

2023年度 卒業研究一覧

研究室	学籍番号	氏名	課題
磯部研究室	EC20007	岩田 蛭汰	中部大学生の通学行動実態分析 -都市建設工学科在学生を事例に-
	EC20010	内田 純平	アフターコロナ時代におけるタクシー活用策とライドシェアサービスについて
	EC20024	川原 涼颯	新交通システムの実用性に関する評価
	EC20025	川俣 智暉	自動車社会がもたらす功罪について
	EC20042	鈴木 聡真	連続立体交差事業が周辺地域に及ぼす効果について
	EC20049	寺田 和央	路面電車を活用した都市政策の考察
	EC20059	永田 晟士	ウォークアブルな都市空間の実現に向けての課題の検討
	EC20062	野崎 亮輔	実態調査に基づいた路上駐停車特性の分析
	EC20063	野田 恵吾	愛知県犬山市における「抜け道現象」の変遷
EC20069	藤井 啓	カーナビ情報に基づく地域別交通利便性の比較	
伊藤研究室	EC20003	安達 亮喜	PC鋼材の緊張量がグラウトとの付着特性に及ぼす影響の実験的評価
	EC20008	岩田 峻汰	PC鋼材の緊張量が破断時のグラウトとの付着特性に及ぼす影響の実験的評価
	EC20019	蟹江 偉吹	機械学習による打音検査結果の判定に関する研究
	EC20029	桑原 歩夢	衛生位置がGNSS測量精度に及ぼす影響の評価
	EC20041	鈴木 健太	PC鋼材の種類や径が破断時の付着特性に及ぼす影響の数値解析的評価
	EC20051	戸部 広心	PC鋼材の破断がPC桁の力学特性に及ぼす影響の数値解析的評価
	EC20052	富崎 湧仁	外ケーブル補強したPC桁の力学特性評価
EC20078	村上 順彦	PC桁の断面寸法がPC鋼材破断時の付着特性に及ぼす影響の実験的評価	
岡本研究室	EC20021	河合 大地	“自分史”による住民が愛着している場所の抽出方法に関する研究
	EC20028	黒川 健志	名古屋港の特徴を活かしたまちづくりに関する研究
	EC20067	馬場 陽平	相生山緑地における都市計画道路の開発の是非に関する研究
	EC20070	藤田 賢太郎	閉園したテーマパークの地域への影響と有効活用に関する研究
	EC20075	光法 快	ピーチライナー廃線跡を活かしたまちづくりのあり方に関する研究
	EC20076	宮川 昂己	“東海オンエア”が岡崎市のまちづくりにもたらす効果に関する研究
	EC20077	三宅 駿介	陶磁器産業地域における関連施設の空間変容と新たな利活用方策に関する研究～多治見市を対象として
尾花研究室	EC20009	岩田 壮基	河川水辺空間のデザインに関する研究ー内津川を対象としてー
	EC20018	加藤 稜人	伝統的治水システムとしての霞堤に関する研究
	EC20035	澤田 佳輝	流水型ダムの水理特性に関する研究
	EC20038	杉尾 朱音	河川砂礫州での植物種子捕捉に関する研究
	EC20055	豊田 剛士	横断構造物が河川生態系へ与える影響に関する研究
	EC20057	中根 剛志	庄内川流域の水質形成に関する研究
	EC20064	長谷川 篤人	ダム構造に着目した流水型ダムの堆砂に関する研究
	EC20081	諸岡 大雅	三重県一級河川流域での降雨特性と災害発生個所に関する研究
EC20086	渡邊 平	流域治水における水田貯留の役割に関する一考察	
柴原研究室	EC19012	上田 蒼明	踏切安全通行カルテによる見える化が踏切の渋滞削減及び事故減少に与える影響調査
	EC20005	安藤 大希	三重県の都市公園におけるSDGs政策の実施状況調査
	EC20006	伊藤 秀太	受信する衛星数の違いによるGNSS測量の精度に関する研究
	EC20011	内海 尚悟	交差点における道路舗装のライフサイクルコストの算出
	EC20032	坂本 悠介	岐阜県土岐市における水災害時の避難所配置及び避難経路の検討
	EC20043	鈴木 斗真	自動視準機能及び自動追尾機能を搭載したトータルステーションの精度検証
	EC20060	成田 多一	愛知県の都市公園におけるSDGs政策の実施状況調査
	EC20068	福井 康介	コロナ禍前後での旅行者動向の変化に関する研究
	EC20087	渡邊 祐理	日本版持続可能な環境ガイドラインに基づく観光地の評価
杉井研究室	EC20014	岡部 彰仁	団粒化剤混入後の締固め時の含水比調整
	EC20026	神田 啓登	土の粒度試験・沈降分析の自動化に関する研究
	EC20034	佐々 直人	間隙径分布と土粒子目詰まりに関する研究
	EC20037	荘加 港	堤防データベースの作成と深層学習(東日本)
	EC20040	杉山 慧士	団粒化剤の耐用年数の評価に関する研究
	EC20047	柘 虎之介	締固めエネルギーを考慮した締固め時の含水比と透水係数の関係
	EC20056	中根 康丞	団粒構造化技術の制御
	EC20058	中村 優太	堤防データベースの作成と深層学習(西日本)
EC20080	森本 魁心	改良地盤のコウライシバの育成評価	

2023年度 卒業研究一覧

	EC20084	安江遼太郎	改良地盤の表面流出量の改善効果
武田研究室	EC19067	宮里 陸	庄内川上流域の流域治水に関わる研究
	EC20004	荒川隼輝	庄内川流域の流域治水に関わる研究
	EC20015	奥山和哉	春日井市地蔵川流域の内水氾濫解析とその活用
	EC20022	河合真誠	春日井市を対象としたBCPの普及に関わる検討
	EC20033	笹井丈一郎	庄内川流域を対象とした災害に関わる知識伝承の整理
	EC20039	杉田貫志	巨大高潮氾濫の被害軽減対策に関する検討
	EC20071	藤原裕大	巨大高潮氾濫による土木施設の被害について
	EC20072	星元温輝	地下街に関わるあり方と避難に関する研究
服部研究室	EC20012	太田賢伸	ハイウェイオアシスの比較研究
	EC20023	河田拓巳	岐阜市中心市街地の店舗の変遷
	EC20030	小林颯太	名古屋市都心及び近郊のファッションビルの立地及び特性
	EC20031	後藤慎之介	まちなかに滞在空間をつくるイベントの研究
	EC20036	島 謙吾	都市空間における公衆浴場の利活用に関する研究
	EC20082	八城 蓮	地域スポーツとしての少年野球の持続性に関する研究
	EC20083	安江大和	国内のプロ野球球団の野球場に関する比較研究
	EC20085	山田英照	郊外ニュータウンのリデザインー高蔵寺ニュータウンセンター地区を対象として
余川研究室	EC20002	青山大輝	既存杭撤去に伴う周辺地盤の乱れに関する研究
	EC20020	加納稜大	柱状地盤改良工法を用いた盛土造成地上の住宅被害対策
	EC20046	谷本麗空	FEM解析によるブロック積み擁壁の研究
	EC20048	辻 賢吾	気泡混入セメント改良材の粒子形状と残存空気率に関する研究
	EC20054	豊田 樹	既成杭の支持力および周辺地盤挙動の把握
	EC20065	蜂谷清太	盛土造成地における対策工法の研究
	EC20066	林 幸基	廃タイルのアスファルト骨材としての利用可能性
	EC20079	森 悠斗	MPMを用いた液状化地盤の変形解析
	EC20088	眞野泰成	電気炉還元スラグのエイジングによる安定化処理技術
	EC19041	白川ほなみ	地盤分野におけるChatGPT利用時の留意点の整理

中部大学生の通学行動実態分析 -都市建設工学科在学学生を事例に-

EC20007 岩田 蛍汰

1. 研究背景

私が大学に約 4 年間電車を利用して通学を行い、その様子を改めて振り返った際に満員電車や乗り換えといった点で不満や不便に感じたことがきっかけである。このように通学で不満を感じている学生がいるのではなかと考えた。そして、実際学生は現在の通学に対してどう評価するのかを交通手段別に把握したいと考えたことから本研究のテーマを設定した。また、過去に実施された中部大学通学実態調査と岐阜大学名誉教授の竹内伝史教授の北尾張交通軸線構想の話の聞いたことも交えて今後の大学の通学の在り方を考えようとした。

2. 研究目的

本研究では、目的を二つに設定した。一つは、中部大学に通う学生を対象として自宅から大学までの「通学状況」、「通学に対する評価」を交通手段別に把握し、学生の交通実態を把握することである。そして、二つ目の目的は「通学に対する評価」より把握する情報から、特に学生が感じている不満や要望を明らかにし、通学に関する問題点の考察や改善するための考案を行っていくことを目的とする。

3. 研究方法

本研究は過去に実施された通学実態調査の研究¹⁾を参考に行っていく。初めに研究を進めるために必要な学生の通学状況と評価を把握するために二つの調査を行った。一つは web 上で作成したアンケート「中部大学生の交通実態調査」の実施。二つ目に学生のより詳しい通学状況とその実態を把握するために学生に通学の様子を記録してもらう「モニターによる通学実態調査」を実施した。二つの調査結果より、学生の通学の特徴や評価を分析し、考察していく。そして、学生からの不満や要望に関する結果について今後どのような対策が必要であるかを考え、今後の通学環境向上に向けた改善案を考えていく。

4. 調査内容

(1) 中部大学生の交通実態調査

アンケート作成には参考資料 2) を参考に作成した。

工学部都市建設工学科に在籍する 1 年生から 4 年生の計 319 人を対象にアンケート調査を実施し、そのうち 113 人から回答を集めた (回答率 35.4%)。 (表-1 参照)

アンケートでは五つのセクションに分けて質問を行った。一つ目は「基本情報」、学年や自宅が実家であるかどうかを質問した。二つ目に「通学について」で通学手段や時間、一日の通学費用など質問した。三つ目で「交通手段選択理由とその評価」、学生に現在使用する交通手段を選択した理由について質問を行い、そしてその手段での通学評価を満足や不満足で段階評価してもらった。また、ここで不満足という評価であれば具体的な理由も伺った。さらに満足評価に加え、他者へ現在の通学手段を勧められるか推奨度についても質問した。四つ目に「コロナによる通学への影響」について質問したが、分析で触れなかったため内容の説明は省く。五つ目に「通学への要望」、学生に今後の通学環境改善に向けて大学周辺で求める対策や要望について質問した。

表-1 学年別回答数

学年	在籍者数(人)	回答数(人)	回答率(%)
1年生	83	9	10.8
2年生	73	59	80.8
3年生	81	23	28.4
4年生	82	22	26.8
合計	319	113	35.4

(2) モニターによる通学実態調査

モニターとして調査協力することが可能な学生を(1)のアンケートで集め、5人の協力を得ることができた。

この調査では学生に自宅から大学までの通学時間や経路を記録してもらい「通学行動記録」を GoogleMaps のタイムライン機能を用いて記録を行ってもらった。これに加えて、通学記録時の通学状況はどうだったかということや意識したこと、通学中に気づいた問題点などを(1)と同様に web 上で作成したアンケートで回答してもらったようにした。

5. 学生の通学状況

(1) 通学の交通手段 (表-2 参照)

今回の「中部大学生の交通実態調査」アンケートの結果では、「電車」を用いて最寄駅を経由して通う人が半数以上であった。次に多かったのが「自動車・バイク(原付含む)」で利用者が全体の約2割を占めていた。(以下「原付含む」省略)

(2) 各交通手段の住居・通学費用・通学時間について

(表-3、図-1、図-2 参照)

費用の掛からない「徒歩」で通学する学生は全員自宅を下宿としており、通学時間が30分未満となっている。また、同じく通学費用の無い「自転車」を利用して通学する人は、下宿から通学する人と実家から通う人で半数ずついるが、大学までに要する時間が30分未満である人が約70%となっている。ここで、下宿を自宅としている人に着目すると約70%の方が「徒歩」または「自転車」であり、通学時間が短いことから下宿を大学周辺としていることがうかがえる。

費用の掛かる「自動車・バイク」と「電車(神領駅/高蔵寺駅経由)」を利用して通学する学生の多くは実家を自宅とする人が多い。しかし、費用や時間には大きく差がある。一日の平均費用について比較すると、「自動車・バイク」が452円なのに対して「電車(神領駅/高蔵寺駅経由)」の学生は1613円、1380円と差が約3倍~4倍もある。時間についても「自動車・バイク」利用者は、60分未満で通う人が約80%で、長くても90分未満で通学する人が約20%となっている。これに対して、「電車(神領駅経由)」の約50%の人が90分以上120分未満もの時間をかけて通学しており、60分未満で通う人は少ない。「電車(高蔵寺駅経由)」では90分以上かけて通学する人はいないが、やはり60分以上かけて通う人がほとんどである。同じ費用の掛かる交通手段ではあるが、「自動車・バイク」は効率よく通学できるのに対して、「電車」は費用が高く、待ち時間や乗り換えによって時間がかかってしまっていた。

(3) 選択理由

学生に交通手段の選択理由を最大二つまで回答してもらった。その結果について、各選択理由を合計選択数で割って割合で表した。(図-3 参照)

「徒歩」と「自転車」を利用する学生は、「距離的に近いから」や「通学時間が短い」といった積極的に利用

表-2 各交通手段の人数と割合

交通手段	人数(人)	割合(%)
1徒歩だけ	3	2.7
2自転車だけ	15	13.3
3自動車・バイク(原付を含む)	27	23.9
4バスだけ	0	0.0
5電車(神領駅経由)	63	55.8
6電車(高蔵寺駅経由)	4	3.5
7その他	1	0.9
合計	113	100.0

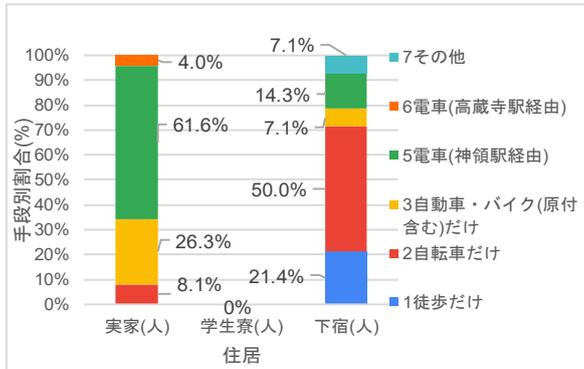


図-1 住居と交通手段についての割合

表-3 一日の平均通学費用

通学手段	一日の通学費用(平均)(円)
徒歩だけ	0
自転車だけ	0
自動車・バイク(原付含む)	452
電車(神領駅経由)	1,613
電車(高蔵寺駅経由)	1,380
その他	0

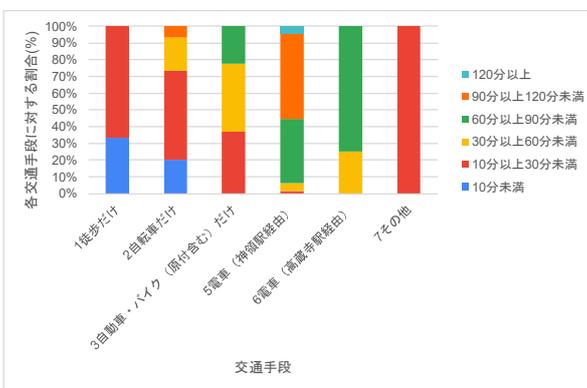


図-2 通学時間

しようとする理由で交通手段を選択している。また、「自動車・バイク」も同様に「通学時間が短い」という理由で選んでいる人が多い。しかし、二番目に「他の交通手段が不便であるから」という前向きな理由とは違った回答が多くされていた。「電車(神領駅経由)」を利用する人は先に出た三つの交通手段と違い、距離や時間を理由に選択している人は少なく、一番多かったのが「定期券を利用できるから」という経済的に前向きな理由であった。しかしながら、この交通手段利用者の中には「車を所持していないから」や「仕方なく選んでいる」といった消極的な理由で選択している人も少なくない。

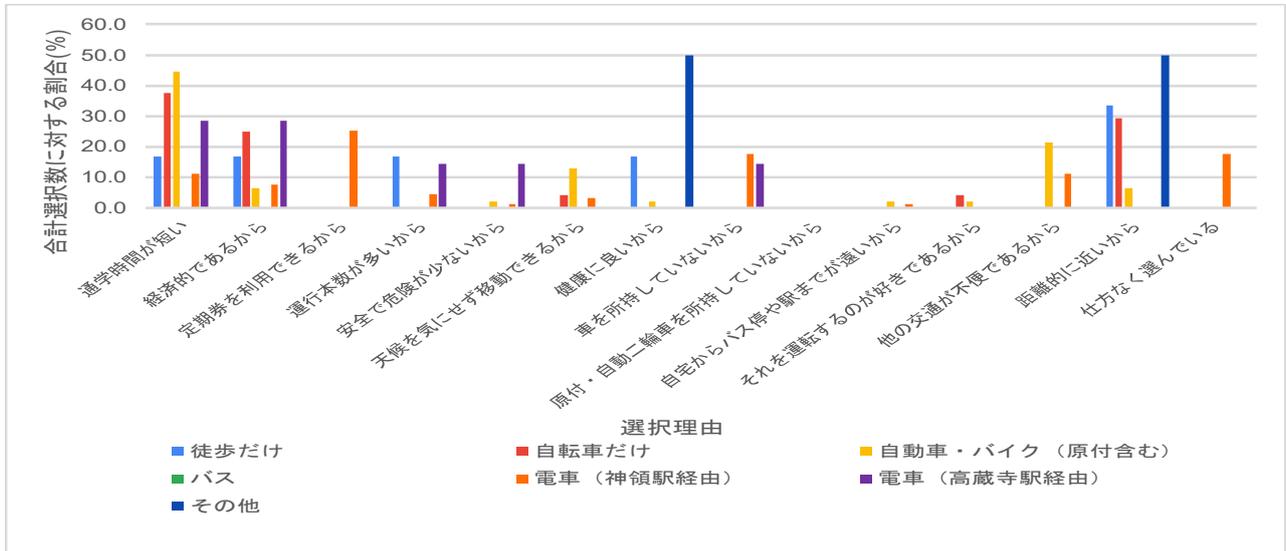


図-3 交通手段の選択理由

6. 通学評価

図-4、図-5 より「徒歩」、「自転車」、「自動車・バイク」は他の交通手段に比べてかなり高い評価である。「徒歩」に関しては全員が満足以上の評価をしている。また、「自転車」と「自動車・バイク」でも約8割の人が満足以上の評価である。しかし、推奨度では三つの交通手段でともに高い評価を得ているわけではなく、「わからない」または「どちらともいえない」という評価が多い。一方で、「電車(神領駅/高蔵寺駅経由)」は他と比べると満足評価が低くなっている。神領駅経由については、満足以上の評価が約2割に対して不満以下の評価が約3割と不満の評価が上回っている。しかし、推奨度は満足度に反して、「勧めたい」という評価が多い。不満以下の評価が多かった「電車(神領駅経由)」で挙げられた具体的な不満を以下に記す。

「電車・駅から大学間のバスが混雑している」「駅に各駅停車の電車しか停車しない」「乗り換えが大変」

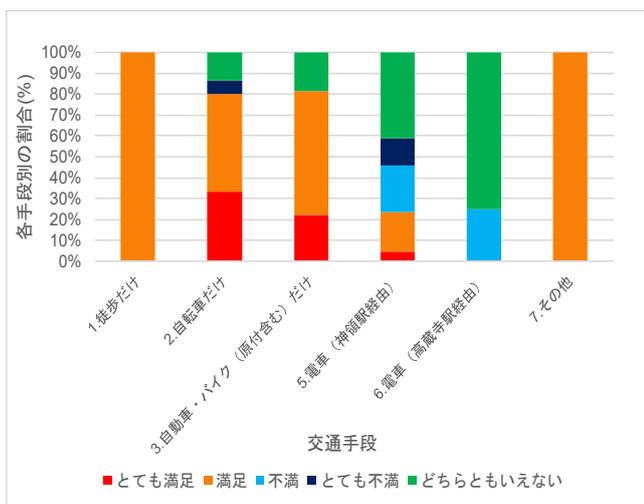


図-4 満足度評価

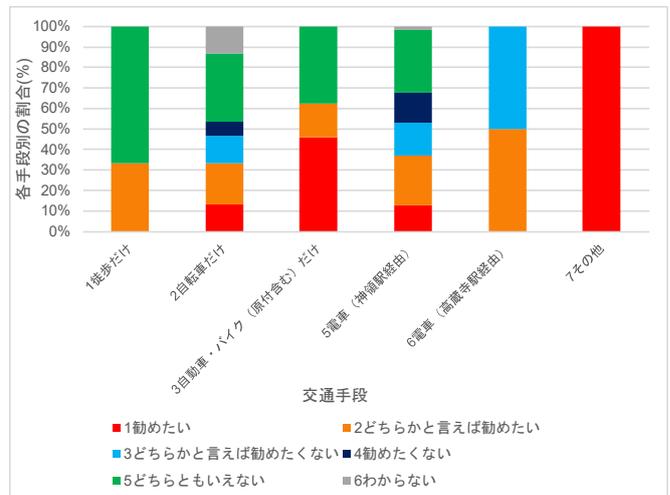


図-5 通学手段の推奨度

7. 通学環境改善に向けた要望

大学周辺の交通対策として何が必要か 11 個の選択肢²⁾から 1 位～3 位まで順位付けて要望を回答してもらった。結果は、順位別にポイントを割り振って集計した。1 位 3 ポイント、2 位 2 ポイント、3 位 1 ポイントとした。「徒歩」と「自転車」の要望は順位に違いはあるがどちらも求める要望として、「自転車専用道路の整備」と「歩きやすい歩道の整備」の二つを求めている。このことから、両者ともに通行の安全の確保を目的とした歩車分離の通行形態を必要としている。「自動車・バイク」は「駐車場/駐輪場の拡大」を求めている。「電車(神領駅/高蔵寺駅経由)」は不満を解消するための要望が多く、「スクールバス/電車の本数増加」を必要としている。そして、バスの運賃の値下げといった経済的なことでの改善も求めていることが分かった。

表-4 大学周辺の交通対策要望

交通手段	1位	2位	3位
徒歩だけ	自転車専用道路の整備	街路灯の増設	駐車場の拡大、歩きやすい歩道の整備
自転車だけ	自転車専用道路の整備	駐輪場の拡大	歩きやすい歩道の整備
自動車・バイク(原付含む)	駐車場の拡大	街路灯の増設	駐輪場の拡大
電車(神領駅経由)	スクールバス運行本数の増加	バスの運賃・定期券の値下げ	電車の本数の増加
電車(高蔵寺駅経由)	電車の運賃・定期券の値下げ	バスの運賃・定期券の値下げ	カーブミラーなどの設置、歩きやすい歩道の整備、スクールバス運行本数増加
その他	電車の運賃・定期券の値下げ	歩きやすい歩道の整備	自転車専用道路の整備、スクールバス運行本数増加、神領バス待合場所の改良

8. 考察と今後の展開

「徒歩」と「自転車」については選択理由がプラスの考えであることや実際に費用と時間が他の交通に比べてかからないことから満足度が高くなっていると考えられる。しかし、推奨度では、肯定的な意見が多いわけではない。これを改善するために、要望として挙げられていた歩道と自転車道の整備を進めることで、両者にとって安全性の高い交通環境の対策をしていく必要がある。

「自動車・バイク」は費用が掛かるが、満足度と推奨度ともに高いことから大学へ通う手段としては快適であることがわかった。それと同時に、選択理由で「他の交通が不便」という回答が出ていたことから自動車以外の電車やバスといった交通手段であると、「電車」の不満で挙げられた点などで不便となってしまうからだと考える。そして、要望では「駐車場/駐輪場の拡大」とあったが、この意見が出る要因として混雑時に駐車スペースをすぐに見つけることができているのではと思われる。この考察から、駐車場の拡大も重要であると思うが、まずは満車や空車の情報が分かる案内表示板の設置をすることで駐車場を効率よく活用できるような対策が必要である。バイクについては、無造作に駐車されることで駐車スペースが無くなっていると考えられる。そのため、ラインを引くなどして、駐車場所を示すという対策が必要である。

「電車」を利用する人は、他の交通手段よりも費用と時間がかかる。さらに加えて、混雑することや限られた電車にしか乗れないこと、乗り換えがあるといった様々な負担が通学時にかかっていることで不満という評価が多くなっていると考えられる。神領駅経由に関して電車とバスが混雑するという問題は、各駅停車の電車であれば駅に止まらないことで、朝など通勤時間帯と同じ時間に学生が一度に大勢電車に乗ることによって、駅での混雑に加えてバス停での混雑が招かれていると考える。この問題を解決するために要望として「電車/バスの運行本数増加」があったが、このほかにも大学側が人の多いとされる時間帯の講義をいくつか遠隔やデマンド型の講義にすることによって、時間をずらした通学が可能となり混雑緩和することができる。

また、今後も通学環境で学生が不満や問題を抱えていないか定期的に把握することで快適な通学環境を創り出していけることを期待する。

参考文献

- 1) 中野貴之, 森田正明. 中部工大における通学実態調査とその解析, 中部工業大学土木工学科卒業研究, 1981, p. 1-8.
- 2) 中野貴之, 森田正明. 中部工大における通学実態調査とその解析, 中部工業大学土木工学科卒業研究 1981, p. 107-112.

アフターコロナ時代におけるタクシー活用策と ライドシェアサービスについて

EC20010 内田 純平

1. 研究背景

新型コロナウイルスのダメージで公共交通機関の中で、どの機関が一番影響を受けたのか目を向けたところ、それはタクシー業界であると考えた。その理由として、タクシーの利用時間帯が一番多いのは終電が無くなった都市部の深夜帯だが、コロナの影響で食事や飲み会が自粛されタクシーの利用頻度が著しく低下したことが予測できた。それから、アフターコロナ時代のタクシー業界について調べていたところ、2023年10月に政府がライドシェアサービス解禁についての議論がなされた。それから、ライドシェアサービスについての動向を追うことにした。

2. 研究目的

実際のタクシー業界におけるライドシェアサービスの事例を調査し、その導入や運営の実態、効果、課題を明らかにする。また、ライドシェアサービスがタクシー業界に与える経済的、効率的な効果を評価する。例えば、需要や収益の増加、乗客の利便性向上などの影響を調べ最後に、ライドシェアサービスがタクシー業界に与える影響の将来の展望を考察する。

3. 研究方法

文献調査によりタクシー業界とライドシェアサービスに関連する文献や研究を調査し、アフターコロナ時代における両者の関係性についての情報を収集する。収集方法として、磯部教授から提供していただいた乗り合いタクシー事例集や、インターネット調査による情報収集を行う。また、アフターコロナ時代における需要・供給の変化など、タクシー業界やライドシェアサービスに関する統計データを収集し、それら进行分析する。

4. ライドシェアサービス

ライドシェアサービスとは、車を所有しているドライバーが自身の車を利用し、乗客を目的地へと運ぶサービスのことである。一般的にはモバイルアプリやウェブサイトを通じて乗客がドライバーを予約し、一緒に移動することができ、一部のライドシェアサービスでは、利用者同士で車の利用をシェアして共同で移動することも可能である。主なライドシェアサービスとしてUberやLyftなどがある。このようなサービスは、交通手段の選択肢を増やし、利便性や費用の削減を提供するとして人気を集めている。また、ドライバーにとっても追加収入の機会を提供することができる。

5. タクシー不足問題の背景

コロナが収まりはじめ社会経済活動が再開されていく中で、全国のタクシー会社で働く運転手の数は新型コロナウイルスの影響や高齢化による離職者が相次ぎ、コロナ過前の4年前と比べて約2割減り、2023年3月末時点で23万人以上減少したことが業界団体の調査で分かった。コロナ後、観光スポットである京都市のタ

クシー会社においては、外国人を中心として観光客が押し寄せたが、タクシー不足の影響により駅前や観光名所近くのタクシー乗り場で、タクシー待ちの長蛇の列ができた。

タクシー不足の影響は過疎化の地域にも及ぼしており、宮崎県北部の山あいにある人口およそ1万1000人の高千穂町では、路線が数時間に1本しか通っておらず車を持たない高齢者にとってはタクシーが重要な交通手段であるが、不足している状況が続いている。町では免許を返納した人に2万円分のタクシー券を配布する取り組みを行っているが、肝心のタクシーが不足しているため「免許を返納しなければよかった」という声が挙がっている。

6. タクシー活性化の取り組み

タクシー業界が近年取り入れたタクシー活性化の取り組みとその結果を愛知県に絞り、いくつか取り上げる。また、愛知県の事業者数は474、車両数は7,554（令和3年3月31日時点）である。

1) スマートフォンによる配車

スマートフォンのアプリによる配車サービスを導入し、GPS機能等を活用して効率的な配車を実現。愛知県のアプリ導入事業者数は87、アプリ配車可能車両数は6,195であり、導入率は87.5%であった。全国平均は60.3%なので他県より導入率が高いことが分かった。

2) キャッシュレス決済

クレジットカード、非接触型ICカード（交通系IC含む）、QRコード決済等を導入。スムーズなお支払いを実現し、お客様の負担を軽減する。また、訪日外国人のタクシー利用を促進する。

表1 愛知県の決済用端末機導入状況

キャッシュレス決済対応車両数	キャッシュレス決済非対応車両数	キャッシュレス対応率 (%)	クレジットカード導入率 (%)
7,043	35	99.5	98.0

7. ライドシェアサービスの解禁

ライドシェアサービスが解禁される主な理由は、社会問題への対応とタクシー業界の深刻な人手不足である。政府や関係者は、ライドシェアサービスを通じて地域交通の問題を解決し、タクシー業界の労働力不足に対応する方法としてライドシェアサービスの活用を検討している。そんな中、ライドシェアサービスが2024年4月に条件付きで利用できるようになることが、政府から発表された。タクシー会社が運行管理し、車両不足が深刻な地域や時間帯に絞って限定解禁する仕組みである。政府はアプリ事業者らの新規参入を含む全面解禁の議論を続け、同年6月までに結論を出すと言われた。

配車アプリのマッチング率などのデータをもとに、都市部や観光地などタクシーが不足している地域や時間帯を特定する。一定の基準を超えれば運用可能とする予定である。都市部での朝の通勤時や、急な雨天時、公共交通機関の停止時、大きなイベント時などでの利用を想定している。観光地はハイシーズンとなり、多くの観光客が訪れることが予想される。

道路交通法によれば、第二種運転免許を持たない人は、原則として有償で旅客を運送することはできないが、新制度は普通免許のドライバーでも有料で限定的に乗客を運ぶことを認めた。安全を

確保するため、タクシー会社はドライバーの教育や車両の整備、事故時の責任などを負う。タクシー専用車両を一定台数保有していれば、一般ドライバーの自家用車を利用することも可能である。

8. ライドシェアサービスの課題

ライドシェアサービスの導入でタクシー不足が解消されるかどうかは疑問が残る。賃金を高く設定しない限り、二種免許を持たない一般ドライバーは増えるとは考えづらい。またライドシェアサービスを導入する上で、一番懸念されているのは安全性の問題である。タクシー業界に比べてライドシェアサービスはドライバーや車両の安全性が確保されにくいという問題がある。

ライドシェアサービスが普及している世界各国では、ライドシェアドライバーによる乗客への暴行や誘拐などの犯罪が発生しており、同乗中に危険にさらされる可能性がある。また、一部ではライドシェアサービスはドライバーのサービス品質や信頼性に対して懸念を抱いている。ドライバーのマナーや車両の清潔さ、予約の確実性など、信頼性を高める取り組みが求められる。

9. ライドシェアサービスのメリット

ライドシェアサービスの主なメリットとして移動の利便性が向上することである。ライドシェアの導入により、タクシーが見つかりにくい地域や時間帯での移動の利便性が大幅に向上する。観光地や都市部において、ライドシェアサービスはタクシーの不足を補い、訪日外国人観光客を含む多くの旅行者にとって便利な選択肢となる。スマートフォンのアプリを通じて簡単に交通手段を確保できるため、外国人観光客の満足度の向上と旅行体験の充実に貢献することが期待される。

ライドシェアサービスは特別なスキルや訓練を必要とせず、運転免許証があれば誰でもドライバーになれるため、あらゆる背景を持つ人が働きやすい副業である。海外ではライドシェアサービスが副業として多くの人に受け入れられており、新たな副収入源としての地位を確立している。

10. ライドシェアサービスの賛否

ライドシェアの導入の賛否についてタクシー業界、専門家の意見をいくつか紹介する。

まず、全国ハイヤー・タクシー連合会の川鍋一郎会長は、ライドシェアの議論よりタクシーの規制緩和を進めるべきだと主張している。安全性が確立されていないライドシェアを認めるのは、乗客に危険を及ぼす可能性があり、ライドシェアの導入はまだ早いと言う。

次に、京都大学大学院教授の藤井聡氏の意見は、現在タクシー会社は働き改革により賃金を上げるための改革を行っているが、料金が安いライドシェアに乗客を取られ、タクシードライバーが辞めていきタクシー会社が潰れていく危険性があると主張している。

次に、LINE ヤフー会長の川邊健太郎委員は、海外で成功しているライドシェアの事例を使い新法を作れば、海外に比べ遅れてしまった分いいとこ取りできるというライドシェア推進派の意見である。

11. 考察

乗客にとってタクシーとライドシェアは同じように見えるかもしれないが、タクシー業界は運賃や第二種免許など厳しい規制があり、高い品質と安全性を提供している。タクシーの品質と安全性は、社会がタクシーを優先する正当な理由となる。マッチング理論の洞察を活用すれば、乗客とドライバーをマッチングする際にタクシーを優先するシステムを構築することができる。これにより、正規の運転手はタクシー会社や配車アプリを通じてのみマッチされ、流しやタクシー乗り場で顧客を待つ必要がなくなる。タクシーやライドシェアの料金を統一することも重要である。短期的

な需要と供給のバランスを図るため、ドライバー不足を運賃で補うのではなく、マッチング機能により一般ドライバーの供給を増やす。

一方で、ライドシェアにはいくつか懸念がある。まず、安全性についてである。生体認証デバイスを使用したリアルタイム監視システムを実装することで、セキュリティ上の懸念に対処できる。さらに、運転技術や知識を向上させるための講習の受講をドライバーに義務付けることも考えられる。2つ目の懸念は、雇用の不安定化である。タクシーは長期雇用となる一方、ライドシェアリングは短期雇用となることが予想されており、一般ドライバーにとってライドシェアリングが魅力的なものとなるようなシステムを開発する必要がある。3つ目の懸念は、海外の駅前で乗客待ちの渋滞が報告されている点である。この点については、他の公共交通機関とのバランスを考慮して議論した方が良いと考えられる。

12. 結論

ライドシェアは安全性や雇用形態など様々な問題が不安視されており、ライドシェアを導入すればタクシー不足を解決できると言い切るのは難しいと考える。2024年4月から解禁されるライドシェアサービスは、タクシー会社がドライバーの教育や車両の整備、事故の責任を担う必要になる。負担が大きい上に、賃金低下の可能性が見込まれるタクシー業界において、ライドシェアはデメリットの方が大きいと考える。タクシーが足りない地域や時間帯を狙ったライドシェアだが、タクシーの区域営業禁止を限定解禁などの対応をすれば供給不足の地域でもタクシー会社だけでタクシー不足を補えるのではないかと考える。

ライドシェアの解禁より、タクシーの規制緩和を進めるべきである。規制緩和の政策として、主に地理試験の撤廃、二種免許取得の短縮が挙げられる。地理試験は合格率が5割程度であり、カーナビゲーションの普及が進むにつれ現代には合わない試験とされ廃止が求められる。二種免許は取得日数が20日間かかる上に、合格率は地理試験と同様5割程度である。これらの規制緩和を進めることで、タクシードライバーを雇いやすくなり増やす結果につながると考える。

謝辞

本研究に多くの適切な指導をいただきました主旨導教授である磯部友彦教授に心から感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 全国ハイヤー・タクシー連合会 HP 輸送人員及び営業収入の推移
http://www.taxi-japan.or.jp/pdf/toukei_chousa/eigyosyuunyuu_suii.pdf
- 2) ハイヤー・タクシー年鑑 2022年版 東京交通新聞社 P12、P245、P272-P277 (2022-4.20)
- 3) NHK ビジネス特集 深刻 タクシー不足 都市部も地方も
(2023-9.8) <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20230908/k10014188321000.html>
- 4) 日本経済新聞 「ライドシェア」24年4月に限定解禁 全面導入に業界抵抗
(2023-12.20) <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUA18C7U0Y3A211C200000/>

新交通システムの実用性に関する評価

EC20024 川原涼颯

1. 研究背景・目的

近年では移動する際に様々な交通手段が用いられる。鉄道もその一種だが、人口減少による経費削減や廃線につながることも珍しくない。しかし今年には宇都宮市で新交通システムとして「宇都宮ライトレール（宇都宮 LRT）」が開業され、新交通システムの需要が保たれている。だが新交通システムの狭義の意味である自動案内軌条式旅客輸送システム（以下 AGT と表記する）は 2008 年を最後に新たに開業はされていない。

現在では、AGT に変わって LRT（次世代型路面電車）が新交通システムとして導入される事例の多い。導入検討時の AGT の需要を理解し、それぞれの AGT の導入経緯の比較をすることで本当に需要があったのか、また利用客数や人口増減と収支を比較することで今後の需要があるのかを明らかにすることを目的とする。

さらに、AGT の導入が検討されている地域での調査内容に基づき、他の交通手段と比較して AGT の有効性を考察する。

2. 研究方法

AGT 路線の会社の収支と利用客数、AGT 路線付近の人口変化をそれぞれのサイトや資料を用いて Excel とマップでまとめ考察していき、検討調査中の地域の考察につなげる。

人口増減については jSTATMAP を用いり各 AGT 路線付近についての国勢調査の人口を利用して最も古い人口マップと最も新しい人口マップをメッシュ状で作成する。人口マップから変化を読み取る。jSTATMAP とは地図で見る統計のことで、e-Stat と呼ばれる日本の統計が閲覧することができる政府統計ポータルサイト内にある各種統計データを地図上に表示し、視覚的に統計を把握できる地理情報システムのことである。このサイトを用いて人口変化の視覚化をする¹⁾。

利用客数と収支は各 AGT 路線の鉄道統計年報に掲載されている「鉄道事業営業損益」「輸送人員合計」を参照し掲載されている平成 24 年度から令和 2 年度の数値を用いてグラフ化する。グラフから変化を読み取り考察する²⁾。

表 1 各データの引用元^{1) 2)}

調査対象	引用元	公表元
人口変化	jSTATMAP「国勢調査」	e-Stat
利用者数	鉄道統計年報「運輸成績表」	国土交通省
収支（損益）	鉄道統計年報「損益計算書」	国土交通省

3. 新交通システム

新交通システムは一般的に日本の交通システムのうちで、新規の技術開発によって従来の交通機関とは異なる機能や特性をもつ交通機関と既存の交通手段に改革を行うことで発展させた新しい交通手段の総称で定義される。本研究では狭義の意味で使われる AGT のみを扱う。

(1) AGT の概要

AGT は小型軽量車両が自動運転により専用軌道上の案内軌条に従ってゴムタイヤで走行する方式の中量軌道輸送システムのことで、現在では全 10 路線が運行されており通勤通学や観光場所への移動手段として利用されている。1981 年に初めて開業されたポートライナーから始まり、近年では海外に展開するなど範囲を広げている。

表2 AGT 路線まとめ³⁾

路線愛称	路線名	都市	開業年	営業距離 (km)	都市部or郊外
ニューシャトル	伊奈線	埼玉県さいたま市大宮区	1983年	12.7	都市部
レオライナー	山口線	埼玉県所沢市	1985年	2.8	都市部
ユーカリが丘線	ユーカリが丘線	千葉県佐倉市	1982年	4.1	郊外
日暮里・舎人ライナー	日暮里・舎人ライナー	東京都	2008年	9.7	都市部
ゆりかもめ	東京臨海新交通臨海線	東京都	1995年	14.7	都市部
シーサイドライン	金沢シーサイドライン	神奈川県横浜市	1989年	10.8	都市部
ニュートラム	南港ポートタウン線	大阪府大阪市	1981年	7.9	都市部
ポートライナー	ポートアイランド線	兵庫県神戸市	1981年	10.8	都市部
六甲ライナー	六甲アイランド線	兵庫県神戸市	1990年	4.5	郊外
アストラムライン	広島新交通1号線	広島県広島市	1994年	18.4	都市部
ピーチライナー	桃花台線	愛知県小牧市	1991年	7.4	郊外
※ピーチライナーは2006年に事業廃止					
※都市部、郊外の区別は都市の人口をもとに独断で判断するものとする					

(2) AGT の抱える問題

AGT は今現在検討している自治体はほとんどなく、AGT に変わる新しい交通システムが検討、実際に採用に至っている。鉄道とバスの間を担っていた AGT が衰退した利用の一つとして、規格統一と普及が実現しないことによってコストが下がらないことがあり、地下鉄はリニアモーター式でコストカットを実現し、バスは公共車両優先システムの活用で高機能化が可能になった。わざわざ AGT を採用しようとする理由はないと考えられる⁴⁾。

4. 各 AGT 路線の現状

本研究の概要ではニューシャトルのみを対象にする。

(1) ニューシャトルの概要⁵⁾

1983年に開業された日本で4番目の路線で運営は埼玉新都市交通が行っている。ニューシャトル建設前には東北・上越新幹線の建設の影響で伊奈町の分断に対する新幹線建設反対運動が起こった。

そこで旧大宮市・上尾市・伊奈市の見返りとして都市鉄道が建設されることになり、同じく建設反対を訴えた戸田市・旧浦和市・旧与野市の見返りとして埼京線が建設された。一方で伊奈線沿線は普通の鉄道を建設する需要がないと判断し、中量輸送機関として新交通システム (AGT) が採用された。

現在では始発駅である大宮駅の隣の駅である鉄道博物館駅でのイベントなどの観光にも用いられる路線である。

(2) ニューシャトルの調査結果

図1として損益計算表の「鉄道事業営業損益」を縦軸に、年度を横軸に取ったグラフをまとめた。平成24年度から平成27年度までは右肩上がりであったが、平成28年度から損益が約300万円下降していた。なお、今回対象にした鉄道事業営業損益は運営会社である埼玉新都市交通の損益を対象にしている。また、損益は百万円単位としプラスであれば収益、マイナスであれば損失となる。

次に図2として運輸成績表の「輸送人員合計」を縦軸に、年度を横軸に取ったグラフをまとめた。今回対象にした期間だけでは大きな変化が見られず緩やかな増加傾向にあった。なお図1、図2ともに令和2年度では大きく下降しているが、コロナウイルスの影響によって大打撃を受けているのが要因である。

表3 駅の詳細⁶⁾

ニューシャトル
大宮駅
鉄道博物館駅
加茂宮駅
東宮原駅
今羽駅
吉野原駅
原市駅
沼南駅
丸山駅
志久駅
伊奈中央駅
羽貫駅
内宿駅

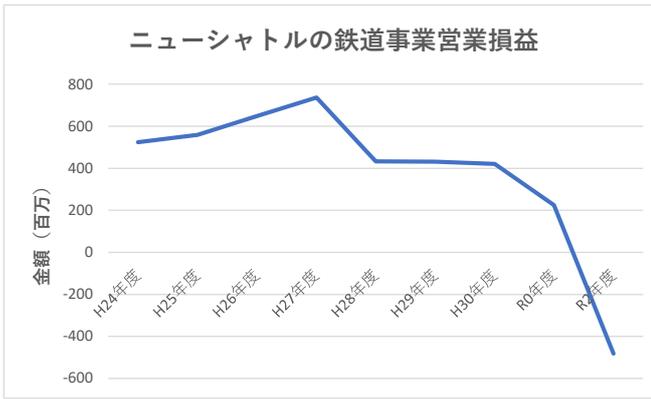


図1 ニューシャトルの損益²⁾

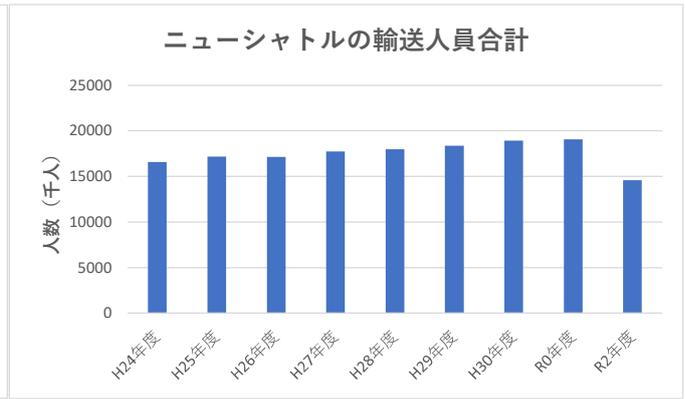


図2 ニューシャトルの利用客数²⁾

最後に図3として jSTATMAP の国勢調査における人口変化を表した人口マップをメッシュ状にまとめてみた。概ね増加傾向にあり、特に内宿駅、鉄道博物館駅、沼南駅周辺に大きな増加がみられた。

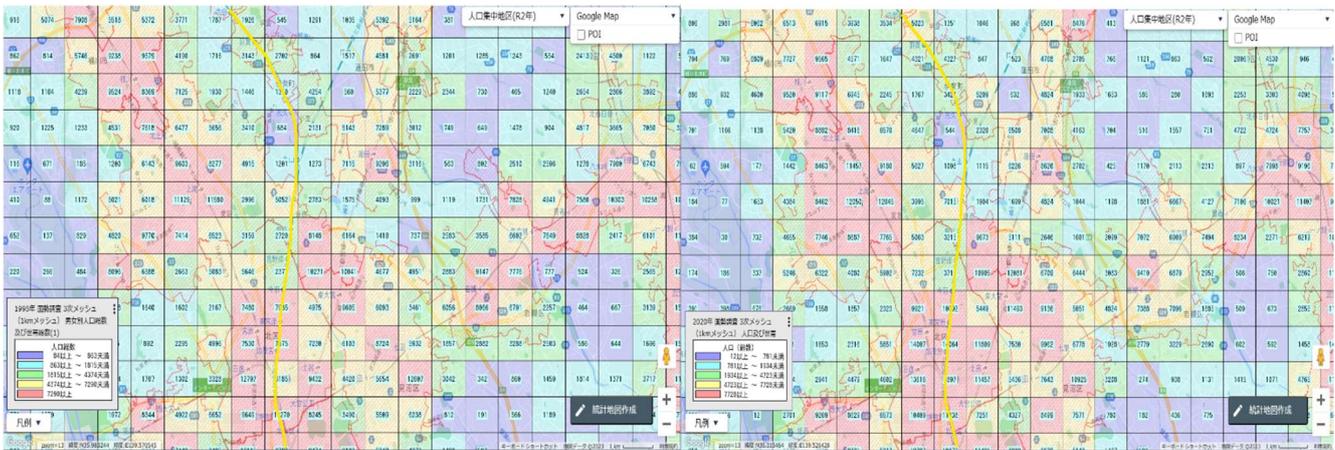


図3 1995年(左)と2020年(右)のニューシャトル付近における人口マップ¹⁾

5. AGT 調査の結果と現状

3つの視点からまとめると新しい施策を打ち続けることができれば更なる需要が見込まれる路線がほとんどである。しかし、そのほかにも新たな交通の登場、そして開業が続くともなれば AGT は国内では肩身が狭くなる可能性が高い。

6. 需要が怪しくなる前に

調査結果によりシーサイドラインの損益の部分が怪しいとなったので、国土交通省が公表している鉄道統計年報の運輸成績表の中の「旅客

表4 全10路線の調査結果

	収支	利用者数	人口変化
ニューシャトル	△	○	○
レオライナー	○	△	×
ユーカリが丘線	△	○	○
日暮里・舎人ライナー	△	○	△
ゆりかもめ	○	○	○
シーサイドライン	×	○	△
ニュートラム		○	△
ポートライナー	○	○	△
六甲ライナー	○	○	△
アストラムライン	○	○	○
※○：需要あり △：判断が難しい ×：需要が怪しい			

輸送収入合計」の欄を参照し研究方法と同じようにまとめた。また廃業してしまったピーチライナーも同じようにまとめグラフ化した。調査年度こそ違うもののグラフの概形から同じようにはならなかったのが要因の1つでしかないといえる。

シーサイドライン沿線には金沢シーサイドタウンという大きな地区がある。その地区の人口変化を調べると若い世代の人口は減少し高齢者の人口は急増していた⁷⁾。桃花台ニュータウンの人口の伸び悩みから考えると落ちぶれるきっかけになってしまうかもしれない。つまり、ニュータウン住民の需要に応じていく必要があると考える。

その一つの案としてラッピング車両の検討が挙げられる。ラッピング車両を用いることで電車で興味がない人にも認識をさせることはできるのではないかと考える。愛知県では愛知環状鉄道において「どうする家康」や「東海オンエア」などのラッピング車両が走ったことがあり話題となった。過去にもラッピング車両を走らせたことはあったが、10年以上前の話である。人口増加にはつながることはないと思うが、収支、利用客数においては一時的な増加が考えられ需要が生まれると考える。

7. 結論

今回は現在運行されている AGT の全 10 路線についての収支、利用者数、人口変化をそれぞれ比較し、過去の廃業事例をもとに今後の需要について考察した。今回の調査結果ではコロナ化の影響の部分が含まれているところを除けば少しでも参考になるような結果が出たように感じる。現状運行している AGT 路線は廃業したピーチライナーと比べて需要と供給があっているように感じ今後も様々なイベントを通して魅力を保ち続ける必要がある。また今後の日本では新たな交通システムがメインになると思うが AGT にしかできない専用軌条式での運行をいかし交通の利便性という需要で勝負していくことが必要である。

参考文献・引用元

- 1) 統計地理情報システム, e-Stat 政府統計の総合窓口, 総務省統計局.
<https://www.e-stat.go.jp/gis> (参照 2023-10-18)
- 2) 国土交通省, 鉄道統計年報, 国土交通省ホームページ.
https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk6_000032.html (参照 2023-10-27)
- 3) 公益社団法人日本交通計画協会, 導入事例, 公益社団法人日本交通計画協会ホームページ.
<https://www.jtpa.or.jp/contents2/agt/dounyuu.html> (参照 2023-10-27)
- 4) 乗り物ニュース, “モノレールと新交通システム、なぜ大きく広がらない?”, 枝久保達也, 2019-02-20.
<https://trafficnews.jp/post/83611/3> (参照 2023-09-07)
- 5) 埼玉新都市交通株式会社, ニューシャトルの魅力, 埼玉新都市交通株式会社ホームページ.
https://www.new-shuttle.jp/newshuttle_attraction (参照 2023-10-19)
- 6) 埼玉新都市交通株式会社, 駅情報・時刻表, 埼玉新都市交通株式会社ホームページ.
<https://www.new-shuttle.jp/station> (参照 2023-10-19)
- 7) 横浜市, 金沢シーサイドタウン地区, 地区の概況.
https://www.city.yokohama.lg.jp/kanazawa/kusei/tokei/tokeijoho/data.files/0058_20200323.pdf (参照 2024-02-14)

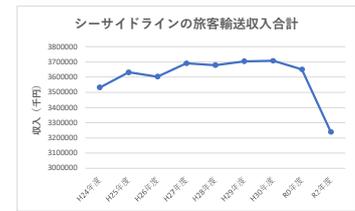


図4 2路線の旅客輸送収入合計のグラフの概形

自動車社会がもたらす功罪について

EC20025 川俣 智暉

1. 研究の背景

愛知県では生活の交通手段として自動車が多く普及している。実際、愛知県での自動車の保有台数は令和5年3月末時点で534万9712台りとなっており、2位の東京都との差は約100万台りとなっている。それにより、愛知県内の自治体では自動車に関する多くの交通課題が挙げられている。交通渋滞をはじめ、公共交通機関の利用者数の減少や交通空白地区の増加による交通弱者の移動手段の確保などが問題となっている。

そこで、これだけ多く普及している自動車が社会に与える影響を調べ、今後の交通体系の在り方について考える必要があると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、令和である現代から昭和時代の日本の高度経済成長期までの期間に焦点を当て、自動車と社会のつながりを整理し、自動車が社会に与える影響と問題を明らかにしていく。そして、そこから得た情報をもとに、自動車の功罪を考察して、今後の交通体系の在り方を提案して、皆でより良い交通体系を築いていくことを研究の目的として研究を行う。

3. 研究の方法

まず、自動車について深く関係し、インターネットのバックナンバー閲覧より1939年5月から現代まで定期的に発行されている、月刊誌「道路」(図1)を用いて、日本の経済が飛躍的に拡大し、大きく革新の起こった日本の高度経済成長期が始まる1955年辺りから現代までの期間にて、自動車と社会のつながりを調査する。この時、当時の社会情勢についてもインターネットより調べ、年代別に整理を行う。そして、社会のできごとと自動車に関する事象をそれぞれ年代別に表にまとめ、その表から、自動車の影響と問題、功罪についての考察を行い、今後の交通体系の在り方について提案する。

4. 月刊誌「道路」

月刊誌「道路」(図1)とは、日本道路協会という公益社団法人が発行している情報誌である。その名前の通り、道路についての最新動向を掲載した情報誌として、日本道路協会の正会員の特典として送付されている²⁾。

本研究にこの資料を選定した理由としては、自動車と深く関係しており、長い期間定期的に発行されているためである。1955年辺りから現代までの約70年間の情報を収集する上で、古くから存在する資料を用意する必要がある。また、1つや2つの情報では自動車と社会のつながりを説明することは難しい。そのため、古くから、尚且つ定期的に情報が提供されている資料が必要となった。よって、この月刊誌「道路」(図1)を本研究の調査資料として選定した。

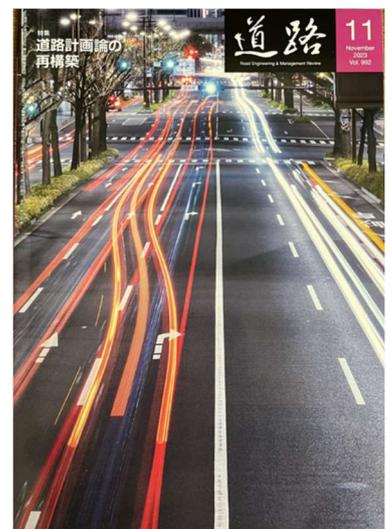


図1 月刊誌「道路」(2023年11月号)

5. 調査の実践

まずは、インターネットのホームページにある目次一覧より、キーワード検索を用いて自動車と社会との関係について触れている表題の選定を行った(表 1)。その後、ホームページのバックナンバー閲覧より資料を読み進めつつ、自動車と社会との関係が分かる部分についての抜出を行った。そして、最後に、エクセルにて年代、年号、社会情勢、自動車に関する事象をそれぞれ年代別にまとめ、年表として作成した(表 1)。

表 1 自動車と社会の年表及び選定表題

年代	年号区分	主な社会のできごと	自動車に関する事象	月刊誌「道路」からの選定表題名
1950年	昭和時代	公害問題の深刻化		
1954年			乗用車急増による経済への不安 自動車のサイズが大きくなってきている	乗用自動車使用の経済効果 自動車の構造的諸問題；道路に関しての
1955年		高度経済成長期に突入		
1960年				中央自動車道の経済調査について(その一),(その二)
1962年			「車庫法」制定	
1963年			日本の乗用車保有台数が100万台を超える	
1968年		大気汚染防止法・騒音規制法制定		
1970年			交通事故の死者数が1万6000人を上回る	
1971年		「騒音に係わる環境基準」制定	排出ガスによる大気汚染が大きな社会問題に	道路と自動車の大気汚染に与える影響
1973年		石油ショック発生	タイヤ騒音が話題に	自動車騒音とタイヤ騒音
1978年			次第に車が生活の道具に	
1979年			女性の新規運転免許取得者が男性を上回る	
1983年				自動車の普及と生活の移りかわり
		道路交通法改正	シートベルト着用の義務化	多様化する自動車とクルマ社会
1985年				外国人からみた日本のクルマ社会 日本一のクルマ社会群馬県の憂うつ
			「衣・食・住・道」の新時代；クルマ社会＝ガマン社会からの脱却	
1986年			自動運転技術について話題が出てくる	
			21世紀型の自動車交通 車社会と自動車の未来	
1988年			「クルマはあるのに、クルマがもてない」	
			くらしの中のクルマ；経済大国といわれる中で	
1989年	平成時代		交通事故の死者数が増加、乗車中の死亡が多い	
1990年		バブル経済		新時代・自動車の役割
1991年		バブル崩壊		
1994年				地方都市とクルマ社会
1997年		金融危機発生	ハイブリッド車(トヨタ「プリウス」)登場	
2000年		IT革命		
2001年			走行支援システムの実用化への期待大 再び排出ガスが問題となる	ITによる道路と自動車の連携 自動車の大気環境問題と私
2003年		新型肺炎SARSが流行		
2004年		日本人口のピーク		自動車排出ガス対策技術の最新動向
2013年		アベノミクス始まり	道路を「つくる」から「賢く使う」へ	クルマ社会から転換する新時代の道路
2014年			量産型燃料電池車(トヨタ「MIRAI」)登場	
2015年			「自動運転ビジョン」策定	
2016年		Society 5.0		
2017年			「未来投資戦略2017」	
2018年				自動走行・EV化に向けた現在の取組
2020年	令和時代	新型コロナウイルス感染症が流行	「グリーン成長戦略」策定	
2021年		東京2020オリンピック競技大会		「ゼロエミッション東京」実現のための水素モビリティ等推進政策 カーボンニュートラルに貢献する走行中給電システム
				カーボンニュートラルに向けた電気自動車の将来像と道路の係わり
2023年			電動キックボードが特定小型原付車区分へ	来るべき自動車社会の実現に向けて

6. 調査より得た情報

まず、1954年の記事では、乗用自動車が増したが、その大半を輸入に頼っていることから、日本経済への不安が確認できた。そして時代が進み1971年の記事では、自動車の排出ガスによる大気汚染が大きな社会問題となっていた。特に東京と大阪に汚染が広がっており、都心を歩く人は、3日に1回の頻度で環境基準を上回る汚れた空気を吸っているとされた。また、交通事故死者数も多く、昭和45年には交通事故の死者数が1万6000人を上回った。次に1983年の記事にて、自動車が大きく普及する前の状況を確認でき、その時代では、レジャー志向の使われ方が多かったが、戦後20年を過ぎると手段として使われるように変化していった。そして、1986年の記事にて、自動運転についての話題が挙がるが、この段階では、自動車の自由さを損なうという理由と、手動走行と自動走行の混雑走行が困難とされることからまだ大きく期待が高まっている段

階ではなかった。それから、1988年の記事にて、このわずか25年の間でモータリゼーションが急激に発展し、日本は世界の自動車生産国になっていたことが確認できた。また時代が進み、2001年となると、自動車にも様々な期待が寄せられ、その1つとして、ドライバーに対しての情報提供や操作支援を行う走行支援システムが話題に挙がった。また同時期に、再び自動車の排出ガスが問題となり、その影響は地球温暖化という大きな問題へと広がっていた。そして、近年、AIによる自動走行やEV、水素などの次世代型自動車に大きく期待が高まっている。

7. 考察

これより、調査より得た情報及び年表をもとに、考察を行う。

7.1 自動車の多様化について

まず、自動車はこの70年でかなり多様化が進んでいる。電気自動車などの次世代型自動車やABSや衝突安全システムなどの様々な安全装置が現代の自動車には組み込まれている。これらは、私が調べ始めた1955年辺りでは記事には挙がっていなかった。また自動車の使われ方に関しても、普及前ではレジャー志向として使われていたが、普及が進むにつれ手段として使われ始め「マイカー」などと呼ばれるようになった。そして、現代ではカーシェアリングなどの使い方がされ始めている。最後に自動車の問題についてだが、1955年辺りでは、自動車の購入の多くを輸入に頼っていることからの経済への不安が問題となったが、それが次第に大気汚染問題や交通事故などの直接的問題へと変化した。また、これらは健康被害と乗車者の死亡が主な問題だった昭和時代に対し、今では、この問題に加え、地球環境問題と衝突された側への被害が問題となっている。もし、今後も自動車の多様化が続くのであれば、それから来る問題はさらに複雑化し、影響も大きくなっていくのではないかと考える。

7.2 自動車の影響について

自動車は社会に対して大きく影響を与えた。まずは、経済である。1955年では、自動車の購入の多くを輸入に頼っていた。しかし、今では自動車産業は日本を支える大きな産業になった。現に、2021年の輸出額が、830,914億円のうち、107,222億円が自動車であった³⁾。これは、自動車が普及し、多くの人が自動車に乗るようになったため、日本の企業も自動車を生産するようになったのではないかと考える。誰も自動車に乗らなかったとしたら、国内の自動車産業はここまで大きく発展していなかったのではないだろうか。また、自動車は法律にも影響を与えている。大きく関わっているものは道路交通法である。制定されてから20を超える改正が行われているが、シートベルト着用の義務化や、飲酒運転などの違反行為の罰則などについても、死亡事故が多かった自動車が影響したものではないかと考える。

反対に、自動車は社会から影響を受けている部分もある。その1つは自動車の構造である。ITの発展や技術の発展、環境を良くしていこうといった社会の動きは自動車にも影響している。2000年のIT革命のすぐ後に、月刊誌「道路」の記事では、走行支援システムの実用化についての記事が挙がった。また、近年の記事では、環境問題に対しての次世代型自動車についての記事が多く挙がっている。これらは、社会の動きが自動車に影響を与えたのではないかと私は考えた。

7.3 自動車の功罪について

昭和時代の記事では、自動車の問題点について取り上げている記事が多いため、自動車を悪としてとらえてしまう。この時代は、急激に自動車が普及したことによって、その時代変化に人や社会が追いつけず、多くの問題を引き起こす自動車にマイナスな思考を抱く人が多かったのではないかと考える。だが、時代が進み自動車の構造面にて多くの問題の改善がみられるようになり、月刊誌「道路」の記事でも自動車に期待を寄せる記事が多くなってきた。社会全体で見れば、大気汚染問題や交通事故など多くの問題を引き起こし、公害とまで発展させた自動車は悪ととらえることができるが、使用者個人で見ると、自由に移動でき、高度な機械を操作する楽しさを味わうことのできる娯楽品であり、良ととらえることができる。今では、自動車なくしては、人々

の移動手段としては、公共交通機関に絞られてしまう。それは、利用者が集中する混雑を生み、自動車が引き起こす問題とはまた違った問題を引き起こすと考える。そのため、私の考えとしては、自動車そのものには罪はなく、使用者と現代の自動車に偏った交通利用に罪があるのではないかと考える。つまり、我々が意識的により良い交通を求めていく必要がある。

8. 結論

本研究では、自動車と社会について幅広い年代を通して調査してきた。自動車は我々の生活に大きな変化をもたらし、自由な移動を可能にしたが、その変化は社会へも影響をもたらし、様々な悪影響を及ぼすに至った。大気汚染や交通問題、その様々な影響は現代もなお継続しており、問題への対策についても、年表を見ると、問題が発生してから対策を行う後追い対策が基本である。自動車などの交通問題は、今後もさらに複雑化した形で影響が拡大すると考えている。そのため、今後の交通課題への取り組みは、後追い対策ではなく、先に対策を打つ事前対策が必要である。

そこで、近年の法改正によって新しく特定小型原動機付自転車の区分に入った電動キックボードについてだが、ニュースなどでも様々な危険が示唆されている。運転免許が不要で、条件下であれば歩道なども走行でき、とても便利だが、規制が緩和し、誰でも簡単に乗れるということで事故も増加している⁶⁾。道路交通法などの勉強を終わっていない人々が車道や歩道を自分勝手に走行すれば事故の危険もあるが、ヘルメットは努力義務となっている。このような、危険な状態を改善する必要があると私は考える。排気ガスを排出しない電動であり、新しい交通の手段であるため、ただ廃止にするのではなく、規制を見直すことで改善を行う。他人に危害を加える必要があるものは厳しくルールを決める必要がある。

大きな問題となっていく前に事前に対策を打つことで、自動車などの都市交通が社会に与える悪影響を小さなものにしていくことが大切である。

謝辞

本論文を作成するにあたり多くのご指導をいただきました指導教授の磯部友彦教授に深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1)一般財団法人 自動車検査登録情報協会 自動車保有台数, (参照 2023-09-06).
<https://www.airia.or.jp/publish/statistics/number.html>
- 2)月刊誌「道路」 事業内容,目次一覧,バックナンバー, (参照 2024-01-10).
<https://www.road.or.jp/index.html>
- 3)税関 財務省貿易統計 最近の輸出入動向 自動車(輸出), (参照 2024-01-10).
https://www.customs.go.jp/toukei/suii/html/time_latest.htm
- 4)環境省 環境省の歩み, (参照 2023-12-20).
https://www.env.go.jp/guide/gyomu_pdf/pdf/p034-035.pdf
- 5)NHK キーワードで見る年表 平成 30 年の歩み, (参照 2023-12-20).
<https://www3.nhk.or.jp/news/special/heisei/chronology/>
- 6)自動運転ラボ 国内ニュース 電動キックボードの事故・違反状況まとめ, (参照 2024-02-21).
[電動キックボードの事故・違反状況まとめ | 自動運転ラボ \(jidouten-lab.com\)](https://www.jidouten-lab.com/)

連続立体交差事業が周辺地域に及ぼす効果について

EC20042 鈴木 聡真

1. 研究背景

連続立体交差事業が駅周辺の踏切を除却し、駅前後を高架化・地下化することで交通渋滞解消、また駅周辺開発により駅前再整備を実現している。この効果として駅前周辺地域の活性化や安全性の向上、自動車交通の円滑化などが期待されている。この効果を数字化することで実際にどのような影響があるのか気になったため、路線価や人口などの数字化されているデータに注目して考えていきたい。

2. 研究目的

本研究では実際に連続立体交差事業が施工された駅周辺地域と近辺にある同規模の駅周辺地域を対象として本研究を進める。その中で路線価や人口といった数字化されているデータを収集し、そのデータを用いて連続立体交差事業の効果を比較する。また事業期間中に対象となる駅周辺で実施されている事業、その年にあった日本の情勢なども含めて検証をする。結果からの考察や比較・検証からの考察で連続立体交差事業が実際にどの位のレベルでどのような空間的影響を及ぼしているのかについて明らかにする。

3. 研究方法

本研究は JR 東海・中央本線・勝川駅と JR 東海・中央本線・春日井駅を対象とする。対象となる範囲は駅を中心地から半径 500 メートル圏内とする。数字化されているデータとして 1 つ目に路線価を用いる。2 つ目に人口を用いる。人口は町丁目までデータ分けをして、その中から駅からの距離で分けて人口の比較をする。路線価は愛知県図書館にある路線価図から収集、人口は春日井市役所にご協力をいただき情報を収集する。

4. 路線価とは

路線価とは、路線(道路) に面する標準的な宅地の 1 平方メートル当たりの評価額のことであり、路線価が定められている地域の土地等を評価する場合に用いる。¹⁾

5. 連続立体交差事業とは

都市部における道路整備の一環として、道路と鉄道との交差部において、鉄道を高架化または地下化することによって、多数の踏切を一挙に除却し、踏切渋滞、事故を解消するなど都市交通を円滑するとともに、鉄道により分断された市街地の一体化を促進する事業である。²⁾ 連続立体交差事業の整備効果として主に直接効果とまちへの波及効果がある。直接効果は、走行快適性の向上、移動時間の短縮などがある。まちへの波及効果は、主に交流機会の拡大、駅前広場の整備などがある。³⁾

6. 路線価の結果

勝川駅の対象道路は駅北側の 3, 6, 7, 9, 10、駅南側の 1, 2, 4, 5, 8 として 10 箇所を対象とする。春日井駅は駅北側の 1, 2, 3, 4、駅南側の 5, 6, 7, 8 として 8 箇所を対象とする。また勝川駅は駅から半径 350 メートル圏内の対象道路を駅から近い、駅から半径 350 メートル圏外の対象道路を駅から遠いと定義する。

調査した平成 5 年から 26 年の 3 年ごとの結果を表にまとめたものは以下の通りである。

表 1 勝川駅周辺の路線価(単位:円)

勝川駅		対象とした道路									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
対象年	平成5年	119	126	375	126	126	152	172	126	138	168
	平成8年	112	121	214	112	115	124	128	115	122	144
	平成11年	105	119	177	106	108	107	115	111	110	124
	平成14年	99	110	135	99	105	110	110	105	105	115
	平成17年	88	97	115	86	88	93	90	90	91	98
	平成20年	95	110	135	100	94	97	100	98	95	105
	平成23年	90	105	130	99	90	94	95	95	92	105
	平成26年	98	115	130	110	95	100	100	105	97	105
		駅から	遠い	近い	近い	近い	遠い	遠い	近い	近い	遠い	近い

表 2 春日井駅周辺の路線価(単位:円)

春日井駅		対象とした道路							
		1	2	3	4	5	6	7	8
対象年	平成5年	139	147	365	126	123	117	119	117
	平成8年	122	114	243	106	119	105	95	103
	平成11年	116	106	207	102	108	97	91	94
	平成14年	110	100	160	97	105	95	87	92
	平成17年	94	88	125	85	91	80	77	78
	平成20年	97	91	120	85	93	81	76	80
	平成23年	94	89	115	82	89	77	72	76
	平成26年	96	92	115	87	91	79	74	78

表 1 の勝川駅周辺の路線価と表 2 の春日井駅周辺の路線価は、表頭が対象とした路線価の数字、表側がその年を示している。表 1 の表側には駅から近いか遠いかを付け加えて示している。また路線価については千円単位で表示しているため、表 1 の平成 5 年 1 の 119 という値は 11 万 9 千円という値になる。

結果から分かることは、基本的に勝川駅周辺も春日井駅周辺も平成 5 年から 23 年にかけて減少傾向にあり、路線価の値が非常に減少していることが分かる。平成 5 年時では路線価の値が大きい道路も平成 26 年には同等の値になっていることが分かる。

次に路線価の上昇率に着目して結果を見る。平成 5 年から平成 8 年、平成 8 年から平成 11 年、という括りで平成 5 年から平成 26 年まで 3 年ごとに上昇率を見ると以下の通りである。

表 3 勝川駅の路線価の上昇率

勝川駅		対象とした道路									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
対象年	平成5年から8年	-6%	-4%	-43%	-11%	-9%	-18%	-26%	-9%	-12%	-14%
	平成8年から11年	-6%	-2%	-17%	-5%	-6%	-14%	-10%	-3%	-10%	-14%
	平成11年から14年	-6%	-8%	-24%	-7%	-3%	3%	-4%	-5%	-5%	-7%
	平成14年から17年	-11%	-12%	-15%	-13%	-16%	-15%	-18%	-14%	-13%	-15%
	平成17年から20年	8%	13%	17%	16%	7%	4%	11%	9%	4%	7%
	平成20年から23年	-5%	-5%	-4%	-1%	-4%	-3%	-5%	-3%	-3%	0%
	平成23年から26年	9%	10%	0%	11%	6%	6%	5%	11%	5%	0%

表 5 春日井市の路線価の
平均値での上昇率⁴⁾

春日井市		
対象年	平成5年から8年	-7%
	平成8年から11年	-5%
	平成11年から14年	-8%
	平成14年から17年	-13%
	平成17年から20年	2%
	平成20年から23年	-5%
	平成23年から26年	4%

表 4 春日井駅の路線価の上昇率

春日井駅		対象とした道路							
		1	2	3	4	5	6	7	8
対象年	平成5年から8年	-12%	-22%	-33%	-16%	-3%	-10%	-20%	-12%
	平成8年から11年	-5%	-7%	-15%	-4%	-9%	-8%	-4%	-9%
	平成11年から14年	-5%	-6%	-23%	-5%	-3%	-2%	-4%	-2%
	平成14年から17年	-15%	-12%	-22%	-12%	-13%	-16%	-11%	-15%
	平成17年から20年	3%	3%	-4%	0%	2%	1%	-1%	3%
	平成20年から23年	-3%	-2%	-4%	-4%	-4%	-5%	-5%	-5%
	平成23年から26年	2%	3%	0%	6%	2%	3%	3%	3%

表 3 は勝川駅の路線価の上昇率、表 4 は春日井駅の路線価の上昇率、表 5 は春日井市の路線価の平均値での上昇率である。表 3、表 4 の表頭は対象とした路線価のことである。表 3、表 4、表 5 の表側は上昇率を計算する際に表 1 や表 2、参考文献から用いた年である。

上昇率の計算式は平成 5 年から 8 年を例とすると式(1)の通りである。

$$\text{上昇率 (\%)} = (\text{平成 8 年の路線価} / \text{平成 5 年の路線価}) - 1 \quad \dots \text{式(1)}$$

結果から分かることは、平成 23 年から 26 年の上昇率について、春日井駅周辺の上昇率は春日井市の路線価の平均値と同等の上昇率であることに対して、勝川駅周辺の路線価の上昇率は春日井市の路線価平均値の上昇率を軒並み上回っていることが分かる。同様に平成 17 年から平成 20 年の上昇率も春日井駅周辺は春日井市の平均値と同等の値で、勝川駅周辺は軒並み上回っているという同じようなことが分かる。また勝川駅について上昇率が大きい場所は下降率が小さく、上昇率が小さい場所は下降率が大きくなる傾向にあると分かる。

7. 人口の結果

人口の結果について駅から半径 200 メートル圏内、200 から 350 メートル圏内、350 から 500 メートル圏内という範囲で結果を表す。左側のグラフが勝川駅周辺の地域、右側のグラフが春日井駅周辺の地域とする。

1 つ目に駅から半径 200 メートル圏内の地域の結果は以下の通りである。



図1 勝川町7丁目の人口



図2 上条町1丁目の人口

2 つ目に駅から半径 200 から 350 メートル圏内の地域の結果は以下の通りである。



図3 角崎町の人口

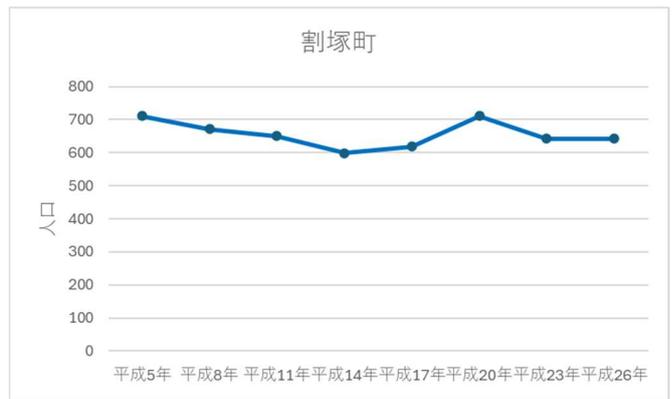


図4 割塚町の人口

3 つ目に駅から半径 350 から 500 メートル圏内の地域の結果は以下の通りである。

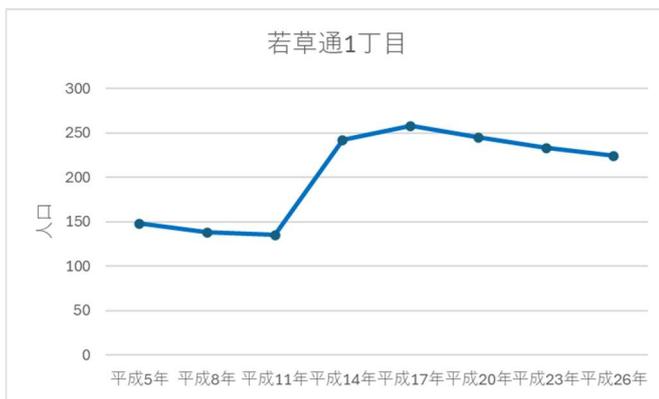


図5 若草通1丁目の人口

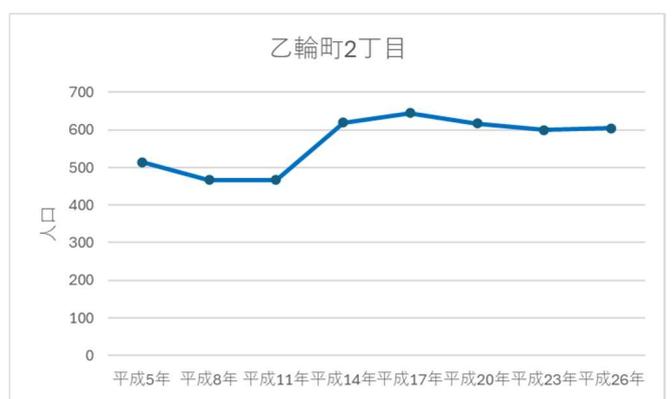


図6 乙輪町2丁目の人口

図1 から図6 のグラフは縦軸が人口を示していて、横軸はその年を示している。平成5年から平成26年の3年ごとの人口を折れ線グラフに示した。

結果から分かることは、勝川町7丁目はある年に急激に人口が増加しており、春日井駅周辺にはない増加をしている。全体的に見れば、勝川駅周辺は人口が増加傾向にあるが、春日井駅周辺は人口が減少傾向にある。

8. 考察

路線価について、平成5年から平成17年にかけて路線価の値が下がり続けている要因として日本経済の影響を深く受けていると考察する。平成3年から5年にバブル経済崩壊が起きた影響で経済が長い低迷を続けており、平成10年代後半に緩やかな回復をした。しかし、平成20年9月にリーマンショックが発生して経済は影響を受けた。2つの経済の出来事と本研究で調査した勝川駅地域と春日井駅地域の路線価や変化と照らし合わせると類似している。多少の違いはあるが、平成5年から23年にかけては経済からの影響が最も大きいと考察する。また平成23年から26年に勝川駅地域の路線価の上昇率が春日井駅地域の路線価の上昇率に比べて大きいのは連続立体交差事業の影響が大きいと考察する。平成23年3月に事業完了し、周辺道路が整備されたことで道路の価値が上昇し、勝川駅周辺の利便性が上昇したことで路線価の値に影響を与えたと考察する。春日井市の路線価の平均値での上昇率が4%であり、春日井駅地域の上昇率はほぼ同じくらいの3%であるのに対して勝川駅地域は10%や11%の上昇率が何ヶ所もあり、連続立体交差事業やそれに伴う再整備事業の影響を受けての上昇率だと考察できる。平成17年から平成20年も同じことが考察できる。

人口について、勝川駅周辺地域の人口が平成17年から20年にかけて急激に増加している要因として勝川駅前再開発事業の影響があると考える。勝川駅北地区市街地再開発事業において、平成19年10月に勝川地区施設建築物建設工事が竣工している。勝川地区は勝川町7丁目のエリアである。勝川地区の1街区1、2街区の用途として住宅という項目があり、辺りには10階以上の分譲マンションが建ち並んでいる。この連続立体交差事業に伴い整備された駅前再開発事業のマンション建設による新規入居が最も人口増加の要因であると考察する。春日井駅周辺地域の上条町1丁目において同じような人口の増加を見ることができないため、勝川駅周辺が要因であると考察する。また勝川駅から離れている地域にも極端に人口増加がある年があるが、これは勝川駅が連続立体交差事業やそれに伴う市街地再開発事業で勝川駅周辺が将来大規模な都市になることを見越して、マンション開発や戸建て開発を行った結果だと考察する。

9. 結論

研究の結果では、路線価は連続立体交差事業から直接影響を受けていることが分かり、値が増加していた。人口は連続立体交差事業に伴う再開発事業から主に影響を受けていて、人口が増加していることが分かった。路線価に関しては、バブル崩壊やリーマンショックが要因となった日本経済からの影響を強く受けており連続立体交差事業が影響のすべてではないが、単年で見れば影響があるのは明らかである。

謝辞

本論文の執筆にあたり多くのご指導をいただいた指導教授の磯部友彦教授、資料収集にご協力いただいた春日井市役所の経済振興課に謝意を表す。

参考文献

- 1) 国税庁, 路線価図の説明-財産評価基準書 (参照 2023-12-28)
https://www.rosenka.nta.go.jp/docs/ref_prcf.htm
- 2) 国土交通省, 連続立体交差事業の概要 (参照 2023-9-4)
<https://www.mlit.go.jp/road/ir/iinkai/7pdf/42.pdf>
- 3) 国土交通省, 連続立体交差事業の整備効果にかかる参考資料集 (参照 2023-9-4)
<https://www.mlit.go.jp/common/001083622.pdf>
- 4) トチノカチ, 春日井市(愛知県)の地価・土地価格(公示地価) (参照 2023-12-13)
<https://totinokati.com/kakaku/%E3%82%A8%E3%83%AA%E3%82%A2%E6%84%9B%E7%9F%A5%E7%9C%8C-%E6%98%A5%E6%97%A5%E4%BA%95%E5%B8%82%E5%85%AC%E7%A4%BA%E5%9C%B0%E4%BE%A1/>

路面電車を活用した都市政策の考察

EC20049 寺田 和央

1. 研究背景

現在、我が国は高齢化が進行している。これからは、高齢者が生活しやすい街づくりをしていくことが重要だと考えた。そこで注目したのが路面電車である。路面電車は、道路上からの乗降が容易で、バリアフリーに適している。また、バスと比較しても、定時性を保ちやすく、スムーズな運行を行うことが可能だ。しかし、路面電車はモーターレーゼーションの影響などにより廃線が相次いでいた。だが、都市のコンパクト化を目指す動きなどにより、再び路面電車が注目を浴びている。そこで再び脚光を浴びている路面電車に注目したいと考え、研究のテーマに取り上げた。

2. 研究目的

本研究では、これからの路面電車の活用方法について考察する。

現在運行している 19 都市の路面電車やその都市の都市政策について調査することで、路面電車の課題を考え、その課題への対策や高度化案、活用方法を見出す。

3. 研究方法

対象とする地域は、現在路面電車を活用している全 19 都市とする。

この研究では大きく分けて 3 つの面から調査を行うこととする。

- ① 現在運行している全 19 都市の路面電車の概要や都市政策などを調査し比較する。
- ② 路面電車がコンパクトシティ政策にどれほど影響を与えているのかを調査する。
- ③ 路面電車が廃線となった岐阜市に注目し、路面電車の課題を考察する。

3.1 ①の研究手法

現在運行している 19 都市の都市政策を各都市の地域公共交通計画などの都市計画や、各都市のホームページ、国土交通省の WEB ページから考察する。また、路面電車の概要や特徴などの様々な情報を、鉄道統計年報や論文、書籍などから調査・比較し、考察を行う。

3.2 ②の研究手法

REASAS (地域経済分析システム) や e-stat を活用し、国勢調査などから対象都市の路面電車開通前後での人口密度を調査する。そこから路面電車とコンパクトシティの関係を考察する。

3.3 ③の研究手法

岐阜市議会の会議録より、岐阜市の路面電車が廃線となった経緯や原因を調査し、路面電車の課題を考察する。また、岐阜市の路面電車を存続するためにはどのような対策を取るべきだったのかも考察する。

4. 研究① 19 都市の調査

研究①では、現在運行している 19 都市の路面電車の営業距離、停留所数、平均間隔、地域公共交通計画の策定状況、都市形態、運賃、全国相互利用サービスの有無、輸送人員、輸送密度、路線形態、旅客運輸収入、軌道営業損益、複線化の割合の調査を行った。

表 1 は、地域公共交通計画の策定の有無と都市政策の形態を表している。調査の結果、19 都市中 17 都市が地域公共交通計画の策定が完了していることが判明した。また、13 都市中 12 都市の都市政策の形態が「コンパクト」や「集約型」などのコンパクトシティに関連する単語が用いられていた。

表 2 は、路面電車の路線形態を表している。これは、大阪工業大学の 大串氏の論文を参考にし、路面電車を路線の形から分類したものだ。「市街地循環型」とは、市の中心駅から環状・網目状に敷設された路線。「市街地－保養地接続型」とは、市街地の中心部と温泉等の保養地を接続した路線。「市街地－港湾接続型」とは、市街地と港湾を接続した路線。「市街地貫通型」とは、市街地の中心部を貫通するように敷設された路線。「都市拠点接続型」とは、都市内の拠点を結んだ路線のことだ。この路線形態の分類を各路面電車の比較に活用する。

図1は、2012年と2020年の輸送人員を、図2は2012年と2020年の旅客運輸収入を表している。図1を見ると富山市のみが増加、富山市以外の都市は減少しており、全体では約518万人、28%減少している結果となった。図2を見ると、札幌市と富山市が増加しており、その他の都市は減少している。全体で見ると、約50億円、22.6%減少している結果となった。

表1 地域公共交通計画の策定状況と都市形態¹

都市	路線名	地域公共交通計画の策定	都市政策の形態・構造
札幌市	札幌市電	○	持続可能なコンパクト・シティへの再構築
函館市	函館市電	○	
荒川区	東京さくらトラム(都電荒川線)	策定途中	
世田谷区	東急世田谷線	策定途中	
富山市	富山軌道線・富山港線	○	コンパクトプラスネットワーク
高岡市	万葉線	○	コンパクトアンドネットワーク
豊橋市	豊橋鉄道東田本線	○	集約型都市構造
福井市	福井鉄道福武線	○	集約型の都市構造
大阪市	京阪電気鉄道 京阪大津線	○	コンパクト+ネットワーク
京都市	嵐電(京福電気鉄道)	○	
大阪市	京阪線 阪堺電気鉄道	○	
岡山市	岡山電気鉄道	○	コンパクトでネットワーク化された都市構造
広島市	広島電鉄軌道線 広島電鉄	○	集約型都市構造
高知市	とさでん交通	○	人口減少社会における活力の維持・向上に向けた集約型の都市構造
松山市	伊予鉄道松山内線	○	コンパクトシティプラスネットワーク
長崎市	長崎市電 長崎電気軌道	○	ネットワーク型コンパクトシティ長崎
熊本市	熊本市電	○	多核連携型の都市構造
鹿児島市	鹿児島市電	○	
宇都宮市	宇都宮ライトレール	○	ネットワーク型コンパクトシティ

表2 各路面電車の路線形態²

市街地循環型	市街地-保養地接続型	市街地-港湾接続型	市街地貫通型	都市拠点接続型
札幌市電	函館市電	富山港線	豊橋鉄道市内線	嵐電(京福電気鉄道)
東京さくらトラム	伊予鉄道	万葉線	福井鉄道	京阪電気鉄道 大津線
東急世田谷線	松山市内線		熊本市電	阪堺電気鉄道 京阪線
富山軌道線			鹿児島市電	とさでん交通
岡山電気軌道			宇都宮ライトレール	
広島電鉄				
長崎電気軌道				

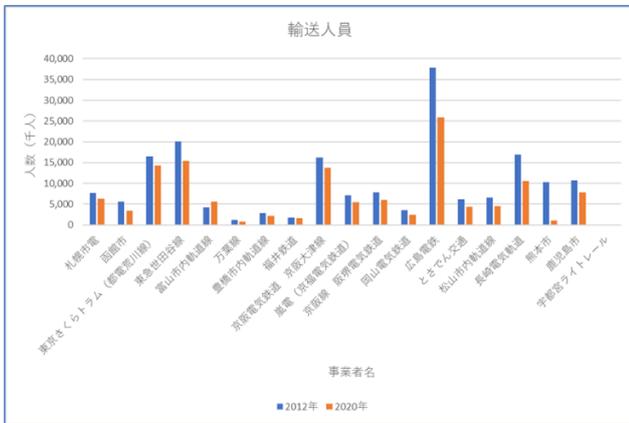


図1 2012年と2020年の輸送人員³

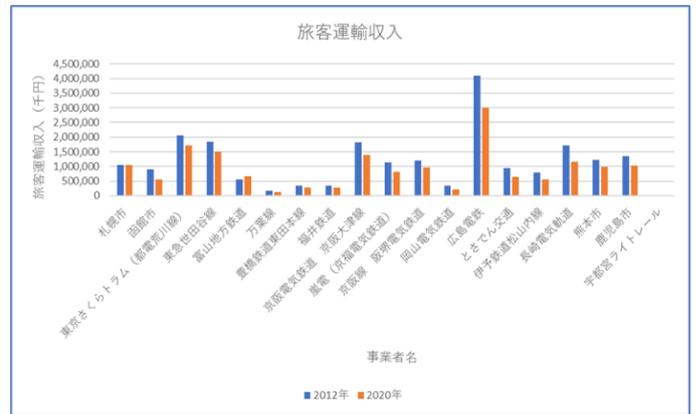


図2 2012年と2020年の旅客運輸収入³

5. 研究② 路面電車とコンパクトシティの関係

研究②では、路面電車開通前後での人口密度の増減比を調査することで路面電車とコンパクトシティの関係性について考察する。表3は全路面電車の開通前後での人口密度と増減率をまとめたものだ。ただ、宇都宮ライトレールは開通してから1年が経過していないため、この研究では対象外とする。また、東急世田谷線と万葉線のデータは、都市面積の変化などにより見つけることが出来なかった。

表4を見ると人口密度が増加した都市は7都市、減少した都市は7都市、あまり変化が無かった都市が2都市、全体では12.3%減少しているという結果になった。

表3 路面電車開通前後での人口増減比⁴

都市	路線名	開業年	開業年の人口密度 (1920年の人口密度)	2021年の人口密度	増減比
札幌市	札幌市電	1918	4244	7742.7	82.4%
函館市	函館市電	1913	7598	4696.1	-38.2%
荒川区	東京さくらトラム(都電荒川線)	1903	14134.1	22389.4	58.4%
世田谷区	東急世田谷線	1925			
富山市	富山軌道線・富山港線	1913	8456	3848.5	-54.5%
高岡市	万葉線	1948			
豊橋市	豊橋鉄道東田本線	1925	4183	4711.6	12.6%
福井市	福井鉄道福武線	1933	14492	4384.2	-69.7%
大阪市	京阪電気鉄道 京阪大津線	1912	2215.2	5349.3	141.5%
京都市	嵐電(京福電気鉄道)	1910	9785	9573.4	-2.2%
大阪市	京阪線 阪堺電気鉄道	1911	21437	13019.6	-39.3%
岡山市	岡山電気鉄道	1912	9791	5572.7	-43.1%
広島市	広島電鉄	1912	5879	7121.6	21.1%
高知市	とさでん交通	1904	8564	5765.0	-32.7%
松山市	伊予鉄道松山内線	1911	9856	6274.3	-36.3%
長崎市	長崎電気軌道	1915	4295	5863.1	36.5%
熊本市	熊本市電	1924	3929	5984.3	52.3%
鹿児島市	鹿児島市電	1912	6167	6055.6	-1.8%
宇都宮市	宇都宮ライトレール	2023			
			135025.3	118351.3	-12.3%

6. 研究③ 岐阜市の路面電車廃止の考察

研究③では、岐阜市の路面電車が廃線となった原因を考察することで、路面電車の課題について考える。また、岐阜市の路面電車を存続させるためには、どのような対策が必要だったのかをも考察する。

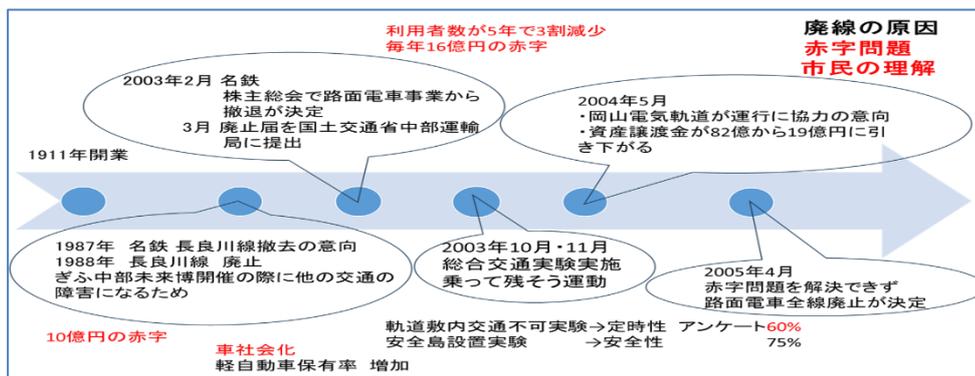


図3 岐阜市の路面電車の廃線経緯⁵

図3は岐阜市議会の会議録を閲覧し、岐阜市の路面電車の廃線までの経緯をまとめたものである。2003年2月に名古屋鉄道が利用者数の減少や赤字増加などの理由により路面電車事業から撤退を表明した。そこから岐阜市は、路面電車を残すべきかの検討を始めた。2003年10月・11月実施された総合交通実験では、5つの実験が行われ、路面電車に関する実験では、「軌道敷内交通不可実験」と「安全島設置実験」が行われた。しかし、「軌道敷内交通不可実験」のアンケートでは、軌道内の自動車の走行を制限することについて賛成する割合は、6割に留まり、岐阜市民の車依存が明確になる結果となった。その後も、市長の細江秀光氏は、できることなら残したいという思いを抱いていたため、乗って残そう運動や、岡山電気軌道との会議などを行ったが、最終的に赤字問題を解決することが出来なかったため、廃止が決定した。このような経緯から、岐阜市の路面電車の廃線原因は、赤字問題と市民の理解だと考察する。

ここからは、岐阜市の路面電車を存続させるための対策を考察する。まず、赤字問題についてだが、第三セクターに注目した。第三セクターとは、国や地方公共団体と民間が合同で出資・経営する企業のことだ。第三セクター鉄道協会の第三セクターの分類でも、「赤字の私鉄路線を引き受けるために設立されたもの」という項目があり、岐阜市に該当すると考えた。現在、第三セクターにより運行している路面電車は、富山地方鉄道、万葉線、福井鉄道、とさでん交通がある。そこで、第三セクターの転換前後での営業成績を調査した。表4は万葉線の第三セクター前後での輸送人員・輸送密度・旅客運輸収入・軌道営業損益を表し、表5は万葉線の第三セクター前後での営業収益・営業費・営業損益・当期損益を表したものだ。表4の輸送人員の3年後は3.2%、5年後は11.1%増加している。また、表5の当期収益も第三セクター前と比べると収益が多くなっている。福井鉄道、とさでん交通でも調査を行った結果、3年後、5年後の輸送人員と当期収益が増加している結果となり、第三セクター転換により運行成績が向上したと言える。この要因としては、第三セクターに転換することにより、効率的な経営ノウハウが得られたり、補助金が出しやすくなったりし、経営を立て直す政策が可能になるからだ。

表4 万葉線の第三セクター前後での輸送人員・輸送密度・旅客運輸収入・軌道営業損益³

輸送人員 (第3セクター前) (千人)	輸送人員 (3年後) (千人)	輸送人員 (5年後) (千人)	輸送人員 (現在) (千人)
1033	1066	1148	804
第3セクター前との増減比	3.2%	11.1%	-22.2%
輸送密度 (第3セクター前) (千人/km)	輸送密度 (3年後) (千人/km)	輸送密度 (5年後) (千人/km)	輸送密度 (現在) (千人/km)
130.8	133.3	143.5	100.5
第3セクター前との増減比	1.9%	9.7%	-23.2%
旅客運輸収入 (第3セクター前) (千円)	旅客運輸収入 (3年後) (千円)	旅客運輸収入 (5年後) (千円)	旅客運輸収入 (現在) (千円)
201090	169652	175841	120318
第3セクター前との増減比	-15.6%	-12.6%	-40.2%
軌道営業損益 (第3セクター前) (千円)	軌道営業損益 (3年後) (千円)	軌道営業損益 (5年後) (千円)	軌道営業損益 (現在) (千円)
-67386	-74997	-66965	-118929
第3セクター前との増減比	-11.3%	0.6%	-76.5%

表5 万葉線の第三セクター前後での営業収益・営業費・営業損益・当期損益³

営業収益 (第3セクター前) (千円)	営業収益 (3年後) (千円)	営業収益 (5年後) (千円)	営業収益 (現在) (千円)
208468	180091	191803	156324
第3セクター前との増減比	-13.6%	6.5%	-25.0%
営業費 (第3セクター前) (千円)	営業費 (3年後) (千円)	営業費 (5年後) (千円)	営業費 (現在) (千円)
275854	255088	258768	275253
第3セクター前との増減比	-7.5%	-6.2%	-0.2%
営業損益 (第3セクター前) (千円)	営業損益 (3年後) (千円)	営業損益 (5年後) (千円)	営業損益 (現在) (千円)
-67386	-74997	-66965	-118929
第3セクター前との増減比	-113.0%	-0.6%	-76.5%
当期損益 (第3セクター前) (千円)	当期損益 (3年後) (千円)	当期損益 (5年後) (千円)	当期損益 (現在) (千円)
-129336	773	-12451	-4664
第3セクター前との増減比	100.6%	90.4%	96.4%

市民の理解については、軌道敷内交通不可実験から、専用軌道に着目した。専用の敷地内に敷設された軌道のことだ。図 4 は専用軌道区間の割合を示している。80%以上は2都市、50%以上は4都市、0%は7都市で、全体では約 27.0%と低い結果となった。80%以上となった東急世田谷線と東京さくらトラムが東京で存続しているのは、専用軌道区間の割合が関係していると考えられる。専用軌道を増やすことで、安全性・定時性を向上させ、車依存から僅かでも脱却することが市民の理解に繋がると考える。



図 4 専用軌道区間割合³

7. 考察

- ① 地域公共交通計画の策定の有無では、19 都市中 17 都市が策定しているという結果で、路面電車を活用している都市は、都市計画への意識が強いと感じた。輸送人員と旅客運輸収入の調査では、ほとんどの事業者が運行成績を落としているなか、富山市と札幌市のみが増加するという結果が出た。この要因としては、富山市では、路面電車の南北接続や駅の整備を行ったこと、札幌市では、路面電車のループ化を行ったことによる利便性の向上の影響だと考える。このことから、路面電車を存続させるためには、利便性の向上が必要だ。また、全体的に路面電車の衰退状況が明らかになり、利用者数の減少、経営が課題だと感じた。
- ② 路面電車開通前後での人口密度は、全体で 12.3%減少している結果となった。この結果は、路面電車が都市のコンパクト化に繋がっていないと言える。しかし、表 2 で分類した、市街地循環型に着目すると、7 都市中 6 都市の人口密度が増加していることが判明した。この結果から市街地循環型の路面電車には人口密度を増加させ、街をコンパクトにする働きがあるとも考えることができる。だが、路面電車が開通した年と、現在で、都市の面積が変化している地域も存在する。そのため、今回の研究方法では、路面電車とコンパクトシティの関係性も見つけることは難しいと感じた。
- ③ 岐阜市の路面電車を考察し結果、廃止となった原因は、赤字問題を解決する対策が見出せなかったことと、市民の理解を得ることができなかったからという結論に至った。そこで、赤字問題に対しては運行形態に着目し、第三セクターに転換することで解決できたのではないかと考えた。路面電車第三セクターに初めて転換した万葉線の運行成績を調査した結果、成績が上昇していることが判明した。岐阜市の路面電車を存続させるためには、赤字問題が岐阜市議会で議論され始めた 1988 年頃に第三セクターに転換すべきだったと考察した。

8. 結論

この研究では、現在運行している全 19 の路面電車を様々な点から、調査・比較を行った。その結果、路面電車運行していくための課題は、利便性の向上、赤字削減、市民の理解だと考えた。利便性については、富山市や札幌市の例からループ化や駅の整備などによって効果が得られることが分かった。赤字削減では、利用者の増加を図るための企画や、前述した利便性の向上、また、万葉線のように赤字、利用者ともに歯止めがかからない場合は、第三セクターに転換するという対策がある。市民の理解については、専用軌道区間を増やし、快適に路面電車を利用してもらうことなどが挙げられる結果となった。

謝辞

このたびは、本論文作成にあたってご指導とご協力をしていただきました磯部教授、鉄道統計年報の貸出にご協力していただきました愛知県図書館の皆様に深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省:地域公共交通計画の作成状況一覧 (参照 2024.1.10) <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/content/001597329.pdf>
- 2) 大串光平, 大都市近郊における路面電車の史的展開と沿線での地域施設の分布特性に関する研究. p2. (参照 2023.12.3) https://www.jstage.jst.go.jp/article/cpijkansai/12/0/12_101/_pdf/-char/ja
- 3) 国土交通省:鉄道統計年報 (参照 2023.12.1) https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk6_000032.html
- 4) e-Stat <https://www.e-stat.go.jp/> (参照 2023.12.4)
- 5) 岐阜市:岐阜市議会会議録 (参照 2023. 11. 28) <https://www.city.gifu.gifu.dbsr.jp/index.php/>

ウォーカブルな都市空間の実現に向けての課題の検討

EC20059 永田晟士

1.研究背景

ヨーロッパでは、1980 年ごろから歩行者と自動車が共存する空間、シェアド・スペースについての取り組みが進んでいた、そこでシェアド・スペースの持つ意味を考えた結果、日本にシェアド・スペースを導入する具体的な方法として、道路空間の再配分に注目することが適切と考えた。また、道路空間を車中心から人中心の空間へと再構築する取り組み「ウォーカブル」が日本でも進められていることを知り、「ウォーカブル」という言葉にも注目して研究を始めた。

2.研究目的

現在、国内で実施されている「ウォーカブル」についての取り組みを行っている事例の中から「ウォーカブル」と道路空間の再配分、両方に取り組んでいる事例を取り上げ、その成果や課題を明確にすることを本研究の目的とする。

3.研究方法

国土交通省のホームページの一部である、「ウォーカブルポータルサイト」¹⁾を利用して、国内事例の場所ごとの特徴調査を行う。次に、愛知県豊田市の新とよパーク、岡崎市の康生通り、連尺通りで現地調査を行い、3つの事例を基に成果の比較、現状での課題を考察する。

4.ウォーカブルとは

「ウォーカブル」とは、歩く (Walk) とできる (able) を組み合わせた造語で、「歩きやすい」、「歩きたくなる」、といった語感を持っており、都市や地域が歩行者にとって快適で安全な環境を提供することを指す。

5.国内事例の特徴

表 1 は、ウォーカブルポータルサイトに掲載されている国内の全 57 の事例を集計し、場所ごとにどんな利活用が行われているのかを示した表である。

表 1 から、全体の 7 割近くが駅周辺で実施されており、公共交通機関を利用する人々を

狙いに行っていることがわかる。利活用の種類でその他の詳細を見てみると、イベント広場への活用が多くなっていた。

表 1 場所ごとの利活用の種類

	軒先利用	歩行者天国	パークレット	その他	合計
駅周辺	11	5	3	15	34
商店街	4	2	1	6	13
参道	3	1	0	3	7
その他	2	1	0	0	3
合計	20	9	4	24	57

6.現地調査の方法

現地調査は、豊田市の新とよパーク(写真 1、図 1)、岡崎市の康生通りと同市の連尺通り(図 2)の 3 箇所を対象とする。国土交通省のまちなかの居心地の良さを測る指標(案)²⁾を基に簡略的に現地調査を進める。

指標の使用手順は次の通りとした。

- 1) まちなかのストリート・広場の選定
- 2) 歩道・施設帯の確認
- 3) 沿道建物の確認 (カウント方式)
- 4) 人々の行動の確認 (カウント方式) ※通行者は定点観測
- 5) 現地調査から得られる課題の抽出



写真1 新とよパークの実際の状況¹⁾

7. 現地調査の結果

現地調査の結果を表2、表3にまとめた。図2は、康生通りと連尺通りの位置関係を示した図である。(黄色の線が康生通り、赤色の線が連尺通り)



図1 新とよパークの位置図¹⁾



図2 康生通りと連尺通りの位置関係図(Google マップに筆者加筆)

1) 新とよパークの結果

- ・調査日には、パークにコーヒー店が来ていたが、新豊田駅と名鉄豊田市駅の間に大型ショッピングモール「t-FACE」があるためパークの中で足を止める人が少ない。
- ・新豊田駅から名鉄豊田市駅までの道が立体構造になっており、駅の利用者はほとんどが2階部分を利用してしまいうため、信号を渡らなければいけない1階の部分を通る人は非常に少ないことが分かった。
- ・沿道の店舗は居酒屋が多く、昼間に営業していない店舗が多いため、滞在者が少ない結果となった。

2) 康生通りの結果

- ・片側二車線の道路であり、車の交通量も多い通りで、徒歩だけでなく、自転車を利用した通行者も非常に多かった。
- ・飲食店が多く、平日の15時ごろの調査であったが多くの人が店内で飲食をする姿がみられた。
- ・沿道の建物件数の数のわりに店舗の外に滞留スペースのある建物が少ないことが印象に残った。

3) 連尺通りの結果

- ・生活道路として使用されていた。また、歩道の設備は充実しているので、多くの小学生が下校時にこの道路を使っていた。

表2 新とよパークの現地調査の結果

調査日時	2024/2/16 14:00~14:25	
天候	(開始時)晴れ	(終了時)晴れ
気温	(開始時)13℃	(終了時)13℃

・基礎データ

対象地名	康生通り (片側2車線)
対象地所在地	愛知県岡崎市
最寄り鉄道駅	東岡崎駅
路線延長	約0.3km

・人々の活動

通行者数	72人 (10分間)
※通行者 = 滞在者以外の人	
滞在者数	16人
※滞在者 = 3分以上、対象地にどまっていると思われる人	
交流者数	10人
※交流者 = 2人以上で滞在していた人	

・沿道建物の状況

建物件数	40件
誰もが利用できる建物の割合	52.5%
利用者の様子が見やすい建物の割合	37.5%
建物外に滞留スペースのある建物の割合	10%

- ・康生通りと違って、通行者数が明らかに少ない結果となったが、康生通りと歩道の舗装やガードレールの設置は行われており、安全面の設備の充実度は高いといえる。
- ・康生通りより沿道の建物件数が明らかに少なく、中にはテナントを募集している場所も多くあったため、通行者数、滞在者数、交流者数が康生通りより少ない結果になったのだと思う。

表3 康生通りと連尺通りの現地調査の結果

・基礎データ

対象地名	康生通り (片側2車線)
対象地所在地	愛知県岡崎市
最寄り鉄道駅	東岡崎駅
路線延長	約0.3km

対象地名	連尺通り (片側1車線)
対象地所在地	愛知県岡崎市
最寄り鉄道駅	東岡崎駅
路線延長	約0.3km

・人々の活動

通行者数	72人 (10分間)
※通行者 = 滞在者以外の人	
滞在者数	16人
※滞在者 = 3分以上、対象地にとどまっていると思われる人	
交流者数	10人
※交流者 = 2人以上で滞在した人	

通行者数	15人 (10分間)
※通行者 = 滞在者以外の人	
滞在者数	6人
※滞在者 = 3分以上、対象地にとどまっていると思われる人	
交流者数	2人
※交流者 = 2人以上で滞在した人	

・沿道建物の状況

建物件数	40件
誰もが利用できる建物の割合	52.5%
利用者の様子が見やすい建物の割合	37.5%
建物外に滞留スペースのある建物の割合	10%

建物件数	11件
誰もが利用できる建物の割合	81.8%
利用者の様子が見やすい建物の割合	54.5%
建物外に滞留スペースのある建物の割合	18.2%

8.現状で挙げられる課題

現状で挙げられる課題を場所ごとに示す。

1) 新とよパーク

- ・平日だと出店が来てもパークの立地上、ショッピングモールや名鉄豊田市駅に人が流れてしまうためパークを利用する人が少ない。
- ・もともとパークにはベンチとイスのみが設置されているだけなので、何もしなくても人が集まってくる訳ではない。

2) 康生通り

- ・飲食店が多いが、建物外に滞留スペースのある店舗が少ない。
- ・通行者数が多いが、滞在者数や交流者数はあまり多くないので、通行者に滞在者、交流者になってもらう工夫が必要である。

3) 連尺通り

- ・通行者数が少ないため、人々の賑わいを生むためには、通行者に滞在してもらえらる工夫が必要である。

9.ヒアリングについて

月刊誌「道路」8月号⁴⁾、「向き合えば、あなたも WALKABLE ～ウォーカブルエリアはデータの狩り場～」より、愛知県三河安城駅についての事例を取り上げていた、特定非営利活動法人 Mieru-Da Project : チーフディレクター前田晃佑氏にウォーカブルについてヒアリングをさせていただいた。

まず、ウォーカブルなまちづくりとは、車中心であった街路空間を人中心へと転換する、人々が回遊する、歩くスピード感であるからこそその新しい出会いがある、その出会いから人々がまちなかに集う、新しい気づ

き・動きを生む、この一連のサイクルを生み出すのがウォーカブルなまちづくりであると定義していた。

ウォーカブルの最終目標として、イベントの開催がなくても、1人で佇める場所になることがウォーカブルの最終形態である。人々が過ごしたい過ごし方を重ねられる状態になっていることがウォーカブルな状態であるということ。また、自然発生的に人と人が交わり、イベントのような非日常的な活動だけでなく日常的にまちに人がいる状態かつ1人1人が好んでまちに行っている形がウォーカブルの最終形態なのではないかということだった。

10. 考察

新とよパークは、駅前広場の一部を多様な活動ができる自由度の高い広場だと感じた。一見広場には、ベンチとイスしか置かれていないが、その前方の広場では様々なイベントを実施することが可能だと思う。駅前かつ大型ショッピングモールの近くにあるという立地条件は他の事例と比べてみてもとても良い、その条件を生かした広場の活用をすることで人々は自然にこの場所に集まると考える。

康生通りは、人通りは非常に多いが、立ち止まって街を回遊する人は少ない印象を受けた。歩道の幅は広く余っているスペースも見られたので、そういった場所をうまく活用することで、滞留者数が増加すると街として賑わいが生まれると考える。

連尺通りは、康生通りに比べて人通りが少なく、地元住民が歩いているのがほとんどだと感じた。駅からも遠く立地条件に恵まれているとは言えないが、地元住民が通りを活性化させることができると賑わいが生まれると考える。

11. まとめ

「ウォーカブル」がまちづくりにおいて注目されているが、本研究の3つの事例を見ると、イベントや街を賑やかにする設備は整ってきてはいるが、まだまだ完成形とは言えない状態である。人通りや設備の充実度などから新とよパークと康生通りは、現地調査を実施して「ウォーカブル」なまちづくりとしての実現可能性は高いといえるが、連尺通りに関して言えば、実現可能性が決して高いと言える状況でないことが分かった。

また、前田氏に行ったヒアリングから「人の動きのデータを把握し、データの利活用が行われている場所では、居心地が良い拠点づくりが進みやすく、人々が回遊する流れのようなものができやすい。」というお話があったので、実現可能性を少しでも高めるなら、人の動きを把握するデータの利活用を行うと、人の流れを見える化でき、人々が回遊する、居心地が良い拠点づくりができるのではないかと考える。

謝辞

本研究の執筆にあたりご指導くださった磯部教授、柴原准教授、ヒアリングに協力してくださった特定非営利活動法人 Mieru-Da Project : チーフディレクター前田晃佑様には深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省 WALKABLE PORTAL ウォーカブルポータルサイト (参照 2023-9-10)
<https://www.mlit.go.jp/toshi/walkable/>
- 2) まちなかの居心地の良さを測る指標 (案)・概要 (参照 2024-2-12)
<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001336041.pdf>
- 3) 月刊誌「道路」、2023年8月号、「道路空間の多様な活用」、p 30-33

1. 研究背景

私が名古屋市内の栄駅周辺を歩いていた際、バス停に車が停車していた。止められていた車には人が乗っておらず、バスが決められた位置への停車ができない状態にあった。時刻通りに利用客を乗せることができなくなってしまうことは問題である。こうした場面を目撃し、路上駐停車について改善が必要だと考え、現在の状況、その実態について気になった。

2. 研究目的

本研究では路上での車の占有状態の状況の調査とするため、送迎などの短時間の目的の停車も対象とし、路上の駐停車を行っている人の行動を把握する。具体的には、高蔵寺駅北口周辺を対象とする。調査から得られた情報から路上駐車車の特性分析を行い、路上駐車が及ぼす社会への影響、我々への危険性を考え、路上駐車車の是非について考察する。

3. 研究方法

撮影場所や撮影時間については事前調査を行い選定する。カメラを使用し、高蔵寺駅北口でお路上駐停車を撮影する。駐停車を行う車の停車時間、停車台数、どこから来てどこに行くかの観察、これらの結果を用いて駐停車が及ぼす危険性や社会問題を考える。



図1 高蔵寺駅北口の調査範囲

出典 [高蔵寺駅 - Bing 地図](#) を加工して作成

4. 高蔵寺駅とは

高蔵寺駅は JR 東海と愛知環状鉄道の乗り入れができる主要駅の一つである。春日井市では最多の利用者数の駅であり、高蔵寺駅から北には「高蔵寺ニュータウン」と呼ばれる日本三大ニュータウンが広がる。高蔵寺駅北口は以前から送迎による路上停車、商業施設への買い物による路上駐車が問題視されている。このことについて春日井市役所は駅前広場の活性化と駅の利便性の改善を含めて高蔵寺駅北口駅前広場再整備を掲げた。一般車の送迎スペースや、バスのロータリーは駅から少し離れたところにあるため利便性を考えると不便である。

5. 春日井市役所の対応

春日井市役所は高蔵寺駅北口再整備に対しての市民へのアンケート調査を行い、「一般車送迎スペースの拡大」、「バスなどの乗り換えのしやすさ」、「活気のある地下道」を再整備方針に反映できるように検討している。右の図2は春日井市役所が出した高蔵寺駅北口再整備の中間案である。春日井市役所の中間案では一般車ロータリーや交通広場が駅から離れたところがあり、まだ改善が必要であると考えた。



図2 高蔵寺駅北口再整備中間案³⁾

出典 春日井市 WEB 高蔵寺駅周辺の再整備 [再検討中]高蔵寺駅北口再整備駅前広場再整備方針 P10
https://www.city.kasugai.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/024/972/seibihousinn.pdf

6. 調査方法

本研究では高蔵寺駅北口を対象として研究を進める。図1の範囲の道路の路上駐停車で調査を行う。定点カメラを設置し、長時間の撮影での調査が望ましいが、駐停車が行われている道路では木が並んでおり定点カメラでの撮影を行うと車両が停まっているのが分かりにくいことから実際に道路に立ち、自身での撮影に至った。事前調査を行い、対象範囲、調査を行う時間帯の選定を行う。調査時間に選定については送りの車両が多い朝の時間帯、迎えの時間が多い夕方時間帯を対象として対象の時間の中で実際の調査時間を決定する。得られた事前調査から7時30分～8時、17時～17時30分の2部に分けて調査を行う。選定した時間は車両の台数が多く危険性の高い時間である。調査期間は1週間、2023年11月9日～11月16日の日程で行う。カメラで車両の台数、停車時間、その後の行動を撮影する。データの整理・解析をした後、考察

やまとめを行っていく。

7. 調査結果

得られたデータを表1、表2、図3、図4に整理した。

表1 車両台数 (台)

	朝	夕方
11月9日	52	33
11月10日	151	59
11月11日	58	42
11月12日	44	28
11月13日	146	43
11月14日	98	33
11月15日	117	49

表2 滞在時間 (秒)

	朝	夕方
11月9日	32.3	173.5
11月10日	58.9	429.4
11月11日	44.7	192.5
11月12日	38.8	284.1
11月13日	63.2	513.3
11月14日	28.8	222.7
11月15日	36.9	189.9

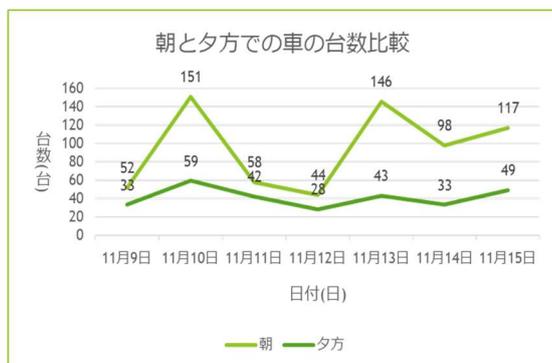


図3 朝と夕方での車両台数の比較

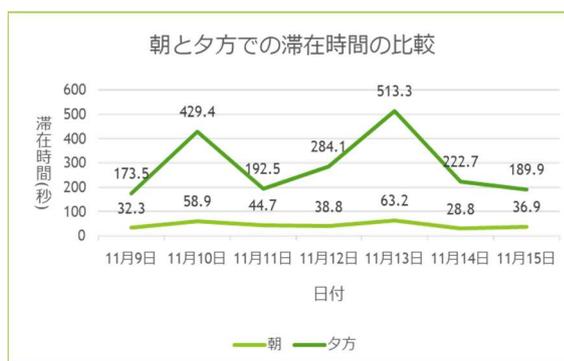


図4 朝と夕方での滞在時間の比較

11月10日、11月13日には雨が降ったため車両台数、滞在時間が他の日と比べて増加している。表1、表2、図3、図4に示すように、朝の送りの時間帯では車両台数が多く、迎える夕方の時間帯では朝の時間帯と比べて減少している。滞在時間の朝と夕方での時間帯を比べると、送るだけの朝と比べ、迎えて待ち時間がある夕方は朝よりも倍以上の時間となっていることが分かる。表2、図4の各値は朝と夕方の滞在時間の値はその日の朝と夕方それぞれ駐停車している車両10台の滞在時間の平均値である。車両が完全に停止してからの時間を計測し、以下の式(1)に当てはめて算出した。

$$(\text{朝または夕方の車両10台を足した値}) / 10 = \text{朝または夕方の平均駐停車時間 (秒)} \quad \text{式(1)}$$

調査を通して駐停車によっての危険感というものがあるが、市民にとって薄いものであると感じた。本調査での道路は二車線であり、駐停車が行われていない車線を利用すれば一見交通自体はスムーズにいくと思われてしまう。駐停車車両が発進する時にもう片方の車線を利用している車が驚いている様子や、駐停車車両から急に人に出てくるといった場面で急ブレーキを踏む場面を目の当たりにした。警察車両が巡回をしに来ている場面もあったが、警察が駐停車車両への意識や注意といった場面を見ることはなかった。路上駐停車の場所までの車両が向かってくるルートを図5に示した。赤線がニュータウン方面からの車両が来るルートである。

8. 考察

結果より、調査対象の路上で駐停車を行うといった行動は、短時間だから大丈夫といった心理が表れていると考えられる。路上駐停車で道路を占有することは、交通事故の可能性、街の景観の悪化、交通渋滞の発生といった悪影響がある。これは駅利用者が高い利便性を求めており、自家用車の乗降場所は駅改札に近い位置を好む傾向があることから発生する。

そこで、乗降場所の設定は安全への配慮と高い利便性の両面を考えなければならない。さらに景観性や交通渋滞の緩和も考える。路上駐停車が行われている場所は多くあるが、問題を緩和していくために駐車場を増やすこと、公共交通機関の利用による駅へのアクセスといった改善を考慮することができる。

夕方は迎えの車両が多く、自宅から駅までの交通状況は予測ができず早く到着してしまうことで停車時間が長くなり路上を占有する。こうした事が駅前に路上駐停車が多くなってしまいう原因だと考える。

9. 結論

調査を通して市民は路上駐停車への問題意識が低いと感じた。一般車両ロータリーという正規の停車スペースへと送迎車は停車すること、車両を離れ少し買い物に行く場合はコインパーキングなどを利用し駐車することを意識するべきである。駅前の路上駐停車に関しては駅への利便性を人々は考えており、一般車両ロータリーが駅から近い場所にあることが駐停車の緩和に繋がっていくと考える。街中の駐車場不足が問題であるが駐車場を実際に作り、元あるスペースの拡大はコストもかかり難しい、またコインパーキングはお金もかかり街中に行くとパーキング料金は上がる。

そのため路上駐停車に対する警察の取締り、公共交通機関の利用を促進していき運転者自らが車両の使用について改めていくといったソフト対策を行っていくことが大切である。路上駐停車を行っていることで緊急車両の交通の妨げになるといったことも起こり命の危険に直結していると私は考える。路上駐停車は社会に多くの問題を引き起こす原因となっていることを人々は知っておくべきである。

参考文献

- 1) 交通事故・違反の法務相談室：駐停車の基本（「駐停車禁止」にならないために）、豊島行政書士事務所
<https://www.toyoshima-k2.jp/14467747901820>（参照 2023-12-4）
- 2) 駐車場経営マガジン：駐車場と道路交通法の歴史 <http://www.chusyajokeiei.jp/history/>
 （参照 2023-12-4）
- 3) 春日井市 WEB：高蔵寺駅周辺の再整備について [再検討中]高蔵寺駅北口再整備駅前広場再整備方針
https://www.city.kasugai.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/024/972/seibihousinn.pdf
 （参照 2023-10-5）

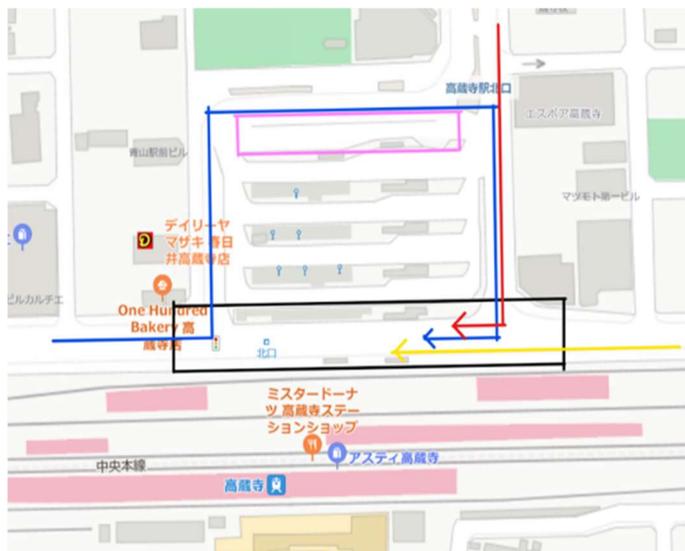


図5 高蔵寺駅北口へのルート

出典 [高蔵寺駅 - Bing 地図](#) を加工して作成

愛知県犬山市における「抜け道現象」の変遷

EC20063 野田 恵吾

1. 研究背景

私が犬山高校に通っていた際に、犬山駅から犬山高校までの通学路が抜け道として利用され、車との距離や車の速度が危険だと感じていた。また、当時の全校集会では、通学路が危険なので気を付けるように、と何度も言われていた。犬山には、岐阜と名古屋方面を繋ぐ犬山橋(ツインブリッジ)があり、県道27号の道から犬山高校前の道(県道183号)を抜け道として使う人がいて危険である。そういった犬山市の道路を安全にしたいと感じたのがきっかけである。

2. 研究目的

本研究では、犬山市を対象に抜け道という現象に着目する。過去と現在の抜け道がどう変化しているのか比較することとなぜ抜け道がおこるのか研究し、とくに犬山市の渋滞が起りやすく、抜け道現象が発生しやすい地域の現状と課題を明らかにすることを目的とする。

3. 研究方法

最初に抜け道の原因である渋滞を道路交通センサデータ²⁾で調べる。次に、県道27号と県道183号の抜け道を過去の抜け道マップ³⁾で把握し、現地で調査を行う。調査を行う際に、カーナビタイムアプリ⁴⁾で抜け道機能を使用し、表示されるか確かめることと過去の抜け道が現在では危険なのか道路の状況と車の速度で確認を行う。最後に現在と過去を比較し、抜け道現象の現状と課題をまとめる。

過去の抜け道マップ内での定義・条件

過去の抜け道マップ内での定義、条件は以下である。

- ・基本的には、平日昼間のビジネスシーンを想定
- ・渋滞地は、ラジオやインターネットの道路交通情報、プロドライバーに意見を聞きながら選定
- ・抜け道ルートは、幅員3m以上のすれ違い可能であり、未改良区間ではなく改良済み区間であることなどを最大限重視して選定

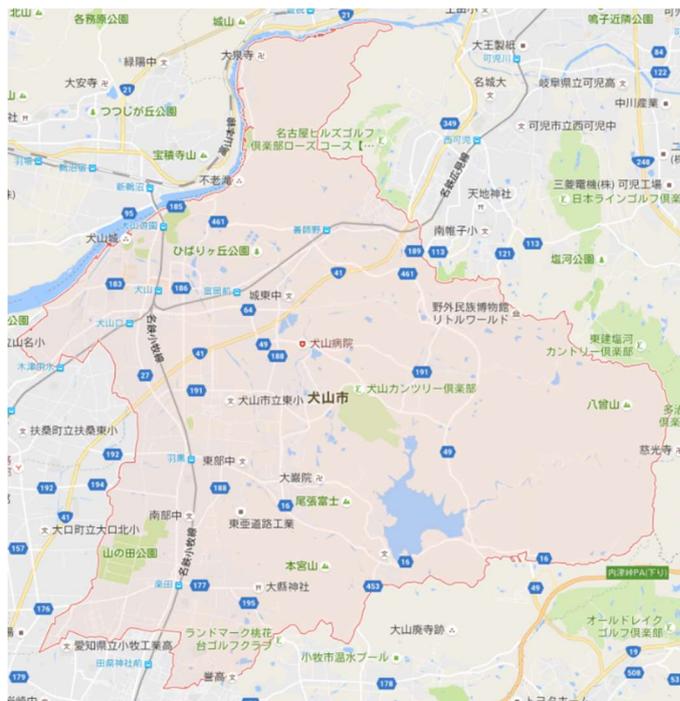


図1. 犬山市全体地図

出典：日本 - 都道府県 - 地図情報¹⁾

3. 交通渋滞情報

表1 県道27号の交通量

県道27号			
		昼間12時間自動車類交通量	24時間自動車類交通量
交通量観測地点名	交通量観測年	(上下合計)	(上下合計)
犬山市大字羽黒新田字上島	2021年	8932台	11471台
	2015年	10209台	13476台
	2010年	11468台	15252台
	2005年	12885台	データなし
	1999年	13285台	データなし
	1997年	13758台	データなし

表1は、県道27号の交通量を表している。これは、道路交通センサスデータから調べたものである。自動車は、上下線片方で500～1000台/日以上だと「交通量が多い」とされている。⁵⁾昼間12時間自動車類交通量が2021年だと約9000台である。この約9000台は、上下線合計の数値であるが、道路交通センサスデータを見たら、上下線の交通量はそれほど大差がなかった。よって単純に上下線の片方線の値を出すために2分割すると上下線の片方の数値が約4500台となる。この約4500台は、昼間の台数だけで1日の「交通量が多い」とされている数値の約4～9倍もの交通量があったことが分かる。

表2 県道183号の交通量

県道183号			
		昼間12時間自動車類交通量	24時間自動車類交通量
交通量観測地点名	交通量観測年	(上下合計)	(上下合計)
丹羽郡扶桑町山那字中牧	2021年	9024台	11568台
	2015年	8348台	10685台
	2010年	7500台	9975台
	2005年	8416年	データなし
	1999年	7899台	データなし
	1997年	6129台	データなし

表2は、県道183号の交通量を表している。2021年の昼間12時間自動車類交通量が上下の合計約9000台で、こちらも道路交通センサスデータを見ると上下線の交通量にそこまで大差がなかったので、約9000台に2分割して上下線片方の交通量が約4500台となる。県道183号でも「交通量が多い」とされている500～1000台/日以上の数値よりも約4.5～9倍もの交通量があることが分かる。

8. 抜け道の把握と調査

図2は、県道27号の抜け道マップである。このマップの見方として、薄いピンク色の大きく書かれている丸は、渋滞地を示している。この丸が大きければ大きい程、渋滞の規模が大きいことを表している。次に県道27号に赤い矢印がいくつもあるのが分かる。この矢印の向きに渋滞が発生していることを示している。最後に、緑色の点々矢印は、抜け道を表している。今回県道27号の抜け道の調査を行う場所は、2か所とする。1

か所目は、図4の犬山駅西と犬山市役所の上にある犬山シティホテル、市役所分庁舎の右にある抜け道(i)と2か所目は、図3にあるカネスエから右に示されている緑の点々矢印の抜け道である。(ii)

(i)の抜け道は、車両進入禁止の標識があり、一方通行となっていた。(ii)の抜け道は、非常に車の交通が多い箇所と犬山西小学校の付近の交差点が現在でも使用されていた。

図3は、県道183号の抜け道マップである。見方は、図2と同じである。県道183号をそのまま直進していき、犬山駅方面に行く車が多く感じた。しかし、多少の県道183号の抜け道利用はあった。

9. 抜け道の危険か危険でないかの選定

県道27号の(i)の抜け道は、車両侵入禁止で選定不可である。(ii)の抜け道は、2か所調査した。1か所目は、かなり細く、自転車や歩行者もよく通る道で制限速度を極度に超えた車はなく危険でなかった。2か所目は、かなり広く見通しの良い道路である。そのため、制限速度を越えた車は半分以上もいた。しかし、2か所目の抜け道は、歩道と車道が分けられていて危険ではない抜け道であることが分かった。県道183号の抜け道は、犬山西小学校が近くにあり、通学路として多くの小学生が3時4時付近になると利用していた。住宅の影から自転車や子供が飛び出してくるかもしれないという危険性のある道路でありながら、制限速度を無視した車が半分もいた点と制限速度を20km以上越えた車がいた点より、危険な抜け道であることが分かった。

10. 考察

県道27号(i)の抜け道は、車両侵入禁止の標識があることで片方側の抜け道利用になり、過去と比較して抜け道を利用する車の台数を減らすことができていると考える。表1より、県道27号の昼間12時間自動車類交通量を1997年と2021年と比較すると約5000台も交通量が減っていることが分かる。県道27号の渋滞は年々緩和していることが結果より分かるが、普段、県道27号を利用する車が渋滞を避けるために別の抜け道を利用している可能性もある。仮に、この減った約5000台もの車が他の抜け道を利用しているとなるとそこも今後の大きな課題となると考えた。(ii)の抜け道は利用車が多いが、見通しが良いように道路が整備されており、速度も制限速度を極度に超えた車はない。しかし、①の抜け道付近には、細く、歩道と車道が分けられていない所もあった。速度を出さない理由として、近くに警察署があるため運転者1人1人が速度違反で捕まりたくないという心理になり、安全な速度で利用していると考えられる。県道183号は、マップを見ると一宮方面から犬山市街に行きたい車が県道183号を通行しなければ行けないために犬



図2. 県道27号の抜け道マップ³⁾



図3. 県道183号の抜け道³⁾

山駅西と犬山市役所の上にある犬山シティホテル、市役所分庁舎の右にある抜け道(i)と2か所目は、図3にあるカネスエから右に示されている緑の点々矢印の抜け道である。(ii)

山西小学校付近が抜け道として利用されていると考える。まだ、事故が起こっていないだけであり、いずれ子供と車の事故が起こってしまう可能性が非常に高い抜け道であることから危険な抜け道であると考えた。犬山市の抜け道の特徴として、ほとんどの道に信号が少ないことが分かった。そのため、時間短縮をするために抜け道利用をしていると考えた。

11. 結論

本研究では、犬山市の県道 27 号と県道 183 号の抜け道を過去の抜け道マップで調べ、その抜け道が現在でも使用され、対策されている抜け道と課題のある抜け道を明らかにすることができた。県道 27 号の抜け道は、2 か所調査した。1 か所目の抜け道((i)の抜け道)は、調査した結果から現在では、一方通行になっていて県道 27 号から(i)の抜け道に侵入することはできなくなっていた。逆側からの抜け道((ii)の抜け道)は、現在でも利用されていることが分かった。2 か所目の抜け道(iiの抜け道)は、調査した結果から現在でも抜け道として利用されていた。しかし、車道と歩道が分かれており、周りが田んぼで見通しも良く、運転者が慎重な運転を心がけていて、危険な速度(制限速度+20km〜)で走行している車がいなかったことから現状は安全な抜け道であると考えた。しかし、県道 27 号の渋滞は緩和されているが、他の抜け道を利用している可能性があり、そこが安全であるのか今後の課題であると考えた。県道 183 号の抜け道は、現在でも利用されており、特に県道 183 号から犬山市街へ行きたい車が利用していた。また、犬山西小学校付近なのにも関わらず、見通しの悪い横断歩道でのブレーキがなく、制限速度を守らない車が約半分もいて危険な抜け道であることが分かった。抜け道現象が起こる渋滞の原因は、県道 27 号への合流、犬山駅と犬山高校への送迎車、犬山市街地に行くための道の少なさと考えた。1 番の渋滞の原因は、犬山城下町に行く車によるものだと考えた。課題は、犬山市街地に行きたい車にとって他に通れる道が少ないということ、犬山城下町に行く車のスムーズな誘導ができていないということである。また、県道 183 号の抜け道の課題は、犬山西小学校付近なのにも関わらず安全に利用できていないことである。犬山市の過去と現在の抜け道を比較して、変化があった箇所もあったが、ほとんど変化がなかった。

謝辞

論文の執筆にあたり多くのご指導をいただいた指導教授の磯部友彦教授、調査の際に運転していただいた家族に謝意を表す。

参考文献

- 1) 日本 - 都道府県 - 地図情報 市区町村別 - 町丁別地図情報 愛知県犬山市(2023 - 11. 5)
<https://asu-d.com/aichi/inuyama>
- 2) 一般社団法人 交通工学研究会
令和 3 年度 全国道路・街路交通情勢調査 一般交通調査DVD - ROM
- 3) GIGA 渋滞・ぬけみち 名古屋・中部道路地図 ビジネス&レジャー
2003 年 4 月昭文社発行 p 10、p 11
- 4) 【公式】カーナビタイム ナビタイムジャパン (2023 - 11. 5)
<https://static.cld.navitime.jp/automostorage/servicestorage/html/carnavitime.html>
- 5) 国土交通省 第 15 章 歩行者及び自転車歩行者道 p 15 - 2 (2023 - 11. 12)
https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/jigyousya/technical_information/consultant/binran/etsuran/qgl8v10000005ecr-att/sekkei03_15.pdf

カーナビ情報に基づく地域別交通利便性の比較

EC20069 藤井 啓

1. 研究の背景

筆者自身、「生活をするにおいて意味のない時間を無くしたい」と考えながら生活をしている。それを感じる事が多い場面が特に自動車に乗っているときである。渋滞など無駄な減速がなく、スムーズに走れる状況ならば30分で行けるところが、道路の構造や交通事故、天候など様々な条件が重なったことによる渋滞により、1時間かかるということが多々ある。このような時間のロスをどうにか無くすことができないかと思い、研究するに至った。

また、そういった交通渋滞や交通状況から見えてくる地域の特色があるのではと考え、興味を持ち、研究するに至った。

2. 研究の目的

本研究では、中部大学をゴールとした、中部大学の学生がよく利用すると考えられる4つのルートを研究することで、地域の特色を明らかにし、有効な交通手段を提案することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、中部大学をゴールとし、おおよそ30km地点の4方向からの中部大学に向かうルートをカーナビアプリ「NAVITIME」を使用し、研究を行う。

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| a) 鳴海駅(愛知県名古屋市中区) — 中部大学 | b) 浄水駅(愛知県豊田市) — 中部大学 |
| c) 尾張一宮駅(愛知県豊田市) — 中部大学 | d) 可児駅(岐阜県可児市) — 中部大学 |

以上の4つのルートを対象に研究を行う。

条件は以下の通りとする。

- ・自動車を使用した場合(高速道路使用と一般道路のみ)と公共交通機関を使用した場合を平日(水曜日)と休日(日曜日)で違いを比較する。
- ・通勤する人が多く、渋滞が発生しやすい時間帯と考えられる、7時30分~9時00分(8時00分出発)と渋滞が発生しにくいと考えられる、13時00分~14時00分(13時00分出発)を比較する。

4. 研究結果

表1は8時出発、表2は13時出発の各ルートの自動車での所要時間の結果である。

表 1 8時出発

	平日高速	平日一般	休日高速	休日一般
鳴海駅	45	79	36	56
浄水駅	45	61	42	58
尾張一宮駅	39	75	35	67
可児駅	47	50	41	43

(分)

表 2 13時出発

	平日高速	平日一般	休日高速	休日一般
鳴海駅	33	66	32	64
浄水駅	36	54	35	52
尾張一宮駅	34	57	33	55
可児駅	40	48	40	46

(分)

全体的に 13 時出発より 8 時出発の方が、時間がかかっている中、鳴海駅の休日一般と可児駅の休日一般は 13 時出発の方が、時間がかかるといった結果となった。

13 時出発に関して、高速道路を使用した場合には鳴海駅が 1 番早く、可児駅が 1 番遅く到着し、一般道路のみ使用の場合には可児駅が早く、鳴海駅が 1 番遅く到着するという、使用する道路によって正反対になる興味深い結果となった。

表 3 は 8 時出発、表 4 は 13 時出発の各ルートの公共交通機関での所要時間の結果である。

表 3 8時出発

	平日	休日
鳴海駅	69	66
浄水駅	96	89
尾張一宮駅	81	76
可児駅	76	72

(分)

表 4 13時出発

	平日	休日
鳴海駅	75	75
浄水駅	92	99
尾張一宮駅	77	77
可児駅	72	72

(分)

8 時出発、13 時出発ともに浄水駅の所要時間が 1 番長いという結果となった。

浄水駅の 13 時出発だけが平日より休日の方が、時間がかかっている。

所要時間での比較では、鳴海駅：30km 浄水駅：30km 尾張一宮駅：28km 可児駅：27km と各ルートの距離が完全には同じではないため、条件を平等にするために距離を時間で割った「速度」に直し、あらためて比較をする。

表 5 は 8 時出発、表 6 は 13 時出発の各ルートの自動車での速度の結果である。

表 5 8時出発

	平日高速	平日一般	休日高速	休日一般
鳴海駅	40	22.7	50	32.3
浄水駅	40	29.4	42.9	30.9
尾張一宮駅	43.1	22.4	48.3	25
可児駅	34.6	32.5	39.7	37.5

(km/h)

表 6 13時出発

	平日高速	平日一般	休日高速	休日一般
鳴海駅	54.5	27.3	56.6	28
浄水駅	50	33.3	51.7	34.5
尾張一宮駅	49.1	29.5	50.9	30.4
可児駅	33.8	33.8	35.1	35.1

(km/h)

8 時出発の休日高速に関して、「所要時間」の時には尾張一宮駅が 1 番早かったのに対して、「速度」の時には鳴海駅が 1 番早くなっている。また、同じく 8 時出発の平日一般では、「所要時間」の時は鳴海駅が 1 番

遅かったものが「速度」の時には尾張一宮駅が1番遅くなっている。そして、休日高速では、「所要時間」の時は浄水駅が1番遅かったものが、「速度」では可児駅が1番遅くなっている。

13時出発に関して、1番早い駅と1番遅い駅に変化はないが、平日一般のみ、浄水駅と尾張一宮駅が逆転している。

表7は8時出発、表8は13時出発の各ルートの公共交通機関での速度の結果である。

表7 8時出発

	平日	休日
鳴海駅	26.1	27.3
浄水駅	18.8	20.3
尾張一宮駅	20.7	22
可児駅	21.3	22.5

(km/h)

表8 13時出発

	平日	休日
鳴海駅	24	24
浄水駅	19.6	18.2
尾張一宮駅	21.9	21.9
可児駅	22.5	22.5

(km/h)

8時出発、13時出発ともに1番到着が遅く、速度が遅いものに変化はないが、13時出発の1番早いものは平日、休日ともに可児駅から鳴海駅に変化している。

「所要時間」の際には、尾張一宮駅と可児駅の差が5分以上あったものが、「速度」に直すと1km/hも差がなくなっている。

5. 考察

ほとんどのルートにおいて、8時出発「平日一般」の所要時間が最も長い結果となったが、これが大学生にとって最も利用される時間帯である可能性が高いと考えられる。大学や高校の授業などの始まりがこの時間帯であることを考慮すると、このルートが特に重要なポイントとなると考えられる。

自動車を使用した場合、公共交通機関よりも早く到着できるという点が明確に示されている。しかし、中部大学は広大なスペースの駐車場があるとはいえ、大学がゴールであるため、学生の中で自動車を利用できる人が限られている可能性がある。また、中部大学には春日丘高等学校が併設されているため、高校生も通学することになるが、自動車のルートは高校生にメリットはないと考えられる。

公共交通機関が利用しにくいとされる「平日一般」のルートが大きな差で所要時間がかかることが明らかになり、これは鳴海駅や浄水駅でも同様であり、公共交通機関のアクセス性や運行頻度などが課題としてあることが考えられる。

「休日高速」のルートの所要時間が短い結果が得られても、大学がゴールである場合、大学生がこのルートを利用する可能性は低いと考えられる。地域特有の目的地や需要に応じて、休日や特定の時間帯において有益な選択肢であるかを考える必要がある。

一般的に公共交通機関の方が、所要時間が長く、使いにくいという結果が共通して見られる。これは地域全体の公共交通機関の改善が必要であると考えられる。

6. まとめ

これらの考察から、地域においては特に大学生の通学路線や公共交通機関の改善が必要性及、地域特有の

課題を解決するために、地元の交通機関提供者や自治体と連携し、利便性の向上やアクセス改善に取り組むことが重要であると考えられる。

7. 結論

(鳴海駅)

地域の特色としては、朝の8時における混雑が著しく、自動車利用時の混雑時間帯が早まっている一方で、公共交通機関は夜間において効率的であり、中部大学への通学においては休日の高速道路が有利である。

(浄水駅)

地域の特色としては、自動車は朝のラッシュアワーが影響して所要時間に大きな差が生じ、公共交通機関は全体的に所要時間が長く、使いづらい傾向がある。また、高速道路の利用が他の手段よりも効率的である。

(尾張一宮駅)

地域の特色としては、朝の混雑が所要時間に影響を与える一方で、公共交通機関の特徴としては安定した所要時間が挙げられる。また、一般道路の8時において、極端に時間がかかっており、使いづらさが目立っている。

(可児駅)

地域の特色としては、公共交通機関は8~9時、17~18時の所要時間が著しく長くなる一方で、自動車での移動は他の経路と比べても、比較的安定している特徴がある。しかし、公共交通機関の利用が使いづらく、所要時間が長いことが続いている。これは尾張一宮駅と同様に、公共交通機関の改善が求められる。

以上のことから、中部大学の通学手段の提案として、高速バスを提案する。

各経路を研究した結果、どの経路も自動車よりも公共交通機関が使いづらい結果となった。そのため、公共交通機関の改善が通学時間の短縮に繋がると考えられるが、現状で1番早い手段である、自動車の高速道路ルートを活かし、時間の短縮を図ることが現実的であると考えた。

高速道路を利用することで早く到着することができるが、通学のために自動車を利用できる学生は多くないと考えられる。自動車を所有している学生であっても、毎日のように高速道路を利用している場合は、ガソリン代などの維持費とも相まって、通学のための費用がとても高くなってしまいうことや、それにより、結局一般道路のみを使用するということが多くなると考えられる。よって、高速道路をバスが走れば、自分で運転するよりも利用者は安く、比較的安全に通学できるのではないかと結論に至った。

謝辞

本論文の執筆にあたり多くのご指導をいただいた指導教授の磯部友彦教授に謝意を表す。

参考文献

- 1) 株式会社ナビタイムジャパン：“iOS向け『NAVITIME』を全面リニューアル”，NAVITIME, 2022-07-01.
https://corporate.navitime.co.jp/topics/pr/202207/01_5486.html, (参照 2023-7-25) .

PC 鋼材の緊張量がグラウトとの付着特性に及ぼす影響の実験的評価

EC20003 安達 亮喜

1. 研究背景と目的

橋の維持管理において、PC 鋼材を腐食させないことが基準とされてきたが、PC 橋の中には PC 鋼材の破断が報告されているものもある。したがって、PC 鋼材の破断が進行した PC 橋の安全性評価等に関する検討を行い、適切な維持管理限界を設定することが強く求められている¹⁾。PC 鋼材が破断した際の、残存 PC 鋼材の付着挙動を知ることは、PC 鋼材が腐食した後の PC 橋を維持管理する上で必要となってくる。しかし、PC 鋼材への導入緊張量が付着特性に及ぼす影響について、十分に検討されていないのが現状である。そこで本研究では、PC 鋼材の緊張量がグラウトとの付着特性に及ぼす影響に関する知見を得ることを目的とした。具体的には、導入緊張量を変数とした試験体の両引き試験を実施することで、PC 鋼材とグラウト間の付着特性にどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的とした。また、島らは付着応力を算出するための式を導き出している。しかし、その式は、異形鉄筋のみ使える式であり、本研究のように PC 鋼材に使用できるか定かではない。したがって、島らの式が本研究においても使用可能であるか確認することも目的とした。

2. 実験概要

本研究では、PC 鋼材とグラウト間の付着挙動に着目していることから、はり供試体の中心にシース管を通し、シース管の中心に PC 鋼材を配置してグラウトした試験体を使用した。図-1 に、本研究で使用した試験体概要図を示す。使用した PC 鋼材は長さ 2000mm、φ9.2、降伏強度 1275MPa、公証断面積 66.44mm²であり、シース管は内径 23mm、長さ 2000mm である。本研究では供試体を 3 本準備し、導入緊張量が異なる条件の下で PC 鋼材とグラウト間の付着特性にどのような影響がでるのかを検討することとした。本試験では、導入緊張量が PC 鋼材の付着特性に及ぼす影響について実験的に明らかにすることを目的とした両引き試験を行うので、次の手順で供試体を作製した。まず、150mm×150mm×1760mm の大きさで 1 本、200mm×150mm×1760mm の大きさで 2 本供試体を作製した。以後、200mm×150mm×1760mm の大きさのはり供試体 1 本目を供試体 1、150mm×150mm×1760mm の大きさのはり供試体を供試体 2、200mm×150mm×1760mm の大きさのはり供試体 2 本目を供試体 3 とする。次に、PC 鋼材の中心を原点

0mm とした時、-660mm、-440mm、-220mm、0mm、220mm、440mm、660mm の位置にひずみゲージを貼り付けて、両引き試験時の PC 鋼材のひずみ分布を計測することとした。供試体 1 の PC 鋼材のひずみが 2500μ、供試体 2 及び供試体 3 の PC 鋼材のひずみが 3500μ になるように緊張力を与え、シース管内にグラウトを注入した。緊張力導入時から両引き試験終了時まで連続して鋼材ひずみを測定し、グラウトが固まるまで 1 週間程度置き、その後両引き試験を実施した。両引き試験では、目標の緊張力に達するか、ひずみゲージの値に変化が見られなくなるまで緊張力をかけ続けた。目標となる緊張力の値は、84.71kN であり、最終的にかけた緊張力の値は、供試体 1 が 69.7kN、



図-1 試験体概要

表-1 各試験体データ

	大きさ(mm)	ひずみ(μ)	緊張力(kN)
供試体1	200×150×1760	2500	69.7
供試体2	150×150×1760	3500	81.9
供試体3	200×150×1760	3500	85.6

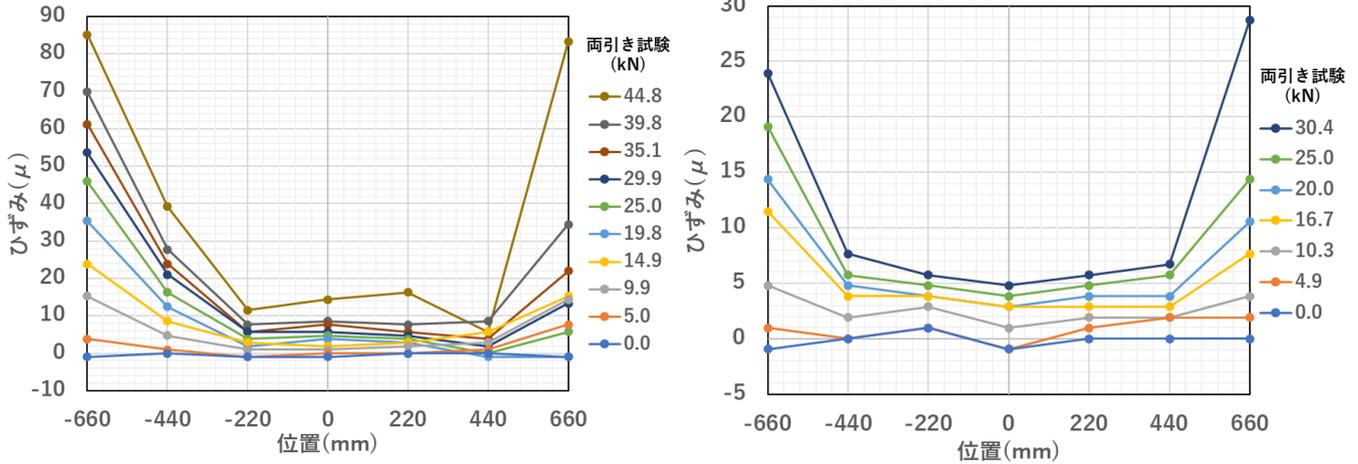


図-2 緊張力を増加させた時のPC鋼材のひずみの変化の一例

供試体 2 が 81.9kN、供試体 3 が 85.6kN であった。供試体 1, 2, 3 について断面積、ひずみ、両引き試験でかけた緊張力をまとめたものを表-1 に示す。

3. 実験結果

緊張力を増加させたときの PC 鋼材のひずみの変化の一例を図-2 に示す。図より、緊張力が増加すると鋼材の両端のひずみが増加し、反対に中央付近のひずみはそれほど増加しない傾向にあり、端に近づくほどひずみの増加量が大きくなる傾向にあることが分かる。付着応力を求めるためにひずみ分布曲線を近似する。供試体 3 のひずみ分布曲線を近似したものを図-3 に示す。鉄筋に沿った任意の点における鉄筋の付着応力は、その点におけるひずみ分布曲線の傾きを用いて、次式のように求められる²⁾。

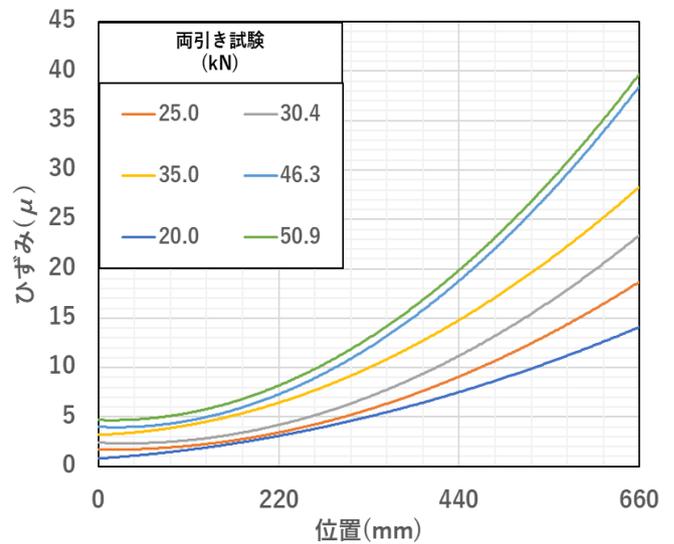


図-3 ひずみ分布近似曲線

$$\tau = \frac{E \cdot D}{4} \frac{d\varepsilon}{dx} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 τ は付着応力であり、 E は PC 鋼材のヤング係数、 D は鉄筋径、 $d\varepsilon/dx$ はひずみ分布曲線の傾きである。付着応力-すべり-ひずみ関係は、次式のように表される³⁾。

$$\tau/fc' = 0.73(\ln(1+5s))^3 / (1+\varepsilon \times 10^5) \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 $s=1000 S/D$ であり、 τ は付着応力、 fc' はグラウト強度、 S はすべり量、 D は鉄筋径、 ε はひずみである。付着応力-すべり関係を式(1)及び式(2)によって求め、比較する。ここで、式(1)を実験結果、式(2)を異形

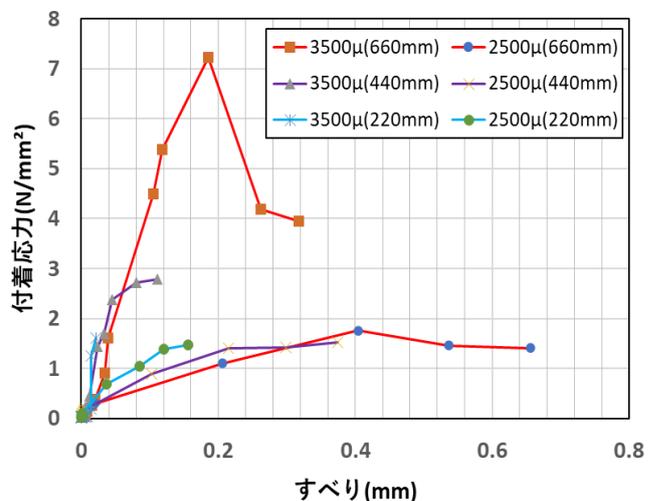


図-4 実験結果の付着応力-すべり関係

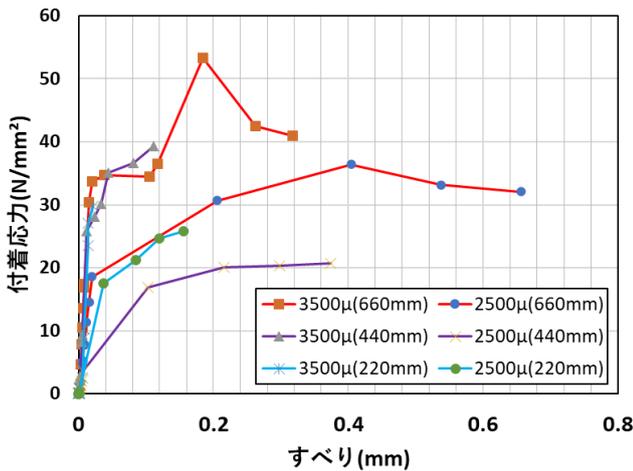


図-5 異形鉄筋島式の付着応力-すべり関係

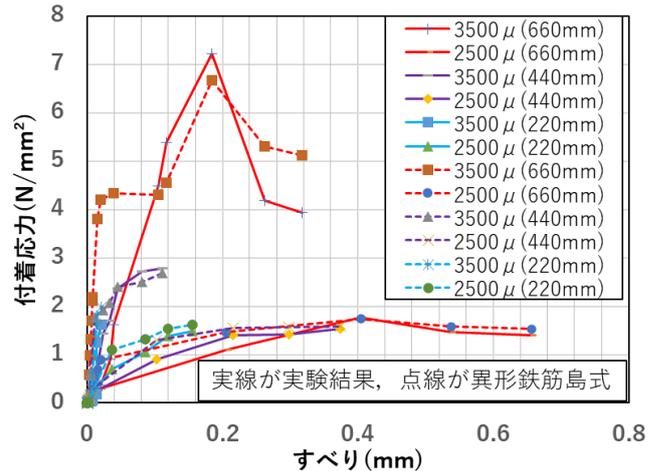


図-6 付着応力-すべり関係の比較

鉄筋島式とする。式(1)によって求めた付着応力-すべり関係を図-4に、式(2)によって求めた付着応力-すべり関係を図-5に示す。図より、導入緊張量が高く、中心から遠い方が、付着応力の値が高くなることが分かる。異形鉄筋島式に定数をかけ実験結果に重ねたものを図-6に示す。図より、実験結果及び異形鉄筋島式で付着応力-すべり関係に大きな差異がないことが確認できる。このことから、異形鉄筋の付着応力を求める式である異形鉄筋島式は、PC鋼材に対しても使用可能であるといえる。また、本試験前までは異形鉄筋島式中の ϵ は、緊張量導入開始時からのひずみを考えていたが、緊張力を与えた時からのひずみについて考えればよいということもいえる。

4. 結論

本研究では、PC鋼材の緊張量がグラウトとの付着特性に及ぼす影響を実験的に明らかにすることを目的として、導入緊張量をお変化した試験体を作製し、両引き試験を行い、PC鋼材のひずみの変化を測定した。本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1)緊張力を与えるにあたって、予め与えられた導入緊張量まではひずみに大きな変化は見られず、導入緊張量を超えるとひずみが大きく増加する。
- (2)ひずみの値は、PC鋼材の中央ではあまり増加せず、両端で大きく増加する。
- (3)導入緊張量が大きいほど、付着応力が高くなる。
- (4)PC鋼材の中央から離れるほど、付着応力は高くなる。
- (5)異形鉄筋の付着応力を求める式： $\tau/fc' = 0.73(\ln(1+5s))^3 / (1+\epsilon \times 10^5)$ は、PC鋼材に対しても使用できる。
- (6)異形鉄筋島式中の ϵ は、緊張力を与えた時からのひずみについて考えればよい。

参考文献

- 1) 小野聖久, 野島昭二ほか: グラウトされた実物大 PC 桁における PC 鋼材破断時の残存鋼材のひずみ挙動, プレストレストコンクリート工学会, 第 30 回シンポジウム論文集, pp.539-544, 2021, 10
- 2) Nilson, A.H.: Internal Measurement of Bond Slip, ACI Journal, pp.439-441, 1972, 7
- 3) 島 弘・周 礼良・岡村 甫: マッシュなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係, 土木学会論文集, 第 378 号/V-6 pp.171, 1987.2.

PC 鋼材の緊張量が破断時のグラウトとの付着特性に及ぼす影響の実験的評価

EC20008 岩田 峻汰

1. 序論

一般に鉄筋とコンクリート間の付着挙動には、鉄筋の形状、コンクリート強度、かぶり厚などが影響するとされている¹⁾。他方、プレストレストコンクリート部材内の PC 鋼材には大きな緊張力が導入されているため、PC 鋼材破断時の付着挙動には、導入緊張力の大きさが影響を及ぼすのではないかと考えられる。また、予めプレストレスが導入されているコンクリートと導入されていないコンクリートでは、PC 鋼材破断時の付着挙動に影響を及ぼすのではないかと考えられる。そこで本研究では、導入緊張量とコンクリート断面積を変数とした実験供試体を製作し、PC 鋼材を破断させたときの PC 鋼材やコンクリートのひずみ分布を計測することで、導入緊張量、コンクリート断面積、破断箇所からの距離に応じたひずみ量の変化量の関係を明らかにすることで、PC 鋼材の付着モデルの高度化に必要な知見を得ることを目的とした。また、共同研究者の村上²⁾が、本研究で作製する供試体と、コンクリート断面寸法と導入緊張力を同じにした供試体を 1 つ作製するため、緊張力を導入した段階でコンクリートにプレストレスが作用する場合と作用しない場合で、鋼材破断時の付着応力にどのような違いが表れるのか比較検討した。

2. 試験概要

本研究では、導入緊張力やコンクリート断面積が PC 鋼材とグラウト間の付着挙動に及ぼす影響に着目し、はり供試体を用いた実験を実施した。図-1 に供試体の寸法と試験概要を示す。導入緊張量とコンクリート断面積を変数とした供試体を 3 つ作製し、図-1 の切断位置で PC 鋼材を破断させた。これにより、導入緊張量とコンクリート断面積が鋼材ひずみ分布に及ぼす影響を計測した。PC 鋼材は、φ9.2mm(公証断面積 66.4mm²、降伏強度 1275N/mm²)を使用し、ひずみゲージを図-2 のように、5 カ所貼り付け、供試体 2 と供試体 3 の試験では、切断箇所から 1880mm の箇所にも、ひずみゲージ 1 つを貼り付けた。また、コンクリート上面には、PC 鋼材と同じ位置に貼り付けた。コンクリート側面は、図-3 のように、4 カ所貼り付けた。型枠の中央にシース間を通した上で、コンクリートを流し入れ、コンクリートが硬化するまで 1 ヶ月程養生した。コンクリート中央に PC 鋼材を設置した後、PC 鋼材に緊張力を導入し、シース管内にグラウトを注入した。グラウトが硬化するまで 2 週間程養生し、PC 鋼材の破断試験を行った。各試験のコンクリート断面の寸法と与える緊張力を表-1 に示す。

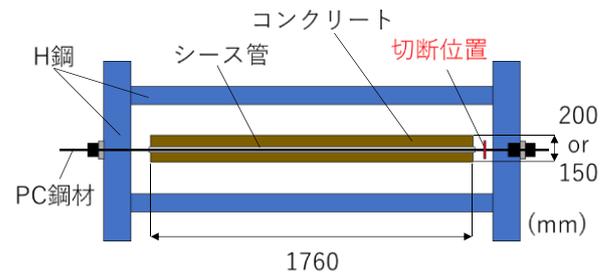


図-1 供試体寸法と試験概要

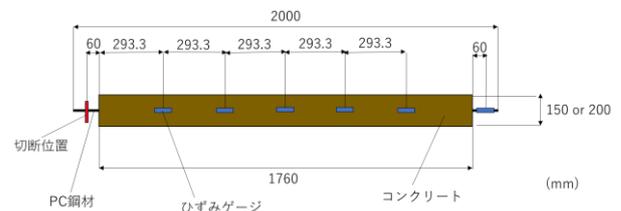


図-2 ひずみゲージの位置(PC・上面)

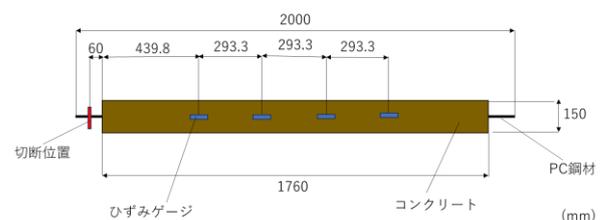


図-3 ひずみゲージの位置(側面)

表-1 各試験の断面寸法と緊張量

	供試体1	供試体2	供試体3
コンクリート断面(mm)	150×200	150×200	150×150
与える緊張力(μ)	2500μ	3500μ	3500μ

3. 試験結果

3.1 コンクリート端面からの距離とひずみの関係

試験によって得られたデータを使用し、開始時のひずみを0に合わせることで、コンクリートとPC鋼材に分けて、ひずみの増分グラフを作成した。供試体2と3の試験では、切断箇所から353.3mmの位置に貼り付けた、PC鋼材のひずみゲージが鋼材破断時にちぎれてしまったため、グラフでは数値を省いている。ひずみ増分グラフを、図-4、図-5に示す。また、供試体1の試験では、コンクリート内のシース管が曲がっていた可能性が高く、鋼材破断時のコンクリートひずみに影響を与えたと考えた。供試体2と3のPC鋼材のひずみより、コンクリートの両端では、鋼材破断時に与えた緊張力とほぼ同量の緊張力が抜けたことが分かる。また、鋼材破断時にひずみの変化が見られない領域までの距離を、近似線を用いて求め、表-2に示した。供試体3は近似線が0を通る箇所がマイナスになるため、求める事は出来なかった。表-2から、ひずみに変化が見られない領域までの距離は、導入緊張量が大きい方が大きくなることが考えられる。同様に、コンクリートのグラフにも近似線を用いることで、ひずみの変化量が最大になる箇所を求めた。これを表-3に示す。表-3から、コンクリートひずみの変化量が最大になる箇所は、導入緊張量やコンクリート断面積の違いによる影響を受けないことが考えられる。次に、PC鋼材の付着特性には、付着応力が関係しているため、各試験の鋼材破断時の付着応力を算出した。付着応力は以下の式から求める。

$$\tau = -\frac{AE}{\pi D} \times \frac{d\varepsilon}{dx} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、付着応力:τ、断面積:A、ヤング係数:E、円周率:π、鋼材直径:D、傾き: dε/dx とする。傾きは、鋼材ひずみ変化量が0の領域を求めるときに用いた近似線の傾きを使用する。求められた付着応力を表-4に示す。導入緊張力に違いがある供試体1と2を比べると、導入緊張力が大きい方が、付着応力が大きくなることが分かる。また、コンクリート断面積の違いがある供試体2と3を比べると、断面積が大きい方が、付着応力が大きくなるが、供試体3の試験では、シース管内に充分グラウトが充填できていなかったことが考えられ、数値が小さくなってしまった可能性が高い。

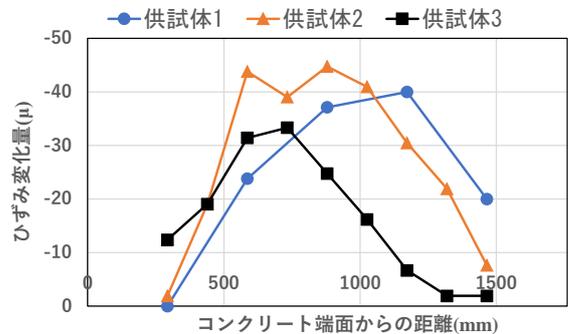


図-4 鋼材破断時のコンクリートひずみ

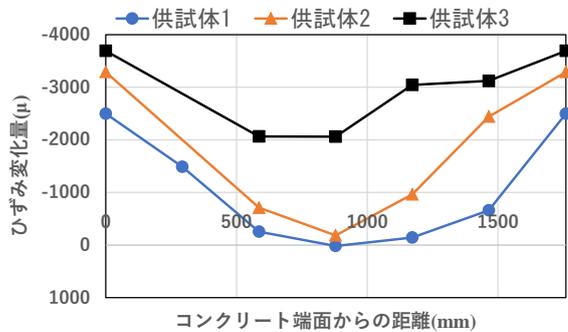


図-5 鋼材破断時のPC鋼材ひずみ

表-2 ひずみの変化が0の領域までの距離

	コンクリート端面からの距離
供試体1	662.2mm
供試体2	858.1mm
供試体3	—

表-3 ひずみの変化が最大の箇所

	コンクリート端面からの距離
供試体1	1038.9mm
供試体2	1058.1mm
供試体3	1027.9mm

3.2 コンクリートの応力が付着に及ぼす影響の比較

供試体2のコンクリート断面寸法が150mm×200mm、導入緊張力が3500 μ と同じ条件で、共同研究者の村上もPC鋼材の破断試験を行った。鋼材破断時のコンクリートひずみの増分を比較したものを図-6に示す。村上の供試体は、H鋼の治具がなく、コンクリートのみを使用した試験のため、緊張力を導入した際に、コンクリートが圧縮されるが、本研究の供試体は緊張力を導入した時点では、コンクリートは圧縮されない。そのため、グラフのように、鋼材破断時に本研究のコンクリートは圧縮され、ひずみが減少するが、村上のコンクリートは引っ張られることで、コンクリートが伸び、ひずみが増加する。次に、近似線を用いることで付着応力算出に必要な傾きを求めると、本研究の傾きが0.0741、村上の傾きが0.0756となった。傾きに差がなければ、付着応力にも差は生まれなため、コンクリートに作用しているプレストレスは付着応力には影響しないことが考えられる。

表-4 PC鋼材の付着応力

	付着応力(N/mm ²)
供試体1	1.240
供試体2	1.668
供試体3	0.683

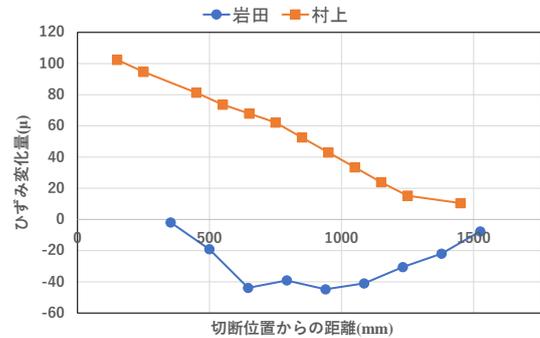


図-6 コンクリートひずみの比較

4. 結論

本研究では、導入緊張量やコンクリート断面積の違いがPC鋼材の付着特性に及ぼす影響を実験的に明らかとすることを目的として、導入緊張量とコンクリート断面積を変数とした供試体を製作し、PC鋼材を破断させたときのPC鋼材とコンクリートのひずみ分布の計測を行った。本研究で得られた成果を以下に示す。

- (1)PC鋼材破断時、切断位置から一番離れた箇所は、導入緊張力とほぼ同量の緊張力が抜ける。
- (2)コンクリートひずみの変化量が最大になる箇所は、導入緊張量やコンクリート断面積の違いによる影響を受けない。
- (3)鋼材ひずみに変化が見られない領域までの距離は、導入緊張量が大きい方が大きくなる。
- (4)PC鋼材に与えた緊張力が大きい方が、付着応力が大きくなり、断面積が大きい方が、付着応力が大きくなる。
- (5)コンクリートに作用しているプレストレスは付着応力に影響しない。

参考文献

- 1) 吉村 満ほか：鉄筋とコンクリート間の付着応力-すべり関係に及ぼす各種要因の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.3，pp.613-618，2007
- 2) 村上 順彦：PC桁の断面寸法がPC鋼材破断時の付着特性に及ぼす影響の実験的評価，2023年度中部大学卒業論文

打音検査結果からひび割れの有無判別に関する研究

EC20019 蟹江 偉吹

1. 研究背景と目的

高速道路橋梁などの実構造物を点検する際に「打音検査」が非破壊検査方法の中で最も簡便であることから広く利用されている。打音検査は、橋梁等の事前検査では主要な検査方法であり、ひび割れ発生や背面の状況を知ることができる。

道路付帯構造物として切土法面などに利用される「コンクリート吹付工」は、昭和 30 年代後半から施行され、施工性の良さなどから全国的に広く施行実績のある法面保護工 である。このコンクリート吹付工の検査方法にも「打音検査」が行われている。検査は熟練技術者によって行われているが、明確な判定基準がなく打音の音質や叩いた感覚等で判定しているのが現状である。また、近年土木技術者が問題になっているが、コンクリート吹付工の検査技術者の高齢化、人手不足、技術伝承も著しい状況である。よって、打音検査結果の判別を特別な技術や経験を必要とせず、客観的に良否の判別をすることができる技術の確立が望まれる。

そこで本研究では、**図 1** に示す既往の卒業研究²⁾で計測された無損傷とひび割れを有する吹付コンクリート板の音圧-周波数関係からひび割れの有無を判別できるツールの開発を目的とした。対話型 AI である ChatGPT を用いて ExcelVBA を作成し、打音検査結果である音圧-周波数関係の数値データを処理することで、無損傷とひび割れ状態の場合の判別を明確にすることを目指す。技術や経験値がない技術者でも打音検査の良し悪しを判別できる打音検査技術の確立を目指しているので、確立されれば、高速道路橋梁などの実構造物の維持管理に大きく貢献することができると思う。

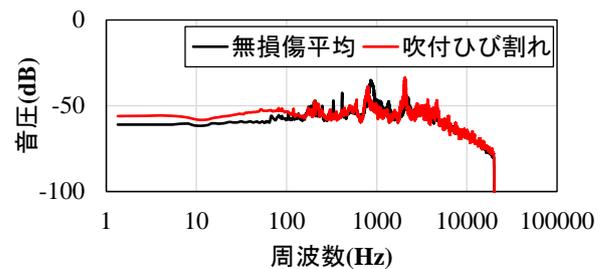


図 1 音圧-周波数関係の一例

2. 打音データと解析概要

2.1 打音データ

打音データには、尾崎²⁾が取得した音圧-周波数関係を使用した。この打音データは、450mm×450mm×50mm の無損傷試験体 4 体から各試験体に対してそれぞれ 10 個取得された打音データ計 40 個と、ひび割れ状況の異なる 4 つの試験体からそれぞれ 10 個取得された打音データ計 40 個である。厚さ 50mm の試験体の 4 つのひび割れ状況のうち 2 つを**写真 1**と**写真 2**に示す。さらに、試験体厚さの異なる 450mm×450mm×100mm での無損傷試験体 5 体の打音データを 50 個、異なるひび割れ状況の試験体から得られた打音データ 50 個を使用した。厚さ 100mm の試験体の 5 つのひび割れ状況のうち 2 つを**写真 3**と**写真 4**に示す²⁾。

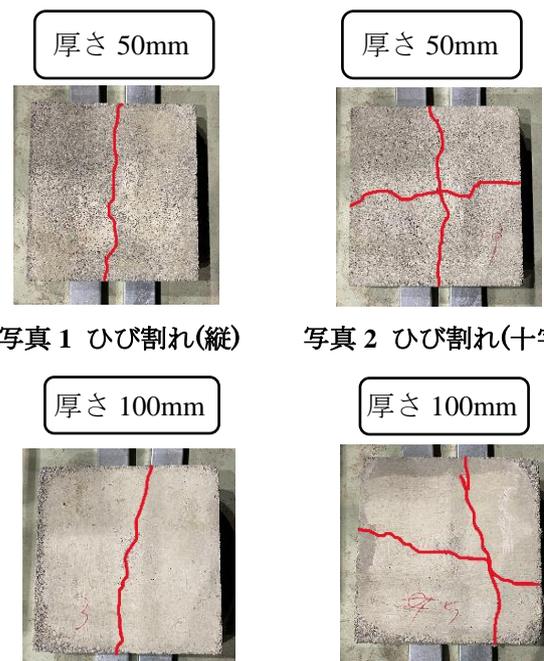


写真 1 ひび割れ(縦)

写真 2 ひび割れ(十字)

写真 3 ひび割れ(縦)

写真 4 ひび割れ(十字)

2.2 解析手順

図 1 の音圧一周波数関係の図をひび割れの有無がわかりやすい図に変えるために ChatGPT で ExcelVBA を作成した。ChatGPT を用いて ExcelVBA を作成するには、まず ExcelVBA を使用して実施したい処理作業を明確にする必要があるため、ChatGPT に実行したい処理作業を一つずつ伝えて逐次 VBA コードを作成することとした。ChatGPT を用いて作成された VBA コードを実行することで、実施したい内容通りに動作するのか確認した。コード実行時にエラーメッセージや問題が発生した場合は、ChatGPT に状況を説明し ExcelVBA コードを修正し、正しい解が得られる ExcelVBA コードができるまでこの作業を繰り返した。完成したら、2.1 節で示した打音データに対して VBA コードを実行し、解析対象の累積音圧一周波数関係の図を作成する。累積音圧一周波数関係図の最後の周波数値と最初の周波数値の差を求める。以後、周波数値の差を本研究では周波数幅と称する。

2.3 作成した ExcelVBA コード

写真 5 に作成した ExcelVBA の一部を示す。作成した VBA コードは、最初に打音データを Excel に読み込む。次に、読み込んだ音圧のデータの 1 番目をゼロに合わせる作業を行う。具体的には、1 番目の値を音圧データ全体に足し、1 番目の値をゼロにする。1 番目をゼロにした音圧データの前後の値より大きい値以外をスムージング処理する。スムージング処理をした音圧データの中から、前後の値より大きい値を抽出し、抽出した値の周波数値も併せて書出す。書出した音圧データの中から最大値を見つけ、最大値から 999 個の値を見つける。最大値を含めて 1000 個の音圧値及びその時の周波数値を書き出し、音圧値を累積させた値を計算して、累積音圧一周波数関係を作図する。また、周波数幅を求められるようにした。累積音圧一周波数関係の図を作成する際の周波数値を用いて、周波数値の最後の値と最初の値の差を出す。以上のことを行える ExcelVBA を作成した。

```
Sub ProcessAndOutputPeaksInColumn()
    Dim ws As Worksheet
    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("ImportedData1") ' 必要に応じてシート名を調整

    ' A列にあるデータの最終行を取得
    Dim lastRow As Long
    lastRow = ws.Cells(ws.Rows.Count, "A").End(xlUp).Row

    Dim i As Long
    Dim peakRow As Long
    peakRow = 1 ' E列とF列に出力を開始する行

    ' D列のデータをループ処理
    For i = 2 To lastRow - 1
        If ws.Cells(i, 4).Value > ws.Cells(i - 1, 4).Value And ws.Cells(i, 4).Value > ws.Cells(i + 1, 4).Value Then
            peakRow = peakRow + 1
            ws.Cells(peakRow, 6).Value = ws.Cells(i, 4).Value ' 頂点の値をF列に書き出す
            ws.Cells(peakRow, 5).Value = ws.Cells(i, 1).Value ' 対応するA列の値をE列に書き出す
        End If
    Next i
End Sub

Sub V_CopyDataBasedOnRangeFromFirstRow()
    Dim ws As Worksheet
    Dim lastRow As Long, i As Long
    Dim targetRow As Long

    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("ImportedData1") ' シート名は適宜変更してください
    lastRow = ws.Cells(ws.Rows.Count, "E").End(xlUp).Row ' E列の最終行を取得
    targetRow = 1 ' I列にデータを転記する開始行

    For i = 1 To lastRow
        If ws.Cells(i, "E").Value >= 0 And ws.Cells(i, "E").Value <= 20000 Then
            ws.Cells(targetRow, "I").Value = ws.Cells(i, "E").Value
            ws.Cells(targetRow, "J").Value = ws.Cells(i, "F").Value
            ws.Cells(targetRow, "K").Value = ws.Cells(i, "G").Value
            targetRow = targetRow + 1
        End If
    Next i
End Sub
```

写真 5 ExcelVBA の一部

3. 解析結果

作成した ExcelVBA を使用して、50mm 試験体の無損傷とひび割れ状態、100mm 試験体の無損傷とひび割れ状態で比較をおこない、累積音圧一周波数関係の図にまとめたところ傾向を得ることができた。図 2 は 50mm 試験体の無損傷 (4 枚)、図 3 は 50mm 試験体のひび割れ状況 (4 枚) の累積音圧一周波数関係である。図 2 を見ると、無損傷時は累積音圧一周波数関係の図が始まる周波数の位置が、40 個の打音データのうち 38 個のデータが 1000Hz 以下から始まる。図 3 を見ると、ひび割れ状況時には 40 個の打音データのうち 39 個のデータが 1000Hz 以上から始まっていることがわかる。

また、厚さ 50mm 時の無損傷とひび割れ状況の周波数幅を求めたところ、違いを得ることができた。無損傷の時、周波数幅の最大値が 4469.5Hz、最小値が 3836.9Hz となった。ひび割れ状況では、最大値が 6283.7Hz、最小値が 4500.4Hz となり、4485Hz 以下か以上で無損傷とひび割れ状況を判別できる。

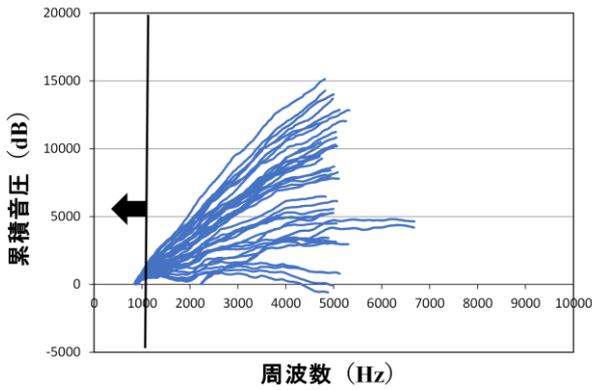


図2 累積音圧－周波数関係
無損傷 厚さ 50 mm (吹付 6、8、9、10)

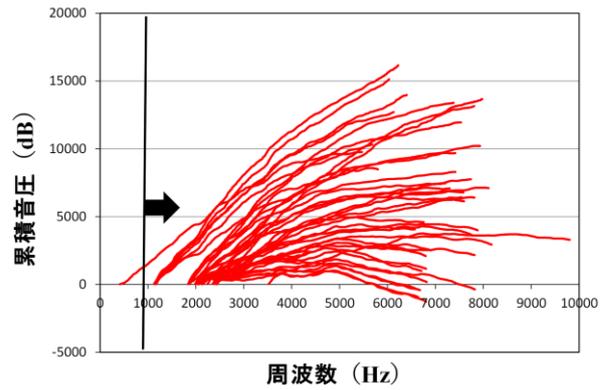


図3 累積音圧－周波数関係
ひび割れ状況 厚さ 50mm (吹付 6、8、9、10)

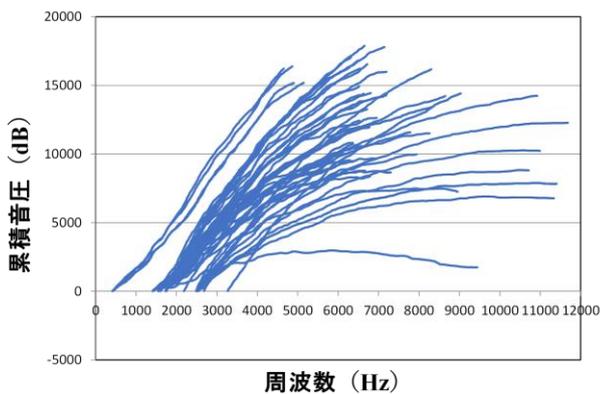


図4 累積音圧－周波数関係
無損傷 厚さ 100mm (吹付 1～5)

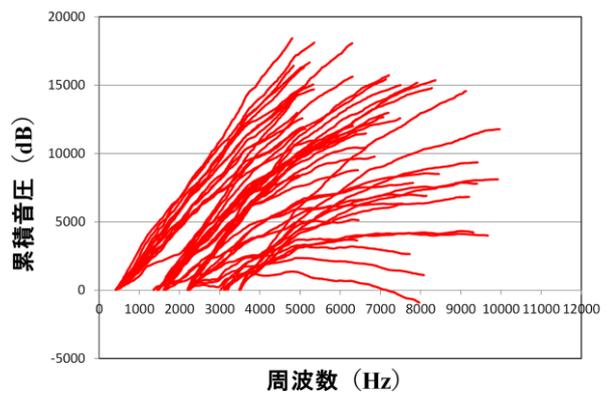


図5 累積音圧－周波数関係
ひび割れ状況 厚さ 100mm (吹付 1～5)

図4は100mm試験体の無損傷(5枚)、図5はひび割れ状態(5枚)のExcelVBAを実行した累積音圧－周波数関係である。図4と図5を見ると、無損傷とひび割れ状況の累積音圧－周波数関係の図が重なっており、周波数幅からも違いを見つけることができなかった。

4. 結論

本研究では、厚さ 50mm の吹付コンクリートの場合にひび割れの有無を判別できるツールを開発することができた。吹付コンクリートの厚さが 50mm の場合、作成した ExcelVBA を用いることで、累積音圧－周波数関係の図が始まる位置が 1000Hz 以上か以下なのか、周波数幅が 4485Hz 以上か以下なのかで、無損傷とひび割れ状況を判別できた。今回、厚さが 50mm の場合に打音データ 40 個中 38 個で判別することができたが、より多くの場面で用いることができることを調べるために、吹付コンクリートの厚さや叩き方を変えての検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 田沢雄二郎：吹付コンクリート工法，粉体工学会誌，Vol25，No3，pp168-174，1988
- 2) 尾崎龍吾：ひび割れ状況が吹付けコンクリート板の打音検査に及ぼす影響，2022 年度卒業研究

衛星位置が GNSS 測量に及ぼす影響の評価

EC20029 桑原 歩夢

1. 背景と目的

GNSS とは「Global Navigation Satellite System」の略で、近年では GNSS を用いた測量・機械操作などが行われており、年々需要が増してきている。しかし、数 m～数 cm の誤差があることによって自動運転での事故やドローンと GPS が切れることで飛行維持が難しく、風に流されることにより安全性を損なう危険性があるなどの課題がある¹⁾。

そこで本研究では、連続した数日間の結果から得られたデータを元に、測位される衛星の位置によって精度にどのような影響があるのか、測位計算による測位精度検証による定量的な評価をすることで多面的な測量精度に及ぼす影響の評価をすることを目的とする。

2. 研究の方法

GNSS 測量 (仰角 15°ネットワーク型 RTK-GNSS で行った。) を本学バス停付近で令和 5 年 6 月 7 日～6 月 9 日 (9:00～18:00)、9 月 9 日～10 日 (8:00～20:00 ただし、10 日の午後から天候が悪化したため、15 日の午後から補填した) での観測データを使用した。6 月の測量では GPS + GLONASS + Galileo での測量を行い、9 月の測量では GPS のみの測量 (10 分間隔) を行った。DOP による測量精度、衛星図による衛星のばらつき、観測値によるグラフなどから測量精度に与える影響を評価した。

DOP とは、衛星の配置状態が測量精度に影響し、それを定量指標にしたものをいう。一般的に DOP 値 3.0 以下であるといとされている。式(1)より測位に使用する衛星位置の x,y,z 方向を算出した。

$$l_i = \cos(el) \sin(az) \quad m_i = \cos(el) \cos(az) \quad n_i = \sin(el) \quad (1)$$

ここで、 l_i : 衛星位置の x 方向成分, m_i : 衛星位置の y 方向成分, n_i : 衛星位置の z 方向成分, i : 衛星番号, el : 衛星位置の仰角, az : 衛星位置の方向角とした。

$$A = \begin{bmatrix} l_1 & m_1 & n_1 & 1 \\ l_2 & m_2 & n_2 & 1 \\ l_3 & m_3 & n_3 & 1 \\ l_4 & m_4 & n_4 & 1 \end{bmatrix} \quad (A^T \cdot A)^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma_{xx}^2 & \sigma_{xy}^2 & \sigma_{xz}^2 & \sigma_{xt}^2 \\ \sigma_{yx}^2 & \sigma_{yy}^2 & \sigma_{yz}^2 & \sigma_{yt}^2 \\ \sigma_{zx}^2 & \sigma_{zy}^2 & \sigma_{zz}^2 & \sigma_{zt}^2 \\ \sigma_{tx}^2 & \sigma_{ty}^2 & \sigma_{tz}^2 & \sigma_{tt}^2 \end{bmatrix} \quad DOP = \sqrt{\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 + \sigma_{zz}^2} \quad (2)$$

これらを成分とする行列 A を用いて式(2)に示す計算式で DOP を算出した²⁾。

3. 結果

3. 1 GNSS 測位特性

表 1 と図 1 に 6 月に測量結果を示す。一般的に測量誤差は 1cm～5cm とされている³⁾ので、それぞれの平均誤差を評価すると誤差の範囲内であり、標準偏差は z 座標誤差が 1cm を超える結果となっているが他の部分では 1cm 以内とばらつきが少なくよい測量結果が得られた。

図 2 には誤差の最大値・最小値を観測した時間での衛星比較を行った。左の図が x 座標、右の図が y 座標についてである。衛星の位置についてみてみると誤差の大小によって衛星の偏りが見られるわけではなく、様々な時間で衛星を比較したが 5cm を超えない時でも衛星状態に偏りがあるという結果になった。

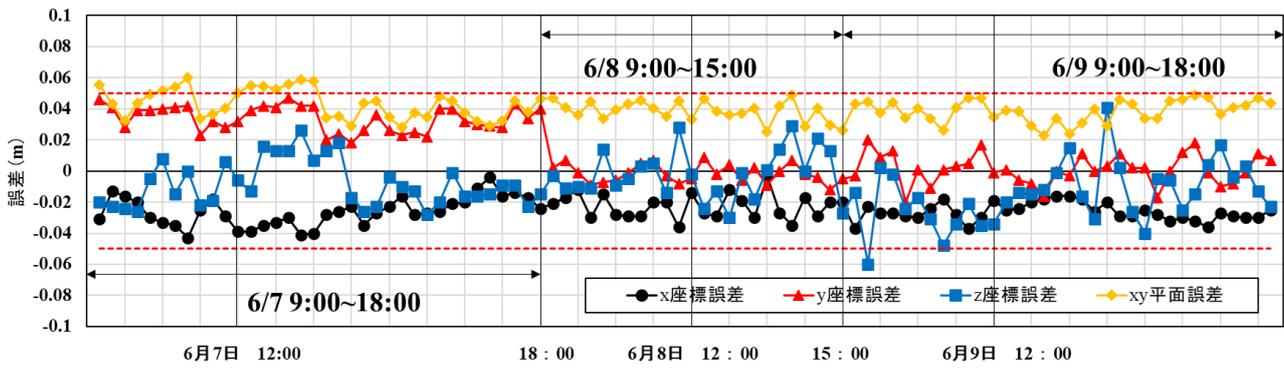
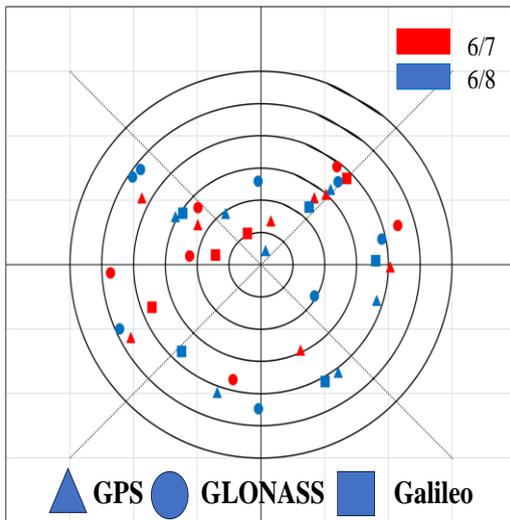


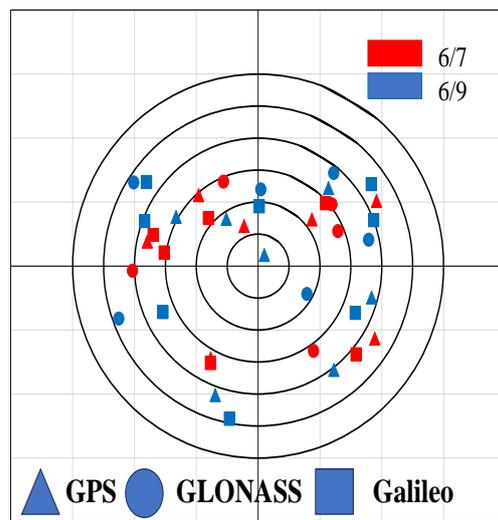
図 1 誤差の推移

表 1 GNSS 測量の結果

日付	平均誤差 (m)				標準偏差 (m)			
	x座標	y座標	z座標	xy平面座標	X座標	Y座標	z座標	xy平面座標
6月7日	-0.026	0.034	-0.008	0.043	0.009	0.008	0.014	0.009
6月8日	-0.023	-0.001	-0.001	0.039	0.008	0.005	0.015	0.006
6月9日	-0.026	0.001	-0.015	0.038	0.006	0.006	0.019	0.007



a) 誤差最大値 6/7 誤差最小値 6/8 (x 座標)



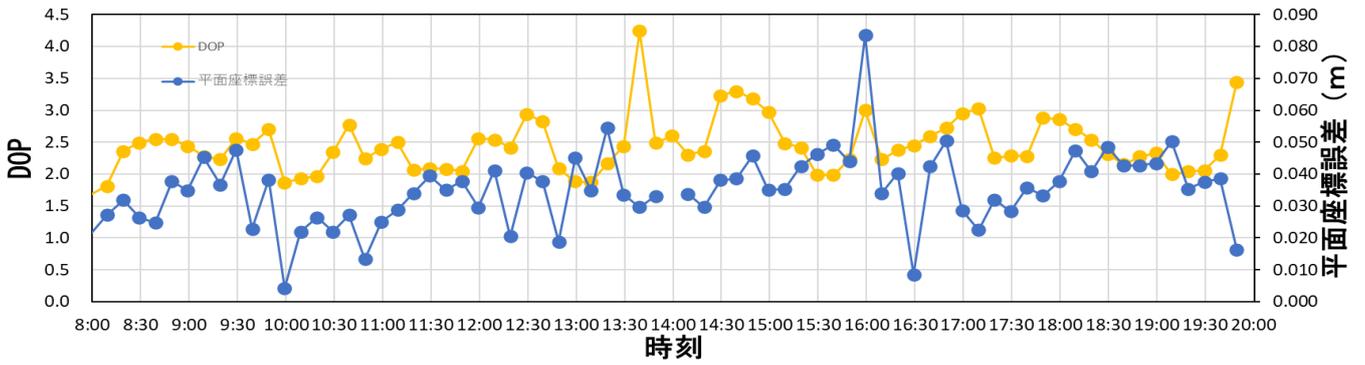
b) 誤差最大値 6/7 誤差最小値 6/9 (y 座標)

表 2 GPS 測量の結果

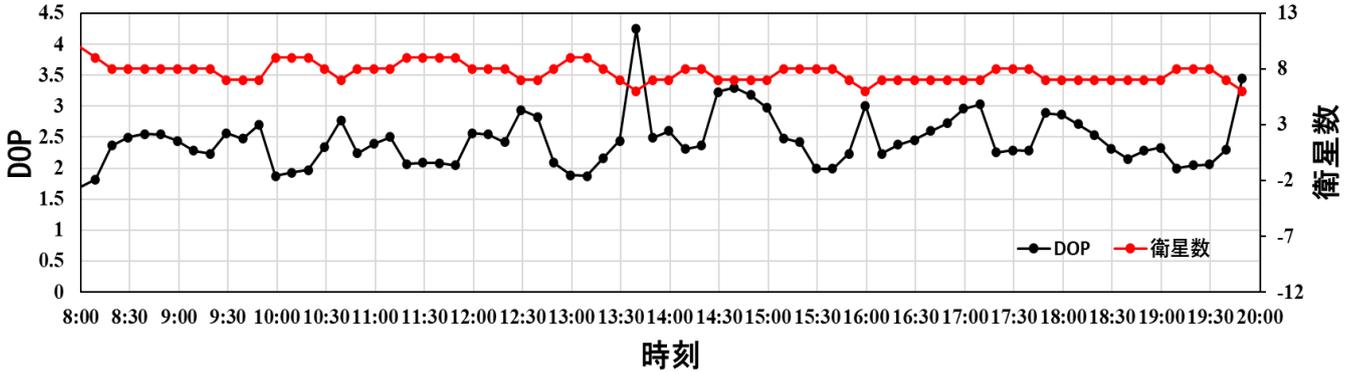
日付	平均誤差 (m)				標準偏差 (m)			
	x座標	y座標	z座標	xy平面座標	X座標	Y座標	z座標	xy平面座標
9月9日	-0.018	0.027	-0.001	0.035	0.013	0.011	0.021	0.012
9月10日	-0.014	0.017	-0.010	0.035	0.027	0.023	0.038	0.023

3. 2 GPS 測位特性

6月に行ったGNSS測量において衛星数が多く、衛星位置による違いを見つけることができなかつたため、周期が11時間58分であるGPSのみでの測量を行うことによって衛星数や衛星位置が近い状態での比較を行った。表2にはGPS測量の結果を示す。表1と同様に、平均誤差での評価を行うと各項目で5cm以内であることから測量結果として良好である。しかし、標準偏差を比較するとGPS測量では1cm~4cm程度となっており、GNSS測量よりばらつきが大きく誤差が出やすいと思われる。



a) DOP-xy 平面座標の関係性



b) DOP-衛星数の関係性

図 3 DOP と xy 平面座標誤差・衛星数の関係

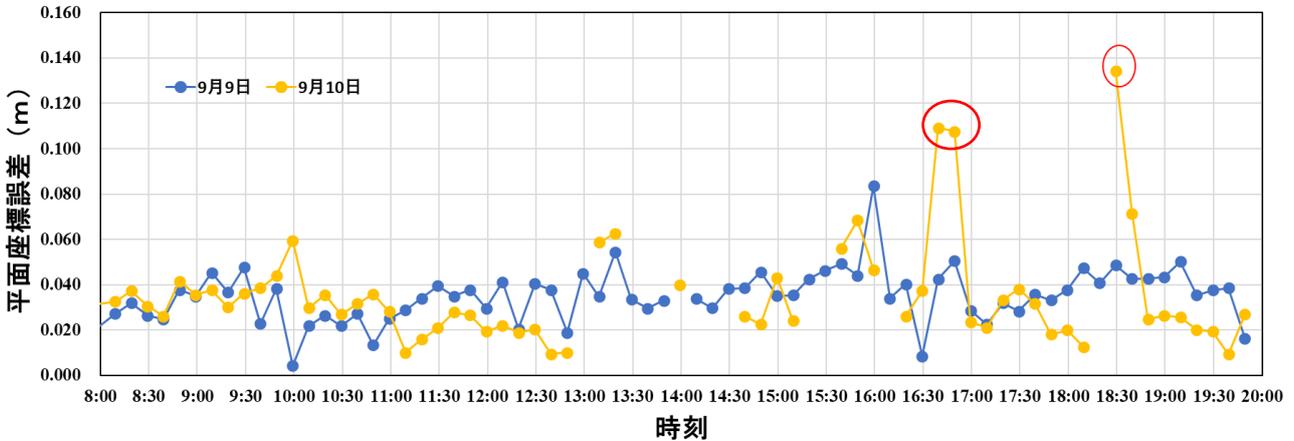


図 4 日付ごとの xy 平面座標誤差の推移

図 3 には DOP と平面座標誤差の関係、DOP と衛星数との関係を示す。図 3a)より DOP と平面座標誤差との間に関係性を見つけることが出来なかったが、一方図 3b)で DOP と衛星数において衛星数が上昇することによって DOP 値がそれに伴って減少するなど増減に応じて変化する関係が確認された。

3. 3 誤差の原因⁴⁾

誤差の原因として考えられるのが衛星軌道誤差・衛星ロック・電離層遅延・対流圏遅延が考えられるが、これらの原因はネットワーク RTK による観測、Fix 状態での観測、基準局までの距離が近いことからほとんど除去されていると考えた。また、本観測地点ではマルチパスを発生させる原因として考えられる建物などはなかった。そこで考える原因として、受信機が持つ定誤差、衛星の位置であるとする。衛星の位置が原因となっているのか GPS 測量で得られたデータをもとに評価した。

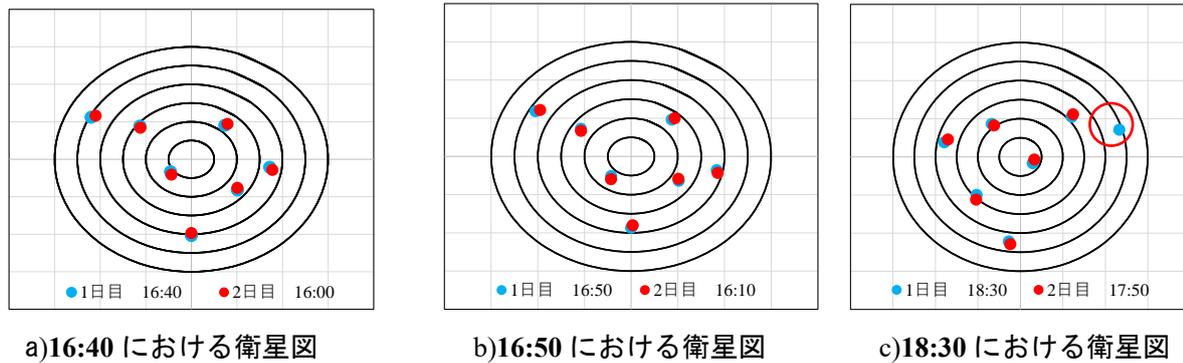


図 5 誤差が特出した時刻での衛星比較図

図 4 に、日付ごとの xy 平面座標誤差を示す (FLOAT 状態の値は除く)。図 4 の赤丸で囲まれた 16:40,16:50,18:30 における誤差が 9 日と 10 日で特出して違っていたため、焦点を置いて評価した。図 5 に、誤差が特出していた 3 つの同時間 (1 日目 16:40,16:50,18:30 2 日目は衛星の位置を合わせると 16:00,16:10,17:50 になる) ごとの衛星位置を示す。図 5a),b) は衛星の位置がほとんど同じであるにもかかわらず誤差が生じている。図 c) は、赤で囲まれた部分に衛星があることによって誤差が小さくなっていると考えられるが、精度の良し悪しに衛星位置は関係していないと思われる。

4. 結論

衛星位置が測量精度に与える影響は小さいと考えられる。衛星数の上昇に応じて FLOTE 状態の減少、観測までの時間短縮、標準偏差が小さくなったことから、今回の観測結果からは、測位精度を向上させる要因として測位される衛星の数が一番大きいと明らかになった。また、GPS 測量から 1 日目は 4%、2 日目は 10% 程度で誤差 5cm を超える確率となったため、1 回の測量結果を使用するのではなく、10 回ほど観測して最大値・最小値を除く 8 つの平均値を使用することによって誤差を小さくした値が得られると考える。

参考文献

- 1) Sony Network Communications : GNSS の測位方法とメリット・デメリット | 通信-SONY
(<https://iot.sonymnetwork.co.jp/column/column006/>) (2023 年 9 月確認)
- 2) 山本義幸 マルチ GNSS による測位特性評価, 愛知工業大学研究報告, 第 47 号 (2023 年 12 月確認)
- 3) アカサカテック : RTK-GNSS とは? 測位方法の違いや精度を高めるデジタル簡易無線機のメリットを紹介
(<https://www.akasakatec.com/blog/4138/>) (2023 年 12 月確認)
- 4) 日本テラサット株式会社 : GNSS 測位精度における主な誤差原因
(<https://www.terasat.co.jp/archives/6847.html>) (2023 年 12 月確認)

PC 鋼より線破断時の付着特性に関する数値解析的検討

EC20041 鈴木健太

1. 研究背景と目的

近年、厳しい環境下に置かれる PC 橋の中には PC 鋼材の破断が報告されている。今後、このような PC 橋梁を維持管理していくためには、現在や将来の構造物が保有する性能を適切に評価し、適切な対策を検討する必要がある。PC 橋梁は鋼材により緊張力を導入することで、剛性やひび割れ発生耐力を向上させているため鋼材腐食や破断が生じるとプレストレス力の低下などが生じ構造性能が著しく低下する。これらの影響を適切に考慮しながら構造性能を評価する方法には、数値解析技術の利用が有用と考えられる。

新設や PC 鋼材に腐食や破断が生じた PC 構造の性能を数値解析的に予測するためには、早急な力学性能の評価と維持管理・更新が求められている。より合理的に PC 桁の力学性能を評価するには残存プレストレス量の評価が必要不可欠なため、PC 鋼材とグラウト間の付着特性を把握することが重要となる。

そこで本研究では、鉄道総研の前田らの PC 鋼材切断実験²⁾で使用されている PC はり供試体を対象に実験の再現解析を実施し、解析手法の妥当性の評価をすると共に、再現解析結果と実験値の比較から実験値を再現できる付着強度パラメーター α を求めること、PC 鋼より線破断時の付着特性に関する数値解析的検討を行った。

2. 実験概要

前田らの PC 鋼材切断実験を対象に数値解析手法の妥当性を評価するとともに、シース管に充填されたグラウト強度が付着特性や残存プレストレスに及ぼす影響を評価し各要素が PC 桁の力学的性能にどう影響するかを明らかにすることを目的としている。解析対象とした PC 桁供試体の諸元を図 1、材料特性値の諸元を表 1 に示す。

本研究では、前田らの実験で作成された供試体 1-6、1-7、1-8、1-9 の 4 本を対象とし、解析ソフト上で実験状況を再現し、数値解析を行う。解析対象の供試体は二つあり、400 mm×400 mm、400 mm×550 mm の短径段断面を有する PC 部材であり、鋼材を破断するために、供試体 1-6、1-7 では、左端部 450 mm の位置に供試

表 1 供試体材料特性値

供試体	寸法					種別	PC鋼材			グラウト		コンクリート		緊張時の引張力	有効プレストレス力 (kN)
	a1 (mm)	a2 (mm)	b (mm)	c (mm)	シース径 (mm)		本数 (mm)	f _{py} (MPa)	E _p (GPa)	f _g (MPa)	E _g (GPa)	f _c (MPa)	E _c (GPa)		
No.1-6	400	400	10000	450	65	鋼より線	12T12.7	1883	191	26.8	10.9	54.5	40	PC鋼材 f _{py} の80%程度	1191.6
No.1-7	400	400	10000	450						44.6	15.5	54.5	39		1192.8
No.1-8	400	550	4470	650						26.1	10.4	55.1	39.9		1211.6
No.1-9	400	550	4470	650						26.1	10.4	52.6	36.7		1113.8

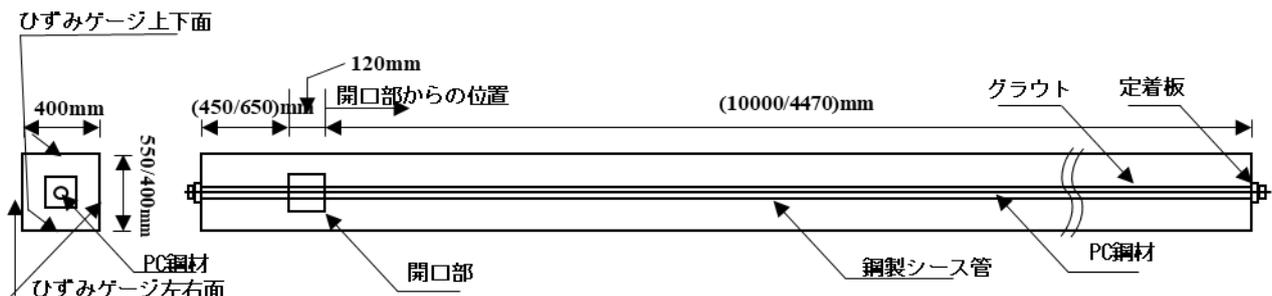


図 1 供試体諸元

体 1-8、1-9 では、650 mmの位置に 120 mm×120 mm×120 mmの開口部が設置されている。また、コンクリートの目標圧縮強度は 53.6N/mm²、ヤング係数 32kN/mm²である。供試体 1-7 には PC 鋼材 SWPR7BL7 本より 12.7mm を 12 本(12T12.7)供試体 1-8, 1-9 には PC 鋼材 SWPR7BL7 本より 12.7mm を 12 本(12T12.7)それぞれシース管内に沿って導入している。また、グラウト強度は、供試体 1-6 で 26.8N/mm²、1-7 で 44.6 N/mm²供試体 1-8、1-9 で 26.1N/mm²となっている。鋼製シース (φ38 mm) 内部には、PC 鋼材緊張後にグラウトを十分に充填するポストテンション方式で充填した。供試体に設置した開口部で PC 鋼材にグラインダーを使用し供試体端から 1-6、1-7 で 570mm の位置で 1-8、1-9 で 770mm の位置で破断させる。試験では打設 10 日でプレストレスを導入し、打設後 30 日に破断させている。その際生じた部材軸方向のコンクリートひずみを計測することで、プレストレスの残存割合 r 求めている。

$$r = (\varepsilon_{pin} - \varepsilon_{pde}) / \varepsilon_{pin} \tag{1}$$

ここで ε_{pin} と ε_{pde} は、それぞれ緊張後のひずみ量および切断によるひずみ量変化である。

3. 解析概要

3.1 数値解析

数値解析において、PC 鋼材とグラウト間の付着モデルには、図 2 に示す仮想仕事の原理⁵⁾から導いた付着剛性方程式を使用した。ここで $[Q]$ は、グラウト要素内仮想接点と PC 鋼材要素節点の変位から積分点でのすべり量を評価するマトリクスであり、本研究ではすべり量を、鋼材要素両端における両接点間の相対変位を線形補完することで評価した。鋼材要素軸方向の付着応力 τ -すべり S 関係には n 式(2) に示す島ら⁶⁾が提案する付着応力-すべり-ひずみ関係に、かぶり厚や鋼材ふし形状の影響を簡易に導入する強度パラメーター a を乗じた。なお、強度パラメーター a は、実験結果と解析結果が整合するように決定した。鋼材要素軸直角方向の付着特性は、剛な弾性とした。

$$\tau = a \times 0.73 f'_g (\ln(1 + 5s))^3 / (1 + \varepsilon \times 10^5) \tag{2}$$

ここで、 f'_g : グラウト強度、 ε : PC 鋼材ひずみ、 s : $1000S/D$ 、 S : すべり量、 D : 鉄筋径とし、 ε はグラウト後の切断に伴う PC 鋼材ひずみの変化量とした。解析的検討では、実験と同様にアンポンド状態で緊張力を導入した後に PC 鋼材とグラウト間の付着をモデル化し、PC 鋼材の切断は供試体左端から 540mm と 740 mm の位置で切断する。PC 鋼材要素の断面を 23 段階に分けて徐々に 0 にすることで実現した。本研究では、グラウト強度が付着特性やプレストレス減少範囲に及ぼす影響を解析的に評価した。

3.2 付着強度パラメーター a の同定

実験と解析で評価された残存プレストレス割合の比較を図 3 および図 4 に示す。なお、実験値と解析値の比較は、文献中に実験値が掲載されたもの表 2 示している。図の解析結果は、付着応力-すべり-ひずみ関係に強度パラメーター a の値を変化させた再現解析と実験値が概ね一致する値を求めた結果であり、比較検討の結果 12T12.7 の PC 鋼材より線に対し、付着強度パラメーター a が供試体 1-6、1-7、1-8、1-9 においては 0.1 が実験値とよく一致する結果が得られた。

解析によって付着応力度を算出した結果、1-6 から 1-9 に対してそれぞれ -2.62、-2.62、-1.50、-1.57N/mm² となった。解析値と実験値において値に差が生じたのは、付着応力が作用するときに、材料の内部に生じる抵抗する力を解析上で考慮できなかったのではないかと考えた。

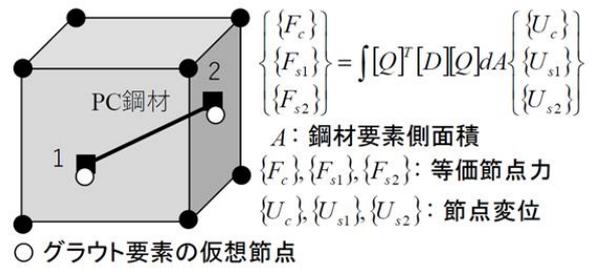


図 2 付着剛性方程式の定式化

表2 プレストレス減少範囲

供試体	グラウト強度	プレストレス減少範囲		付着応力度	
		実験値	計算値	実験値	解析値
	(N/mm ²)	(mm)	(mm)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
No.1-6	26.8	1757	1755	1.42	2.62
No.1-7	44.6	891	1405	2.8	2.62
No.1-8	26.1	1917	1905	1.32	1.5
No.1-9	26.1	1785	1755	1.3	1.57

4. 解析供試体比較結果

残存プレストレス比に着目して比較してみると以下の図3、図4のようになった。

これは付着応力-すべり-ひずみ関係に強度パラメータ α の値を変化させて乗じ、再現解析と実験値が概ね一致する値を求めた結果であり、強度パラメータ α は0.1であるということが分かった。

供試体 1-8 と 1-9 のグラフを比較してみるとプレストレス残存割合が 1 になるまでの切断場所からの距離が供試体 1-9 の方が短くなった。二つの供試体では、コンクリート強度と緊張力の大きさが変数となっている。そこで、コンクリートのヤング係数を二つの供試体で近づけるため供試体 1-8 のヤング係数を 30kN/mm² まで減らして解析を再度行ったところ、結果に変化はなかった。そのため、供試体 1-8 と 1-9 において、プレストレス残存割合が 1 になるまでの開口部からの距離に差が生まれたのは緊張力の影響によるものと言える。供試体 1-6 と 1-7 のグラフを比較したとき、プレストレス残存割合が 1 になるまでの切断場所からの距離が供試体 1-7 の方が短くなった。グラウト強度と緊張力が変数となっている緊張力の値は差が 1.0kN の間に収まっていることから、緊張力が影響していることは考えにくい。そのため、グラウト強度の値がプレストレス残存割合に影響を及ぼしている考えることが妥当である。供試体 1-6 と 1-7 の比較、供試体 1-8 と 1-9 の比較においてそれぞれの変数によって結果に違いが出たことから、プレストレス残存割合に影響を与えるものがグラウト強度と緊張力に依存していることが分かる。図3 見てわかるように、グラウト強度と緊張力を変数にして行った解析では、プレストレス減少範囲が緊張力の大きさに比例することはなく、グラウト強度が小さいほど、プレストレスの減少範囲は大きくなる傾向となった。

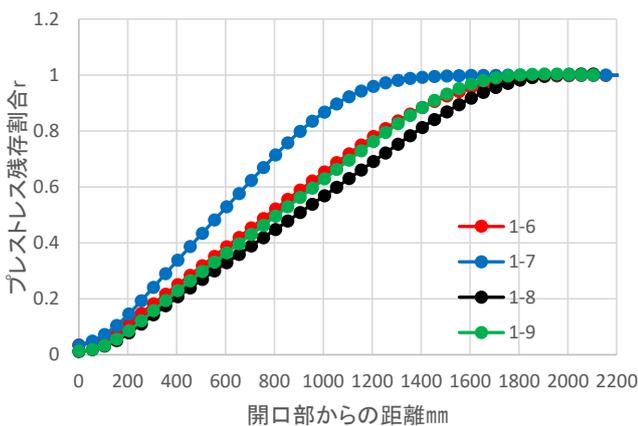


図3 プレストレス残存割合分布

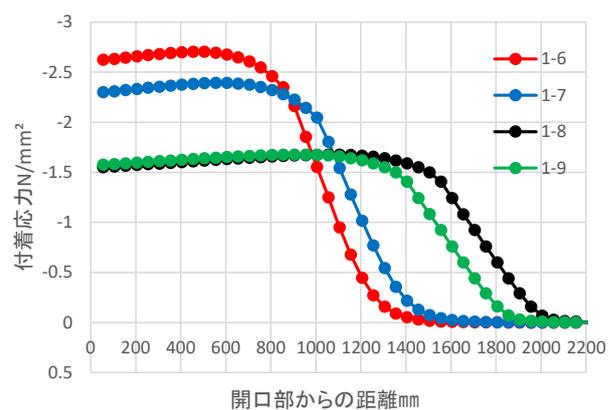


図4 付着応力分布

4.1 実験再現結果

供試体 1-8 における緊張力を変数とした結果を比較してみると緊張力が大きくなるにつれプレストレス残存割合が 1 になるまでの開口部からの距離が長くなった。解析で得られた結果と前田らの実験結果との比較を行う。前田らが行った実験のグラフが供試体 1-6 のみの掲載だったため、供試体 1-6 の解析値と実験値によ

る比較を行った。残存プレストレス比に着目して比較してみると以下の図6のようになった。グラフから読み取れるように実験値も解析値もおおむね同じような挙動を示している。しかし、データを見ると解析値のグラフよりも実験値の方が残存プレストレスの回復が緩やかでプレストレス減少区間が広がっていた。これは、グラウトの充填不良や細かな気泡の存在がグラウトとPC鋼材との付着力に影響を与え、解析上で作成したものよりも付着力が小さくなったのではないかと考える。また、PC鋼材破断位置に近い範囲において解析値より実験値のほうが大きく残存プレストレス比が変化している部分がある。これは解析上では考慮できない摩擦力の影響ですべりが大きくなるPC鋼材切断位置付近でグラウトとPC鋼材の付着関係に影響を与えたと考えられる。この変化は発生範囲が小さく、最終的な結果には大きく関わってこないと考える。以上の差を考慮しても前田らの実験は精度が良く鋼材破断後のプレストレスの評価方法として有用な実験であると言える。

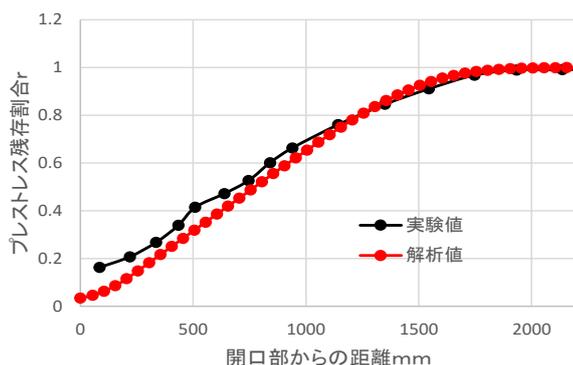


図5 1-6 実験比較

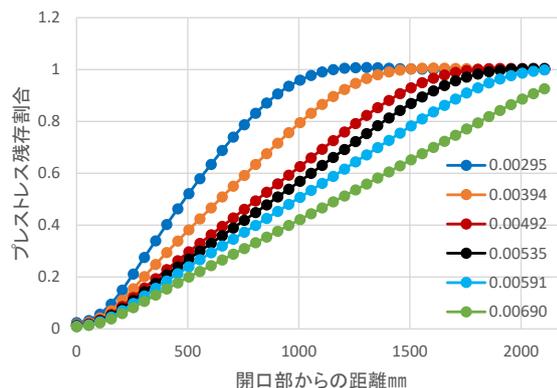


図6 1-8 緊張力比較

4. まとめ

数値解析的にPC鋼材破断時の付着特性および残存プレストレス分布を評価した。その結果、グラウト強度と緊張力が変数として行われたときプレストレス減少範囲に影響を及ぼしていることから、プレストレス減少割合は、グラウト強度と緊張力の大きさに依存することが分かった。

参考文献

- 1) 是永健好、渡辺英義：PC鋼材より線とグラウト材の付着特性評価、日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)、pp.1083-1084、1999.9
- 2) 渡辺健、田所敏弥、谷村幸裕ほか：グラウト充填不良を有するPC桁の鋼材破断後の耐力評価法、鉄道総報告、Vol.25、No.2、pp.11-16、2011.2.
- 3) 伊藤 睦、Kongkeo,P. 中村 光、田辺忠頭：格子等価連続体化法による鉄筋コンクリート部材の有限要素解析、土木学会論文集、No.767/V-64、pp.115-129、2004.
- 4) 遠藤滉大、小島悠生、伊藤 睦：PC鋼材破断時の付着特性と残存プレストレス分布の数値解析的評価、令和4年度土木学会中部支部研究発表会概要集、2023.3.
- 5) 仮想仕事の原理：建築学生が学ぶ構造力学，<http://kentiku-kouzou.jp/advance-kasousigoto.html> (2024年1月26日確認)
- 6) 島 弘、周 礼良、岡村 甫：マッシュなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係、土木学会論文集、Vol.378/V-6、pp.165-174、1987

PC 鋼材の破断が PC 桁の力学特性に及ぼす影響の数値解析的評価

EC20051 戸部広心

1. 目的

2m を超える橋梁などは 5 年に 1 回の頻度での近接目視点検が義務付けられている。しかしながら、近接目視中心の点検ではひび割れや腐食等といった外観変状や材料劣化が分かるのみで、安全性の評価は難しい。また PC 鋼材の破断は詳細点検でなければ確認できない。そのため、PC 鋼材の破断が桁のたわみに及ぼす影響や耐荷特性に及ぼす影響が明らかとなれば、今後の点検や維持管理計画の策定に有意義な指標を提示できると考えられる。そこで本研究では、PC 鋼材桁について、PC 鋼材破断が使用時のたわみ変化や耐荷性能などの力学特性に及ぼす影響を数値解析により評価することを目的とする。車両などの変化する活荷重や桁の死荷重を作用させ、PC 鋼材を破断させ、PC 鋼材を破断させる位置の変化によって PC 桁の剛性やたわみ及び耐荷性能などの力学的特性に与える影響を明らかにすることを目的とする。

2. 検討概要

本研究において解析の対象とした PC はりは、渡辺ら¹⁾の実験の供試体とした。図-1 に健全な PC 桁を想定した供試体概要を示す。この検討では、供用期間中の PC はりにおいて、PC 鋼材の破断が生じた際の挙動を検討するために、健全な PC 桁を想定した供試体の寸法としては、図-1 に示す。また、支点間のスパンに等分布荷重を作用させ、かつ図-2 に示すように PC 鋼材の破断箇所は、断面 1~断面 6 とする。供試体は左右対称のために左のみ切断箇所を選定した。これらの切断箇所を PC 鋼材 1~12 本を順に切断した。また PC 鋼材の破断箇所が 2 箇所発生した場合の位置と破断順番についての供試体への影響についても検討も行った。PC 鋼材の破断させるパターンとして表-2 に示すように 3 パターン選定した。本実験の解析対象とした渡辺らの実験¹⁾では、供試体に PC 鋼材を破断するために、供試体端部付近に開口部を設けたが解析では開口部が無くても切断できるため設けなかった。本実験において、健全な PC 桁を想定するため供試体にはグラウト充填不良区間を設けない。本実験では、PC 鋼材に銅より線 SWPR7BL7 本より 12.7mm を 12 本(12T12.7)が使用されている。また、軸方向鉄筋には公称直径が 12.7mm である異形鉄筋を使用し、せん断補強鉄筋には公称直径が 15.9mm である異形鉄筋を使用した。シー管内部に流し込むグラウト強度は、34.1N/mm²とした。鋼材要素軸方向の付着応力 τ —すべり S 関係には、式(1)に示すように島ら²⁾が提案する付着応力—すべり—ひずみ関係に、かぶり厚や鋼材ふし形状の影響を簡易に導入する強度パラメータ α を導入した。1 本より線に対する

表-1 材料特性値

P C 鋼材			軸方向鉄筋		スターラップ		グラウト		コンクリート	
f_{py} (N/mm ²)	f_{pu} (N/mm ²)	E_p (KN/mm ²)	f_{xy} (N/mm ²)	E_p (KN/mm ²)						
1849	2020	194	370	194	345	194	34.1	12.9	57.0	40.1

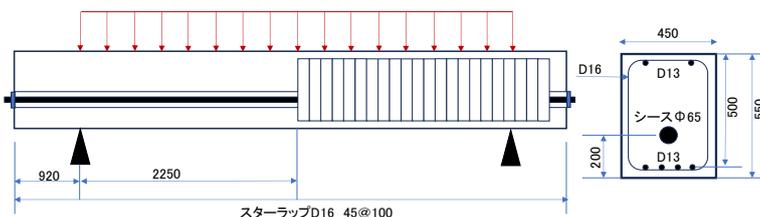


図-1 健全な PC 桁の検討供試体諸元

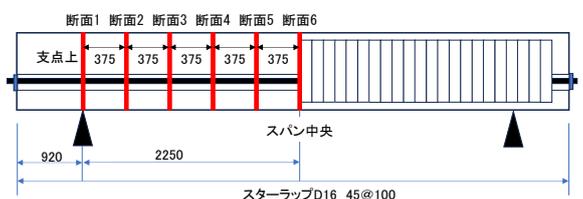


図-2 健全な PC 桁の切断箇所検討

強度パラメータ α は、遠藤ら³⁾の検討結果を用いて0.3とし、各検討に対する強度パラメータ α を適宜設定することで反映させた。12本のより線要素を同位置に配置し、より線間の摩擦を無視した。

$$\tau = \alpha \times 0.73 f_g' (\ln(1 + 5s))^3 / (1 + \varepsilon \times 10^5)$$

$$s = 1000S/D \quad (1)$$

ここで、 D ：鉄筋径、 f_g' ：グラウト強度、 ε ：PC鋼材ひずみとし、 ε は、鋼材要素切断時および載荷時に対して、グラウト後のより線要素ひずみの変化量の大きさの最大値とした。解析では、アンボンド状態で緊張力を導入したのちにより線とグラウト間の付着をモデル化し、より線の切断は、切断するより線要素の断面積をゼロとすることで表現した。コンクリート構成則には格子等価連続体モデル⁴⁾を使用し、より線要素の構成則はトリリニア型とした。耐荷性能評価では、より線要素の切断に引き続き、荷重増分法によりスパン中央から $\pm 250\text{mm}$ の位置に荷重載荷した。また、各断面12本すべて破断させるとその位置でひび割れが生じてしまうため、破断位置は表-2に示すもので破断量を半分にして耐荷性能評価を行った。それによって破壊した断面での断面耐力もPC桁の耐力とどのような変化が見られるのかを評価した。

3. 解析結果

3.1 PC鋼材1箇所破断の結果

図-3に破断本数とたわみ関係を示す。図より断面5、6はほ

表-2 破断パターン

I	II	III
1	1-6	2-3
2	2-6	2-4
3	3-6	2-5
4	4-6	3-4
5	5-6	3-5
6		4-5

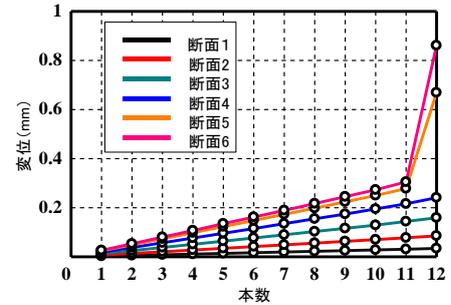


図-3 パターン I 破断本数-たわみ関係

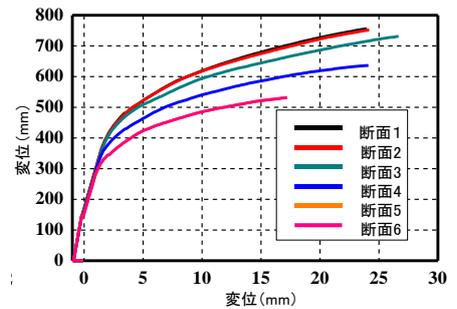


図-4 荷重-変位関係

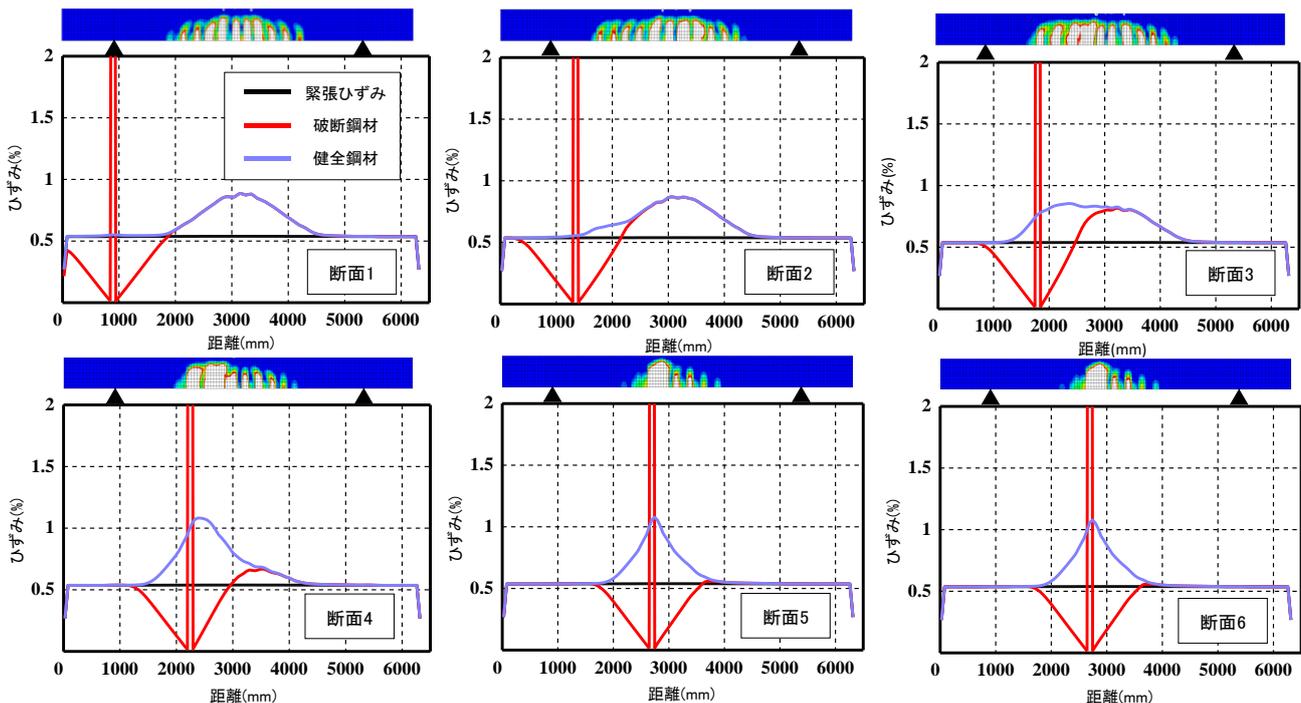


図-5 解析ひずみ濃淡図、最大荷重時の鋼材ひずみ分布

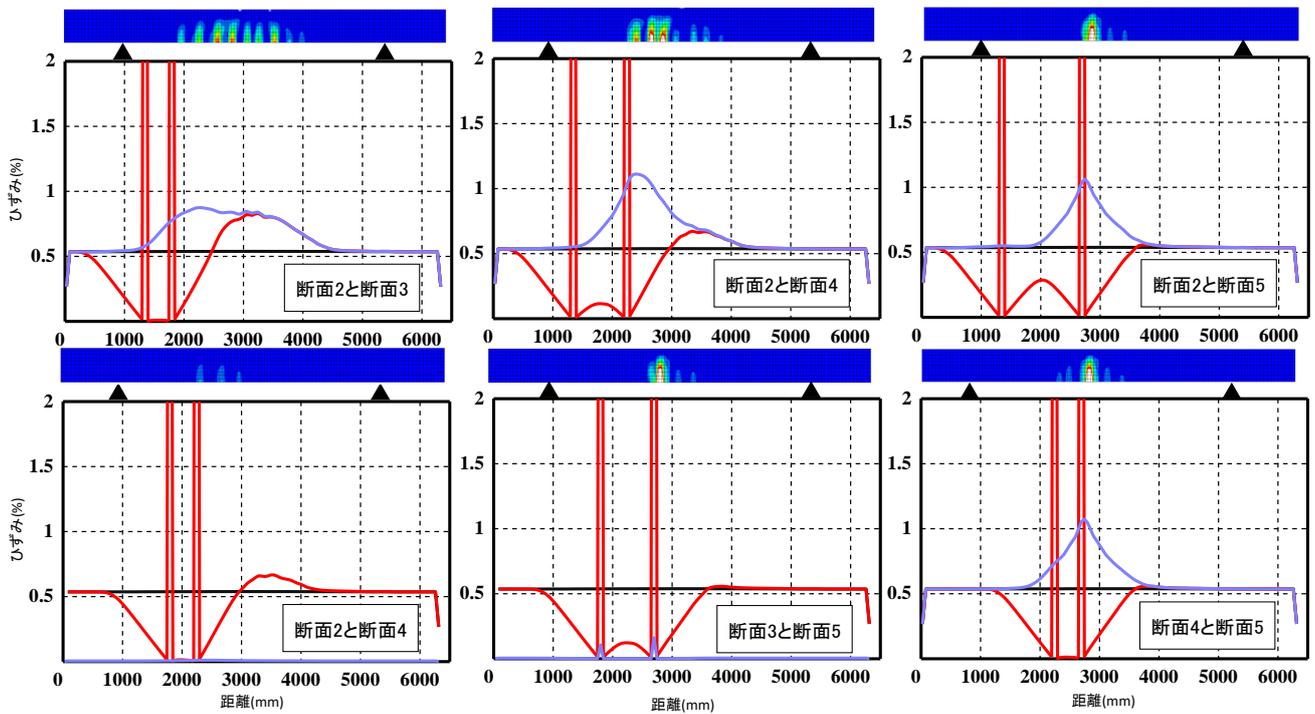
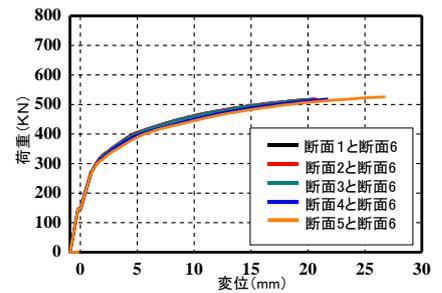
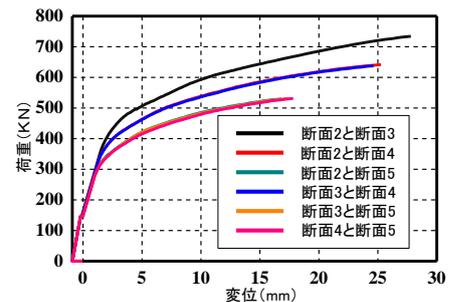


図-6 解析ひずみ濃淡図、荷重最大時の鋼材ひずみ分布

ばスパン中央にあるためすべて破断すると変位が急増し、供試体にひび割れが発生している。PC 鋼材がつながっているかではなく破断位置がスパン中央に近づくことでひび割れを発生させていると考えられる。次に図-4 に荷重変位関係を示す。図-5 は各断面において図-4 より、PC 鋼材が破断したときの最大荷重時の解析モデル内の各要素のひずみの値を読み取り作成し示した。図-4 より、供試体中央部の変位が大きくなっていることから、スパン中央に切断箇所が近づくこと耐荷性能が減少すると考えられる。図-5 より、スパン中央へと破断箇所が移動すると、スパン中央の鋼材ひずみが小さくなっている。しかし、断面 5 と断面 6 では、破断箇所がスパン中央に近いために鋼材ひずみが切断箇所にも大きく現れている。これは、破断箇所がスパン中央と近いために 2 つの断面のひずみが合成されたためと考えられる。また、断面 3 では破断位置と破壊断面が異なっているためすべりが発生し、すべりによりひずみが分布していることが分かる。破断位置と破断断面が同じになっていると破壊断面でひずみが大きくなっている。



(a) パターン II



(b) パターン III

図-7 荷重-変位関係

3.2 PC 鋼材 2 箇所破断の結果

図-6 に荷重最大時のひずみ分布図、ひずみ濃淡図を示す。図-6 より断面 5 と断面 6 を切断したときのみひずみが断面 5 の位置で大きくなっているが、そのほかの断面 1~4 断面を先に切ってもスパン中央の断面 6 で大きなひずみが見られるのみだった。断面 5 の位置でひずみが大きくなったのは、スパン中央に近い位置で先に切断が起きたためだと考えられる。断面 2-3 では破断位置と破壊断面が異なっていると、図-6 の断面 3 と同じくすべりが発生しひずみが分布する。図-7 に荷重変位関係を示す。図より、スパン中央の位置で破断が発生すると耐荷性能が著しく低下すると考えられる。図-8 に破断本数とたわみ関係を示す。(a)より、

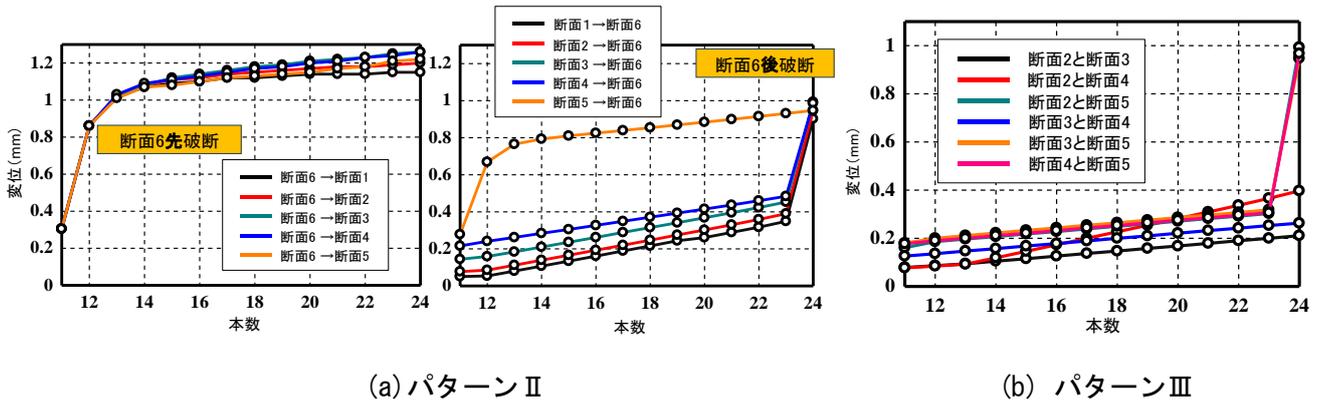


図-8 破断本数-たわみ関係

断面6を先に破断すると断面6を切った時点で変位が急増し、後に切る断面はあまり変位に差が出ない。また2つの断面でPC鋼材の破断が生じた場合、スパン中央の断面6が先に破断した方が全体のたわみは大きくなる。(b)では、最大曲げモーメントの作用位置に近い断面5を組み合わせたもののたわみが大きく影響している。最後に図-9にひび割れした位置の断面耐力を示す。図より、断面耐力が異常に低い断面では、滑りが発生していると考えられる。また1断面で6本破断のIと2断面で12本破断のIIとIIIでは、耐力が半減していないのは、破断していない6本が少しでも抵抗をしているため耐力が半減まではしていない。

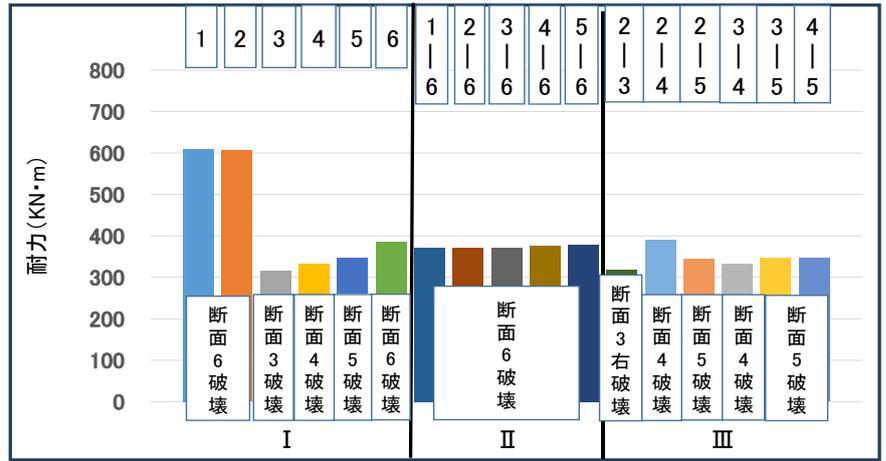


図-9 ひび割れした位置の断面耐力

4. 結論

検討1より破断位置がスパン中央に近づくことで、PC鋼材破断量に応じてたわみが増加する。また2断面で鋼材破断が生じた場合たわみは破断する順番の影響を受ける。しかし、たわみ量がわずかであることからたわみ量でPC鋼材の破断を判断することが難しい。

検討2では、破壊位置と破断位置が同一の時、断面耐力はほぼ同一となり破断したPC鋼材も外力作用に抵抗する。また破壊位置と破断位置が同一とならないすべりが発生したときには、破断位置と残存PC鋼材の量では耐力を過大評価してしまう可能性がある。

参考文献

- 1) 渡辺健, 田所敏弥, 谷村幸裕ほか: グラウト充填不良を有するPC桁の鋼材破断後の耐力評価法, 鉄道総研報告, Vol.25, No.2, pp.11-16, 2011.2.
- 2) 島 弘, 周 礼良, 岡村 甫: マッシブなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係, 土木学会論文集, Vol.378/V-6, pp.165-174, 1987.
- 3) 遠藤滉大, 小島悠生, 伊藤 睦: PC鋼材破断時の付着特性と残存プレストレス分布の数値解析的評価, 令和4年度土木学会中部支部研究発表会概要集, 2023.3.
- 4) 伊藤 睦, Kongkeo, P., 中村 光, 田辺忠顕: 格子等価連続体法による鉄筋コンクリート部材の有限要素解析, 土木学会論文集, No.767/V-64, pp.115-129, 2004.

PC 桁の断面剛性が PC 鋼材破断時の付着特性に及ぼす影響の数値解析的検討

EC20052 富崎 湧仁

1. 本研究の目的

PC 鋼材破断時にプレストレスが減少する領域は、グラウト強度や導入緊張力の大きさ、断面寸法など様々な要因の影響を受けると考えられる。遠藤¹⁾は、鉄道総研の前田らの PC 鋼材切断実験²⁾の再現解析を実施するとともに、グラウト強度を変数としたパラメトリック解析により、プレストレス減少領域における付着応力度は、グラウト強度の 2/3 乗に比例することを報告している。しかしながら、前田らの実験や遠藤による研究では、PC 鋼材が配置される断面剛性が鋼材破断時の残存プレストレス量に及ぼす影響が十分に検討されていない。そこで本研究では、PC 桁の断面剛性が PC 鋼材破断時の残存プレストレス分布に及ぼす影響に資する知見を得ることを目的とした。具体的には、今年度、同研究室の村上³⁾が実施した断面寸法を変化させた PC 鋼材破断実験の再現解析や鉄道総研の前田らの試験体を対象に軸方向鉄筋の断面積や軸方向鉄筋ごとに算出した緊張力といった断面剛性を変化させた数値実験を行うことで、断面剛性が PC 鋼材破断時の付着特性に及ぼす影響を検討した。

2. 解析対象とした実験概要と解析概要

2.1 実験概要

本研究では、村上による断面寸法の異なる PC はりによる PC 鋼材切断実験の再現解析を通じて、PC 鋼材の付着特性について検討を行った。村上の実験で使用された試験体の諸元および断面寸法と材料特性値をそれぞれ図-1 および表-1 に示す。村上の実験では、PC 鋼材を破断するために、はり試験体左端部より 135mm の位置に 100mm×100mm×100mm の開口部が設置されている。また、図-1 に示すように、この実験では多くのひずみが計測されており、コンクリート内部のひずみを計測するために、断面上縁から 50mm の位置に D10 鉄筋が配置されている。

2.2 解析概要

村上の実験の再現解析を実施するにあたり、FEMIS を用いて、解析対象とするはり試験体データを作成し、実験内容を再現し、数値解析を行い、解析結果と実験値を比較した。

本研究ではすべり量を、鋼材要素両端における両接点間の相対変位を線形補完することで評価した。

鋼材要素軸方向の付着応力 τ -すべり S 関係には式(1)に示す島ら⁴⁾が提案する付着応力 τ -すべり S -ひずみ ϵ 関係に、かぶり厚や鋼材ふし形状の影響を簡易に導入する付着強度パラメーター a を乗じた。なお、付着強度パラメーター a は、村上が行った実験結果と本解析が整合するように決定した。鋼材要素軸直角方向の付着特性は、剛な弾性とした。

$$\tau = a \times 0.73 f'_g (\ln(1 + 5s))^3 / (1 + \epsilon \times 10^5) \quad (1)$$

ここで、 f'_g : グラウト強度、 ϵ : PC 鋼材ひずみ、 $s = 1000S/D$ 、 S : すべり量、 D : 鉄筋径であり、

表-1 断面寸法と材料特性値³⁾

試験体名	供試体寸法		PC鋼材				グラウト	
	断面幅 mm	断面高さ mm	種別 —	断面積 mm ²	降伏強度 N/mm ²	ヤング係数 kN/mm ²	緊張力 μ	強度 N/mm ²
小	120	200	SBPR 930/1080	66.48	1361	210	2800	52.6
中	150						3500	
大	180						4200	

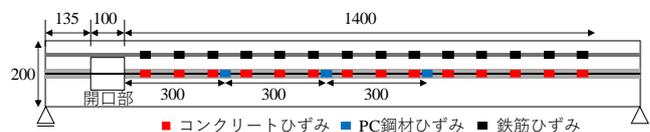


図-1 試験体諸元とひずみ計測位置³⁾

ε はグラウト後の切断に伴うPC鋼材ひずみの変化量とした。解析的検討では、PC鋼材とグラウト間の付着をモデル化し、PC鋼材の切断は切断するPC鋼材要素の断面積をゼロにすることで再現した。村上の実験を再現する本解析では、実験の過程を計15ステップとし、1から10ステップにかけて、緊張力を導入、11から15ステップにかけてグラウトを導入し、12から15ステップにかけてPC鋼材を1/4ずつ切断することで、実験の再現をした。その際生じた部材軸方向のコンクリートひずみを計測し、次式によりプレストレス残存割合 r を評価した。

$$r = (\varepsilon_{pin} - \varepsilon_{pde}) / \varepsilon_{pin} \tag{2}$$

ここで ε_{pin} と ε_{pde} は、それぞれ緊張後のひずみ量および切断後のひずみ量である。式(2)から求められたプレストレス残存割合やプレストレス減少範囲から、グラウト強度が付着特性やプレストレス減少範囲に及ぼす影響を解析的に評価するとともにコンクリートの断面寸法が付着特性に影響を及ぼすのかを評価した。グラウト強度は一定とし、緊張力とコンクリートの断面寸法を変数とし、プレストレス残存割合が1.0付近になるまでの距離を評価する解析を行った結果、本解析と村上の実験データにて、プレストレス残存割合が1.0付近になるまでの開口部からの距離が概ね一致する式(1)中の付着強度パラメーター α のおおよその値を探した。

3. 解析結果

3.1 村上の実験解析結果

本解析と村上の実験データから得られた付着強度パラメーター α をもとに、コンクリートの断面寸法と緊張力を変数として、本解析結果にて算出した解析値におけるプレストレス残存割合が1.0付近になるまでの距離とそのときの付着強度パラメーター α の値と村上の実験によるプレストレス残存割合が1.0付近になるときの開口部からの距離の関係を示した結果を以下の図-2に示す。

右の図-3から、付着強度パラメーター α の値は、幅

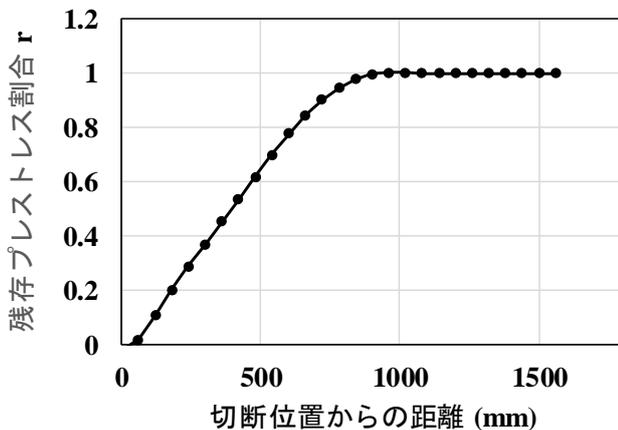
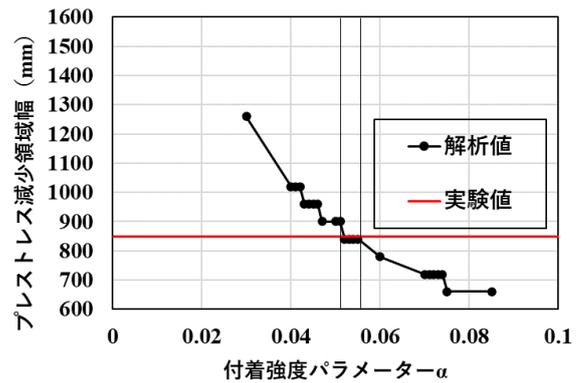
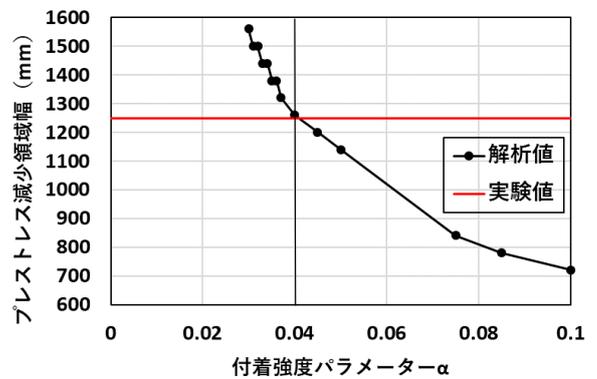


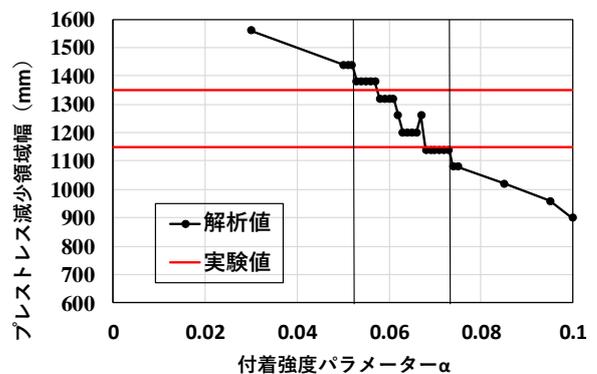
図-2 残存プレストレス割合分布の一例



(a) 試験体 小



(b) 試験体 中



(c) 試験体 大

図-3 付着強度パラメーター α がプレストレス減少領域幅に及ぼす影響

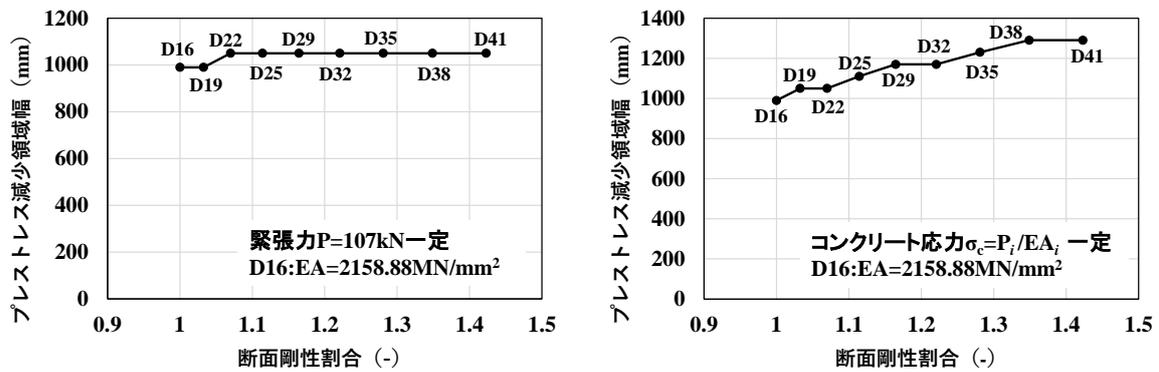


図-4 断面剛性割合がプレストレス減少領域幅に及ぼす影響

120mm×高さ 200mm の試験体小で $\alpha=0.052\sim 0.055$ の区間に、幅 150mm×高さ 200mm の試験体中で、 $\alpha=0.04$ 、幅 180mm×高さ 200mm の試験体大で、 $\alpha=0.053\sim 0.073$ の区間にあることが分かった。よって、村上の実験値と本解析におけるプレストレス残存割合が 1.0 付近になるまでの開口部からの距離が概ね一致する付着強度パラメーター α の値の平均値を取ると、幅 120mm×高さ 200mm の試験体小で $\alpha=0.054$ 、幅 150mm×高さ 200mm の試験体中で $\alpha=0.04$ 、幅 180mm×高さ 200mm の試験体大で $\alpha=0.063$ であることが分かった。

各断面寸法における平均の数値のみに着目すると、断面寸法が大きくなると、付着強度パラメーター α の値は大きくなるという解析結果が得られた。

ここで、各試験体の付着強度パラメーター α について、村上による実験では、幅 150mm×高さ 200mm の試験体中に関して、PC 鋼材の緊張力が破断時に他の断面寸法のものよりも抜けたため、実験結果が正確ではないとされている。よって、幅 150mm×高さ 200mm の試験体中の実験データを無視し、幅 120mm×高さ 200mm の試験体小と幅 180mm×高さ 200mm の試験体大の付着強度パラメーター α の区間に着目すると、付着強度パラメーター α の値は、断面寸法に関係なく、ある程度一定の値、本解析においては、0.05 付近の値をとる取り、付着強度パラメーター α の値が断面寸法ごとに大きくなるのは、緊張力の大きさが影響しているのではないかと推測し、以下の解析を行った。

3.2 断面剛性がプレストレス減少領域幅に及ぼす影響

図-4 左図では、緊張力の値を一定とし、鉄筋の断面剛性（断面積）を変数として、図-4 右図では、コンクリートの応力を一定の値にし、そこから算出した各鉄筋における緊張力の値を変数としてそれぞれ解析を行い、プレストレスが減少する領域の大きさに変化が生じるのかを検討した。

緊張力の値を一定とし、鉄筋の断面剛性（断面積）を変数とした場合の解析結果は、図-4 左図から、プレストレスが減少する領域の大きさに変化は生じなかった。

次に、コンクリートの応力を一定の値にし、そこから算出した各鉄筋における緊張力の値を変数とした場合の解析結果は、図-4 右図から、緊張力の大きさに比例して、プレストレス減少領域も大きくなった。

4. 結論

本研究にて、以下に示すことがわかった。

- ・村上の実験再現解析から、断面寸法に応じて、プレストレス減少領域幅に違いが見られること。
- ・軸方向鉄筋の断面剛性（断面積）を変数とした場合、プレストレスが抜ける領域の大きさに変化は生じないこと。
- ・コンクリートの応力を一定として、軸方向鉄筋ごとに算出した緊張力を変数とした場合、緊張力の大きさに比例してプレストレス減少領域も大きくなること。

以上のことから、本研究の数値解析的には、PC 桁の断面剛性は、PC 鋼材破断時の付着特性に影響を及ぼさないという結果が得られた。

参考文献

- 1) 遠藤滉大：PC 鋼材破断時の付着特性と残存プレストレス分布の数値解析的評価，令和 4 年，中部大学卒業論文，2023.3
- 2) 前田友章，徳永光宏，田所敏弥，谷村幸裕：鋼材破断時の付着特性に着目した PC 梁の曲げ耐力に関する一考察，コンクリート工学年次論文集，Vol.32，No2，pp.529-534，2010
- 3) 村上順彦：PC 桁の断面寸法が PC 鋼材破断時の付着特性に及ぼす影響の実験的評価，令和 5 年，中部大学卒業論文，2024.3
- 4) 島弘，周礼良，岡村甫：マッシブなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係，土木学会論文集，Vol.378/V-6,pp.165-174，1987

PC 桁の断面寸法が PC 鋼材破断時に付着特性に及ぼす影響の実験的評価

EC20078 村上 順彦

1 研究の背景と目的

近年、既設構造物の長寿命化が求められている。我が国において高度経済成長期から多数建設されてきた社会基盤の老朽化に伴い、これらの維持管理と更新が大きな課題となっている。様々な環境や自然災害による外力作用を考慮し、コンクリート構造物の将来の機能低下や構造性能変化を精度良く評価する耐久性力学的な技術の開発が求められている。損傷を伴う PC 橋は詳細検査とともに性能評価を実施し、供用に耐えられない場合には交通規制等の荷重制限や、外ケーブルなどを用いた耐力補強、モニタリングによる経過観察などの処置が必要となる。以上の背景から、これらの PC 鋼材の腐食や破断を伴う劣化した PC 橋に対する体系的で精度の高い性能評価手法の構築は、国内の PC 橋を合理的に維持管理更新していく上で必要不可欠であると考えられる。

そこで、本研究では、PC 鋼材破断が残存プレストレスや耐荷性能に及ぼす影響が評価可能な解析技術の構築を主眼として、PC 鋼材破断時の残存プレストレス分布を実験的に評価することや、PC 桁の断面寸法が PC 鋼材とグラウトの付着特性にどのような影響を及ぼすのかに着目し、これを実験により明らかにすることを目的とした。具体的には試験体の断面寸法を変化させた PC 鋼材の切断実験を実施し、コンクリートおよび鋼材のひずみに変化を計測することで、コンクリートの断面寸法が付着特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2 試験概要

2.1 試験体概要と実験要因

図-1 に、本研究で使用した試験体概要を示す。幅 180mm、高さ 200mm の長方形断面と幅 150mm、高さ 200mm の長方形断面、幅 120mm、高さ 200mm の長方形断面の 3 種類作製し、有効高さ 100mm の位置に PC 鋼材を配置した。PC 鋼材のひずみを計測するために、PC 鋼材には $\Phi 9.2\text{mm}$ の B 種 1 号の SRPR930/1080 (実測降伏強度 1100N/mm^2) を使用した。また、ひずみゲージのリード線を通すために、シース管には PC 鋼材に対して太径の外径 25.5mm の鋼製シース管を使用した。シース管を型枠に固定

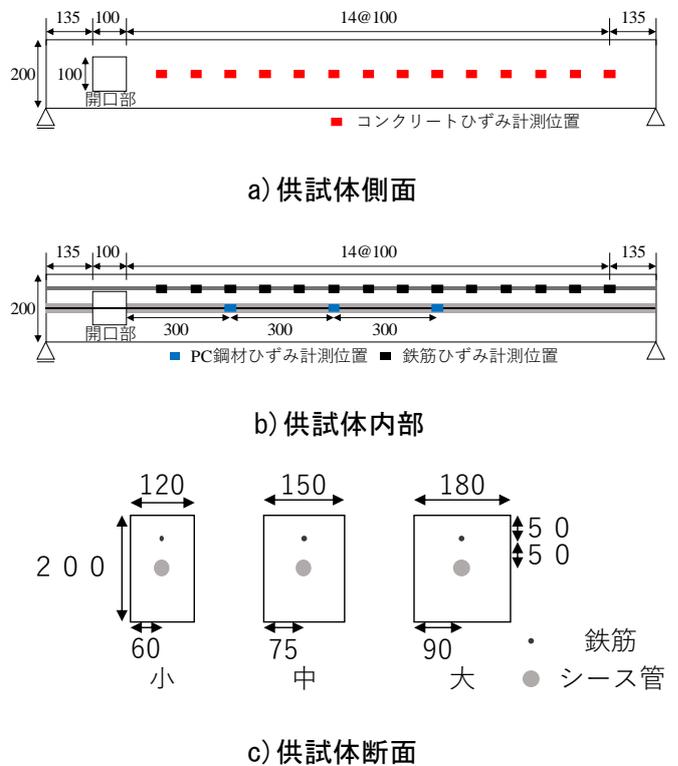


図-1 PC はり部材の寸法とひずみゲージ貼付位置

表-1 コンクリート配合

W/C	s/a	空気量	単位量 (kg/m ³)				
			W	C	S	G	AE
(%)	(%)	(%)					
55	44.3	7	196.9	420	706.2	888.8	2.1
密度			1	3.15	2.6	2.65	

するために、型枠両脇に厚さ 15mm の固定材を配置した。このため試験体全長は、1770mm である。コンクリート内のひずみを計測するために、有効高さ 50mm に位置に D10 の鉄筋を配置した。また試験体には、PC 鋼材を切断するために、供試体端部付近に開口部を設ける。ひずみを計測するために、図に示す位置に鉄筋に 14 枚、PC 鋼材に 3 枚、供試体の側面に 14 枚ひずみゲージを張り付けた。使用したコンクリートの配合を表-1 に示した。緊張力はコンクリートの応力レベルに合わせて断面が大きい供試体から順に 4200μ, 3500μ, 2800μ 程度になるように導入した。

3 実験結果

3.1 コンクリートの圧縮強度と PC 鋼材の緊張力

表-2 に各試験体の圧縮強度と緊張力を示す。圧縮強度は試験体と同一のコンクリートで作製したテストピースの圧縮試験から得られた数値である。

3.2 PC 鋼材の分布

図-2 に各供試体の切断後の PC 鋼材のひずみ減少量分布を示す。なお、ひずみ値は切断前を 0 とし他の数値から切断前を減算した数値を使用している。図-3 には PC 鋼材のプレストレス残存割合分布を示す。PC 鋼材切断に伴う残存プレストレス割合(r)を、切断時の部材軸方向のコンクリートひずみを計測することで、次式により求める。

$$r = (\epsilon_{pin} - \epsilon_{pde}) / \epsilon_{pin} \dots \dots \dots (1)$$

ここで ϵ_{pin} と ϵ_{pde} は、それぞれ切断前のひずみ量および切断によるひずみ変化量である。図-2 から各供試体の PC 鋼材のひずみの増加量は切断箇所から徐々に変化が小さくなっていることが分かる。また中の PC 鋼材の増加量が 大2 に比べ大きくなっていることが読み取れるが、図-3 よりプレストレス残存割合から中の PC 鋼材の緊張力一番抜けていることが読み取れるため中が大2の PC 鋼材より大きな変化をしたと考えられる。

3.3 PC 鋼材の付着応力度

表-3 に PC 鋼材の付着応力を示す。付着応力は図-2 の PC 鋼材のひずみ減少量の分布図から近似曲線を求め近似曲線の傾き $d\epsilon/dx$ から次式で求める。

$$\tau = \frac{-AE}{\pi D} \frac{d\epsilon}{dx} \dots \dots \dots (2)$$

ここでの τ は付着応力、A は PC 鋼材の断面積、E はヤング係数、D は鋼材直径である。

表-3 から断面が大きくなるにつれて付着応力が小さくなる傾向があることが分かった。図-3 のプレ

表-2 緊張力と圧縮強度

	切断箇所から 350mm	切断箇所から 650mm	切断箇所から 950mm	圧縮強度 (N/mm ²)
大1	4163μ	4246μ	4261μ	32.79
大2	4217μ	4186μ	4123μ	39.14
小1	2884μ	2904μ	2868μ	32.79
小2	2948μ	2833μ	2986μ	39.14
中	3616μ	3647μ	3676μ	36.58

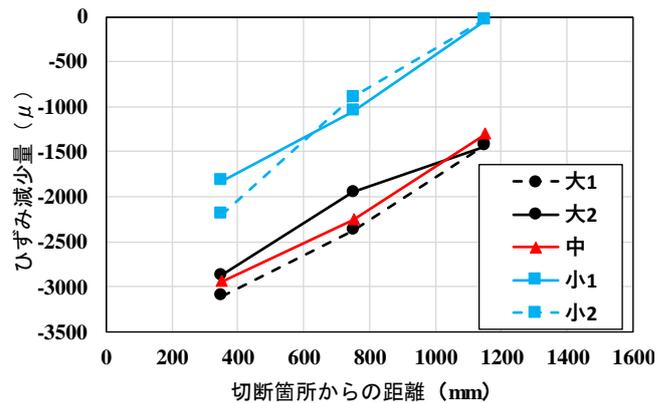


図-2 PC 鋼材ひずみの減少分布

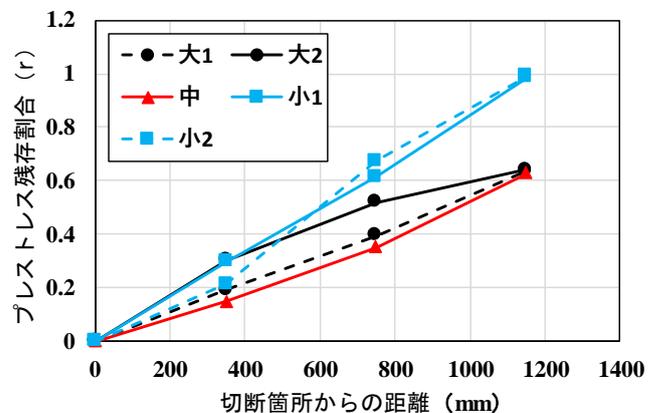


図-3 PC 鋼材プレストレス残存割合分布

トレス残存割合と見比べると、緊張力の抜け方が大きいと付着応力の値が小さくなると考えられる。大1が中より付着応力が大きくなっているのは中の緊張力の抜け方が大1より大きくなっているためだと考えられる。

3.4 供試体内部ひずみとコンクリート側面ひずみ

図-4 に各供試体のコンクリート内部と側面のひずみ増加量分布を示す。なお、ひずみ値は切断前を0とし他の数値から切断前を減算した数値を使用している。また図-5 にコンクリート内部とコンクリート側面のプレストレス残存割合分布を示す。図-4 から各供試体のひずみ分布は、コンクリート内部と側面のひずみの挙動は類似している。また図-4 と表-4、表-5 に示したひずみ変化領域とプレストレス減少領域から各供試体、内部と側面でひずみの変化量が0に近くなる箇所と緊張力が抜けなくなる箇所も供試体ごとにほぼ一致している。表-4 の値は図-4、図-5 から読み取り、読み取れない場合、近似値を用いて代用した数値を示しているため多少の誤差が出ている。ひずみの増加量を見てみると中が一番大きく変化しているが図-3 より中の緊張力が一番抜けていることが分かっているためその影響が出ていると考える。図-5 の供試体の側面と内部のプレストレス残存割合からも中の緊張力の抜け方が大きいことが分かる。図-4 と図-5 から、プレストレスがほとんど抜けなかった場所とひずみの変化量

表-3 PC 鋼材の付着応力

	付着応力(N/mm ²)
大1	1.751797286
大2	1.165987261
小1	2.261564664
小2	3.233220714

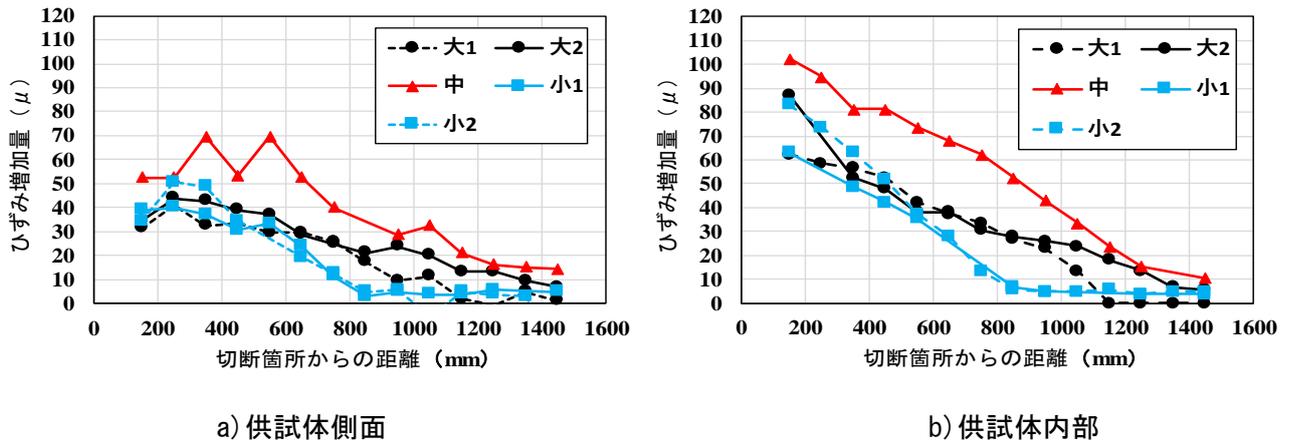


図-4 ひずみの増減分布

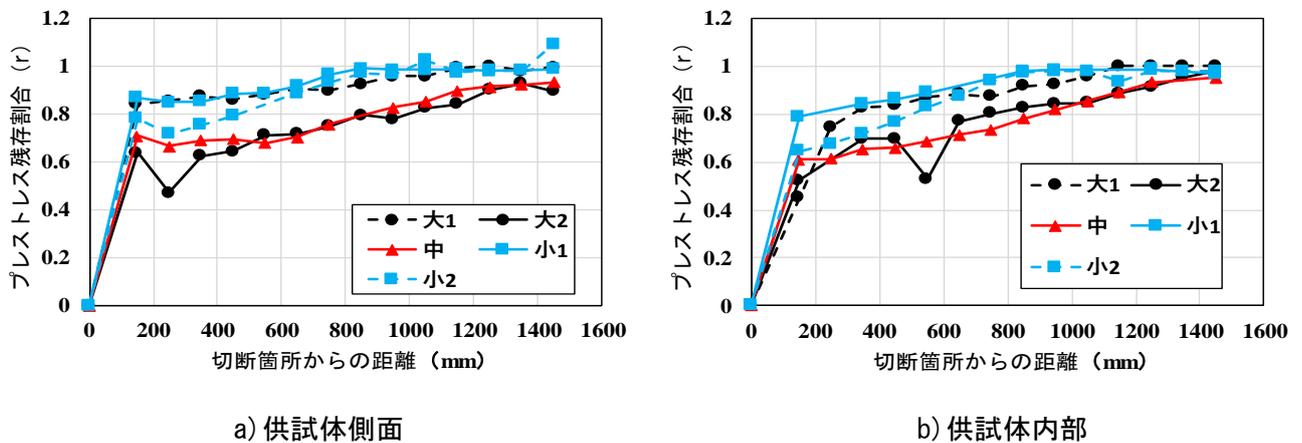


図-5 プレストレス残存割合分布

表-4 ひずみ変化領域

	供試体側面	供試体内部	PC鋼材
大1	1150mm	1150mm	1814.9mm
大2	1662.8mm	1599mm	1914.7mm
中	1705.5mm	1607.2mm	1787.8mm
小1	850mm	850mm	1168.0mm
小2	850mm	850mm	1160.2mm

表-5 プレストレス減少領域

	供試体側面	供試体内部	PC鋼材
大1	1150mm	1073mm	1847.3mm
大2	1591.mm	1558.1mm	1915.3 mm
中	1576.mm	1575.1mm	1788mm
小1	902.3mm	940.4mm	1114.3mm
小2	950.4mm	900.0mm	1125.1mm

が0に近くなる場所がほぼ一致していることが分かる。これらの結果よりコンクリートの応力レベルを合わせて行った場合、コンクリートの断面が大きい方がひずみの増加量が大きくなり、変化しなくなる位置も切断箇所から遠くなることが確認できた。

4 結論

本研究では、PC桁の断面寸法がPC鋼材破断時に付着特性に及ぼす影響を実験的に明らかにすることを目的として、はり供試体の断面積を変化させた試験体を作製し、PC鋼材破断試験を行い、ひずみの変化の計測を行った。本研究で得られた成果を示す。

- (1)PC鋼材は断面寸法が大きいとひずみの減少量が大きくなりプレストレスが大きく抜けるしかし中の供試体はPC鋼材の緊張力が破断時に他の供試体よりも抜けたため、大の供試体と同じようなひずみの変化をしたと考えられる。そのため中の供試体の実験をもう一度実施する必要があると考えられる。
- (2)コンクリートのひずみ変化領域は内部と側面で同じである
- (3)断面寸法によってひずみの最大変化量はあまり変化しない。
- (4)断面寸法が大きいほどプレストレスは破断位置から遠くの位置まで抜ける。
- (5)断面が大きいほど付着応力が小さくなる。

参考文献

- 1) 大津 宏康：地盤工学分野における維持管理とアセットマネジメントの取り組み(<特集>土構造物,基礎構造物の維持管理), 地盤工学会誌,59 巻 9 号, pp.1-5, 2011.
- 2) 予防保全型維持管理の導入に向けてーアセットマネジメントと点検・検査技術の将来展望ー, 土木学会誌 Vol.95, No.12, 2010.12

“自分史”に記載された正の感情と場所から得られるまちづくり要素に関する研究

EC20021 河合 大地

1. 研究の背景と目的

まちづくりをしていくにはその街の歴史、特徴とどのような場所、環境を人々が好み大切にされているのかを把握する必要がある。そのまちの価値を把握せず街を変えていくことになると街の魅力、価値を奪うことになりその街を守っていくことが出来なくなる。近年の新型コロナウイルス拡大や日々の生きていく中で人々はストレスを抱えている。そういったストレスを緩和するために街中には心安らぐ空間、サードプレイスとなる場所が大切だと考える。この二つに必要な人が好む場所や心の癒しとなる場所をさぐるには個人のこころの中にある記憶や思い出をさぐる事が大切だと考える。

本研究では自分史を活用することで従来のアンケート調査とヒアリング調査よりも人の場所に対する思いを詳しく探ることが出来るかと考える。自分史から正の感情を抱いた場所とその場所でのエピソードとその場所に愛着を持った経緯、場所から何を得られるのかを調査・分析することを目的とする。加えて人が好む場所や心の癒しとなる場所の特徴を見つけることとそういった場所にどんな人が来るのかを調べる。

2. 研究の枠組み

2-1 研究対象とする自分史

春日井市の文化フォーラム春日井ある「日本自分史センター」に保管されている蔵書を収集する。春日井市民文化財団によって設立され全国から自分史を寄贈しており、現在は約 8000 タイトルの自分史が貯蔵されている。本研究では表 1 に示したように 2018 年～2022 年の春日井市の自分史団体のものを収集した。一つの地域に絞ることで街の傾向や特徴が分かると考えられるからである。

2-2 研究手順と方法

自分史をスキャンし最終的に Word にする。自分

史の分析は 3 つ方法で行う。1 つ目は chatGPT を用いて場所と活動の抽出を行う。活動の定義は後述に記載する。これは自分史の記述内容の特徴を探るためである。2 つ目は共起ネットワーク図での正の感情と場所の関連性の分析を行う。テキストマイニングソフトの Kh coder を用いて行う。正の感情で関連語検索を行い、抽出した単語同士の関係性を可視化できる共起ネットワーク図にする。それだけは正の何に対しての感情なのかがわからない。さらに深く探るために文章を読み取る作業も行った。3 つ目は GIS での分析を行う。自分史から抽出した春日井市内の感情を抱いた場所を地図上に表示し春日井市内の地域の特徴の分析を行う。

表 1 収集した自分史

2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
わだち82号	修了記念作品	けやき61号	けやき67号	まいしゃ44号
けやき49号	わだち83号	けやき62号	けやき68号	けやき73号
道すがら18号	けやき55号	けやき63号	けやき71号	けやき75号
まいしゃ36号	けやき56号	けやき64号	けやき72号	けやき76号
けやき54号	けやき57号	けやき65号	まいしゃ42号	けやき77号
まいしゃ37号	けやき59号	けやき66号	まいしゃ43号	
けやき50号	けやき60号	道すがら20号		
けやき51号	まいしゃ38号	道すがら21号		
道すがら19号	まいしゃ39号	音の記憶		
けやき52号		ベン遊17号		
けやき53号		まいしゃ40号		
波45号		まいしゃ41号		
わだち80号		波46号		

2-3 本研究における正の感情の定義

正の感情とは明るく前向きな気持ちのことをさす。本研究では後藤(2023)論文で自分史から抽出された上位 10 個の正の感情を使用する。「楽しい・感動・落ち着く・幸せ・満足・懐かしい・嬉しい・笑い・頑張る・感心」でテキストマイニングを行い 10 個の正の感情に関する場所を集計する。

3. 調査結果

3-1 場所と活動関連性

表 2 は自分史内から抽出した場所とその場での活動の関連性を示したものである。

表2 場所と活動のクロス集計図

行動	性別	場所数 (=n)	抽出場所																	分類不可 不明
			地名	自然物				人工物												
				山	水辺	農地	その他	医療施設	交通施設	教育施設	公共空地	文化施設	宿泊施設	住宅施設	宗教施設	福祉施設	生活施設	業務施設	その他	
1次活動	男性	213	46.5%	0.9%	1.9%	0.9%	1.4%	0.9%	1.9%	0.9%	0.5%	0.5%	5.6%	20.7%	0.5%	0.5%	8.9%	1.4%	5.6%	0.5%
	女性	216	35.2%	2.3%	0.9%	1.9%	4.2%	1.9%	1.9%	0.5%	0.0%	0.0%	3.7%	23.6%	2.8%	0.5%	16.2%	0.0%	2.8%	0.0%
	不明・その他	7	42.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%	0.0%	0.0%	42.9%	0.0%	0.0%	0.0%
2次活動	男性	363	17.9%	0.0%	0.3%	1.7%	0.0%	3.0%	1.4%	17.6%	0.8%	0.0%	0.0%	7.7%	2.8%	0.8%	16.3%	25.9%	3.9%	0.0%
	女性	227	14.5%	0.4%	0.9%	3.5%	0.4%	3.5%	1.3%	28.2%	0.9%	0.0%	0.9%	9.7%	0.0%	3.1%	21.6%	9.7%	1.3%	0.0%
	不明・その他	16	12.5%	0.0%	0.0%	31.3%	0.0%	6.3%	0.0%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	12.5%	0.0%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	0.0%
3次活動	男性	1928	20.1%	6.7%	5.0%	2.4%	4.1%	7.8%	8.8%	4.1%	2.1%	2.4%	3.1%	8.2%	6.2%	0.8%	5.1%	2.5%	10.0%	0.5%
	女性	1503	17.1%	3.9%	7.1%	2.5%	3.7%	11.2%	5.6%	5.1%	3.2%	2.9%	2.6%	10.0%	6.3%	0.7%	6.4%	1.3%	9.4%	1.0%
	不明・その他	79	22.8%	13.9%	3.8%	3.8%	5.1%	6.3%	8.9%	2.5%	1.3%	3.8%	3.8%	12.7%	2.5%	1.3%	1.3%	0.0%	6.3%	0.0%
分類不可	男性	84	29.8%	1.2%	4.8%	2.4%	3.6%	2.4%	8.3%	6.0%	2.4%	1.2%	1.2%	11.9%	7.1%	0.0%	4.8%	6.0%	6.0%	1.2%
	女性	62	21.0%	1.6%	8.1%	3.2%	4.8%	11.3%	1.6%	8.1%	0.0%	1.6%	1.6%	11.3%	6.5%	0.0%	6.5%	1.6%	9.7%	1.6%
	不明・その他	0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

1次活動・2次活動・3次活動の定義は図1に示す。

1次活動は男女共に住宅施設、生活施設が多く想起されている。2次活動では男女共に教育施設が多い。男性は業務施設の記憶も多く想起されている。3次活動では1次、2次ではなかった自然物が出てくる。人口物では医療施設、住宅施設、宗教施設が出てきている。教育施設が多いことから学生時代の記憶は年齢を重ねても強く記憶に残ると考える。転職、転勤、入院など人生の変わり目や命に関する出来事も記憶の中に強く残ることが考える。

3-2 正の感情と場所の関連性

活動の種類	総務省統計局より
1次活動：睡眠・食事・身の回りの用事	
2次活動：通学通勤・家事・買い物など	
3次活動：休養・趣味娯楽・受診・社会的活動など	

図1 活動の定義

「楽しい・楽しい・感動・落ち着く・幸せ・満足・懐かしい・嬉しい・笑い・頑張る・感心」ので関連語検索を行い場所に関する語を抽出した。

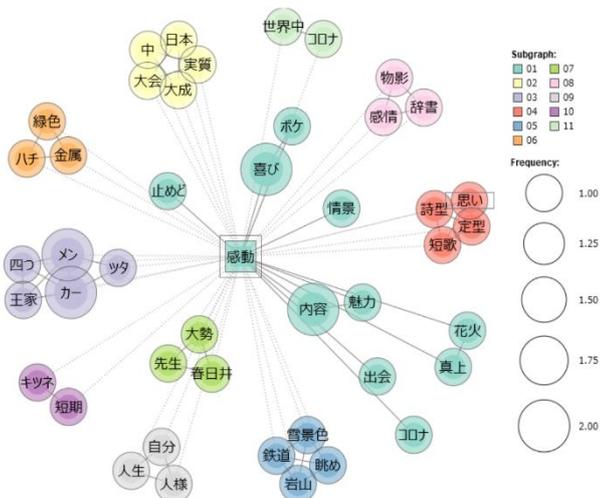


図2 共起ネットワーク

図2で抽出した語は感動と関連している文章に含まれている語である。同じエピソード内に出てき

た語は色でグループ化され線で結ばれている。

10個正の感情で共起ネットワーク分析を行い「楽しい・落ち着く・感動・懐かしい・嬉しい・幸せ」の6個で場所に関する語を抽出することができた。抽出した出来た場所の種類は表3に示す。

表3 正の感情と

感情	場所	出現回数	感情	場所	出現回数
楽しい	職場	2	幸せ	海	1
	溪流	1		庭	6
	公園	17		道	1
	レストラン	1		龍泉寺	2
	春日井	6		海辺	1
	博多	1		街道	1
落ち着く	堤防	5	懐かしい	小学校	2
感動	雪景色	5		街並み	1
				苫小牧	1
			嬉しい	山	3

楽しい・懐かしいの感情を感じる場所が多く公園で正の感情を抱く人が多い。春日井・堤防・雪景色・庭・山などでも複数出ており自然関係の場が多い。

表4 正の感情を抱いた場所の経験値

感情	場所	経験値の種類							
		景観の 美しさ	自然の 豊かさ	安らぎ 癒し	誇らしさ	懐かしさ	なじみ	かつての 賑わい	共同体の つながり
楽しい	職場							1	1
	溪流							1	
	学校				1			1	
	保育園					1			
	公園	2	5	1	1	1	4	1	1
	レストラン	1							
落ち着く	春日井		3				1		2
	博多	1							
感動	堤防	3	2						
幸せ	雪景色	5							
	海	1							
懐かしい	庭	2	4						
	道						1		
	龍泉寺						2		
	海辺	1							
	街道	1							
	小学校							2	
嬉しい	街並み					1			
	苫小牧					1			
合計		19	14	1	2	6	6	6	5

表4は共起ネットワーク図で抽出した6個正の感情を抱いた場所でのエピソードの経験値を種類別にしたものである。表4にある8つの経験値は土木学会論文集 Vol,77,No. 1に記載されているもの

を使用した。正の感情を抱いた場所での経験価値は景観の美しさ、自然の豊かさが多い結果となった。

#	抽出語	品詞/活用	頻度
1	見る	動詞	9
2	楽しい	形容詞	7
3	雪	名詞C	7
4	落合	人名	7
5	懐かしい	形容詞	4
6	思い出	名詞	4
7	友達	名詞	4
8	ゼミ	名詞	3
9	駅	名詞C	3
10	花	名詞C	3
11	五月	副詞可能	3
12	行く	動詞	3
13	贈る	動詞	3
14	咲く	動詞	3
15	桜	名詞C	3
16	子供	名詞	3
17	思う	動詞	3
18	自然	形容動詞	3
19	少し	副詞	3
20	冬	副詞可能	3

図3 抽出語(正の感情を抱い

図3は正の感情を抱いた場所での文章を抽出語検索したものである。雪や落合公園、友達、花などの語が抽出された。

3-3 GISでの正の感情と場所の分析

図4は春日井市内の7つ地域で感情を抱いた場所を地図上に表示したものである。赤い丸が正の感情である。東部地域・北部地域の場所に正の感情が多く出た。

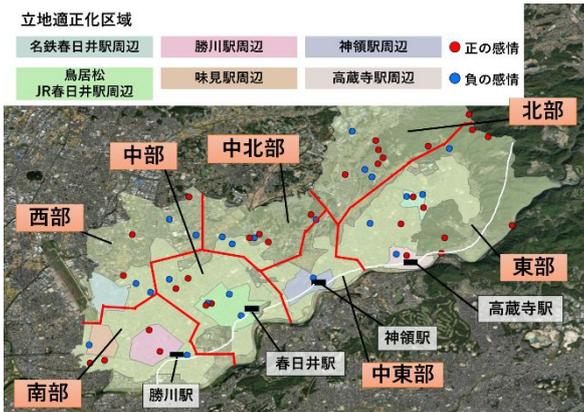


図4 春日井市の感情を抱いた場所



図5 西部地域の感情を抱いた場所と

覚成寺では毎夫婦で花の鑑賞をしているエピソードがあった。

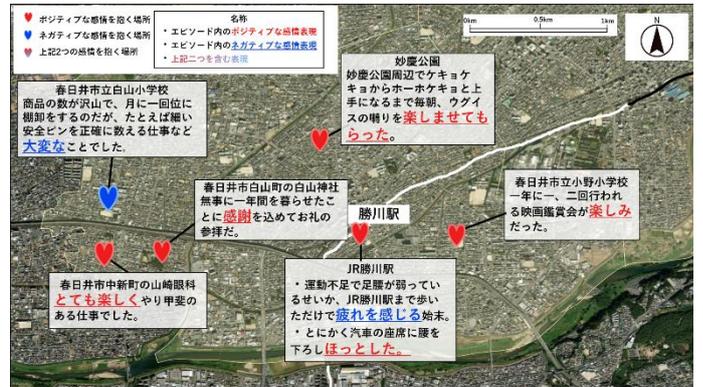


図6 南部地域の感情を抱いた場所と活動内容

妙慶公園では毎朝のウォーキングでウグイスの囀りを聞いて楽しんでいるエピソードがあった。



図7 中部地域の感情を抱いた場所と活動

ふれあい緑道では住民同士のウォーキングで活性化するエピソードがあった。



図8 中東部・中北部地域の感情抱いた場所と活動内容

中東部・中北部地域では二つの公園で桜を見て気分が明るくなるエピソードが出てきた。



図9 東部地域の感情抱いた場所

表5 東部地域の感情抱いた場所の活動内容

①円福寺	・この時期の北風は身に染みる冷たさであるが、この頑張りの後にこそ、春のお告げを頂ける気がするのである。
②徳洲会病院	・きっと、重い気分を吹き払ってくれるような五月の風は吹いてくれるだろう ・私は病魔に苛立ち、不安感に動揺していた。 ・私の検査結果は今年もOKだったが、「気に病む」という経験をさせられたのである
③岩成山	・愛知用水の開発時に植えられた桜が開花してくれた。 春を告げてくれて嬉しい
④高蔵寺高校	・帰の長い坂はスリリングである。
⑤グルッポふじとう	・さあ、明日も、[緑と太陽と空間]を求めて、アップダウンの多いこの町を歩こう
⑥鹿乗橋	・庄内川に沿って料亭や別荘が立ち並び子供心にも景色の良い綺麗な所であると思えました。
⑦中日文化センター	・今は着物を着ることが好きである。
⑧高座山	・露の重さで山肌にしだれが美しいまでに咲き乱れての情景は、今も忘れる事の出来ないほど心に残っています
⑨高蔵寺駅	・出勤目の忙しい朝早くに駅まで送っていた自分を褒めてあげたい気持ちになる。 ・春日井市に入ると、なぜかホットいたしました。・夏も冬も季節の移り変わりが楽しめた
⑩東海自然歩道	・春日井にも森林浴に浸れる絶好のスポットがある
⑪春日井植物園	・彼らの話は面白い耕作の話から、他人様に余った野菜を貰って頂く少しの不満などなど、 ・鶉は真っ黒のはずだから〈もしかして新種?〉と私の胸は騒ぐ
⑫東部市民センター	・坂が多くとても住めそうにない。 ・『東部』の仲間とおやつタイムは至福である。これからだんだん人数が増えるだろう。そうすれば、もっともっと楽しくなる。
⑬道樹山	・とても大きな林で、奥が見えず、子ども心に恐怖心が芽生えた。 ・弥勤山・大谷山・道樹山の春日井東部三山は、標高440メートルと高くはないが、トレッキングするには格好のコースがあり、何回も山歩きを楽しんだ。

東部地域では鹿乗橋から景色や高座山の景色に感動しているもの道樹山で山登り、東海自然歩道で森林浴を楽しんでいるエピソードと東部市民会館で住民同士集まってする会話に楽しさを感じているエピソードがある。

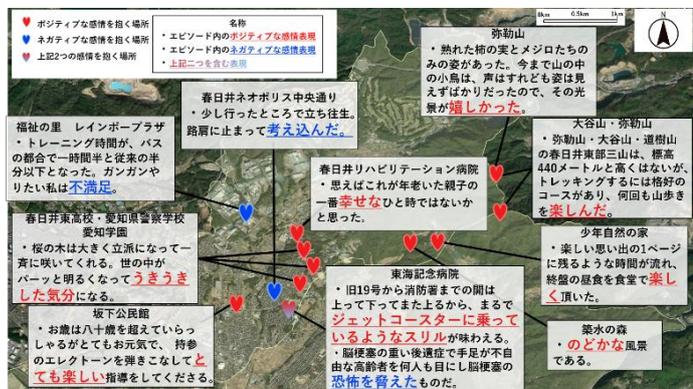


図10 北部地域の感情抱いた場所と活動内容

北部地域では春日井高校周辺で桜を見て気分があかるくなるエピソードや公民館で楽器を習い自分の楽器弾くことが楽しいと感じているエピソードがある。その他に北部地域でも山や森で自然を感じているエピソードが出てきた。

4. まとめ

正の感情を抱いているエピソードでは桜の鑑賞や小鳥のさえずりを聞くことがあり自然を感じることで綺麗な景観を見ることが多かった。文章には世の中が明るくなったような気分や穏やかな気持ちになれるとあった。お寺でのお花見の記憶では病気の夫と毎年通ってお花見をしてお一人で行って当時の記憶を思いだしているとあった。高座山・鹿乗山から景色で幼少期の水が綺麗だった時の川や料亭などが立ち並んだ綺麗な景色を思い出していた。昔から街にあるシンボルや多くの人を訪れた場所をなくすことはそこでの楽しかった思い出、その思い出を想起させるきっかけを消してしまう。まちづくりで新しいものをどんどん取り入れ便利にしていくことが街をよくしていくとは限らないと考える。楽しい記憶が読み取れるエピソードでは夫婦・家族・地域住民と一緒にいる記憶が多く見れた。定年後のウォーキングでは徐々に人が集まり活性化すると描かれていた。このことからどういった場所に正の感情を抱くということよりも誰といった場所の方が重要になるのではないかと考える。たとえ何もない場所でも大切な人といけばその人にとっては愛着をもつ場所になることが考えられる。まちづくりで街の今まであった場所をどんどん変えてしまうと住民が好きだった街の場所が減っていき愛着のない街になってしまい街の価値を守っていきなくなると考える。まちづくりを行う際には街にもとからある場所の価値を把握することが大切である。そのためにも街の各場所が住民にとってどのような場所なのか関係性を自分史から調べることが有効な方法だと考える。

参考文献

- 1) 後藤誠弥：自分史を活用した記録に残る空間の抽出方法に関する研究～感情と場の関係性に着目して～、中部大学卒業論文、2023年、2月
- 2) 湯川竜馬, 山口敬太, 久保田善明, 川崎雅史：日常生活圏における場所経験価値の評価手法に関する研究, 土木学会論文集, Vol.77, No. 1, pp.8-11, 2021年1月

鞍ヶ池公園のリノベーション事業の評価に関する研究

EC20028 黒川健志

1. 研究の背景と目的

近年、民間活力導入事業を行いノウハウのある民間事業者が公園の維持・管理を委託する地方公共団体が増えている。愛知県内でも小幡緑地や久屋大通公園などで行われ、公共施設の活性化に効果をもたらしている。その中でも本研究では、近年民間活力導入事業が行われ、豊田市の代表的な観光地である鞍ヶ池公園を対象地とする。

鞍ヶ池公園で行われた民間活力導入事業は、地方公共団体が指定管理料を払いノウハウのある民間事業者が公の施設を維持管理してもらうと同時に公園内で収益施設と公共部分を一体的に新設・整備してもらうというものである。

本研究ではこの民間活力導入事業によるリノベーション事業の効果をヒアリング調査とアンケート調査を通して明らかにし、鞍ヶ池公園および全国の同様な事業を行っている事例の更なる発展に繋げることを目的とする。

2. 研究の枠組み

2.1 対象地域の概要

鞍ヶ池公園は、1965年に開園した愛知県豊田市矢並町にある公園である。敷地面積は約95haの広大な土地を有しており、駐車場は無料で高速道路のICも近く車で行くにはアクセスの良い公園となっている。鞍ヶ池公園は2021年にリノベーション事業が行われたこともあり、図1で示すように様々な施設がある。リノベーション前からあるもの



図1 鞍ヶ池公園 園内マップ (豊田市提供資料より)

と、芝生広場、動物園、植物園、室内遊具、英国庭園などがある。リニューアル後は、民間活力導入事業によってカフェ、レストラン、大型アスレチック、キャンプ場、キャンプ用品店、乗馬体験施設などができた。

2.2 研究方法

本研究は主にヒアリング調査とアンケート調査をもとに研究を行っている。ヒアリング調査ではリニューアルの経緯や事業形式、運営側の状況について明らかにし、アンケート調査では公園の利用者意識を明らかにする。その結果をもとに民間活力導入事業によるリノベーション事業の評価を行う。ヒアリング調査は、鞍ヶ池公園を現在動物園以外の全てのエリアを管理している大和リース株式会社と元々管理していた豊田市の職員の方に対して質問に答えてもらった。アンケート調査は、鞍ヶ池公園内で紙のアンケートを配り、公園利用者の方に答えてもらった。

3. ヒアリング調査

3.1 豊田市へのヒアリング調査の概要

豊田市役所都市整備部公園緑地つかう課へ、公園全体や民間活力導入事業によるリニューアルについてヒアリング調査を行った。目的は、リニューアルの経緯や市が考える公園全体の評価等を明らかにし、民間活力導入事業による公園管理者側のメリットを考慮することや市の意見と公園利用者の意見の比較をすることである。豊田市役所都市整備部公園緑地つかう課へのヒアリング詳細は表1に示す。

表1 豊田市役所公園緑地つかう課へのヒアリング調査概要

調査日	10月19日
調査対象	豊田市役所公園緑地つかう課 伊藤さん
ヒアリング内容	<ul style="list-style-type: none"> ・民間活力導入事業の方式 ・リニューアルの経緯、狙い ・市が考える公園のリニューアル前後の印象、問題点 ・その他関連資料提供のお願い

3.2 リノベーション事業の事業形式と経緯

鞍ヶ池公園の民間活力導入事業は指定管理制度、Park-PFI、DBO 方式の 3 つの方式から成り立っており、それぞれ用途が異なっている。指定管理制度は公園管理者が設置する公の施設をノウハウのある民間事業者が指定管理料を払い管理を委託するもので、豊田市は大和リース株式会社から年間 2 億 3200 万円を支払っている。指定管理制度の狙いとしては、公園の年数が経ち増えていく維持管理費の削減と市の職員だけでは大きい公園を管理するのが難しかったため、民間の人手を借りた人手不足解消が狙いである。Park-PFI は公園管理者が民間事業者が公園内で収益施設と公共部分を一体的に新設・整備を委託するもので、公園管理者は公園のサービスレベル向上が狙いである。DBO 方式は、公園管理者が公的資金で新たに施設の設計・施工を行いその施設の運営を民間事業者が委託するもので、鞍ヶ池公園では市民からの意見を反映してキャンプ場の新設を決めたが、専門家の意見よりキャンプ場を 1 から民間事業者で新設するのはコストもかかり難いためこの方式が用いられた。

3.3 豊田市が考える公園の問題点

豊田市が考える公園のリニューアル前後の問題点については、リニューアル前は市外の認知度が低いこと、公園の良さを活かしてきていないことがあった。リニューアル後は、来園者増加に伴う周辺道路の渋滞と安全対策、大屋根広場でのイベントが増え広場を一般利用しづらいという問題があった。

3.4 大和リース株式会社へのヒアリング調査の概要

鞍ヶ池公園指定管理を担当している大和リース株式会社へ、民間活力導入事業によるリニューアルについてヒアリング調査を行った。目的は、来場者数の推移やリニューアルの経緯・新設した施設の狙いについて明らかにし、民間活力導入事業の効果・民間事業者側のメリットを考えるためである。大和リース株式会社へのヒアリング詳細は表 2 に示す。

表 2 大和リース株式会社へのヒアリング調査概要

調査日	9月15日
調査対象	大和リース株式会社名古屋支社 永井大輝さん
ヒアリング内容	・年間の来場者数の推移・施設別での来場者数 ・リニューアルと各施設導入の経緯、狙い ・民間活力導入事業で得られた収益 ・その他関連資料提供のお願い

3.5 リニューアルの経緯、狙い

表 3 が示すのは大和リース株式会社から提供してもらった鞍ヶ池公園の年間の来場者数である。2021 年のリニューアル後に年間の来場者数は 20 万人以上増えていることが分かった。大和リース株式会社が鞍ヶ池公園の民間活力導入事業に応募した理由は公園の 3 つの特徴にある。1 つ目は、芝生広場の上に大屋根ドームがあるため、天候に左右されずにイベント等を行うことができること。2 つ目は、昔から豊田市民に愛されている公園で景観もよく、一定の来場者数がとれること。3 つ目は、高速道路の出口も近くアクセスが良いこと。このように鞍ヶ池公園は公園自体のポテンシャルが高く、店舗や施設で商売する際の利益が見込めるため民間活力導入事業に応募を決めた。また、民間活力導入事業によって儲けた利益については回答が得られなかった。

表 3 来場者数の推移

年	年間来場者推移
2018年	約121万人
2019年	約122万人
2020年	約111万人
2021年	約142万人
2022年	約145万人

表 3 が示すのは大和リース株式会社が鞍ヶ池公園の民間活力導入事業に応募した理由は公園の 3 つの特徴にある。1 つ目は、芝生広場の上に大屋根ドームがあるため、天候に左右されずにイベント等を行うことができること。2 つ目は、昔から豊田市民に愛されている公園で景観もよく、一定の来場者数がとれること。3 つ目は、高速道路の出口も近くアクセスが良いこと。このように鞍ヶ池公園は公園自体のポテンシャルが高く、店舗や施設で商売する際の利益が見込めるため民間活力導入事業に応募を決めた。また、民間活力導入事業によって儲けた利益については回答が得られなかった。

4. 公園利用者へのアンケート調査

4.1 鞍ヶ池公園利用者へのアンケート調査概要

各公園利用者に対し、公園の利用状況や意識に関するアンケート調査を行った。目的は、公園の利用実態、利用者の意識を明らかにし、民間活力導入事業の効果や公園の更なる活性化について考えることである。鞍ヶ池公園利用者へのアンケートの詳細は表 4 に示す。

表 4 鞍ヶ池公園利用者へのアンケート調査概要

調査日	11月19日、26日
調査時間帯	12:00~16:00
調査方法	用紙配布によるアンケート調査
対象場所	鞍ヶ池公園内 (芝生広場、室内遊戯施設、動物園、キャンプ場)
対象者	鞍ヶ池公園利用者
回答数	80
質問項目	・居住地域・年齢・同行者の年齢・公園までの移動手段 ・鞍ヶ池公園の認知方法・公園に来た目的 ・リニューアルの認知 ・リニューアル前後の来園頻度の変化と理由 ・リニューアル前後を比較した公園の印象 ・良かった、また利用したい施設・魅力がなかった施設 ・新たに取り入れてほしい、増設して欲しい施設 ・公園全体の良かった点・公園全体の改善点

4.2 鞍ヶ池公園の利用実態

表 5 から読み取れるように来場者の年齢層は 20 代から 50 代の家族連れの方が多かった。

表5 回答者の年齢の集計

10代未満	10代	20代	30代	40代	50代	60代	70代以上
1人	0人	22人	24人	16人	13人	3人	1人

表6から読み取れるように鞍ヶ池公園の認知方法は、①近所だから②昔から来ていた③友人・知人からのすすめが多く、④から⑩の鞍ヶ池公園や豊田市の公式があげているホームページやYouTube・InstagramなどのSNS等を使った宣伝はあまり効果が出ていないことが分かった。

表6 鞍ヶ池公園の認知方法の集計

①	②	③	④	⑤	⑥
14人	44人	17人	3人	0人	0人
⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	
2人	2人	1人	1人	5人	

凡例

- ①近所だから②昔から来ていた③友人・知人からのすすめ
- ④公園のホームページ⑤豊田市のホームページ
- ⑥YouTube・TikTok⑦Instagram⑧Twitter
- ⑨テレビの取材⑩観光サイト・ブログ⑪その他

表7から読み取れるように回答者の居住地域は豊田市内と愛知県内が多く、県外から来ている人も数人いた。

矢並町	豊田市内	愛知県内	その他
0人	35人	40人	5人

4.3 リニューアル前後の比較

表8はリニューアル前後の来園者頻度変化の集計である。増えた・少し増えたという人が半数以上となっており、全体的に来場者数が増えていることが読み取れる。また、リニューアル前後で来園頻度が増えたと答えた人は飲食できるお店ができた・子どもの遊び場が増えたという理由が多く、来園頻度が減ったと答えた人は子どもが大きくなったからという人が多かった。

表8 リニューアル前後の来園頻度変化の集計

増えた	少し増えた	変わらない	少し減った	減った
5人	31人	37人	2人	3人

表9はリニューアル前後を比較した公園の印象の集計である。良くなった、少し良くなったと答えた人が全体の6割以上で少し悪くなった、悪くなったと答えた人は1人もいなかったため、リニューアルの効果が出ていると感じる。

表9 リニューアル前後を比較した公園の印象の集計

良くなった	少し良くなった	変わらない	少し悪くなった	悪くなった	分からない
30人	23人	17人	0人	0人	10人

4.4 地域別の比較

表10、表11から読み取れるように、豊田市内から来ている人はリニューアルのことを知っており来

園頻度も増えたと答えている人が多いが、豊田市内から来た人はリニューアルのことを知らず、来園頻度も変わらないと答えている人が多く、リニューアルの効果が市外の人にはあまり出ていないことが分かる。また、豊田市内から来ている人は飲食店を豊田市内から来ている人は子どもの遊び場を特に求められていることが分かった。

表10 地域とリニューアルの認知の集計

	認知	良く知っている	知っている	なんとなく知っている	変化が分からない	全く知らない
地域						
矢並町		0人	0人	0人	0人	0人
豊田市内		4人	22人	5人	0人	4人
愛知県内		3人	10人	7人	0人	20人
愛知県外		0人	0人	4人	0人	1人

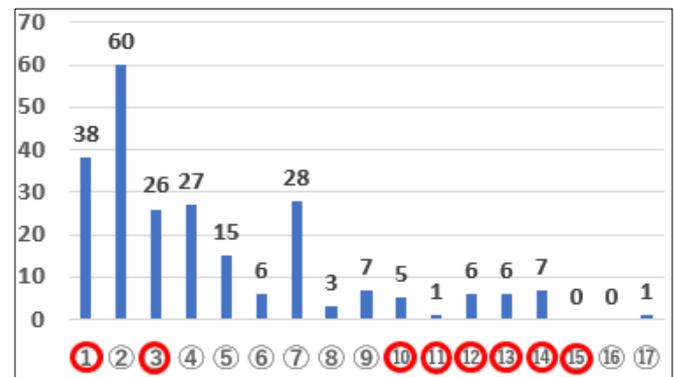
表11 地域とリニューアル前後の来園頻度の集計

	来園頻度	増えた	少し増えた	変わらない	少し減った	減った
地域						
矢並町		0人	0人	0人	0人	0人
豊田市内		4人	17人	11人	2人	1人
愛知県内		1人	11人	25人	0人	2人
愛知県外		0人	3人	2人	0人	0人

4.5 新施設と公園全体の評価

図2は利用者の良かった・また利用したい施設の集計である。印がリニューアル後にできた施設である。①のカフェや③の芝生広場のイベントは人気があったものの、他の施設はリニューアル前の施設と比べてもあまり人気がなく、これらの宣伝や見直しが課題となっている。

図2 利用者の良かった・また利用したい施設の集計(複数選択可)



凡例 ※○がリニューアル後に新しくできた施設

- ①STABRUCKS COFFEE②芝生広場③芝生広場のイベント
- ④動物園⑤ふれあい広場⑥植物園⑦子どもの室内遊戯施設
- ⑧英国庭園・四季の里⑨ポート⑩キャンプ場⑪乗馬体験施設
- ⑫Snow Peak(ショップ)⑬Snow Peak Eat(レストラン)
- ⑭有料アスレチック⑮サービスセンター⑯特になし⑰その他

表12は豊田市があげている令和4年度鞍ヶ池公園の施設ごとの年間来場者数である(芝生広場や動物園、四季の古里は対象外)。図2からリニューアル後にできた施設がリニューアル前にある施設と比べ人気が出ていないことがわかったが、表12を見るとリニューアル後の施設もある程度の来場者数

が取れており、下位の施設は単価が高いことを考えれば、利益をあげられていると考えられる。

表 12 令和 4 年度鞍ヶ池公園各施設の年間来場者数

(※ 赤字はリニューアル後に新しくできた施設)

施設名	年間来場者数	施設名	年間来場者数
カフェ	103906人	大型有料アスレチック	19626人
植物園	65300人	ボート	13918人
レストラン	61821人	園内移動バス	10980人
プレイハウス	55800人	住み箱	1638人
芝生広場イベント	51100人	交流イベント	1585人
キャンプ用品店	47021人	乗馬体験施設	843人
パークトレイン	26193人	キャンプデッキ	803人

表 13 から読み取れるように公園全体の良かった点としては、景観が良い、家族で来やすい、施設が充実しているという意見が多かった。

表 13 公園全体の良かった点の集計(複数選択可)

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
7人	40人	39人	50人	10人	37人	6人	33人	10人	1人

凡例 ①イベントが多い②楽しめる施設が多い ③景観がきれい④家族で来やすい ⑤交通の便が良い⑥無料施設が充実している ⑦植栽がきれい⑧子どもが楽しめる場所が多い ⑨駐車場が多い⑩その他

公園全体の不便・改善してほしい点は表 14 から読み取れるように②の駐車場が少ない⑤の園内が広く施設も離れているため移動が大変⑧の子ども向けの施設を増やして欲しいという意見が多かった。その他でも駐車場から公園の各施設までが遠いなど、公園内の移動を不便に感じてる人が多かった。

表 14 公園全体の不便・改善してほしい点の集計(複数選択可)

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
4人	24人	3人	1人	13人	4人	5人	16人	16人

凡例 ①周辺道路の渋滞②駐車場が少ない ③バスの本数が少ない④キャンプ場の火の心配 ⑤園内の移動が大変⑥芝生広場のイベントを増やしてほしい ⑦芝生広場の一般利用を増やしてほしい ⑧子どもが楽しめる場所を増やしてほしい⑨その他

5. まとめ

5.1 リノベーション事業の評価

鞍ヶ池公園で行われた民間活力導入事業によるリニューアルは豊田市の課題であった公園の年数が経ち増えていく維持管理費の削減と民間の人手を借りた公園の職員不足解消につながっていた。民間事業者である大和リースにとっては、表 12 から推測できるように利益向上につながる事業となっていたことがわかった。

また、アンケート調査から来園頻度が増えており、公園の印象も良くなったという意見が多かったため、リニューアルの良い成果が出ていたと感じる。リニューアルによって新しくできた施設では、憩いの場となるカフェ、子どもの向けのアスレチックや乗馬体験施設、市民の声から作ったキャンプ場など鞍ヶ池公園の来場者に多い 20 代から 50 代の家族や恋人と来ている人を中心に様々なニーズに対応したものとなっていた。このように鞍ヶ池公園で行われたリノベーション事業は公園利用者にとっても満足度 up・公園のサービスレベル向上につながる事業だった。

5.2 リニューアル後の問題解決の提案(考察)

アンケート調査の結果から豊田市外の人に公園が認知されていないこと、新しくできた施設の中で人気がない施設があることが問題点としてあげられた。現在でも豊田市の公式で YouTube や Instagram などの SNS を使った公園や各施設の宣伝を行っているが、再生回数はあまり伸びていない。しかし、公園の来場者の年齢層が比較的若い人が多いことから SNS を使った宣伝は効果的だと考えられる。そのため、案として影響力のあるインフルエンサーに宣伝の依頼を行うこと、民間事業者ならではの SNS 内の広告による宣伝、各施設の料金設定の見直しが効果的だと考える。また、新しい施設が増えたこともあり、図 1 のように駐車場から公園の各施設までが遠く公園内の移動の不便さも問題にあげられていた。これに関しては、現在鞍ヶ池公園のサービスセンターで貸し出しているセグウェイの使用可能な範囲を駐車場から各施設まで拡大・増加することで解決できると考えられる。

5.3 結論

本研究のように公園で行われる民間活力導入事業は、公園管理者の維持費・人手不足などの問題点解消、民間事業者の利益向上、公園利用者の満足度 up につながる有意義な事業であることがわかった。しかし大きな事業行くと、今回のように新たな問題点生まれ、解決するためには工夫が必要である。

相生山緑地における都市計画道路事業実施の是非に関する研究
 ～地域住民へのアンケート調査を踏まえて～

EC20067 馬場 陽平

1. 研究の背景と目的

本研究の対象とした相生山緑地の中を走る弥富相生山線は 1957 年に都市計画道路に決定した。その後 1993 年に事業認可して今尚建設中断になっている。社会情勢の変化により「都市計画道路を作る時代」から「今ある都市計画道路を活かす時代」となっている。この道路は相生山緑地という大きな緑地帯の中央部に建設する計画で 2004 年 2 月に施工が開始された。建設当初から相生山緑地に生息するホタルなどの生態系への影響が出ており名古屋市長の河村市長の指示により 2010 年に工事が中断された。弥富相生山線道路建設問題では名古屋市の方針として交通渋滞の緩和が主な位置付けとされて、弥富相生山線の道路が開通した際には相生山から野並方面にぬける交通流を改善することができる。本研究はまず、関連団体の住民から意見が出た①植物について、②ヒメボタルについて、③道路交通について、④生活環境について、の 4 項目を名古屋市が開催した学術検証委員会の資料からわかる議事録内容の検証を行った。そして、今まで明らかにされていない「声を上げない」地域住民へのアンケート調査を行い、地域ごとの特色をまとめて地域住民の本当の意見を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の枠組み

2.1 研究対象の概要

研究対象地である相生山緑地は、愛知県名古屋市天白区天白町大字野並に位置する。面積約 123.7ha、標高約 60m である。相生山緑地は東部丘陵地にあり、1940 年に当時の防空緑地として都市計画された。相生山緑地で活動している団体は相生山緑地オアシスの森クラブ、協力天白区役所地域推進室が行っている、竹林管理活動、炭焼き、ツツジの園づくり、アカマツ林再生プロジェクト、生物多様性と各環境講座、総合学習の支援などがある。弥富相生山線の

周辺地域では弥富相生山線を軸として道路区域沿線開発によりまちづくりが進められた。



図 1 相生山緑地位置図

引用：名古屋市；都市計画道路 3・4・79 号弥富相生山線

対象地である相生山緑地は 2018 年に名古屋市が策定した「長期未整備公園緑地の都市計画の見直しの方針設備プログラム」の方針の中に相生山緑地は 32 個の長期間未整備公園緑地に相生山緑地は属している。このような長期間未整備となっている、公園緑地、道路は全国的に多くの自治体が抱える課題となっている。「長期未整備公園緑地の都市計画の見直しの方針設備プログラム」とは都市計画公園緑地の整備が完了するには莫大な資金と時間を要するため、都市計画公園緑地の見直しの考え方として 10 年を単位とした事業着手時期をまとめ、都市計画の見直しの方針及び整備プログラムを改定したものである。未整備という観点から目的である地域住民の声を聞き地域住民の意見を明らかにする。

2.2 事業の概要経緯

整備目的として都市計画道路弥富相生山線は、名古屋市の幹線街路として、都市の円滑に形成する

道路であり、都市内におけるまとまった交通を受け持つとともに、交通処理と良好な市街地形成、さらに災害時の災性の向上を図る目的である。本体事業費は全体事業費約 36 億円、執行済額は約 25 億円となっており、平成 25 年度末進捗率は約 80%の残り 20%残して中断となっている。

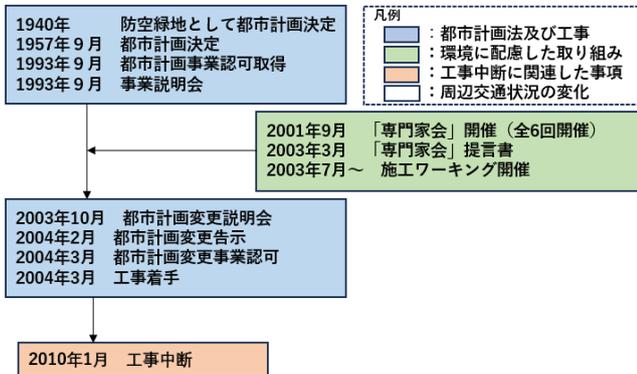


図 2 中断までの流れ 名古屋市；都市計画道路 3・4・79 号弥富相生山線を引用して筆者が加工

2.3 学術検証委員会

2010 年の市長による事業の中断から学術検証委員会の開催が始まる。目的として、相生山緑地の道路建設に係る諸課題や問お題点を広く学術の観点から総合的に検証。概要は専門分野の学識者で構成し 2010 年 2 月から 10 月までに計 6 回開催して 12 月 9 日に河村市長に検証結果の報告。学術検証委員会の報告とともに調査検証とそれに伴う対策として通り抜け対策、渋滞対策を実施、相生山緑地・緑地計画検討会開催 (2020 年 10 月)、学術検証懇談会の開催 (2021 年 3 月)。10 年経過したことによる交通状態と環境の変化を踏まえた上で再度学術検証し新たな知見等からの意見を参考に行う。

2.4 調査目的

名古屋市のホームページにある名古屋市都市計画道路 3・4・79 号弥富相生山線にある学術検証委員会の市民の声から、①植物について、②ヒメボタルについて、③道路交通について、④生活環境についての 4 項目を取り上げてアンケートを作成して相生山緑地利用者に現地アンケート調査や近隣住民の家にポスティング調査を行う。現地アンケートとポスティングのアンケート内容は同じでポスティングアンケート調査は Google フォームで作成して URL

にて行ってもらうこととする。調査目的として、利用者と地域住民との意見の相違を明らかにする。ポスティング調査ではそれぞれの地域で問題があり、野並・島田では渋滞問題、山根学区では通り抜け問題、天白川を挟んだ白砂町では弥富相生山線の実態を知っているかなどの距離で意見相違などを比べることを目的とする。

3. 調査方法

3.1 アンケート調査概要

アンケート調査は現地調査とポスティング調査の 2 つに分けて行った。ポスティング調査は総配布数 400 枚、結果は 101 枚収集ができた。12 月 15 日高宮町・西入町・山根町に 100 枚。12 月 20 日一つ山・境根町・久方町・島田で 170 枚配布 12 月 21 日野並・福池町・菅田町に 130 枚配布。

表 1 アンケート調査配布概要

調査日	11月5日・8日・18日	11月29日 12月15日・20日・21日 1月6日
調査時間帯	9時～12時	12時～14時 (約2時間程)
調査日方法	現地アンケート調査	ポスティング調査
対象者	利用者	周辺住民
対象地域	相生山緑地	周辺地域
回答数	19人	114人

表 2 アンケート調査項目

・性別・年齢・居住地域・利用目的・利用頻度・魅力度・魅力理由
・日常の移動手段・弥富相生山線の有無・家族に小中学生がいるか
・山根学区での通り抜け問題は開通したら解決するか・自然環境・生態系の変化
・弥富相生山線の開通に賛成・反対か・主要交差点での渋滞問題は開通したら解決するか・建設前後でのホテルの変化

3.2 アンケート結果

アンケート問 5.相生山緑地 (オアシスの森) は普段どのくらいの頻度で利用しますか、という質問では大きな差が生まれ現地アンケート調査の方はほぼ毎日利用している人が半分いるのに対してポスティング調査の方は人生で 1 回ほどが一番多く周辺地域でもこれほどの差が生まれた。

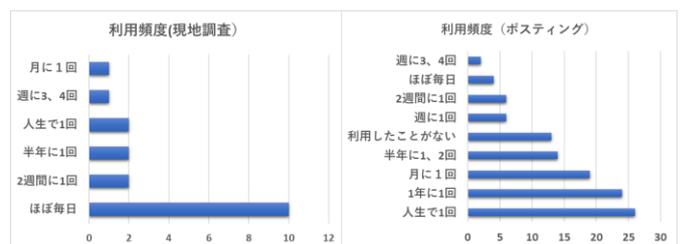


図 3 利用頻度 アンケート結果

アンケート問 9.都市計画道路弥富相生山線は、名古屋

屋市都市計画の幹線街路として、2004年に着工された。そして地域住民などの反対があり2010年に8割完成した後2割程残したまま一旦工事が中断となった。現在でも建設取り止めか完成に向けて工事を再開するかで議論されています。弥富相生山線道路建設が現在こういった問題を抱えていることをご存知ですか。という質問では利用者也周辺住民も共通認識していることがわかる。ただ、利用者の方が「よく知っている」の割合が高いことが分かる。

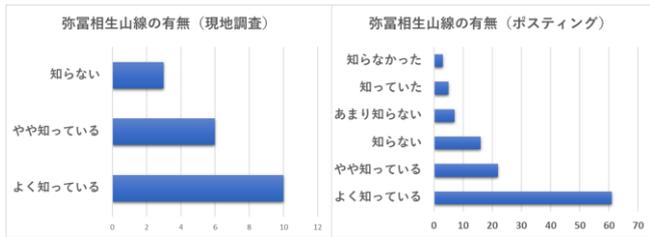


図4 弥富相生山線の有無 問9.アンケート結果

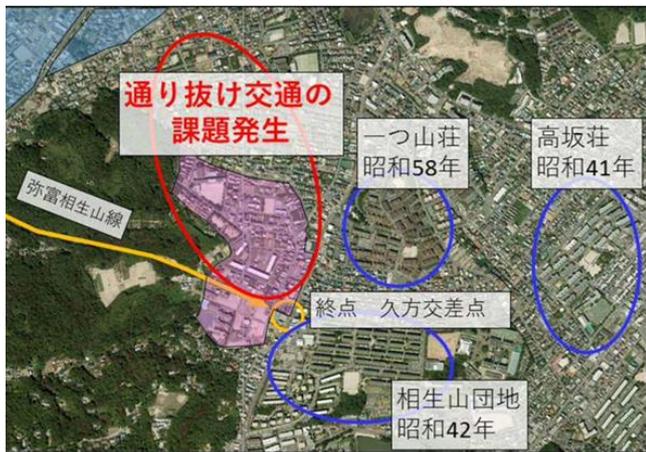


図4 通り抜け問題参考図

引用：名古屋市；都市計画道路3・4・79号弥富相生山線

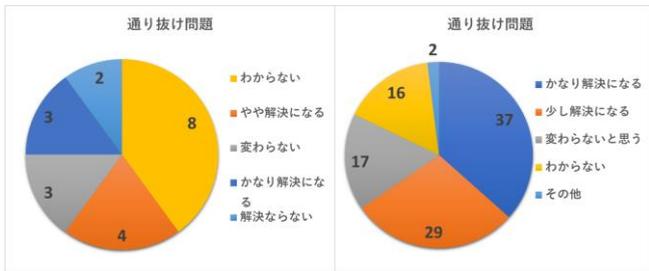


図6 通り抜け問題 アンケート結果

アンケート問11.山根学区(上図の紫色の地区)の地域で自動車の通り抜け問題が発生しています。山根小学校も近い事から子供の通学路であり車との接触が危険視されています。弥富相生山線が開通した場合、自動車の通り抜け問題は解決されると思いますか、という質問では現地アンケート調査では分からないという人が多いこのアンケートから利用者

は開通して問題解決はあまりしないという意見が多くみられる。ポスティング調査は半数以上が解決すると思っており、生活道路が増えるため解決すると答えた人多く見られた。アンケート問12.相生山緑地未整備道路弥富相生山線の工事前と後での相生山緑地の自然環境や生態系(昆虫・小動物・野鳥)に何らかの変化があったと感じますか。という質問では分からないが一番多く順番も同じになり、利用者も地域住民も認識は変わらないことが分かる。

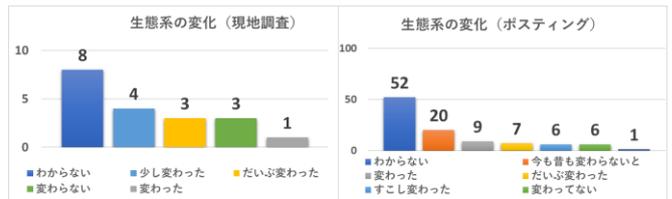


図7 生態系の変化 問12.アンケート結果

アンケート問13.相生山緑地未整備道路弥富相生山線の開通に賛成か反対か。という質問では利用者と地域住民で大きく違いが現れた。まず、利用者は反対が半数を超えており強い意志を持って理由が明確な人が多く見られた。それらとは逆に地域住民はどちらかと言えば賛成を含めると半数以上が賛成と答え意見が別れた。利用者は自然環境・生態系の破壊を恐れており、現在の自然環境を崩したくないという意見多く見られた。逆に地域住民の人は色々な意見があるが移動時の利便性向上であったり、小学校の付近での通り抜け問題の解決であったり、事業が始まり途中で止めるのは反対という意見が複数見られた。ここでの違いは利用者は自然環境・生態系の変化に重点を置き、地域住民は利便性、交通問題におもきを置いていることが分かる。



図8 賛成・反対 アンケート結果

アンケート問14.開通した場合、主要交差点である野並・島田交差点での渋滞は解決になると思いますか。という質問では問13の質問で出た地域住民は利便性、交通問題に重きを置いているためやや解決

閉園した遊園地・テーマパークの跡地利用に関する研究

EC20070 藤田 賢太郎

1. 研究の背景と目的

1-1 背景と目的

遊園地・テーマパークは現在、若年層の人口減少による来場人数の低下、対象としていた世代の高齢化による遊園地・テーマパークに対する興味の低下、総合施設（ショッピングモール、ゲームセンター等）の増加、経済状況の悪化による影響等、の理由で衰退が続いている。そして、これからも閉園する遊園地・テーマパークの数は増加すると想定される。また、遊園地の跡地は更地や廃虚となるケースも多く、活用方法を見直すことに重要性和必要性があると考えた。また、多数の跡地を同時に比較した先行論文は少なく、GIS を結び付けた研究や分類分けした上で比較するなど、独自性のある研究ができると考えた。

研究目的は閉園した遊園地・テーマパークの跡地が現在どのように利用されているかを調べ、遊園地・テーマパークの跡地の利用法補に関する問題点を抽出することを目的とする。

1-2 跡地が有効活用されにくい理由

跡地が活用されにくいのは多くの問題を抱えているからである。敷地面積が広く再開発する際には多額の資金が必要になる点、それに伴い計画から実行までに時間がかかる点、一部の遊園地は都市から離れた場所にあるためアクセスが悪いという点、遊園地として利用された土地には騒音問題や土壌汚染などの環境面での問題があることがある点、地域住民に反対をされる可能性がある点、建築基準法や都市計画法などの法律や規制に沿った許可が必要で規約が厳しい場合は開発が難しくなる点などがあげられる

2. 研究の枠組み

2-1 遊園地・テーマパークの跡地の定義

遊園地とテーマパークの定義は変化している。

井手信雄の「テーマパークの定義」（2003 年）特別サービス産業実態調査報告書は昭和 61 年・平成 5 年・平成 9 年・平成 13 年で定義区別が変わっており、昭和 61 年の規定が「この調査は一定のスペースに樹木、池等自然の環境を有し、遊戯施設を設備し、客に娯楽を提供することを業務としている事務所を対象としたものである」となっていて、昭和 61 年には遊園地とテーマパークとの区別はされていなかった。また、テーマパーク・遊園地の多くが昭和 61 年から平成 5 年の間を通過しているものが多い点、現在のテーマパーク・遊園地の定義を閉園し終えたテーマパーク・遊園地に適応できるのかという問題、現在のテーマパーク・遊園地の分類分けをするため具体的な情報が残っていない又は信憑性にかける箇所が数多くあるという問題を踏まえた上で、昭和 61 年の定義「この調査は一定のスペースに樹木、池等自然の環境を有し、遊戯施設を設備し、客に娯楽を提供することを業務としている事務所を対象としたものである」を用いて該当する遊園地・テーマパークの跡地を遊園地・テーマパークの跡地とする。

2-2 研究対象の概要

国内 144 か所を対象に遊園地・テーマパーク跡地の利用状況の分析をする。

2-3 調査方法

Wikipedia の情報を元に、住所、開園した年と閉園した年、跡地の利用方法をデータに落とし込む。遊戯施設的具体例が確認できなかったものを除外し落とし込んだデータを分析せきし、閉園した遊園地の傾向を探る。その後GIS に落とし込み立地状況を分析し、傾向と問題点を抽出していく

2-4 Wikipedia の情報を扱うことに関して

2-4-1 Wikipedia の信用度に関して

ヤフーバリューインサイト株式会社「情報メディアに関する調査」（2009 年）と株式会社ドゥ・

ハウス「情報メディアに関する利用実態調査」(2010年)では、Wikipediaの情報はテレビやラジオには劣り、雑誌を上回る程度とされていた。

2-4-2 本研究に関する項目の信用度に関して

精度を測るために、開園年、閉園年、利用方法5分類を先行論文と比較して精度を出すため、他の先行研究と対象が一致した閉園した遊園地・テーマパークと4つの項目の情報の比較をした。利用させていただいた研究は①川崎泰之月「鉄道沿線まちづくりに関する研究～遊園地の跡地利用計画について～」(2013年8月)②瀬川明日奈、中島直人、黒瀬武史「国内の閉園した遊園地・レジャー施設の跡地利用に関する研究－既存施設を再活用した事例の閉園前後のプロセスと利用者の変化の比較検証－」(2016年8月)③中井研究室 加藤誠士「運営期間別にみる閉園遊園地の土地利用転換に関する研究」(2019年)④川崎泰之「鉄道会社が経営する郊外遊園地の跡地利用に関する研究」

(2014年10月)である。比較した結果はWikipediaと1論文を比較して1つの遊園地当たり約0.105個ずつ食い違いが出てくるのに対し、1論文同士を比較して1つの遊園地当たり約0.214個の食い違いが出てきた。そのことから他の論文元の情報に比べて、極めてWikipediaの情報の信憑性が欠けることはないと考えられる。

3. 調査結果

事例	県	開園年	閉園年	利用方法	事例	県	開園年	閉園年	利用方法	事例	県	開園年	閉園年	利用方法
赤坂高原牧場クローネンベルグ	群馬県	1994	2017	1	いしかわ動物園	石川県	1958	1998	再園	TBS博覧ハイランド	北海道	1970	1987	
赤坂遊園地	広島県	1972	1991	2	亀山公園子供の国	香川県	1964	2007		手取遊園地	石川県	1955	1971	1
アカシヤランド	石川県	1964	1974	2	藤小浜パーク	愛媛県	1956	2001	1	天華園	北海道	1992	1999	4
秩津有楽園	熊本県	1963	2016		藤ヶ崎ヤングランド	静岡県	1927	1993	1	天山園遊園地	大阪府	1888	1897	
朝霞テック	埼玉県	1964	1973	1	まびの郷ワンダーランド	岡山県	1980	1996	13	豊泉湖ランド	兵庫県	1969	2000	
アジアパーク	熊本県	1990	2000	更地	京山ロープウェー遊園地	岡山県	1956	1998	14	豊泉湖	東京都	1926	2020	1
足立の庄	愛媛県	1990	2006	1	キノリゲンデンコミニエニ	兵庫県	1998	2001	12	鳥取グランド	鳥取県	1986	1995	35
アメーザジグスクエア	東京都	1987	2000	1	近鉄あやめ池遊園地	奈良県	1926	2004	25 幼権園・倉庫	とやのレイクランド	新潟県	1989	1996	5
アリスの森	茨城県	1989	1993		近鉄玉手山遊園地	大阪府	1908	1998	3	長崎遊園地	長崎県	1957	1996	12
アリバシティ神戸	兵庫県	1992	1997		倉敷チボリ公園	岡山県	1997	2009	13	那須ロイヤルセンター	栃木県	1967	2000	1
東崎遊園地	石川県	1925	1941	5	グリュック王国	北海道	1989	2007	13	奈良ドリームランド	奈良県	1961	2006	6
生駒テック	奈良県	1961	1965	1	兵衛ポトピアランド	広島県	1992	1998	一般公開	新沼遊園地	新潟県	1949	1994	3
窓絵芸術村チロルの森	愛媛県	1996	2009		京玉遊園地	東京都	1927	1947	12	仁尾サンシャインランド	香川県	1984	1995	14
伊豆富士見ランド	静岡県	1966	1999	1	化谷レジャーランド	宮城県	1979	2001	廃産	緑沢遊園地	北海道	1926	1970	
市岡パラダイス	大阪府	1925	1934	1	甲賀ファミリーランド	滋賀県	1985		廃産	錦糸香椎花園	福岡県	1956	2021	1
一畑パーク	鳥取県	1961	1979		甲子園阪神パーク	兵庫県	1929	2003	1	仁別レジャーランド	秋田県	1982	1989	
到津遊園地	福岡県	1932	2000	3 再園	神戸ポトピアランド	兵庫県	1981	2006	1	ニフルランド	福岡県	1995	1998	学校
いなせランド総合遊園地	北海道	2001			香蘭園遊園地	兵庫県	1907	1913		野郎ドリームランド	新潟県	1981	1986	
いなせオーシャンランド	千葉県	1973	1989	5	深川市桜山公園	北海道	1971	2000		野辺山SLランド	長野県	1986	2018	
ウルトラマンランド	熊本県	1996	2013		サニーランド蛇の島	岩手県	1967	1970	再園	野呂山遊園地	広島県	1968	1974	廃産or更地
Eキスポランド	大阪府	1970	2009	13	さやま遊園地	大阪府	1938	2000	3	梅津寺公園	愛媛県	1935	2009	1
エンテアシア	愛媛県	1998	2001		志高ユートピア	大分県	1968	2003	4	八山遊園地	富山県	1929	1943	1
王子ファンシイランド	岡山県	1989	1995		ジャンクパーク遊園地	鹿児島県	1972	2005	1	PLランド	大阪府	1957	1989	15
青柳鉄道楽々園	東京都	1921			ジョーランド博覧	群馬県	1975	1983	廃産	比呂山頂遊園地	京都府	1959	2000	5
大塚遊園地	愛知県			更地	新川市遊園地	群馬県	1953	1971		北山遊園地	埼玉県	1970		廃産
沖崎アイランドパーク	沖縄県	1990	1999	更地	関ヶ原メーランド	岐阜県	1972	2001	1	ひのくにランド	熊本県	1975	1996	1
沖崎エキスポポート	福岡県	1975	2000		セキソフファミリーランド	岐阜県	1976	1999	1	平尾台丸丸ランド	福岡県	1967	1	
奥摩耶遊園地	兵庫県	1955	3		千光山グリーンランド	広島県	1966	2007	更地・廃産	ひろしまドッグパーク	広島県	2003	2005	
小田急花鳥山旅	静岡県	1970	1998	1	仙台ハイランド	宮城県	1981	2015	4	広島サテュール	広島県	1974	1996	
御殿場ファミリーランド	静岡県	1974	1999	1	千里山遊園地	大阪府	1921	1950	学校	広島ニュージューランド村	広島県	1990	2008	4
オタモイ遊園地	北海道	1936	1952		大川山遊園地	富山県	1958	1997	廃産	びわ湖タワー	滋賀県	1965	2001	1
小山ゆうえんち	栃木県	1960	2005	5 更地	太平洋スライランド	北海道	1969	2002	5	びわ湖パラダイス	滋賀県	1966	1998	12
笹原園レイクランド	茨城県	1968	1982	3	高沼沼グリーンランド	福島県	1973	1999	更地	ファンタジードーム	北海道	1990	1997	
加賀百万石時代村	石川県	1996	2006	5	宝塚ファミリーランド	兵庫県	1911	2003	125	フェスティバルゲート	大阪府	1997	2007	1
花月園遊園地	神奈川県	1914	1946	13	多摩公園	東京都	1925	1979	13	フォルテ西条	愛媛県	1997	1999	
賀島スポーツランド	三重県	1970	1999	3	多摩テック	東京都	1961	2009		藤井寺教村園	大阪府	1929	1933	2 大学
高崎フェアリーランド	群馬県	1951	2003	3	鶴見園	大分県	1925	1943	123	富士ガリバー王国	山梨県	1997	2001	15 廃産・ホテル

3-1 全体像の分析

3-1-1 遊園地・テーマパークの跡地の利用方法

表2 利用方法の種類で多く出た項目

分類	分類項目	事例数
分類1	商業施設やショッピングモール等	44
分類2	住宅地やマンション等	11
分類3	公園や緑地等	22
分類4	ソーラーパネルによる開発エネルギー事業	8
分類5	複合型文化施設やイベントスペース等	14

利用活用の多かったものは表2のようになった。その他の事例としては、更地、会員制、再園、学校、幼稚園、倉庫、廃産、一般公開、駐車場、工場、大学、ホテル、宿駐輪場、墓地、医療があった。

3-1-2 県と閉園した遊園地・テーマパークの関係

県別の閉園した遊園地・テーマパークの個数で1番多かった都道府県は大阪 12 か所、2位北海道 11 か所、3位兵庫県広島県9か所という結果がでた。(表3)

表3 県と跡地の数の集計

順位	1~10		11~20		21~30		31~40		~47					
	都道府県	事例数	都道府県	事例数	都道府県	事例数	都道府県	事例数	都道府県	事例数				
1	大阪府	12	11	熊本県	4	21	岐阜県	3	31	茨城県	2	41	秋田県	1
2	北海道	11	12	岡山県	4	22	神奈川県	3	32	山梨県	1	42	青森県	1
3	広島県	9	13	山口県	3	23	愛知県	3	33	山形県	1	43	和歌山県	0
4	兵庫県	9	14	新潟県	3	24	富山県	2	34	三重県	1	44	宮崎県	0
5	東京都	8	15	奈良県	3	25	栃木県	2	35	福島県	1	45	福井県	0
6	愛媛県	6	17	鳥取県	3	26	千葉県	2	36	長野県	1	46	佐賀県	0
7	石川県	6	17	滋賀県	3	27	香川県	2	37	長崎県	1	47	高知県	0
8	静岡県	5	18	埼玉県	3	28	沖縄県	2	38	徳島県	1			
9	宮城県	4	19	群馬県	3	29	大分県	2	39	島根県	1			
10	福岡県	4	20	京都府	3	30	岩手県	2	40	鹿児島県	1			

3-1-3 地方と閉園した遊園地・テーマパークの関係

地方別の閉園した遊園地の個数は1位関西地方 31 か所、2位は中部地方 24 か所、3位関東地方 23 か

表1 Wikipediaの情報を一部まとめたもの

事例	県	開園年	閉園年	利用方法	事例	県	開園年	閉園年	利用方法	事例	県	開園年	閉園年	利用方法
赤坂高原牧場クローネンベルグ	群馬県	1994	2017	1	いしかわ動物園	石川県	1958	1998	再園	TBS博覧ハイランド	北海道	1970	1987	
赤坂遊園地	広島県	1972	1991	2	亀山公園子供の国	香川県	1964	2007		手取遊園地	石川県	1955	1971	1
アカシヤランド	石川県	1964	1974	2	藤小浜パーク	愛媛県	1956	2001	1	天華園	北海道	1992	1999	4
秩津有楽園	熊本県	1963	2016		藤ヶ崎ヤングランド	静岡県	1927	1993	1	天山園遊園地	大阪府	1888	1897	
朝霞テック	埼玉県	1964	1973	1	まびの郷ワンダーランド	岡山県	1980	1996	13	豊泉湖ランド	兵庫県	1969	2000	
アジアパーク	熊本県	1990	2000	更地	京山ロープウェー遊園地	岡山県	1956	1998	14	豊泉湖	東京都	1926	2020	1
足立の庄	愛媛県	1990	2006	1	キノリゲンデンコミニエニ	兵庫県	1998	2001	12	鳥取グランド	鳥取県	1986	1995	35
アメーザジグスクエア	東京都	1987	2000	1	近鉄あやめ池遊園地	奈良県	1926	2004	25 幼権園・倉庫	とやのレイクランド	新潟県	1989	1996	5
アリスの森	茨城県	1989	1993		近鉄玉手山遊園地	大阪府	1908	1998	3	長崎遊園地	長崎県	1957	1996	12
アリバシティ神戸	兵庫県	1992	1997		倉敷チボリ公園	岡山県	1997	2009	13	那須ロイヤルセンター	栃木県	1967	2000	1
東崎遊園地	石川県	1925	1941	5	グリュック王国	北海道	1989	2007	13	奈良ドリームランド	奈良県	1961	2006	6
生駒テック	奈良県	1961	1965	1	兵衛ポトピアランド	広島県	1992	1998	一般公開	新沼遊園地	新潟県	1949	1994	3
窓絵芸術村チロルの森	愛媛県	1996	2009		京玉遊園地	東京都	1927	1947	12	仁尾サンシャインランド	香川県	1984	1995	14
伊豆富士見ランド	静岡県	1966	1999	1	化谷レジャーランド	宮城県	1979	2001	廃産	緑沢遊園地	北海道	1926	1970	
市岡パラダイス	大阪府	1925	1934	1	甲賀ファミリーランド	滋賀県	1985		廃産	錦糸香椎花園	福岡県	1956	2021	1
一畑パーク	鳥取県	1961	1979		甲子園阪神パーク	兵庫県	1929	2003	1	仁別レジャーランド	秋田県	1982	1989	
到津遊園地	福岡県	1932	2000	3 再園	神戸ポトピアランド	兵庫県	1981	2006	1	ニフルランド	福岡県	1995	1998	学校
いなせランド総合遊園地	北海道	2001			香蘭園遊園地	兵庫県	1907	1913		野郎ドリームランド	新潟県	1981	1986	
いなせオーシャンランド	千葉県	1973	1989	5	深川市桜山公園	北海道	1971	2000		野辺山SLランド	長野県	1986	2018	
ウルトラマンランド	熊本県	1996	2013		サニーランド蛇の島	岩手県	1967	1970	再園	野呂山遊園地	広島県	1968	1974	廃産or更地
Eキスポランド	大阪府	1970	2009	13	さやま遊園地	大阪府	1938	2000	3	梅津寺公園	愛媛県	1935	2009	1
エンテアシア	愛媛県	1998	2001		志高ユートピア	大分県	1968	2003	4	八山遊園地	富山県	1929	1943	1
王子ファンシイランド	岡山県	1989	1995		ジャンクパーク遊園地	鹿児島県	1972	2005	1	PLランド	大阪府	1957	1989	15
青柳鉄道楽々園	東京都	1921			ジョーランド博覧	群馬県	1975	1983	廃産	比呂山頂遊園地	京都府	1959	2000	5
大塚遊園地	愛知県			更地	新川市遊園地	群馬県	1953	1971		北山遊園地	埼玉県	1970		廃産
沖崎アイランドパーク	沖縄県	1990	1999	更地	関ヶ原メーランド	岐阜県	1972	2001	1	ひのくにランド	熊本県	1975	1996	1
沖崎エキスポポート	福岡県	1975	2000		セキ									

所という結果が出た（図1）。結果から関西地方・中部地方・関東地方で全体の半分を占めていることが分かる。

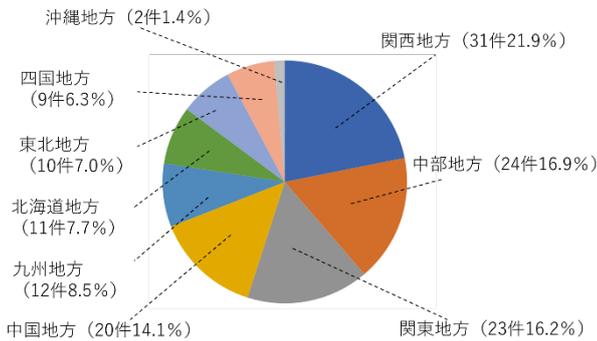


図1 地方と跡地の関係

3-2 GISを用いた分析

3-2-1 跡地とその活用の分布

GIS に座標データと活用分類のデータを打ち込み、マップに落とし込んだ。

3-2-1-1 日本全体の利用方法の分布

全体としての分布を測るために5分類全体を表示させた。（利用活用が複数ある事例は数が少ない分類を優先して表示するものとする）ここから閉園数が多かった関西地方・中部地方・関東地方に着目すると、関西地方は大阪府周辺に密集しており（図2のマップ2）、中部地方はある程度距離を開けて跡地が密集していることが分かる（図2のマップ3）、関東地方はまんべんなく跡地が分散していることが分かる。（図2のマップ4）

3-2-1-2 分類ごとの分布

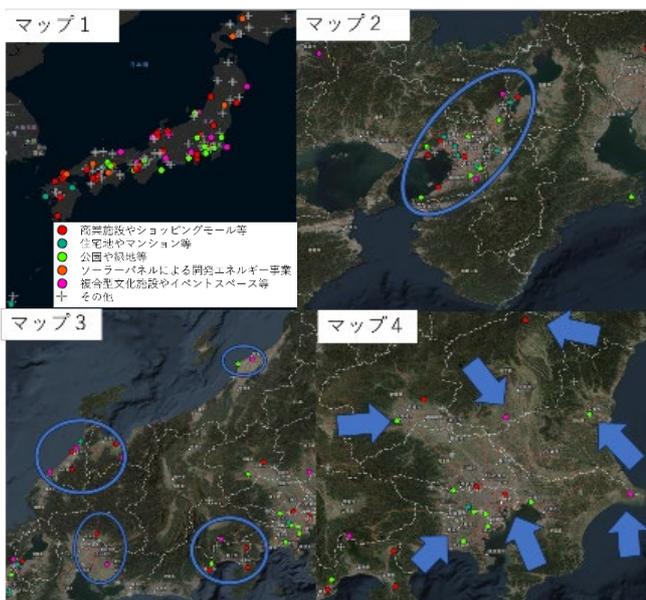


図2 利用事例の分布

分類ごとに分けてGISで表示させ分布の検討を行った。その結果、分類3公園や緑地への再利用は東京や大阪近辺でも行われていることが分かる。（図3のマップ5）反対に分類4ソーラーパネルによる再開エネルギー需要には関西地方・中部地方・関東地方にはなく都心部で活発には取り入れられていないことが分かる。（図3のマップ6）

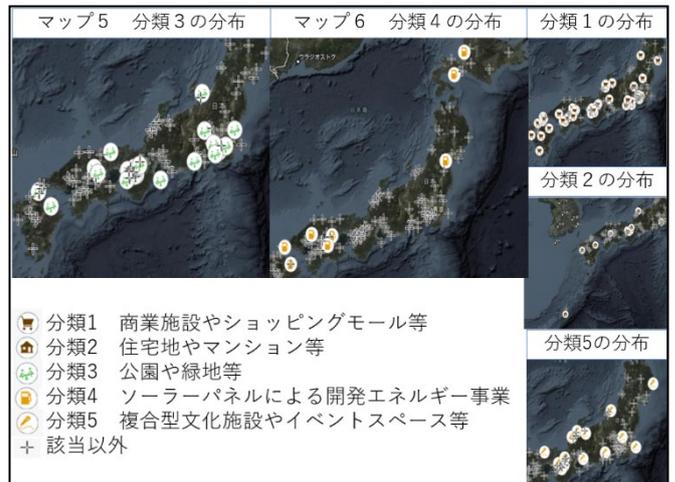


図3 分類ごとの位置のまとめ

3-2-2 衛星画像と道路交通網からの立地分析

3-2-2-1 研究方法

GISを用いて、上空写真を計測し海岸・河川・湖沿い、平地・盆地・台地、山地内部・周辺を調べた。また1:24000の尺度で交通網を観察し一般国道から近い、高速道路から近い5項目を調べ該当する割合を調べた。平均は各利用方法で出た割合を足して割ったものとする。10%以上の差が出たものを傾向とする。

3-2-2-2 衛星写真と道路網による立地分析

分類1商業施設やショッピングモール等に利用された事例は「一般国道から近い」「海岸・河川・湖沿い」の割合が平均より高く、「山地内部・周辺」の割合が平均より低いことが分かる。（図4のグラフ1）分類2住宅地やマンション等に利用された事例は「平地・盆地・台地」「一般国道から近い」の割合が平均より高く、「山地内部・周辺」の割合が平均より少ないことが分かる。（図4のグラフ2）分類3公園や緑地等に利用された事例は「高速道路から近い」の割合が平均より高いことが分かる。（図4のグラフ3）分類4ソーラーパネルによる開発エネルギー事業に利用された事例は「山地内部・周辺」の割合が平均より高く、「海岸・河川・

湖沿い」「平地・盆地・台地」「一般国道から近い」の割合が平均より低いことが分かる。(図4のグラフ4) 分類5複合型文化施設やイベントスペース等に利用された事例は「高速道路から近い」の割合が低いことが分かる。(図4のグラフ5)

グモール等」「住宅地やマンション等」が利用されにくいことが分かった。

4. まとめ

跡地の利用方法の種類は大きく分けて五つに分類でき、「商業施設やショッピングモール等」、「住宅地やマンション等」、「公園や緑地等」、「ソーラーパネルによる開発エネルギー事業」、「複合型文化施設やイベントスペース等」と分けられた。

立地後ごとの利用されやすい・利用されにくい跡地利用の方法は、一般国道から近い場合「商業施設やショッピングモール等」「住宅地やマンション等」「公園や緑地等」が利用されやすく、「ソーラーパネルによる開発エネルギー事業」が利用されにくい。高速道路から近い場合「複合型文化施設やイベントスペース等」が利用されにくい。海岸・河川・湖沿いの場合「商業施設やショッピングモール等」が利用されやすく、「ソーラーパネルによる開発エネルギー事業」が利用されにくい。平地・盆地・台地の場合「住宅地やマンション等」が利用されやすく、「ソーラーパネルによる開発エネルギー事業」が利用されにくい。山地周辺・内部の場合「ソーラーパネルによる開発エネルギー事業」が利用されやすく、「商業施設やショッピン

参考文献

- 1) 井手信雄：テーマパークの定義，日本観光学会誌，第42号，2003年6月
- 2) ウィキペディア，フリー百貨辞典，Category:日本の遊園地（閉園），(更新 2021-04-14)
[https://ja.wikipedia.org/wiki/Category:%E6%97%A5%E6%9C%AC%E3%81%AE%E9%81%8A%E5%9C%92%E5%9C%B0_\(%E9%96%89%E5%9C%92\)](https://ja.wikipedia.org/wiki/Category:%E6%97%A5%E6%9C%AC%E3%81%AE%E9%81%8A%E5%9C%92%E5%9C%B0_(%E9%96%89%E5%9C%92)) ,(参照 2023-09-19)
- 3) 川崎泰之：鉄道沿線まちづくりに関する研究～遊園地の跡地利用計画について～，日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），2013年8月
- 4) 瀬川明日奈、中島直人、黒瀬武史：国内の閉園した遊園地・レジャー施設の跡地利用に関する研究－既存施設を再活用した事例の閉園前後のプロセスと利用者の変化の比較検証－，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），2016年8月
- 5) 加藤誠士：運営機関別にみる閉園遊園地の土地利用転換に関する研究，2019年
- 6) 川崎泰之：鉄道会社が経営する郊外遊園地の跡地に関する研究，公益社団法人日本都市計画学会，都市計画論文集，Vol.49，No.3，2014年10月

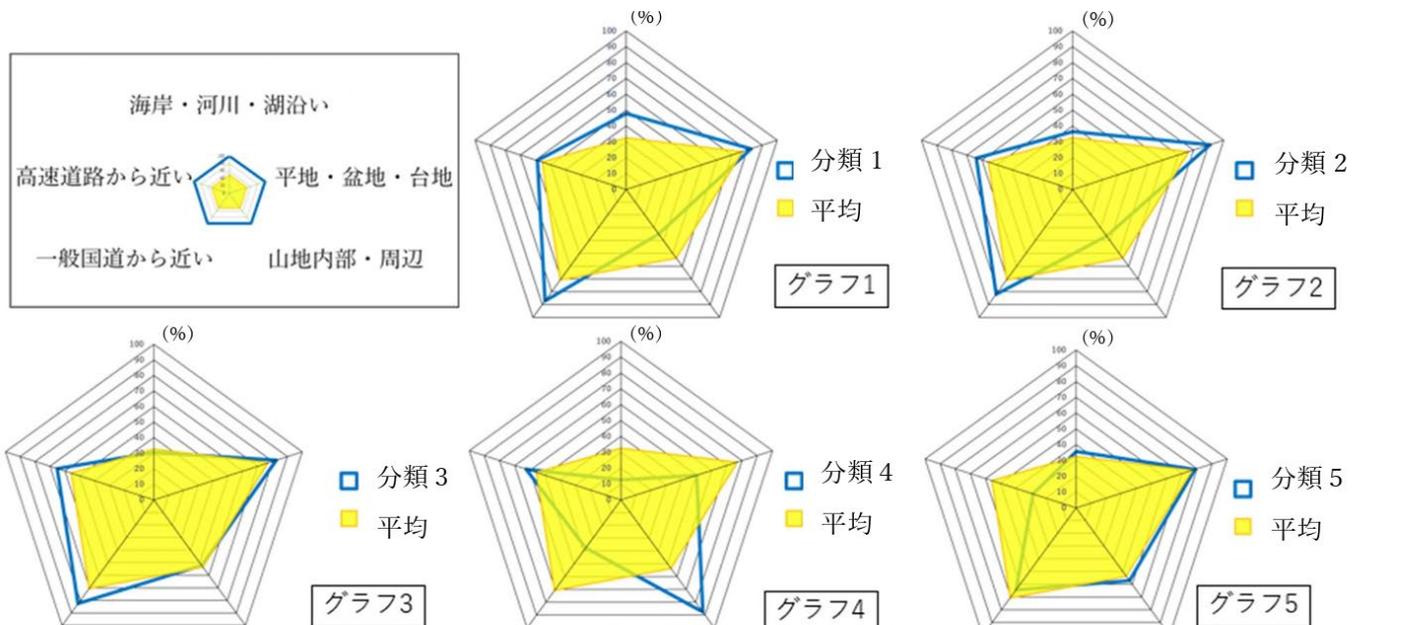


図4 分類ごとに出した立地

鉄道廃線跡を活かしたまちづくりへのプロセスに関する研究
～旧桃花台線を中心に～

EC20075 光法 快

1. 研究の背景と目的

近年、全国的に少子高齢化、地方の人口流出が進んでいる。15～64歳の生産年齢人口は2020年には59.5%。高齢化率は28.6%である。これが2070年にはそれぞれ生産年齢人口が52.1%、高齢化率が38.7%となり、将来的にもこれらは加速していくと考えられている。同時に、過疎地域の人口割合の人口割合も1970年には18.4%だったものが2020年には9.3%と50年の間に半減していて、長い目で見てみても確実に都市圏への人口流出が進んでいる事が分かる。その結果、鉄道を取り巻く環境がより悪化し、2022年には、全95社中85社と約89%の事業者が鉄道事業の経常収支ベースで赤字を計上するに至っている¹⁾。2019年には、同じような事業者が95社中74社で約78%となっている。そこで、これらの減少に伴い、全国の地方に現存する路線が廃線にある可能性も考えられる。

その際に、今回取り上げる旧桃花台線のように、廃線決定後にそのまま路線や駅舎、高架橋などが撤去されないまま残り廃墟のようになってしまふ場所が出てくることも予想され、地域の治安や景観に悪影響を与えてしまう。それらを防ぐためにも、廃線後の速やかな撤退、もしくは再利用出来るような廃線→活用の方法をどのようなプロセスで行うべきか。そしてそれらをどのようにして活かしていくべきか。以上の問題関心により本研究では、旧桃花台線では何が理由で現状が生まれってしまったかを明らかにしつつ、その他の廃線になった駅舎や路線を再利用している団体や市町村に調査を行い廃線に対する交通整備の考察を行うことを目的とする。

2. 研究の枠組み

2-1 研究対象の概要

研究対象地は、愛知県小牧市の東部地域に位置す

る旧桃花台線跡地（駅舎と高架橋）。（図1に示す。）1991年3月25日に開業した旧桃花台線は、日本の人口が増加の一途を辿っていた中計画された桃花台ニュータウンの住民の足として出来た路線であり、ピーチライナーという名前でも親しまれた。計画ではJR高蔵寺駅まで延伸する予定で、一部区間は用地確保がされていた。しかし、利用者数が想定を大きく下回り赤字続きとなり多額の負債を抱えていたことと、延伸には県の試算で約1000億円と多額の費用がかかることから、計画は凍結された。平成時代に開通した鉄道路線で唯一の廃止路線である。廃線が決定したが、撤去するのに多額の費用が掛かると言われていること、総延長も7kmを超える長さがあること、旧桃花台線が住宅街にあることが重なり、廃線から15年以上経った今でも解体工事が終了していない。



図 2-1 旧桃花台線路線図

(出典：地図の散歩道:19年で地形図から消えた鉄道 (jmc.or.jp))

そして、ヒアリング調査対象地として岐阜県大野町にある「黒野駅レールパーク」。豊田市西中金町にある「西中金ふれあいステーション」。飛騨市神岡町にある「レールマウンテンバイク Gattan Go!」とする。

黒野駅レールパークは、岐阜県揖斐郡大野町に位置する1926年～2001年に営業していた名鉄谷汲線、1926年～2005年に営業していた名鉄揖斐線のターミナル駅であった黒野駅が廃線となり、その後駅の跡地が整備され地域の新たな交流拠点として営業している。



図 2-2 黒野駅レールパークの場所

西中金ふれあいステーションは、豊田市中金町に位置し、1928年～2004年に営業していた名鉄三河線の西中金駅が廃駅になった11年後に新たに地域の交流の場、週末営業のカフェとして営業している。2007年には有形文化財にも登録されており、駅舎の中には当時利用されていた旅客運賃表が残り構造もそのまま残されているのでレトロな空間でカフェを楽しむことが出来る。



図 2-3 西中金ふれあいステーションの場所

レールマウンテン GattanGo! は、飛騨市神岡町に位置し、2006年に廃線になった旧神岡鉄道の廃線路の上を自転車で走ることができるアクティビティ。コースは神岡町内を走る往復6kmのまちなかコースと、2018年にオープンし漆山の大自然を楽しむことが出来る溪谷コースの二つがある。



図 2-4 町中コース



図 2-5 溪谷コース

2-2 調査方法

本研究では、これから全国で生まれてくるであろう廃線跡を放置させずまちづくりに活かし再利用するため、廃線事例のプロセスとその後の運営方法を明らかにする。そこで2-1で挙げた廃線路や駅舎を再利用している団体にヒアリング調査を行った。

その後、廃線路周辺住民の方がその廃線路に対してどのような考えや気持ちを持っているかを明らかにするために、旧桃花台線沿線に住民にアンケート調査を行った。こちらは、google フォームを作成しQRコードを読み込んでもらい回答してもらう。

3. 旧桃花台線廃線後の歴史

廃線前の2005年に行われた桃花台線のあり方検討会²⁾では、「現行システムでの継続は不可能」「導入可能な新システムを検討模索する」「新システム導入が困難となった場合は存続は難しい」とあり、「18年度中頃には資金が枯渇する」とまで記載されている。2011年の愛知県包括外部監査結果報告³⁾では、旧車両基地のみ利活用。「地域住民のための活用を第1に～」と記載されていることから、当時は再利用する動きがあったことが予想できる。

4. 県と市に対するヒアリング調査

廃線路を再利用している団体にヒアリング調査を行う前に、旧桃花台線の位置する小牧市の都市政策部と、駅舎や高架橋の持ち主である愛知県の交通対策課にヒアリング調査を依頼したが、小牧市の方からは質問の大半は具体的に答えられない。答えることが出来ない、というふうに言われた。県の方からは、ヒアリング調査は断られ文面で簡素に回答を頂いた。内容としては概ね、旧桃花台線全線を撤去する方針であること。当時の議事録はないこと。市民の声を把握していないことを確認した。

5. 廃線事例のプロセスとその後の運営の調査

5-1 廃線路に関わっている団体への調査

黒野駅レールパーク、西中金ふれあいステーション、レールマウンテン GattanGo! へ施設が出来るまでの過程やどのように運営しているかなどヒアリング調査を行った。

表 5-1 ヒアリング調査概要

調査日	11月9日	11月18日	12月19日
調査対象	特定非営利法人くろの代表 山田宏志さん	西中金愛護会 松井靖さん 鈴木昭彦さん 鈴木昇さん	NPO法人 神岡・町づくりネットワーク 田口 由加子さん
ヒアリング内容	・オープンするまでの経緯 ・どのように仲間を集めたか ・後継問題 ・お金、施設の管理 ・周辺住民にとってどのような場になっているか ・行政との関わり		

ヒアリング調査の結果、黒野駅レールパークと西中金ふれあいステーションのような主に地域の憩いの場、交流の場としての役割を担う場所。レールマウンテン GattanGo! のように観光スポットとしての役割を担う場所の2箇所に分類される。

これら二つに共通している点は三つある。一つ目は廃線になってしまう駅舎や路線へ愛情を持つ人がいる点であり、このような人がいると再利用へ向かいやすい。二つ目は行政や市民団体が積極的な動き出しを見せている点であり、どちらかがこのような動きを見せることによって施設や新たな団体が生まれ廃線路の活用に至っている。三つ目は後継問題。どの場所も運営団体の高齢化が問題となっており、若い人の参入が急務となっている。

相違点としては行政との関わりと周辺住民との関わりである。前者の、地域の憩いの場、交流の場となっている場所は行政との深い関わりがあり団体と協力し合い施設の運営を行っている。しかし後者の観光スポットとなると、最初から収益化を考えていたことや、鉄道路線のためという意向があったことから行政周辺住民関わりは比較的少なくなっている。前者は住民にとって憩いの場となっており愛されていることが運営者や行政からの話から分かるが、後者の方は関わりといったものはほぼ無ない現状があった。

5-2 当該地域の市町村への調査

表 5-2 市町村へのヒアリング調査概要

調査日	12月19日	12月6日
調査対象	大野町 まちづくり推進化	猿投支所 井沢さん
ヒアリング内容	・指定管理にした理由 ・どのような役割を担っているか ・苦勞している点	

指定管理の理由としては、市が持つてしまうと上に申請する過程で様々な段階を踏まなくてはならず時間が掛かってしまうが、指定管理だと段階が少なく、ほぼお金を渡すだけで良く比較的簡単に運営をすることができる。役割としては、地域住民の交流の場として活性化に貢献してもらっていて周辺の方達の憩いの場になっている他、県外からのお客さんもいるので、知名度向上にも貢献してもらっていて本当にありがたいと仰っていた。

苦勞している点としては、高齢化問題の他、予算を取るのが難しく人気があるからこそ万が一予算が止まって閉業になった時の影響が大きいことが懸念されている。

市町村の方々から、「頭が上がらない」「とても感謝している」といった事を耳にしたことから行政からもその施設を一緒に守っていききたいという気持ち、団体の方々へのリスペクトの気持ちが窺えた。

5-3 旧桃花台線周辺住民による跡地に対するアンケート調査

旧桃花台線沿線に住んでいる方に Google フォームにてアンケートを作成し QR コードを配布した。

表 5-3 ポスティング調査概要

調査日	12月23日～12月31日	
調査方法	ポスティング調査	
対象場所	小牧原駅周辺	桃花台ニュータウン周辺
対象者	小牧原駅周辺住民	桃花台ニュータウン周辺住民
回答数	4	44

表 5-4 アンケート項目

・性別 ・年齢 ・居住歴 ・住まい ・旧桃花台線の構造物の今後のあり方に関心があるか ・桃花台線が走っていたことを知っているか ・構造物すべての取り壊しが決まっていることを知っているか ・構造物を一部でも残したいか ・取り壊しに賛成か ・構造物の撤去もしくは再利用する動きを行政から感じられたか ・構造物の撤去もしくは再利用する動きについて説明があったか ・近くに憩いの場、交流の場はあるか ・観光地として紹介できる場所はあるか ・あるとすればどこか ・もし再利用するならどのような場所を期待するか ・もし旧桃花台線を残す場合それらのイベント等の運営などに協力したいか

アンケートの概要・項目は表 5-3、5-4 に示す。以下、アンケート調査結果の一部をまとめた。

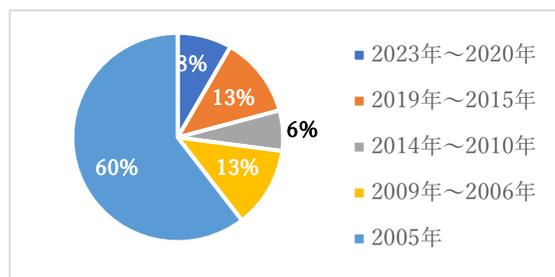


図 5-1 居住者の居住歴

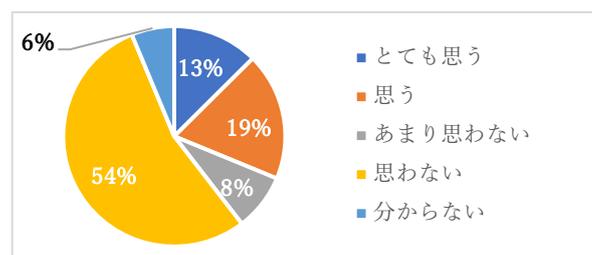


図 5-2 構造物を残したいと思うか

図5-2から構造物を残したいと思う人が全体の1/3に留まり、2005年（桃花台線廃線）以前から住んでいる方29名（図5-1より）の内、構造物を残したいという方は9名に留まった。

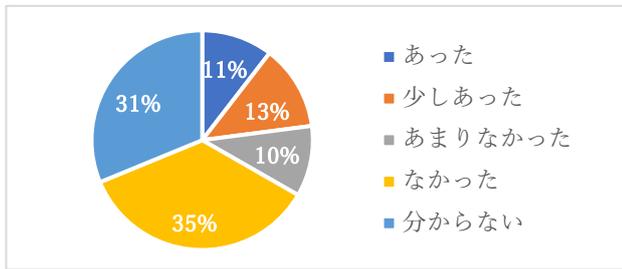


図5-3 行政から撤去もしくは再利用の説明はありましたか

図5-3から少なくとも行政からの動き及び説明が十分に行われていなかったことが分かる。「あった」もしくは「少しあった」と答えた11人の内8名が2009年以前から住んでいる人であった。

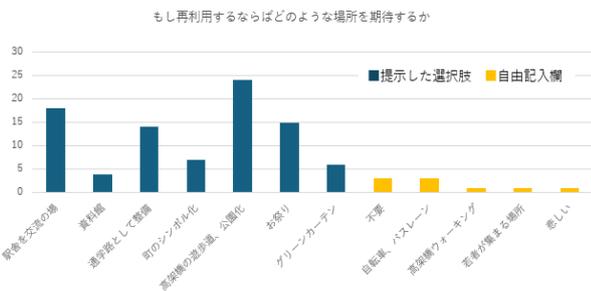


図5-4 再利用するとしたらどのような場所を期待するか

図5-4から、高架橋の遊歩道もしくは公園化が一番多く、次いで駅舎を交流の場として利用する項目が多い一方、自由記載欄には不要という声もいくつか見受けられた。

6. 考察

図5-1、図5-2から周辺住民や実際にピーチライナーが走っている姿を見たであろう人であっても旧桃花台線に対して愛情や思い入れがあるとは言いきれないことが分かる。その他、住民から見たとき行政からの動きを感じる事が出来なかった。説明がなかった。もしくは分からないと答えた人が多いことから、行政の動きが鈍いことが分かる。実際にヒアリング調査を行った場所は行政からの動き出し、又は住民の団体が動き出して始まっているので、住民を巻き込むことが最重要と言える。

7. 結論

今後、廃線路になってしまう場所が出来たときに最低限必要な物が二つあると考える。一つ目は、未来予測である。旧桃花台線は、2005年に開催された「桃花台線のあり方検討会」では「現状のままでは、平成18年度にも運営資金が枯渇するものと見込まれる。」²⁾（原文ママ）と記載されている。また、廃線後の動向として、ポスティング調査の結果や、過去のタウンミーティングに「ようやく県が（中略）取り壊しを～」⁴⁾とあるように、行政の方があまり積極的に動いていなかったことが窺える。これらから未来予測をしていないことが分かる。しかし、廃線路を活用している団体は、廃線前から動きを見せている団体があった。これらが活用のための潤滑剤となり廃線路の終わりに向けて滞りなく進めることが出来る。

そして二つ目が廃線路、町に対する熱を持った人である。ヒアリング調査でお話を伺った三箇所すべてにその廃線路や町に対して熱や愛情を持つ人がいた。旧桃花台線沿線住民へのアンケートでも少なからず廃線路に対して残したいと思う人がいるように、どの廃線にも熱や愛情を持つ人がいると考えられる。そして、行政がそのような人を見つけ、他の住民と繋げる。そうすれば熱が周りに伝達していき廃線路の終わりに向けてスムーズに進めることが出来る。そしてそのような人たちが主体となって動きやすくするためにも市民から見て分かるように動き、熱が広がっていくようにする事も重要だと考える。どのような段階を踏むにしろ、廃線後のプロセスにはこの二つの要素が必要であり、それがないと廃線路は負の遺産として残り続けてしまう。

参考文献

- 1) 国土交通省：地域鉄道対策（参照 2023-12-03）
https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk5_000002.html
- 2) 愛知県：桃花台線のあり方に関する提言,2005年3月（参照：2023-10-01） 2638.pdf (pref.aichi.jp)
- 3) 愛知県：平成22年度愛知県包括外部監査結果報告書,2011年1月（参照：2023-10-01） 20220.pdf (pref.aichi.jp)
- 4) 小牧市：市政報告とまちづくり懇談会(参照:2023-12-30)04_ag.pdf (city.komaki.aichi.jp)

“東海オンエア”が岡崎市のまちづくりにもたらす効果に関する研究

EC20076 宮川昂己

1. 研究の背景と目的

本研究では YouTuber の中でも人気のある岡崎市で活動している東海オンエアに着目をする。東海オンエアは他の YouTuber と違って聖地が多く感じ、人気もあるため聖地巡礼をする人達が多くいる。東海オンエアが投稿を始めた最初は人気がないため聖地巡礼をする人が少ない。月日が過ぎることで人気が出てきて聖地巡礼をする人たちが多くなってきている。そのため、岡崎市はまちを良くすることを考えると考えられる。そのため、岡崎が東海オンエアの聖地巡礼のためにどのようなまちづくりをしているのかを見してみる。また、東明オンエアが有名になっていくことで岡崎市にどのような効果があったのかを見してみる。

また、東海オンエアは岡崎で活動して10年が経ち、その10年間で数多な聖地が生まれてきた。その聖地に着目して研究を進めてきた。動画に出て来たところやメンバーのマンホールやパネルなどが置いてあるところを聖地としファンは聖地巡礼を行う。聖地巡礼は、車と公共交通機関では聖地巡礼のしやすさなどが異なってくる。距離が離れている聖地があるため、車で移動した方が聖地巡礼をしやすいと思われる。車で聖地巡礼をする人と公共交通機関を使う人では、聖地巡礼のしやすさなど、思うことは違ってくる。そのため、本研究では岡崎市がどのようなまちづくりをしているのか、聖地巡礼者はどのようなことを思っているのか、また聖地が聖地となることでの良い点悪い点や街の変化などの評価を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の枠組み

2-1 研究対象の概要

研究対象地は愛知県岡崎市とする。岡崎市は愛知県の中央部にあり、名古屋市から約 35 km の距離に位置する。岡崎市の市域は東西 29.1 km、南北 20.2

km、面積 387.20 km²あり、県内3番目の規模を持っている。東西に東京から大阪を繋ぐ、国道1号が横断し、南北には蒲郡市から岐阜市を繋ぐ国道248号線と、蒲郡市から静岡県牧之原市を繋ぐ国道473号線が縦貫している。この岡崎市では、東海オンエアという YouTuber が活動している。

東海オンエアとは、愛知県岡崎市に拠点を置き、6人組で活動する YouTube クリエーターである。個性溢れるネタ動画を中心に様々なジャンルの動画を投稿し、人気を集めている。2013年に動画投稿を始め、今ではチャンネル



写真1 東海オンエア

登録者数は701万人、総再生回数は13億回である。2023年10月には10周年を迎え、より一層注目を集めている。2016年には、岡崎市観光伝道師に任命されている。任命されてから、変化が大きかったのは、客層である。岡崎市はこれまで、武将や歴史観光でPRしていたため、年配の方が多かったが、東海オンエアが岡崎市観光伝道師に任命され、有名になっていく事で、若い世代の来訪が多くなっている。岡崎市には東海オンエアの

表1 主な聖地

聖地があり、ファンは聖地を巡る聖地巡礼ということをする。聖地とはもともと神や仏、聖人などに関係がある神聖な土地という意味だったが、最近では、アニメやマンガ、YouTube の作品の舞台となった場所、キャラクターや漫画家本人の所縁のある場所を「聖地」と呼ぶようになった。そして、それらを巡ることを聖地巡礼と呼ぶようになった。

東海オンエアの主な聖地
・まんぶく家
・R COFFEE STAND
・キブン、デ、、サチオ
・暴れん坊チキン
・イオンモール岡崎
・さくらこ。
・シビコ
・マンホールが置いてある場所
・岡崎公園

図1から分かることとして、東岡崎駅周辺に聖地が集まっているため、聖地巡礼がしやすいように見える。しかし、離れている聖地が数か所あることが分かる。この離れている聖地があることで聖地巡礼がしにくくなる1つの要因であると考えられる。

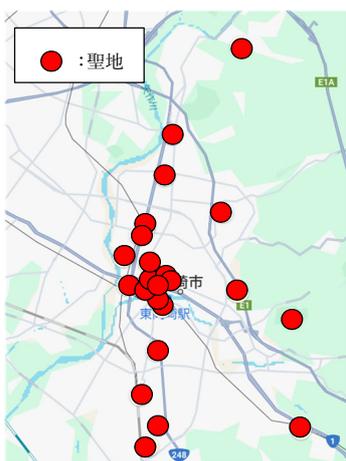


図1 岡崎市西部、聖地の場所

聖地巡礼者アンケートの概要・項目は表2,3に示す。以下、アンケート結果をまとめた。

表4 移動手段

車(54.7%)	64
レンタル自転車(29.9%)	35
自分の自転車(1.7%)	2
電車(48.7%)	57
徒歩(40.2%)	47

図2に示す聖地巡礼のしやすさとして、しやすい、ややしやすいという回答が半分を占めている。

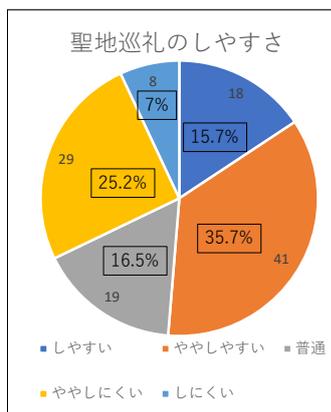


図2 聖地巡礼のしやすさ しにくい、ややしにくいと答えた人が32.2%だった。表4から、電車で移動している人が、全員選んだとは思われない。そのため、車で来た人で、しにくい、ややしにくいを選び、電車で来た人で、しやすい、ややしやすいを選んだ人がいると考えられる。

表5 聖地巡礼のしやすさの内訳

	しやすい、ややしやすい	しにくい、ややしにくい
車	30	11
電車・自転車・徒歩	29	26

表5に示す聖地巡礼のしやすさの内訳としてしやすい、ややしやすいと選択した人は、車とそれ以外では同じ回答数であった。しにくい、ややしにくいと思っている人は、電車、自転車、徒歩の方が倍以上多い。

2-2 調査方法

岡崎市役所経済振興部観光推進課と聖地へのヒアリング調査、東海オンエアの聖地巡礼をしたことがある人へのアンケート調査を行う。岡崎市のまちづくり、聖地巡礼について、聖地が聖地になることでの影響の意識・評価を明らかにする。東海オンエアの聖地巡礼をしたことがある人のアンケートはGoogleフォームで作成し、URLにて行ってもらう。

3. 調査

3-1 聖地巡礼者へのアンケート調査

東海オンエアの聖地巡礼をしたことがある人に対し、聖地巡礼や岡崎市のまちについての関するアンケート調査を行った。Googleフォームにてアンケートを作成し、Twitter(新X)を用いて、URLを拡散した。目的は、聖地巡礼のしやすさ、岡崎市のまちの魅力を聞き、岡崎市のまちづくりについて明らかにする。

表2 聖地巡礼者アンケート

調査日	12月28日~1月10日
調査方法	URL拡散によるアンケート調査
調査場所	Twitter(新X)
対象者	東海オンエアの聖地巡礼をしたことがある人
回答数	117

表3 聖地巡礼者アンケート項目

- ・性別 ・年齢 ・住まい ・職業 ・どこの聖地に行ったことがあるのか
- ・聖地に行った理由 ・何度も行く聖地 ・何度も行く理由 ・交通手段
- ・移動のしやすさ ・しやすさの理由 ・岡崎に何回来たことがあるのか
- ・初めて来た人に、来る前と来た後のイメージの変化
- ・2回以上来た人に、岡崎の街の街の変化
- ・聖地巡礼以外に観光目的で岡崎市内によく行くところ
- ・岡崎の街の魅力を上げるアイデアはあるか
- ・あった場合、その案

表6に示す聖地巡礼のしやすさ、理由として「時間がかからない」「お金がかからない」「聖地と聖地の距離が近い」という回答が多かった。「電動自転車が借りられる」という回答があるので、電車や徒歩で移動する人でも聖地巡礼がしやすい、ややしやすいと回答した人がいると考えられる。

表6 しやすい、ややしやすい

時間がかからない	20
お金がかからない	23
遠い聖地に行きやすい	4
聖地と聖地の距離が近い	40
車道が整備されている	12
歩道が整備されている	12
公共交通が整備されている	12
渋滞が少ない	4
駐車場が多い	7
電動自転車が借りれる	1

「電動自転車が借りられる」という回答があるので、電車や徒歩で移動する人でも聖地巡礼がしやすい、ややしやすいと回答した人がいると考えられる。

表7に示す聖地巡礼がしにくい、ややしにくい理由として、表6とは反対に「時間がかかる」「遠い聖地に行きにくい」「聖地と聖地の距離が遠い」という回答が多かった。これは、公共交通機関を使っている人の解答が多いと考えられる。

表7 しにくい、ややしにくい理由

時間がかかる	23
お金がかかる	7
遠い聖地に行きにくい	22
聖地と聖地の距離が遠い	20
車道が整備されていない	0
歩道が整備されていない	1
公共交通が整備されていない	9
渋滞が多い	9
駐車場が少ない	7
駐車場が有料	1
自転車は疲れる	1

「駐車場が有料」と回答した人は、車で移動している人でも聖地巡礼がしにくいと思う人がいるということだと考えられる。

表8 行ったことのある聖地

まんぶく家	97
R COFFEE STAND	86
キブン、デ、、サチオ	63
暴れん坊チキン	100
イオンモール岡崎	86
壁画	93
藤川宿	51
龍北総合運動場	47
東公園	59
出会いの杜公園	50
南公園	67
籠田公園	78
奥殿陣屋	30
岡崎公園	101
早川公園	60

表9 何度も行く聖地

まんぶく家	54
R COFFEE STAND	50
キブン、デ、、サチオ	46
暴れん坊チキン	75
イオンモール岡崎	39
壁画	23
藤川宿	15
龍北総合運動場	4
東公園	13
出会いの杜公園	5
南公園	22
籠田公園	26
奥殿陣屋	6
岡崎公園	49
早川公園	12

表8、9に示す行ったことのある聖地、何度も行く聖地として、東岡崎駅から近いまんぶく家、暴れん坊チキン、RCOFFESTAND、壁画、岡崎公園に行った人が多く、何度も行く人が多い。反対に、駅から遠い藤川宿、龍北総合運動場、東公園、奥殿陣屋に行く人が少なく、何度も行く人が少ない。

表10に示す岡崎市の魅力を

表10 アイディア

上げるアイディアとして、持っているという回答が24件、全体の22%あった。回答で出てきた案では、

ある(22%)	24
ない(78%)	85

- ・田舎であるゆえに難しいと思うが、バス等の公共交通サービスを充実させれば周りやすくなると思います。車が無いと回りづらい。

- ・渋滞が多いのが問題点。街中を移動しやすくすれば、多くの場所や建物に行きやすくなり、より岡崎の魅力を感じてもらえると思う。
 - ・実際に来月から移住するのですが、東岡崎駅周辺に夜遅くまでしているスーパーがないのが不便。観光で行っていた時もスーパー無さすぎて困りました。
- などの回答が出た。多くの意見が、交通サービスの改善であった。

3-2 岡崎市観光推進課へのヒアリング調査

岡崎市経済振興部観光推進課へ東海オンエアがもたらしているまちづくりに関するヒアリング調査を行った。目的は岡崎市がこれまでに東海オンエアが関係するまちづくりの取り組み、市が考える問題を明らかにする。ヒアリング詳細は表11に示す。

表11 岡崎市役所ヒアリング調査概要

調査日	12月14日
調査対象	岡崎市役所観光推進課 山本さん
ヒアリング内容	<ul style="list-style-type: none"> ・聖地巡礼について意識していること ・聖地巡礼者が増えていく事への問題点 ・問題点の解決策

聖地巡礼で意識していることについては、岡崎市の主要な観光地が点在しているため、徒歩で移動するには遠いことが多いため、移動手段としてサイクルシェアを導入した。聖地巡礼者が増えていく事で発生する問題点として、ゴミのポイ捨てや交通マナーを遵守せずに写真撮影を行うといった行為の苦情が出てきている。しかし、このようなマナー違反による各種問題の発生は東海オンエアファンに限ったものではないと捉えている。この問題点の解決策として岡崎市が取り組んでいることとして、観光公式サイトでの注意喚起を行っている。

3-3 聖地へのヒアリング調査

東海オンエアの聖地へ聖地になることでの、東海オンエアの影響に関するヒアリング調査を行った。目的は、聖地が東海オンエアの影響力でどのように変わったのかを明らかにする。「南公園」「東公園」「暴れん坊チキン」「奥殿陣屋」「さくらこ。」「藤川宿」の6カ所の聖地に電話によるヒアリング調査を行った。ヒアリング詳細は表12、13に示す。

表 12 聖地ヒアリング調査概要 1

調査日	12月20日	12月27日	12月20日
調査対象	南公園 川淵さん	東公園 公園緑地課 城殿さん、林さん	暴れん坊チキン 射り口さん
調査日	12月26日	12月20日	12月26日
調査対象	奥殿陣屋 市川さん	さくらこ。 本間さん	藤川宿 山下さん

表 13 聖地ヒアリング調査概要 2

ヒアリング内容	<ul style="list-style-type: none"> ・聖地になって、良かった点悪かった点 ・聖地になって、周りの街の変化 ・聖地になって、店として変わったところ ・聖地になって、岡崎市が協力してくれたこと ・聖地になって、どのようなまちづくりをしてきたか
---------	---

全体的に似ている意見としては、良かった点として、全国から来てもらえる、若い客が増えた、お店・公園を知ってもらえるきっかけになったという東海オンエアならではの回答であった。悪かった点として、さくらこ。と東公園の2カ所から回答があった。さくらこ。さんからは、ご年配の方が集まる場所をコンセプトとしており、休みの日に若者が多く来店し、ご年配の方に若者の集まる場所と認知されなくなってしまう可能性があり、コミュニティがつくられていないと回答していただいた。東公園さんからは、岡崎市役所さんと似ていて、ごみのポイ捨てが増えたり、園内では自転車に乗ることは禁止されているが、自転車に乗る人が増えたといったマナー違反について回答をいただいた。場所によって、良い点も出れば問題点も出る。この問題点を無くすためには、どのようなことをすればいいのかを考察する必要がある。

4. まとめ

聖地巡礼者への調査で聖地巡礼のしやすさとしてしやすい、ややしやすいという回答が半分の割合を占めていた。しにくい、ややしにくいという回答は32.2%あった。聖地巡礼のしやすさでしやすい、しにくいと共通して言える理由は、お金、時間、聖地間の距離であった。聖地巡礼を車ですること、お金がかからない、時間がかからない、遠い聖地に行きやすいといった聖地巡礼が行いやすい理由が多くある。電車や徒歩、レンタル自転車で聖地巡礼をすると、お金がかかる。時間がかかる、遠い聖地に行きにくいといった、聖地巡礼がしにくい理由が多くある。しかし、車で行く人でもお金がかかる、時間がかかると思っている人もいた。それに反して、電車や徒歩、レンタル

自転車で聖地巡礼を行う人でもお金がかからない、時間がかからないと思っている人もいた。岡崎市の魅力をあげるアイディアでは、117人中24人の回答があった。アイディアの多くは「渋滞を無くす」「交通の便利さをアピールする」「サイクルシェアを増やす」など交通系の回答と「東海オンエア聖地巡礼用のシャトルバスを作る」「より東海オンエアを感じるものが増えていって欲しい」「東海オンエアに関係したイベントを増やす」といった東海オンエアに関する回答があった。

岡崎市は以前まで歴史観光を進めていたため、ご年配の方が多く、若い層は少ない傾向にあった。しかし、聖地への調査で良い点として、全国から来てもらえる、若い客が増えた、お店・公園を知ってもらえるきっかけになったという回答が挙げられた。これは、東海オンエアの影響だと考える。問題点として、ごみのポイ捨て、マナー違反が出てきた。これも、東海オンエアの影響だと考える。

東海オンエアは2016年に岡崎市の岡崎観光伝道師に任命されていて、2023年で7年目となる。岡崎市観光伝道師に任命されることで、東海オンエアは誘客促進や知名度向上などまちづくりに大きな影響を与えてきた。そのため、今後も岡崎市が活性化するためや知名度向上するためには聖地であるお店、公園や、聖地巡礼者を大切にしていけることも必要である。そして、東海オンエアが岡崎市で活動し続ける限り、聖地が増えて、ファンも増えていくので、街が活性化していくことが見込める。

参考文献

- 1)愛知県岡崎市公式観光サイト岡崎お出かけナビ：“東海オンエア×岡崎市の取り組みに対する質問集”，一般社団法人 岡崎市観光協会, <https://okazaki-kanko.jp/news/5091>,(参照 2024-01-16).
- 2)URBAN LIFE METRO：“聖地巡礼の「聖地」とは何なのか？マンガ・アニメの都内シンポジウムでじっくり考える”，URBAN LIFE METRO,2019-12-10. <https://urbanlife.tokyo/post/25582/>,(参照 2024-01-02).

陶磁器産業地域における関連事業所の立地変容に関する研究
 ～2001 年から 2021 年における多治見市の製造業に着目して～

EC20077 三宅 駿介

1. 研究の背景と目的

我が国では地場産業地域の衰退が激しくなっている。地場産業は日本の伝統でもあり、時代とともに残していく、共存していく必要があると考える。本研究では、地場産業の中でも特に衰退の激しい陶磁器産業の美濃焼地域、岐阜県多治見市に着目する。日本三大陶磁器である美濃焼は約 1300 年の歴史を持ち、陶磁器の国内シェアの約半分を占めている。しかし、経営者や職人の高齢化、後継者不足、原料の不足などにより空き工場が増えてしまっている。また、美濃焼は他の有田焼や瀬戸焼に比べ、認知度が低い。美濃焼の関連事業所の今後の活用方法を考えていくことで、陶磁器産業地域の衰退を食い止め、新たな活用方法を見いだすことができると思う。

多治見市の 2001 年から 2021 年の陶磁器産業の事業所の立地動向と利用実態を調べ、どのような影響をもたらしているのかを明らかにする。そして、減少した事業所の今後の利活用方法について考察することを本研究の目的とする。

2. 研究の枠組み

2-1 対象地域

本研究では美濃焼の主要産地である岐阜県多治見市の陶磁器産業の事業所を研究対象とする。

2-2 研究方法

まず、事業所のデータを得るために 2001 年と 2011 年は冊子版のタウンページから取り出し、2021 年は i タウンページから取り出す。次にそれぞれの年の事業所が比較できるように Excel にまとめる。Excel でまとめた業種別のデータより、2001 年から 2011 年、2011 年から 2021 年の事業所の変化を調べる。GIS を使用するため、座標を google マップより取り出す。取り出した座標を使用し、事業所の場所を業種別や年代別などでわけて GIS に示す。GIS より、減少率が高く 1 つの地域にまとまっている高田町、

滝呂町、市之倉町の陶磁器製造に着目する。それぞれの地域のなくなった事業所を google マップに示し、現在の様子を現地調査する。現地調査の結果より、各事業所の立地、建築面積、接道状況、利用実態を調べ、新たな土地利用について考えていく。

3. 事業所の現状

3-1 業種別の分類

表 1 分類表

業種	種類
製造業	顔料・タイル・窯業原料・電気絶縁材料・ガラス加工・陶芸材料・ガラス工芸(ステンドグラス)・陶磁器上絵付・ガラス食器製造卸・陶磁器製型製版・ガラス製造卸・陶磁器製造・ガラス繊維・配管材料・ガラス容器製造卸・風呂釜浴槽・かわら・理化学機械器具・かわら(家庭用)・匣鉢(こうばち(窯道具))・れんが・白土ベントナイト・衛生設備陶器・築炉工事・酒具・電気炉・七宝焼・窯業機械・食器・手芸品・食器(業務用)工芸作家・石灰・陶芸家・セラミックス製品加工・耐火材料
卸売業	工芸品・陶磁器卸・民芸品・陶芸教室
小売業	陶工芸店・やきもの工芸店・陶磁器店

3-2 事業所の立地動向

陶磁器産業の製造業の事業所を google マップより座標を取り出し、GIS を使ってどのような傾向があるのかを調べた。

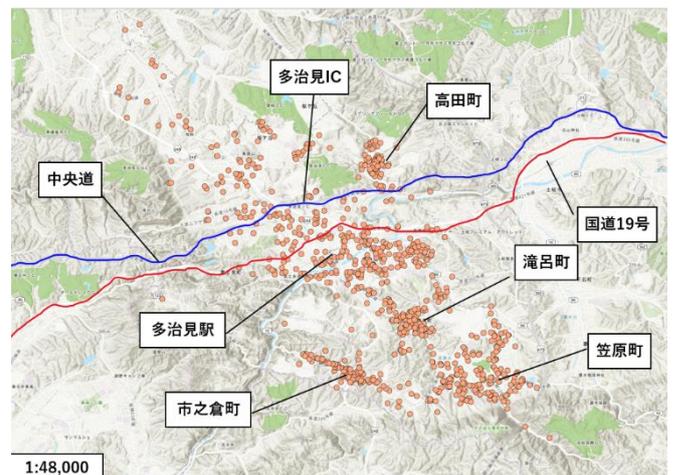


図 1 製造業の立地動向 (2001 年)

表2 製造業の事業所数の変化

		2001	2011	2021	2001~2011	2001~2021
製 造 業	陶磁器・陶磁器製品	995	523	370	47.4%	62.8%
	セラミック製品・加工	12	9	8	25.0%	33.3%
	タイル	431	236	163	45.2%	62.2%
	電気絶縁材料	0	0	0	0.0%	0.0%
	陶芸材料	27	13	9	51.9%	66.7%
	陶磁器上絵付	113	44	21	61.1%	81.4%
	陶磁器製型・製版	50	27	15	46.0%	70.0%
	陶磁器製造	329	182	114	44.7%	65.3%
	匣鉢	8	2	4	75.0%	50.0%
	陶芸家	17	10	9	41.2%	47.1%
	その他	7	5	11	28.6%	-57.1%
陶磁器以外の窯業製品		32	20	30	37.5%	6.3%
顔料・窯業原料		83	54	24	34.9%	71.1%
特殊産業用機械器具製造業		11	7	7	36.4%	36.4%
計		1121	604	431	46.1%	61.6%

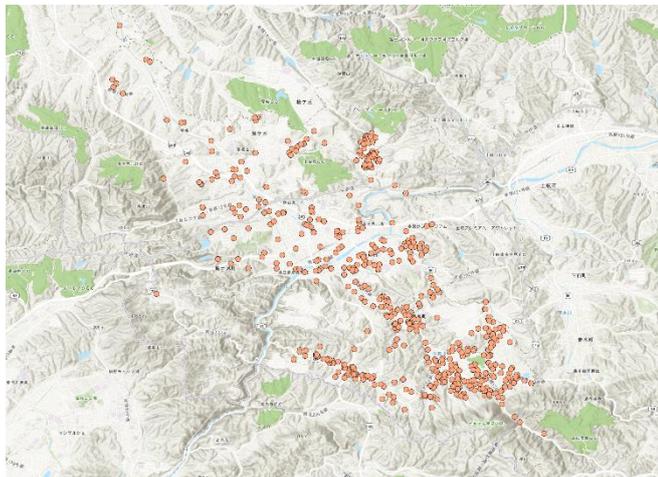


図2 製造業の立地動向 (2011年)

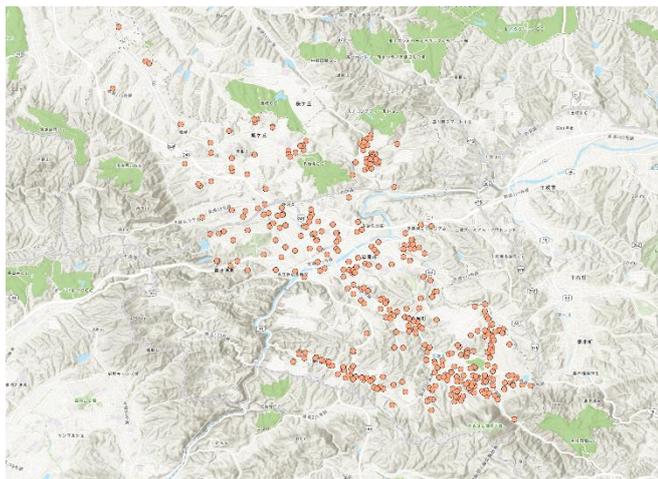


図3 製造業の立地動向 (2021年)

マップを見てみると、年を追うごとに明らかに事業所数が減少している事がわかった。また事業所が集中している地域がいくつかあることもわかった。

3-3 事業所の減少数と減少率

表2は製造業の業種別の事業所数と減少率を表したものである。

事業所数を見てみると、2001年はタイル、陶磁器製造、陶磁器上絵付、2011年はタイル、陶磁器製造、顔料・窯業原料、2021年はタイル、陶磁器製造、陶磁器以外の窯業製品の順で多い事がわかった。減少率を見てみると、2001年～2011年は匣鉢、陶磁器上絵付、陶芸材料、2001年～2021年は陶磁器上絵付、顔料・窯業原料、陶磁器製型・製版の順で高い事がわかった。

4. 現地調査

4-1 現地調査対象

現地調査は図4の高田町・滝呂町・市之倉町の減少した事業所を対象に行う。選定理由は、陶磁器製造の事業所が集中しており、その地域に与える影響が大きい為、研究の対象地として最適であると思ったからである。調査方法は、現地に行き、全ての事業所の写真を撮り、まとめることとする。

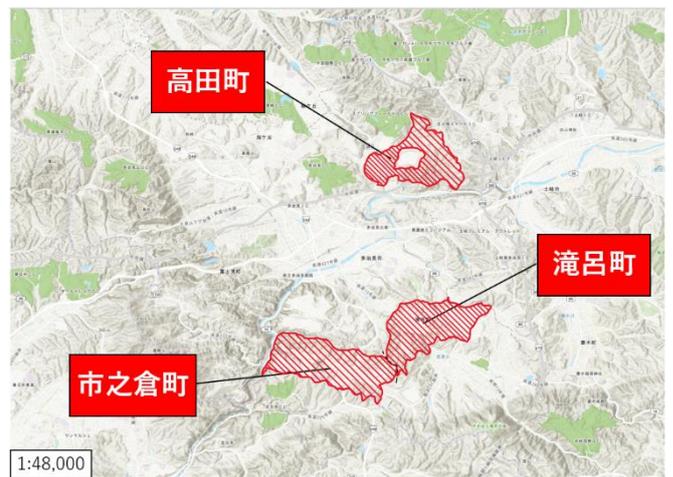


図4 現地調査対象地域

4-2 現地調査結果

調査結果からわかったことは、現状として新居や新たなものとして利用されている事業所が少なく、空き工場に関してはそのまま放置されている場所がほとんどであった。空き工房に関しては、そのまま住宅として利用されていることがわかった。また、タウンページでは表記されておらず、廃業扱いだっ

た場所も、現地に行ってみると現在も営業している事業所が多くあった。

表3は各町の用途別の利用実態を表したものとなる。

写真1は、工房としては使っていないが、住居として使っている場合の例となる。

表3 無くなった事業所の用途別利用実態

	2001年			2011年		
	高田町	滝呂町	市之倉町	高田町	滝呂町	市之倉町
空き工場・工房	5	10	11	0	2	5
空き工・家	5	7	9	1	6	5
別の事業所	2	1	1	0	0	2
新居	5	2	2	0	0	1
不明	0	0	3	2	0	0
合計	17	20	26	3	8	13



写真1 空き工・家の例

5. 無くなった事業所の現状

5-1 無くなった事業所の立地

図5、6、7は各町の2001年～2021年の事業所の立地をGISで表したものになる。どの地域も事業所が密集しており、地域に与える影響が大きいことがわかる。また、現在残っている事業所よりも無くなってしまった事業所の方が多いたことがわかった。

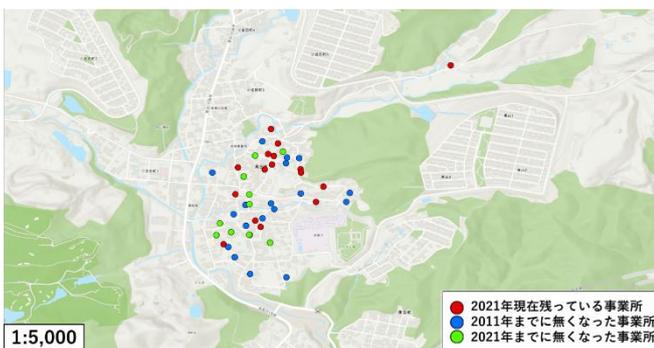


図5 高田町の陶磁器製造の事業所データ (2001年～2021年)

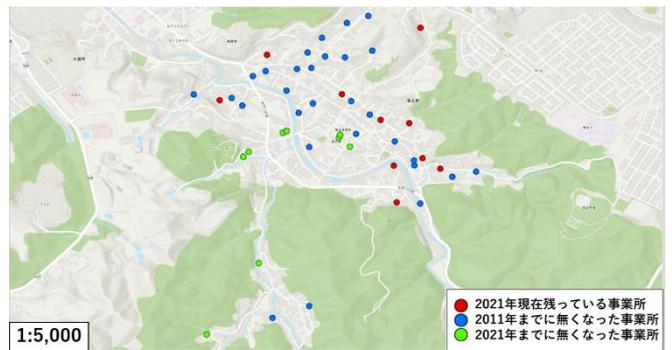


図6 滝呂町の陶磁器製造の事業所データ (2001年～2021年)

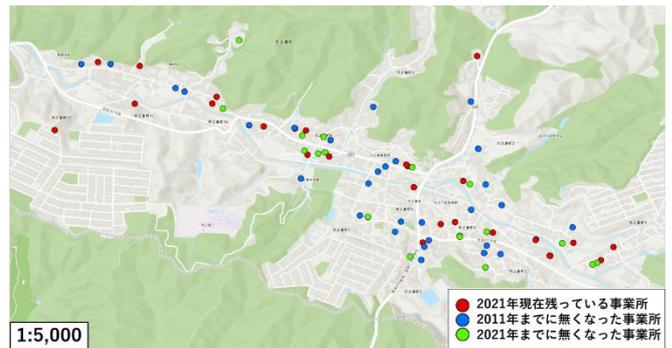


図7 市之倉町の陶磁器製造の事業所データ (2001年～2021年)

5-2 事業所の建築面積と接道状況

各町のなくなった事業所の現在の建築面積を表4に、接道状況を表5にまとめた。表4からは、無くなった事業所の半数以上は建築面積が200.0㎡以下で、大規模な工場は少ないことがわかった。表5からは、約7割程度は幅員が4.0m未満の道路と接しており、新たにその土地に建築物を建てるには、セットバックを用いて建てなければならないことがわかった。図8、9、10は各町のなくなった事業所の建築面積・接道状況・利用実態を色と図形でGISにあらわしたものである。

表4 減少した事業所の建築面積

建築面積 (㎡)	0.1~50.0 赤	50.1~100.0 橙	100.1~200.0 黄	200.1~300.0 緑	300.1~400.0 水	400.1~ 紺	不明 黒	合計
高田町	0	4	5	4	2	1	3	19
滝呂町	1	3	8	6	1	3	6	28
市之倉町	1	6	16	5	2	3	3	36
合計	2	13	29	15	5	7	12	83

表5 減少した事業所の接道状況

接道状況 (m)	0.1~3.9 ○	4.0~ □	合計
高田町	18	1	19
滝呂町	18	10	28
市之倉町	20	16	36
合計	56	27	83

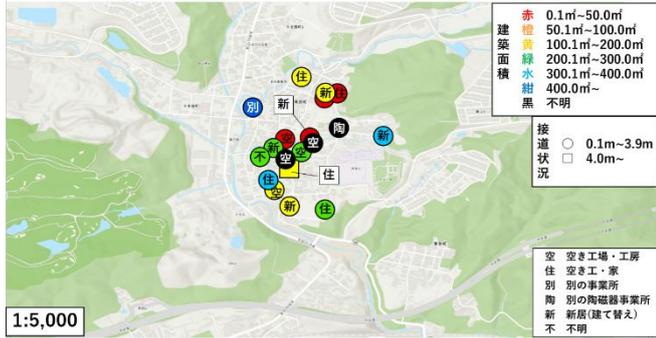


図8 高田町の無くなった事業所の建築面積・接道状況・利用実態



図9 滝呂町の無くなった事業所の建築面積・接道状況・利用実態



図10 市之倉町の無くなった事業所の建築面積・接道状況・利用実態

4の現地調査及び5-2のデータより、建築面積が200.0㎡以下で4.0m以上の幅員の道路と接道している土地は、そのまま住居として、または新居として利用されている場合が多く、接道する道路の幅員が4.0m未満になると、新たな土地利用をしている土地は一気に少なくなる。セットバックを用いて土地利用をしなければならず、新たに利用されている土地

が少ないのではないかと考える。

5-3 新たな土地利用の可能性

空き工場・工房の状態、現在の建築面積が0.1㎡～200.0㎡、幅員が4.0m以上の道路と接している、住居を建てるにあたって必要であるこの3つの条件を満たしている事業所は、83箇所中7箇所しかない。ほとんどの事業所が幅員4.0m未満の道路に接しており、新たに土地利用をするには厳しい現状であった。しかし、2023年12月13日の空き家法の改正に伴い、幅員が4.0m未満でも安全確保策を前提に建て替えや改築ができるようになった。そのため、以前よりは土地利用がしやすくなった。また、市町村が空き工場・工房の所有者に指針に合った活用方法を要請することもできるようになった。

6. まとめ

新たに土地利用されている事業所は少なく、そのままの状態で放置されたり、工房は住居として利用されたりしていることがわかった。新たに住居を建てたり、別の事業所として利用したりしている土地は、4.0m以上の幅員の道路と接道している場所がほとんどであり、新たな土地利用をするにあたって、接道状況は重要な条件であることがわかった。しかし、空き家法の改正に伴い、以前よりは土地利用がしやすくなった今、多治見市が主となり、政策を行っていくべきだと考える。

参考文献

- 1) 大人の焼き物、美濃焼とは？特徴・種類・窯元・人気作家・歴史のあれこれ
<https://otonayaki.com/blogs/contents/minoyaki>. (参照 2023-12-8).
- 2) ”空家等対策の推進に関する特別措置法の一部を改正する法律(令和5年法律第50号)について”,国土交通省,2023-12-13,
https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/jutakukentiku_house_tk3_000138.html. (参照 2024-1-23).
- 3) iタウンページ <https://itp.ne.jp/> (参照 2023年5月20日～26日).
- 4) タウンページ 岐阜県東濃版(2001年発行).
- 5) デイリータウンページ 岐阜県東濃版(2011年11月発行).
- 6) ビジネスタウンページ 岐阜県東濃版(2011年11月発行).

河川水辺空間のデザインに関する研究

—内津川を対象として—

EC20009 岩田壮基

1. 背景と目的

本研究では、春日井市神領駅付近から内津川に沿って中部大学に続くまでの周辺都市域を対象にする。現在、内津川は三面張り護岸で囲まれた人工的な緑が少ない河川で、例えば現在の計画以上の降水があったと想定すると、春日井市出川町付近で内津川が洪水を起こしたときに浸水の被害にあう危険性が高い。さらに、神領駅から内津川を中心として中部大学までの周辺道路状況をみると、このエリアは河川と鉄道により道路動線が分断されていることもあり、春日井市と名古屋市・長久手市に至る道で数多くの渋滞が発生している、という複数の課題がある。

そこで、以上のような課題解決に向けて、1つ目は、春日井市の3Dモデルの作成2つ目は、内津川を自然豊かな多自然川にする、3つ目は、洪水時の浸水被害の抑制、治水機能の向上、4つ目は、渋滞の解消に向けた提案、の4点について研究した。

2. 解析手法

本課題では、UC-win/road という3次元大規模空間をPCで作成でき、多様なリアルタイム・シミュレーションが行えるソフトウェアを利用して解析を行った。まず、国土交通省地形データ及び衛星写真を本ソフトウェア上に取り込み対象都市域の二次元地図を作成した。その後、国土交通省の3D都市モデル (Project PLATEAU) 春日井市のデータを取り込むことにより対象市街地を三次元化させた。

3. 提案

本研究の第一目的であった UC-win/road を用いて、上述したような手法を使い、本研究対象地域を3D化することに成功した (図1)。作成した3Dモデルは建物配置、サイズ感は、現在の物とまったく一緒できている、しかし、地形の起伏や川のリアル感がないといった所が、まだもの足りないと感じる。作成した3Dマップに基づいて、本研究の目的である春日井市の街づくりへの提案を行っていく。

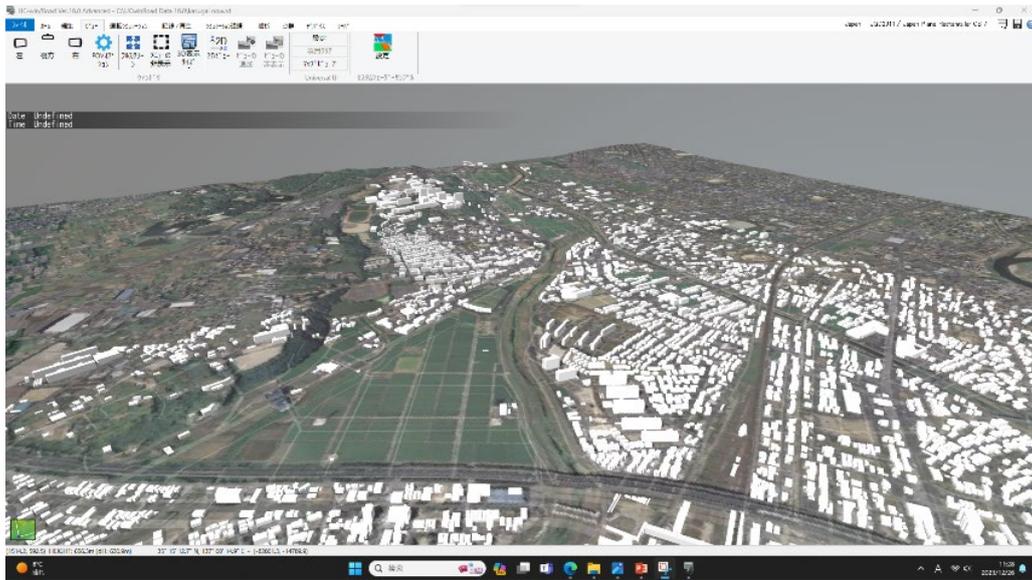


図1 春日井市 3Dモデル

3. 1 多自然川づくりへの提案

本ツールの編集の道路平面図とライブラリを用いて、建築物、道路構造物、木や植物を設置することができる。多自然川づくりを作っていく際に、国土交通省が多自然川づくりの優良事例として提案している景観を参考に、川の両岸に樹林を配置することによって多自然川になるような景観を提案した(図2、図3、図4)。建造物や道路構造物、木、人などは、UC-win/road にすでに入っている3Dデータを使うことによるモデル化できる。また、木や建物に求めている種類がないときはUC-win/roadの3Dデータを新しく入れることが必要となる

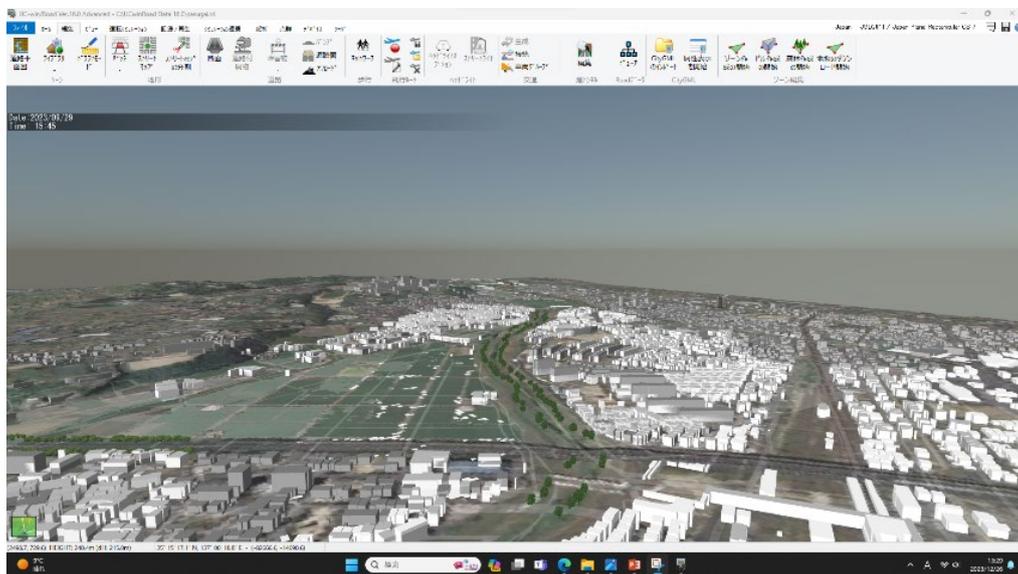


図2 神領駅



図3 神領駅から内津川放水路間



図4 内津川放水路

3. 2 治水機能の向上への提案

春日井市の町の移転案や治水機能の向上、浸水被害の抑制、洪滞の緩和と解消を考えるために、内津川が洪水を起こしたときに洪水浸水被害想定と市街化区域と市街化調整区域を調べた。内津川が洪水を起こしたときに浸水被害想定と市街化区域と市街化調整区域を調べた結果をふまえた上で内津川放水路の春日井市出川町に治水公園を設けて、内津川放水路の右側にアパートを移転案として出すことにした（図5）。

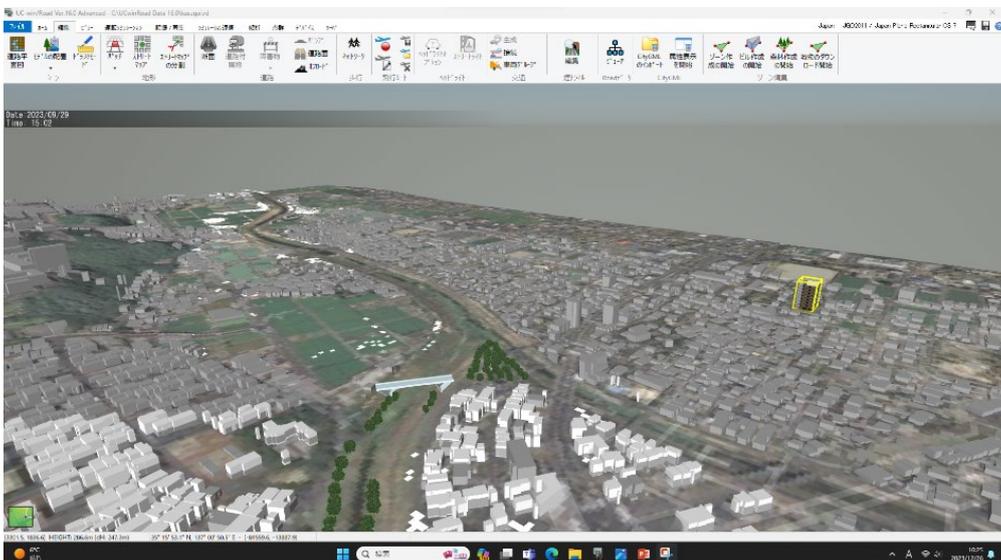


図5 治水公園とアパート移転案

3. 3 中部大学周辺の渋滞緩和に向けた提案

現状の交通網を見ると、本大学周辺の道路は内津川と鉄道が交錯することにより分断が生じている。そのため、155号線を中心に慢性的な渋滞が発生している状況である。そこで、新たな橋の建設を考えた。橋の建設には、市街化区域と市街化調整区域を確認して東側155号線上の渋滞緩和・消化に繋がり、市街化区域範囲内にできるように設置をした(図6)。

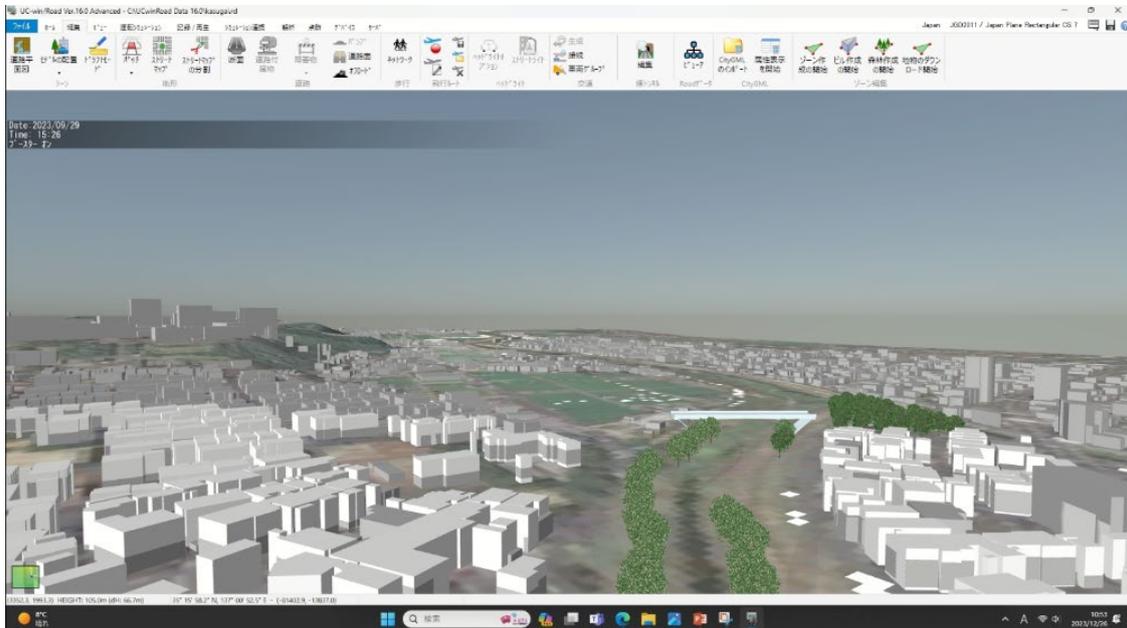


図6 内津川放水路に端の設置

結論

本研究では、春日井市神領駅付近から内津川に沿って中部大学に続くまでの周辺都市域を対象にして、地域の持つ課題解決に向けて、1)内津川を自然豊かな多自然川にする、2)洪水時の浸水被害の抑制、治水機能の向上、3)渋滞の解消に向けた提案、の3点についてUC-win/roadを用いて検討した。得られた主な結果を以下に示す。

- 1) UC-win/roadを用いて現在の春日井市を3D化させることができた。
- 2) 内津川の両岸に樹木を植えることによって、前よりも緑ある多自然川になる。
- 3) 内津川と放水路に分派する地点の本川側に橋をかけることを提案した。それにより、そこから東側155号線上の渋滞の緩和、解消に繋がると推測される。
- 4) 計画高水位を超える洪水での浸水リスクが高くかつ市街化区域であるのは春日井市出川町であった。ここを治水公園として、水害が起きた場合の被害抑制につながるよう配慮した。また、元々そこにお住まいの方達には、より浸水リスクの低い春日井市出川町の内津川の東側への移転を提案した。

参考文献

- 1)国土交通省.“多自然川づくり基本指針”(参照 2023-06-10)
- 2)国土交通省.3D都市モデル(Project PLATEAU)(参照 2023-07-30)
- 3)FORUM8(フォーラムエイト)(参照 2023-07-30)
- 4)MapExpert用途地域マップ(参照 2023-10-20)
- 5)GoogleEarth(参照 2023-10-25)

伝統的治水システムとしての霞堤に関する研究

EC20018 加藤稜人

1.目的

本研究では、豊川の霞堤の通常時や普通の雨が降った時の現状の把握と豪雨の時にどれほどの流量が来たら浸水をはじめなのか、またこれまでの歴史の中での過去最大流量が来た時のシミュレーションを行い、現状での被害の出る範囲と時間を明らかにしていくことを研究の目的とする。

2.研究対象地

愛知県東部を流れ三河湾に注ぐ一級河川である豊川を調査対象地とした。その中で観測地当古（とうご）を参考にデータを使用する。

霞堤とは堤防のある区間に開口部を設け、上流側の堤防と下流側の堤防が、二重になるようにした不連続な堤防のことです。役割として上流で水を溢れさせ下流を守るといった役割があります。



図-1 研究対象地の豊川

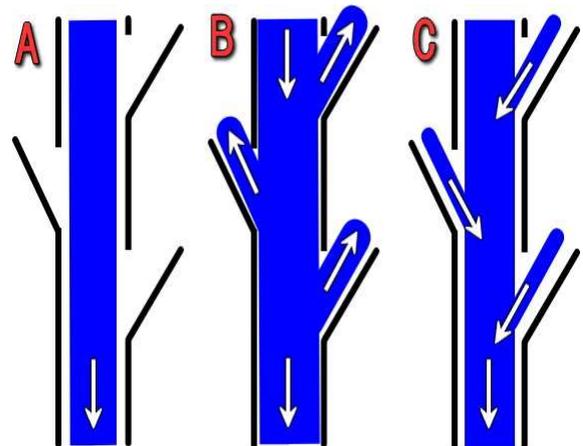


図-2 緩流河川型霞堤 (A-通常時,B-洪水時,C-洪水後)

3.解析方法

河川の流れ・河床変動解析ソフトウェアである iRIC を使用し、その中のアプリケーションである nays2D flood を活用する。iRIC 上にある国土地理院から実際の地形を読み込み現状の霞堤でのシミュレーションを行い豊川の霞堤の役割や洪水が起きた時の被害を調べる。豊川の流量について今回の解析では以下の4パターンを想定した。

1. 通常時 流水量 $11.64 \text{ m}^3 / \text{s}$ 平水時の様子を見るため。
2. 小雨の時 流水量 $\text{MAX}33.83 \text{ m}^3 / \text{s}$ 平水時から少し流量が増えるが霞堤は利用されない時。
3. 通常の雨の時 流水量 $\text{MAX}446.23 \text{ m}^3 / \text{s}$ 流量が増え霞堤が利用される時。
4. 過去最大流量 流水量 $\text{MAX}4068.38 \text{ m}^3 / \text{s}$ 流量が大幅に増え被害が出てしまう時。

4.解析結果

4.1 結果1 通常時（平水流量 $11.64\text{m}^3/\text{s}$ ）

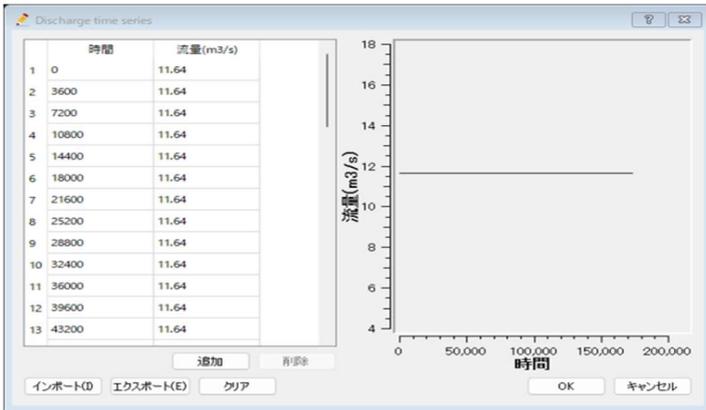


図-3 通常時の流入条件

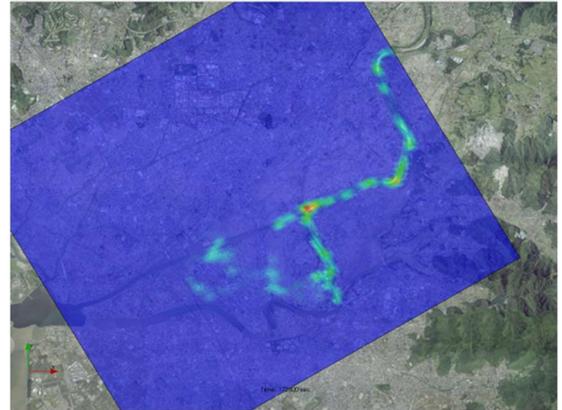


図-4 平水流量 $11.64\text{m}^3/\text{s}$ を流した結果

4.2 結果2 小雨の時（流水量 MAX $33.83\text{m}^3/\text{s}$ ）

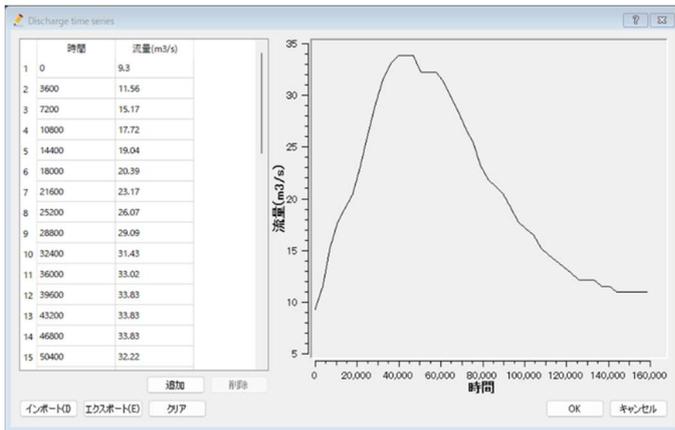


図-5 小雨時の流入条件

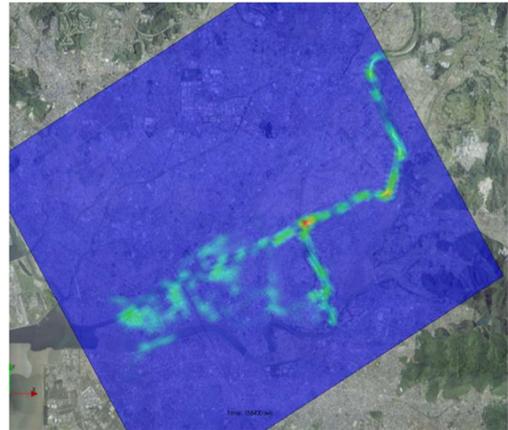


図-6 流水量 MAX $33.83\text{m}^3/\text{s}$ の結果

4.3 結果3 通常の雨の時（流水量 MAX $446.23\text{m}^3/\text{s}$ ）

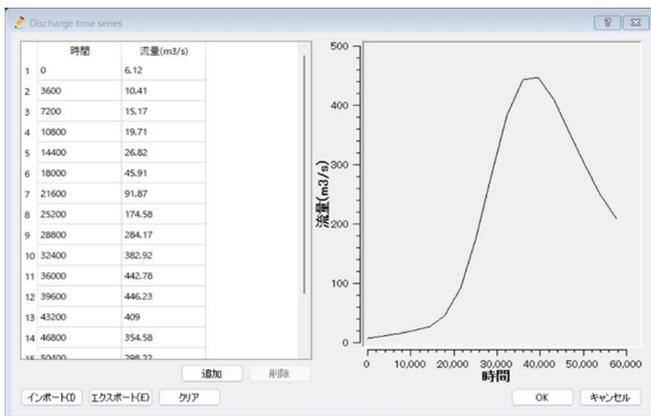


図-7 通常の雨の時の流入条件

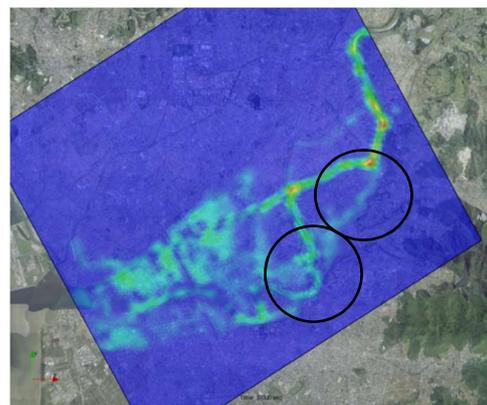


図-8 流水量 MAX $446.23\text{m}^3/\text{s}$ の結果

4.4 結果4 過去最大流量の時 (流量 MAX4068.38m³/s)

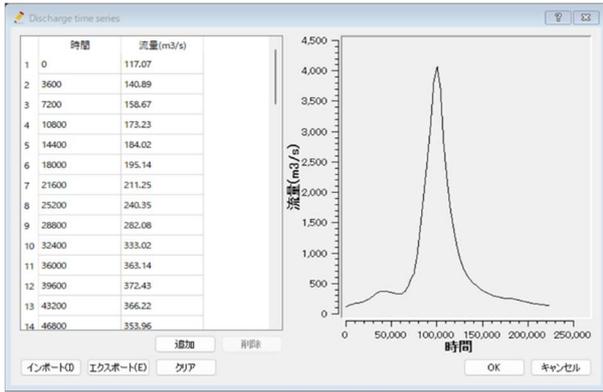


図-9 過去最大流量の流入条件

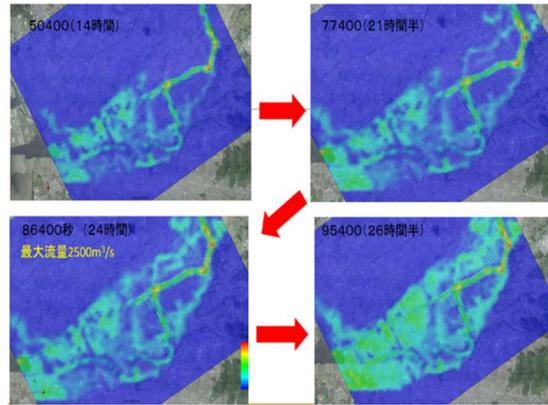


図-10 流量 MAX4068.38m³/s の結果

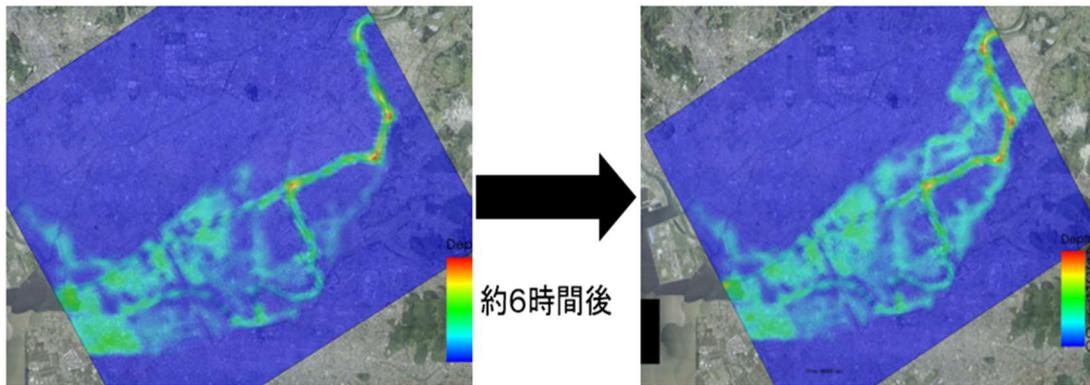


図-11 上流が溢れている6時間

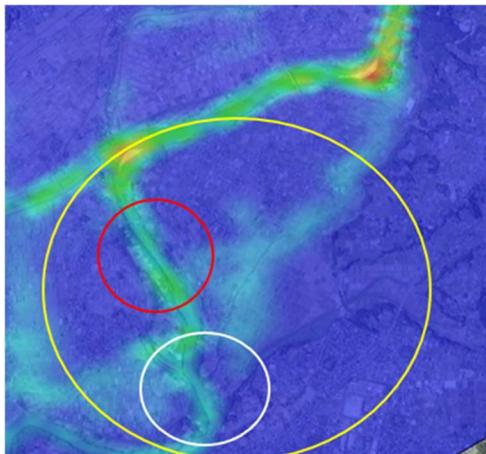


図-12 霞堤 (黄) と比較対象の上流 (赤) と下流 (白)

水位 (上流)	水位 (下流)	時間
2.08	1.04	68400
2.14	1.08	71400
2.21	1.11	74400
2.26	1.13	77400
2.29	1.15	80400
2.37	1.19	83400
2.47	1.24	86400
2.58	1.3	89400
2.67	1.34	92400
2.76	1.38	95400
2.85	1.43	98400
2.9	1.45	101400
2.9	1.45	104400
2.9	1.45	107400
2.9	1.45	110400

図-13 水位変動の数値

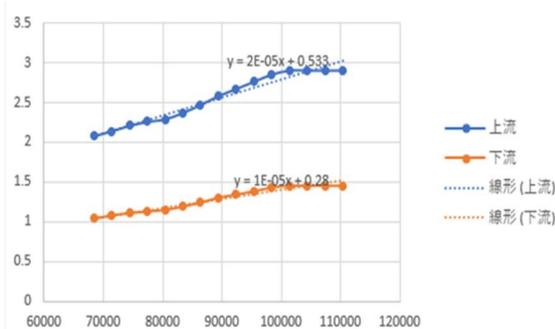


図-14 上流と下流の水位の上がり方

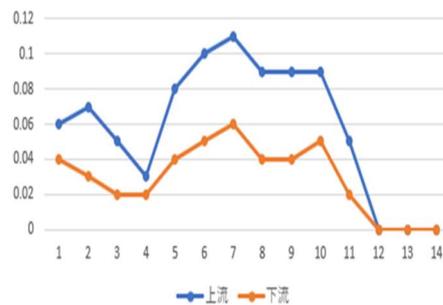


図-15 上流と下流の水位増加量の差

4.5 結果の考察

・結果1の考察

当然平水時は河川から溢れることなく,流れるという結果が出た.

・結果2の考察

図-4を見ると下流が溢れて見えるが,用水路があり田んぼの水位が上がっているだけで被害は出ていない.つまり小雨時は霞堤を使わず河川が溢れることなく正常に機能していると考えられる.

・結果3の考察

図-6の黒丸部分が霞堤であり霞堤に水が流れていることが確認できる.そして他の色がついている場所は結果2の時と同様に田んぼであることから今回の結果3は霞堤を利用したことで市街地に被害が出ることを防ぐことのできた例といえる.

・結果4の考察

この結果から86400秒(図-8の左下)まで市街地に大きな被害がなく抑えられていることがわかる.この時の最大流量が $2500\text{m}^3/\text{s}$ であることから最大流量 $2500\text{m}^3/\text{s}$ の雨までは町が守られることが分かった.また,図-9の上流で溢れている時間が6時間であることから霞堤がなかったら6時間早く溢れていたということが推測できる.

・霞堤の役割についての考察

図-11,12,13の比較結果から上流は下流の約2倍のペースで水位が増えていることがわかる.また,後半には増加量が上流も下流も同じになることから霞堤が溢れたタイミングで水位増加量はほぼ同じになると推測できる.

5.結論

本研究は,豊川の霞堤に重点を置き,水質水門データベースから過去に起きた豪雨データをインポートし現時点での耐えられる水量や霞堤が果たす役割についての実態を明らかにすることを目的とした.得られた主な結果を以下に示す.

- 1) 結果1,2から平水時~小雨(流水量 $\text{MAX}33.83\text{m}^3/\text{s}$)の時までは霞堤を使うことなく河川を流れることが分かった.そして結果3から通常の雨(流水量 $\text{MAX}446.23\text{m}^3/\text{s}$)になると霞堤を利用し始め町に被害が出ないよう役割を果たし始めることが分かった.
- 2) 結果4から最大流量 $2500\text{m}^3/\text{s}$ の雨までは町が守られることが分かった.また,上流で溢れている時間が約6時間であることから霞堤が無かったら6時間も早く溢れ始め被害が出ていたと予測できる
- 3) 霞堤の役割についても結果4から上流と下流では水位が上がるペースが約2倍違うことから霞堤があることで下流の水位増加量を半分程度に抑える役割を果たしているといえる.

参考文献

- (1) 国土交通省 水文水質データベース (river.go.jp) (参照日2023.09.16)
- (2) 流況検索結果 (river.go.jp) (参照日2023.09.16)
- (3) Nays2D_Flood_Examples_ja_3.0_2021.pdf (i-ric.org) (参照日2023.06.07)
- (4) Nays2DFlood_SolverManual_ja.pdf (参照日2023.06.07)

流水型ダムの水理特性に関する研究

EC20035 澤田佳輝

1. 目的

流水型ダムは通常時は水を貯めず、洪水時にのみ貯留効果を発揮する洪水調節機能に特化した新しい形式のダムである。元来からある貯留型ダムは水を貯めることで下流への流量を制限することができるが、土砂も一緒に貯めてしまうため、洪水が起こる度にダム内の貯留量が減少してしまう。地域や水系によっては土砂を貯められる量が 50%も残っていないダムも存在する。また、河川を自然状態のとは異なる流れになるため魚類や周辺の自然環境に悪影響をもたらす。それと比較して流水型ダムは洪水でも水を流し続けるため、土砂をゆっくりと下流に送ることができるので、ダム内の貯留量の減少することがない。また、水を貯めないことで、水や土砂の流れや、魚類の移動など、自然の川に近い河川環境を維持することができる。ダム自体もコンパクトにできることから、建設コストも削減できるといった利点もある。近年、建設コストの削減や環境に対する配慮が求められているなかで、水型ダムが注目されている。

一方で、日本に既設されている流水型ダムは 10 基ほどであり、流水型ダムの実例が少なくため防災事例も少ない。そのためどのように治水できるのか分からない部分もあるため実際に、流水型ダムのモデルを作成し、流水型ダムの水理特性をみる。

2. 流水型ダムとは

流水型ダムとは、ダム堤体底部近くに放流口を有し、洪水時には自然調節されて貯水されるが、平常時には通常の河川の状態となり、河川の自然環境にも配慮したダムである。

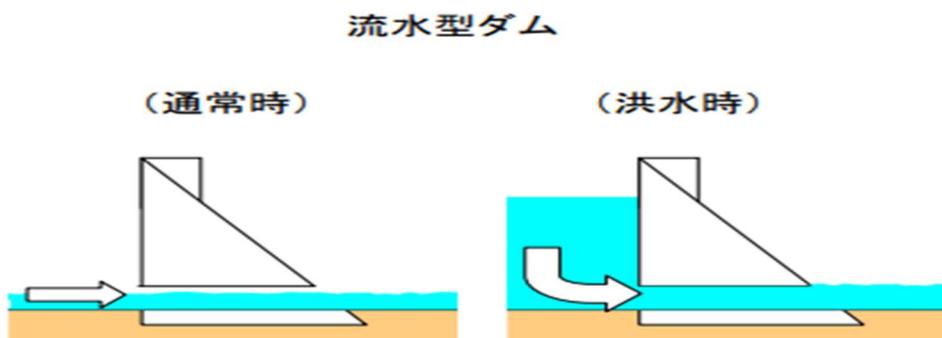


図1 横から見た流水型ダムの概形

ダムの底部にある放流口を常用洪水吐と呼ばれる場所から排水調節されている。流水型ダムは場所によってこの常用洪水吐の数や大きさが変わる。

3. 試験方法

ダムに治水効果があるのかを調べるため作成した流水型ダムのモデルを用いて上流と下流での流量を比較するモデルは iRIC cube によって作成し、時間ごとの流速と水位を求めて流量を算出し、比較を行い、流水型ダムに治水効果があるのか調べたものをハイδροグラフにする。また流量は一定に流すのではなく時間によって変化させて行った。ピーク流量 $30 \text{ m}^3/\text{s}$ の洪水が起こったものとして考え、図2のような流量の変化で試験を行った。

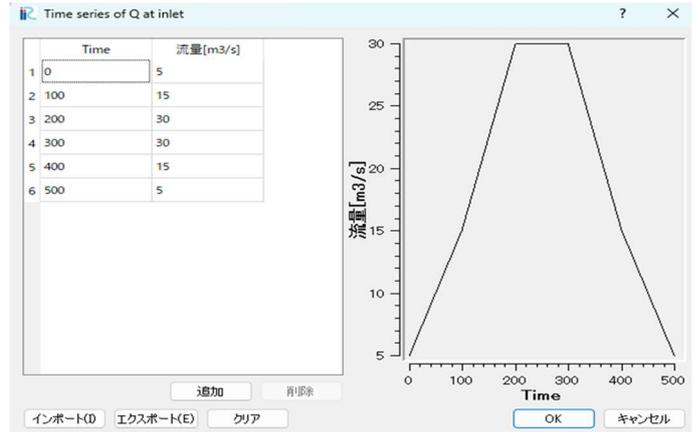


図2 ハイδροグラフの設定

計算が終了すれば、図3のように河川を立体的に見ることができる。時間によって流水の変化を目で見ることができる。加えて時間や場所ごとの流速や水位の変化をグラフで確認することができるようになる。

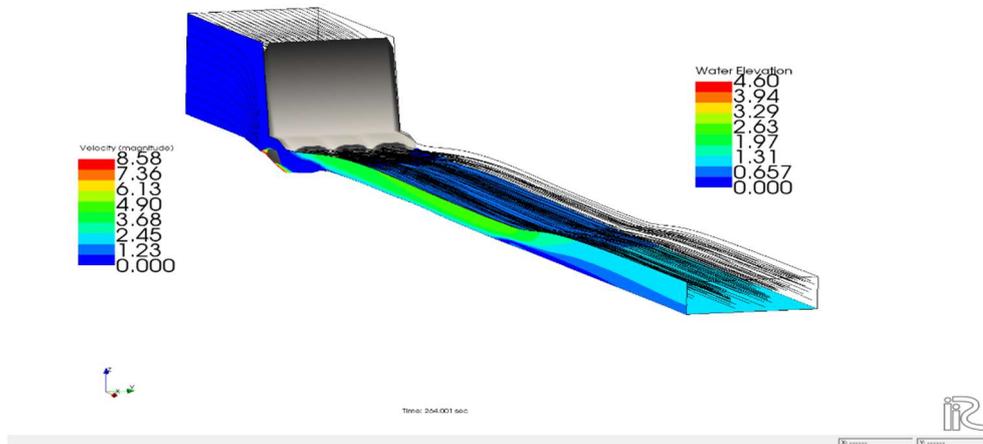


図3 iRICcube の河川

4. 解析の結果

4.1 3Dモデルによる比較

流水型ダムの治水効果があるのかを調べるために実際の3Dモデルで洪水吐ごとの比較を行う。河川のモデルは平常時、ピーク時、ピーク終了時で分けて上からの平面図上と河川縦断方向へ横から見たものをそれぞれ図に示す。

常用洪水吐 1

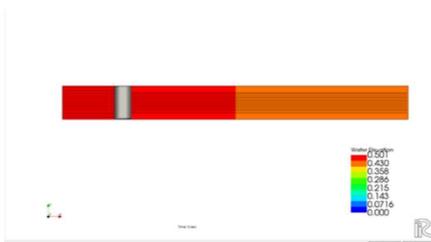


図4 流量 $5 \text{ m}^3/\text{s}$ の河川

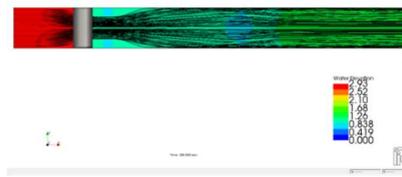


図5 流量 $30 \text{ m}^3/\text{s}$ の河川



図6 流量 $15 \text{ m}^3/\text{s}$ の河川

常用洪水吐 2



図 7 流量 5 m³/s の河川



図 8 流量 30 m³/s の河川



図 9 流量 15 m³/s の河川

常用洪水吐 3



図 10 流量 5 m³/s の河川

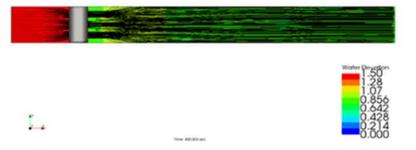


図 11 流量 30 m³/s の河川



図 12 流量 15 m³/s の河川

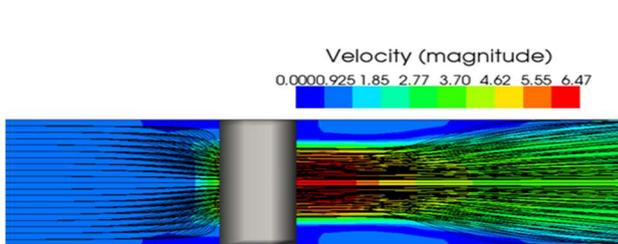


図 13 洪水吐 1 の流速を表した河川

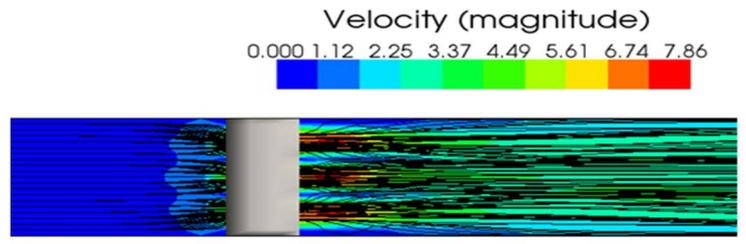


図 14 洪水吐 3 の流速を表した河川

4.2 ハイドログラフの比較

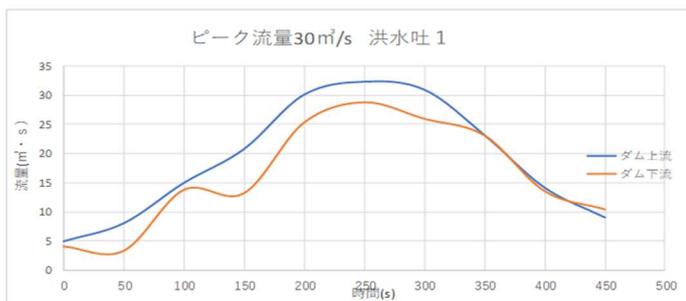


図 15 洪水吐 1 のハイドログラフ

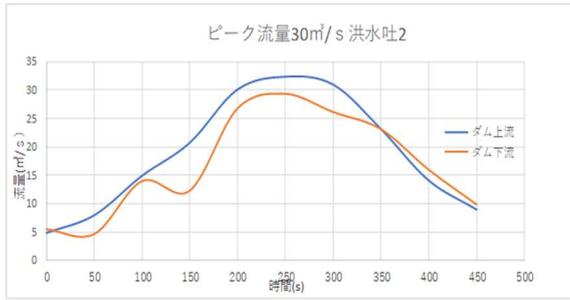


図 16 洪水吐 2 のハイドログラフ

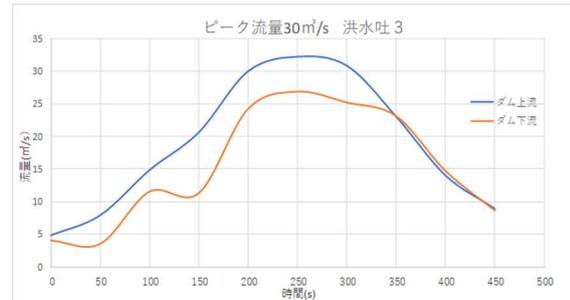


図 17 洪水吐 3 ハイドログラフ

4.3 結果のまとめ

3D グラフを横から見た図やハイドログラフを見ると、ピーク時の流量はダム上流と比べて約 $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ほど少なくなっているのがわかる。これは常用洪水吐の数に関係なく言えることである。このことから流水型ダムは治水効果があることがわかる。しかし、ハイドログラフを見てもわかるようにどの洪水吐でもピーク流量をすぎたあたり（350s～450s）はダムの上流と同じ流量が流れていた。洪水吐が 3 つの時は 1 つの時と比べてピークカット量が $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ほど大きかった。

5. 結論

本研究では、流水型ダムを対象として通常より大きな流量を受けた場合、どのような水理特性および治水効果があるのかを流水型ダムのモデルを作成し、流量の違いによる水理特性を比較することにより検討することを目的とした。得られた主な結果を以下に示す。

- ・ピーク時の流量は、流水型ダムによって約 $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ピークカット可能であることが明らかになり、治水効果があることが確認された。これは常用洪水吐の数に関係しない。
- ・ピーク流量を過ぎた時点から、下流側では時間が経つにつれ上流側と同じ流量が流下する。これは、貯留ダムのようにゲート操作ができないため、時間経過後に貯留分が流下してしまうことによるものである。
- ・常用洪水吐が 3 つの時は、1 つの時と比べてピークカットできる量が $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ほど大きかった。これは、下流の流速の違いが影響したものと考えられる。下流の流速の違いが出た理由として考えられるのは、洪水吐が 3 つの時、河川の水が 1 つに集中することなく分散されていたためである。流速が抑えられることによって得られるメリットとして洪水時に、流水を下流に一気に流すのを防ぐ点がある。実際の河川においても同様に洪水吐が多いほど下流に送る流量や土砂が緩やかになると推測できる。

参考文献

- 1) 国土交通省 water-c-dam.pdf (mlit.go.jp) (参照 2024-01-25)
- 2) 島根県 島根県：益田川ダム（流水型ダム）（トップ / 環境・県土づくり / 河川・治水・治山 / ダム / 益田川ダム（流水型ダム）） (shimane.lg.jp) (参照 2024-01-25)
- 3) 豊国工業株式会社 辰巳ダム放流設備 [治水専用ダム DRY DAM] - 豊国工業株式会社 (hokoku-kogyo.co.jp) (参照 2024-01-25)
- 4) 木村一郎「iRIC によるシミュレーション」 森北出版 2021. (参照 2024-01-25)

河川砂礫州での植物種子捕捉に関する研究

EC20038 杉尾 朱音

1. 目的

樹林化の早期対策のために、植生の初期ステージである種子の運搬・漂着形態の把握を必要がある。流水散布直後に種子がどのように運搬・堆積されていくのか解明されていない。そのため、本研究では流水散布後の様子を撮影し、河床材料の粒径、種子の種類、水深の3つの条件がどのように種子の運搬・堆積に関係していくのかを調査した。

2. 実験方法

2.1 種子について

種子の性質把握のために、平均径、形状係数、沈降速度の3つのパラメーターを設定し、計測をした。本研究で使用した2種類の種子の平均径、形状係数、沈降速度の3つのパラメーターの値を表2.1に示す。また、実験で使用した種子は12時間以上水に浸している。

表 2.1 実験に使用する種子の特性

種子名	平均径 (mm)	形状係数	沈降速度 (cm/s)
丸型種子	6.26	0.75	11.51
扁平種子	3.78	0.33	0

2.2 実験条件

本実験では、河床地点での水深を2cmと4cmの2つのパターンに設定した。その水深ごとの実験条件を表2.2、表2.3に示す。

表 2.2 水深小のときの実験条件

	丸礫大	丸礫小	角礫
河床材料粒径 (mm)	50	30	30
表面流速 (m/s)	0.06	0.12	0.16
流量 (L/s)	0.36	0.32	0.33
形状係数	0.74	0.57	0.43
勾配	1/500		

表 2.3 水深大のときの実験条件

	丸礫大	丸礫小	角礫
河床材料粒径 (mm)	50	30	30
表面流速 (m/s)	0.02	0.33	0.41
流量 (L/s)	2.38	2.01	2.12
形状係数	0.74	0.57	0.43
勾配	1/500		

2.3 実験概要

本研究では、開水路実験装置を用いて種子の堆積量と堆積の仕方について評価する。下流から4mの区間に1種類の礫を河床に敷き、通水した。次に水路最上流部にあるバブルで調節をして下流での水深を条件の値にした。流水の水深が安定したら、流量と表面流速を計測した。今回は下流から3mを実験の対象区間として、下流から3mの地点で種子を200個散布した。その様子をPIVで撮影した。詳細はまた、ビデオカメラでも撮影をして、俯瞰的な様子を撮影した。

種子散布後 10 分通水状態を続けた。再浮上する種子がなくなったのを確認したのち水を止め、最下流に設置していた網目状のネットに種子がいくつ漂着しているか調べた。その後、回収した種子の数から最下流に落ちなかった率であるトラップ率を算出して、種子の河床への捕捉量を評価した。

2.4 PIV について

PIV (Particle Image Velocimetry) とは、別名粒子画像流速測定法といい、流れ場における多点の瞬時速度を非接触で得ることができる流体計測法である。PIV Laser (カトウ光研製) から緑色のレーザーを放射させ、水にダイヤイオンを流した。すると、レーザーの下を通ると図 2.1 のようになり、撮影した映像を FlowExpert64 Ver.1.3.0 (カトウ光研製) で計算をすることで、ベクトルで流速や水の流れを可視化する。実際の水の流れを可視化したものを図 2.2 に示す。



図 2.1 実験時の様子

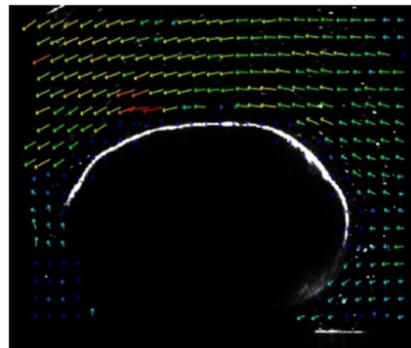


図 2.2 PIV 解析後の流速のベクトル

3. 実験結果と考察

3.1 実験結果

実験結果は表 3.1 に示す。丸型種子、扁平種子のともに形状係数が大きいほど、トラップ率が増加したことが分かる。また、丸型種子のほうがトラップしやすく、種子の形状によってトラップ率が変化することが分かる。一方、水深小の条件で同様に実験をしたが、全ての水深、種子でトラップ率が 100% となった。これは、種子を流した場所で大半が堆積してしまったため、流速が遅かったことが原因だと考える。

表 3.1 実験結果

	水深大		水深小	
	丸型種子	扁平種子	丸型種子	扁平種子
丸礫大	100	32.5	100	100
丸礫小	73	13.5	100	100
角礫	60.2	11	100	100

3.2 種子の堆積傾向

実験の様子を観察すると、種子の堆積の仕方には大きく 2 つあることが分かった。1 つ目は散布後少しづつ落ちていき隙間に堆積するパターンであり、図 3.1 のように間隙比が大きい河床材料によくみられる。また、河床材料に種子が跳ねて隙間に入るのも観測できた。2 つ目は河床材料に引っかかり、堆積してしまうパターンである。図 3.2 のようになり、水深が浅く、形状係数が小さい種子が堆積するときに観測しやすくなる。



図 3.1 隙間に堆積する様子



図 3.2 礫に引っ掛かり，堆積する様子

3.3 河床材料による流線の比較

河床材料の違いによる水の流れを PIV で可視化した。図 3.3 は丸礫大のときの流線，図 3.4 は角礫のときの流線である。丸礫大では，上部は比較的まっすぐ横に水が流れているが，下部の礫の隙間では流線が円を描いており，渦が発生していることが分かる。一方，角礫は全体的に流線が一直線であり，種子が流れていきやすくなっている。これらのことから，礫の形によって水の流れが変化するため，トラップ率に影響を与えることが分かった。



図 3.3 丸礫大のときの流線



図 3.4 角礫のときの流線

3.4 河床材料の凸凹程度の比較

河床表面の凸凹を評価するためにウェーブシリコンゴムと硬化剤を用いてほぼ同径の丸礫，角礫の河川材料の型取りをし，凸凹を数値化した。左端からの距離 (mm) を横軸，上辺からの凸凹高さ (mm) を縦軸として図 3.5 に示す。

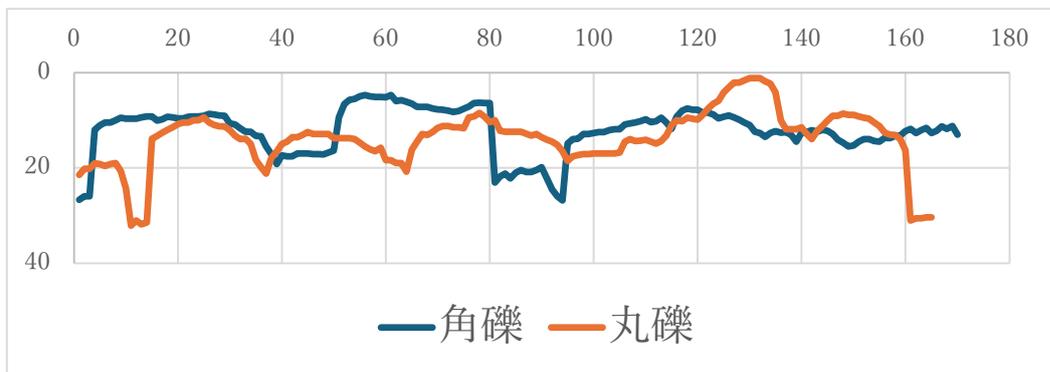


図 3.5 河床表面の凸凹

丸礫と角礫について比べると、角礫より丸礫のほうが、礫の形が分かりやすくグラフに表れている。そのため、丸礫は礫の間に隙間が多くあることが分かる。

河床材料の凸凹の指標として加藤ら(2008)は式 (3.1) に示す平均粗さ R_a を用いて、相対的に表すこととした。ここでの L : 基準の長さ, $f(x)$: 断面の曲線, R_a : 平均粗さである。

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |f(x)| dx \quad (3.1)$$

式 (3.1) から導いた平均粗さを先行研究である佐藤ら (2022) の砂州における種子の捕捉特性に関する研究と滝戸ら (2023) の河川砂州における種子捕捉特性に関する研究と比較をする。図 3.6 に示す。

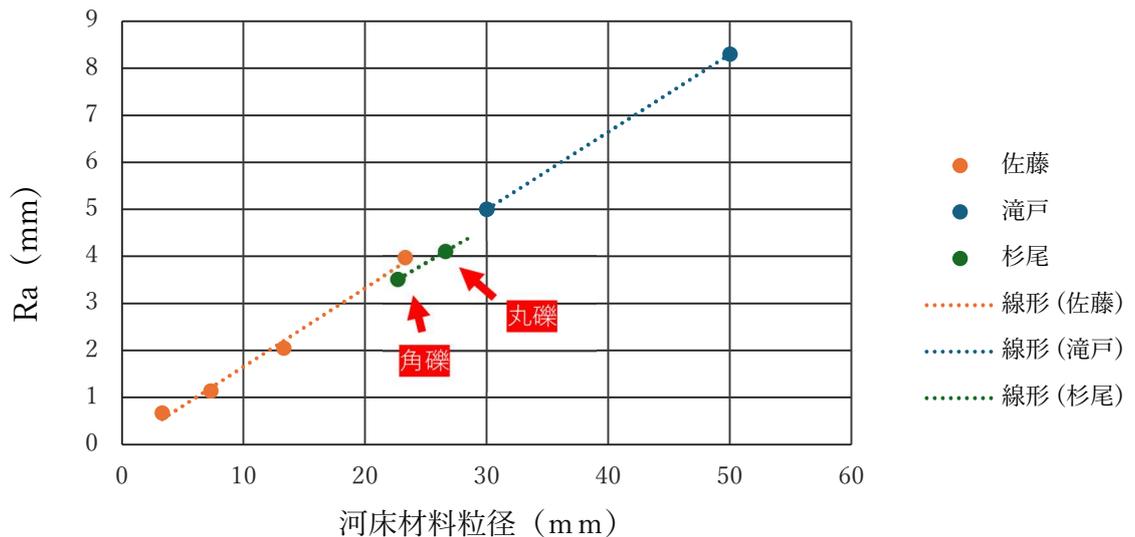


図 3.6 Ra と河床材料粒径の比較

佐藤らと滝戸らの値と比べると少し下の値となった。角礫については佐藤氏の近似直線に乗ることが分かり、河床材料粒径と R_a は一定の関係性があることが分かる。

4. 結論

本研究では流水時における砂礫州上での種子の捕捉量および種子捕捉特性を調査した。水深、河床材料、種子の種類の変えて開水路実験を行い、その様子を PIV を用いて解析した。その結果以下のことが明らかになった。

- 1) トラップ率は形状係数が大きい河床材料ほど増加する傾向にあり、流速もトラップ率に關与する。
- 2) 種子の堆積のされ方には大きく二つのパターンがある。一つ目は河床材料に当たった衝撃で隙間に入り、堆積するパターンである。二つ目は河床材料に引っ掛かりそこで堆積するパターンである。
- 3) 丸礫は礫間で渦が発生しやすい。渦が発生するため、礫間に入り込みやすくなる。

参考文献

- 1) John S. Mcnown, Jakil Malaika(1950) : Effect of particle shape on settling velocity at low Reynolds numbers, American Geophysical Union, Volume31, Number1
- 2) 加藤敬, 本間新哉, 北村浩二, 今泉眞之(2008) : 開水路における壁面の凹凸から水路の粗度係数を求める試み, 農工研技報, 207, pp183-193
- 3) 佐藤健太 (2022) : 砂州における種子の捕捉特性に関する研究
- 4) 滝戸凌我 (2023) : 河川砂州への種子捕捉特性に関する研究

横断構造物が河川生態系へ与える影響に関する研究

EC20055 豊田剛士

1. 目的

本研究は、流水型ダムである辰巳ダムを対象とし、ダム周辺の生態系調査「犀川辰巳治水ダム建設事業 調査業務委託報告書」のデータを基に、流水型ダムの生態系への与える影響を明らかにする事が目的である。また流水型ダムは、「平常時には水を流下させ、洪水時にのみ貯留するダムであるため、平常時には通常の河川の状態となることから、魚類等の遡上・降河や土砂の流下など河川の連続性の確保等の観点から、貯留型ダムと比べ環境に与える影響は小さいと考えられる 1)」ことが本研究の背景にある。

2. 研究対象地

石川県金沢市相合谷町上辰巳町を流れるに位置し、犀川にまたがる辰巳ダムを調査対象地とし、辰巳ダムが跨る犀川石川・富山県境付近の奈良岳に源を発し、北西に流れ、金沢市西部で日本海に注ぐ犀川の図 2-1 が示す上流部を調査対象地とした。図 2-1 の範囲は上流に、既に上寺津ダムと、犀川ダムの 2 つのダムが存在されているため、3 つのダムに挟まれる今回の決定範囲が、犀川の中でもダムの影響を一番受けているのではないかと考えたからである。さらにこの研究範囲は H17 年以降に、H13 年の一度しか調査が行われていないため、生態系に関するデータが不十分と考え、本範囲に定めた。

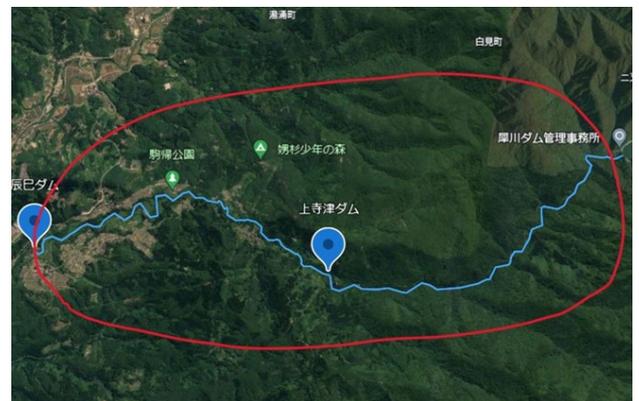


図 2-1 研究対象地域

3. データの収集

データの収集方法は、石川県河川課の辰巳ダム周辺の生態系調査資料「犀川辰巳治水ダム建設事業 調査業務委託報告書」より、犀川の生態系の個体数のデータ収集を行った。またダムの運用やダム建設による影響は水質の変化や、流れの変化などがあげられるため、魚類が一番影響を受けやすいと考えたため、そのため本研究では集めるデータは魚類だけとした。以上を行い、流水型ダムが魚類に与える影響の考察を行う。

3. データの整理・グラフ化

本研究では個体数のデータをまとめて、ダムの建設が生態系に与える影響をグラフにして可視化し、考察を行う。グラフで生態系の変化を可視化していく前にまず、表に個体数を調査年度ごとにまとめる。また表の横軸は調査年度、縦軸を個体数とする。データを表にまとめていく際に、調査年度によって生態系調査を行っている箇所数が違う場合があったため、全資料で条件を統一するため、以下の(式-3.1)で求める平均の数値を使用していく。上記のように個体数をまとめた後に、個体数のデータのグラフ化を行う。今回は Excel でデータをグラフ化していき、グラフの形式は個体数の増減が分かりやすいように、折れ線グラフを使用する。

(式-3.1) 確認個体数 ÷ 調査地点数 = 平均個体

4.研究結果

石川県の辰巳ダム周辺の調査資料から、犀川の生態数をまとめた結果を（表-4.1）に示す。

グラフは、調査の資料で毎年捕獲されていた、アブラハヤ、カワヨシノボリ、カジカ、ウグイの4種類をグラフ化した。アブラハヤ（図-4.1）、カジカ（図-4.3）を見てもらうと、近年では増加傾向であることが分かった。また反対にカワヨシノボリ（図-4.2）と、ウグイ（図-4.4）この2種は減少傾向であることが分かった。しかしどの魚種も調査で捕獲できていない以外の年で数が0になっていないことから、辰巳ダムは河川の生態系の著しく大きな悪影響を与えていないと考えた。そのため魚種ごとの生態系、魚類の生息地などと、ダムの建設による影響をどのように受けているのかを、魚種ごとに分けて次項で考察を行う。

図-4.1 アブラハヤの個体数

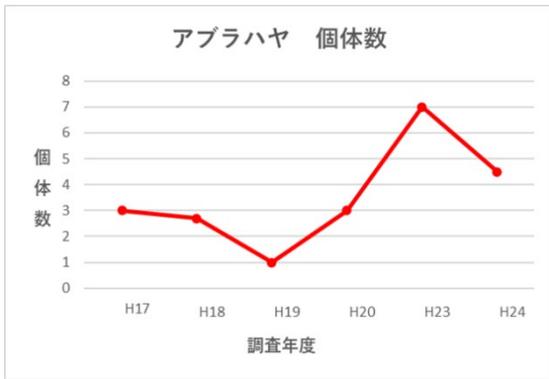


図-4.2 カワヨシノボリの個体数

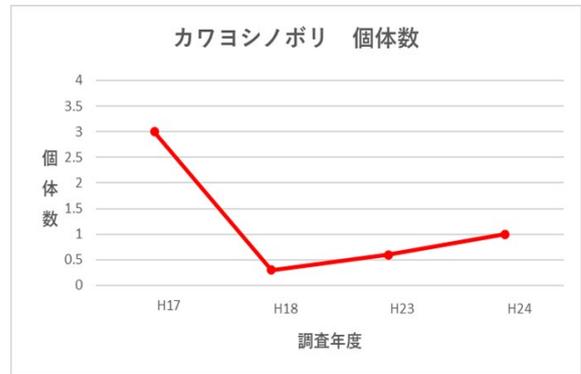


図-4.3 カジカの個体数

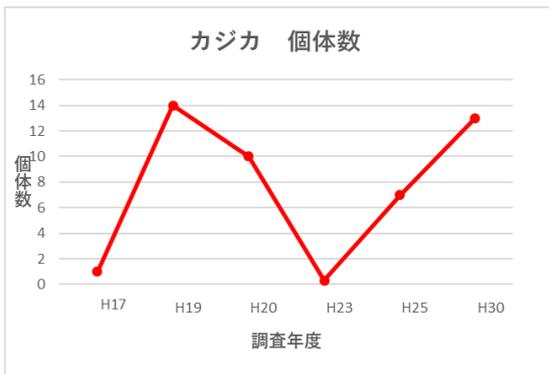


図-4.4 ウグイの個体数



表-4.5 辰巳ダム上流部における魚類の種別個体数

	H17	H18	H19	H20	H23	H24	H25	H30
コイ		0. 7	0. 5					
アブラハヤ	3	2. 7	1	3	7	4. 5		
ドジョウ	4					3	0	
ヤマメ	5	1. 3			17. 8			
カジカ	1		14	10	0. 3		7	13
カワヨシノボリ	3	0. 3			0. 6	1		
ヨシノボリ sp	11	1. 3				3. 8		
ウグイ		7. 3	3		1. 8	3. 3		2
ヌマチチブ		0. 3						1

注1) 黒線の位置を辰巳ダム運用開始の H24 年 6 月とする。——→

5.考察

1) アブラハヤの個体数のグラフ(図-4.1)をみると全体的に増加傾向であるが、個体数が増減しているのが分かった。しかし平成20年ごろには辰巳ダムは「転流工」と呼ばれる、水流が工事の妨げにならないよう、主にトンネルなどを使い川の流れを一時的に変える作業が行われている。そのため工事の影響により、個体数は減少すると考えられるが、増加傾向である。これは「護岸工事などに比較的強い」というアブラハヤの性質より、アブラハヤについて辰巳ダムは、あまり影響を与えていないと考えた。

2) カワヨシノボリの個体数のグラフ(図-4.2)を見ると、近年は増加傾向であるが、全体的に減少傾向だと分かった。また H18 年に数が大きく減少していることが分かるが、H18 年に行われた辰巳ダムの工事の内容についての資料が見つからなかった。そこでカワヨシノボリの生態について調べると、「河川がダム湖などの止水域になるといなくなる」という性質を持っていることから、姿がいなくなる考えた。しかし辰巳ダムの運用が開始された H24 以降の H30 年のデータ(図-5.1)を見てみると、辰巳ダム周辺で捕獲されている点から、ダムができてカワヨシノボリの姿が見られていることより、カワヨシノボリの「河川がダム湖などの止水域になるといなくなる」に反していると考えられる。つまり辰巳ダムのような流水型ダムは、貯留型ダムと違い、平常時は河川の役割をしっかりと果たしていることが分かり、流水型ダムは河川に与える悪影響は少ないと、カワヨシノボリのデータから分かった。

図-5.1 H30 年のカワヨシノボリの確認個体数 ※赤枠の数字が、辰巳ダム周辺の個体数

35	カワヨシノボリ	国産水魚						2	2	6	26	18	32	39
----	---------	------	--	--	--	--	--	---	---	---	----	----	----	----

3) カジカの個体数のグラフ(図-4.3)を見ると、H20 から減少傾向が始まり、H23 年に個体数が大きく減少し、その後辰巳ダムが運用開始された後は、数が増加傾向であることが分かった。カジカは、村岡らの論文によると「カジカは底生魚の仲間で、アユなどの浮遊性の遊泳形態をとる魚に比べて移動能力が乏しいため河道内の横断工作物による移動阻害の影響を受けやすい。そのため河道内の横断工作物による移動阻害の影響を受けやすいとされ、例えばカジカ科のハナカジカは河川改修やダム建設の影響により激減したといわれる 2)。」という点から、犀川のカジカも H20 年から始まった転流工事などの、ダム建設工事の影響を大きく受けていることが分かった。しかしカジカの個体数のグラフ(図-4.3)を見ると、辰巳ダム運用開始後の H25、H30 年は大きく増加傾向である。つまりカジカは、ダムなどの河道内の横断工作物に弱いという性質を持っているが、ダム運用開始後に大きく増えているため、辰巳ダムはダムではあるが、カジカに与えている影響は非常に少ないと考えた。このことより辰巳ダムは、犀川の生態系に与えている影響は少ないと分かった。そのため辰巳ダムは、通常時は河川としての役割をしっかりと果たせていると考えた。

4) ウグイの個体数のグラフ(図-4.4)を見ると、大きく減少傾向であることが分かった。しかしウグイの個体数が大きく減少している原因が、今回集めた資料での特定は難しかった。ウグイはダム湖などの土砂が大きく流れ込んできているような、水質の悪い場所でも生きていけるため、数は減らないと考えたが数が減っている。そのことからダム建設の工事が影響しているのではないかと考えた。しかしウグイも、辰巳ダムが運用開始後の H24 以降の個体数(図-4.4)を見てみると、大きく変化はないことが分かった。そのため辰巳ダムの運用開始による影響は少ないと分かった。しかしウグイに対して、影響を与えた工事の内容を、今回は明らかにできなかった。そのためウグイについてはまだまだ調査を続ける必要があると考えた。

6.結論

各魚種の調査結果の4つのグラフより共通して辰巳ダムが運用開始された、H24 年以降のグラフをみるとどのグラフのデータも大きな減少が見られていないことより、流水型ダムが使用開始されたことによる、生態系への影響は、非常に小さいことが明らかになった。しかし全結果のグラフをみるとダム運用開始の H24 以前に数の変化があることが多かったことより、ダムの工事の方が生態系への影響が大きいと考えられる。つまり工事の仕方を見直すことで、流水型ダムによる生態系への影響をより少なくできる可能性が高い。

参考文献

- 1)角哲也 https://www.jstage.jst.go.jp/article/suirikagaku/57/3/57_12/_pdf 水理化学 No.332 2013
- 2)村岡敬子 山下慎吾 篠塚由美 三輪準二 (2011): 分布域南限付近のカジカの生息環境と水利用、学会 第 66 回年次学術講演会講演概要集
石川県辰巳ダム建設事務所: H17~H19、H23~H25、H30 犀川辰巳治水ダム建設事業 調査業務委託報告書

庄内川流域の水質形成に関する研究

EC20057 中根 剛志

1. 目的

本研究の調査対象場所である庄内川本川とその支流の水質環境の違いを明らかにする。

都市河川である庄内川流域において都市における様々な人間生活からの排出物が含まれている。それらの影響がどれほどのものか、またどの地域において影響が大きいのか明らかにすることを目的とする。

2. 研究対象地

愛知県春日井市内を流れる一級河川である庄内川本川とその支流について調査対象地とした。データ解析の結果から 5 か所を研究対象地として定めた。

表 2 庄内川本川における水質データ

庄内川本川	単位	①庄内新川橋	②枇杷島橋	③水分橋	④大留橋	⑤城嶺橋	⑥天ヶ橋	⑦多治見橋
水温	°C	22.4	20.1	19.7	18.1	17.1	16.9	19.5
PH		7.5	7.5	7.7	7.6	7.6	7.6	7.5
BOD	mg/L	1.5	3	2.2	1.2	0.9	1	0.8
COD	mg/L		6.8	6.9	3.4	3.1	3.2	3.6
SS	mg/L	5	5	5	3	2	2	3
溶存酸素量 (DO)	mg/L	8.3	10.2	10.5	11.4	11	11	11
濁度 (TUBR)		3.7	2.7	2.6	1.8	1.8	1.9	2
総リン	mg/L		0.149	0.107	0.121	0.099	0.12	0.12
アンモニウム態窒素	mg/L		0.26	0.1	0.19	0.05	0.07	0.15
亜硝酸態窒素	mg/L		0.172	0.104	0.163	0.013	0.01	
硝酸態窒素 (NO3-N)	mg/L		1.19	0.87	0.76	0.65	0.7	
総窒素	mg/L		3.35	2	1.61	1.06	1.1	0.84

水分橋付近かつ流量の多い矢田川下流 (図 2 赤-1), データにおいて大きな差が出ていた水分橋と大留橋の間にある支流である八田川 (図 2 赤-2), 内津川 (図 2 赤-3), 大留橋より上流にある水野川 (図 2 赤-4) を研究対象地とした。



図 2 研究対象地 庄内川河川事務所図を 変更

3. 計測方法

多項目水質計（東亜ディーケーケー製,WQC-24）を使用した.多項目水質計の電源を入れ,測定値の川に挿入し,数値が安定するまで待つ.pH,溶存酸素量（DO）,電気伝導率（COND）,水温（TEMP）を計測した.また,室内実験のために現地で採水を行った.イオン分析計（東亜ディーケーケー製,IA-300）を使用し,リン酸態リン（PO4-P）,硝酸性窒素（NO3-N）,の計測をした.

4. 水質分析の結果

4.1 水質項目比較

庄内川流域における現地観測,また愛知県の水質データベースよりまとめたデータは以下の表3の通りである.ただし,内津川は下流で枯れており,今回は目的にそわないためデータは記載していない.

表 4.1 庄内川水域における水質データ

庄内川水域	単位	①庄内新川橋	②枇杷島橋	③橋（矢田川下流）	③水分橋	八田川	④大留橋	⑤城嶺橋	水野川	⑥天ヶ橋	⑦多治見橋
PH		7.5	7.5	7.9	7.7	6.9	7.6	7.6	7.9	7.6	7.5
DO	(mg/L)	8.3	10.2	12	10.5	6.9	11.4	11	11	11	11
BOD	(mg/L)	1.5	3	3	2.2	5.6	1.2	0.9	2.2	1	0.8
COD	(mg/L)		6.8	6.5	6.9	21	3.4	3.1	4.6	3.2	3.6
SS	(mg/L)	5	5	4	5	9	3	2	5	2	3
硝酸性窒素	(mg/L)		1.19	2.2	0.87	1.97	0.76	0.65	1.99	0.7	
リン酸態リン	(mg/L)		0.149	0.012	0.107	0.008	0.121	0.099	0.027	0.12	0.12

4.2 データ解析

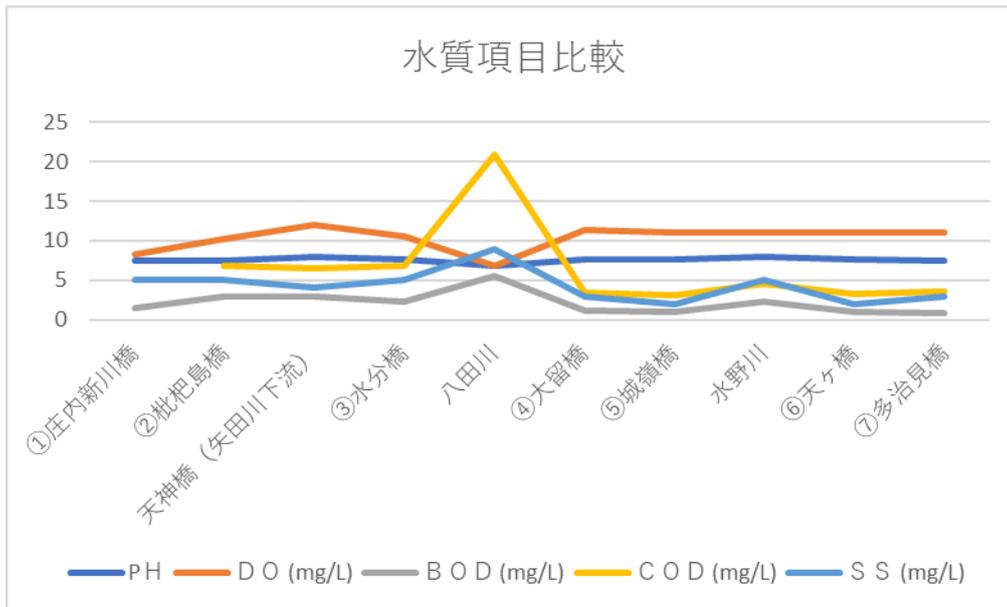


図 4.2.1 水質項目グラフ

グラフの結果から支川の合流地である前後の観測地点のデータと比較すると,矢田川は DO が大きいのがわかりますがほかの数値は比較しても特に大きな違いが見られません.

八田川は全体的に水質項目の値が悪くなっており,DO の値も小さくなっていることがわかります.特に COD が 21 と突出していることが目立ちます.

水野川は DO の値は得に異常は感じられませんが,水質項目が全体的に近くの庄内川本川と比べて異常があることがわかります.

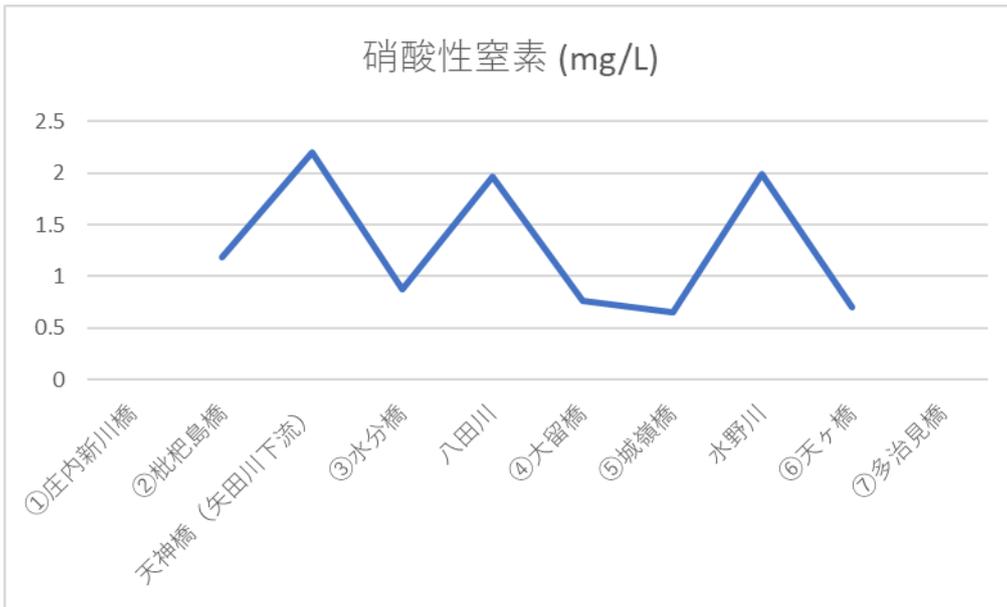


図 4.2.2 硝酸態窒素(NO₃-N)

硝酸態窒素 (NO₃-N) は、アンモニウムイオン・亜硝酸イオンの酸化により生成し、酸素の多い水中に安定に存在する。きれいな上流の河川水・地下水・湧水中の窒素化合物は主に硝酸態窒素の形で存在している。また、硝酸態窒素 (NO₃-N) が多いということは生活排水汚染が多いことも示され、その要因としては、汚染源が肥料などの混入によることもある。また、地質的なこともあり環境汚染と関係ない場合もある。これも富栄養なため藻類などの繁殖の原因になっている。

グラフから調査した矢田川、八田川、水野川すべてで庄内川本川よりも多く含まれていることがわかる。これらは河川の汚染の可能性は高いが、下流であるため高くなっている可能性も高いと考えられる。

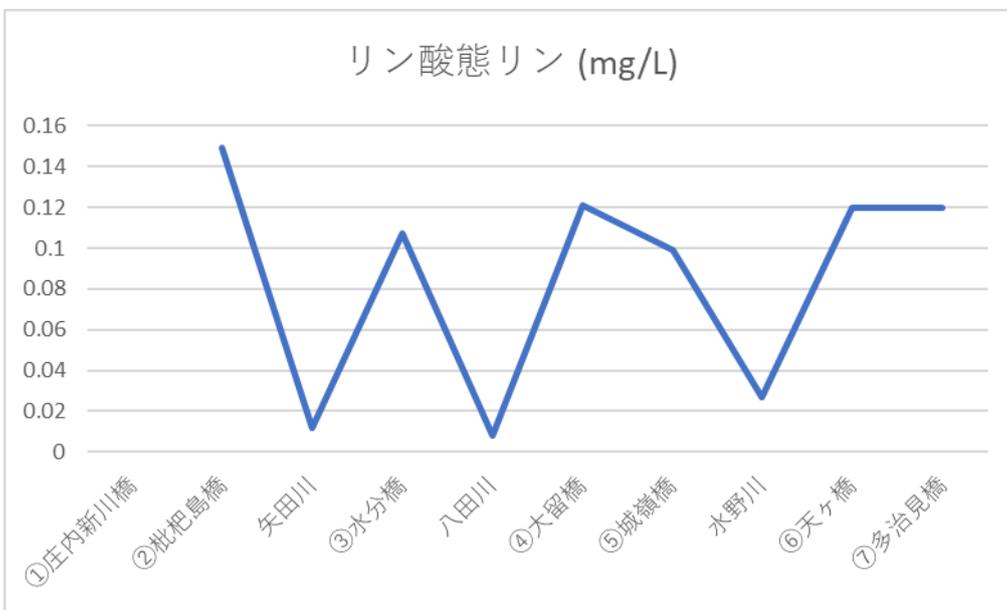


図 4.2.3 リン酸態リン (PO₄-P)

リン酸性リンとはリン酸の形をしたリン分である。リン酸イオンは肥料や合成洗剤、食品など広範囲に含まれているイオンで、この数値が高いほど富栄養化していて、赤潮などの原因となるとされている。

グラフから水質汚濁に関する項目や硝酸態窒素と比べても異なり、支川の方が小さくなっているのがわかる。

4.5 結果のまとめ

分析結果から支川と本川を比較しどのような影響が出ているのか検討する。

グラフの結果から見ても矢田川,八田川,水野川は全体的にみて庄内川本川よりも水質汚濁が見られる。矢田川は付近の本川を見ると矢田川付近の庄内川本川の水質項目に影響が出ていると考えられる。

八田川は水質汚濁の項目が庄内川本川よりも明らかに大きいことが見て取れる。特に COD は非常に大きな値となっている。生活雑排水には,COD 値を大きくする有機物が多く含まれている現地では水位が非常に低かったこともあるが,近くで工事などを行っていることも見られなかったため,生活排水がながれこんでいるのではないかと考えられる。しかし付近の庄内川本川の水質データを見るとあまり大きな影響を考えているとは考えずらい,これは流量の少ない河川であったためだと考えられる。

水野川も八田川と同様に水質汚濁の項目が庄内川本川よりも明らかに大きいことが見て取れる。水野川は水位は低かったものの下流でも高低差が大きく,流れが速かった。

硝酸態窒素は支川の方が大きくなり,リン酸態リンは本川の方が大きい傾向にあることは興味深い。硝酸性窒素は,アンモニウムイオン・亜硝酸イオンの酸化により生成し,酸素の多い水中に安定に存在する。きれいな上流の河川水・地下水・湧水中の窒素化合物は主に硝酸性窒素の形で存在しているため,DO の値が高かったのが影響していると考えられる。

リン酸態リンは生活排水に多く含まれているため,支川の方が生活排水の影響を多く受けているのだと考えられる。

5.結論

本研究は, 庄内川本川の水質と支川の水質から愛知県を通る代表的な都市河川である庄内川の環境と支川が与える影響について検討することを目的とした。得られた主な結果を以下に示す。

支川は, 庄内川本川とは異なる水質を形成していることが確認された。

支川の水質は本川に比べて汚濁が進んでいるものも確認されたが, 流量の関係から本川には大きな影響を与えていないと考えられる。

硝酸態窒素は支川の方が大きくなり, リン酸態リンは本川の方が大きい傾向にある。

参考文献

- 1) 鳥谷明弘, 傳谷卓也 “水質データ基礎知識”. ISAHAYA HIGATA NET.
www.isahaya-higata.net/isa/libr/lb971030suishitu.html, (参照 2024-01-10)
- 2) 東亜ディーケーケー株式会社.“溶存酸素 (DO) のはなし : 溶存酸素について”
<https://www.toadkk.co.jp/support/useful/useful041.html>, (参照 2024-01-10)
- 3) 国土交通省.“水文水質データベース”
<http://www1.river.go.jp/>, (参照 2024-01-25)
- 4) 愛知県の河川,湖沼,海域,地下水などの状況
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/mizutaiki/0000063715.html>
(参照 2024-01-25)

ダム構造に着目した流水型ダムの堆砂に関する研究

EC20064 長谷川篤人

1. 目的

貯留型ダムでは平常時・洪水時ともに河川の水をためているため、洪水時浮遊砂の多くは下流へ流れるが砂、礫の多くは貯水池内に留まり下流へ流れる土砂量が減る。堆砂は貯水容量を低下させ、利水、治水の機能を阻害し、環境に及ぼす影響も少なくない。堆砂容量は約 100 年をめぐりに想定されているが日本の河川は土砂が多いという特徴があり、多くのダムにおいて想定を上回る堆砂量を記録しているのが現状である。一方で、流水型ダムでは水を貯めない設計から、土砂も流れることが想定されており、これは貯留型ダムと比べて大きな利点とされている。しかし、河川上にダム堤体や減勢工(副ダム)などの構造物を建造するにあたり少なからず影響はあるはずである。また、現在完成し運用されている流水型ダムは少数であり、運用年数も短いものが多いが、今あるデータから流水型ダムの堆砂要因、何が影響しているのかを明らかにすることを目的とする。

2. 研究対象ダム

研究対象とする流水型ダムの概要を表 2.1 に示す。

流水型ダムの堆砂に関する研究(塚原駿,卒業論文 2022)から引き継いで、現在完成している流水型ダムの中から運用年数が 5 年以上経過しておりかつデータの揃っている流水型ダムを研究の対象とする。

表 2.1 研究対象とする流水型ダム一覧

	都道府県	河川名	ダム名称	総貯水容量	堆砂容量	竣工年度
1	島根県	益田川	益田川ダム	6750 千 m ³	250 千 m ³	2005 年
2	石川県	犀川	辰巳ダム	6000 千 m ³	200 千 m ³	2012 年
3	鹿児島県	新川	西之谷ダム	793 千 m ³	75 千 m ³	2012 年
4	長野県	浅川	浅川ダム	1100 千 m ³	40 千 m ³	2017 年

3. 西之谷ダムの堆砂率について

流水型ダムの堆砂に関する研究(塚原駿,卒業論文 2022)より、西ノ谷ダムの堆砂率に他流水型ダムに見られない大きな変化があったため、西之谷ダムに着目し堆砂要因を探る。

西之谷ダムの堆砂率の推移(図 3.1)を見たときに、2014 年から 2018 年までの堆砂率は 2015 年から 2016 年の間で約 2 倍に増加していることを除けば、比較的緩やかな増加傾向であることが見て取れる。しかし、2018 年から 2019 年の間で約 2.5 倍となり急激に増加している。また、2019 年から 2020 年の増加率も 2014 年から 2018 年までに比べて増加している。そこで、堆砂量の変化に降雨が関係しているとし、西之谷ダムのある鹿児島県鹿児島市の年間降水量をグラフ(図 3.2)に示した。図 3.2 から堆砂率が 2019 年に急激に増加しているのに対し、年間降水量が最大となっている年は 2015 年であり、他の年の年間降水量も関連性はあまり見られない。しかし、堆砂率の大きな増加がみられる 2015 年と 2019 年の降水量は例年より高くなっていることが分かる。このことから堆砂率と降水量には少なからず関係があると考えられる。



図 3.1 西之谷ダムの堆砂率の推移



図 3.2 鹿児島県鹿児島市の年間降水量

3.1 鹿児島県鹿児島市の各月の降水量

堆砂率と降水量の関係を見るために年間降水量の値が大きかった 2015 年と 2019 年の日最大降水量のグラフ(図 3.3 図 3.4)を示す。

2015年	降水量 (mm)			
	合計	最大		
		日	1時間	10分間
1月	156.5	51	34	12.5
2月	79	39	11.5	3
3月	105.5	17.5	7.5	6
4月	199	55.5	31	9
5月	234.5	64.5	26	9.5
6月	1300.5	160	42.5	18
7月	529.5	114	29.5	9
8月	385.5	83	29.5	15.5
9月	227	69	40	11
10月	48.5	25	15.5	13
11月	183	74.5	24.5	11.5
12月	215	126.5	53.5	18.5

図 3.3 2015 年日最大降水量

2019年	降水量 (mm)			
	合計	最大		
		日	1時間	10分間
1月	34.5	14	7	3.5
2月	158	49	15	6.5
3月	169	35	17.5	10
4月	130	49	29	9.5
5月	132.5	43	6	2
6月	253.5	76.5	20	8
7月	1005.5	375	39.5	14.5
8月	186	37.5	26	10
9月	86.5	27.5	11	5.5
10月	100.5	30	16	8.5
11月	73.5	42.5	29	7.5
12月	40.5	32.5	22	7.5

図 3.4 2019 年日最大降水量

2015 年と 2019 年の表を比較すると、2019 年に比べて 2015 年の方が月毎の最大降水量は 2015 年の方が多
い。また、日最大降水量を見ると、2015 年は 100 mmを超える月が三月あるのに対し、2019 年では 100 mmを超
える雨が降る月はひと月しか無い。しかし、2019 年の日最大降水量は 2015 年の日最大降水量に対し、2 倍以上の
値となっている。これらのことから、2019 年の急激な堆砂量の増加は短期間で多量の雨が降ったことが原因で
あることが考えられる。



図 3.5 各年の日最大降水量

図 3.5 から 2019 年の日最大降水量が最も高いことが分かる。図 3.1 の堆砂率の推移のグラフで 2020 年も
2019 年ほどではないが 20%以上の堆砂率の増加がみられる。しかし、日最大降水量の値を見ると 140.5 mmと低
い値を示している。また、図 3.2 から 2020 年の年間降水量は 2017 年以降で最大の値を示していることが分か
る。これらのことから、2019 年の大雨によって緩んだ地盤や残留土砂が 2020 年の多量な降雨によって流された
ものがダムサイト内に溜まったのではないかと考えられる。

4. 西之谷ダムの流況

降水によって実際にどれだけの量の水がダム内に流れ込んでいるのかをみるため、西之谷ダムの流況についての表 4.1 に示す。

表 4.1 西之谷ダムの流況

		最大	最小	年平均	年総量
2018	流入量m ³ /s	17.216	0	2.367	74.640百万m ³
	放流量m ³ /s	14.114	0.344	2.367	74.640百万m ³
2019	流入量m ³ /s	101.216	0	4.659	146.930百万m ³
	放流量m ³ /s	21.903	0.426	4.659	146.920百万m ³
2020	流入量m ³ /s	156.634	0	10.347	327.200百万m ³
	放流量m ³ /s	23.65	5.245	10.346	327.180百万m ³
2021	流入量m ³ /s	131.399	0	6.533	206.030百万m ³
	放流量m ³ /s	20.286	1.224	6.534	206.040百万m ³

最大流入量では日最大降水量の値が大きく関わってくると考えていたが、実際には関係性は薄く、年間降水量のグラフとの整合性があることが読み取れる。よって、流況から堆砂率の増大の様子を見て取ることができるとはすべての年で関連性を見られるわけではなかった。

5. 西之谷ダムの地質について

鹿児島県鹿児島市にある西之谷ダムは火山活動により噴出した火砕流（高温の火山灰や岩塊等が高速で山の斜面を流下する現象）によって形成されたしらす台地に建てられている。

鹿児島県ではしらす台地であるがゆえに今までに何度も地すべりや土砂崩れなどの土砂災害が発生しており、しらすという地質と降雨の多さが他の流水型ダムでは見られない急激な堆砂の増加に影響しているのではないかと考えられる。また、急激な堆砂率の増加がみられた 2019 年の大雨で土砂災害が発生したことにより西之谷ダム内に大量の土砂が流れ込んだものと考えられる。

6. 西之谷ダムの環境に配慮した取り組み

西之谷ダムは他流水型ダムでは見られない自然環境対策を行っている。西之谷ダムの事業概略図を図 6.1 に示す。

図 6.1 西之谷ダムの事業概略図



西之谷ダムは従来の田園風景や自然環境が損なわれてしまう可能性があることから、平常時は自然河川と変わらない流水型ダムの特徴を生かし、自然環境に与える影響を減らすために貯水池全体を湿地として再生している。貯水池内の整備として貯水池内底面には、素掘りの湿地、クリーク、棚田等が造られており、多様な生物が生息する湿地環境が成り立っている。湿地帯の植生であったり、人工的に造られた棚田等が大規模な降水の際に土砂の移動を阻害してしまう可能性があるのではないかとされる。

7. 流水型ダムの洪水吐について

流水型ダムの洪水吐の比較から堆砂要因について探るため対象である4つのダムの設計概要を表7.1に示す。

表 7.1 対象の流水型ダムの洪水吐の設計

ダム名 (事業主体)	河川名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (千m ³)	流域面積 (km ²)	総貯水容量 (千m ³)	常用洪水吐				非常用洪水吐		
							高さ m	幅 m	門数	合計断面積 m ²	高さ m	幅 m	門数
1 益田川ダム (島根県)	増田川	48.0	169.0	106.0	87.6	6,750	3.40	4.45	2	30.3	3.30	11.50	7
2 辰巳ダム (石川県)	犀川	47.0	195.0	154.0	77.1	6,000	上段 4.5 下段 2.9	4.50	1	37.1	3.50	13.00	6
							2.90	2					
3 西之谷ダム (鹿児島県)	新川	21.5	135.8	32.3	6.8	793	1.60	1.90	1	3.0		12.00	4
4 浅川ダム (長野県)	浅川	53.0	165.0	141.0	15.2	1,100	1.45	1.30	1	1.9	1.80	13.00	6

常用洪水吐はダムの規模に応じて門の数、門の合計断面積に違いがあり、辰巳ダムに関しては常用洪水吐が上段に1門と下段に2門と他の流水型ダムとは異なる構造を持っている。非常用洪水吐では一般的に自由越流式が用いられているため、門の幅は4つのダムで大きな差はない。また、門の高さは規模の小さい浅川ダムに対して約7倍の総貯水容量を持つ益田川ダム、辰巳ダムでは約二倍の高さとなっている。洪水時に非常用洪水吐から排出されるのは軽い浮遊砂であり、砂や石礫などは常用洪水吐からの排出が基本となる。

8. 結論

本研究では、堆砂率に大きな変化がみられる西之谷ダムに着目し、西之谷ダムの特徴や環境から堆砂に関わる要因を明らかにすることを目指した。得られた結果を以下に示す。

- 1) 西之谷ダムの堆砂率の増加は長期的な雨ではなく、短期間で多量の降雨によるものであると考えられる。
- 2) 西之谷ダムは鹿児島県の6割を占めるしらす台地に建造されており、その土地の性質上土砂災害による土砂の流出が堆砂率の急激な増加に関わっている。
- 3) 流水型ダムの排砂には常用洪水吐が大きな役割を担っており、各ダムで比較を行ったが、西之谷ダムの堆砂率を理由づけるような特徴は見られなかった。
- 4) 流水型ダムの排砂を妨げる要因として、洪水吐に多量の流木やごみが溜まることが挙げられる。したがって、ダム周辺の植生等も堆砂に関わってくると考えられる。

・参考文献

島根県ホームページ：益田川ダム（流水型ダム）

石川県ホームページ：辰巳ダム

鹿児島県 鹿児島地域復興局 建設部 河川港湾課：新川河川総合開発事業 西之谷ダム

長野県ホームページ：浅川ダムの紹介

国土交通省：全国のダム堆砂状況のデータ（2014年から2021年）

国土交通省：流水型ダムについて

気象庁ホームページ：過去の気象データ（2014年から2021年）

ダム便覧 2022 ダムの書誌あれこれ(107) 鹿児島県の川辺ダム、大和ダム、西之谷ダム

ダム諸量データベース

鹿児島県大学理学部地学教室応用地質額講座ホームページ

国土交通省 九州地方整備局

三重県一級河川流域での降雨特性と災害発生個所に関する研究

EC20081 諸岡大雅

1. 目的

近年、日本では台風による雨の影響や集中豪雨などによる豪雨災害によって年間の雨量が増加傾向にあり、気候変動や都市化の影響も相まって、河川での氾濫が日本各地で見られる。本研究では、三重県の一級河川流域を対象として、今後の河川氾濫を減らすために、過去に計画高水位以上となった事例および越水や破堤が起こった河川災害を抽出し、既存のデータを用いて、それらの災害が発生した時の降雨特性や水位変動、災害発生場所を明らかにし、各々の特徴を明らかにすることを試みる。

2. 研究方法

本研究では、三重県の一級河川流域のうち雲出川流域、櫛田川流域、宮川流域を対象とする。それらの流域の中で、過去 20 年を遡り、氾濫危険水位を大きく上回った事例(三重河川国道事務所)を抽出した。その時の、降雨データや時系列の河川水位データを国土交通省水門データベースから収集し、エクセルを利用し発生した災害と雨量、最高水位をまとめた表と累計降水量、水位を表した図を作成した。各流域での災害に繋がる降雨特性やそれに対応した水位上昇の特徴を検討し、作成した図を利用して降水量や水位等の比較を行い、どこでどれくらいの雨が降ると現段階では、計画高水位を超えてしまうのかを河床勾配や台風の進路等を交えながら予測する。

本研究では、流域平均降雨ではなく台風による被害で起きた氾濫時の雨量を対象とし、観測所のデータを元に研究を進めた。

3. 三重県一級河川での降雨特性と水位の関係

3.1 雲出川流域

雲出川流域での台風による豪雨で氾濫危険水位を大きく上回った河川は、中流域で本川に合流する右支川の波瀬川である。表-1 に波瀬川での氾濫危険水位 3.40m 以上を記録した時の降雨特性を示す。総雨量に最大 2.5 倍程度の差はあるが、時間最大雨量はいずれも約 60mm 前後である。さらに、氾濫危険水位を超えなかったものの総雨量が 400mm 近く降った H23 での降水量と水位の比較を行った(図-1, 2)。これを見ると、H23 では長時間の継続降雨であるが最大雨量は 40mm に及んでいないのに対して、H24 では短時間降雨で最大雨量が H23 の 1.5 倍に及んで氾濫危険水位を超過している。つまり、波瀬川では総雨量より時間雨量が大きい方が氾濫に効いている。

表-1 雲出川水系波瀬川 計画高水位超過年¹⁾

雲出川水系 波瀬川 下川原橋水位観測所						
年	日付	豪雨要因	最高水位	総雨量	1時間最大雨量	被害状況
H26	8月9日	台風11号	3.7m	539mm	61mm	×
H24	9月30日	台風17号	4.15m	220mm	57mm	氾濫
H21	10月8日	台風18号	4.00m	226mm	64mm	氾濫
H16	9月29日	台風21号	4.28m	421mm	67mm	氾濫



図-1 H23・H24 降水量比較図²⁾



図-2 H23・H24 水位比較図²⁾

次にH21, H16では計画高水位を超えていたのにH24, H26では超えなかった河川(右支川中村川, 本川雲出川)があったため原因を分析した(表-2, 3). H16とH24を比較すると, 中村川, 雲出川ともに時間最大雨量に20mmほどの差があった. 雲出川, 中村川では台風の進路が影響しているのではないかと予想し, それぞれの年の台風の進路についても調べた. 計画高水位を超えたH16では河川の北側を通っていた, 超えなかったH24では河川の南側を通っていた. 台風は暖かく湿った空気を南から北へ吹き上げるため, 進行方向の前面や右側では, 早くから大雨が広い範囲で降り, 雨量も多い傾向にあることから, 台風の経路が降雨特性に与える影響は大きい.

表-2 雲出川大仰水位観測所¹⁾

計画高水位を超えた年				
雲出川 大仰水位観測所				
年	災害要因	最高水位	時間最大雨量	被害状況
H16	台風21号	6.57m	64mm	氾濫
H21	台風18号	6.52m	75mm	氾濫
計画高水位を超えなかった年				
H26	台風11号	5.99m	54mm	
H24	台風17号	5.64m	46mm	

表-3 中村川島田橋水位観測所¹⁾

計画高水位を超えた年				
中村川 島田橋水位観測所				
年	災害要因	最高水位	時間最大雨量	被害状況
H16	台風21号	4.37m	63mm	氾濫
H21	台風18号	3.91m	74mm	氾濫
計画高水位を超えなかった年				
H26	台風11号	3.25m	49mm	
H24	台風17号	2.62m	42mm	

3.2 櫛田川流域

櫛田川流域では, 主に下流で本川に合流する右支川の佐奈川が氾濫危険水位 3.20m を超過しやすい傾向にある. 佐奈川では時間最大雨量もちろん関係しているが, 波瀬川に比べて総雨量が大きいことも影響していることが分かる(表-4). 佐奈川は河川幅が狭いため, 短時間で多量の雨が降ると水位が急上昇しやすいが, 下流付近に位置している河川であるため, 長時間降った後に多量の雨が短時間で降っても, 勾配がゆるいことから少しずつ時間をかけて水位が上がる傾向がある(図-3, 4参照). つまり, 短時間の集中的な降雨よりも長時間の継続的な降雨の方が河川氾濫に支配的であることが推察される.

表-4 櫛田川水系佐奈川 計画高水位超過年¹⁾

櫛田川水系 佐奈川 西山橋水位観測所						
年	日付	豪雨要因	最高水位	総雨量	1時間最大雨量	被害状況
H29	10/22~23	台風21号	3.87m	485mm	50mm	×
H27	8/25~26	台風15号	3.38m	214mm	57mm	×
H26	8/9~10	台風11号	3.37m	401mm	45mm	×
H16	9/29~30	台風21号	3.36m	348mm	67mm	越水



図-3 H29 降水量・水位²⁾



図-4 H27 降水量・水位²⁾

3.3 宮川流域

宮川流域では, 本川である宮川が氾濫危険水位 8.20m を上回った事例がある(表-5 参照). 宮川岩出水位観測所では, H23とH16に計画高水位を上回り, H23では最高水位 10.08m を記録, H16では, 最高水位 10.16m を記

表-5 宮川水系宮川 計画高水位超過年¹⁾

宮川水系 宮川 岩出水位観測所						
年	日付	災害	最高水位	総雨量	1時間最大雨量	被害
H23	8/30~9/5	台風12号	10.08m	883mm	47mm	越水
H16	9/29~30	台風21号	10.16m	753mm	119mm	越水

録し過去最高水位となった。どちらの年も氾濫危険水位を大きく上回ったため越水を起こし浸水被害が発生した。

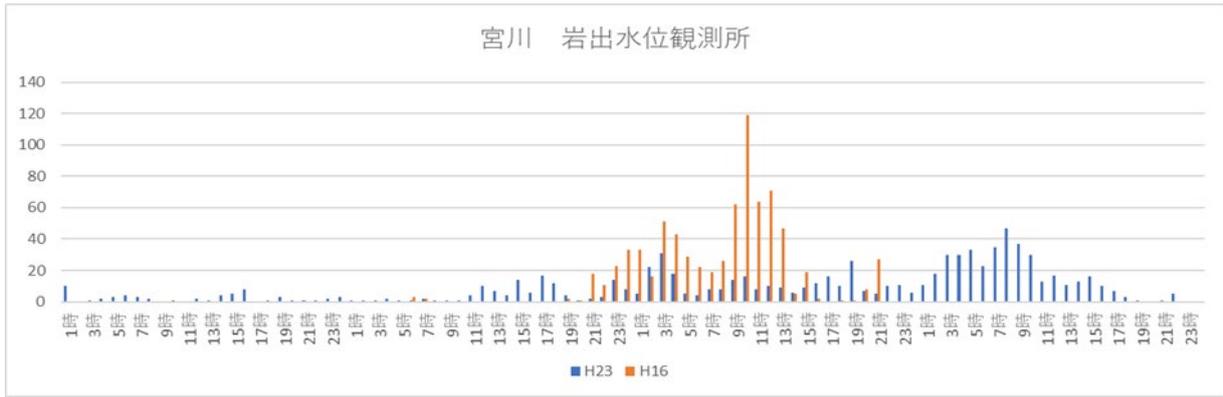


図-5 宮川 H23, H16 降水量比較図²⁾

図-5 を見てみると、H23 は数 mm~40mm の雨が長時間降り続けていて、山なりのような形で何度も続いていることが分かる。宮川下流部はほぼ水平であるため河床勾配が緩くなっている。そのため洪水流が流下しにくい状態になっているため、何度も雨が降ることによって、河川に雨水が溜まっていき、短い時間で 50mm や 100mm を超えるといった雨が降らなくても氾濫危険水位を超えてたと考えられる。逆に H16 では短い時間で多量の雨が降り氾濫危険水位を超えた。時間最大雨量は H23 と比較すると約 3 倍の 120mm が降っている。降水量の結果だけを見てみると、宮川では総雨量、時間雨量どちらでも氾濫危険水位を超える可能性があるのではないかと予想される。

図-6 で H23、図-7 で H16 の時の水位の上がり方を表してみたが、H23 は緩やかに水位が上がっているのに対して、H16 では急激に水位が上がっている。H23 では何時間か 10mm 前後の雨が続き、水位が徐々に上がってきている。また長時間雨が降っていたため、水位が下がりづらくなってしまい、30mm~40mm の雨が続き、水位が上がりやすくなっていると考えられる。H16 は、H23 の時間最大雨量に近い雨が続き後にそれ以上の雨が降ったため水位が急上昇している。さらにその数時間後に 100mm 以上の雨が降り氾濫危険水位を超える被害となった。このことから、本川宮川では溜まった雨水が流れにくいため、長時間の少量の雨でも短時間の多量の雨でも氾濫危険水位を超えると予測される。また、支川の数も多いため、本川に降った雨だけでなく、支川で溜まった雨水も流れてくるためそれらも大きな影響を与えている。



図-6 H23 降水量・水位²⁾

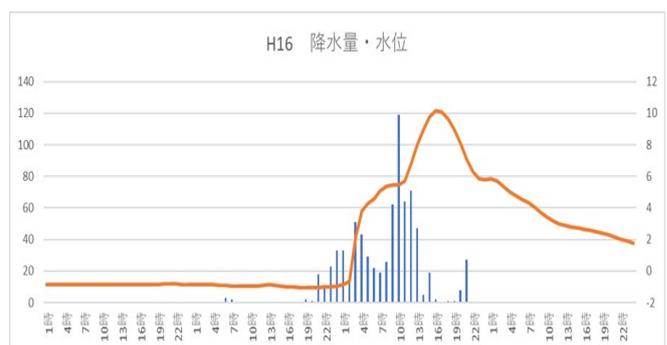


図-7 H16 降水量・水位²⁾

表-6 勢田川 計画高水位超過年³⁾

次に宮川の支川である勢田川の過去の災害事例について調べた。勢田川は波瀬川や佐奈川と比べ、氾濫危険水位を超えたケースはあまり見られなかったが、平成 29 年の 10 月に起こった

年	宮川水系		勢田川 岡本水位観測所			被害
	日付	災害	最高水位	総雨量	1時間最大雨量	
H29	10/22~23	台風21号	3.69m	665mm	80mm	越水

った台風 21 号により大きな被害をもたらした(表-6)。宮川流域全体で総雨量が大きい洪水となったが、勢田川岡本水位観測所では特に総雨量が大きい結果となった。この時の雨量は昭和 57 年にあった洪水時と比較すると、時間最大雨

量は同等であるが、累積雨量は超過した。勢田川は本川である宮川とは三角州の大湊で接しているに過ぎないため、宮川からの流水がない。勢田川は海に近いので、満潮と台風による高潮、大雨が重なった影響もあり、氾濫危険水位を超過してしまい堤防高不足部分により越水を起こし氾濫が発生してしまった。勢田川では、昭和 49 年と昭和 57 年に大きな浸水被害が発生し堤防高の見直しや強化が行われたが、今回の洪水では堤防を超える結果となってしまった。

4 結果

表-7 河川の特徴

河川	勾配(特徴)	川幅(特徴)	降雨特性(どのような特性に弱いかわ)
雲出川水系波瀬川	上流はかなり急峻で下流での流れも速い	支川であり狭い	短時間雨量
櫛田川水系佐奈川	波瀬川と比べて緩やかな流れ	支川であり下流域にあるためかなり狭い	総雨量
宮川水系宮川	ほぼ水平で流れは遅い	本川であるため広い	短時間雨量/総雨量

今回の研究対象河川のそれぞれの勾配や川幅の特徴、研究結果から得た情報(どのような降雨特性に弱いかわ)を表-7 に簡易的にまとめた。雲出川水系は波瀬川が氾濫危険水位を最も超えやすく、短時間での強い雨(50mm を超える雨)が原因になりやすいということが分かった。櫛田川水系の佐奈川は短時間で多量の雨が降った場合でも氾濫危険水位を超えてしまうが、波瀬川よりも河床勾配が 2 倍近く緩いため、雨水が流れきらず長時間の雨量で水位が徐々に上昇してしまい、氾濫危険水位を超えてしまうと今回の研究結果から分かった。宮川の勾配はほぼ水平のため雨水が流下しにくく長時間雨が降ると氾濫の危険性が高まってしまう。勾配が緩く河川の流れが遅いことから短時間の雨でも 50mm 以上降れば水位が急上昇し 100mm を超える雨が降れば氾濫危険水位を超えてしまうことが研究結果から推察される。

5 まとめ

過去の災害事例に基づいて、三重県一級河川流域にてそれらが発生した時の降雨特性や水位変動、災害発生場所との関係を分析した。その中でも、計画高水位を上回る回数と被災が顕著であった雲出川水系波瀬川と櫛田川水系佐奈川、宮川水系宮川を抽出し災害要因を分析した。H16 に起きた台風 21 号はほとんどの河川で氾濫危険水位を超えた浸水被害が起きている。台風は、三重県の北側を通過したため、各河川での時間最大雨量や累計雨量は非常に大きな結果となっている。台風 21 号は最低気圧 940hPa、最大風速 45m/s で日本を横断した。H16 と同等またはそれ以上の洪水が発生した場合、大きな被害を繰り返すこととなってしまったため、この結果を基準とした対策が必要になってくる。

本研究での結果は観測所からの数値を基に行ったため、おおよその結果となっている。今後各観測所からの数値を集め、シミュレーションソフトを利用しより正確な数値を得ることを今後の課題とする。

参考 URL

- 1) 三重河川国道事務所-過去の出水状況 (参照日:2023/6/1)
(https://www.cbr.mlit.go.jp/mie/disaster/river-disaster/post_flood.html)
- 2) 国土交通省水門データベース (参照日:2023/10/2)
(<http://www1.river.go.jp/>)
- 3) 宮川水系勢田川台風第 21 号の出水概要と今後の取り組み (参照日:2023/11/4)
(https://www.cbr.mlit.go.jp/mie/river/conference/ryuiki/pdf/20th/20th_shiryuu-03.pdf)

流域治水における水田貯留の役割に関する一考察

(－最近の研究事例を対象にして－)

EC20086 渡邊平

1. 目的

本研究では、近年の流域全体を俯瞰して集水域から氾濫域を一つの流域として捉え、その河川全体の関係者が協議していく流域治水への転換が進められている。そのなかで、「氾濫をできるだけ防ぐ・減らす対策」として近年注目がされている水田貯留に着目する。本研究では、ここ数年で発表された水工学関連論文集掲載の論文を用いて、それらのレビューに基づき、地域性を考慮した水田貯留に必要な指標の抽出と効果的なメニューの作成を目的とした。

2. 水田貯留について

水田貯留とは、食料を生産する本来の機能に加え、水田に 5cm 程度余分に雨水を貯め、川に排水することで、農地や市街地の洪水被害を軽減させることを目的とした流域治水である¹⁾。水田貯留は洪水防止機能を強化するため、水田の排水口に小さな穴の開いた調整板などの簡単な器具を水田の排水口に設置して水の流出抑制を行い、雨水を一時的に水田に貯め徐々に排水することで洪水を防止・軽減する取組である(図-1 参照)。これにより、多くの農地・農作物への浸水被害防止の他、住宅等への洪水被害軽減が期待できる。また、大規模な施設を造成する必要がなく、低コストで短期間に治水安全度を向上させることのできる大きな特徴であり、各地で取組が広がりつつある。

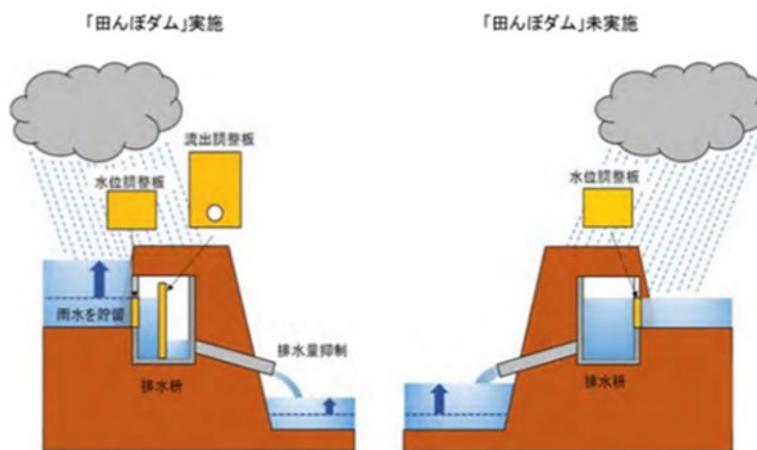


図-1 「水田貯留」を実施している水田の排水イメージ¹⁾

ここで水田の貯留効果があるという点を従来の水田貯留を例に取り説明する。新潟県新潟市では江南区天野地区をモデル地区に設定し、天野地区内の田んぼで田んぼダムの効果を調べた²⁾。この天野地区内のモデル地区での田んぼダムの取り組みは(総雨量 254.5mm 時間最大 97mm)の平成 10 年 8 月新潟豪雨を対象降雨に設定し、あぜの高さを 30cm にして漏水対策をした場合の水田貯留による流失抑制効果をシミュレーションしたものである。このシミュレーションの結果、浸水面積は田んぼダムを実施しない場合よりも 226.1ha

から 170.0ha と 22.8%の減少を示した。加えて、天野地区の市街地における浸水面積では 24.6%の減少、浸水量では 38.0%の減少を示している。

次に、水田貯留の導入におけるデメリットを説明する。水田貯留は田んぼに通常時よりも多くの水を貯留し、流失抑制を行うことで治水効果を発揮している。そのため、水田貯留を維持していくためには畦道の強度を保つ必要がある。また、個人による増水前後の調節板の設置や撤去作業の排水柵の管理が煩わしいことや調節板や排水柵の改良に伴う公的支援が必要となることが挙げられる。

3. 研究手法

3.1 研究論文について

今回は 2022 年度以降の工水田貯留に関する論文を水工学論文集・河川技術論文集から挙げていく。実際に 2022 年度・第 67 回水工学論文集、2023 年度・水工学論文集、2022 年度・河川技術論文集から水田貯留に関する論文を 6 編挙げる。(表-1)

表-1水田貯留に関する論文集

	タイトル	著者	年度	論文
3.1	農事暦を考慮した背水による農地への積極的洪水導水の検討*3	上野 陽平ら	2022年	第22回河川技術論文集
3.2	流域勾配が大きな小規模田んぼを活用した流出抑制機能向上方策に関する研究*4	成 岱蔚ら	2022年	第23回河川技術論文集
3.3	白川水系黒川流域における田んぼダム導入による流出抑制効果の予測評価*5	鹿児島 昂大ら	2022年	第67回水工学論文集
3.4	高梁川水系軽部川における田んぼを活用した流域治水対策の検討*6	赤穂 良輔ら	2022年	第67回水工学論文集
3.5	宮城県大崎市米袋排水機場流域におけるスマート田んぼダムの効果検証*7	嶋 堯希ら	2022年	第67回水工学論文集
3.6	流域治水に向けた田んぼダムの効率的解析法の提案と現地適用*8	赤穂 良輔ら	2023年	第68回水工学論文集

3.2 研究手法について

各論文の目的・対象流域の概要・方法・結果・考察・まとめを読み解いていき、6 編の論文をまとめて整理することによって、導入にあたりメニューを作成することを目的とした。

4. 結果

4.1 各論文から得られる重要指標

上記の 6 編の研究論文を概観したことにより、水田貯留の適用にあたり重要となる指標を本章で抽出する。農事暦を考慮すると生育段階に応じて田んぼの水管理の状態は異なることが示される。田んぼに水を張って貯め続けている 8 月中旬の登熟期や稲の刈り取りが終わった水を入れたり抜いたりする間断間水期の終わった 9 月下旬から 10 月は洪水を導水できる時期のため、田んぼダムの効果が大きく発揮されると示唆され、7 月下旬から 8 月上旬までの穂ばらみ期は特に田んぼダムの効果が小さくなることが示される。

降雨量による田んぼダム導入による効果とし、田んぼが適切に貯留できる範囲での降雨に対しては流失抑制効果が大きくみられ、浸水面積や浸水深の減少も示唆されている。また、田んぼの貯留量を超過する降水に対しては流失抑制効果が小さく、田んぼダム導入による浸水面積や浸水深の減少は示されなかった。

流失孔による違いでは田んぼが適切に貯留できる範囲での降雨に対して田んぼダムは流失抑制効果を示し、特に 50mm の流失孔が最も効果を示すことが示唆され、田んぼの貯留量を超過する降雨に対しては孔径による違いは見られなかった。これは、田んぼが貯留できる範囲を超過する降雨では畦畔越流や排水位上昇による影響が大きくなることで田んぼダムの流出抑制効果が小さくなる可能性が示唆され、大きな降雨量に対して田んぼダムはあまり効果がないことが示される。

地形勾配による違いを比較すると、地形勾配が大きくなるほど背水が生じづらく、冠水水田面積の割合が小さくなる。地形勾配が小さくなるほど背水が生じやすく、冠水水田面積の割合が大きくなることが示される。

畦道の嵩上げは田んぼの貯留量を増加させることで、田んぼへの流入量を抑制することができ、田んぼダムの治水安全度を高めることができると示される。

スマート田んぼダムによる通常の田んぼダムに比べて高い治水安全度を示されたが、排水基準を超過する降雨の場合には従来の田んぼダムより治水安全度は低下することが示される。また、スマート田んぼダムは最大降雨までの到達が遅くなるにつれて最大降雨中に排水基準に達することで、流出抑制効果が喪失してしまい、効果を発揮しづらくなる。しかし、最大降雨が速くなると排水基準に達するタイミングが遅くなることで、浸水量を軽減できると示される。

これらのことから、田んぼダムの導入に必要なメニューをまとめたものを下記の図に示す（図-2 参照）。

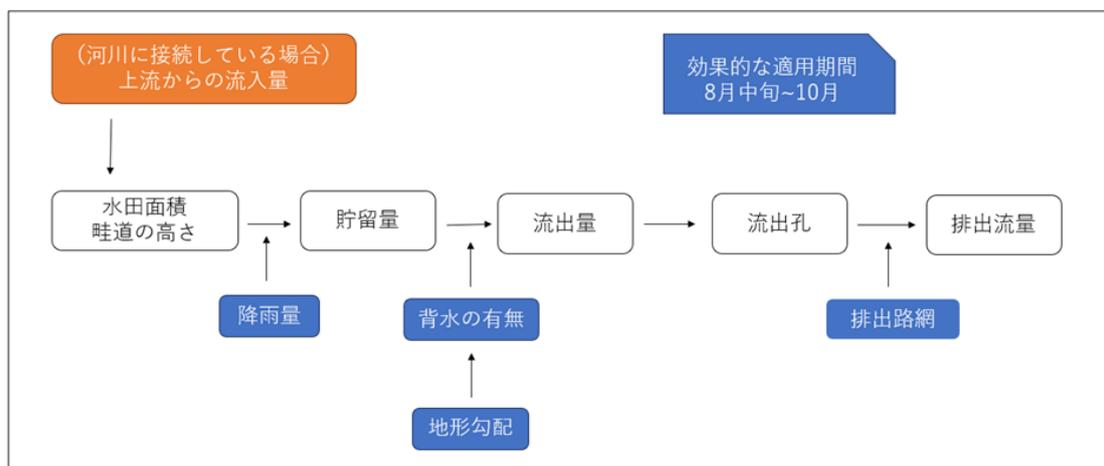


図-2 水田貯留の必要条件

水田の貯留量は水田面積が大きく、畦道が高くなるほど大きくなり、その地域に降る降雨量が小さくなるほど治水対策として有効であると示される。また、地形勾配が大きくなるほど背水が生じづらくなるため流出量を小さくすることができると示される。

4.2 まとめ

田んぼダムによる適切な貯留量の判別として、田んぼの面積やその土地の降雨量が重要だと考えられ、田んぼダムの効果を精度良く評価するためには排水路網の解析が重要であると示唆される。

流失孔は水田貯留の流出抑制効果に影響してくることから、その土地の想定する降雨にあった流出量調節器具が必要であると考えられる。

上流からの流入量や田んぼ地区の地形勾配、背水の影響力等を考慮することが田んぼダムの導入において必要だと示唆される。

5. 結論

本研究は、ここ数年で発表された水工学関連論文集掲載の論文を用いて、それらのレビューに基づき、地域性を考慮した水田貯留に必要な指標の抽出と効果的なメニューの作成を目的とした。得られた主な結果を以下に示す。

- 1)各論文のレビューをすることによって水田貯留に必要となる水の流れに基づいた重要指標の抽出を検討した。重要指標として、降雨量・降雨時期・水田面積・勾配・背水の有無・畦道の強度や高さがあると示唆された。
- 2)理想的な水田貯留の条件として、上流からの流入量がなく、勾配が大きく背水が生じづらい土地で瞬間的な降雨量の少ない地域であり、面積が大きく畦道が高く、強度のある水田であることが必要だと示唆される。
- 3)水田貯留における提案されている対策として、畦道の嵩上げや適切なポンプ排水、排水路網の詳細な測量、農家の自発性を促す補償等を考える必要があると示唆される。

参考文献

- 1)国土交通省 水管理・国土保全局 「流域治水」の基本的な考え方.(01_kangaekata.pdf (mlit.go.jp) (参照 2023-10-11)
- 2)新潟県新潟市 農林水産部農村整備課. (tanbodamu-PR.pdf (niigata.lg.jp) (参照 2023-10-26)
- 3)上野陽平, 手計太一, 小山直紀, 松浦拓哉, 乃田啓吾, 木口雅司, 沖大幹 (2022) 農事暦を考慮した背水による農地への積極的洪水導水の検討, 河川技術論文集, 第 22 巻, PP.373-378 (参照 2023-11-21)
- 4)成 岱蔚, 湧川 勝己, 川島 幹雄, 若松 聡, 渡邊 昌夫, 奥山 泰河, 中村 大介, 高山 淳平, 小高 一宏 (2022) 流域勾配が大きな小規模田んぼを活用した流出抑制機能向上方策に関する研究, 河川技術論文集, 第 22 巻, PP.403-408 (参照 2023-11-21)
- 5)鹿児島 昂大, Shakila KAYUM, 皆川 朋子 (2022) 白川水系黒川流域における田んぼダム導入による流出抑制効果の予測評価, 水工学論文集, 第 67 巻, PP. I_247-I_252 (参照 2023-11-28)
- 6)赤穂 良輔, 池尻 悠人, 前野詩朗 (2022) 高梁川水系軽部川における田んぼを活用した流域治水対策の検討, 水工学論文集, 第 67 巻, PP. I_253-I_258 (参照 2023-11-28)
- 7)嶋 堯希, 宮津 進, 佐藤 一浩, 小泉 慶雄 (2022) 宮城県大崎市米袋排水機場流域におけるスマート田んぼダムの効果検証, 水工学論文集, 第 67 巻, PP. I_259-I_264 (参照 2023-11-28)
- 8)赤穂 良輔, 宅野 智紀, 松井 大生, 前野 詩朗 (2023) 流域治水に向けた田んぼダムの効率的解析法の提案と現地適用, 水工学論文集, 第 68 巻, PP.073-073 (参照 2023-11-28)

中部大学への通学手段及び通学時間の実態調査

EC19012 上田蒼明

1. はじめに

大学生の通学手段は様々であり、居住している場所や最寄りの公共交通機関や距離などに大きく影響を受ける。近年では、電動キックボードに関する法改正など新しい移動手段が増え、それに伴う法整備も進んでいる。このことから、大学生の通学に関してより新しい可能性を見つけるため、現在の通学手段や通学時間を調査し見直すことが重要である。

そこで本研究では、中部大学生の通学状況を把握し、交通手段別通学時間マップの作製により見える化を図ることで、これからの中部大学生の通学に役立てることを目的とする。

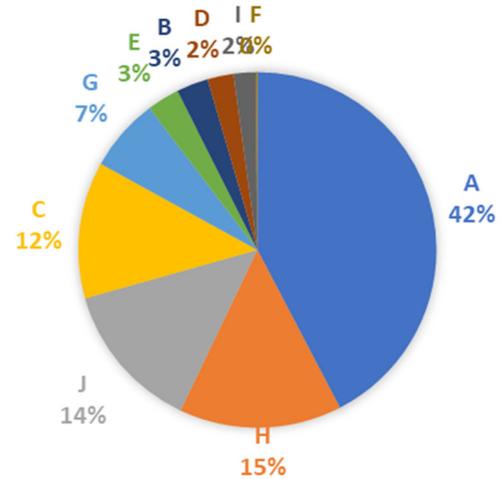


図1 全学生交通手段割合

2. 研究方法

2.1 調査対象

対象は、中部大学生の約 8 割を占めている愛知県内からの通学生とし、通学時間の状況を把握する。

2.2 調査対象とする通学手段

中部大学学生支援課が作成した「全学生交通手段調査」の区分である以下の A~J を調査対象とする。

【交通手段】

- A. 神領駅から大学まで名鉄バス中部大学線利用
- B. 高蔵寺駅北口から中部大学前まで名鉄バス利用
- C. 中部大学東まで名鉄バス利用
- D. 神領駅から大学まで徒歩
- E. 神領駅から大学まで自転車
- F. 神領駅から大学までオートバイ
- G. 自宅・下宿から大学まで徒歩
- H. 自宅・下宿から大学まで自転車
- I. 自宅・下宿から大学までオートバイ
- J. 自宅・下宿から大学まで自家用車

なお、これらの交通手段の情報は、学生本人により入力されたものである。全学生の交通手段割合を図 1 に示す。

2.3 通学時間の調査方法

Google マップの経路案内検索および実際に現地調査で得たデータを用いて、以下のとおり通学時間を調査する。

- ・ 交通手段 A、D、E、F に関しては、各市区町村の役所・役場を出発点とし、神領駅まで鉄道で要する通学時間を調査する。それに加え、神領駅から終点を中部大学正門として、A にはバスの平均待ち時間+平均乗車時間 (20 分)、D には徒歩 (30 分)、E には自転車 (15 分)、オートバイ (10 分) をそれぞれ加算する。
- ・ 交通手段 B に関しては、各市区町村の役所・役場を出発点とし、高蔵寺駅まで鉄道で要する通学時間を調査する。それに加え、神領駅から終点を中部大学正門として、バスでの通学時間 (20 分) を加算する。
- ・ 交通手段 C に関しては、各市区町村の役所・役場を出発点とし、中部大学東バス停までに要する通学時間を調査する。それに加え、終点を中部大学正門として徒歩での通学時間 (5 分) を加算する。
- ・ 交通手段 G、H に関しては、各市区町村の役

所・役場を出発点とし、中部大学正門を終点とし通学時間を調査する。

- 交通手段 I、J に関しては、各市区町村の役所・役場を出発点とし、中部大学学生駐車場までの通学時間を調査する。

2.4 交通手段別通学時間マップの作製方法

2.3 で調査した通学時間を通学時間 20 分以上から 20 分間隔で、20 分以上～40 分未満、40 分以上～60 分未満、60 分以上～80 分未満、80 分以上～100 分未満、100 分以上～120 分未満、120 分以上、該当者なし、の 7 段階に区分する (表 1)。

その結果を、愛知県の市区町村別にマップに色分けする。

表 1 通学時間の 7 段階色分け表

色分け	通学時間
水色	…20分以上～40分未満
黄緑	…40分以上～60分未満
緑色	…60分以上～80分未満
黄色	…80分以上～100分未満
オレンジ	…100分以上～120分未満
赤色	…120分以上
灰色	…該当者なし

3. 交通手段別通学時間マップ

図 2～11 に、交通手段 A～J 別の通学時間マップを示す。それぞれ以下の特徴が読み取れる。

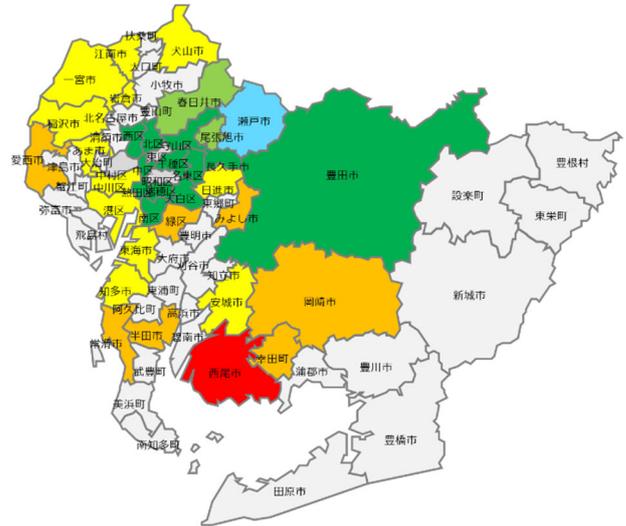


図 3 通学時間マップ B

(高蔵寺駅北口から中部大学前まで名鉄バス利用)

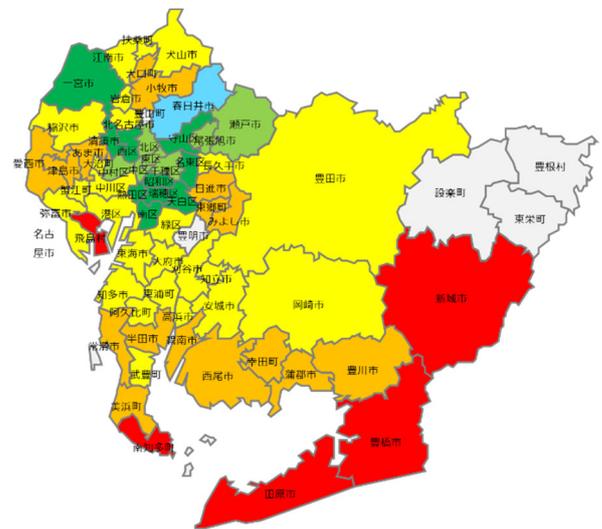


図 4 通学時間マップ C

(中部大学東まで名鉄バス利用)

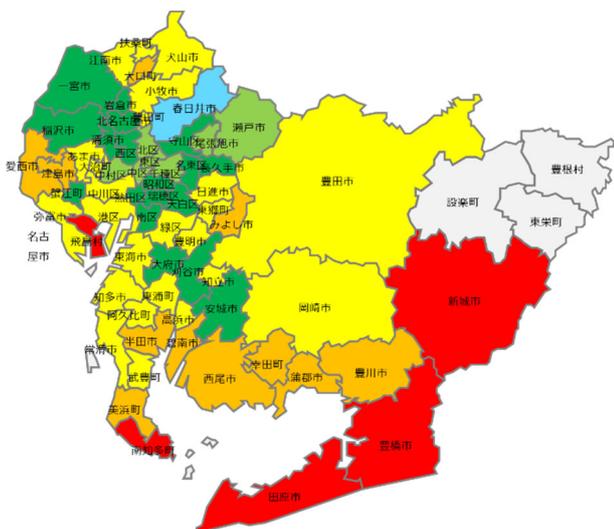


図 2 通学時間マップ A

(神領駅から大学まで名鉄バス中部大学線利用)

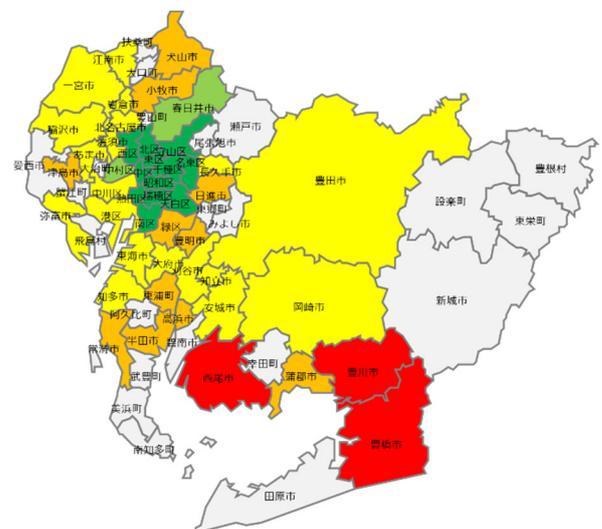


図 5 通学時間マップ D

(神領駅から大学まで徒歩)

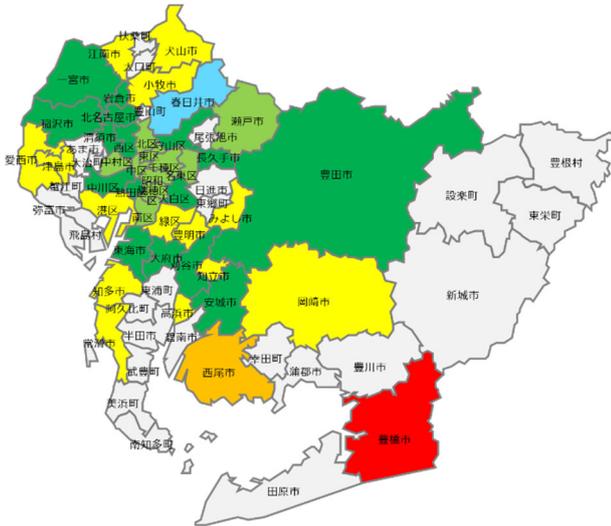


図6 通学時間マップE
(神領駅から大学まで自転車)

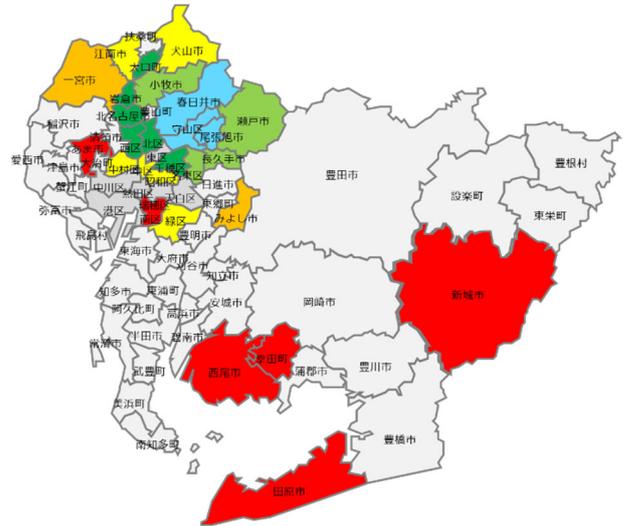


図9 通学時間マップH
(自宅・下宿から大学まで自転車)

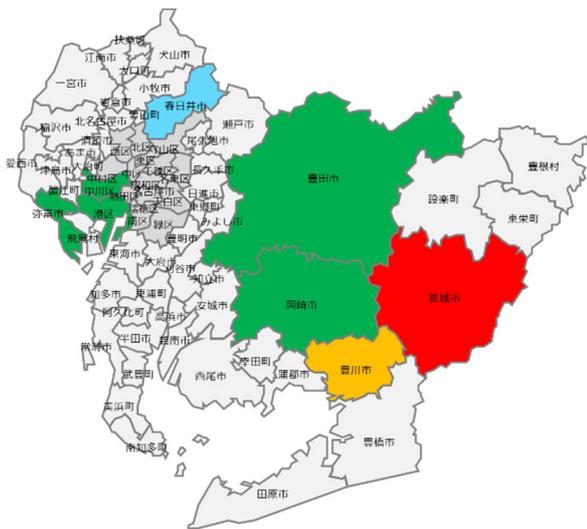


図7 通学時間マップF
(神領駅から大学までオートバイ)

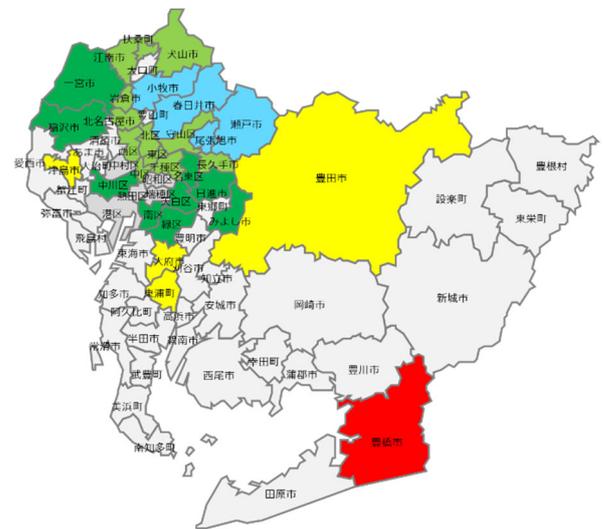


図10 通学時間マップI
(自宅・下宿から大学までオートバイ)

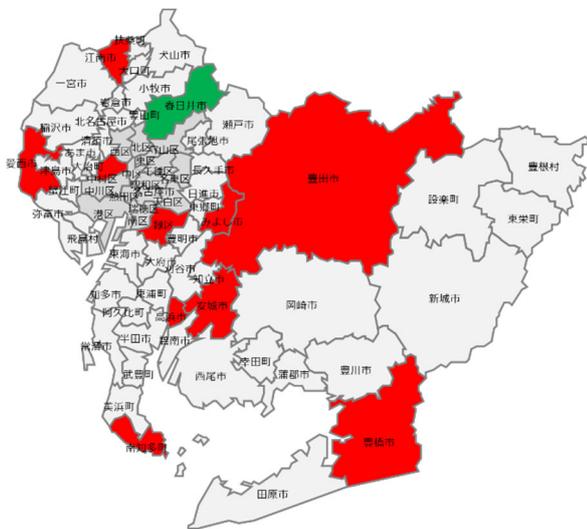


図8 通学時間マップG
(自宅・下宿から大学まで徒歩)

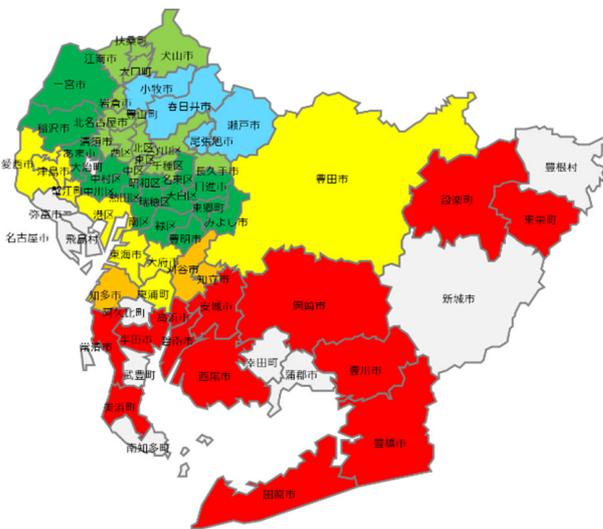


図11 通学時間マップJ
(自宅・下宿から大学まで自家用車)

A.神領駅から大学まで名鉄バス中部大学線利用

愛知県内のほぼすべての市区町村から通学者がおり、中部大学学生全体の42%が利用していることから、中部大学で最も主要な交通手段と言える。

通学時間に関しては、名古屋鉄道やJR東海道本線が通る市区町村が60分以上～80分未満で通学可能である。(図2)

B.高蔵寺駅北口から中部大学前まで名鉄バス利用

主に瀬戸市、豊田市、岡崎市など愛知環状鉄道が通る地域の利用者が多いが、中部大学生全体の3%となっている。名古屋方面の利用者もいる理由としては、JR中央本線高蔵寺駅に快速が停車するからではないかと考えられる。(図3)

C.中部大学東まで名鉄バス利用

中部大学東のバス停を利用する人は多く、中部大学生全体の12%を占めている。主に春日井市内からの通学で利用されていると考えられる。神領駅のバス停混雑を避け、勝川駅からバスに乗り中部大学東で降り通学している可能性も考えられる。(図4)

D.神領駅から大学まで徒歩

交通手段Aと比較すると、全体的に通学時間が増加するため、該当者がいない市区町村が増加したことが分かる。(図5)

E.神領駅から大学まで自転車

交通手段Aと比較すると、80分以上～100分未満の黄色の区分から60分以上～80分未満の緑の区分に変化した市区町村が多く見られる。(図6)

F.神領駅から大学までオートバイ

該当者なしの市区町村が大半を占めるため、神領駅からオートバイでの通学者が少ないことが分かる。春日井市に隣接している市区町村ではなく、名古屋市中村区や豊田市など、少し距離の離れた市区町村から通学している。(図7)

G.自宅・下宿から大学まで徒歩

徒歩通学の98%が春日井市内から通学している。マップで赤く塗られている市区町村からの通学者は、

通学時間が長すぎるため春日井市に下宿していると考えられる。(図8)

H.自宅・下宿から大学まで自転車

愛知県の北西部で中部大学から20km圏内の市区町村からの通学者が多く見られる。マップで赤く塗られている市区町村からの通学者は、春日井市に下宿していると考えられる。(図9)

I.自宅・下宿から大学までオートバイ

愛知県の北西部で中部大学から25km圏内の市区町村からの通学者が多く見られる。通学時間が100分を超えると予想される市区町村からの通学者はほとんど見られない。(図10)

J.自宅・下宿から大学まで自家用車

愛知県内のほぼすべての市区町村からの通学者がいる。通学時間は距離に応じてグラデーションのように色分けされる。通学時間が100分を超える市区町村も多くある。(図11)

4. 考察

中部大学への通学で最も利用しやすい交通手段は、全体の利用率から見て鉄道である。次に、鉄道と同様ほぼすべての市区町村から通学者のいる自家用車である。両交通手段の共通点として、通学時間が100分超の通学者が多くいる。このことから、通学手段を選ぶ基準として、通学時間の短さの他に通学自体の快適さが重視されているのと考えられる。

5. まとめ

本研究では、中部大学生の交通手段別通学時間マップを作製することにより、通学時間の見える化を図ることができた。調査データにおいて最終的な駅やバス停などでしか交通手段の区別ができなかったため、出発点から中部大学まですべての交通手段が判明すれば、精度の高い調査になると考えられる。

参考文献

- 1) ベネッセ教育総合研究所(2012): 第2回大学生の学習・生活実態調査報告書, pp.56-57

三重県の都市公園における SDGs 政策の実施状況調査

EC20005 安藤大希

1. はじめに

コロナ禍において公園の需要が高まったことに加え、感染症法上の位置づけが変更になり、お花見や公園でのお祭りも再開など、さらに利用の機会が増えてきている。公園は、環境面や防災面でも重要であることから、持続可能な開発目標 (SDGs) にどれほど対応しているのか明らかにすることが重要だと考えられる。

そこで、三重県にある都市公園において、SDGs の 17 項目に関する政策がどれほど実施されているのかを調査することを目的とする。また、愛知県、岐阜県の研究結果から、東海 3 県の公園の役割やそれぞれの県の公園の SDGs 達成傾向も把握する。

2. 研究方法

本研究は、以下の手順で実施する。

- 1) SDGs の 17 項目から公園に関連する項目を取り上げ、公園において取り組まれている環境政策、防災対策、社会政策等について、その事項を SDGs に関連づけてまとめる。
- 2) 対象とする三重県の都市基幹公園、大規模公園の公式 WEB サイトや市のホームページを参考に、公園の場所や敷地面積を調べる。さらに、

実際に公園を訪問し、1)に当てはまる事項について調査し、写真やメモを記録する。

- 3) 調査結果を SDGs の項目ごとに集計する。また、訪問した公園の中で、新たに実施可能な SDGs 政策を公園の存在効果の観点を含めて提案する。
- 4) 東海 3 県のそれぞれの調査結果を比較し、考察する。

3. 公園と SDGs の関連

3.1 都市公園の分類

都市公園とは、都市公園法によって位置づけられる都市計画公園または緑地、あるいは国および地方公共団体が都市計画区域内に設置する公園または緑地である (都市公園法第 2 条)。

市民のやすらぎの場所として存在しているだけでなく、都市の安全性を向上させ、災害発生時には市民を守る防災公園としての役割もある。また、豊かな地域作りのための環境政策や地域の活性化に繋がる役割もある。

公園は様々な種類に分類されるが、本研究で調査対象とする公園は、表 1 の定義に従い、都市基幹公園 (総合公園、運動公園)、大規模公園 (広域公園) に分類する。

表 1 公園の分類

種類	種別	定義
都市基幹公園	総合公園	都市に住む人たちが休息、観賞、遊戯、運動など総合的に利用できるように施設が配置された公園 (標準面積 10~50ha、緑化面積率 50%以上)
	運動公園	都市住民全体が主として運動できるよう、運動施設の敷地面積が 25%以上 50%以下の範囲内において、野球場、サッカー場、陸上競技場、テニスコート、体育館、プールなどの運動施設が配置された公園 (標準面積 15~75ha、緑化面積 30%以上)
大規模公園	広域公園	主として一つの市町村の区域を越える広域のレクリエーション需要を充足することを目的とされた公園 (標準面積 50ha 以上)

3.2 持続可能な開発目標 (SDGs)

SDGs とは、Sustainable Development Goals の略称であり、2015 年ニューヨークの国連本部で行われた国連サミットで採択された、国連 193 かが達成を目指す 2016 年から 2030 年までの国連目標である。貧困や飢餓、健康、教育、ジェンダー平等、近代的エネルギーのアクセス、経済成長、包摂的かつ持続可能な産業化、気候変動、海洋資源・雨林・生態系の保護、平和で包摂的な社会、持続可能な開発のための目標が掲げられている。地球規模の問題を解決するために、「誰一人取り残さない」という共通理念のもと、SDGs では 17 の目標が掲げられ、具体的な内容や対象として 169 のターゲットが設定されている。

本研究では、まず SDGs の 17 項目のうち公園に関する項目をピックアップする (表 2)。次に、ピックアップした目標の中から公園で実施可能な政策を挙げる (表 3)。政策を整理したチェックリストを用いて、三重県における都市基幹公園、大規模公園で実際に行われている SDGs 政策を調査する。

表 2 公園に関する SDGs の項目

目標 3	全ての人に健康と福祉を
目標 4	質の高い教育をみんなに
目標 6	安全な水とトイレを世界中に
目標 7	エネルギーをみんなにそしてクリーンに
目標 11	住み続けられる街作りを
目標 12	つくる責任つかう責任
目標 13	気候変動に具体的な対策を
目標 15	陸の豊かさを守ろう

表 3 公園に関する SDGs 政策

目標	SDGs3		SDGs4	
政策	健康器具	ベンチ	子どもでも参加できるイベント	
○×-				
目標	SDGs6		SDGs7	
政策	トイレの洋式化	バリアフリートイレ	再生可能エネルギー	
○×-				
目標	SDGs11		SDGs12	
政策	ユニバーサルデザイン	誰もが参加できるイベント	公園安全管理の設備 (管理人の駐在)	公園の安全管理
○×-				
目標	SDGs13		SDGs15	
政策	避難所の案内	防災倉庫	ゴミの清掃活動	保安林
○×-				

表 4 本研究の調査対象の公園

公園名	市	敷地面積
いなべ市農業公園	いなべ市	38ha
いなべ公園	いなべ市	23.84ha
NTN 総合運動公園	桑名市	120ha
長島運動公園	桑名市	100ha
東員町中部公園	東員町	45ha
三重県民の森	菰野町	45ha
北勢中央公園	四日市	98.1ha
垂坂公園・羽津山緑地	四日市	18.5ha
霞ヶ浦緑地	四日市	27.5ha
中央緑地	四日市	28.5ha
南部丘陵公園	四日市	47ha
泊山公園	四日市	10ha
鈴鹿川緑地	四日市	15.82ha
鈴鹿川河川緑地	鈴鹿市	14.04ha
鈴鹿青少年の森	鈴鹿市	51.3ha
石垣池公園	鈴鹿市	23.42ha
深谷公園	鈴鹿市	21ha
亀山公園	亀山市	13.2ha
亀山サンシャインパーク	亀山市	14.2ha
中勢グリーンパーク	津市	28.3ha
河芸町民の森公園	津市	10ha
安濃中央総合公園	津市	16.2ha
上野公園	伊賀市	53ha
上野南公園	伊賀市	16ha
上野森林公園	伊賀市	43ha
岩倉峡公園	伊賀市	10ha
名張中央公園	名張市	18.53ha
中部台運動公園	松阪市	21ha
松阪市総合運動公園	松阪市	12ha
大仏山公園	明和町	37.79ha
宮川ラブリバー公園	伊勢市	19ha
五十鈴公園	伊勢市	18.54ha
朝熊山麓公園	伊勢市	16.2ha
山崎運動公園	熊野市	12.9ha
寺谷総合公園	御浜町	10ha

4. 調査対象公園

訪問調査を実施する三重県の都市基幹公園、大規模公園を表 4 に示す。四日市市の 7 つの公園をはじめ、35 公園を対象とする。内訳は、総合公園 16、運動公園 14、広域公園 5 である。

5. SDGs 政策実施の判断基準

SDGs 政策が実施されていると判断するための基準を目標ごとに設定する。

以下に、目標 3 と目標 7 の例を示す。

（例1）目標3「すべての人に健康と福祉を」

写真1に示すように、健康器具が設置されていれば、目標3に関する政策を実施していると判断する。



写真1 垂坂公園・羽津山緑地の健康器具

（例2）目標7「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」

太陽光パネルや太陽光電灯など系統電力を使わない設備が設置されていれば、目標7に関する政策を実施していると判断する。

6. 調査結果

6.1 目標3～7に関する政策の実施状況

目標3～7に関する政策の実施状況を図1に示す。目標3に関連するベンチはすべての公園で設置されており、トイレに関しても洋式化とバリアフリー化が7割以上の公園で実施済みであった。一方で健康器具が設置されている公園は17か所、再生可能エネルギーが導入されている公園は4か所と対応が遅れているのが現状である。

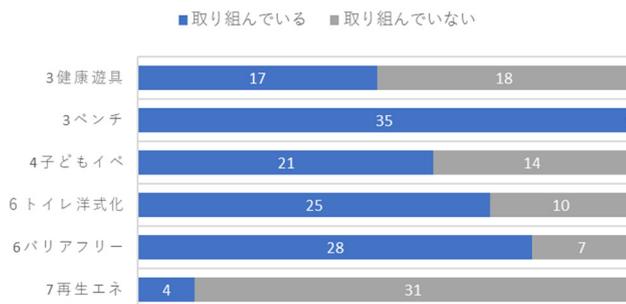


図1 目標3～7に関する政策の実施状況

6.2 目標11～15に関する政策の実施状況

目標11～15に関する実施状況を図2に示す。目標11のユニバーサルデザインの実施が31か所と最も多く、管理人駐在や目標15のゴミ清掃が28か所と続くのに対し、目標13の避難場所の案内や防災倉庫の設置が進んでいない。

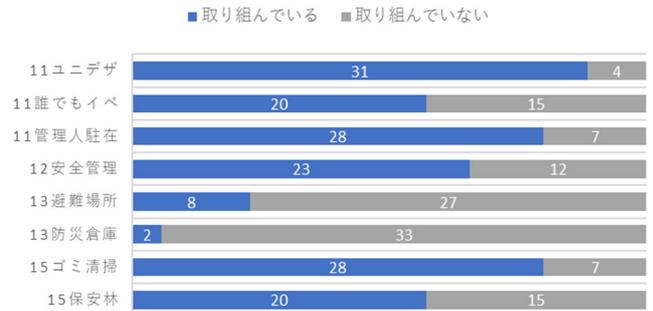


図2 目標11～15に関する政策の実施状況

6.3 調査結果に関する考察

三重県における都市基幹公園、大規模公園の調査結果（図1、図2）から、防災面での対応が不足していると言える。しかし、三重県では既存の公園で防災公園としての指定が少なく、新設された公園を防災公園とする場合や、広域防災拠点として別の施設を建設していることが既存の公園で実施状況が遅れている原因と考えられる。

次いで、再生可能エネルギーの利用が少ないことが挙げられる。太陽光パネルや太陽光電灯を導入することでよりクリーンな公園となり、持続可能な都市の実現に繋がり、地域の活性化や魅力の向上などの効果がある。

7. 新たなSDGs政策の提案

調査対象公園のうち、利用効果や存在効果の向上の観点から、松阪市の松阪市総合運動公園において新たなSDGs政策に関する取り組みを考える。松阪市総合運動公園のSDGs政策の現状を表5に示す。

平成24年10月に開園したにも関わらずイベントが実施されておらず、社会性や地域の結びつきの増進効果があまり感じられない。また、災害時の一時避難所となっているが、防災倉庫の未設置などから災害防止効果や防災効果があまり期待できないのが

現状である。利用効果として、キャンプ場や陸上競技場の中心にある広大なスペースを利用し、地域の食材を使った料理の炊き出しや地域のイベントを催すことで、地域全体への効果や、松阪市以外の方へ情報発信が期待できる。

存在効果としては、防災倉庫の設置により一時避難所としての存在価値の向上や地域全体の防災意欲の向上が期待できる。

表 5 松阪市総合運動公園の政策実施状況

目標	SDGs3		SDGs4	
政策	健康器具	ベンチ	子どもでも参加できるイベント	
〇×-	〇	〇	×	
目標	SDGs6		SDGs7	
政策	トイレの洋式化	バリアフリートイレ	再生可能エネルギー	
〇×-	〇	〇	〇	
目標	SDGs11			SDGs12
政策	ユニバーサルデザイン	誰もが参加できるイベント	公園安全管理の設備(管理人の駐在)	公園の安全管理
〇×-	〇	×	〇	〇
目標	SDGs13		SDGs15	
政策	避難所の案内	防災倉庫	ゴミの清掃活動	保安林
〇×-	〇	×	〇	〇

8. 愛知県尾張地方、岐阜県、三重県における実施状況の比較

図 3 は、愛知県尾張地方、岐阜県、三重県の 3 県において、各目標に対する達成割合をレーダーチャートで表したものである。

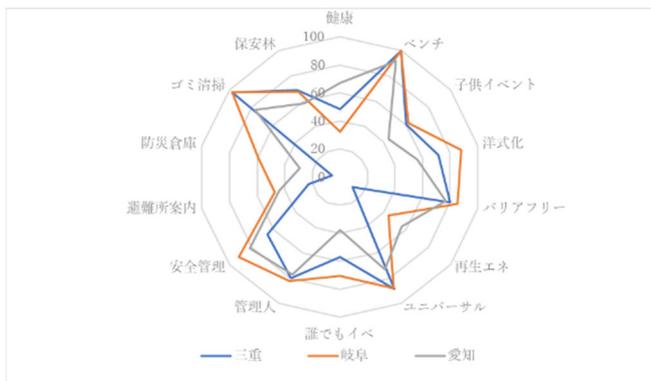


図 3 愛知県尾張地方、岐阜県、三重県における実施状況の比較

三重県においては再生可能エネルギーと防災倉庫、避難所案内に関して、他の 2 県と比べて対応が遅れている。ただし、3 県とも、健康器具の設置、再生

可能エネルギー、防災面での達成割合が低い傾向にあるため、今後の新たな公園計画や既存の公園の整備の際に考慮すべきだと考える。

一方で、ベンチの設置やトイレの洋式化、バリアフリー化、ユニバーサルデザイン、安全管理、ゴミ清掃に関しては 3 県とも多くの公園で達成済みであり、SDGs の観点から望ましい状況であると言える。

9. まとめ

本研究では、三重県の都市公園を訪問調査することにより、SDGs 政策の実施状況について明らかにすることができた。また、愛知県尾張地方、岐阜県、三重県の 3 県の比較から、三重県において遅れている項目や、3 県の傾向も読み取ることができた。

SDGs 政策は、公園だけでなく、街全体、世界全体で取り組むべきであり、未だ課題は山積している。県や市ごとに税収にかなり差があり、達成状況にばらつきがあるが、本研究のような調査や比較を行うことで、対応状況が見える化することが重要だと考えられる。

今後の公園づくりにこの調査が活用され、身の回りから少しでも持続可能な社会実現のための街づくりが進んでいくことを期待する。

謝辞

共同研究者である成田多一さん、訪問調査に協力してくれた家族に感謝致します。

参考文献

- 1) PARKFUL：公園をもっと楽しく、もっと身近に。全国 11 万の公園情報からお気に入りを探そう！、<<https://parkful.net/>>, (参照 2024-01-22)
- 2) 三重県：都市公園事業, <<https://www.pref.mie.lg.jp/toshiki/hp/17346018188.htm>>, (参照 2024-01-22)
- 3) 三重県：広域防災拠点の整備について, <<https://www.pref.mie.lg.jp/D1BOUSAI/17109007885.htm>>, (参照 2024-01-22)
- 4) 国土交通省：都市公園の種類, <https://www.mlit.go.jp/toshi/park/toshi_parkgreen_tk_000138.html>, (参照 2024-01-22)

受信する衛星数の違いによる GNSS 測定の精度に関する研究

EC20006 伊藤秀太

1. はじめに

1.1 研究背景

現在の測定方法を使用する器械で分けると、平板測定、TS 測定、GNSS 測定の 3 つに大別できる。各測定方法にはそれぞれのメリットが存在する。平板測定、TS 測定では、風雨など悪天候時に計測ができないことがあるが、GNSS 測定では、雪以外の天候で観測が可能である。GNSS 測定はネットワーク式 RTK 受信機を使っていて技術が新しいものばかりであり、他 2 つの測定方法よりも歴史が浅い。その分、まだ解明されていない課題点も多く残っており、測定方法に改善の余地がある。

1.2 研究目的

本研究では、受信する衛星数の違いによる GNSS 測定の精度を検証することを目的とする。衛星を受信する仰角を 15°、30°、45°と変化させ結果を比較することで、どのような場所でどれくらいの衛星の数の時に、どのような精度になるか、あるいは測定が可能かどうかを調査する。

2. GNSS 測定機の概要

衛星測位システムは、英語の Global Navigation Satellite System の頭文字から「GNSS」と表記される。GNSS 衛星には、QZSS（日本）、GPS（アメリカ）、GLONASS（ロシア）、Galileo（EU）等がある。

日本のみちびきは、日本の上空に長く滞在する準天頂軌道の衛星が主体となって構成され、2018 年 11 月から 4 機運用されている。

3. 受信する仰角の違い（衛星数の違い）による測定精度の検証

3.1 方法

以下の手順で測定を行う。写真 1 に観測状況、写真 2 に観測場所の様子を示す。

- 1) 仰角 15°で 3 時間、仰角 30°で 3 時間、仰角 45°で 3 時間、同じ時間帯に連続した 3 日間観測を行う。
- 2) 観測した結果を表やグラフにまとめる。



写真 1 観測状況



写真 2 不二ガ丘標石

第 059246 号(四等基準点)-国土地理院

3. 2 結果

写真2の観測場所において、仰角を15°、30°、45°に変えて2023年8月29日、30日、31日の3日間連続で午前8時から午前11時に観測を行った。観測結果を表1～5に示す。

仰角15°では、平均誤差 X=0.01、Y=-0.024、EL=-0.004、XY=0.028、仰角30°では、平均誤差 X=0.018、Y=-0.018、EL=-0.005、XY=0.027、仰角45°では、平均誤差 X=0.026、Y=-0.018、EL=-0.001、XY=0.034と誤差が少ないという結果が得られた。

また、仰角15°のi17の測定の際にGNSS測量機の誤差の範囲内から4mm外れる数値が得られた。水平観測誤差精度内から4mm外れている数値は全ての観測結果の中でこの測定時だけであった。要因として、衛星数の少なさ、衛星の配置、などが考えられるが、断定はできない。

表1 全ての仰角の平均観測結果

	X	誤差	Y	誤差	XY誤差	EL	誤差
確定値	-80816.900		-13756.188			57.950	
15° 平均	-68056.357	-12760.543	-11584.143	-2172.045	0.028	48.799	9.151
30° 平均	-67384.748	-13432.152	-11469.825	-2286.363	0.027	48.317	9.633
45° 平均	-79179.877	-1637.023	-13477.521	-278.667	0.026	56.775	1.175

表2 一部の時間における仰角15°の観測結果

No	X	誤差	Y	誤差	XY誤差	EL	誤差	衛星数	時間
確定値	-80816.900		-13756.188			57.950			
i15	-80816.916	0.016	-13756.147	-0.041	0.044	57.944	0.006	19	10:20
i16	-80816.907	0.007	-13756.145	-0.043	0.044	57.924	0.026	20	10:30
i17	-80816.908	0.008	-13756.135	-0.053	0.054	57.929	0.021	18	10:40
i18	-80816.910	0.010	-13756.154	-0.034	0.035	57.932	0.018	20	10:50
i19	-80816.897	-0.003	-13756.144	-0.044	0.044	57.910	0.040	21	11:00

表3 仰角15°と30°の結果の差

	X誤差	Y誤差	XY誤差	EL誤差
15°	0.011	-0.024	0.028	-0.004
30°	0.018	-0.018	0.027	-0.005
差	0.007	0.006	-0.001	-0.001

表4 仰角15°と45°の結果の差

	X誤差	Y誤差	XY誤差	EL誤差
15°	0.011	-0.024	0.028	-0.004
45°	0.026	-0.018	0.034	-0.001
差	0.015	0.006	0.006	0.003

表 5 仰角 30° と 45° の結果の差

	X誤差	Y誤差	XY誤差	EL誤差
30°	0.018	-0.018	0.027	-0.005
45°	0.026	-0.018	0.034	-0.001
差	0.008	0.000	0.007	0.004

仰角 45°で観測を行った際、FLOAT 状態で一部観測結果を得られない時間帯があった（表 6）。FLOAT 状態とは、観測を行う際に十分な電波がなく観測を行うことができないことを意味する表示である。観測できる状態では FIX、観測できない状態では FLOAT と表示される。

観測できなかった 8:00 の衛星状況（図 1）を見ると、観測できている 8:30 の衛星状況（図 2）より衛星数が 3 つ少ないことが分かる。

表 6 FLOAT 状態起きた際の仰角 45° の観測結果

No	X	誤差	Y	誤差	XY誤差	EL	誤差	衛星数	時間
確定値	-80816.900		-13756.188			57.950			
i42	0	0	0	0	0	0	0	6	8:00
i43	0	0	0	0	0	0	0	6	8:10
i44	0	0	0	0	0	0	0	9	8:20
i45	-80816.920	0.020	-13756.187	-0.001	0.020	57.970	-0.020	9	8:30
i46	-80816.927	0.027	-13756.174	-0.014	0.030	57.965	-0.015	9	8:40
i47	-80816.935	0.035	-13756.174	-0.014	0.038	57.963	-0.013	10	8:50

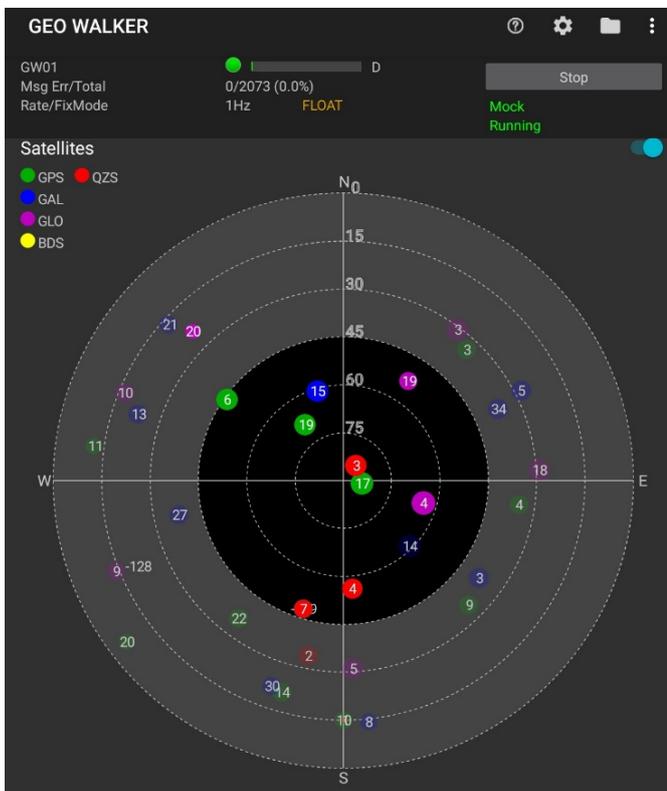


図 1 8:00 の衛星状況

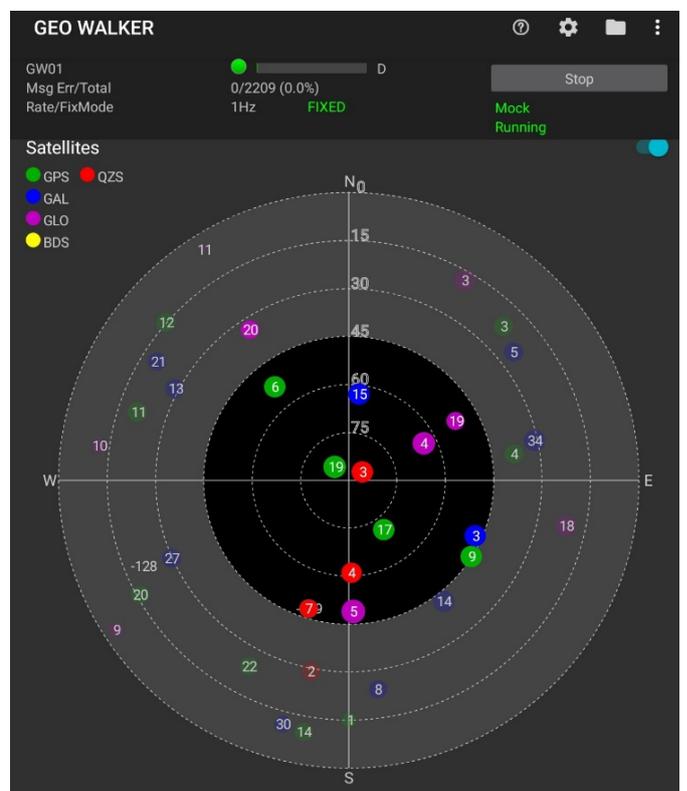


図 2 8:30 の衛星状況

4. 考察

表 3～5 に示す通り、平面座標 XY について全ての観測結果で最大誤差が 5cm 以内、標高について全ての観測結果で最大誤差が 5cm 以内の精度になり、本研究で用いた GNSS 測量機(GEO WALKER)が観測で使用するのに適している精度内の値となった。

一部の観測結果で水平観測誤差精度外の観測結果が出た。また、観測を行うことのできない FLOAT 状態になったところもあった。これらは、衛星数や衛星の配置によって起きた問題であると観測結果から考えられる。衛星の位置は刻一刻と変わっていくため、GNSS 測量を行う際は前もって衛星の位置や個数を注意して調べておくことが重要となる。

5. まとめ

本研究では、GNSS 測量機を用いた衛星数の違いによる精度の検証を行った。GNSS 測量を実施する際の仰角は 15°、30°、45°のいずれの角度でも測量を行うことができた。どの仰角でも安定した結果を得ることができたため、例えば街なかなどの障害物があって衛星を多く受信できない場所であっても、仰角を狭くしてマルチパス誤差を引き起こさない状態で観測を行えば、正しい結果を出せることが分かった。

今後の課題として、マルチパス誤差を引き起こす環境で仰角を変えて観測すると、どのような誤差が生じるかを検証することが必要となる。

謝辞

本研究の実施にあたり、教育技術員の橋詰朋幸様から GNSS 測量機の取り扱いや観測方法等の指導を受けた。ここに記して感謝を表す。

参考文献

- 1) 国土地理院：ことばのミニ辞典，～第 19 回「GNSS（ジーエヌエスエス）」～，<<https://www.gsi.go.jp/common/000197676.pdf>>，（参照 2024-01-22）
- 2) 国土地理院：ネットワーク型 RTK 測量について，<<https://www.gsi.go.jp/common/000080891.pdf>>，（参照 2024-01-22）
- 3) 株式会社 SGS：【GNSS】測量機器を導入しよう！誤差の種類とは？，<<https://www.df-sgs.co.jp/column3/error-gnss-surveying/>>，（参照 2024-01-22）
- 4) 国土地理院：GNSS 測位とは，<https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi_aboutGNSS.html>，（参照 2024-01-22）

交差点における道路舗装のライフサイクルコストの算出 —春日井インター東交差点を対象として—

EC20011 内海尚悟

1. はじめに

コンクリート舗装は、昭和35年頃までは道路舗装の半数以上を占めていた。しかし、交通量の増加や車両の大型化等に伴い戦後復興期に施行されたコンクリート舗装に破損が目立つ一方、石油工業の急速な発展に伴い、石油需要が増え、原油副産物であるアスファルトが大量に発生し、初期コストが低く早急な施工が可能なアスファルト舗装が大幅に増加したと考えられている。

近年、原油の輸入価格の上昇が続いており、アスファルト合材の単価が上昇し、初期コストが割高であったコンクリート舗装との価格差が縮小している。厳しい公共事業費の下、長寿命化やライフサイクルコスト削減に目を向けざるを得ない状況となっている。

そこで、本研究ではアスファルト舗装、普通コンクリート舗装、早期交通開放型コンクリート舗装の3種類の舗装を対象に、工事費用および50年間の修繕工事を踏まえた費用を算出し比較することを目的とする。そして3種類の舗装のメリット・デメリットを明らかにした結果を活用し、今後、コンクリート舗装の活躍が期待できる場所を提案する。

2. 研究方法

2.1 対象箇所

図1に示す、春日井インター東交差点を研究対象とする。

2.2 ライフサイクルコストの算定手順

- 1) Google マップの航空写真から、舗装する交差点の面積を算出。
- 2) 各舗装の厚さを決め、体積を計算。それに以下の各材料の単価を乗算。
 - ・ アスファルト舗装：再生アスファルト混合物（密粒度13）

- ・ 普通コンクリート舗装：JIS A 5308 規定の曲げ強度 4.5N/mm^2 、スランプ 6.5cm の舗装コンクリート
 - ・ 早期交通開放型コンクリート舗装：早強セメント、呼び強度45、スランプ $8\sim 21\text{cm}$
- 3) 各舗装工事の人員を仮定し、公共工事設計労務単価の愛知県における単価から、人件費を算出。
 - 4) 各舗装工事に必要な機材の単価を調査。
 - 5) 2)~4)を合算し、各舗装のコストを算出・比較。

なお、アスファルト舗装は10年に1度切削オーバーレイ工法を用いて修繕工事を行い、コンクリート舗装は50年間修繕工事を行わないと仮定する。



図1 対象箇所（春日井インター東交差点）

3. 調査データ

3.1 舗装面積と厚さ

舗装面積は、 $50\text{m}\times 50\text{m}=2,500\text{m}^2$ 。アスファルト舗装は、基層と表層を各 5cm （計 10cm ）設ける。コンクリート舗装は、いずれもアスファルト中間層 5cm 、コンクリート版 30cm の舗装を行う。

3.2 材料単価

アスファルト舗装：

再生アスファルト混合物は密粒度アスコン（13）

を使用し、単価は令和 5 年度土木工事設計材料単価表を参照する（春日井市：12,800 円/t）。

普通コンクリート舗装：

JIS A 5308 に規定されている曲げ強度 4.5N/mm²、スランプ 6.5cm の舗装コンクリートを使用し、単価は名古屋生コンクリート協同組合（2023 年）価格¹⁾を参照する（21,800 円/m³）

早期交通開放型コンクリート舗装：

呼び強度 45、スランプ 8~21cm の早強セメントを使用し、単価は名古屋生コンクリート協同組合（2023 年）価格¹⁾を参照する（27,050 円/m³）

3.3 作業員単価

アスファルト舗装：

土木一般世話役、特殊作業員、普通作業員の人件費を考慮する。

コンクリート舗装：

土木一般世話役、特殊作業員、普通作業員、機械工、鉄筋工を考慮する。

アスファルト舗装の修繕工事：

運転手（特殊）、運転手（一般）を考慮する。

国土交通省不動産・建設経済局建設市場整備課発行の「令和 5 年 3 月から適用される公共工事設計労務単価」⁴⁾に基づき、各工事で必要とされる作業員の人数から人件費を算出した結果を図 2 に示す。

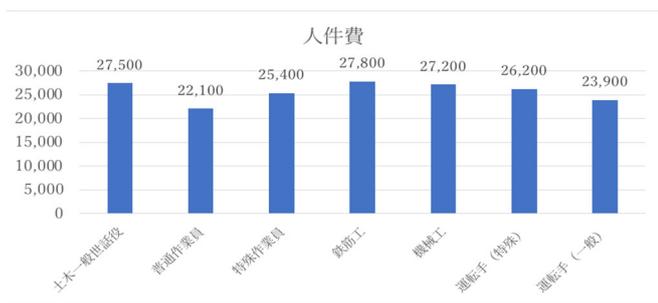


図 2 愛知県での公共工事設計労務単価

3.4 機材単価

「道路工事積算研究会」による「道路工事の積算」（改訂 3 版）に基づき、機材単価を求める。これらの機材の単価には燃料費、運転手の人件費、機械損料も含まれる。1 回の工事で必要とされる費用を、表 1 および表 2 に示す。

表 1 アスファルト舗装の機材費用

機材	金額
アスファルトフィニッシャ	102,500 円
ロードローラ	46,500 円
タイヤローラ	46,890 円
合計	195,890 円

表 2 コンクリート舗装の機材費用

機材	金額
コンクリートフィニッシャ	207,180 円
コンクリート縦仕上機	175,410 円
ホイールクレーン	59,724 円
合計	442,314 円

3.5 修繕工事（アスファルト舗装）

アスファルト舗装のみ中央部分（面積 1,600m² を厚さ 0.05m で 80m³）を切削オーバーレイ工法で修繕工事すると想定する。アスファルト合材は 2.5t/m³ であり、今回の修繕工事では 200t のアスファルト合材を使用する。よって、材料費は 2,560,000 円となる。

作業員の人数と機材単価は、愛知県建設局から発行されている「積算基準及び歩掛表（土木工事編その 2）」²⁾に基づき、必要とする作業員は 15 人となる。その内訳、人件費・必要となる機材、機材費を表 3 および表 4 に示す。

材料金額、人件費、機材費を合算すると、2,560,000 円 + 366,800 円 + 276,070 円 = 3,202,870 円と算出される。10 年に 1 度修繕工事を行うことから、この金額を 10 年毎に加算する。

表 3 切削オーバーレイ工法の人件費

職種	人数	単価	金額
土木一般世話役	1	27,500	27,500 円
特殊作業員	3	25,400	76,200 円
普通作業員	5	22,100	110,500 円
運転手（特殊）	4	26,200	104,800 円
運転手（普通）	2	23,900	47,800 円
合計			366,800 円

表 4 切削オーバーレイ工法の機材費用

機材	金額
路面清掃車	31,100 円
路面切削機	158,000 円
ダンプトラック	20,070 円
アスファルトフィニッシャ	41,100 円
ロードローラ	12,400 円
タイヤローラ	13,400 円
合計	276,070 円

4. ライフサイクルコスト算出結果

4.1 舗装面積と体積

対象道路は、縦・横ともに 50m の交差点であり、面積は $50\text{m} \times 50\text{m} = 2,500\text{m}^2$ である。

アスファルト舗装は、アスファルト合材を基層と表層 5cm ずつ、計 10cm 舗装するため、体積は 250m^3 となる。

コンクリート舗装は、厚さ 30cm のセメントコンクリート版を舗装するため、体積は 750m^3 となる。また、アスファルト中間層を 5cm 設けるため、体積は 125m^3 となる。

4.2 材料価格

(1) アスファルト舗装

- 再生アスファルト混合物（密粒度 13）の重量は、 1m^3 当たり約 2.5t より、 $2.5\text{t} \times 250\text{m}^3 = 625\text{t}$
- 再生アスファルト混合物（密粒度 13）は、春日井市：12,800 円/t より、 $625\text{t} \times 12,800 \text{円} = 8,000,000 \text{円}$

(2) アスファルト中間層

- 再生アスファルト混合物（密粒度 13）の重量は、 1m^3 当たり約 2.5t より、 $2.5\text{t} \times 125\text{m}^3 = 312.5\text{t}$
- 再生アスファルト混合物（密粒度 13）は、12,800 円/t より、 $312.5\text{t} \times 12,800 \text{円} = 4,000,000 \text{円}$

(3) 普通コンクリート舗装

- セメントコンクリートは、 1m^3 当たり 21,800 円より、 $750\text{m}^3 \times 21,800 \text{円} = 16,350,000 \text{円}$
- アスファルト中間層の金額を合算すると、 $4,000,000 \text{円} + 16,350,000 \text{円} = 20,350,000 \text{円}$

(4) 早期交通開放型コンクリート舗装

- 早強セメントは 1m^3 当たり 27,050 円より、 $750\text{m}^3 \times 27,050 \text{円} = 20,287,500 \text{円}$
- アスファルト中間層の金額を合算すると、 $4,000,000 \text{円} + 20,287,500 \text{円} = 24,287,500 \text{円}$

4.3 作業員の人数と人件費

アスファルト舗装は、「道路工事の積算」（改訂 3 版）の $2,500\text{m}^2$ を 1 日 1 層行う歩掛に基づき計算する（表 5）。

コンクリート舗装は、いずれも日本スリップフォーム工法協会による「スリップフォーム工法標準積

算マニュアル（舗装編）」の 100m^2 を舗装する歩掛に基づき計算する（表 6）。

表 5 アスファルト舗装の人件費

職種	人数	単価	金額
土木一般世話役	2	27,500	55,000 円
特殊作業員	6	25,400	152,400 円
普通作業員	12	22,100	265,200 円
合計			472,600 円

表 6 コンクリート舗装の人件費

職種	人数	単価	金額
土木一般世話役	3.125	25,900	80,937.5 円
機械工	6.25	27,200	170,000 円
特殊作業員	9.375	25,400	238,125 円
普通作業員	18.75	22,100	414,375 円
普通作業員（誘導員）	3.125	22,100	69,062.5 円
土木一般世話役（養生工）	3.125	25,900	80,937.5 円
普通作業員（養生工）	9.375	22,100	207,187.5 円
土木一般世話役（目地）	2.5	25,900	64,750 円
鉄筋工（目地）	5	27,800	139,000 円
合計			1,464,375 円

4.4 各舗装の積算結果

アスファルト舗装のみ 10 年に 1 度修繕工事を行うため、10 年毎に修繕金額を加算する。また、舗装を 1 日 1 層行う機材費に基づいて計算を行うため、アスファルト舗装のみ機材費を 2 倍する。

コンクリート舗装では、両舗装ともアスファルト中間層を設けるが、中間層は 1 層のため、アスファルト中間層での人件費は、 $472,600 \text{円} \div 2 = 236,300 \text{円}$ とする。

(1) アスファルト舗装

- アスファルト混合物 + 人件費 + 機材費 $\times 2$ より、アスファルト舗装の初期費用は、8,864,380 円
- 修繕工事の費用は 3,202,870 円のため、初期費用から 50 年後の費用を積算すると、24,878,730 円

(2) 普通コンクリート舗装

セメントコンクリート金額 + コンクリート舗装人件費 + コンクリート舗装機材費用 + アスファルト中間層材料費 + アスファルト中間層人件費 + アスファルト舗装機材費用 = 22,688,879 円

(3) 早期交通開放型コンクリート舗装

早強セメント金額 + コンクリート舗装人件費 + コンクリート舗装機材費用 + アスファルト中間層材料

費+アスファルト中間層人件費+アスファルト舗装
機材費用=26,626,379円

以上の結果を、図3に示す。

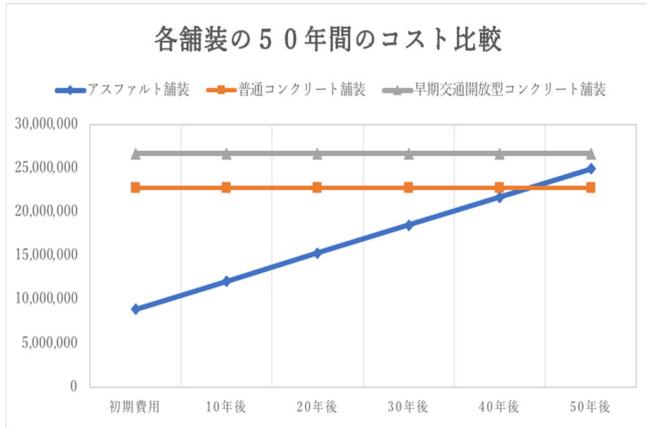


図3 各舗装の50年間のライフサイクルコスト比較

4.5 他の交差点との比較

比較のため、愛知県あま市七宝町沖ノ島（県道79号）を対象とした計算結果⁸⁾を図4に示す。使用する材料などは本研究と同条件で算出されている。

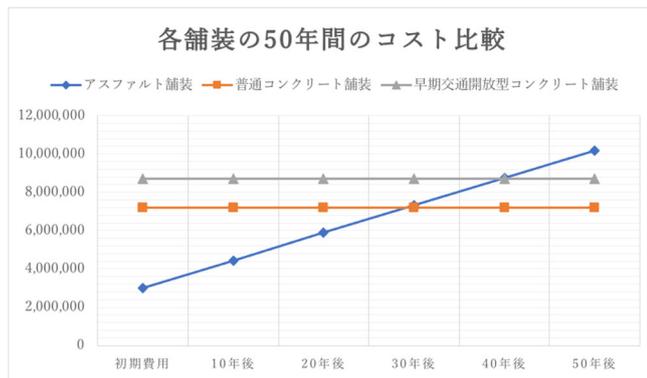


図4 先行研究⁸⁾における各舗装の50年間のライフサイクルコスト比較

5. 考察

初期費用が1番安価であったアスファルト舗装が50年後には、普通コンクリート舗装より高くなった。本研究で対象とした面積2,500m²の舗装は、中規模以上の工事の部類に属される。

1日に施工できる量は、コンクリート舗装の方がアスファルト舗装より少なく、人件費はコンクリート舗装がアスファルト舗装の約3倍という結果になった。これが、初期費用の差が大きく開く原因となった。早期交通開放型コンクリート舗装は、材料金額が高価で費用が最も高価であったが、コンクリート舗装にも関わらず養生期間が1日であり、耐久性

が優れているという特徴がある。工期日数を長く確保し難い箇所であり修繕工事を頻繁に行う事が困難であるトンネルや空港などの施工に適している。

また、図4に示した先行研究結果⁸⁾では、アスファルト舗装の値段が50年後には普通コンクリート舗装・早期交通開放型コンクリート舗装共に上回っている。これは、今回の算出結果とは異なる点であり、舗装面積の違いが大きく関係していると考えられる。先行研究では小規模に分類される工事面積900m²の交差点が対象であり、本研究と比べて工事面積が約2.8倍である点が要因として考えられる。

6. まとめ

本研究では、中規模以上の工事に分類される交差点における道路舗装のライフサイクルコストを算出した。コンクリート舗装の採用が適している箇所として、大きく以下の5つ存在する。

- ・ 周囲への騒音の影響が少ない箇所
- ・ 大型車の混入率が高い箇所や交差点部
- ・ 地下埋設物の工事が想定されない箇所
- ・ 長時間の規制や迂回路の確保が可能な箇所
- ・ 工事面積が小規模に分類される箇所

現在、コンクリート舗装を施工する熟練の技術者不足もあり、コンクリート舗装が減り続けている。しかし、工事の回数を減らすことが可能であり、ライフサイクルコスト低減の観点から、コンクリート舗装の活用が期待できる。

参考文献

- 1) 名古屋生コンクリート協同組合：2023年度生コンクリート価格表，2023
- 2) 愛知県建設局：積算基準及び歩掛表（その2）【土木工事編】令和3年10月改訂，2021
- 3) 道路工事積算研究会：道路工事の積算（改訂3版），経済調査会出版部，1999
- 4) 国土交通省：令和5年3月から適用する公共工事設計労務単価，2022
- 5) JSF日本スリップフォーム工法協会「スリップフォーム工法積算マニュアル（舗装編）」
- 6) 舗装工学委員会：舗装標準示方書，2007年制定
- 7) 国土交通省中部地方整備局，令和5年度土木工事設計材料単価表
- 8) 江上健太：アスファルト舗装とコンクリート舗装のライフサイクルコストの比較，中部大学工学部都市建設工学科2022年度卒業論文

岐阜県土岐市における水災害時の避難所配置及び避難経路の検討

EC20032 坂本悠介

1. はじめに

近年、気候変動により水災害が激甚化・頻発化しており、従来のハード対策ではカバーしきれない現状にある。平成27年5月には、水防法が一部改正され、洪水に係る浸水想定区域の前提を想定し得る最大規模の降雨に拡充するとともに、新たに想定し得る最大規模の内水・高潮に係る浸水想定区域制度が設けられた。

また、既に洪水に対する避難確保を作成している施設についても新たに内水・高潮に係る浸水想定区域が指定され、市町村の地域防災計画に位置付けられた場合は、洪水・内水・高潮それぞれに対応した避難確保計画を作成しなければならないとされている。さらに、局所的な集中豪雨の発生頻度が高まっており、地方自治体では想定を上回る洪水時においても被害を最小化できるよう洪水の流出抑制や土地利用の工夫、避難誘導等のソフト対策の取り組みが必要とされている。

要配慮者（高齢者・年少者）については、一般の住民よりも避難に時間を要するため、市町村地域防災計画に位置づけられた要配慮者施設の管理者に対して、水災害時の円滑かつ迅速な避難の確保を図るために必要な計画の作成が義務付けられている。それを踏まえると、岐阜県土岐市のハザードマップで指定されている指定避難所及び福祉避難所の配慮は適切なのか疑問である。また、避難経路は住民各自があらかじめ作成を行っておくとされているにもかかわらず公開されていないため、計画が不十分なのではないかとも考えられる。

そこで本研究では、土岐市のハザードマップについて検討し、住民避難経路の提案を目的とする。

2. 研究の枠組み

2.1 研究対象地区の概要

土岐市ハザードマップでは、主に土岐川（庄内川）

による洪水ハザードマップ（図-1）が示されており、他にも肥田川（図-2）、妻木川（図-3）などのハザードマップが存在する。洪水ハザードマップは、土岐津地区、下石区、妻木地区、鶴里地区、曾木地区、駄知地区、肥田地区、泉地区の8地区に分けて作成されている。本マップは、土岐川及び肥田川、妻木川で堤防が決壊した場合に想定される浸水状況を示したものであり外水氾濫に分類される。

なお、ハザードマップの着色は、凡例の「浸水した場合に想定される水深」を示している（図-4）。指定避難場所を表-1に、福祉避難所を表-2に示す。

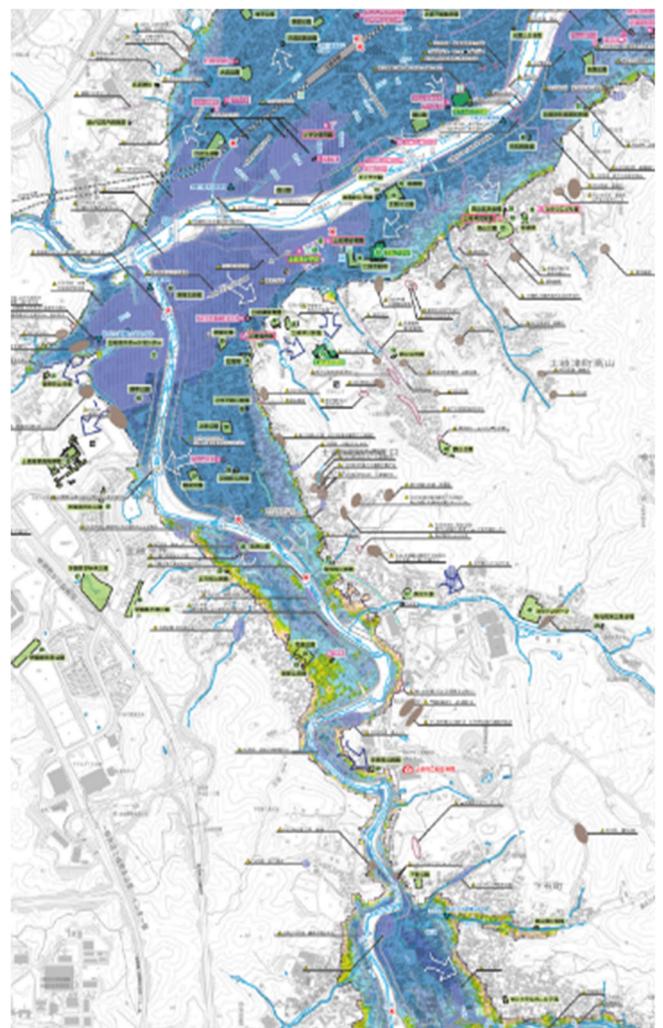


図-1 土岐川洪水浸水想定区域図

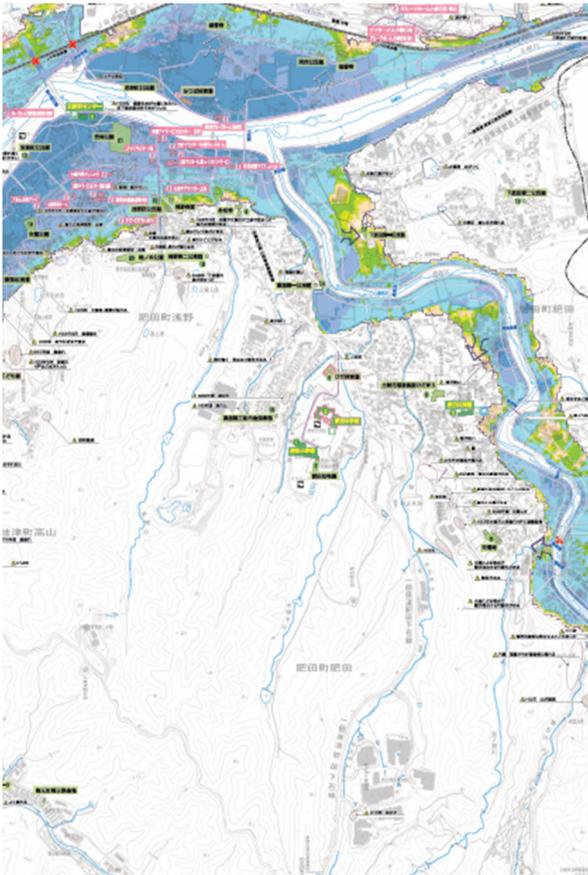


図-2 肥田川洪水浸水想定区域図

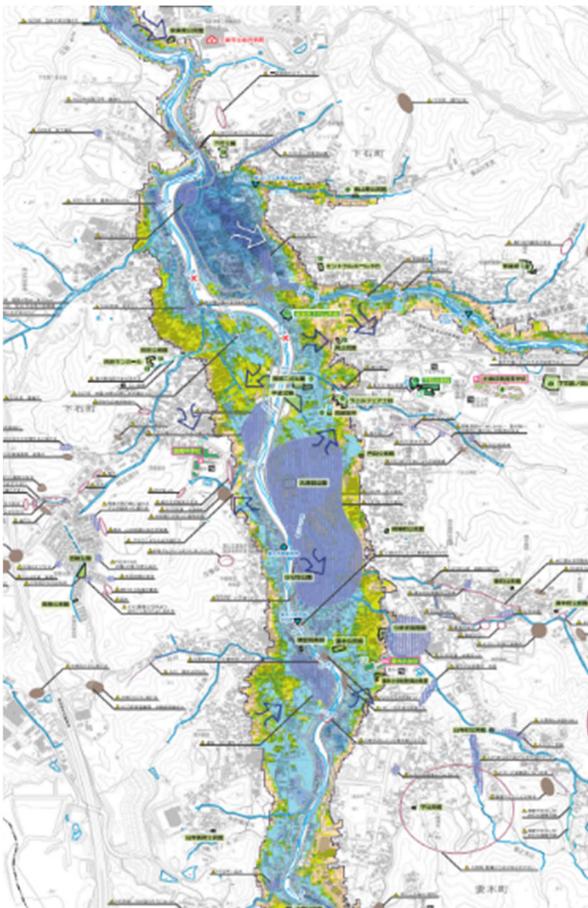


図-3 妻木川洪水浸水想定区域図

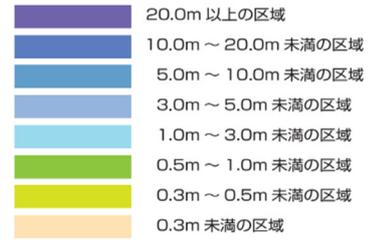


図-4 浸水した場合に想定される水深

表-1 指定避難場所

土岐津町	土岐津小学校	土岐津町土岐口2000-1
土岐津町	土岐津中学校	土岐津町土岐口2046-1
土岐津町	土岐津公民館	土岐津町2043-3
土岐津町	文化プラザ	土岐津町土岐口2121-1
下石町	下石小学校	下石町1100-1
下石町	南防災センター	下石町2034
下石町	桑習舎下石公民	下石町963-1
妻木町	妻木小学校	妻木町1291-1
妻木町	西陵中学校	妻木町1513-1
妻木町	生涯学習館	妻木町1370-1
鶴里町	妻木公民館	鶴里町細野139-2
鶴里町	濃南中学校	鶴里町柿野1207-1
曾木町	鶴里公民館	曾木町407-1-1
駄知町	曾木公民館	駄知町1858-1
駄知町	駄知小学校	駄知町1145-6
駄知町	駄知中学校	駄知町287-3
駄知町	セラテクノ土岐	駄知町1340-1
駄知町	駄知体育館	駄知町1343-1
肥田町	駄知公民館	肥田町肥田2269-1
肥田町	肥田小学校	肥田町肥田2285-1
肥田町	肥田中学校	肥田町肥田2269-1
肥田町	肥田公民館	肥田町肥田1697-4
肥田町	北防災センター	肥田浅野笠神町3-11
泉町	泉小学校	泉中富町1-5
泉町	泉中学校	泉町大富1635-1
泉町	泉西小学校	泉町久尻1413-2
泉町	泉公民館	泉中富町1丁目1
泉町	泉西公民館	泉が丘町1丁目176
泉町	セラトピア土岐	土岐津町高山4

表-2 福祉避難所

名所	住所
土岐市総合福祉センター・ウエルフェア土岐	岐阜県土岐市下石町下石町1060
土岐市保健福祉センター・すこやか館老人デ	岐阜県土岐市泉町久尻47-16
土岐市福祉施設ひだまり	岐阜県土岐市肥田町肥田2042-2
土岐市恵風荘老人デイサービスセンター	岐阜県土岐市駄知町1263-38
特別養護老人ホームとき陶生苑	岐阜県土岐市駄知町1858-2
ドリーム陶都	岐阜県土岐市下石町304-839

2.2 研究方法

現在の土岐市の人口・年齢層及び避難場所の分布を把握するため、QGIS を活用して視覚的に表示させて分析を進める。メッシュ内の人口・年齢層に対して周辺避難場所までのおおよその移動距離と移動時間を把握する。

また、避難対象者の高齢者比率を把握し、現在の指定避難場所が十分であるのか検討を進める。その後、土岐市役所にヒヤリングを行い、現状のハザードマップ作成に至った経緯について調査する。

3. QGIS を用いた分析

3.1 岐阜県土岐市における視覚的な表示

国土交通省国土政策局国土数値情報 GIS ホームページ³⁾から、各種国土数値情報（避難場所、人口、年齢等）をダウンロードし、シェイプファイルに変換する。それぞれのシェイプファイルのデータを重ね合わせ、レイヤー表示する。

図-5 に、土岐市の避難所・場所の分布を示す。ドット状のシンボルは、避難所・場所を表している。

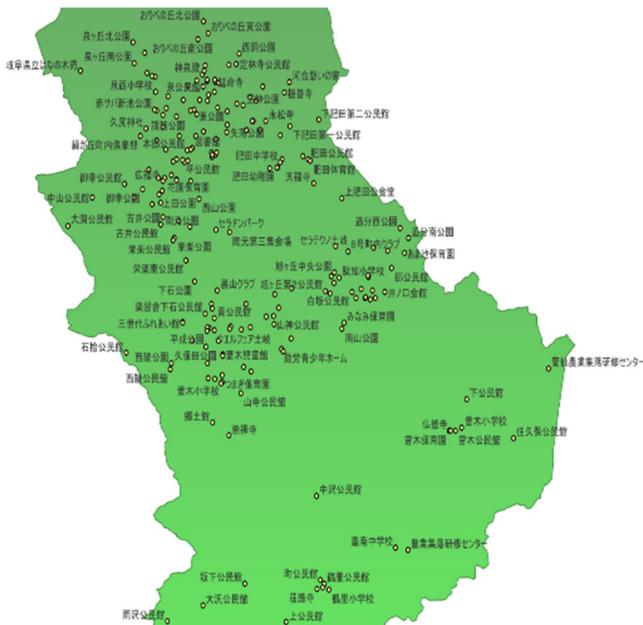


図-5 土岐市の避難所・場所分布

次に、2025年に推定される人口分布を図-5に重ね合わせて、現在の避難所とそれらの周辺人口の分布を視覚的に表示させた（図-6）。500mメッシュで作成しており、メッシュ内人口を表-3に示す通り色分けした。

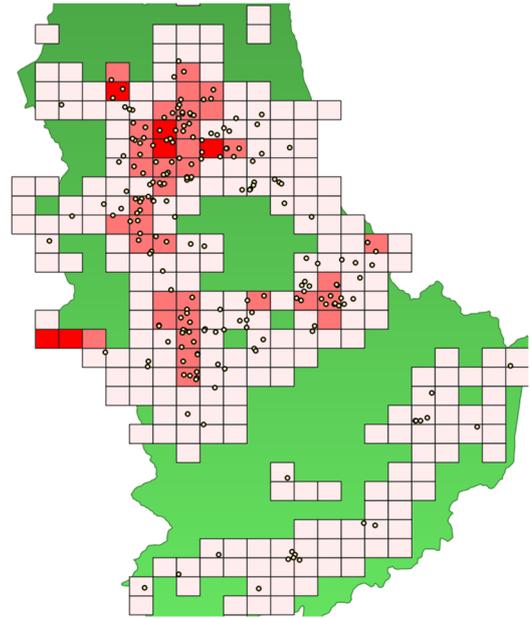


図-6 人口分布の追加

表-3 人口内訳

メッシュ色毎の人口	
	0~500 人
	500~1,000 人
	1,000~1,293 人

また、図-7に65歳以上の男女人口をメッシュごとにラベリングすることで、人口数に対する高齢者の割合を視覚化した。

図-7より、避難所・場所の配置のばらつきが確認でき、周辺メッシュ人口が多いにも関わらず1か所のみ一時避難所として指定されている石拾公民館付近（図-7青枠内）の避難計画が不十分なのではないかと考えられる。

3.2 指定避難所の調査

石拾公民館まで避難するためにどの程度の時間を要するか、高齢者の到着がどの程度遅れるか、その際に限りのある石拾公民館の収容可能人数で受け入れ対応できるか、を検討する。

図-7青色メッシュ内の避難対象者の石拾公民館までの避難時間を65歳未満及び65歳以上に分けて計算を行った。人間の歩行速度は、健常者1.30m/s、高齢者0.98m/s（健常者歩行速度×0.75倍）とする。避難始点は、図-7青枠メッシュ内の中央地点の黄点とし、避難経路は石拾公民館までの直線距離と仮定

する。避難始点から健常者及び高齢者はメッシュ 4 つ以内での人口合計人数の平均値をそれぞれ使用する。

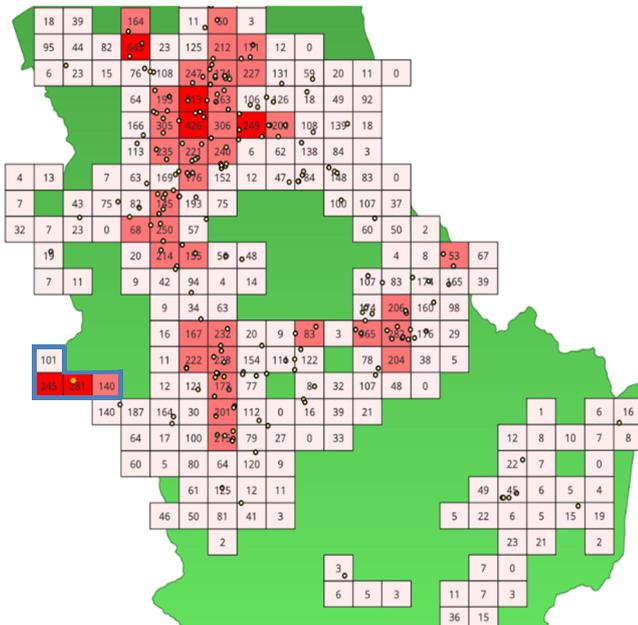


図-7 65歳以上男女人口データの追加

表-3 及び図-7 より、メッシュ人口は各中央値を使用して $(250+750+1,147+1,147)/4=824$ 人、高齢者は、 $(101+245+281+140)/4=192$ 人となった。直線避難距離約 1,030m に対して、避難所要時間はそれぞれ、健常者 $1,030/1.30=792$ 秒、高齢者 $1,030/0.98=1,051$ 秒となり、差は 259 秒 (=4 分 19 秒) であった。

石拾公民館の収容可能人員は一時的な避難の場合約 150 人とされており、住民が一斉に非難を開始したと仮定したならば 4 分 19 秒で先に到着する健常者 824 人のうちの 150 人が避難でき、残りの健常者 674 人、高齢者 192 人は受け入れができないという結果となる。これにより、現在のハザードマップ及び避難計画は不完全であると言える。

そのため、ハザードマップ作成にあたってどのように避難所の選定を行っているのか、土岐市役所にヒヤリングを行う。

4. ヒヤリング調査

土岐市のハザードマップの作成が何に基づいてどのように行われたのかについて、土岐市役所建設水道部建設総務課にて、経緯について話を伺ったところ、「指定避難所には主に小学校施設等が指定されているが、これらはハザードマップ作成以前に設立

された建造物であり、市の避難計画を考慮して配置されたものではない。さらに、新たに避難所としての用途を目的とした建造物を増設等するには予算がかかり、土地との兼ね合いもあるため容易ではない。そのため、車などの交通機関を使い、収容に余裕のある施設へ移送、また避難所との距離がある地域では民間会社へ避難所としての施設開放及び物資の提供等の協力を呼びかけている。」との回答があった。

5. まとめ

本研究で検討を行った土岐市のハザードマップでは、水災害が想定される区域を完全にカバーするのは困難であると分かった。そのため、今後発生し得る災害に備えて必要なのは、市の支援といった公助だけでなく、住民自身が協力して自分達の身を守る共助が防災の要であると考えられる。災害時に、隣近所の住民や地域で協力して被害を軽減させるためには、町内会や自治会などの役割が重要になり、日頃から地域の市民防災マニュアルを定めておくことが共助の面から重要であると再認識した。市の防災計画が完成に進むことが最重要であるが、災害対策に正確はなく困難である。その間にも訪れる災害のリスクを軽減させるためにも、最善案を探求していくことが今後の課題である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、中部大学国際 GIS センター・竹島喜芳准教授から多大な助言を受けたことに厚く感謝を申し上げます。また、お忙しい中、防災計画の説明をしてくださった土岐市役所建設水道部建設総務課の皆様にも感謝している。

参考文献

- 1) 土岐市：洪水・土砂災害ハザードマップ（最新）、<<https://www.city.toki.lg.jp/kurashi/bosai/1004755/1003635.html>>、（参照 2024-01-22）
- 2) 土岐市：要配慮者利用施設における避難確保計画の作成、<<https://www.city.toki.lg.jp/kurashi/bosai/1004753/1003787.html>>、（参照 2024-01-22）
- 3) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサイト、<<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>、（参照 2024-01-22）

自動視準機能及び自動追尾機能を搭載したトータルステーションの精度検証

EC20043 鈴木斗眞

1. はじめに

測量作業は、設計図作成や地図作成など、土木における様々な分野で必要不可欠な作業である。測量機器には様々な種類があるが、その中でもトータルステーションは高い精度と効率性を持っており、広く利用されている。近年では、人為的なミスを減らし効率的な測量作業を可能にする、自動視準機能及び自動追尾機能を搭載したトータルステーションが注目されている。このトータルステーションの操作を体験したところ、プリズムの中心と望遠鏡の中心が一致していなかったことがあった。

そこで本研究では、自動視準機能及び自動追尾機能を搭載したトータルステーションを用いた測量の精度を、従来のトータルステーションを用いた測量と比較し、精度・利便性の善し悪しについて検証することを目的とする。結果に大きな差が生まれた場合、差が生まれた要因をまとめる。

2. トータルステーションの概要と使用機材

トータルステーションは、角度を測定する電子セオドライトと、距離を測定する光波測距儀を組み合わせた測量機である。

自動視準機能は、半対回の観測を手動で行えば残りの対回の観測は自動で行う機能のことを言い、自動追尾機能は、自動視準で一度プリズムを捉えた後は、プリズムが動いても常に追尾する機能のことをいう。これらの機能を活用することで、自動で測量を行うことが可能になっている。

本研究では、手動測量では「SOKKIA iM-105F」(図 1)、自動測量では「SOKKIA iX-1205」(図 2)を使用する。



図 1 「SOKKIA iM-105F」



図 2 「SOKKIA iX-1205」

3. トータルステーションの精度検証

3.1 観測手順

以下の手順で観測を行う。

- 1) 既知点である基準点同士を結ぶルートを選定する。
- 2) 選定したルート上の測点で、使用する測点を決定する (図 3)。
- 3) 各測点にトータルステーションを据え付け、測量を行う (写真 1)。手動測量では 2 対回 (前視・後視を 4 回ずつ) の観測を手動で行う。自動測量では半対回 (前視・後視を 1 回ずつ) の観測を手動で行い、残

りの観測を自動で行う。3級基準点測量における観測許容値の倍角差 30"を超えた場合再測を行う。

- 4) 観測した結果を表にまとめ、投影補正・縮尺補正を行う。
- 5) 結合トラバース計算を行い、閉合誤差・閉合比を算出する。

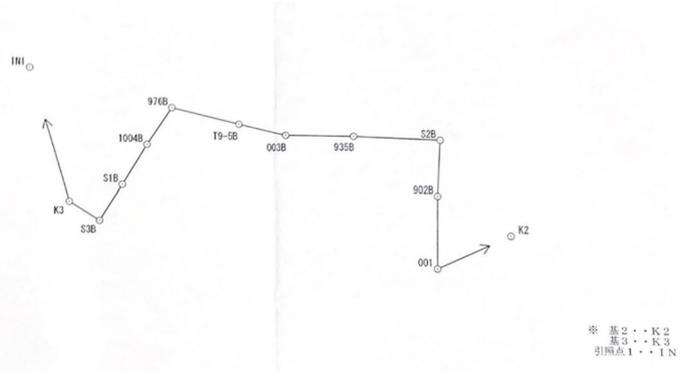


図3 測量のルート・測点



写真1 測点における観測の様子

3.2 観測結果の補正

3.2.1 投影補正

日本では、地球の形状を表す際に、ジオイドに近似した形状「GRS80 楕円体」を採用している。そのため、実際に距離測量して得た値を、「GRS80 楕円体」上で表した場合の値に投影補正する。

3.2.2 縮尺補正

平面直角座標上の距離は完全な直線であるが、投影補正後の距離は「GRS80 楕円体」に投影した距離であるため曲線となっている。そのため、平面直角座標上と「GRS80 楕円体」上ではある距離 L は異なる。この長さの差を縮尺補正する。縮尺係数は、国土交通省によって定められた平面直角座標系に基づいて決定され、座標の経緯度によって 0.9999 から 1.0001 の間に決定される。

3.3 観測結果

既知測点 001 から既知測点 K3 までの 11 点において、手動測量と自動測量を行った。手動測量の測定結果を表 1、自動測量の測定結果を表 2 に示す。

表 1 手動測量の測定結果

測点	視準点	水平角度[度-分-秒]	測定距離[m]	観測鉛直角[度-分-秒]	水平距離(補正前)[m]	高低差[m]	標高[m]	投影補正[m]	縮尺補正[m]	水平距離[m]
001	K2	0-00-00					77.866			
	902A	295-40-58	59.096	0-17-15	59.095	0.297		-0.001	-0.006	59.088
902A	001	0-00-00					78.163			
	S2A	182-37-54	45.921	0-24-17	45.920	0.324		-0.001	-0.005	45.914
S2A	902A	0-00-00					78.487			
	935A	88-29-31	69.742	(-)0-46-40	69.736	-0.947		-0.001	-0.007	69.728
935A	S2A	0-00-00					77.540			
	003A	178-28-16	54.598	(-)4-16-25	54.446	-4.069		-0.001	-0.005	54.440
003A	935A	0-00-00					73.471			
	T9-5A	192-54-20	39.669	(-)4-08-35	39.565	-2.866		-0.001	-0.004	39.560
T9-5A	003A	0-00-00					70.605			
	976A	180-19-33	55.859	(-)3-02-55	55.780	-2.971		-0.001	-0.005	55.774
976A	T9-5A	0-00-00					67.634			
	1004A	109-54-19	36.744	(-)1-00-35	36.738	-0.648		-0.001	-0.004	36.733
1004A	976A	0-00-00					66.986			
	S1A	177-42-40	38.638	(-)0-56-10	38.633	-0.631		-0.001	-0.004	38.628
S1A	1004A	0-00-00					66.355			
	S3A	180-20-24	34.843	(-)1-28-25	34.831	-0.896		-0.001	-0.003	34.827
S3A	S1A	0-00-00					65.459			
	K3	270-50-24	28.973	(-)4-21-10	28.889	-2.199		0.000	-0.003	28.886
K3	S3A	0-00-00					63.260			
	引照点3	221-24-11	----							

表 2 自動測定の測定結果

測点	視準点	水平角度[度-分-秒]	測定距離[m]	観測鉛直角[度-分-秒]	水平距離(補正前)[m]	高低差[m]	標高[m]	投影補正[m]	縮尺補正[m]	水平距離[m]
001	K2	0-00-00					77.866			
	902B	295-41-05	59.096	0-17-23	59.095	0.299		-0.001	-0.006	59.088
902B	001	0-00-00					78.165			
	S2B	182-37-50	45.920	0-24-15	45.919	0.324		-0.001	-0.004	45.914
S2B	902B	0-00-00					78.489			
	935B	88-29-32	69.741	(-)0-46-43	69.735	-0.948		-0.001	-0.007	69.727
935B	S2B	0-00-00					77.541			
	003B	178-28-16	54.598	(-)4-16-19	54.446	-4.067		-0.001	-0.005	54.440
003B	935B	0-00-00					73.474			
	T9-5B	192-54-25	39.668	(-)4-08-23	39.565	-2.864		-0.001	-0.004	39.560
T9-5B	003B	0-00-00					70.610			
	976B	180-19-34	55.859	(-)3-02-48	55.780	-2.969		-0.001	-0.005	55.774
976B	T9-5	0-00-00					67.641			
	1004B	109-54-01	36.743	(-)1-00-26	36.737	-0.646		-0.001	-0.004	36.732
1004B	976B	0-00-00					66.995			
	S1B	177-42-42	38.635	(-)0-56-04	38.630	-0.630		-0.001	-0.004	38.625
S1B	1004B	0-00-00					66.365			
	S3B	180-20-23	34.842	(-)1-28-04	34.831	-0.892		-0.001	-0.003	34.827
S3B	S1B	0-00-00					65.473			
	K3	270-50-29	28.972	(-)4-20-49	28.889	-2.196		0.000	-0.003	28.886
K3	S3B	0-00-00					63.277			
	引照点3	221-24-16	----							

水平角度において測点 976 で 18" の差が見られ、水平距離において測点 1004 で 3mm の差が見られた。トータルステーションによる 3 級基準点測量の場合、水平角度の許容値は 20"、水平距離の許容値は 20mm と定められているため、この結果は問題ないと言える。

3.4 結合トラバース計算

結合トラバース計算とは、既知点である基準点（後視点・出発点・結合点・前視点）の座標と、測量で得た水平角度・水平距離から測点の座標を定める作業のことである。結合トラバース計算結果から、閉合誤差・閉合比を算出し、測量の精度を検証する。

表 3 に手動測量の結合トラバース計算結果を、表 4 に自動測量の結合トラバース計算結果を示す。既知点である出発点 001 と結合点 K3 の x 座標差は 7.890、y 座標差は -300.646 となった。それに対し、手動観測結果の x 座標差は 7.790、y 座標差は -300.663 となり、既知点の座標データと測量で得た座標データには差がある。この座標の差を閉合誤差といい、手動測量では $\sqrt{0.1^2 + 0.017^2} = 0.101$ という閉合誤差が得られた。閉合比は、閉合誤差を全測線長で割ると求められるため、手動測量の閉合比は $0.101/465.578 \approx 1/4610$ となった。

自動測量の場合も同様に計算を行い、閉合誤差 0.092、閉合比 1/5039 という結果が得られた。

表 3 手動測量の結合トラバース計算結果

点名	測角	測線長	X座標	Y座標	点間距離	方向角
K2	.....	.....	-80576.252	-13802.425	.....	.....
001	.....	.....	-80612.109	-13856.858	65.182	236° 37' 32"
902a	295° 40' 58"	59.088	-80553.540	-13864.762	59.100	352° 18' 52"
s2a	182° 37' 54"	45.914	-80507.795	-13868.806	45.924	354° 56' 52"
935a	88° 29' 31"	69.728	-80515.748	-13938.075	69.724	263° 27' 01"
003a	178° 28' 16"	54.440	-80523.396	-13991.971	54.436	261° 55' 24"
t9-5a	192° 54' 20"	39.560	-80520.064	-14031.390	39.559	274° 49' 54"
976a	180° 19' 33"	55.774	-80515.048	-14086.937	55.773	275° 09' 34"
1004a	109° 54' 19"	36.733	-80548.317	-14102.491	36.725	205° 03' 28"
s1a	177° 42' 40"	38.628	-80583.927	-14117.438	38.620	202° 46' 14"
s3a	180° 20' 24"	34.827	-80615.952	-14131.107	34.820	203° 06' 46"
K3	270° 50' 24"	28.886	-80604.219	-14157.504	28.887	293° 57' 51"
引照点1	221° 24' 11"	.....	-80500.340	-14205.157	114.288	335° 21' 27"

表 4 自動測量の結合トラバース計算結果

点 名	測 角	測線長	X座標	Y座標	点間距離	方向角
K2	.....	.....	-80576.252	-13802.425	.....	.....
001	.....	.....	-80612.109	-13856.858	65.182	236° 37' 32"
902b	295° 41' 05"	59.088	-80553.540	-13864.761	59.099	352° 18' 54"
s2b	182° 37' 50"	45.913	-80507.797	-13868.806	45.922	354° 56' 50"
935b	88° 29' 32"	69.727	-80515.750	-13938.075	69.724	263° 27' 02"
003b	178° 28' 16"	54.440	-80523.398	-13991.972	54.437	261° 55' 25"
t9-5b	192° 54' 25"	39.560	-80520.065	-14031.392	39.560	274° 49' 58"
976b	180° 19' 34"	55.774	-80515.048	-14086.940	55.774	275° 09' 40"
1004b	109° 54' 01"	36.732	-80548.317	-14102.493	36.725	205° 03' 21"
s1b	177° 42' 42"	38.625	-80583.925	-14117.438	38.618	202° 46' 09"
s3b	180° 20' 23"	34.827	-80615.951	-14131.106	34.820	203° 06' 39"
K3	270° 50' 29"	28.886	-80604.219	-14157.504	28.888	293° 57' 42"
引照点1	221° 24' 16"	.....	-80500.340	-14205.157	114.288	335° 21' 27"

4. 考察とまとめ

結合トラバース計算により、手動測量の閉合比は 1/4610、自動測量の閉合比は 1/5039 という結果が得られた。トラバース測量の閉合比の許容範囲は、緩い斜面の地形の場合 1/3000~1/5000⁵⁾となっているため、今回の測量の精度は、手動測量と自動測量ともに許容範囲である。閉合比の比較により、手動測量と自動測量はほぼ同じ精度であることが分かった。手動測量時は許容値以上の倍角差が出てしまい一度再測を行ったが、自動測量時では再測はなく、自動トータルステーションは人為的ミスを取り除くことができる利便性の良い機械だと分かった。

また、自動測量を行っているトータルステーションの視準がプリズムと一致してない要因として、自動視準では一定の範囲内にプリズム中心が入ると望遠鏡は動きを止め、プリズム中心と望遠鏡中心のずれの量を計算で求めて補正処理を行うからだということが分かった。

今回の観測では起こらなかったが、プリズム以外の反射物の誤観測や高低差が大きい場所での 360°プリズム使用による誤差など、手動測量では誤差の要因にならないものが、自動測量では誤差の要因になることがあるため、自動トータルステーション使用時には必ず手動測量による確認が必要であると言える。

謝辞

本研究の実施にあたり、教育技術員の橋詰朋幸様から指導を受けた。ここに記して感謝を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省(2023)：作業規程の準則（改正），国土交通省告示第 250 号
- 2) 国土地理院：トータルステーションの自動視準・自動追尾機能使用に関する留意事項，<https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/download/notice_totalstation.pdf>，（参照 2023-8-24）
- 3) 千三つさんが教える土木工学：多角測量の計算（閉合誤差），<<https://sites.google.com/view/senmitsu/%E6%B8%AC%E9%87%8F%E7%B3%BB/6-5-%E5%A4%9A%E8%A7%92%E6%B8%AC%E9%87%8F%E3%81%AE%E8%A8%88%E7%AE%97%E9%96%89%E5%90%88%E8%AA%A4%E5%B7%AE>>，（参照 2023-8-24）
- 4) 土木のおいさん Web：距離の補正について，<<https://dobokuoisan.com/measurement/totalstation/day7/totalstation3.html>>，（参照 2023-8-24）
- 5) 大木正喜：測量学(第 2 版)，p.96，2015

愛知県尾張地方の都市公園における SDGs 政策の実施状況調査

EC20060 成田多一

1. はじめに

1.1 研究背景

新型コロナウイルス感染症流行に伴う規制が緩和され、花火大会やお祭りなど公園を使うイベントが再び行われるようになってきている。また、一人キャンプのようなアウトドアの流行もあり、たくさんの年代の人たちが訪れる公園の安全性、使いやすさというのが重要であると考えられる。公園は、環境面や防災面でも重要であることから、持続可能な開発目標（SDGs）にどれほど対応しているのか明らかにすることが重要だと考えられる。

1.2 研究目的

本研究では、愛知県尾張地方にある都市公園において、SDGs の 17 項目に関する政策がどれほど実施されているのかを調査することを目的とする。また、岐阜県、三重県の研究結果から、東海 3 県の公園の役割やそれぞれの県の公園の SDGs 達成傾向も把握する。

2. 研究方法

本研究は、以下の手順で実施する。

- 1) SDGs の 17 の目標から公園に関連する項目をピックアップし、公園において取り組まれている環境政策、防災政策、社会政策等について、その事項を SDGs に関連付けてまとめる。
- 2) 対象とする愛知県の公園を「PARKFUL」という公園について様々な情報が掲載されているスマホアプリから調べる。10ha 以上の大規模公園をリストアップする。面積や場所を調査後、実際に公園を訪問して写真やメモで記録をする。
- 3) すべての公園の調査が終了後、集計して考察をする。集計結果を岐阜県、三重県の調査結果と比較し、東海 3 県の公園の特徴を明らかにすることで、より良い公園になるための提案をする。

3. 公園と SDGs の関連

3.1 都市公園の分類

都市公園とは、都市計画法によって位置づけられる都市計画公園または緑地、あるいは国および地方公共団体が都市計画区域内に設置する公園または緑地である。市民のやすらぎの場所として存在しているだけでなく、都市の安全性を向上させ、災害発生時には市民を守る防災公園としての役割もある。また豊かな地域作りのための環境政策や地域の活性化に繋がる役割もある。公園は様々な種類に分類されるが、本研究で調査対象とする公園は、都市基幹公園大規模公園とする。

3.2 持続可能な開発目標（SDGs）

SDGs とは、貧困や飢餓、健康、教育、ジェンダー平等、近代的エネルギーへのアクセス、経済成長、包摂的かつ持続可能な産業化、気候変動、海洋資源・森林・生態系の保護、平和で包摂的な社会、持続可能な開発のためのグローバル・パートナーシップの活性化など、目標が対象とする分野は幅広い。17 のゴール、169 のターゲットから構成され、地球上の「誰一人取り残さないこと」を誓っている。SDGs は開発途上国のみならず、先進国自身が取り組むユニバーサルなものであり、日本としても積極的に取り組んでいる。

4. 研究対象

4.1 対象公園一覧

本研究では、愛知県尾張地方（名古屋地区、知多地区、尾張北地区、尾張海部地区）の都市基幹公園と大規模公園を対象に調査を行う。

「PARKFUL」というサイトを活用し、面積が 10ha 以上の公園を調査したところ、表 1 に示す 48 公園が該当した。

表 1 調査対象公園一覧

公園名	所在地	面積	公園名	所在地	面積
稲永東公園	港区	31.36ha	東公園	津島市	26.91ha
猪高緑地	名東区	66.2ha	国営木曾三川公園 一宮タワーパーク	一宮市	26.4ha
矢田川橋緑地	守山区	10.7ha	鶴舞公園	昭和区	24.1ha
国営木曾三川公園 フラワーパーク	江南市	11.8ha	落合公園	春日井市	24ha
大江川緑地	南区	11.5ha	瑞穂公園	瑞穂区	24.5ha
小牧市スポーツ公園	小牧市	11.6ha	大池公園	東海市	24.8ha
洗堰緑地	西、北区	24.7ha	荒子川公園	港区	26ha
木曾川犬山緑地	犬山市	12ha	半田運動公園	半田市	26.7ha
於大公園[おだい]	東浦町	12ha	尾張広域緑道	小牧市	27.6ha
朝宮公園	春日井市	12.5ha	市民四季の森	小牧市	27.8ha
二つ池公園	大府市	12.6ha	天王川公園	津島市	12ha
天白公園	天白区	26.5ha	戸田川緑地	港区	29.1ha
加木屋緑地	東海市	13.3ha	稲永公園*	港区	31.4ha
千代田橋緑地	守山区	15ha	海南こどもの国	弥富市	10ha
桧原公園	常滑市	13.3ha	大野極楽寺公園	一宮市	38.4ha
春日井市都市緑化植物園	春日井市	24ha	平和公園	千種区	147ha
旭公園	知多市	16.4ha	国営木曾三川公園東海広場東	愛西市	10.4ha
明德公園	名東区	17.4ha	庄内緑地	西区	44ha
高森山公園	春日井市	12ha	あいち健康の森公園	大府市	51.5ha
大曾公園	常滑市	17ha	県営)小幡緑地	名古屋市	76.2ha
水分橋緑地	北区	17.5ha	名城公園	中区	80.4ha
久屋大通公園	中区	15.7ha	大高緑地	名古屋市	120ha
聚楽園公園	東海市	18.6ha	東山公園	千種区	84.22ha
国営木曾三川公園 ワイルドネイチャー	稲沢市	10.6ha	県営)牧野ヶ池緑地	名古屋市	147.7ha

*稲永公園は改修工事中だったため、今回は調査対象には含めていない。

4.2 対象とする SDGs 政策

本研究では、まず SDGs の 17 項目のうち公園に関する項目をピックアップする (表 2)。次に、ピックアップした目標の中から公園で実施可能な政策を挙げる (表 3)。

政策を整理したチェックリストを用いて、愛知県尾張地方における都市基幹公園、大規模公園で実際に行われている SDGs 政策を調査する。

表 2 公園に関する SDGs の項目

目標 3	全ての人に健康と福祉を
目標 4	質の高い教育をみんなに
目標 6	安全な水とトイレを世界中に
目標 7	エネルギーをみんなにそしてクリーンに
目標 11	住み続けられる街作りを
目標 12	つくる責任つかう責任
目標 13	気候変動に具体的な対策を
目標 15	陸の豊かさを守ろう

表3 公園に関するSDGs政策

目標	SDGs3		SDGs4	
政策	健康器具	ベンチ	子どもでも参加できるイベント	
○×				
目標	SDGs6		SDGs7	
政策	トイレの洋式化	バリアフリートイレ	再生可能エネルギー	
○×				
目標	SDGs11			SDGs12
政策	ユニバーサルデザイン	誰もが参加できるイベント	公園安全管理の設備(管理人の駐在)	公園の安全管理
○×				
目標	SDGs13		SDGs15	
政策	避難所の案内	防災倉庫	ゴミの清掃活動	保安林
○×				



写真2 戸田川緑地の多目的広場

5. 調査結果

5.1 戸田川緑地の例

調査を実施した47か所の公園のうち、戸田川緑地の例を表4、写真1、写真2に示す。

表4 戸田川緑地の調査結果

健康器具	ベンチ	子供が参加できるイベント	トイレの様式化	バリアフリートイレ	再生可能エネルギー	ユニバーサルデザイン	参加できるイベント	公園安全管理の整備	安全管理	避難場所の認知	防災倉庫	ゴミの清掃活動	保安林
○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	×	○

公園名：戸田川緑地
 住所：愛知県名古屋市区春田町 2-3204
 敷地面積：29.1ha
 分類：総合公園

港区の川沿いにある公園であり、植物園など大人も楽しめるような施設も存在している。目標11の誰もが参加できるイベントは○と判断できる。

一方、BBQ会場ではゴミが少し散らかっていたため、安全管理、ゴミの清掃活動で×と判断した。



写真1 戸田川緑地のモノレール

5.2 SDGs政策の実施状況の集計結果

目標3～7に関する政策の実施状況を図1、目標11～15に関する実施状況を図2に示す。

まず、ベンチや公園整備、安全管理などはしっかり実施されていたが、防災倉庫や2つあるイベントの項目に関しては対応できていなかった。トイレの洋式化とバリアフリー化は想像以上に進んでいた。

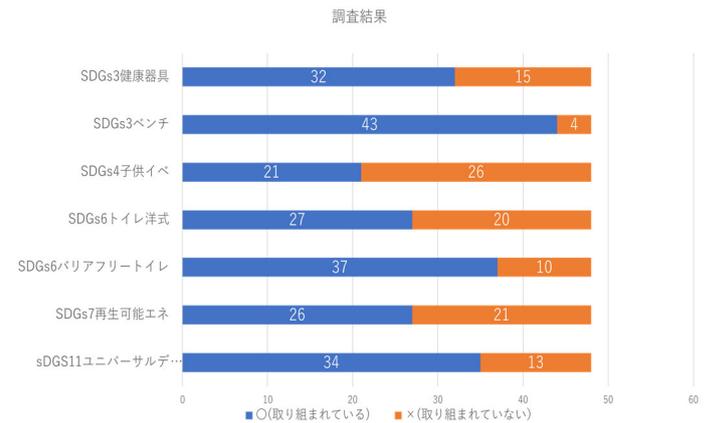


図1 目標3～7に関する政策の実施状況

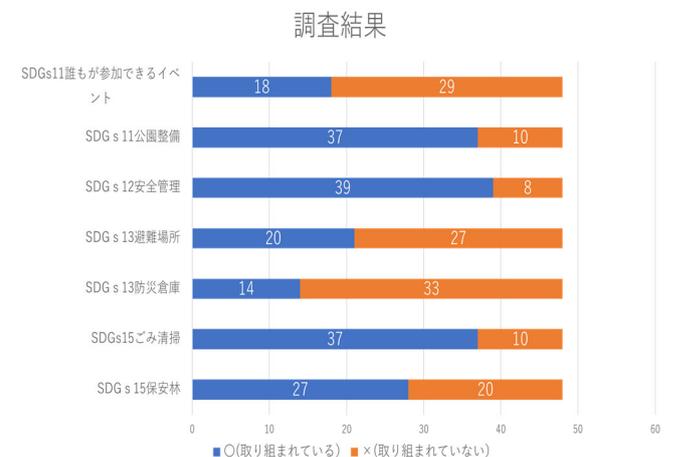


図2 目標11～15に関する政策の実施状況

5.3 調査結果に関する考察

愛知県尾張地方の公園を調査した結果、避難場所、防災倉庫の数が少なかった。近々南海トラフ大地震が起きると予想されている地域であることから、対応が遅れていることは問題であると考えられる。

次に、公園整備や安全管理の傾向として、名古屋市の大高緑地や庄内緑地といった有名な公園であっても整備が不十分であり、一方で春日井市の朝宮公園や津島市の天王川公園などは整備が進んでいた。その理由として、名古屋市には森林が多い公園が多く、その分面積が広くなる。そのため、公園整備に手が回っていないのではないかと考えられる。

目標3のベンチはほとんどの公園が設置されていたが、老朽化しているベンチも多くあり、早急な改善が必要であると言える。

また、トイレ整備が必要な公園があった。小幡緑地では新たなトイレが作られており、鶴舞公園は洋式化されているトイレとそうでないトイレがあった。ほとんどの公園では清掃チェック表があったが、ない公園も数か所あった。まずは、できる整備から実行した方がよいと考えられる。

6. 岐阜県、三重県における実施状況との比較

図3は、愛知県尾張地方、岐阜県、三重県の東海3県において、各目標に対する達成割合をレーダーチャートで表したものである。

岐阜県は先行研究⁴⁾、三重県は本年度の研究⁵⁾による調査結果である。

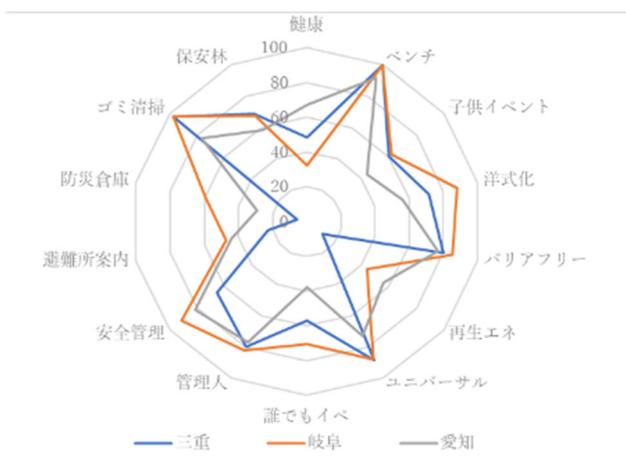


図3 愛知県尾張地方、岐阜県、三重県における実施状況の比較

東海3県の比較をした結果、ベンチやトイレなどの対応状況は同じような傾向が見られた。

一方、岐阜県の健康器具の数や愛知県のイベント、三重県の防災倉庫の数などについては、他の2県と比べて少ない傾向があった。

7. まとめ

本研究では、愛知県尾張地方の公園がSDGs政策の観点からどれ程実施できているかを調査した。

どの公園も大変すばらしくこれからも子供たちの成長の場として、またお年寄りの憩いの場として、時には災害が起こったときの避難所としてなくてはならない存在であるという印象があった。

一度にすべての面に対応することは当然できないため、可能なことから1つずつ整備をしていき、誰もが快適に過ごせる場所としてこれからも公園があり続けることが大事であると言える。

参考文献

- 1) 日本ユニセフ協会(ユニセフ日本委員会): SDGs17の目標, <<https://www.unicef.or.jp/kodomo/sdgs/17goals/>>, (参照 2024-01-22)
- 2) PARKFUL: 日本全国の公園の魅力を発信するWEBメディア, <<https://parkful.net/>>, (参照 2024-01-22)
- 3) 戸田川緑地: 農業文化園・戸田川緑地, <<https://bunkaen-todagawa.jp/>>, (参照 2024-01-22)
- 4) 義村晴也(2023): 岐阜県の都市公園におけるSDGs政策の実施状況調査, 中部大学工学部都市建設工学科 2022年度卒業研究論文
- 5) 安藤大希(2024): 三重県の都市公園におけるSDGs政策の実施状況調査, 中部大学工学部都市建設工学科 2023年度卒業研究論文

訪日外国人旅行者の動向とその恩恵の地域差に関する分析

EC20068 福井康介

1. はじめに

日本では近年、インバウンド（訪日旅行）が飛躍的に増加しており、新型コロナの影響による大幅な落ち込みからの回復が見込まれ、2025 年を見据えた様々な訪日旅行者に対する取り組みが促進されている。訪日旅行者の行先の特徴を見ると、国内の狭い地域や知名度が低い地域、施設の入場料・入館料が比較的高い場所、日本人が好むような観光地の穴場スポット、珍スポットがある地域などは好まない傾向が見られた。

インバウンド需要を持続的に拡大していくことで、直接的な経済効果だけでなく、新たな雇用の創出、地域の活性化などが期待される。一方で、旅行先が一部の地域に大きく偏っており、インバウンドの恩恵を受けられている地域とそうでない地域との間に大きな差が生じている。地方へのインバウンド需要の取り込みは、喫緊の課題であると言える。

本研究では、インバウンドによる恩恵の地域差を分析し、恩恵を十分に受けていない地域について、その地域の強みや特徴を活かしたサービスや体制の検討を行うことを目的とする。

2. インバウンドの恩恵を受けている地域と受けていない地域の比較

観光庁による都道府県別訪日旅行者数および宿泊客数の統計を参照し、インバウンドによる恩恵を十分に受けている地域と恩恵を十分に受けていない地域として、4 つずつ都道府県を選定する。

図-1 に、判断資料の一つである都道府県別の宿泊客数を多い順に並べたグラフ（観光庁「令和 4 年度宿泊旅行統計調査」¹⁾より作成）と、本研究で分析対象とする都道府県を示す。恩恵を受けている地域として東京都、大阪府、京都府、北海道を、恩恵を受けていない地域として奈良県、佐賀県、徳島県、鳥取県を選定した。

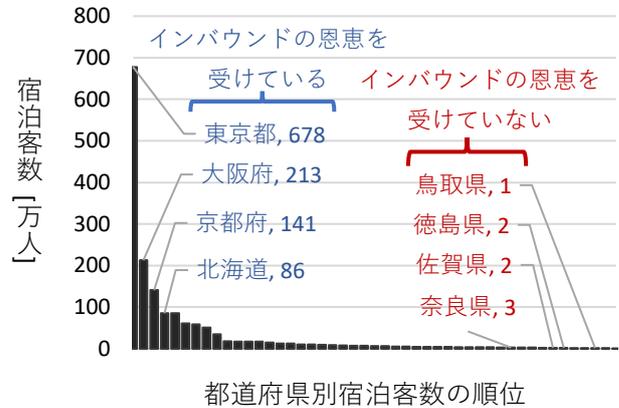


図-1 訪日外国人旅行者の都道府県別宿泊客数と本研究の対象地域

表-1 訪日外国人旅行者が求めるサービスの対応状況

	フリーWi-Fi	外国人観光案内所	案内表示多言語対応	免税店舗数
単位	施設	施設	%	店舗
東京	11403	146	75~	14434
大阪	11846	55	75~	5946
京都	5381	40	50~75	1916
北海道	5704	105	75~	2808
奈良	1404	20	75~	267
佐賀	863	17	25~50	286
徳島	1194	11	50~75	101
鳥取	702	17	25~50	128

次に、インバウンドの恩恵を受けている地域と受けていない地域の特徴を比較した。訪日旅行者が観光地に求める主なサービスとして、フリーWi-Fi や外国人向けの案内所、多言語に対応している案内表示、免税店の充実等が挙げられる。対象地域のこれら 4 つのサービスへの対応状況を表-1 に示す。

恩恵を受けている地域と受けていない地域で比較すると、フリーWi-Fi の導入施設数は約 8 倍、外国人観光案内所数は約 5 倍、案内表示の多言語化対応率は約 1.5~2 倍の差がある。このことから、インバウ

ンドの恩恵を受けている地域と受けていない地域との間で、外国人旅行者への対応に明らかな差があることが分かる。

3. 各県における訪日旅行者の消費動向

インバウンドの恩恵を受けていない地域として選定した各県について、現状の課題を分析する。

インバウンドによる主な消費には宿泊費、飲食費、買物費、娯楽等サービス費、交通費がある。最新のデータである「令和元年度訪日外国人消費動向調査」をもとに、都道府県別の消費動向を把握する。

図-2 に、国内の訪日旅行者全体の一人当たりの支出額のグラフを示す²⁾。最も大きな消費は買物代で、次いで宿泊費、飲食費の順である。

図-3 に、各県の一人当たりの(a)宿泊費、(b)飲食費、

(c)買物費、(d)娯楽サービス費を示す。これらの傾向を分析し、次章で徳島県、鳥取県、奈良県、佐賀県の課題と対策を検討する。

【図表】
費目別にみる
一般客1人当たり
旅行支出

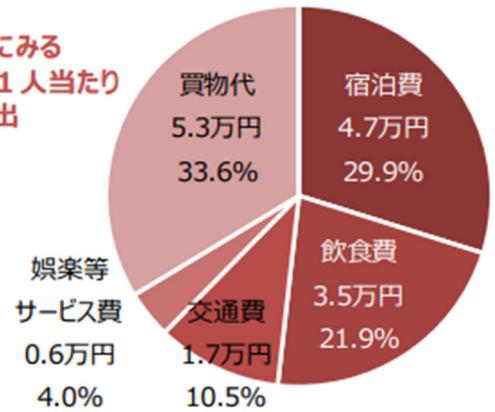


図-2 国内の訪日旅行者の一人当たり旅行支出額



(a) 宿泊費



(b) 飲食費



(c) 買物代



(d) 娯楽サービス費

図-3 各県の訪日外国人旅行者の一人当たり消費額

4. インバウンドの恩恵を受けていない地域の課題と対策

4.1 徳島県

(1) 現状

徳島県は、宿泊費、飲食費はインバウンドの恩恵を受けている大阪府や京都府と大きな差がない。娯楽サービス費についてはインバウンドの恩恵を受けていない4県の中で2番目に一人当たり消費額が高いが、買物代を見ても対象4県の中で3番目かつ恩恵を受けている4県との差がかなり開いている。

加えて、対象地域の中で最も訪日旅行者数が少なく、宿泊者数などの観光統計や民間の地域ブランド調査の順位が低迷していることなどから魅力度が低いと捉えられがちである。そのため、四国地方の中でも訪日旅行者にあまり知られていない県と言えるが、渦潮や阿波踊りといった単体の観光資源は訪日旅行者にも認知度があり、お盆の阿波踊りの時期に合わせて観光する旅行者も少なくない。

(2) 問題点

徳島県までのアクセスが困難なことと、フリーWi-Fiの数が全国第40位、多言語対応も大幅に遅れていて観光案内所の数が全国最下位となっている点である。

(3) 対策

徳島県までの交通を十分に充実させ、Wi-Fiや外国人が利用しやすい観光案内所の増設に力を入れ、インバウンド関連事業を定着させることが求められる。また、宿泊や飲食の充実に取り組むよりも、買物の消費額増加に力を入れていく必要があると考える。その上で渦潮や阿波踊りといった単体の観光資源を有効活用し、積極的にインバウンド対応を実施していくことで、訪日外国人旅行者数が伸び、インバウンドによる恩恵を受けられる可能性があると考えられる。

4.2 鳥取県

(1) 現状

鳥取県は、徳島県と同じように宿泊費、飲食費についてはインバウンドの恩恵を受けている大阪府や京都府と大きな差がなかった。娯楽等サービス費に

ついては、インバウンドの恩恵を受けていない対象4県の中で最も一人当たり消費額が高かったが、買物の消費額は決して高いとは言えない。

また、鳥取県には鳥取砂丘や米子温泉などの観光資源があり、砂丘巡りやラクダのライド体験など珍しいアクティビティがあるため、一部の訪日外国人旅行者からの人気は高い。加えて、日本の有名な漫画である『ゲゲゲの鬼太郎』や『名探偵コナン』の作者の故郷であることから、鳥取県自体の知名度も低くはない。

(2) 問題点

多言語対応やWi-Fi導入が大幅に遅れており、フリーWi-Fiの導入施設数は全国最下位、外国人観光案内所数は全国40位である。

(3) 対策

鳥取県も徳島県同様、宿泊や飲食の充実に取り組むよりも、買物の消費額増加に力を入れていく必要がある、Wi-Fiや外国人が利用しやすい観光案内所の増設に力を入れることが必要であると考えられる。

一人当たりの消費単価はインバウンドの恩恵を受けている地域と比較しても小さくないことから、より多くの旅行者を誘客することが重要であると言える。加えて、砂丘や温泉といった観光資源をさらに有効活用していくことで、訪日外国人旅行者数が伸び、インバウンドによる恩恵を受けられる可能性があると考えられる。

4.3 佐賀県

(1) 現状

佐賀県は、宿泊費についてはインバウンドの恩恵を受けている大阪府や京都府と大きな差がなかったが、飲食費、娯楽サービス費を見ても恩恵を受けている県と比べてかなりの差があることが分かった。一方、買物代についてはインバウンドの恩恵を受けていない対象4県の中で最も一人当たり消費額が高く、インバウンドの恩恵を受けている京都よりも大きい。

(2) 問題点

佐賀県は日本人の間でもすぐには印象を語りづらく、同様に海外諸国でも難しい上に観光資源も乏しいため、知名度がかなり低い。加えて、訪日旅行者

の受け入れ態勢も不十分であり、フリーWi-Fiの数は全国第45位、観光案内所の数は第40位と徳島県、鳥取県と同様に訪日旅行者に対する受け入れ態勢の見直しが必要とされる。一方、近年では隣の福岡県にクルーズ船やフェリーの港があることで、訪日旅行者数が増加している傾向がある。

(3) 対策

そういった部分と飲食、娯楽サービスを充実させるために観光スポットを活性化させ、徳島県、鳥取県と同様にWi-Fiや外国人が利用しやすい観光案内所の増設に力を入れていくことで、訪日外国人旅行者数が伸び、インバウンドによる恩恵を受けられる可能性があると考えられる。

4.4 奈良県

(1) 現状

奈良県は、宿泊費、飲食費、買物代、娯楽サービス費、すべてにおいて対象地域の中で最下位であり、一人当たりの消費単価が著しく小さい。特に飲食費、買物代についてはインバウンドの恩恵を受けている対象地域との間でかなりの差が開いている。

しかし、奈良県は日本の中でも特に歴史遺産のある観光地が数多くあるため、インバウンドの恩恵を受けている京都と並んで訪日旅行者の間で人気であり、訪日旅行者数は桁外れに多い。加えて、インバウンドの恩恵を受けていない対象4県の中で最も多言語対応やWi-Fi導入に対して積極的に取り組んでいる県である。

(2) 問題点

大阪府、京都府を中心とした関西観光ルートの一部として訪日旅行者が視野に入れる県になってしまっているため、奈良公園や東大寺などをイメージする人が多く日帰り観光が中心となっていることである。旅行者数自体はかなり多いが、訪日旅行者に限らず日本人旅行者も奈良県では宿泊しないという現状になってしまっている。

(3) 対策

宿泊、飲食、買物、娯楽サービスの中でも特に飲食、買物を充実させることに注力し、奈良県の知名度を上手く使い、旅行者を県内に留めるさせるための手段が必要である。そのための方策として、グル

メを有効活用しつつ、宿泊施設の整備の充実や宿泊プロモーションを行っていくことで訪日外国人旅行者数が伸びる可能性は十分にある。

徳島県、鳥取県、佐賀県と比べ積極的に多言語対応やWi-Fi導入に対して取り組んでいることから、インバウンドによる恩恵を受けられる可能性は十分にあると考えられる。

4. まとめ

本研究では、インバウンドによる恩恵を十分に受けている地域と恩恵を十分に受けていない地域を選定し、その恩恵の地域差について分析した。それらを踏まえ、恩恵を十分に受けていない4つの対象地域に対して、強みや特徴を活かしたサービスや体制の検討を行った例を示した。

また、分析の結果、旅行者数、宿泊数が少ない地域が必ずしも一人当たり消費額が小さいとは限らないことが明らかになった。このことから、インバウンドによる恩恵を十分に受けられる状態にするためには単に消費単価を上げるための施策だけでなく、各地域で不足している訪日外国人旅行者への配慮やサービスに重点的に取り組む重要性が示唆された。

参考文献

- 1) 観光庁：令和4年度宿泊旅行統計調査
- 2) 観光庁(2019)：訪日外国人消費動向調査年次報告書，p.4
- 3) 観光庁(2023)：令和5年版観光白書，pp.151-155
- 4) 観光庁：Japan.Free Wi-Fi，<<https://japanfreewifi.jnto.go.jp/eng/wifi-spot-nearby.html>>，（参照 2022-12-16）
- 5) 観光庁：都道府県別消費税免税店数（2021年9月30日現在）について，<https://www.mlit.go.jp/kankochu/topics02_000229.html>，（参照 2023-12-10）
- 6) 日本政府観光局（JNTO）：「JNTO認定外国人観光案内所」認定件数，<<https://www.jnto.go.jp/projects/visitor-support/tic-certificate/list.html>>，（参照 2023-12-10）

日本版持続可能な観光ガイドラインに基づく観光地の評価 —中部地方の観光地域づくり法人を対象として—

EC20087 渡邊祐理

1. はじめに

持続可能な観光（サステナブル・ツーリズム）の取り組みが世界で促進されており、観光開発において環境、経済、社会の3つの側面の適切なバランスを図りながら、長期的な持続可能性を確保することが求められている。日本では、地方自治体や観光地域づくり法人（Destination Management/Marketing Organization: DMO）の持続可能な観光地マネジメントのために、観光庁¹⁾により「日本版持続可能な観光ガイドライン（JSTS-D）」が策定された。

既報²⁾では、JSTS-Dに掲載されている「A.持続可能なマネジメント」「B.社会経済のサステナビリティ」「C.文化的サステナビリティ」「D.環境のサステナビリティ」の4分野それぞれについて、4つのDMOの評価が試行されている。それによると、特にD.環境が低評価となる傾向が見られる。しかし、評価対象としたDMOの数が少なく、さらに外部からの評価のみでの議論となっていることから、取り組みの未実施なのか外部への情報公開不足なのかが明らかにされていない。

本研究では、DMOを対象に、JSTS-D¹⁾の基準に基づき観光地の持続可能性を外部から評価し、その評価結果と自己評価との乖離点や情報開示が難しい項目を明らかにすることを目的とする。

2. 日本版持続可能な観光ガイドライン（JSTS-D）

「日本版持続可能な観光ガイドライン（JSTS-D）」とは、DMOや各自治体が持続可能な観光マネジメントを行うための観光指標である。持続可能な観光の推進と基準作成を目的に発足したグローバル・サステナブル・ツーリズム協議会（GSTC）が開発した国際基準である観光指標をベースとしたもので、特にDMOの戦略策定にあたっては、JSTS-Dを参考にすることが重要とされている。「A.持続可能なマ

ネジメント（大項目数16、小項目数41）」、「B.社会経済のサステナビリティ（大項目数8、小項目数24）」、「C.文化的サステナビリティ（大項目数8、小項目数19）」、「D.環境のサステナビリティ（大項目数15、小項目数29）」の4つの分野、合計47の大項目、113の小項目が設定されている。

3. 観光地域づくり法人（DMO）

観光地域づくり法人（DMO）³⁾とは、観光地域づくりの司令塔として、観光地域づくりを実現するための戦略を策定し、着実に実施するための調整機能を備えた法人である。DMOの登録には5つの要件があり、すでに該当している組織を「登録DMO」、今後該当する予定の組織を「候補DMO」としている。登録DMO、候補DMOは3つの区分に分けられている。広域連携DMOは、地方ブロックレベルの区域を一体とした観光地域、地域連携DMOは、複数の地方公共団体に跨る区域を一体とした観光地域、地域DMOは、基礎自治体である単独市町村の区域を一体とした観光地域として、観光地域づくりを行う組織である。

令和5年9月26日現在、広域連携DMOは10団体、地域連携DMOは118団体、地域DMOは211団体の計339件が登録DMOまたは候補DMOとなっている。

4. 評価方法

JSTS-DのA～D分野の各項目には1つ以上の小項目が設定されている。D13（環境負荷の小さい交通）の例を表-1に示す。これら113の小項目それぞれについて取り組んでいるかどうかを、「わからない/していない」0点、「今後準備予定」25点、「現在準備中」50点、「ある」75点、「定期的に更新されており、定期的な運用が行われる」100点で評価した上で、4

分野及び総合スコアを 100 点満点に換算する。選択肢は、文献¹⁾で行われた全国の広域自治体（都道府県）及び基礎自治体（市区町村）を対象にした持続可能な観光指標に関するアンケート調査による自己評価と同形式である。

集計には、サステナブルツーリズムに関する現状把握を支援するアプリケーションとして開発された STARS⁴⁾を利用した。

外部評価については、以下のルールで実施する。

- ・ 評価にあたり、各 DMO が登録申請の際に観光庁に提出した形成・確立計画、ウェブサイト及びそれらが引用している統計を参照する。
- ・ Google 検索を利用して、該当地域の自治体等のホームページの情報を参照する。
- ・ 上記の中で、言及があれば「している」、統計などが毎年度更新されていれば「随時更新されており、定期的な運用が行われる」と評価する。

また、得られた外部評価結果について、別の評価者の結果と比較することで妥当性の検証を行う。さらに、対象とした DMO のうち、いくつかにはヒアリング調査を行い、自己評価との認識の違いを探る。

5. 評価対象

本研究では中部地方を対象とし、中部地方の広域連携 DMO である、中央日本総合観光機構のマネジメント区域（富山県、石川県、福井県、長野県、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県、滋賀県）を対象に地域連携 DMO、地域 DMO を全て選定した。広域連携 DMO 1 件、地域連携 DMO 27 件、地域 DMO 36 件の計 64 件を評価対象とする。

6. 評価結果

6.1 外部評価結果

対象 DMO 64 件（広域連携 DMO 1 件、地域連携 DMO 27 件、地域 DMO 36 件）のうち、広域連携 DMO の中央日本総合観光機構、地域連携 DMO の愛知観光協会、地域 DMO の西尾市観光協会の結果を図-1 に示す。3 件を比較すると、愛知観光協会は全体的にスコアが高いが、中央日本総合観光機構、西尾市観光協会は総合スコアが低く、各分野の結果にばらつきが見られた。

表-1 JSTS-D の基準（D13 の例）

D13 環境負荷の小さい交通 域内における環境負荷の小さい交通機関の利用促進プログラムがあること
① 地域内での徒歩や自転車での移動の奨励と安全確保を行っていること
② モビリティの活用に関して、低炭素自動車の導入等により環境に配慮していること

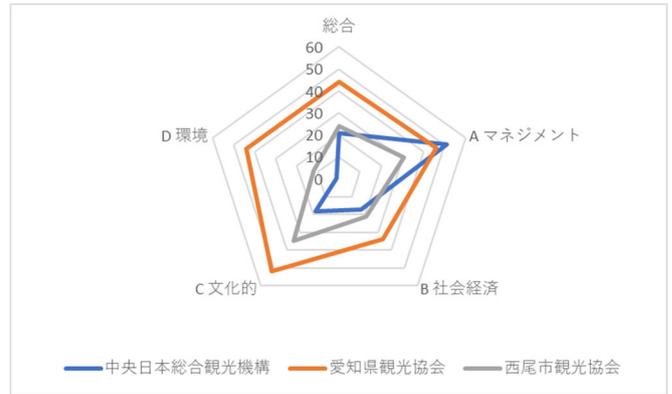


図-1 外部評価（著者による評価）結果

6.2 外部評価者ごとの評価結果の違い

外部評価の過程において、適した資料を見つけられるかどうか、6 段階の選択肢のうちどれを選択するかは、外部評価者の主観が入る。そこで、評価者の違いによってどの程度結果に差が生じるかについて、評価者 A（著者）、評価者 B（客員研究員）として中央日本総合観光機構（図-2）、愛知県観光協会（図-3）、西尾市観光協会（図-4）を例に検証した。なお、評価者 B は、博士号の保有者であるが、観光分野の専門家ではない。

中央日本総合観光機構は、環境面では評価者 A が 1 点、評価者 B が 6 点で評価者 B の方が高いスコアとなったが、マネジメント面、社会経済面、文化的面では、評価者 A の方が高いスコアとなった。

愛知県観光協会は、4 分野すべての面で、評価者 A の方が高いスコアとなった。

西尾市観光協会は、文化的面では評価者 A が 35 点、B が 32 点で評価者 A の方が高いスコアとなったが、マネジメント面、社会経済面、文化的面では、評価者 B の方が高いスコアとなった。

愛知県観光協会は、評価者による違いはあまり見られなかったが、中央日本総合観光機構、西尾市観光協会では、評価者による違いが大きく表れた。

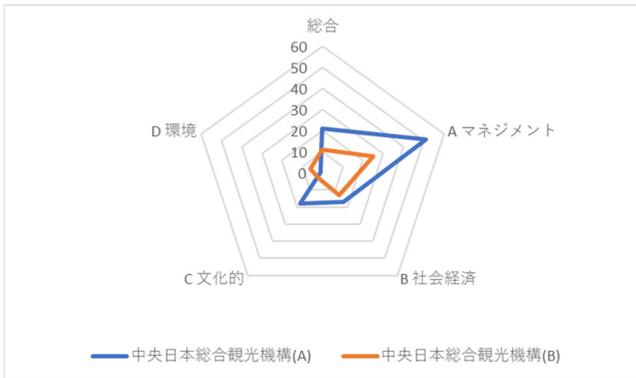


図-2 2名による外部評価結果の比較
(中央日本総合観光機構)

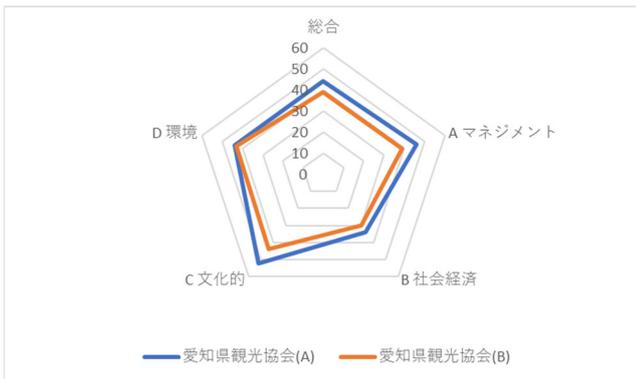


図-3 2名による外部評価結果の比較
(愛知県観光協会)

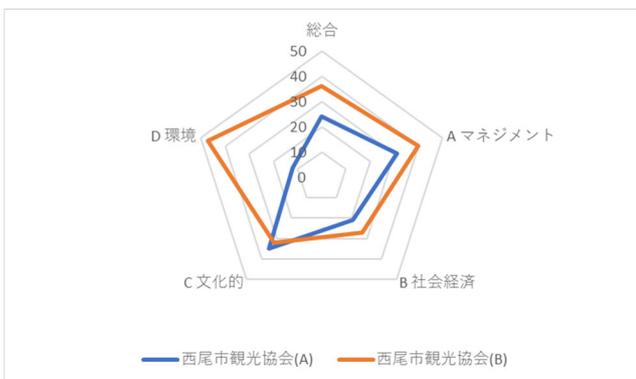


図-4 2名による外部評価結果の比較
(西尾市観光協会)

6.3 内部評価と外部評価の違い

6.3.1 ヒアリング調査方法

内部評価と外部評価との違いを探るため、中央日本総合観光機構（図-5）、愛知県観光協会（図-6）、西尾市観光協会（図-7）へヒアリング調査を行った。

調査方法は、外部評価の認識が合っているのかを項目ごとに確認してもらい、認識が異なっている場合は正しい評価を示してもらった。内部による評価と

外部からの評価を比較して、乖離点や情報開示が難しい項目を明らかにする。

また、特に気になる項目について、対象 DMO へ各 10 項目ずつ、「はい」「いいえ」の選択式及びコメント形式により質問した。

6.3.2 内部評価結果と外部評価結果の比較

図-5～図 7 に、内部評価結果と外部評価結果の比較を示す。外部評価については、6.2 節の評価者 A による評価結果を示している。

中央日本総合観光機構（図-5）は、グラフが同じような形になり、スコアについても大きな差は表れなかった。内部評価、外部評価ともに、環境面のスコアが非常に低い（1 点）という点が共通だった。

愛知県観光協会（図-6）は、社会経済面以外の 3 分野について、グラフの形に大きな違いはない。

西尾市観光協会（図-7）は、グラフの形に大きな違いが見られた。最も大きな差が表れたのは、社会経済面であり、25 点もの得点差が生じた。

6.3.3 ヒアリング調査結果

対象 DMO に行った 10 項目の質問のうち、5 例を以下に示す。

- (1) 日本版持続可能な観光ガイドライン（JSTS-D）の内容に沿って持続可能な観光地マネジメントに取り組んでいますか？
- (2) 外国人旅行者を含む旅行者を受け入れる十分な医療体制はありますか？
- (3) 災害等の非常時における計画は、定期的に見直しがなされていますか？
- (4) 観光地における旅行者動向を把握・公開していますか？
- (5) 現時点で取り組まれていない項目は、今後取り組む予定はありますか？

これらの質問に対する 3 つの対象 DMO からの回答を表-2 に示す。

質問(1)に対して、中央日本総合観光機構、西尾市観光協会は「はい」、愛知県観光協会は、「いいえ」という回答であった。

また、質問(2)、質問(3)に対しては、中央日本総

合観光機構は、「各県によって状況が異なるため、回答する立場にありません」という回答であった。

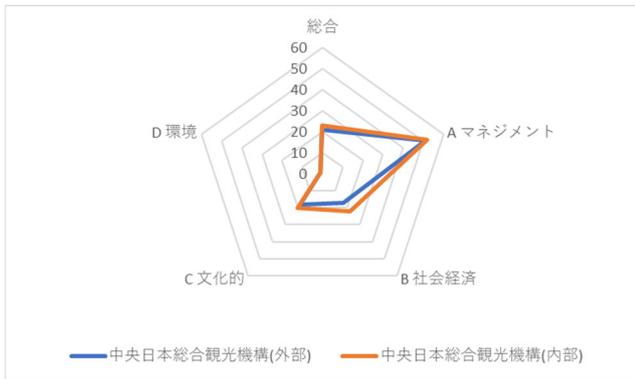


図-5 内部評価結果と外部評価結果の比較 (中央日本総合観光機構)

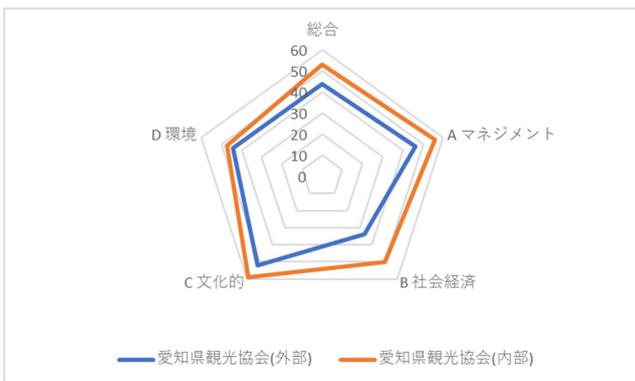


図-6 内部評価結果と外部評価結果の比較 (愛知県観光協会)

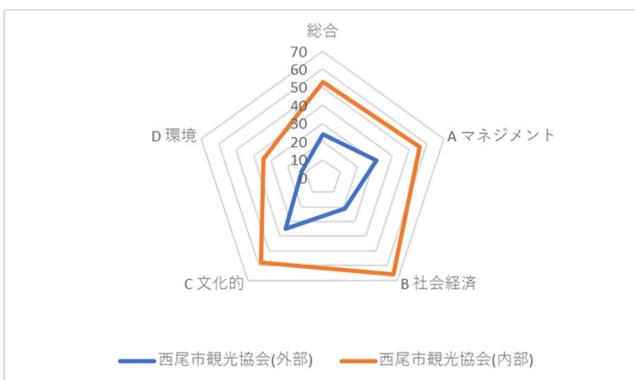


図-7 内部評価結果と外部評価結果の比較 (西尾市観光協会)

表-2 ヒアリング調査結果

	中央日本総合観光機構	愛知県観光協会	西尾市観光協会
(1)	はい	いいえ	はい
(2)	回答する立場ではない	いいえ	はい
(3)	回答する立場ではない	いいえ	いいえ
(4)	はい	いいえ	はい
(5)	項目により未定	はい	はい

7. 考察・まとめ

本研究では、中部地方の DMO を対象に、日本版持続可能な観光ガイドラインに基づき観光地を評価した。その結果、評価者による認識の違いや内部評価と外部評価の乖離点を明らかにすることができた。

外部評価においては主観が入ってしまうため、評価者によって認識が異なってしまう可能性があるということが分かった。また、対象 DMO によって、スコアに大きく差が出る分野が違うということも明らかになった。

中央日本総合観光機構、愛知県観光協会、西尾市観光協会へのヒアリング調査から、3つの組織による内部評価の方が外部評価の総合スコアより高くなることが明らかになった。ヒアリングにより、実際に取り組んでいる項目であっても、一般に向けて情報公開されていない項目があることが分かった。それに加え、多くの人に伝わるような情報公開ができていないという点が、内部評価と外部評価のスコアが大きく乖離する要因であると考えられる。

謝辞

本論文を作成するにあたり、ヒアリング調査にご協力くださった、中央日本総合観光機構 企画部 峯田様、愛知県観光協会 企画管理部 浜田様、西尾市観光協会 和田様に心より感謝いたします。

参考文献

- 観光庁(2020)：日本版持続可能な観光ガイドライン，pp.1-149
- 柴原尚希，山本涼子(2023)：日本版持続可能な観光ガイドラインに基づく観光地の評価手法に関する検討，令和4年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，IV-14
- 観光庁(2023)：観光地域づくり法人（DMO）とは？，<https://www.mlit.go.jp/kankocho/page04_000048.html>，（参照 2023-12-10）
- 和歌山大学観光学部加藤研究室，法政大学環境デザイン工学部建築学科川久保研究室：STARs (Sustainable Tourism Assessment & Review System)，<<https://sustourism.net/>>，（参照 2023-12-10）

効果的な透水係数を得る締固め時の含水比の推定
～GB2000 の場合～

EC20014 岡部彰仁

1. 研究背景・目的

土の構造を単粒構造から団粒構造にすることで、間隙が大きくなり透水性・保水性の向上がする団粒化技術がある。透水性が向上することで、豪雨時に雨水を素早く地盤に浸透させることで都市型水害の抑制が期待できる。また、土は締固め時の含水比によって透水性が変化し、透水性を求めるには適切な含水比で試料を締め固める必要がある。透水性が向上する団粒化技術を活かすには、締固め時の適切な含水比を明らかにする必要があるが、その含水比は明らかになっていない。現在、団粒化技術を扱っている現場では、施工する建設会社が経験的に団粒化に適した含水比を管理している。団粒化させた際の適切な締固め時の含水比を解明することにより、様々な現場や建設会社で扱えるようになり、都市型水害等の災害対策に役立てることが可能になる。本研究では、団粒した土が高い透水係数を得る締固め時の含水比を求めることを目的とする。

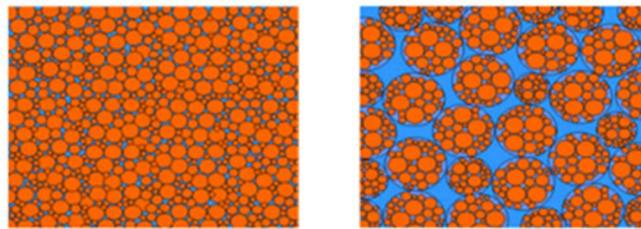


図 1. 単粒構造と団粒構造

2. 締固めによる透水係数

1) 締固め試験

突き固めによる土の締固め試験を行い、締固め曲線の作成を行う。試料の準備にあたり表 1 の試験方法を、土の種類や粒径に応じて採用する。締固めによって土粒子が粉碎され易く、粒度が変わってしまう真砂土の場合、繰り返し法を採用すると同じ土で試験をしていることにはならないため、各含水比で新しい試料を使用する非繰り返し法を採用する。また、砂質土では乾燥法を採用する。よって通常真砂土では b 法が採用される。しかし、本試験では団粒化した真砂土を使用することで、水を加えて含水比を増加させる乾燥法では団粒化剤の濃度が薄まり、含水比が増えるにつれて透水性が団粒化する前と同程度になる結果が得られた。本試験では団粒化剤の濃度を一定にするために、あらかじめ規定の濃度に設定した団粒化剤溶液を試料の含水比が 25%程度になるように加え、そこから自然乾燥させて試料の含水比を減らしていく方法で試料の準備をする。

表 1. 試料の準備方法と使用方法

組合わせの呼び名	準備方法—使用方法
a	乾燥法—繰返し法
b	乾燥法—非繰返し法
c	湿潤法—非繰返し法

また締固め試験では式(1)で定義される締固め仕事量で締固めエネルギーを定義している。今回の実験では表2のような条件で各層の突き固めを行った。目標とする締固めエネルギー値は約 197kJ/m³ であり、これは現場で使用されるタイヤローラーから算出した値である¹⁾。今回の試験の条件では一層あたり 8 回突き固めを 2 層行うことで締固めエネルギーは約 187kJ/m³ となり、現場と近い締固めエネルギーに設定した。

$$E_c = \frac{W_R \cdot H \cdot N_L \cdot N_B}{V} \quad (1)$$

表 2. 試験条件

呼び名	A法	今回の試験
ランマー質量(kg)	2.5	1.5
ランマー落下高さ(cm)	30	20
モールド内径(cm)	10	8
モールド容積(cm ³)	1000	250
突き固め層数	3	2
各層の突き固め回数	25	8
許容最大粒径(mm)	19	4.75

ここに、Ec:締固め仕事量(kJ/m³)、WR:ランマーの重量(kN)、H:ランマーの落下高さ(m)、NL:層数、NB:一層当たりの突き固め回数、V:モールドの容積(m³)である。

2) 透水試験

締固めた供試体の透水係数を測定するために、飽和透水係数測定装置 KSAT を用いる。図 2 のように締固めた試料を KSAT に取り付け、変水位透水試験を行い、透水係数を測定した。

3) 締固めと透水係数

透水試験の結果を表 3、締固めと透水係数の関係を図 3 に示す。図 3 より締固め時の含水比によって透水係数に大きな差が生じていることがわかる。含水比が 12%程度以下の透水係数があまり変化しておらず頭打ちしている状態であり、ある含水比以下で透水係数はほぼ一定になる結果が得られた。

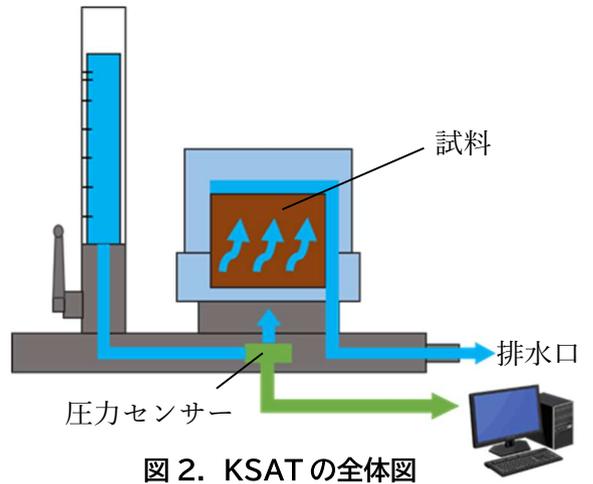


図 2. KSATの全体図

表 3. 透水試験結果

サンプル No.	含水比(%) w	15°C換算透水係数(m/s) Ks	乾燥密度 (Mg/cm ³) ρd
21877	27.6	2.08E-07	1.516
10991	22.7	7.29E-08	1.615
15281	19.9	4.50E-07	1.636
15282	16.3	4.18E-06	1.553
21876	11.8	8.38E-06	1.491
21886	7.9	5.61E-06	1.456
21896	5.0	8.04E-06	1.432
21898	3.1	1.52E-05	1.369

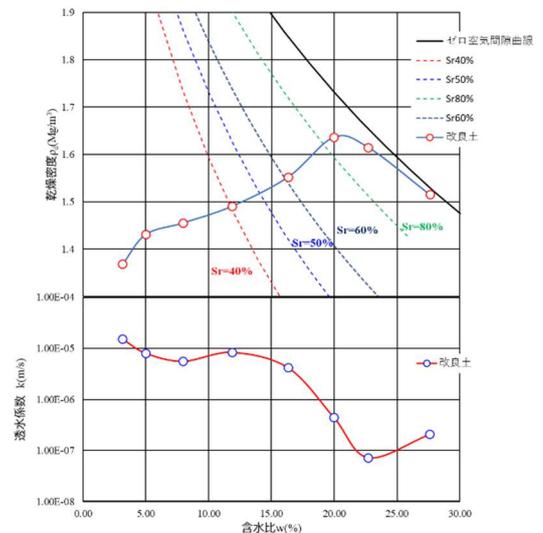


図 3. 締固め曲線及び透水係数と含水比の関係

4)水分特性曲線

土の間隙には負圧が発生しており、土粒子同士を吸引している。飽和度により間隙の負圧が変化することを示す水分特性曲線が保水性試験より算出できる²⁾。図4には団粒化した土の水分特性曲線と、締固めエネルギーを水頭に変換したものを示す。締固めた際に飽和度40%以上で間隙は正圧にあるとすると、細粒分の流動化によって団粒構造が崩壊していることが考えられる。団粒構造を維持して高い透水係数を得るには、間隙に負圧が残る飽和度40%以下が適していると判断できる。

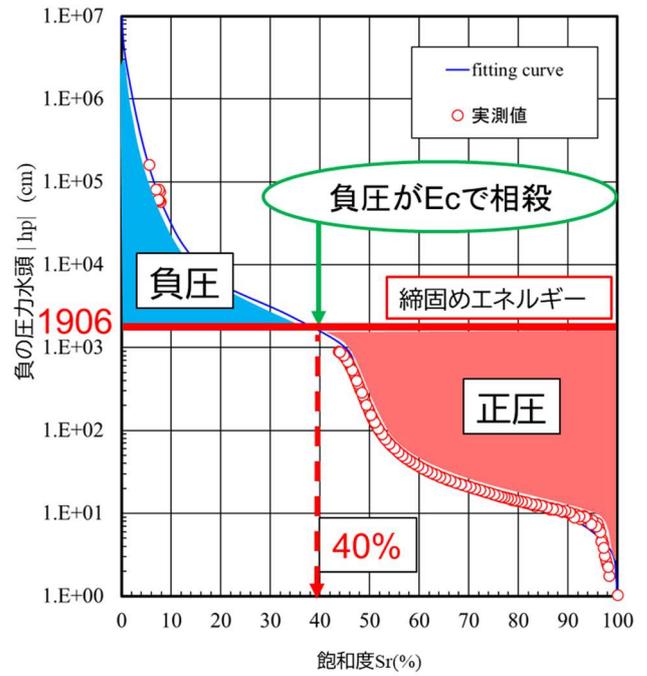


図4. 水分特性曲線

5) 締固め度

最大乾燥密度に対する乾燥密度の割合を表す締固め度は、土構造物における締固め時の強度の指標として用いられる。締固め度は次の式(2)で表される。

$$Dc = \frac{\rho d}{\rho dmax} \times 100 \quad (2)$$

ここに Dc:締固め度、 ρd :現場で締め固めた乾燥密度、 $\rho dmax$:ある含水比での最大乾燥密度である。

表4に各含水比での締固め度、図5に締固め度と透水係数の関係を示す。4)より飽和度40%以下で高い透水係数を得られると考えられるが、図3より飽和度40%のときの含水比は12%程度である。図6より含水比が12%のときの締固め度は75%程度であることがわかる。図5では締固め度が75%前後で透水係数が大きく変化しており、高い透水係数を得るには締固め度75%以下で締め固めることが適している。

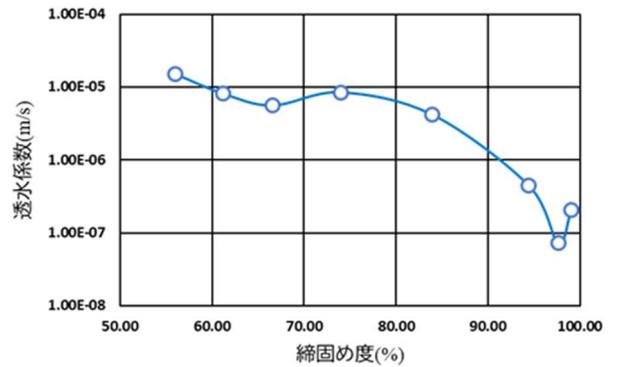


図5.締固め度と透水係数の関係

表4. 各含水比における締固め度

サンプル No.	含水比(%) w	15°C換算透水係数(m/s) Ks	締固め度(%) Dc
21877	27.60	2.08E-07	99.06
10991	22.69	7.29E-08	97.64
15281	19.94	4.50E-07	94.43
15282	16.32	4.18E-06	83.97
21876	11.84	8.38E-06	73.97
21886	7.95	5.61E-06	66.55
21896	4.97	8.04E-06	61.18
21898	3.13	1.52E-05	55.97

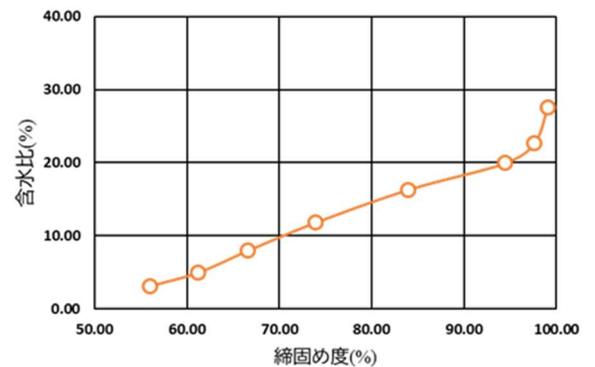


図6.締固め度と透水係数の関係

3. 団粒化前後における比較

1) 団粒化前の透水係数

団粒化することで土の透水特性が向上するが、実際に団粒化していない試料と団粒化させた試料で、どの程度透水性に差が生じるか試験を行い、結果を比較する。表5に団粒化していない試料での透水試験の結果、図7に透水係数と含水比の関係を示す。これらの結果から、団粒化させた試料は透水係数が1オーダー高くなり、透水性が良くなったということがいえる。

表 5.未改良土の透水試験結果

サンプル No.	含水比(%) w	透水係数(m/s) Ks	乾燥密度 (Mg/m ³)
2	9.5	5.84E-07	1.674
3	12	5.45E-07	1.705
4	13.8	2.89E-07	1.738
5	15	8.59E-08	1.758
6	17	3.00E-08	1.78
7	20.6	6.83E-08	1.723
8	23.8	4.56E-08	1.658

2) 粒度分布

ふるいわけによる粒度試験を行い、団粒化していない試料と団粒化させた試料の粒度分布を比較することで、正常に改良土が団粒化しているかを判断する。図8に団粒化試料と未団粒化試料のふるいわけ試験結果を示す。団粒化試料は2mmふるい以下の通過質量百分率が低く、細粒分をグルーピングして団粒構造を形成しているということがわかる。

4.まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 団粒化することで団粒化する前と比較して透水性の向上が見られ、団粒化技術が都市型氾濫などの水害に有用であり、災害対策として社会に役立つと考えられる。
- 2) 水分特性曲線より締固めエネルギーを圧力と考えた時、飽和度40%以下で間隙の負圧が残ることで、団粒構造が維持され高い透水性を得ることができる。
- 3) 飽和度・締固め度からみると、団粒化させた試料の適切な締固め時の含水比は12%程度である。

【参考文献】

- 1) 全国トース技術研究組合：N23-ATTAC-製造・施工マニュアル-No.00053,p3
- 2) 杉井俊夫・半谷暢晟：団粒化した土の間隙構造の違い,第56回地盤工学研究発表会[12-3-2-06],2021

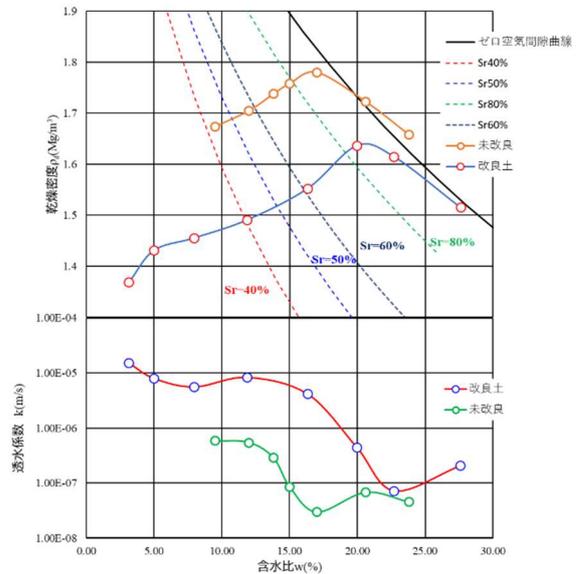


図 7.改良土と未改良土の比較

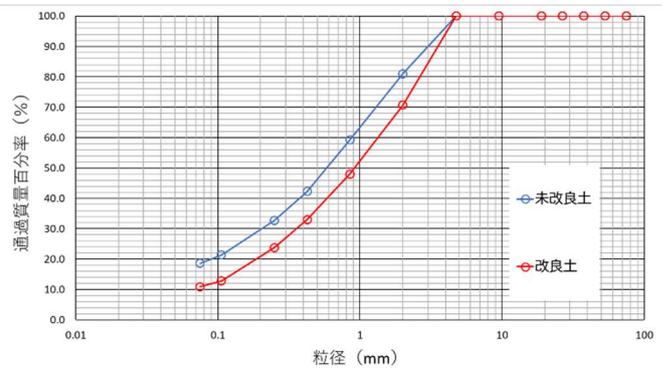


図 8.未改良土と改良土の粒度試験結果

沈降分析における Stokes の法則の適用に関する一考察

EC20026 神田啓登

1. はじめに

土の粒度試験(JIS A 1204)の沈降分析では、浮標による比重法が使用されている。その中で、Stokes の単粒子の沈降速度（終端速度）を仮定した粒径算出法となっている。しかし単粒子で沈降する場合に比べて、懸濁液のような多粒子で沈降する場合には、沈降速度は周りの多粒子の干渉により遅くなることが Richardson ら¹⁾によって明らかにされている。また、沈降分析の結果とレーザー回折法による粒度分布の結果も異なる場合も報告されている²⁾。本研究では、現在市販されている自動土壤粒度分布計と Richardson の多粒子干渉速度¹⁾を用いて Stokes 式との比較について検証することを試みたのでここに報告する。

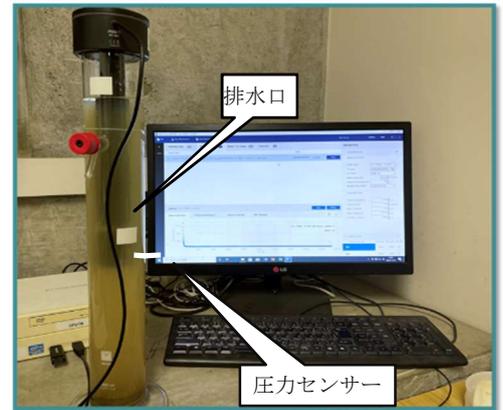


写真1 PARIO Plus 土壤粒度分布計測装置

2. 自動土壤粒度分布計（PARIO Plus : Meter 社製）の検証

土の物理試験の自動化は遅れており、土の粒度試験(JIS A 1204)の沈降分析も例外ではない。今回、圧力の時間変化を自動計測し粒度分布を測る装置であるが、国内での結果報告は未だなく、まずは浮標による比重法(以下、比重法という)との比較検証を行った。2mm ふり残留分は共通として、2mm ふり通過分を比重法と、PARIO Plus による自動計測法（以下、圧力法という）に分けて実験を行った。圧力法では、沈降分析用の回線シリンダー上部に写真1のようにバルブのついた排水口が設けられており、沈

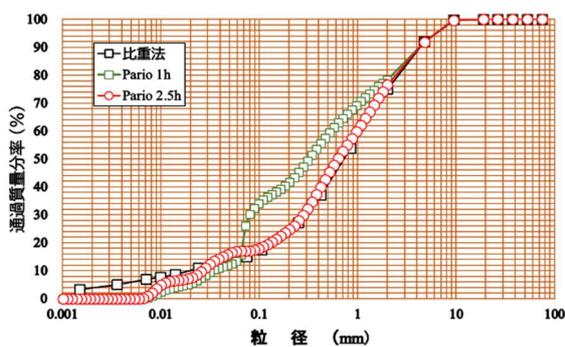


図1 真砂土の測定時間別比較 (1h, 2.5h)

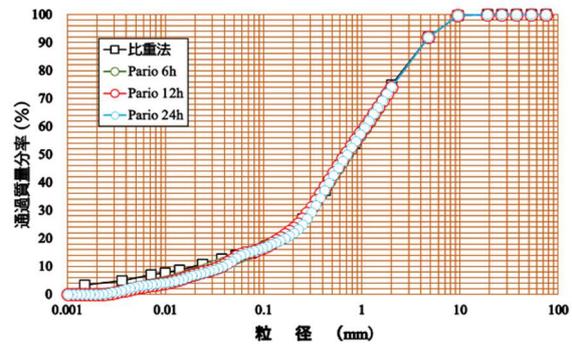


図2 真砂土の測定時間別比較 (6h, 12h, 24h)

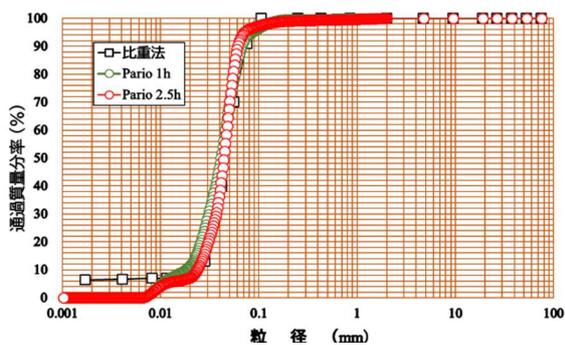


図3 mk クレー測定時間別比較 (1h, 2.5h)

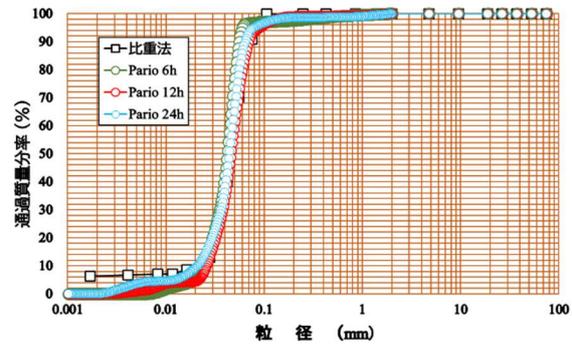


図4 mk クレーの測定時間別比較 (6h, 12h, 24h)

降時間が遅い細かい粒子を含む懸濁液を流出させて乾燥質量を測ることで、最短 2.5 時間で計測できる仕組みになっている。なお、本方法ではデータを取り込み統計的処理によって求められている。

今回、土試料には園芸用に販売されている「真砂土」と粘土質の「mk クレー」を使用した。まず、真砂土では図 1 に比重法と圧力法（1、2.5 時間）の結果、図 2 に同じく比重法と圧力法（6、12、24 時間）の結果を示す。比重法と圧力法のいずれの結果からも約 0.05mm 以下で若干の乖離が見られるものの、概ね 2.5 時間でも計測可能で、6 時間以上が適正で比重法の 4 分の 1 の時間で計測可能である。mk クレーも同様に、図 3 に比重法と圧力法（1、2.5 時間）の結果、図 4 に比重法と圧力法（6、12、24 時間）の結果を示す。比重法と圧力法のいずれの結果も 0.01mm 以下で乖離がみられるものの、測定時間 1 時間の場合でも真砂土のような動きは見られない。しかし、24 時間では 1 時間に比べ 0.05mm 以下の粒子まで計測されていることから測定時間の増加とともにより細かい粒子まで測定される結果となり 24 時間が適正時間と判断できる。これは PARIO Plus の測定限界時間であるが、さらに時間をかけることで精密な結果を得ることが可能と考える。

3. 多粒子干渉沈降速度の導入

3.1 Richardson らの多粒子干渉沈降速度¹⁾

Richardson らは流動層において多粒子が沈降する速度が、互いの粒子間の干渉により遅くなることを示している。また、杉井らは固相と液相の相対速度にこの考えを用いて浸透破壊時の多粒子限界流速式を提案している³⁾。今回、式(1)に示す Richardson らの多粒子干渉速度式を用いることとした。

$$\frac{V_c}{V_0} = \varepsilon^n = (1 - C)^n \quad (1)$$

ここに、 V_c ：多粒子干渉沈降速度、 V_0 ：単粒子沈降速度、 ε ：空隙率（間隙率）、 C ：濃度である。補正係数 n は粒子レイノルズ数の関数式(2)で表される。今回は、 $Re' < 0.2$ として $n=4.65$ とした。

$$\begin{aligned} Re' < 0.2 ; n &= 4.65 + 19.5 d/D \\ 0.2 < Re' < 1 ; n &= (4.36 + 17.6 d/D) Re'^{-0.03} \\ 1 < Re' < 500 ; n &= 4.45 Re'^{-0.1} \\ 500 < Re' < 7000 ; n &= 2.39 \end{aligned} \quad (2)$$

ここに、 Re' ：粒子レイノルズ数 ($Re' = V_0 d \rho / \mu$)、 ρ ：液体の密度、 μ ：粘性係数、 d ：粒子径、 D ：管径である。

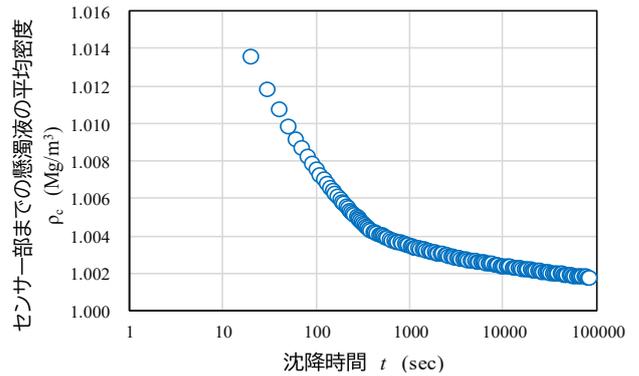


図 5 真砂土の懸濁液の平均密度

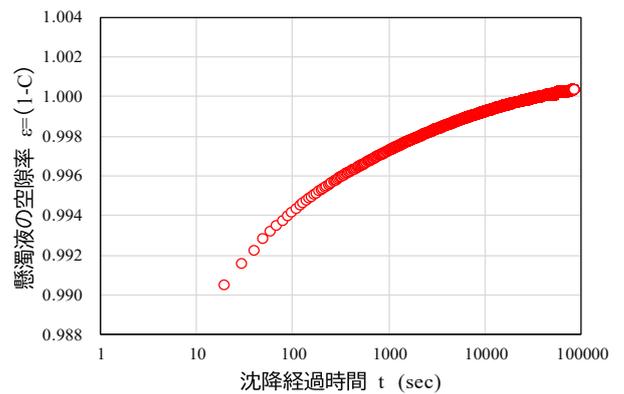


図 6 真砂土の懸濁液の空隙率（間隙率）

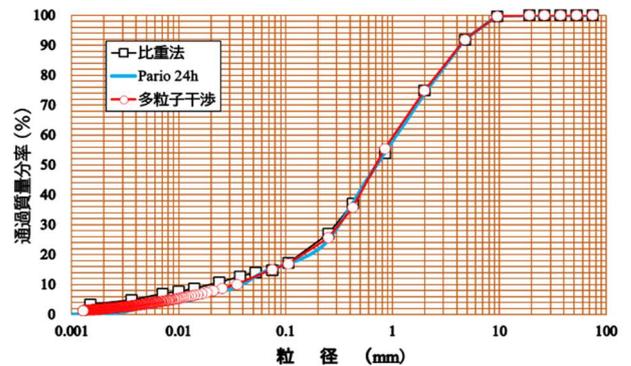


図 7 真砂土の多粒子干渉沈降速度による結果の比較

3.2 粒径計算と通過質量分率の求め方

水温 $T^{\circ}\text{C}$ に統一、センサー深さでの圧力 ($P_c(T)$) を計測していることから、その深さまでの懸濁液の平均密度 ρ_c を同じ水温に換算した蒸留水のみの圧力 ($P_w(T)$) で除し、蒸留水の密度 ($\rho_w(T)$) を乗じて算出する。

また、 $\rho_c = \rho_s(1 - \varepsilon) + \rho_w \cdot \varepsilon$ より、空隙率 (間隙率) を次式のように求めることができる。

$$\varepsilon = \frac{\rho_s - \rho_c}{\rho_s - \rho_w} = 1 - C \quad (3)$$

ここに、 ρ_s : 土粒子の密度、 ρ_w : 水の密度
 ε : 空隙率 (間隙率) である。

有効深さ $L(\text{mm})$ の懸濁液中の土粒子径 $d(\text{mm})$ は一般に式(4)を用いて計算されるが、このときの有効深さ L をセンサーまでの深さ、 L/t を沈降速度とみなして多粒子干渉沈降速度に置き換えると式(5)となる。

また、土粒子径 d に対する通過質量分率 $P(d)$ は式(6)を用いて算出される。

$$d = \sqrt{\frac{30}{g_n(\rho_s - \rho_w)} \cdot \frac{L}{t}} \quad (4)$$

$$d = \sqrt{\frac{30\eta}{g_n(\rho_s - \rho_w)} \cdot \frac{L}{t} \cdot \varepsilon^n} \quad (5)$$

$$P(d) = \frac{m_s - m_{s0}}{m_s} \cdot \frac{V}{m_{s1}} \cdot \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho_w} \cdot (\rho_c - 1) \cdot \rho_w \times 100 \quad (6)$$

ここに、 η : $T^{\circ}\text{C}$ の水の粘性係数、 g_n : 重力加速度、
 t : 経過時間、 V : 懸濁液の体積、
 m_s : 全炉乾燥試料、 m_{s0} : 2mm ふり通過炉乾燥質量、 m_{s1} : 沈降用炉乾燥質量 である。

図 5 にはセンサー部における懸濁液の平均密度 ρ_c 、

図 6 には空隙率の時間的変化を示した。

4. 多粒子干渉沈降速度と単粒子沈降速度の違いによる結果

図 7 に多粒子干渉沈降速度による圧力法と従来の比重法での粒度分布を示す。「真砂土」では単粒子の沈降速度の Stokes 式と多粒子干渉沈降速度を用いた結果はほぼ一致する結果となった。このことは、図 6 に示したように懸濁液の空隙率 ε が 0.99 以上で大きく多粒子干渉の影響が小さいことが原因と考えられた。「mk クレー」では図 8、図 9 とともに 400 秒以降の変化が少ないことから比較的大きい粒子が沈降した後、より沈降に時間がかかる小さい粒子が懸濁液中に充満していることが分かった。また、比重法、圧力法に比べ 0.02mm 以下がほぼ存在しない結果となった。

5. レーザー回折散乱法を用いた比較

5.1 レーザー回折式粒子径分布測定装置(SALD-2300 : 島津製作所社製)の検証

レーザー回折散乱法は粒子群にレーザー光を照射し、そこから発せられる回折散乱光の強度分布パターンから計算によって粒子径分布を求める方法で、土の粒度試験の自動化における成果報告や技術的資

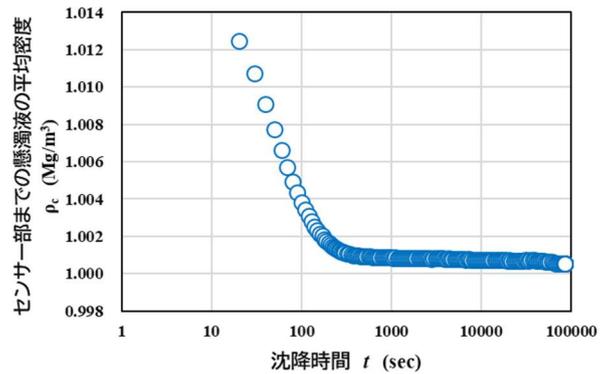


図 8 mk クレーの懸濁液の平均密度変化

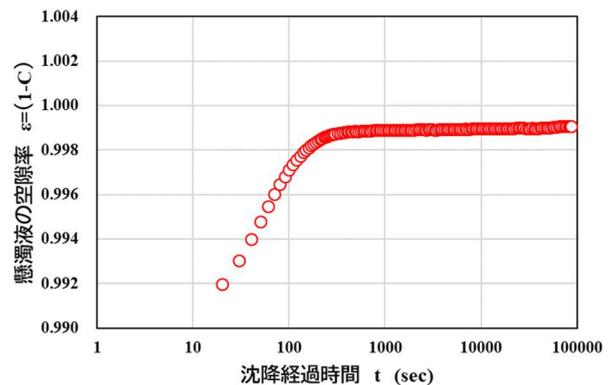


図 9 mk クレーの懸濁液の空隙率 (間隙率)

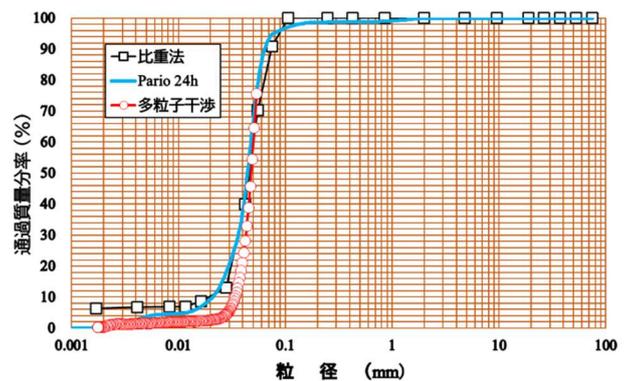


図 10 mk クレーの多粒子干渉沈降速度による結果の比

料の少ない試験方法のうちの 1 つである。測定範囲が広い、測定時間が短い、湿式測定も乾式測定も可能などの優れた特長を持っており、現在では粒子径分布測定装置の主流となっている。

5.2 真砂土の場合

図 11 より真砂土ではレーザー回折散乱法による粒度分布が 0.1mm 以上でほかの測定法に比べて大きく乖離する結果となった。レーザー回折では測定に使う試料が少量なため 0.1mm 以上の土を含む割合が偏ることが考えられた。

5.3 mk クレーの場合

図 12 より mk クレーでは多粒子干渉速度の結果とほぼ変わらない結果となり比重法、圧力法とは 0.04mm 以下に乖離がみられる。毛利らによれば比重法では 10 μ m 以下の細粒分の割合を大きく測定していることが分かっており、ストークスの法則を適用している圧力法でも同様にその傾向がみられた。ほとんどが細かい砂と粗いシルトで構成されている mk クレーでは 0.1mm 以下の土が多く正確な測定結果が得られたと考えられる。

6. おわりに

本研究の結果、以下の知見を得た。「真砂土」においては、細粒土が少なく懸濁液濃度が薄いため圧力法では比重法の 4 分の 1 である 2.5 時間で測定が可能であった。また、空隙率 ε が 0.99 以上と大きく単一粒子の沈降速度で考えられ、ストークスの法則が適用できるため多粒子干渉の影響が少ないことが分かった。レーザー回折では測定用試料が少量になってしまうことから(今回は 0.039g)、0.1mm 以上の粒子でサンプルごとに偏りが出やすくなり粒度分布に乖離が生じる結果となった。「mk クレー」においては、細粒土を多く含み沈降に時間がかかることから圧力法では 24 時間以上が最適時間であった。測定時間を長くすることでより正確な結果が得られることから、PARIO Plus より安価で長時間の測定が可能なデジタル圧力計を代用品とできる可能性を得られた。今回、圧力計測型の沈降分析手法の有効性が明らかとなり、自動化に向けた沈降分析の試験技術の開発の切っ掛けを得ることができた。

【参考文献】

- 1) J. F. Richardson : Sedimentation and Fluidization Part III, The Sedimentation of Uniform Fine Particles and of Two-Component Mixtures of Soils, Trans. Instn Chem. Engrs, Vol.39, pp.348-356, 1961.
- 2)毛利光男:沈降分析法とレーザー回折散乱法による土壌細粒分の粒度分布測定値の比較,土木学会論文集 C, Vo.77, No.1, pp.59-69, 2021.
- 3)杉井俊夫ら:浸透破壊の発生プロセスと土の非均質性,土と基礎, Vo.37, No.6, pp.17-22, 1989.



写真 2 レーザー回折式粒子粒径測定装置

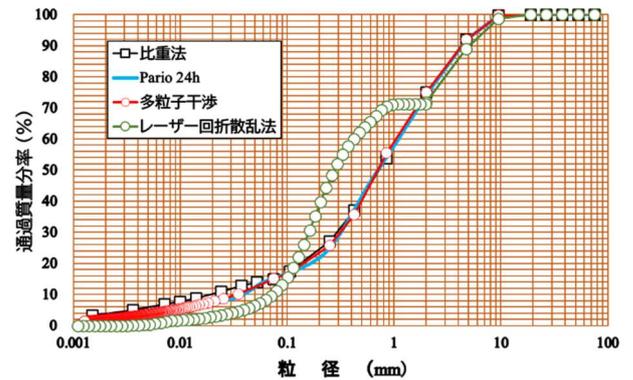


図 11 真砂土のレーザー回折散乱法による比較

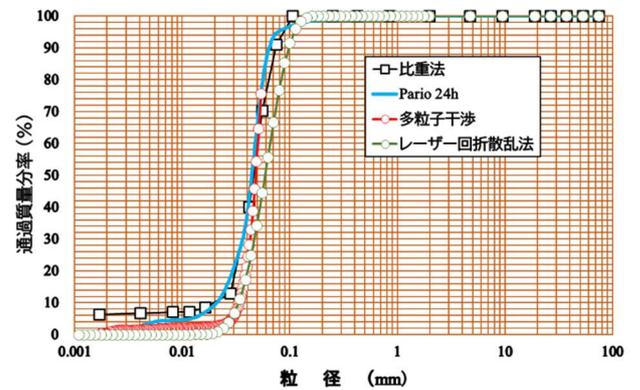


図 12 mk クレーのレーザー回折散乱法による比較

飽和度からみた締固め曲線と透水係数との関係

EC20034 佐々直人

1. 研究の背景と目的

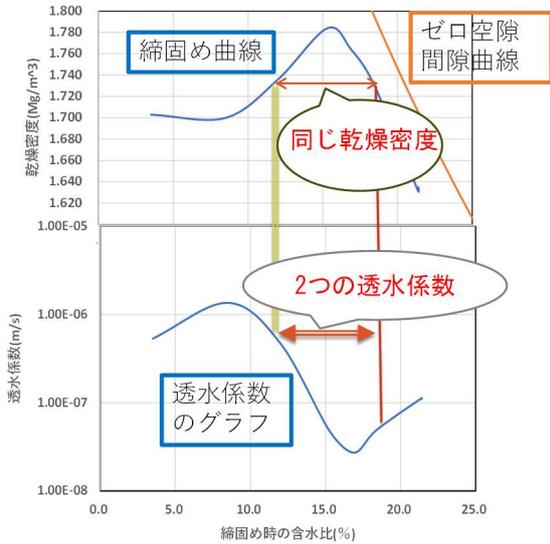


図 1 締固め曲線と(透水曲線)

同一乾燥密度中で締固めと透水係数の関係において、締固め時の含水比の違いにより乾燥密度と透水係数は一対一の関係にはならず透水性の変化がみられる。この変化が起きる理由について、空隙構造の違いが影響していると考えられている。そのため昨年野川らが研究を行うことにより、メカニズムの解明に努めた。だが締め固め回数を変え、締め固めエネルギーを変化させると締め固めと透水係数の関係は保つのかということは推測する状態にある。本研究では締め固め回数を変え、締め固めエネルギーに変化をもたらすことで、締め固め曲線および透水係数のグラフがどう推移し締め固めエネルギーと締め固め曲線や透水係数はどう関係するのか、飽和度の観点から考察することを目的とする。

2. 締固め曲線の作成

締固め曲線を作成するために昨年と同様 2 つの試験を行った。まず 1 つ目に、土の締固め試験を行った。次に行う変水位透水試験のために土が崩れないように固めるために行った。今回は 1.5kg のランマーを使用し、落下高さ 20cm として試験を行った。ここで締め固め回数を 1 層 27 回、8 回、3 回に変化させてエネルギーを変えることで、締め固め土の乾燥密度と透水係数の変化について調べる。もう一つ、透水試験を行った。透水試験は第 2 章で行った土の締固め試験で締め固めた試料および乱さない試料を対象に、飽和状態における透水係数を求めることを目的とする。今回の試験では、図 3 の KSAT 飽和透水係数測定装置を使って試験を行う。この装置の特徴は飽和透水係数を完全自動で測定するので時間の節約を行うことができ、リアルタイムでデータの可視化を行うことができ、評価して保存することができる。また試験器具が少ないため大きな実験室で行う必要が無いことも利点である。

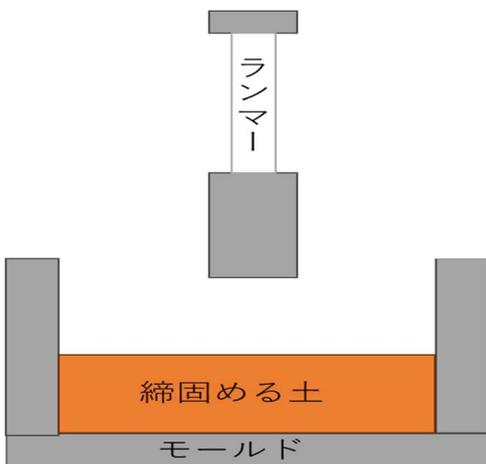


図 2 ランマーによる土の締固め

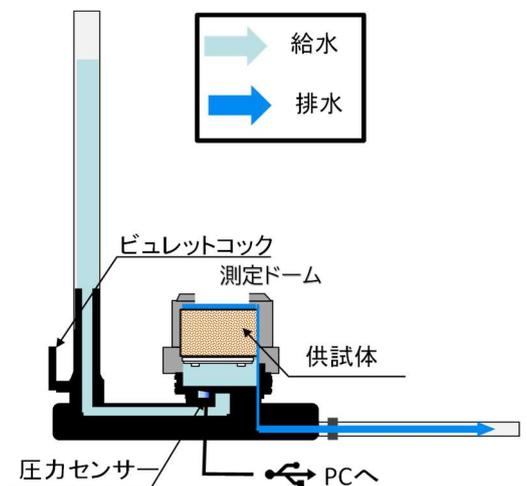


図 3 KSAT 試験装置の全体図

締固めエネルギー E_c

$$E_c = \frac{W_R \cdot H \cdot N_L \cdot N_B}{V} \quad (2.1)$$

W_R : ランマーの重量 (KN) (1.5kg) H : ランマーの落下高さ (m) N_L : 層数
 N_B : 1層当たりの突固め回数 V : モールドの容積 (m^3)

図 4 締固めエネルギーの公式

土を締固めることによって締固め曲線は、土固有の特性ではなく、締固めエネルギーの影響を大きく受ける。締固めエネルギーは振動や転圧、衝撃によって与えられる。具体的な定義については式 2.1 で表すことができる。一般には、締固めエネルギーが大きいほど締固め曲線は左上方に移動し、最適含水比は低く、最大乾燥密度は高くなり、土の強度は強くなる。今年度は各層突き固め回数を 23 回、8 回、3 回に変化させて、締固めエネルギーをそれぞれ $542.8 \text{ (kJ/m}^3\text{)}$ 、 $187.2 \text{ (kJ/m}^3\text{)}$ 、 $70.2 \text{ (kJ/m}^3\text{)}$ に変えて試験を行った。

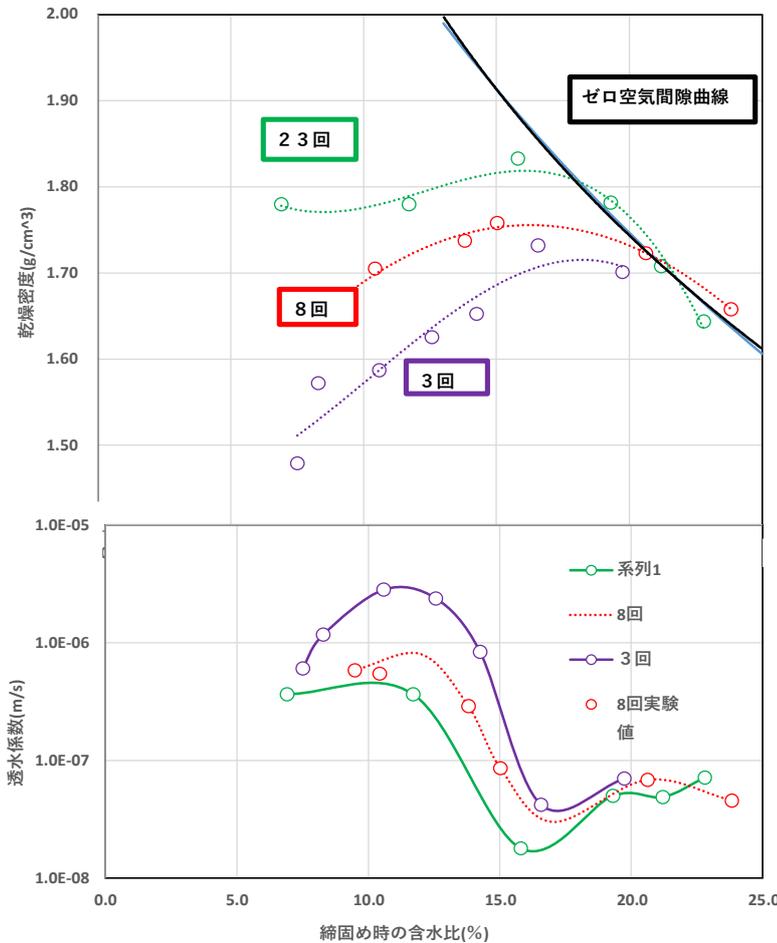


図 5 は土の締固め試験と透水試験の二つの試験を行った結果、得られたデータより作成した締固めエネルギーを考慮した締固め曲線と(透水曲線)である。今回は透水係数のグラフのことを(透水曲線)とする。図 5 の締固め曲線より、締固め回数が増加すると乾燥密度の最大値を最大乾燥密度とすると、最大乾燥密度は左上に移動するので、締固めエネルギーが大きいほど、土の乾燥密度が強くなることが確認できた。

図 5 締固めエネルギーを考慮した締固め曲線と(透水曲線)

4. 飽和度

飽和度 S_r (%)

$eS_r = wG_s$ より、

$$S_r = \frac{wG_s}{e} \left(G_s = \frac{\rho_s}{\rho_w} = \rho_s, e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 \text{ より} \right)$$

$$= \frac{w \rho_s}{\frac{\rho_s}{\rho_d} - 1} \quad (5.3)$$

w : 含水比 (%) G_s : 土粒子の比重 e : 間隙比
 ρ_s : 土粒子の密度 (g/cm^3) ρ_d : 乾燥密度 (g/cm^3)
 ρ_w : 水の密度 ($=1.0 \text{ (g/cm}^3\text{)}$)

図 6 飽和度を求める式

今までは含水比の観点から締固めエネルギーを見てきたが、5 の飽和度では飽和度の観点から締固めエネルギーを考える。今回は左図に示した、式 5.3 の飽和度を求める式を使って飽和度を計算し、飽和度からみた締固めエネルギーを変化させたときの締固めと透水係数の関係について考えた。

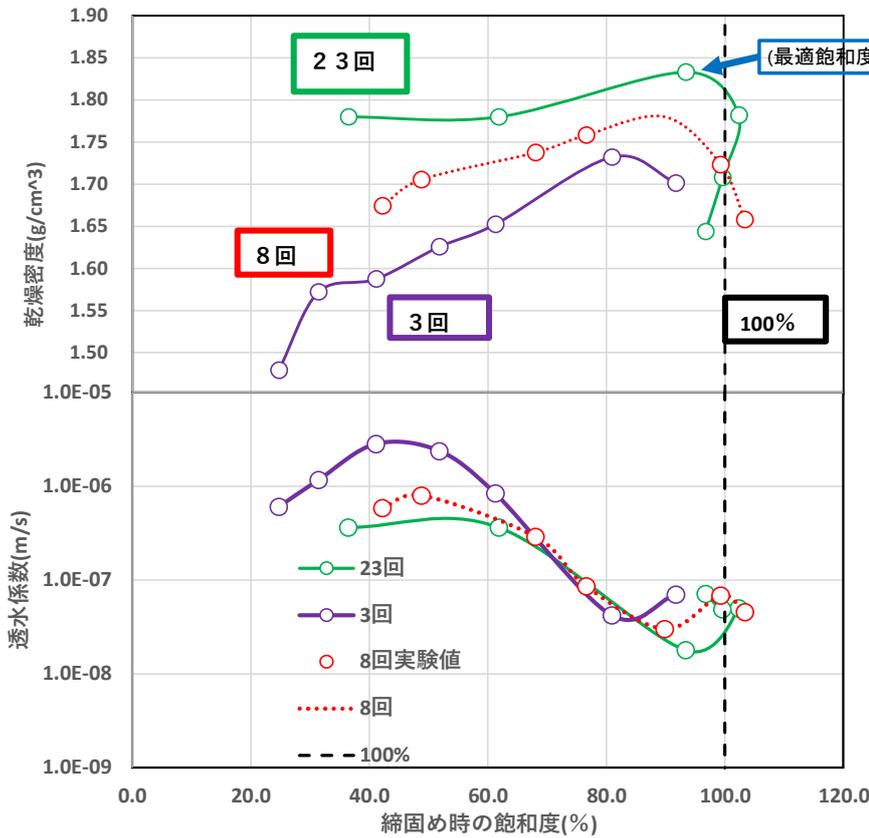


図 7 飽和度からみた締固め曲線と(透水曲線)

式 5.3 の飽和度を求める式を使って求めた飽和度を使用し、締固め時の飽和度からみた締固めエネルギーを考慮した締固め曲線と(透水曲線)を右図の図 7 に示す。グラフより、締固め曲線に関しては、乾燥密度が最大の時の飽和度を最適飽和度とすると、締固め回数が増えると最適飽和度は右上に移動することから、締固めエネルギーが大きくなると、土の乾燥密度が大きくなることが飽和度の観点からでも確認できる。しかし、(透水曲線)は含水比の時のグラフと違って飽和度が高い(飽和度が 60%以上)ときは締固め回数が変わっても透水係数は一致しており、乾燥密度で透水係数が決まっており、乾燥密度が大きいほど透水係数が小さくなることがわかった。しかし、不飽和(飽和度が 60%

以下)のときは締固めエネルギーによって差異が生じていることが確認できる。この現象が起きる理由は水の吸引圧、間隙の構造が影響しているのではないかと考えた。また飽和度が 65%~75%の締固めエネルギーによらず飽和度が一致しているところから締固め曲線をみると、締固めエネルギーによって乾燥密度が異なることがわかる。よって、同じ透水係数でも締固めエネルギーが異なれば、乾燥密度が異なる事がわかった。

5. 水分特性曲線

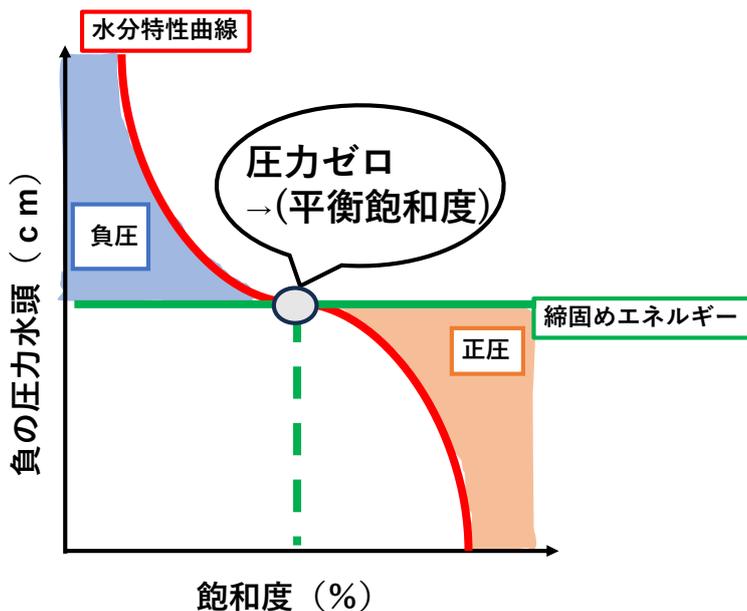


図 8 水分特性曲線 (イメージ図)

透水係数の差異のメカニズムについて水分特性曲線から見ていきたいと思う。土の粒子間には負の圧力が存在している。水分特性曲線は飽和度を大きくすると、負の圧力水頭が小さくなると考えられることを示している。水分特性曲線は横軸に飽和度、縦軸に負の間隙水圧を軸としてグラフに示したグラフである。図 8 のグラフは仮説であるが、水分特性曲線と締固めエネルギーを正の圧力として、水頭に直してグラフに示したものをイメージした図である。仮説として締固めエネルギーを正の圧力として加えたとき、飽和度が低いときは正の圧力を加えても元々持っていた負の圧力を相殺することができず、負

の圧力が残った状態になると考える。逆に飽和度が高いときは、正の圧力が負の圧力を相殺し、正の圧力の負荷がかかると考える。水分特性曲線と締固めエネルギーの線の交点は負の圧力と正の圧力が互いに打ち消し合い、圧力がゼロになると考えられる点を示している。この点を平衡飽和度とする。負の圧力状態の時は、水の吸引圧が強く粒子間をくっつける力が働き、団粒化現象が起きる。そのため間隙が大きくなり、透水係数が高くなると推論できる。正の圧力状態の時は、水を排水する力が強く粒子間に働く力を引き離す力が強く、団粒化を壊していく。さらに正の圧力が強いと、土の粒子が強い水の力によって小さい粒子から押し流され流動化し間隙を埋めていく。そのため間隙が小さくなり、透水係数が小さくなると推論できる。

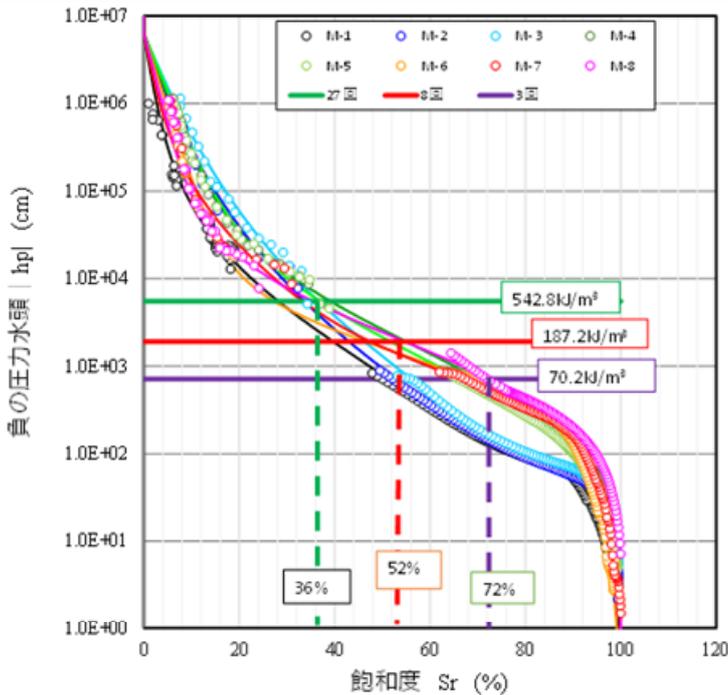


図9 締固めエネルギーを考慮した水分特性曲線

図9は仮説を利用して作成した締固めエネルギーを考慮した水分特性曲線である。締固めエネルギーを大きくすると、締固めエネルギーの線が上に移動していくことから、締固めエネルギーを大きくすると平衡飽和度が左に移動します。よって、締固めエネルギーを大きくすると、平衡飽和度が小さくなり、より少ない水分量で団粒化が壊れることが読み取れる。また、図7のグラフと図9のグラフより、例えば紫色の3回のグラフでいうと、図9のグラフでは、平衡飽和度が72%のときである。図5の72%の時を見ると、飽和度が72%以下の時に透水係数が大きくなっている。これは団粒構造が維持され、間隙が大きくなっていることからである。逆に飽和度が大きいときは団粒かが壊れ、細かい土が流動化することによって間隙が埋まっていく

ことから、間隙が小さくなり、透水係数が小さくなっていく。その時は土が密になるので、締固めエネルギーが大きい順に透水係数は小さくなる。

6. 結論

本研究では、締固め時の飽和度からみた締固めエネルギーを考慮した締固め曲線と透水係数の変化についてみてきた。ここに、今回の研究でわかったことをまとめる。

1. 飽和度で表した締固め曲線は締固めエネルギーを大きくすると、乾燥密度が最大値の時の飽和度(最適飽和度)が右上に移動する。
2. 負圧と正圧が相殺する飽和度(平衡飽和度)より小さい時は、締固めエネルギーを正の圧力として加えると、団粒化構造が維持されて間隙が大きくなり、透水係数が大きくなる。
3. (平衡飽和度)より大きい時は、締固めエネルギーを正の圧力として加えると、団粒化が壊れ、強い水の力によって細かい粒子が流動化し、間隙が埋まっていくため、透水係数が小さくなる。

7. 参考文献

1. 杉井俊夫、野川敦史、古川泰之：地盤粒状材料の間隙径分布は新たな土質力学の扉を開けることができるのか ～間隙径分布から見た締固め時の含水比が及ぼす間隙構造の違い～報告書 2022年
2. 地盤工学会「土質試験—基本と手引き」第二回改訂版 2010年

深層学習による庄内川堤防の予測危険箇所の可視化

EC20037 荘加 港

1. 研究背景と目的

2011年の東日本大震災では堤防の災害が多く、堤体内部の液状化も多く確認された。堤体基礎に粘性土層が含まれることにより圧密沈下をして堤体基礎にめり込む。そこに雨水や河川水が溜まり閉封飽和域が形成され、地震により液状化が発生したと考えられている¹⁾。堤体基礎に粘性土層が含まれると天端舗装に縦断亀裂が発生するため閉封飽和域の発生箇所の特定化を考えてきたが、厚い粘性土層が含まれても縦断亀裂が見られない場合があった。そこで、粘性土の分布の非対称性も考慮する必要があることがわかってきた²⁾³⁾。そこで、危険な箇所を明らかにすることで前もって補修をし、被害を最小限に抑えることが必要であると考えられる。そのため本研究では、粘性土を対象とした非対称性を二次元断面情報である画像分析により行い、土質構成と天端亀裂の判別モデルを構築することで、共通で考えられる判別要因を明らかにする。そして、天端に発生している亀裂の状態から内部液状化の危険性について正確な判断を行い、危険箇所を地図上に可視化させることを目的とする。

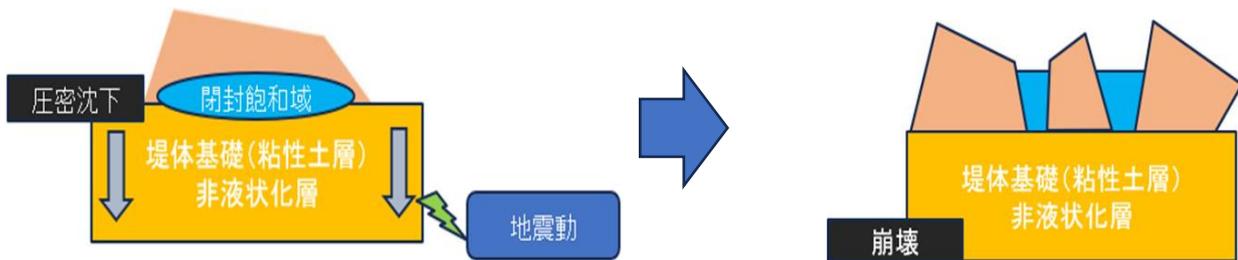


図1. 液状化のメカニズム

2. 研究方法

2.1 CNNによる画像の深層学習

粘性土の分布の非対称性と縦断亀裂の有無について、CNN（畳み込みニューラルネットワーク）を用いて解析を行う。図2のように国土総研の堤防断面図を、ボーリング柱状図等解析に不要なデータを外すためトレースし直し、土質の種類ごとに色分けし、AIに学習させることで判定を行う。また、ここで扱う河川堤防についてはGoogleストリートビューで亀裂の有無を確認するため一級河川を中心とする。天端に亀裂がある断面のデータと亀裂がない断面のデータを同じ数だけ学習させる。

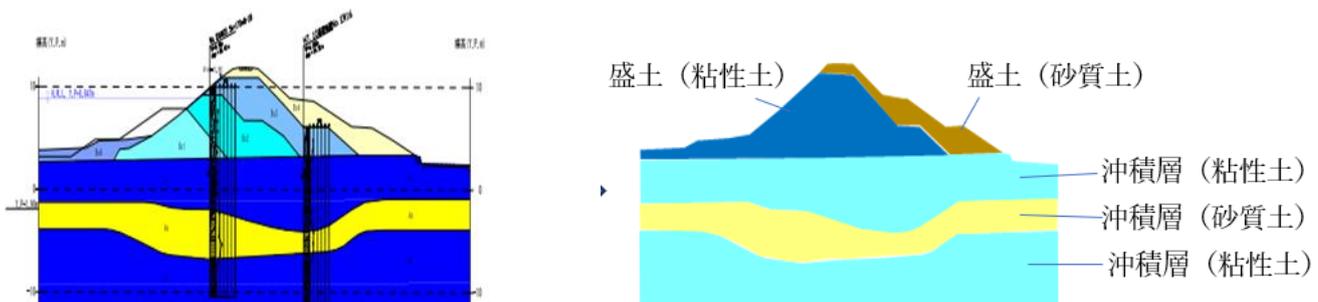


図2. 断面データ作成の例（江戸川右岸22.6km地点）



図3. 図2の地点における縦断亀裂



図4. これまでにデータを集めた河川

2.2 手法

亀裂の有無が分かっている断面のデータを教師データとして解析する。この亀裂の有無は Google ストリートビューで判断をするものとする。

CNN で使用するデータは3種類あり、それぞれ「教師データ」「テストデータ」「適用データ」である。まず、教師データを用いて画像の特徴を学ぶ。次に AI に学習をさせすぎると、過学習という急激に精度が低くなる現象を引き起こすことがあるため、テストデータに対して学んだことを当てはめることでの的中率が高くなる学習回数を求める。そして、その中で再現率（的中率）が1番高い学習回数を得た上で、その学習回数を用いて適用データに適用をする。

2.3 解析で使用するデータ

表1 解析で使したデータ

	亀裂あり	亀裂なし	合計
教師データ	106断面	106断面	212断面
検証データ	14断面	14断面	28断面



図5 テストデータで使した河川（西日本）

教師データで用いた画像データは、表1のとおり「亀裂あり」と「亀裂なし」とともに106枚の画像データを使用した。ここで、教師データとして使用した画像データは図4で示した河川のデータを使用している。テストデータで用いた画像データは、表1のとおり「亀裂あり」と「亀裂なし」とともに14枚の画像データを使用した。ここで、テストデータとして使用した画像データは図5で示した河川のデータであり、同研究を西日本について行っている中村が収集したものである。東日本と西日本で地理的に大きく異なり地層の形状も異なると考えられるが、異なる地域のデータでも高い正解率を得ることができれば日本各地の河川堤防について、高い精度でAIが縦断亀裂の有無を予測することができると考えた。そのため、教師データで使用した画像データの河川とテストデータで使用した画像データの河川は東日本と西日本で分類した。

2.4 解析結果

表2 バッチ数 10 で得られた解析結果

バッチ 10	学習回数	的中率	適合率	再現率	F値	亀裂ありの中	亀裂有ハズレ	亀裂なしの中	亀裂なしハズレ
	5	0.64286	0.6	0.85714	0.70588	12	2	6	8
	10	0.60714	0.61538	0.57143	0.59259	8	6	9	5
	15	0.82143	0.84615	0.78571	0.81481	11	3	12	2
	20	0.5	0.5	0.35714	0.41667	5	9	9	5
	25	0.75	0.76923	0.71429	0.74074	10	4	11	3
	30	0.64286	0.75	0.42857	0.54545	6	8	12	2
	35	0.89286	0.86667	0.92857	0.89655	13	1	12	2
	40	0.67857	0.77778	0.5	0.6087	7	7	12	2
	45	0.57143	0.57143	0.57143	0.57143	8	6	8	6
	50	0.57576	0.5	0.5	0.5	7	7	12	7

画像分析で学習する画像は無作為に抽出するものであり、バッチ数とは1度に何枚の画像データを学習するかである。学習回数とは、その作業を何度繰り返すかを表している。解析を行った結果バッチ数10で学習回数が35回のときに1番精度が高い結果を得ることができたためバッチ数が10、学習回数が35回で庄内川に適用データを適用する。バッチ数が20回、30回、40回、50回でも同様に解析を行ったが、これ以上に精度が高いといえる結果を得ることはできなかった。

「的中率」とは、全体における正解率を表している。「適合率」とは、亀裂ありと予測した中で実際に亀裂ありの割合を表している。「再現率」とは、亀裂ありの中で実際に亀裂ありと予測できた割合を表している。「F値」とは、適合率と再現率の調和平均を表すものでありF値が高いほど精度が高いといえ、次の式(2.4.1)で表される。

$$F \text{ 値} = 2 \times \text{適合率} \times \text{再現率} / (\text{適合率} + \text{再現率}) \dots\dots\dots (2.4.1)$$

3. 庄内川に対する適用とその結果

3.1 使用したデータの内訳と適用結果

表3 庄内川への適用で使用するデータの内訳

	亀裂あり	亀裂なし	合計
教師データ	106断面	106断面	212断面
適用データ	37断面	11断面	48断面

表4 適用データの亀裂有無判定結果

	正	誤	合計
亀裂あり	28断面	9断面	37断面
亀裂なし	4断面	7断面	11断面

表3で示したとおり、教師データについては亀裂有無ともに106枚の画像データを使用し、適用データは亀裂ありで37枚、亀裂なしで11枚の画像データを使用した。表4で示したとおり、亀裂ありで正解した断面数が28で不正解の断面数が9であった。それに対して、亀裂なしで正解した断面数が4で不正解の断面数が7であった。「的中率」が0.667、「適合率」が0.8、「再現率」が0.757、「F値」が0.778であり、精度の高い適用結果を得ることができた。

3.2 GISを用いた危険箇所の可視化

GIS（地理情報システム）を用いて実際に庄内川の右岸について亀裂の有無を地図上に示したものを図6、またAIに庄内川右岸の亀裂有無を予測させた結果を地図上に示したものを図7として以下に示す。図6において赤色で塗りつぶされている部分は実際に亀裂がある箇所を示しており、青色で塗りつぶされている部分は実際に亀裂が無い箇所を示している。図7において赤色で塗りつぶされている部分はAIが50%以上の確率

で亀裂があると判断した箇所を示しており、青色で塗りつぶされている部分は AI が 50%以上の確率で亀裂がないと判断した箇所を示している。

また、Grad_Cam を用いて判断理由を可視化した画像を図 8 で示す。



図 6 庄内川右岸 実際の亀裂有無

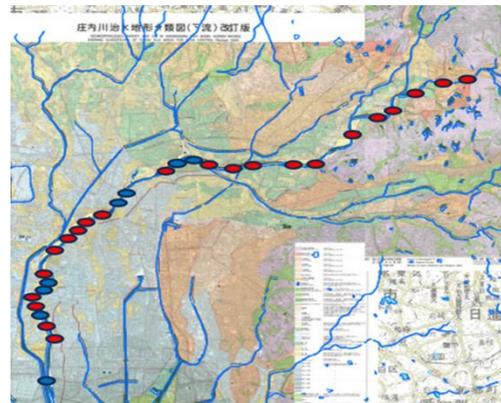


図 7 庄内川右岸 AI による亀裂有無予測

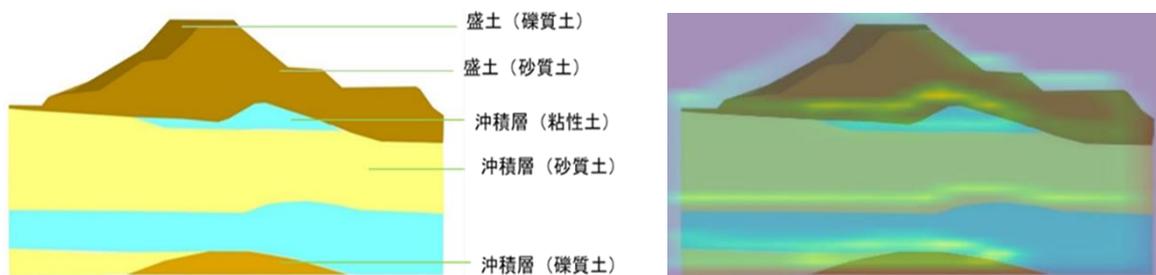


図 8 庄内川右岸 8.5km 亀裂なしを亀裂なしと判断 (正解)

Grad_Cam の画像より AI は「粘性土の部分」、「粘性土と接している部分」が明るく発光しているため、このような箇所が亀裂有無の判断材料と一番用いられていることがわかる。また、粘性土だけでなく砂質土や礫質土も判断材料であることがわかる。

また、精度を更に高めるために亀裂と閉封飽和域の形成状況の関係を明らかにすること、工事でアスファルト舗装が行われている可能性を考慮し Google ストリートビューで確認できる画像の時期と堤体内の土質構成を捉えた画像の時期が近いデータを用いることなどが挙げられる。

4. 結論

- 1) 多くの学習データを用い、学習を繰り返すことで AI の亀裂有無予測の精度は高くなる。
- 2) 実際に現地を訪れ、何センチ以上のものを縦断亀裂とするか正確な定義を行うことで精度の高い結果を得られるようになるのではないかと考えられる。
- 3) さらに教師データの断面数を増やし、堤体の高さ (規模) も AI に学習をさせることで精度がさらに高くなるのではないかと考えられる。

【参考文献】

- 1) 朱発瑜, 平野浩之, 山田雄大, 杉井俊夫: 堤体基礎沈下箇所と天端縦断亀裂の関係, <https://jgs-chubu.org/wp-content/uploads/2020/07/29-9.pdf>, 2020
- 2) 朱発瑜, 平田武史, 深見秀隆, 平野浩之, 杉井俊夫: 天端縦断亀裂による堤体基礎めり込み危険箇所の評価, 令和元年土木学会中部支部研究発表会, 2019
- 3) 浅井駿輝, 杉井俊夫, 深層学習による堤防天端の縦断亀裂を伴う粘性土分布の分析, 2022 年中部大学卒業論文

団粒化剤の耐用年数の評価に関する研究

EC20040 杉山 慧士

1. 研究背景と目的

近年、地球温暖化の影響により地方や都市部では集中豪雨やヒートアイランド現象といった諸問題が発生している。こうした中、降水の地盤への浸透の向上により河川への影響を少なくする事や、保水性を向上させる事で晴天時の熱中症対策をするなど団粒化剤を用いた地盤改良が実施されるようになってきている。団粒化構造は多くの問題を改善することができるが、従来は農業用として用いられてきた。農業用では耐久性を評価していなかったが、工学用では耐久性を評価する必要がある。本研究では農業用団粒化剤を用いた土壌と工学用団粒化剤を用いた土壌の耐久性を透水性により比較し、透水性の違いを実験により評価することを目的としている。

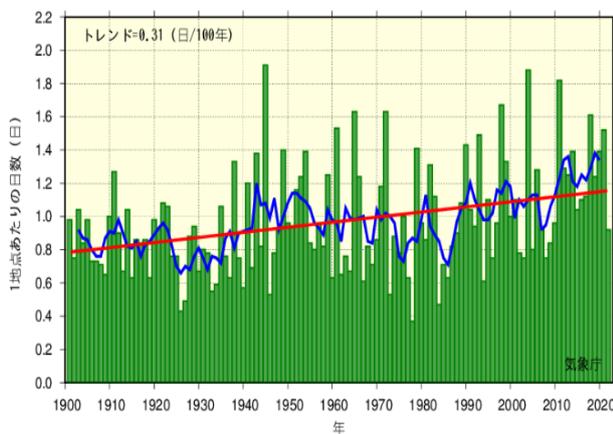


図 1.1 日本の年間集中豪雨発生件数の経年変化

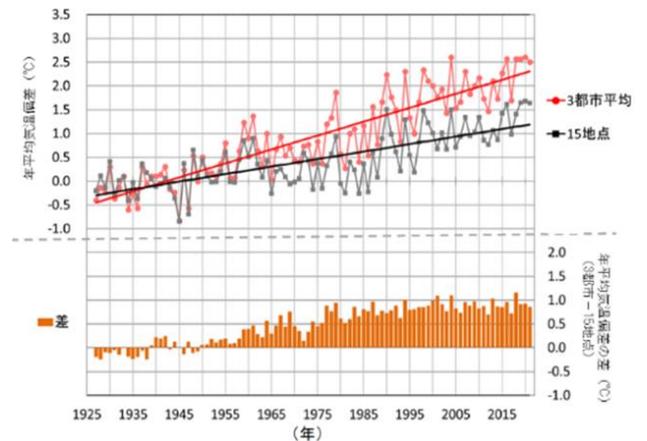
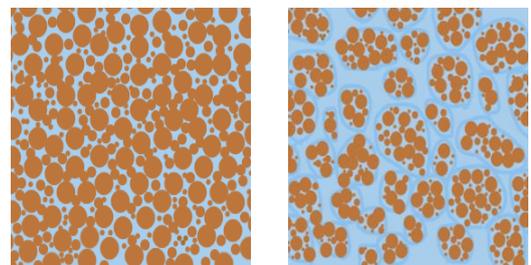


図 1.2 日本の年平均気温偏差の経年変化

図 1.1 の棒グラフは、全国の集中豪雨(日降水量 100mm 以上の大雨)の年間発生回数、太線(青)は 5 年移動平均値、太線(赤)は長期変化傾向を示す。図 1.2 の太線(赤)と太線(黒)は 3 都市平均と 15 地点の年平均気温偏差、棒グラフは 3 都市平均の偏差と 15 地点平均の偏差の差を示す。

2. 団粒構造

団粒構造とは、土に団粒化剤などの添加物を配合し、より大きな粒状にすることである。図 2 に表しているように、自然堆積した土は単粒構造を有しているが、添加剤を配合することにより細かい粒子がまとまり団粒構造を形成する。単粒構造と比べ、間隙が大きくなるため高い透水効果を果たすことができる。また、粒子群の形成により各粒径の土粒子が緊密に結合しているため間隙水に吸着力が発生し、湿潤状態を長期間維持することができる。このことから、透水性と保水性を両立させることができる。



単粒構造

団粒構造

図 2 単粒構造と団粒構造

3. 研究方法

本研究では団粒化技術の耐久性を透水性により評価する研究である。透水性を長期的に測定する必要があるため定水位透水試験を基にした通水促進試験を採用している。通水促進試験とは長期間の通水が可能であること、動水勾配を調整できることが特徴である。試験方法は、通水前に透水係数を測定し年平均降水量¹⁾を1年分、2年分、・・・と通水させ、1年ごとに動水勾配を小さくして透水係数を測定することで50年間の透水係数を測定する。その後、50年分の透水係数から透水係数の低下による劣化を調べ評価する。土木構造物は50年を設計耐用年数の基準としているため、評価対象を50年とした。

1) 通水量の選定

年平均降水量を1年分の通水量と仮定して通水促進試験をする。図3.1の棒グラフは日本の年平均降水量分布を示している。年平均降水量が1848.23mmであるため、計算上1800mmと考える。

・通水量=透水係数×動水勾配×試験時間
(ダルシーの法則 $v=ki$ より)

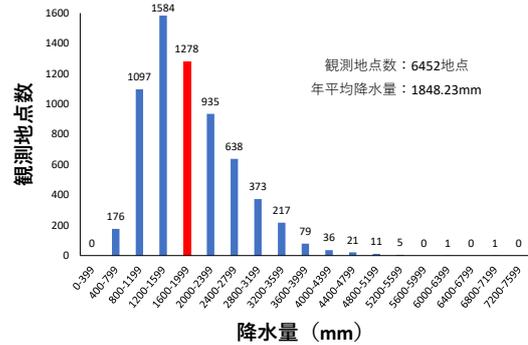


図 3.1 日本の年平均降水量

2) 動水勾配の選定

図3.2は流量が1800mm、透水係数を $1 \times 10^{-5} \text{m/s}$ と固定した場合の動水勾配と試験時間の関係を示している。動水勾配1は長期的な実験となり、動水勾配10は通水促進試験に用いるアクリルチューブの管路損失が懸念される。これらの点に加え、1年ごとの透水係数を測定すること、通水促進試験装置の可動範囲などを考慮し、動水勾配5が最適だと考えた。

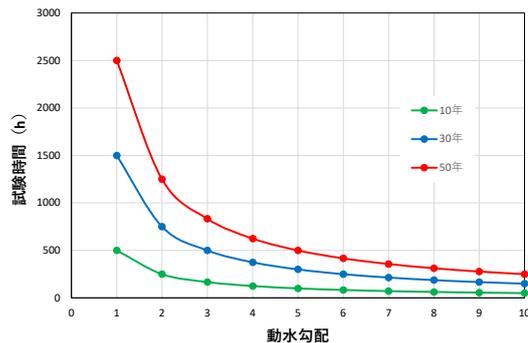


図 3.2 動水勾配と試験時間の関係

3) 通水促進試験装置

本研究では年平均降水量を50年間通水し透水係数の変化を調べるため、長期間の通水を行う必要がある。そのため、通水促進試験時はポンプを用いて貯水槽から水を汲み上げ、給水槽から排水槽へ流すことによる水循環を用いた。給水槽の中に排水槽を設置することにより、越流時に排水を行い、水位を一定に保つことで動水勾配の維持を可能としている。また、通水促進試験装置の水槽はスタンドに取り付けられている。そのため、水槽の上下移動が可能となり、水位を変更することによる動水勾配の変更を可能としている。また、水槽間をアクリルチューブで繋いでいるため、動水勾配を大きくして通水を

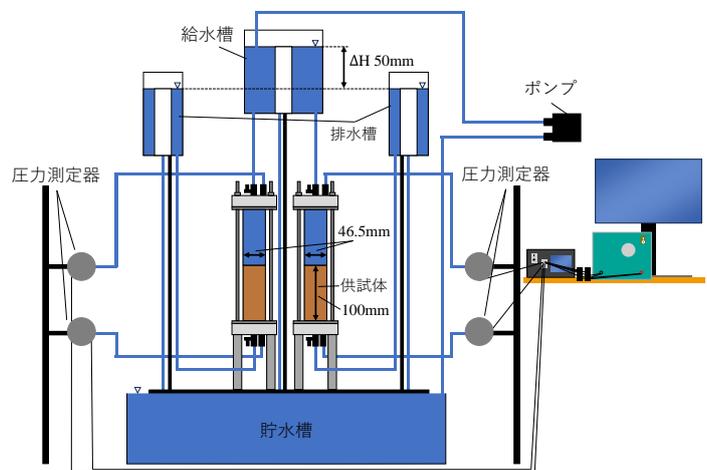


図 3.3 通水促進試験装置

行う際にアクリルチューブの管路損失が懸念される。そのため、通水促進試験装置の両隣に圧力測定器を設置し、実際の供試体にかかる全水頭を測定することによって動水勾配を求める。通水促進試験装置の透水係数測定時を図 3.3 に示す。また、透水係数は式(3.1)を用いて通水量を計測し、算出する。

$$k(m/s) = \frac{q(m)}{i(-)t(s)} \quad (3.1)$$

4) 試験試料

本試験で用いる試料は写真 3.1、写真 3.2 の団粒化した土である。写真 3.1 は工学用団粒化剤と蒸留水を加えた工学用団粒化土、写真 3.2 は農業用団粒化剤と蒸留水を加えた農業用団粒化土である。2 つの試料の団粒化剤の希釈率は 30 倍と統一した。



写真 3.1 工学用団粒化土

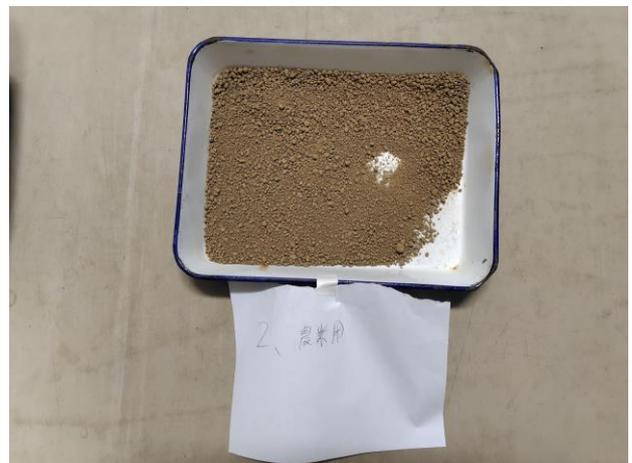


写真 3.2 農業用団粒化土

5) 供試体

本試験の供試体作成にあたって、養生期間の統一を行った。これは団粒化剤の違いによる透水係数の変化の比較が容易になるからである。また、供試体の飽和度を高めるため、供試体作成時に二酸化炭素を注入した。透水係数は土の飽和状態によって変化するため、供試体を飽和させることが重要である。二酸化炭素は空気よりも密度が大きく、水に溶けやすい性質があるため供試体に注入した。試料を入れる工程は 3 回に分け、突砂法による締固めを行った。締固め後、毛細管現象を用いて注水を行い、供試体を飽和させた。毛細管現象を用いて注水を行うことにより、土中の間隙にある空気を水が押し出し、飽和状態を高めることができる。作成した供試体の様子を写真 3.3 に示す。



写真 3.3 供試体

4. 試験結果

通水促進試験によって50年分の年平均降水量を団粒化土に通水した。通水促進試験を行った試験結果を図4.1に示す。図4.1の工学用団粒化土は乾燥密度が 1.44g/cm^3 であり、農業用団粒化土は乾燥密度が 1.50g/cm^3 である。工学用団粒化土では通水開始時から5年後、農業用団粒化土では1年後に値が上昇し、その後徐々に減少する結果となった。このことから、通水開始時から数年後の上昇では、供試体内に残った空気が通水によって流出したため透水係数が上昇したのではないかと考える。そのため、実務基準である透水係数 $5 \times 10^{-5}\text{m/s}$ 以上の値は工学用団粒化土の供試体内の空気が流出したと考えられる5年後から33年後の28年は維持できると考えられる。しかし、農業用団粒化土では実務基準を満たさない結果となった。

また、通水後の供試体をふるい分け試験を行った。ふるい分け試験結果を図4.2に示す。ふるい分け試験は供試体を3分割し、それぞれの層での粒度分布を測定した。図4.2から、50年通水した団粒化土では通水していない真砂土に比べて粒径が大きい試料が多く、粒径が小さい試料が少ない結果となった。また、通水後の団粒化土では上層に比べて下層の粒径が大きい試料が多い結果となった。

5. 結論

本研究による通水促進試験から、工学用団粒化土と農業用団粒化土の透水性には差があり、工学用団粒化土は実務基準を満たす透水係数の維持は28年、農業用団粒化土は実務基準を満たさない結果となった。また、ふるい分け試験結果から団粒化土を通水することによって上層の細粒分が間隙に流入し下層に堆積するのではないかと考えられる。しかし団粒化土の通水による体積変化や通水前と通水後の供試体の間隙や粒径の違いが未解明である。そのため通水前の団粒化土と通水後の団粒化土を比較する必要がある。また、含水比が異なる団粒化土を用いて通水促進試験を行ったため、含水比の調節による透水係数の変化についても比較する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 気象庁ホームページ 各種データ・資料 <https://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>。(参照 2023-07-13)
- 2) 杉井俊夫, 山田公夫, 方方, 馬貴臣: 団粒化した土の物性と舗装技術への適用 https://www3.chubu.ac.jp/documents/faculty/sugii_toshio/content/894/894_d8db8ac54ce89e3461a2ca4e447430f3.pdf。(参照 2023-07-28)
- 3) 河口建設株式会社ホームページ <https://www.kawa-ken.co.jp/> (参照 2023-07-28)
- 4) ヘルシー・スポーツ建設株式会社ホームページ <https://www.healthy-clay.com/> (参照 2023-07-28)
- 5) 公益社団法人 地盤工学会 土質実験 基本と手引き 第二回改訂版,地盤工学会,pp.91-100,2010年
- 6) 石松直幸: 団粒化技術の透水性に関する耐久性評価, 令和3年度卒業論文,2021

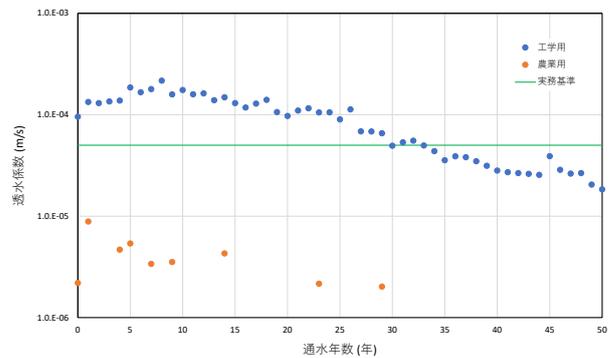


図 4.1 団粒化土通水促進試験結果

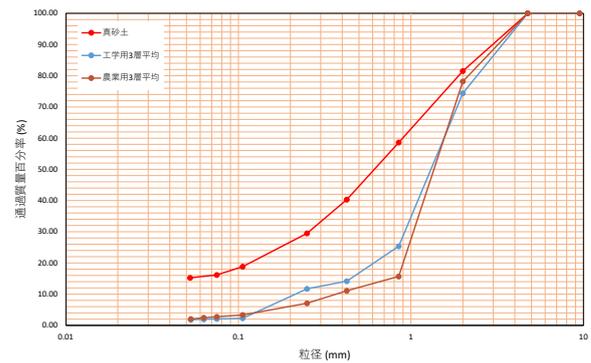


図 4.2 ふるい分け試験結果

締固めエネルギーを考慮した締固め時の含水比と透水係数の関係

EC20047 柘 虎之介

1. 研究背景と目的

間隙構造の違いが透水係数の違いにあたる原因について明らかにするため、同じモールドで実施する保水性試験と透水性試験から締固め時の含水比と透水性の関係性を明らかにする。図1では、昨年に締固め試験を行った野川敦史のデータから、締固め曲線と透水係数をグラフに表した。図1では、突固め回数47回とした締固め試験であった。本試験では、突固める回数を変え、グラフの変化を見る目的としている。

2. 試料

昨年とデータを比べるため、同じ試料である真砂土を使用した。

3. 方法

3.1 突固めによる土の締固め

保水性と透水性の一連の試験を実施するため、図2のように、同一の供試体（内径8cm、高さ5cm）を使用した。A法の締固めエネルギー $E_c=550\text{kJ/m}^3$ に合わせ、ランマー重量1.5kg、落下高さ20cm、突固め層数2層、各層の突固め回数47回とした。

3.2 変水位透水試験

本試験において締固めた供試体6個を定水位・変水位対応型の透水試験装置（KSAT：Meter社製）にセットし変水位透水試験により透水試験を求めた。図3にあるように締固めた試料を飽和させ、KSATに試料を取り付ける。供試体下部にある圧力センサーにより、流量を自動計算でき、透水係数を求める。

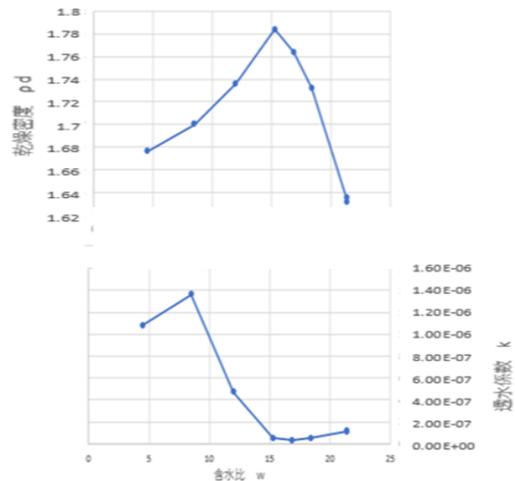


図1 締固め時の含水比と透水係数

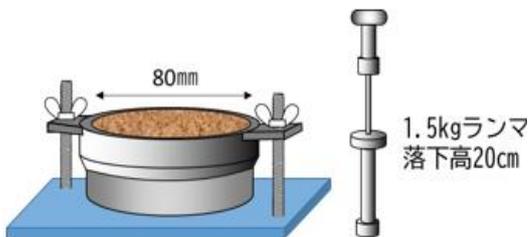


図2 モールドと締固め用具

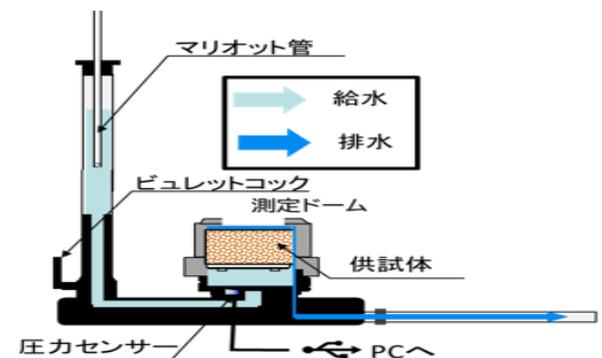


図3 定水位・変水位型透水試験装置(KSAT)

3.3 土の保水性試験

水分特性曲線・不飽和透水係数測定装置（HYPROP：Meter 社製）図4から2つの試料を取り出し、チルドミラー式サイクロメーター（MP4-T：旧 Decagon 社製）図5から高ポテンシャル領域を測る。

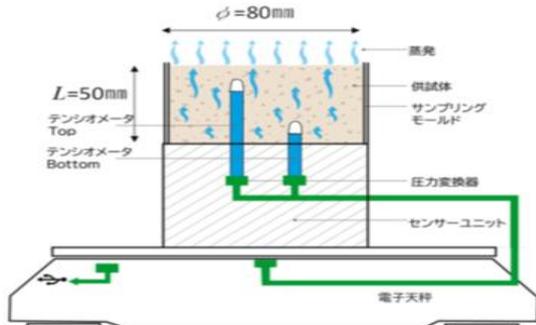


図4 水分特性曲線・不飽和透水試験装置(Hyprop)

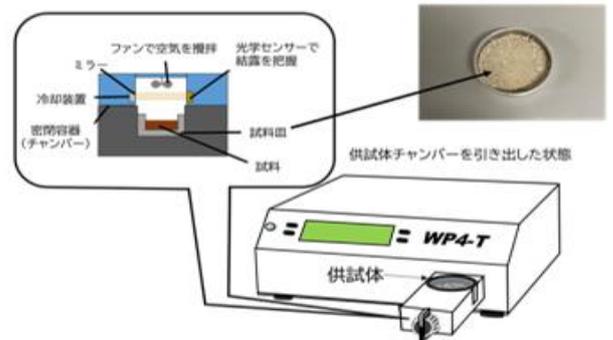


図5 サイクロメーター

4. 間隙と締固め

4.1 顕微鏡で間隙を観察

それぞれ含水比が異なる6つの試料を資料皿にとった。6つの試料を乾燥剤の入った容器に入れ、乾燥させた。図6は、乾燥密度と含水比の関係を表している。図7は、含水比を調整し、乾燥させた6つの試料の土粒子の間隙を顕微鏡で撮った白青写真である。

4.2 締固め曲線

図7を見ると、No.5、No.6、と含水比が増えるたび間隙が大きくなるのが分かる。図6からは、含水比が大きくなるたび乾燥密度が小さくなるのが分かる。
図7を見ると、No.10、No.15、No.20 と含水比が増えるたび間隙が小さくなるのが分かる。図6からは、含水比が大きくなるたび乾燥密度が大きくなるのが分かる。

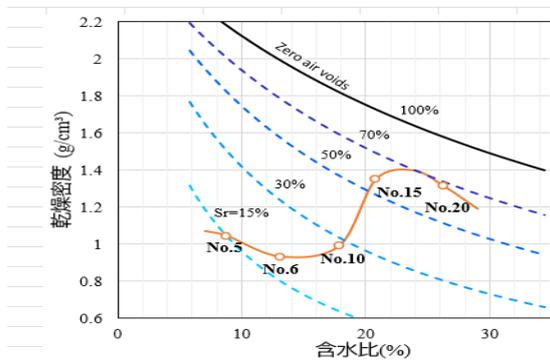


図6 締固め曲線と透水係数

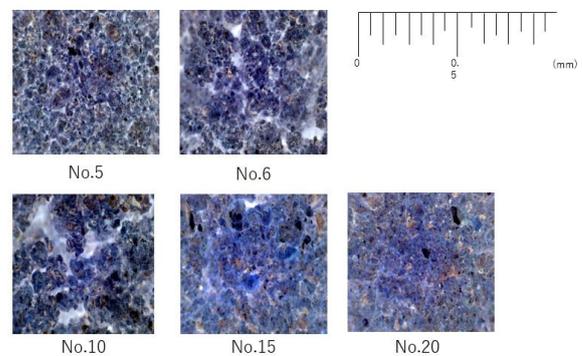


図7 6つの試料の顕微鏡写真

5. 透水係数

透水係数は土粒子の大きさや間隙を流れる水質、土の間隙の構成により変化することが知られている。図3のように、定水位・変水位対応型の透水試験装置（KSAT：Meter社製）に供試体6個をセットし変水位透水試験により透水試験を求めた。全体的には、含水比が大きくなると透水係数の値は小さくなる。しかし、含水比8%あたりで、透水係数の値が最大となっている。その理由としては、上記で説明した4.2 締固め曲線で説明した間隙が大きく関係していると考えられる。

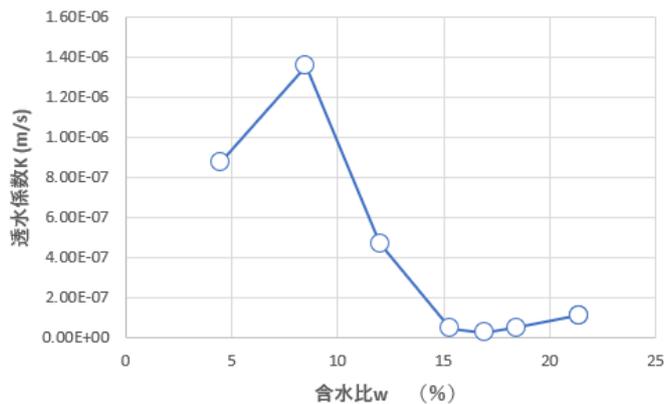


図8 透水係数のグラフ

6. 締固め曲線と透水係数

図9のように、M-1からM-4まで乾燥密度が上がり、M-4を最大にM-8まで乾燥密度が下がる上に凸のグラフとなっている。透水係数はM-2で透水係数が最大となるものの、M-1からM-5まで透水係数が下がり、M-5を最小にM-8まで透水係数が上がる下に凸のグラフとなっている。締固め曲線（乾燥密度と含水比のグラフ）と透水係数のグラフの関係性として反比例のようなグラフを表した。しかし、最大、最小の値にずれが生じる。図9のように締固め時の含水比と透水係数やせん断強さ、また変形特性との間にも関係があることが知られている。これは、同じ乾燥密度において透水係数が異なるように、乾燥密度と透水係数は一対一の関係にないことを示している。ずれが生じる原因については、昨年の野川らが行った研究で間隙径分布、水分特性曲線から明確なものとしている。

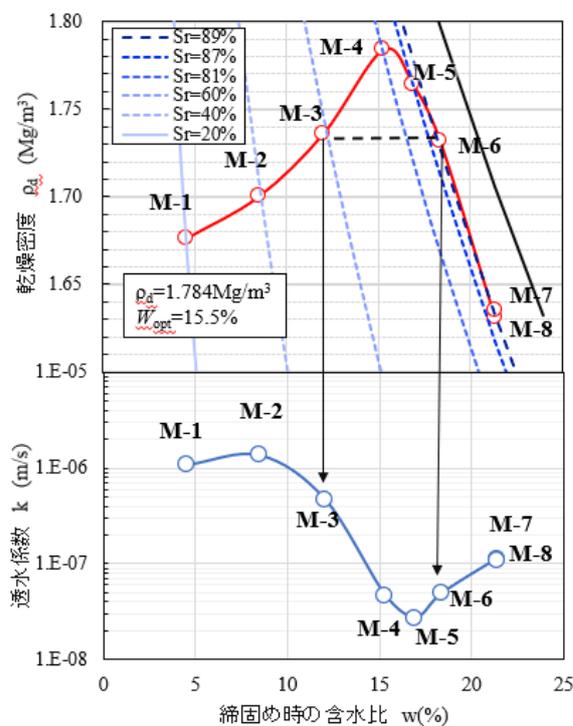


図9 締固め曲線と透水係数の関係

7. 締固めエネルギー

土構造物を作製するにあたり、締固め土の強度や支持力、遮水性を安定に保つ基準を設定しなければならない。その中で、現場に適する締固め度を推定するため、締固めエネルギーと締固め曲線の関係を明らかにする。突固め試験では式(1)で定義される締固め仕事量で締固めエネルギーを定義している。また、一層あたり23回、8回、3回の突き固めを行い、試験に取り組んだ。

$$E_c = \frac{W_R \cdot H \cdot N_L \cdot N_B}{V} \quad (1)$$

ここに、 E_c :締固めエネルギー(kJ/m³)、 W_R :ランマー重量(kN)、 H :ランマーの落下高さ(m)、 N_L :層数、 N_B :一層当たりの突固め回数、 V :モールドの容積(m³)である。

8. 結果

本研究では、一層あたり 23 回、8 回、3 回の突き固めを行った。式(1)で定義される締固め仕事量で締固めエネルギーを定義した場合、突き固め回数 23 回の締固めエネルギー 542.8KJ/m³、8 回の締固めエネルギー 187.2KJ/m³、23 回の締固めエネルギー 70.2KJ/m³となった。また、突き固め回数 23 回、8 回、3 回の試料と昨年の野川のデータ（2 層あたり突き固め回数 47 回）を引用し、締固め曲線と透水係数を比較すると図 10 のようになった。凡例として、緑色のグラフ：突き固め回数 23 回、黄色のグラフ：突き固め回数（2 層あたり）47 回、赤色のグラフ：突き固め回数 8 回、紫色のグラフ：突き固め回数 3 回である。図 10 の上のグラフである締固め曲線を表したグラフでは、締固めエネルギーが小

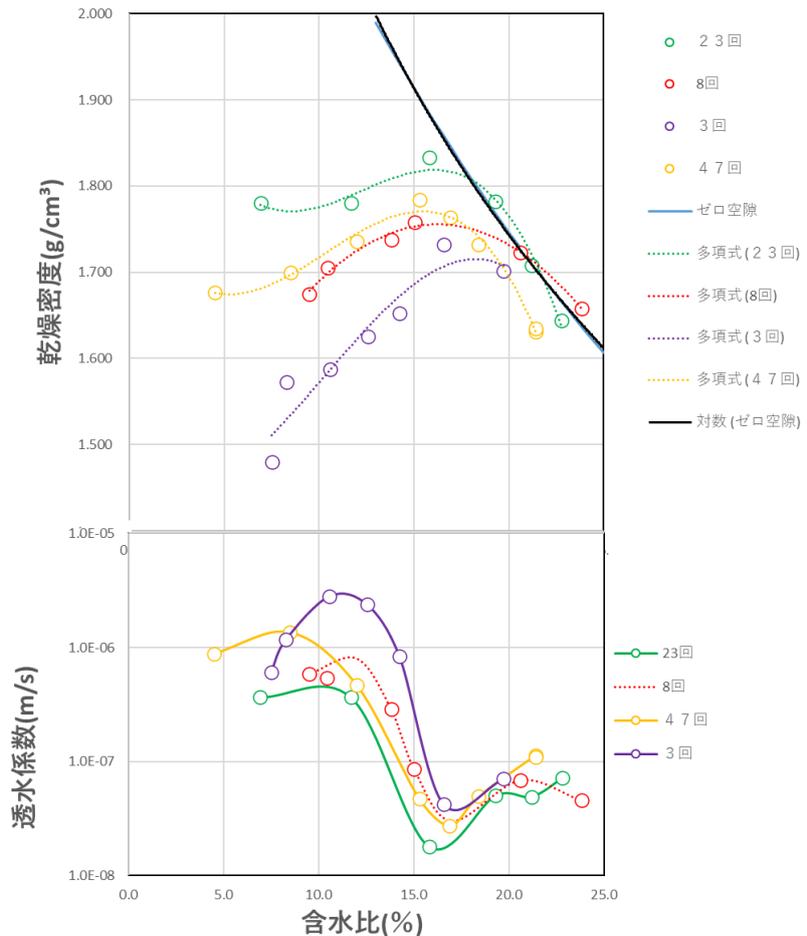


図 10 締固めエネルギーを考慮した締固め曲線と透水係数

さくなると締固め曲線が下がる結果となった。また、突き固め回数ごとの最大乾燥密度を見ると、回数を減らし含水比が増えるたび右下がりとなっている。ここから、締固めエネルギーを小さくし、含水比を増やしていくと締固め曲線は全体的に右下下がりとなった。図 10 の下のグラフである透水係数を表したグラフでは、締固めエネルギーが小さくなると透水係数が上がる結果となった。また、突き固め回数ごとの最小の透水係数を見ると、回数を減らし含水比が増えるたび右上がりとなっている。ここから、締固めエネルギーを小さくし、含水比を増やしていくと透水係数は全体的に右上上がりとなった。

9. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 締固め曲線は締固めエネルギーが小さくなるにつれ右下がりすることが確認できた。
- 2) 透水係数は締固めエネルギーが小さくなるにつれ右上がりすることが確認できた。
- 3) 透水係数は間隙比と関係し、同じ乾燥密度で 2 つの透水係数ができるとともに、同じ透水係数から 2 つの乾燥密度ができることを示した。
- 4) 締固めエネルギーが大きくなっても、透水係数の最大値、最小値の差はほぼ同じ値を示した。

10. 参考文献

杉井敏夫, 野川敦史, 古川泰之: 地盤粒状材料の間隙径分布は新たな土質力学の扉を開けることができるか～間隙径分布からみた締固め時の含水比が及ぼす間隙構造の違い～, pp.1-4, 研究報告書

土の団粒化制御に関する研究 ～GB2000 の場合～

EC20056 中根 康丞

1. はじめに

土の団粒化とは、図 1-1 のような単粒構造である普通の土に団粒化剤やセメントを混ぜ、図 1-2 のような団粒構造の土へと変えることである。土を団粒化することで透水性・保水性が向上する。そのため、近年の異常な猛暑に対する温度上昇の抑制や、頻発する大雨に対して雨水流出の抑制などといった防災・減災へつなげる活動が期待されている。また、本研究で行う土の団粒化を制御することで、透水性や保水性をコントロールさせられる可能性がある。

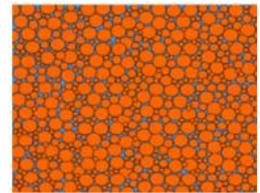


図 1-1 土の単粒構造

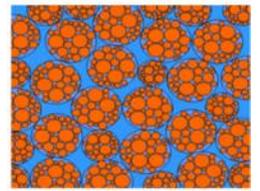


図 1-2 土の団粒構造

本研究で行う土の団粒化制御は、団粒化を促進させることを目的とする。団粒化を促進させることで、防災や減災に使用する際に、予想される降水量によって団粒化の促進を制御することで、雨水の流出量を制御することが可能になることを期待している。また、団粒化の促進を変えることで、フィルターとしての用法や埋設物の周りに大きさを制御して使うことで液状化防止に役立てることなど同じ土の使用範囲を広げられることを期待して研究を行う。また、全国トース技術研究組合では団粒化させる際に団粒化剤を水で希釈して混合させるのだが、その濃度と量は基準が設けられている。しかし、その基準より濃度を高く量を多くした場合には

団粒化構造がどうなるかはあまり研究されていない。そのため、基準希釈濃度より濃く、基準混入量より多くした場合に団粒化の制御は可能かを調べるために研究を行う。

2. 試験方法

本研究では、団粒化剤の希釈濃度による団粒化制御の研究と団粒化剤の混入量による団粒化制御の研究の2つに分けて、それぞれ粒度試験や透水試験を行う。2つの研究の違いは、希釈濃度による団粒化制御は改良する際に団粒化剤の入れる量を一定にし、希釈濃度を変えて行う研究である。対して混入量による団粒化制御の研究は、希釈濃度を一定にして混入量を変えて行う研究である。

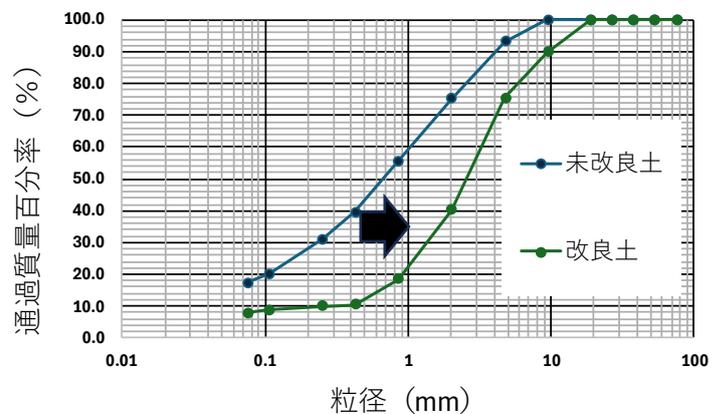


図 2-1 粒度試験の評価イメージ

(1) 粒度試験

粒度試験は、団粒化剤の希釈濃度と混入量の2つの団粒化制御の実験で行い、両方ともふるい分け分析のみ行う。作成した供試体をふるい分けして、各ふるいの残留試料から通過質量百分率を算出する。算出した値から粒径加積曲線を作図し、図2-1のように未改良の供試体と改良した供試体の粒径加積曲線がどのように変化しているかで評価をする。また、通過質量百分率から残留率を算出し、団粒化指数 η を用いての評価も行う。

(2) 透水試験

透水試験は透水試験機(K-SAT)を使い、団粒化剤の希釈濃度による団粒化制御の実験のみで行う。希釈濃度別に含水比約20%供試体を作り、それぞれ目標の含水比まで自然状態で乾燥させて透水係数を測定する。希釈濃度別に含水比と透水係数のグラフを作成し、図2-2のようにどのように変化しているかで評価する。

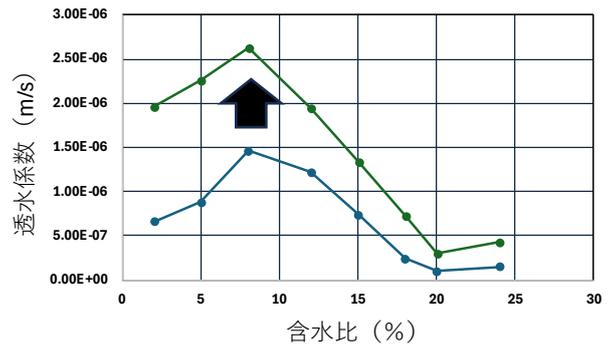


図 2-2 透水係数による評価のイメージ

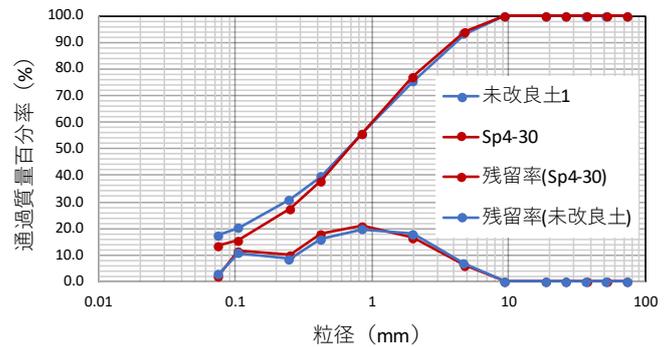


図 3-1 未改良土と Sp4-30 の粒径加積曲線と残留率

3. 実験とその結果

(1) 団粒化剤の希釈濃度による団粒化制御

土を団粒化させる際には接着剤のような役割として団粒化剤を使用するのだが、全国トース技術研究組合では団粒化剤を水で30倍に希釈をしながら土の改良を行うことを基本としている。そこで、その団粒化剤の希釈濃度を変化させることで団粒化の制御が可能であると考えため、この実験を行った。実験では、団粒化剤の希釈濃度を基準よりも濃い15倍と7倍の希釈濃度で改良することで、粒径加積曲線や団粒化指数、透水係数の値が30倍の希釈濃度よりも団粒化の促進を示すことを期待して実験を行う。

① 粒度試験

粒度試験の結果で図3-1～図3-3に最も評価のしやすい結果を示す。この結果は、希釈濃度が上から30倍、15倍、7倍の供試体と未改良土との粒径加積曲線である。

図3-1～図3-3のグラフを比較すると、希釈濃度が上がるにつれ、粒径加積曲線における細粒分の領域で未改良土と改良土の差が大きくなっている。また、残留率も未改良土との差は濃度が上がるにつれ大きくな

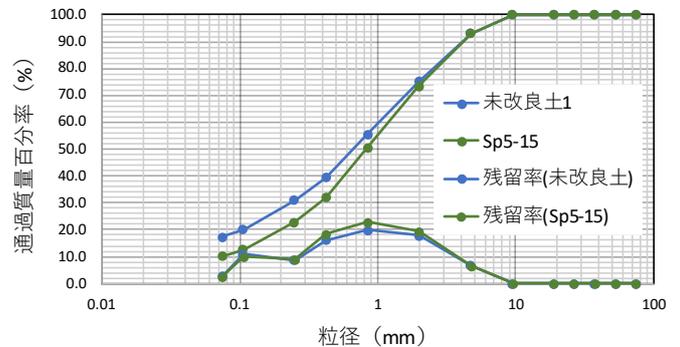


図 3-2 未改良土と Sp5-15 の粒径加積曲線と残留率

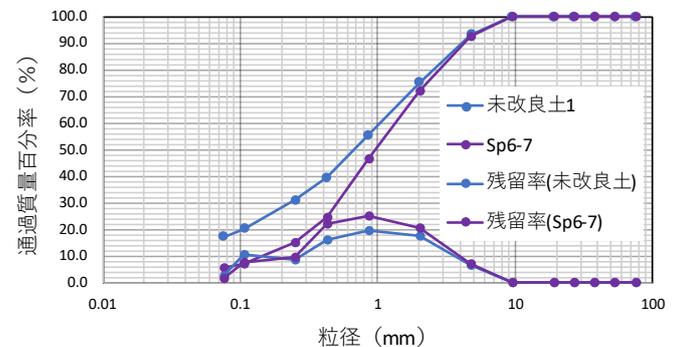


図 3-3 未改良土と Sp6-7 の粒径加積曲線と残留率

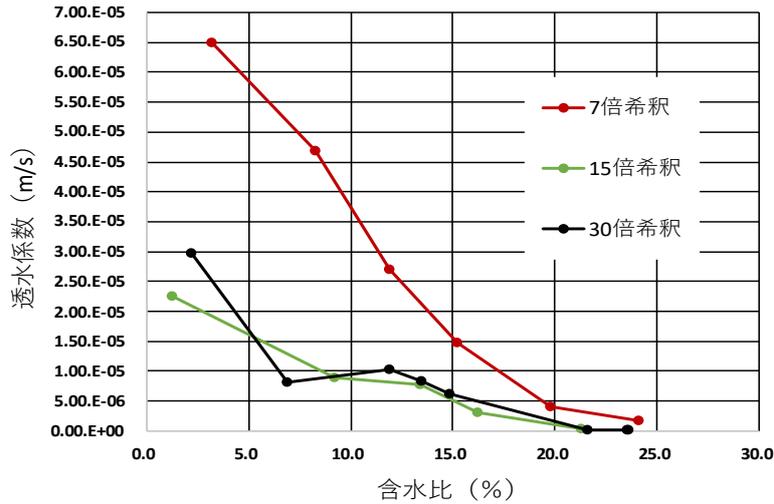


図 3-4 各希釈濃度の透水係数と含水比

ることがわかる。このことから、濃度を上げれば団粒化を促進させる可能性が大いにあることがわかる。しかし、ほかの粒度試験では希釈濃度が 30 倍と 15 倍においては差がない結果もあったため、一概に濃度を上げれば必ず団粒化を促進させるとは言えないだろう。

② 透水試験

透水試験の結果を図 3-4 に透水試験の結果を示す。この結果は、各希釈濃度で透水試験を行い、それぞれ含水比と透水係数の測定値で作図したものである。

結果から、7 倍の希釈濃度は明らかに透水性が向上している。しかし、30 倍と 15 倍の希釈濃度は含水比によって透水係数の大小が変わっており、団粒化を促進させられたとは言えないことが明らかである。そのため、団粒化の促進には一定以上の希釈濃度が必要である可能性があると考えられる。

(2) 団粒化剤の混入量による団粒化制御

団粒化剤の注入量による団粒化制御の実験は希釈濃度が 30 倍と 7 倍の団粒化剤で注入量を 30ml、50ml、70ml と変えて供試体を作成した。15 倍の希釈濃度で実験を行わなかった理由は、希釈濃度による団粒化制御の実験で 30 倍と 15 倍はあまり変わらないという結果が出たためである。行った実験のうち、希釈濃度が 7 倍の供試体の粒度試験の結果を図 3-5～図 3-7 に示す。

結果を比較すると、団粒化剤の注入量が 30ml と 50ml では明らかに粒径加積曲線の差が大きくなっており、団粒化剤の注入量が多くなれば団粒化を促進させることができると言えるだろう。しかし、50ml と 70ml では 30ml との差と比べて、大きな差がない

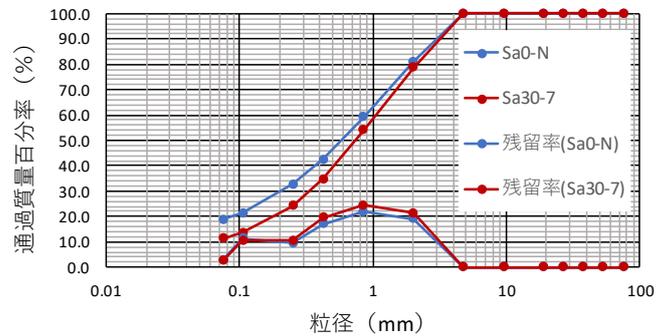


図 3-5 未改良土と Sa30-7 の粒径加積曲線と残留率

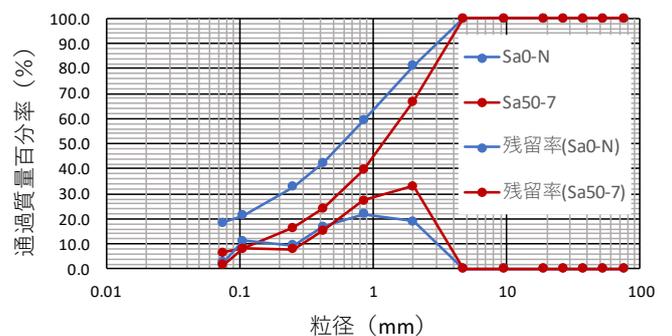


図 3-6 未改良土と Sa50-7 の粒径加積曲線と残留率

ことがわかる。そのため、団粒化剤の注入量を多くすれば団粒化を促進させることはできるが、70ml よりも多くすればより促進させることができるかは明らかでない。

4. まとめ

本研究で分かったことおよび考察を以下に示す。また、実験を行うにあたっての問題点も示す。

(1) 団粒化剤の希釈濃度による団粒化制御の実験から、

団粒化剤の希釈濃度を一定以上の高濃度で改良させた場合、

粒径加積曲線の推移や団粒化指数、透水係数の値から団粒化を促進させることができる可能性があることがわかった。だが30倍と15倍希釈濃度を比較したとき、必ずしも15倍の希釈濃度の方が団粒化を促進させられるという結果ではなかったため、引き続き研究を行う必要がある。

(2) 団粒化剤の混入量をある程度多く注入することで、団粒化の促進をさせることができる可能性がある。

しかし、どこかに限度があり単純に多くすれば促進できるわけではない。だが、70ml より多く注入した際にはどうなるかは不明であるため、70ml より多くした実験をいくつか行う必要がある。

(3) 実験を行う中で、測定値から供試体が団粒化していないという問題があった。また、団粒化指数が20%を超えるようによく団粒化が進んでいる供試体を作成することができなかった。そのため、団粒化構造が供試体を作成する際に崩壊しているか、水洗いする際に崩壊している可能性がある。

以上のから、団粒化剤の希釈濃度および混入量を変えることで団粒化の制御ができるということが分かったが、上記に述べたような問題が出ることもあった。これらの問題点を改善するため、改良の際の手順やふるい分け分析の際の水洗い方法など、団粒化の方法や供試体に対する実験の方法を見直し、引き続き研究を行っていく必要がある。また、新たにほかの団粒化制御の方法を考えて研究を行い、よりこの研究の結果が社会での活用の幅が広がるように研究を行わなければならない。

謝辞

本研究を進めるにあたり、中部大学工学部都市建設工学科教授杉井先生には、指導教員として研究方法や団粒化に関する知識の教授をはじめとする多大なるご指導を頂きました。心から感謝いたします。また、同研究室の岡部君には実験の助言や実験データの共有をしていただきました。お礼申し上げます。

参考文献

- 1) 全国トース技術研究組合 研究報告編集委員会：全国トース技術研究組合研究報告, Vol.2, pp.17-22, 国土交通省認可 全国トース技術研究組合, 令和3年度
- 2) 全国トース技術研究組合：N23-ATTAC ー製造・施工マニュアルー, No.00053
- 3) 公益社団法人 地盤工学会 土質試験 ー基本と手引きー 第二回改訂版 pp91-102, 2019
- 4) 杉井俊夫, 山田公夫, 方 方, 馬 貴臣, : 団粒化した土の物性と舗装技術への適応, 総合工学, 第25巻(2013), 39頁~46頁
- 5) 杉井俊夫, 野川敦史, 古川泰之: 地盤粒状材料の間隙分布は新たな土質力学の扉を開けることができるのか~間隙径分布からみた締固め時の含水比が及ぼす間隙構造の違い~

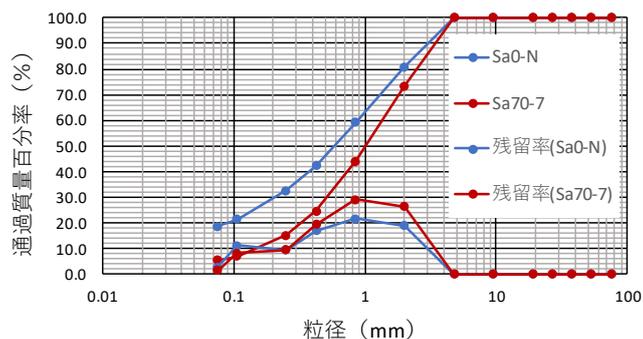


図 3-7 未改良土と Sa50-7 の粒径加積曲線と残留率

AI による堤体内液状化の危険度予測

EC20058 中村優太

1. 研究目的と背景

日本における地震災害によって発生する被害は多岐にわたる。中でも液状化現象は地盤全体に大きな被害を与えるものである。粘土層の上に砂質土の堤防が築堤された場合には、堤体の下部にめり込み、堤体のすべりや亀裂、陥没が発生すると考えられている。液状化した堤体は図 1 のように堤体の陥没、のり尻の側面の流動などにより堤防がその役割を果たすことができなくなる状態に陥ってしまう。¹⁾ また、従来考えられてきていた基礎基盤の液状化だけではなく、非液状化層からなる堤体基礎の支持力が不足する箇所でも堤体自身が沈下し、図 2 のように雨水や河川水が浸透し閉封飽和域が形成されて地震動によって液状化することが原因として考えられている。²⁾ 本研究では、亀裂の画像から、閉封飽和域を特定することを最終目的としている途中で、圧密沈下を起こしていると考えられる非対称な粘性土層と亀裂の関係性を AI を利用して確認するとともに、AI の予測の基準を可視化

できるソフトを使用して人間の目では判明しなかった共通点などが無いことを確認することを目的とする。



図 1 液状化現象によって陥没した堤体
(阿武隈川)

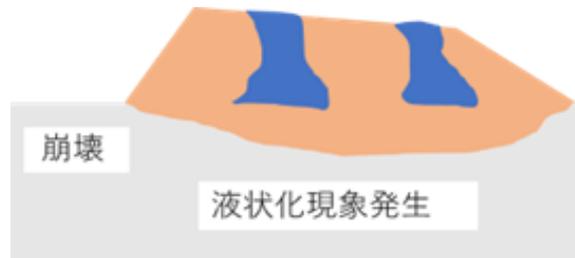


図 2 閉封飽和域が形成されるメカニズム

2. 研究方法

(1) 河川データの作成

図 1 のような調査対象とする河川の堤防の土質調査結果から堤体の土質断面を各地質に色分けを行ったデータを作成し google ストリートビューを用いて縦断亀裂が発生しているかどうかを確認し、亀裂の発生の有無でデータを分類する。

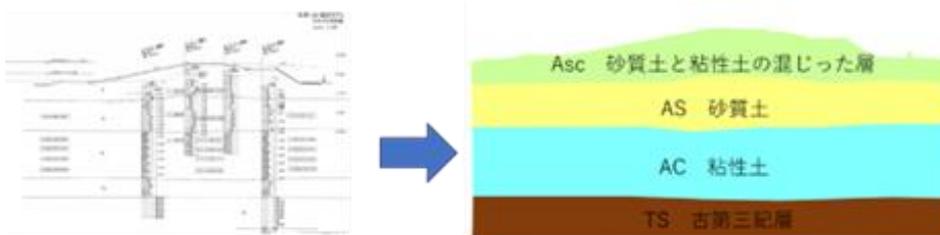


図 1 土質断面と色分け分類した画像データ

(2)河川データの解析

作成した河川データベースを CNN(畳み込みニューラルネットワーク)によって堤防天端に亀裂が発生しているかどうかを予測させる。(1)で作成したデータを教師データと検証データに分けてモデルを構築する。

(3) 対象河川への適応

河川データの解析で作成した深層学習モデルを予め作成してある庄内川の河川データを教師データとして使用し、深層学習モデルに予測させる。この際、教師データ、検証データ、試験データの比率を 7:2:1 の比率とし、モデルの評価を ROC 曲線という曲線図 2 の面積で評価する。また、ROC 曲線図の左上の座標 (0.1) の位置から最も近い曲線との距離を閾値といい、本研究で使用したような正か負かの二択を選ぶ二値分類型の AI は、予測数値を正か負かに分けるための数値を必要とし、その数値のことを閾値という。閾値を決定することは AI の二値分類の基準を決定することなので非常に重要である。今回のモデルでは閾値を 0.56 として適応を行った。今回は教師データ 336 個、検証データ 96 個、試験データ 48 個を使用した。また、亀裂の有無は亀裂ありのデータが 73 データ亀裂なしのデータが 359 データである。適応された予想の危険性を色ごとに分類し、庄内川の実地の地図に反映させる。そしてあらかじめ亀裂の有無を確認している庄内川の実地の亀裂の有無を反映させている地図と比較を行い AI の予測の精度を確認する。また、Grad_CAM (Gradient-weighted Class Activation Mapping) 図 4 と呼ばれる深層学習モデルが予測を行った際に何を基準として予測を行ったかを可視化できるソフトを用いて AI が亀裂の有無を判断する際にどのような特徴の地層に強く反応を示すのかを確認する。先行研究の結果では、非対称の粘性土層がある地点において圧密沈下、閉封飽和域が形成されることがわかっているが、どの程度の非対称性を持つと AI が反応を示すのかまた、人間が見落としている特徴が存在する可能性があるので、AI によって新しい特徴があるのかの確認を行う。

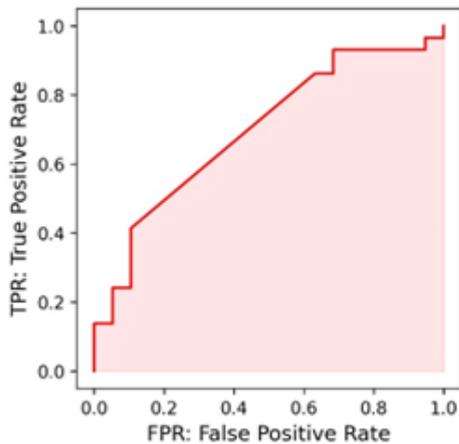


図 2 ROC 曲線の画像

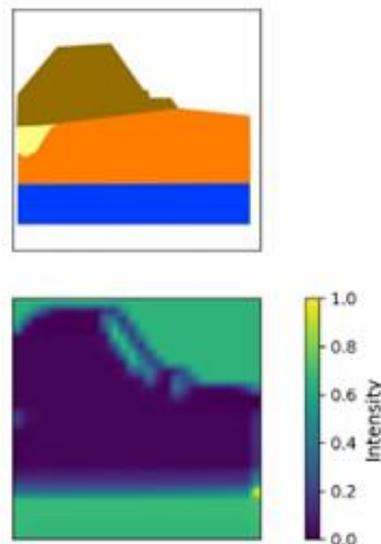


図 3 Grad_CAM (庄内川右岸 32.5 km 地点)

表 1 使用したデータの内訳

	教師データ	検証データ	試験データ	合計
亀裂あり	280	17	37	334
亀裂なし	56	79	11	146
合計	336	96	48	480



図4 AIによる右岸亀裂の有無予測の地図



図5 実際の右岸の亀裂の有無の地図



図6 AIによる左岸亀裂の有無予測の地図

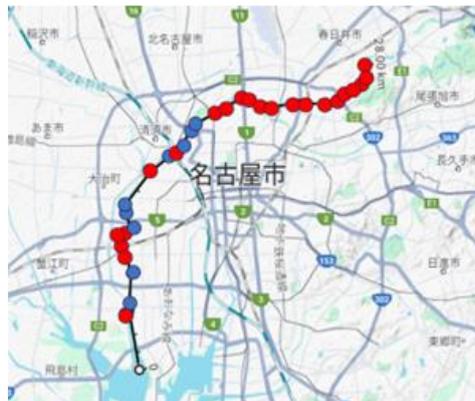
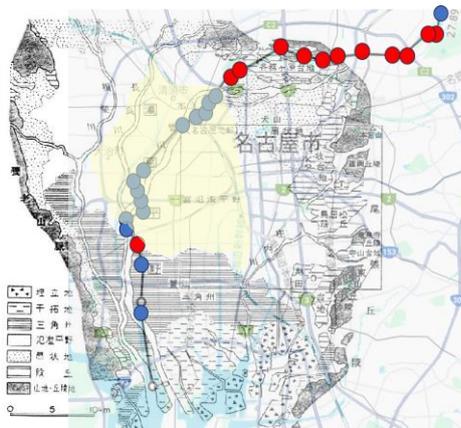


図7 実際の左岸の亀裂の有無の地図



第1図 濃尾平野の地形概念図 (奥田, 1975) により更新記。K:小牧山, T:田原の池, O:大塚製鉄
坂本他(1984)より
濃尾平野の地形概念図

図8 一宮氾濫平野の位置と AI による亀裂の有無の予測の重ね合わせ

図4～図7はAIによる亀裂有無の予測智頭と実際の亀裂の有無の地図となっている。比較した際に名古屋市北東部では亀裂の予測と結果が一致しているため、深層学習による亀裂の有無の判断は可能である。また、河口付近では正解率が著しく低下するが、原因としては、図8の地層概念図の黄色の場所が一宮氾濫平野と呼ばれる場所であり、地層の深い部分に粘性土層があり、この地層付近の粘性土層にAIが強く反応してしまったために実際には亀裂があるがAIの予測では、「亀裂なし」と判断されてしまっていることが原因であるという先行研究の考察と一致した。

4.まとめ

本研究で得られたことを以下に示す。

- 1) 他の実用化されている画像診断 AI に比べ学習データ数が少ないものの、的中率が高くモデルの精度がある程度信頼されるものであることが分かったため、本研究目的の深層学習 AI の画像診断によって堤体内液状化現象の発生する危険性がある地点の特定は可能であることが分かった。
- 2) 付近の予測の精度が極端に低い理由としては、地層として一宮氾濫平野と三角州があり、これらの対称性のある粘性土層に AI が反応してしまい、亀裂なしと判断してしまったために本来亀裂ありの地点において「亀裂無し」と判断してしまったことが原因である。
- 3) Grad_CAM は、先行研究の結果と同様に非対称性のある粘性土層に反応を示したため非対称性の粘土層と堤防天端の亀裂は関連性があることが証明された。

参考文献

- (1) 佐々木哲也 河川堤防における液状化被害と対策
一般社団法人九州地方計画協会公益自主事業（九州技報）第 53 号 2013.07
- (2) 東日本大震災を踏まえた今後の河川堤防の耐震対策の進め方について報告書
河川堤防耐震対策緊急検討会議
- (3) 高田彬宏 堤体基礎の層構造と天端舗装亀裂の関係について
- (4) 浅井駿輝 縦断亀裂と堤体基礎の粘土層分布の関係
- (5) 高橋蒼 深層学習を用いた堤防土質構造物からの天端亀裂の発生判別
- (6) 畳み込みニューラルネットワーク (CNN) をわかりやすく基本から実装まで解説
<https://zero2one.jp/learningblog/cnn-for-beginners/> (参照 12 月 14 日)
- (7) 人工知能であそぶ <https://nkdkccmbr.hateblo.jp/entry/2016/10/06/222245> (参照 12 月 4 日)
- (8) 機械学習 / ディープラーニングにおけるバッチサイズ、イテレーション数、エポック数の決め方
<https://qiita.com/kenta1984/items/bad75a37d552510e4682> (参照 12 月 16 日)
- (9) 【初心者】ネコでも分かる「学習回数」ってなに？【図解】
<https://zenn.dev/nekoallergy/articles/ml-basic-epoch> (参照 12 月 16 日)
- (10) 過学習とは？初心者向けに原因から解決法までわかりやすく解説 <https://data-viz-lab.com/overfitting> (参照 12 月 16 日)
- (11) エポック (epoch) 数とは【機械学習 / Deep Learning】 <https://www.st-hakky-blog.com/entry/2017/01/17/165137> (参照 12 月 16 日)
- (12) 損失関数 (Loss function) とは？ 誤差関数 / コスト関数 / 目的関数との違い
<https://atmarkit.itmedia.co.jp/ait/articles/2104/15/news030.html> (参照 12 月 16 日)
- (13) 【評価指標】ROC 曲線と AUC についてわかりやすく解説してみた
<https://blog.kikagaku.co.jp/roc-auc/> (参照 12 月 16 日)

改良地盤のコウライシバの生育評価

森本 魁心

1. 背景・目的

社会的に問題視されているゲリラ豪雨等の気候変動による風水害,また人工被覆の増加に伴う都市圏でのヒートアイランド現象の問題は互いに独立に存在するものではなく,連関しているものと考えらるべきである.本研究は,2022年度から実施している都市圏にダムと緑をという発想の¹⁾「アーバン・グリーンダムプロジェクト」として,実用化されている団粒化技術と植生を融合させることによる相乗効果の評価を目的とする.

2. アーバン・グリーンダムプロジェクトの概要

現在,グラウンドや舗道の路盤に団粒化技術を取り入れた工法が既に実用化されており,NETIS登録されている.人工的に団粒化させる技術は,細粒分を団粒塊に拘束することで間隙が大きくなり透水性が向上し,団粒塊内に水分を保持することで保水性も向上させることが可能である.団粒化剤を混合させ固化材の量を変えることで硬さを調節でき,あらゆる現場で使用が考えられる技術である.農学分野では,団粒化は植物への効果が高いことから使用されてきており,本プロジェクトでは植生とくに芝生の地盤に団粒化させることでの効果を測るといったものである.

(1) 研究サイトとデータ管理

非団粒化地盤と土壌・路盤の厚みの異なる団粒化地盤のサイト(図1)を作成し,それらの対比評価により研究を進める.植生には日本の温暖な気候に適したイネ科の「高麗芝」を採用した.また一部のサイトで地表面を傾斜させ雨樋を利用したトレンチと雨量計を組み合わせ,流出量解析に用いた.データ管理にはメーカー社製のロガーと同社の

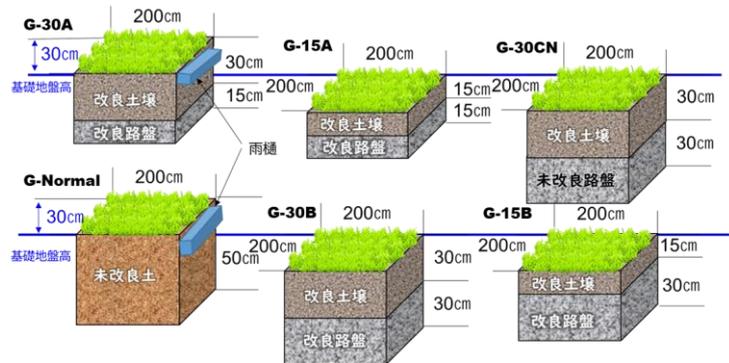


図1 サイト詳細

「ZENTRA クラウド」を用いて,クラウド上の管理を可能とした.計測量としては,降水量や外気温,湿度等の気象データや土壌水分量及び水ポテンシャルであり,これらの諸データを活用することで定量的評価を行った.

(2) その他の計測設備

団粒化地盤の透水性の向上はこれまでも明らかになっていたが,芝生がある場合について調べるため,G-30A(実証区:団粒化土壌)とG-Normal(対象区:未改良土壌)の表面流出量を計測できるよう表面を5%傾斜させ,オーバーフローして流れ出てくる量を雨樋で集め,写真1に示すように雨量計でモニタリングする設備を取り付けている.そのため,G-30A(団粒化土壌)とG-Normal(非団粒化土壌)は周りの地表面より15cm程高くなっている.また,すべてのサイトにおいて芝生の根茎部の生育状況を確認できるように側面の1面だけを透明な塩ビ板で,他は杉板で周辺を囲っており,通常は土で埋めて光を遮断している.



写真1 雨樋による表面流出量の計測

3. 観測結果

(1) 芝生の活性度の評価

RGB カラーバンドを用いた Esri 社の ArcGIS の可視大気抵抗指数²⁾ ($VARI = (Green - Red) / (Green + Red - Blue)$) で植生を評価した。この指標は-1~1 の値で示され、1 に近いほど活性度が高いことを表す。今回は対象区に G-Normal, 実証区に G-30A を対象に比較検証を行う。選定理由は、改良地盤内で最も高い保水性で団粒化効果を示した G-30A と未改良地盤を比較評価することで対比が容易いと考えたからである。結果を示す(図 2)。昨年度では実証区の VARI 値が対象区に比べ大きい値を示しているが、今年度の8月下旬では対象区の方が大きい値を示している。これは今年度の8月上旬の施肥が起因すると考えられ局所的に VARI 値に差異が生じた結果であり植生に問題はない。また写真2に示す根部の生育状況から土壌部はもちろん、さらには路盤部まで根が進行しており養分伝達、保水等の役割にも問題はないと評価できる。地表面温度の抑制に関してサーモグラフィを用いて地表面温度を計測したところ、実証区では対象区に比べ 3.7°C の抑制効果があることも得られている。これは実証区と対象区の体積含水率の保有量に約 1.6 倍の違いが見られたことに起因していると考えられ実証区における保水特性も確認できている。

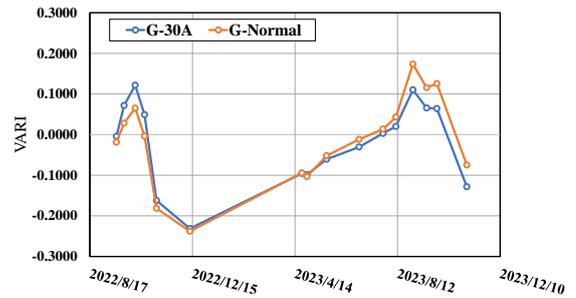


図 2 G-30A と G-Normal の VARI



写真 2 根部の生育状況 (実証区)

(2)透水性・保水性評価

図 3 に降雨時における実証区 (G-30A) と対象区 (G-Normal) の体積含水率変移を示す。11 月 7 日 AM2:00 に 30mm/h の降雨を観測しており、実証区と対象区で異なる体積含水率変移の傾向がみられる。ここで同研究の安江により降雨時における表面流出量解析において対象区に比較し、実証区の表面流出の抑制効果が見られることが示されている点を踏まえる。透水から排水に要する時間を透水性評価の因子にした場合、地表面流出量を考慮すると一概には言えないが対象区比 200%の透水性を示すことになる。すなわち対象区に比較し実証区では透水から排水に要する時間を半減できている。他の実証区と対象区も同様の透水性評価においても実証区の方が高い透水性を得られている。また、図 3 に示すように実証区 5 サイトの中でも G-30A では対象区に比較し高保水性を示す結果も見られる。これら透水性評価を踏まえ改めて団粒化技術における団粒化構造の形成また維持において減災に努める可能性を示した。

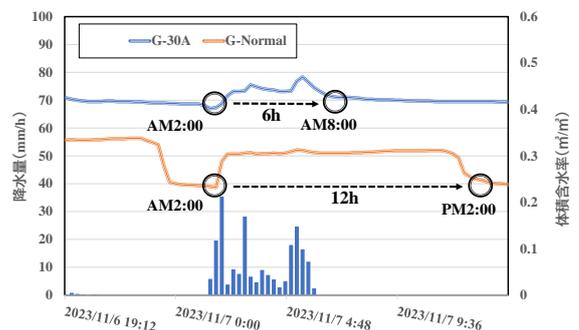


図 3 降雨時における透水性

現在経験的に用いられている団粒化技術であるが、適用事例としてはグラウンドや芝生公園、園路などが挙げられ徐々に領域を広げつつあるのが現状である。今後期待されるのは、団粒化技術の思索的社会的実装であり、スマートシティや新モビリティが関心を高める中で魅力的で持続可能な都市の形成の一助になることを期待している。

現在経験的に用いられている団粒化技術であるが、適用事例としてはグラウンドや芝生公園、園路などが挙げられ徐々に領域を広げつつあるのが現状である。今後期待されるのは、団粒化技術の思索的社会的実装であり、スマートシティや新モビリティが関心を高める中で魅力的で持続可能な都市の形成の一助になることを期待している。

謝辞：本研究は国土交通省、各会社また指導教授の杉井教授、同研究の安江氏からの支援を賜りました。

【参考文献】1)杉井：アーバン・グリーンプロジェクト，全国トース技術研究組合研究報告書 Vo.3, pp.1-12, 2022. 2) Vegetation and soil lines in visible spectral space: A concept and technique for remote estimation of vegetation fraction: International Journal of Remote Sensing: Vol 23, pp.2537-2562.2002.

ATTAC 工法による改良地盤への浸透効果の評価
 ～アーバン・グリーンダムプロジェクト～

EC20084 安江遼太郎

1. 研究目的と背景

現代の日本は様々な環境問題を抱えている。特に近年は都市化が進んだ影響により、地面がアスファルトやコンクリートに覆われ、雨水が地面に浸透せず内水氾濫が発生することが多くなっている。また雨水が河川に直接流入することにより、洪水などが発生しやすくなるといった問題がある。

そのため雨水がより早く地面に浸透することでこれらの問題を防ぐために、土や路盤材へ団粒化剤を配合し、透水性や保水性といった機能を向上させ、未改良の地盤と比べることで効果を確認することが本研究の目的である。

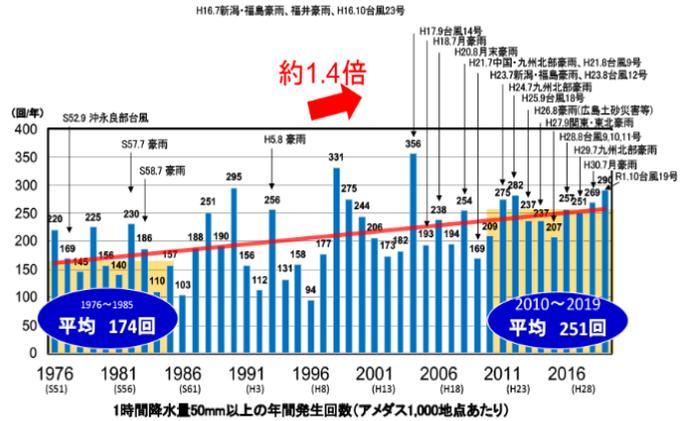


図 1.1 時間雨量 50mm 以上の発生回数

2. 研究方法

2.1 試験サイトの説明

滋賀県米原市にある実験サイトを利用して試験を行う。試験サイトは 8 地点あり、1 区画 2m×2m、土壌層と路盤層の層厚は各区画で異なる。

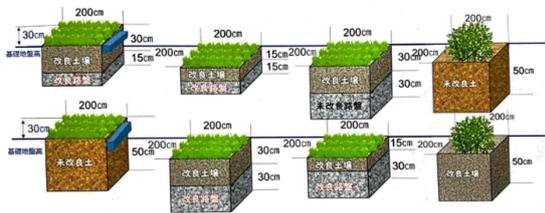


図 2.1.1 試験サイトの概要

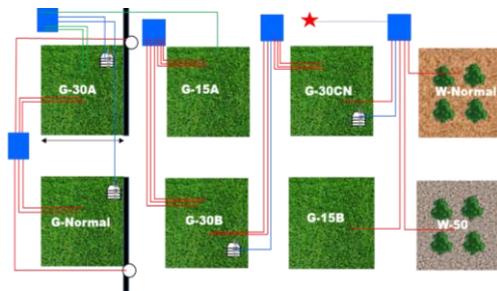


図 2.1.2 試験サイトの呼称

今回の研究では G-30A、G-Normal、G-30B、G-30CN、W-Normal、W-50 のサイトを使用する。図 2 と図 3 は対応する実験サイトとなっている。表面流出量の比較は高麗芝を植生した G-30A、G-Normal を使用する。そして団粒化技術は再生路盤材に添加することにより保水性能や透水性能が向上するのを検証し、同時に再生路盤材に含まれるセメントの粉末が水と反応することで凝固すると考えられるため、団粒化をすることにより凝固を防ぐことができるのかを確認する。

2.2 流出量の比較

実験サイトの実証区(G-30A)、対象区(G-Normal)には既設の雨樋と流量計があるため、これらの設備と気象観測装置の降水量から表面流出量を求めていく。この2つの試験サイトは5%の傾斜がついている。

2.3 表面流出量の算出方法

表面流出量を計算する際に、雨樋に直接入った雨量について考慮する必要がある。そのため流量計で観測した流出量に流量計の断面積を乗じ、降水量に雨樋の面積を乗じてその差分として出した値から地表面から流出した水量を求める。



図 2.2.1 現場流出試験装置の様子

2.4 RC 路盤材に透水性能の比較

実験サイトにはコンクリートをリサイクルした RC30 路盤が施工してある。そのため実験サイト G-30B の改良路盤、G-30CN の未改良路盤をそれぞれの層に埋設されている土壤水分センサーから透水量を比較して RC 路盤材を団粒化した際の性能を評価する。また各試験サイトの側面には透明な塩ビ製の板が設置されているため、地盤を確認する際には試験サイト側面の土を掘削して目視で確認を行う。

3. 試験結果

3.1 表面流出量の試験結果

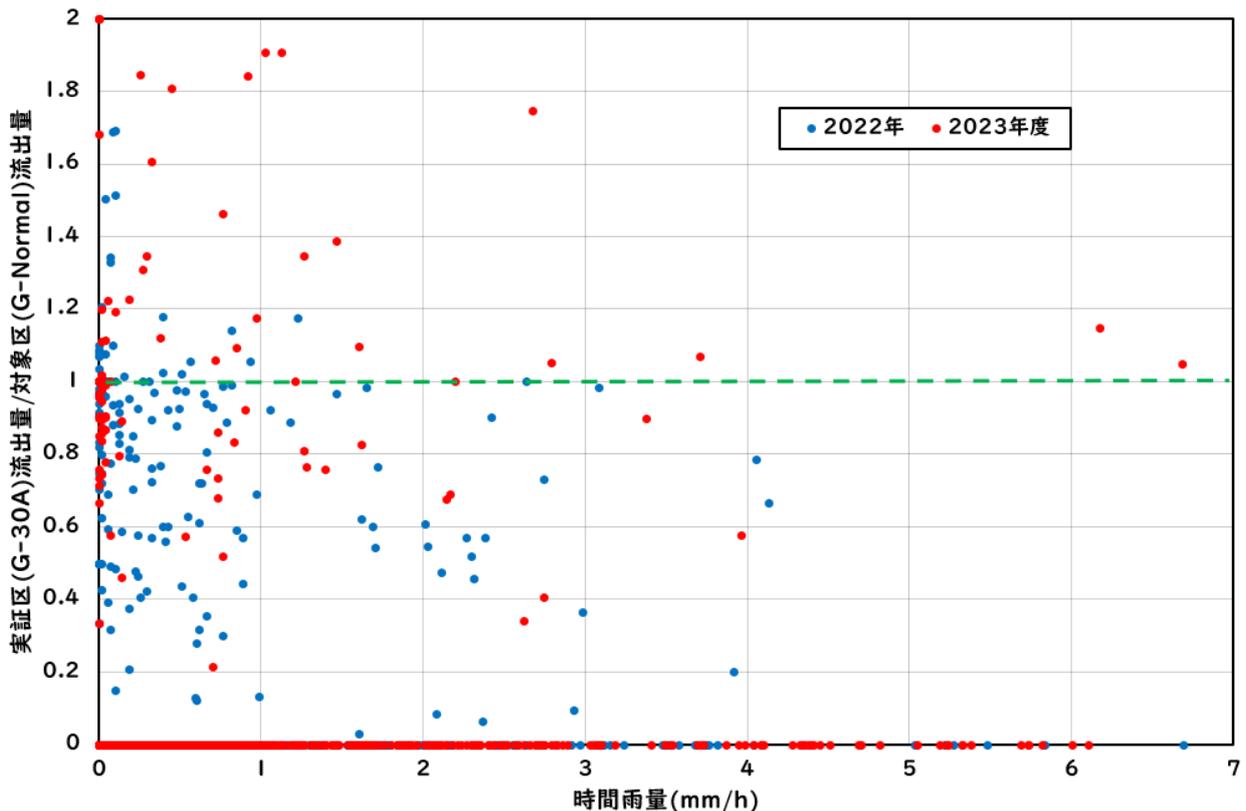


図 3.1 実証区と対象区からの表面流出量の比

先行研究では実証区と比べ対象区の表面流出量が多かったことが分かっている。本研究での結果は図 3.1 に示す。図中に示した緑の破線は実証区と対象区の流出量比が 1.0 となる境界線である。図 3.1 を見ると実証区の流出量は右肩下がりに減少していることが分かる。具体的に数字で表すと表 3.1 の結果となった。本研究における表面流出量の目標値は実証区での流出量が対象区の半分の値となることである。そのため表 3.1 から実証区と対象区の比を計算すると 0.917 という結果となった。このことから表面流出量は減少しているが、目標値には届かないという結果が出た。このような結果の原因として試験設備の不備が結果に大きく寄与していることが考えられた。そのため 2023 年 5 月 23 日～9 月 27 日の期間におけるデータは除外して計算している。1年を通じて降水量が最も多い機関の試験結果が使用できなくなってしまうことは非常に痛手となってしまった。そのため本試験においては来年度再試験を行い、検証を行っていく。

表 3.1 G-30A と G-Normal の表面流出量の合計

実証区 (G-30A)	降水量(mm)
表面流出量	264.631

対象区 (G-Normal)	降水量(mm)
表面流出量	288.739

3.2 RC 路盤材に透水性能の比較の試験結果

表 3.2.1 には観測期間(2022 年 11 月 1 日～2023 年 11 月 30 日)での平均土壌水分量を示す。実証区は改良土壌と改良路盤の土壌水分量が同程度だが対象区では改良土壌と改良路盤の含水量が $0.147(\text{m}^3/\text{m}^3)$ と大きく差が開いている。これは対象区の土壌と路盤の境界面に”膜”のようなものが形成されているからだといえる。

表 3.2.1 G-30B と G-30CN の平均土壌水分量

実証区 (G-30B)	$\theta(\text{m}^3/\text{m}^3)$
改良土壌	0.158
改良路盤	0.155

対象区 (G-30CN)	$\theta(\text{m}^3/\text{m}^3)$
改良土壌	0.257
未改良路盤	0.110

写真 3.2.1 と写真 3.2.2 では改良土壌と未改良路盤、改良路盤の境目を断面から見た写真である。赤い破線で示した楕円に注目する。写真 3.2.1 にある G-30CN の断面では改良土壌と未改良路盤との境界に灰色の線のような模様が横に走っていることが確認できる。しかし写真 3.2.2 の G-15B でも同じように断面を確認したところ G-30CN で確認された灰色の線のような模様は確認されず、土壌の茶色と路盤の灰色がグラデーションのようになっていることが確認できた。比較の試験サイトが G-30B ではないが、改良土壌と改良路盤の境目では G-15B 以外の試験サイトでも同様の様子確認できたため、再生路盤に団粒化剤を添加することで G-30CN で確認されているセメント粉末が水と反応することで形成される”膜”のようなものの発生を抑制することができることが分かった。

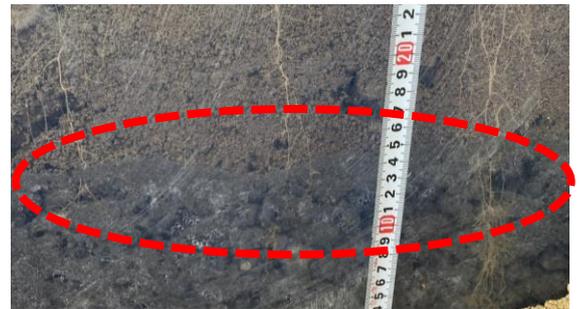


写真 3.2.1 G-30CN での改良土壌と未改良路盤の断面

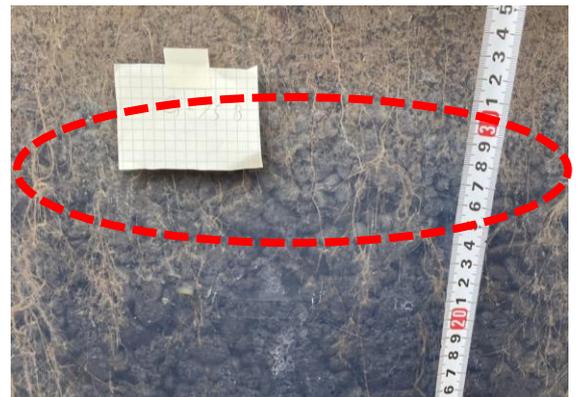


写真 3.2.2 G-15B での改良土壌と改良路盤の断面

4.まとめ

- 1) 流出試験の結果では実証区(G-30A)と対象区(G-Normal)の観測結果として実証区が対象区よりも流出量が減少していることが確認できた。しかし2023年5月23日～9月27日のデータが使用できなくなり1年を通して降水量が多い季節のデータが使用できなくなってしまったため、データが不足してしまった。先行研究や今年度の研究結果からさらなる流出量の減少が期待できると予想されるため、来年度に引き続き観測を行っていく予定である。
- 2) 再生路盤へ団粒化剤を配合すると保水性能、透水性能が向上することが分かった。これは写真 3.2.1 と写真 3.2.2 との比較で分かる通り、再生路盤を団粒化することでセメント粉末が纏まるため水と触れた際に反応が起こりにくくなり、土壌との境界面に”膜”の発生を抑制できると考えられる。そのため土壌から路盤への透水性能が向上し、それに伴い保水性能も向上している。また路盤まで水を浸透させることができるため、総合的に保水できる水量が大きく伸びていることが分かった。

以上の結果から、団粒化施工を行うことで透水性能や保水性能の向上が期待できることが分かった。また再生路盤へ団粒化剤を添加することで、再生路盤に含まれるセメント粉末と水が反応して形成される”膜”の発生を防ぐことができるため透水性能と保水性能が大きく改善されることが分かった。これにより再生路盤を団粒化させることで大きな効果が得られるため、再生路盤材の普及や団粒化施工の有用性が証明できたといえる。

参考文献

- 1) 杉井俊夫, 井原 徹, 平 瑞樹, 岡部竜一, 鏑田一治, 栗山和道 : アーバン・グリーンダムプロジェクト (中間報告),全国トース技術研究組合研究報告集(2022 年度), 2022.
- 2) 石川敬就, 杉井俊夫 : アーバン・グリーンダムプロジェクトによる透水特性の効果, 2023.
- 3) 国土交通省 : 近年の水災害発生状況 <https://www.mlit.go.jp/river/kawanavi/prepare/pdf/vol11-card.pdf> (参照 2023-07-25)
- 4) 気象庁 : https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/index_himr.html, (参照 2023-11-23)
- 5) 国立研究開発法人 国立環境研究所 : <https://tenbou.nies.go.jp/science/description/detail.php?id=18> (参照 2023-05-09)

RRI モデルを用いた庄内川の流出解析に関する研究

EC19067 宮里陸

1. はじめに

近年、地球温暖化による気候変動により局地的な集中豪雨等が増加傾向にあり、大規模な洪水氾濫災害が生じている。2023年の7月から8月上旬にかけて東北地方でたびたび大雨となり、7月の地域平均降水量平年比は気象庁が統計を開始した1946年以降で最大を観測した。この期間の大雨により、全国で、床上浸水および床下浸水などの住宅被害が発生した。そのため、このような大規模な浸水被害が起きる前に、河川流域で治水を考え、ある程度の浸水を許容する“流域治水”という事業が注目されている。流域治水を検討するためには、流域全体の流出過程、浸水過程を求める必要がある。そこで、本研究では「RRIモデル」を活用して実際の流量データの再現を検討する。

2. RRI について

RRIモデルとは降雨 (Rainfall) 流出 (Runoff) 氾濫 (Inundation) 解析モデルのことで、衛星情報や気象予測情報を活用した世界各地の洪水氾濫を予測する技術である。RRIモデルは、洪水予測とリスク評価を目的として ICHARM で開発された。RRIモデルは人工衛星情報の活用などデータの使用が限られた大規模流域にも適用可能なモデルとして設計されている。

2.1 RRIモデルの概要

RRIモデルの概要を以下に示す。

- ①降雨流出と洪水氾濫を一体的に解析することができる二次元解析モデル
- ②山地斜面と河道別々に取り扱う
- ③河道が存在するグリッドセルにおいては、同一セル内に斜面と河道の両方が存在すると仮定
- ④河川は、上流の流域面積を考慮して以下の関数で仮定

$$W = C_w A^{S_w}, \quad D = C_d A^{S_d}$$

ここで、A:流域面積(km²)、W:川幅 (m)、

D:水深 (m) である。

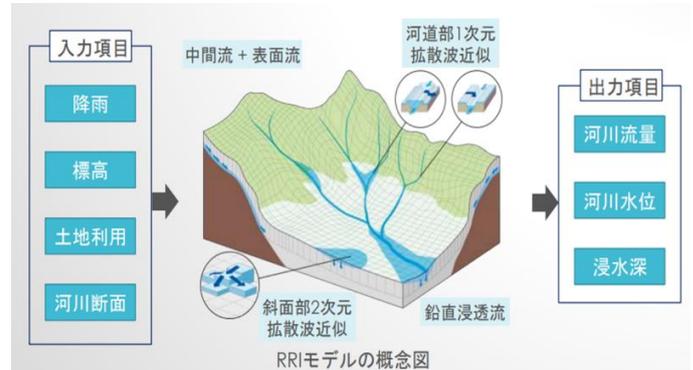


図1 RRIモデルの概念図

2.2 RRIモデルの特徴

以下にRRIモデルの4つの特徴を示す。

- ①多様な地形を一体化：一次元の河道追跡と二次の降雨流出及び洪水氾濫を一体化しているため、山地と低平地の両方を有した大規模流域に適用可能
- ②高速かつ安定的な数値アルゴリズム：地形起伏の複雑な山地域でも高速に計算できる二次元拡散波近似式の可変時間ステップアルゴリズム
- ③複雑な水文過程を表現：平野部における鉛直浸透流、山地域における側方地中流、蒸発散と土壌の乾燥による蒸発抑制、ダムや放水路などの影響を解析可能
- ④緊急対応の洪水氾濫予測モデリングを実現するツール：衛星降雨や地形情報を活用するためのツール群やマニュアル、GUI(グラフィカルユーザーインターフェース)を整備

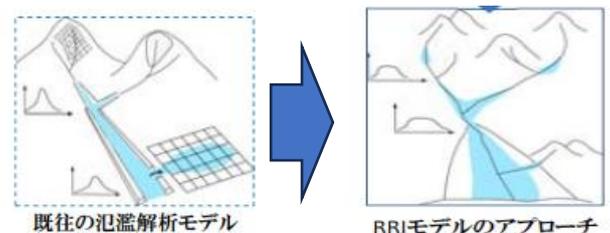


図2 RRIの特徴

3. RRI モデルで使用するデータについて

RRI モデルで使用するデータは以下の 4 つである。

- ①降雨データ (RAIN) : ここでは、「平成 20 年 8 月末豪雨」及び「平成 23 年 9 月台風 15 号」の二つを使用して解析を行う。
- ②標高データ (CON) : 標高データは、主に庄内川流域のデータを使用して解析を行う。
- ③流向データ (DIR) : 流向データとは、「Flow Direction」のことで、出力は値の範囲が 1~255 の整数ラスタで表示される。流向法は、各セルから最も急な降下傾斜となる近傍セルへの流向をモデル化するものである。

32	64	128
16		1
8	4	2

右図の場合、最も傾斜が急な下り方向が現在の処理セルの左への方向である場合、流向の値は 16 となる。

図 3 DIR の説明

- ④累積流量 (ACC) : 累積流量とは、「Flow Accumulation」のことで、各セルに流れ込む累積された流量のことである。下り勾配にある各セルに流れ込むすべてのセルのウェイトを累積することで算出される。

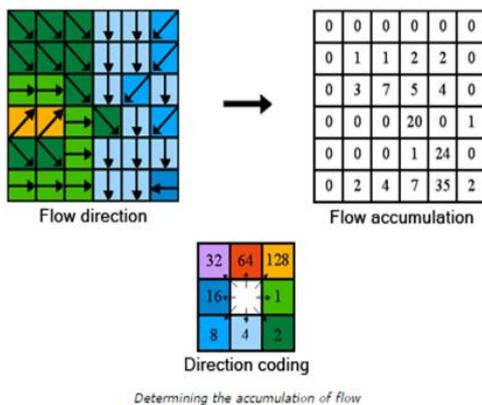


図 4 累積流量について

4. 対象とする洪水

再現を行う洪水は平成 20 年 8 月末豪雨と平成 23 年 9 月台風によるものである。それぞれの観測地点での流量を図 5 と図 6 に示す。

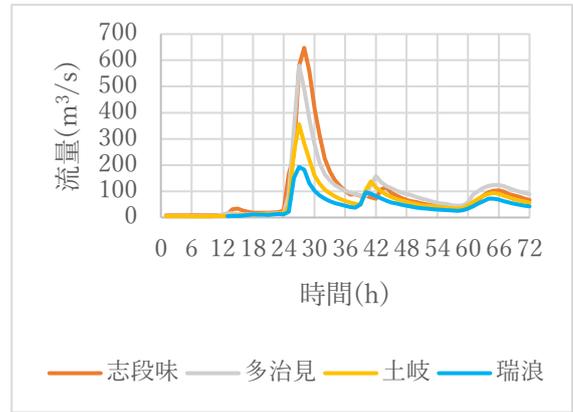


図 5 平成 20 年 8 月末豪雨の流量

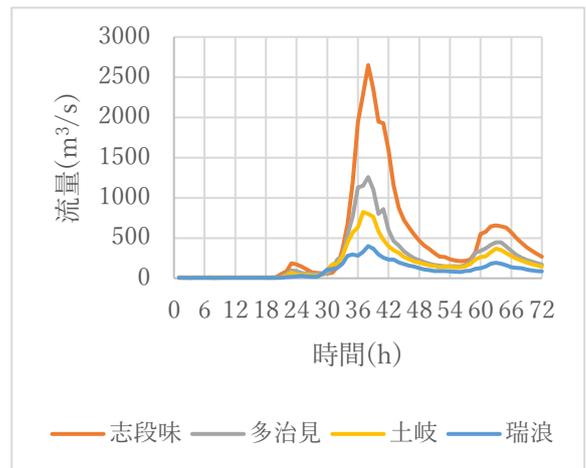


図 6 平成 23 年 9 月台風の流量データ

5. 降雨データについて

本研究では、降雨のデータとして、以下の 3 つを活用する。

「JAXA から取得したデータ (熱帯降雨観測衛星 TRMM や GPM 計画主衛星に搭載された衛星搭載降水観測レーダの情報) を活用、RAIN1」

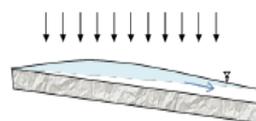
「観測値から求めた分布降雨データ (RAIN2)」

「観測値から求めた平均降雨データ (RAIN3)」

6. モデルパラメータ

RRI モデルのマニュアルより以下の 3 つの項目で計算を行う。

(A) 地表面のみ考えた場合



$k_v=0.0$ $k_a=0.0$

図 7 ケース A

(B) 地表面と地下浸透を考えた場合

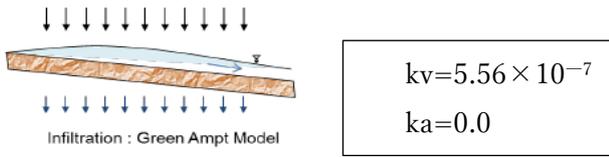


図8 ケース B

(C) 地表面と地下浸透、地上への流出を考えた場合

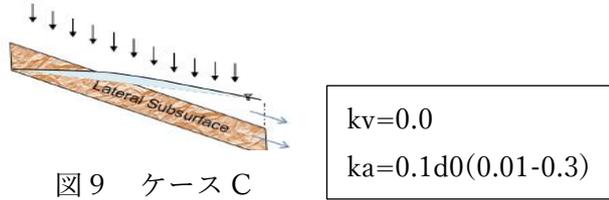


図9 ケース C

7. 計算結果

RRI モデルのパラメーター変更を行い、図で表す。本報では、RAIN1、RAIN2、RAIN3 のうち実際の分布を使用した RAIN2 の場合の結果のみ記載する。

1) 平成 20 年 8 月末豪雨

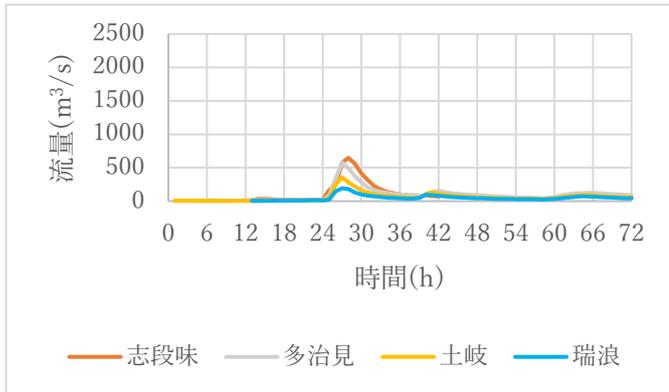


図10 平成 20 年 8 月末豪雨の流量

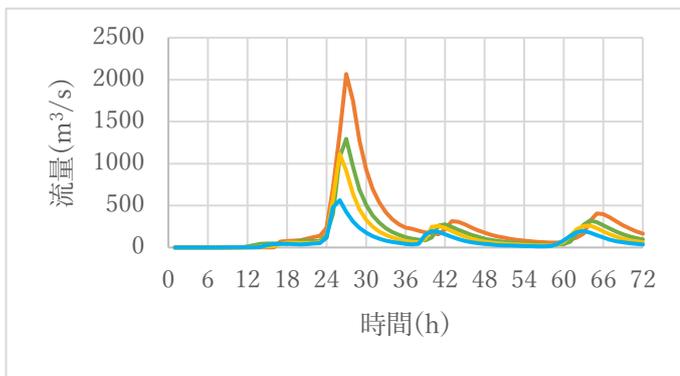


図11 ケース A

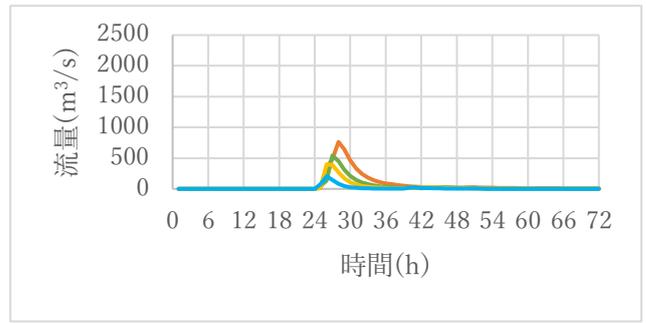


図12 ケース B

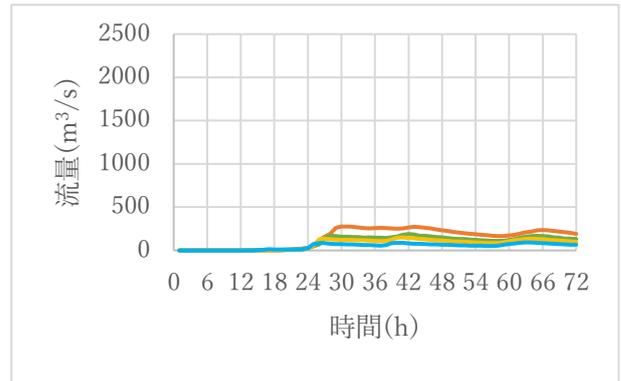


図13 ケース C

2) 平成 23 年 9 月台風

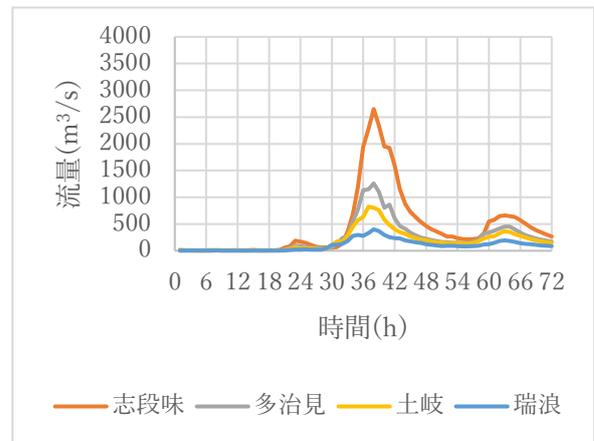


図14 平成 23 年 9 月台風の流量

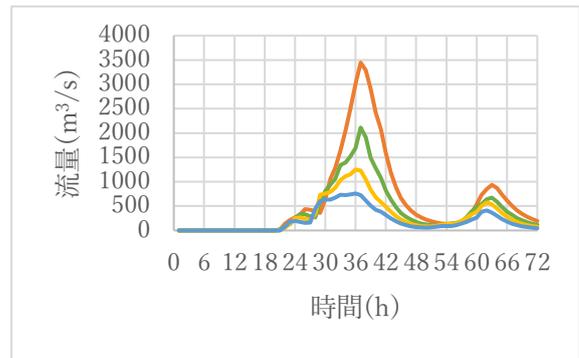


図15 ケース A

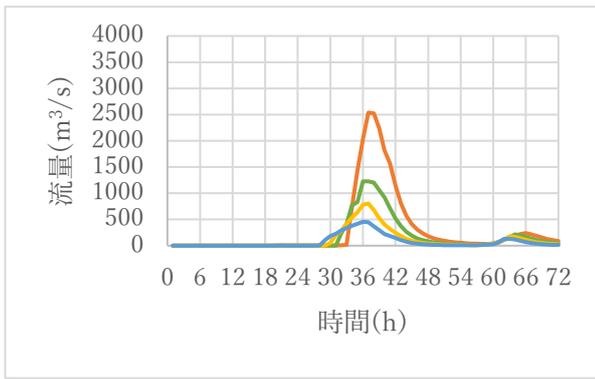


図 16 ケース B

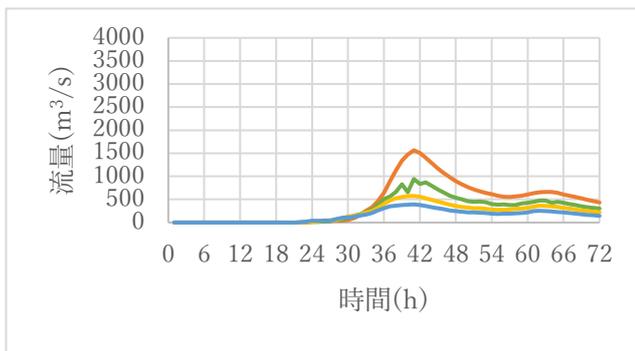


図 17 ケース C

8. 考察

1) 平成 20 年 8 月末豪雨

図 11～図 13 より、ケース A を使用した場合は、地表面のみを考えているため流量が大きくなった。ケース B を使用した場合は、地表面及び地下浸透を考えているため流量が大きく下がり、実際のデータと近い値となった。ケース C を使用した場合は、地表面、地下浸透、更に地上への流出を考えているため実際の流量に比べ、ピーク時の流量の値は小さい値となった。しかし、ケース B と比べ流量の変化具合が実際のデータと近いものとなった。よってケース B とケース C の二つについて細かいパラメーターの変更を行う必要がある。

2) 平成 23 年 9 月台風 15 号

図 15～図 17 より、ケース A とケース B を使用した場合は、上記の平成 20 年 8 月末豪雨のケース A とケース B の結果と同じ特徴を持つ結果となった。ケース C を使用した場合は、平成 20 年 8 月末豪雨

の結果と同様ケース B より流量のピークが下がり、ピークの時間に関しても少し後の時間となった。

9. おわりに

本研究では、実際の観測データを再現するには至らなかったが解析結果を近づけることはできた。この再現計算は、将来的に起こり得る豪雨や大規模な氾濫等の予測等にも活用が可能であるため、これからも検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター：rri.pdf (pwri.go.jp) (2024 年 1 月 25 日確認)
- 2) esri ArcGIS Online: 流向-ArcGIS Online | ドキュメント (2024 年 1 月 25 日確認)
- 3) esri ArcGIS Pro: 累積流量ラスタの作成の詳細-ArcGIS Pro | ドキュメント (2024 年 1 月 25 日確認)
- 4) 国土交通省 水門水質データベース：国土交通省 水文水質データベース (river.go.jp) (2024 年 1 月 25 日確認)
- 5) 世界の雨分布速報 JAXA GLOBAL RAINFALL WATCH, GSMAP : https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm (2024 年 1 月 25 日確認)

1. 研究目的

近年、異常気象や気候変動によるゲリラ豪雨や台風による水害が多発している。例として、2018 年に生じた西日本豪雨では四国地方で 1800mm、東海地方で 1200mm を超えるなどの豪雨があり、死者 224 人、行方不明者 8 人、などの甚大な被害になった。この様な事未然に防ぐために、庄内川全域の流域治水について検討し、庄内川で水害が生じた場合のハード対策を議論する。庄内川の下流には日本三大都市の名古屋市が位置することから、名古屋市が大きな被害を受けない対策を提案する。なお、本研究では降雨流出氾濫モデル(RRI)を活用する。

2. 解析モデルと必要なデータ

RRI モデルは、流域全体を格子単位で分割する分布型モデルであり、降雨を入力して降雨流出と洪水氾濫を一体的に解析する。降雨は流域斜面に入力し、河道と斜面で水の流れを計算するとともに、両者の水のやり取りを計算するものである。必要なデータは①降雨データ、②標高データ (Conditioned DEM) ③集水ピクセル数 (Flow Accumulation) ④落下方向 (Flow Direction) の以上の4つが必要である。①降雨データは気象庁なのでまとめてある実際の雨のデータを入力することや実際に起こりえない量の雨のデータを入力することが可能である。②標高データは地盤高を表していて、下図は庄内川流域である。③集水ピクセルは累積流量を、出力ラスタの下り勾配にあるセルに流れ込むすべてのセルの累計加重として計算するもので、加重ラスタを指定しない場合は加重 1 が各セルに適用され、出力ラスタのセルの値は各セルに流れ込むセルの数になる。④落下方向は8方向の流向を整数値で表したデータである。それぞれを図 1～図 6 に示す。

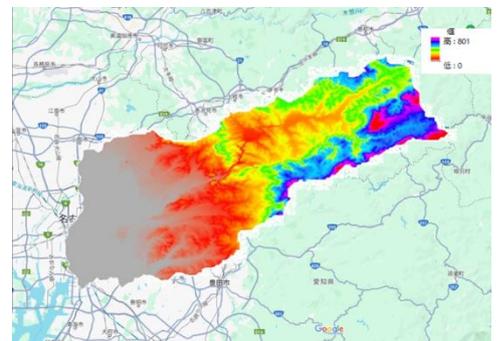


図-2 標高データ

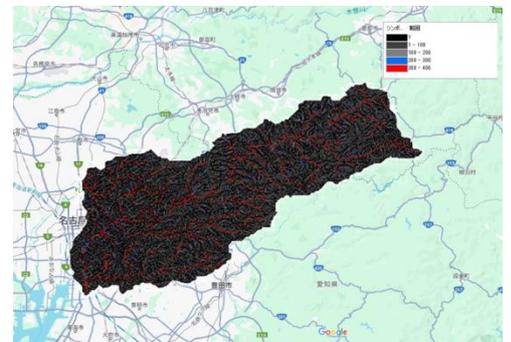


図-3 図化した集水ピクセル数データ



図-1 降雨データの表示 (全域一様降雨の例)

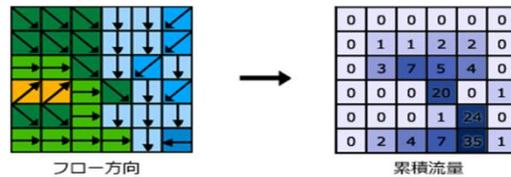


図-4 集水ピクセル説明図

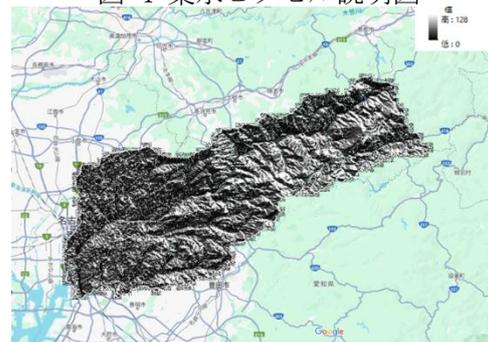


図-5 図化した落下方向データ

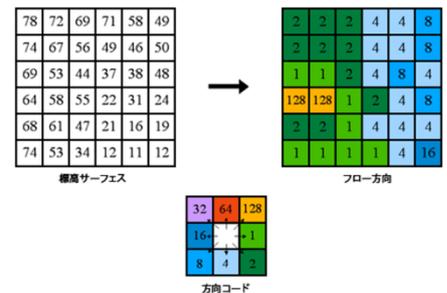


図-6 落下方向データ説明図

3. 計算領域

左岸側に大都市名古屋を持つ庄内川の流域を対象とする。計算領域を図-2に示す。

4. 計算条件

国土数値情報の土地利用詳細メッシュデータにより雨量が多い2011年9月19日から9月21日のデータによる庄内川流域の流量を算出した。また条件として、川幅と水深の数値を変えた。それによる流量の変化と最大浸水深を比較する。その他に標高データの田んぼのデータを変更し、40センチ下げた(図-8では凡例の4番が田んぼである)。田んぼの地盤を下げることにより、庄内川全域での流域治水を考え、川幅と水深が同じ条件のデータと比較する。Width4.0c-depth0.9cをcase1, Width4.0c-depth0.8c,をcase2, Width3.0c-depth0.9cをcase3, Width3.0c-depth0.8c,をcase4, Width2.0c-depth0.9cをcase5, Width2.0c-depth0.8cをcase6, Width2.0c-depth0.8cの条件で田んぼを40センチ下げたものをcase7として示した。流量の時間変化のポイントは図-7に示す。

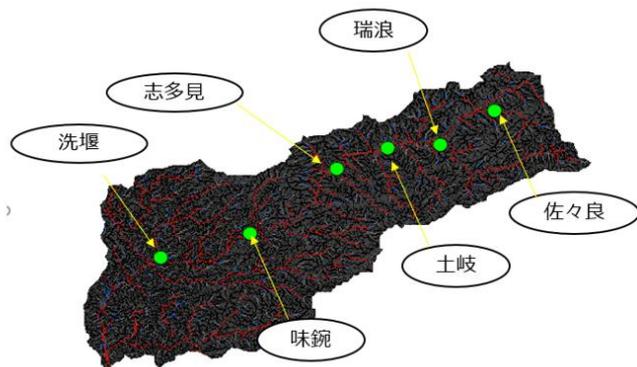


図-7 庄内川流域ポイント

Width4.0c-depth0.9cをcase1, Width4.0c-depth0.8c,をcase2, Width3.0c-depth0.9cをcase3, Width3.0c-depth0.8c,をcase4, Width2.0c-depth0.9cをcase5, Width2.0c-depth0.8cをcase6, Width2.0c-depth0.8cの条件で田んぼを40センチ下げたものをcase7として示した。流量の時間変化のポイントは図-7に示す。

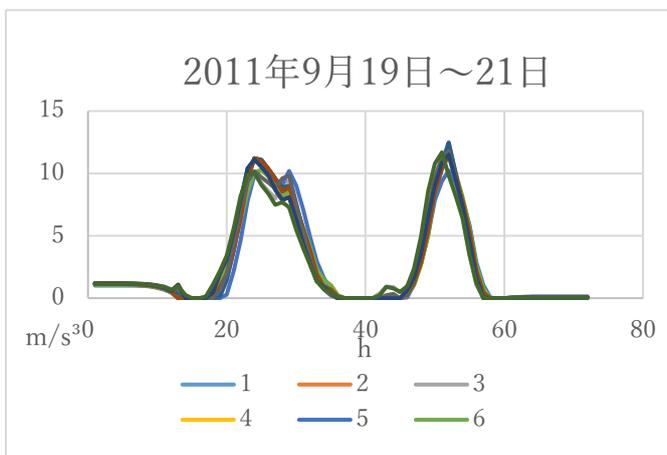


図-8 降雨データ図化

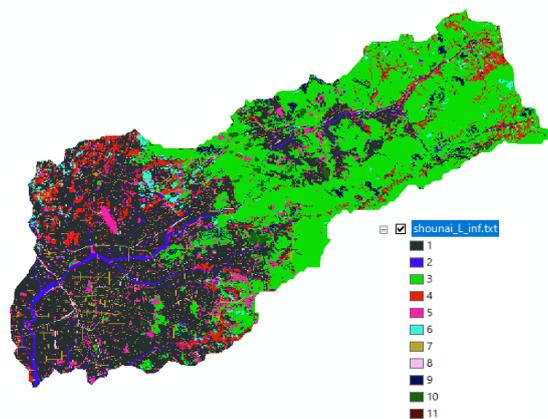


図-9 庄内川流域区分けデータ

5. 解析結果

計算結果から降雨と各場所の流量が同じような時間変化を示している。どのcaseでも味鏡、志多見、土岐、瑞浪、佐々良、洗堰の順に流量が大きくなる。川幅の変化による影響では、case1とcase5を比較するとcase1では50時間後の味鏡は1200m/s³を超えているが、case5を見ると50時間後の味鏡は1200m/s³を超えていない。この結果から川幅が小さいほど流量が減ることが分かる。河川の水深の変化による影響について、case5とcase6では、50時間後の味鏡の流量が小さくはあるが減っていることが分かる。case4とcase3も同じ様な結果になっている。このことから河川の深さ(水深)が小さいと流量が減ることが分かる。Case6とcase7の一番の大きな違いは20時間から40時間のグラフである。Case6は味鏡だと600m/s³、志多見だと400m/s³を超えない流量にも関わらず、case7では味鏡が1000m/s³、志多見では800m/s³を超えている。約2倍近くも差ができてしまった。田んぼの地盤を下げ、そこに水をため流量を抑えるはずが、流量が多くなった。

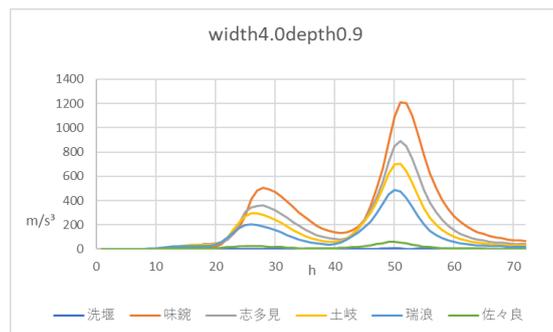


図-10 case1の流量の時間変化

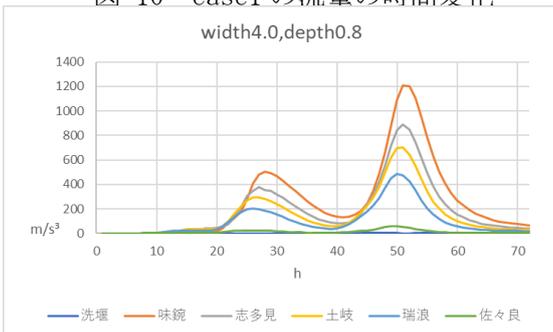


図-11 case2の流量の時間変化

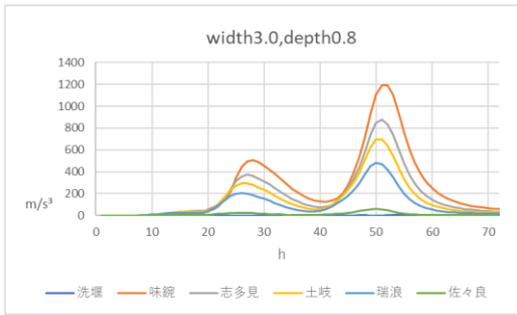


図-12 case3 の流量の時間変化

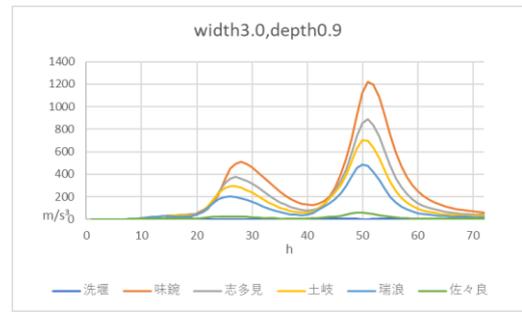


図-13 case4 の流量の時間変化

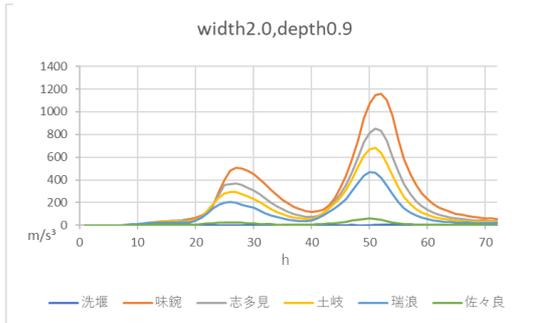


図-14 case5 の流量の時間変化

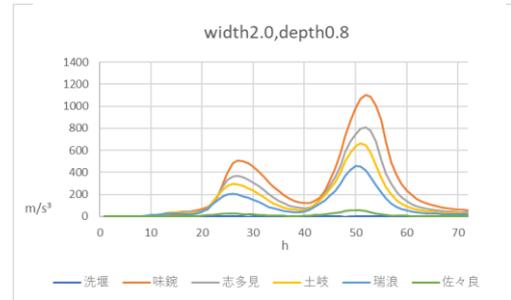


図-15 case6 の流量の時間変化

最大浸水深 では Case1,case2,case3,case4,case5,case6 を見ると名古屋付近に川の水が多く集まっている。標高データを見てみると名古屋付近の地盤高が低くなっていることから名古屋付近に川の水が集まっていると考えられる。case1, case3,case6 の川幅だけを変えた場合、川幅が狭いと川が氾濫しやすくなると結果から分かる。Case5,case6 の水深だけを変えた場合、水深を下げると川が氾濫しており、同様に case1.case2 と case3,case4 も水深が下がると水の氾濫域が広がっているの、水深が下がると水が氾濫しやすくなると結果から分かる。case6 の土岐付近では川の水が集まっていた。Case6 が一番氾濫しやすくなっていることから、ある一定の基準から上流にも川の水が集まる可能性があるかと推察できる。case7 の名古屋付近の 0.5-1 の範囲が大きく広がっている方が分かる。0.1-0.2 の範囲が 0.2-0.5 に変わっている場所もある。上流の方でも case6 と case7 と比較すると土岐付近でも case7 の浸水が深くなっている。Case7 は想定した時では case6 よりも浸水深が浅くなると考えていたが、結果はより浸水深が深くなった。

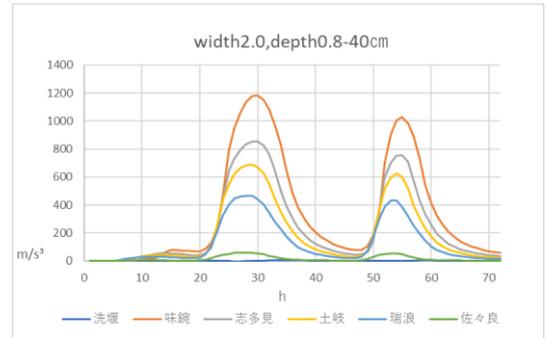


図-16 case7 の流量の時間変化

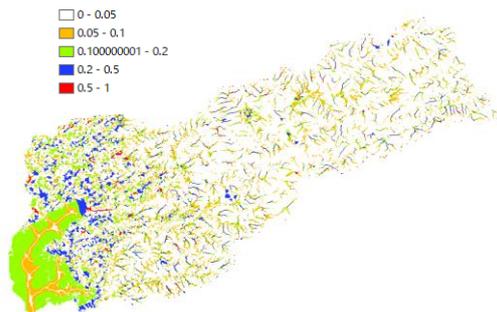


図-17 case1 の最大浸水深

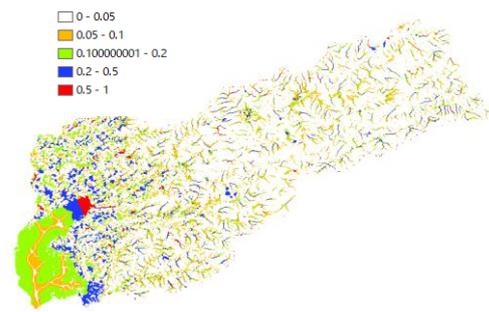


図-18 case2 の最大浸水深

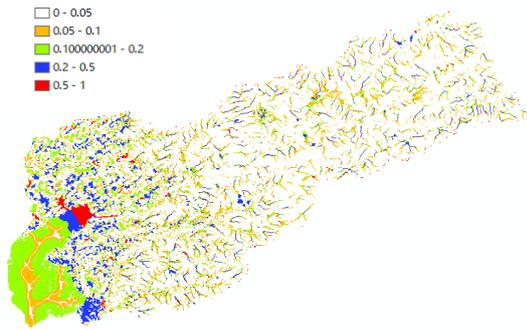


図-19 case3 の最大浸水深

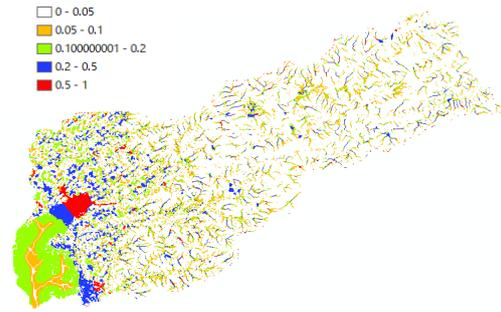


図-20 case4 の最大浸水深

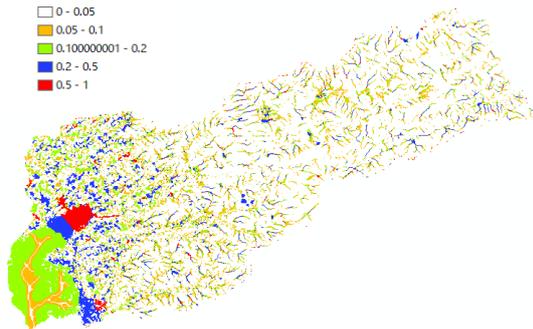


図-21 case5 の最大浸水深

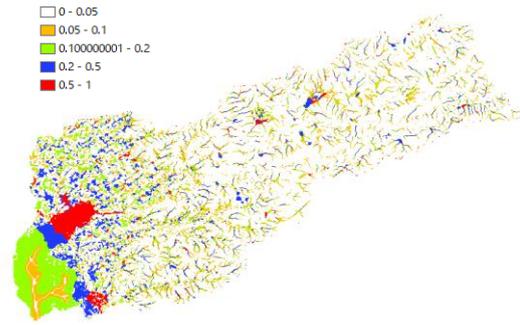


図-22 case6 の最大浸水深

6. 今後の課題について

庄内川流域で川を氾濫させて流域治水を考えたが、想定している事にならない結果となってしまった。RRI(降雨流出氾濫)モデルの使い方をより知る必要がある。

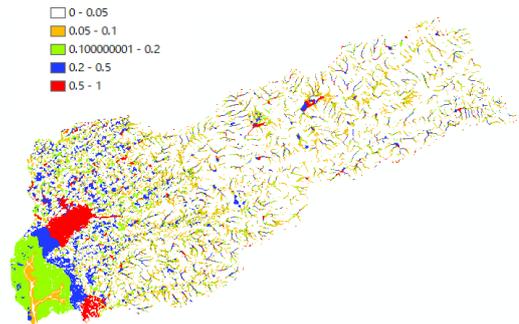


図-23 case7 の最大浸水深

参考文献

- 1) 西日本新聞. 流域治水のイメージ - 被害軽減へ「流域治水」 越水前提、全域で予防 熊本豪雨 4 カ月 - 写真・画像 (2/2)
流域治水のイメージ - 被害軽減へ「流域治水」 越水前提、全域で予防 熊本豪雨 4 カ月 - 写真・画像 (2/2)
| 【西日本新聞 me】 (nishinippon.co.jp) (2024年2月29日確認)
- 2) 水文水質データベース
国土交通省 水文水質データベース (river.go.jp) (2024年2月29日確認)
- 3) GSMaP を使って RRI 用の降雨データを作成する
GSMaP を使って RRI 用の降雨データを作成する | SK ラボ.net (sk-lb.net) (2024年2月29日確認)

春日井市地蔵川流域の降雨流出に関する現地観測と数値解析

EC20015 奥山和哉

1. 研究目的

近年、ゲリラ豪雨による内水被害が多発しており、詳細な内水氾濫の発生メカニズムと対策の検討は喫緊の課題である。効果的な対策の検討のためには、都市における詳細な内水氾濫が表現できる解析モデルが必要となる。また、解析モデルを構築したとしても、その検証を十分に行うことができなければ、解析モデルの評価が難しい。従って、降雨時における都市浸水のモニタリングは非常に重要な課題である。著者らは春日井市の地蔵川・八田川流域を対象とした解析モデルを構築し、下水道のマンホールの推移を計測し、そのデータの活用と共に数値解析結果の検証を行いモデルの改善を行った。本研究では、都市における降雨時の河川流量の観測を検討し、氾濫解析の検証に有用な情報を増やすことを目的に、地蔵川が映っている動画を整理することで、画像から流速を測定する Hydro-STIV¹⁾を用いて、流速及び流量観測を検討した。さらに、得られた観測地を用いて著者らが開発している内水氾濫解析モデルの精度検証を行った。

2. 流量観測の概要

本研究では春日井市が所有している動画を活用して流速測定を行う。春日井市から情報を提供いただき、YouTube にアップされている柏井、松新、勝川の動画データを入手した。この画像の地点情報を得るために測量を行い、Hydro-STIV を用いて、2023 年 9 月 10 日 14:50~16:40 の動画情報から流速・流量を求めた。なお、この日は観測場所近く春日井市役所において 14:40~15:10 まで降雨が観測されており、総降水量 50mm であった。



図.1 観測地点

Hydro-STIV の活用においては、以下の点を工夫した。

- ①まず、動画データを 10 分毎に区分して流速を求めた。得られた結果には、すべての測点で流下している流速値が得られる場合もあったが、一部逆流した結果もあった。対象としている河川は直線水路であり、洪水時に 1 測点だけの逆流はエラーであると判断し、その部分は周りから補正して流速を求めた。
- ②次に、10 分毎に区分した最初の 1 分を使用して流速を求めた。その場合、多くの測点で逆流が見られる点は改善されたが、一部逆流が生じていたので、その点については①と同様に周りから補正した



図.2 観測地点の様子



図.3 松新の水位変化の様子

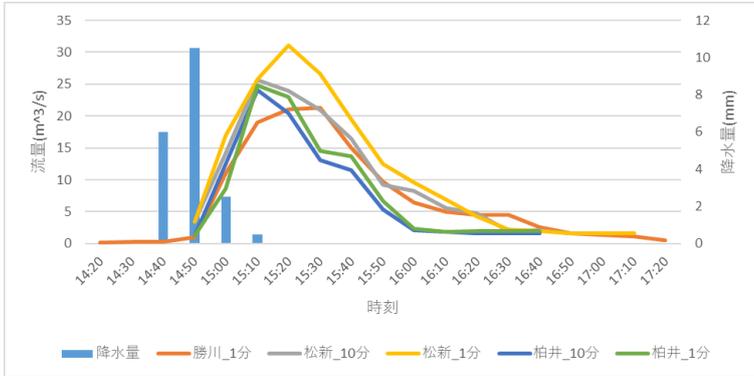


図.4 得られた流量の時間変化

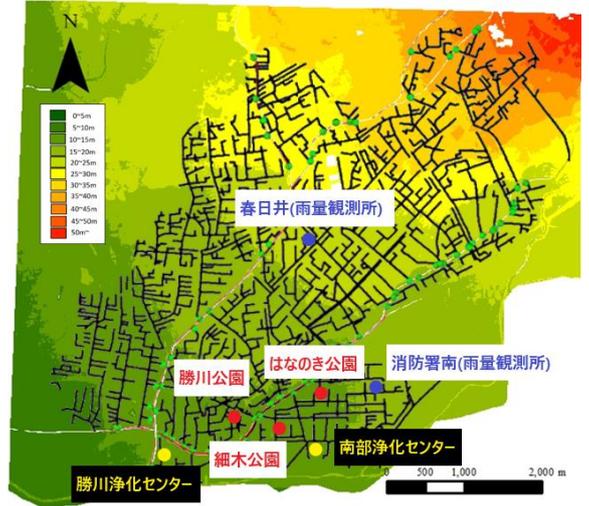


図.5 計算領域，下水道ネットワーク，貯水槽，排水箇所の情報

③水位については画像から目視にて設定し，得られた流速分布の平均流速×断面積により流速を求めた．用いた動画の様子を図.3に，得られた流量を図.4に示す．図.3から河川水位が大きく変化していることが分かる．また，図.4から，流量の時間変化が理解できる．なお，勝川10分は多くの箇所で逆流が生じており使用できないと判断した．柏井と松新・勝川は同一の河川であり，観測地点も近く流量は一致するものと考えられるが，一致は見られなかった．松新(10分)と柏井(10分，1分)ではピーク流量が一致した．また，ピーク流量以降の時間変化は，柏井の10分と1分の結果，勝川(1分)と松新(10分)の結果(遅れて松新(1分))の結果が一致した．

3. 解析結果

本研究では，横倉ら²⁾の解析モデルを使用する．計算領域は図.5のとおりであり，地蔵川・八田川とその領域の地盤高，下水道，貯水槽，ポンプ排水などを考慮し，降水観測地点を用いたティーセン分割を行い，降雨を与えた．流量の観測値と解析値を比較したものが図.6である．ここでは流出係数 0.5~0.7，1 と変化させた結果を示しているが，流出係数 0.5~0.7 の条件下で観測値と概ね一致した．しかし，解析結果は観測値よりも遅れて流量の時間変化が表れており，この点は今後の検討課題である．

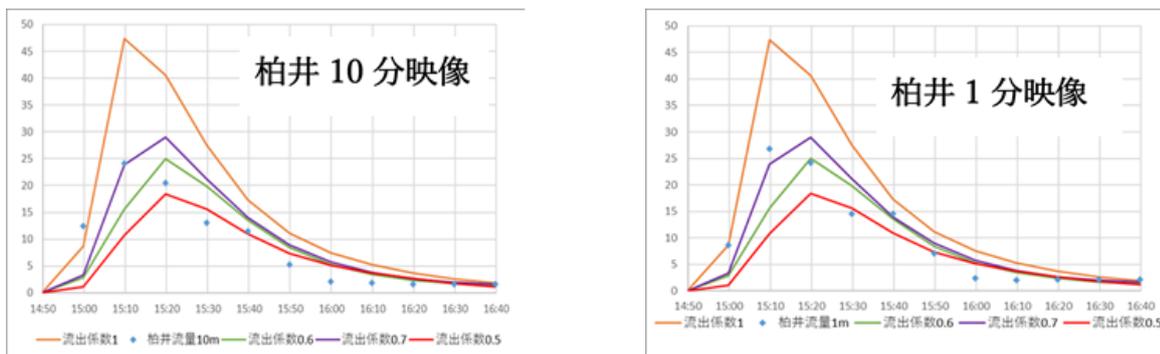
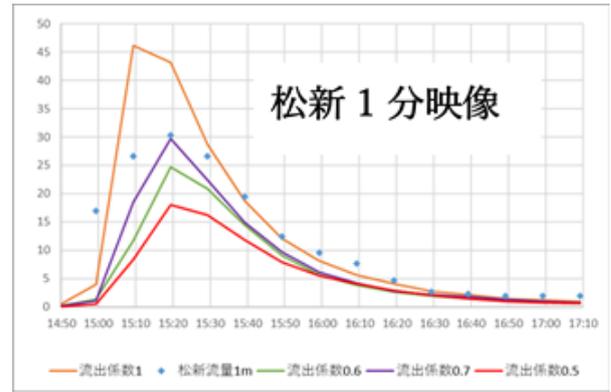
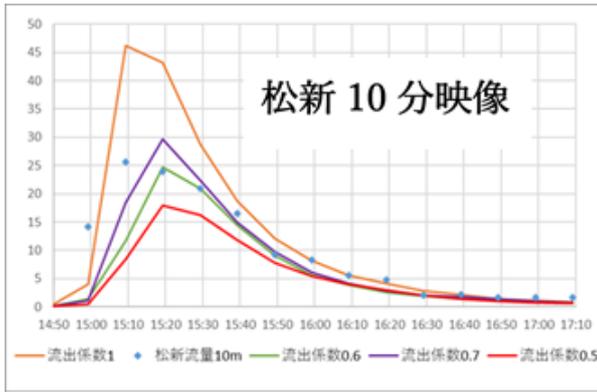


図.6 数値解析と観測値の比較(その1)



4. 考察

今回、数時間ある映像データを10分毎に区切った映像と、その10分のうち、冒頭1分のみを扱った映像でHydro-STIVの解析を行った。この2つの方法のうち、より正しい解析結果として扱うことができるのは1分の映像データの解析結果である。その根拠は、Hydro-STIVを使用する際、水位を入力する必要があるが、この水位は映像冒頭の水位に合わせているため、1分間の水位変化では解析結果に大きく影響しないが、10分間の水位変化では解析結果に大きく影響するためである。幸い、本研究では小規模の降雨であったため、解析結果に影響がなかったが、降雨状況が異なれば解析結果に大きく影響を及ぼすと考えられる。

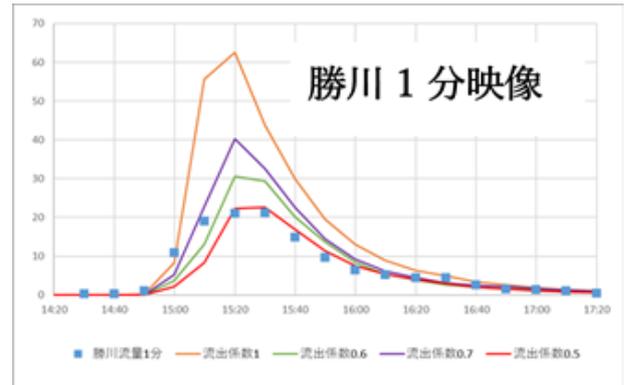


図.6 数値解析と観測値の比較(その2)



10分後
→



図.7 10分間の水位の変化

また、全体の流量比較図(図.4)の通り、松新の1分区切り映像の解析結果のピーク流量が大きく他とは異なっているのが分かる。そこで、問題の映像データを3回解析し直した(図.8)。その解析結果によると、検査線の引き方が解析結果の差を生み出している。1, 3回目は検査線が木と被さっており、解析結果もほかの映像データより大きな流量が出た。2回目の解析結果で流量を算出したところ、概ねほかのデータと流



図.8 解析結果の違い (その1)

量が一致していた。

これより、結果の均一化のためには検査線の引き方を統一する必要がある。さらに、より Hydro-STIV の有用性を確認するためには、その他の流速観測ツールと併用する必要がある。

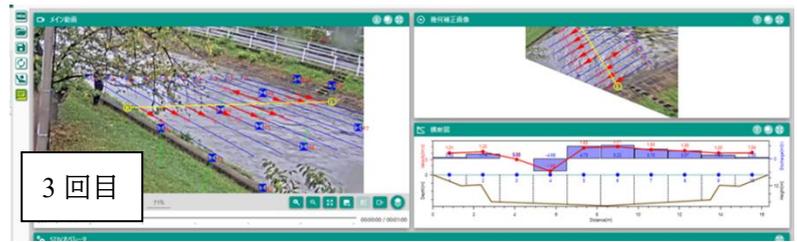


図.8 解析結果の違い(その2)

また、今回の Hydro-STIV の結果を見ると、大きく分けて 2 パターンの流量変化がみられる。1つは柏井のように流量減少が速いパターン。2つ目は松新・勝川のように緩やかに流量が減少していくパターン。この2つの違いは外部からの流量の追加によって生まれる。柏井と松新の間には下水道放出口があり、そのため柏井は流量減少が速く、松新・勝川は流量減少が遅くなった。



図.9 下水道放出口の位置

また、Hydro-STIV と数値解析の結果からこの地域における流出係数は 0.6~0.7 になると考えられる。目安として、密集市街地が 0.9, 一般市街地 0.8, 畑・原野 0.6, 水田 0.7, 山地 0.7 なので、適切な範囲内であるといえる。

一連の結果から横倉らの数値解析には十分な内水氾濫として機能するのか検討する。まず、最初に降雨時のデータが少ないため Hydro-STIV で本解析モデルの完成度を測るのが難しく、現段階では大規模なゲリラ豪雨、台風などの内水氾濫対策のツールとして使用出来るとは言えない。しかしながら、小規模の降雨の際には今回の結果から大きな相違はなく、土地の低い場所に建つ家屋の浸水被害対策程度の役目は十分に果たせると言える。

また、本研究の改善点として、カメラの位置が悪いという点が挙げられる。幾何補正によってある程度奥行きのある映像の補正はできるものの、カメラの位置的に、斜面で河川の水際が隠れたり、草木や標識等で水面がうまく映らなかったりと問題は多い。これらの問題は、河川の真上にカメラを設置することで解決できる。

5. まとめ

本研究では、都市浸水をモニタリングするために降雨時の河川の動画情報から Hydro-STIV を用いて流速及び流量測定を行った。得られた成果より流量の時間変化が把握でき、数値解析の結果からも流量係数 0.6 の解析流量と観測流量が一致した。これは、自然の残る都市を考えれば概ね妥当な結果と考える。今後は、サンプルデータを増やし、今回よりも適切な解析結果の得られるカメラの位置や検査線の引き方を検討することが課題である。

参考文献

1) 株式会社ハイドロ総合技術研究所:Hydro-STIV 操作マニュアル

https://hydrosoken.co.jp/data/img/Hydro_STIV_brochureA4_jp.pdf 最終確認(2024/1/25)

2): 横倉昌信・武田 誠・村瀬将隆：春日井市における内水氾濫解析モデルの改良とその活用の試み，土木学会論文集 B1(水工学), Vol77, No2, I_529-I_534, 2021.

春日井市の中小企業を対象とした
BCP の普及に関わる検討

EC20022 河合真誠

1. はじめに

1.1 日本の現状

近年、日本では台風や集中豪雨による水害が多発している。図1は、1年間の時間雨量50mm以上の回数を表している。1976年から1985年の年平均は226回であるが、2013年から2022年の年平均は328回と約1.5倍増加している。また、2018年の西日本豪雨、2019年の東日本台風、2020年の7月豪雨などの豪雨災害が毎年起こっており、災害が激甚化していることがわかる。春日井市では過去に、平成12年に東海豪雨、平成13年に台風15号で市内が浸水しており、水害の危険性があることが分かる。

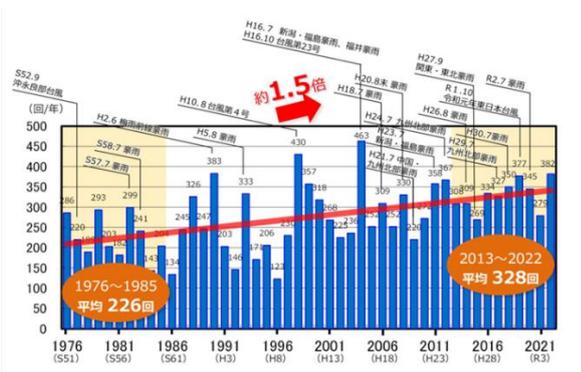


図1 1時間降水量50mm以上の年間発生回数 (5)

1.2 BCPの概要及び普及率の現状

BCPとは、Business Continuity Planの頭文字をとった言葉である。企業が自然災害などの緊急事態に遭遇した場合において、事業資産の損害を最小限にとどめつつ、中核となる事業の継続あるいは早期復旧を可能とするために、平常時に緊急時行なうべき活動や緊急時における事業継続のための方法、手段などを取り決めておく計画である。各中小企業がBCPを作成する場合には、様々な機関が出している雛形を選び使用している。ここでは本研究で使用した中小企業庁の雛形について説明する。中小企業庁のBCPの雛形は、入門コース・基本コース・中級コース・上級コースの4つのコースがある。(1) その中

の基本コースは、他のコースより取り組みやすく、運用することが十分可能である。基本コースで作成する項目は16個あり、大きく分けると5つに分けることができる。1つ目が従業員の情報、2つ目がお金に関する情報、3つ目が避難に関わる情報、4つ目が取引先の情報、5つ目が資材などの情報である。作成メリットは以下の3つだ。1つ目が、緊急事態への対応力が高まること。2つ目が、損害の最小化を図れること。3つ目が、顧客からの信頼度が高まること。これらの作成メリットがあるにもかかわらず、春日井市の中小企業の多くがBCPに興味を薄くしている。写真1は、2023年8月2日に春日井商工会議所で行われた「水防災タイムライン・BCPセミナー2023」の様子である。春日井市の総企業数11932社に対し参加した企業は11社であった。



写真1 防災タイムライン・BCPセミナー2023

1.3 本研究の目的

1.2から、春日井市の中小企業でのBCPの普及率は低いことが分かる。そのために、普及率が低い原因を見つけ解決策を検討する。さらに、解決策に基づき具体策を作成する。この具体策を元に、春日井市のBCPの普及率の向上を目指すことを目的とする。

2. 現在の課題点

春日井市のBCPの普及率が低い原因を3つ考察した。

- ① BCPの作成が難しい・複雑である
- ② BCPを作成するメリットを企業が理解していない
- ③ 春日井市が災害に強い街と企業が認識している

3. 課題の解決策

3つの課題点に対して、下に解決策とその具体的な対策を示す。

- BCPの作成を容易にする
→BCPの作成方法を、セミナーを開催して説明する。
- BCPの作成を支援する
→BCPの見本を基に、共同して作成する。
- BCPを作成するメリットの説明を行い、広めていく
→セミナーを開催し、BCPのメリットについて説明する。
- 激甚化している災害の説明を行い、危機感を持つ取り組みを行う
→セミナーで激甚化している災害について説明し、危機感を持ってもらう

以上をまとめ、3つの活動ができると考えた。1つ目がBCPの作成方法・作成メリット・激甚化している災害についてセミナーを開催し説明すること、2つ目がBCPの見本を作り、作成の手本とすること、3つ目がBCPを共同して作成することである。

4. 活動内容

3つの具体策のうち、「BCPの見本を作り、作成の手本とする」と「BCPを共同して作成する」がBCPの普及率向上に効果的と考え、4.1、4.2の活動を行った。

4.1 BCPの見本を作り、作成の手本とする

中小企業庁の基本コースの雛形を使用しBCPを作成した。必要となる情報は、想定会社を作成し使用した。

〈想定会社の情報〉

場所 春日井市
従業員数 50人から100人程度
業種 建設業
特徴 地域を水災害が発生しやすい川沿いの勝川南部地域

図2~4は作成したBCPの一部である。

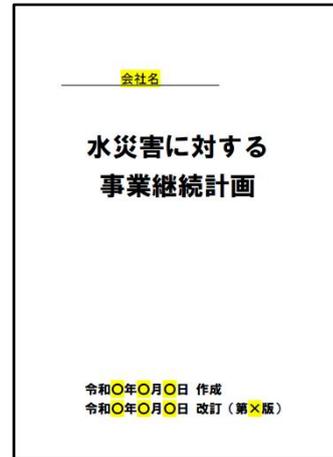


図2 BCP表紙

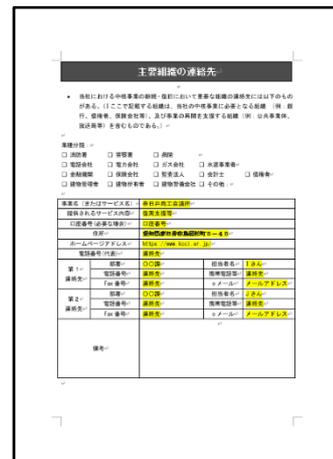


図3 BCP内容

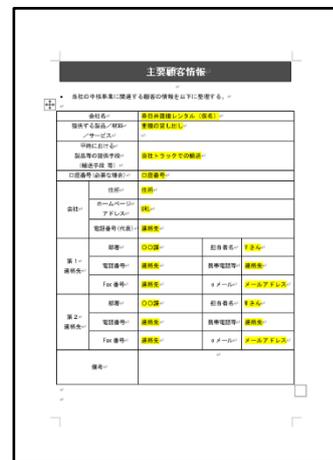


図4 BCP内容2

4.2 BCP を共同して作成する

4.1 で作成した BCP を持ち、春日井市の建設業の秋吉組を訪問した。秋吉組では、すでに BCP を作成していたため、「BCP の作成で困難だったこと」、「どうしたら BCP の普及率が向上するか」などを討論した。

〈討論内容〉

BCP を作成した理由

BCP を作ってメリットはあったか

BCP の作成する困難だった点

BCP の改善点

BCP の普及率の向上のために必要なこと



写真 2 秋吉組での討論

5. 改善点及び今後の活動

5.1 改善点

本研究を通して改善すべきと感じた点を理由とともに以下に示す。

① BCP の財務情報の記載を簡易化する

理由：BCP を実際に作成した私、秋吉組、BCP の作
アドバイスをくださった尾畑氏も財務状況の
項目を作成することができなかった。このこ
ことから BCP を作成する際の難点ということが
わかる。BCP をより強固にするためにはすべ
ての項目を作成するべきだ。また、BCP の普
及率の向上を図るためにも簡易化することで
手を付けやすくなると感じた。以上から BCP
の財務状況の記載を簡易化すべきと考える。

② BCP を作成するメリットを増やす

理由：現状作成するメリットは、「緊急事態への対
応力が高まる」、「損害の最小化を図れる」、
「顧客からの信頼度が高まる」の 3 つと少な

い。また、秋吉組との討論で業種によって作
成するメリットが薄れていることがわかつ
た。このことから作成するメリットが少ない
ことや、作成するメリットが薄いと普及率に
影響すると考えられる。以上から BCP を作成
するメリットを増やすことが必要と考えた。

③ BCP の成功例を広める

理由：本研究をしている際に BCP の成功例について
調べたが乏しく、詳しい記事を見つけること
ができなかった。そのため企業が作成する際
に、成功例が乏しいことから作成をとどまっ
ているのではないかと感じた。以上から BCP
の成功例を広めることが必要である。

5.2 今後の活動

改善点を踏まえて、BCP の普及率を向上させるた
めにすべき活動を理由とともに以下に示す。

① BCP の定期的な更新の補助をする

理由：BCP は、災害の激甚化や中核事業の更新など
から定期的な更新が必要とされている。BCP
の作成は、最近始まったばかりの活動で、
「BCP の更新が企業にとって難しい」や「更
新の目的がわからない」などの影響で更新す
る企業が 0 に近いと予想される。そのため
に、BCP の定期的な更新の補助を行いより強
固な BCP になる。以上から BCP の定期的な更
新の補助をする必要がある。

② 財務情報の記載について再度学び直し、作成方 法について説明できるようにする

理由：財務情報の記載の項目は BCP 作成の難所であ
る。そのため BCP の作成難易度が高く、普及
率に影響していると考えている。この項目を
説明ができるようになれば、作成が容易にな
り普及率が向上すると考えられる。また、こ
の項目は作成できていない企業が多いと予想
する。以上より早急に、財務情報の記載につ
いて再度学び直し、作成方法について説明で
きるようにすることが必要である。

③ BCPの基本コースから上級コースへのレベルアップ

理由：今回BCPの作成で中小企業庁の基本コースの雛形を使用した。基本コースの上には上級コースがある。この上級コースは、BCPに地域貢献活動や他社との活動などの項目があり、地域防災力の向上につながる。以上からBCPの基本コースから上級コースへのレベルアップが必要である。

④ BCPの成功例について調べ、広める

理由：BCPの成功例について調べた際、事例が乏しく、詳しい記事を見つけることができなかった。成功例が乏しいことから作成の意義を見いだせず作成をとどまっているのではないかと感じた。以上からBCPの成功例を広めることが必要である。

⑤ 防災でBCPを作るのではなく企業戦略としてBCPを作成する

理由：土木業界に限定になるが、国の機関が発注する工事にはBCPを作成している企業が受注できる可能性が高くなるシステムがある。このようなシステムの活発化や、システムを新しく作ることで、BCP作成の後押しになると考えられる。以上より、防災でBCPを作るのではなく、新しいメリットの1つ“企業戦略”としてBCPを作成することすることで、BCPの普及率の向上につながると考えられる。

⑥ 土木業界以外にも現状を調べ、共同してBCPを作成する

理由：本研究は、土木業界を対象としBCPを作成した。しかし、土木業界では災害時、インフラの復旧等に出動する。そのため、BCPの必要性が低いと感じた。しかし、製造業は作業機械のコストが高く受け入れ業者や他の業者とのつながりが他の業種より深いためBCPの必要性が高い。このようなBCPの必要性の高い業界をリストアップし、その業界にあったBCPの見本を作り共同して作成することで普及率の向上につながる。以上から、土木業界以外にも現状を調べる必要がある。

6. おわりに

本研究では、春日井市でのBCPの普及率が低い現状、BCPの内容・作成方法を知ることができた。また、実際にBCPを作成した秋吉組、尾畑氏とBCPについて討論を行なうことができた。さらに、BCPの改善点、BCPの普及率の向上のために今後行なうべきことを思案した。今後はBCPの普及率向上のために[5.2]に示した活動をすべきである。

参考文献

- 1) 中小企業庁，“中小企業BCP策定運用指針”，（参照 2023-11-21）
https://www.chusho.meti.go.jp/bcp/contents/level_c/bcpgl_01_1.html
- 2) 中小機構，“BCPのメリットまとめ”，2023-02，（参照 2023-11-21）
<https://kyoujinnka.smrj.go.jp/knowhow/merit/>
- 3) 春日井市，“事業所”，統計資料，2021-12，（参照 2023-11-21）
https://www.city.kasugai.lg.jp/res/projects/default_project/_page_/001/027/890/10_R3ziguousyo.pdf
- 4) 中小企業庁，“中小企業BCP策定運用指針”，2020-03（参照 2023-12-05）
<https://www.chusho.meti.go.jp/bcp/>
- 5) 国土交通省，“水害レポート2022”，2023-03，（参照 2024-01-01）
https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/pdf/suigai2022.pdf

中部地域の災害に関わる知識伝承の整理

EC20033 笹井丈一郎

1. はじめに

近年、日本では甚大な水害が多数発生している。また、地球温暖化の影響による豪雨災害、洪水災害、高潮災害の発生も否定できない。中部地方では10年近く大きな水害が生じていないが、近々南海トラフが起こるかもしれないなど大きな災害が起こる危険性はあるものと考えられる。

中部地方の代表的な災害として、「伊勢湾台風（1959年）」「東海豪雨（2000年）」が挙げられる。そこで、お年寄りの方々から、実際経験した災害について、ヒアリング調査をし、今の若者に災害の恐ろしさを伝承するのがいいと考えた。本研究では、中部地域の災害に関わる知識を調査し、その伝承の在り方について検討する。

なお、本研究で災害情報として挙げたものが「伊勢湾台風」「東海豪雨」であったので、その概要を以下に示す。

伊勢湾台風

1959年9月21日～27日に発生した災害。犠牲者が約5100人、負傷者約38000人という甚大な被害であった。



写真1 市街地の様子（名古屋市南区）¹⁾

東海豪雨

2000年9月11日～12日に発生した災害。犠牲者、負傷者は伊勢湾台風より少なかったが、豪雨だった

ため、浸水被害による家が倒壊する被害が多かった。約70000件の浸水被害があった。被害総額は8500億円であった。



写真2 西枇杷島町の様子²⁾

2. ヒアリング調査の概要

本研究では、春日井市役所（春日井安全アカデミー防災コースの2023年7月12日講義終了後、24名）、愛西市（2023年12月10日の第4回あいち防災リーダー会本部研修会終了後、19名）、実家（2024年2月4日、祖母とその友人4名）の合計3か所でアンケートおよびヒアリング調査を行った。

アンケート調査は以下のような項目で行った。

○氏名

○男性・女性

○年代

○どこで、どのような水害を体験しましたか？体験した水害について教えてください。（いつ、どこで、どのような原因で（例えば、庄内川が氾濫した、豪雨災害）、どのような被害でしたか？）

○体験した災害において、事前にどのようなこと（例えば、堰を作る、情報を知る、避難するなど）をしていれば、被害を受けなかった（被害が小さくできた）と思いますか？ご自由にお答えください。

3. 調査結果

図1に回答いただいた全ての方の性別を示す。また、図2に記憶にある災害の結果を示す。

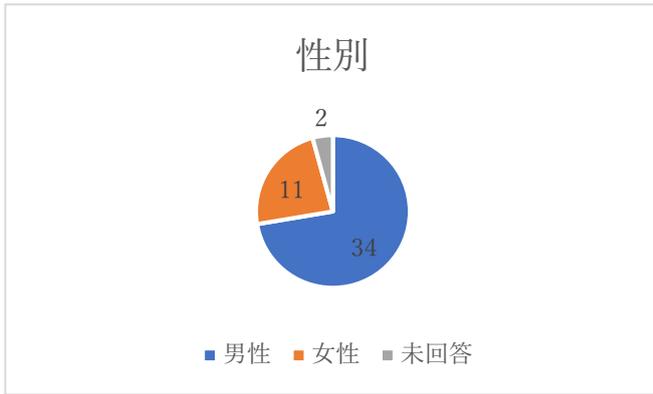


図1 性別

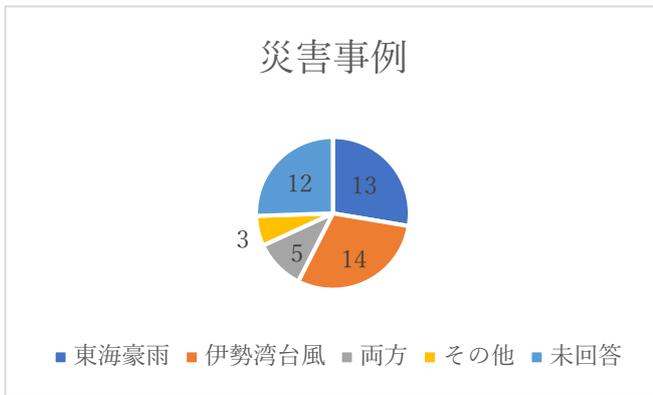


図2 災害事例

今回のアンケートでは合計47人の方々にご協力いただいた。私の想像ではもっと男性側の割合が多くなると予想していたのだが、女性にも多く回答していただいた。その中でも災害に関して詳しく勉強している方々（春日井市や愛西市）の意見と一般的な方々（祖父母）の意見の違いが良く見られた。前者の方々は災害に直接関することを書いている事例が多く、後者の方々は災害への準備に関して書いている事例が多かった。印象に残る災害はやはり伊勢湾台風と東海豪雨がほとんどであった。しかし、アンケートの内容を読むと伊勢湾台風の際は幼かったので何が起きているのかよくわからなかったなどの意見が多く見られ、自主的に活動していない様子が見えた。一方、東海豪雨の際は成人していたので、何が起ったのか、どのような被害にあったのかを明確に覚えており、自主的に災害に対して活動してい

表1 アンケート結果の一例（春日井市）

男	80代	伊勢湾台風	水害：被災体験、昭和34年伊勢湾台風9月26日、被災場所：海部郡弥富町前ヶ須*海南HP近く 木曾川堤防破壊（高潮） 11月未より～12月初にて堤防仮切完了 自宅にて60～80cm浸水。2階建。2階にて仮生活。高校卒業した年。小生は名古屋市内会社の寮にて年末まで生活。12月まで毎日海面の満潮・干潮を向かえて生活。
	60代	東海豪雨	2000年9月？大曾根交差点東区東片端（勤務地）からの帰宅時、豪雨のため公共交通機関がストップPM7:00頃 上司の車で高蔵寺まで帰宅を試みるが、大曾根交差点付近浸水のため不通。勝川～19号を経由し迂回に迂回を重ね高蔵寺着PM11:45頃？ JR中央線の155号アンダーパス水没車あり、近隣の知人の車も被害多数。

表2 アンケート結果の一例（愛西市）

男	60代	伊勢湾台風・東海豪雨	堤防の越水により1m～1.5mの洪水夜に洪水となったため家に一気に入ってきた水になすすべなかった。東海豪雨、早朝から水位上昇 前川の排水ができず小垣江駅浸水。駅前の駐車場にあった車の屋根まで水が浸かっていた。
男	70代	伊勢湾台風	昭和34年9/26伊勢湾台風名古屋港区に住んでいました。当時私は小学5年生でした。台風当日には停電し情報が一切はいつてこなく、家の中で親、兄たちと雨戸を抑えたり、雨漏りなどに対応した父親が玄関の所についたら水が入ってきた。早く逃げろといわれ、外に出て名古屋競馬場（当時の）に逃げるつもりでしたが、外に出たら膝ぐらまで水が来ていた。歩くのに大変だった。逃げる途中で2階のある家の人が入ってきなさいと言われ入った。家族とともに約2週間避難生活をさせてもらった。家は1.5mくらい浸かっていた。水道は出ていたが、食べ物がなく、皆様を持ち寄ったものを分けて食べた。

表3 アンケート結果の一例（祖母の友人）

性別	年代	災害例	1. どこで、どのような体験	2. 災害において重要な情報
女性	70代	東海豪雨	被害は受けていない。雨がひどかった。	
女性	70代	東海豪雨	家が浸水し、避難した。	
女性	70代	伊勢湾台風東海豪雨の際、浸水被害にあい近くの小学校に避難した。		
女性	70代	伊勢湾台風被害は受けていない。伊勢湾台風の際は風、東海豪雨の際は雨		

た。この結果を見て、幼いときは恐ろしさを実感しているが、災害対応について何も知らないというのがわかったので、様々な災害情報を伝えることは大事と考える。

今回のアンケート調査で得たコメントの一例を表1～表3に示す。今回の調査で得られた情報をまとめると以下のようなものである。

① ボランティア活動に参加してほしい

若い世代は災害の経験が少ないので、ボランティア活動に参加して、災害に関する知識を身に付けてほしい。ボランティアは若いときに参加していないと年配の方の参加は難しい。学校の授業などで参加などできるとなお良い。

② 情報をどのように得るかが大事

今の時代、災害は機器の発達により、危険な場所がある程度予測できる。その情報を活かさない手はない。よって、せめて自分の家の周りや職場での被害が起こりそうな場所は頭の中に入れておく必要がある。

③ 近隣住民とのコミュニケーションは取っておく

近隣住民とのコミュニケーションが必要だと考えるのは、自分の周りにどんな人が住んでいるのかを頭に入れておくと、実際災害が起こった時、助けあいができると考える。

④ 他人任せで動かない

具体的な内容としては、もし避難が必要な際には、自分から積極的に行動しようということである。もし、「みんなが避難しないなら、自分もしなくても大丈夫でしょう。」という考えは持つてはいけない。

4. おわりに

本研究では、災害に関する知識伝承を意識して、住民にアンケートをとり、所有する災害情報を整理し、防災・減災に対する活用できる情報を抽出した。

本研究の成果としては、3章にまとめた4つの項目が重要と考えられ、それぞれの達成のための取り組みをどのように進めるかがつぎの課題と考える。

参考文献

- 1) 内閣府防災情報のページ、災害教訓の継承に関する専門調査会報告書 平成 20 年 3 月 (1959 伊勢湾台風) https://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/kyoukunnokeishou/rep/1959_isewan_typhoon/index.html (2024 年 2 月 6 日確認)
- 2) 庄内川河川事務所、東海豪雨 20 年、https://www.cbr.mlit.go.jp/shonai/tokai_gou_20yrs/ (2024 年 2 月 6 日確認)

巨大高潮氾濫の避難所の被害評価と広域避難対策に関する検討

EC20039 杉田 貫志

1. はじめに

近年、気候変動による豪雨の影響により大規模な浸水被害が生じている。気候変動は台風の勢力にも影響を与えるので、今後、巨大台風が発生し大きな被害が生じる危険性もある。愛知県、三重県、岐阜県は過去に伊勢湾台風の被害を受けている。伊勢湾台風後に濃尾平野の地盤沈下が生じていることもあり、さらには、前述した気候変動による台風勢力の拡大の懸念もあるので、巨大台風に伴う高潮・洪水による大規模浸水の対策を検討することは非常に重要である。この課題に対して、東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会¹⁾（以下、TNT とする）が設立され多くの検討を進めてきた。本研究では、検討会の資料を活用しながら、被害想定に関する検討と広域避難における大学機関の活用を検討する。

2. 東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会 (TNT) について

本研究では TNT の議論を参考に、巨大高潮の被害想定および対策の検討を行う。なお、TNT では被害想定としては高潮・洪水を合わせて示しているが、広域避難に対する対象エリアは高潮のみとしている。また、アメリカでは事前の広域避難が実施されているが、日本においては組織的な広域避難が実施できていない。TNT の特徴的な対策として事前の広域避難を検討している。濃尾平野は日本を代表する海拔ゼロメートル地帯であり、破堤が生じた場合は浸水が長期化する恐れがある。したがって、高所避難を実施したとしてもすぐには浸水が改善しないことが想定されることから、事前の広域避難を重視している。TNT では危機管理行動計画が策定されている。その内容として、「被害想定／タイムライン」「情報共有／水防／避難計画」「教授／応急復旧計画」が示されている。本研究では、エリア毎の危険性をより明確にするために高潮氾濫時の小中学校（通常、避難場所として使用されている）の浸水状況の検討と広域避難個所としての大規模施設（道の駅や大学など）の可能性を検討する。

3. 高潮氾濫時の小中学校の浸水状況の検討

浸水被害を具体的に可視化することを目的に、図-2 のように高潮と洪水の最大浸水深の情報²⁾と小中学校・中学校の情報³⁾を重ね合わせて、被害の様子を確認する。対象範囲は、水害リスクの高いゼロメートル地帯を有する濃尾平野を中心とするエリアとした。得られた成果をまとめたものが図-3 である。このことから、対象範囲にある全 296 校の小中学校の 96% で高潮による浸水が想定され、高潮による浸水を受ける小中学校の 90% で 0.5m 以上の浸水が想定されることが分かる。小中学校は地域の避難所として活用されることが多いので、広域避難が重要であることが改めて示された。

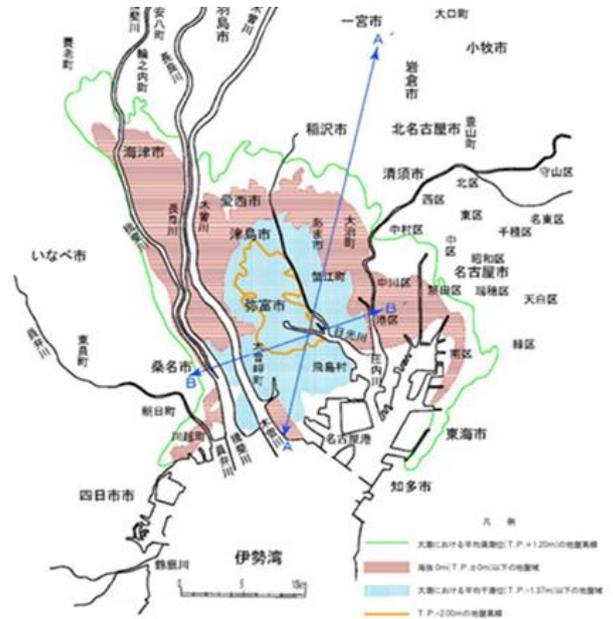


図-1 濃尾平野における地盤沈下の状況

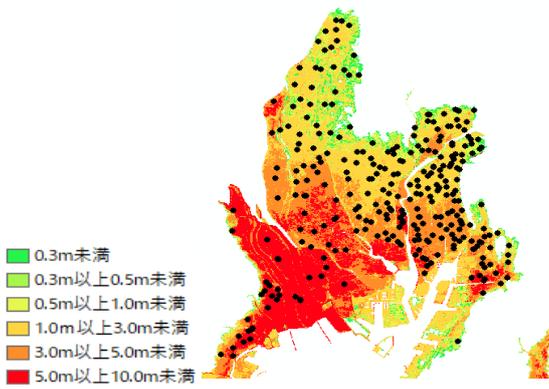
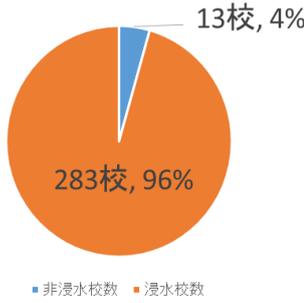


図-2 小中学校の浸水深

小中学校の浸水割合



小中学校の浸水深割合

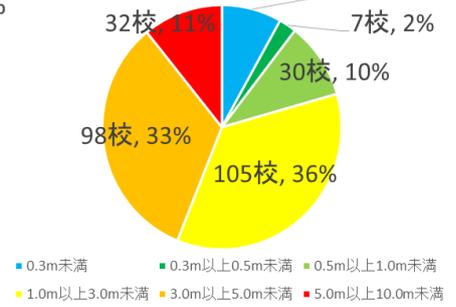


図-3 濃尾平野に位置する小中学校の高潮浸水想定

4. 排水を考慮した際の浸水深調査

排水を考慮することによって小中学校の浸水時間がどの程度になるかを知ることを目的に、図-4のように排水ブロックを設定し、ブロックごとの浸水ボリュームと地盤高のデータ⁵⁾から浸水深の変化を調査する。排水ブロックの設定とブロックごとの浸水ボリュームは、TNTから提供していただいた資料⁴⁾内のデータを参考にした。ブロックごとの浸水ボリュームは、表-1のように全ブロックで記されており、高潮浸想定シミュレーション結果における浸水深の最大包絡状態から6時間ごとの浸水ボリュームが記されている。得られた結果の一部を図-5から図-10に示す。はじめのうちは順調に浸水深が低くなっていったが、徐々に変化が緩やかになることが分かった。

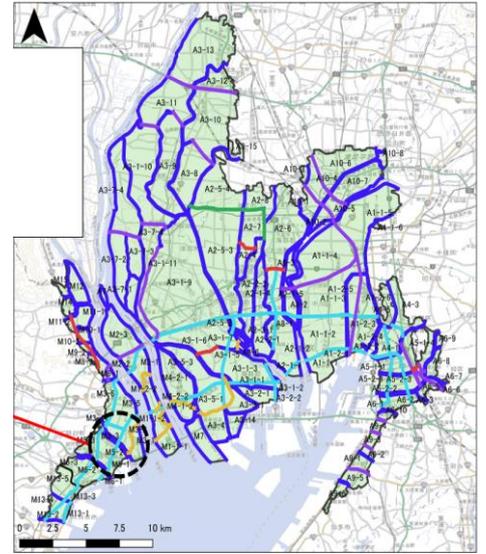


図-4 排水ブロック分割

表-1 排水ブロックごとの浸水ボリューム

排水ブロック	排水機構		浸水ボリューム (千 m^3)											
	施設名	排水機構による排水の可否	0時間後	6時間後	12時間後	24時間後	30時間後	36時間後	42時間後	48時間後	54時間後	60時間後		
A1-1-1	宝神処理場内ポンプ場	○	16,401	5,189	3,369	2,115	1,199	1,616	847	1,316	694	1,12		
A1-1-2	当知ポンプ場	○	38,541	18,603	13,082	8,807	6,836	7,217	5,539	6,378	4,834	5,79		
A1-1-3	打出処理場内ポンプ場	○	32,465	17,018	10,645	6,001	4,650	4,548	3,536	3,783	2,934	3,24		
A1-1-4			26,492	9,046	3,431	1,158	867	761	623	603	519	51		
A1-1-5			13,228	1,622	460	239	204	188	175	168	159	15		
A1-1-6			21	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
A1-2-1			82	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
A1-2-2			517	197	125	78	62	58	47	52	41	4		
A1-2-3	福川口防潮水門ポンプ所	○	3,111	1,431	870	444	314	281	228	231	184	21		
A1-2-4	福川口防潮水門ポンプ所	○	13,051	5,644	3,547	1,932	1,437	1,244	1,060	1,012	882	91		
A1-2-5			8,050	3,840	2,201	909	586	412	398	287	303	28		
A1-2-6	福川口防潮水門ポンプ所	○	9,083	3,411	1,710	559	334	225	206	145	151	11		

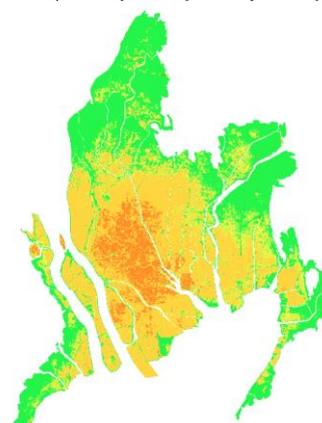
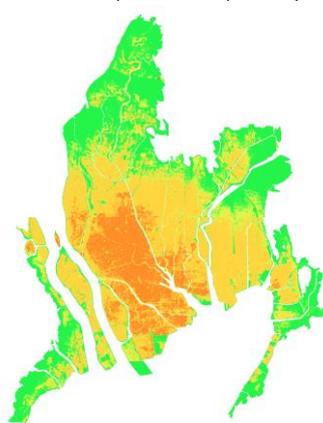
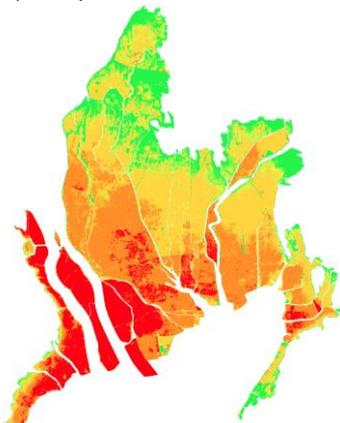


図-5 浸水状況 (0時間後) 図-6 浸水状況 (6時間後) 図-7 浸水状況 (12時間後)

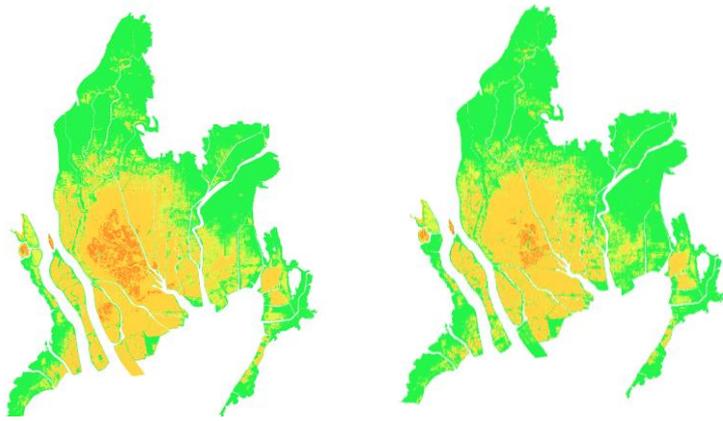


図-8 浸水状況(24時間後) 図-9 浸水状況(66時間後)

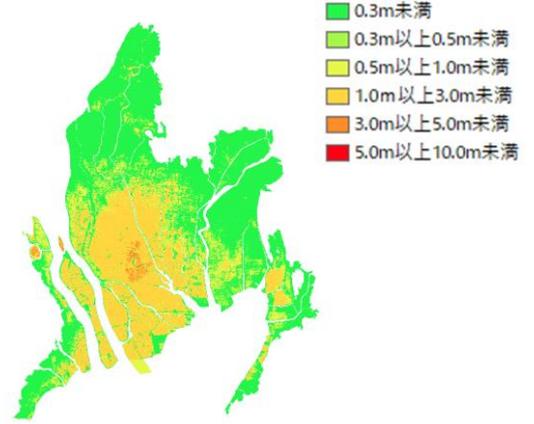


図-10 浸水状況(96時間後)

また, 得られた結果と小中学校のポイントデータを重ね合わせることで小中学校の浸水深の変化を求めた. 得られた結果から, 図-11 に示す4つの学校の浸水深の変化を図-12 から図-15 に示す. 小中学校の浸水深の変化に関しては, 地域によって浸水深の変化の仕方に特徴がみられた. 名古屋市 中川区に位置する赤星小学校では, 浸水深が右肩下がりになっていき排水が完了したのに対し, 弥富市に位置する十四山西部小学校では, 24 時間後を境に浸水深の減少が緩やかになり約 2.5m の浸水深のままであった. 一方, 三重県木曾岬町に位置する木曾岬中学校では, 浸水深が上下する結果になった. 原因としては潮位変動が影響していることが考えられる. 赤星小学校のように, 早い段階で浸水が引く小中学校は避難所として利用することができる可能性がある.

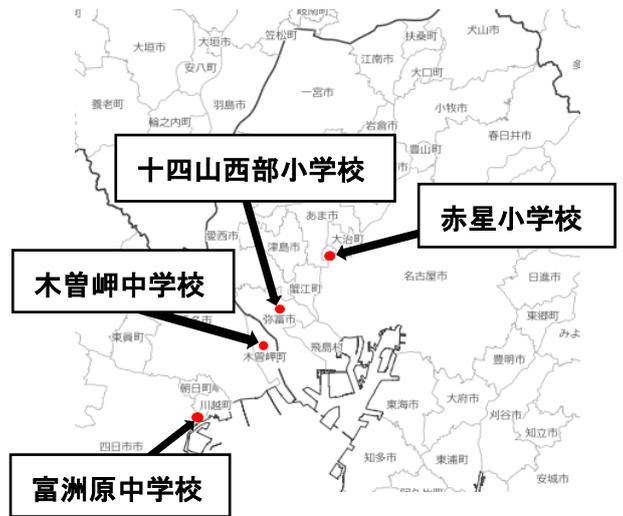


図-11 対象とした小中学校の位置

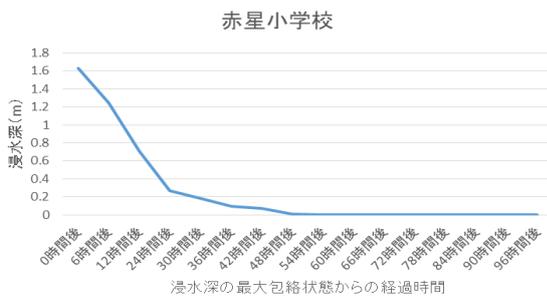


図-12 赤星小学校の浸水深変化

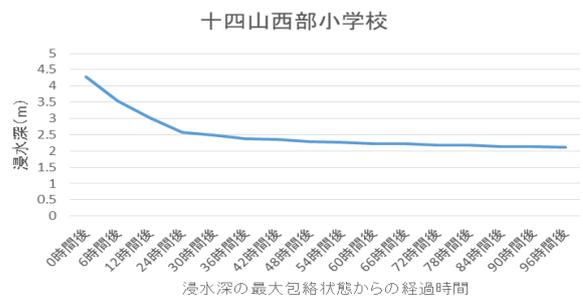


図-13 十四山西部小学校の浸水深変化



図-14 木曾岬中学校の浸水深変化

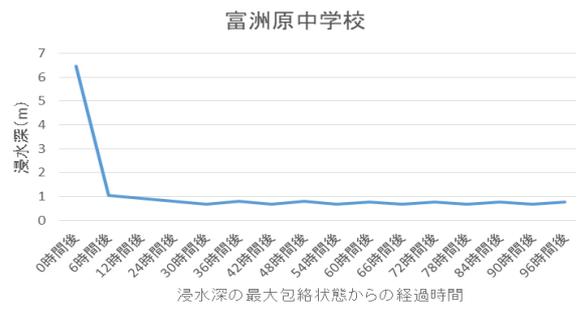


図-15 富洲原中学校の浸水深変化

5. 避難所の検討

ここでは、避難所として道の駅や大学といった大規模施設の活用を考える。広域避難所としての大規模施設の強みは、「広い敷地を有しており、ライフラインが充実している」「高潮などの被害を受けない場所に立地している場合が多い」「駐車場がある」であり、大学では「多数いる学生をボランティアに参加してもらうことで避難者のサポートができる」「訓練などでボランティアの学習・体験ができる（ボランティアの育成）」などがある。課題としては、「個々の施設や組織形態が多様なので統一的なマニュアルが作りづらい」「避難者を受け入れる準備が整っていない」などがある。また、大学では「教育研究機関としての本来の機能を維持・回復することに主眼が置かれ、避難所運営との両立が可能なのかが不鮮明」である。しかし、広域避難に対して事前に協議しておけば、課題も解決されと考えられる。さらに、地域が甚大な被害を受けている状況下で、大規模施設にも復興・復旧の役割が求められると考えられる。特に大学は学生という人的資源を有していることから、大きな役割が期待され、さらに、地域に貢献する活動を体験させることは学生教育の面からもプラスに働くものとする。

愛知県の市区町村のホームページに記載されている避難所指定されている大学を整理したものが表-2である。愛知県内で51校ある中で16校が避難所に指定されている。このことから、大学が避難所として指定されているケースは少なく、これから避難所となる大学は増える可能性があることが分かる。また、その中で広域避難場所として利用できるかの検討を行っていく必要があると考える。

6. おわりに

本研究では、TNTの情報を活用して詳細な被害想定を行うとともに、道の駅や大学を避難所として活用するメリットと課題が示された。また、排水を考えた浸水深の変化調査からは場所によって浸水が想定される小中学校でも避難所としての利用が見込めることが分かった。しかし、排水ブロックを考えた排水に関しては、浸水深の変化にほとんど影響していないことが分かったため、今後はより効率よく排水を行う方法を模索していくことが必要であることが考えられる。なお、ここでの考察は、定量的な情報が含まれていないことから実行力のある検討としては不十分であり、今後の検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 中部地方整備局：東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会ホームページ、
https://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/tokai_nederland/index.html（参照 2023-06-04）
- 2) 「国土数値情報（洪水浸水想定区域データ）」（国土交通省）(https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A31-v4_0.html)（2023年11月15日取得）
- 3) 「国土数値情報（学校データ）」（国土交通省）(https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P29-v2_0.html)（2023年11月15日取得）
- 4) 中部地方整備局：ファシリテーター会議資料 危機管理行動計画（第五版）「第11章排水・堤防復旧」参考資料、2023（参照 2023-10-20）
- 5) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス、
https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A31-v4_0.html（参照 2023-07-24）

表-2 避難所指定されている大学
(愛知県)

名古屋工業大学
愛知教育大学
名古屋文理大学
愛知学院大学
名古屋学院大学
名古屋商科大学
南山大学
日本福祉大学
愛知大学
至学館大学
中部大学
愛知淑徳大学
名古屋市立大学
中京大学
椋山女学園大学
名城大学

洪水・高潮氾濫による河川に関わる土木施設の被害について

EC20071 藤原 裕大

1. はじめに

近年、気候変動により大雨・短時間降雨の頻度・威力が増しており、さらに、台風の巨大化も懸念されることから、大規模な洪水や高潮の発生が想定される。中部地方では過去に伊勢湾台風を経験しており、巨大台風が襲来した場合の対応が東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会（以下、TNT とする）で議論されている。本研究は、大規模な洪水や高潮が中部地方で生じた場合に、河川流及び氾濫の様子、堤防・橋梁への影響を明らかにすることを目指した。さらに、現在、河川をはじめ水や土砂など水工学に係る数値シミュレーションのプラットフォームである iRIC が整備されており、多くの課題に対して適用されていることから、本研究でも活用することとした。

2. 研究対象の設定

本研究では、TNT の報告書を参考に、洪水と高潮による河川流解析と氾濫流解析を行い、河川に関わる土木施設（河川堤防・橋梁）への影響を検討した。なお、対象河川は庄内川、木曾川、揖斐川とした。洪水は計画規模と、気候変動を考慮した、計画規模の流量を 1.2 倍した場合の洪水を対象とし、高潮は伊勢湾台風と、スーパー伊勢湾台風を高潮の対象とした。本研究では、最初に庄内川で検討し、木曾川、揖斐川へと展開した。本概要では庄内川を対象とした計画規模の流量の 1.2 倍、スーパー伊勢湾台風の計算条件・検討結果を示す。また、解析は iRIC の Nays2DH（河床変動解析）と Nays2DFlood（氾濫解析）を活用して行った。

3. Nays2DH の計算条件

3.1 洪水・高潮の共通の計算条件

庄内川の河川地形情報は、庄内川河川事務所から入手し、志段味橋から庄内川河口を対象とする。

水文水質データベース¹⁾より、志段味観測所における、2021 年 9 月の流量を平均した値（ $35\text{m}^3/\text{s}$ ）を平常時流量とした。

平常時下流端水位について、下流区域は TNT の資料²⁾から庄内川河口近くの飛島村の平均満潮位（TPm） 1.35m を下流端水位として与え、上流区域は等流計算による水深を与えた。

河床材料について、庄内川河川事務所から入手した河床材料調査結果³⁾を基に粒度分布を与えた。

流量・水位については、3.2、3.3 に示す。

3.2 洪水のピーク流量について

ピーク流量について、庄内川河川事務所の河川概要⁴⁾の計画高水流量を採用した。図-1 に示す。計画高水流量では矢田川から流量が横流入しているが、iRIC 内で横流入を設定することができなかったため、矢田川からの横流入の前後で庄内川を二分劃し、それぞれ計算を行った。以後矢田川の横流入前を上流区域、矢田川の横流入後を下流区域とする。

計画規模を対象としたケースでは、下流区域のピーク流量を枇杷島の計画高水流量である $4400\text{m}^3/\text{s}$ とし、上流区域のピーク流量を枇杷島の流量から矢作川の流量（ $1400\text{m}^3/\text{s}$ ）を引いた、 $3000\text{m}^3/\text{s}$ をピーク

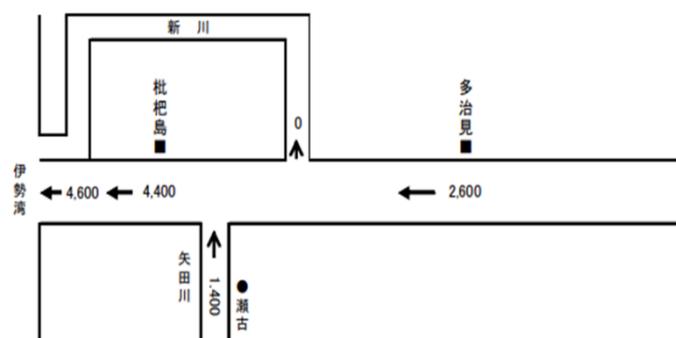


図-1 庄内川計画高水流量図⁴⁾

ク流量として計算を行い、計画規模の流量の1.2倍のケースでは、計画規模の流量を各1.2倍した流量をピーク流量として与えた。

3.3 高潮の最高高潮水位について

スーパー伊勢湾台風を対象としたケースでは、東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会の資料²⁾から庄内川河口近くの飛島村の最高高潮水位 (TPm) 6.4m を最高高潮水位時の下流端水位として与えた。

4. Nays2DH の計算結果

4.1 計画規模1.2倍流量による計算結果

本計算条件の結果をみると、庄内川下流区域の堤防の天端を浸食していることがわかり、堤防の洗堀の危険性がある。浸食部の平面図を図-2 に示す。

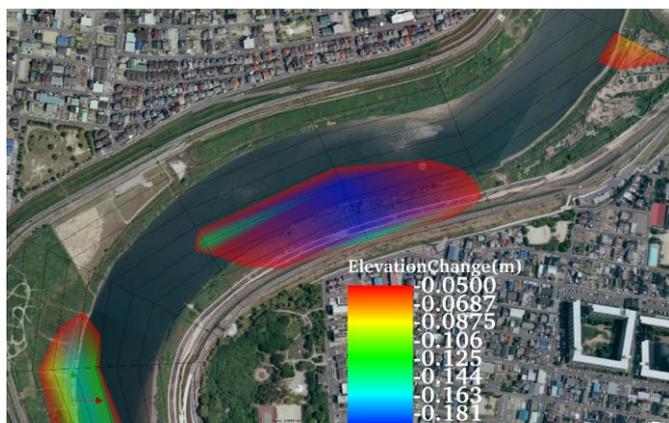


図-2 越流箇所の河床変動の様子

また、図-3、写真-1 に示すように、河床変動の結果から、橋脚の部分で浸食していることがわかる。図-3 に示す橋梁以外にも、3 橋梁橋脚の部分で浸食することがわかり、危険な橋梁であることがわかる。

4.2 スーパー伊勢湾台風の計算条件

スーパー伊勢湾台風では、堤防の天端を浸食する部分は見られなかった。また、河床変動について浸食する部分があったが、堤防、橋梁に影響を与えないという結果となった。

5. 橋梁上部構造への影響

国土交通省中部地方整備局庄内川河川事務所⁶⁾から橋梁の桁下高の情報を入手し、4.1 の計算結果から、水位の情報と桁下高を見比べ、橋梁上部構造への影

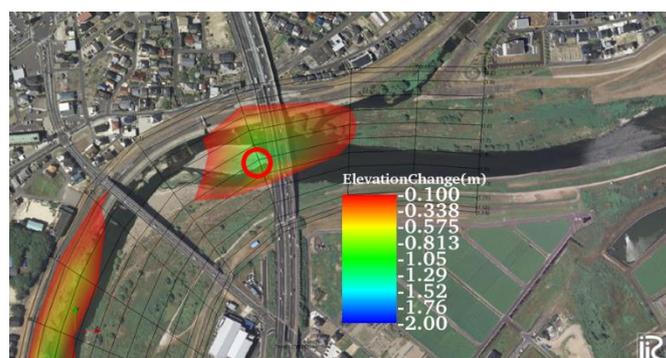


図-3 庄内川東名高速道路近くの河床変動の様子



写真-1 庄内川東名高速道路⁵⁾

響を検討する。また、水位だけでなく、流木も考慮した結果も示す。

河川中央の水位と橋梁の桁下高の値を比較する。

比較として、

- 1) 水位と桁下高の差
- 2) 水位+流木直径と桁下高の差

の2種類で検討する。流木直径は0.98m⁷⁾とした。

6. 橋梁上部構造への影響の結果

6.1 庄内川上流区域

庄内川上流区域の水位と桁下高の結果を表-1 に、水位+流木と桁下高の差を表-2 に示す。

水位のみでは、下志段味橋において差が0.760m となっているが、流木を考慮すると差がなくなり、橋梁に流木が引かかるという結果となった。洪水時、下志段味橋において、警戒する必要がある橋梁である とわかる。

6.2 庄内川下流区域

庄内川上流区域の水位と桁下高の結果を表-1 に、水位+流木と桁下高の差を表-2 に示す。本概要では、

表-1 上流区域における桁下高と水の差

橋梁名	桁下高 (m)	水位 (m)	差 (m)
新川中橋	13.610	11.624	1.986
ふれあい橋	14.690	12.816	1.874
庄内川水分水管橋	15.780	13.942	1.838
水分橋	15.390	14.110	1.280
勝川橋	17.220	15.275	1.945
中央本線橋梁	17.330	15.650	1.680
松川橋	19.370	16.699	2.671
庄内川大橋	20.770	17.267	3.503
吉根橋	27.920	24.743	3.177
下志段味橋	30.250	29.490	0.760
東名高速道路	30.650	29.190	1.460

表-2 上流区域における桁下高と水位+流木の差

橋梁名	桁下(m)	水位+流木直径(m)	差(m)
新川中橋	13.610	12.604	1.006
ふれあい橋	14.690	13.796	0.894
庄内川水分水管橋	15.780	14.922	0.858
水分橋	15.390	15.090	0.300
勝川橋	17.220	16.255	0.965
中央本線橋梁	17.330	16.630	0.700
松川橋	19.370	17.679	1.691
庄内川大橋	20.770	18.247	2.523
吉根橋	27.920	25.723	2.197
下志段味橋	30.250	30.470	-0.220
東名高速道路	30.650	30.170	0.480

表-3 下流区域における桁下高と水の差

橋梁名	桁下(m)	水位(m)	差(m)
一色大橋	5.320	5.917	-0.597
大当郎橋	7.210	6.441	0.769
近鉄庄内川橋梁	7.070	6.946	0.124
JR関西本線橋梁	6.100	7.001	-0.901
横井大橋	7.820	7.078	0.742
大治水管橋	8.010	8.555	-0.545
豊公橋	8.000	8.709	-0.709
新幹線橋梁	9.100	9.001	0.099
枇杷島橋梁 (東海道本線)	9.050	9.001	0.049
枇杷島橋	8.540	9.032	-0.492
名古屋鉄道橋梁	9.690	9.004	0.686
新名西橋	10.750	10.464	0.286
庄内川橋	11.960	11.111	0.849

表-4 下流区域における桁下高と水+流木の差

橋梁名	桁下(m)	水位+流木直径(m)	差(m)
一色大橋	5.320	6.897	-1.577
大当郎橋	7.210	7.421	-0.211
近鉄庄内川橋梁	7.070	7.926	-0.856
JR関西本線橋梁	6.100	7.981	-1.881
横井大橋	7.820	8.058	-0.238
大治水管橋	8.010	9.535	-1.525
豊公橋	8.000	9.689	-1.689
新幹線橋梁	9.100	9.981	-0.881
枇杷島橋梁 (東海道本線)	9.050	9.981	-0.931
枇杷島橋	8.540	10.012	-1.472
名古屋鉄道橋梁	9.690	9.984	-0.294
新名西橋	10.750	11.444	-0.694
庄内川橋	11.960	12.091	-0.131

浸食される橋梁についてのみ記載する。

水位のみでは、一色大橋、JR 関西本線橋梁など 5 橋梁危険であることがわかる。さらに、流木を考慮すると 13 橋梁に流木が引っかかるという結果となった。特に、上流側の一色大橋、当地郎橋、近鉄庄内川橋梁の 3 橋梁が危険であることがわかる。

7. Nays2DFlood を用いた氾濫解析

庄内川を対象とし、Nays2DH の結果から堤防に影響を与える点について検討する。Nays2DFlood では、格子を生成し、その点における計算を行うが、本研では、格子が大きく設定されているため、堤防が表現できていない部分がある。

7.1 氾濫解析の計算条件

計算範囲を庄内川下流区域とし、流量は、Nays2DH と同じとした。3.2 で説明しているため、省略する。

7.2 氾濫解析の計算結果

図-4 に、結果を示す。本図から、Nays2DH で天端が浸食した部分について、Nays2DFlood でも同様に越水していることがわかる。

8. 本研究で得られたその他の計算結果による知見

本研究では、庄内川において、同様に計画規模の洪水、伊勢湾台風による高潮の影響を検討した。その結果、河床変動（侵食や堆積）は見られるが、大きな様

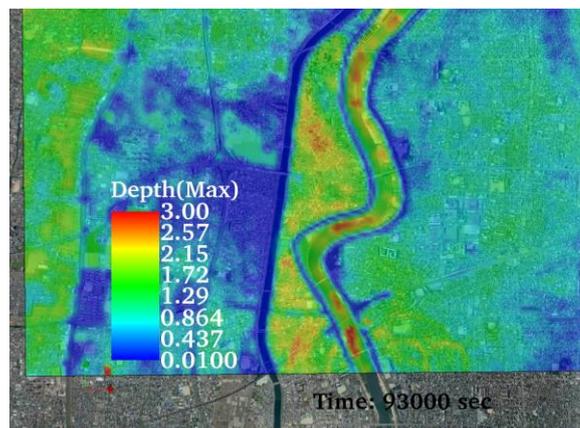
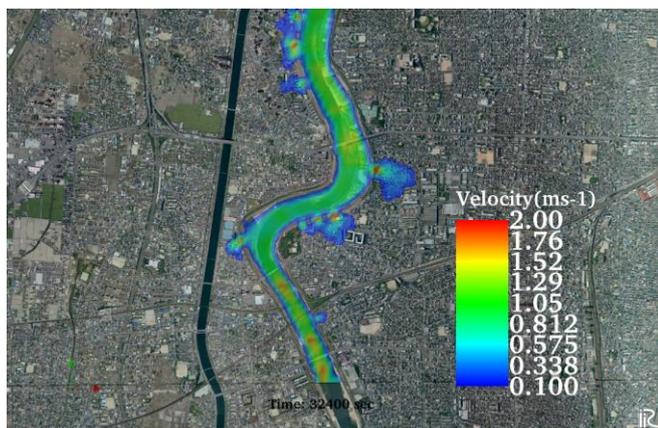


図-4 庄内川氾濫解析のシミュレーション結果 (左：越流開始時、右：最大浸水深)

子ではなく、越水は見られなかった。また、木曾川、揖斐川においては、粒径を考慮しない形で計算を実施した。その結果、計画規模 1.2 倍の場合においても大きな越流水深となる箇所はみられなかった。ただし、越流が顕著な場所は、長良川、揖斐川の背割堤箇所であることも示された。

9. まとめ

本研究では、洪水や高潮が生じた場合の河床変動、堤防の状況を検討すると共に、その氾濫の様子を検討した。Nays2DH では、堤防や橋脚を浸食する部分を発見した。また、橋梁の桁下高と水位、流木の差を求め、橋梁上部構造への影響を検討した。

堤防や橋梁について、危険な箇所がわかったため、危険な箇所を避けながら避難するルートを作成する必要がある。また、TNT の想定では、破堤場所を低平地における浸水範囲が最大となる 1 ヶ所を破堤させて、想定しているが⁸⁾、実際に破堤が起こりやすい部分についても検討する必要がある。

本研究では、研究の初期段階として計算を行った。植生やマニングの粗度係数、橋脚の表現など、さらに条件を足し、現実的な計算を行う必要がある。

参考文献・引用

- 1) 国土交通省：水門水質データベース
<http://www1.river.go.jp/> (最終アクセス 2024 年 1 月 9 日)
- 2) 国土交通省中部地方整備局：ファシリテータ会議資料 危機管理行動計画 (第五版)「第 11 章 排水・堤防復旧」参考資料, pp.10 (最終ア

- クセス 2024 年 1 月 9 日)
- 3) 国土交通省庄内川河川事務所：庄内川における河床材料調査結果 (平成 25 年度実施), pp.43-48 (最終アクセス 2024 年 1 月 9 日)
- 4) 国土交通省中部地方整備局：庄内川水系河川整備基本方針, pp.23
https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/pdf/syonai-2.pdf (最終アクセス 2024 年 1 月 9 日)
- 5) Google map
<https://maps.app.goo.gl/D5AF3dbqCgftTPcV> (最終アクセス 2024 年 1 月 22 日)
- 6) 国土交通省中部地方整備局：庄内川水系河川整備計画【大臣管理区間】, pp.附図-10
https://www.cbr.mlit.go.jp/shonai/keikaku/seibi/daijin/pdf/kasenseibi_plan.pdf (最終アクセス 2024 年 1 月 9 日)
- 7) 大隅久, 國領ひろし, 渋谷一, 香月智, 水山高久：広島庄原地区の流木調査と立木調査に関する一考察, 砂防学会研究発表会概要集, No.2012, pp.706-707, 2012 年 5 月 23 日,
http://www.koseisabo.gr.jp/report/H23/H23_5.pdf (最終アクセス 2024 年 1 月 9 日)
- 8) 国土交通省中部地方整備局：東海ネーデルラド高潮・洪水地域協議会 危機管理行動計画 (第四版), pp59
https://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/tokai_nederland/pdf/kikikanri1_01.pdf (最終アクセス 2024 年 1 月 22 日)

地下街に関わる避難シミュレーションの構築と活用に関する研究

EC20072 星元温輝

1. はじめに

近年、2019年千曲川、2020年球磨川など大規模な浸水災害が多発しており、都市域における大規模な氾濫災害の発生が懸念されている。大都市には地下鉄や地下街などの地下空間が存在し、そこへの氾濫水の流入は甚大な人的・経済的な被害を生じさせる。現在、多くの地下街では外水氾濫を対象とする浸水対策が十分でないことから、避難対策の検討が必要であり、そのための避難シミュレーションの構築が重要である。地下街・地下鉄などの地下空間を考慮した避難シミュレーションについて多くの研究者が検討を行っている。関根ら¹⁾は、地下の浸水時を対象に人の移動を表現するモデルを開発し、東京都の実際の地下街や地下鉄への適用を行い、人的被害を対象とした都市浸水の研究を行っている。川中・石垣²⁾も同様の研究を進めており、大阪を対象として、豪雨に伴う内水氾濫時の避難対策を検討している。本研究では、北村ら³⁾の研究により作成された避難シミュレーションのモデルを改良して、より現実に近い人の移動が表現できるモデルとその活用を検討する。

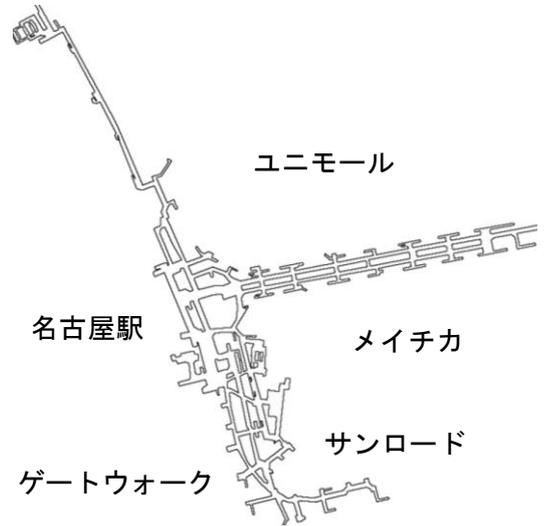
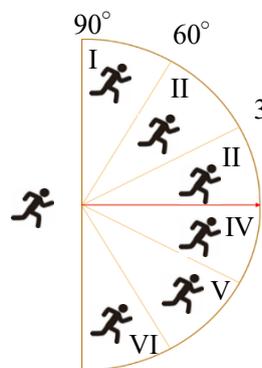


図-1 計算領域

2. 地下街の避難シミュレーションモデルの検討

2.1 モデルの説明

人の移動する方向は、出口毎に計算格子中央の出口からの距離を求め、人の現在地から出口への最短となる隣接格子の中心方向に移動することを考え、進行方向に人がいる場合には進行方向を変更することを考慮した。具体的には、進行方向の時計回りの角度-30度~0度、0度~30度の範囲の人の有無を確認し、両区間に人がいない場合は進行方向へ進み、片方の領域に人がいるのであれば、人がいない領域の中心方向へ進行するとした。両方に人がいる場合は、進行方向の時計回りの角度-60度~30度、30度~60度の領域の人の有無を確認し、両方に人がいない場合は、個人に設定された乱数を用いて進行する領域を決め、片方に人がいる場合は人がいない領域に進行するとして、該当領域の中心方向へ移動させた。両方に人がいる場合、-90度~-60度、60度~90度の領域で同様の取り扱いを行った。さらに、すべての領域に人がいる場合、全領域の最短距離にいる人の中で最も遠い人の方向へ進むとした。



進行方向 90~60° を I, 60° ~30° を II, 30° ~0° を III, 0° ~-30° を IV, -30° ~-60° を V, -60° ~-90° を VI とする。
 第1：III, IV に誰もいない場合は進行方向へ移動する。
 第2：III, IV のどちらかに人がいれば、人がいないエリアの中央へ移動する。
 第3：III, IV の両方に人がいれば、II, V へ移動する。
 両方ともに人がいない場合は、人に乱数(0~1)を与え、0.5以下はII, 0.5より大きいとIVに移動し、片方に人がいれば、人がいないエリアの中央へ移動する。
 第4：I, VI も同様。

図-2 人の重なる回避に関するモデル化

2.2 地下街の避難シミュレーションモデルの課題と改良

北村ら¹⁾のモデルでは、対象領域を高低差のない平面として3.2m格子で表現されていた。また、出口や通路内での階段の速度の低下が考慮されていないことから、対象とする人数が多い場合でも混雑が見られず避難が完了していた。本研究では、地下街を表現する格子のサイズを3.2mから1.0mに変更し、階段部分の人の移動速度を低下させて出口付近の混雑度を示した。図-3のように出口に62か所、通路に4か所階段を設定した。さらに、回り込みなどの詳細な出口の表現と地下街通路内の階段の考慮を行った。

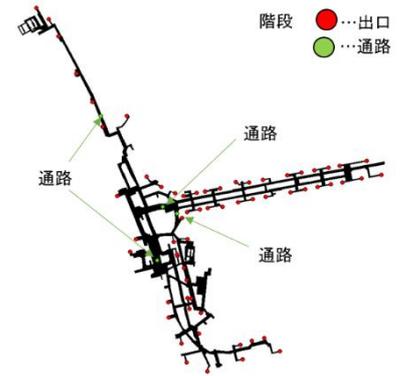


図-3 階段の位置

3. 地下街の避難シミュレーションモデルの数値実験

本研究では、人の移動に関する矛盾を改良しながらモデル開発を進めてきた。ここでは、得られたモデルを活用して、初期配置人数（ランダムに配置）、属性（成人、子供・高齢者）の違いによる避難行動、出口の場所による避難行動を検討する。1000人の初期配置例を図-4に示す。なお、成人の場合は1.0m/s、子供・老人の場合は0.6m/sの移動速度とした。また、出口、通路の階段では、移動速度が半分になるとした。

3.1 人数と時間の関係

図-5に初期配置1000人、2000人、4000人（すべて成人）の避難中の人割合（避難完了人数/初期配置人数×100）を示す。この場合、避難者は近くの出口を目指すとした。本図から、400秒（6分40秒後）をみれば、1000人2000人の場合は避難中の人はいないが、4000人の場合は8%の人が避難中であつた。また、計算時、図-6に60秒時、図-7に120秒時の初期配置1000人の平面的な避難の様子を示す。計算結果では出口付近に集合し、そこから移動速度が低下している様子がみられた。このことは、現実的な階段部分の混雑を示していると考えられる。

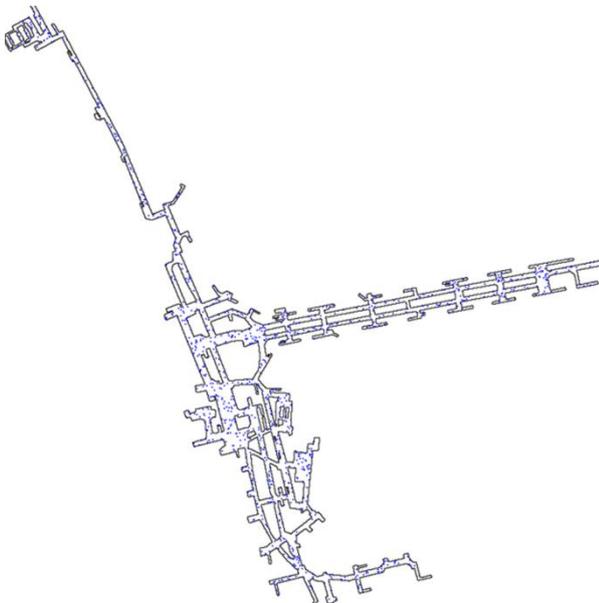


図-4 初期配置例(1000人)

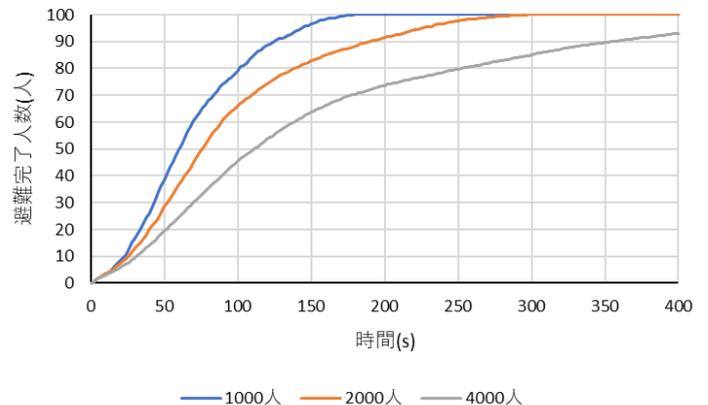


図-5 避難者数(%表記)の時間変化

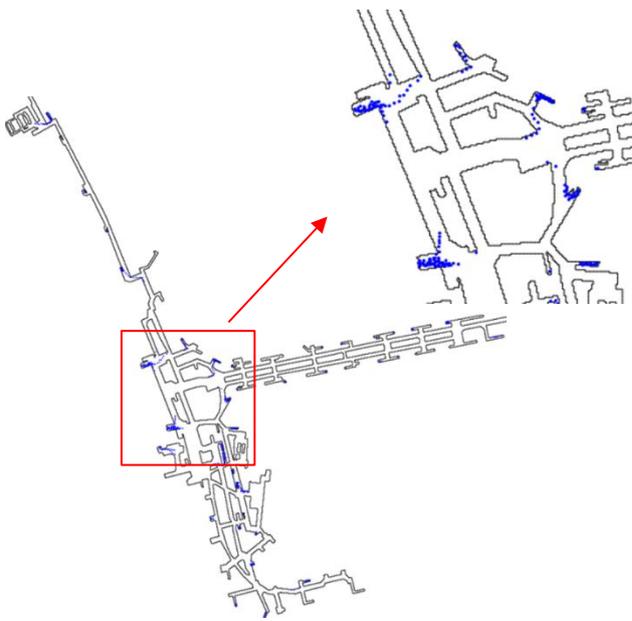


図-6 人の移動(60 秒時)

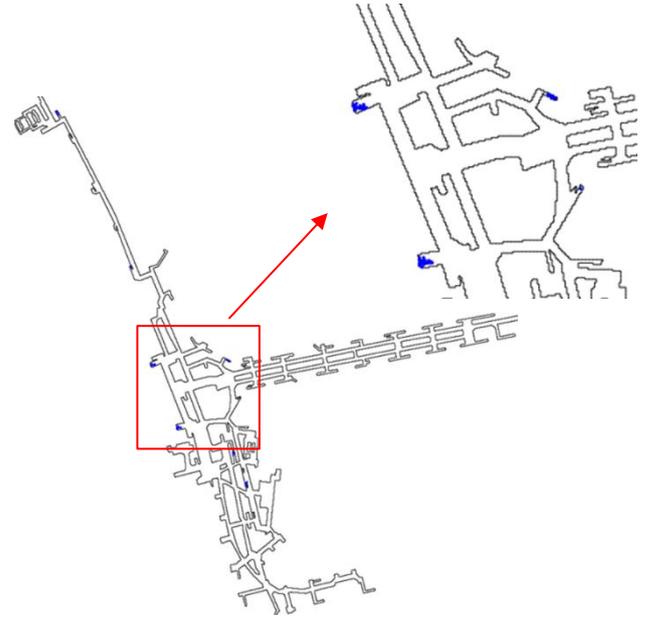


図-7 人の移動(120 秒時)

3.2 属性と時間の関係

つぎに、人の属性として、成人と子供・高齢者の割合を変化させて、避難完了の状況を考察した。初期配置 4000 人の避難者数を割合別で整理したものを図-8 に示す。また、図-9 に 60 秒時、図-10 に 120 秒時の 4000 人(子供・高齢者が 3 割, 成人 7 割)の平面的な避難の様子を示す。図-8 から、子供・高齢者の割合が多くなれば、避難時間も延びていることが分かる。例えば、避難完了人数 1000 人において、子供・高齢者が 1 割の場合と 9 割の場合で 20 秒の避難時間の差となるが、避難完了人数 3000 人においては、その避難時間の差は 50 秒になっている。また、避難の様子から出口付近の最後尾は、子ども・高齢者が多くなっている。このように、子供・高齢者が多いと避難時間も長くなる。

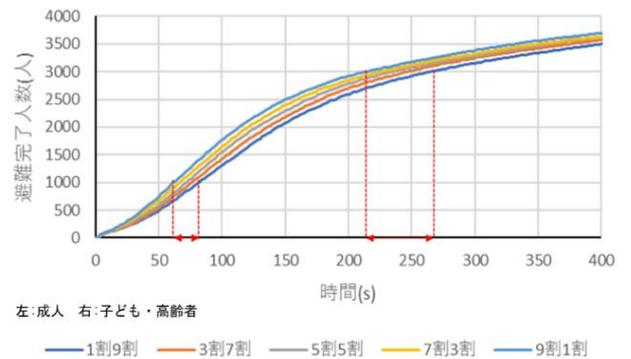


図-8 属性の違いによる避難者数(4000 人)の時間変化

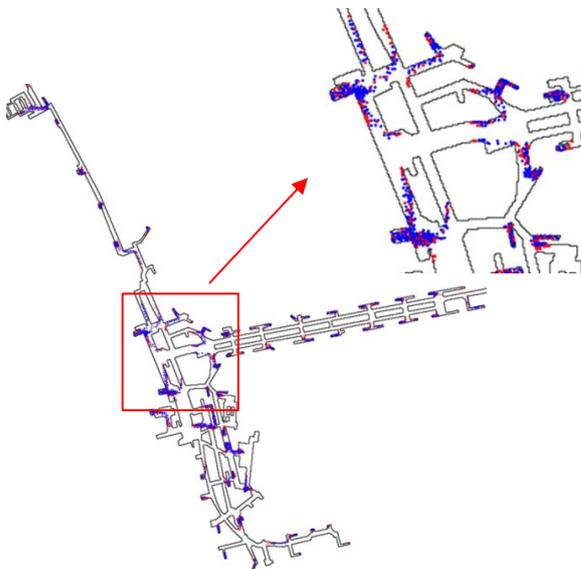


図-9 人の移動(60 秒時)

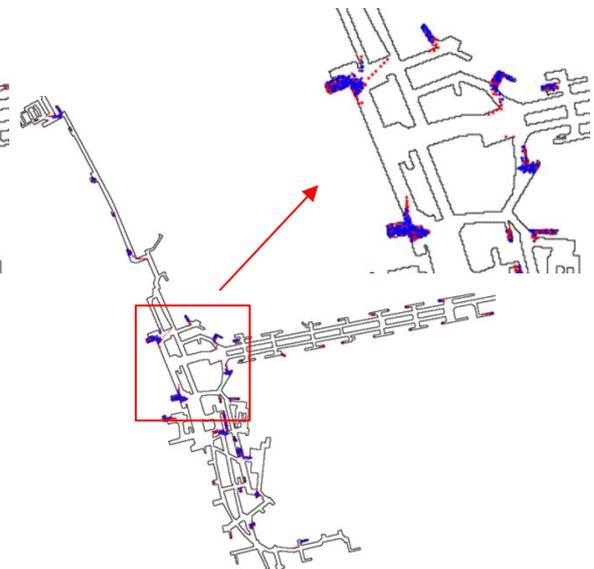


図-10 人の移動(120 秒時)

3.3 避難場所と時間の関係

最後に，初期配置 1000 人で遠くの避難所（1 か所）に移動する避難行動を検討した．また，図-11 に 120 秒時，図-12 に 240 秒時の平面的な避難の様子を示す．

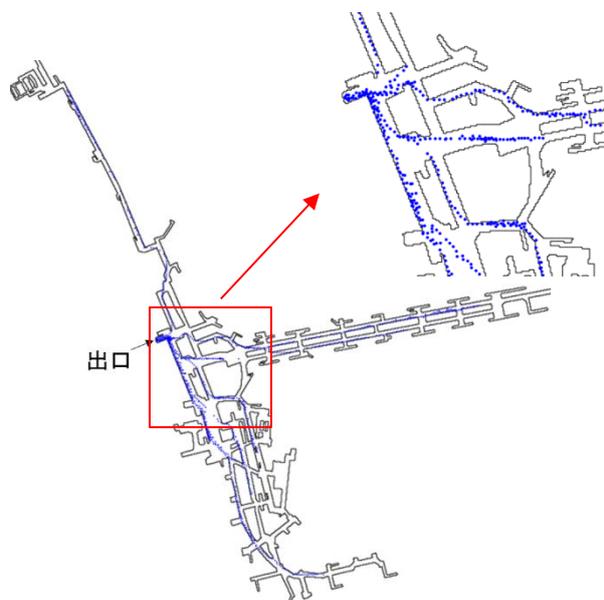


図-11 人の移動(120 秒時)

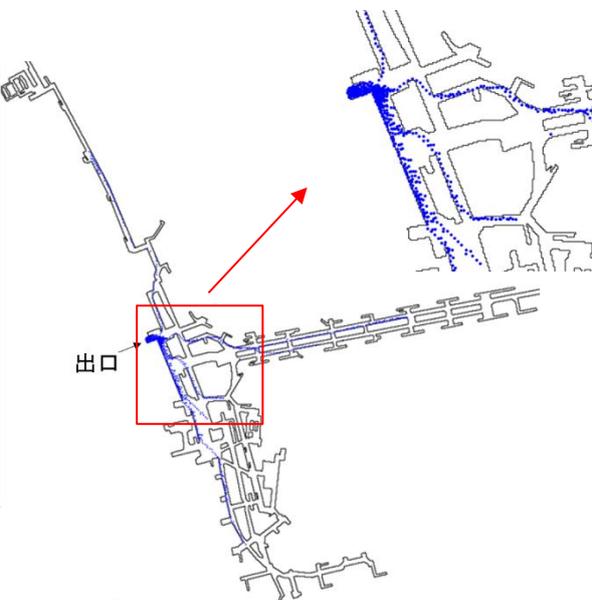


図-12 人の移動(240 秒時)

避難の様子から，遠くのところからの避難も表現されているが，最短となる経路で進行していることから一列となる避難行動となっている．このことは実際と矛盾するものと考えられることから，再度シミュレーションモデルの検討を行いたい．

4. おわりに

本報では，名古屋駅前地下街を対象に人の移動に関するモデル開発を行い，数値実験より避難の特性を考察した．今後は混雑度を考慮したモデル開発を検討すると共に，結果の見せ方や浸水時の避難の様子についても考察を進めたい．

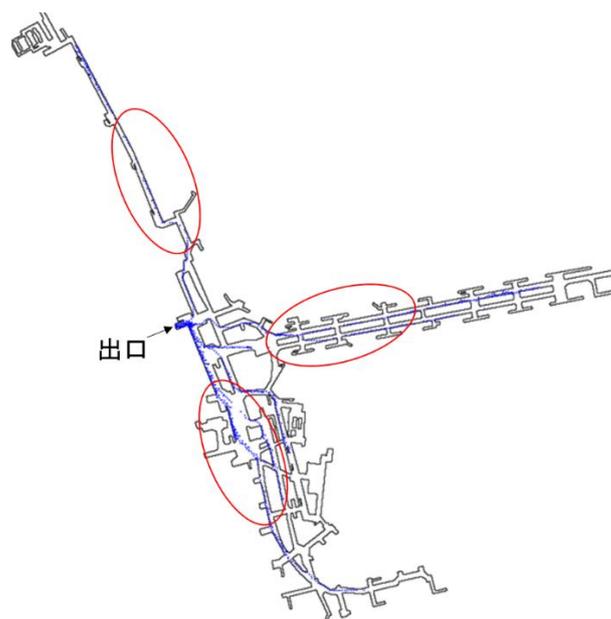


図-13 避難行動

参考文献

- 1) 関根正人，大野龍馬：複雑な構造をもつ地下鉄駅構内の浸水時避難行動解析と避難誘導，土木学会論文 B1（水工学）Vol.67, No.4, I_961-I_966, 2011.
- 2) 川中龍二，石垣泰輔：地下空間浸水時のアナウンスが安全避難成功率に及ぼす影響について，地下空間シンポジウム論文・報告集，第 17 巻 pp.163-168, 2012.
- 3) 北村純平，武田 誠，近藤寛将：名古屋の地下街の避難シミュレーションに関する基礎的研究，令和 4 年度土木学会中部支部研究発表会，II-54, 2023.

ハイウェイオアシスの比較研究

EC20012 太田 賢伸

1. 研究目的

全国には多数のハイウェイオアシスが存在する。それぞれ公園や道の駅など様々な複合施設がある。それぞれが大きさや利用者数など特徴がある中で、愛知県と岐阜県にある3か所のハイウェイオアシスを研究対象とし、現状からさらに充実し、人々にとって利用しやすく、より良いものにするために課題や改善を研究する。

2. 研究方法

- 1) ハイウェイオアシスについての知識や情報をおもにインターネットを用いて収集する。
- 2) 研究対象となる3か所の現地調査を行い、施設の特徴や雰囲気、利用状況を把握する。
- 3) 現地で、利用者を対象にアンケート調査を実施する。
- 4) 収集した情報とデータを表や図に表し、統計する。

3. 研究対象となるハイウェイオアシス

今回の研究で調査対象としたのは、鞍ヶ池ハイウェイオアシス（愛知県豊田市）、刈谷ハイウェイオアシス（愛知県刈谷市）、川島ハイウェイオアシス（岐阜県各務原市）である。

それぞれ航空写真より、パーキングエリアや公園など施設ごとに色で分けて枠で囲った。

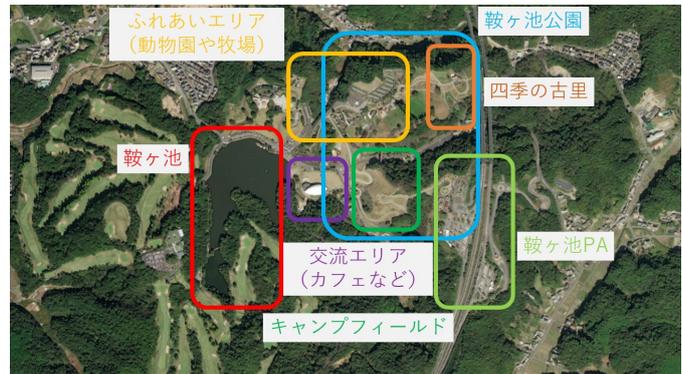


図1 鞍ヶ池ハイウェイオアシス
出典：筆者作成（以下すべての図表に同じ）



図2 刈谷ハイウェイオアシス



図3 川島ハイウェイオアシス

4. ハイウェイオアシスの概要

ハイウェイオアシスとは、高速道路のパーキングエリアまたはサービスエリアと公園や商業施設等を複合して一体化させたもので、高速道路および一般道のどちらからでも利用が可能なものである。ハイウェイオアシスの良さは、高速道路を出ることなく食事から遊びまで様々な目的で利用できることや、地域の特徴を演出したり気軽に利用ができるため、全国各地から利用者を集められることである。

5. 調査対象となるハイウェイオアシスの比較

今回の調査対象となる3か所のハイウェイオアシスはそれぞれ、鞍ヶ池パーキングエリアは鞍ヶ池公園、刈谷パーキングエリアは岩ヶ池公園、川島パーキングエリアはオアシスパークと主に公園施設が併設されている。いずれも大型遊具や芝生広場など小さな子どもが楽しめる設備が充実しているため、子連れの家族が利用しやすい共通点がある。駐車場は、高速側と一般側で分かれており、高速側は最大で刈谷下りの280台、一般側はいずれも約1000台前後である。川島ハイウェイオアシスは3か所の中で唯一スマートICがないというのが他2か所と異なる点である。鞍ヶ池ハイウェイオアシスは施設からみてもアウトドア向きであり、刈谷ハイウェイオアシスと川島ハイウェイオアシスに関しては、多種多様な施設が多いため、食事から遊びなど多目的に利用されることが多いというのが違いである。

表1 ハイウェイオアシスの施設の比較表

	鞍ヶ池	刈谷	川島
複合施設	鞍ヶ池公園	岩ヶ池公園	オアシスパーク
施設情報	<ul style="list-style-type: none"> ・ボート乗り場 ・牧場 ・水辺テラス ・動物園 ・カフェ(スタバ) ・動物愛護センター ・芝生広場 ・桜園 ・子供プレイコーナー(大型遊具) ・英国庭園(四季の古里) ・植物園 ・アパレルショップ(スノーピーク) ・動物ふれあい広場 ・レストラン(スノーピーク) ・キャンプデッキ(スノーピーク)・展望台 ・ホースパーク(エルミオーレ) ・フォレストアドベンチャー(アスレチック施設) ・サービスセンター 	<ul style="list-style-type: none"> ・大型複合遊具 ・幼児用複合遊具 ・かもポッポー(汽車のアトラクション) ・テント広場(休憩や食事可) ・親水広場 ・授乳室/おむつ替え室 ・林間遊具 ・ちびっこ広場(人工芝) ・わんぱくパイロット(飛行機のアトラクション) ・ミスト噴水 ・メリーゴーランド ・オアシスステージ(イベント随時開催) ・ゴーカート ・オアシス館刈谷(記念ブースや文化紹介) ・バッテリーカー ・天然温泉かきつばた(温浴施設) ・固定式児童遊具 ・セントラルプラザ(フードコートや市場有) ・レール式乗り物 	<ul style="list-style-type: none"> ・アクアトぎふ ・木曽川水園 ・大鷲賢車 ・自然発見館 ・BBQキャンパス ・キッチンカーエリア ・大型遊具 ・お土産処 ・遊び場 ・コンビニ ・芝生広場 ・水園広場 ・噴水 ・屋台村 ・多々飲食施設 ・多々アトラクション施設
スマートIC	○	○	×
駐車場	一般(公園)：900台 パーキングエリア(上り)：85台 パーキングエリア(下り)：152台	一般：1000台 パーキングエリア(上り)：262台 パーキングエリア(下り)：280台	一般：1386台 パーキングエリア(上り)：26台 パーキングエリア(下り)：241台

6. 現地調査

6.1 利用人数

現地調査は、1つのハイウェイオアシスにつき平日と休日で1回ずつ計2回調査を行った。利用人数は、各パーキングエリア、公園内と分けて集計した。右の図4は各ハイウェイオアシスの施設内全体の利用者を示す。結果は、全体の人数は休日の方が平日の倍近く多かった。やはり休日は学校や仕事が休みの人が多いため、平日に比べて利用人数が多い。また、天候が雨の日は利用人数が少し少なくなる印象である。

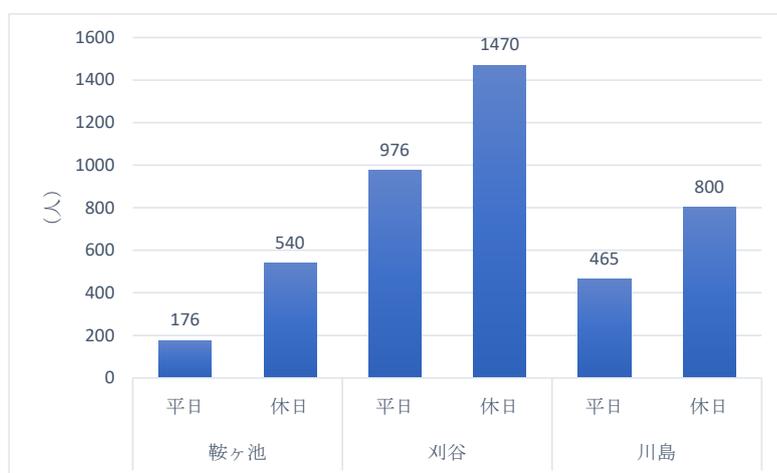


図4 施設利用者人数

6.2 駐車台数

駐車台数は、上りパーキングエリア、下りパーキングエリア、一般の3つに分けて集計を行った。右の図5は各ハイウェイオアシスの全体の駐車台数を示す。基本的に駐車台数に関しても、利用者数と同じで平日

より休日の方が倍近く多かった。刈谷は常に利用者が多いため平日も休日もそれほど利用者に変わりはない結果となった。ナンバーでいうと、トラックは全国広範囲からの利用が多いが、普通の自動車はやはり東海地方や県内からの利用者が大半を占める結果となった。

6.3 店舗数（飲食店舗など）

鞍ヶ池ハイウェイオアシスは全体で店舗数が3店舗（飲食店舗2店舗）とかなり少ない。刈谷ハイウェイオアシスは全体で35店舗（飲食店舗27店舗）とかなり多い。パーキングエリアからセントラルプラザまで充実しているため満足できる。川島ハイウェイオアシスは全体で18店舗（飲食店舗16店舗）と刈谷と比べると多くはないが、図6のようにキッチンカーがあるなど多種多様であるため、非常に充実感がある。

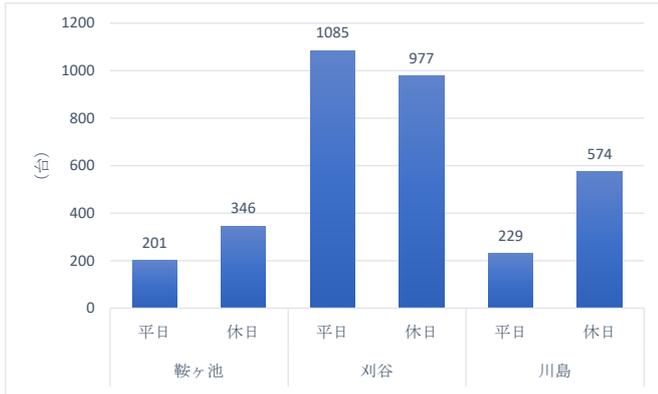


図5 駐車台数



図6 川島ハイウェイオアシス内の様子

7. アンケート調査

現地調査の際に利用者を対象にアンケート調査を行った。今回のアンケート調査より、利用者の利用目的として休憩・食事、公園で遊ぶという人が圧倒的に多かった。利用目的に合わせて、利用施設もパーキングエリアやセントラルプラザ、交流エリアなど飲食ができる場所の利用が多かった。また、利用者のコメントは表2のようになった。大人から子どもまで楽しめるや施設が充実しているなど良いコメントが多かった。

表2 ハイウェイオアシス利用者からのコメント

	鞍ヶ池	刈谷	川島
質問	ハイウェイオアシスを利用して、通常のPA/SAと比べてどうでしたか？		
コメント	<ul style="list-style-type: none"> おしゃれだなと感じた 満足感がある 施設の種類が多く、充実していると思った 子供でも楽しいと思える場であり、スタバなどの最近のカフェも入っていることから大人でも楽しむことができ、家族でよく使うことも多いSAとしてとても良いと思った 居心地がいい 家族で楽しめる施設が多々あって良かった 分らない 行きやすいのでまた来たいと思いました 	<ul style="list-style-type: none"> 楽しい 通常と違い施設も沢山あり、利用しやすい 子供が遊べる場所が多くあって家族連れにはとても良い場所だと思った 色々な施設があり、とても人が多かった 子供が遊べる場所があり楽しめるし、子連れも多いので行きやすいと思った かなり大きくてお店も色々あって良かった 	<ul style="list-style-type: none"> 親として子供が楽しめるので良いと思っています 通常よりも施設が充実されている良かった 他のサービスエリアよりも充実していて、ただの休憩じゃないのが良かった 子供達が楽しく遊具で遊べるから良かったと思いました 色々なお店があるし、遊具で子供達が遊べるので満喫できると思います

8. 課題

- ① 鞍ヶ池ハイウェイオアシスは刈谷や川島と比べて、パーキングエリアと公園までの距離が遠い。
- ② ハイウェイオアシスは休憩や食事を目的とする人が多い中で、鞍ヶ池ハイウェイオアシスは刈谷や川島と比べて飲食施設等が少なく利用がしにくい。
- ③ 川島ハイウェイオアシスにはスマート IC が設置されていない。
- ④ 刈谷ハイウェイオアシスは利用者が非常に多く、セントラルプラザ内に人が集中するため、食事や休憩の際に長居がしにくい。

9. まとめ

9.1 調査して分かったハイウェイオアシスの良さ

ハイウェイオアシスは、飲食店舗や公園など様々な施設が併設されているため、多目的で多くの人々が利用でき、非常に賑わう。また、スマート IC が設置されている所も多いため、高速道路や一般道から車で利用がしやすい。

9.2 課題の改善

- ① 鞍ヶ池は PA と公園中心部までの距離を変えることは難しいので、その間に飲食店舗を増やしたり、キャンプ施設があるのでその利用者をさらに上げていくのが良い。右の図7のようにパーキングエリアから公園中心部まで距離があるため、その間の青枠の辺りなどに店舗を設置する。緑枠のキャンプ施設は時期にもよるが、さらに知名度を上げ、利用者を増やす。
- ② 川島はスマート IC がない状況だが、周辺は住宅街や国営公園、国道も通っているため、スマート IC で出入りができればより便利になる。
- ③ 刈谷はセントラルプラザ内に飲食店舗が集まるため、公園内などにもカフェなどを作ればうまく利用者を分散できる。図8のように黄色の枠で囲った辺りはトイレやベンチくらいしかないので、この辺の場所にカフェやキッチンカーがあると良い。

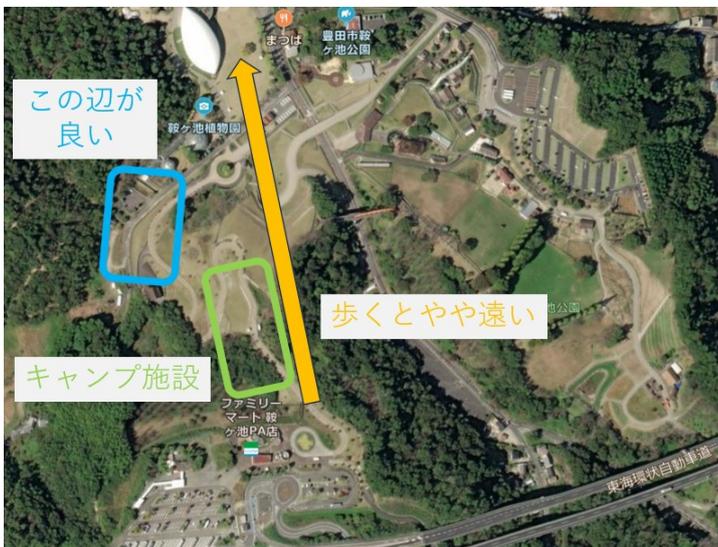


図7 鞍ヶ池ハイウェイオアシス改善案図

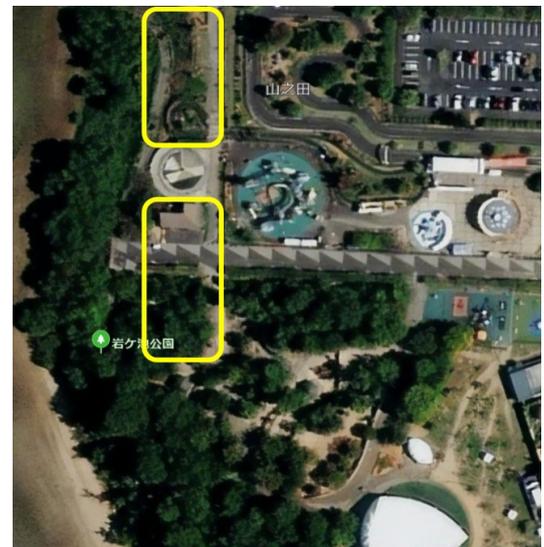


図8 刈谷ハイウェイオアシスの改善案図

参考文献

- 1) 鞍ヶ池公園 公式サイト：<https://kuragaikepark.com/> (参照 2023-12-1)
- 2) 刈谷ハイウェイオアシス：<https://kariya-oasis.com/> (参照 2023-12-1)
- 3) 複合型レジャー公園 オアシスパーク各務原：<https://www.oasispark.co.jp/> (参照 2023-12-1)

岐阜市中心市街地の店舗の変遷

EC20023 河田 拓巳

1. 研究目的

岐阜市には岐阜城の城下町として栄えた岐阜城付近、過去には岐阜の中心として栄えた柳瀬通り周辺、現代で岐阜の中心となっている岐阜駅周辺とエリアごとにそれぞれの特徴や問題点がある。それらをどのような店舗が残り、どのような店舗が減少していったのかなどまちの変遷を調査することで、それぞれのエリアでのまちの在り方について理解することができる。また、まちの特性を生かしどのような工夫がなされているのかなどを調査することで岐阜のまちの活気に繋がる。

2. 研究方法

- 1) 図書館で1984年と2023年の岐阜市のゼンリンの住宅地図を取得。
- 2) 取得したゼンリンの住宅地図を利用し、1984年と2023年の店舗の種類、店舗数を調査。
- 3) 収集したデータを表やグラフで表し、統計データをとる。
- 4) 統計データをもとに現地調査をし、それぞれのエリアでの特徴や問題点、取り組みなどを把握する。



図1：3つの地区のエリア分け
出典：グーグルマップから筆者が作成

3. 3つの地区の設定

上から順に、岐阜城付近、柳瀬通り周辺、岐阜駅周辺の3つにエリア分け(図1)をし、それぞれのエリアでの特徴や問題点などを分析していく。

4. 1984年と2023年における全体での店舗の状況

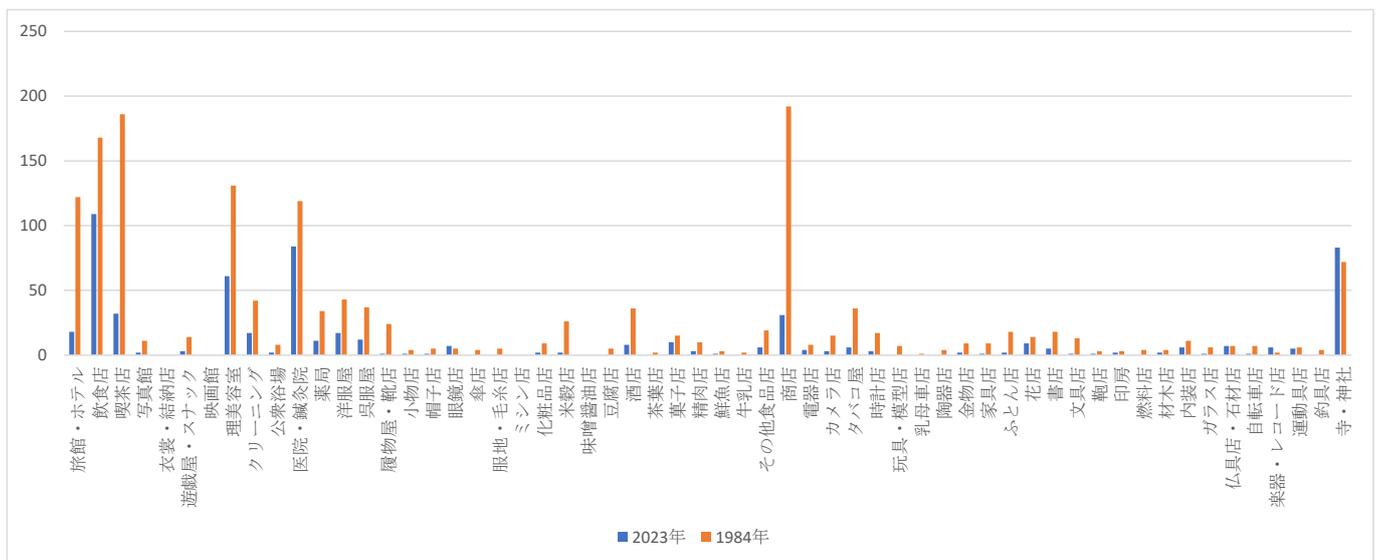


図2：2023年と1984年での全体の店舗数比較 出典：筆者作成

1984年と2023年の地図をもとにそれぞれの店舗の状況を調査すると(図2)、ほとんどの店舗で店舗数が

減少していることが分かる。全体として1984年には1600あった店舗が2023年には687と半分以上減少している。商店や喫茶店などの店舗が減少しており、時代とともに生活に必要なものが変化をしていることが読みとれる。

5. 1984年と2023年における岐阜城付近での店舗の状況

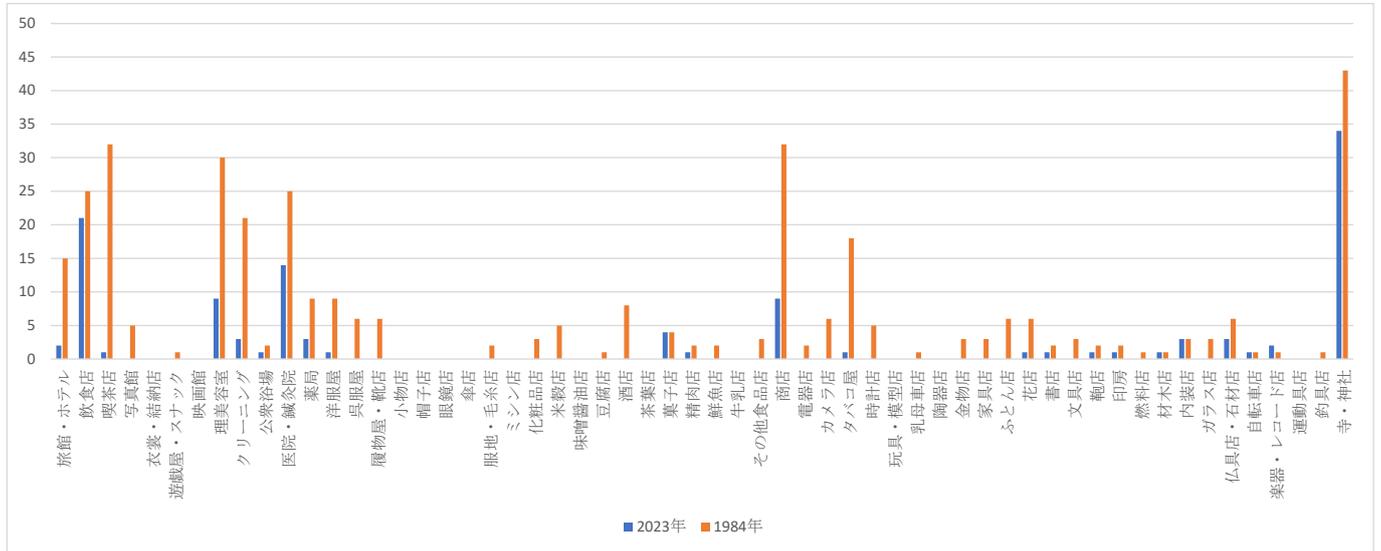


図3：2023年と1984年での岐阜城付近の店舗数比較 出典：筆者作成

全体を岐阜城付近、柳瀬通り周辺、岐阜駅周辺の3つに分け比較をする。はじめに岐阜城付近の店舗の状況を調査すると図3のようになる。図3のグラフから岐阜城付近の特徴として3つのエリアの中では最も店舗数が少ないことから利便性が低いということがデメリットではあるが寺や神社が多く残っていることから観光としての強みがあるということが読みとれた。

6. 1984年と2023年における柳瀬通り周辺での店舗の状況

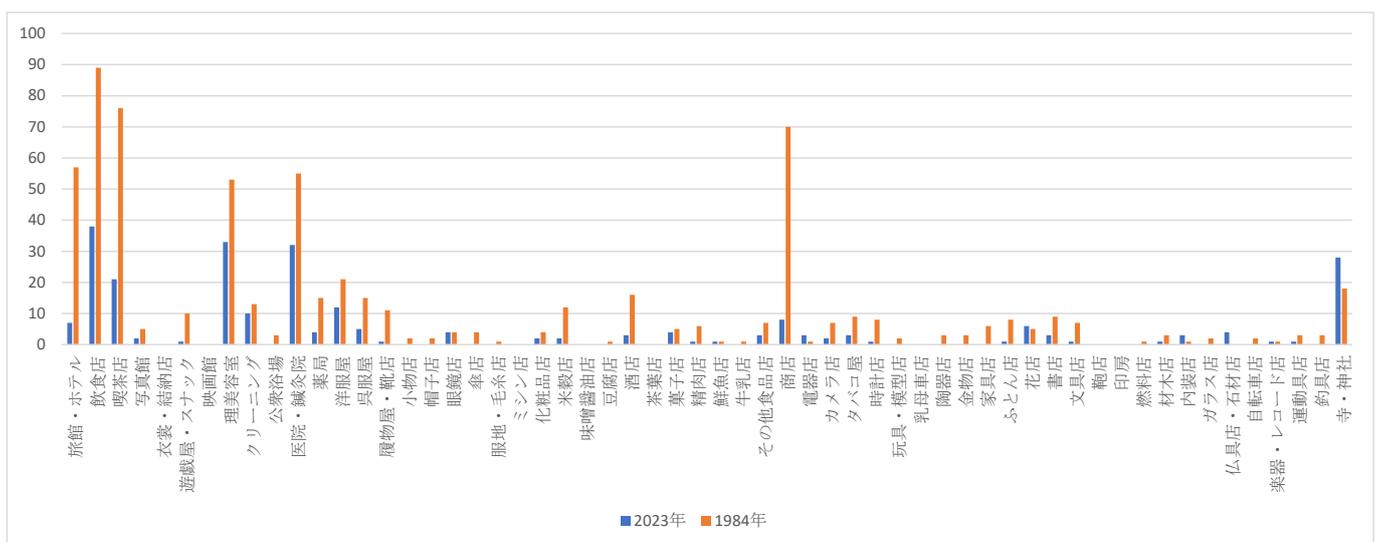


図4：2023年と1984年での柳瀬通り周辺の店舗数比較 出典：筆者作成

柳瀬通り周辺での店舗の状況を調査すると図4のようになる。図4のグラフから柳瀬通り周辺の特徴とし

て 1984 年の柳瀬通り周辺では幅広く多くの店舗(商店だけでなくカメラ店やタバコ屋など)があった。しかし時代の変化により多くの店が減少していることから活気がなくなっている。店舗数は減少しているが3つのエリアの中で最も多く利便性は高い、また喫茶店などの現在では減少傾向にある店舗もある程度残っており、楽しむことができる。

7. 1984年と2023年における岐阜駅周辺での店舗の状況

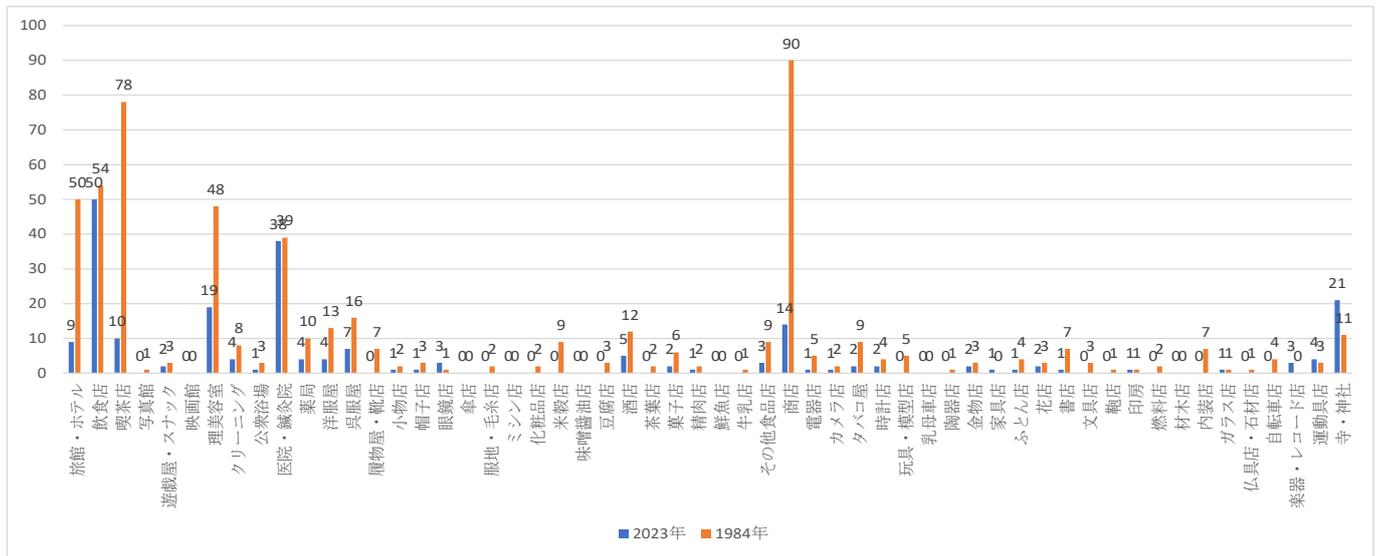


図5：2023年と1984年での岐阜駅周辺の店舗数比較 出典：筆者作成

岐阜駅周辺での店舗の状況を調査すると図5のようになる。岐阜駅周辺では商店や喫茶店などが多く減少しており店舗数が1984年と比べ少なくなっているが、飲食店や医院・鍼灸院の数にはほとんど変化がなく、利便性が良いということが読みとれる。

8. 分野別での比較

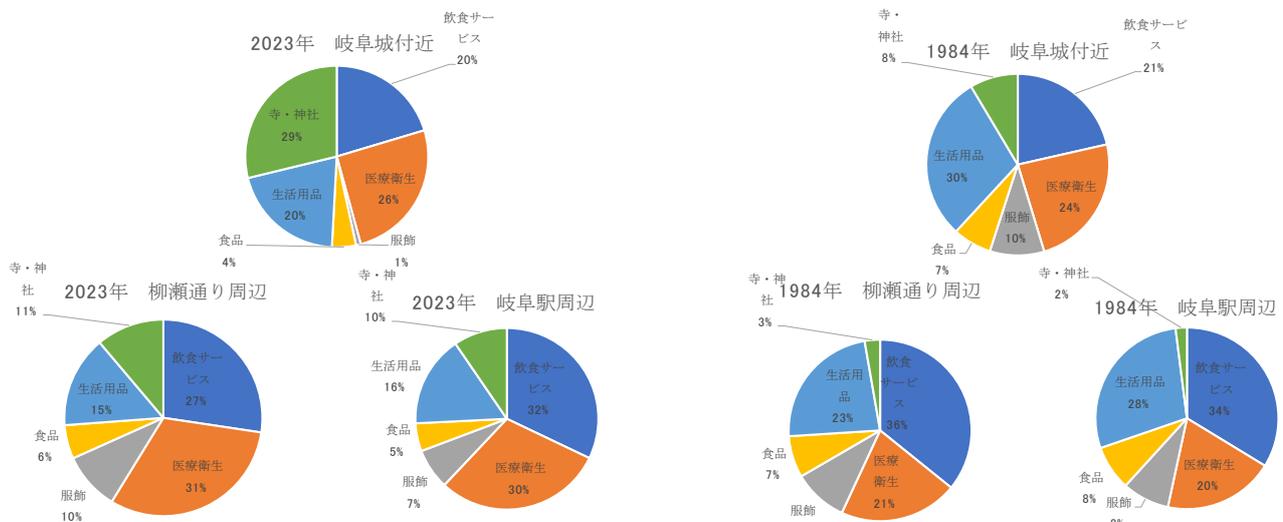


図6：分野別での比較 出典：筆者作成

ゼンリンの住宅地図から調査した1984年と2023年のそれぞれの店舗を、飲食サービス、医療衛生、服飾、食品、生活用品、寺・神社にグループ分けをしてより細かく分析をしていく。それぞれを分類し割合で

グラフ化したものが図6のようになる。図6から割合的には全体として生活用品が減少し医療衛生が増加していることが分かる。多くの店舗が減少し、寺・神社が残っているため 2023 年では寺・神社の割合が増加している。ということが読み取れた。

9. 現地調査

店舗数の調査から読み取れたことを踏まえ、それぞれの3つのエリア岐阜城付近、柳瀬通り周辺、岐阜駅周辺で現地調査をし実際に見てそれぞれのまちの特性を理解した。現地調査の結果、はじめに岐阜城付近ではのように観光客に向けての食べ歩きなどの店がいくつかあった。(図7)付近にはお菓子店が多くある印象で観光客に向けてまちが展開されている。次に柳瀬通り周辺ではいくつか店舗にシャッターが下りており全体的に商店街としての機能は低下しているが古着屋や食べ歩きの店など若者に向けた比較的新しい店があった。(図8)最後に岐阜駅周辺では居酒屋などの飲食店が多くあり、夜には多くの人が集まり賑わっていた(図9)。



図7：岐阜城付近店舗の写真



図8：柳瀬通り周辺店舗の写真



図9：岐阜駅周辺店舗の写真

10. まとめ

全体として1984年から2023年にかけて多く在った店舗が減少している。特に商店や喫茶店などの店舗が減少していることから現代にかけて店の需要が変化している。また、ホテルや旅館が多く減少していることから他県からの人々が減っており岐阜という町全体の需要が低下している。時代の流れによりこのように需要が低下してきたということがいえるが、それぞれのエリアでの分析と現地調査によって、岐阜市全体としてそれぞれのまちにある強みを生かしまちづくりをしており岐阜のまちに活気を出している。

参考文献

ゼンリン住宅地図 1984年

ゼンリン住宅地図 2023年

Googlemap

名古屋市都心及び近郊のファッションビルの立地及びその特性

EC20030 小林颯太

1. 研究の目的

リニア新幹線の東京・名古屋間の開通に向けて名古屋駅前地区の再整備が進む一方で、栄地区の再編も進められている。その中でも両地区の商業機能の重要な要素としてアパレル店舗の集積があり、人の流れを形成するまちづくりには欠かせない要素である。今回はそんなアパレル販売を軸に運営を行う商業施設(以下ファッションビルという。)に着目し、各地区ごとの客層やファッションビルのフロアごとのブランド配置などから両地区の特性を把握し、郊外の施設との比較も行うことで、今後ファッションビルがまちづくりに与えていく影響や今後改善していくべき課題などの都心整備のあり方を検討する。

2. 研究の方法

名古屋市内の大型商業施設を複数ピックアップし、その各フロアごとに配置されているブランドをそれぞれ EXCEL にまとめていき、そこから特徴や共通点・土地性など様々な要素を見つけ、そのエリアの客層・店員の服装などもまとめていく。

また今回は名駅・栄駅周辺の主要な4つのファッションビルを取り上げ、また比較対象としてデータを取るために市内のそれぞれ主要エリアから大型商業施設の3つをピックアップし調査する。

以上の方法を通じて名古屋市内各エリアの理解を深めていく。

3. 研究対象

今回取り上げる研究対象地区は

- ① 名古屋駅前エリア：JR ナゴヤタカシマヤ、名鉄百貨店、タカシマヤゲートタワーモール、ミッドランドスクエアの4店舗
- ② 栄エリア：松坂屋ナゴヤ、名古屋栄三越、ラシック、名古屋パルコの4店舗
- ③ 近郊エリア：市内でターミナル駅の一つでもある金山駅近くのアスナル金山、大学や駅に近く様々な層に支持されている千種区星ヶ丘駅近くの星が丘テラス、市内イオングループの最大旗艦店である上小田井駅近くのモゾワンダーシティの3店舗

4. アパレル店舗の立地状況

1) エリア別比較

図1は各ファッションビル内にあるアパレルの店舗数をグラフ化したものである。

JR ナゴヤタカシマヤが一つ抜けて多く店舗数を持っており、2番目に多くアパレル店舗を持つ名古屋栄三越の約1.47倍もの数値となっている。名駅エリアでは周囲に独立した店舗を持つブランドは主に海外ラグジュアリーブランドのみであることから、名駅エリアでは百貨店がショッピングを楽しむ人たちを独占して手に入れていることが分かる。実際に JR ナゴヤタカシマヤでは22年度過去最高額の売上高を記録していると発表されている。

2) ブランド別比較

表1は各ファッションビル内の著名なブランドを一部抜粋してまとめたものである。

図 2 は各ファッションビル内の店舗をタイプごとに仕分けたものである。これらの表を見てみると名駅エリアは日本国内の価格帯が低～中のブランドが強く、対して栄エリアは全体的にインポート系ブランドがやや強いことが分かる。

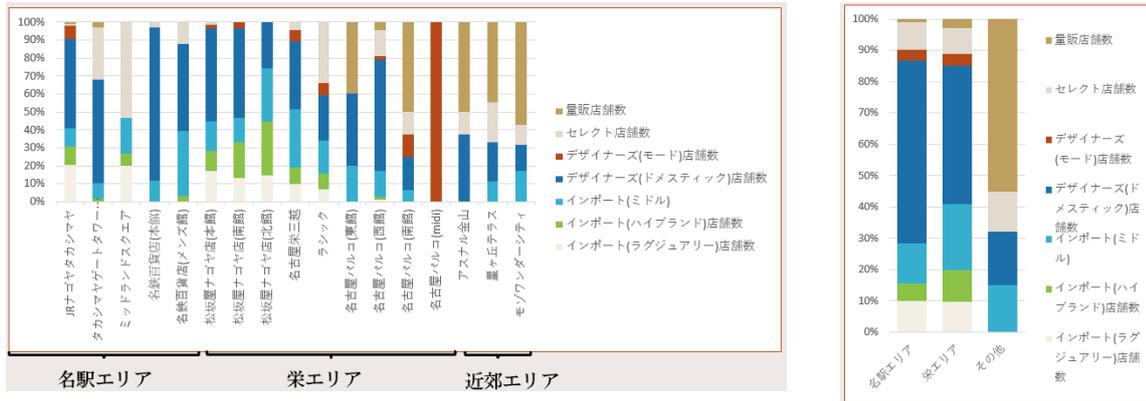


図 2 エリア特性グラフ

出典：筆者作成

2) グループング

図 3 は先ほどの表をそれぞれ主流としている販売ラインごとに仕分けまとめたものである。面白いことにブランド型に仕分けられたファッションビル全てが百貨店であった。逆に若年層に刺さりやすい低～中価格帯のセレクト・ドメスティック型に百貨店は少ない結果となった。

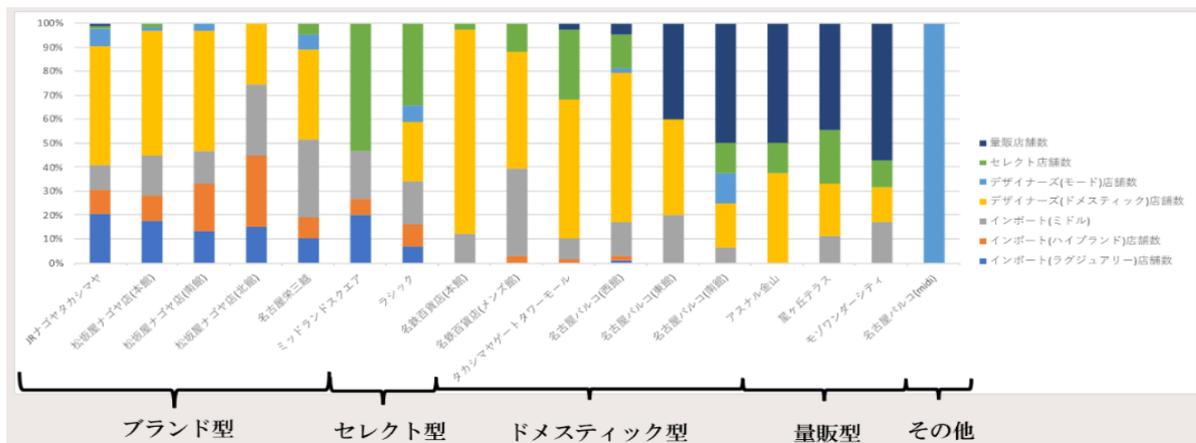


図 3 ライン別グラフ

出典：筆者作成

7. メンズフロアの現地比較

表 3 は実際に名駅エリア・栄エリアのファッションビルに現地調査に行き、実際の年齢層や店員の服装などを独自にまとめたものである。

百貨店のようなターゲットとしている年齢層が高いところでは自身より年上のお客様を接客するために店員の服装もスーツをはじめとしたジャケットスタイルが多く硬派で誠実な印象を与えていた。

それに対してゲートタワーモールやラシック、パルコのようなファッションビルではセレクトショップや比較的価格帯の低めのブランドが多くあるためか若い人たちがかなり多く、それに伴って店員の服装も親近感を持たせる・コーディネートのお手本となる・そのブランドの魅力を表現できるようなカジュアルな服装がほとんどであった。

これらのように各ファッションビルによってかなりターゲットとしている年齢層にメリハリがあるが、タカシマヤとゲートタワーモール、名古屋三越栄とラシックのようにそれぞれのターゲット層の異なるファッションビルを隣接し、互いに足りない層を補完し合っているのがとても印象的であった。

	1			2			3			4			5			6			7			
ファッションビル名	JRナゴヤタカシマヤ			タカシマヤゲートタワーモール			ミッドランドスクエア			名鉄百貨店			ラシック			名古屋パルコ			名古屋三越栄			
年齢層	10代~20代	30代~40代	50代~	10代~20代	30代~40代	50代~	10代~20代	30代~40代	50代~	10代~20代	30代~40代	50代~	10代~20代	30代~40代	50代~	10代~20代	30代~40代	50代~	10代~20代	30代~40代	50代~	
集客の強弱	△	◎	○	◎	○	△	△	○	○	△	○	○	◎	○	△	◎	○	△	△	○	○	○
得意の層	スーツ			カジュアル			スーツカジュアル			スーツ			カジュアル			カジュアル			スーツ			

表3 現地比較グラフ

出典：筆者作成

8.まとめ

今回各地区から様々なファッションビルをピックアップし調査を行ったが、これらの結果から言える大事なポイントが「移り変わり」である。全体的な物価の上昇や消費税の増加、また直近のコロナ禍による影響など経済面での様々な要因からラグジュアリー・ハイブランドを多く取り扱う百貨店をはじめとしたファッションビルはなかなか新規層を取り入れにくく、これから長期的な先を見据えた際に今後運営が難しくなってくると予測される。また二次流通市場の加速による若年層のブランド離れやEC販売の充実による実店舗の存在意義など様々な課題から集積要素としてのアパレル店舗の存在は今一度見直される必要がある。

そこで注目したいのはJRナゴヤタカシマヤや三越栄の存在である。これらはゲートタワーモールやラシックといったそれぞれのターゲット層の異なるファッションビルを隣接させることで様々な年齢層の集客に成功している。このようにラグジュアリーブランドのような高級品を好む層と価格帯が低めのブランドを好む層の二極化されている名古屋市内ではこのやり方は非常に有用であることがいえる。

またJRナゴヤタカシマヤが需要の多いラグジュアリーブランドを高層階にも配置することで客層を分散させたり、パルコやラシックが古着を取り扱う店舗を増やしたりなど時代の移り変わりに沿った面白い取り組みを行っているファッションビルも増えてきており、そういった移り変わりに対応した運営を行うファッションビルは多くの人の集積し、まち全体に大きな影響を与えていた。

参考文献

各ホームページ

- 1) JRナゴヤタカシマヤ [ジェイアール名古屋タカシマヤ \(jr-takashimaya.co.jp\)](http://jr-takashimaya.co.jp)
- 2) JRナゴヤタカシマヤゲートタワーモール [タカシマヤ ゲートタワーモール | ホーム \(jr-tgm.com\)](http://jr-tgm.com)
- 3) ミッドランドスクエア [ミッドランドスクエア \(midland-square.com\)](http://midland-square.com)
- 4) 名鉄百貨店 [名鉄百貨店 本店 \(e-meitetsu.com\)](http://e-meitetsu.com)
- 5) 松坂屋ナゴヤ店 [松坂屋名古屋店 \(matsuzakaya.co.jp\)](http://matsuzakaya.co.jp)
- 6) 名古屋三越栄 [名古屋栄三越 | 三越 店舗情報 \(mistore.jp\)](http://mistore.jp)
- 7) ラシック [ラシック : LACHIC](http://lachic.com)
- 8) 名古屋パルコ [名古屋 PARCO-パルコ-](http://parco.com)
- 9) アスナル金山 [アスナル金山 \(asunal.jp\)](http://asunal.jp)
- 10) 星が丘テラス [星が丘テラス \(hoshigaoka-terrace.com\)](http://hoshigaoka-terrace.com)
- 11) モゾワンダーシティ [mozo WONDER CITY \(mozo-wondercity.com\)](http://mozo-wondercity.com)

まちなかに滞在空間をつくるイベントの研究

EC20031 後藤 慎之介

1. 目的

近年のコロナウイルスの影響により人との関わり方や屋内でのコミュニケーションの仕方が大きく変化した。人と関わる機会が減少し、自分も大学生の前半のほとんどを人と関わることなく自宅で過ごした。そのため、ふれあいの機会や場の必要性について考えを広げるようになった。コロナ禍においては、今までと同じようにコミュニケーションをとることが難しく、今までとは違ったコミュニケーション方法が必要であった。従来の屋内でのコミュニケーションではなく、屋外でのコミュニケーションから新たなコミュニティが創出できると考察した。同時に、コロナ禍で低迷した賑わいをまちなかに造り出すことが、新たなコミュニティの創出につながると考察した。

そこで、本研究では、今後このようなコミュニティ形成に資するイベントを効果的に実施するための知見を得ることを目的とし、まちなかのスペースを活用した賑わい創出や、それにともなった新たなコミュニティの創出の可能性について研究を行う。

2. 研究方法

- 1) 公共空間などを利用したアウトドアイベントについて、インターネット等を用いて調査する。
- 2) 焚き火を用いたアウトドアイベントについて、表などを用いて比較し、イベントの傾向を分析する。
- 3) コミュニティ形成に資するイベントについて、インターネットやヒアリングでの調査を行い、理解を深める。

3. まちなかで滞在空間を作るイベントの広がり

まちなかに滞在空間をつくるイベントの調査を行った。屋外で滞在空間を作るイベントには、基本的に野外活動でのキャンプなどをメインとしたイベントを行うアウトドアイベント（図1）、持ち運び椅子を用いて各々が好きなロケーションで行うチェアリング（図2）、商店街などで食料品や雑貨を販売するマルシェ（図3）などが挙げられた。そのなかでも、焚き火を用いるアウトドアイベントでは、焚き火を囲むことでコミュニケーションが発生し、コミュニティ形成につながるのではないかと推測した。



図1 アウトドアイベント
出典：主催者より入手



図2 チェアリングイベント
出典：参考文献7



図3 マルシェ
出典：参考文献8

4. 焚き火を用いたイベントの比較

焚き火を用いたアウトドアイベントに注目し、イベントごとに、イベント概要、規模、料金、目的の4点を比較した（表1）。今回取り上げたイベントは、「焚き火ノ音」、「とこなめ焚き火ナイト」、「URBAN

TAKIBI TALK]、「NIIGATA 焚き火ガーデン」、「GIFU TAKIBI TALK」、「焚き火ナイト～響～」の合計 6 イベントである (図 4)。

同じように焚き火を利用しているイベントでも、イベントごとに目的や内容にそれぞれ違いがあることから、各イベントを規模、料金、目的で分類した。図 5 では、縦軸を規模、横軸を料金として分類した。図 6 では、開催目的を、商業、振興・認知、空間提供の 3 つに分類した。図 5 からは、イベント規模が大きくなるにつれて、料金が高くなる傾向があることが分かる。料金についてであるが、イベント会場への入場自体を料金として捉えているため、入場無料のイベントについては、会場内でのワークショップや飲食出店などで料金が発生している場合が多い。図 6 からは、イベント開催目的は、振興や認知、企業と提携して行う商業目的のものが多いことが分かる。

表 1 アウトドアイベントの比較

イベント名	焚き火ノ音	とこなめ焚き火ナイト	URBAN TAKIBI TALK	NIIGATA 焚き火ガーデン	GIFU TAKIBI TALK	焚き火ナイト～響～
イベント概要	焚き火とランタンに囲まれた音楽とアウトドアの屋外フェス	常滑りんくうビーチにて焚き火を囲みゆったりと過ごす常滑の夜を楽しむイベント	「snow peak」が主催店頭での焚き火イベントユーザーとスタッフのつながれる場所	新潟都心軸周辺エリア「にいがた2km」のまちづくりと賑わい創出に向けた交流イベント	焚き火を囲んだコミュニティづくりをコンセプトとしたトークセッション型イベント。	「森とつながる焚き火」をコンセプトに各回にテーマがありテーマに沿ったワークショップが開催。
料金	1day 6500円	3500円	1500円	入場無料	500円	入場無料
規模	大規模	中規模	中規模	中規模	中・小規模	小規模
目的	アウトドアの普及アウトドアブランドの商品販売	常滑市の振興くつろぎ空間の提供	ユーザーへの還元ユーザーとスタッフの交流の場を創出	都心中心エリアの活性化賑わい創出	コミュニティ形成につながる空間の提供	山・林業・アウトドアについての振興

出典：参考文献 1,2,3,4,5,6 をもとに筆者作成

- ① 焚き火ノ音
- ② とこなめ焚き火ナイト
- ③ URBAN TAKIBI TALK
- ④ NIIGATA焚き火ガーデン
- ⑤ GIFU TAKIBI TALK
- ⑥ 焚き火ナイト～響～

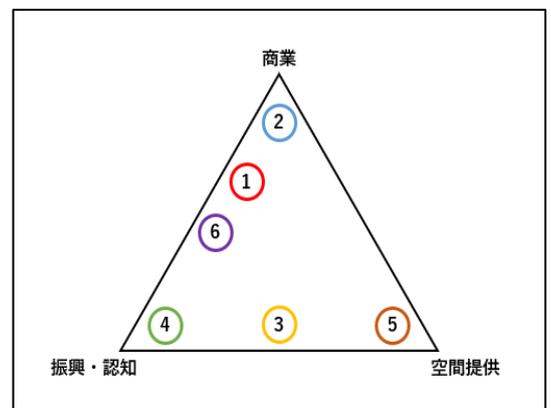
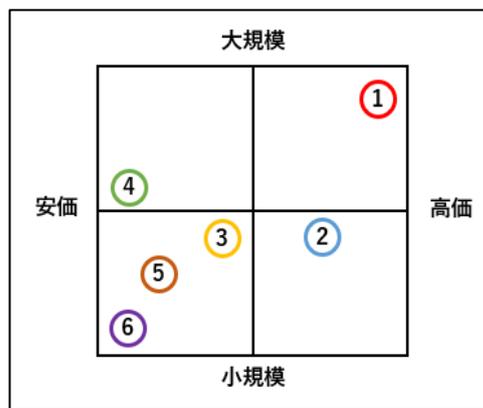


図 4 イベント一覧
出典：筆者作成

図 5 各イベントの規模と値段の関係
出典：筆者作成

図 6 各イベントにおける開催目的
出典：筆者作成

5. コミュニティ形成に資する焚き火イベントの調査

比較した 6 イベントの中で、開催目的が空間提供を目的としている GIFU TAKIBI TALK に着目し、コミュニティ形成についての調査を行った。

1) イベント概要

GIFU TAKIBI TALK は、岐阜市街を中心に開催されているトークセッション型の焚き火イベントである。

焚き火を囲んだコミュニティづくりをコンセプトとしており、参加費は500円となっていて、飲食ブースでの出店がある。

当イベントは2022年5月から2023年11月までに計16回の開催がある。開催場所に公共空間が利用されており、開催ごとに場所が変遷している。2023年11月までの開催で9カ所の会場で開催された(表2)。今までの開催では、JR岐阜駅前信長ゆめ広場や長良川うかいミュージアムなどの空間が利用されている。

会場配置については、第10回の長良川うかいミュージアムでの開催では、焚き火台が3台設置されており、飲食ブースは5店舗の出店があった(図7)。開催当時は焚き火台の数も少なく、出店もなかったが、現在では会場配置が、図7のような配置になることが多い。

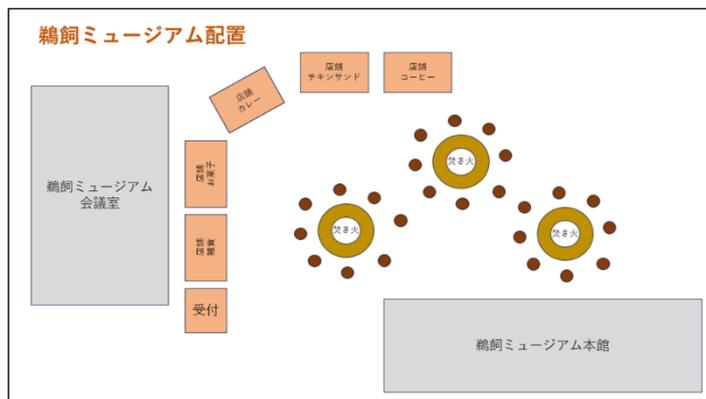


図7 イベント会場配置図
出典：筆者作成

2) 参加者へのヒアリング調査

GIFU TAKIBI TALKへ参加し、参加者へのヒアリング調査を行った。第10回(2023/4/28)第12回(2023/6/24)、第13回(2023/7/15)のイベントに参加した(図8)。

参加者からは、落ち着いて過ごすことができる、手軽という意見が多く、空間提供としての満足度が高いことが分かる。自然と会話が始まるため、参加した人との交流もかなりしやすく、新たなコミュニティ形成の可能性が十分に期待できる。

3) 主催者へのヒアリング調査

GIFU TAKIBI TALKの主催者である鹿島元気さんへヒアリング調査を行った。2023/10/16の13:00~14:00に実施した。質問項目とその回答を表3に記載した。

開催場所を固定せず、かつ公共空間を利用することで、さまざまな属性の人が利用する機会が生まれる。

表2 開催場所一覧

第1回	& n	第9回	JR岐阜駅前 信長ゆめ広場
第2回	円徳寺	第10回	長良川うかい ミュージアム
第3回	Gigu Bldg	第11回	長良川うかい ミュージアム
第4回	長良川うかい ミュージアム	第12回	HIMARAYA OUTDOOR GIFU
第5回	みんなの森 メディアコスモス	第13回	HIMARAYA OUTDOOR GIFU
第6回	長良川うかい ミュージアム	第14回	郡上 平野商店前
第7回	HIMARAYA OUTDOOR GIFU	第15回	みんなの森 メディアコスモス
第8回	Gigu Bldg	第16回	美殿町商店街

出典：筆者作成



図8 イベント参加時の会場の様子
出典：筆者作成

利用者と普段からその空間を利用する開催地域の人との関わりを生むという狙いがある。そのなかで、焚き火を利用した空間による緩いコミュニティの創出を目的としている。

さらに開催料金や空間形成において、心理的に立ち寄りやすく居心地の良い空間形成に力を入れている。以上のことが調査結果から得られた。

表3 ヒアリング調査結果

Q. 質問	A. 回答	Q. 質問	A. 回答
開催場所の選定基準	公共空間であること。 誰もが日常的に利用する場所。	会場の焚き火の利用に関する調整は難しいのか	実績がないイベント開催初期は難しかった。 現在では開催実績があるため、許可を取りやすくなった。
料金設定が500円な理由	一番人がすぐ払いやすい値段だと思うから。 無料だと持続性が無く、高いと立ち寄りづらい。	GIFU TAKIBI TALKの強み	話しやすい空間や場づくりを重点的に研究しており、 会場の配置の設計にもこだわっている。 主催者自身のキャラクターや存在。
当イベントの目的	地域コミュニティの創出	今後新しく展開していきたい事業	さまざまなかたちのコミュニティづくりを考えている。 大人の宿泊研修・それぞれの時間を楽しむのではなく、 皆で同じ時間を共有する。
狙う利用者層	この地域に転勤をしてきたり、大学生や新卒でひとり暮らしを始めた方や友達がほしい人。その地域に住んでいる人たち	焚き火の魅力	火は人間の原点であり、本能的に安心感がある。 火があることで様々なことができるようになり、 火を囲むというコミュニケーションも生まれた。
今後開催したい場所	まちななかでの開催。 まちなかのコミュニティをより濃くしたい。	コミュニティ創出をしようと思ったきっかけ	大きなコミュニティをつくることよりも 小さなコミュニティがたくさんあることのほうが 地方の地域では大切だという持論を検証してみたい。

出典：筆者作成

6. まとめ

参加者への調査からは、焚き火を利用した空間は居心地の良い空間であり自然と会話が始まるため、新たなコミュニティの形成や活性化につながるという結果が得られた。主催者への調査からは、当イベントが焚き火を利用した居心地の良い空間提供から生まれる緩いコミュニティ形成が目的であり、開催場所が固定ではないため、地域ごとのコミュニティ形成や活性化が期待できるという結果が得られた。以上のことからGIFU TAKIBI TALK では、公共空間に焚き火を利用した空間をつくり出すことで、その地域の特性を活かした空間やコミュニティの形成をしている。

一方で、このようなイベントを開催する上での課題として、規模が大きくなりすぎてしまうことで、話しやすく落ち着いた空間ではなくなることや、公共空間利用者の迷惑になってしまうことがイベントを開催する上での課題として挙げられる。

こういった問題の解決策として、焚き火台や椅子の数によって最大入場者数の制限や、会場内の導線を確保することで空間のバランスを保ち、利用者にとって居心地の良い空間を創出することが重要である。

参考文献

- 1) 焚き火 | Takibi Talk | 岐阜 | 岐阜市 <https://www.takibi-talk.com/> (参照 2023/12/12)
- 2) URBAN TAKIBI TALK <https://www.snowpeak.co.jp/event/urbantakibitalk/> (参照 2023/12/12)
- 3) 焚き火ノ音-TAKIBI MUSIC FESTIVAL <https://takibi-oto.jp/> (参照 2023/12/12)
- 4) NIIGATA 焚き火ガーデンを開催します!, JR 東日本, 2023/5/15
https://www.jreast.co.jp/press/2023/niigata/20230515_ni01.pdf/ (参照 2023/12/12)
- 5) とこなめ焚き火ナイト, Aichi Now, <https://www.aichi-now.jp/spots/detail/3460/>
(参照 2023/12/12)
- 6) 産地の見える焚火焚火ナイト by 響 hibi-ki, 2022/4/29, <https://hibi-ki.co.jp/hibikitours026/>
(参照 2023/12/12)
- 7) 前橋「チェアリング」いすを持って集まって 前回は 1200 人が参加, 高崎前橋経済新聞, 2023/5/1
<https://takasaki.keizai.biz/headline/4474/> (参照 2023/12/12)
- 8) 新型コロナ 4 カ月ぶりの「サンビル」店舗普段の半数で 岐阜・柳ヶ瀬 / 岐阜, 毎日新聞, 2020/6/22, <https://mainichi.jp/articles/20200622/ddl/k21/040/089000c> (参照 2023/12/12)

都市空間における公衆浴場の利活用に関する研究

EC20036 島 謙吾

1. 研究の背景・目的

これまでの公衆浴場は住民の保健衛生管理のため、また地域住民のコミュニケーションの場として存在してきた。しかし近年、古くから日本の入浴文化を支えてきた公衆浴場は減少しており、街で見えることも少なくなっている。そこで今回は私が今まで暮らしてきた名古屋市の公衆浴場に注目していく。その中で公衆浴場が減ってしまった原因、また今でも廃業せず続いている公衆浴場はどのように生き残ってきたのかを調査するとともに、公衆浴場を利用して都市の活性化ができないか調査する。

2. 研究の方法

- 1) 公衆浴場数の推移の比較や公衆浴場が減少した原因をインターネットや資料を用いて調べる。
- 2) 名古屋市の公衆浴場を対象として現地調査を行い、施設形態を始めとしたデータを集め、公衆浴場が個別で行っている活動や取り組みを調べる。
- 3) 実態調査やインタビュー調査で集まったデータや結果を参考に、公衆浴場が抱えている問題の解決案を出す。

3. 公衆浴場の概要

3.1 銭湯と温泉

銭湯と温泉はともに公衆浴場に含まれていますが、管轄と定義によって分類されている。銭湯は都道府県が管轄しており、物価統制令によって都道府県ごとに入浴料金が設定されている。一方で温泉は環境省が管轄しており、温泉法によって定義がされている。温泉法とは湯の温度が摂氏25℃以上であり、表1にある物質のうちいずれか1つ以上が入っている湯とされている。公衆浴場の中には銭湯、温泉のどちらにも該当する施設も存在している。

表1 温泉に含まれる物質

物質名	含有量 (1kg中)
溶岩物質 (ガス性のものを除く)	総量1,000mg以上
遊離炭酸 (CO ₂)	250mg以上
リチウムイオン (Li ⁺)	1mg以上
ストロンチウムイオン (Sr ²⁺)	10mg以上
バリウムイオン (Ba ²⁺)	5mg以上
フェロ又はフェリイオン (Fe ²⁺ , Fe ³⁺)	10mg以上
第一マンガンイオン (Mn ²⁺)	10mg以上
水素イオン (H ⁺)	1mg以上
臭素イオン (Br ⁻)	5mg以上
溴素イオン (Br ⁻)	1mg以上
フッ素イオン (F ⁻)	2mg以上
ヒドロヒ酸イオン (HAsO ₄ ²⁻)	1.3mg以上
メタ亜ヒ酸 (HAsO ₂)	1mg以上
亜硫酸 (S)	1mg以上
メタホウ酸 (HBO ₂)	5mg以上
メタケイ酸 (H ₂ SiO ₃)	50mg以上
重炭酸ソーダ (NaHCO ₃)	340mg以上
ラドン (Rn)	20 (百億分の1キュリー単位) 以上
ラジウム塩 (Ra)	1億分の1mg以上

出典：筆者作成

3.2 公衆浴場の分類

公衆浴場は「一般公衆浴場」と「その他の公衆浴場」の二つに分けることができる。「一般公衆浴場」は地域住民の日常生活において保健衛生上必要なものとして利用される施設とされており、物価統制令により愛知県では表2のように入浴料金を設定している。「その他の公衆浴場」は入浴料金について制限はなく施設ごとによって設定されている。こちらは入浴施設だけでなく多くの娯楽設備がある施設であり、スーパー銭湯や健康ランドなどが例に挙げられる。

表2 愛知県の入浴料金

大人 (12歳以上)	500円
中人 (6歳以上12歳未満)	180円
小人 (6歳未満)	100円

出典：筆者作成

3.3 公衆浴場数の推移

次に表3で公衆浴場数の推移を全国、愛知県、名古屋市で比較していく。全国的に一般公衆浴場は最盛期より大幅に減少しており、愛知県では1976年の691軒から2023年10月には62軒まで減少している。表4では名古屋市の一般公衆浴場、その他の公衆浴

表3 推移の比較 (全国)

	全国	愛知県	名古屋市
1976年	19161	691	
2020年	3231	81	60
2023年10月時点		62	46

出典：筆者作成

場の推移に注目していく。2002年から2023年10月までに一般公衆浴場は約1/4まで減少している一方、その他の公衆浴場は167軒から156軒と一般公衆浴場と比べて全く減少していない。その他の公衆浴場が減少しない理由としては、入浴施設以外に多様な娯楽施設が併設されており、幅広い年齢層の利用者がいるためである。

表4 推移の比較（名古屋市）

	総数	一般公衆浴場	その他の公衆浴場
2002年	348	181	167
2023年10月現在	202	46	156

出典：筆者作成

3.4 一般公衆浴場が減少した理由

一般公衆浴場が減少した理由は大きく3つに分けられる。1つ目は浴室のある住宅が増加したためである。1963年には家庭の浴室保有率は59.1%と半分ほどの普及率だったが、2003年以降は95%以上の高普及率を維持している。その結果家でも入浴ができるようになり、公衆浴場に行く必要がなくなりました。2つ目は営業を続けるには多額の費用がかかり続けるためである。水道代は国や自治体から補助も多いが、燃料代や電気代、人件費など毎月多額の固定費用がかかっている。こちらは一般公衆浴場の新規参入が非常に少ない原因の一つでもあります。3つ目は後継者の問題である。一般公衆浴場では経営者の高齢化や長期経営の不安定化が起っており、後継者が不足して自主的に店を閉じてしまう公衆浴場も出てきている。

4. 名古屋市の公衆浴場

4.1 一般公衆浴場とその他の公衆浴場の分布

名古屋市では区ごとに一般公衆浴場、その他の公衆浴場の数にばらつきがあることが分かる。そこで今回は QGIS のバッファという機能を使用し、生活行動範囲を歩行距離の半径 1 km と設定して分布図を作成し、そのばらつきに利用者の被りなどが関係していないか調査する。橙色の円が一般公衆浴場であり、青色の円がその他の公衆浴場である。中村区では一般公衆浴場が名古屋市最多の9カ所あり、一般公衆浴場同士の範囲が被っているところも多いが、どこも未だ生き残っている。しかしその他の公衆浴場は一つも無く、これは一般公衆浴場が多くある中村区では集客が難しいからであることが分かる。中区には一般公衆浴場もその他の公衆浴場も三つあるが、お互いに範囲は被っている。他の区でもお互いに範囲が被っているところはあるため、生活行動範囲の被りと利用者の被りは関係ないことが分かる。しかし、守山区や名東区、緑区では周囲に一般公衆浴場がないことで、利用者が他に流れることもなく運営できている。

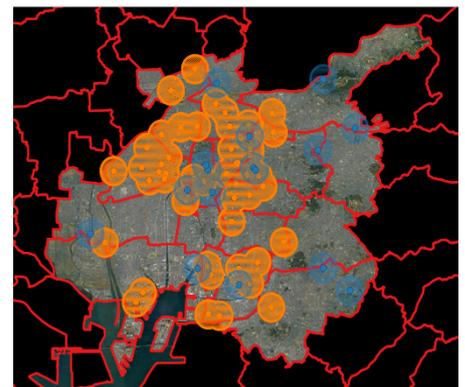


図1 公衆浴場分布図

出典：筆者作成

4.2 実態調査

名古屋市の一般公衆浴場全46カ所の詳細な実態を知り、施設の利活用ができないかを考察するため、実態調査を行っていく。

1) 施設形態

施設形態には単独店舗と下駄履き店舗の2種類がある。46カ所中40カ所が単独店舗であり、下駄履き店舗は非常に数が少ない。下駄履き店舗の一つである「富美の湯(昭和区)」ではアパートの下に店舗がある。店横には店主の息子が営業している居酒屋があるという、他の一般公衆浴場では行っていない特徴があり、地域の方の交流の場として利用されていた。



図2 施設形態

出典：筆者作成

2) 受付形式

現在は昔のような番台形式は少なく、フロント形式が主流となっている。番台形式は古くは盗難行為の防止のためや、利用者の安全面の監視という役割を持っていた。しかし現在では番頭から脱衣所が見えてしまいプライバシーの問題があることや、セキュリティー技術の向上で監視する必要がなくなったことで減少している。

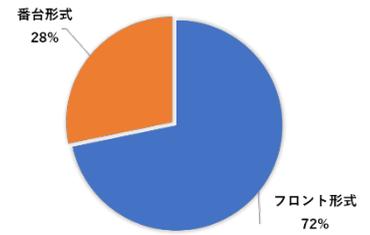


図3 受付形式

出典：筆者作成

3) 併設施設

併設施設は現在18カ所で設置されています。18カ所のうち15カ所でコインランドリーが併設されているが、これは洗濯をしている間に入浴ができるからという理由もある。併設施設は設置をすれば公衆浴場以外での利用者を集客できることから、場所と費用に余裕があるのであれば設置すべきである。

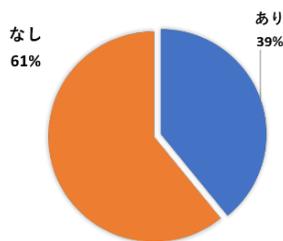


図4 併設施設の有無

出典：筆者作成

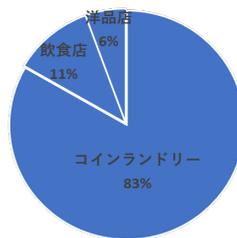


図5 併設施設の内訳

出典：筆者作成



図6 コインランドリー併設施設

出典：筆者作成

5. 公衆浴場の活動

5.1 廃業後施設の利活用

過去から現在までの公衆浴場数の推移から、公衆浴場はこれからも減少していくと考えられるので、廃業してしまう銭湯施設をまちづくりに活用できないか調査していく。名古屋市を含む愛知県では補助金の少なさなどが影響し、廃業後施設の利活用はあまり進んでいない。愛知県ではどれほどの規模でも上限20万と決まっているが、東京都では規模に応じて補助金の上限が費用の4分の1と決まっている。このような現状の中でも名古屋市緑区の「東湯」では2014年に廃業した後2018年まで銭湯の内装などはそのまま、緑区の名産物である有松鳴海絞りの体験工房として活用された。全国で見ると福岡県の「大學湯」では経営者の死去に伴い2012年に廃業したが、経営者の孫がクラウドファンディングで約600万、自己資産や融資で約1000万の合計約1600万を集め改修工事を行った。こちらでは地域から長く愛されていた銭湯施設を活かし、作品展などを行った。



図7 大學湯の利活用

出典：筆者作成

5.2 生き残り戦略

次に現在まで廃業していない公衆浴場がどのように長年残ってきたのかを調査する。

愛知県公衆浴場業生活衛生同業組合ではランナーズ銭湯のようにランニングする際の荷物置き場や更衣室として公衆浴場を利用してもらえよう活動や、愛知県浴場組合加盟の公衆浴場を巡るスタンプラリーを開催し、賞品をプレゼントするような活動を行っている。

また個人の取り組みでは、名古屋市東区の平田温泉では脱衣所を活用したマルシェや浴室での音楽イベントなど地域の方から公衆浴場をより身近なものにできるよう多種多様な活動を行っている。他にも名古屋市北区の萩の湯では地域の小学生に施設の見学会、質問会を行い、若い世代にも公衆浴場の魅力を知ってもらえよう活動を行っている。

ます。

5.3 インタビュー調査

以上の調査から、今回は夏まつりを始めとした多くのイベントを開催している名古屋市西区の白山温泉を経営しており、名古屋市浴場商業協同組合の理事、活性化委員会委員長でもある飯田宗一郎さんに2023年10月19日インタビューを行った。表9はインタビューを簡単にまとめたものである。祭りは金城学院大学の授業の一環として白山温泉が協力する形で始まった。入場制限をするほど多くの方が参加しこれからも開催する予定である。コロナウイルスの影響で高齢者の利用は減ってしまったものの、若年層は飲食店などが営業時間短縮をしていたため夜遅くからの利用が増加するという結果になった。スーパー銭湯を含むその他の公衆浴場が近くにあると利用者が減ってしまうのではないかと考えたが、公衆浴場の入り口のような存在となり、一般公衆浴場にも良い影響があることが分かる。

表9 白山温泉インタビュー調査

Q&A	質問	回答
1	金城学院大学などと連携して行っている「白山まつり」を始めたきっかけ	2022年に金城学院大学の「銭湯の活性化」の授業の活動の一環として白山温泉と協力して開始した。第1回から多くの方に参加していただき、今回の祭りでは参加者数を絞って開催した。
2	コロナ禍の影響	高齢者（65歳以上）の利用者は減少したが、飲食店が閉まっている中、銭湯は夜遅くまでやっているという事もあり、若者の利用者は増加した。以前まで落語会や音楽ライブなどのイベントを開催していたが、近年は行えていない。
3	近年のサウナブームの影響	白山温泉では平成元年に建て替えを行ったタイミングで1つ目のサウナ、その5年後に2つ目のサウナを導入した。サウナブームの影響もあり、近年は若者の利用者が激増した（若者の利用者の大半がサウナも利用）。
4	スーパー銭湯誕生の影響	近隣地域にスーパー銭湯ができてから約1年間は利用者が半減したが、翌年には利用者数は戻った。スーパー銭湯は銭湯の入り口的な位置として、生活に身近な存在となり一般公衆浴場にも良い影響がある。
5	現在抱えている問題点	設備や配管などの老朽化があるが、後継者がいないこともあり立て替えやリニューアルを行うことが難しい。
6	昔と今の公衆浴場に求められるものの変化	昔は浴室のある家庭も少なかったため、公衆浴場は利用されていた。今は精神的な癒れをとったり、コミュニケーションの場として利用されている。
7	一般公衆浴場の番台について	元々は防犯のためにあったが、今では鍵付きのロッカーの存在やプライバシーの問題もあるので番台である必要がない。そのため番台はこまま減少していく一方であろう。
8	銭湯の魅力	昔ながらの日本の文化を感じられる場であり、リラックスすることができる。

出典：筆者作成



図8 白山温泉ポスター

出典：筆者作成

6. まとめ

調査した結果から名古屋市のいくつかの公衆浴場では銭湯施設を利用し地域活性化にも繋がっているが、廃業後施設の利活用は他県と比べると出来ていないことが分かる。その中で提案したい案が二つある。一つ目は愛知県の補助金の見直しである。補助金が現状少ないため改修や改築のハードルが上がっているためである。二つ目にクラウドファンディングのような募金の実施である。こちらはある程度元からの知名度や人気があれば難しいだろうが、魅力的な活用案を具体的に説明できれば費用も集まるだろう。これらを行えば今よりも利活用は進み、昔から日本の入浴文化を支えてきた公衆浴場を利用した地域の活性化に繋がる。

参考文献

- 1) 生活衛生関係営業の生産性向上にむけて:生活衛生関係営業の生産性向上にむけて <https://www.jmar-llg.jp/seiei/data/consreport2021bath.pdf> (参照 2023-09-15)
- 2) 中小機構:市場調査データ スーパー銭湯(2021年版) 2021年11月, <https://j-net21.smrj.go.jp/startup/research/service/cons-supersento2.html> (参照 2023-9-15)
- 3) GraphToChart:グラフで見る愛知県の公衆浴場数は多い?少ない?(推移グラフと比較) <https://graphtochart.com/japan/aichi-no-of-public-bathhouses.php> (参照 2023-9-15)
- 4) 厚生労働省:統計表一覧 2021年12月, https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/eisei_houkoku/21/dl/toukei.pdf (参照 2023-10-10)

地域スポーツとしての少年野球の持続性に関する研究

EC20082 八城 蓮

1. 研究背景、目的

現在、全国各地で部活動の地域移行が段階的に進んでおり、一部の地域では小学校の部活動の廃止も進んでいる。その結果、子供たちが気軽にスポーツに触れる機会が減っている。そこで部活動以外でスポーツに触れる場としてスポーツ少年団に注目し、名古屋市スポーツ少年団で令和 4 年度最も登録の多い軟式野球チームについて調査を行い、その持続性に関して検討し、改善案を提案することを目的とする。

2. 研究方法

- 1) スポーツ少年団や部活動の地域移行などの情報をインターネットで調べる。
- 2) 軟式野球チームの各ホームページにて、チームの情報を得る。
- 3) 収集したデータを表や図、QGIS を用い表し、統計データを取る。
- 4) 軟式野球チームの監督の方にヒアリング調査を行う。

3. 研究対象

令和 4 年度名古屋市スポーツ少年団に登録されている単位団は 68 団である。その中で最も登録の多い種目である軟式野球チーム 31 団を対象とする。

3.1 スポーツ少年団

スポーツ少年団は、「日本最大の青少年スポーツ団体であり、スポーツ少年団では、子どもたちはスポーツを楽しむだけでなく、学習活動、野外活動、レクリエーション活動、社会活動、文化活動などを通じて協調性や創造性を養い、社会のルールや思いやりのこころを学ぶ。」¹⁾とされている。

また、表 1 に愛知県の主なスポーツの令和 4 年度スポーツ少年団登録状況、表 2 に愛知県の地区ごとの令和 4 年度スポーツ少年団登録状況を示す。

表 1 愛知県の主なスポーツの
令和 4 年度スポーツ少年団登録状況

全体		軟式野球		サッカー		バレーボール	
団数	%	団数	%	団数	%	団数	%
712	100%	276	38.8%	92	12.9%	64	9.0%

出典：参考文献 2) を基に作成

表 2 愛知県の地区ごとの
令和 4 年度スポーツ少年団登録状況

地区	名古屋地区	西尾張地区	東尾張地区	西三河地区	東三河地区	合計
団数	68	162	138	126	218	712

出典：参考文献 3) を基に作成

3.2 部活動の地域移行

帝京大学の佐藤晴雄教授によると部活動の地域移行とは、「これまで学校教員が担ってきた部活動の指導を、地域団体や関係事業に担ってもらうことで地域の活動に位置づけることを指す。」⁴⁾とされており、そのメリットとして、教員の負担軽減や専門的な指導などが挙げられる。その一方でデメリットとしては、適切な指導者や団体の確保が難しいことや生徒の安全上の不安などが挙げられる。

4. 調査結果

4.1 基本情報

今回対象とした軟式野球チーム 31 団の所在自治体、団員数、監督・コーチ数、練習場所を集計したものをそれぞれ図 1、図 2、図 3、図 4 に示す。なお、この基本情報に関しては、2023 年 5 月時点で各チームのホームページに記載されている範囲内のみの集計となっている。そのため、ホームページに記載されていなかったチームもあり、団員数と監督・コーチ数に関しては今回対象としている 31 団に満たない結果となっている。また所在自治体に関しては、明確に定義されていないチームは複数の自治体に属しているものとして集計した。

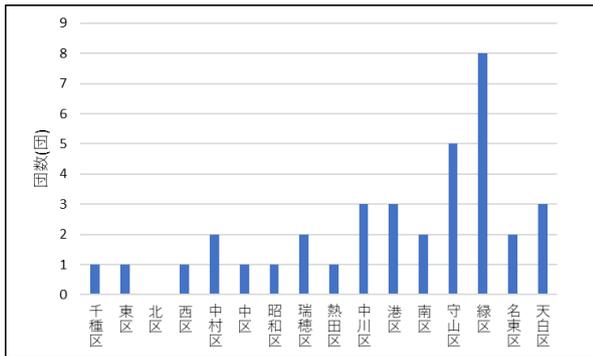


図 1 所在自治体

出典：筆者作成

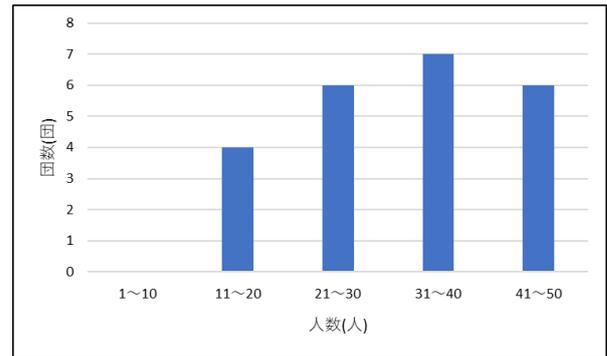


図 2 団員数

出典：筆者作成

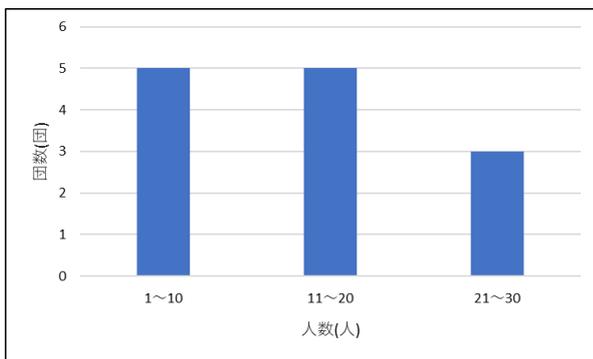


図 3 監督・コーチ数

出典：筆者作成

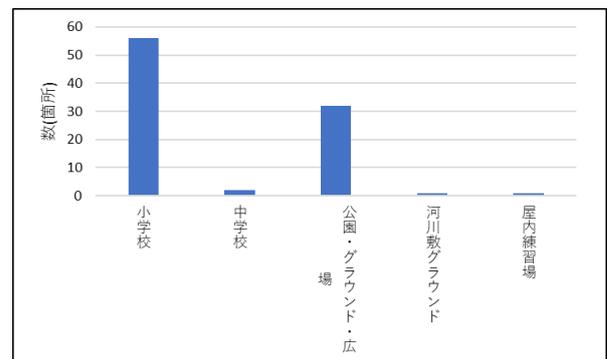


図 4 練習場所

出典：筆者作成

図 1 より、所在自治体は緑区が 1 番多いという結果になった。上位の所在自治体である緑区や守山区は、人口や小学校の数が名古屋市の中で上位であることも関係している。

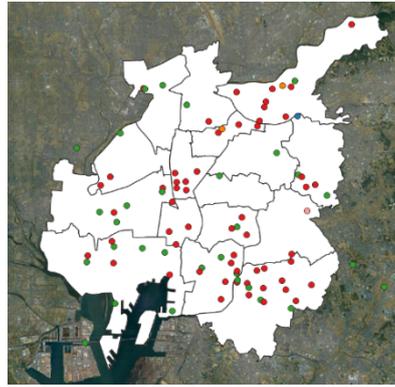
図 2 より、団員数は 31~40 人が最も多くなっている。その一方で、チームによっては 1 学年で 1 チーム作れないところもあり、団員数に関しては多いチームは多い、少ないチームは少ないといった 2 極化の状態であることが分かる。

図 3 より、監督・コーチ数は 1~10 人、11~20 人が同数であることが分かる。こちらも団員数と同様に 2 極化の状態であることが分かる。

図 4 より、練習場所は小学校が 1 番多いという結果になった。また、小学校と公園・グラウンド・広場の 2 つが練習場所の 9 割以上を占めており、中学校や河川敷グラウンド、屋内練習場は練習場所としてはほとんど使われていないことが分かる。

4.2 QGIS を用いた練習場所の分析

QGIS を用い、4.1 に示した練習場所の分布を地図上に表した。図 5 より、練習場所は名古屋市の中心部に少なく、郊外に多い傾向が見られる。つまり、郊外に小学校や公園などのスポーツ環境が整っている。また、今回対象とした軟式野球チーム 31 団の練習場所は区ごとで数に偏りがあることが分かる。



注

(桃：屋内練習場、
青：河川敷グラウンド、
緑：公園・グラウンド・
広場、
赤：小学校、
橙：中学校)

図 5 練習場所の分布

出典：筆者作成

4.3 ヒアリング調査

2023 年 9 月に軟式野球チームの東築ライオンズ、大須パンサーズ、みどりベースボールクラブの各監督にヒアリング調査を行った。(今回の研究では、みどりベースボールクラブは対象外)

表 3 ヒアリング調査(1)

質問内容	回答
近年、選手の人数は増加傾向にあるか、減少傾向にあるか	東築ライオンズ：横ばい、2極化(多いチームは多い、少ないチームは少ない)、チーム数は減少傾向 みどりベースボールクラブ：減少傾向、以前は1学年で1チーム作れたが今は同学年では難しい 大須パンサーズ：減少傾向、チーム数も減少傾向
人数確保のため、工夫していることはあるか	東築ライオンズ：試合になるべく使ってあげる(出て覚えることもある) みどりベースボールクラブ：不定期に体験会を開いている(在籍している子供の道具や使わなくなった道具を貸している) 大須パンサーズ：年に数回体験会、随時入団受付、ホームページやInstagramの活用、キッズ野球教室の開催、地元の友人や母親同士の口コミの影響もある
練習場所や試合会場の確保についてどういったところに難しさがあるか	東築ライオンズ：少年野球場は名古屋市長管轄ではないこと、大人のグラウンドを取りに行くこと、愛知県管轄はある(大高、志段味など)、名古屋市内も作ってほしい みどりベースボールクラブ：練習はできるが試合ができる広いグラウンドがないこと、抽選会や小学校との打ち合わせ(お母さん方がグラウンドを確保) 大須パンサーズ：地区的に広い小学校やグラウンドがないこと、小学校も貸し出ししている学校もあればしていない学校もあること
練習用具(個人の物以外(ラインカー、ネットなど))については、どうしているのか(保管方法、どこものを使用)	東築ライオンズ：練習場所の東築地小学校と倉庫の両方で保管、練習用具はチームのもの、東築地小学校とは関係なし みどりベースボールクラブ：倉庫で保管、道具はチーム持ち 大須パンサーズ：基本的にはチームのもの、トンボやティーンネットは小学校の物があれば借りる、保管方法についてはそれぞれの学年で保管(コーチの家や車、父兄で分配など)
保護者の負担についてはどう考えているか(送迎、お茶当番、保護者の役割、練習・試合のサポートなど)	東築ライオンズ：昔に比べて少なくなった、お茶当番は実質廃止、送迎は親、駐車場が少ないところは、乗合してから配車(昔はそれが嫌で入らない人もいた) みどりベースボールクラブ：お茶当番は世間的にネック(それが子供の入団にも関わる)、お茶当番はやっていない、親が1日いる人もいる(それが外から見るとどうなのか、何かあった時には助かる) 大須パンサーズ：必要、お父さんコーチに委ねることが多い、来れる人は極力来てほしいという形、強制はできない、お茶当番は廃止、順番性は負担になる、見守り役は誰か一人ほしいというスタンス(女手がほしい)、送迎がないとやっつけにくい
保護者の協力を得るための工夫はあるか	東築ライオンズ：特にしていない(そこまでは意識していない)、やれる人がやる、個人の考えは分からないので難しい みどりベースボールクラブ：送迎はあらかじめ配車を決め、まとめて3、4人で5、6台にする 大須パンサーズ：チームLINEを作っている、子供がけがをしたときなど場合に依って個別LINEを送ったりする(コロナの影響で父母会などの接する機会が減ったため、父母とのコミュニケーションが限られる)

出典：筆者作成

表 4 ヒアリング調査(2)

質問内容	回答
コロナ禍を経て、少年野球が変化した部分はあるか(人数が減った、親睦会の回数が減った、祖父母が来にくくなったなど)	東築ライオンズ：人が来なくなったことはあまりない、練習時間は変わらない、コロナの時は小学校などのグラウンドは貸してもらえなかった、コロナ中に市長に直談判に行った(2週間後に使えるようになった) みどりベースボールクラブ：父兄とコーチの親睦会がなくなった、コロナ禍と現在では時間の変化はなし、コロナ禍では各学年に分かれて別のグラウンドで活動していた 大須パンサーズ：コロナの影響は大きいものはない、コロナ禍と現在では時間の変化はなし、コロナの時は小学校などのグラウンドは貸してもらえなかった、活動は例年に戻った
小学校の部活動減少、外部化の影響はあるか	東築ライオンズ：チームに対しての影響はなし、部活でうまくいこうとは思わない、チームに入りたいと思うことはない、やる気がある人はすでにチームに入っている みどりベースボールクラブ：特になし 大須パンサーズ：部活動から直接チームに来ることがない、野球に触れる機会が少なくなった
年間行事は何を行っているか	東築ライオンズ：卒団式、キャンプ、納会・総会 みどりベースボールクラブ：キャンプ、総会、卒団式 大須パンサーズ：納会、卒団式、体験会、父母会、夏合宿、ソフトボール大会
試合運営について(試合の組みやすさなど)	東築ライオンズ：FAXやメールで連絡している みどりベースボールクラブ：各学年の子どものやりくりや日程調整が難しい(6年生のチームに5年生を持っていくと、5年生の試合ができない) 大須パンサーズ：色々な大会があるため日程調整が難しい
他のスポーツに持っているか	東築ライオンズ：特になし、部活動見るとバスケットボールが多い みどりベースボールクラブ：他のスポーツとはグラウンドも違い開けられないため、他のスポーツの状況は分からない 大須パンサーズ：直接的な影響は感じない、小学校をサッカーのチームが取っていることもある、野球の方がお父さんや親の負担が大きい
最後に、これまでの質問を踏まえて、言い忘れたこと、今後について何かあるか(少年野球の現状、今後の課題、維持のために必要なことなど)	東築ライオンズ：昭和の野球をやる人もいる、親が口出してトラブルになり辞めていく(子供をダメにする)、球数制限70球で子供の体を守り壊さないようにする、指導者が楽しく、試合で勝たないと楽しくない みどりベースボールクラブ：子供の人数が少なくなっており試合を組むのが難しい、人数確保、広いグラウンドがないため試合場所を取るのが難しい 大須パンサーズ：親、子供の考えも変化しているので、理解したうえでチームのやり方も考える、その一方、父兄のある程度の協力がないと運営が成り立たない、コーチに求めるのは球拾いやバッティングピッチャーなどお手伝いの範疇、それを考えると成り手がいない、コーチなどの後継者がいないことも考えないといけない

出典：筆者作成

質問内容と回答をまとめたものが表3、表4であり、回答で特に重要な部分を赤字で示した。表3、表4より、少年野球の現状や工夫点、抱える問題点などが分かる。具体的な現状や課題に関しては、団員数はチームによって差はあるが減少傾向であることが多いこと、小学校の部活動減少や外部化の影響があるチームもあればないチームもあること、お茶当番は廃止となっているチームが多いことなどが挙げられる。

5. まとめ

1) 課題の整理

これまでの調査結果より、大きく分けて少年野球の3つの課題が明らかになった。まず1つ目は団員数・チーム数・指導者数が減少していること、2つ目は保護者の負担が大きいこと、3つ目はチーム側と保護者の関係性である。

2) 改善案の提案

まず団員数・チーム数・指導者数の減少に関しては、少子化が進んでおり競技人口も比例して減少するため難しい問題ではある。そういった状況の中での改善案として、地域コミュニティの活性化、小学校との連携強化を提案する。ヒアリング調査を行ったことで、チームへの入団は友人同士や保護者間での口コミの影響もあることが分かった。そこで、地域全体で少年野球を知ってもらうために、自治会や町内会で活動を広めることや小学校でスポーツ少年団についての説明会の開催やポスターを掲示するなどの取り組みが必要である。そのほかにも SNS やホームページの活用によるアピールや指導者確保のため、OB への声掛けなども提案する。

次に保護者の負担に関することとして、ヒアリング調査によってお茶当番を廃止したというチームもあることが分かった。このように保護者の負担になることはできる限り避けるべきではあるが、その一方で保護者のある程度の協力がなければいけないという監督の方からの意見もヒアリング調査であった。そのため保護者の負担を減らすための改善案としてチーム側は、保護者に関しては協力を強制せず順番性のものを作らないことを基本としたうえで、極力参加していただける運営体制を取ることとチーム側と保護者の話し合いを頻繁に行い運営していくことを提案する。

最後にチーム側と保護者の関係性に関することとして、ヒアリング調査によって両者間でのトラブルが起きていることも明らかになった。そこで改善案としてチーム側と保護者側のお互いの理解とコミュニケーションが必要であるため、保護者の負担を減らすための改善案と同様に定期的な両者の話し合いの場を設けることを提案する。

参考文献

- 1) スポーツ少年団とは - スポーツ少年団 - JSPO (japan-sports.or.jp)
<https://www.japan-sports.or.jp/club/tabid265.html> (参照 2023-12-04)
- 2) 令和4年度スポーツ少年団登録状況(都道府県別 競技別 団数)
https://www.japan-sports.or.jp/Portals/0/HPrenewal_syonendan_2020/toroku_system/R4_todoufukennbetu_dannsuu.pdf
(参照 2023-12-04)
- 3) 愛知県スポーツ協会 - スポーツ少年団 (aichi-sports.or.jp)
<https://www.aichi-sports.or.jp/sposho/index.html> (参照 2023-12-04)
- 4) 部活動の地域移行とは？ 進む背景や、メリットとデメリットを紹介 | 寺子屋朝日 for Teachers (asahi.com)
<https://terakoya.asahi.com/article/14920528> (参照 2023-12-12)

国内のプロ野球球団の野球場に関する比較研究

EC20083 安江大和

1. 研究の目的

今回研究テーマを「国内のプロ野球球団の野球場に関する比較研究」にした目的は、日本には 12 球団のプロ野球チームとともに、本拠地である球場が 12 か所あり、プロ野球に興味があることから、日本はもちろん他スポーツのスタジアムと比較をする中で、プロ野球の更なる発展、向上や、野球そのものを盛り上げていくことで本拠地である都市の活性化につながられるか、名古屋市のバンテリンドームを中心に調査し実行し今後のまちづくりにつなげていく。

2. 日本のプロ野球の概要

日本のプロ野球(NPB)には、セ・リーグ 6 球団(阪神タイガース、広島東洋カープ、横浜 DeNA ベイスターズ、読売ジャイアンツ、東京ヤクルトスワローズ、中日ドラゴンズ)と、パ・リーグ 6 球団(オリックスバファローズ、千葉ロッテマリーンズ、福岡ソフトバンクホークス、東北楽天ゴールデンイーグルス、埼玉西武ライオンズ、北海道日本ハムファイターズ)の合計 12 球団があり、合わせて 12 か所の本拠地であるスタジアムが存在する。

3. 調査の方法

今回の調査方法として、3つ行った。1つ目、インターネットを利用してメジャーリーグ(MLB)やサッカースタジアム、テニススタジアムとの比較、2つ目、テキストマイニングを行って、読売ジャイアンツの本拠地である東京ドーム、中日ドラゴンズの本拠地であるバンテリンドーム、北海道日本ハムファイターズの本拠地であるエスコンフィールドの 3 球場の口コミ調査、3つ目、実際に 3 球場に行く現地調査を行った。

4. スタジアムの諸元比較

表1 メジャー(MLB)の調査内容

4-1 プロ野球スタジアムとメジャーリーグ

スタジアムの比較

日本の球場は、形は変わらないことに対して、アメリカは形も大きさも様々であること。また、アメリカのスタジアムは、ボールパークの中に球場があるが、日本は球場の中に売店などが入っているという違いがある。大きな特徴として、アメリカは、日本と違い、野球はもちろんのこと演出や施設環境などの野球スタジアム以外の観点で、観客を楽しませている。

球場	ロサンデスパーク	アナハイムスタジアム	フェニックスパーク	ヤンキーススタジアム	トモパイル・パークスタジアム	ドジャーススタジアム
球団	マリナーズ	エンゼルス	レッドソックス	ヤンキース	マリナーズ	ドジャース
所在地	マイアミ	アナハイム	ボストン	ニューヨーク	シアトル	ロサンゼルス
建設費	5億,500万ドル	2400万ドル+1億,800万ドル	65万ドル	15億ドル	5億1760万ドル	2300万ドル
開設時期	2012年3月5日	1966年4月19日	1912年4月9日	2009年4月16日	1999年7月15日	1962年4月10日
周辺の建物	ビーチ、空港	ディズニeland	ボストン美術館	なし	なし	なし
特徴	WBC決勝が行われた場所。メジャーの球場で3番目の広さ。	大谷翔平の本拠地。ホームランが出やすい球場である。	グリーンモンスタースという高宇フェンスが有名。老朽化が進んでいる。	1試合当たりのホームラン数が多い。左打者に有利。	ヒットが出にくい球場である。ファウルアウトの多い球場。	エンゼルの元本拠地。雨が少なく清掃がしっかりして綺麗。
グラウンド面積	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし
フェンスまで(両翼)	(左)104.8m(右)102.1m	(左)110.6m(右)100.6m	(左)94.5m(右)92m	(左)96.9m(右)95.7m	(左)100.9m(右)99.7m	(左)100.6m(右)100.6m
フェンスまで(中)	121.9m	121.9m	118.9m	124.4m	122.2m	120.4m
フェンスまで(右左中間)	(左)117.6m(右)117.9m	(左)118m(右)112.8m	(左)115.5m(右)115.8m	(左)122m(右)117.3m	(左)115.2m(右)116.1m	(左)117.3m(右)117.3m
座席数	37000人	記載なし	(D)37065(N)37493	50287人	47116人	56000人
店舗	カフェ、クリーブランド	野球に関するショップ	とくになし	野球に関するショップ	野球に関するショップ	フードショップ、BBQ、レストラン
伊設施設	水族館	人口岩、滝	バックミンスターホテル	ヤンキースミュージアム	WAMU Theater, Lumen Field	ゲデルワッククラブ
最寄り駅	空港あり	リムジン(送迎サービス)	ケモワ駅	161st Yankee Stadium	WAMU Theater, Lumen Field	ユニオン駅
駅からの距離	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし
その他の活用方法	NFL, ROC	NFL(ロサンゼルスラムス)	NFL, NASL	MLS	WWE, NHL	ボクシング

出典:筆者が作成

4-2 プロ野球スタジアムとサッカースタジアムの比較

サッカースタジアムのほうがたくさんの観客が収容することができることや、たくさんの国のファンがいることより、電車や車だけではなく、空港も交通手段となっている。サッカースタジアムとしてだけではなく、たくさんのスポーツを行うことができることから、さまざまな観点での収入が得ることができる。野球スタジアムとは違い、収容数は多くないが、他のスポーツのスタジアムと共存している。

表2 サッカースタジアムの調査内容

球場名	カンピ・ノウ	クレストフスキー・スタジアム	エヌ・モヌメンタル	エスタディオ・ムニシパル・デ・ブラガ	メルセデスベンツ・スタジアム
球団	FCバルセロナ	FCゼニト・サントペテルブルク	CAリベール・プレート&代表	SCブラガ	MLS・アトランタ(NFL,NCAA)
所在地	スペイン・バルセロナ	ロシア・サントペテルブルク	アルゼンチン・ブエノスアイレス	ポルトガル・ブラガ	アメリカ合衆国・アトランタ
建設費	288000000ドル	5億9700万	100万ドル	1億6100万ユーロ	14億米ドル
開設時期	1957年9月24日	2016年12月25日	1938年5月26日	2003年12月30日	2017年8月26日
周辺の建物	ラ・マシア(サッカースクール)	シヴォ・オストロフ	記載なし	記載なし	記載なし
特徴	ヨーロッパ最大のスタジアム。	豊田スタジアムにしている。設計者は黒川という日本人。	フットボール大聖堂と呼ばれる。	花こう岩が両端にあり、座席は二面しかない。シカゴ・アテネウム国際建築賞の最優秀グローバルデザイン賞を受賞。	安価でフードやドリンクを提供している。MLSカップ、スーパーボウルの開催地。
ピッチサイズ	105×68m	105×68m	105×70m	106×68m	記載なし
収容人数	99354人(昔は120000人)	64668人	86049人	30286人	71000人
店舗	グッズショップ、バー、スナック菓子自動販売機	ジェットコースター	24時間のレストラン	記載なし	アトランタ国際空港
併設施設	バルセロナミュージアム	ホテル	劇場、博物館、テニスやバスケットのスタジアム	磐に囲まれていて、大きな店舗はない。	ラウンジ、さまざまなフードショップ
最寄り駅	パラウ・レアル、ラス・コルツ	Krestovskiy ostrov駅	不明	不明	タクシーor地下鉄

出典:筆者が作成

4-3 プロ野球スタジアムとテニススタジアムの比較

テニスは個人同士の戦いであることもあるためか、観客は少ないことや、メジャーリーグと同様に、公園のような大きな空間の中にスタジアムがあるために、同じ場所でたくさんのスポーツが行われている。テニススタジアムと野球スタジアムでは規模感が多少異なりますが、複合施設という点で日本に取り入れるべきだ。日本と違う点として、やはり、テニスに限らず、スポーツに執着せずに様々なカテゴリーの施設やお店が多いことがあげられる。

表3 テニススタジアムの調査内容

スタジアム名	メルボルン・パーク(ロッドレーバー・アリーナ)	ローラン・ギャロス(コートフィリップ)	アンド・クロケー・クラブ	アーサー・アッシュ・スタジアム
大会名	全豪オープン	全仏オープン	全英オープン	全米オープン
所在地	オーストラリア	フランス	イギリス	アメリカ
建設費	9400万豪ドル	記載なし	記載なし	2億5400万ドル
開設時期	1988年	記載なし	1977年	1997年4月13日
周辺の建物	テニスコートが3つ	庭園	複数のテニスコート	シティフィールド
特徴	一番狂わせが起こる大会。	赤土を利用したクレイコートでラリーが続きやすい。	白色のウェアの着用義務あり。もともと、ドッグレース場?	世界最大のテニスコート。
収容人数	14820人	15000人	記載なし	22547人
店舗	国立スポーツ博物館	記載なし	病院、寺院	政府機関
併設施設	ホテル、クリケットグラウンド	バスケコート、競馬場(多くの講演、庭園のなかにある)	湖、公園、映画館、役場、ショッピングセンター	衣料店、テニス用品店、野球場、サッカースタジアム、動物園
最寄り駅	ジョリモント駅	Porte d'Auteuil駅	不明	地下鉄
その他の活用	記載なし	ボクシング	記載なし	WNBA、プロレス

出典:筆者が作成

5. 口コミ評価のテキストマイニング分析

5-1 バンテリンドーム

地下鉄や駅が、スタジアムの近くにあるという点で、良いという声が多い。それに対して、開始終了間際の混雑に関しては良くないという声がある。どこのスタジアムでも試合の前後に混雑するが、特に交通に関しての口コミが多くあった。トイレに関して、特に女性用トイレが混雑するため、トイレの増加を希望する女性の声が多くある。他のスタジアムと比べても、ペットボトルの持ち込みが、禁止なことも不満という人が多い。球場、施設が綺麗な点については称賛の声が多くあるので、継続していけたらいい。

5-2 東京ドーム

トイレが少ないという点は、バンテリンドーム同様に課題として挙げられる。バンテリンドームと同じように特に女性からの声が多くある。食べ物に関しては、おいしいなど良い声が多くあることから、食に関して充実している。ただ、座席に関して狭いという意見もあり、試合時間が長くなってしまった場合を考えると快適にお客様に楽しんでいただくためにも、改善が必要になってくるのではないのか。

他にも、野球観戦を目的として来場する方以外からも、ジェットコースターなどの遊園地に関して、野球観戦を目的として来場している人だけではなく、その他の目的とした来場者でも、楽しむことができるのではないのか。

5-3 エスコンフィールド

今年できた球場のため、16件しか口コミがなく情報が少ないため、他の2スタジアムは100件に対して、エスコンフィールドは16件でテキストマイニングを行ったので情報として不足する部分が多い。そのわずかな情報の中で、メジャーリーグの球場に似ていると多くの声があった。口コミをしてくださっている方が書き込みをしている際に、ボールパークが完全体ではない中で多くの称賛の声が多くある。球場内の環境が素晴らしい反面、交通の観点での不満が多いこともこれからのボールパーク形成していく中での課題であり、改善点である。

6. 現地調査

6-1 バンテリンドーム

最寄り駅は、JR線と名古屋鉄道の2つの手段があるが、開始終了間際には混雑があった。また、他の2つのスタジアムと比べて、広告に関して少し弱く感じた。紙ベースのすべて同じの広告は、お客様に対して1つの情報しか与えることができないので、改善が必要。液晶の広告とすることによって、来場者に対して複数の情報を与えることができるのではないのか。座席に関して、ほぼすべての席に背もたれがあるために、観戦が長くなったとしても疲れにくい。

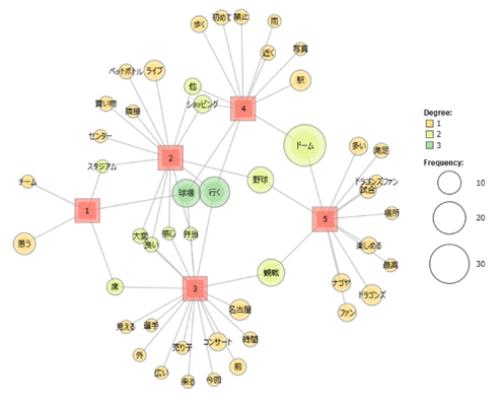


図1 バンテリンドームのテキストマイニングの結果

出典: KHCoderを用いて筆者が作成

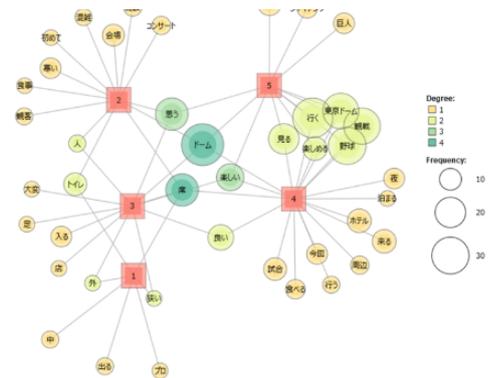


図2 バンテリンドームのテキストマイニングの結果

出典: KHCoderを用いて筆者が作成

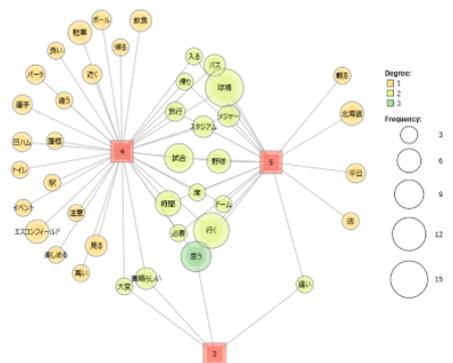


図3 エスコンのテキストマイニングの結果

出典: KHCoderを用いて筆者が作成

6-2 東京ドーム

近くには、ジェットコースターなどの遊園地のような施設や、野球に関連した目で楽しめるもの(博物館のようなもの)が併設されている、ボールパークに近いような施設があり、野球とともに楽しむことができる。実際に行くことはできなかったものの、ジェットコースターなど小さな遊園地のようなものがあり、野球だけではなく、他にも楽しむことができる。座席に関して、外野席に背もたれはなく、疲れやすいという難点。広告などがすべてポスターではなくスクリーンとなっている。

6-3 エスコンフィールド

アメリカのメジャーリーグの球場に近く、他のスタジアムと比較しても違うものだ。食事をしながら観戦することのできるカフェのようなものや、その他レジャー施設も併設されているので、野球以外にも楽しむことができる。日本では感じる内容な雰囲気だ。座席に関して、観戦中に疲れを軽減するためにもふかふかのシートになっている。長時間野球観戦をすることを考えると、とてもいいものだ。バンテリンドームとは違い、広告などがすべてポスターではなくスクリーンとなっていた。

表4 現地調査の比較結果

スタジアムの比較	バンテリンドーム	東京ドーム	エスコンフィールド
スタジアムの様子(写真)			
駅からスタジアムまで	大曽根駅からバンテリンドームのロータリーにはドラゴンズ感がなく、寂しい印象	ボールパーク(アミューズメント施設)を含めて、マスコットの自販機など道中なども楽しむことができる。	かなり距離があり、駐車場が周りにあるために当方からくるファンのことが考えられないようにも
掲示物・ポスター	外の掲示物はすべて紙	外も中も掲示物は電光掲示板	外は紙の掲示物、中には掲示物のほかにもモニターが多数
スタジアム内のショップ	ドラゴンズ関連のフードショップまたは、外と近くのイオンにグッズショップがある。	ドーム内にチェーン店含め様々なフード施設、バー、グッズショップがすべてある。	グッズショップ、フードショップ、すべてスタジアム内にある。外にもボールパークがある。
座席	外野席にも背もたれあり	外野席に背もたれはない	外野席に背もたれがあり、座面はふかふかのクッションがある

出典:筆者が作成

7.まとめ

以上の結果をふまえ、以下のように、バンテリンドームのでよい点を整理した。

- 1) セ・リーグ 3 位、12 球団 5 位の収容数のためチケットがとりやすい(比較調査)
 - 2) 大曽根駅と矢田駅の名鉄線、JR 線の二つがあるのでアクセスが〇との声(口コミ調査)
 - 3) 外野席まで背もたれが完備されているために、長時間(攻撃と守備の切り替え時)座っていても疲れにくい(現地調査)
- 同様に、以下のように悪い点を整理した。

- 1) 球場が広く、フェンスが高いため野球の醍醐味でもあるホームランが出にくい(比較調査)
- 2) WC(特に女子トイレ)が少なく、混雑しやすい(口コミ調査)
- 3) 駅(大曽根駅)からの道中がドラゴンズの雰囲気が少なく寂しい(現地調査)

またこれらから、バンテリンドームの改善策として、以下のように提案をする。

- 1) ドラゴンズロードのようなものを、大曽根駅からのロータリーに設置をする。
- 2) バンテリンドーム内、ドーム外にある広告をモニター化し、複数の情報をお客様に伝える。
- 3) ホームランテラスを設置する。

参考文献

- 1) じゃらん https://www.jalan.net/kankou/spt_23102cc3360049645/ (参照 2023 年 8 月 10 日)
- 2) KHCoder <https://khcoder.net/> (参照 2023 年 8 月 10 日)

1. 研究の背景と目的

近年、日本では、人口減少による少子高齢化やインフラや施設の老朽化、中心市街地の衰退といった問題を抱えている。その中でも、ニュータウンや団地は、この傾向が特に顕著になっており、これらの問題が年々深刻化している。これらの課題に目を向け、どのように解決すべきかを研究し、より良い団地のデザインをしていくことを目的とする。

2. 研究の方法

初めに三大ニュータウンをはじめとしたニュータウンの情報やデータを参考文献および過去の資料やインターネットによる情報収集を行い、自分なりに精査してまとめる。今回、デザイン対象場所を高蔵寺ニュータウンとし、現地踏査や体験調査を行いデータにまとめ、あらかじめ精査したデータと照らし合わせデータを1つにまとめる。また、公益財団法人都市づくりパブリックデザインセンターにある高蔵寺ニュータウンのセンター地区デザインも自分なりに精査してまとめる。これらを参考にし、課題解決につながるデザイン案を導き出す。

3. ニュータウンに関する課題整理

デザインする為に、全国及び愛知県の主要なニュータウンの概要、課題の情報収集を行い、各共通点をまとめる。共通点を把握し、現在出ていない課題を抱えた際にも対応できるようにし、未来に繋がる最善のデザイン案にする。

3-1 日本三大ニュータウンの概要と課題

表1は、日本三大ニュータウンの概要である。これらわかるように、高蔵寺ニュータウンは、日本三大ニュータウンの中でも人口や面積は少ないが高齢化が進んでいることが分かる。

日本三大ニュータウンの課題共通点を「人口面」と「住宅・土地面」、「交通面」、「周辺施設面」で分けてまとめる。「人口面」では、若い世代の新規入居が少ない為、住み続けている人の年齢が上がるにつれ、高齢化が進んでいる。「住宅・土地面」では、50年近くたっている為、老朽化が進んでいる。また、エレベーターがないなどで不便を感じる為、上層階が空きやすくなっている。「交通面」では、坂や段差等による、高低差が多い為、高齢者や障害者に合った対策がされていないことである。「周辺施設」面では、空き店舗や店舗の老朽化が目立っている。中心となる場の魅力向上が課題として出ていた。

表 1.日本三大ニュータウン概要

	高蔵寺ニュータウン (愛知県)	多摩ニュータウン (東京都)	千里ニュータウン (大阪府)	
人口	約40,000人	約220,000人	約103,000人	
計画人口	81,000人	280,000人	150,000人	
世帯数	約19,000世帯	約103,000世帯	約48,000世帯	
高齢化率	37.24%	26.40%	30.10%	
面積	約702ha	約2,880ha	約1,160ha	
戸数	約11,000戸	約80,000戸	約40,000戸	
交通機関	鉄道	2路線 2駅	3路線 6駅	3路線 7駅
	バス	3つ	3つ	2つ
開発主体	日本住宅公団 (現在のUR都市機構)	都市再生機構 (UR) 東京都、東京都住宅供給公社、 稲城市、土地区画整理組合	大阪府企業局	

出典：参考文献 2.3.4 より作成

3-2 愛知県内のニュータウン課題

表 2.愛知県内団地概要

表 2 は、高蔵寺ニュータウンと愛知県内の高蔵寺ニュータウンと住宅方針等が近いニュータウンの概要である。人口や高齢化率に大きな差は出ていない。

	高蔵寺ニュータウン (春日井市)	桃花台ニュータウン (小牧市)	菱野団地 (瀬戸市)
人口	約40,000人	約26,000人	約12,000人※
計画人口	81,000人	40,000人	30,000人
世帯数	約19,000世帯	約9,000世帯	約5,000世帯※
高齢化率	37.24%	29.60%	36.9%※
面積	約702ha	約1,300ha	約170ha
戸数	約11,000戸	約14,500戸	約7,000戸※
交通 機関	鉄道	2路線 2駅	なし
	バス	3つ	5つ
開発主体	日本住宅公団 (現在のUR都市 機構)	愛知県	愛知県住宅供給公社

※2020年データ

出典：参考文献 2.5 より作成

愛知県内団地の共通課題も同様に「人口面」と「住宅・土地面」、「交通面」、「周辺施設面」でまとめる。「人口面」では、高齢化が進んでおり、若い世代の新規入居が少なく、同じ課題を抱えている。「住宅・土地面」では、空き家・空き部屋が増えている課題や老朽化が進んでいることは類似している。ブランドイメージをどのように上げるかが新たに出現。「交通面」と「周辺施設」では、日本三大ニュータウンと同様の課題を抱えている。

日本三大ニュータウンと愛知県内のニュータウンの共通の課題から「魅力的な場所」があるとブランドイメージが向上し、新規入居者が増加を図ることができ、課題解決につながる。今回、高蔵寺ニュータウンのセンター地区を対象場所としてデザインしていく。高蔵寺ニュータウンの中心となるセンター地区を魅力的な場に、ブランドイメージを向上させる。

4. 高蔵寺ニュータウンセンター地区のデザイン提案

今回は、2018年に「都市づくりパブリックデザインセンター」が高蔵寺ニュータウンのセンター地区のデザインを募集しており、これに応募する形でデザインをしていく。都市づくりパブリックデザインセンターの高蔵寺ニュータウンのデザインは過去の入賞作品が載っている為、各デザインの共通点をまとめる。その中で自分なりにデータを精査し、各方針を決める。

4-1 デザイン共通点

課題では、3.と同じく、空き家や高齢化等の問題が出てきている。デザイン方針や将来像では、多様性が求められる近代社会である為、多様や多世代等の言葉が多く使われている。また、地域資源である緑の活用をしていく考えが多く出てきている。これらを参考に各方針等を決めていく。

表 3.パブリックデザインセンター共

課題	デザイン方針	将来像	コンセプト
<ul style="list-style-type: none"> ・空家率が高く高齢化が進んでいる ・車が優先されるインフラ ・豊かな緑の未活用 ・学び、集いの場が不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・多世代が交流できるような学びや集いの場をつくる ・地域の資源である緑を積極的に活用 ・交通の整備 	<ul style="list-style-type: none"> ・センター地区を多様な世代が交流できる場に ・地域資源である緑を生かし、豊かな暮らしを実現 	<ul style="list-style-type: none"> ・地域に合わせたまちづくり

出典：参考文献 1 より作成

4-2 デザインの考え方

今回は、コンセプトを下に将来像を考え、それを実現する為のデザイン方針を立てるものとする。

1) コンセプト「若者世代が多くの交流・学びを得られる。それらを還元し、まちづくりにつながる」

若者世代同士が交流し、多くの経験、学びを得て、若者がまちづくりに参加し、得たものをまちに還元する。これにより、喜びを知った若者がさらに広がり、新規入居者増加を図る。そして、新規入居者がまた新たに交流・学びを得ていく、いい循環を狙う。

2) 将来像

- ① 「若い世代の交流、活動の実現」：コンセプトにあるように若い世代が活躍できる場をつくり多世代でつながる。若い世代が交流・学びで得た多くの学びを地域に還元する未来をつくる。
- ② 「緑を生かし、豊かな暮らしの実現」：緑と積極的にかかわれることのできるセンター地区を実現する。また、広場を使ったイベント等の開催、高蔵寺を知ってもらえる機会を増やす。そして、グリーンインフラのモデル都市にする。
- ③ 「交通環境改善の実現」：公共交通機関の見直しを行い、利用者・入居者増加を狙う。徒歩やスモールモビリティによる移動増加を図り、交流を広げていく。また、バリアフリーを増加し、壁なき交流を実現する。

3) デザイン方針

- ① 「若い世代が交流できるような場をつくる」では、学びや集いの場等をつくり、若い世代が様々な体験や経験をできるようにする。交流する場で、多くの知識、感性を磨くことができる。多世代の関係構築につながり助け合い精神が生まれる。
- ② 「地域の資源である緑を積極的に活用」では、センター地区に緑は多くあるが、人々が憩いの場や触れ合う場ではない為、緑を生かした場にする。目で感じる緑ではなく、身体でも感じられる緑の空間デザインにする。デザインイメージとして裸足になって走り回りたくなるような緑地や森林浴をしているかのような心地よさを感じさせる。また、運動公園を設置し、健康維持できるデザインにする。そして、身体だけではなく心まで健康にするウェルビーイングの実現をする。
- ③ 「交通の整備」では、歩行者にやさしいデザインにする。現在は、幹線道路を中心としたネットワークが形成されている。地区が分断されていることにより、歩行者が移動の不便を感じるが多い。これを解決する為に移動を円滑化させるデザインすることや、バスセンターの設置をし、センター地区の利用者増加を図る。

4-2 ゾーニング

センター地区を図1の様にゾーニングする。センター地区のほとんどが商業施設や駐車場、屋内施設であり住宅スペースはあまりない。将来像やデザイン方針に沿い、「アクティブエリア」や「商業エリア」で交流できる場をつくる。また、緑を積極的に活用する為、各エリアには緑を配置する。交通の整備では、商業エリアにバスセンターを設置し、交通の円滑化や利用者増加を図る。「既存エリア」は現在ある交番や文化センターをそのまま利用する。保育・オフィスエリアは保育施設やオフィス棟を設置し、生活スペースの近くで仕事家族を置けるようにする。「スポーツエリア」では、現在あるスポーツジムや新設の運動公園を設置し、健康向上を図る。「アクティブエリア」では、交流だけではなく体験もできる場を設置する。また、イベントスペースを設置し、高蔵寺を広められるようにする。「商業エリア」では、買い物等を楽しめる場にする。「緑地エリア」では、食事などを通し、緑をより感じられる場をつくる。



図1 ゾーニング

出典：筆者作成

4-3 地区のデザイン

ゾーニングした場所を図2の様にデザインした。

「既存エリア」は、もともとある場をそのままデザインに落とし込んだ。ペDESTリアンデッキ（歩行者専用道路）も現在あるものを使用している。「保育・オフィスエリア」は、保育施設の入っている住宅団地を設置し、その前にポケットパークがあり、園児等が遊び時間等に利用できる。オフィス棟では、シェアオフィスやサテライトオフィスにする。コロナ禍で需要が高まったサテライトオフィスにすることにより、住居スペースの近くで働くことができ、時間の有効活用ができる。これにより、働きながら近くに子供を預けられ、子育て世代の入居も狙える。「スポーツエリア」では、現在のスポーツジム、コートを利用し、新たに運動公園を設置している。スポーツジムや運動公園で身体 の健康維持ができる。また、運動公園では、運動により多世代の交流ができる。これらの充実により身体だけではなく心の充実までできるウェルビーイングを感じられる。「アクティブエリア」は、シェアラボや高蔵寺を感じられる展示エリアを設置し、体験交流ができるようにしている。また、野外広場を設置し、イベント等が行え、高蔵寺を広めることができる。「商業エリア」は、店舗配置をストリート型にし、歩く楽しさを感じてもらい、各エリアへの周遊を図る。「緑地エリア」は、スーパー銭湯を設置し、その周りを緑で囲むことにより、緑を感じながらゆっくりすることができる。また、近くに緑を感じられるカフェ等を設置し、1日中楽しめる場にする。



写真2.地区のデザイン

出典：筆者作成

各エリアで多くの体験、学びが得られる為、周遊を図ることができ、充実を感じられる。これにより、多くの世代が交流し、経験、学びを得て、若者がまちを好きになる。その若者が還元する為に、まちづくりに参加する。これにより喜びを知った若者がさらに広がり、新規入居者増加を図る。そして、新規入居者が新たに交流・学びを得られるいい循環が実現する。

5. まとめ—気づきと課題—

デザインしたうえで、高蔵寺ニュータウンは、高低差や段差が多い為、これらを配慮した設計ができるかを考える必要がある。費用、予算を考慮せずにデザインしている為、これらも考慮しなければならない、また、費用効果に見合った経済効果が得られるかなどの点を配慮できていない為、実際に計画する際は、これらのことを含めて考えていく必要がある。

参考文献

- 1)公益財団法人都市づくりパブリックデザインセンター：第21回(2018年)受賞作品〈愛知県春日井市〉
<https://www.udc.or.jp/publics/index/39/> (参照 2023-08-15).
- 2)春日井市：高蔵寺ニュータウンの状況 (人口)
https://www.city.kasugai.lg.jp/shisei/machi/new_town/1008950.html (参照 2023-05-18).
- 3)多摩市：多摩ニュータウン <https://www.city.tama.lg.jp/> (参照 2023-05-18).
- 4)伊吹市：千里ニュータウンの資料集 <https://www.city.suita.osaka.jp/> (参照 2023-05-18).
- 5)小牧市住宅別人口分析(桃花台ニュータウン) <https://www.city.komaki.aichi.jp/> (参照 2023-05-18).

既存杭撤去に伴う周辺地盤の乱れに関する研究

EC20002 青山 大輝

1. 研究背景・目的

1980 年代以降に建設されたオフィスビルなどの建て替え工事が今後急増することが予想される。建物自体の解体は多くの技術開発がなされ多くの工法があるが、杭の解体撤去に関してもいろいろな工法がある。基本的には杭自体を破砕するものと、杭と地盤の摩擦を切って杭を引き抜く 2 つが主流である。一方、既存杭を撤去することによって周辺地盤が乱されることへの懸念は増している。また杭引抜に伴う周辺地盤の乱れ、強度低下のメカニズムはいまだ明らかになっていない。ここに本研究を行う背景がある。

金田らによると、杭引抜に伴い周辺地盤のせん断、剛性が低下していくことが指摘されている。また杭近傍ではアーチング効果が発揮されることが報告されている¹⁾。さらに、既存杭撤去に伴いケーシング端近傍では周辺地盤に乱れが生じること、ケーシング端から離れるほど周辺地盤への影響はなくなることが報告されている^{2),3),4)}。

このように、実大規模での試験は多い中で、実験で周辺地盤の乱れを検討しているのは数少ない。そこで本研究では、実際に既存杭を引き抜くことで周辺地盤の乱れはあるのかを確認するとともに、周辺地盤への影響範囲も検討することを目的に模型実験を行った。

2. 試験概要

本研究では、杭引抜後に周辺地盤の乱れが発生するかどうかを模型実験で検討する。3 章では動的コーン貫入試験の試験方法および結果を示す。4 章では静的貫入試験の試験方法および結果を示す。

3. 動的コーン貫入試験

本試験では杭引抜前後で周辺地盤の強度の影響を確認する。試料は三河珪砂 6 号を使用する。試験準備として、土槽(高 300mm×幅 300mm×奥行 300mm)(図

3.1 参照)を使用し土槽の側面に杭模型をセットする。その後杭模型(図 3.2 参照)に珪砂 6 号を付けたテフロンシートを張り付ける。地盤作成手順として、三河珪砂 6 号(乾燥)を 45%に設定し 3 層で 40mm ずつ均一に締固めながら作成し、高さが均一になるようにならす。埋戻しをする際は相対密度 90%に設定した(図 3.3 参照)。

検討ケースとして、杭引抜前、杭引抜後(埋戻し無)、杭引抜後(埋戻し有)の 3 ケースを杭端から 50mm、100mm、150mm で貫入試験を行う。試行回数はそれぞれ杭引抜前 1 回、杭引抜後(埋戻し無)2 回、杭引抜後(埋戻し有)3 回であり平均値とした。なお、埋戻しは、相対密度 90%に設定した。貫入試験機(図 3.3 参照)はステンレスと 3D プリンターで作成した重り(100g)を使用し落下高さ 400mm としコーン先端から 80mm 貫入するまでの打撃回数を測定する。

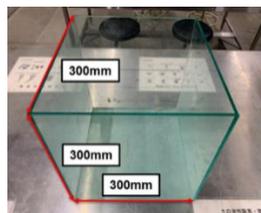


図 3.1 アクリル土槽

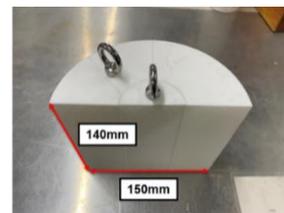


図 3.2 杭模型



図 3.3 動的コーン貫入試験地盤作成方法

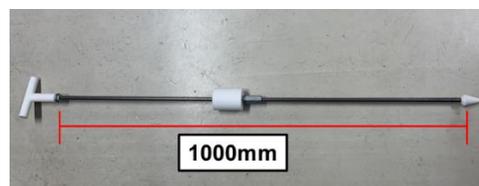


図 3.4 貫入試験機

た。

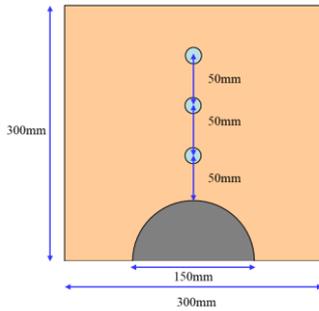


図.3.5 貫入試験位置

3.1 試験結果

試験結果を以下の図 3.5 に示す。

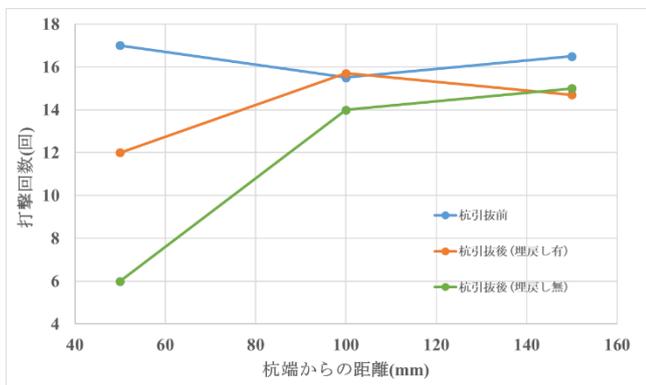


図 3.6 杭引抜前後での貫入試験結果

試験結果として、杭引抜前では距離によつての打撃回数の差は見られなかった。杭引抜・埋戻し無では杭端から 50mm の地点のみ打撃回数が少なくなるという結果になった。杭引抜・埋戻し有では杭端から 50mm の地点のみ杭引抜前と比べ若干打撃回数が少なく出る結果となった。この結果から杭端から 100mm, 150mm 地点での地盤の乱れはないものと考えられる。この結果は大田ら³⁾が行つた実大規模実験で得られた結果と同一である。

4. 静的貫入試験

本試験では杭引抜前後で周辺地盤の剛性の影響を確認する。試料は豊浦砂を使用する。試験準備として、半円土槽(高さ 500mm×幅 496mm×奥行 255mm)(図 4.2 参照)を使用し土槽の側面に杭模型をセットする。その後杭模型(図 4.3)を豊浦砂を付けたテフロンシートを張り付ける。地盤作成法として、豊浦砂を相対密度 80%に設定し空中落下法によつて作成する。埋戻しをする際も相対密度 80%に設定し

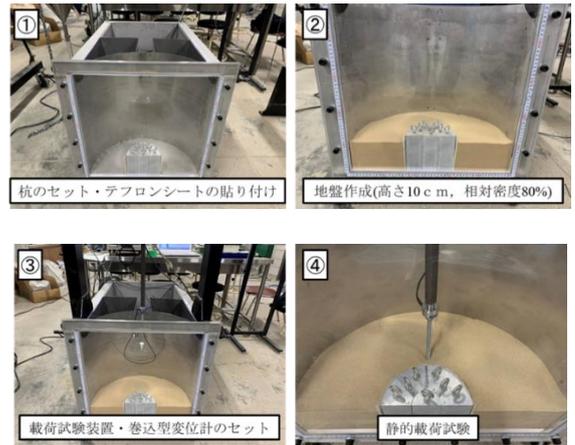


図 4.1 静的貫入試験地盤作成方法

検討ケースとして、杭引抜前、杭引抜・埋戻し(孔壁崩壊無)、杭引抜後(孔壁崩壊有)の 3 ケースを杭端から 40mm, 140mm の位置で貫入試験を行う。杭引抜・埋戻し(孔壁崩壊無)の場合のみ杭端から 15mm の距離でも貫入試験を行った。静的貫入試験装置(図 4.4)は巻込み型変位計とロードセルを取り付け地盤から 80mm 貫入するまでの変位と荷重を測定した。

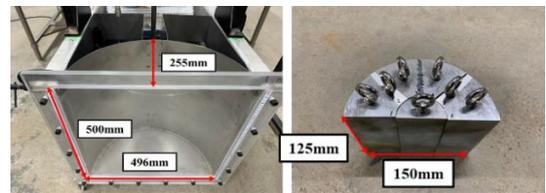


図 4.2 半円土槽

図 4.3 杭模型

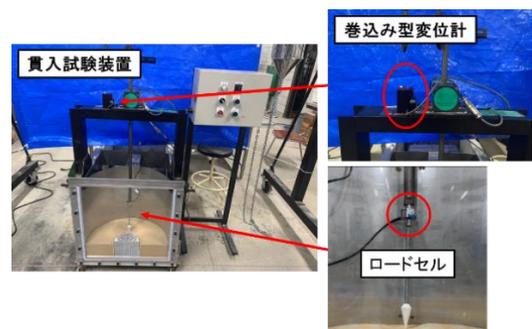


図 4.4 静的貫入試験装置全体図

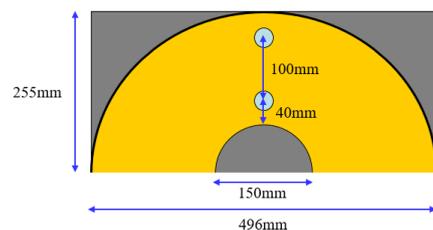


図 4.5 貫入試験位置

4.1 データ整理・試験結果

杭引抜前後での地盤の剛性を比較するために行ったデータ整理方法とその結果を示す。データ整理方法として、貫入抵抗と変位から剛性のようなもの(以下剛性と示す)を算出する。杭引抜前、杭引抜・埋戻し(孔壁崩壊無)、杭引抜・埋戻し(孔壁崩壊有)で剛性の差を比較するために貫入量が浅い地点と深い地点で近似直線を引きその傾きの差から剛性を比較する(図 4.6 参照)。また、荷重が出始めた点を原点とし、近似曲線を引傾きから剛性を比較する(図 4.7 参照)。

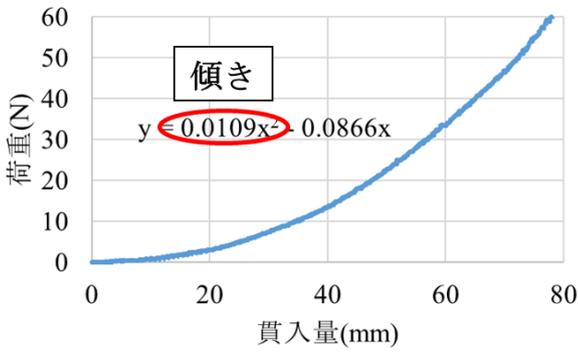


図 4.6 貫入量～荷重関係の関数近似

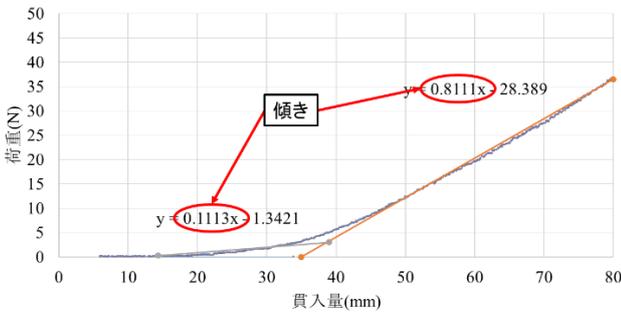


図 4.7 剛性の算出方法

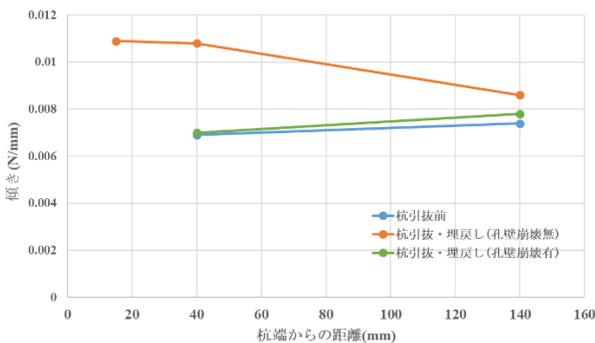


図 4.8 剛性と貫入地点の関係(全体)

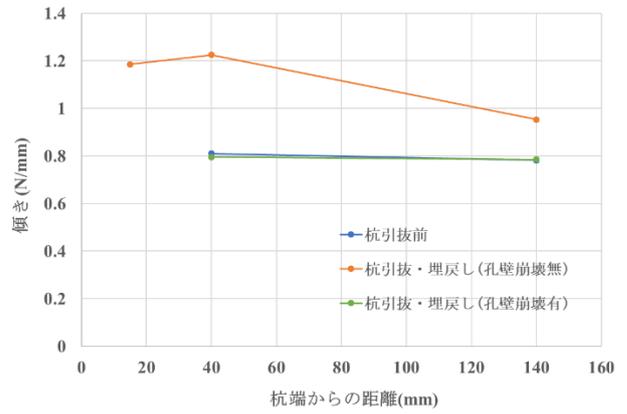


図 4.9 剛性と貫入地点の関係(深)

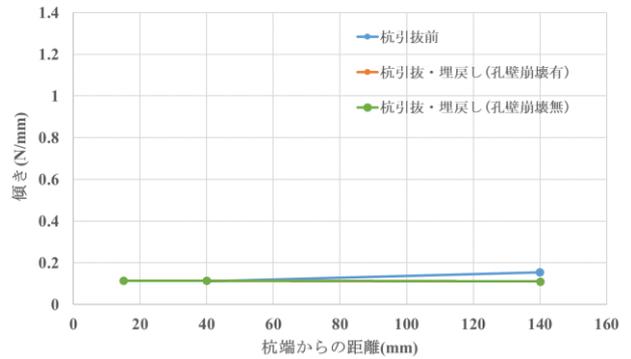


図 4.10 剛性と貫入地点の関係(浅)

データ整理を行った結果として、貫入量が深い地点では杭引抜・埋戻し(孔壁崩壊無)の場合が 15mm, 40mm, 140mm ともに傾きが大きく剛性が強いという結果が得られた(図 4.7 参照)。また、貫入量が浅い地点では、杭端から 40mm の地点では杭引抜前、杭引抜・埋戻し(孔壁崩壊無)、杭引抜・埋戻し(孔壁崩壊有)ともにほぼ同等の値を示した。杭端から 140mm の地点では杭引抜前により大きい値を示した(図 4.8 参照)。この結果から杭から離れた地点では地盤の乱れはないものと考えられる。杭端から 15mm, 40mm 地点においても地盤に乱れはなく、実際にアーチ効果が起きていることが考えられる。この結果は金田ら¹⁾が実施した数値解析でみられた現象と同一であると考えられる。

5. 動画解析

杭引抜時に地盤がどのような挙動を示すのかを動画解析を行って検討した。試験条件は、試料は豊浦砂、半円土槽(図 4.1)、杭模型(図 4.2)を使用し、相対密度は 80%に設定し空中落下法により地盤を作成し

た。動画撮影はモノクロカメラを使用し土槽の側面から Dipp-strain によって撮影した。

以下に杭引抜時の地盤の挙動についての動画解析結果を示す(図 5.1 参照)。

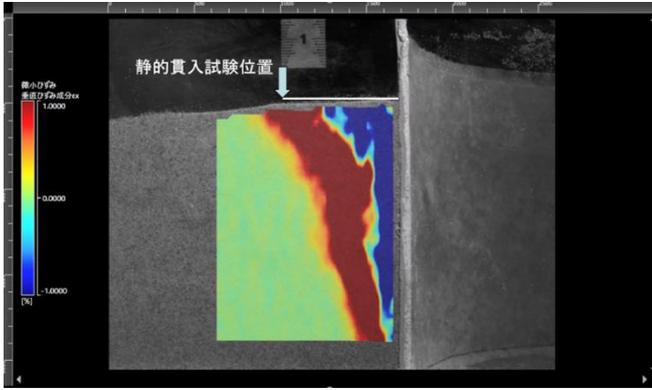


図 5.1 杭引抜後の垂直ひずみのコンター

杭引抜時の動画解析から、赤色の部分では引張の力が加わり、青色の部分では圧縮の力が加わっているという結果になり、くさびのような形で影響範囲があり、これは主働崩壊角と同等といえる。

6. まとめ・考察

本研究では、杭引抜前後での周辺地盤の乱れについて模型実験を行い検討した。動的コーン貫入試験、静的貫入試験、動画解析を行って考えられることは、杭近傍から順に、①アーチングによる剛性の高い領域、②緩みによる剛性が低下する領域、③それらの影響を受けない剛性の変化が少ない領域の3つの領域が形成されると考えられる。以下に各地盤材料で検討した結果を示す。

<三河珪砂 6号>

- ・三河珪砂 6号を使用し模型実験を行った動的コーン貫入試験では杭近傍の 50mm の地点の打撃回数比其他の地点の打撃回数よりも少なかったため杭引抜によって杭近傍の地盤は乱れることが分かった。

- ・杭端から 100mm, 150mm 地点での打撃回数にはあまり差は見られなかったため地盤が乱れるのは杭金部のみだと考えられる。

<豊浦砂>

- ・15mm, 40mm 地点では地盤は乱れることはなく杭引抜前とあまり変わらない値を示した。

- ・アーチ効果のようなものが実際に起きており杭のごく近傍は地盤が乱れないと考えられる。

7. 今後の展望

本研究では杭を引き抜く際に地盤の乱れが生じることを打撃回数や剛性の面から確認することができた。今後は、ベンダーエレメントを用いてせん断波速度から剛性の変化を検討していく必要があると考える。

参考文献

- 1)金田一広, 青木雅路, 新井寿昭, 沼田俊輔, 高橋順一, 二木幹夫: 既存杭撤去・埋戻しに伴う周辺地盤への影響(緩み)に関する研究 (その 15) 周辺地盤の弾塑性有限要素解析(解析法の検討), 2023 年度日本建築学会大会(近畿)学術講演集, No.20289, 2023.
- 2)秦樹一郎, 喜々津仁密, 柏尚稔, 井上波彦, 土屋直子: 既存杭を含む敷地における建築物の設計法構築に向けた実験および解析検討 (その 13) 既存杭撤去の影響を受けた地盤物性把握のための調査, 2023 年度日本建築学会大会(近畿)学術講演集, No.20274, 2023.
- 3)大田孝, 井上波彦, 岸本剛, 今井康幸, 林隆浩, 根岸利昌: 既存杭撤去・埋戻しに伴う周辺地盤への影響(緩み)に関する研究 (その 12): ケーシング縁切引抜工法による周辺地盤への影響評価, 2023 年度日本建築学会大会(近畿)学術講演集, No.20286, 2023
- 4)平井卓海, 沼本大輝, 崎浜博史, 古谷浩平, 橋口稔, 小座間琢也: 既存杭撤去・埋戻しに伴う周辺地盤への影響(緩み)に関する研究 (その 14): 破碎撤去工法における杭撤去に伴う周辺地盤への影響調査結果, 2023 年度日本建築学会大会(近畿)学術講演集, No.20288,

謝辞: 本研究にあたって、千葉工業大学金田一広氏、中部大学中井照夫氏、地域地盤環境研究所三上武子氏および一般社団法人建築基礎・地盤技術高度化推進協議会の委員の皆様には、委員会・研究会等で貴重なご意見を頂いたここに記して感謝の意を表する。

柱状改良工法を用いた盛土造成地上の住宅被害対策

EC20020 加納 稜大

1. 研究背景・目的

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）では、津波による被害の他にも広範囲にわたって地盤変状が生じた。中でも福島市や仙台市の大規模盛土造成地のような宅地盛土では、盛土と地山との境界面等における盛土全体の滑動崩落が生ずるなど造成宅地における崖崩れ又は土砂の流出による災害が生じた(写真-1,2)^{1),2)}。これらの被害に共通しているものとしては、被害を受けた多くの建物がビルや大型商業施設ではなく「戸建て住宅」に傾斜や沈下の被害があったということである。

そこで本研究では傾斜地における擁壁の下に柱状改良工法を用いた対策を行い、傾斜地で液状化が発生した様々な条件下で柱状改良工法の有効性を検討することを目的とする。



写真-1 住宅被害
(福島市)



写真-2 住宅被害
(仙台市)

2. 実験方法

地震発生時の液状化被害や滑動崩落、擁壁の倒壊などを確認するために、水平方向に加振可能圧式動台と両面をアクリルとして剛土槽(内寸:幅1,200mm×奥行150mm×高さ450mm)を組み合わせたものを使用し、1/40スケールの平面ひずみ条件で模型振動実験を行う(写真-3)。実験では、住宅沈下や地盤変化を確認することができるように小型カメラ(GoPro)を設置した。地盤材料は三河硅砂6号を使用し、盛土・斜面部を作成した。間隙流体に相似則を考慮した粘性流体を使用して盛土・斜面を製作した。なお地山となる基礎地

盤は十分な強度を発揮できるようにサンドモルタルで作成した。

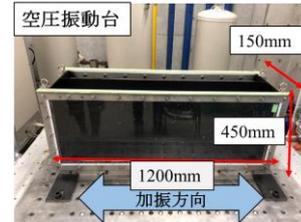


写真-3 振動台

3. 検討ケース

本研究では地盤条件を変化させ、計4ケースの実験を行った。case1は健全な盛土をイメージとして含水比5%で傾斜地を作成し、case2では本実験の中では被害が大きいと予想される降雨直後の地震をイメージし、case1と同じように地盤を作成したのち、斜面下から粘性流体を図-1の高さまで入れ、3日間放置し毛管上昇を利用して住宅直下の盛土地盤まで飽和させる。このとき飽和度は95%以上に設定する。case3はcase1の地盤作成方法と同じように行い、L型擁壁下に改良杭を設置する。case4はcase2の地盤作成方法と同じように行い、L型擁壁下に改良体モデルを設置する。詳細を表-1に示す。

なお、地震動は全ケース同じものを用いており、図-2は入力地震動である。振動台上で最大加速度500galとなるような、周波数10Hz、加振時間4秒の正弦波を振動台に入力した。

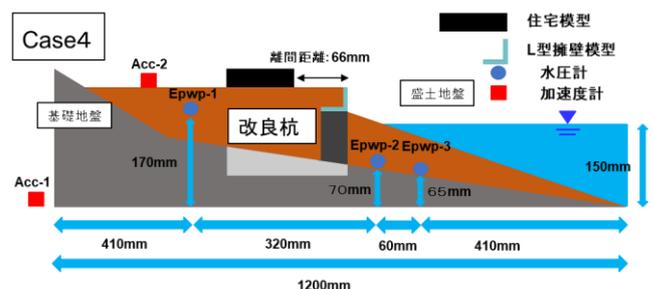


図-1 検討ケースの一例図

表-1 検討ケース

	地震動強度	相対密度	地盤条件	擁壁対策	想定イメージ
case1	気象庁震度6強	50%	地表面含水比5%	なし	健全な盛土
case2	気象庁震度6強		地表面含水比30%	なし	降雨直後地震
case3	気象庁震度6強		地表面含水比5%	あり	健全な盛土
case4	気象庁震度6強		地表面含水比30%	あり	降雨直後地震

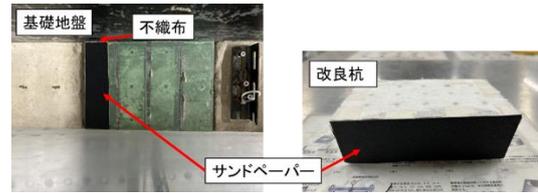


写真-5 改良杭の固定方法

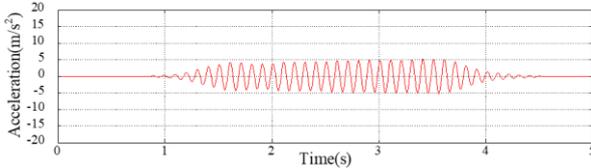


図-2 加速度の時刻歴

4. 擁壁・住宅・改良体モデル

擁壁は、名古屋市宅造用 L 型擁壁³⁾を参考として 1/40 スケールにしたアルミ製の擁壁（立て壁：50mm、底板：50mm、厚さ：3mm）を使用する。なお、実験条件は宅地造成等規制法⁴⁾より常時、地震時（ただし、液状化しない場合）の転倒・滑動・基礎地盤の支持力に対する安全照査を行い、すべての条件で満足している。対象住宅は、木造二階建てのべた基礎住宅とした。木造二階建て住宅の接地圧を荷重指針から 16.2kPa になるようにアルミプレートで住宅をモデル化した。実験の 1/40 スケールでアルミプレートの厚さ 15mm に設定し、住宅モデルの接地圧 0.405kPa にした。アルミプレートの上部には、3D プリンターで作成したターゲットマーカを動画解析のために設置する。写真-3 に詳細を示す。

改良体は、柱状改良工法を想定し 1/40 スケールにしたアルミ製の改良杭体（縦幅:99.44mm、91.52mm、横幅:50mm、奥行 158mm）を使用した（写真-4）。改良杭の固定方法として改良杭と基礎地盤の間にサンドペーパーを貼り付け、改良杭と振動台の隙間に不織布を詰め込み突っ張るようにして固定した。（写真-5）

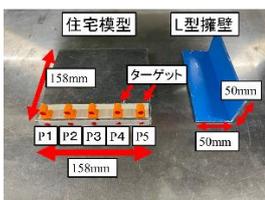


写真-3 住宅・擁壁モデル

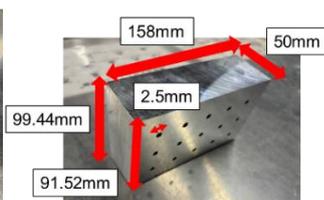


写真-4 改良杭モデル

5. 実験結果・考察

図-3 に各ケースの過剰間隙水圧（図-1 中の Epwp-1 の水圧計）の時刻歴を示す。紙面の都合上 Epwp-1 の過剰間隙水圧のみ記載する。図-3 より case2, case4 は過剰間隙水圧が急激に上昇しているが、Epwp-1 が初期有効上載圧まで達してはいないため完全に液状化しているとは言えない。しかし、過剰間隙水圧が上昇しているにつれて地盤が軟化していると考えられる。なお、ここには記載していないが Epwp-2, 3 では完全に液状化していることを確認している。また、改良体を設置した case4 でも地盤が軟化しているため、改良杭による対策自体では液状化の発生を抑制することに寄与しないことがわかった。

図-4 に各ケースの住宅の水平変位の時刻歴を示す。case1 では加振中でも変位は確認できなかった。一方、case2 では、住宅が斜面側に 25mm、case4 では、6mm 水平移動していることが確認できる。case3 は、case1 と同様に水平変位が確認できなかった。L 型擁壁の下に改良体の対策を行うことで、住宅の水平移動量を軽減できることが分かった。

図-5 に各ケースの住宅マーカ平均鉛直変位の時刻歴を示す。case1 は、水平変位と同様に住宅沈下は確認できなかった。一方、case2 では、17mm、case4 では、14mm の住宅沈下が確認できる。case3 は、case1 と同様に住宅沈下が確認できなかった。L 型擁壁の下に改良体の対策を行ったとしても住宅の沈下量は軽減できないことが分かった。

無対策での比較（case1、case2）を行うと常時の盛土地盤（健全な盛土）で住宅の被害は水平移動、沈下ともに被害は見られなかったが、降雨直後の地盤では被害が大きくなっていることがわかる。L 型擁壁下の対策の有無（case3、case4）での比較

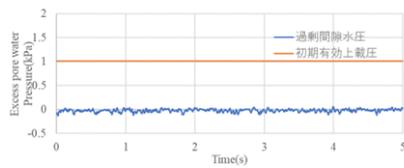
を行うと、L型擁壁下に改良体を対策することによって、水平移動は抑えられることができるが、住宅沈下は抑えることができない。これは、L型擁壁下と改良杭が住宅直下の地盤が傾斜側に流れることを防ぐことができ住宅の水平移動を抑えることに繋がったと考えられる。しかし、L型擁壁によって水平移動は抑えることが可能になったが、住宅下の地盤は液状化していることによって、地盤が動くため住宅沈下は抑えることができない。

6. 実験前後の変形状況

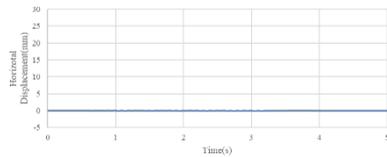
写真-6 に実験前後の写真を示す。case1 の健全な盛土では加振後でも住宅被害の確認はできなかった。case2 では L 型擁壁自体が盛土斜面に沿

って流れていることが確認できるこれによって、住宅が斜面側に移動したことが分かる。case3 では case1 同様の地盤条件のため、過剰間隙水圧も確認できず、液状化は起こっていないことが確認できる。また、住宅水平変位、住宅沈下も確認できていない。よって、改良体があることによる住宅や擁壁、周辺地域への影響はないと考えられる。

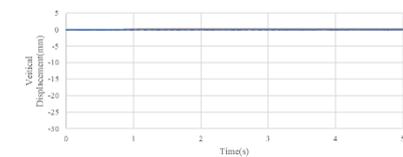
case4 では、L 形擁壁下に対策を行っているために、L 型擁壁が移動せず、住宅の水平移動を抑えていることがわかる。この結果の要因としては、L 型擁壁と改良体が加振に耐え、住宅直下の地盤を支え傾斜側に土が流れることを防いだことに寄付したと考えられる。



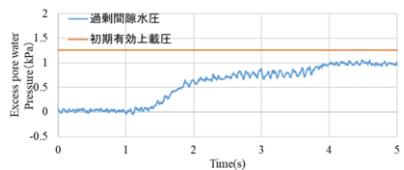
(a)case1



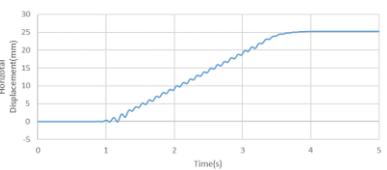
(a)case1



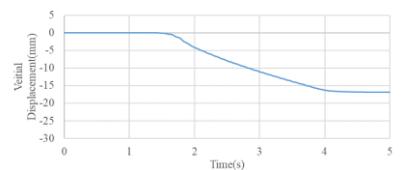
(a)case1



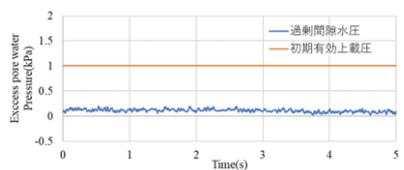
(b)case2



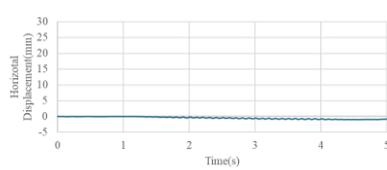
(b)case2



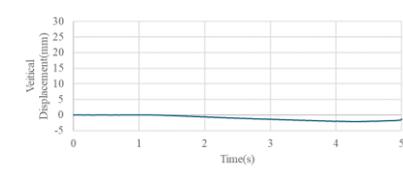
(b)case2



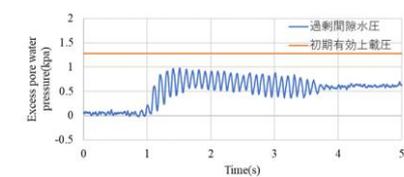
(c)case3



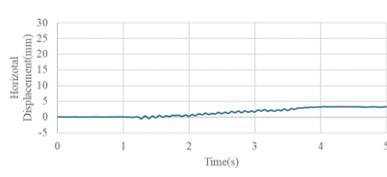
(c)case3



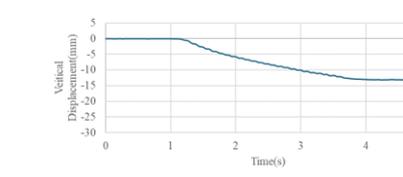
(c)case3



(d)case4



(d)case4



(d)case4

図-3 Epwp-2 過剰間隙水圧の時刻歴

図-4 住宅水平変位の時刻歴

図-5 住宅鉛直変位の時刻歴

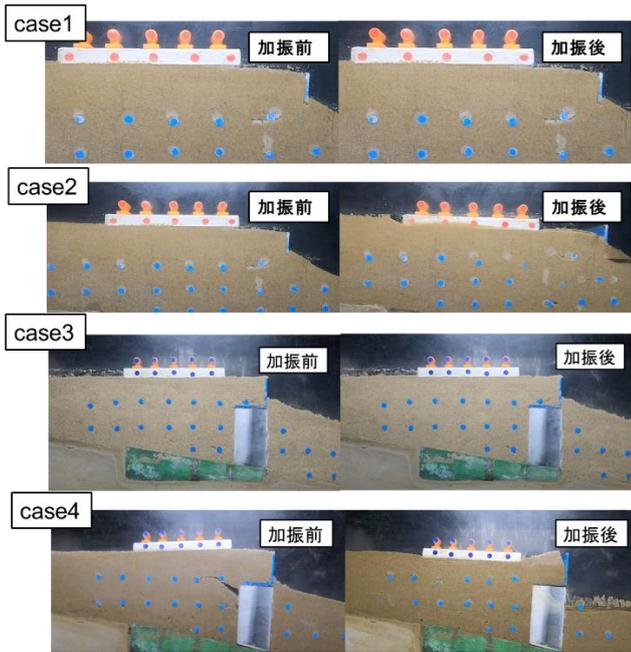


写真-6 実験前後の変形状況

7.結論

図-6 に各 case の住宅の水平移動量と住宅沈下量、図-7 に結果の概要図を示し、以下に本研究で得られた結論を示す。

- ・降雨等の水を処理することができれば、液状化等は発生せず、住宅への被害は大きくならない。一方、地震直前に降雨等が発生し、盛土内に雨水等が残存している場合(case2)には、大きな住宅被害が生じる可能性がある。
- ・図 4.2 より、case4 の L 型擁壁下に改良体の対策をすることで case2(対策なし)に比べて住宅水平移動を 80% 軽減、できることが分かった。
- ・地盤が傾斜側に流れることを防ぐことができた。しかし、住宅の沈下を防ぐことができなかったため、今後、この問題を考慮する必要がある。

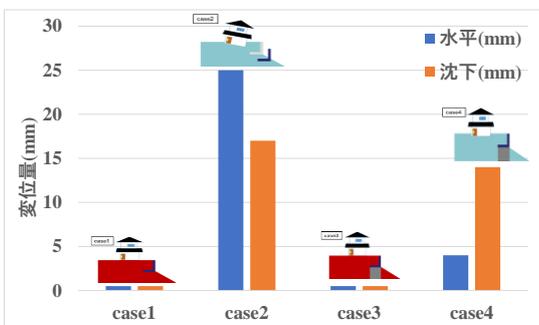


図-6 各 case の住宅の水平移動量と住宅沈下量

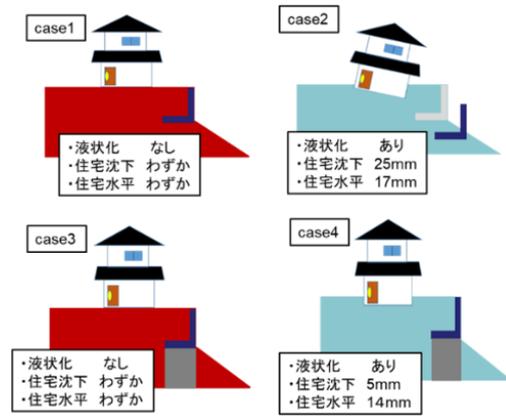


図-7 結果概要図

8.今後の展望

盛土造成地における地形的要因は無数に存在する。例えば、基礎地盤の傾斜や盛土高さなどが変われば、住宅への被害度も異なる事が予測される。また、本研究では、大規模造成地中に存在するひな壇上宅地の一部を取り出したモデルを対象としており、隣り合う住宅などの影響は無視されている。これらの住宅や盛土地全体の影響も考慮する必要があると考えられる。

L 型擁壁下に対策を行うことで住宅の水平移動を軽減できることが確認できた。しかし、住宅の沈下を防ぐことができなかったため、住宅下の対策や地盤内の水を排水することで住宅被害対策として検討する必要がある。

参考文献

- 1) 廣瀬亘・加瀬善洋・川上源太郎・小安浩理・卜部厚志: 平成 30 年度北海道胆振東部地震に伴う地表変動および強振動による被害, 北海道地質研究所報告, 90 号, pp.15-32, pp.2018.
- 2) 「大規模盛土造成地」で起きた東日本大震災の知られざる被害
<https://www.sankei.com/article/20210410-IV6FEYMZ7ZI6PBETCWOR7EF7HI/2/>
- 3) 名古屋市: 名古屋市宅地造成工事技術指針(第 8 章・第 9 章: 擁壁の標準構造図), pp. 42-52, 2016.
- 4) 右城猛: 擁壁の設計法と計算例, 理工図書, P397, 2014.

FEM 解析によるブロック積み擁壁の研究

EC20046 谷本 麗空

1. 研究背景

近年日本では大規模地震が多く発生している。事例として 2008 年 6 月 14 日に発生した岩手・宮城内陸地震や、2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災、2016 年 4 月 16 日に発生した熊本地震などがある。現状大規模な地震が起こるたびに宅地擁壁の倒壊についての被害が多く報告されている（写真-1 (a)及び(b)参照)^{1),2)}。宅地擁壁に用いられる擁壁は間知ブロック積み擁壁や空石積み擁壁、鉄筋コンクリート擁壁、L 型擁壁、重力式擁壁など様々な種類の擁壁がある。その中でも工事費用が安く、あまり建造に時間がかからないという理由から既存の擁壁はブロック積み擁壁と空石積み擁壁が多くある。しかし既存の擁壁の中には築数が数十年経った擁壁も珍しくないのが現状である。

間知ブロックや間知石を使用した擁壁の設計方法は「道路土工-擁壁工指針」の「経験に基づく設計法」と試行くさび法、改良試行くさび法しか用いられないため、他の擁壁に比べて耐震性能や補強強度の技術が多く提案されていない。また、擁壁の老朽化判定には目視点検調査しかない。そのため本研究ではブロック積み擁壁の耐震性能や補強強度について確認する。



写真-1 (a)



写真-1 (b)

2. 研究目的

老朽化した耐震性能評価法を開発するために石積み擁壁を対象とした遠心模型実験結果から数値解析を行い検討し、再現解析完了後に様々な Case の解析を行い、評価方法を確立させることを目的

とする。

3. 研究手法

本研究では盛土された斜面に対して二次元有効応力解析プログラム LIQCA2D（以降 LIQCA と呼ぶ）を使用する。LIQCA では解析結果を二次元モデル化でき、概要として土の有効応力に基づき、土の相と水の相に関する力の釣り合いを考慮して定式化されている有限要素法プログラムである。また、特長として、有効応力解析が可能であり、土と水の相互作用を解析可能である。そして、動的解析が可能であり、慣性が働くものを対象とした解析が可能(今回は地震動を対象とした)である。石積み擁壁の遠心模型実験結果で得られた拘束圧と解析によって導いた拘束圧が同じになるように解析を合わせ、耐震性能や補強強度を確立させていく。

4. 解析手法

自重のみが働いている時の初期応力解析を行うために、地盤と擁壁ブロック間などのジョイント要素の配置位置とそのパラメータに着目し、各種条件で解析を行い、動的解析に用いるジョイント要素を決定した。その後石積み擁壁の遠心模型実験結果から 50gal と 600gal の地震動を入力し、初期応力解析で得た応力を用いて動的解析を行う。その後、地盤内の挙動の確認などを CASE ごとにモデル化し解析を行う。

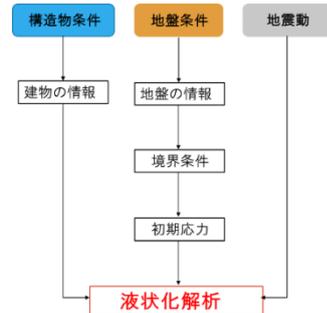


図-1 LIQCA の解析手順

5. 石積み擁壁の遠心模型実験

この実験は総合技術開発プロジェクト「建築物と地盤に係る構造既定の合理化による都市の再生と強靱化に資する技術開発」で実施されたものである。空石積み擁壁を想定した8段のアルミ製ブロックを用い、様々な条件で複数加振を実施している。入力地震動は、平成7年(1995年)兵庫県南部地震のJMA KOBEのNS方向波をベースに、振幅調整して使用している。模型試料は豊浦砂を使用し、基盤層に関しては相対密度90%、擁壁後方地盤については相対密度60%を目標に空中落下法にて高さ200mmの地盤を作成した。



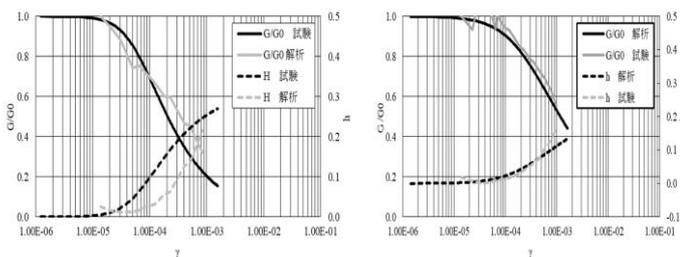
写真-2 遠心実験模型

6. 動的変形特性

地盤をR-Oモデルとした場合の要素シミュレーションを実施するために、パラメータ(表-1 参照)を設定し相対密度60%と90%の動的変形特性の結果(図-2(a)及び(b) 参照)に示す。この結果から試験と解析は概ね一致しているためパラメータに間違いはないことが確認できた。

表-1 R-Oモデルのパラメータ

パラメータ	Dr=60%	Dr=90%
ポアソン比: ν	0.333	0.333
粘着力: c (kPa)	0.0	0.0
内部摩擦角: ϕ (deg)	0.645	0.645
せん断弾性係数のパラメータ: a	45,000	47,000
せん断弾性係数のパラメータ: b	0.5	0.5
R-Oパラメータ: α	0.8	0.1
R-Oパラメータ: r	3.0	2.2



(a) 相対密度 60% (b) 相対密度 90%

図-2 動的変形特性

7. R-Oモデルでの再現解析結果

動的変形特性の結果からR-Oモデルで再現解析を行ったが、実験では擁壁が盛土と反対側に変形することを遠心模型実験600gal入力時の最終状況(写真-3 参照)から確認することが出来た。またR-Oモデルでは、ゆすり込み沈下による盛土天端の変形挙動を再現できなかった。



写真-3 遠心模型実験 600gal 入力時の最終状況

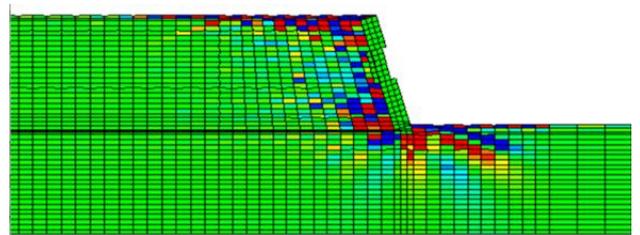


図-3 600gal 入力時の変形図

8. 解析条件

LIQCA マニュアルより設定したパラメータで50galの地震動を与え、解析結果から加速度波形を導き出しフーリエ変換をすることで加速度フーリエスペクトルとフーリエ振幅スペクトル比を出し固有周期やせん断剛性、せん断波速度、単位体積重量、平均主応力や3次元有効応力解析による杭模型の遠心場における液状化実験のシミュレーション⁴⁾から液状化強度曲線(図-4 参照)を描き、パラメータ(表-2 参照)を設定した。

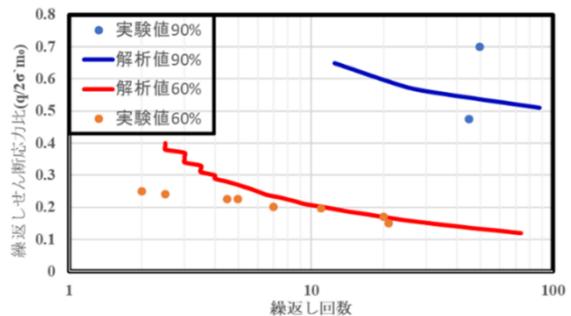


図-4 液状化強度曲線

表-2 砂の弾塑性モデルのパラメータ

パラメータ	D _r =60%	D _r =90%
初期間隙比: e_0	0.772	0.659
圧縮指数: λ	0.00250	0.00010
膨潤指数: κ	0.00050	0.00008
無次元化せん断弾性係数: $G_0/\sigma_{m'0}$	426.3	2041.7
疑似過圧密比OCR*	1.0	1.5
変相応力比: M_m	0.91	1.05
破壊応力比: M_f	1.24	1.47
硬化関数中のパラメータ: B_0	3,500	54,000
硬化関数中のパラメータ: B_1	45	140
硬化関数中のパラメータ: C_f	0	0
異方性消失パラメータ: C_d	2,000	2,000
ダイレイタンス係数: D_0	0.7	0.17
ダイレイタンス係数: n	2.2	10
塑性規準ひずみ: γ_{ref}^P	0.0018	0.1000
弾性規準ひずみ: γ_{ref}^E	0.0200	0.1000

9. 砂の弾塑性モデルでの再現解析結果

入力地震動は、遠心模型実験において振動台で計測された加速度のうち、最大加速度 50gal と 600gal の 2 種を用いて再現解析を行った。

50gal と 600gal の各地点のフーリエ振幅スペクトル比を実験結果と重ねたものを(図-5(a),(b)及び(c)と図-6(a),(b)及び(c)参照)に示す。実験結果は青線、解析結果はオレンジ線である。

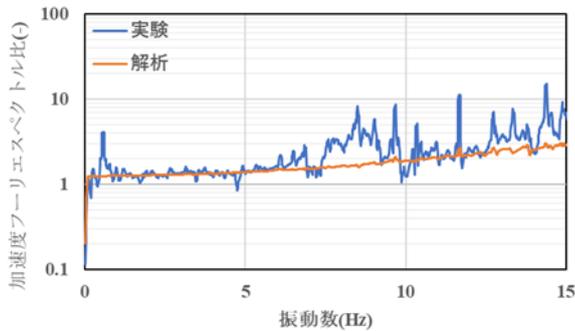


図-5(a) 地盤中 R フーリエ振幅スペクトル比

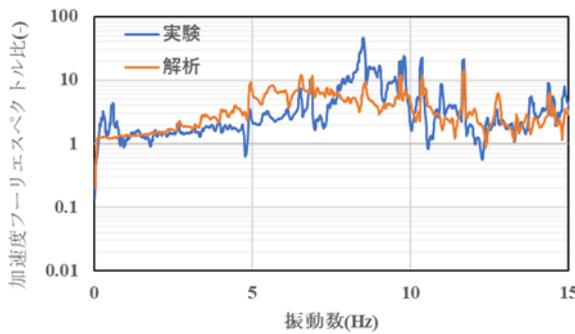


図-5(b) 地表 L フーリエ振幅スペクトル比

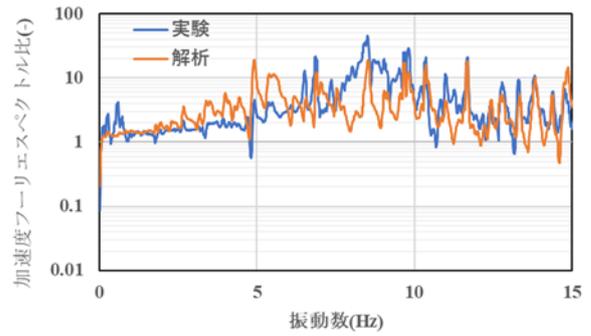


図-5(c) 地表 R のフーリエ振幅スペクトル比

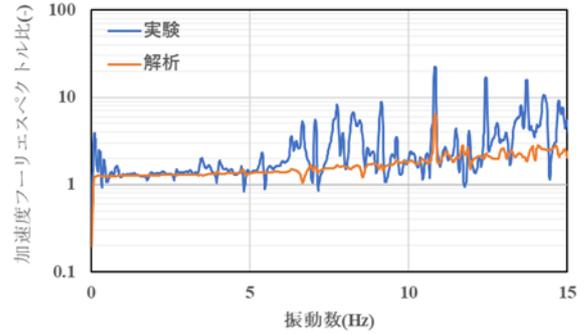


図-6(a) 地盤中 R のフーリエ振幅スペクトル比

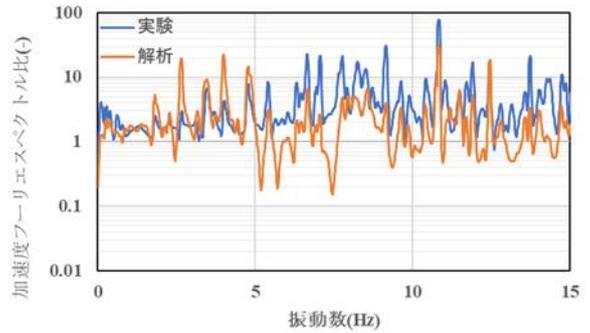


図-6(b) 地表 L のフーリエ振幅スペクトル比

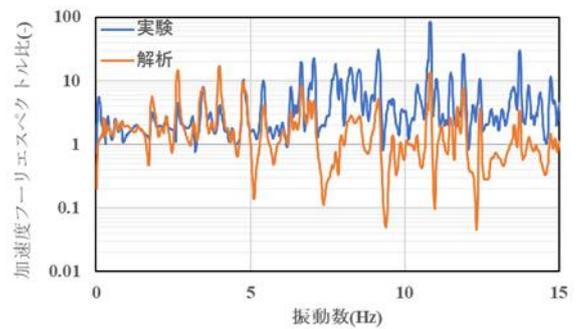


図-6(c) 地表 R のフーリエ振幅スペクトル比

50gal の各計測地点で実験と解析のフーリエスペクトル比を比較すると差異は見られるが、地盤中 R では、右肩上がりにスペクトル比が大きくなる点、地表 L および地表 R では 7Hz~8Hz 程度でスペクトル

ル比が大きくなる点を概ね再現できた。

600galの各計測地点で実験と解析のフーリエスペクトル比を比較すると、差異が見られ、実験では擁壁の変形が「くの字」に変形しているにもかかわらず、数値解析では擁壁が一体で傾倒している点が再現できていないためと考えられる。

600galでは地震動の振幅は変えず、継続時間を1倍(図-7 参照),2倍(図-8 参照),3倍(図-9 参照)と大きくしたときの擁壁の傾きについて検討した。振動終了後のせん断ひずみのコンター図を図-7(a),(b)及び(c)に示す。

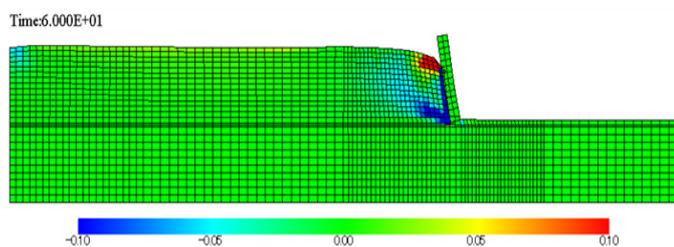


図-7 継続時間 1 倍時のせん断ひずみのコンター図

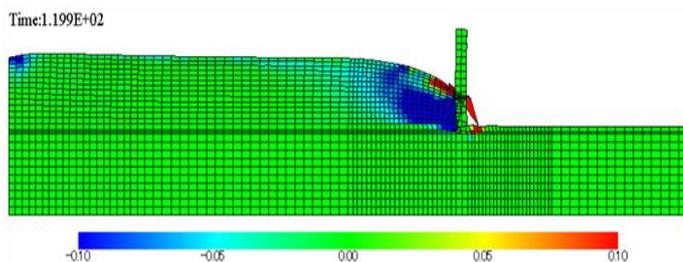


図-8 継続時間 2 倍時のせん断ひずみのコンター図

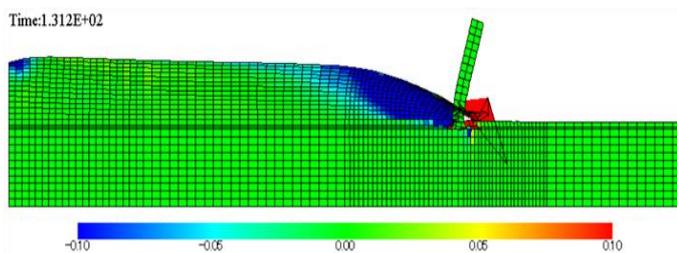


図-9 継続時間 3 倍時のせん断ひずみのコンター図

周波数を大きくしたことで擁壁の傾きが大きく出たことで地盤の固有周期、又擁壁の固有周期と振動数があったことにより大きく揺れ崩壊したと考えられる。

8. 結論

50galの実験と解析のフーリエ振幅スペクトル比の結果から各地点の波の傾向が地盤中 R では右肩上がりで地表 L,R では 7Hz~8Hz 程度でスペクトル

比が大きくなっている所が概ね再現できているため設定したパラメータは概ねあっており、実験を再現できていると考えた。また、600galの解析においても右肩上がりにスペクトル比が大きくなる点、地表 L および地表 R では 10Hz~11Hz 程度でスペクトル比が大きくなる点を概ね再現できているので再現できていると考えられる。

振動終了後の変形図とせん断ひずみのコンター図から、加速度の振幅が同一であっても、地震動の継続時間が異なることで、擁壁が大きく崩れる可能性がある。

9. 今後の展望

本研究では無対策で建物が無い状態の 50gal と 600gal の解析結果しかわからないため、200gal や 400gal の解析を行い、擁壁がどのくらい地震動で擁壁が崩壊するのかを確認する必要がある。また、擁壁補強や建物があることを考慮していないため、他の Case の解析も行い耐震性能の評価や補強強度評価の確立につなげる必要があると考えた。

参考文献

- 1) 「道路土工擁壁工指針(平成 24 年度版)」の改訂概要 - いさぼうネット
https://isabou.net/Convenience/Tool/saigai_bon/h2407-douro.asp (参照日 8 月 25 日)
- 2) (株) 第一コンサルタント右城猛, 擁壁の設計法と土圧理論, 平成 21 年度徳島地盤工学会第 2 回特別講演会
- 3) 01_石積み擁壁の遠心模型実験報告書 01_統合版 R3.docx
- 4) 立石章, 宇野浩樹, 3 次元有効応力解析による杭模型の遠心場における液状化実験のシミュレーション, 大成建設技術センター報, 第 36 号, 2003

気泡混入したセメント改良材の粒子形状と間隙率に関する研究

EC20048 辻 賢吾

1. 研究背景

我が国は7割が山地であり、人々は残りの平野部に住宅を建てて住んでいる。平野部では比較的安定した地盤であるためこのように住みつくことが可能である。しかし、都市開発等により広い空間が求められるようになり、山地にある未利用の土地の開発に着目されている。

山地にある土地に住宅等の施設が立てることが困難な原因は地盤が軟弱だからである。この問題の解決こそが、山地の土地を有効活用することにつながるのである。そこで軟弱な地盤に固化材や改良材を加えて攪拌を行い、構造物を支えることに十分な強度を有する地盤を作成する地盤改良に着目した。地盤改良には改良を行う地盤の深さによって様々な工法がある。本研究では、近年開発された中層改良工法に着目した。この工法は浅層改良工法より深い地盤の改良が可能であり、深層改良工法に用いるような大型の機械が必要ないため限られた空間でも施工可能という機動性に優れていることが特徴である。

中層改良工法の多くは砂と水と改良材を配合したスラリー状の材料を原地盤と攪拌することで改良地盤を構築する。しかし攪拌を行う際に、攪拌翼にかかる摩擦力により施工が困難となる場合がある。この問題の解決方法として気泡シールド工法に用いられる気泡の効果があると考えた。気泡シールド工法とは、気泡のもつ流動性や止水性の向上、付着防止の効果を生かして施工性を向上させるものである。中層改良工法に気泡シールド工法で用いられる気泡の効果が確認できれば、これまで施工が困難であった土地の開発が進められると考えた。

2. 研究目的

本研究では、中層改良工法に気泡シールド工法に用いられる気泡を添加し、改良体に気泡の効果を得られることを確認することで新しい地盤改良工法として開発できる土地を増やすことができると考える。そのためには、どの原地盤でも同じ気泡の効果が得られることが求められる。しかし、原地盤が異なることで、同じ気泡の効果が得られなければ、気泡シールド工法を組み合わせた中層改良工法は特定の条件下でしか行うことができないということとなる。そのため、原地盤の様々な条件のうち本研究では土粒子の形状が気泡の効果の現れ方にどのような影響を与えるのかを把握することを目的とする。

3. 研究方法

本研究では、気泡混合したセメント改良体における地盤材料の粒子形状の違いが間隙率の変化にどのような影響を与えるのか確認を行う。

三河珪砂6号ですり減り試験を行い、粒子形状を丸くしたものと鹿島珪砂6号を用いて比較を行った。粒子形状の違いは画像解析ソフトの「ImageJ」を用いて円形度を測定して確認を行った。物理特性を把握する試験はJIS規格に準拠して測定を行った。画像解析と試験から得られた地盤材料の物理特性を図1に示す。

改良体の作成は固化材(高炉セメントB種)を 150 kg/m^3 、水セメント比70%のセメントスラリーに、気泡材(気泡濃度2.5%、発泡倍率25倍、注入量 100 L/m^3)を添加して、ミキサーを用いて地盤材料と攪拌を行った。

攪拌後の改良体を円柱状の容器に3層15回の締め固めを行い、供試体を作成しベーンせん断試験を行うことで施工性の評価をする。

ベーンせん断試験に使用しなかった改良体をランマーを用いて、モールドに3層12回の締め固めを行い、供試体を作成した。作成した供試体は28日間の養生を行った後、間隙率の測定と一軸圧縮試験を行い強度の評価をする。

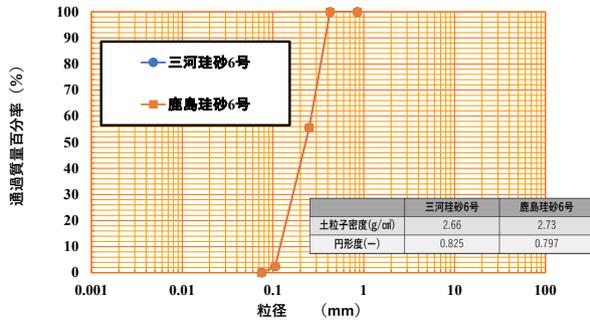


図1 地盤材料の物理特性

4. 三河珪砂6号と鹿島珪砂6号の試験結果と考察

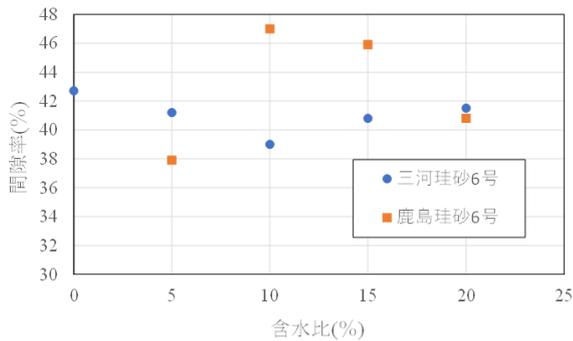


図2 間隙率と含水比の関係

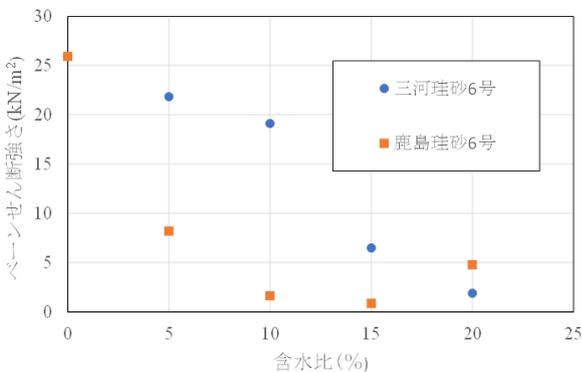


図3 ベーンせん断強さと含水比の関係

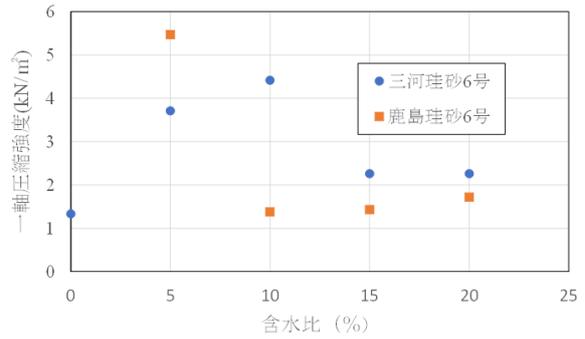


図4 一軸圧縮強さと含水比の関係

(1) 供試体の作成について

地盤材料の含水比が0%~20%で供試体を作成して間隙率、ベーンせん断強さ、一軸圧縮強度の測定を行った。各含水比で供試体を3本作成し、平均値をプロットした。鹿島珪砂6号の含水比0%で作成した供試体はモールドから取り外す際に全て壊れてしまったため、間隙率と一軸圧縮強度の測定が不可能であった。

(2) 間隙率と含水比の関係

間隙率と地盤材料の含水比の関係を図2に示す。結果から地盤材料の含水比によって間隙率の変化に違いが得られた。このことから同条件で気泡を添加したとしても、地盤材料が異なることで得られる効果が異なることが分かる。今回比較を行った三河珪砂6号と鹿島珪砂6号は土粒子の密度と粒子形状が異なっていたため、間隙率に変化が起きた原因が粒子形状によるものであるか判断できない。そのため、地盤材料の物理特性を統一し、粒子形状が間隙率の変化に影響を与えていたのか確認を行う必要があると考えた。

(3) ベーンせん断強さと含水比の関係

ベーンせん断強さと地盤材料の含水比の関係を図3に示す。結果から粒子形状が尖っている鹿島珪砂6号のほうが、ベーンせん断強さが低い傾向にあることが分かる。図2と図3の含水比10%~20%の結果から、間隙率が高いほどベーンせん

断強さが低くなることが分かる。添加した気泡が施工性を向上させたためであると考えられる。しかし、0%~5%の結果では同様の結果が得られていない。低含水比では気泡の効果が現れにくいいため、このような結果になっていると考えられる。

(4)一軸圧縮強度と含水比の関係

一軸圧縮強度と地盤材料の含水比の関係を図4に示す。結果から含水比10%~20%では、粒子形状が尖っている鹿島珪砂6号のほうが、一軸圧縮強度が低くなっている。図2と図4の結果より、間隙率が高いほど一軸圧縮強度は低くなる傾向であることが分かる。一軸圧縮強度の変化には間隙率の変化が影響していることが分かる。そのため、粒子形状が間隙率の変化に影響を与えているか確認することは必要であると考えられる。

(5)粒子形状による影響について

ベーンせん断試験からは粒子形状が尖っているほうが改良体の施工性が高くなるという結果が得られた。一軸圧縮試験からは粒子形状が尖っているほうが供試体の強度が低くなるという結果が得られた。これらのことから粒子形状が尖っているほうが気泡の効果が現れやすいと考えた。原因は、添加した気泡が攪拌時に土粒子の凹凸によって泡立ちが起こったからであると考えた。そのため粒子形状の違いが気泡の泡立ちやすさに影響を与えるのか把握する必要がある。

(6)検討するケースについて

三河珪砂6号と鹿島珪砂6号による比較では、地盤材料の物理特性が異なっていたことから、間隙率の変化と粒子形状の関係を確認できなかった。そのため、地盤材料を三河珪砂6号と三河珪砂6号R品に変更し、同様の解析と試験を行い、結果を求めることで間隙率の変化と粒子形状の関係を確認する必要があると考えられる。三河珪砂6号と三河珪砂6号R品の画像解析と試験によって得られた物理特性を図5に示す。

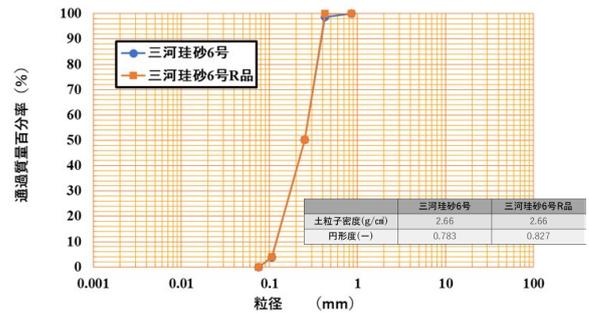


図5 地盤材料の物理特性

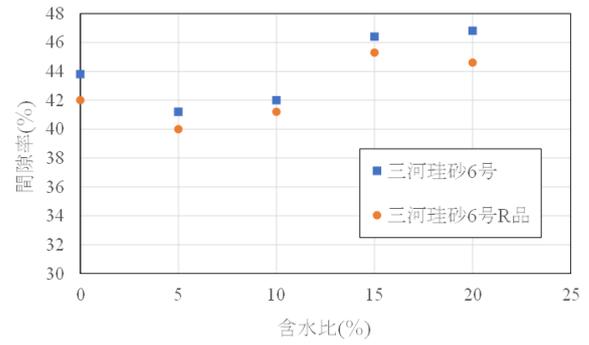


図6 間隙率と含水比の関係

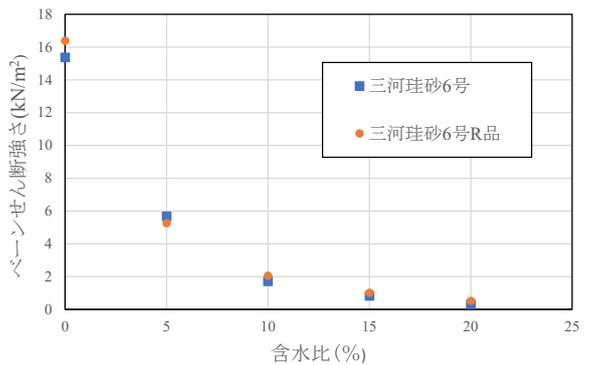


図7 ベーンせん断強さと含水比の関係

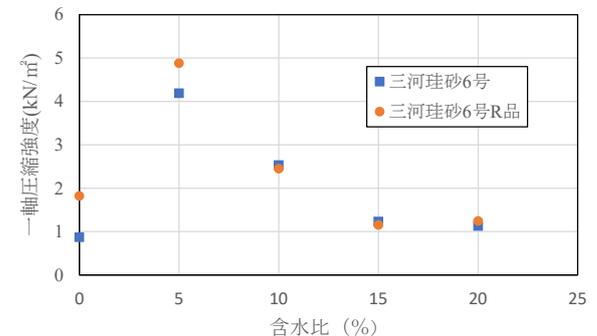


図8 一軸圧縮強度と含水比の関係

5. 三河珪砂6号と三河珪砂6号R品の

試験結果と考察

三河珪砂 6 号と三河珪砂 6 号 R 品で地盤材料の含水比 0%~20%の供試体を作成し、間隙率の測定、ベーンセン断試験、一軸圧縮試験を行った。各含水比で供試体を 3 本作成し、平均値をプロットした。

(1)間隙率と含水比の関係

間隙率と地盤材料の含水比の関係を図 6 に示す。結果から全ての含水比で粒子形状が尖っている三河珪砂 6 号のほうが、間隙率が高くなっていることが分かる。これにより粒子形状は間隙率の変化に影響を与えているのではないかと考えた。

(2)ベーンセン断強さと含水比の関係

ベーンセン断強さと地盤材料の含水比の関係を図 7 に示す。結果からベーンセン断強さは粒子形状の違いにより変化していないことが分かる。さらに図 6 と図 7 の結果から、間隙率は異なっているがベーンセン断強さは同程度であることが分かる。間隙率の変化が気泡によるものであれば、ベーンセン断強さにも影響があるはずである。しかし、ベーンセン断強さが変化していないことから間隙率の変化に粒子形状による気泡の泡立ちやすさは影響していないと考えられる。

(3)一軸圧縮強度と含水比の関係

一軸圧縮強度と地盤材料の含水比の関係を図 8 に示す。結果より地盤材料の含水比が 10%~20%の供試体は粒子形状が異なっても同程度の一軸圧縮強度が得られていることが分かる。しかし、地盤材料の低含水比の供試体では粒子形状が丸い三河珪砂 6 号 R 品のほうが、一軸圧縮強度が高くなっていることが分かる。図 6 と図 8 の結果から、供試体には粒子形状の違いによる間隙率の変化が現れているが、含水比 10%~20%の一軸圧縮強度は同程度である。低含水比では気泡の効果が現れにくいいため、含水比で 10%~20%とは異なる結果になっていると考えられる。

間隙率の変化が添加した気泡によるものであれば、一軸圧縮強度にも変化が現れると考えられる。そのため間隙率の変化に添加した気泡は影響を与えていないと考える。また低含水比では気泡の効果が現れにくいにもかかわらず、一軸圧縮強度に違いがあることが分かる。この原因は粒子形状による締め固まりやすさの違いであると考えた。土粒子が丸いものは、尖っているものに比べて締め固まりやすいため低含水比の一軸圧縮強度のような結果になったと考える。

6. まとめと今後の展望

本研究で得られた結果をまとめると次のとおりである。

(1)気泡混入したセメント改良材は粒子形状が異なることで、間隙率に変化が起こる。しかし、この原因は粒子形状の違いによって添加した気泡に影響があるからではなく、締め固まりやすさが異なるためであると考えられる。

(2)地盤材料の物理特性が異なることで気泡を添加しても同様の効果が得られないケースを確認できた。今後は土粒子の密度や成分、透水性等について検討をしていく必要があると考える。

(3)今回検討できたのは特定条件下でのみの結果である。今後、異なる地盤材料を用いて研究を行うことで原因が明らかになることを期待する。

参考文献

- 1) 刑部俊輔、桑原崇詞、余川弘至：気泡混合処理による改良体内の残存空気率と摩擦力の関係－画像解析を用いた残存空気率の推定－土木学会第 77 回年次学術講演会
- 2) 刑部俊輔、桑原崇詞、余川弘至：地盤改良における気泡混入したセメント改良材の施工性と強度に関する研究
- 3) パワーブレンダー工法協会：スラリー噴射方式 技術資料
- 4) シールド工法技術協会：気泡シールド工法工法資料集 工法概要

既製杭の支持力及び周辺地盤の把握

EC20054 豊田 樹

1. 研究背景

日本は世界的に見て地震発生数が多く地震大国と呼ばれている。特に、日本の都市部には比較的柔らかい地盤が多く存在する。そのため、日本では地震対策、地盤沈下対策が重要視されている。対策方法はいくつかあるが、本研究では既製杭工法について考える。既製杭工法とは、工場で作成された品質の高い杭を建設現場へ運び施工する工法である。既製杭工法は現場で杭を作成する必要が無いことから、作業時間の削減が可能である。昭和 40 年ごろまでは、打込み工法により施工していた。しかし、杭の打ち込みに伴い騒音、振動等の建設公害が発生すること、および各種の規制法(昭和 42 年公害対策基本法, 昭和 43 年騒音規制法, 昭和 54 年振動規制法)が制定されてからは、これらの公害対策を講じた埋込み工法の採用が多くなっている。また、一本当たりの支持力を大きくすることで作業効率を高めることが可能であると考えられる。しかし、良いことだけではなく杭の支持力や性能を評価する載荷試験ではいくつか問題点がある。コストや時間がかかりすぎることや、地盤の条件によって試験結果が異なることである。そこで、数値解析を行なうことでコスト面や地盤条件の問題が解決可能である。本研究では、載荷時に杭の周辺地盤が振動することによってどのような挙動を示しているか調べる。

2. 研究目的

実際のスケールとパラメータを入力し解析を行なうことで、実規模試験の破壊規準や地盤の変形がある程度予測する。また、既製杭一本当たりの支持力を高めることによって施工時間や工事にかかる費用を削減する。さらに、排水状態と非排水状態の二つの条件で既製杭に対してどのような影響を与えるか調べる。

3. 解析方法

研究では、AutoCAD と GTS-NX を使用する。始めに AutoCAD の線分を用いてモデル（杭、根固め液、杭周固定液、地盤）の骨組みを作成する。次に、AutoCAD で作成した骨組みを GTS-NX に取り込み 2D3D モデルを作成し解析する。解析結果を GTS-NX 内の機能を用いて結果算出し Excel に示す。本研究では主に三軸試験と載荷試験データを参考に解析を行なう。

3.1 解析条件

本研究では、材料タイプおよび物性値の入力が正しいか確認を行う。ここでは、三軸試験の圧密排水（CU）試験と圧密非排水（CD）試験を参考に解析を行い「過剰間隙水圧-軸ひずみ」「軸差応力-平均有効応力²⁾」のグラフを作成する。また、ケース A 過圧密比(OCR 以下)1 ケース B, OCR1.5 ケース C, OCR2.5 の 3 ケースを作成し入力が正しいか確認を行う。

表 3.1 検討ケース A~C

検討ケース	過圧密比(OCR)
ケース A	1
ケース B	1.5
ケース C	2.5

3.2 解析手順

まず、変位拘束をモデルに対して側面 X 軸方向と Y 軸方法から変位拘束を行い、モデルを固定した。変位拘束をモデルの底面から Z 軸方向を固定する。

次に排水バブルの開閉を一度の解析で表現することが不可能であったため、本研究では材料を排水と非排水の二通りに分け解析を行った。

次に軸圧縮過程を表現するため、モデルに対して Z 軸方向へ強制変位-0.05m 変化させる。

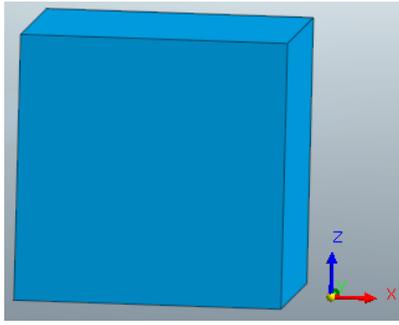


図 3.1 3D メッシュ

3.3 解析結果

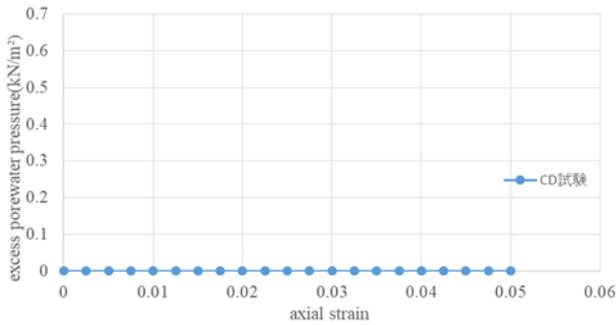


図 3.2 過剰間隙水圧—軸ひずみ

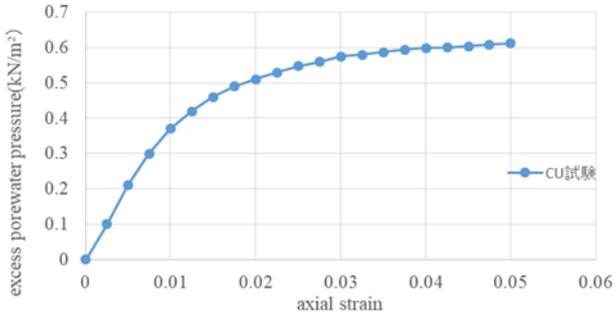


図 3.3 過剰間隙水圧—軸ひずみ

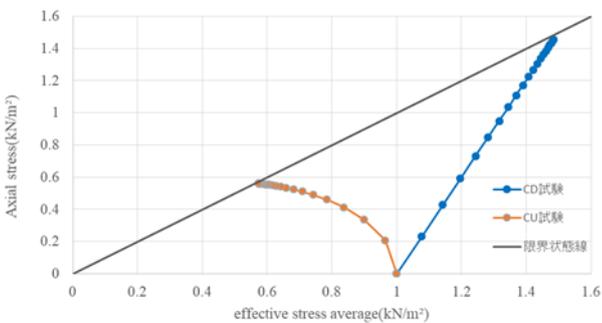


図 3.4 ケース A

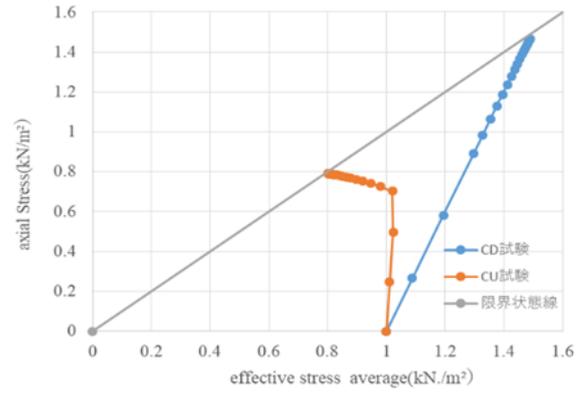


図 3.5 ケース B

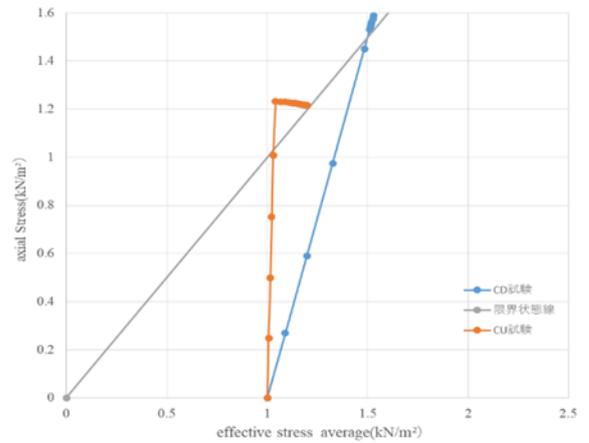


図 3.6 ケース C

3.4 考察

結果から、図 3.2 より軸ひずみが増加しているのに対して過剰間隙水圧が出ていないことが分かる。このことから、地盤が排水状態になっていることが分かる。図 3.3 より軸ひずみが 0.05mm までの過程を見ると、過剰間隙水圧が 0.612401(kN/m²)出ていることから地盤が非排水状態になっていることが分かる。図 3.4 より CD 試験(青色の線)の結果から 1:3 の割合で右肩上がりに増加していることが分かった。CU 試験(オレンジ色の線)の結果から載荷時から平均有効応力が減少し軸差応力が増加していることが分かる。CD 試験 CU 試験の二つの試験結果を見ると、二つの試験結果間が図 3.3 の過剰間隙水圧の値と一致していることが分かった。ケース B.C の過剰間隙水圧は省略するがケース A と同様な結果が得られた。

4.実験条件

本研究では事前に実施した載荷試験データから 拡底杭部を抜粋しモデル化したものを GTS-NX を用いて再現解析を行った. 地盤パラメータ(弾性係数, 内部摩擦角, 粘着力)は N 値からそれぞれの式にあてはめ求めた. 圧縮指数(λ)は間隙比を式に代入し値を求めた. また, 圧縮指数の 1/10 倍の値を膨潤指数 (k)として値を設定した.

4.1 2D メッシュ

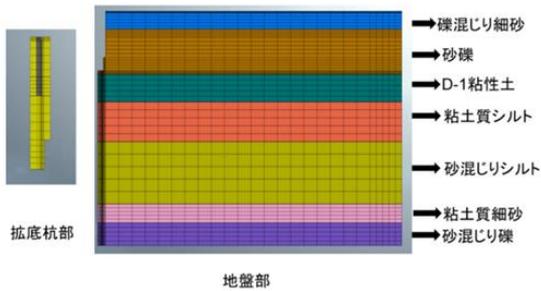


図 4.1 2D メッシュ

4.2 3D メッシュ

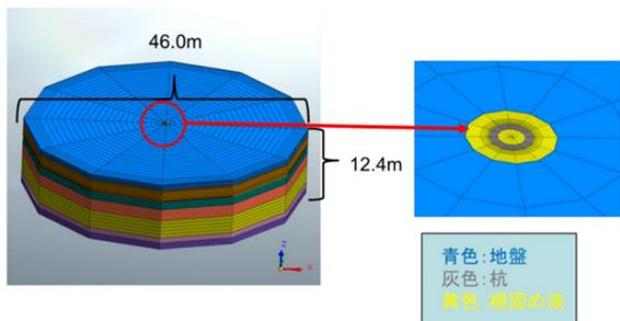


図 4.2 3D メッシュ

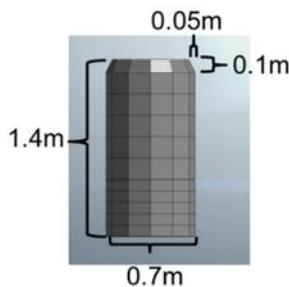


図 4.3 拡底杭部

4.3 材料パラメータ

検討ケース 1~3 で使用したパラメータを表 4.1~4.3 に示す.

表 4.1 杭, 杭周固定液, 根固め液, パラメータ³⁾

材料	弾性係数 (kN/m ²)	ポアソン比	湿潤単位体積 重量 (kN/m ³)	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (deg)
杭	4000000	0.3	26	45000	0
杭周固定 液	4000000	0.3	15	10000	0
根固め液	1000000	0.3	18	18900	0

表 4.2 地盤パラメータ

材料	弾性係数 (kN/m ²)	ポアソン 比	湿潤単位 体積重量 (kN/m ³)	粘着量 (kN/m ²)	内部摩擦化角 (deg)
埋土	2520	0.3	18	6	1.30
T-1	4350	0.3	17.36	45	32.5
T-2	2527	0.3	16.29	46	32.5
細砂	12600	0.3	18	0	1.30
礫混り 細砂	18200	0.3	18	0	1.30
砂礫	57400	0.3	20	0	1.30
粘土	6880	0.3	16.82	137	32.5
粘土質 シルト	23500	0.3	16	52	32.5
砂混り シルト	109200	0.3	16	24	32.5
粘土質 シルト	42000	0.3	18	0	1.30
砂混り シルト	53200	0.3	20	0	1.30

弾性係数 : $E=2800N\dots(4.1)$

内部摩擦角 : $\varphi=\sqrt{15N} + 15\dots(4.2)$

粘着力 : $C=6.25N\dots(4.3)$

表 4.3 地盤パラメータ

材料	圧縮指数 C_c	膨潤指数 C_s	過圧密比 OCR
埋土	0.0250	0.0025	1
T-1	0.4280	0.0428	1
T-2	0.7315	0.0731	1
細砂	0.0250	0.0025	1
礫混り細砂	0.0250	0.0025	1
砂礫	0.0250	0.0025	1
粘土	0.5733	0.0573	1
粘土質シルト	0.6667	0.0667	1
砂混りシルト	0.6667	0.0667	1
粘土質細砂	0.0250	0.0025	1
砂混り礫	0.0250	0.0025	1

圧縮指数: $C_c=0.54e-0.16\dots(4.4)^4)$

4.4 解析手法

まず, 材料パラメータ(表 4.1~4.3)の設定を行う.

次に, 2D メッシュ 3D メッシュの作成(図 4.1,~4.3)を行う.

次に、変位拘束側面、変位拘束底面の作成を行う。

次に、拡底杭部を抜粋しているため土圧をかける必要があるため(84kN/m²)をモデル全体に加える。地下水面の設定を行う。

次に、杭を 70mm 沈下させるため杭を Z 方向に-70mm 変化させる。

4.5 検討ケース

解析の地盤の物性値を 3 ケース比較し、より再現解析に近づけるために解析を行った。ケース 1 では土圧を 184(kN/m²)に設定し解析を行った。ケース 2 では土圧を 0(kN/m²)に設定し解析を行った。ケース 3 では、根固め液と地盤の間にジョイントを設定し解析を行った。3 つの検討ケースのパラメータを表 4.4.4.5 に示す。

表 4.4 検討ケース 1.2

検討ケース	土圧(kN/m ²)
ケース 1	184(kN/m ²)
ケース 2	0(kN/m ²)

表 4.5 検討ケース 3

検討ケース	法線剛性(kNm ³)	せん断剛性(kNm ³)
ケース 3	1.000.000	1.000.000

4.6 結果

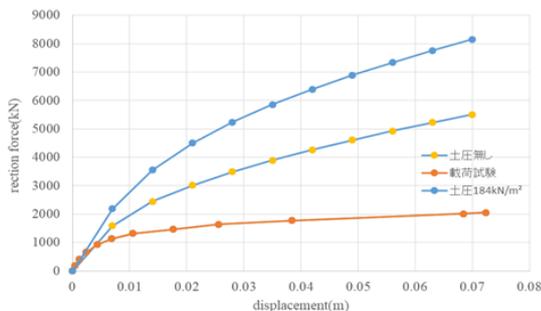


図 4.4 検討ケース 1.2

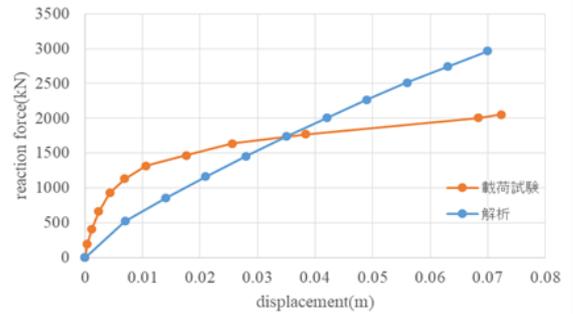


図 4.5 検討ケース 3

4.7 まとめ

図 4.4 ケース 1 の結果から土圧を 184(kN/m²)かけたことから反力が載荷試験よりはるかに大きな値が見られた。ケース 2 の結果から土圧を 0 にすることによってケース 1 よりも載荷試験に近づいていることが分かった。しかし、再現解析の成果と結果としてはあまり良い結果とは言えない。図 4.5 ケース 3 の結果から根固め液と地盤の間にジョイントを設定することでケース 1 ケース 2 と比較すると載荷試験の結果に近づいていることが確認できた。

5 今後の展望

図 4.5 検討ケース 3 での結果からジョイント設定を行うことで載荷試験の結果に近づけることができた。しかし、現状の再現解析の成果としてはあまり良いとは言えない。本研究では、排水での解析を行ったが透水係数を変化させ非排水状態で解析を回することで良い結果が出ることを期待する。

【参考文献】

- 1) 土質試験基本と手引き第二回改訂版公益社団法人地盤工学会 P135-P150
- 2) 土質力学学習演習森北出版株式会社岡二三著 P110-P126
- 3) 近藤雄介:地盤内にある奇跡杭の支持力及び地盤の動きについての研究, 2022 年度中部大学, 卒業論文, 2022
- 4) 設計用地盤定数の決め方—土質編—P88

盛土造成地上における対策工法の研究

EC20065 蜂谷清太

1.研究背景・目的

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震により、海岸や潟の埋立地などで、地盤の液状化が発生し、戸建て住宅などの小規模構造物に傾斜や沈下などの被害が生じた(写真-1 参照)¹⁾。そのため東北地方太平洋沖地震後、平坦地における地盤液状化に対する対策および研究は数多くされてきた。2018 年 9 月 6 日に発生した北海道胆振東部地震では、傾斜地での地盤液状化被害が確認された。平坦地とは異なり大規模な地盤流動が起き、その上に建つ住宅は甚大な被害を受けた。平坦地に比べて被害が大きくなるにもかかわらず、傾斜地での液状化対策や研究がなされていないのが現状である。ここでは、傾斜地に造成された盛土造成地を対象に検討を行う。

本研究では傾斜地で液状化が発生した場合の L 型擁壁とブロック擁壁がそれぞれ住宅にどのような影響を及ぼすのかを住宅の被害から検討し、斜面地における擁壁の挙動を確認することそれぞれの擁壁使用した際の住宅の被害を確認することを目的とする。



写真-1 胆振東部地震での斜面崩落

2.実験方法

震発生時の液状化被害や滑動崩落、擁壁の崩壊などを確認するために、水平方向に加振可能な空圧式振動台(写真-2 参照)を使用する。両面をアクリルとして剛土槽(内寸：幅 1,200 mm×奥行 300 mm×高さ 450 mm)を組み合わせたものを使用する。1/40 スケールの平面ひずみ条件で模型振動台実験を行う。実験では、加振時の住宅沈下や地盤変形を確認することができるように土槽に小型カメラを設置する。地盤

材料は三河珪砂 6 号を使用し、盛土・斜面部を作成した。間隙流体は相似則を考慮し、粘性流体を使用している。

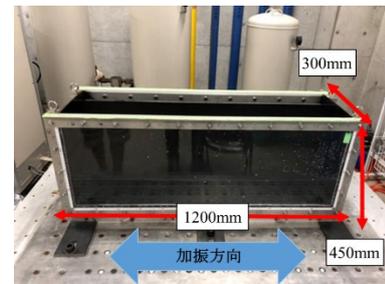


写真-2 空圧式振動台

3.検討ケース

本研究では平面地盤のケース(図-1 参照)、L 型擁壁を使用した傾斜地を 2 ケース(図-2 参照)、ブロック擁壁を 2 種類使用した傾斜地(図-3 参照)を 4 ケースの計 7 ケースを実施した。L 型擁壁とブロック擁壁はそれぞれ健全な状態と降雨後の地震時に被害が出てしまう可能性が高い状態で 2 ケース実験を行う。詳細を表-1 に示す。case4、case5 は相対密度を 50% 目標に地盤作成を行ったが 70%の地盤になった。住宅と擁壁の離間距離は住宅が擁壁に影響を与えないよう安息角の外側に住宅を設置している。離間距離はそれぞれ L 型擁壁 86 mm(実規模 3.4m)、ブロック擁壁 56 mm(実規模 2.2m)になるように設置している。

なお、入力地震動(図-2 参照)は 500gal とし、周波数 10Hz、加振時間 4 秒の正弦波を振動台に入力した。震度 6 強を想定とした振動台実験を行う。

表-1 検討ケース

	地震動強度	盛土相対密度	地盤条件	地盤形状	擁壁条件	推定イメージ
case1	気象庁震度6強	30%	地表含水比30%	平面	擁壁なし	降雨直後地震
case2(森井実験参考)		50%	地表含水比5%			L型擁壁	健全な盛土
case3(森井実験参考)			地表含水比30%	斜面	降雨直後地震	
case4		70%	地表含水比5%		ブロック擁壁(板状)	健全な盛土
case5			地表含水比30%			降雨直後地震
case6		50%	50%	地表含水比5%	ブロック擁壁(角棒)	健全な盛土
case7				地表含水比30%		降雨直後地震

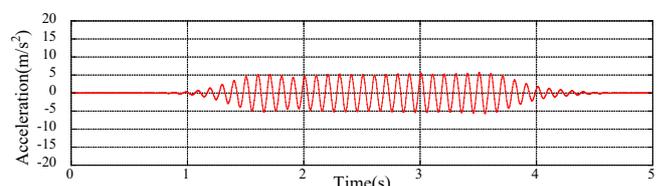


図-1 加速度計の時刻歴

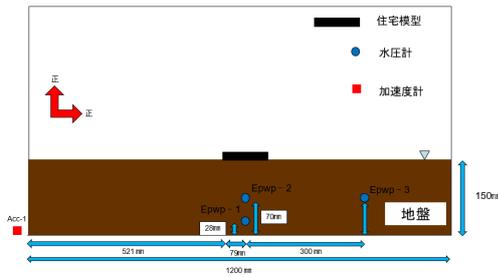


図-1 平面地盤概要図

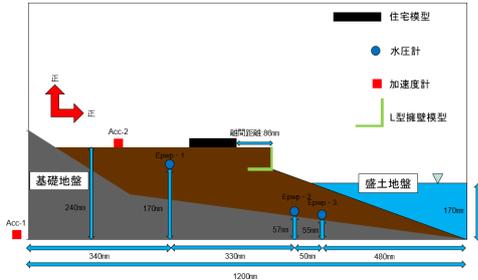


図-2 傾斜地盤概要図(L型擁壁)

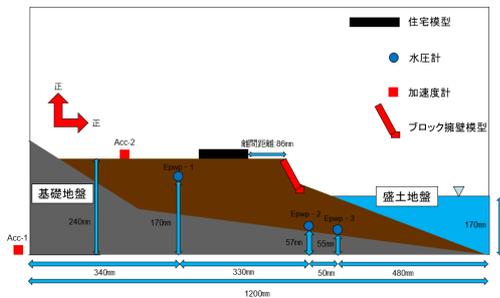


図-3 傾斜地盤概要図(ブロック擁壁)

4. 擁壁モデル・住宅モデル

L型擁壁は、名古屋市住宅用L型擁壁²⁾を参考とし1/40スケールにしたアルミ製の擁壁(縦幅:50mm、底板:50mm、厚さ3mm)を使用した。根入れ深さは10mmに設定する。宅造法より常時、地震時の転倒・滑動・基礎地盤の支持力に対する安全照査を行い、基準を設計上満たしている物を使用する。写真-3に詳細を示す。

ブロック擁壁は宅地防災マニュアルの解説³⁾を参考とし、1/40スケールでアルミ製の擁壁でブロック部を一枚の板状(縦幅:60mm、横幅:10mm、奥行:150mm)の擁壁モデルと角棒(縦幅:10mm、横幅:10mm、奥行:150mm)を6個組み合わせさせた擁壁モデルを2種類使用する。基礎部分は縦幅:10mm、横幅15mm、奥行:150mmの棒を縦幅:5mmの位置から60度の角度でカットし、擁壁と組み合わせて利用する。根入れ深さは5mmに設定する。ブロック擁壁でも宅造法より常時、地震時の転倒・滑動・基礎地盤の支持力に対する安全照査を行い、基準を設計上満たし

ている物を使用する。写真-3に詳細を示す。

対象住宅は木造二階建てのべた基礎住宅とする。木造二階建て住宅の設置圧を荷重指針³⁻²⁾から15kPaで設定し相似則を考慮して、この住宅を板厚15mmのアルミプレートとアルミプレート上部に3Dプリンターで作成したターゲットを取り付けたものでモデル化した。実規模スケールで想定した住宅の接地圧15kPaについて相似則を考慮してモデルケースでは0.465kPaとなるように調整した。また、住宅の前面に動画解析によって住宅の沈下量、水平移動量を測定するために3Dプリンターで作成したターゲットマーカーを貼り付けた。写真-4に詳細を示す。

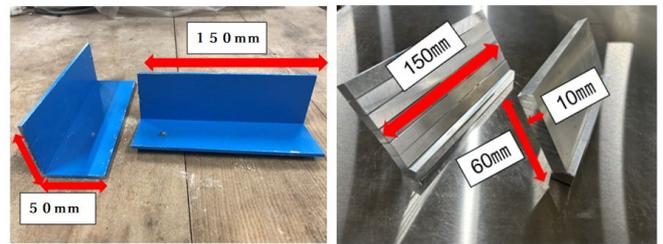


写真-3 擁壁モデル

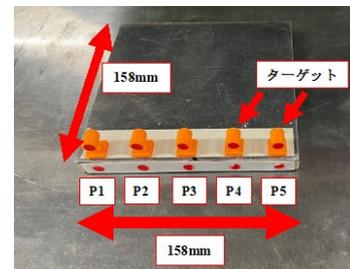


写真-4 住宅モデル

5. 結果・考察

図-4(a)にcase1の過剰間隙水圧を示す。紙面の都合上Epwp-2のみを記載する。図-4(a)より加振後から過剰間隙水圧が上昇し、地盤が軟化し始めたと考えられる。初期有効上載圧に達しているため液状化が発生していることがわかる。図-6(a)から水圧が上昇し始めた時点から住宅模型の挙動が確認できる。住宅模型の水平変位はほぼないが図-6(a)から15.4mmの沈下が確認できる。

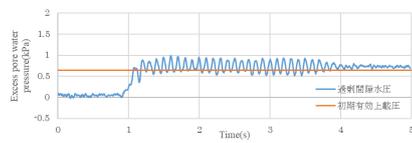
図-4(b)にcase2の過剰間隙水圧を示す。紙面の都合上Epwp-2のみ記載する。図-4(b)から過剰間隙水圧の変化が確認できなかつたため液状化が発生していなかつたことが確認できる。また、図-5(b)および図-6(b)から住宅水平変位、住宅沈下も確認できない。

図-4(c)に case3 の過剰間隙水圧を示す。紙面の都合上 Epwp-2 のみ記載する。図-4(c)より加振直後から過剰間隙水圧が上昇し、地盤が軟化し始めたと考えられる。図-5(c)および図-6(c)から水圧が上昇し始めた時点から住宅模型の挙動が確認できる。住宅模型は加振後に擁壁側に 20 mmの水平移動が確認できる。また、18 mmの沈下量が確認できることから L型擁壁の崩壊に伴い、基礎地盤に沿って盛土が滑り落ちたと考えられる。

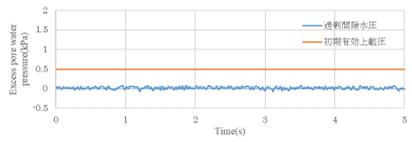
図-4(d)に case4 の過剰間隙水圧を示す。紙面の都合上 Epwp-2 のみ記載する。図-4(d)から過剰間隙水圧の変化が確認できなかったため液状化が発生していな

かったことが確認できる。また、図-5(d)および図-6(d)から住宅水平変位、住宅沈下も確認できない。

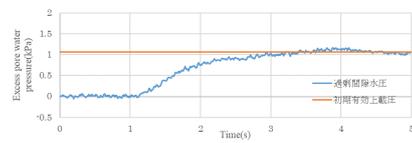
図-4(e)に case5 の過剰間隙水圧を示す。紙面の都合上 Epwp-2 のみ記載する。図-4(e)より加振後から水圧に変化がみられるが、大きな上昇は確認できない。case4、case5 では地盤作成時に十分に締固めを行ったので粘性流体が十分に浸透していない可能性があり、過剰間隙水圧が上昇しなかったと考えられる。過剰間隙水圧が上昇しなかったため、地盤が軟化することがなく図-5(e)および図-6(e)からわかるように住宅の水位変位、沈下量が小さかった。



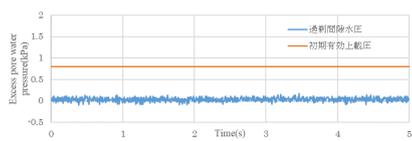
(a)case1



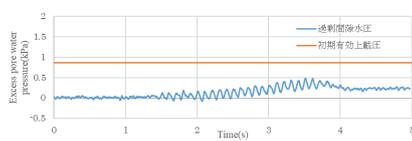
(b)case2⁴



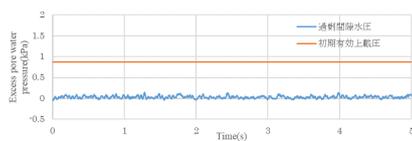
(c)case3⁴



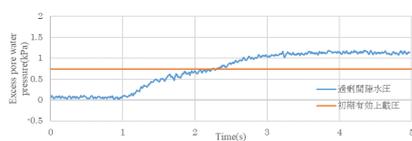
(d)case4



(e)case5

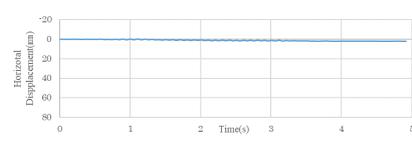


(f)case6

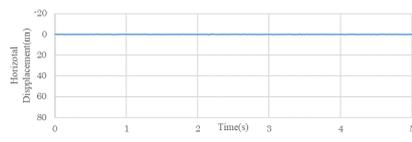


(g)case7

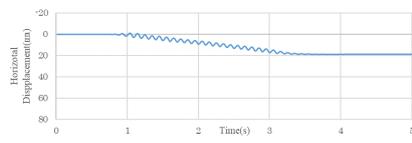
図-4 過剰間隙水圧(Epwp-2)



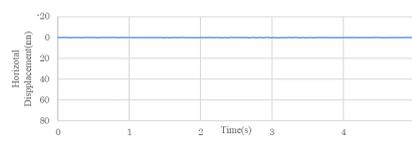
(a)case1



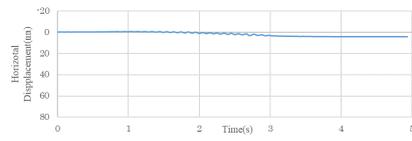
(b)case2⁴



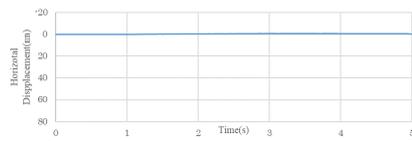
(c)case3⁴



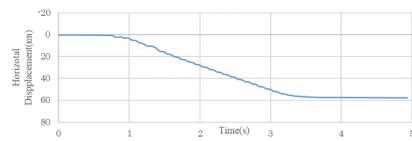
(d)case4



(e)case5

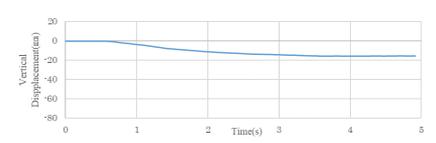


(f)case6

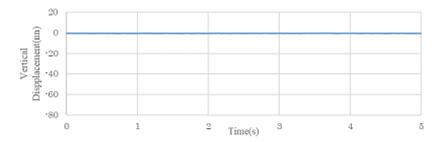


(g)case7

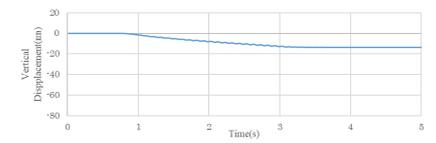
図-5 住宅水平変位



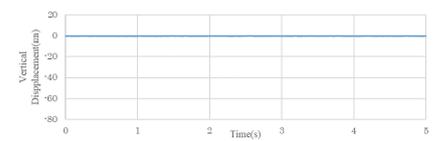
(a)case1



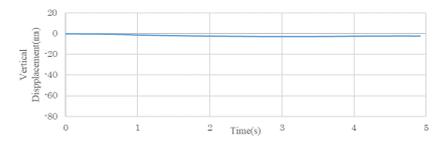
(b)case2⁴



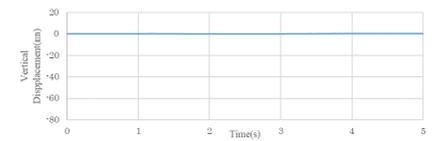
(c)case3⁴



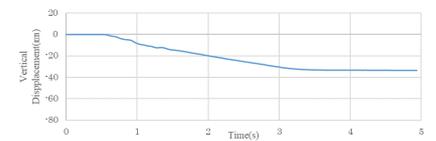
(d)case4



(e)case5



(f)case6



(g)case7

図-6 住宅沈下

図-4(f)に case6 の過剰間隙水圧を示す。紙面の都合上 Epwp-2 のみ記載する。図-4(f)から過剰間隙水圧の変化が確認できなかったため液状化が発生していなかったことが確認できる。また、図-5(f)および図-6(f)から住宅水平変位、住宅沈下も確認できない。

図-4(g)に case6 の過剰間隙水圧を示す。紙面の都合上 Epwp-2 のみ記載する。図-4(g)より加振直後から過剰間隙水圧が上昇し、地盤が軟化し始めたと考えられる。軟化し始めたことから水圧が上昇し始めた時点から住宅模型の水平変位、沈下の挙動が図-5(g)および図-6(g)から確認できる。

6. 結論

図-7 に結果概要図、図-8 に各 case の住宅変位量を示し、以下に本研究で得られた結論を示す。

- ・平面地盤と斜面地盤を比較すると沈下量は L 型擁壁の沈下量とあまり変化はないが、斜面地盤では水平移動変位が大きく斜面地盤では擁壁の崩壊により周りの住宅にも被害が起きる可能性が高い。

- ・L 型擁壁とブロック擁壁の根入れ深さには 5 mm の差があるが、根入れ深さが浅いブロック擁壁では崩壊時に大きな挙動を case7 から確認できる。根入れ深さを深くすることで擁壁の崩壊時に被害を抑えることができるのではないかと考えられる。

- ・地盤内に多くの粘性流体を含んでいるケースではすべて地盤上の加速度計で入力地震動以上の震度の測定している。しかし、case3 と case7 では過剰間隙水圧の上昇が確認できているのに対して case5 では過剰間隙水圧の上昇が確認できていない。case5 では、地盤内に粘性流体をメニスカスによって吸わせる際にかなりの時間を要したので水位を地盤の高さ 240 mmまで上げている。そのため、地表面に多くの粘性流体が含まれていたのが共振しているが過剰間隙水圧が上昇していなかったのではないかと考えられる。

- ・case2 と case3、case4 と case5、case6 と case7 をそれぞれ比較すると降雨前の健全な状態だと被害はほぼなく降雨後は被害がでている。斜面地盤内の水を適切に処理することで被害を抑えることができる。

- ・L 型擁壁とブロック擁壁を比較すると、十分に締固めを行った case5 では被害が小さかったが降雨後の case3 と case7 を比較するとブロック擁壁では大きな被害が発生している。

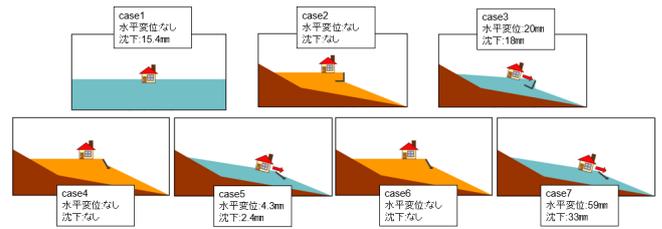


図-7 結果概要図

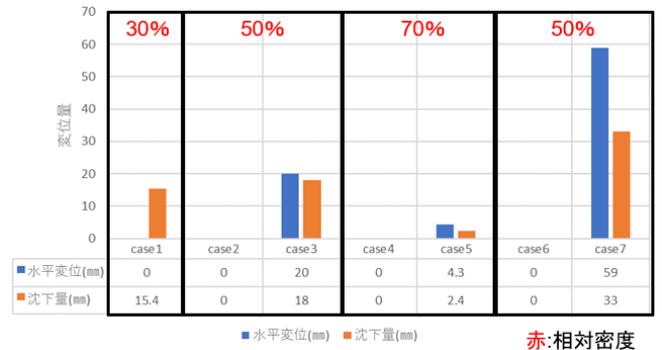


図-8 各 case の住宅変位量

7. 今後の展望

本研究では、ひな壇上宅地の一部を取り出したモデルを対象としているが、盛土地全体を考慮する必要があると考えられる。盛土地にある擁壁が崩壊してしまった場合、L 型擁壁、ブロック擁壁共に擁壁下にある住宅等に影響を及ぼす可能性が高い。擁壁への対策、また住宅の離間距離の設定が被害を減少させるための課題である。

8. 参考文献

- 1) 廣瀬 亘・加瀬 善洋・川上 源太郎・小安 浩理・ト部 厚志: 平成 30 年度北海道胆振東部地震に伴う地表変動および強振動による被害, 北海道地質研究所報告, 第 90 号, pp.15-32, pp.2018.
- 2) 名古屋市: 名古屋市宅地造成工事技術指針(第 8 章・第 9 章: 擁壁の標準構造図), pp. 42-52, 2016.
- 3) 宅地防災マニュアルの解説[I] 〈第二次改訂版〉 (第 8 章: ブロック積擁壁標準構造図), pp377, 2007
- 4) 余川 弘至, 森井 涼太, 野々山 英人: 盛土造成地上の滑動崩落に伴う住宅被害対策, 日本建築学会大会学術講演梗概集, No.20304, 2023 年 9 月

廃タイルのアスファルト骨材としての利用可能性

EC20066 林 幸基

1. はじめに

近年、天然資源の有効活用や自然環境保護の観点よりリサイクル材料の利用活用が推進されている。また既往の研究より森河ら¹⁾は廃タイルと同じ自然粘土を材料とした破碎瓦が環境にやさしい地盤材料であることから廃タイルも環境にやさしいリサイクル材料になると推測される。そこで、岐阜県の高岡市で生産された規格外品となったタイルを砕いた「廃タイル」の有効利用について検討を行う。

現在、国内では建設用骨材として使用されている川砂や陸砂、海砂の供給量が減少している（図1参照）。原因としては、砂採取の際森林伐採や水質汚濁などの自然環境への負荷が大きいという問題があり、自然環境保護の観点から海砂、陸砂などの採取が制限されたことにある。アスファルト骨材の一部として廃タイルの利用可能性について検討する。本研究の目的は、産業廃棄物として出される廃タイルの有効利用と廃タイルを用いた配合設計を行うことである。

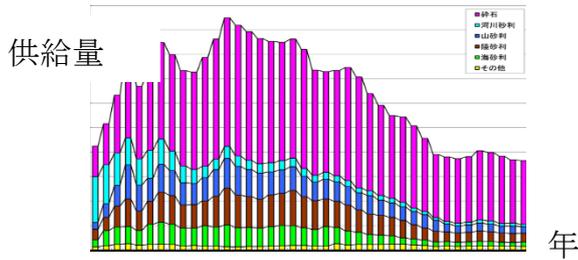


図1 骨材供給量の遷移

2. 試験概要

(1) 廃タイルのアスファルト混合物への利用

アスファルト舗装で一般的に使用されている密粒度アスファルトを対象に標準配合における細骨材のうち5%、10%を廃タイルと置き換えて配合設計を実施し、密度、安定度の増減についての検討を行う。

まず、廃タイルの物理特性の把握のため密度試験、

吸水率試験、粒度試験を行った。試験結果はアスファルト混合物の置換材料元となる粗砂の結果を表1及び図2に示す。表1、図2から廃タイルが他試料より密度が低く、吸水率が高いこと、粗砂より廃タイルの方が粒度範囲が広く、平均粒径から比較的大きい粒径の多いことが分かる。これらよりアスファルト混合物に廃タイルを混入した時、アスファルト混合物の密度の低下、安定度の低下が予想できる。

そこで、アスファルト混合物のタイル配合量を0%、5%、10%と配合量を増加させていき、タイル混入量の変化による密度、安定度の変化について考える。アスファルト混合物は密粒度アスファルト混合物(13)をベースに配合設計を行った。配合設計を行った後、マーシャル試験(写真1,2参照)を行うために円筒形混合物供試体(直径100mm、厚さ約63mm)を作成し、供試体側面を円弧形の二枚の載荷板で挟み、規定温度(60℃)、規定載荷速度(1分間約50mm)により直径方向に荷重を加え、供試体が壊れるまでに示す最大荷重(安定度)とそれに対応する変形量(フロー値)を測定する。マーシャル試験及び供試体の重量測定などからアスファルト混合物としての評価を行う。

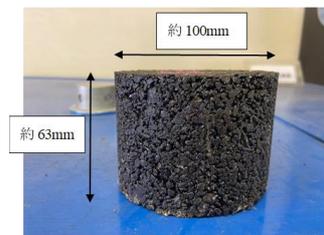


写真1 供試体 写真2 マーシャル試験器具

表 1 物理特性

		廃_TILE	粗砂	規格
土粒子密度	$\rho(\text{g/cm}^3)$	2.46	2.54	2.5 以上
粒径	D60(mm)	2.00	0.90	
	D30(mm)	0.70	0.40	
吸水率	Q(%)	6.72	1.83	3.0以下

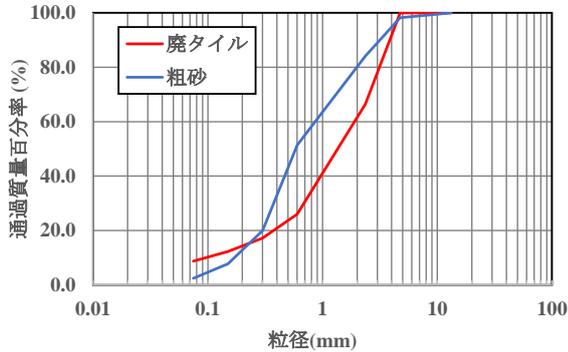


図 2 粒度曲線

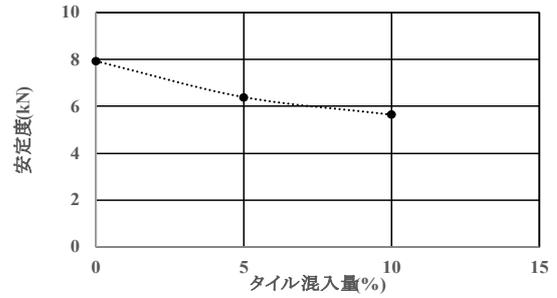


図 3 TILE混入量と密度の関係

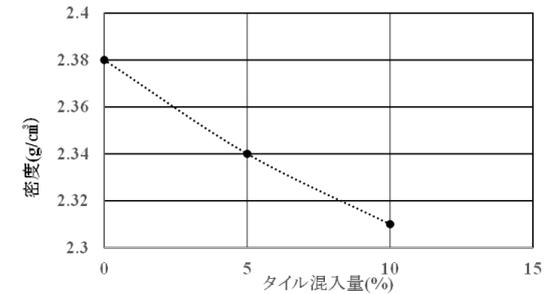


図 4 TILE混入量と安定度の関係

3. 試験結果および考察

アスファルト混合物に対して廃_TILEを 0~10% 混入した際の密度、安定度の変化を図 3、4 に示す。

図 2、3 より廃_TILEの混入量が増加するにつれ、密度、安定度が低下していることが分かった。密度、安定度の低下の原因として考えられるのは、表 1 に示したように、TILEの密度が粗砂に比べて小さいこと、吸水率が高いことから、アスファルトをTILEが吸ってしまうことにより、他材料のアスファルト付着量の減少したためと考えられる。

密度、安定度の低下への対策として、配合設計の見直し、最適アスファルト量の決定、突固め回数の増加の 3 通りを行い、密度、安定度の低下を抑えることについて考える。

(1) 最適アスファルト量の決定

廃_TILEの高い吸水率により、アスファルトを吸水することにより、他材料との付着を妨げている可能性があるため、最適アスファルト量の決定を行った。最適アスファルト量の決定は、密度、飽和度、安定度、フロー値、空隙率の 6 つの値から、密粒アスファルトの基準値を超えている共通部分から行う。

(1) 結果

結果を以下の図 5~10 に示す。

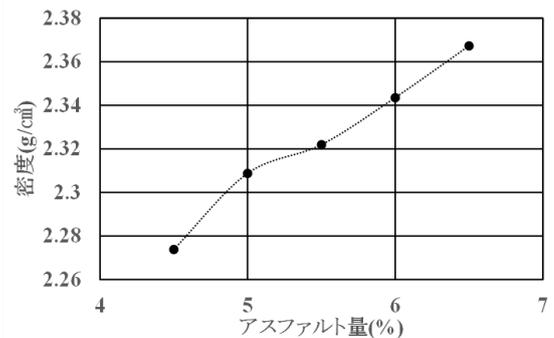


図 5 アスファルト量と密度の関係

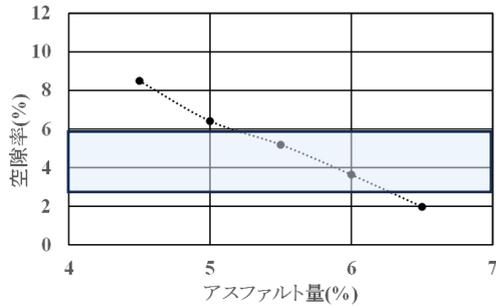


図 6 アスファルト量と空隙率の関係

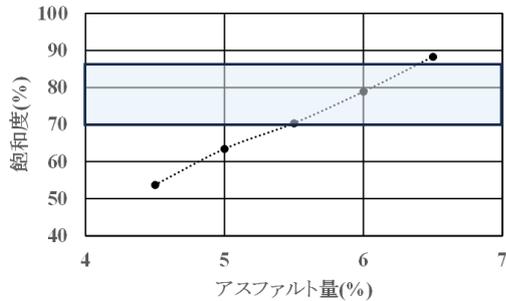


図 7 アスファルト量と飽和度の関係

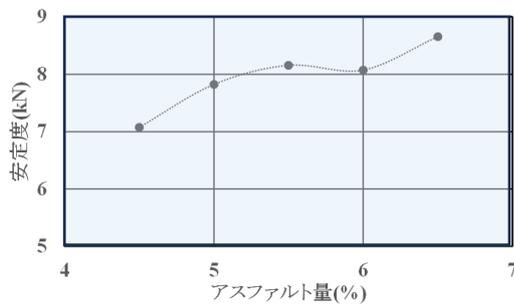


図 8 アスファルト量と安定度(安定度)の関係

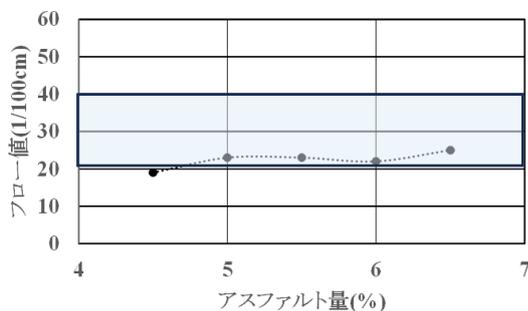


図 9 アスファルト量とフロー値の関係

図 10 より廃タイルを用いたアスファルト混合物の最適アスファルト量は 5.8%と決定することができる。

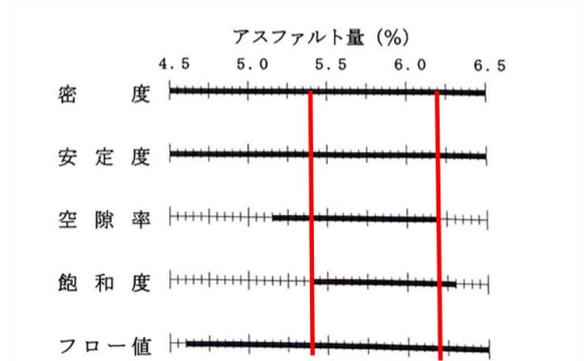


図 10 基準値の共通範囲

(2) 配合設計の見直し

配合設計の見直しを実施した。実施内容については、5%分高炉スラグの割合を増加させた。高炉スラグの割合増加による密度、安定度の上昇は竹石ら²⁾により高炉スラグの増加により密度上昇が見込まれるためスラグを増加させ、密度低下対策として高炉スラグの割合増加を行った。

(2) 結果

結果を以下の図 11、12 に示す。

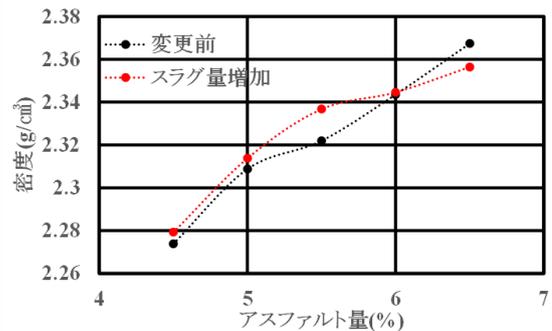


図 11 アスファルト量と密度の関係

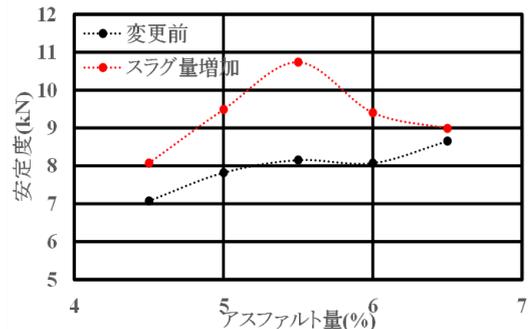


図 12 アスファルト量と安定度(安定度)の関係

密度、安定度についてはアスファルト量 5~6%の区間で配合設計の変更前よりも密度、安定度ともに上昇している。さらに最適アスファルト量も 5~6%の間に存在するのではないかと考えられる

(3) 突固め回数の変更

一般的に突固め回数を増加させると密な供試体を作成することができ、密度の上昇が期待できる。そこで密度、安定度が突固め回数の変更によってどのような影響を及ぼすかまた密度、安定度はどのくらいの増加がみられるかについて調べるために突固め回数を 25 回、50 回、75 回、100 回と増加させていった際の挙動について把握する。

(3) 結果

結果を以下の図 13、14 に示す。

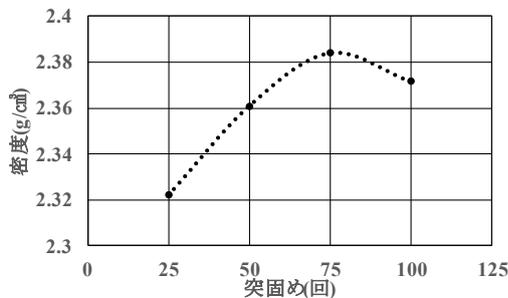


図 13 突固め回数と密度の関係

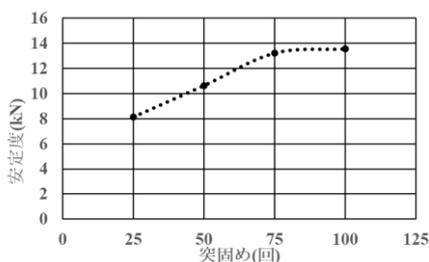


図 14 突固め回数と安定度の関係

密度、安定度ともに突固め回数が増加するにつれて上昇していることが分かる。しかし、突固め回数が 75 回を超えたところから密度は低下し、安定度も上

昇が止まっている。これは突固め回数が増大したことによってオーバーコンパクション状態³⁾に達してしまったため強度の低下がみられたのではないかと考えられる。

4. まとめ

本検討では、廃タイルをアスファルト混合物への与える影響について検討した。以下に本検討によって得られたことを示す。

- (1) 廃タイル混入に伴い、密度、安定度の低下する
- (2) 最適アスファルト量は 5.8%
- (3) 高炉スラグの増加に伴う密度上昇する
- (4) 突固め増加に伴い強度は上がるが、適格な数である必要がある。

5. 今後の展望

本研究では、廃タイルを用いた密粒度アスファルト配合設計について検討した。今回の配合設計ではバージン材のみを使用した。実際に使用されているアスファルト混合物はバージン材のみの配合設計の例は極めて少なく、主に再生骨材を使用した配合設計が主であるために今後は再生骨材と廃タイルを使用した配合設計について検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 森河由紀弘、佐藤智範、武田祐輔、田中雄也、神谷彦二、前田健一：無害で軽量性、摩擦性、排水性が高い破砕瓦の有用性に関する検討, 第 29 回中部地盤工学会シンポジウム
- 2) 新潟市土木部道路計画課：新潟市における溶融スラグのアスファルト混合物への利用に関する検討
- 3) 公益社団法人地盤工学会：土質試験基本の手引き 第 3 改訂版, 丸善出版, p19-162

MPM を用いた液状化による戸建住宅の沈下予測

EC20079 森 悠斗

1.はじめに

近年、巨大地震が発生するたびに地盤の液状化現象が確認されている。2016年4月14日に発生した熊本地震では広範囲に渡って戸建て住宅などの小規模建築物に傾斜や沈下などの甚大な被害が生じた。被害が生じた原因として、液状化対策が施されていないことや、液状化対策が十分でなかったことがあげられる。現状の液状化対策工法で、住宅の沈下や傾斜を完全に防止する工法などがあるが、対策費は高額になり普及が進んでいない。一般の住民に対策の重要さを理解させ、対策を広く普及させるためには、地震時の液状化により住宅がどの程度沈下・傾斜するかといった対策の要否を判断するための定量的な材料が必要である。そこで本研究では、重力場模型振動台実験および MPM (Material Point Method) による 2 次元静的液状化プログラムを用い、無対策時の液状化による住宅数値解析を実施し、液状化時の住宅被害の程度予測を行った。

2. Material Point Method

2.1 MPM の概要

従来の解析手法は大きく分けて、有限要素法 (FEM) に代表されるメッシュにより細分化して計算する格子法と Smoothed Particle Hydrodynamics 法 (SPH) などの物理量を影響範囲内にある近傍粒子から決定し計算する粒子法に分けられる。格子法は解析実績が多いが、変形の解析時にメッシュ形状が破綻することが問題となる。SPH 法は計算手法の特性から、大変形問題を得意としているが、近接粒子検索に膨大な時間を要する。そこで、これらの問題を解決する手法として MPM が提案されている。MPM では陽解析の時刻歴計算を行う。Lagrange 的手法と Euler 的手法を連成した解析手法であり、PIC (Particle In Cell) 法を固体問題に適用した手法である。連続体は Lagrange 粒子群で表現し、支配方程式は粒子群の背面に設けられている Euler 格子 (バッググラウンドメッシュ) で解く手法である。Euler 格

子で Euler 的に計算する部分は有限要素法と同様であり、地盤のような構成則が複雑なものにも適用性がよく、境界条件も明確に表現することが可能である。図 1 に MPM の概念図を、図 2 に MPM の計算手順を示す。

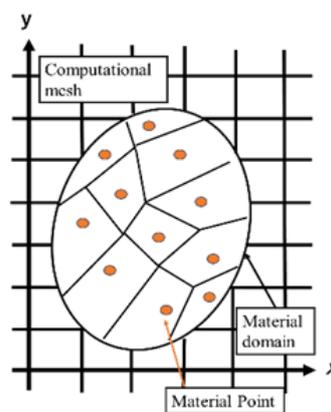


図 1 MPM の概念図

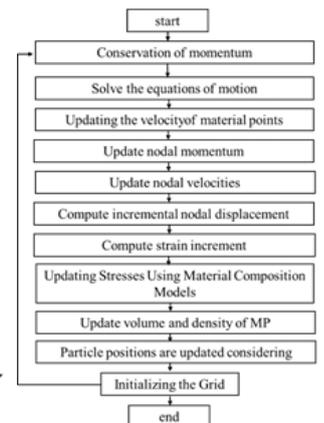


図 2 MPM のフロー図

2.2 自重解析

本研究では、Anura3D MPM Research Community により開発された Anura3D²⁾を使用する。プログラムの検証を行うため、本節では自重解析による応力確認、2.3 節ではブーシネスクの解による地盤内応力を確認した。

2.2.1 解析条件

解析モデルを図 3 に示す。要素数は 300、節点数は 176 である。境界条件は側面を水平方向(x)固定、底面は水平、鉛直方向(x,y)固定とした。地盤全体に重力加速度が 9.8m/s^2 となるまで徐々に増加させた。表 1 に入力パラメータを示す。

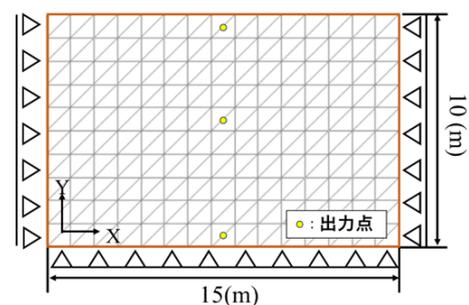


図 3 解析モデル

表 1 入力パラメータ

Density	g/cm ³	2.65
Young's modulus	kPa	80,000
Poisson's ratio	-	0.33

2.2.2 解析結果

図 4 に、解析で得られた深度ごとの平均有効応力と理論値の平均有効応力との比較を示す。出力した解析値が理論値と概ね一致しているため、重力加速度が適切に作用し、地盤内の応力状態を再現できていることが確認できた。

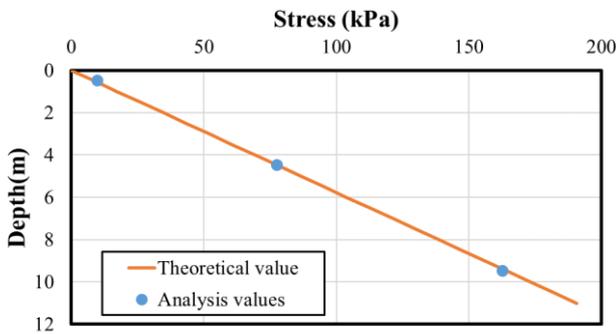


図 4 解析結果

2.3 ブーシネスクの解

地盤上に構造物が建設されると、構造物を外力として、地盤内に応力が発生する。また、上載荷重 q を作用させたときの鉛直応力は構造物から離れるに従って小さくなる。これは 19 世紀にブーシネスクによって提案された理論値であり、ブーシネスクの解を考慮して理論値を決定し解析結果と比較する。

2.3.1 解析条件

解析モデルを図 5 に示す。図のように地盤のある一定の範囲に上載荷重を作用させた。Case1 から Case6 まで解析を行い、幅(b), 深度(h), メッシュサイズをそれぞれ変更して深度ごとの応力分布の違いを確認する。境界条件は側面を水平方向(x)固定, 底面は水平, 鉛直方向(x,y)固定とした。上載荷重を 9.8kPa となるまで徐々に増加させた。表 2 に検討ケースを、表 3 に入力パラメータを示す。

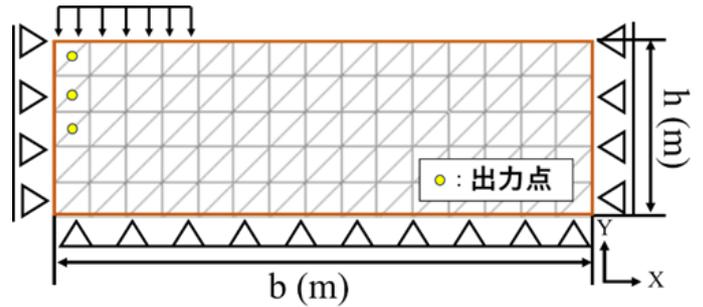


図 5 解析モデルの一例(Case1)

表 2 検討ケース

	depth (m)	width (m)	mesh size (m)	element	nodes
Case1	5	15	1.0	240	144
Case2	15	15	1.0	540	304
Case3	5	30	1.0	480	279
Case4	10	30	1.0	780	434
Case5	15	30	1.0	1080	589
Case6	10	30	0.5	3120	1647

表 3 入力パラメータ

Density	g/cm ³	2.65
Young's modulus	kPa	80,000
Poisson's ratio	-	0.33

2.3.2 解析結果

図 6 に、解析で得られた深度ごとの平均有効応力とブーシネスクの理論値との比較を示す。出力した解析値が理論値と概ね一致しているため、上載荷重が適切に作用していることが確認できた Case1 と Case3, Case2 と Case5 のような幅のみを変えたとき、解析結果に大きな差異は見られなかった。また、Case4 と Case6 のようにメッシュサイズの変更は深度が 2m 付近まではメッシュサイズが 0.5 のほうが理論値に近い結果が得られたが、2m 以降は結果に大きな差異は見られない。一方 Case4 と Case5 のように深度を変更した場合には深度を大きくとった Case5 のほうが理論値に近い値が得られた。

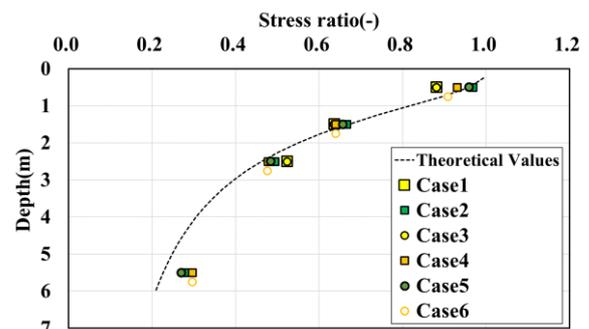


図 6 解析結果

3.再現解析

3.1 模型振動台実験

液状化時の住宅沈下および地盤の変形を確認するために水平方向に加振可能な空圧式振動台と両面をアクリルとして剛土槽(内寸：幅 1,200 mm×奥行 150 mm×高さ 450 mm)を組み合わせたものを使用し、1/40 のスケールの平面ひずみ条件で模型振動台実験を行った(写真 1)。実験では住宅沈下や地盤変化を確認できるように小型カメラ(GoPro)を設置した。地盤材料は三河珪砂 6 号を使用し、地盤高さ 150 mm となるように水中落下法で作成した。住宅模型は木造二階建て住宅を対象とし、実規模で 15kPa となるようにアルミプレートでモデル化した。入力地震動は、振動台上で最大加速度 500gal, 周波数 10Hz, 加振時間 4 秒の正弦波である。図 7 に加速度の時刻歴を、図 8 に計測器の配置図をそれぞれ示す。

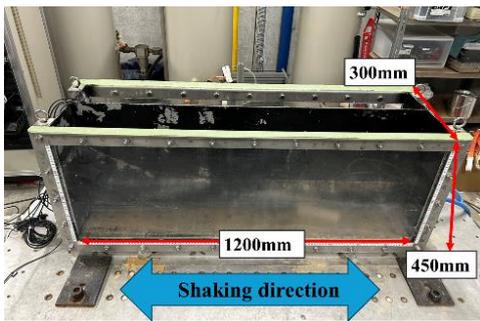


写真 1 実験装置

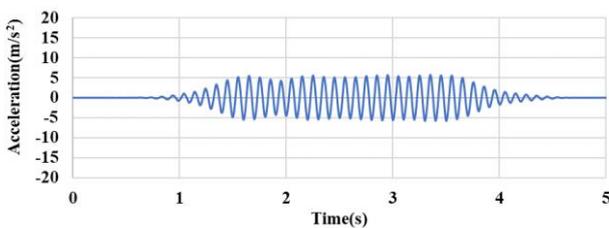


図 7 加速度の時刻歴

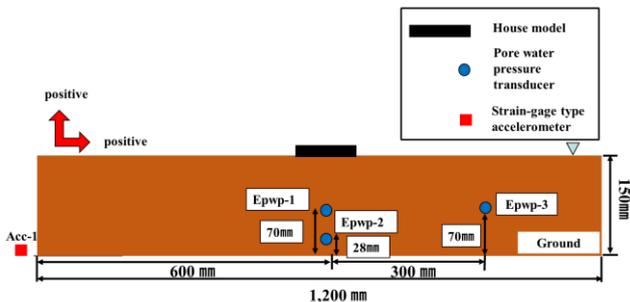


図 8 測定器の配置図

図 9 に過剰間隙水圧の時刻歴(紙面の都合上図-9 の Epwp-1 のみ記載)を、図 10 に住宅の鉛直変位の時刻歴を、写真 2 に加振終了後の地盤状態を示す。図 9 より、過剰間隙水圧は加振開始から 1.3 秒ほどから急激に上昇しており、初期有効上載圧に到達しているため液状化が発生していることがわかる。図 10 から住宅の沈下量は 15 mm 程度となった。写真 2 から、住宅周辺地盤の様子に着目すると、住宅がめりこみ沈下している様子が確認できた。

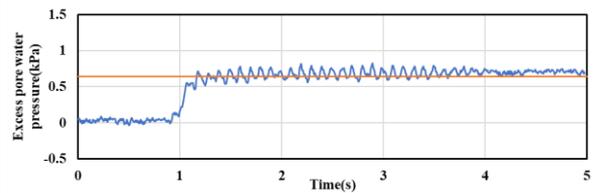


図 9 過剰間隙水圧($\Delta u/\sigma'_0$)の時刻歴
(橙線：初期鉛直有効応力)

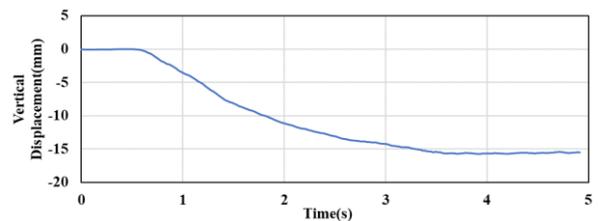


図 10 住宅鉛直変位の時刻歴

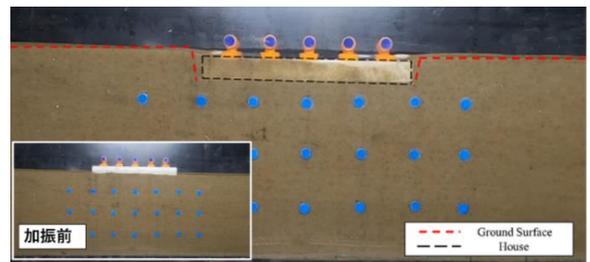


写真 2 加振終了直後の地盤状態

3.2 MPM による 2 次元静的液状化

3.1 節で実施した模型振動台実験を MPM による 2 次元静的液状化プログラムを用いて再現解析を実施した。静的に液状化時の地盤挙動を再現するために、MPM の構成式には安田らが 1999 年に提案したモデル(以下、安田モデル)³⁾を導入した。本モデルは、液状化した土のせん断応力-せん断ひずみ関係をバイリニアで近似したものであり、解析時に必要となるパラメータが非常に少ないことが特徴である。具

体的には、初期せん断剛性 G_0 、細粒分含有率 F_c 、ポアソン比 ν 、単位体積重量 γ 、液状化安全率 FL の5つである。図 11(a)に実験から想定される地震前と流動時のせん断応力-せん断ひずみ関係の模式図を、図 11(b)にそれをバイリニアで近似した模式図を示す。

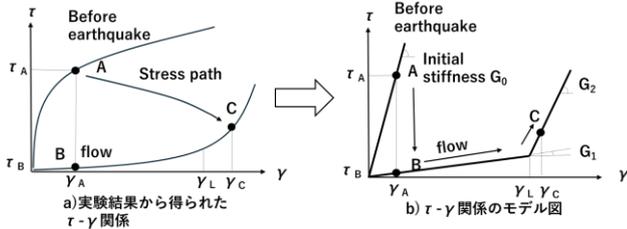


図 11 液状化した土のせん断応力-せん断ひずみ

3.2.1 解析条件

再現解析に用いた解析モデルを図 12 に示す。要素数は 4,888、節点数は 2,545 であり、境界条件は側面を水平方向(x)固定、底面は水平、鉛直方向(x,y)固定とした。自重法を用いて、重力加速度が 9.8m/s^2 となるまで徐々に増加させた。地盤は安田モデル、住宅は弾性モデルの構成式を用いてモデル化した。入力パラメータについては実験後の条件を考慮して液状化判定を行い、それらによって得られた液状化安全率 FL 等を入力パラメータとした。表 5 に入力パラメータを示す。

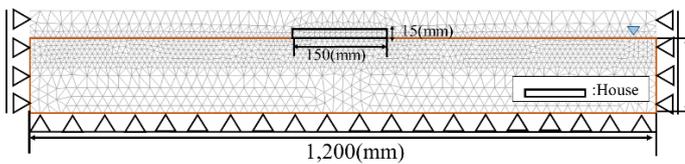


図 12 解析モデル

表 5 入力パラメータ

Parameter		Ground	House
Model		Yasuda	Elastic
Initial Young's Modulus (kN/m^2)	G_0	11,250	800,000
Poisson's ratio	ν	0.33	0.33
Fine content (%)	F_c	0	-
Factor of safety for liquefaction	F_L	0.14	-
Density (t/m^3)	ρ	1.8	1.8

3.2.3 結果

図 13 に解析後の粒子配置および鉛直方向の変位量を示す。図 13 より鉛直下向きの変位量(住宅沈下量)は 13mm 程度となった。模型実験の結果では 15mm 程度だったことから、概ね振動台実験の再現ができていているといえる。また、住宅周辺の地盤の変形は写真 2 の実験時と比較すると、解析においても住宅が周辺地盤にめり込んでいる様子をとらえることができた。模型振動台実験と再現解析の鉛直下向きの変位量が模型振動台実験のほうが約 2mm 大きく出てしまった原因として、平面ひずみ条件で模型実験を行ったが、奥行方向に振動台と住宅模型にわずかな隙間があったことから、奥行方向に地盤が変形・流動してしまった可能性が考えられる。

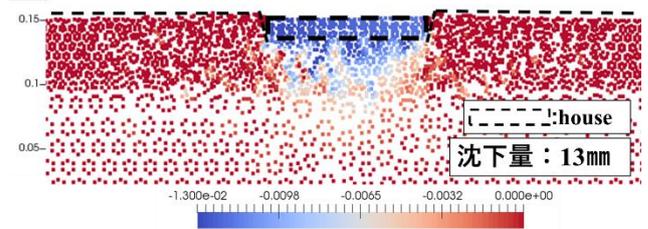


図 13 変形図(コンター：鉛直変位)

4. まとめ

本研究では MPM を用いて、自重解析、ブーシネスクの解を用いた解析から Anura3D のプログラムの適用性を示すことができた。また、2次元静的液状化プログラムを用いて住宅の沈下予測のために実験規模での再現解析を行い、概ね実験結果を再現できることが分かった。今後、実規模モデルで様々な地形条件のもと解析を行い、液状化時に起こる住宅の被害度を「住宅の沈下量・傾斜量」という定量的な値で表現していくことが望まれる。

〈参考文献〉

- 1) 桐山貴俊, Material Point method の概説と適用例砂防学会誌, Vol. 68, No 3, pp. 43-46, 2016.
- 2) Anura3D MPM Research Community Anura3D MPM Software Tutorial Manual 2022.
- 3) 安田進, 吉田望, 安達健司, 規矩大義, 五瀬伸吾, 増田民夫, 液状化に伴う流動の簡易評価法, 土木学会論集, No. 638, pp71-89, 1999.12.

電気炉還元スラグのエージングによる安定化処理技術

眞野 泰成

1. 研究背景

本研究では従来のエージング方法以外にマッフル炉や電子レンジを使用したエージング方法による、電気炉還元スラグの安定化処理について検討する。電気炉還元スラグの生産鋼種、精錬条件などによって著しく異なる。高品質鋼の需要が増す一方、環境に配慮した電気炉を使用したスラグの生産方法は年々増加している。電気炉還元スラグは主として埋め立て処分されてきたが、近年では道路の路盤材やコンクリートの製造材料などに使用されるようになった。しかし、電気炉還元スラグを排出時のままや従来のエージング方法で路盤材などに使用すると膨張や固化してしまうことが問題となっている。その主たる原因は水和物の生成による体積膨張にある。さらに水和反応による固化も確認されており、現在の使用用途は限られている。水和反応をできるだけ防ぐためエージングが必要とされている。現在主として大気エージングや蒸気エージングが行われているが、これは均等にエージングが進めることができなく、部分的に水和反応が起こってしまう他、大気エージングではヤードの場所や期間を取りすぎてしまうなどのデメリットがある。蒸気エージングでは大気エージングより期間を短縮できるが、これも均等にエージングが行えず、特別な施設も必要とする。そこで本研究ではマイクロ波を使用したエージングを行うことで、短時間で高温にでき、内部から均等に加熱をできるというメリットを活かし、より均一に化学的に安定させ、様々な材料として電気炉還元スラグを使用できるようにする。尚且つ使用するエネルギーが電気なため、環境に配慮し、低コストでのエージング処理方法を検討する。

2. 試験概要

本研究では、エージング方法による成分変化を比較する。還元スラグの化学反応として、「 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ 」になる際に水和反応による膨張や固化する現象がみられる。電気炉還元スラグを材料として使用した後、この反応が発現するのは望ましくないため、エージング過程が必要である。そこで、本研究では自然エージング、熱湯エージング、恒温炉エージング、電子レンジエージングの5種類のエージング方法から、エージング後の試料の水浸膨張率やPHを測定する2つの実験方法から、より良いエージング方法を検討する。電気炉還元スラグは製鋼条件によって物理的・化学的性質が異なってくるが、本研究で使用したスラグは東京製鐵(株)田原場で電気炉から産出したエージング前の還元スラグである。

2.1 エージング方法

採取時の電気炉還元スラグは粒度が大きく、エージングに時間が掛かりすぎるため、本研究ではあらかじめ粉砕機で粉砕し、簡易的な4分法を行った電気炉還元スラグを使用しエージングを行う。



写真1 粉砕機



写真2 4分法

2.1.1 自然エージング

加熱は行わず、電気炉還元スラグに水を入れて放置する。自然エージングではコストは抑えてエ

ージングを進めることができるが、時間かかりすぎてしまう他、広い場所が必要となるデメリットがある。

2.1.2 熱湯エージング

直接的な加熱は行わないが、電気炉還元スラグに入れる水を熱湯にする。熱湯をエージングの行う際に使用し、エージングを早く終わらせることができると、少量のエネルギーやコストで環境にもやさしくエージングができるため、熱湯エージングの方法も検討する。

2.1.3 恒温炉エージング

電気炉還元スラグの化学的特性として酸素が反応に大きく関わる。そのため加熱途中で酸素を供給することのできる恒温炉を使用し、大気中の酸素を炉内に取り込みながら加熱を行う。

本研究では恒温炉の温度を 110℃と設定し、110℃の到達後炉内の試料を入れ、加熱を行う。

2.1.4 マッフル炉エージング

マッフル炉は熱源が被燃焼物を直接加熱せず、熱板などで仕切りを入れて加熱する炉である。被燃焼物への汚れの防止や、炉内雰囲気の変化が少ない。1100℃までの温度調整を可能とし、長時間の加熱を可能とする。本研究では 550℃に温度を設定し、1 時間の加熱を行う。この際炉内雰囲気が少ないため酸素によるエージングの促進についての検討も行う。

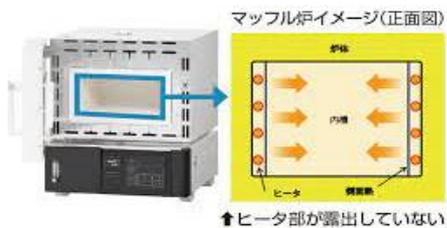


図1 マッフル炉の特徴

2.1.5 電子レンジエージング

マイクロ波を使用した加熱方法のメリットは、

従来の加熱方法に比べ、高速で加熱が行えるほか、マイクロ波によって、内部から均一に加熱できるという特徴がある。この特徴を活かし、電気炉還元スラグをエージングに必要な時間や成分の均一性についての検討を行う。



図2. 電子レンジとマイクロ波の加熱特徴

3. 加熱実験及び水浸膨張試験

3.1 実験概要

本研究では加熱方法によって電気炉還元スラグのエージングにかかる時間や実験後の膨張率を比較するための加熱実験を行う。エージング方法の種類は5種類に分ける。それぞれのエージングを1時間行い、23時間の放置時間を設け、その後新しい水を追加し、試料の膨張率を確認する。

3.2 実験結果

自然エージング…自然エージング終了後の試料は白濁としており表面は固化していないが内部は固化している。しかし、強度はそれほどない。自然エージングでは水の追加後24時間で元の試料の量より膨張しているのが確認でき、膨張率は大きい。膨張は24時間で終了し、後から追加した水は黒く変色している。



写真3 水浸膨張試験前 写真4 水浸膨張試験後

熱湯エージング…熱湯エージング終了後の試料の表面は固化している。しかし、内部は粒状になっており完全に固化していない。

熱湯エージング終了後の試料も水の追加後24時間後で膨張の確認ができ、膨張率は大きい。24時間の膨張後はそれ以上の膨張は見られない。追加した水は黒く変色する。



写真5 水浸膨張試験前 写真6 水浸膨張試験後

恒温炉エージング…恒温炉エージング終了後に新しい水を加え24時間おきに膨張率の確認を行う。恒温炉エージング終了後の試料に水は残っているが表面は固化している。しかし、内部は熱湯エージング同様完全に固化はしない。恒温炉エージング終了後新しい水を追加し24時間経過後、試料の膨張は確認できた。しかし、自然エージングや熱湯エージング程の膨張は見られず、追加後は黒色に変色はしているが自然エージングや熱湯エージング程の変色は見られない。



写真7 水浸膨張試験前 写真8 水浸膨張試験後

マッフル炉エージング…マッフル炉エージング終了後の試料は水分が完全に蒸発しており、表面は固化している。しかし、内部まで水分が完全に蒸発しているため粒状になっており、強度は高くはない。水浸膨張試験後マッフル炉エージングでは膨張はするものの、上記の3つのエージング方法に比べ膨張率が小さい。さらに、追加した水は24時間で無くなり、試料が白色に変色し固化する。



写真9 水浸膨張試験前 写真10 水浸膨張試験後

電子レンジエージング…電子レンジエージングもマッフル炉エージングと同じく、エージング終了後に水分が完全に蒸発している。電子レンジエージングでは加熱途中で試料温度の急上昇によって、試料が爆ぜてしまう。そのため、試料が一つの固体にはならないが強度は出る。水浸膨張試験後、電子レンジエージングも膨張は確認できるものの、マッフル炉エージングと同様膨張率は大きくなく水分が完全に蒸発し、試料は上部だけが白くなり固化する。

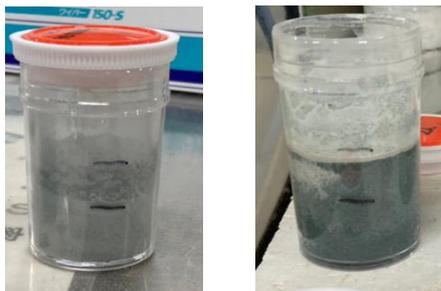


写真 11 水浸膨張試験前写真 12 水浸膨張試験後

4. 加熱実験及び PH 測定

4.1 実験方法

粉碎後の電気炉還元スラグに試料に新しい水を加え、3 分間攪拌する。それぞれのエージング処理を終えてから新しい水を供給し、日数で PH の減少を確認する。そのため写真 32 の容器に左右 1 か所ずつ穴をあけ、片方にホースを差し込み片方は古い水を逃がせる場所とし、新しい水を供給し続けられるようにする。その後、日数毎に PH の測定を行う。



写真 13 新しい水の供給方法

4.2 実験結果

エージング直後はエージングを行った水の温度によって PH の低下は確認できたが 3 日目以降、全ての試料が常温の水に反応し、図 1 の様に PH12.9 まで上昇してしまい、試料全てが完全に化学的に安定しているといえる状態ではなかった。今回行った写真 32 の実験方法ではすべての試料に同じ新しい水を使用していたため PH がすべて同じになってしまった可能性がある。次回の

実験ではすべての試料に 1 ずつ容器を準備し、実験を行う必要がある。

5. 考察

本研究では 2 つの実験を行った。ここから電気炉還元スラグのエージングには水の温度、エージングを行う時間が必要だと分かった。しかし、温度だけではなく電子レンジによる加熱は 550℃で行ったマッフル炉エージングよりも膨張が少なく試料の変色も確認できなかったことから、マイクロ波による加熱が電気炉還元スラグの少量のエネルギーで短時間のエージング促進を行えることがわかる。

マイクロ波を使用したエージング方法は路盤材として、施工後の膨張を防ぐためには短時間で効率よくエージングを行えると思われる。

6. 今後の展望

考察で記述したが路盤材として使用する際のエージング方法として電子レンジでのエージングを挙げたが、実規模でのエージングで内部まで均等にエージングの促進ができるか検討する必要がある。

PH 測定は 30 日では PH の低減は見られなかったが、マッフル炉エージングや電子レンジエージングでは 180 日以内に PH の低減が起きる可能性があるため検討する必要がある。

7. 参考文献

- 1) 佐野博昭, 山田幹雄, 柏原司, 金子敏行, 古川幹人, 原良治, 澄川圭治, 中村貴敏 室内エージング実験における製鋼スラグの pH 低減効果の確認. 土木学会論文集, vol. 71, No. 4, 272-277, 2015.

旧街道から見る現況道路の災害対策

EC19041 白川 ほなみ

1. 序論

1.1 背景

日本の地理的な特徴は複雑かつ多様性である。その結果としてさまざまな自然災害にさらされてきた。地域ごとに異なる地形や気象条件は、災害リスクに直結しており、これが道路を代表とする交通体系にも影響を及ぼしている。特に、歴史的な街道の整備においては、地理的な要因がどのように考慮され、災害に対する対策が組み込まれてきたのかを理解することで現代の道路事情に対して何か見いだせると考えた。

1.1.1 日本の地理的特徴

日本の地理的特徴として山岳地帯と海岸線の複雑な地形があげられる。日本は山岳地帯と海岸線までの距離が近く、これにより、道路整備においては高低差や急峻な勾配の対応が求められている。また、海岸線と山岳地帯が近い河川についても急勾配や、細く狭い川を流れているところも多い。

1.1.2 街道の役割

街道は、一般的には都市や町などの地域を結ぶ道路や通りのことを指し、主に交通や移動のために使用される道路であり、車両や歩行者が通行するための通路である。街道にはさまざまな規模や形態があり、大通りや小道、高速道路、商店街などが含まれる。街道は歴史的には重要な意味を持っており、交通や経済の中心地となる。文化的な意味合いもあり、街道沿いには商店やレストラン、歴史的な建物などが集まることがあります。

1.2 活動的な地殻変動¹⁾

日本列島はフィリピン海プレート、ユーラシアプレート、太平洋プレート、インド・オーストラリアプ

レートという2つの海洋プレートと2つの大陸プレート上に位置している、さらに活断層が多く存在している。プレート同士のずれや、断層のずれによって地震や火山活動が頻発することから、これらの自然災害に対する備えが必要とされている。

1.3 季節ごとの気象変動

日本の気象は四季折々の変化が激しく、台風や豪雨、積雪などが発生する。これにより、冠水や洪水、雪害といった季節ごとの災害に対する対策が必要となっている。交通路の整備においては、これらの気象条件に適した構造や設計が求められる。

日本に残る街道は、これらの地理的要因と特徴を踏まえて整備され、人々の生活を支えるための重要な社会基盤であった。街道は、集落と集落を結ぶだけでなく、商品や情報の流通、文化の交流にも大きく貢献していた。現代の道路網も、この歴史的な背景から発展していったと推測される。

この研究では、これらの背景を踏まえ、歴史的な街道から得られる知見をもとに、現代の道路網がどのように災害対策に配慮して整備されているのかを明らかにすることで地理的な要因や歴史的背景を理解し、過去からの教訓を活かした持続可能で安全な道路整備が、将来の社会においても重要な役割を果たしていくのではないかとこの観点で考えていく。

2 研究の目的

普段何気なく通っている道路や道がどの基準に基づき、建設されているのか、また頻発している災害に対する対策はどのように行われているのかを、旧街道と現在の道路との類似点と相違点を通じて明らかにし、今後の道路建設において重要とされる要因を明らかにすることを目的とする。

具体的には、異常気象による災害が頻発している

現代において、旧街道の整備時にどのような要素が考慮され、特に災害対策に焦点を当てていたのかを、道路と旧街道の比較を通じて予測し解明する。これにより、歴史的な文脈で道路がどのような場所に建設されてきたかを理解し、その背後にある意味を把握することができる。

得られた知識をもとに、過去において何が重要視され、何が不要視されていたかを分析し、現代においてはどのような必要性があるのかを考察する。これにより、今後の道路整備において、歴史的な視点から学び得た知見を活かし、持続可能で安全な道路の構築に寄与することを目指す。

2. 研究方法

現在まで言い伝えられている伝承や文献をもとに調査を行う。調査から得られる知識をもとにして自分たちが今まで作ってきた道や道路についてなぜここに作られたかを考えてまとめることによって研究とする。

3. 研究結果

3.1 日本の歴史的街道とその役割

現在日本でも有名な観光地として人気の高い歴史ある街道の多くは江戸時代のころに整備され、数多くの国民の歩みを手助けしてきた。

3.1.1 古代街道の役割²⁾

日本の街道は、古代から近代にかけて、重要な交通路として整備され、発展してきた。特に五大街道と呼ばれていた街道には参勤交代を行う大名が通るということもあり、確実に通れる道を作らなければならなかった。地域と地域、都市と都市を結ぶ大切な道としてとても重要な役割を果たしていた。縦断的な変化も多く見受けられる道となっているが、最短距離に近い道を作っているため、かなり早く移動ができるようになっていたと考えられる。さらに市民のために作られた多くの脇街道や下街道についても同様なことが言える。古代街道の大きな役割は災害が起きても通ることができるような安全な社会基盤である。

3.1.2 街道の発展と役割の変遷

歴史的な街道は、時代とともに役割が変化している。もともとは人の往来を簡単にさせるための役割を持っていた。江戸時代に入ると、商業や文化の発展とともに街道の利用が広がっていった。交易の場としての役割も広く認知されている。近代になると、鉄道や道路網の整備により交通手段が多様化し、街道の重要性が相対的に低下している。ただし、観光や歴史的な名所巡りなど、文化的・レジャーの側面での利用が増え、街道は新たな役割を担うようになった。ただ人がとっていただけの場所から、商売をするには欠かせないものとなり、今では当時の歴史を感じさせてくれる大切なものとなっている。

3.1.3 現代の交通体系と街道の位置づけ

現代では、高速道路や新幹線などの高度な交通手段が整備され、街道は主要な交通路としての地位を失いつつある。しかし、一部は歴史的な街道は観光資源として評価され、保存・整備が進められている。また、地域振興や自然体験を求める人々によって、ハイキングやサイクリングのためのルートとして見直されている。歴史的なものが分かるものの中でも、どのように勸化手古代の人が道を整備してきたかが見えるため、とても重要な役割を果たしていると考える。現代の交通体系の中で、歴史的な街道が新たな価値を見いだされ、地域社会にとっては昔を感じられる大切な場所としての役割が重要視されている。

3.1.4 身近にある街道

地震が起きた際に浸水被害が予想されている春日井市のハザードマップを見てみると下街道の近くまで水が到達しているのがわかる。江戸時代ごろからすでに堤防の決壊、河川の氾濫が多く発生していた地域だったために江戸時代の街道では選ばれるはずのなかった道がなぜ選ばれて国道を作られたのか考えてみる。モータリゼーションが進み、交通手段が車やバイクなどに移り変わったことにより、より段差が少なく平坦な道を人々は好むようになった。主要街道には勾配がありすぎることによって車自体が乗り超えるのが難しいことや、明治維新が起きて身分制度による格差が減っていくにつれて街道がある

ような丘陵地ではなく平野部に多く住宅が建ったことも道を作るときに意識して作られたところであると考えられる。ただ利便性を求めただけではなく河川の整備が少しずつ進んでいったことによって氾濫がおきる量も減っていき安全に過ごせる場所が増えていったことで利便のいいところに道が作られていくことが増えたと考えられる。主要街道とされていた道の周辺に国道を作らなかったのは勾配の大きさと山の高い部分にできていた道だったために改修工事を行うのが難しかったのではないかと考える。つまり、車の普及により少し遠回りをしてでも勾配が少ない道を選ぶことによって利便性の向上を図ったのではないかと考えられる。

3.2 自然災害の脅威と道路への影響

日本の地理的要因からも、みてわかる通り多くの災害被害が起きやすい特徴を持っている。この自然災害によって多くの交通網が翻弄されてきた。道路への各災害からの影響を調べてみていく。

3.2.1 地震がもたらす道路への被害と復旧³⁾

地震によっておこる二次的な災害である津波とともに、地震による影響がどの程度あるのか東北地方太平洋沖地震を例に挙げて考えていく。国土交通省にまとめられている震災発生時の高速道路情報と、復興した後の高速道路情報である。高速道路が復旧したことによって重要な輸送経路が確保できるようになった。道路の寸断や、被害がどれほど一次避難や救援物資に対して必要かを再確認できる。東日本大震災によって起きた道路被害の一部について考える。道路の陥没、亀裂による道の寸断、損傷。津波による道路の冠水。土砂災害による道路の寸断。これらの道路被害から派生した被害として、災害医療チーム、支援物資、そのほか必要とされているもののほとんどが緊急に対応することが困難になっていた。さらには、避難をするという段階ですでに逃げるのが難しくなってしまったことも考えられる。第一次の避難、それに次ぐ避難支援に対してもかなり障害が出てしまったと考えられる。

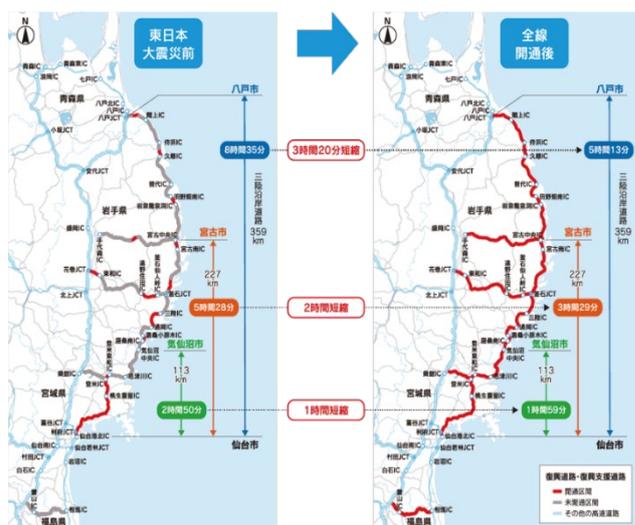


図 震災時の高速道路の状態

3.2.2 道路被害がもたらす社会への影響

普段何気なく使っている道路が急に使えなくなってしまったとき、社会への影響は絶大なものである。電車、飛行機、船による輸送経路はあるが、道路が壊れてしまっているのは全国隅々まで物を運ぶということは難しい。日本の道路インフラが全国どこにでも張り巡らされているので日本人としては普通になっている、道路があるという当たり前に慣れすぎてしまっている。そのため道路に対して被害が起きてしまった場合には連鎖的に多くの被害が出てしまう。

3.3 春日井市の災害対策の現状と課題⁴⁾

春日井市のホームページによって発表されている地震災害についての対策の第2編第三節によると道路の無電柱化を進め、耐震強化を進めることによって、南海トラフ地震が起きた時にも円滑に支援や避難ができるように対策している。

3.3.1 現行の災害対策政策と制度

具体的な対策としてハザードマップの作製配布、耐震性に不安の残る石ブロック塀の撤廃、道の寸断が起きないように電柱の地解説などを進めている。さらに、避難場所を徒歩、自転車移動によって動くことを想定して、2 km以内にあるように設置してある。他にも災害備蓄品の確保や、ライフラインが途絶えても耐えられるように生活必需品なども確保している。春日井市の災害対策方針を見ると地震だけではなく

様々な災害に対しての想定がなされており、どのような災害が起きたとしても対応が取れる形になっている。

4. 今後の展望

以上の調査結果から今後どのように道路設計を進めていくのがよいのかについて考えていくことにした。

4.1 現行の災害対策の課題

今の災害対策の課題としては想定を超えてしまう災害が起きた際に対応が後手に回っているということである。自分たちが思っている対応よりも足りない物資が出てしまうことも多く発生している。予想をいくら大きく見積もったところで対応できる幅にも限界があることからこれは課題といえる。災害発生時に、多くのメディアによって報じられることになるのだが、この情報すらも受け取れない状況になるのが最大の問題である。最近ではインターネットの普及によりかなり多くの人に情報を拡散することができるようになってきているが、それでも集められる情報はそう多くはないはずである。さらに、道路の防災性の低さも問題の一つとして挙げられる。いろいろな交通形態が発達してきたとはいえ、道路の寸断ほど一大事はないと考える。道路が使えないということによって、避難に送れる人が出てくる、支援が遅れるなどたくさんの問題を抱えることになる。

4.2 道路の新しい可能性

道路の可能性は無限にあると感じた。壊れにくい道路の開発や、そもそも壊れることを前提とした道路を作るのもいいのではないかと考える。

4.3 防災に特化した道路

防災に特化した道路の形としてはしご車のようなものが作れたらいいのではないかなと考える。車の上に歩行できるサイズの道をつけてそれを伸ばしていくことで道にするという方式である。作れる道に限界はあるが、一部崩落により孤立状態になってしまった人たちも助けることができるようになる。道路ではないが、移動式ヘリポートみたいなものを作

ることができれば支援物資の輸送などもスムーズに行うことができるようになる。道路がそもそも壊れるという前提で防災対策をしていけばきっと未来には移動式の道が出来上がる。

5. 結論

5.1 調査のまとめ

今回の調査によって得られたことは、江戸時代の街道づくりには、過去の災害から学んだ先人たちの防災意識から出来上がったものであることが発見できた。また、今普通に使っている道路にも街道から学びを得て作られているということや、地名に残る災害の記憶についても知ることができた。今後どのように設計していくか糸口としてこれからも考えていきたい。

5.2 研究の限界と改善の余地

この研究の限界としては想定を超える災害はどうしても起こってしまう点である。現在の防災対策は今までの災害からの予測でしか作れないために予測を超えてしまった部分については難しいものがある。江戸時代の災害についての考え方についても検討して、その部分をうまく生かしていくことがこれからの防災には大切な考え方なのではないかと考える。今後時代が進むことによって道というものすら必要とされなくなる時代が始まるかもしれないが、今残っている街道のように愛されるものとして残ってほしいと願う。

参考文献

- 1)気象庁ホームページ：URL:
<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>.
(2024/01/25 参照)
- 2)郷土誌かすがい：URL:
<https://www.city.kasugai.lg.jp/shimin/bunka/bunkazai/1023948/kyodoshikasugai/sakuin.html>.
(2024/01/25 参照)
- 3)国土交通省ホームページ：URL:
<https://www.mlit.go.jp/>. (2024/01/25 参照)
- 4)春日井市ホームページ：URL:
<https://www.city.kasugai.lg.jp/>. (2024/01/25 参照)