

大都市近郊における地域公共交通の実態調査

—愛知県岩倉市—

EC15043 千種 健基

1. 研究背景

岩倉市は愛知県の北西部に位置している。市内の公共交通機関は、名鉄犬山線が南北に、名鉄バス路線が岩倉駅を起点に東西の一宮・小牧方面へ通っている。その他に、タクシー等の交通機関により、周辺都市への交通アクセスが整えられている。一方、鉄道駅から 1km、バス停から 300m 以上離れている交通空白地域¹⁾も存在している。

そのため、岩倉市では既存の公共交通機関を活用しつつ、交通弱者の生活を支援することを目的として、平成 26 年より 65 歳以上の人や妊婦、運転免許を返納した高齢者などを対象とした「デマンド型乗合タクシー事業」を展開してきた。しかし、実運用では通院者の利用時間の集中や、予約が取りにくいなどの課題から、令和元年 10 月より民間タクシーの空車両を活用した「ふれ愛タクシー事業」を実施している。

表. 1 岩倉市の地域公共交通事業の概要

事業形態	期間	運行時間帯	車両	乗降場所	その他
デマンド型乗合タクシー (300 円/回)	H25. 10 ~ H26. 9	8 : 30 ~ 17 : 00	ワゴン車 × 2 台	自宅 及び 指定 90 か所	実証実験
	H26. 10 ~ H31. 9	"	"	自宅 及び 指定 107 か所	本格運行
ふれ愛タクシー (400 円/回~)	H31. 10 ~ 現在	8 : 30 ~ 18 : 00	普通タクシー (空車利用)	自宅 ⇄ 指定無	

2. アンケート調査の実施

本研究では、岩倉市における主要な交通手段の実態を調べ、地域公共交通における交通空白地域等の課題を把握し対策を講じることを目的とし、令和 2 年 10 月に調査を岩倉市と協力して実施した。

(1) 調査項目

アンケート調査の項目は以下のとおりである。

- I. 日常的な生活での交通行動
 - (A) 買い物、(B) 通院、(C) 公共施設、(D) その他
- II. ふれ愛タクシー利用者への質問
 - (A) 待ち時間 (B) 料金 (C) システム (D) 時間帯 (E) 行き先 (F) のり愛い~わ号との比較 (G) その他
- III. 新型コロナウイルスに関する質問
- IV. 簡単な情報提供 (年齢・性別・町名)

ふれ愛タクシー利用者 1941 人に調査を実施し、回収数は 1129 件 (回収率 : 58.2%) であった。

(2) 有効サンプルの整理

アンケート調査にて得られたサンプルに対し、未回答のサンプルや、1 項目の回答を要する設問に対し複数回答されているサンプル、他項目と紐付いた回答を要する設問に対し有効な回答となっていないサンプルを除外した、回答に矛盾のないサンプルは下表のとおりである。

表. 2 有効サンプルの整理

調査項目	回収数	無効サンプル		有効サンプル		割合	
		未回答	矛盾回答	サンプル数			
I	1,129	(A)	488	257	384	34.0%	29.4%
		(B)	482	255	392	34.7%	
		(C)	686	156	287	25.4%	
		(D)	808	58	263	23.3%	
II	1,129	(A)	650	235	244	21.6%	29.5%
		(B)	650	345	134	11.9%	
		(C)	671	120	338	29.9%	
		(D)	661	60	408	36.1%	
		(E)	608	29	492	43.6%	
		(F)	795	51	283	25.1%	
		(G)	604	96	429	38.0%	
III	-	129	0	1,000	88.6%	88.6%	
IV	-	年齢	111	0	1,018	90.2%	93.0%
		性別	125	0	1,004	88.9%	
		町名	0	0	1,129	100.0%	

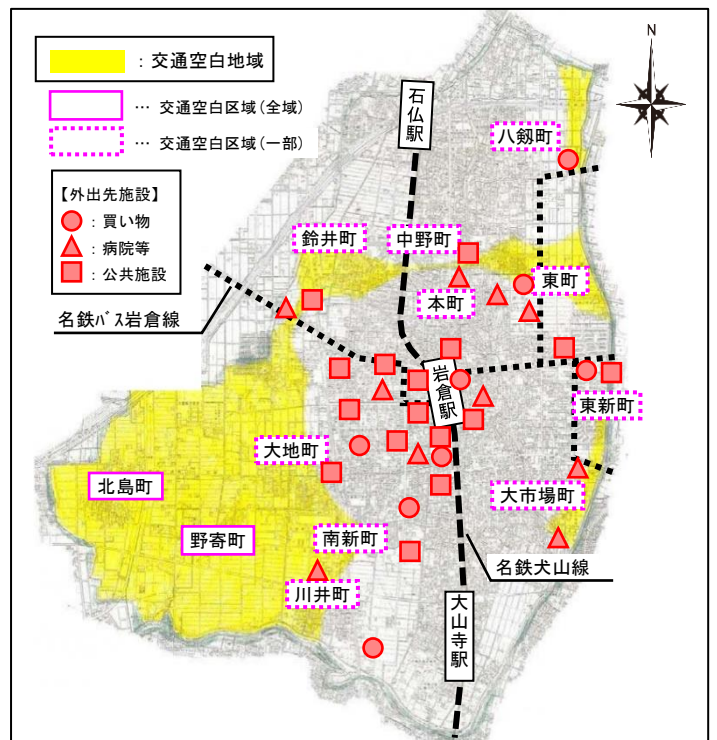


図. 1 岩倉市全域図

3. アンケート調査結果の集計

本研究では、岩倉市における主要な交通手段の実態を調べ、地域公共交通における交通空白地域等の課題を把握し対策を講じることを目的とし、「I. 日常的な生活での交通行動」を対象として傾向を整理する。

(1) 地域・外出目的別の主要な交通手段

全体を通して、バイク・自転車、徒歩の割合が高く、交通空白地域（全域）の野寄町では、いずれの外出目的でも自家用車とバイク・自転車の利用が多い。北島町では、自家用車が半数程度を占め、買い物や公共施設への外出時には名鉄犬山線等の公共交通機関も利用されている。

その他の地域は、野寄町・北島町と比べ公共交通機関を利用する割合は高い。

交通空白地域では自家用車やバイク・自転車等の個人での移動が主要な交通手段となっており、地域や外出目的によっては公共交通機関が利用されている。

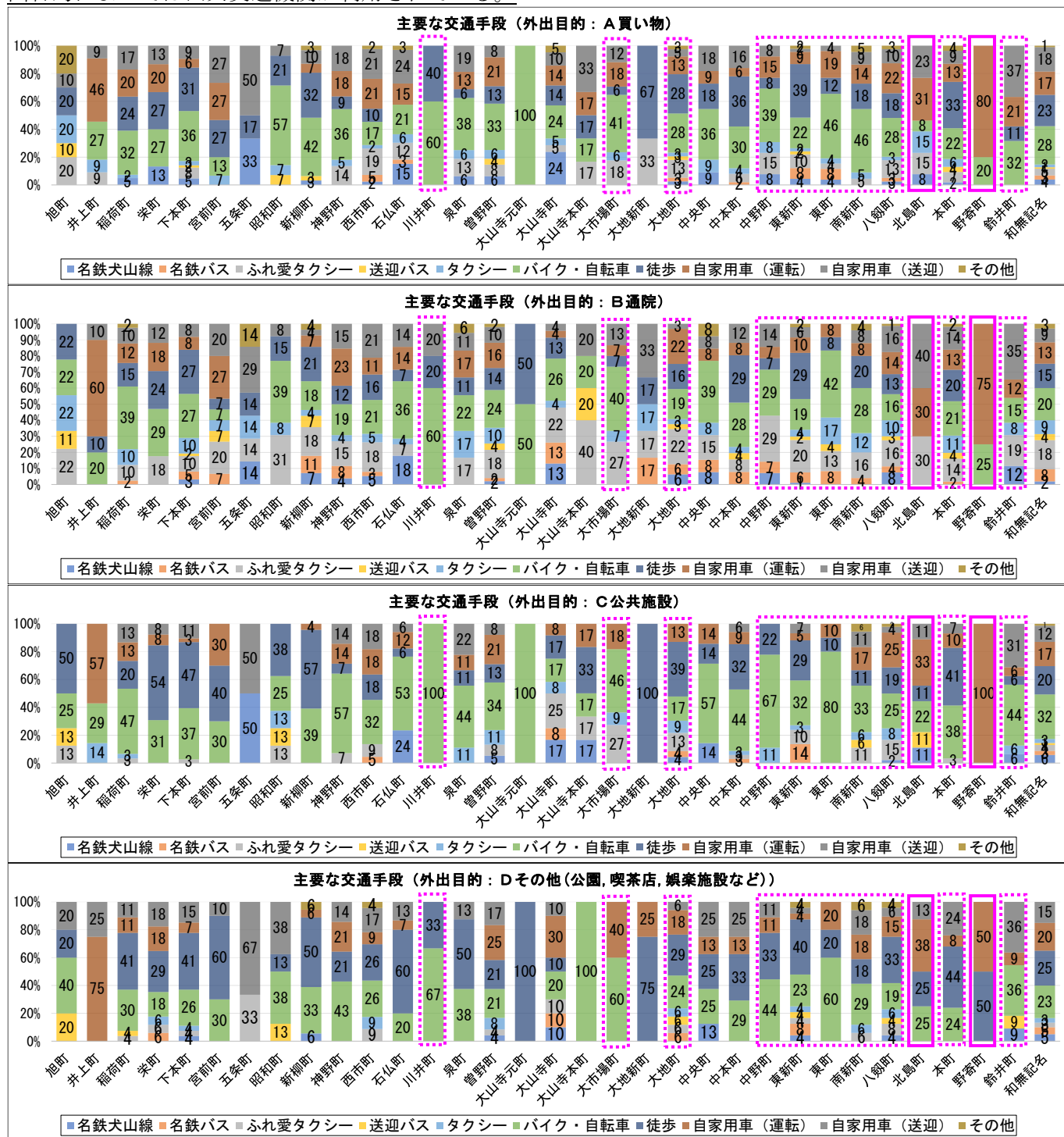


図.2 町別・外出目的別の主要な交通手段の割合

(2) 交通空白地域の交通手段（公共交通機関利用時）

交通空白地域では、駅・バス停から離れているものの、外出目的や地域によっては公共交通機関が利用されている。公共交通機関のうち、主要な交通手段に名鉄犬山線を利用する場合の、自宅から駅までの交通手段は、交通空白地域ではバイク・自転車と徒歩が8割以上を占めている。その他の地域では徒歩が7割以上を占め、次いでバイク・自転車、自家用車が利用されている。

交通空白地域では、他の地域に比べ駅までの距離が遠いため徒歩での移動が困難であること、アンケート回答者は65歳以上の高齢者のため運転免許返納が進んでいること、岩倉駅には市設置の自転車駐輪場が整備されていることが要因となり、個人で移動する手段として、自家用車等ではなく、バイク・自転車が多く利用されていると考える。

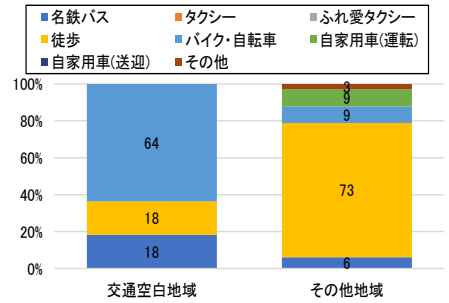


図.3 駅までの交通手段 (名鉄犬山線利用時)

(3) 交通空白地域の時間帯ごとの移動傾向

外出目的・時間帯ごとでは、以下の傾向が確認された。

(A) 買い物

全ての地域では、朝や昼前の出発が6~7割程度を占め、昼過ぎや夕方以降の帰宅が半数程度を占めている。特に、交通空白地域(全域)では昼過ぎや夕方以降の帰宅が7割程度を占めており、他の地域と比べ出発~帰宅に時間を要していることが分かる。

(B) 通院

全ての地域では、朝や昼前の出発が8割程度を占め、昼過ぎ夕方以降の帰宅が半数程度を占めている。買い物時と同様に、交通空白地域(全域)では昼過ぎや夕方以降の帰宅の割合が高い。

(C) 公共施設、(D) その他

全ての地域では、朝や昼前の出発が8割程度を占め、昼過ぎや夕方以降の帰宅が半数程度を占めている。

表.3 外出目的ごとの出発・帰宅時間帯

地域	有効サンプル数				外出目的ごとの出発・帰宅時間帯																										
	(A)	(B)	(C)	(D)	(A) 買い物				(B) 通院				(C) 公共施設				(D) その他														
					出発	帰宅	出発	帰宅	出発	帰宅	出発	帰宅	出発	帰宅																	
全域	北島町	4	2	3	3	75	25	25	50	25	50	33	67	33	67	33	67	33	67	33											
	野寄町	3	3	1	2	67	33	33	33	100	67	33	100	100	50	50	50	50	50	50											
	小計	7	5	4	5	71	29	29	43	29	20	80	40	60	25	75	25	75	80	20	60	20	20								
交通空白地域 一部	川井町	2	1	2	2	50	50	50	50	100	100	100	100	50	50	100	50	50	100	50	50										
	大市場町	9	8	7	4	56	33	67	33	13	50	38	38	25	25	13	57	43	43	14	43	25	75	75	25						
	大地町	14	15	14	8	50	36	14	29	36	36	7	80	13	60	27	77	86	14	43	43	14	38	38	13	13	38	38	25		
	中野町	5	6	3	6	40	20	40	40	20	40	83	17	67	17	17	67	33	67	33	67	33	67	17	17	67	17	17			
	東新町	34	39	28	22	59	21	183	50	12	35	5	62	23	51	21	21	54	36	11	25	39	36	5	46	27	18	27	32	41	
	東町	12	15	7	8	92	8	67	33	7	73	13	20	67	77	21	29	43	29	29	45	63	13	13	63	63	3	13			
	南新町	6	7	4	10	100	50	50	14	86	57	43	100	100	40	50	10	20	60	20	60	20	60	20	60	20	60	20			
	八鏡町	37	35	25	26	76	11	83	60	16	223	14	74	39	51	31	17	72	20	4	36	36	16	123	77	88	42	35	19		
	本町	23	22	17	14	52	17	26	30	35	30	43	64	27	41	32	18	9	18	59	18	6	35	47	12	6	86	77	64	21	14
	鈴井町	9	7	9	5	78	11	11	67	111	28	71	86	14	22	44	33	11	33	33	22	80	20	80	20	80	20	80	20		
小計	151	155	116	105	65	16	151	50	22	26	212	70	216	50	30	15	64	66	25	41	38	35	22	3	17	82	11	9	47	25	211
その他地域小計	226	232	167	153	69	17	10	45	33	193	14	69	51	20	33	29	13	67	25	31	43	32	23	16	58	16	73	46	33	161	
全ての地域合計	384	392	287	263	67	17	12	46	29	222	25	69	41	20	51	30	14	55	65	24	41	41	34	22	18	60	14	5	47	29	181

(凡例) 朝(9:00) 昼前(9:00~12:00) 昼過(12:00~15:00) 夕方(15:00~18:00) 夜(18:00~)

交通空白地域(全域)は、他の地域に比べて有効サンプル数が少ないが、どの外出目的の場合でも、他の地域に比べ出発~帰宅まで時間を要している。これは、バイク・自転車や徒歩といった個人での移動手段の割合が他の地域に比べて高いためだと考えられる。

交通空白地域(一部)は、東新町・東町・南新町にて一定条件下(公共施設への外出等)で出発~帰宅まで時間を要する傾向が確認されたが、他の交通空白地域(一部)と平均すると、全ての地域と概ね同等となる。これは、町内の一部が交通空白地域となっているものの、北島町や野寄町に比べ、駅やバス停からさほど遠くないため、公共交通機関・タクシー・自家用車等の交通手段を有効に利用できていることがわかる。

その他に、出発~帰宅時間のばらつきとして、外出先の施設が有しているサービスや利用者・地域ごとの特性により滞在時間が異なると思われる。

全体の傾向として、一部地域はサンプル数が少なく、上記の割合が実態を示しているとは言い難い。これは、アンケート調査がふれ愛タクシー利用者に限定した調査であり、地域ごとのふれ愛タクシーの利用率に左右されたことや、未回答や矛盾回答により有効サンプルを多く得られなかったためであり、今後の課題である。

4. アンケート調査を踏まえた課題の把握と対策の検討

(1) 課題の整理

本調査で得られた岩倉市の地域公共交通における実態と課題を以下に整理する。

実態

公共交通機関の利用率が、交通空白地域はそうでない地域に比べ低く、特に町内全域が空白となっている北島町・野寄町は、他の地域に比べて著しく低い。主な交通手段は個人での移動手段（自家用車・バイク・自転車等）に頼らざるを得ない現状である。

加えて、交通空白地域における公共交通機関を利用する場合の駅までの主な交通手段は、バイク・自転車が多く利用されている。これにより、自宅から外出先への出発～帰宅に要する時間は、他の地域に比べて時間を要しており、移動の際の身体への負担が大きい。

課題

交通空白地域（北島町・野寄町）の移動の際の身体への負担を軽減するため、既存の交通サービスの利用促進や、新たな公共交通機関の整備が必要である。

(2) 対策の検討

前述の課題解消には、ソフト面・ハード面で以下の対策が最適である。

本研究では、ふれ愛タクシーに関する設問Ⅱについては整理を実施していないため、詳細な傾向は把握できていない。よって、ハード対策である「市バスの新規整備」に対し、検討を行った。

ハード対策 市バスの新規整備（北島町・野寄町）

市バスの運行ルートには、岩倉駅を起点に北島町・野寄町を周回し、渋滞防止のため交差点部で右折レーンが確保されていて、かつセンターラインを有している主要な道路を通過するものとした。

（図.4 参照）但し、市バスの新規事業には多くの事業費を要し、且つ実運用を考慮したバス路線の選定のための課題として、実際の交通量調査、バス車体の走行軌跡、住民の希望を加味した現実的なバス停の設置位置検討、アンケートの追加調査による外出先の把握等が必要であり、実現性は低い対策と考えられる。

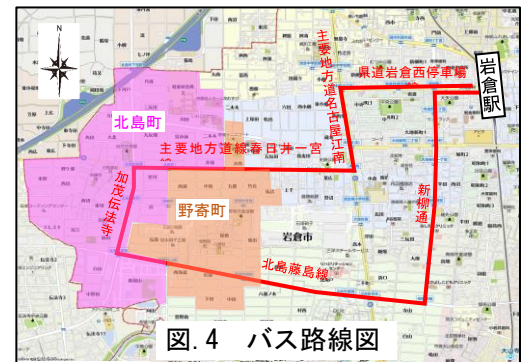


図.4 バス路線図

ソフト対策 ふれ愛タクシーの利用促進

北島町・野寄町のふれ愛タクシーの利用者は、そうでない地域に比べて予約してからの待ち時間が長く、待ち時間の短縮を求められており、ふれ愛タクシーの利用が十分に行き渡っていないと考えられる。（「Ⅱ. ふれ愛タクシー利用者への質問」）そのため、ふれ愛タクシーとして利用可能な民間タクシーの空車両が多い時間帯などは、1～2台程度北島町・野寄町へ巡回を行うことで、当該地域での待ち時間を削減し、ふれ愛タクシーの利用促進を促すことが可能と考えられる。

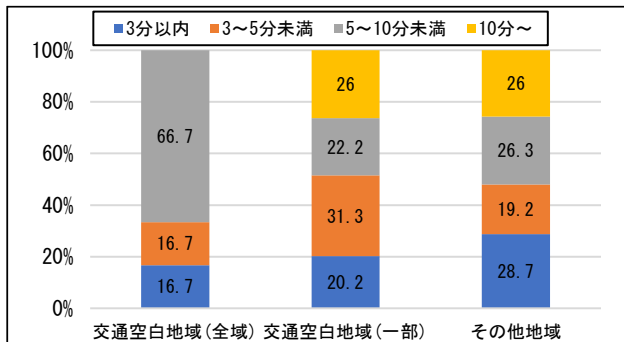


図.5 予約してからの待ち時間

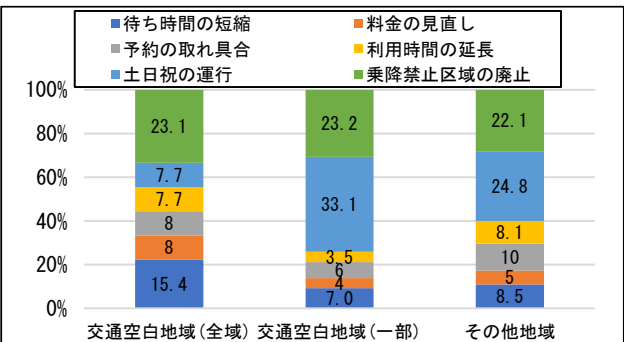


図.6 ふれ愛タクシーへの要望

5. まとめ

本研究では、ふれ愛タクシー利用者へアンケート調査を行い、岩倉市における地域公共交通の実態調査を行った。調査の結果、交通空白地域はそうでない地域に比べ公共交通機関の利用が少なく、個人での移動が主な交通手段となっていた。これにより、当該地域の住民は外出時の移動の負担が他の地域の場合よりも大きい実態があり、これを解消するため、ハード面では市バスの新規整備、ソフト面ではふれ愛タクシーの利用促進のため、空白地域への巡回を提案した。また、現実的な当面の対策として、バスルート案をベースとしたふれ愛タクシーの巡回を行い、利用者の頻度・傾向を把握したうえで市バスの新規整備など、ハード・ソフトを組み合わせた対策なども考えられる。

参考文献

- 1) 岩倉市公共交通実態調査報告書 平成24年10月 岩倉市

高速道路と鉄道の機能一元化に関する考察

EC19008 伊藤 大賀

1.研究の背景

昨今の鉄道事業者の経営状況が悪化していることから、地方のローカル線の在り方について方向性を話し合う『地域モビリティの刷新に関する検討会』が国土交通省で実施された。この『地域モビリティの刷新に関する検討会』での提言書¹⁾の中身を見ていくと輸送密度 1000 人/日を下回る線区については、その路線の再構築について話し合いをするために鉄道事業者ないし自治体のどちらかが求めた場合に協議会を設置することを求めている。

またその協議会の中で今後の方向性を考える際に、いくつかの実際に行われた対応策の例が挙げられている。①現在の鉄道はそのままに鉄道施設の維持管理を自治体が行い、運行を従来通り JR が行う上下分離方式、②現在の鉄道を地元自治体や企業が共同出資した新たな会社へと事業者を移す第三セクター方式、③現在の線路に次世代型路面電車を導入する LRT 化方式、④現在の線路を撤去した上で舗装し、バス専用道路として用いる BRT 化方式、⑤現在の鉄道を廃止し、既存の道路にバスを運行するバス転換などである。このほかにも路線の高速化や駅に市役所などの施設を移設するといった活性化策も挙げられている。

2.研究目的

こうしたローカル鉄道の問題が待ったなしの状況である中で、その適正化に取り組む姿勢は評価できると考える。しかしながらコロナ禍以前から存在している少子高齢化や人口流出、モータリゼーションの到来といった根本的な要因について資料では触れてはいるものの、今後の方向性ではほとんど考慮されず場当たりの対応であることは否めない。とりわけモータリゼーションについては交通政策によるものであり、より根本的な対応策を講じることができると考える。

そこで本研究では、ローカル鉄道と高速道路の機能を整理し、鉄道代替の新たな方式として高速道路の活用を検討することを目的として進める。

3.研究の方法

まず鉄道需要が低下した要因であるモータリゼーションの到来と高速道路の開通には密接な関係が存在すると考える。したがって鉄道の各線区とそれ並行して建設された高速道路の交通量を比較していくことが適当であると考え。この時、各情報の取得方法であるが、交通量は道路交通センサスによって調査された値を用いることとする。

表 1 各データの引用元

データの種類	引用元	公表者
交通量	道路交通センサス	国土交通省
輸送密度	線区別ご利用状況	JR各社
各駅の乗車人員	統計書	各都道府県及び市町村

なお本研究では国鉄分割民営化以降の各調査年度のうちおおむね 5 年間隔となる 1988 年、1994 年、1999 年、2005 年、2010 年、2015 年のデータを用いる。また輸送密度については JR 各社が公表している線区別ご利用状況のデータを用いるが、会社によっては多くの期間で公表されていないことも多い。したがってこの場合は各都道府県及び市町村が公表している各駅の乗降人員のデータから推定することとする。

4.研究結果

図1に鉄道輸送密度と乗車人員との関係をまとめた。この図は縦軸を上記の方法で求めた値、横軸に輸送密度をとったものである。また中央の直線が回帰直線であり上下2本の線はそれぞれ95%信頼区間の上限と下限である。このことから駅の乗車人員と輸送密度に密接な関係があることが分かる。またこの図に示された回帰線は式(1)となる。

$$Y=0.0688X \quad (1)$$

式(1)を用いることで輸送密度が公表されていない線区であっても、乗車人員のデータを収集できれば輸送密度を推定することができる。

次に図2は、高速道路の交通量変化率と鉄道の輸送密度変化率を比較したものである。高速道路の交通量を隣接する2つの時期での変化率を求めたものを縦軸、また同時期の鉄道の輸送密度の変化率を求めたものを横軸にとった。これを1988年から1994年、1994年から1999年、1999年から2005年、2005年から2010年、2010年から2015年の変化をそれぞれ確認した。その結果、このうち2010年から2015年の間の変化のみ相関係数が-0.31278となり、絶対値で0.3を上回る相関関係がみられた。したがって近年になって両者の関係性が出てきたことが分かった。

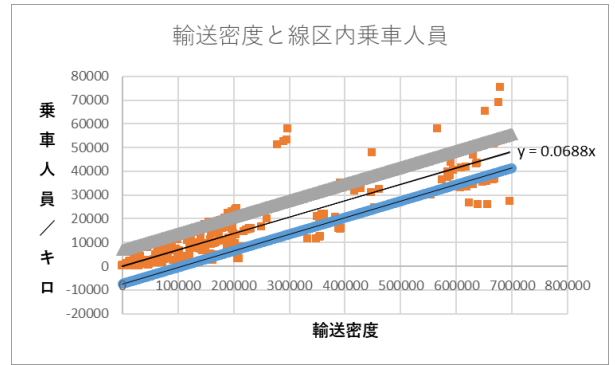


図1 輸送密度と乗車人員の関係

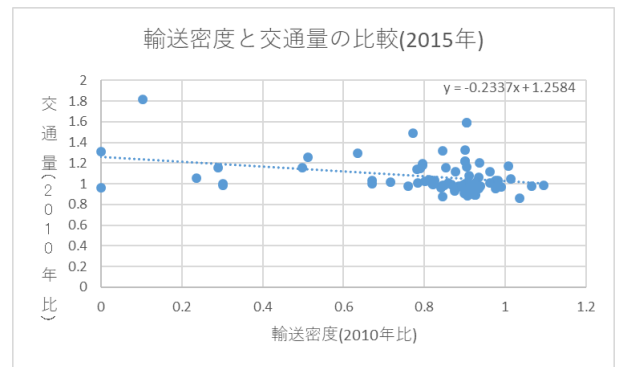


図2 交通量と輸送密度の変化率

5.問題の本質について

なぜ高速道路と鉄道の輸送密度には関係があるにも関わらず、抜本的な対策が行われてこなかったのか。その原因には縦割り行政があると考えられる(図3)。戦後長く高速道路の建設は建設省が所管し、また国鉄の運営は運輸省が行っていた。このことから省庁同士の意思疎通があまり図られてこなかったと推測される。

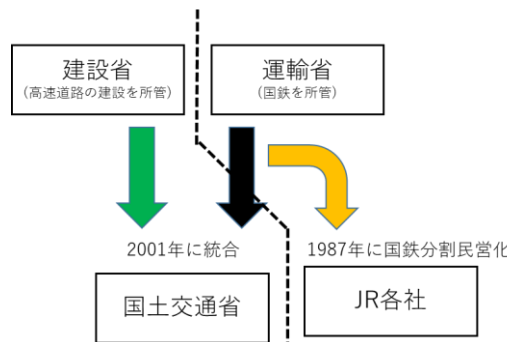


図3 鉄道と高速道路の所管及び運営主体の変遷

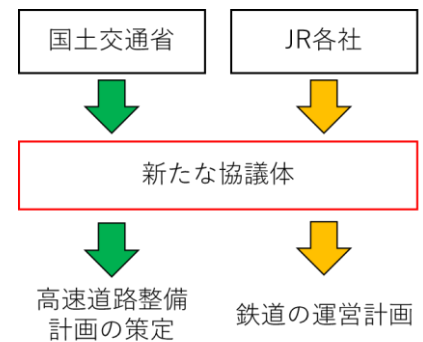


図4 対応策の例

その後建設省と運輸省は2001年の省庁再編²⁾の際に統合され、国土交通省となった。しかし鉄道については1987年に国鉄分割民営化³⁾として、その役割が民間に移ったのである。したがって今度は行政と民間で互いに意思疎通が図りにくい環境に置かれてしまった。このことが今日に至るまで鉄道と高速道路を包括的に同じ交通行政としてマネジメントできていない要因にあると考えられる。

このことから特に地方部において新たな高速道路を事業化する場合には、図4に示すような鉄道事業者と国土交通省による包括的な交通政策について話し合う協議体を設置する必要があると考える。

6.解決策の提案

研究結果の項で述べた通り高速道路の整備が鉄道の利用者数の減少に影響していることが分析の結果か

ら分かった。このことからもし高速バスが鉄道の有している役割のすべてを補うことができれば、昨今の鉄道の抱えている問題を抜本的に解決することができると思われる。しかし実際には小さな市町村には高速バスのバス停が設置されていないなどの問題がある。このことは現状の高速バスは鉄道の役割の一部を担っているが、一方でそのすべてを補っていない現状もある。

よって仮に鉄道を廃線にしても現状では高速バスがその役割を果たすことは困難である。したがって都市間輸送を行う際にその間の自治体も利用しやすくする取り組みが必要であると考えられる。ここで新たに高速道路を整備する場合に既存の鉄道を廃止し、跡地に高速道路を整備する方式を提案する。このことによって高速バスのバス停が従来の駅と同じ場所に設置することができ、住民の利便性が担保できると考える。

7.懸念されるデメリット

一方でデメリットとして最初に懸念される事は土地の取得についてである。これは鉄道に比べて高速道路の方がより広い用地を必要とするためである。しかし、図5に示した通り国鉄時代から存在する地方の駅の多くはかつて貨物の積み下ろしを行っていた事、また蒸気機関車を運用するための給水塔などの設備を設置していたことなどから広く作られていることも多い。したがって駅周辺では用地の広さはあまり問題とならないと推測される。

また鉄道駅周辺以外の場所では用地の幅が狭いこと以外にも鉄道は車より急なカーブを高速で走行できる特性上、高速道路には不向きな場所もある。しかしこのスキームでは駅を高速バスのバス停に置き換えることが目的であるので、駅以外の場所では従来の高速道路と同様に町から外れた場所に建設を行うとよいと考える。



図5 旧国鉄駅(北海道 厚岸駅周辺)⁴⁾

8.実行スキームの提案

新たな政策を提案しても実効性を担保しなければ意味がない。したがって図6に示した新たな実行スキームを提案する。これは地元自治体が鉄道事業者に対し、鉄道の廃止を容認する。次に鉄道事業者は国に対し土地の提供や事業費の一部負担を行う。そして国は鉄道に代わる高速道路の早期整備を確約する。これによって三者がそれぞれ利益を享受することができる。このことからこうした方式を鉄道のLRT化やBRT化などの方式とともに鉄道の転換方法の一つとするべきであると考えられる。

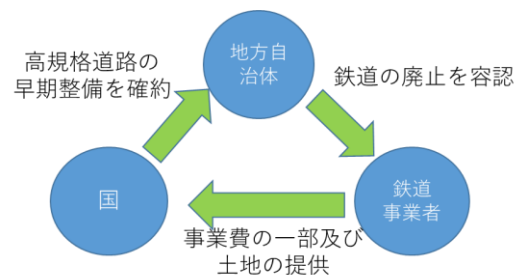


図6 実行スキームのイメージ

9.導入の可能性について

導入の可能性について前項まで高速道路を新設する際に、その地域の鉄道と一体になって整備する方法を考案してきた。しかし2022年現在には昭和41年に計画された高速道路の7600kmのうち約98%が整備され、昭和62年に計画された高速道路でも3920kmのうち約77%、また一般自動車専用道路でも2430kmのうち約82%が整備されている現状にある。したがって導入する余地はそれほど多くないと言える。そこで導入条件として次のような条件に合致する路線が考えられる。

- ①鉄道に平行する高規格道路の代位部分が整備されていない路線

②町の中心部までの土地取得が必要であることから、その路線が経由する市町が小規模であること



図7 根室本線(釧路駅～根室駅)⁵⁾



図8 北海道横断自動車道根室線⁶⁾

このことから実際にこの条件に合

致する路線の例として次のような線区が考えられる。図7に示した根室本線の釧路駅から根室駅の区間では図8に示した高速道路の予定路線である北海道横断自動車道と並行している。したがってこういった地域では前項までで述べたスキームを導入できる余地のある地域であると考えられる。

10.まとめ

今回の研究で分かったことは以下の通りである。

- 1)新型コロナウイルス感染症の蔓延によりリモートワーク等が普及したことにより、地方の赤字路線の維持が困難になってきている。
- 2)その解決策としてLRT化、BRT化、バス転換などの方式が提唱されている。
- 3)鉄道の輸送密度の減少と高速道路の交通量の増加は鉄道網に匹敵する高速道路網が整備されてきた近年に明確な関係性が出てきている。
- 4)その高速道路のうち特に影響を与えているのは昭和62年に追加して計画された高速道路である。
- 5)問題の本質は高速道路と鉄道の所管官庁や運営主体が別であったため、縦割り行政がボトルネックとなり調整が全く機能していなかった可能性があることである。
- 6)鉄道の代わりに高速バスを運用する前提で高速道路を整備することによって、解決策の一つになり得る。
- 7)今回提案したスキームを用いることで国と地元自治体、鉄道事業者の3者がそれぞれ利益を受けることができる。

参考文献

- 1) 国土交通省 Web：地域の将来と利用者の視点に立ったローカル鉄道の在り方に関する提言
<https://www.mlit.go.jp/tetudo/content/001492230.pdf> (2022年12月27日参照)
- 2) 国土交通省 Web：国鉄の分割民営化から30年を迎えて
<https://www.mlit.go.jp/common/001242868.pdf> (2022年12月27日参照)
- 3) 三菱総合研究所：ポストコロナの経営 鉄道 第4回：ウィズコロナ/ポストコロナの企業動向を踏まえた今後の鉄道需要
<https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20210303.html> (2022年12月27日参照)
- 4) 国土地理院：厚岸町 地図・航空写真閲覧サービス
<https://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1> (2023年1月21日参照)
- 5) 駅すぱあと Web：鉄道路線図 高山本線・根室本線
<https://route.ekispert.net/ja/rmap/fullscreen> (2023年1月21日参照)
- 6) 国土交通省北海道開発局：北海道横断自動車道根室線 本別～釧路 一般国道44号 尾幌糸魚沢道路 再評価原案準備書説明資料 1,事業の概要
<https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/ki/chousei/splaat0000020k69-att/splaat0000020kct.pdf>
 (2023年1月21日参照)

知多半島の活性化

EC19011 岩崎 恭志

1. 研究背景

磯部研究室のテーマである「地域貢献」をもとに自分が小さい頃からよく遊びに行っていた知多半島の現状を観察してみると、知多半島の北部は名古屋に近いこともあり換算としていないが、南部に行けば行くほど閑散としており、知多半島の未来が見えてこなかった。また、知多半島だけでなく日本各地の半島について調べてみると、知多半島と同様の問題があるところが多いことが分かった。そのような現状をこの研究を通して過去に活性化した事例を参考に現代における活性化を模索し、知多半島がよりよい地域になるにはどうすればいいかを考えていきたい。

2. 研究目的

本研究では、知多半島を研究対象地域に設定する。先端の方まで鉄道がない知多半島の現状を考え、知多半島の活性化を行うための最善の方法を考えるとともに知多半島がより遊びに行きたい半島と思ってもらえるような環境づくり、現代における活性化のあり方を提案する。

3. 研究方法

知多半島の活性化を考えるにあたり、ヒントを探るために知多半島の人口推移を調査する。知多半島を 3 つの地域に分けて人口推移を調査し、人口を年代別に調べた結果を年ごとに表にまとめ、まとめた表をもとにグラフを作成しそのグラフから読み取れることを考察する。考察した結果から、現代における知多半島の活性化を考え、さらに能登半島や伊豆半島などの他の半島の地域が行っている対策や過去に行って、地域が活性化した事例を調べ知多半島の活性化のヒントを探る。様々なデータや事例を調べた後、知多半島における活性化の方法を考えまとめる。

4. 知多半島¹⁾

知多半島は、愛知県西部に位置し、名古屋市や豊明市、刈谷市の南に突き出した南北に細長い半島である。そのため、名古屋に近い地域と名古屋から遠い地域では年齢層や産業が大きく異なる。西は伊勢湾、東は知多湾・三河湾に挟まれている。南は伊良湖水道を経て太平洋に通じている。気温は温暖で、平年気温は 15 度前後、降水量は 1,500mm 前後である。この地域は 5 市 5 町からなり、総人口約 62 万 2 千人(2022 年現在)、面積約 392 平方キロメートルである。

5. 知多半島の人口推移の調査²⁾

知多半島の人口推移を北部、中部、南部の 3 つの地域に分けて調査した。まず北部は、名古屋から近いこともありベッドタウンとしての役割を担っていることから、調査開始時期から緩やかに増え続けている。さらに東海市に日本製鉄名古屋製鉄所が出来た 1960 年以降東海市の人口は急激に増加している。このことから、企業が新しく出来た地域は周辺環境の充実が行われ、狭い地域であるが活性化が見込まれる。次に中部も、調査開始時期から緩やかに増え続けている。常滑市にあたっては 1980 年から減少の傾向にあったが、中部国際空港の開港した 2005 年から再び人口増加に転じていることが分かる。最後に南部は、北部・中部の人口推移とは異なり終戦の少し前の年の 1940 年から終戦後の 1947 年にかけて美浜町、南知多町ともに人口は

増加している。しかし、1974年を境に南知多町の人口は減少の一途をたどっている。ここで美浜町に着目してみる。美浜町も南知多町同様戦後から人口は減少していた。しかし、1970年頃から微増し始め1980年から1995年にかけて急激に増加していることがグラフから読み取ることが出来る。この時期は、名鉄知多新線が1974年に開業し、1980年に全線が開通しており美浜町の人口が増加し始めた時期と一致していることが分かる。美浜町に知多新線が開通したことにより、宅地開発が各地で行われ一家で移り住む家族が増加したためと考えられる。

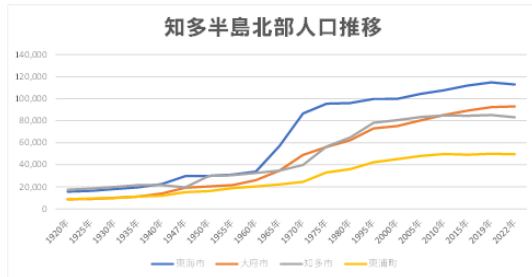


図 5-1 北部人口推移

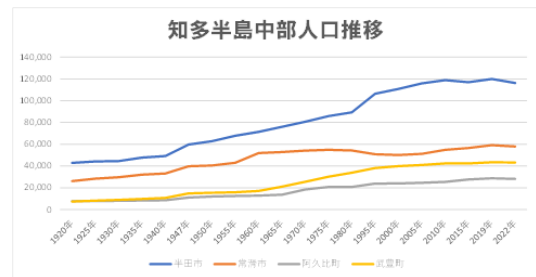


図 5-2 中部人口推移

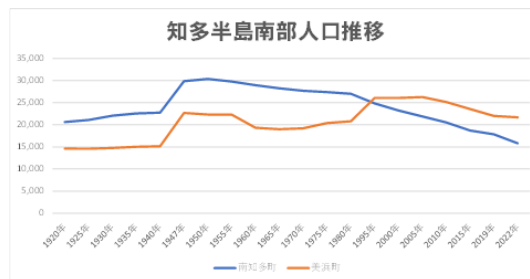


図 5-3 南部人口推移

6. 美浜町と名鉄知多新線

美浜町は名鉄知多新線の開通に伴い、大きく変貌してきた。知多新線の駅はすべて美浜町の中に新設されたため美浜町は知多新線が開通したことにより大きく変貌した。知多新線の建設は1965年頃マリンスポー



写真 6-1 知多新線 美浜緑苑駅周辺

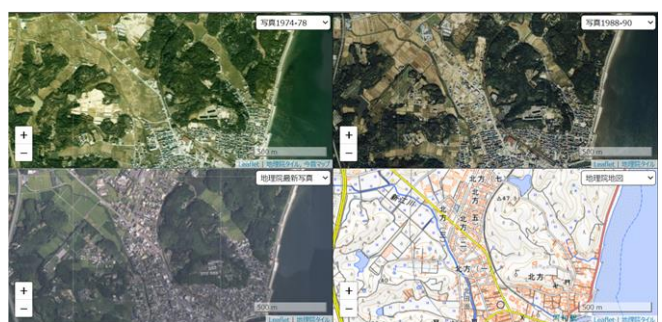


写真 6-2 河和線 河和駅周辺(南部)

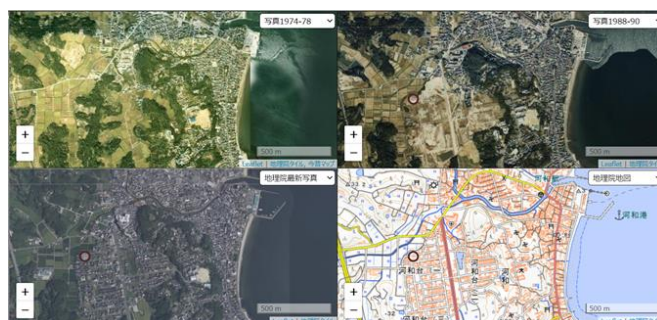


写真 6-3 河和線 河和駅周辺(北部)

ツ隆盛に加え住宅開発を促進する目的もあり美浜町の各地で住宅開発が行われている。1969年に工事に着工し1980年に全線開通しその後も数年間、上記の写真いずれも同時期に住宅開発が行われており、知多新線開通に伴い住宅開発が行われているのが見て分かる³⁾。

7. 人口推移から見る知多半島の過去

知多半島の人口推移の結果から、人口が増加した時期にはそれぞれ東海市の日本製鉄名古屋製鉄所設立(1960年)、美浜町の名鉄知多新線開業(1974年)、常滑市の中部国際空港開港(2005年)と各地域で大きな変化が起きた時期と重なっており、その出来事が要因となっていると考える。

知多半島で一番始めに人口の変化が見られた1960年頃からの社会の流れを考えていくと、1960年頃は日本の高度経済成長期に重なっている。高度経済成長期には日本中で大気汚染や河川の汚染が問題になるほど各地で工場ができた。このことをここでは「工業化の波」として考えていく。この工業化の波にうまく乗ることが出来たのは東海市の日本製鉄名古屋製鉄所設立(1960年)であり、東海市はその事業に携わる人が流入しそれに伴い周辺環境の充実が行われ地域の活性化が行われた。

次に社会が進んでいくと都市部への通勤がしやすく土地代が安い郊外に住む人を増やすべく、1960年から1980年代にかけて首都圏郊外の地方にベッドタウンとして多くのニュータウンがつけられた。このことをここでは「ベッドタウン化の波」として考えていくことにする。このベッドタウン化の波に乗ることが出来たのは、美浜町の名鉄知多新線の開通であり全線開通した1980年以降美浜町の各地で住宅開発が行われ、人口が増加していることが分かる。

8. 過去から見る解決策

過去に人口が増加し地域が活性化した要因には、社会の大きな波が影響していることが分かった。この波にうまく乗ることができた地域の人口が増加していることから過去に地域が活性化した要因として地元自治体の努力だけでなく社会の流れも影響していることが分かった。

9. 現代における知多半島の活性化

現代における知多半島の活性化を考えるために、能登半島と房総半島を比較対象にして考えていく。房総半島は鴨川シーワールド、海ほたる、マザー牧場、東京ドイツ村などと全国的に知られている観光地が数多くあり知名度がある。また能登半島は、全国的に有名な観光地はないが、能登半島の根元に当たる位置に歴史的に世界的に見ても有名な金沢が近くにあるため、全国的に名前が知られている。能登半島には、温泉が多く和倉温泉加賀屋などの有名な温泉もいくつかある。

能登半島も房総半島もその地域の特徴を活かして全国的に名前をひろめ、全国から観光客が訪れている。知多半島もこの地域の特徴を活かし全国的に名前を広め観光客が行きたいと思うような環境整備が必要だと考える。

10. 知多半島の地域の特徴を活かした観光

知多半島は、南北に長いいため南部の地域は名古屋から遠く企業誘致や住宅開発といった大規模な開発は行われていない。そのため、豊かな自然が多く残っており観光資源がたくさんある。しかし現在は、そのような観光資源を生かしきれていないのが現実である。そのような観光資源を活かすためにも、まずは観光客に訪れてもらい知多半島のことを知ってもらうことが大切であると考え。知多半島には、中部に位置する常滑市の沖に中部国際空港があるため、海外からの観光客や日本全国からの観光客が多く訪れる地域であると考え。また、知多半島を訪れることが目的でない観光でも知多半島を経由することになるのでその際に、ついでに知多半島に行ってみたいと思えるような環境整備が必要であると考え。

そのような環境整備として提案がある。まず1つは、知名度の向上である。現在知多半島は、南部の地域の西部の沿岸にグランピングやバーベキューが楽しめる施設が出来ているが、知多地域に住んでいる人でも知らない人がいるほどあまり知名度がない。このような現状を解決するために、知多半島を南北に縦断する名鉄線で広告をもっと大々的に行う必要があると考える。鉄道による広告は知多地域だけでなく多くの地域の人々の目に触れることが予想されるため知多半島のことを多くの人に知ってもらえるのではないかと考える。そして2つ目に名鉄常滑線の延長である。

知多半島は中部国際空港から南部の地域に直接行ける路線がないため一度、北部の地域の東海市に北上する必要があり手間がかかってしまう。このような問題を解決するためにも中部国際空港から南下出来る鉄道が必要であると考えます。



図 10-1 名鉄線路線図

11. まとめ

知多半島の活性化を考えるにあたり、人口の推移を調査し知多半島の過去や人口変動の原因などを調べた結果、過去に知多半島の人口が増加した地域にはどの地域も共通して「工業化の波」、「ベッドタウン化の波」と社会の大きな変化が見られた。このように社会の変化が地域の活性化には大きく関わっていることが分かる。そこで、今後の知多半島の活性化について考えた際、昔のように大きな企業を誘致しその企業に従事する人をその地域に集めて地域の活性化を図ったり、新たに鉄道を敷きその周辺に住宅開発を行い移住したりしてもらおうといった対策は現代の社会の流れでは難しいと考える。

現代の社会の波は何か考えた結果、現在はグランピングなどといった外で行うレジャーが流行っている。また、コロナウイルスの規制も緩和され始め旅行に行く人も多くなっていると思われる。このことをふまえて現代の波は「アウトドア化の波」であると考えます。過去に栄えたように人口を増やして地域に活気を持たせるのではなく、その地域に観光やレジャー目的で訪れてもらいその地域の地名を世の中に広めることが現代の社会における最善の対策であると考えます。このように他の地域との交流を大切にしていくことが必要である。

参考文献

- 1) 愛知県：“知多地域の概要”，知多県民事務所，2021-04-01
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/chita/0000013779.html>，(参照 2022-12-15)
- 2) e-Stat：国勢調査 ファイル 統計データを探す，2022-12-27
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00200521>，(参照 2022-07-21)
- 3) 時系列地形図閲覧サイト「今昔マップ on the web」，埼玉大学教育学部 谷 謙二（人文地理学研究室），2022-04-21
<https://ktgis.net/kjmapw/>，(参照 2022-10-03)
- 4) 名古屋鉄道 路線図から検索，
https://www.meitetsu.co.jp/train/station_info/ (参照 2023-2-12)

公共交通機関の乗り換えの利便性について

EC19024 加藤 寿康

1. 研究の背景

日本の鉄道は乗り換えの場面が多いと感じる。円滑な乗り換えができればよいのだが、物理的な障壁や改札口の配置の不都合により、必ずしも円滑な状況にあるとは言えない。路線のつながりが悪いだけでなく、鉄道経営が複数の企業により実施され、それぞれで運賃收受を行うために改札口が存在し、乗り換えルートの迂回、改札口での混雑が発生している。乗車時間短縮を進めても、乗り換え時間が短縮できなければ、利用者のストレスは解消されない。

一方、海外に目を向けると、改札口のない鉄道があることが分かった。この海外事例を参考に日本の鉄道の乗り換え時に発生する困難さを解消し、乗り換え利便性を向上させる方策の検討が必要と考えた。

2. 研究の目的

本研究は、鉄道に焦点を当て、改札口の存在や配置が乗り換え利便性を損なうと考え、改札口のあり方について、海外事例を参考にし、再考することにより、乗り換え利便性の向上可能性を検討する。

3. 研究方法

本研究では、日本国民が公共交通機関の乗り換え利便性についてどのような不満を持っているかを世論調査によって明確なものにし、さらに、海外の乗り換え状況（今回はドイツ）を参考にし、日本にもその海外事例の一部を導入することの是非を考察する。

4. 乗り換えの不満

平成 28 年 12 月 8 日～12 月 18 日の世論調査¹⁾【母集団：全国 18 才以上の日本国籍を有する者、標本数：3000 人（回収数 1899 人）、抽出方法：層化 2 段無作為抽出法】によって、公共交通機関に対する不満があることがわかった。その中で、鉄道やバスに対する不満が多いことが確認できた（図 1）。さらに、駅やバス停に関する不満も多いことがわかった（図 2）。

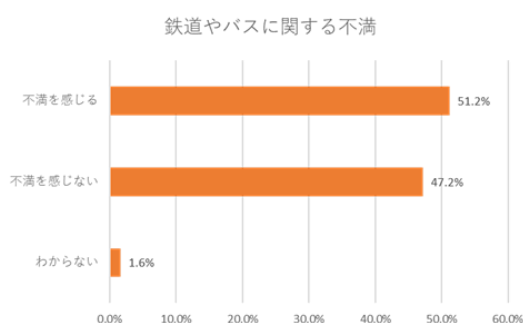


図 1 鉄道やバスに関する不満¹⁾

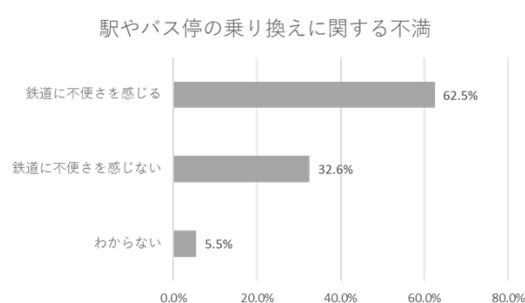


図 2 駅やバス停に関する不満¹⁾

5. 乗り換えの現状

平成 27 度の大都市交通センサス²⁾【5 年に 1 回実施される鉄道・バス等の大量公共交通機関の利用実態調査】では、駅間の水平移動距離（図 3）、上下移動距離（図 4）、乗り換え移動時間（図 5）、乗り換え待

ち時間（図6）、乗り換え移動速度の平均値（図7）が圏域ごとに算出されている。そこから、日本の乗り換えの現状で問題になっていると思われるのは、乗り換えの水平と上下の移動距離の長さで移動時間の長さが主な要因になっていることがわかった。

なお、大都市交通センサスの調査対象の範囲は、首都圏、中京圏、近畿圏の三大都市圏であり、首都圏は東京駅、中京圏は名古屋駅、近畿圏は大阪駅までの鉄道所要時間が2時間以内（中京圏は、1時間30分以内）を満たす市区町村と、首都圏は東京都23区、中京圏は名古屋市、近畿圏は大阪市への通勤・通学者数比率が3%以上かつ500人以上を満たす市区町村である。

水平移動距離の平均（図3）は、圏域間に大差は無いが、最大移動距離を見ると、首都圏と近畿圏が550mを超えていてこれは成人男性が約7.8分で移動する距離であり、乗り換えを行う上では、ラッシュ時や混雑するときには更に時間がかかると考えられる。

上下の平均移動距離（図4）は、圏域間にほとんど差が無く、ビルでいうと5階程度の高さである。また最大値では、首都圏の方で50m近くの長さがあり、エレベーターの速度を分速45m~105mとすると約1分、待ち時間を加えるとそれ以上かかることになり、乗り換えをするのに大幅のロスが出ることがわかる

平均乗り換え移動時間（図5）は、ピーク時は通勤ラッシュが起きていることが予測されるため、人が密集して移動がスムーズに行えていないため、オフピーク時と比べると移動時間が多くかかっていることがわかる。

平均乗り換え待ち時間（図6）は、やはりピーク時の方は運行本数が増えていることもあり、待ち時間が少ない。しかし、ピーク時とオフピーク時の待ち時間の差がかなり大きいことがわかる。

平均乗り換え移動速度（図7）では、ピーク時とオフピーク時を比べると、ピーク時の方が混雑するため人の移動速度が下がっていることがわかる。成人男性の移動速度が約4.7 Km/hであるため乗り換えをするときの速度は、普通に歩くときよりも遅くなっていることがわかる。

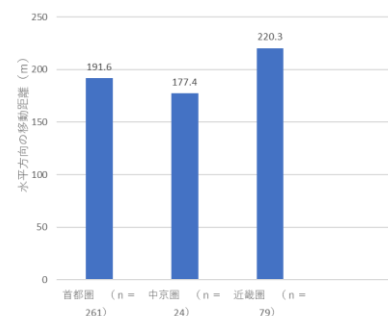


図3 圏域ごとの平均水平方向移動距離²⁾

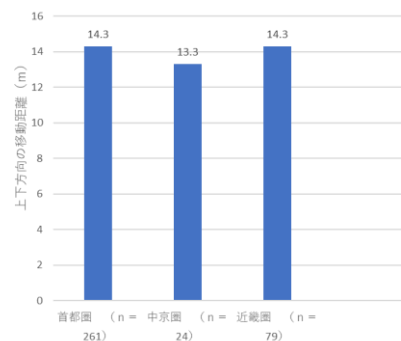


図4 圏域ごとの平均上下移動距離²⁾

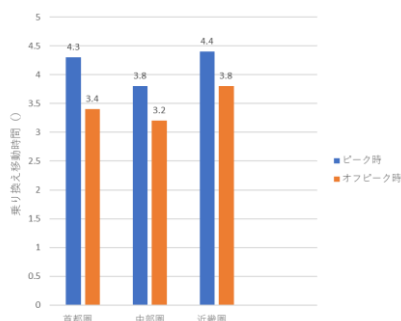


図5 圏域ごとのピーク時とオフピーク時の平均乗り換え移動時間²⁾

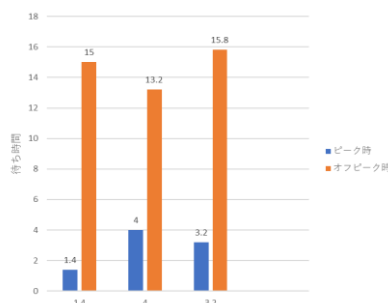


図6 圏域ごとのピーク時とオフピーク時の平均乗り換え待ち時間²⁾

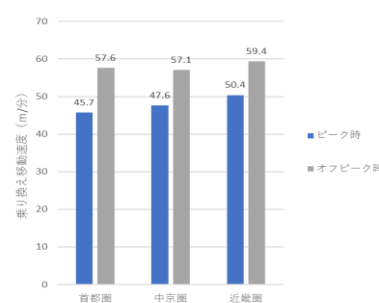


図7 圏域ごとのピーク時とオフピーク時の平均乗り換え移動速度²⁾

以上を総括すると、スムーズな乗り換えをすることができていないところがある一方、できるところもあるので、乗り換えをスムーズに行うための方策は存在していると考えられる。

6. 結節点の活用

主に乗り換えの利便性の差が発生する場所は結節点と考えられる。日本でも各所に結節点やそのなりかけの場所が多くある。今回は結節点の例として、愛知環状鉄道の中岡崎駅と名古屋鉄道名古屋本線の岡崎公園前駅が隣接している事例（図8）と、近畿日本鉄道名古屋本線とJR関西本線の連続立体交差化事業により、名古屋市営地下鉄東山線八田駅とともに整備された「八田総合駅」（図9）をあげて検討した。

その結果、異なる駅間を物理的に近接する努力は認められるが、改札口の位置関係が乗り換え利便性を損なっていることが分かった。



図8 中岡崎（愛知環状鉄道）と岡崎公園前駅（名古屋鉄道名古屋本線）との結節点³⁾



図9 八田総合駅の結節点⁴⁾

7. 海外の事例

本研究では、乗り換えの利便性に優れているドイツの事例を文献調査した⁵⁾⁻¹²⁾。ドイツ鉄道では、信用乗車方式で運営しているため改札作業の必要性が無く、改札口を設置しなくてもよい。また、料金が一律のためチケットを購入すればある程度の区間を鉄道会社関係なく自由に移動できる。しかし、日本においては、会社ごとに料金が違うため、ドイツ鉄道の料金システムを取り入れるのは難しいので、改札口の位置関係に焦点を当てドイツのようなスムーズな乗り換えができるのかについて検討した。

8. 日本における乗り換え利便性の向上策

日本において乗り換えの利便性を向上させるには、ドイツ鉄道のような料金システムの直ちに導入することは難しい。その代わりに改札口での運賃・料金收受の方法を変えることにより、乗り換えの利便性が向上できるかについて検討する。

JR東日本では、天井から電波が出るアンテナを取り付け、Apple Watchなどの電子機器に反応して料金決済を行うシステムが研究されている¹³⁾。この研究を踏まえて、結節点での乗り換えにおける利便性の向上策として、タッチレスに対応できる利用者向けにタッチレスゲートとそれに対応してない利用者用の従来型の改札口を並行設置する。さらに、乗り換え移動中の通路に料金決済のアンテナを設置することで、乗り換える路線の前後の運賃・料金を支払うことができるようにする。

また、大阪メトロで行われている顔認証システム¹⁴⁾を導入することで、自分の顔を登録した人は、自分の移動する区間分の運賃をあらかじめ登録された金融機関口座から引き落とす事ができるため、電車を乗るために必要なものは何も持たずに利用することができる。

9. 結論

本研究では、ドイツ鉄道の改札口がない点に着目して、日本の乗り換えの利便性向上策の検討を行ってきた。結論としては、現在の改札口とタッチレス決済のゲートとの併用により、タッチレス決済に対応し

ている人は、素早い乗り換えが可能になり、対応していない人は従来の決済の仕方でも乗り換えをしてもらうことが望ましいと提案する。これにより、タッチレス決済に対応している人と対応していない人で乗り換えの速度に差が出るため、タッチレス決済用の専用レーンなどをつくり乗り換え時の混雑を避ける。

さらに、顔認証システムを導入することで、よりスムーズな乗り換えが可能となる。顔認証システム未登録者は、従来の改札口を通ってもらうため、従来型の改札口を全て取り除くことはできない。

今後の課題としては、公共交通機関の利用者が、自分に適した乗り換えのしやすい方法を選択し、利用者にストレスがかからないような乗り換え空間を提供する必要がある。

参考文献

- 1) 内閣府 WEB : 公共交通に関する世論調査、(参照:2022/10/30)、
<https://survey.gov-online.go.jp/h28/h28-kotsu/index.html>
- 2) 国土交通省 WEB : 大都市交通センサス、(参照:2022/11/13)、
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei_transport_tk_000007.html
- 3) Mapion : 中岡崎駅、(参照:2022/11/13)、
<https://www.mapion.co.jp/m2/34.95641957,137.15281219,16/poi=ST25067>
- 4) Mapion : 八田駅、(参照:2022/11/13)、
<https://www.mapion.co.jp/m2/35.14897653,136.85325346,16/poi=ST25103>
- 5) ドイツドットウェブ : 簡単に解説! ドイツで電車の切符の買い方と乗り方、(参照:2022/8/30)、
<https://infodich.com/archives/954#i-2>
- 6) たるとひとり旅 : ドイツの必須アプリ「DB Navigator」で鉄道に乗ろう!、(参照:2022/8/30)、
<https://travel.studio-bell.jp/post/db-navigator/#toc1>
- 7) ローカルトラベル・パートナーズ : ドイツの鉄道、改札がなくて驚いた。、(参照:2022/8/30)、
<https://www.localtravelpartners.com/no-ticket-gates-in-berlin/>
- 8) やまのブログ : 、ドイツの公共交通機関について [日本との比較から気づいたこと]、(参照:2022/9/12)、
<https://yuichi-yamamoto.com/transportationingermany/>
- 9) 鉄道ラボ : ベルリン中央駅を楽しむ(18年ベルリン旅行記)、(参照:2022/11/13)、
<https://tetsudoulab.com/18gw-tyuou-tetudou-13berlin-hbf/>
- 10) funkey 7 旅ちゃん (youtube) : ミュンヘン中央駅を散歩する!、(参照:2022/11/13)、
<https://www.youtube.com/watch?v=erh5x3iujdU>
- 11) BORDER MAGAZINE : 日本とこんなに違う!? ドイツでの鉄道利用時の注意点、(参照:2022/11/13)、
<http://magazine.border.co.jp/localinfo/germany/railways>
- 12) トランスユーロアカデミー : 優れた交通手段 ドイツの路面電車、(参照:2022/12/14)、
<https://www.trans-euro.jp/TAex/2020/03/17/優れた交通手段%E3%80%80ドイツの路面電車/#:~:text=ドイツの路面電車は,されることはありません。>
- 13) andronavi : JRのタッチレス改札とは? 混雑解消の解決策となる?、(参照:2022/12/14)、
<https://andronavi.com/2019/12/496272/>
- 14) 森口 誠之: 国内初、大阪メトロ「顔認証改札」の実力と課題、東洋経済オンライン、(参照:2022/12/14)
<https://toyokeizai.net/articles/-/336542?page=2>

自動運転に配慮した道路空間整備について一路上駐車に着目して一

EC19029 木戸 健太

1. 研究背景

近年、自動運転の普及に向けて研究及び開発が進められている。自動運転は AI が運転及びその補助を行うことから、交通事故の削減や渋滞の緩和が見込まれている。また、自動運転のレベルによっては運転者を必要としないことから自力での運転が難しい高齢者などの移動手段の確保なども期待されている。しかし、現段階での道路環境では自動運転が普及した際に、手動運転との共存に問題を抱えているといわれている。特に、路上駐車に対する対応に大きな問題がある。そのため、現状の道路空間のままで自動運転の普及に対応できるかは不明である。

2. 研究目的

交通事故の防止や渋滞緩和など多くの効果が見込まれている自動運転車だが、現状の道路環境での実用には多くの問題が伴う。そのため、自動運転車に影響を及ぼす道路環境について理解し、現状の道路環境より交通事故を減らせるような道路環境の改善点などについて模索する。また、現在の交通事故の原因及び、自動運転車の効果や普及に伴って生じている問題点について理解し、交通事故削減効果を考察する。自動運転車に対して、交通事故削減を目標にする場合、どのような道路環境が適応しているのかを考察することを目的とする。

3. 研究方法

警察及び法律事務所、新聞などで開示されている方をもとに、現在発生している交通事故の要因を明確にすることで、交通事故の削減に自動運転が有効的かどうかを明確にする。また、実際の道路空間での観察を実施し、路肩空間の違いによる路上駐車の影響を調査する。

4. 自動車による交通事故の要因

1) 自動車乗車中の事故要因

自動車乗車中の交通事故では、車両単独事故が最も多い死亡事故要因となっており 53% 占めている¹⁾。次いで多い要因が正面衝突となり、自動車乗車中の死亡事故の 21% を占める¹⁾。他者が介入しない車両単独事故が最多の死亡事故要因になっていることから安全義務違反や操作不適などが原因であると考えられる。

2) 対歩行者交通事故の要因

対歩行者の交通事故要因としては、前方不注意による交通事故が 46% と半数近くを占めている。前方不注意を含む安全義務違反が要因の交通事故は 93% にものぼる¹⁾。

3) 高齢運転者による死亡事故の人的要因

高齢運転者による死亡事故要因として操作不適によって引き起こされた死亡事故が 36%、安全不確認によって引き起こされた死亡事故が 23% 存在する¹⁾。対策として、平成 10 年 10 月から運転免許の更新の際に高齢者講習の受講が行われるようになり、認知機能検査を受けなければならなくなった²⁾。

5. 自動運転について

自動運転車とは、ドライバーが必要なく自動車の運航が行えるものであり、現在日本では自動車技術会での定義に合わせ、搭載されている技術により自動運転車をレベル0からレベル5までレベルを分けている³⁾。交通事故の要因が安全義務違反や操作不適が大部分を占めることから、自動運転が普及した際には交通事故の減少等が見込まれているが同時に問題点も存在する。特に大きな問題点として、事故時の責任についての対応が問題視されている。現在は、自動運転システム利用中に発生した事故に対する損害賠償責任を誰が負担すべきかについての検討が行われている段階である⁴⁾。

表1 自動運転のレベル分け⁵⁾

段階	レベル0	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5
内容	運転自動化なし	運転支援	部分的運転自動化	条件付き自動運転化	高度運転自動化	完全運転自動化

6. 自動運転と路上駐車の関係性⁶⁾

国土交通省は2017年度から「中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転サービスの実証実験」を開始している。この実験では総走行距離2200キロのうち試乗などを除いた1740キロのデータが得られた。そのデータを分析した結果、自動運転中に人間による手動介入の回数が合計1046回存在した。手動介入を最も発生させた要因として路上駐車が183回となり、これは全体の約17%を占める。自動運転車が普及した際にその安全性を高めるために路上駐車数の削減にむけての取り組みや、後続車等の交通に対して影響を与えにくい路上駐車の在り方が求められる。

表2 手動介入要因（上位の五種類）⁶⁾

発生要因	路上駐車	GPS等の自車位置特定不具合	対向車とのすれ違い	自転車・歩行者	除雪した路肩の雪
発生回数(%)	183回 (17%)	121回 (12%)	75回 (7%)	68回 (7%)	55回 (5%)

7. 本研究で取り扱った各路肩空間の概要

愛知県豊田市内を対象に観測地点を選定した。図1、2の青く塗りつぶした部分が実際に観測を行った地点である。ここでは、図3、4、5に示す路肩を選定した。図3はバスストップ型の路肩空間である。駐車スペースが本車線からはみ出しており、路上駐車が後続車の視界に関与することはない。図4は停車帯がある場合の路肩空間である。路上駐車が後続車の視界の妨げになる場合はほとんどないが、路上駐車を回避する際に同一車線内で回避が必要になる場合がある。図5は停車帯がない場合の路肩空間である。路上駐車によって前方の視界が大きく妨げられることや路上駐車を回避する際に対向車線にはみ出して回避する必要がある場合がある事が特徴としてあげられる。



図1 観測地点その1



図2 観測地点その2

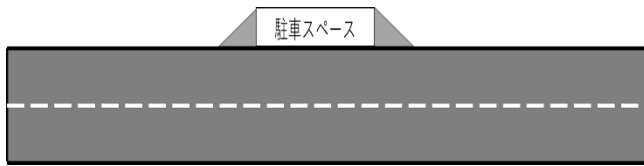


図3 バスストップ型路肩空間



図4 停車帯ありの路肩空間



図5 停車帯なしの路肩空間

7. 路肩空間の調査

今回の研究ではバスストップ型の路肩空間、停車帯ありの路肩空間、停車帯なしの路肩空間の三種類に注目し、調査を行った。各形態の道路に赴き駐車台数、駐車時間の計測及び路上駐車状態から本車線に戻る場合の後続車のブレーキの有無の調査を行った。図6は各路肩空間の駐車台数である。停車帯ありの路肩空間が最も多い結果となった。バスストップ型の路肩空間では、停車状態から本車線に合流する際に後続車が急減速をした割合は図7のようになった。7%の後続車のみが急減速を行っているため、交通に対する影響は少ないと考えた。停車帯ありの路肩空間では図8のように25%の後続車が急減速を行っていた。停車帯なしの路肩空間では図9のように後続車が急減速を行った割合が44%となった。

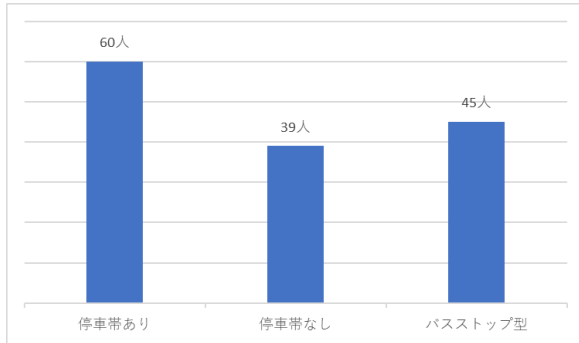


図6 各路肩空間の駐停車台数

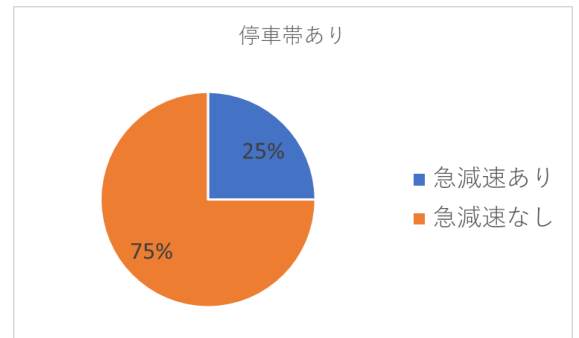


図7 急減速の有無(バスストップ型)

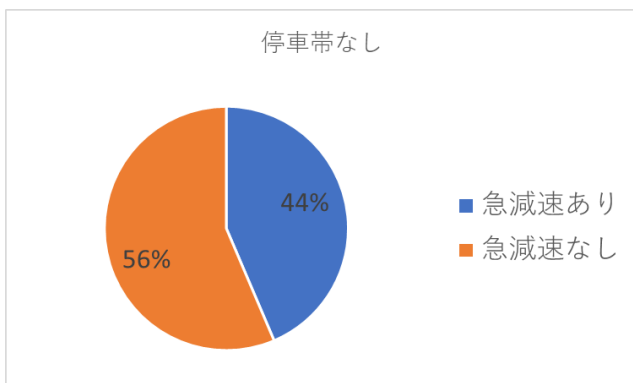


図8 急減速の有無(停車帯あり)

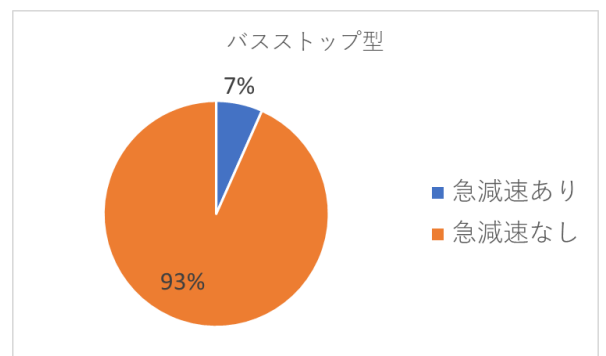


図9 急減速の有無(停車帯なし)

8. 考察

今回の調査では最も交通に対する影響が少ない路肩空間はバスストップ型だといえるだろう。そのため、バスストップ型の路上空間の増設を行うことで、路上駐車による交通に対する影響を軽減するために効果的だと考えた。

9. まとめ

どのような道路環境が自動運転に適応しているかを考察するために今回の研究を行った。得られた成果として、以下の三点が明らかになった。第一に交通事故の要因の大半が運転者の安全義務違反及び操作不適であるため手動運転から自動運転に切り替えることで交通事故の削減が見込めることが判明した。第二に自動運転中に運転者の手動介入が行われた要因のうち、最も回数が多かったものが路上駐車によるものであることから、自動運転の普及には路上駐車に対する対策が必要であるといえる。第三に今回の調査を行った路肩空間の中では交通に最も影響を与えにくい路肩空間はバスストップ型だと言うことが明らかになった。

10. 今後の課題

路肩空間の増設により特定の路肩空間の存在する道路の交通量の増加なども考えられるため路肩空間の変更、増加に伴う交通への影響調査を行う必要がある。また、横断歩行者に対する影響を考慮していないため、路肩空間の変更に伴う乗降空間増加に伴う横断歩行者に対する影響に対する検討も必要である。

11. 謝辞

本論文の執筆にあたりご指導くださった磯部教授に感謝申し上げます。研究室のメンバーには常に刺激的な議論を頂き、精神的にも支えられました。本当にありがとうございました。

参考文献

- 1) 警察庁交通局 令和3年における交通事故の発生状況等について pp. 4-10 (参照 2022-9-22)
<https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/bunseki/nenkan/040303R03nenkan.pdf>
- 2) 警視庁 認知機能検査と高齢者講習 (75歳以上の方の免許更新) (参照 2022-10-1)
<https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/menkyo/koshu/koshu/over75.html>
- 3) 国土交通省 自動運転のレベル分けについて p. 1 (参照 2022-10-5)
<https://www.mlit.go.jp/common/001226541.pdf>
- 4) 自動運転における損害賠償責任に関する研究会 国土交通省自動車局 pp. 3-4 (参照 2022-10-8)
<http://www.mlit.go.jp/common/001226452.pdf>
- 5) 公益社団法人自動車技術会 JASO テクニカルペーパー「自動車用運転自動化システムのレベル分類及び定義」 p. 2 (参照 2022-10-8)
https://www.jsae.or.jp/08std/data/DrivingAutomation/jaso_tp18004-2022.pdf
- 6) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 一般道路における自動運転サービスの社会実装に向けた研究～手動介入発生要因の特定と対策及び社会受容性の把握～ pp. 27-54 (参照 2022-10-8)
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1161pdf/ks1161.pdf>

三重県川越町の「ふれあいバス」の現状と課題

EC19031 黒木幸太郎

1. 研究背景・目的

人口減に伴う税収が厳しくなっている世の中で行政の交通事業は厳しくなっている。三重県川越町にも1994 年から路線バスの代わりとして無料で運行しているふれあいバスがある。このふれあいバスの運営は厳しくないのか川越町の町民の方々の支えになっているのか必要な事業であるかどうか疑問が生じた。

このふれあいバスについて調査し、これからの川越町の交通事業の在り方について提案していくことを目的とする。

3. 研究方法

川越町の交通事業に関して情報を得るためインターネット調査や川越町役場でのヒアリング調査・アンケート調査を行う。これらの情報を基に他の地域の交通事業例を参考にし、川越町のこれからの交通事業について提案をする。

4. 川越町

川越町は三重県北部に位置し、北は員弁川（町屋川）を境に桑名市に隣接、南は商工業都市四日市市に、西は朝日町に接し、東は伊勢湾に臨んでいる。面積は 8.72 平方キロメートルと三重県内で 2 番目に小さな町である。¹⁾

川越町の人口総数は 15453 人（2022 年 11 月 1 日）であり、人口推移としては右下图がりになる三重県全体とは違い、川越町はこれからも緩やかに人口増加していくと推移されている。しかし、それに伴い高齢者の割合も増加し 2020 年から 2045 年にかけて老年人口は 56.2%増加していく見込みとなり、超高齢化社会になっていくと思われる。²⁾



図1 川越町

5. ふれあいバス事業³⁾

ふれあいバスは運賃無料で月曜日から土曜日（祝日と 12 月 29 日から 1 月 3 日は除く）に運行しており、地域の交通手段の役割を担っている。主に高齢者や交通弱者の方々の支えとなっている。

運行コースは、北コース・南コースの 2 本で、運行本数は各コースとも 8 本である。ふれあいバスには、リフトが付いているため、車イスを利用している方も利用できる。車イスの定員は、各バスとも 2 名である。

6. ヒアリング調査

川越町のふれあいバスについて川越町役場福祉課の早瀬大希さんに時間を設けてもらいヒアリング調査を行った。ヒアリング調査で調査したことをまとめると「川越町の基金は貯まっている」「現段階では交通弱者のために無料で運行している」「北コース・南コース共に利用者が多く、特に駅や診療所での降車人数が多い」「利用者は年々減少しているが今年から回復していく見込み」ということが分かった。

表1 平成 25 年～令和 3 年の利用者人数

	北コース	南コース	総合計
H25	13135	10081	23216
H26	12902	10133	23035
H27	12463	11013	23476
H28	13618	11386	25004
H29	14560	10215	24775
H30	14340	11325	25665
H31	10827	10715	21542
R2	7638	6976	14614
R3	6927	6267	13194

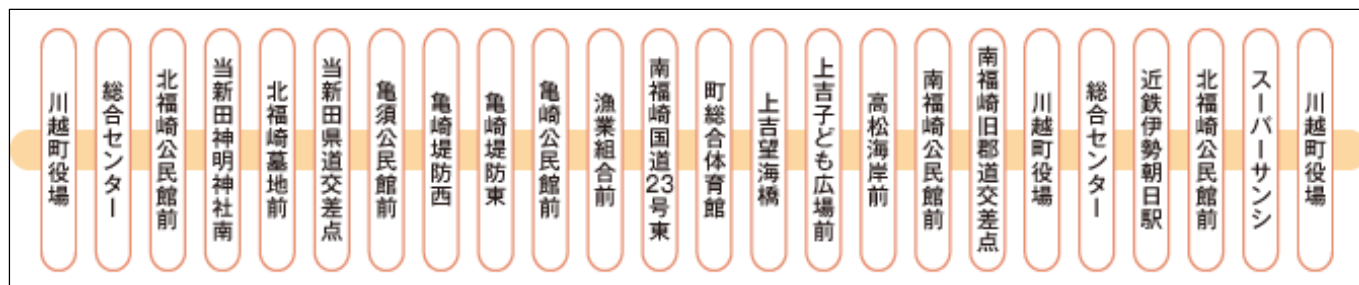


図2 北コースの路線図

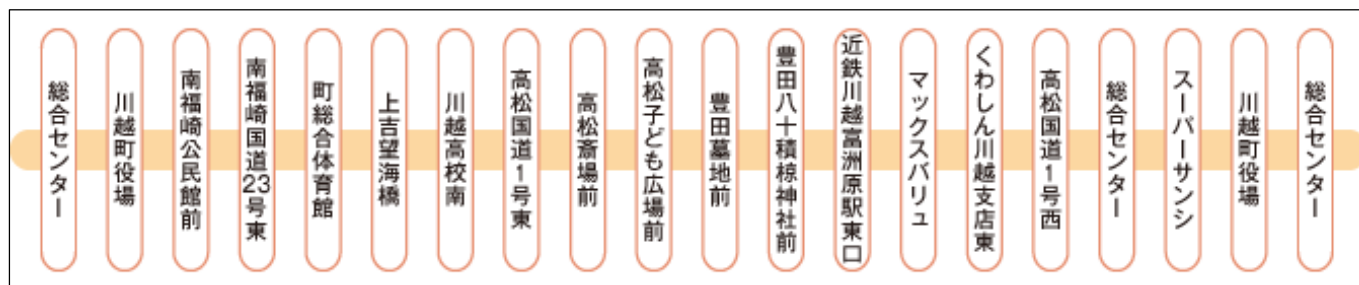


図3 南コースの路線図

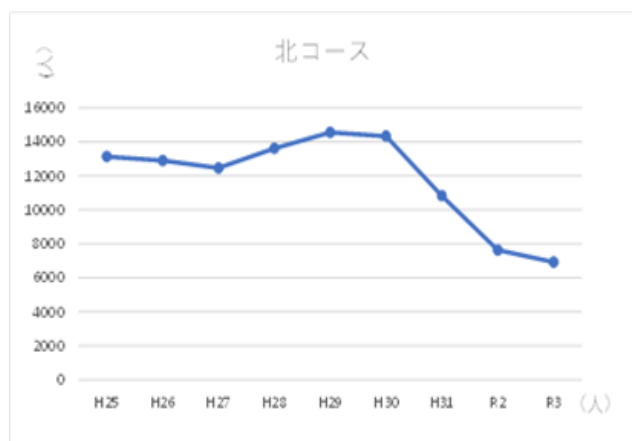


図4 北コースの利用者数の推移

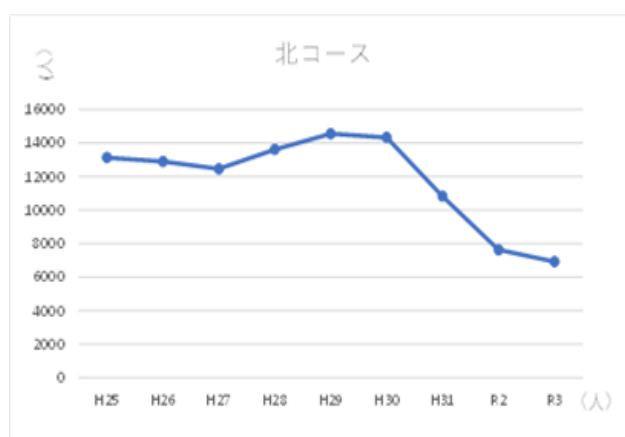


図5 南コースの利用者数の推移

北コース	1	2	3
H25	近鉄伊勢朝日駅	町総合体育館	総合センター
H26	近鉄伊勢朝日駅	総合センター	川越町役場
H27	近鉄伊勢朝日駅	川越町役場	総合センター
H28	近鉄伊勢朝日駅	川越町役場	亀須公民館前
H29	近鉄伊勢朝日駅	亀須公民館前	川越町役場
H30	近鉄伊勢朝日駅	亀須公民館前	総合センター
H31	近鉄伊勢朝日駅	亀須公民館前	川越町役場
R2	近鉄伊勢朝日駅	亀須公民館前	川越町役場
R3	近鉄伊勢朝日駅	亀須公民館前	総合センター

表2 北コースの降車人数が多い停留所

南コース	1	2	3
H25	総合センター	町総合体育館	近鉄川越富洲原駅
H26	総合センター	町総合体育館	近鉄川越富洲原駅
H27	総合センター	近鉄川越富洲原駅	町総合体育館
H28	総合センター	近鉄川越富洲原駅	町総合体育館
H29	総合センター	近鉄川越富洲原駅	川越町役場
H30	総合センター	近鉄川越富洲原駅	川越町役場
H31	総合センター	近鉄川越富洲原駅	スーパーサンシ
R2	総合センター	近鉄川越富洲原駅	川越町役場
R3	総合センター	近鉄川越富洲原駅	川越町役場

表3 南コースの降車人数が多い停留所

7. アンケート調査

川越町の基金や財政状況について川越町役場企画情報課寺本直貴さんに依頼して総務課（財政に関すること）と企画情報課（地域公共交通の方針）にアンケート調査を行った。アンケート調査で得たことは「令和3年度決算時点での基金は約265億4250万円である」「令和3年度決算における川越町歳入が77億円のうち、機械・器具・備品などの資産にかかる固定資産税が約19億6000万円（全体の約25%）でその大部分が火力発電所」「ふれあいバスの運行形態の見直すこと、デマンドタクシーの導入を検討している」「将来的な経常経費となることから有料化も含めて慎重に検討している」ということである。

8. デマンドタクシー導入にあたって

川越町が導入を検討しているデマンドタクシーについて実際に導入している愛知県岩倉市の「ふれ愛タクシー」で2020年度卒業生木村和輝さんが岩倉市民にアンケート調査を行った自由記述欄⁴⁾に書かれていた不満点を抜粋し、導入するにあたって注意することを参考にした。抜粋し、まとめた結果、「近隣の地域に行けるようにしてほしい」「タクシーの予約が取りづらい」という意見が多かった。

9. 考察

（1）川越町のこれからの交通について

川越町のふれあいバスの現状として、民間の路線バスが運行されていないため交通弱者の方にとってふれあいバスは川越町になくてはならない存在であると考え。利用者数の推移が年々下がっているが今年（令和4年）は去年よりも増加見込みがある上、超高齢化社会になっていくということもありふれあいバスの利用者は回復していくのではないかと考える。

ふれあいバスの降車場所の人数の内訳について見てみると、バス停によって少人数から大人数と幅広いことが分かったが、少人数といってもそのバス停を利用している人がいるので高齢者や交通弱者のために行政としてはそのバス停も必要であると考え。

ふれあいバスの乗車時間が長くなってしまいう課題については利用者の少ないバス停を削るということやバスの数を増やし色々なルートで運営するということが挙げられたがデメリットも感じた。よって乗車時間に対しては変更せずこの問題に対してはデマンドタクシーで補えるのではないかと考える。

（2）これからの交通について

川越町の基金は令和3年度決算時点で約265億4250万円であり、令和3年度決算の川越町の歳入は約77億円で火力発電所による固定資産税は約19億6千万円（約25%）であったが、川越町の財政状況は年々厳しくなっており、様々な歳出削減の取り組みを行っている。よってこれからの交通についてどう歳出を削減するかどう歳入を得ていくかを考える必要があると考え。

川越町が現在交通事業で考えている案としては、人が多く住んでいるエリア（狭い道）に入っていけるようにバスの大きさ・バス停を変更することであるが、そうすることで利用者が多くなった時に乗車できない人がでたり車いすを利用している人の乗車が困難になったりするのではないかと考える。この問題は人が多く住んでるエリアに入れて自宅まで送迎可能なデマンドタクシーで補えるのではないかと考える。

川越町はデマンドタクシーの導入に向けてより良い運行形態を検討しているとのこと。私はデマンドタクシー導入に向けて足の不自由な高齢者や交通弱者の方々のため川越町のデマンドタクシーの登録者の条件は満65歳以上の高齢者、障がい者、妊産婦の川越町民限定で考える。

ふれ愛タクシーの不満点であった「近隣の地域に行けるようにしてほしい」という問題について、近隣の地域に行けることは難しいのではないかと考える。「タクシーの予約が取りづらい」という問題については長

時間にわたる待ち時間防止のため電話だけでの対応だけでなくインターネットで予約できるようにしたり予約状況を見れるようにしたりすることで、利用者の利用のしやすさが生まれるのではないかと考える。

10. 提案

(1) デマンドタクシーの提案

利用者登録は満 65 歳以上の高齢者、障がい者、妊産婦の川越町民とする。範囲としては川越町内とし、交通弱者の支えのため自宅前までの送り迎えも可能にする。タクシーの予約をスムーズに取りやすくするため、電話だけでの対応だけでなくインターネットで予約できるようにしたり予約状況を見れるようにしたりする。

(2) これからのふれあいバスの提案

これからの利用者増加見込みとデマンドタクシーでの細い道の通過・自宅までの送迎が可能になることより、バスの大きさを小型化（ハイエース型）にせず現状のままで運行することを提案する。バス停の見直しとして、北ルートでの降車人数の多い「近鉄伊勢朝日駅」や南ルートでの降車人数の多い「近鉄川越富洲原駅」について、現在は片方のルートに片方の駅しかないため各ルートに「近鉄伊勢朝日駅」と「近鉄川越富洲原駅」を導入することでふれあいバスの利便性が上がるのではないかと提案する。

(3) 料金設定に対する提案

川越町は三重県の中でも財政が安定しているが、歳出を削減していることからふれあいバスとデマンドタクシーを利用する際の料金徴収することに賛成である。しかし、料金設定を大きく間違えてはいけない。三重県の他の地域よりは安く設定し運行することを提案する。また、川越町民や交通事業者などの方々との話し合いや意見に耳を傾けることでこれからよりよい運行が行えると考えられる。

11. 結論

ふれあいバスの利用者は少なくても年間 13000 人ほどであり、これからの超高齢化社会になることが予想されることから川越町のふれあいバス事業は現在もこれからも高齢者や交通弱者の方々にとってなくてはならない必要な事業ということが明らかになった。また、導入を検討しているデマンドタクシーによって川越町の地域公共交通が豊かになり、高齢者や交通弱者の方々の自宅から支えることが可能になり必要性を感じた。

謝辞 本論文の作成にあたって多くのご指導をいただきました主指導教授の磯部友彦教授、資料収集にご協力いただいた川越町役場の福祉課・総務課・企画情報課の方々に謝意を表す。

参考文献

- 1) 川越町役場：川越町 まちの概要 （参照 2022 年 5 月 28 日）
<https://www.town.kawagoe.mie.jp/index.php/about/gaiyou/>
- 2) RESAS：人口推移 （参照 2022 年 11 月 23 日）
<https://resas.go.jp/data-analysis-support/#/population-composition/24/24344/1/>
- 3) 川越町役場：川越町 ふれあいバス （参照 2022 年 5 月 28 日）
<https://www.town.kawagoe.mie.jp/index.php/kenkou/fukushi/fureaibus/>
- 4) 2021 年 中部大学 磯部友彦研究室：愛知県岩倉市のデマンド型交通に関する調査 （参照 2022 年 12 月 17 日）
https://www.city.iwakura.aichi.jp/cmsfiles/contents/0000003/3818/fureai-taxi_tyousa.pdf

各市町村の自転車通行空間整備に関する現状分析

EC19036 小林 巧実

1. 研究背景

自転車対歩行者の事故の減少率が低い現状¹⁾の中で、自転車の活用を推進していく取り組みがある。具体的には、自転車活用推進法の施行や自転車を歩道通行ではなく車道通行を原則とした国土交通省・警察庁が「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」²⁾（以下ガイドライン）を公表して自治体に自転車活用推進計画を策定させて自転車通行空間整備を整備させようとしている。しかし、一部の市町村しか計画を策定しておらず自転車通行空間整備が進んで行かない現状である。

2. 研究目的

自転車の車道通行が危険だと判断して法律が改定されている経緯があるため車道通行にすることで事故が増える可能性がある。車道通行で事故が増えないようにするには、しっかりとした通行空間整備を行うことで歩道走行よりも高い安全性を確保する必要がある。しかし、各市町村の現状としてどのように整備すればいいのか分からない状態である。そこで、本研究では市町村がすでに公表した計画内容から自転車通行空間整備について「何を検討しているのか」、「何を重視しているのか」現状を明らかにする。現状を明らかにすることで、すでに公表している計画内容の評価や今後策定していく市町村が参考になるような結果を求めて各市町村のよりよい自転車通行空間整備に繋げることを目的としている。

3. 安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン

安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン²⁾に記載されている通行空間整備に関する内容を示す。

・ネットワーク路線選定

ネットワーク路線選定は、図1の1～7の検討項目を適宜組み合わせて選定するものとする。

・優先整備路線選定

優先整備路線選定では、自転車ネットワークの整備効果を早期に発現させるために安全性・快適性の向上や計画目標の達成の観点から整備優先度を検討する。また、無電柱化やバリアフリー等の他事業との調整をして整備の効率性について検討する。

・整備形態の選定

整備形態の選定では、自動車の速度と交通量を目安に自転車道、自転車専用通行帯、車道混在の整備形態の中から検討していく。

- | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 地域内における自転車利用の主要路線としての役割を担う、公共交通施設、学校、地域の核となる商業施設及びスポーツ関連施設等の大規模集客施設、主な居住地区等を結ぶ路線 2. 自転車と歩行者の錯綜や自転車関連の事故が多い路線の安全性を向上させるため、自転車通行空間を確保する路線 3. 自転車通学路の対象路線 4. 地域の課題やニーズに応じて自転車の利用を促進する路線 5. 自転車の利用増加が見込まれる、沿道で新たに施設立地が予定されている路線 6. 既に自転車の通行空間（自転車道、自転車専用通行帯、自転車専用道路）が整備されている路線 7. その他自転車ネットワークの連続性を確保するために必要な路線 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

図1 ネットワーク路線選定検討項目（ガイドラインより作成）²⁾

4. 研究方法

今回の研究では、東海地方、甲信越・北陸地方、関東地方の地域で自転車活用推進計画を公表している 45 市町村を対象とした。図2の通りである。

研究方法としては、大きく2つに分けることができる。

1つ目は、自転車活用推進計画に記載されている自転車通行空間整備について整理する。「ネットワーク路線選定」、「優先整備路線選定」、「整備形態選定」について

東海地方 名古屋市、豊橋市、田原市、一宮市、豊田市、春日井市、静岡市、浜松市、沼津市、伊豆市、富士市、小山市 甲信越・北陸地方 長野市、伊那市、千曲市、松本市、岡谷市、諏訪市、下諏訪町、新潟市、南魚沼市、金沢市、加賀市、富山市、あわら市 関東地方 土浦市、石岡市、笠間市、神栖市、那珂市、水戸市、茨城町、かすみがうら市、宇都宮市、さいたま市、千葉市、渋谷区、目黒区、世田谷区、立川市、横浜市、川崎市、相模原市、平塚市、藤沢市 ※ 岡谷市、諏訪市、下諏訪町は共同計画（以下、諏訪湖周辺と記載）

図2 対象とした市町村

てKHCoderで言葉の共起ネットワーク分析を行いKWICコンコーダンスで言葉の前後の文を見てファイルに整理する。

2つ目は、整理したファイルを基にコーディングルールを作成してコーディング分析を行い表やグラフを作成する。

5. 自転車活用推進計画の整理

整理方法は、図3のようになる。図3のように、各市町村の自転車活用推進計画の「ネットワーク路線選定」、「優先整備路線選定」、「整備形態選定」、についてそれぞれExcelファイルにまとめる。

次に、KHCoderを使用して共起ネットワーク分析を行う。共起ネットワークを見るだけでは、具体的な内容が分からないためKWICコンコーダンスで言葉の前後の文を抜き取る。

抜き取った内容ごとに表1、表2、表3のように項目を作成する。作成した項目ごとに、表4のように記載されている内容や文を分類する。

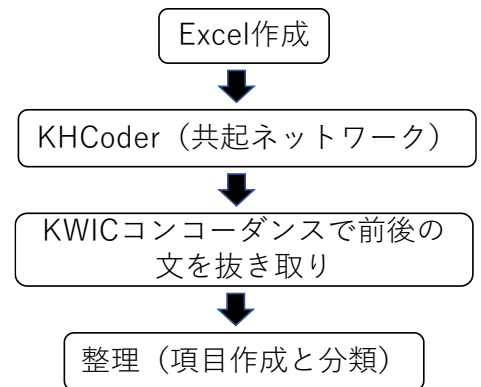


図3 整理方法

表1 ネットワーク路線選定の項目

NO.	ネットワーク路線選定で記載されている項目
1	拠点の接続
2	危険箇所の整備・安全対策
3	自転車通学路
4	地域の課題とニーズ（通学を除く利用）
5	新たな施設立地とニーズ
6	既に整備されている路線
7	ネットワークの連続性
8	自転車・歩行者交通量が多い（路線・エリア）
9	計画・事業等に基づく（ガイドラインなし）
10	公共交通の結節性
11	要件の重なりに着目
12	交通量が少ない道路
13	要望
14	道路横断幅員
15	地域特性
16	整備の実現性
17	駐輪環境整備との連携

表2 優先整備路線選定の項目

NO.	優先整備路線選定で記載されている項目
1	自転車・歩行者の交通量が多い（路線・エリア）
2	計画との調整
3	利用者のニーズ
4	整備の実現性
5	危険箇所の整備
6	ネットワークの連続性
7	公共交通の結節性

表3 整備形態選定の項目

NO.	整備形態の選定で記載されている項目
1	自動車の速度と交通量
2	道路横断幅員
3	交通規制
4	整備ガイドラインと他計画（国のガイドライン以外）
5	利用者のニーズ
6	沿道状況
7	地域住民の意向
8	自動車駐車場の状況
9	経済性等を踏まえる
10	前後区間の整備形態
11	整備実績を踏まえる

表4 整理したファイルの一部

項目	取り出した文
1 拠点の接続	就業地
	大学
	大規模工業・商業地と住宅地をつなぐ道路
	文教施設
	教育施設

6. 自転車通行空間整備計画のコーディング分析

各選定について図4の流れで分析を行う。その結果から、項目に関して記載されている市町村を明らかにする。

コーディングルールは、表4のように整理したファイルと抽出語リストを見て使われている言葉とKHCoderの言葉の抽出の仕方を確認して項目ごとに作成する。

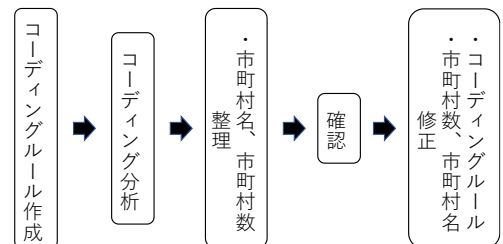


図4 分析方法

次に、コーディング分析の結果から項目に関する内容かどうかとどこの市町村の文なのかを表に整理する。整理した後に、コーディング分析で項目に関して記載されているのに分析で取り出せていない市町村がないかの確認を行う。確認を踏まえて分析結果とコーディングルールの修正を行う。

7. 分析結果

「ネットワーク路線選定」、「優先整備路線選定」、「整備形態選定」については、各市町村の記載されている項目を表にして明らかにした。この表から項目ごとに記載のあった市町村数と項目同士で同時に記載されている回数を以下に載せる。図6、図8、図10のバブルチャートの軸の番号は、表1、表2、表3の項目ごとの番号である。項目同士で同時に記載されている回数をバブルの大きさと表している。

・ネットワーク路線選定

図5を見るとガイドラインに記載されている検討項目（縦軸の下から7つ目まで）の中で「自転車通学路」が一番多くの市町村で記載されていることが分かる。逆にあまり記載されていない項目は、「新たな施設立地とニーズ」である。ガイドラインに記載されている項目以外を見ると「自転車・歩行者交通量が多い（路線・エリア）」と「公共交通の結節性」について重視されていることが分かる。

図5と図6を照らし合わせて見ると各市町村で記載されていることが多い項目同士で同時に記載されていることが多いと分かる。

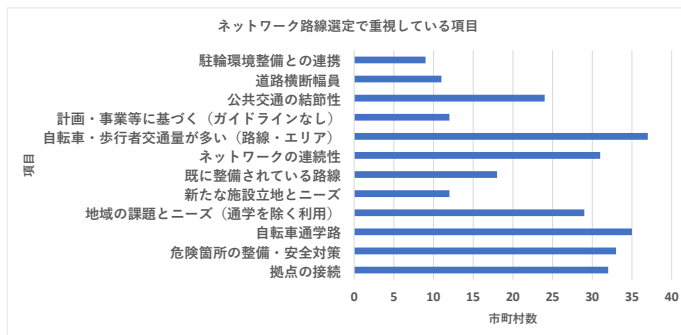


図5 ネットワーク路線選定で重視されている項目

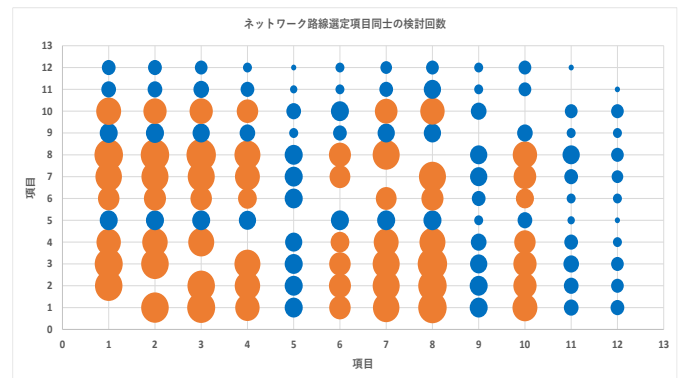


図6 ネットワーク路線選定項目同士の検討回数

・優先整備路線選定

ガイドラインに記載されている内容について図7を見ると「計画の調整」、「危険箇所の整備」についての記載が確認できる。ガイドラインに記載されている項目以外も含めて見ると「自転車・歩行者の交通量が多い（路線・エリア）」、「公共交通の結節性」、「危険箇所の整備」についてよく記載されていることが分かる。

図7と図8を照らし合わせて見ると各市町村で記載されていることが多い項目同士で同時に記載されていることが多いと分かる。

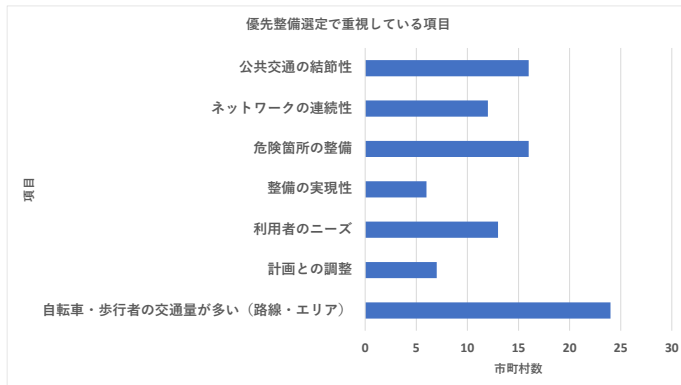


図7 優先整備路線選定で重視されている項目

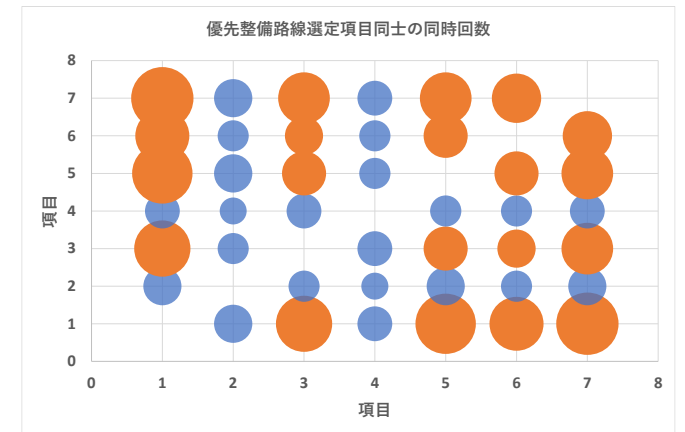


図8 優先整備選定項目同士の検討回数

・整備形態選定

ガイドラインの内容について図9を見ると「自動車の速度と交通量」について記載している市町村が多いことが分かる。ガイドライン以外の項目を見ると「道路横断幅員」を検討している市町村が多いことが分かる。

図9と図10を照らし合わせて見ると各市町村で記載されていることが多い項目同士で同時に記載されていることが多いと分かる。

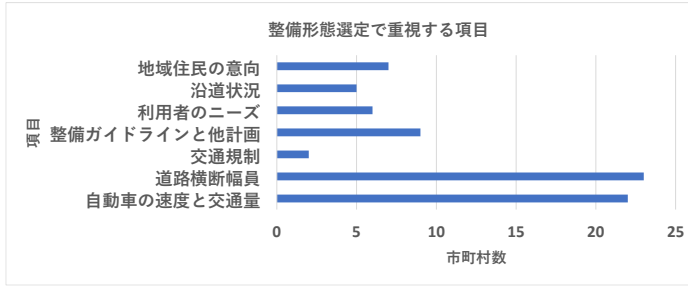


図9 整備形態選定で重視する項目

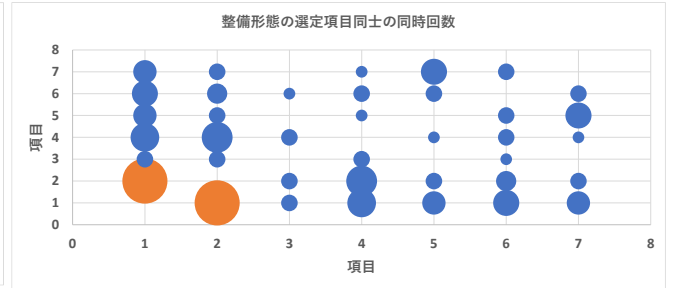


図10 整備形態の選定項目の同時回数

8. 考察

・各選定で検討されている項目内容に関する考察

ネットワーク路線選定では、「自転車・歩行者交通量が多い（路線・エリア）」、「自転車通学路」が重視されていることから交通量と移動のニーズを最も重要視していると考えられる。他にも「危険箇所の整備・安全対策」や「ネットワークの連続性」を重視されていることから安全への意識が高く整備路線を断片的に整備しては効果的・効率的な整備ではないという考え方が多くの市町村で反映されていると考えられる。

優先整備路線の選定では、「自転車・歩行者の交通量が多い（路線・エリア）」が一番多くの市町村で記載されていたことから交通量が多い場所を整備することが効果的・効率的であるという考えが強いと考えられる。

整備形態の選定では、自動車の速度と交通量で3種類の整備形態から選定するはずである。しかし、「道路横断幅員」の方が記載されていたことから幅員がなくて空間整備できない現状があると考えられる。

・項目ごとの市町村数と同時に記載されている回数に関する考察

記載している市町村が多くて同時に記載されている回数が多い項目同士は、一般的に検討されている項目と言える。それ以外の項目は、各市町村の地域の実情に応じて検討されている項目と言える。一般的に検討される項目と地域の実情に応じて検討される項目に図11、図12、図13のように分類した。

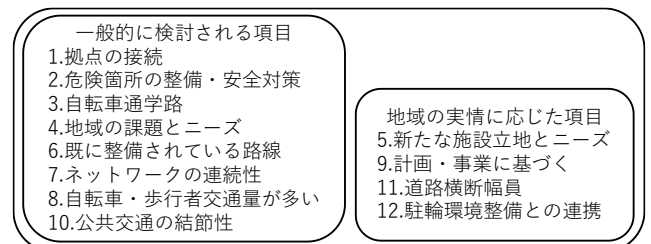


図11 ネットワーク路線選定の項目分類

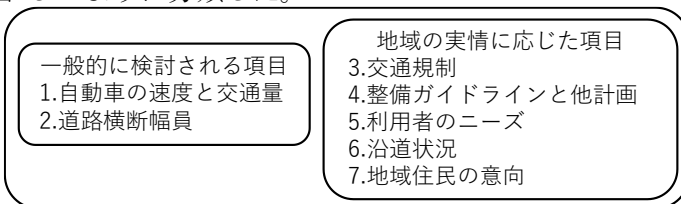


図13 整備形態選定の項目分類

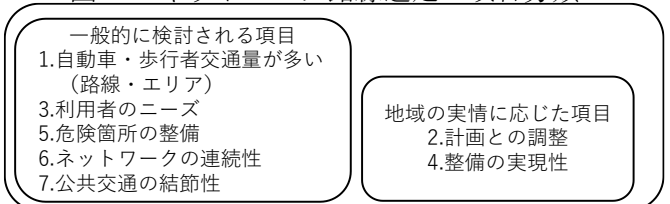


図12 優先整備路線選定の項目分類

9. 結論

本研究では、各市町村の通行空間整備に関する計画内容の現状を明らかにして計画の策定や評価の参考になる結果を KHCoder で求めてきた。その結果、各選定の検討項目とその検討項目の重要度を明らかにした。さらに、明らかにした内容から一般的に検討される項目と地域の実情に応じて検討される項目に分けた。

計画の策定や評価について各市町村が参考程度に知っておくという研究結果だと考える。

参考文献

- 1) 静岡市自転車活用推進計画, 静岡市, P10
<https://www.city.shizuoka.lg.jp/000848992.pdf> (参照 2022-8-15)
- 2) 国土交通省・警察庁：安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン, I-10～I-12, I-19
<https://www.mlit.go.jp/road/road/bicycle/pdf/guideline.pdf> (参照 2022-9-15)

高齢者の健康増進を目指した地域公共交通システムについて
～「チョイソコふそう」を例に～

EC19069 村上 嵩樹

1. 研究背景・目的

2022 年 10 月に愛知県扶桑町で運行が開始したチョイソコふそうを取り上げ、利用者にどのような影響を及ぼしたかを明らかにすることを目的とする。またチョイソコが最初に導入された町である愛知県豊明市で運行しているチョイソコとよあけと比較を行うことでチョイソコふそうの今後の在り方や課題について考察をする。

2. 研究方法

チョイソコふそうの登録者を対象に実施されたアンケートの結果を用い、登録者の外出日頻度や外出目的などを明らかにし、チョイソコふそうの運行開始前と後でどのような変化があったかをまとめることを目的に調査を行う。またチョイソコふそうとチョイソコとよあけの利用状況を比較することで、チョイソコふそうの課題や今後の在り方を考察する。

3. 乗り合い送迎サービス「チョイソコ」

チョイソコは、「チョイとソコまでごいっしょに」をコンセプトに、交通手段に難が多いエリアにおいて、移動手段を提供し、外出機会を増やすことで、健康維持・増進を図ることを目的としたサービスだ。また単に交通手段の提供だけでなく、自治体や異業種との協業で外出促進策を継続的に実施し、外に出る楽しみを提供している。

チョイソコの停留場は住民からの意見をもとに住民が利用しやすい位置や公共施設の近くに設置される。その他にもスポンサーとなる企業がお金を支払い停留所を設置する場合もある。

(1)扶桑町の地理

扶桑町は愛知県の西北部にあり、東は犬山市、西は江南市、南は大町町、北は木曾川をへだてて岐阜県各務原市に接している。近年は名古屋駅まで 20 分というアクセスの良さから、ベッドタウンとして人口増加を続けている。総人口は、34,798 人（2022 年）、総面積 11.19 平方キロメートルである。

(2)チョイソコふそうとは

愛知県扶桑町を対象に外出しにくい高齢者に対し、新たな移動手段を確保することにより、積極的な外出を促すとともに、自身での自家用車の運転等の代替となり得るものであるかを検証することが事業目的である。また高齢者以外の町民に対しても、日常生活における移動の不便さを解消することが可能な移動手段として機能し得るものであるかを検証することが目的である。

(3)チョイソコふそうのアンケート結果

扶桑町がチョイソコふそうの利用実態の把握のため 2022 年 11 月から 1 カ月間でアンケート調査を実施した。アンケート配布数は 523 通、回収率は 43%であった。また登録者は 523 人だった。データをもとに、村上が分析をした。分析にあたり地域を名鉄犬山線扶桑駅を中心に a 柏森 b 斎藤、高木、c 高雄、d 山那、南山名、小淵の 4 つに分ける。

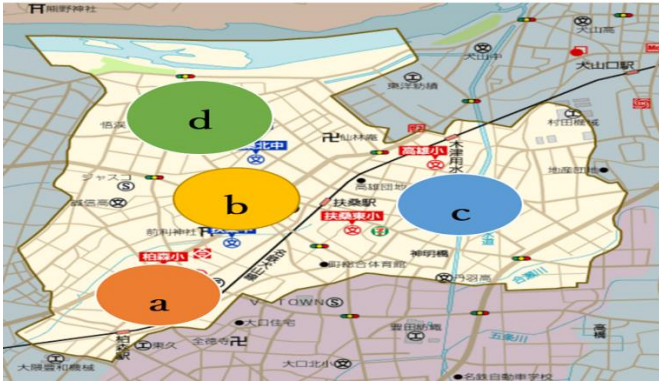


図1 扶桑町を4つの地域に分けた図

地名	特徴
a 柏森	扶桑町の南に位置し、扶桑駅と柏森駅の両駅に近い
b 斎藤、高木	扶桑町の中央に位置し扶桑駅に近い
c 高雄	扶桑町の東に位置し、扶桑駅から遠い
d 山那・南山名・小淵	扶桑町の北に位置し、扶桑駅から遠い

図2 4つの地域の特徴

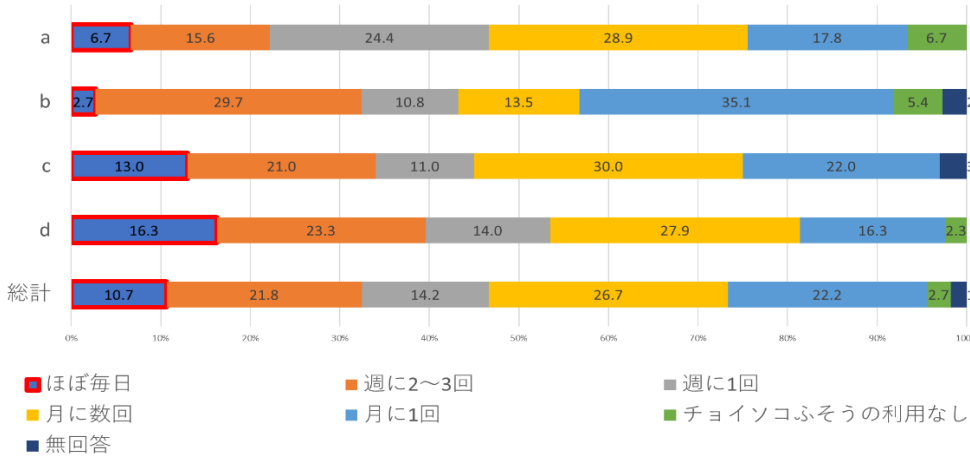


図3 チョイソコふそうの利用頻度

c、dの地域は扶桑駅から遠いことからチョイソコふそうの利用が多いことがわかる。
それとは逆に、a、bでは駅から近いことから利用が少ないことがわかる。

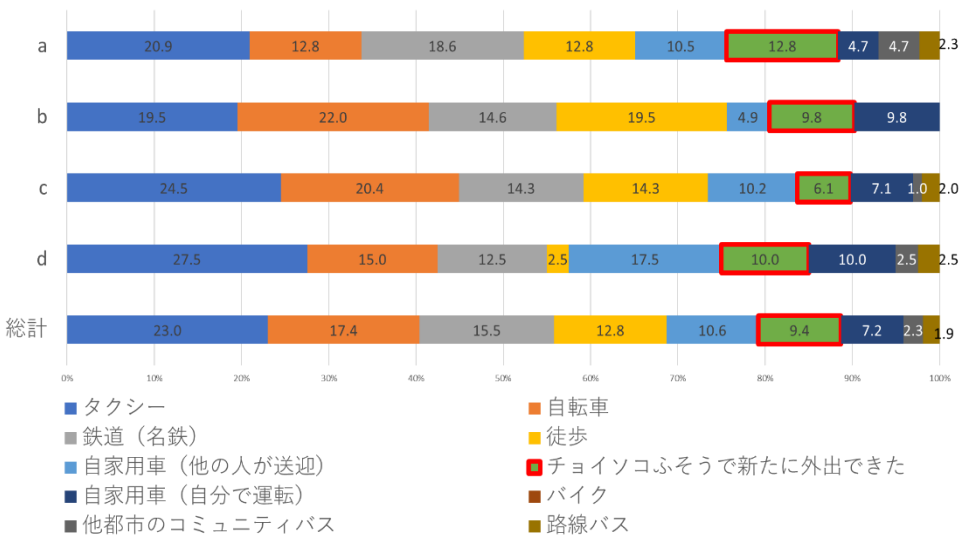


図4 チョイソコふそうを利用する以前の交通手段

扶桑町ではチョイソコふそうの運行が開始するまで公共交通バスがなかったことから、タクシーを利用した外出の割合が高いことがわかる。c、dのタクシー利用の割合はa、bよりも高く、駅からの距離が遠いことが理由だと考えられる

4. チョイソコとよあけ

(1)豊明市の地理

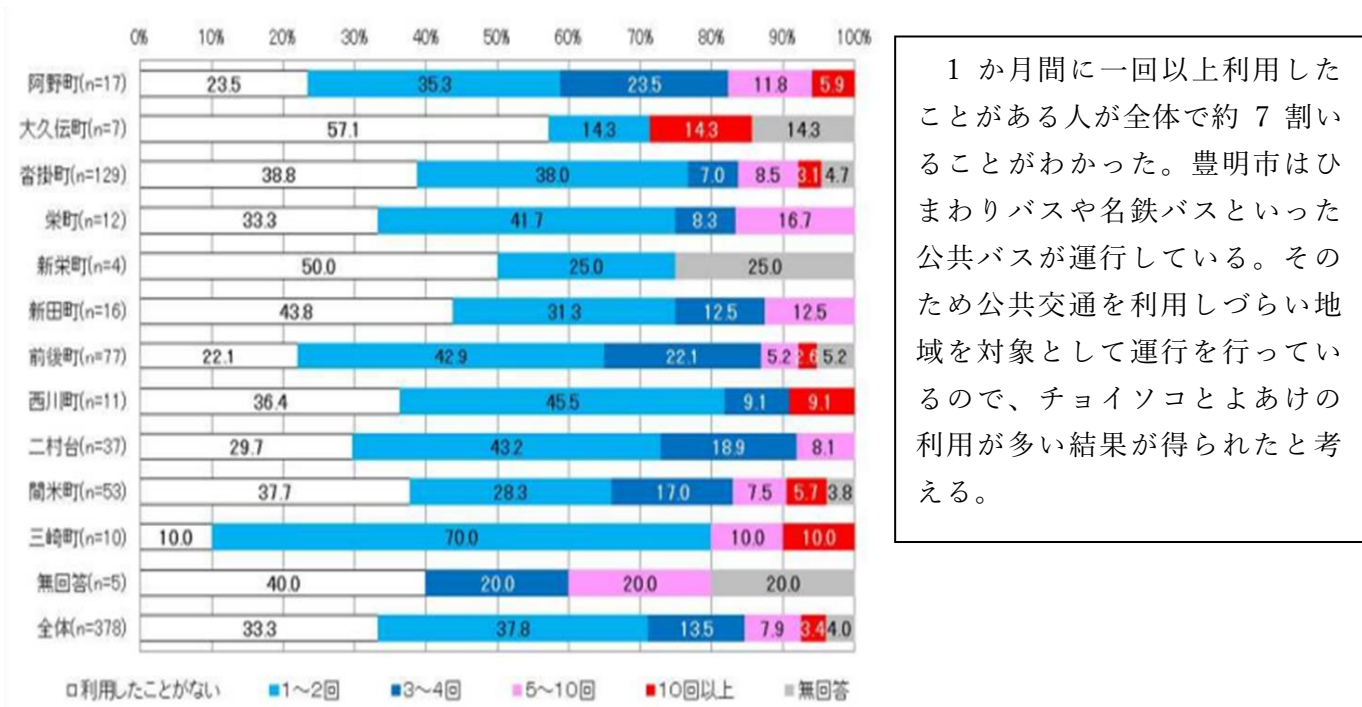
愛知県豊明市は名古屋市に隣接し、同市のベッドタウンとして発展してきた人口7万人弱の都市である。高齢化（65歳以上）率は25.8%（2020年5月1日時点）で、愛知県全体の高齢化率を若干超えている程度だが、2009年の12.1%から2倍以上伸びるなど、年を追って高齢化率が高まっている。

(2)チョイソコとよあけ

愛知県豊明市を対象に市内の沓掛エリアと仙人塚・間米エリアと呼ばれる2つの交通不便地域に住む高齢者の生活や健康に必要な近隣のお店へデマンド型交通によって送ることにより、健康寿命を増進させ、長く健康に暮らしていくことができる地域を作っていくことを目的とした。

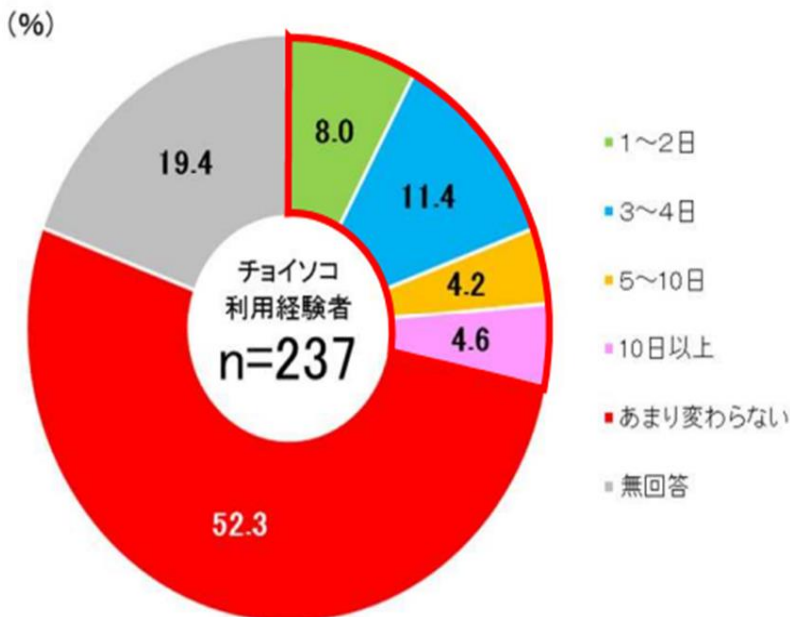
(3)チョイソコとよあけのアンケート結果

豊明市がチョイソコとよあけの利用実態把握のため2019年の11月から1カ月の間でアンケート調査が行われた。配布数は550通、回収率は68.7%、登録者数は1432人だった。豊明市の交通不便地域である大久手町、西川町、三崎町などの利用状況を対象に、チョイソコふそうとの比較を行う。



1 か月間に一回以上利用したことがある人が全体で約 7 割いることがわかった。豊明市はひまわりバスや名鉄バスといった公共バスが運行している。そのため公共交通を利用しづらい地域を対象として運行を行っているので、チョイソコとよあけの利用が多い結果が得られたと考える。

図5 チョイソコとよあけの利用頻度¹⁾



チョイソコを利用してても外出頻度が「あまり変わらない」人が、52%を占めた。しかし、チョイソコ利用により約 30%の人が外出頻度に変化が増加したことがわかった。外出頻度が 10 日以上変化した人は約 5%いることがわかり、チョイソコとよあけによって外出頻度が大きく変わることがわかった。

図6 チョイソコとよあけによる外出頻度の変化²⁾

5. チョイソコふそうとチョイソコとよあけ

(1) チョイソコふそうとチョイソコとよあけの比較と考察

チョイソコふそうでは、チョイソコによって新たに外出することができた割合は約 10%であった。しかし逆説的には運行 2 カ月でチョイソコ利用者の約 10%を新たに外出させたともいえる。チョイソコとよあけは、ウォーキングイベントやカラオケ大会といった高齢者が外出したくなるような機会の提供を行い、チョイソコとよあけ利用者の約 30%を新たに外出させることに成功している。チョイソコふそうの登録者・利用者を増やすためにチョイソコとよあけで実施されたイベントを取り入れることで、チョイソコとよあけのように登録者・利用者の増加につながると考える。

6. 考察

前述で既述したように、チョイソコふそうを利用することで新たに外出をできたという人が現状で約 10%いるということがわかった。現状ではチョイソコふそうで扶桑町民の外出頻度が増加し、健康が向上したとは言えないと考える。またチョイソコの登録者も他の地域に比較すると少ないということがわかった。現状のチョイソコふそうの課題は、この 2 点であると考えられる。

上記の課題を解決するために、登録者が外出したくなるようなコトづくりが必要だと考える。チョイソコとよあけや他のチョイソコでも実施しているように、役場が主体となりイベントを主催したり、スポンサー企業と協力することで、外出頻度の向上や登録者の増加が期待できると考える。

扶桑町町役場に確認したところ役場主体でのイベントは考えていないという回答であった。チョイソコのおおもとのアイシンでは今後スポンサー企業と協力し、高齢者でもできるスポーツ大会の開催や、イオンモール扶桑にあるスペースを使いイベントを行うと回答した。今回使用したアンケート結果で体を動かせるイベントを開催を希望する意見があったのでこれを実現することができれば、利用者の外出頻度が増加し、健康が向上していくと感じた。また様々な場所でイベントをすることがチョイソコふそうの宣伝につながるのでは結果的に登録者の増加にもつながると考える。

7. 結論

本研究では扶桑町で新しく始まったチョイソコふそうが利用者に対してどのような影響を与えたかを調査し、今後のチョイソコふそうの在り方について考察することを目的とした。交通が不便な場所の利用者には、チョイソコふそうの積極的な利用がみられ、外出の手助けになっていることがわかった。しかし外出頻度の面でみると、チョイソコふそうを利用し新しく外出することができたという利用者は少なく、現時点では利用者の健康向上に大きく影響を与えているとは言えないが、今後の取り組みによって扶桑町の交通面で大きな影響を与えると考える。

8. 謝辞

本論文を作成するうえで扶桑町町役場との仲介や論文の指導をして頂いた磯部教授、資料提供や会議に参加させていただいた扶桑町町役場に感謝いたします。

9. 参考文献

- 1) チョイソコとよあけ会員アンケート結果報告 チョイソコとよあけの利用頻度(参照 2023-1-26)
https://www.city.toyoake.lg.jp/secure/11916/2020.2.18_1-4_shiryoku1.pdf
- 2) チョイソコとよあけ会員アンケート結果報告 チョイソコとよあけ利用による外出頻度の変化(参照 2023-1-26)
https://www.city.toyoake.lg.jp/secure/11916/2020.2.18_1-4_shiryoku1.pdf

三岐鉄道北勢線の利用促進策の検討

EC19070 森 創太

1. 研究目的

本研究では、三岐鉄道北勢線の歴史や運行情報から三岐鉄道北勢線の問題点と魅力を分析する。そして、他の鉄道会社が行っている、駅舎の改築や、駅からいける徒歩圏内に商業施設を建てることや、イベントを行うことで、同時に魅力を伸ばす案を講じることで、今後の北勢線の利用者促進の案を考えることで北勢線の問題点を克服する案を講じる。

2. 研究方法

まず、三岐鉄道北勢線の歴史や概要、現在行われているイベントや過去に行われたイベント、営業成績、公式のサイトや、記事のデータを調べる。また、そのデータ収集にはインターネットを用いるだけでなく、直接キャンプ場や現地に赴き体験することとする。そして、他の地方鉄道などで行われている政策と比較して、他の地方鉄道と同じような政策ができるかどうか検討する。そこから新たに三岐鉄道北勢線の強みを生かした案を考案する。

3. 三岐鉄道北勢線とは

北勢線（ほくせいせん）は、三重県桑名市の西桑名駅から三重県いなべ市の阿下喜駅までを所要時間 46 分で結ぶ三岐鉄道の鉄道路線である。

路線距離（営業キロ）は 20.4km、駅数は起終点駅含めて 13 駅（図 1）、複線区間はなしで、全線が直流 750V の電化路線である。軌間は 762mm のナローゲージである。図 2 に路線図を示す。

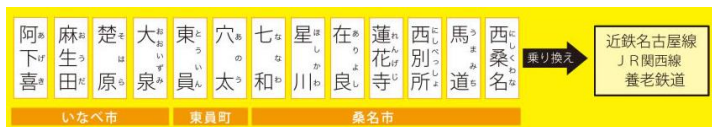


図 1 三岐鉄道 駅一覧¹⁾



図 2 三岐鉄道 路線図²⁾ (赤丸が北勢線の駅)

4. 三岐鉄道北勢線の今までの歴史と現状

北勢線は設立当時から現在に至るまで様々な経営者に受け継がれてきた

北勢鉄道 1912 年（明治 45 年）→北勢電気鉄道 1942 年（昭和 17 年）→三重交通 1961 年（昭和 36 年）→三重電気鉄道 1964 年（昭和 39 年）→近畿日本鉄道 1965 年（昭和 40 年）
→三岐鉄道 2003 年（平成 15 年）

2003 年に地元支援により三岐鉄道の路線として再スタートした。

北勢線の歴史¹⁾を表 1 に記す。

つぎに、いなべ市役所 WEB を頼りに、北勢線の支援経緯を以下にまとめる³⁾。

北勢線は、平成 12 年 7 月に近畿日本鉄道株式会社の廃線表明により廃線の危機を迎えた。この存続危機に沿線住民の熱い要望を受け、平成 15 年度から平成 24 年度までの 10 年間は沿線市町、国、県が運行支援す

ること(図3)を条件として、三岐鉄道株式会社が運営を継承した。

この支援期間中に、駅統合・整備、無料駐車場・駐輪場整備、車両冷房化、ダイヤ増便など施設面の改善や、利用促進イベントの実施や啓発の取り組みにより、乗客数は存続当初と比較して増加傾向に推移し(図4)、年を追うごとに収支も改善した。

平成25年度からは営業赤字額は減少しているものの、自立運行には至らない厳しい事業運営が続いており、暫定的な沿線市町の支援のもと、現在も走り続けている。

表1 北勢線の主なあゆみ¹⁾

西暦年(和暦)	事項
1912年(明治45年)	北勢鉄道(株)設立
1914年(大正3年)	大山田(現:西桑名) 楚原間 14.5km 開通
1915年(大正4年)	桑名町(後の桑名京橋) 大山田間 0.7km 開通
1916年(大正5年)	楚原阿下喜東(後の六石)間 4.6km 開通
1931年(昭和6年)	全線開業全線電化(直流600V)
1934年(昭和9年)	北勢電気鉄道に社名変更
1944年(昭和19年)	三重交通(株)に合併
1954年(昭和29年)	電車線電圧を600Vから750Vに昇圧
1961年(昭和36年)	桑名京橋西桑名間0.7km廃止
1964年(昭和39年)	三重電気鉄道(株)に改称(三重交通(株)から鉄道分離)
1965年(昭和40年)	近畿日本鉄道(株)と合併
1977年(昭和52年)	西桑名駅移転(西桑名馬道間0.1km短縮)
1992年(平成4年)	ワンマン運転開始
2000年(平成12年)	近畿日本鉄道(株)か廃線表明
2002年(平成14年)	沿線市町が三岐鉄道に存続運行を依頼
2003年(平成15年)	沿線市町(桑名市・東員町・いなべ市)の支援により三岐鉄道北勢線運行開始 各種改善実施 無料駐車場・駅前ロータリー整備 行き違い駅を5駅から7駅(阿下喜駅含む)に 駅の統廃合・廃止移転により17駅から13駅に 曲線・橋梁改良列車高速化・冷房化改修など

地域鉄道線への対応1—事業譲渡—

近鉄における事例 1

第一種鉄道事業者への事業譲渡

H15.4

近鉄北勢線 (三重県)

三岐鉄道に事業譲渡

沿線市町から三岐鉄道へ10年間で50億円以上の財政支援、
国からの支援制度の活用(幹線鉄道等活性化事業など)

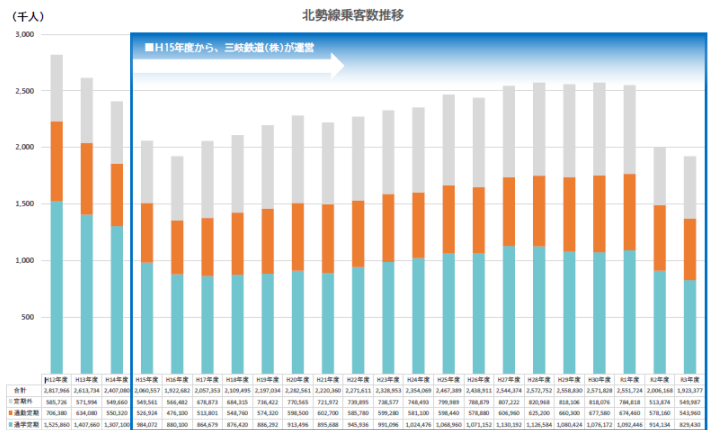
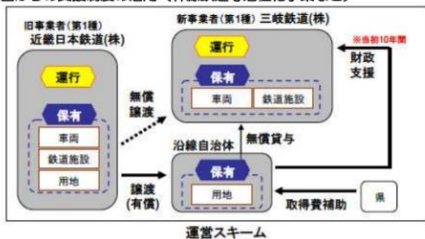


図3 北勢線、国からの支援例⁴⁾

図4 北勢線乗客数推移⁵⁾

6. 三岐鉄道北勢線の魅力

北勢線事業運営協議会(構成員は三岐鉄道と北勢線沿線の桑名市、いなべ市、東員町)では、北勢線の魅力として以下のことを紹介している¹⁾。

1) ナローゲージ

ナローゲージとは、線路幅(ゲージ)が国際標準軌 1,435mm よりも狭い(ナロー) 鉄道のことである。国内の鉄道では、JR が採用している 1,067mm ゲージよりも狭い線路幅の鉄道を指すことが多く、北勢線の線路幅は 762mm である。現役のナローゲージ鉄道(線路幅 762mm)は日本に 3 事業者「三岐鉄道北勢線」、「四日市あすなろう鉄道 内部・八王子線」、「黒部峡谷トロッコ電車」のみとなっている。よって、北勢線は日本の鉄道史上、貴重な文化的遺産といえる。

2) 土木学会選奨土木遺産

北勢線内の「めがね橋」と「ねじり橋」が、2009 年度「土木学会選奨土木遺産」⁶⁾に認定された。土木学会選奨土木遺産とは、土木遺産の顕彰を通じて歴史的土木構造物の保存に資することを目的として、公益社団法人土木学会が 2000 年に認定制度を開始した。推薦・一般公募により年間 20 件程度が選出されている。

めがね橋とねじり橋は楚原駅から約 1km の位置にある。めがね橋は三連式のアーチが美しい全国的にもめずらしいコンクリートブロック製の橋で、北勢線の代表的な撮影スポットとなっている。ねじり橋は江戸時代に作られた「六把野井水(ろっぱのいすい)」に架かる橋で、橋と用水が斜めに交差するため、アーチ橋下部のブロックは、ひねりを入れて積まれている。この構造は「ねじりまんぼ」といい、現存するコンクリートブロック製の橋では大変貴重な橋といえる。こちらも北勢線の代表的な撮影スポットとなっている。

7. 他の地域での活性化の事例

北勢線の活性化を検討するにあたり、他の地域での参考事例を調査した。

1) 駅から歩いて行ける温泉、商業施設⁷⁾⁸⁾

鉄道駅から歩いていくことのできる施設として、三重県菰野町湯の山温泉に癒しと食の総合リゾート「アクアイグニス」がある。ここは、アクセスの面では車では東名阪自動車道「四日市 IC」より国道 477 号線(湯の山街道)を西へ約 15 分、新名神高速道路「菰野 IC」より約 5 分、電車では近鉄湯の山線「湯の山温泉駅」から徒歩 8 分、湯の山温泉駅から路線バスでは、近鉄湯の山線「湯の山温泉駅」から路線バス「アクアイグニス」行きに乗車、約 3 分となっている。アクセスが良く、訪れる人々の心を癒す、食と人が交わる極上の休日空間といえる。三重県湯の山という既存の観光地を活かして「癒し」と「食」をテーマにした、複合温泉リゾート施設というのをコンセプトとしてラグジュアリーでおしゃれな宿泊施設にもなっている。さらに隣接する形で FREE AND EASY CAMP RESORT という施設がある。ここは「密」を避けてアウトドアを満喫できるキャンプサイトとキャンピングトレーラー「X-cabin300」で気軽に非日常的な空間を楽しむ X-cabin トレーラーサイト、日帰り手ぶら BBQ やドッグラン・ドッグサロン、貸切サウナ施設などを完備されておりキャンプしながら併設している片岡温泉「アクアイグニス」の入浴利用もできるキャンプリゾートである。



図 5 FREE AND EASY CAMP RESORT 内のテントサイト⁸⁾

このような鉄道を含めてアクセスの良好な場所でのアウトドア体験ができる施設が、これからの流行になると思われる。

2) 駅をリニューアルした事例⁹⁾

宮崎県日南市にある JR 九州日南線の油津駅を取りあげる。同駅は昭和 12 年 4 月 19 日、志布志線大堂津駅～油津駅開業に伴い終着駅として開業し、昭和 38 年の日南線全通により、日南線の駅になっている。平成

30年2月4日に駅舎を赤く塗り替えられ、今のカープ油津駅の愛称になった。これは、広島東洋カープのキャンプ地の最寄り駅であることから名づけられた。



図6 赤く塗り替えられた油津駅¹⁰⁾

8. 北勢線の利用促進案の提案

上記の考察から、北勢線の利用促進策として、沿線にキャンプ場を作ることを提案する。

最近では、おしゃれで、手軽な緩いキャンプがはやっているほか、アニメになるほど人気が出始めている。また SNS の流行により、写真映えすることも重要であると認識した。そこでそれらの内容に沿ったキャンプ施設、グランピング施設を提案する。まず、場所は北勢線の終点駅の阿下喜駅の近くに阿下喜温泉がある。温泉とキャンプ場というのは親和性の高い関係にある。空き地の他に、ゴルフ場もあり、この敷地の一部を活用することを提案する。また、自然の景観が楽しめる場所であり、FREE AND EASY CAMP RESORT のような写真映えする仕掛けを施した場所や提供する料理を映えるようなものにより、若者層からファミリー層までの幅広い支持が得られると考える。

9. まとめ

三岐鉄道北勢線の魅力とは大きく2つある。1つ目は立地条件である。例えば、自然が豊かで昔からの建造物もある一方で、それほど都市部と離れていない。2つ目は特徴的な鉄道施設を有している点である。問題点は乗車人数が少ないことである。そこで沿線に新名所を作ることや、温泉駅を建てること、あるいは流行に乗ったキャンプ場を建てること、そこでイベントを行うことで三岐鉄道北勢線の魅力を活かした活性化を進めることが重要といえる。

10. 謝辞

ご指導いただきました磯部友彦教授に深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 北勢線事業運営協議会事務局 WEB：北勢線の紹介、(参照 2023-01-24)
<http://www.hokuseisen.com/info/index.html>
- 2) 三岐鉄道 WEB：鉄道路線図、(参照 2023-01-24)、<https://www.sangirail.co.jp/>
- 3) いなべ市 WEB：【北勢線】北勢線の支援と現状、(参照 2023-01-24)、
<https://www.city.inabe.mie.jp/kurashi/kotsu/tetsudo/1011218.html>
- 4) 近畿日本鉄道：近鉄における地域鉄道線への取組みについて、(参照 2022-12-15)
<https://www.tb.mlit.go.jp/hokkaido/bunyabetsu/tiikikoukyoukoutsuu/67shinpojiumu/290607/04kintetsu.pdf>
- 5) いなべ市 WEB：【北勢線】北勢線の支援と現状 北勢線乗客数推移 (参照 2022-12-15)
https://www.city.inabe.mie.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/011/218/jyoukyakusuu.pdf
- 6) 土木学会：土木学会選奨土木遺産、(参照 2023-01-24)、<https://www.jsce.or.jp/contents/isan/>
- 7) 湯の山温泉 アクアイグニス WEB：ACCESS、(参照 2022-1-10)、<https://aquaignis.jp/access.php>
- 8) FREE AND EASY CAMP RESORT WEB：ご利用ガイド、(参照 2022-1-10)、<https://fecr.jp/guide/>
- 9) 乗りものニュース：「日本一のカープ駅」宮崎に誕生へ JR 日南線の油津駅が真っ赤に変身、(参照 2023-1-10)、<https://trafficnews.jp/post/79201>
- 10) 宮崎日日新聞：「カープ油津駅」誕生 球団名冠した駅は全国初、2018年2月6日、(参照 2023-1-10)
<https://www.the-miyanichi.co.jp/special/happynews/detail.php?detailid=1549723509>

2022 年度卒業研究論文概要

地域とともに改善させた地域公共交通システムの評価 —春日井市「北部オンデマンドバス」を例に—

EC19076 山田 銀平

1. 研究背景・目的

本研究の題材に取り上げる北部オンデマンドバスが令和3年8月より運行を開始しており、運行を始めてからちょうど一年ほどが経過した。この一年を通して運行状況や利用状況、実際に運行をしてみて発覚した成功点や改善点など様々な情報や課題が得られたはずである。ただ、それらをまとめる機会があまりなかったとのことなので、春日井市内の公共交通についての議論を行う場として開かれる春日井市地域公共交通会議の会長である磯部教授の研究室所属の私が北部オンデマンドバス運行後の評価に携わらせてもらい、得られた情報をまとめて現状の評価と今後についての考察をしていく。

3. 研究方法

北部オンデマンドバスの運行までの経緯と運行後の現状を調査するべく、磯部教授が保管していた「牛山区交通検討会」の資料とインターネット調査を用いた過去の情報収集や、運営運行を行っている春日井市役所と春日井タクシー様へのヒアリング調査を行い現状の情報収集を行う。それらで得られた情報を用いて現状の北部オンデマンドバスの評価と今後の運営方針について考察する。

4. 北部オンデマンドバス

北部オンデマンドバスは、春日井市の牛山区と鷹来地区の一部を走る乗り合いコミュニティバスである。従前の定時路線型バスであるかすがいシティバス北部線の利用率が低く、継続が困難であったため新しく導入されたオンデマンド交通サービスであり、従来のかすがいシティバス北部線の運行目的に加え、小型のワゴン車両を用いて人口密集地への乗り入れをするとともに、SAVSと呼ばれるAIオンデマンドシステムによる効率的な配車をすることで、高齢者人口が増えつつある牛山という地域の実情に合わせた運行を目的とする公共交通システムである。

北部オンデマンドバスは利用者の複数人が乗降ポイントを決め予約サイト等で予約を行い、AIが予約された乗降ポイントと時間をもとに最効率ルートを作成し、作成されたルートを基準に運行会社がバスを運行するシステムとなっている。

5. 従前の春日井シティバス北部線¹⁾

北部オンデマンドバス運行以前に牛山区周辺を走っていた春日井シティバス北部線には牛山区そのものの課題点と行政面の課題点があり、他路線と比べ利用者数が低迷していた。牛山区の課題点では、牛山区全体を通して道路の道幅が狭いため、大きなバスで住宅地等に近づくことができず自宅や公共施設等からバス停までの距離が遠くなってしまい、市民病院やスーパーマーケット等への便利な公共交通機関とならずこの地区の住民の方たちは不便さがあった。さらに行政面の課題として他の春日井シティバス路線と比べ利用率が

低く、路線存続が難しくなっていたため、牛山区を中心とした新しい移動サービスの検討が必要という行政と牛山区の住民の共通認識のもと「牛山区交通検討会」が立ち上がった。

表1 平成30年度 春日井シティバスの経営実績

路線	1人当たりの市負担額	利用者1人当たりの支払金額
	(収支/利用者)	(かすがいシティバス全体の収入/乗降者数)
東環状線	430.2円	約106円
西環状線	276.4円	約117円
北部線	640.2円	約86円
南部線	461.8円	約110円
合計	416.5円	約108円

6. 北部オンデマンドバス運行開始までの経緯

「牛山区交通検討会」が立ち上がってから運行開始に至るまで、コミュニティバス交通の先進事例の視察や実証実験などの取り組みを行っていた。コミュニティバス交通の先進事例視察では、多治見市のあいのりタクシーや瀬戸市の菱野団地「住民バス」、チョイソコとよあけの三つを視察し、どのような方針のコミュニティバスにするかを検討した。その検討内容を用いて「定時路線型バス」と「予約型バス」の二種類の方法に分け下記のような条件での実証実験を行い、支持率の高かった「予約型バス」が採用された。

表2 定時路線型バスの実証実験概要

定時路線型バス	
実験期間(無料)	令和2年8月3日(月)～8月14日(金)の月・火・水・金
実験期間(有料)	令和2年8月17日(月)～9月18日(金)の月・火・水・金
運行路線(月・水)	牛山駅～春日井市民病院間の往復
運行路線(火・金)	間内駅～春日井市民病院間の往復
車両	ワゴン車両
料金	春日井シティバスと同様

表3 予約型バスの実証実験概要

予約型バス	
実験期間(無料)	令和2年10月5日(月)～10月16日(金)の平日
実験期間(有料)	令和2年10月19日(月)～11月20日(金)の平日
運行エリア	牛山区・鷹来地区
車両	ワゴン車両
料金	春日井シティバスと同様

表4 実証実験の結果

	定時定路線型バス			予約型バス		
有料利用者	187人(6.7人/日)			401人(16.7人/日)		
全体利用者	385人(13.7人/日)			603人(17.7人/日)		
高齢者利便性 使いやすいと 感じたか	80歳以上	70歳代	60歳代	80歳以上	70歳代	60歳代
	66%	77%	100%	75%	84%	100%
	71.9%が「使いやすい」			83.6%が「使いやすい」		

7. 春日井市役所へのヒアリング調査で得た情報

春日井市役所のまちづくり推進部都市政策課交通企画担当の菊池滉記様と加藤隆人様に北部オンデマンドバスの現状についてのヒアリング調査を行った。ヒアリング調査で得られた情報は大きく三つであり、一つ目は運行開始から現在に至るまでの利用者数が増加傾向にあり、その利用者の平均年齢は80歳ほどであり女性の利用者が9割近くになっていること、二つ目はよく利用される乗降ポイントは商業施設や病院、駅になっており、公共交通機関としての役割を十分に担えていること、三つ目は春日井市役所に入ってくる利用者の意見の多くが予約の取りづらさと定時路線型に戻してほしいという意見で、その中でも予約の取りづらさに関しては急な予約が取りづらいことやインターネットでの予約の取りづらさ、予約がすぐに埋まってしまう運行ルートが決まりが早いこと、需要にバス一台で追いつけなくなっているという要因があげられるが、もう一台バスを増やすための経費の問題もあり今後に向けての大きな課題の一つとなっている。



図1 北部オンデマンドバス 運行件数



図2 北部オンデマンドバス 利用人数

表5 月別利用者状況²⁾

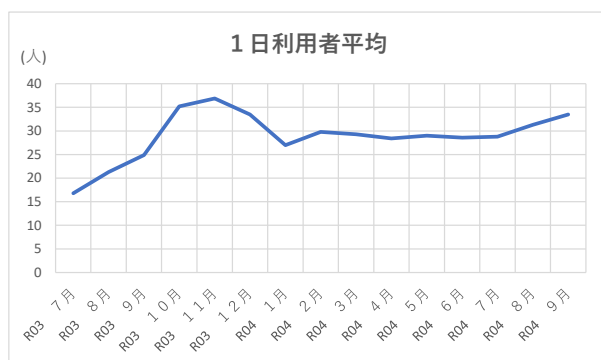


図3 北部オンデマンドバス 1日利用者平均

月別	北部オンデマンドバス			
	運行件数	人数	1日平均	
R03	7月	274	336	16.8
R03	8月	387	447	21.3
R03	9月	423	497	24.9
R03	10月	626	739	35.2
R03	11月	609	738	36.9
R03	12月	548	670	33.5
R04	1月	429	513	27.0
R04	2月	429	537	29.8
R04	3月	548	644	29.3
R04	4月	489	568	28.4
R04	5月	471	551	29.0
R04	6月	534	630	28.6
R04	7月	486	575	28.8
R04	8月	586	689	31.3
R04	9月	579	669	33.5
R03.7~R04.9		7,418	8,803	29.0

8. 春日井タクシー様へのヒアリング調査で得た情報

北部オンデマンドバスの運行を行っている春日井タクシーの奥村薫績様（運転手）と渡邊智子様（オペレーター）に北部オンデマンドバスの運行状況や運営方法についてヒアリング調査を行った。ヒアリング調査で得られた情報は大きく4つあり、一つ目は現在の運営は上記二名（+運転手代役一名）で行っており、今後もバスの台数を増やさない限りはこの体制で運営を行うこと、二つ目は利用者の方と運営側の関係は非常に良好で運航地域の北部オンデマンドバスに対する関心も強まってきていること、三つ目は運行遅延の原因がAIの作成したルート上での問題とAIが作成するデマンドと現実時間での20分の差異があり、その遅延には運転手とオペレーターの知識と経験で対応して遅延は最大でも10分ほどであること、四つ目は同時に取れる予約の数が三つであり、復路を確保できない利用者に臨機応変に対応していることがわかった。

9. 問題点に対する考察

現状の北部オンデマンドバスの大きな課題は二つあり、一つ目はインターネットでの予約状況のわかりづらさや予約枠が早い段階で埋まり運行ルートが決まってしまうことなどに起因する予約の取りづらさと、両者増加により需要が上がりバス一台では対応できなくなっている点があげられる。

一つ目の予約の取りづらさは、一週間前から予約が取れる枠とは別に二日前から当日に予約が取れる枠を少数用意することで急な予約ができる枠を確保し、予約サイトで一日の運行ルートや時間毎の乗車人数がわかるシミュレーションを作成し、インターネットに不慣れな高齢者でもわかりやすいようなサイトに改善していくことが対策になると考える。

二つ目の需要に一台で対応できなくなっている点に関しては、春日井シティバス全体の予算が年間で1億2千万円と決められていて、それを計7路線に同程度分配しなければならないという金銭的な面での二台目導入が難しくなっているため、運行に使用する二台のワゴン型バスにラッピング広告をつけることで広告料をいただき運営維持費に充てるのがよいと考える。ただ、あくまで地域のためのデマンド交通であるため、広告を依頼する企業やお店は運航範囲内に限定し地域の活性化を同時に図るのが良いと考える。

10. 結論

本研究は北部オンデマンドバス運行開始までの経緯と運行開始後の現状を調査し、現状の評価と今後の運行方針を考察することを目的としていた。調査の結果、北部オンデマンドバスは現状予約の取りづらさと需要に一台で追いつけなくなっている問題点が分かった。ただ、大きな問題点はこの二つくらいで、利用者数の増加が地域住民の需要にしっかりと答えられている何よりの証拠となっており、運転手、オペレーターの方たちの接客の良さや地域との距離の近さなど、高齢者の利用を主にした地域のための運行を行っていることが分かった。

11. 謝辞

本研究を作成するにあたりご指導いただきました磯部教授、資料情報の収集にご協力いただきました春日井市役所まちづくり推進部都市政策課交通企画担当の加藤様、菊池様、春日井タクシーの奥村様、渡邊様に深く感謝を申し上げます。

12. 参考文献

1)春日井市 HP 北部オンデマンドバスとは 2023年1月25日

<https://www.city.kasugai.lg.jp/shimin/kurashi/1003481/bus/1025196.html>

2)春日井市 HP 北部オンデマンドバス利用状況 2023年1月25日

<https://www.city.kasugai.lg.jp/shimin/kurashi/1003481/bus/1030180.html>

外ケーブル補強効果が評価可能な解析手法の開発に関する研究

EC19003 浅野 陽平

1. 序論

高度経済成長期に集中的に整備された橋梁が一斉に高齢化を迎えるなか、さまざまな劣化要因による損傷事例が報告され、劣化した既設 PC 橋の残存性能評価手法および補修補強後の性能評価手法の確立が求められている¹⁾。劣化した既設 PC 橋の耐荷性能を回復させる手法には、外ケーブル工法が効果的で多用されている。しかしながら、外ケーブル補強による補強効果に関する知見は、健全な PC 桁に対する研究²⁾によるものが多く、また PC 鋼材が多数破断した PC 桁では補強効果が得られないとの報告³⁾もある。すなわち、劣化した PC 構造物では外ケーブル補強効果が十分に検証されていない。そこで本研究では、将来的に劣化した PC 桁に対する外ケーブル補強効果を数値解析的に評価するために、外ケーブル補強効果を予測できる解析手法の構築を目的とした。具体的には、外ケーブルに緊張力を導入する手法を構築し、要素分割や境界条件が導入プレストレス量に及ぼす影響を評価するとともに、健全な桁を対象に外ケーブル補強が耐荷性能に及ぼす効果を数値解析的に評価した。

2. 解析概要

2.1 外ケーブル要素のモデル化と緊張力の導入手法

図-1 に本研究における外ケーブル要素のモデル化手法の概念図を示す。一般に外ケーブル要素内の応力状態は一樣であるため、モデル化にあたっては偏向ごとに 1 要素で良いと考えられる。しかしながら、外ケーブル補強後に、外ケーブルに腐食などの何らかの変状が生じた場合、応力の再分配などを再現するには、1 要素でのモデル化では不都合である。また、汎用プリソフトでは、棒要素やはり要素の要素分割の際に、これら線要素が立体要素通過するごとに節点を設け、1 本の鉄筋などを複数の要素に分割する機能が備わっている。そこで本研究では、外ケーブル要素のモデル化にあたり、図-1 に示すように、補強対象となる桁周囲に剛性の低い空間要素を設けることで、外ケーブルを複数の要素でモデル化した。これにより、図-1 下に示すように、空間要素の描画を削除すると、内ケーブルと同様に外ケーブル要素をモデル化できることを確認した。外ケーブル要素への緊張力導入は、図-2 に示すように外ケーブル要素の端節点に直接荷重を作用することにより実施した。その際、桁要素などが剛体変位しないように、荷重を作用させる外ケーブル要素節点と同高さ位置の定着部要素の節点を変位拘束することで、反力を確保した。所定の緊張力を作用させたのち、外ケーブル要素と定着部要素間の付着を剛とすることで定着させ、その後緊張力を除荷した。最後に、力の釣合いが満足されたことを確認したのち、反力を確保するために変位拘束した節点の拘束を解除した。

上記のように外ケーブル要素や緊張力の導入を実施するとき、図-2 に示すように、空間要素の要素分割に応じて定着部の要素分割も粗となるので、反力を確保する際に変位拘束する節点が桁要素の構成節点となりえる。要素分割はユーザーの選択によるので、このような要

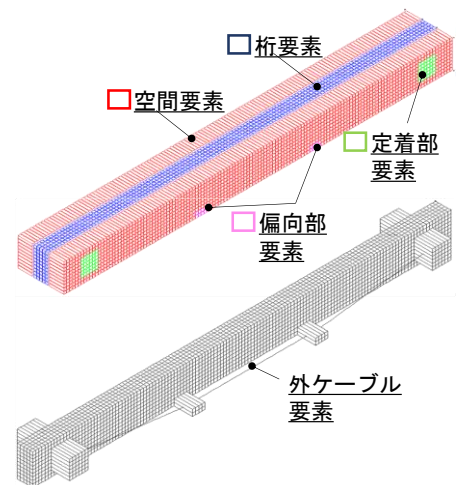


図-1 解析モデルの概要

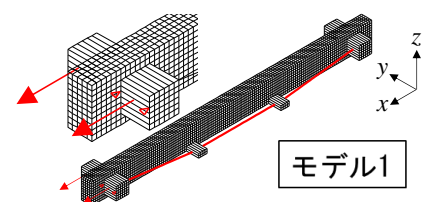


図-2 緊張力の導入

素分割でも適切な解がえられるのか、また、剛性の低い空間要素が複数存在しても適切な解が得られるのかを確認するために、図-2 に示す解析モデルに加えて、図-3 に示すように空間要素部を細かく要素分割した解析モデルについても同様な緊張解析を実施することで、解析手法の妥当性の検討を行った。

2.2 解析対象の概要

本研究では外ケーブルの付着を表現するために研究室で開発する付着モデルを使用した。実橋での外ケーブル補強工を再現したモデルの寸法を図-4 に示す。この解析では、橋梁を模した断面 $250 \times 500 \text{mm}$ で支間 6800mm の PC 桁を使用して外ケーブル補強のモデル化を断面 $300 \times 500 \text{mm}$ の断面で両側面に剛性の低い空間要素を設け、 $300 \times 300 \text{mm}$ の定着部と $200 \times 100 \text{mm}$ の偏向部を除き削除することによって外ケーブル補強をモデル化した。プレストレスの導入による固定位置が一要素だった場合に結果に変化をもたらす恐れがあるため、それを避けるために今回は定着部をモデル 1,2,3 とし 1,3,5 分割に分けて比較することにする。緊張力の導入、除荷、境界条件の変更と step を分けて解析を回すことによってひずみを算出し数値を元にグラフをそれぞれ作る。そこから 3 つのモデルのひずみ・応力結果に差がないことを確かめる。健全な桁を対象に外ケーブル補強が耐荷性能に及ぼす効果を数値解析的に評価するとともに解析が正常に行われたか手計算による実数値と比較することによって本解析手法での妥当性や改善点などを検討する。

3. 解析結果

3.1 引張におけるひずみ変化

各ステップでのひずみ変化量を解析によって算出。要素分割モデルごとのプレストレス導入後、定着と除荷時のひずみ変化量を図-5 に示す。左が定着で右が除荷での外ケーブルにおけるひずみ変化量であるが 6500mm の位置でひずみが急激に減少したのは引張した外ケーブルの露出した部分を切断したことにより切断面で外ケーブルがすべったためである。 0.0028 で横ばいになっているが 2300mm と 4500mm の位置で 0.0002 ほど減少している。外ケーブル補強で偏向装置により図-4 のように外ケーブルが曲がっているためその分引張に対しての伸びが少なかったからだということが考えられる。本研究では要素分割を 3 つのパターンに分けて解析を行ったが全てのパターンにおいて近似したデータを算出することができた。緊張力を加えた際のコンクリートの応力を上面と下面でそれぞれ数値化した結果を図-6 に示す。外ケーブルのひずみグラフと同じようにコンクリートの応力と位置関係をグラフに表示した。

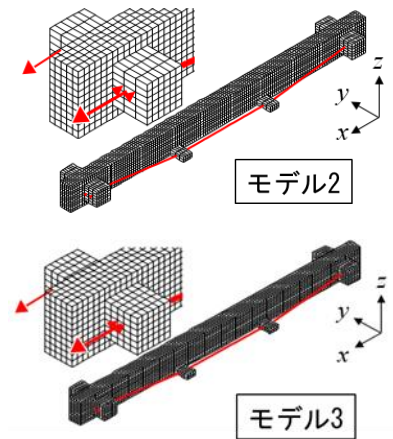


図-3 要素分割モデル

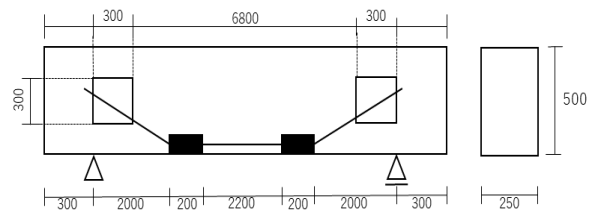


図-4 外ケーブル補強寸法図

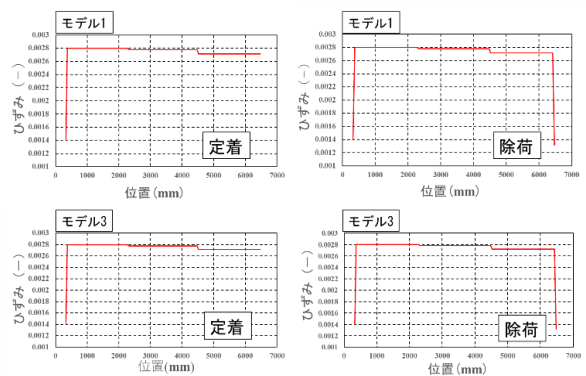


図-5 外ケーブルひずみ分布

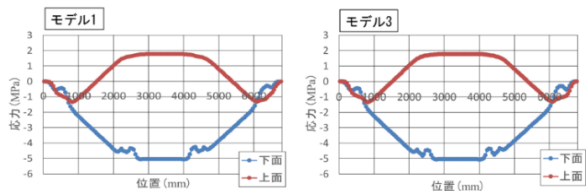


図-6 コンクリート応力分布

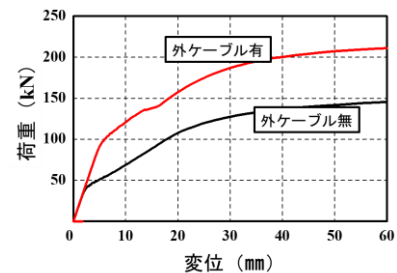


図-7 荷重変位関係図

3つのモデルにおいてどの引張力導入でも上面と下面は位置軸方向に対称になるようなグラフになったため解析結果として正しいと言える。しかし偏向部で下面の応力に変化が見られた。

断面高さにおける手計算でのひずみ理論値と解析によって算出したひずみを出した。理論値は475mmと25mmで59.8466, -168.068, 解析値は59.7886, -167.865であり、理論値と解析値にはほぼずれがなかったことからこの解析結果は正しいと言える。

3.2 載荷によるひずみ変化

外ケーブルの有無による荷重変位関係を図-7に示す。荷重は200kNで緩やかな曲線になっており外ケーブル有の耐荷性能が外ケーブル無しより高いことがわかる。

外ケーブル補強の有無によるひずみ変化を色で表しものを図-8に示す。外ケーブル補強の有無でひずみに差がでており外ケーブル有のほうが、ひずみが小さく耐荷性能が上がっていることがわかる。ひび割れを図-9に示す。上2つの最大荷重とした2つの100kNの荷重どちらもひび割れが外ケーブル無のほうが多く入っていることから耐荷性能が高くなっていることがわかる。しかし外ケーブル有の上図を見てもひび割れが発生していない場所が2箇所存在する。ここには外ケーブル補強をするにあたって設けた偏向装置があり、コンクリートとの接合面でずれが生じたと考えられる。

3.3 荷重による外ケーブル補強偏向部の変形

図-10には最大荷重を加えた後のコンクリートの変形について示す。荷重を加えたことにより偏向部との接合面で変形が起き、鉄筋に伸びが生じなかった。この結果から定着部と偏向部に奥行き方向に鉄筋を差し込むことや接合面を広げることで防げると考えられる。

4. 結論

本研究では空間要素部を要素分割した解析モデルについての緊張解析を実施することで、解析手法の妥当性の検討を行ったがどの要素数でも同じような結果が得られたため解析結果として妥当だったと言える。しかし荷重を加えた際に外ケーブル補強の偏向部が変形してしまったことにより正しいひび割れが発生しなかった。そのため外ケーブル補強のモデル化によって横締めなどの適切なモデル化が必要である。

参考文献

- 1) (国研) 土木研究所構造物メンテナンス研究センター, (一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会: 撤去橋梁を用いた既設PC橋の補修補強技術の高度化に関する共同研究報告書—既設PC橋の性能評価法および外ケーブル補強技術に関する研究—, 2020.12
- 2) 津野和男, 和泉公比古, 山田実, 森康晴: 外ケーブルによるPC 桁の補強効果に関する研究, プレストレスト・コンクリート, Vol.34, No.1, pp.41-48, 1992.1
- 3) 国土交通省土木研究所: 塩害を受けたPC 橋の耐荷力評価に関する研究 (IV) —旧芦川橋の載荷試験—, 土木研究所資料第3816号, 2001

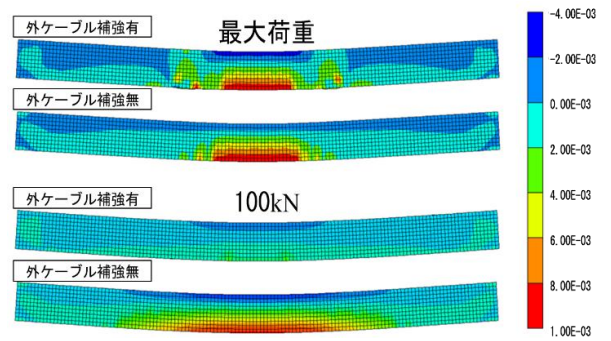


図-8 外ケーブルの有無によるひずみ図

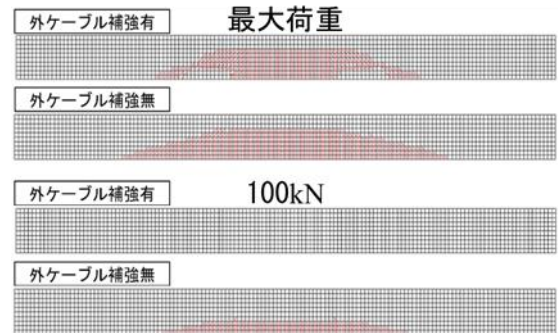


図-9 外ケーブルの有無によるひび割れ図

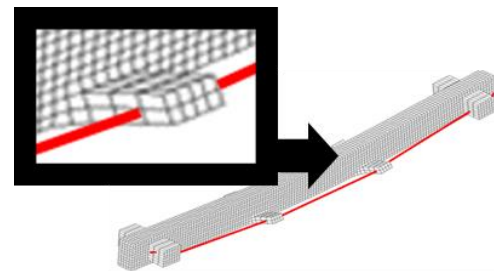


図-10 荷重後のコンクリート変形図

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

EC19014 遠藤滉大

1. 研究背景と目的

現在日本国内に建設された橋梁で15mを超える橋は全体で16万を超えており、そのうちの約6.9万橋はPC橋が占めているが、約5割が約30年、約3割が40年建造から経過しているように、高度経済成長期に建造された多くのインフラ設備に寿命が迫っている。これらの老朽化したPC橋を適切に維持管理して安全に供用を継続できるようにしていくことが現在の土木技術者に求められている。また、老朽化したコンクリート構造物で合理的な維持管理には、経年などで劣化・損傷した構造物が保有する残存構造性能を適切に評価する技術が必要と考えられ、社会基盤の維持管理・更新が大きな課題となっている。ポストテンション式PC桁において、PC鋼材の腐食や破断が報告されており、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、数値解析的検討を通じて、PC鋼材破断時の付着特性の評価と残存プレストレス分布の評価を目的に据えて研究を行った。

2. 解析内容

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、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た。図-1、表-1に供試体諸元と材料特性値を示す。

本研究では、前田らの実験で作成された供試体のうち1-1から1-5の5本を対象とし、解析ソフト上で実験状況を再現し、数値解析を行った。解析対象全ての供試体は、250mm×250mmの矩形断面を有するPC部材であり、鋼材を破断するために、左端部より280mmの位置に120mm×120mm×120mm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、ヤング係数は32kN/mm²である。シーす管の周囲には軸方向鉄筋(D16)が4本設置されている。供試体1-1にはPC鋼材SWPR7AL7本より9.3mmを1本(1T9.3)、

表-1 材料特性値

No.	供試体寸法						PC						グラウト		コンクリート	
	断面幅 mm	断面高さ mm	開口部位置 mm	開口部 mm	試験長 mm	全長 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 kN	初期ひずみ	強度 N/mm ²	降伏強度 N/mm ²	ヤング係数 kN/mm ²
1-1	250	250	280	120	3000	3400	1T9.3	SWPR7AL	51.61	1683	219	58.4	0.005166957	48.8	53.6	32
1-2												107.6	0.00570713			
1-3							1T12.7	SWPR7BL	98.71	1824	191	113.5	0.006020067	48.8		
1-4												105.7	0.005606353	67		
1-5							1T15.2					1875	191.8	0.010173118		

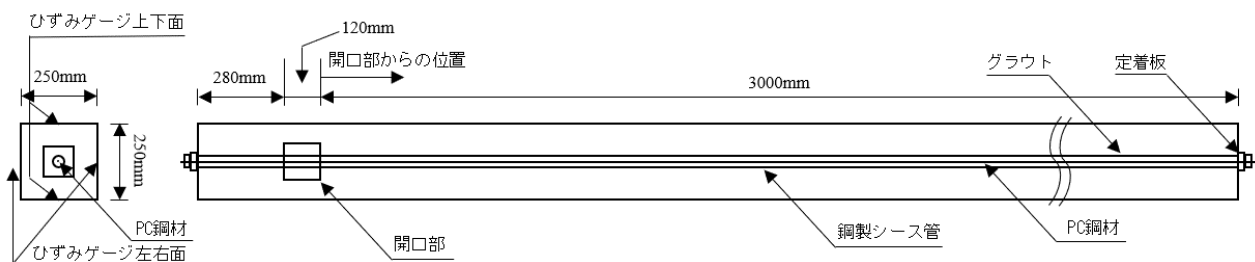


図-1 供試体諸元

供試体 1-2~1-4 には PC 鋼材 SWPR7BL7 本より 12.7mm を 1 本 (1T12.7)、供試体 1-5 には PC 鋼材 SWPR7AL7 本より 15.2mm1 本 (1T15.2) を、それぞれシース管内に沿って導入している。グラウト強度は供試体 1-1、1-3、1-5 で 48.8N/mm²、供試体 1-2 で 30.3N/mm²、供試体 1-4 で 67N/mm² となっている。実験では供試体に設けた開口部で PC 鋼材を切断した際の部材軸方向のコンクリートひずみを計測することで、次式によりプレストレスの残存割合 r を求めている。

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

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。

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 鋼材要素接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 関係には式(2)に示す島ら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。

$$\tau = a \times 0.73 f'_g (ln(1 + 5s))^3 / (1 + \varepsilon \times 10^5) \quad s = 1000S/D \quad (2)$$

ここで、 f'_g : グラウト強度、 ε : PC 鋼材ひずみとし、 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、アンボ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 400mm 位置で、切断する PC 鋼材要素の断面積を 16 段階に分けて徐々にゼロと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現象範囲に及ぼす影響を解析的に評価した。

また、グラウト強度と緊張力を変数として平均付着応力度とプレストレス残存割合が 1.0 になるまでの距離を評価する解析も同時に行い、前田らの実験再現のデータと比較して解析手法の妥当性と、グラウト強度と引張力の違いがプレストレス減少量に及ぼす影響を評価した。グラウト強度は 20、30、40、50、60、70N/mm²、緊張力は 4000 μ 相当、6000 μ 相当のひずみ量となるように引張り、合計 12 パターンの試験を行った。なお、供試体寸法、破断位置、破断方法、解析方法は前田らの実験のものと同じ条件で行った。

3. 解析結果

図-3 から **図-6** に解析で得られた PC 鋼材切断時のプレストレス残存割合、PC 鋼材ひずみ減少割合および PC 鋼材のすべりと付着応力分布を示す。なお、**図-3** に示す実験値と解析値との比較から、本研究では式(2)中の a を 0.3 とした。図より、プレストレス残存割合は PC 鋼材切断位置から線形的に変化し、この分布は PC 鋼材のひずみ分布と同様である。すべり分布は、**図-4** 中に破線で示す鋼材ひずみが線形的に変化する領域の近似直線が横軸と交わる位置でほぼゼロとなり、付着応力は、鋼材ひずみが線形的に変化する領域で一定となった。これは、鋼材ひずみの直線分布はその領域で鋼材ひずみの変化率 $d\varepsilon/dx$ が一定であり、微小区間でプレストレス力の減少量が一定であるためである。なお、減少プレストレス力が

付着力と釣合うとして、**図-3** 中に示す $d\varepsilon/dx$ を用いて付着応力を算出した結果、1-2 から 1-4 に対してそれぞれ -3.38、-4.63、-5.75N/mm² となり、これらの値は、**図-6** 中の矢印区間の平均付着応力と比して 1 割程度の

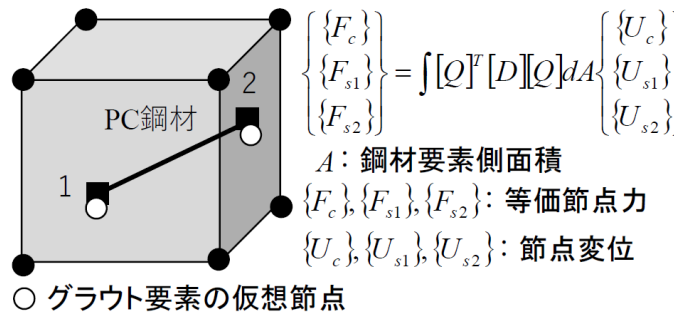


図-2 付着剛性方程式の定式化

差異で一致した。これらから、式(2)の ε を切断に伴うPC鋼材ひずみの変化量とすることは妥当と考えられる。

図-7 と図-8 にグラウト強度と緊張力を変数として、図-6 中の平均付着応力と図-3 中のプレストレス残存割合が 1.0 になるまでの距離を評価した解析の結果を示す。また、開口部からの距離-ひずみ減少量のグラフを作成し、減少範囲の直線部分の傾きを求めその結果を比較することで緊張力やグラウト強度が平均付着応力に及ぼす影響を求め、図-9 と表-2 にまとめた。図-9 と表-2 に示すようにひずみ減少区間では平均付着応力はほぼ一定であり、緊張力の大きさの違いによる影響はないという結果が得られた。グラウト強

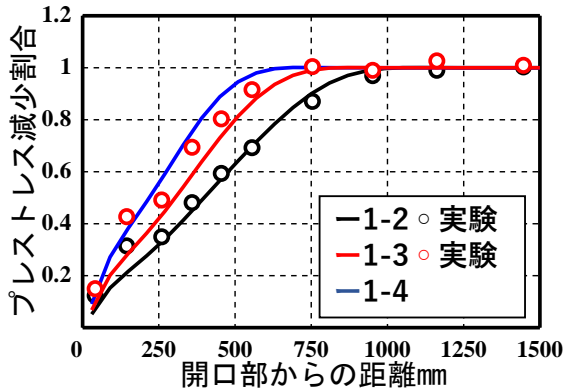


図-3 プレストレス残存割合分布

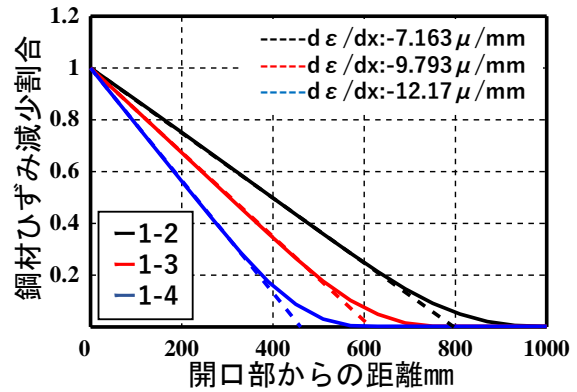


図-4 鋼材ひずみ分布

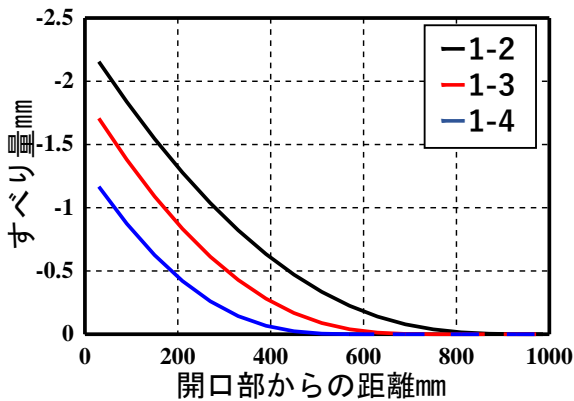


図-5 すべり分布

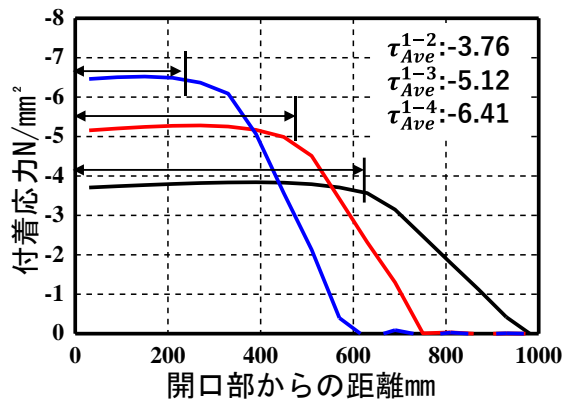


図-6 付着応力分布

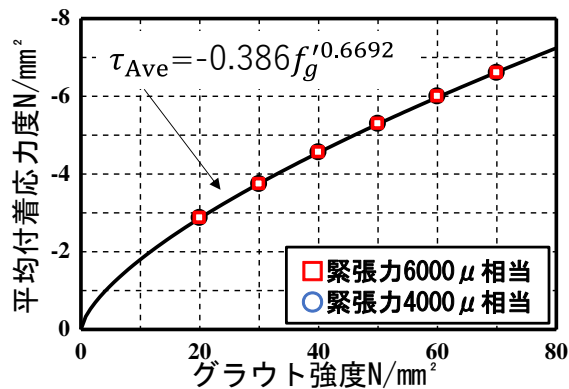


図-7 プレストレス現象範囲の付着応力度-グラウト強度関係

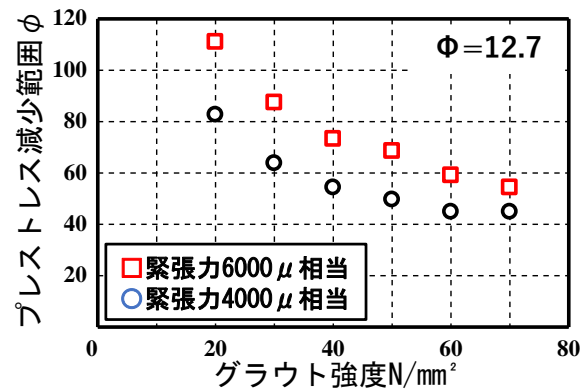


図-8 プレストレス減少範囲

表-2 グラウト強度と $d\varepsilon/dx$ の関係

グラウト強度 N/mm^2	20	30	40	50	60	70
4000 μ : $d\varepsilon/dx$ (10^{-6})	-5.46409	-6.8258	-8.37841	-9.21632	-10.2554	-12.2792
6000 μ : $d\varepsilon/dx$ (10^{-6})	-5.38952	-7.11534	-8.60019	-9.91661	-11.1645	-12.0728

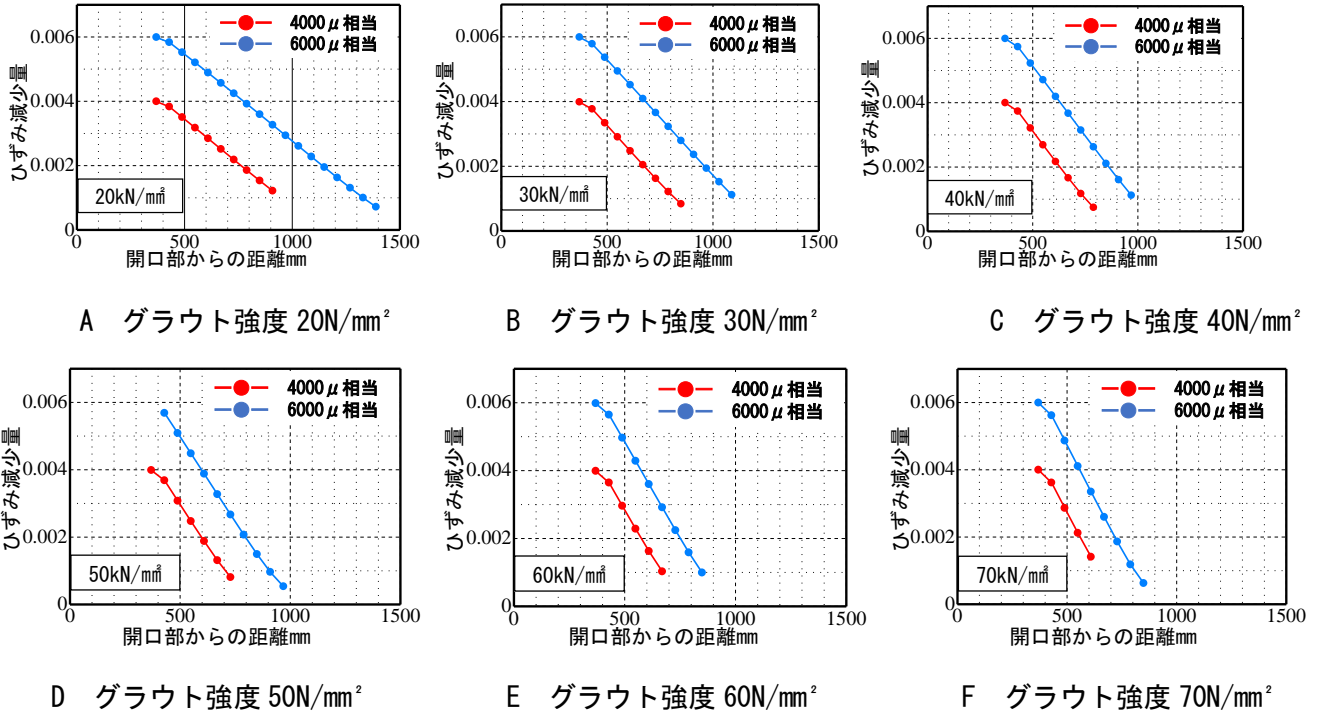


図-9 ひずみ減少量まとめ

度はひずみ減少区間に関して影響を与え、強度が大きくなるほど緊張力は抜けにくく、ひずみ減少範囲は短くなるということが分かった。また図-8は図-7で示したよう平均付着応力度はグラウト強度に依存し引張力によらないことが判明しているためこのようなグラフとなった。図-7中の平均付着応力度を近似直線で結び近似式を求めたところ以下の式(3)ようになった。

$$\tau_{Ave} = -0.386 f_g'^{0.6692} \tag{3}$$

ここで f_g' : グラウト強度である。この式から平均付着応力度は、グラウト強度の 0.6692 乗、つまり約 2/3 乗に比例するということが分かった。

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、プレストレス減少区間では平均付着応力度はほぼ一定となり、その大きさは緊張力によらず、グラウト強度の 2/3 乗に比例すること、プレストレス減少範囲はグラウト強度と緊張力の大きさに依存する結果が得られた。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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

導入緊張量が丸鋼 PC 鋼材の付着特性に及ぼす影響に関する実験

EC19017 大堀 真琴

1. 研究背景と目的

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¹⁾。このため、PC 鋼材の破断が進行した PC 橋の安全性評価やモニタリングに関する検討を行い、適切な維持管理限界を設定できるようにすることが強く求められている。PC 構造物の使用性や安全性には PC 鋼材とグラウト間の付着特性に影響を受けるが、PC 鋼材とグラウト間の付着特性に関する知見は、異形鉄筋とコンクリート間のそれ²⁾と比べて非常に少ない。特に、緊張状態にある鋼材とグラウト間の付着特性に関する検討はこれまで実施されていないのが現状である。そこで本研究では、導入緊張量が丸鋼 PC 鋼材とグラウト間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、導入引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。

2. 実験概要

図-1 に、本研究で使用した試験体概要と試験装置の諸元を示す。PC 鋼材には長さ 2m のネツレン 9.2mm、B 種 1 号の丸鋼を使用した。使用した鋼材の引張試験の結果、ヤング係数は 194679N/mm^2 であった。シース管には内径 23mm の鋼製シースを使用した。本研究では 4 本の供試体を準備し、導入緊張量が異なる条件の下で丸鋼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。導入緊張量は、それぞれ鋼材ひずみが 0μ 、 1000μ 、 2000μ 、 3500μ になるように緊張力を与えた。実際は、表-1 に示すように、グラウトの収縮により両引き試験開始直前の鋼材ひずみは -50μ 、 1071μ 、 1992μ 、 3375μ であった。本試験では導入緊張量が丸鋼 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事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、丸鋼の一端を原点 0mm とした時、 100mm 、 300mm 、 500mm 、 700mm 、 900mm 、 1100mm 、 1300mm 、 1500mm 、 1700mm 、 1900mm の位置にひずみゲージを張り付けて、両引き試験時の鋼材のひずみ分布を計測することとした。なお、ひずみゲージのリード線が試験結果に影響しないように、ひずみゲージの位置のシース管に穴を設け、この穴からひずみゲージのリード線を取り出すとともに、グラウトを注入した。緊張力導入時から両引き試験終了まで連続して鋼材ひずみを測定し、グラウトした 7 日後にグラウトが強度発現していることを確認し、両引き試験を実施した。

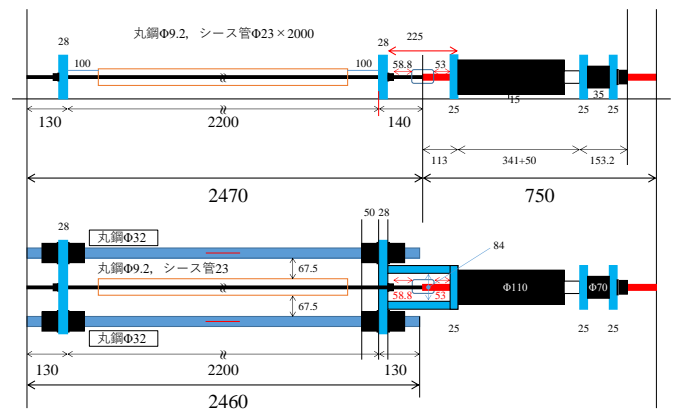


図-1 試験体諸元と両引き試験の概要

表-1 緊張力導入直後と両引き試験開始前の鋼材ひずみ

No.		試験体中央からの距離(mm)									平均値	
		-900	-700	-500	-300	-100	100	300	500	700		900
1000 μ	定着直後	1181.0	1173.3	1129.5	1151.4	1114.3	1181.9	1047.6	1116.2	1076.2	1077.1	1124.9
	両引き前	1072.4	1247.6	1246.7	1051.4	1019.0	1117.1	930.5	1030.5	1007.6	986.7	1071.0
2000 μ	定着直後	2041.0	2032.4	2078.1	2031.4	2050.5	1989.5	2083.8	2034.3	2061.9	1985.7	2038.9
	両引き前	1969.5	1978.1	1989.5	2059.0	1973.3	2040.0	1971.4	1942.9	2128.6	1864.8	1991.7
3500 μ	定着直後	3442.9	3456.2	3526.7	3499.0	3501.0	3509.5	3534.3	3532.4	3529.5	3534.3	3506.6
	両引き前	3261.9	3354.3	3456.2	3373.3	3368.6	3348.6	3413.3	3397.1	3392.4	3384.8	3375.0

3. 試験結果

両引き試験の結果、導入緊張力相当の引張荷重が作用する前に鋼材ひずみに変化が生じ、場合によってはグラウトにひび割れが生じた。このため、ひずみ分布にひび割れが影響したので、本研究では図-2 に示すように引張荷重とひずみの関係を評価した。ここで、図中の荷重とひずみは、表-1 の両引き試験前の平均ひずみから計算される緊張力相当荷重からの増分値であり、図には各ひずみゲージ位置でひび割れが生じる前までの関係を示している。図-2 より、導入緊張力が少ないほど勾配が変化する荷重が大きくなるのが分かる。勾配が変化することで荷重増分に対して鋼材ひずみがより大きく増加するので、この荷重レベルに相当する付着応力が付着強度であると考えられる。そこで、図-3 に示す自由体図の力の釣合いから付着応力を定義して算出した。なお、試験体には複数のひび割れが生じていることから、すべり量や図-3 中の L を評価することができない。本研究の両引き試験では試験体中央ですべりがゼロであることから、L を一律 1000mm として付着応力を評価した。算出した付着応力と鋼材ひずみの関係を図-4 に示す。なお、図ではひび割れ発生後の関係も示している。図-4 より、導入緊張力が低い供試体のほうが、付着強度が高くなるのが分かる。また、ひび割れの発生により付着応力が急激に低下していることがわかる。この結果から、導入緊張量は鋼材とグラウト間の付着強度に影響を及ぼし、その傾向は、導入緊張量が大きくなると付着強度低くなることが明らかとなった。また、ひび割れ後は丸鋼鉄筋とグラウトの付着が一瞬にて外れることが予想される。

4. 結論

本研究は導入緊張量が丸鋼 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事を目的として両引き試験を行いひずみ計測を行なった。本研究で得られた成果を以下に示す。

- (1) グラウトにひび割れが発生することで付着力低下する。そのため、ひび割れ後は丸鋼 PC 鋼材とグラウトの付着が一瞬にて外れることが予想される。
- (2) 緊張ひずみが増加すると付着強度が直線的に低下することから、導入緊張量は鋼材とグラウト間の付着強度に影響を及ぼし、その傾向は、導入緊張量が小さくなると付着強度高くなり、大きくなると低くなると考えられる。

本研究では実験のスケールが小規模だったため理論上うまく説明できることが思うようにいかなかった。今後、両引き試験前でのグラウトへのひび割れ発生を防ぐため、鋼材に対してより多くのグラウトを注入した試験の検討をするといふと考えた。

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) 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 1987 年 2 月

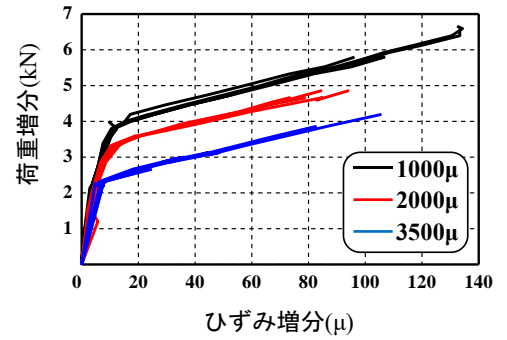


図-2 引張荷重-鋼材ひずみ関係

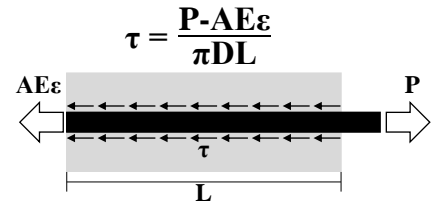


図-3 付着応力の定義

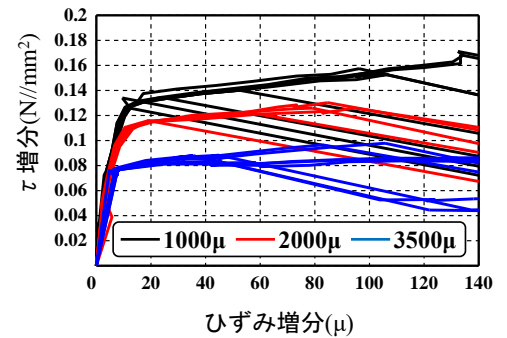


図-4 付着応力-鋼材ひずみ関係

導入緊張量が異形 PC 鋼棒の付着特性に及ぼす影響に関する実験

EC19018 小木 季織

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。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ので、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。そこで本研究では、導入緊張量が PC 鋼材とグラウト間の付着特性に及ぼす影響に関する知見を得るために、導入緊張量を変化させた試験体の両引き試験を行うことで、緊張量が異形 PC 鋼材とグラウトとの付着特性に及ぼす影響を評価することを目的とした。

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、はり試験体を作製するのではなく、**図-1**に示すようにシース管内に異形 PC 鋼材を配置してグラウトした試験体を使用した。PC 鋼材には高強度せん断補強筋ウルボン 1275 ($\Phi 9.0\text{mm}$ 、公証断面積 64.0mm^2 、降伏強度 1275N/mm^2) を使用し、シース管には内径 23mm の鋼製シース管を使用した。PC 鋼材の引張試験の結果、ヤング係数は 210kN/mm^2 であり、降伏強度は 1361N/mm^2 であった。試験体の全長は 2000mm であり、鋼材のひずみを計測するために、ひずみゲージを試験体中心から 200mm 、 400mm 、 600mm 、 800mm 反対側に 100mm 、 300mm 、 500mm 、 700mm 、 900mm の位置に貼り付けた。なお、ひずみゲージのリード線が試験結果に影響することを避けるために、シース管に穴を設けてリード線を取り出し、またこの穴からグラウトを注入した。試験変数は導入緊張量であり、両引き試験開始時の鋼材ひずみが 3000μ 、 3600μ 、 4200μ となるように設定した。実際の緊張時および両引き試験前の鋼材ひずみを**表-1**に示す。

3. 実験結果

図-2 に両引き試験時のひずみ分布の一例を示す。図中の青線は両引き試験開始直前のひずみ分布であり、赤線は、**表-1**中の両引き試験開始前の平均ひずみから計算される緊張力相当時の引張荷重を作用させたときのひずみ分布である。図から分かるように、多くの試験体において、緊張力相当荷重レベルの引張荷重を作用させる前にひび割れが発生する結果となった。このため、ひずみ分布を関数近似できなかつたので、**図-3**に示すように荷重とひずみ関係により試験結果を考察した。ここで、増分荷重、増分ひずみとは、緊張力相当荷重時の荷重およびひずみ値からの増分を意味している。**図-3**より、導入緊張の大きい 4200μ から 3000μ と減少するにつれて、勾配が変化する荷重が小さくなる傾向が確認できる。なお、 4200μ の初期の剛性が他の結果と比較して低い理由は、 4200μ の両引き試験時のみ、緊張力相当荷重が作用する前に複数のひび割れが発生したためと考えられる。**図-3**より導入緊張量が増分荷重と増分ひずみ間に相関が確認できることから、**図-4**

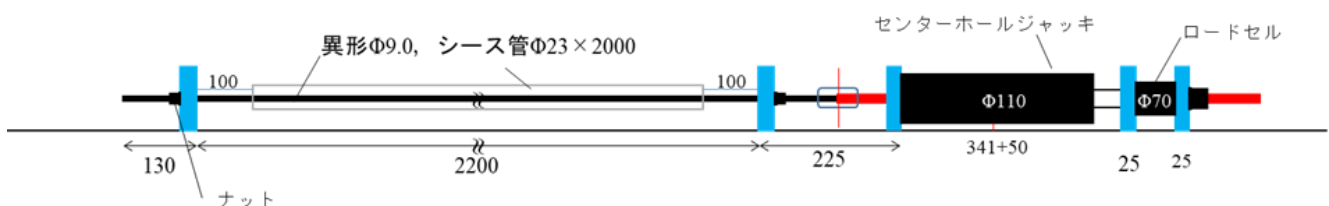


図-1 試験体概要と緊張力導入および両引き試験方法

表-1 緊張力導入時と両引き試験開始前の鋼材ひずみ

No.	時刻	試験体中央からの距離(mm)									平均値
		-800	-600	-400	-200	-100	300	500	700	900	
3000 μ	定着直後	3101.0	3066.7	3061.0	3013.3	3007.6	3049.5	3027.6	2967.6	2979.0	3030.4
	両引き前	2996.2	2952.4	2969.5	2916.2	2922.9	2948.6	2937.1	2842.9	2850.5	2926.2
3600 μ	定着直後	3650.5	3682.9	3591.4	3629.5	3679.0	3693.3	3628.6	3350.5	3033.3	3548.8
	両引き前	3555.2	3635.2	3535.2	3574.3	3637.1	3661.0	3589.5	3297.1	2999.0	3498.2
4200 μ	定着直後	4220.0	4171.4	4158.1	4175.2	4229.5	4263.8	4235.2	4227.6	4321.0	4222.4
	両引き前	4164.8	4113.3	4081.0	4091.4	4124.8	4206.7	4174.3	4174.3	4263.8	4154.9

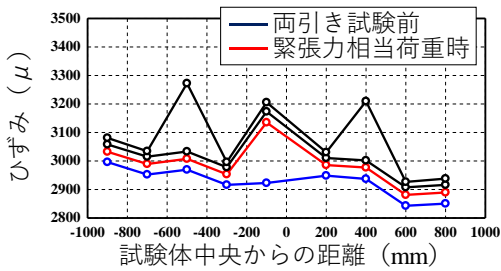


図-2 両引き試験時のひずみ分布例

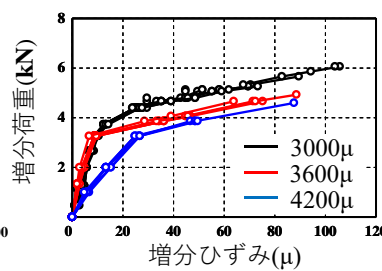


図-3 荷重-ひずみ関係

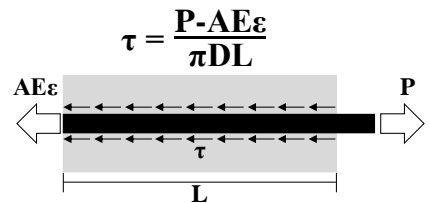


図-4 付着応力の定義

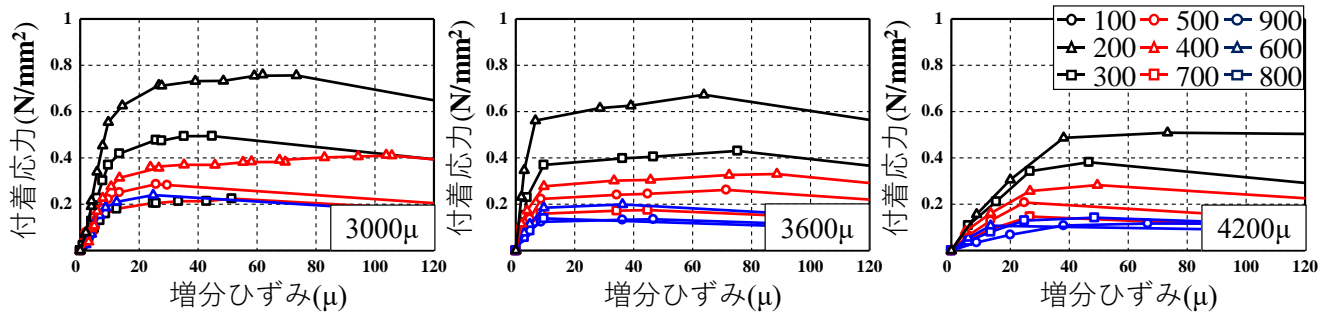


図-5 付着応力-ひずみ関係

に示すように、自由体図の力の釣合いより空間平均的な付着応力を評価した。ここで、付着応力式中のLは、シーす管両端からひずみゲージ位置までの距離とした。なお、本研究試験結果からは、前述のように早期に複数のひび割れが生じたことから、すべり量を算出することができなかった。図-5に付着応力-ひずみ関係を示す。なお、図にはひび割れ発生後についても算出した付着応力を示している。図より、最も大きい導入緊張量与えた4200 μ の付着応力が、3つの試験体の中でひび割れ発生後の付着応力が低いことが確認でき、最も導入緊張量の小さい3000 μ は付着応力が高いことが読み取れる。このことから、鋼材への導入緊張量が大きいほど付着強度が低下し、導入緊張量が小さいほど付着強度が上昇するという傾向が明らかとなった。すなわち、導入緊張量は、付着特性に影響することが明らかとなった。また、ひび割れが発生すると、算出される付着応力が急激に低下する結果が得られた。

4. 結論

本研究では、導入緊張量を変数とした両引き試験を実施した。その結果、鋼材の緊張量が大きくなると、付着強度が低下する傾向が得られた。

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

新たな緊張力導入解析手法の開発に関する研究

EC19019 尾崎 俊甫

1. 序論

プレストレストコンクリート (PC) 構造物を設計・照査するには、プレストレスによる影響を把握する必要があるため、PC ケーブルの応力状態を正しく評価する必要がある。数値解析的にプレストレス状況を再現する手法はいくつか存在し、その中でも温度応力解析機能を使用して PC ケーブル要素に初期ひずみを導入する手法が多用されている。しかしながらこの手法では、あらかじめ各 PC ケーブル要素に導入する初期ひずみを把握する必要があること、曲線配置された PC ケーブルの場合には、PC ケーブル要素とコンクリート要素との付着状況の仮定が緊張後のプレストレス状況に影響を及ぼす課題が挙げられる。ポストテンション方式の PC 部材では、緊張はアンボンド状態で実施され、シース管との摩擦や偏向部における摩擦より PC ケーブルの応力状態は一律ではないので、施工時の緊張管理や PC 構造物の性能予測に資するために、緊張時の PC ケーブルの応力状態を精度良く予測する必要がある。そこで本研究では、将来的に緊張時の PC ケーブルの応力状態を精度よく予測するために、新たな緊張力導入解析手法の構築を目的とした。

2. 解析概要

2.1 緊張力導入解析手法の概要

本研究で構築した緊張力導入方法手順を図-1 に示す。緊張力の導入を (a) から (e) の 5 段階で実施した。まず、(a) に示すように、PC ケーブル左端を定着した状態で、PC ケーブル右端に荷重を作用させることで緊張力を導入した。所定の緊張力に相当する荷重を作用させた状態で、(b) に示すように右端の PC ケーブルを定着したのち、(c) に示すように緊張力を除荷することで緊張力の解放を行った。緊張力を導入したのちに (d) に示すようにグラウトをモデル化し、最後に荷重載荷などの検討が実施できるように、幾何学的境界条件の変更を行った。

上記の緊張力導入解析手法を構築するにあたり、ベースとした解析ツールの構成を図-2 に示す。図に示すように、本解析ツールでは、リスト step、時間 step および荷重 step の 3 つの step で構成されている。各 step では、それぞれ構造モデルや幾何学的境界条件の設定、温度応力解析や湿気移動解析などを解く初期応力解析および耐荷力などを評価する耐荷力解析が実行される。本研究では、図-1 中の (a) と (c) を荷重 step で実施し、(c) と (d) を時間 step で、(e) をリフト step 内で実施できるように、入力インターフェイスの整備を実施した。なお、グラウトのモデル化は、グラウト要素を新たに

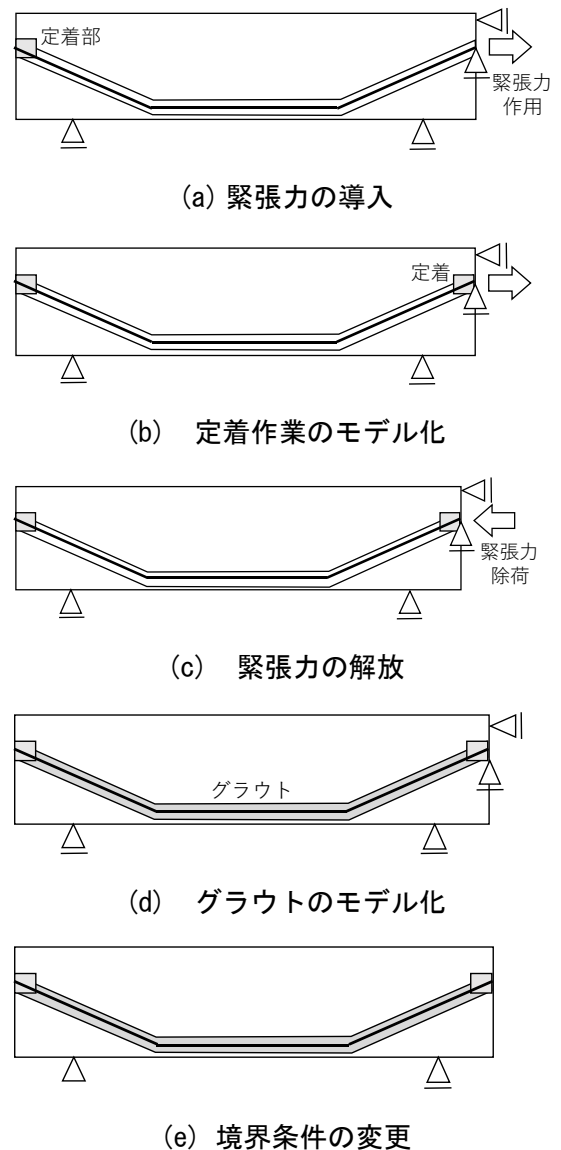


図-1 数値解析フロー

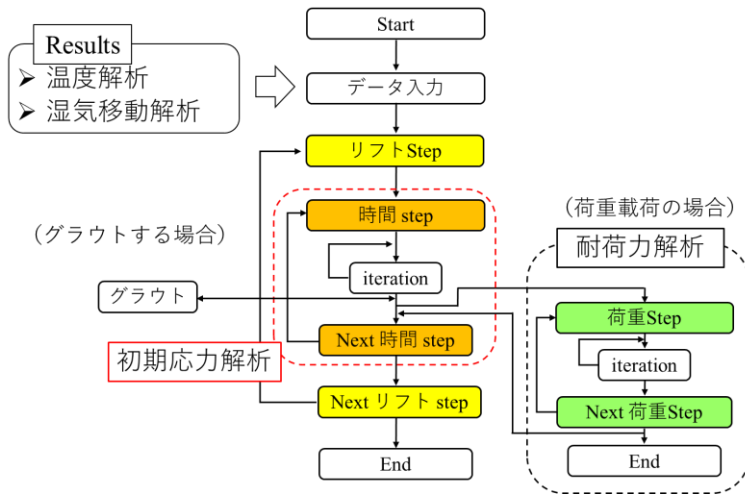


図-2 数値解析フロー

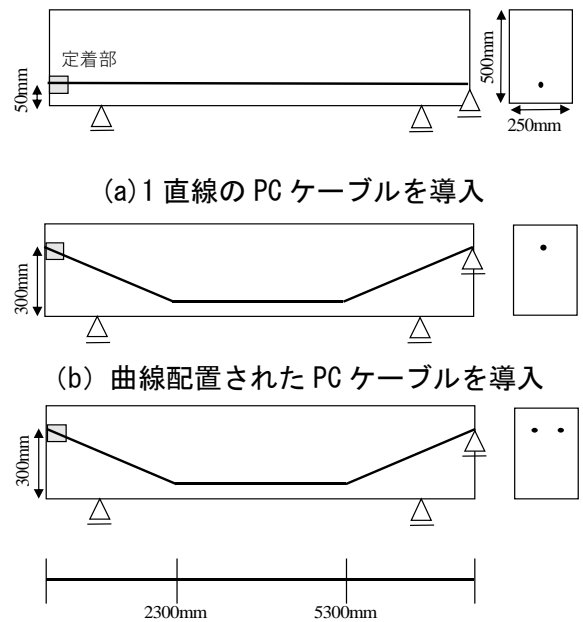


図-3 解析モデル

追加できるリフト step 内でも可能であるが、本研究では(a)と(d)を所定の時刻で PC ケーブルと定着部間もしくは PC ケーブルとグラウト間の付着が発現させることでモデル化することとした。

解析モデルは、断面が 250mm×500mm,全長 7600mm とした。断面のメッシュサイズを 50mm×50mm のとし、長手方向のメッシュサイズも同様に 50mm×50mm とした。

本研究では、新たな緊張力導入解析手法の構築を目標としているため、コンクリート内部に導入する PC ケーブルについて直線の PC ケーブル 1 本を導入した場合 (モデル 1) と曲線配置された PC ケーブルを 1 本導入した場合 (モデル 2)、曲線配置された PC ケーブルを 2 本導入した場合 (モデル 3) の 3 パターンについて、それぞれアンボンド状態とした解析モデルを使用した数値シミュレーションを実施した。解析で使用した解析モデルについて図-3 に示す。供試体の右端、7600mm 地点を支点とし引張した。解析における労力を低減させるため曲線配置された PC ケーブルについては簡略化し再現することとした。曲線配置された PC ケーブルについて、2300mm と 5300mm の 2 点で屈曲させてモデル化することで曲線を再現した。3 パターンについて引張り導入解析を行い、そこから得られる PC ケーブルのひずみ分布やコンクリート上縁と下縁におけるひずみ分布の特徴、計算により算出した理論値との比較から本解析の妥当性について評価した。

3. 解析結果

3.1 PC ケーブルとコンクリート上縁と下縁におけるひずみ分布

解析の妥当性を示すため使用した直線 PC ケーブルのひずみ分布を図-4 に示す。曲線 PC ケーブルのひずみ分布を図-5 に示す。コンクリートの上縁と下縁におけるひずみ分布を図-6 に示す。

3.2 直線の PC ケーブルを導入した解析結果

図-4 (a)に引張時の直線 PC ケーブルのひずみ分布を示す。図-4 (b)に引張荷重を除荷した際の直線 PC ケーブルのひずみ分布を示す。図-4 (a), (b)から PC ケーブルの両端でひずみが小さくなっていることが分かる。図-6 (a)に直線 PC ケーブル導入時のコンクリートの上縁と下縁における応力分布を示す。コンクリートの上縁と下縁には同様な増減傾向が見られた。具体的に、上縁では長手方向に伸びるひずみが見られ、下縁では長手方向に縮むひずみが見られた。緊張力の導入により湾曲したコンクリートのひずみ分布図を図-7 に示す。図-7 で示すように、緊張力導入によりコンクリート内に緊張力が加わりコンクリートが湾曲したことが理由であると考えられる。計算より上縁では約 2.04MPa, 下縁では約 5.74MPa の理論値が算出された。コンク

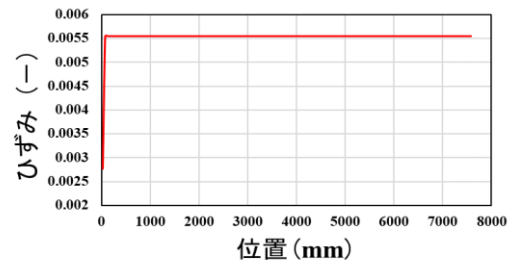
リート上縁と下縁における理論値を表-1に示す。解析により得られた応力は上縁で約2.03MPa, 下縁で約-5.73MPaとなった。解析結果と理論値を比較すると同様な値であることが分かる。ひずみ分布の特徴と理論値との比較から本解析結果の妥当性が確認できた。

3.3 曲線 PC ケーブルを導入した解析結果

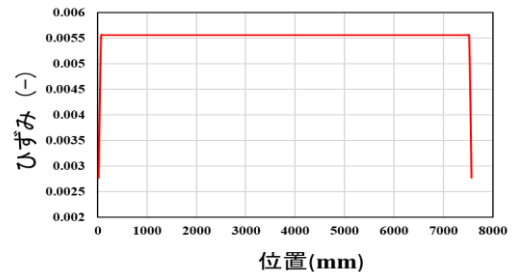
図-5(a)に緊張時の曲線 PC ケーブルのひずみ分布を示す。図-5(a)から曲線配置された PC ケーブルの偏向部においてひずみ分布の変化が見られる。図-6(b)に曲線 PC ケーブル導入時のコンクリート上縁と下縁の応力分布を示す。図-6(b)から左端から右端にかけてひずみの変化も大きくなっていることが分かる。また、上縁と下縁では対照的な増分傾向が見られる。コンクリート上縁には、左端と右端に限り左右非対称の長手方向に縮むひずみ分布、その他の点においては長手方向に伸びるひずみが見られる。長手方向に伸びるひずみについては3.2の解析と同様、コンクリートの変形が理由であると考えられる。左端と右端に見られる長手方向に縮むひずみについては PC ケーブルの支点の位置がコンクリート断面の中心ではないので、曲げモーメントの影響より軸力の影響が強い範囲で圧縮応力が発現したのだと考えられる。ひずみ分布が非対称な理由については片引きであることが理由であると考えられる。コンクリート下縁については一貫して長手方向に縮むひずみが見られる。これは、コンクリートが変形しコンクリート下縁が圧縮されたことが理由であると考えられる。また、図-6(a), (b)を比較してコンクリートの上縁と下縁のひずみ分布について異なる形状となった。これは、PC ケーブルの形状が異なることが理由であると考えられる。解析から上縁では、約2.65MPa, 下縁では約-6.34MPaの数値が得られた。解析結果と表-1に示す理論値を照らし合わせた結果、上縁、下縁共に約0.6MPaの誤差が生じた。この誤差については、PC ケーブルの形状と供試体の片引きであることが理由として挙げられる。上記で述べたような、ひずみ分布の特徴と解析から得られた数値と理論値を照らし合わせた結果から本解析結果はおおむね妥当であると言える。

3.4 曲線 PC ケーブルを2本導入した解析結果

ひずみ注入と境界条件の変更の手順に関しては2本のPCケーブルで同時に行った。1本目のPCケーブルの引張荷重を除荷した後のひずみ分布を図-5(b), 2本目のPCケーブルを引張した際の1本目のPCケーブルのひずみ分布を図-5(c)に示す。図-5(b)に示すように曲線配

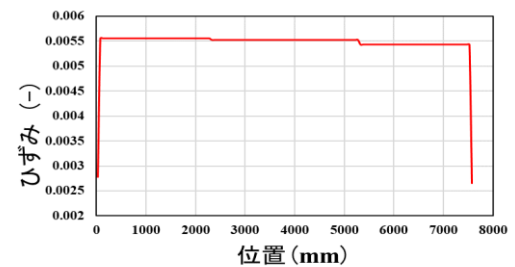


(a) 引張時のひずみ分布

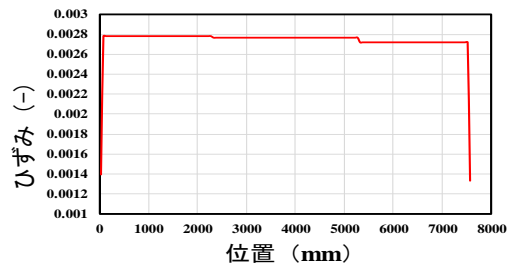


(b) 荷重除荷時のひずみ分布

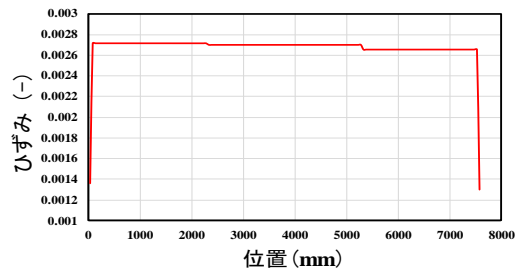
図-4 直線 PC 鋼材ひずみ分布



(a) 引張時のひずみ分布



(b) 荷重除荷時のひずみ分布



(c) 引張時のひずみ分布

図-5 曲線 PC 鋼材ひずみ分布

置された PC ケーブルを 2 本導入した際の PC ケーブルのひずみ分布は 3.3 の解析と同様な増分傾向が見られたが PC ケーブル 1 本当当たりのひずみ量に関しては減少した。また、図-5 (b), (c) のグラフから 2 本目の PC ケーブルを引張した際にコンクリート内に既に導入されていた 1 本目の PC ケーブルのひずみが減少したことが分かる。これは、2 本目の PC ケーブルを引張した際にコンクリートが更に縮み、それに伴って既にコンクリート内部に導入されていた 1 本目の PC ケーブルも縮んだことが理由であると考えられる。定着後のコンクリートの上縁と下縁における応力分布を図-6 (c) に示す。2 本 PC ケーブル定着後のコンクリート上縁と下縁のひずみの増減傾向に関しては 3.3 の解析と同様な形状となった。また、図-6 (c) に示したように 1 本の PC ケーブルのみを定着した際のコンクリートの上縁と下縁のひずみ分布が特徴的な形状となった。このようなひずみ分布となった理由として、1 本の PC ケーブルのみを定着した段階であることが考えられる。解析から上縁では約 2.62MPa、下縁では-6.26MPa の数値が得られた。この数値と算出した理論値を照らし合わせた結果、上縁では約 0.58 MPa、下縁では約 0.52 MPa の誤差が生じた。この誤差に関しては、PC ケーブルの定着位置や片引きであることが理由として挙げられる。上記で述べたようなひずみ分布の特徴と理論値を照らし合わせた結果からこの解析結果はおおむね妥当であると言える。

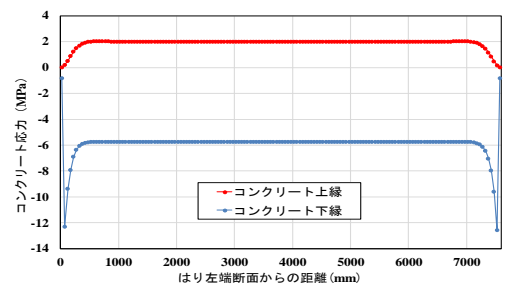
4. 結論

本研究では、新たな緊張力導入解析手法の構築を目的に行った。コンクリート内部に導入する PC ケーブルについて、直線の PC ケーブルを 1 本導入した場合と曲線配置された PC ケーブルを 1 本導入した場合、曲線配置された PC ケーブルを 2 本導入した場合の 3 パターンについて数値解析を実施し本解析の妥当性について検討した。検討した 3 パターン全てにおいて、PC ケーブルのひずみ分布の特徴とコンクリートの上縁と下縁におけるひずみ分布の特徴、算出した理論値と本解析より得られた数値の比較から本解析はおおむね妥当であると言える。

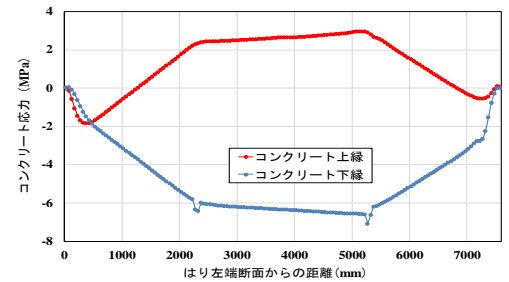
今後の課題として、本解析では片側断面のみを引張緊張力を導入したが、両引きでコンクリートに緊張力を導入した場合や PC ケーブルの導入本数を増加させた場合、コンクリート断面の PC ケーブル定着箇所の変更、PC ケーブルを 2 本導入時の解析手順の見直し等、更なる検討が必要であると考えられる。

参考文献

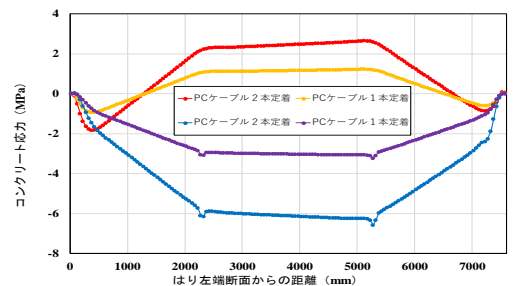
- 1) 小幡泰弘, 栗田哲也: よくわかる PC 構造物の FEM 解析 - 第 3 回 PC 構造で使ってみよう (その 1) -, プレストレストコンクリート, Vol.43, No.3, pp.82-87, 2001.5



(a) モデル 1 のひずみ分布



(b) モデル 2 のひずみ分布



(c) モデル 3 のひずみ分布

図-6 コンクリートのひずみ分布

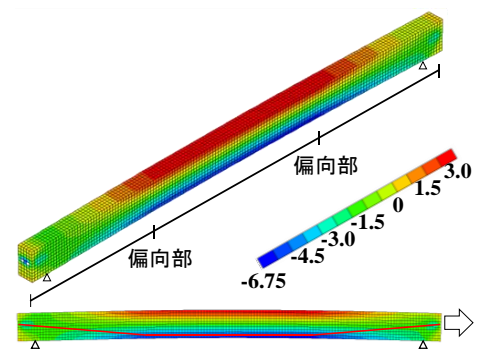


図-7 コンクリートのひずみ分布図

表-1 理論値

上縁	2.05	MPa
下縁	-5.75	MPa

PC 鋼材の付着挙動に及ぼすグラウト領域の影響に関する実験研究

EC19032 桑山拓巳

1. 研究の背景, 目的

鋼材の付着特性について、既往の研究では異形鉄筋の付着応力-すべり関係に鋼材ひずみが影響することが指摘されており、また付着応力-すべり-ひずみ関係にかぶり厚の影響を考慮したモデル²⁾が提案されている。このため、PC 鋼材とグラウト間の付着特性についても、鋼材のひずみや鋼材周囲のグラウト量が影響していると考えられる。しかしながら、既往の研究において、緊張状態にある鋼材とグラウト間の付着特性に対して鋼材周囲のグラウト量が付着特性に及ぼす影響は検討されていないのが現状である。そこで本研究では、PC 鋼材周囲のグラウト量が緊張状態にある PC 鋼材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する。具体的にはシース管径を変数とした緊張状態にある PC 鋼材の両引き試験を実施することで、シース管径（グラウト量）が PC 鋼材とグラウト間の付着強度に及ぼす傾向を明らかとすることを目的とする。これは、図-1 に示すように PC 鋼材が偏向に伴いシース管内に分布した際の付着特性の評価を意図したものでもある。

2. 試験体概要

試験体に使用したシース管、グラウト（モルタル）および使用した鋼材の鋼材表をそれぞれ表-1 に、表-2 および表-3 に示す。シース管には管径を変えた 1023, 1030, 1035, 1040 の 4 種類を使用し、シース管と鋼材の間に充填するグラウト（モルタル）は市販のものである太平洋ハイジェクター（超低粘性型 PC グラウトフレミックスタイプ）を使用した。鋼材には異形鉄筋であるウルボンを使用した。

作製手順については、初めに治具に鋼材を接続し、鋼材のひずみの変位を測定するためにひずみゲージを鋼材に貼付し、シース管を鋼材の中心位置に合わせてひずみゲージを貼付した位置と対応するようにシース管に一直線上かつバリが出ないように直径 4mm 程度の穴をあけた。ひずみゲージの貼付位置とシース管の穴の位置については図-2 に示す。



図-1 シース管内の PC 鋼材分布例³⁾

表-1 使用するシース管

呼び名	シース				ジョイント			
	内径 (mm)	外径 (mm)	鋼板厚(mm)	概算質量(kg/m)	内径 (mm)	外径 (mm)	鋼板厚(mm)	長さ(mm)
1023	23	27	0.25	0.18	26	30	0.25	170
1030	30	34	0.25	0.25	33	37	0.25	195
1035	35	39	0.25	0.29	38	42	0.25	195
1040	40	44	0.27	0.35	43	47	0.27	195

表-2 モルタルの配合

材料	記号	配合分量	W/M
太平洋ハイジェクター	M	1.0kg	
水	W	420cc	40%

表-3 使用する鋼材

鉄筋の種類	直径(mm)	公称断面積(mm ²)	降伏強度(Mpa)
ウルボン	9.0	64.0	1275

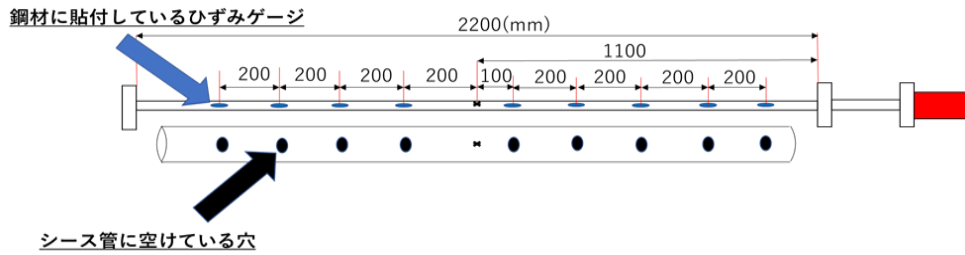


図-2 ひずみゲージ貼付位置と対応するシース管の穴

表-4 数値処理後のひずみの計測値の表

P'minからの差分 (KN)	引張力 (KN)	100mm	300mm	500mm	700mm	900mm	1200mm	1400mm	1600mm	1800mm
0	38.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.53	38.63	0.95238	0.95238	0.95238	0.95238	1.9048	0.95238	0.95238	0.95238	0.95238
0.93	39.03	0.95238	0.95238	1.90476	2.85714	3.8096	1.90476	1.90476	0.95238	0.95238
1.39	39.49	2.85714	2.85714	2.85714	3.80952	4.7619	2.85714	3.80953	3.80952	2.85714
2.06	40.16	3.80952	4.7619	3.80952	5.71428	7.6191	3.80952	4.76191	4.76191	4.76191
2.19	40.29	4.7619	5.71429	6.66667	5.71428	8.5715	5.71428	5.71429	5.71429	4.76191
2.93	41.03	6.66667	6.66667	7.61905	7.61905	10.4762	6.66667	6.66667	6.66667	6.66667
3.59	41.69	9.52381	8.57143	9.52381	9.52381	14.2858	8.57143	8.57143	8.57143	8.57143
4.19	42.29	10.47619	10.47619	11.42857	11.42857	18.0953	11.42857	10.47619	11.42857	10.47619
4.66	42.76	14.28571	14.28571	15.23809	15.23809	24.7619	14.28571	14.28571	14.28571	15.2381
5.32	43.42	26.66667	26.66667	27.61905	27.61905	41.9048	26.66667	26.66667	27.61905	27.61905
5.32	43.42	28.57143	28.57143	31.42857	28.57143	40.9524	25.71428	196.1905	24.76191	28.57143
5.59	43.69	40	36.19048	250.4762	36.19048	58.0953	37.14286	219.0477	36.19048	40.00001
5.72	43.82	49.52381	45.71429	266.6667	45.71429	74.2857	46.66667	234.2858	46.66667	49.52382
6.06	44.16	52.38096	202.8571	217.1428	54.28571	93.3334	60	257.1429	59.04762	62.85716
5.99	44.09	50.47619	194.2857	191.4286	260	75.2381	57.14286	251.4286	56.19048	60.00001
6.19	44.29	210.4762	203.8095	212.3809	281.9048	98.0953	71.4286	274.2858	70.47624	74.28576

次にひずみゲージを対応するシース管穴から引張出す必要があるためテープで補強を行いピンセットなどで穴から引張出した。次に両引き試験にて実験に使用する鋼材に初期導入緊張量をひずみが約 3000 μ （事前の鋼材引張試験において記録された降伏強度の 50%程度）になるまで 1 度目の引張を行い引張力が抜けないように固定したものを PC 鋼材とした。最終的にシース管内をグラウトで満たすためシース管の横穴を粘土とビニールテープでふさがり漏れがないか確認を行った。PC 鋼材がシース管のちょうど中心位置を通るように調節し、供試体が水平をとれているか確かめた後グラウトは市販のものである太平洋ハイジェクター（超低粘性型 PC グラウトフレミックタイプ）を使用し水モルタル比 40%で、練り混ぜ時間は推奨されている 90 秒でグラウト、水の順番で混ぜムラがないようにミキサーにて均等に練り合わせた。バイブレータを当てながらグラウト内の気泡を抜きつつシース管内の隙間ないように迅速に充填を行った。モルタルの耐荷性能を確認するためにテストピースを 3 本作成し養生期間を試験体と同じ 1 週間とし、1 週間後テストピースと試験体ともに硬化しているのを確認し両引き試験を行った。

3. 実験結果

3.1 実験の数値処理概要

二度目の引張試験で測定できたひずみの測定値をジャッキ側の鋼材の端からひずみゲージがある距離ごとに（100mm~1800mm）で整理を行なった。次に計測できた値を空間的な引張力-ひずみの関係で評価するための事前の処理としてグラウトが硬化した後に行った 2 度目の引張試験の鋼材ひずみ測定の際の初期導入緊張量がどの程度の値になっているかの確認を行った。確認の方法としては一週間の養生が終了し、2 度目の引張試験を開始する距離ごと（100mm~1800mm）の直前のひずみ $\epsilon(\mu)$ を、使用しているウルボン鋼材の断面積 A （63.585mm²）、ウルボン鋼材のヤング係数 $E_s(210000N/mm^2)$ を式(1)に代入し求め、 $P'min$ とし、

$$P' = AE_s \epsilon \quad (1)$$

$P'min$ =各試験体の計測した引張力（P）となる値から距離ごとに計測したひずみの値にすべてひび割れが生じている値（急激にひずみの値が大きくなっている値）の引張力までを赤色で色付けを行った。後の処理がしやすいようにひび割れが生じており数値処理に使用できない値を黄色、数値処理に使用できる値を青色で判別し表-4 のように色付け、 $P'min$ 相当の引張力とひずみを基準とし引張力とひずみの増分で表を作った。この処理を異なる管径のシース管の 4 本で行った。両引き試験の治具については図-3 に示す。

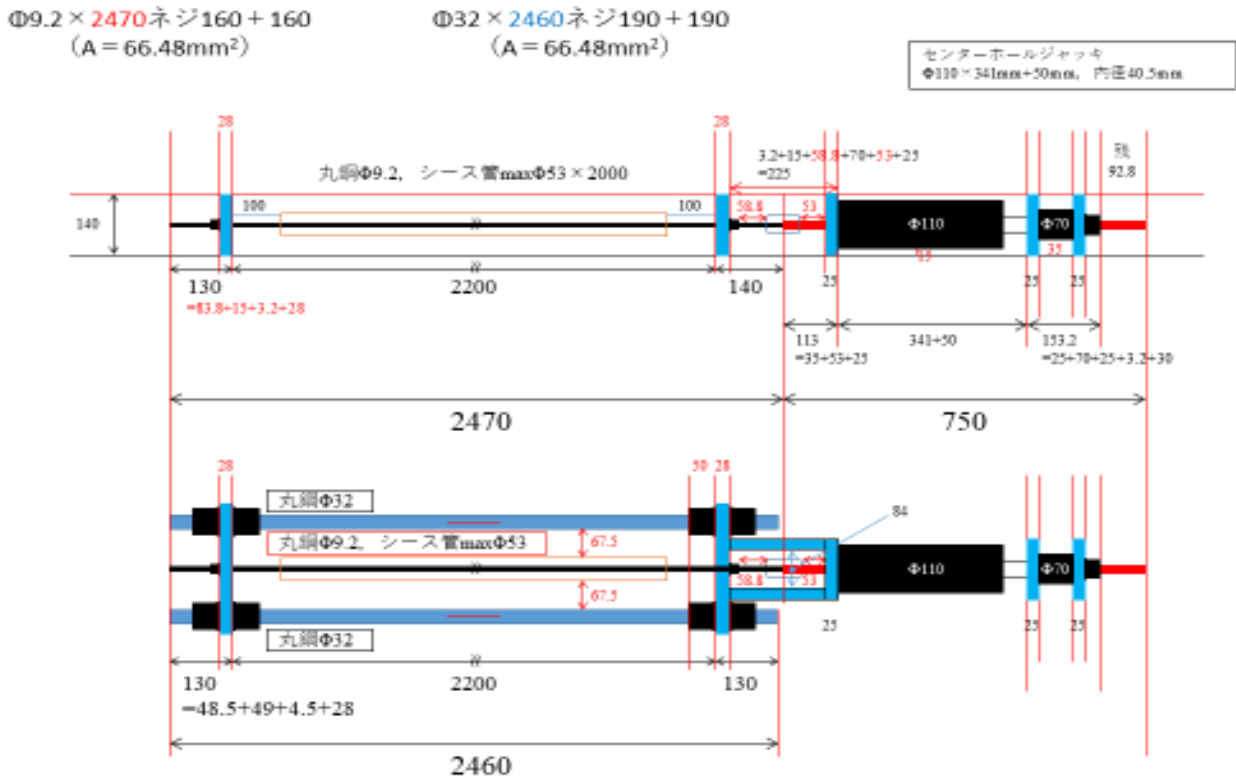


図-3 治具寸法詳細

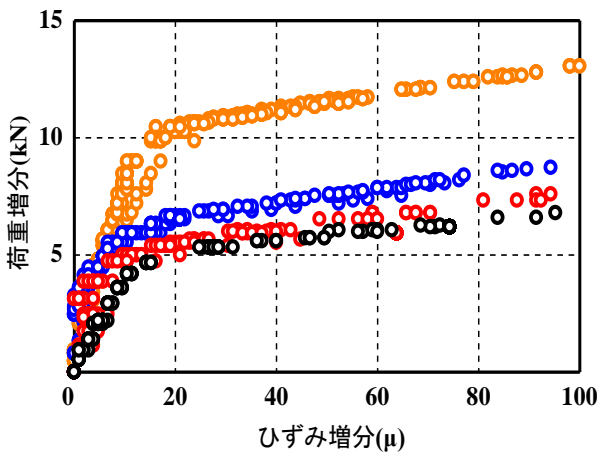


図-4 P' min 相当のひずみからの増分-
P' min からの増分関係

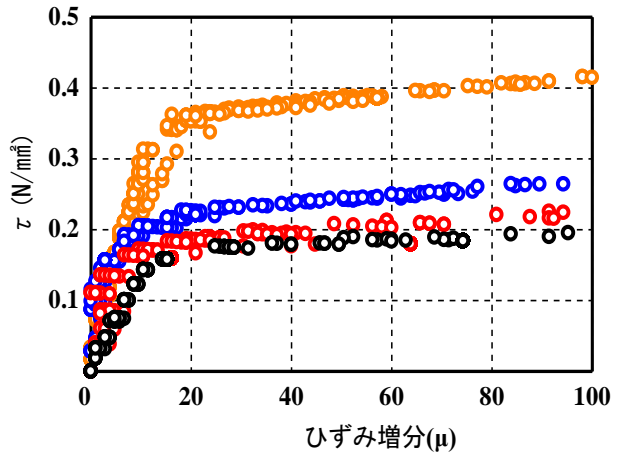


図-5 P' min 相当のひずみからの増分-
付着強度 τ 関係

4.1 解析結果 引張力-ひずみの関係

表-4 のように処理を行った数値を用いて引張力 (P' min からの増分) とひずみ (P' min 相当のひずみからの増分) からどのような関係があるのかを明らかにした。初めに横軸に引張力 (P' min からの増分), 縦軸にひずみ (P' min 相当のひずみからの増分) で図-4 を大幅に外れている値を削除し製作した。異なる管径のシース管 23mm, 30mm, 35mm, 40mm の各グラフ全てある点から傾きが大幅に変化していることが分かった。この点を変換点 (グラフの傾きが大きく変化している点) と呼称し, シース管ごとの変換点を求めた。変換点を含む塊を過ぎると試験体の PC 鋼材とグラウト間の付着強度が減少していき PC 鋼材にすべりが生じている状態になった。このことからシース管径が小さいものほど引張力を与えたときに PC 鋼材とグラウトの付着強度が減少し

ていきやすく、すべりが生じる変換点を含む塊が引張力が小さい値で生じることが判明した。すなわちシース管径を大きくしていくと同じ引張力をかけた際でも鋼材のひずみが小さく鋼材がすべるまでに必要な引張力が大きくなった。

4.2 解析結果 引張力-付着強度の関係

式(2)を使用し算出した τ を縦軸に P_{min} 相当の引張力に対応するひずみの値からの増加分を横軸に使用して図-5を作成した。付着強度がある程度まで上昇していくとグラフを見てわかる通り PC 鋼材のすべりが生じた為大きく折れ曲がっていた。今回の場合は鋼材とグラウトの付着強度が引張試験にて引張力を与えることによって鋼材が元の位置からの変位(ひずみ)の変化に引張られ比例して変化していった。鋼材とグラウトの付着強度が許容できる範囲以上ひずみの変位が生じると PC 鋼材にすべりが生じてグラフに折れ曲がりが見られると考えられる。

$$\tau = \frac{P - AE_s \varepsilon}{\pi DL} \quad (2)$$

5. まとめ

結論としてシース管径が大きくなる(グラウト量が増える)と引張力に対する試験体の耐力が上がっていることが分かった。またひずみ-付着強度関係においてもシース管径が大きくなる程(グラウト量が増える程)試験体の耐力が上がっていることが分かった。また本実験を実施し得た成果から今後への活用方法を考察する。ごくまれに高速道路や橋の桁においてシース管内の PC より線がシース管の中心を大きく外れてグラウトが図-1のように硬化していることがある。このような状態になると鋼材一本あたりが必要とするかぶり厚さを獲得できていない可能性が高く設計段階で算出された耐力に満たない可能性がある。このような現象は実際の現場でもごくまれに見られており、安全性の観点から架け代えを余儀なくされた橋などもある。そこで今回行った PC 鋼材の付着挙動に及ぼすグラウト領域の影響に関する実験は、緊張状態の試験体のかぶり厚を変更したときにどの程度付着強度が変わるのかを実際のモデルを作り実験を行った為、設計段階で算出された耐力を発現するために必要なかぶり厚を満たしより安全な建造物の維持管理や設計などを手助けできるのではと考える。

参考文献

- 1) 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.165-174, 1987.2
- 2) 飯塚敬一, 檜貝勇, 斎藤成彦, 高橋良輔: かぶり厚の影響を考慮し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 E2, Vol.67, No.2, pp.280-296, 2011
- 3) 蒲和也, 渡邊晋也ほか: PC ケーブルの破断が PC 桁の耐荷性状に及ぼす影響, 構造工学論文集 Vol.66A, pp.725-732, 2020.3

PC ケーブルが破断した PC 桁の残存プレストレスと耐荷挙動の数値解析的評価

EC19033 小島悠生

1. 目的

ポストテンション式 PC 桁はその特徴からスパンの長い橋梁に多く用いられている。近年、PC 桁における PC 鋼材の破断が報告され、調査の結果グラウトのブリーディングや施工不良などに起因するグラウト充填不良から、PC 鋼材の腐食が進展し、破断に至っていることが分かっている。PC 鋼材の破断割合が増加すると、落橋に至る危険性があるため、PC 鋼材の破断が残存プレストレスや耐荷性能に及ぼす影響を把握する必要がある。

そこで本研究では、安全性の視点からグラウト充填不良を有する PC 桁において、SWPR7BL7 本より 12.7mm を 12 本(12T12.7)用いた PC はり部材の PC 鋼材を切断した既往の実験を対象に、付着状況のモデル化が PC 鋼材破断後に有する残存プレストレス分布や耐荷性能に及ぼす影響を把握する事を目的に数値解析的検討を実施した。また、健全な PC を想定して桁に荷重がかかった状態で PC 鋼材が破断した時のひずみの変化の様子の把握と残存プレストレス分布の把握をする数値解析的検討を実施した。

2. 検討概要

解析手法の妥当性を検討するために、渡邊らの実験¹⁾を解析対象とした。図-1 に解析対象とした供試体 2-1 ~2-3 の供試体概要と表-2 に供試体材料の特性値を示す。供試体 2-1~2-3 では、表-1 に示すように、PC 鋼材を切断割合がそれぞれ 0%、50%、75%となるように切断したのち、2 点静的載荷が実施されている。

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 桁を想定した検討では供試体の寸法は供試体 2-1~2-3 と同じにして、図-2 に示すように支点間のスパンに分布荷重を作用させ、かつ供試体 2-1~2-3 と同じ位置の PC 鋼材を切断したのち、図中の II および III 断面位置の PC 鋼材を徐々に切断するケーススタディを実施した。

この検討内容の一覧を表-2 に示す。

上記の 2 つの検討において、渡邊らの実験¹⁾では、供試体に 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。PC 鋼材に一定のプレストレスを導入し、

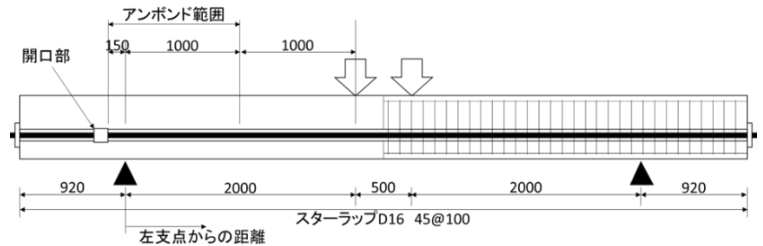


図-1 2-1~2-3 供試体諸元¹⁾

表-1 材料特性値

供試体	PC鋼材			軸方向鉄筋		スターラップ		グラウト		コンクリート		有効プレ ストレス (kN)	切断割合
	f_{py} (N/mm ²)	f_{pu} (N/mm ²)	E_p (kN/mm ²)	f_{sy} (N/mm ²)	E_s (kN/mm ²)	f_{wy} (N/mm ²)	E_w (kN/mm ²)	f_g (N/mm ²)	E_g (kN/mm ²)	f_c (N/mm ²)	E_c (kN/mm ²)		
2-1	1849	2020	194	370	194	345	194	34.1	12.9	58.1	39.5	1213	0%
2-2												1268	50%
2-3												1174	75%

表-2 切断位置と切断割合

Case	Case1		Case2		Case3		Case4		Case5		Case6	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
切断位置	I	III	I	III	I	III	I	III	I	III	I	III
切断割合	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/2	1/3	2/3	1/3	2/3

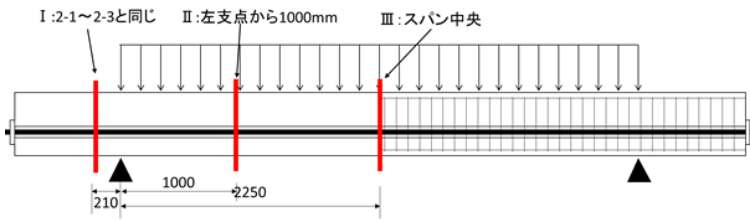


図-2 切断位置と分布荷重の様子

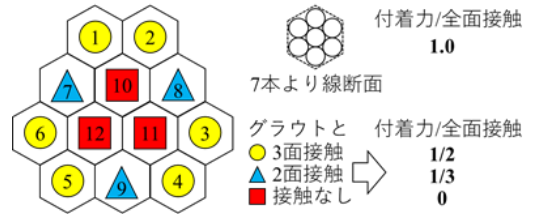


図-3 鋼材配置と付着特性の仮定

グラウトを充てんした矩形断面の PC はりのモデルを製作した。なお、供試体にはグラウト充てん不良区間を想定したアンボンド区間を設けたが、健全な橋梁を想定した検討では、アンボンド区間は設けない。本実験では、PC 鋼材に 12T12.7 が使用されており、鋼材の切断量が残存プレストレスと曲げ耐荷性能に及ぼす影響が検討されている。複数のより線を束ねた場合、それらの配置により各より線がグラウトと付着する領域は異なると考えられる。そこで本研究では、12 本のより線をそれぞれ棒要素でモデル化して、本解析対象のように PC 鋼材に偏向部がない PC 鋼材に対して、文献 1)内の鋼材切断後の状況画像を参考に、図-3 に示すように 12 本のより線の配置とグラウトとの接触領域割合に応じた付着特性を仮定した。検討 Case1 として、図-3 の付着特性を仮定した場合、Case2、Case3 として、それぞれすべての鋼材要素の付着特性を一律、付着力割合 1/3 とした場合、2/3 とした場合について、付着状況が鋼材破断時の残存プレストレス分布や曲げ耐荷性能に及ぼす影響を検討した。

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 を乗じた。なお、1 本のより線に対する強度パラメータ α は、遠藤ら³⁾の検討結果を用いて 0.3 とし、各検討 Case 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。本研究では 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。

$$\tau = \alpha \times 0.73 f_g' (\ln(1 + 5s))^3 / (1 + \varepsilon \times 10^5) \quad s = 1000S/D \quad (1)$$

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。曲げ耐荷性能評価では、より線要素の切断に引き続き荷重増分法により荷重載荷した。

3. 解析結果

3.1 供試体 2-1~2-3 の結果

図-5 に鋼材切断時に試験体表面のコンクリートひずみから評価したプレストレス残存割合¹⁾を示す。解析ではより線 1 本を切断する毎に 8%(1/12%)ほどずつプレストレスが減少した。予測された 6 本切断時の残

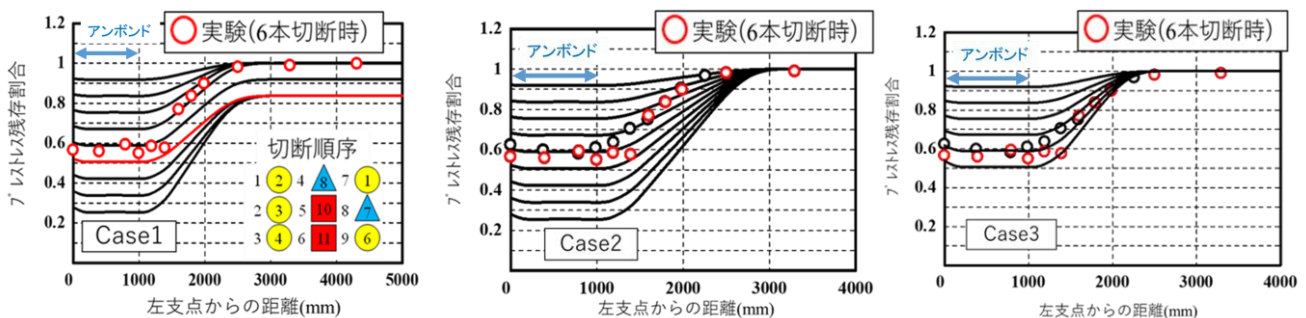


図-5 プレストレス残存割合

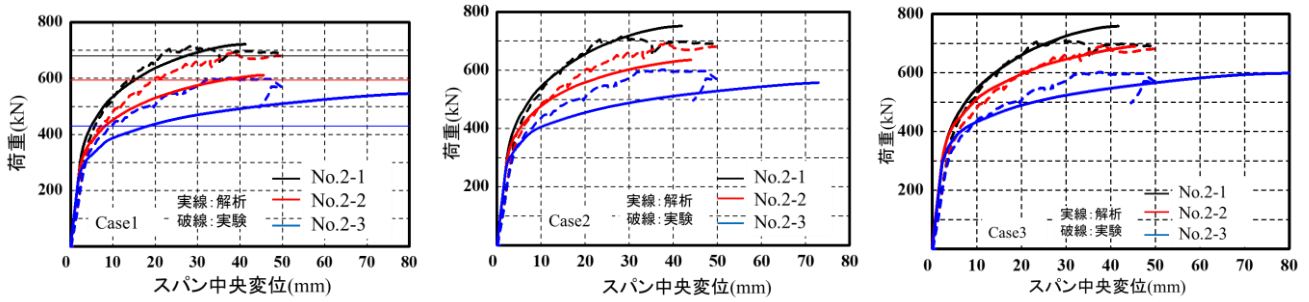


図-6 荷重—変位関係の比較

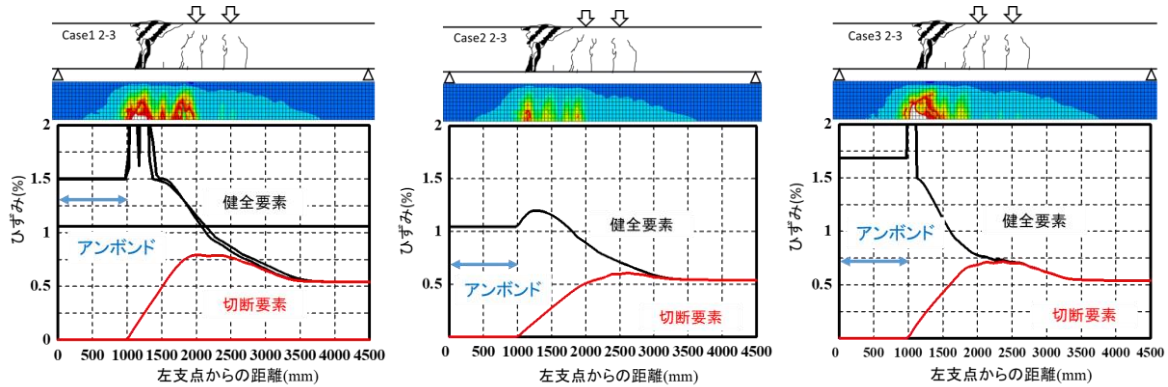
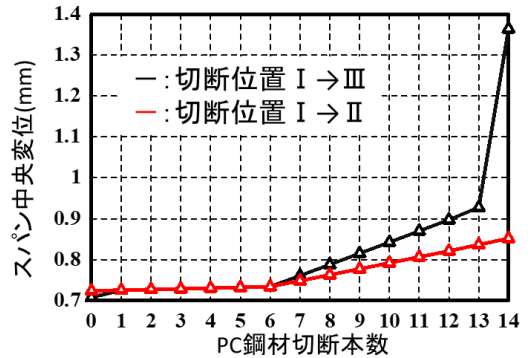


図-7 実験ひび割れ図、解析ひずみ分布、荷重最大時の鋼材ひずみ分布

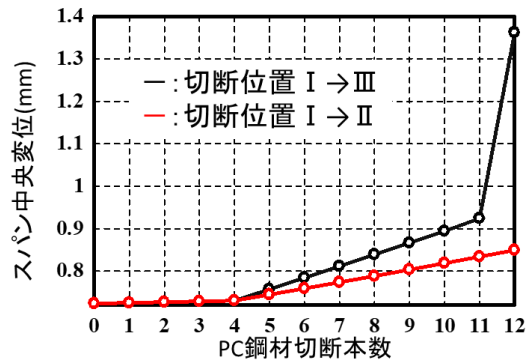
存割合がアンボンド範囲で実験よりやや小さい点については、実験ではより線間の摩擦が考えられる。なお、12本のより線を1本の鋼材要素でモデル化すると、このような減少は予測されなかった。また、プレストレスが回復するまでの距離は、切断本数によらず、各ケースにおいてほぼ一定となった。本解析対象の場合、12本の各より線の付着強度を、1本のより線に対するその2/3とすることで実験値と良い一致を示した。図-6に示す荷重—変位関係の比較より、実験と同様に、切断の有無は初期剛性に影響せず、ひび割れ発生後の剛性に影響した。最大荷重は、Case3が実験値と良い一致を示した。図-7に示す供試体2-3の荷重最大時の鋼材ひずみの分布図から、切断したPC鋼材はアンボンド範囲から離れた等曲げ区間内で抵抗し、健全なPC鋼材は実験で終局断面となった断面位置で抵抗するように断面位置で異なる挙動を示した。なお、ひずみ1.5%は、PC鋼材の応力—ひずみ関係において、応力が f_{pu} となるひずみである。

3.2 健全なPC桁を想定した検討の結果

図-8にCase6-1、6-2、4-1、4-2のたわみの変化を示す。Case6-1、4-1ではPC鋼材を8本切った段階でひび割れが発生していることが分かる。ひび割れが発生するまでは切断した箇所ではひずみが漸進的に大きくなっていることが分かり、急激に変化が現れる瞬間は無かった。弾性状態のときはPC鋼材を切



(a) Case6-1、6-2



(b) Case4-1、4-2

図-8 たわみの変化の様子

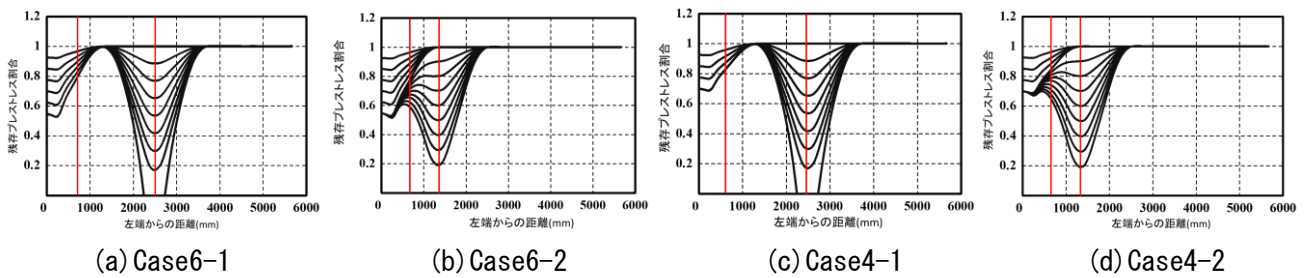


図-9 プレストレス残存割合分布(左から Case6-1, 6-2, 4-1, 4-2)

断すると線形的な変化を示しており、ひび割れが発生すると急激に上昇している。また、2つのグラフを比較すると、1か所目の切断割合が変わっても同一断面であればたわみの変化は同じくらいの傾きで上昇していることが分かる。図-9にCase6-1、6-2、4-1、4-2のプレストレス残存割合分布を示す。図中の赤線は切断した位置を示すPCより線を1本切った時のプレストレスの減少割合、プレストレスの戻る位置はともに供試体2-1~2-3と同じくらいの値を示した。本検討からひび割れが発生するまでにたわみの不自然な変化や、見た目に大きな変化が見られることはなく、ひび割れ発生直前まで線形的に変化した。そのため、たわみの変化を見ることによって、たわみの増加が確認出来たらその量によって内部のPC鋼材の切断割合とはりにひび割れが発生する時期を予測することができる。

4. 結論

供試体2-1~2-3の検討から、より線束のPC鋼材のうち、複数本を切断した際にプレストレスが減少する区間は、グラウトの付着強度に依存しており、切断本数によらずほぼ一定となる。中心に配置されている鋼材はグラウトとの付着もしくはより線間の摩擦が存在すると考えられる。破断により、各PC鋼材は同一断面であっても鋼材のひずみは異なる抵抗を示した。

健全なPC桁を想定した検討から、スパンの中央でPC鋼材の切断を行った際に8本目の鋼材を切断した時にひび割れが発生する。供試体のたわみは、ひび割れが発生するまでは線形的にスパン中央での変位が上昇して、ひび割れが発生すると急激に変位が上昇した。1か所目での切断割合が変わっても同一断面でPC鋼材の切断を行うとたわみの上昇割合は同じ傾きになった。プレストレスの減少割合とプレストレスの戻る位置は供試体2-1~2-3と同様になった。

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.
- 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, 田辺忠頭: 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.
- 5) 玉越隆史, 横田 芳輝: 平成25年度道路構造物に関する基本データ集, 国総研資料第822号, <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryon/tnn/tnn0822.htm> (2023年1月確認)
- 6) 是永健好, 渡辺英義: PC鋼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

水平ひび割れを有する RC はり部材の耐荷特性に関する実験的研究

EC19046 高橋 隆太

1. 序論

実橋において、床版内に複数の水平ひび割れが確認された。このような水平ひび割れ発生要因には、凍害¹⁾、アルカリ骨材反応²⁾、交通荷重による疲労³⁾⁴⁾などが考えられており、耐荷性や耐疲労性の検討がなされている。水平ひび割れの存在により各種性能が低下する結果が報告されている一方で、田中⁵⁾は、人工的な水平不連続面を RC はり部材内に設けることでひび割れを制御し、部材の耐荷性能を向上させる検討を実施している。また、導入する人工的な不連続面の形状が波板形状である場合と平面である場合とでは、その耐荷機構に変化が生じることが報告されている。しかしながら、これら大規模で詳細な検討が実施されているものの、複数本の水平ひび割れが生じた部材の耐荷特性に関する検討は実施されていないのが現状である。そこで本研究では、複数本の水平ひび割れが RC はり部材のせん断耐荷機構に及ぼす影響に関する基礎的な知見を得ることを目的とした。具体的には、水平ひび割れを人工的に模擬した小型実験供試体の載荷実験を通じて、導入した模擬水平ひび割れが RC 部材のせん断耐力やひび割れ発生状況与える影響を検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

大型供試体を用いて検討を実施することは困難であるから、本研究で 100×100×400mm の小型供試体に引張鉄筋のみを配置して、健全な状態で斜め引張破壊させる供試体を基準とし、複数本の水平ひび割れがせん断耐力やひび割れ性状に及ぼす影響を実験的に評価する。配筋量や材料強度と破壊モード・破壊荷重の関係より、斜め引張破壊させるには、D13 鉄筋を使用すれば、コンクリート強度や鋼材の降伏強度は特に影響しないことが算出された。図-1 に示す実験供試体を基準供試体とし、試験体内に様々な水平ひび割れを導入した載荷実験を実施することとした。

2.2 模擬水平ひび割れの導入方法

段ボールの構成要素の一つである「中しん」と呼ばれる波型の紙を用いることで、ひび割れ領域やひび割れ幅を明確にした模擬水平ひび割れを導入する。「中しん」を用いた理由は、波型のひび割れ面を再現できるうえ、剛性や強度が小さく、部材の変形には影響を与えず、入手や加工が容易なためである。この「中しん」を複数枚重ねることでひび割れ幅を制御し、様々な供試体を作製した。

3. 実験結果

3.1 荷重-変位関係

実験より得られたそれぞれの荷重-変位関係を、それぞれの図に示す。模擬水平ひび割れが導入されていない健全供試体と様々な位置に模擬水平ひび割れを一カ所、二カ所導入した供試体を比較する。



図-1 実験供試体概要

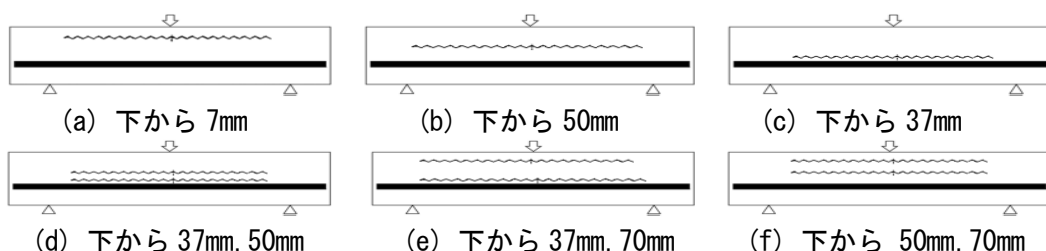
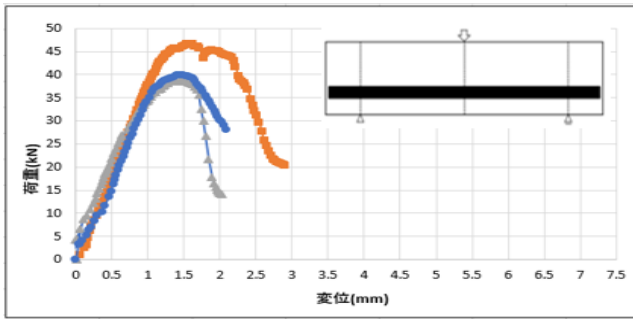
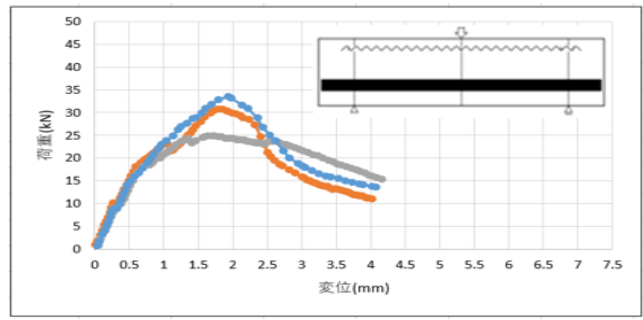


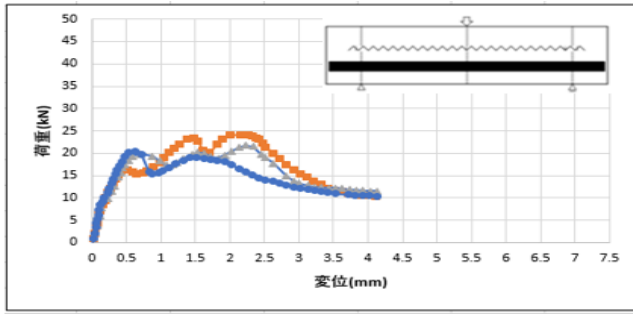
図-2 模擬水平ひび割れの導入ケース



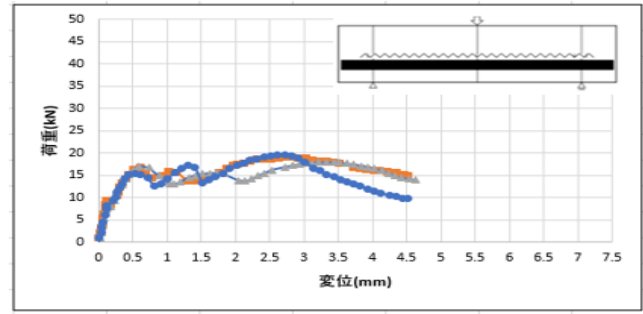
(a) Normal 荷重－変位関係



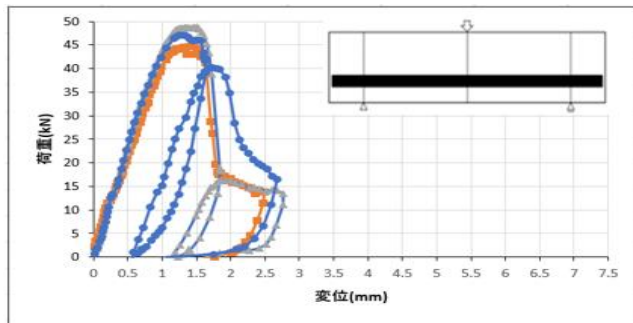
(b) 下から 70mm 荷重－変位関係



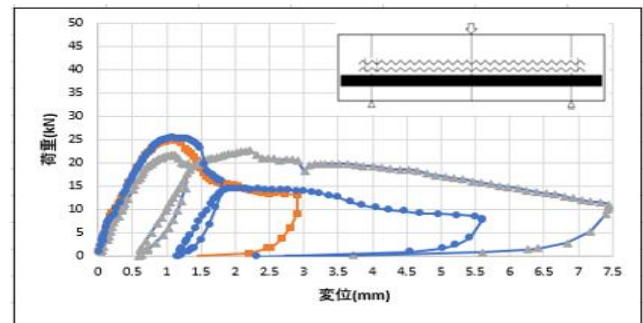
(c) 下から 50mm 荷重－変位関係



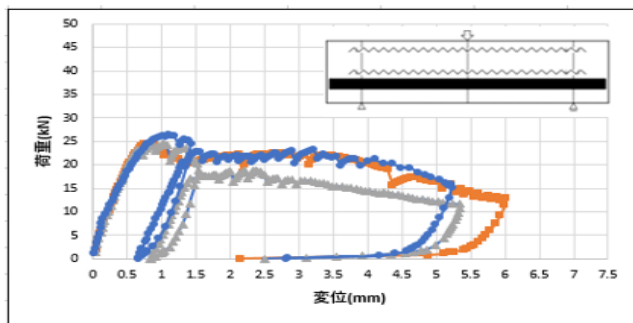
(d) 下から 37mm 荷重－変位関係



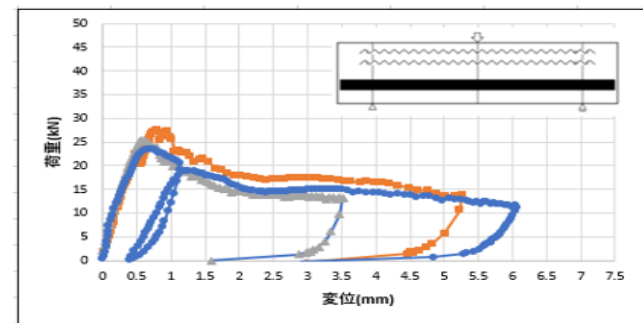
(e) Normal 荷重－変位関係



(f) 下から 37mm, 50mm 荷重－変位関係



(g) 下から 37mm, 70mm 荷重－変位関係



(h) 下から 50mm, 70mm 荷重－変位関係

図－3 各供試体の荷重－変位関係

(a)Normal の圧縮強度は 35.62N/mm^2 、(e)Normal の圧縮強度は 35.02N/mm^2 であった。

これらより、健全供試体と模擬水平ひび割れを数カ所導入した供試体では、健全供試体の方が最大荷重は大きくなり、荷重の変化率も大きくなるのが分かった。

模擬水平ひび割れを一カ所導入した供試体と模擬水平ひび割れを二カ所導入した供試体では、最大荷重は同じぐらいであり、荷重の変化率も同じような挙動を示した。また、模擬水平ひび割れを一カ所、二カ所導入しても荷重－変位関係は似ているため、模擬水平ひび割れを二カ所以上導入しても同じような結果が出るのではないかと考えられる。一方で、初期ひび割れに関しては、模擬水平ひび割れを二カ所以上導入することで、健全供試体よりも早く発生するのではないかと予想される。

3.2 供試体のひび割れ性状

模擬水平ひび割れを下から 37mm、50mm、70mm のそれぞれ一カ所に導入した供試体では、写真-2、写真-3、写真-4 より模擬水平ひび割れが導入された位置で、水平ひび割れが起きていることが分かった。また、3 つとも模擬水平ひび割れが導入された上の位置から斜めひび割れが発生していることが分かった。模擬水平ひび割れを一カ所導入した場合には、模擬水平ひび割れの位置がどこにあっても、導入した位置で水平ひび割れや斜めひび割れが発生するのではないかと考えられる。

次に模擬水平ひび割れを 37-50mm、37-70mm、50-70mm の二カ所導入した供試体では、写真-5、写真-6、写真-7 より上側に導入した模擬水平ひび割れの位置で、水平ひび割れが発生していることが分かった。したがって、模擬水平ひび割れを二カ所導入する場合は、どの位置に模擬水平ひび割れを導入しても、上側に導入した模擬水平ひび割れの位置で、水平ひび割れが発生するのではないかと予想される。また、模擬水平ひび割れを様々な位置に二カ所以上導入した場合でも、上側に導入した模擬水平ひび割れの位置で水平ひび割れが発生するのではないかと考えられる。斜めひび割れも上側に導入した模擬水平ひび割れの位置ぐらいから発生していることが分かった。模擬水平ひび割れを導入した供試体は、初期ひび割れ、斜めひび割れ、水平ひび割れという順でひび割れが発生していることが分かった。これらより、模擬水平ひび割れを導入することで、斜めひび割れや水平ひび割れが発生する位置、進展に影響を及ぼし、このひび割れの相違が、結果としてせん断耐力を低下させたことが予想される。

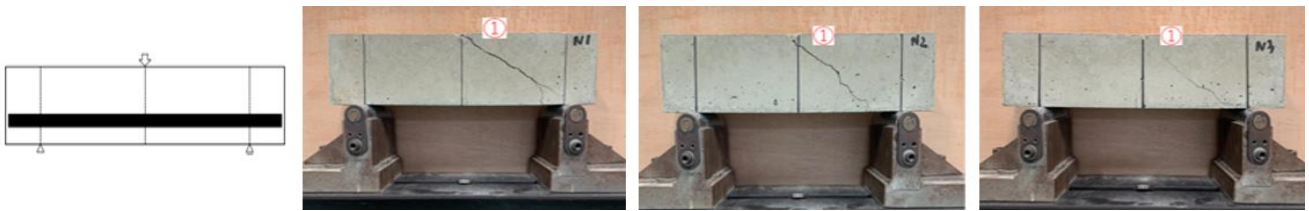


写真-1 (a)Normal ひび割れ

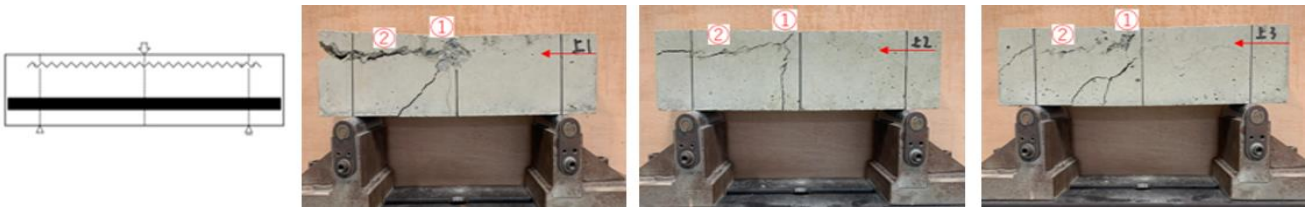


写真-2 (b)下から 70mm ひび割れ

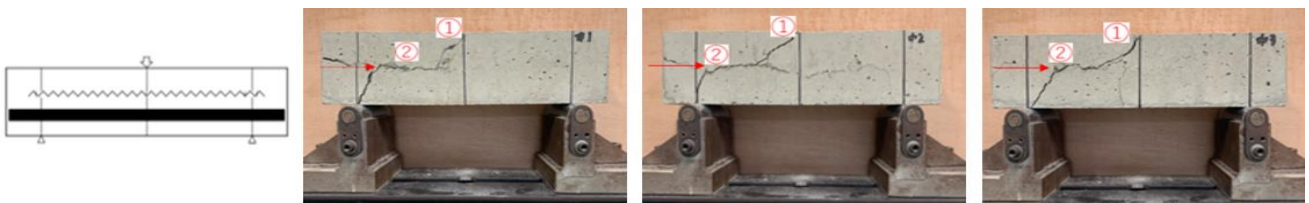


写真-3 (c)下から 50mm ひび割れ

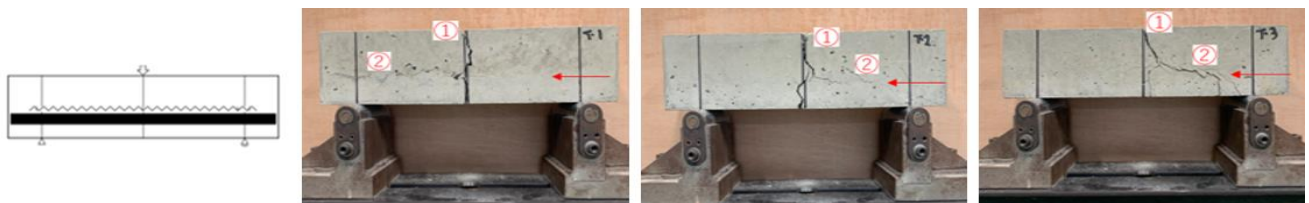


写真-4 (d)下から 37mm ひび割れ

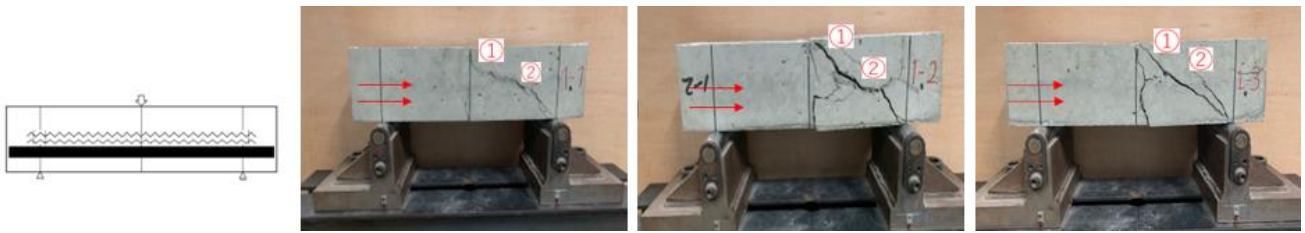


写真-5 (f) 下から 37mm, 50mm ひび割れ

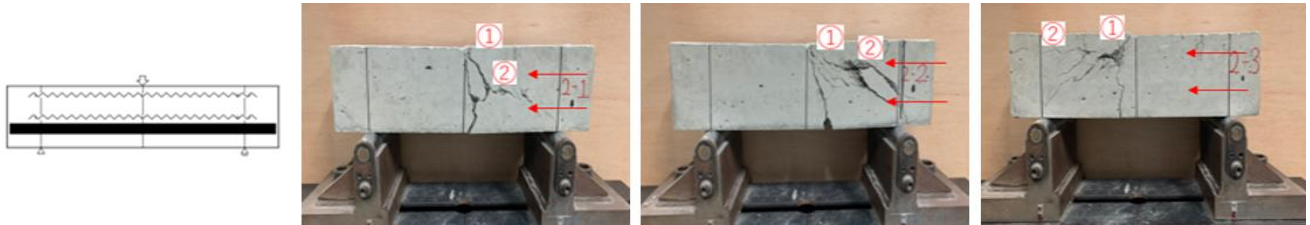


写真-6 (g) 下から 37mm, 70mm ひび割れ

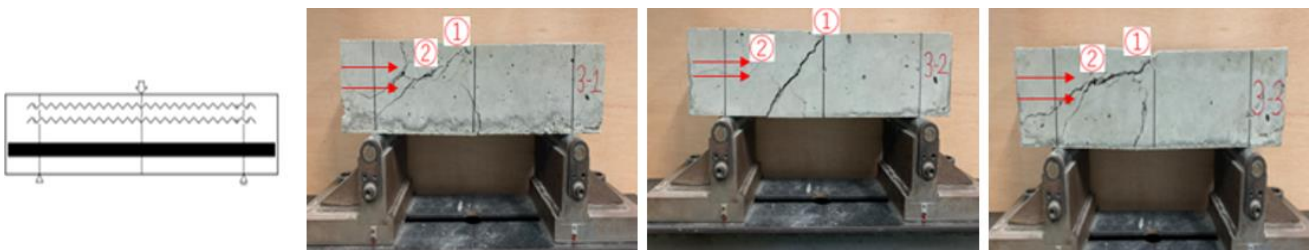


写真-7 (h) 下から 50mm, 70mm ひび割れ

4. 結論

本研究では、複数本の水平ひび割れが RC はり部材のせん断耐荷機構に及ぼす影響に関する基礎的な知見を得ることを目的とし、小型供試体で実験を行った。水平ひび割れを人工的に模擬した小型実験供試体の載荷実験を通じて、導入した模擬水平ひび割れが RC 部材のせん断耐力やひび割れ発生状況にどのような変化をもたらすのかを評価し、以下の結果を得た。

荷重-変位関係で初期剛性は、模擬水平ひび割れを一カ所、二カ所導入しても、健全供試体と同様の傾向にあり、最大荷重は、模擬水平ひび割れが存在することで、健全供試体よりも低下することが分かった。ひび割れの性状は、模擬水平ひび割れを導入することで、斜めひび割れや水平ひび割れに影響を及ぼしていることが分かった。これらより、模擬水平ひび割れが存在することで、結果としてせん断耐力を低下させていることが分かった。

参考文献

- 1) 林田 宏：水平ひび割れの位置や凍害劣化深さの違いが床版の耐力低下に与える影響，寒地土木研究所月報，No804，pp.2-13，2020.4
- 2) 前島 拓ほか：アルカシリカ反応が道路橋 RC 床版の耐疲労性に及ぼす影響，土木学会論文集 E2，Vol.72，No.2，pp.126-145，2016
- 3) 横山 広，浦 修造，関口 幹夫，堀川 都志雄：床版の劣化現象および床版補強工法に関する解析的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.32，No.2，pp.451-455，2010
- 4) 石黒 裕崇，中村 光，山本 佳士，三浦 泰人：圧縮鉄筋近傍に水平ひび割れを有する RC 床版の押抜きせん断破壊挙動に関する研究 コンクリート工学年次論文集，Vol.39，No.2，2017
- 5) 田中 泰司：人工的な不連続面を設けた RC 部材のせん断耐荷挙動に関する研究，東京大学博士論文

残存プレストレス量の推定手法に関する研究

EC19052 永縄 篤

1. 序論

既往の研究¹⁾では、PC道路橋の健全度評価は、目視を主体とした点検手法によることが多く、顕在化前の変状、部材内部の変状、応力状態の異常などの把握は難しいとされている。コンクリート橋のひび割れ等の変状については、これまでも課題が認識された都度、設計基準等の充実が図られ、変状を抑制するための努力が行われてきた。今後も、より高品質のPC橋を構築していくためには、コンクリートにひび割れが生じる事は宿命であることを理解しつつも、定期点検データの分析により抽出された供用後初期段階のPC橋の変状に対しての抑制に努めることが求められている。そこで本研究では、材料劣化した既設PC桁部材の残存プレストレス量の評価技術の構築を目的として、プレストレス量の違いが桁の挙動に及ぼす影響を解析的に検討した。

2. 解析対象と解析概要

2.1 解析対象とした実験概要

解析対象とした供試体概要、载荷試験概要を図-1に示す。载荷方法は、等曲げ区間 1500 mm の 2 点载荷としている。载荷試験は、ひび割れ発生までを第一段階として荷重を一定のピッチで増加させ、ひび割れ発生時点で一旦除荷し、パイゲージを設置後、供試体の破壊まで第二段階の载荷を実施している。供試体の設計値と使用したコンクリートの配合および使用材料をそれぞれ表-1、表-2に示す。解析対象の供試体は所要のプレストレスが導入された直後において上縁側コンクリートの引張応力が許容応力度以下となるように決定されており、このプレストレス状態を 100%として、プレストレス導入量を 50%、10%と変化した 3 種類の供試体が作製されている。導入率 10%の供試体は鋼材配置形状の保持を目的に設定したものであり、積極的なプレストレスの導入がないとみなせる条件である。

表-1 実験供試体概要

項目	単位	100%	50%	10%	
プレストレス	種別	-	1S17.8		
	鋼材断面積	mm ²	208.4		
	偏心量	mm	195		
	有効応力度	N/mm ²	1110.0	555.0	111.0
	緊張量	kN	231.324	115.662	23.132
	偏心モーメント	kNm	-45108.180	-22554.090	-4510.818
	曲げ応力度	N/mm ²	-2.48	-1.24	-0.24
	曲げ応力度	N/mm ²	6.18	3.10	0.62
合成応力	上縁	N/mm ²	-0.68	0.56	1.56
	下縁	N/mm ²	4.38	1.30	-1.18

表-2 コンクリート配合

最大粗骨材寸法 (mm)	スラブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単用量 (kg/m ³)					
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤	
									減水材	AE剤
20	12.0	4.5	58.0	47.0	150.0	259	877	1015	2.07	1.04

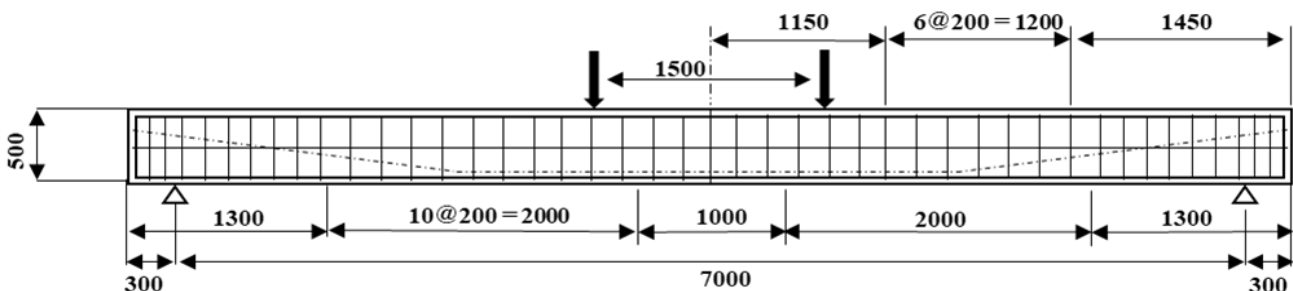


図-1 実験供試体概要

2.2 解析概要

本研究では、対象となる上記の荷重試験を、三次元解析ソフト LECOM²⁾を使用して解析した。解析をする際に、プレストレスは PC 鋼材とコンクリートは完全付着した状態で、PC 鋼材要素に初期ひずみを与えていることで導入した。解析結果と実験結果を比較することで、解析ソフトの妥当性を荷重-変位関係から評価した。また、プレストレス量を変数とした解析結果を用いて、導入プレストレス量と部材の剛性やコンクリート要素のひずみ量の変化などの関係を明らかにすることにより、非破壊的に既設橋梁の残存プレストレス量が評価可能であるかの検討を行った。

3. 解析結果

荷重変位関係を図-2 に示す。プレストレス導入量が 100%の供試体では 80kN でひび割れが発生しており、50%では 50kN で降伏している。10%では 30kN で降伏している。導入量が小さいほど早期に降伏している事が分かる。最大荷重に至る変位にも違いがある。図から実験結果と解析結果とで大幅な違いは見られないため解析結果の妥当性が言える。プレストレス導入量とひび割れ発生荷重関係を図-3 に示す。それぞれ導入量によってひび割れ荷重が大きく違っている事が分かる。導入量が 100%の時の数値を元にとすると導入量が少なくなっていく毎にひび割れ荷重が小さくなっている事が確認できる。図-4 にひび割れ荷重での変位とプレストレス導入の関係を示す。この図から導入量が 100%を元に 50%、10%を比べると導入量が小さくなっていくたびに変位も下がっていることが分かる。図-5 に最大荷重での変異とプレストレス導入量関係図を示す。プレストレス導入量が 100%の時の変位が一番小さいことが分かる。ここで導入量 50%、10%と導入量が小さくなるごとに変位が大きくなっていることわかる。図-6 に最大荷重とプレストレス導入量関係図を示す。プレストレス導入量が 50%の時の荷重が最も大きく次に 100%の、10%と小さくなっている。ここからどのような関係性があるかどうか確認することができないため、プレストレス導入量を推定することは難しいと考える。ひび割れ発生直後の傾きについて図-7 に示す。この図は、ひび割れ発生直後の剛性をそれぞれ 100%、50%、10%のプレストレス導入量に分けて傾きを求めてある。導入量が 100%の傾きは 1.88、50%での傾きは 1.60、10%での傾きは 1.4 となっている。ここでプレストレス導入量が 100%、50%、10%と下がっていくにつれて傾きも下がっていることが分かる。

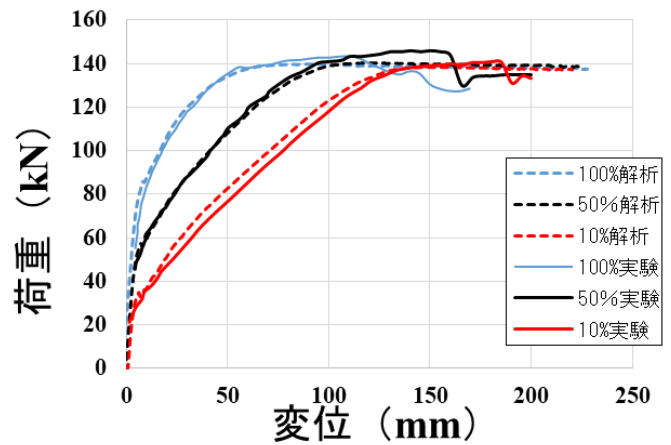


図-2 荷重-変位関係

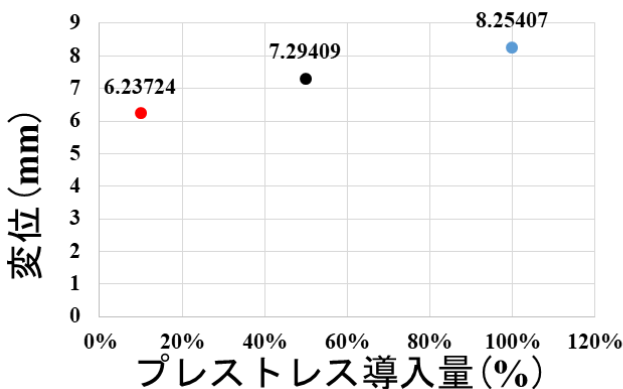


図-3 プレストレス導入量とひび割れ発生荷重

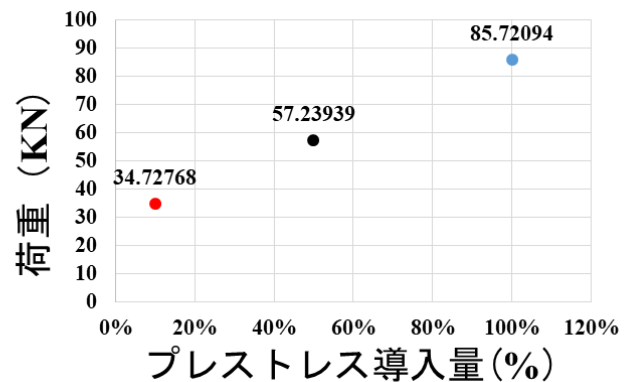


図-4 ひび割れ発生荷重での変位-導入量

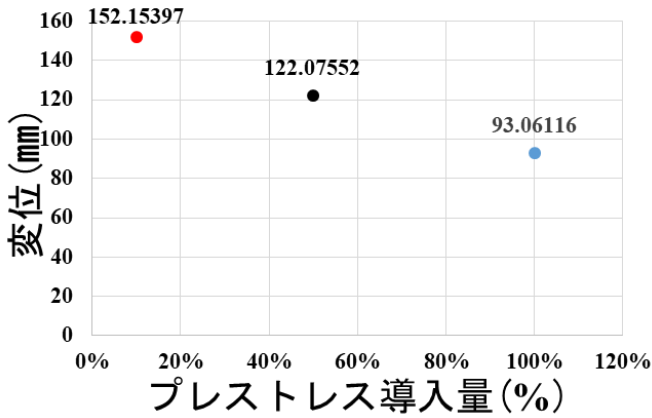


図-5 最大荷重での変位－プレストレス導入量

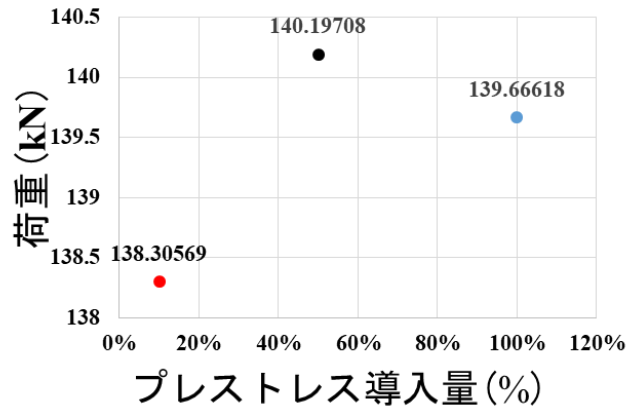


図-6 最大荷重－プレストレスと導入量

図-8 にプレストレス導入量が 100%、50%、10%の荷重をかけた時の位置－ひずみ関係の解析結果を示す。プレストレス導入量が 100%と 50%は同じようなグラフになっているが、ひずみが大きい。600mm のところと小さくなっている 2100mm 所の差が 100%の時のほうが大きくなっている。10%の時の結果ではグラフの形に大きな違いがあると確認できる。導入量が 100%、と 50%の時は 600mm、7000mm の位置でひずみが最大となっているが 10%の時は中央でのひずみが最も大きくなっている。ここからプレストレス導入量が異なることによって位置ひずみ関係が異なってくるのが分かった。

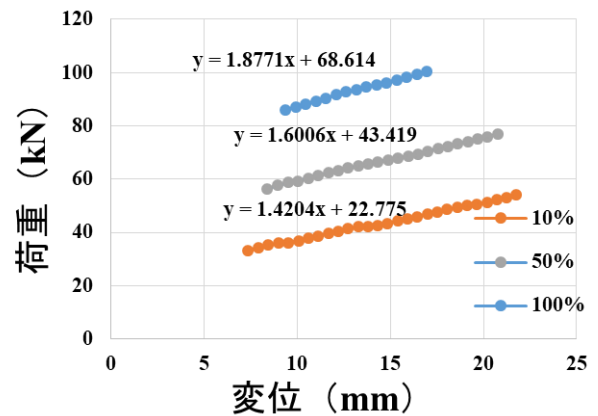


図-7 ひび割れ発生直後の剛性

また、図-9 にプレストレス導入量ごとの最大荷重付近でのひび割れ図について示す。最大荷重でのひび割れ解析結果をプレストレス導入量ごとで比較すると、それぞれ中央付近でのひび割れはさほどの違いはみられなかった。だが、導入量が小さくなるごとにひび割れの範囲が広がっていることが分かる。このことから解析することでもひび割れの違いから残存プレストレス量の推定が可能なのではないかと考える。図-10 にプレストレス導入量ごとの最大荷重付近でのひずみ図について示す。最大荷重でのひずみはプレストレス導入量によって大幅に変わってくる。やはり、ひび割れでの解析結果のように導入量が小さくなるごとに範囲が幅広くなっていることが分かる。導入量が 100%の場合中央でのひずみが大きくなっていることも分かる。導入量が大きくなることによって、ひずみの範囲が小さく中心で大きい。このことから 100%でのひずみを基本とし、求めたい残存プレストレス量のひずみ分布を比較することによって推定が可能なのではないかと考える。

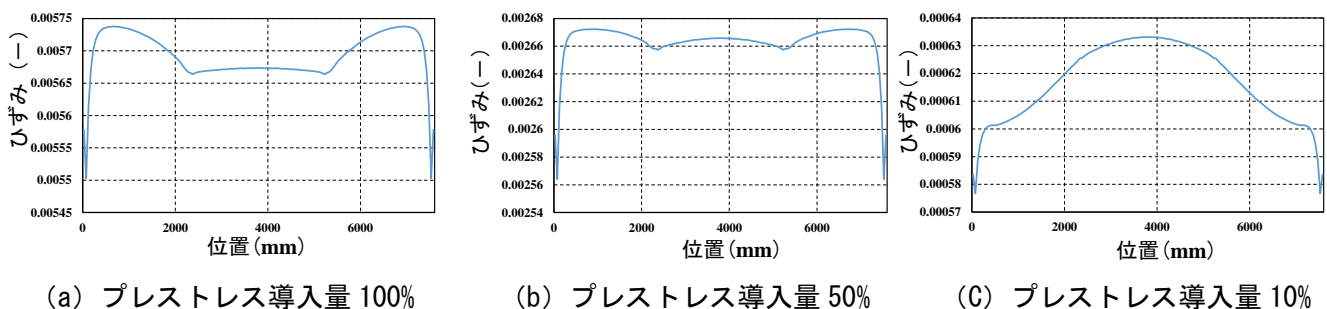


図-8 緊張力導入時のPC鋼材のひずみ分布

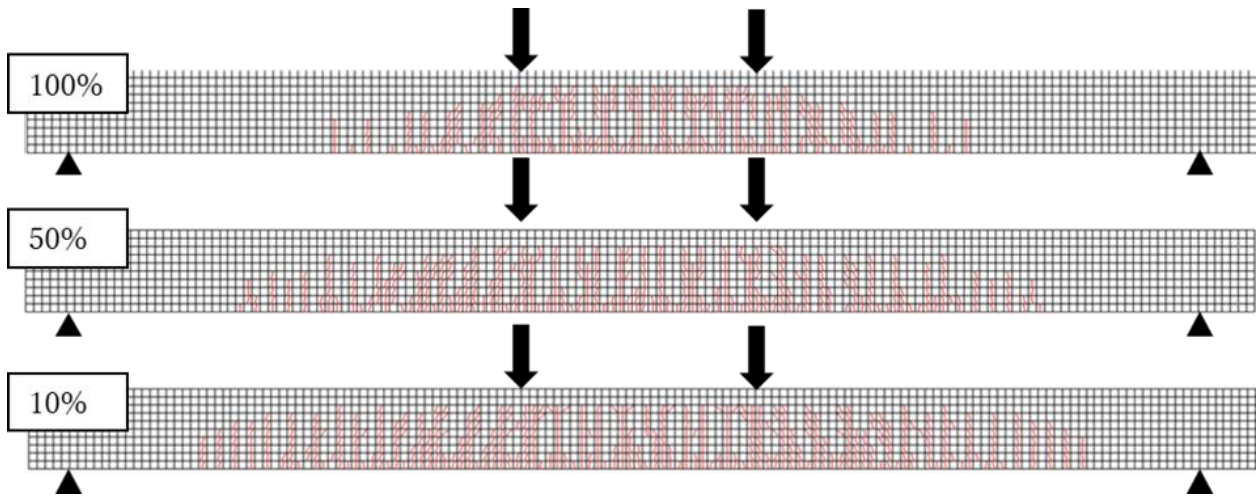


図-9 解析による最大荷重でのひび割れ図

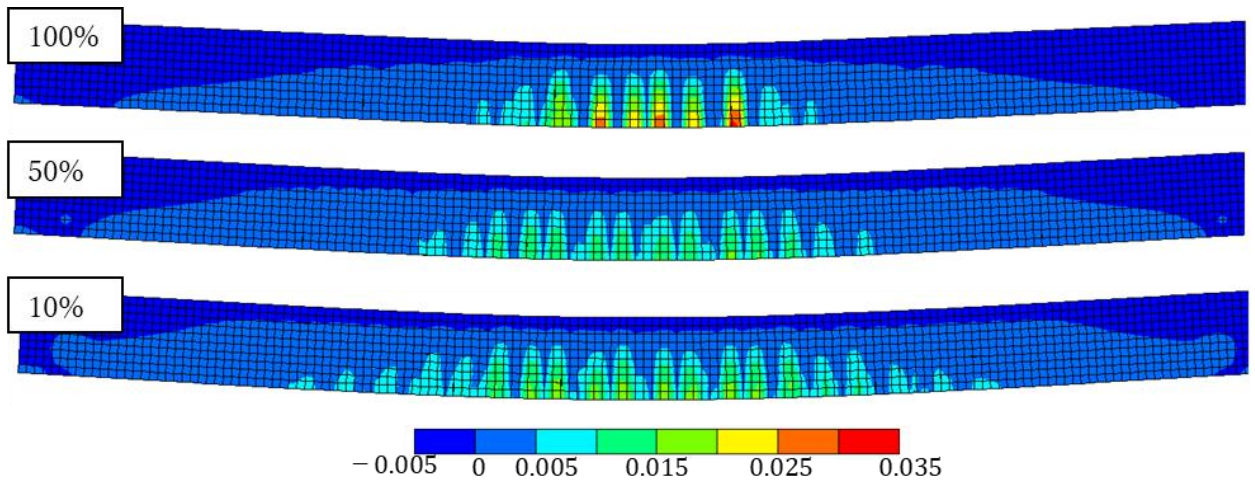


図-10 解析による最大荷重でのひずみ図

4. 結論

本研究では、解析手法の妥当性を評価し、既設構造物を非破壊的にプレストレス導入量推定するための解析手法の検討を行った。本検討では、解析で求めた結果と既往の実験結果を比較することでプレストレス評価の指標になりえる事が分かった。ひび割れが発生していない場合プレストレス導入量が低下するとひび割れ発生荷重が低下することかプレストレス導入量の推定の可能性がある。ひび割れが発生している部材の場合載荷試験等の荷重と変位とも関係から剛性を出すことによって、プレストレス導入量を100%とした解析結果と比較することによってプレストレス量の推定の可能性がある。加えて、プレストレス導入量が低下すると鉛直方向のひび割れ発生する範囲が広がることからプレストレス導入量低下の推定の可能性が否定できない。これらのことから材料劣化した既設PC桁部材の残存プレストレス量の評価技術の構築することが可能なのではないかと考える。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究資料共同研究報告書・PC道路橋の健全度評価に関する共同研究，国総研資料第613号 平成22年10月
- 2) 石川 靖晃・伊藤 睦・荒畑 智志・河合 真樹・原 健悟：コンクリート構造物建設工程シミュレータの開発ー各種初期応力影響下の保有耐荷力解析プラットフォームー，J-STAGE 53 巻2号，pp.172-180，2015

実橋梁の床版内で確認された水平ひび割れの発生原因と構造性能に及ぼす影響の検討

EC19056 長谷川 直輝

1. 研究背景との目的

昨年、実橋の詳細点検において、床版からコンクリートコアを採取したところ、写真1のような複数の水平ひび割れの発生が確認されたり。この橋梁は、車通りの少ない山間部にあるため、ひび割れ発生要因には、凍害やASRなどでの複合劣化が考えられるが、その要因は明らかとなっていない。このことから、この水平ひび割れの発生メカニズムの解明とこの水平ひび割れが安全性に及ぼす影響を検討する必要があると考えられる。本研究では、研究対象である実橋に、なぜこのような水平ひび割れが発生したのか、このような水平ひび割れが生じた部材の使用性や耐荷性は健全な状態と比較してどのように、どの程度変化するのかを明らかにすることにより、実橋の維持管理計画の検討において、補修・補強でよいのか、もしくは床版取替えを要するの可否かの判断材料を得ることを目的とする。

2. 模擬水平ひび割れを導入した RC はりの載荷実験

2.1 実験概要

部材内に生じた水平ひび割れが部材の耐荷特性やひび割れ発生状況に及ぼす影響を把握するために、本研究では、水平ひび割れを模擬した段ボールを図-2 に示すように配置した試験体を作製し載荷実験を行った。試験体寸法は断面100mm×100mm、試験体長400mmであり、Case1は、断面高さ中央に4mmの模擬ひび割れを導入した試験体、Case2は断面高さ中央に2mmの模擬ひび割れを導入した試験体、Case3は断面高さ中央と上縁から30mmの位置に2mmの模擬ひび割れを導入した試験体である。なお、段ボールを支点間に配置することで、模擬ひび割れを試験体長さ方向全長に模擬した。これらの試験体各3体と模擬ひび割れを導入していない基準試験体3体を合わせて計12体の試験体を作製した。コンクリートの配合は表-1に示すとおりであり、載荷試験時のコンクリートの圧縮強度は41.56N/mm²であった。なお、試験体を斜め引張破壊させるために、試験体にはD13鉄筋を有効高さ70mm位置に配置し、荷重載荷位置はスパン中央とした。



写真1 ひび割れ状況¹⁾

表-1 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)			
			W	C	S	G
47	46	4	170	356	810	969
密度(g/cm ³)			1	3.15	2.6	2.65

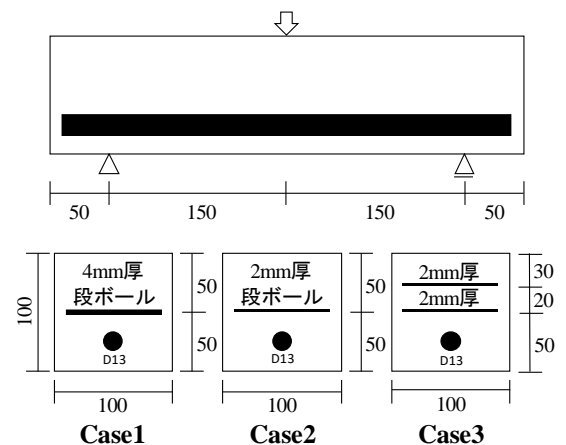


図-2 試験体概要

2.2 実験結果

試験より得られた荷重-変位関係を図-3 から図-6 に示す。なお、健全供試体の3本の内1本は、異なる方法で載荷したため除外した。

これより、図-3 に示す健全供試体、および図-4 から図-6 に示す模擬水平ひび割れ導入供試体、どちらも最大荷重に達するまでは変位に変化は見られず、最大荷重に到達後、荷重の低下に伴い変位にも変化が見

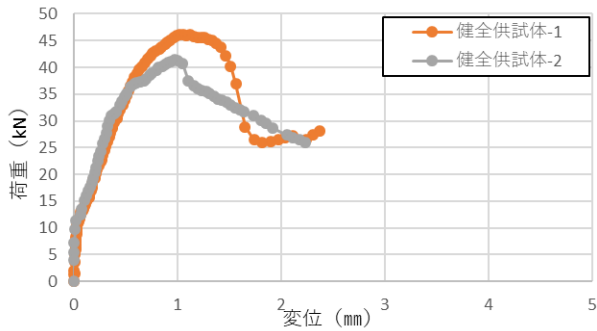


図-3 健全供試体

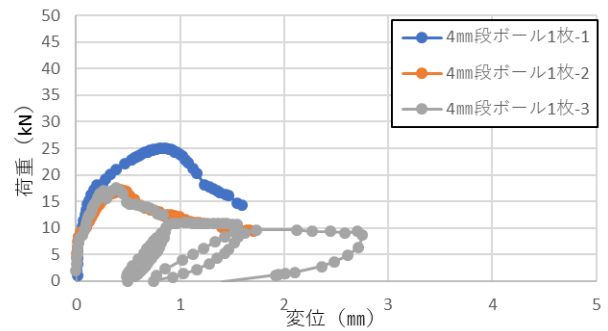


図-4 4mm段ボール

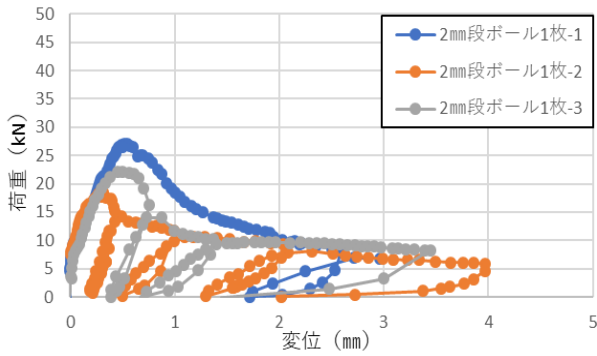


図-5 2mm段ボール1枚

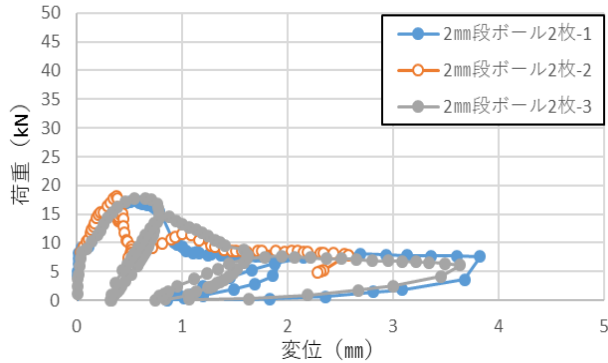


図-6 2mm段ボール2枚

られ始める。その後、荷重に変化が見られなくなると変位が大きく変化することが確認された。

最大荷重は、健全供試体が平均 45.5kN であったのに対し、模擬水平ひび割れ導入供試体は 4 mm 段ボール 1 枚が 19.9kN、2 mm 段ボール 1 枚が 22.5kN、2mm 段ボール 2 枚が 17.7kN であった。模擬水平ひび割れが存在することで、最大荷重が 50%程度低下することが確認された。

図-4 から図-6 模擬水平ひび割れ導入試験体に除荷と再載荷を繰り返し行ったところ、再載荷後の最大荷重は除荷と再載荷を繰り返し行っても大きな変化は見られなかったが、再載荷後の剛性は除荷と再載荷を繰り返すたびに、荷重が小さくなる傾向があると確認された。

2 mm 段ボール 2 枚の模擬水平ひび割れ導入供試体の 1 つを、除荷することなく載荷し続けた結果、最大荷重後に見られた 2 つ目の山が 12kN のところであると確認された。

2.3 梁の破壊性状

載荷試験で使用した試験体を写真 2 から写真 5 に示す。写真 2 の健全供試体は初期剛性発生後、コンクリート底面に曲げひび割れが発生し、その後、コンクリート上面の載荷点からコンクリート底面の支点方向へ、斜めのひび割れを確認できた。写真 3 から写真 5 の模擬水平ひび割れ導入供試体も健全供試体と同様初期剛性発生後、曲げひび割れが発生し、その後、コンクリート底面の支点から模擬水平



写真 2 健全供試体



写真 3 4mm段ボール1枚供試体



写真 4 2mm段ボール1枚供試体



写真 5 2mm段ボール2枚供試体

ひび割れ導入部への斜めひび割れを確認でき、最大荷重に到達後、荷重を与え続けると水平ひび割れが広がっていくことが確認できた。模擬水平ひび割れ導入供試体の内 2 mm 段ボール 2 枚の水平ひび割れは、コンクリート梁底面から 50 mm の位置に入れた模擬水平ひび割れの位置でひび割れ破壊が起こった。

2.4 ひび割れ発生荷重と初期剛性

図-7 から図-10 は図-3 から図-6 荷重-変位関係のグラフからひび割れ発生荷重と初期剛性を確認するために、曲げひび割れが生じる前後を切り取った図である。この図から健全供試体は平均 12kN で、曲げひび割れが生じており、模擬水平ひび割れ導入供試体では 4mm 段ボールが 9kN、2mm 段ボール 1 枚が 9kN、2mm 段ボール 2 枚が 9kN で曲げひび割れが生じていることが確認できた。

健全供試体と模擬水平ひび割れ導入供試体とで剛性の平均を求めた結果、健全供試体が 336.8 kN/mm、4mm 段ボールが 233.7 kN/mm、2mm 段ボール 1 枚が 176.0kN/mm、4mm 段ボール 2 枚が 181.6 kN/mm という結果となった。このことから、ひび割れがあることで剛性が 40%程度低下することが確認された。また、剛性はひび割れの数ではなく、大きさによって変わることが確認された。

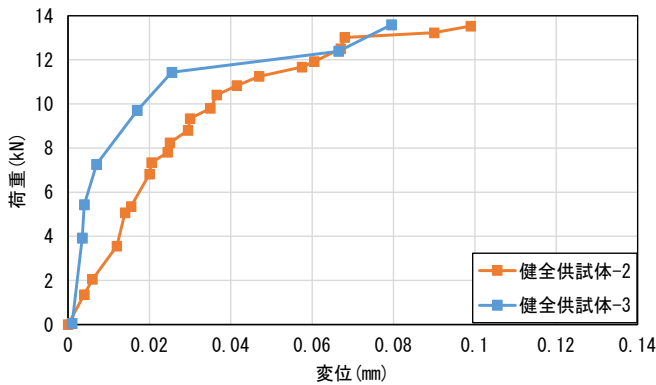


図-7 健全供試体

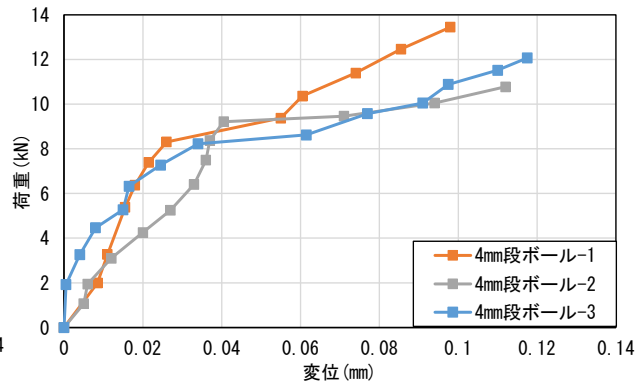


図-8 4mm段ボール供試体

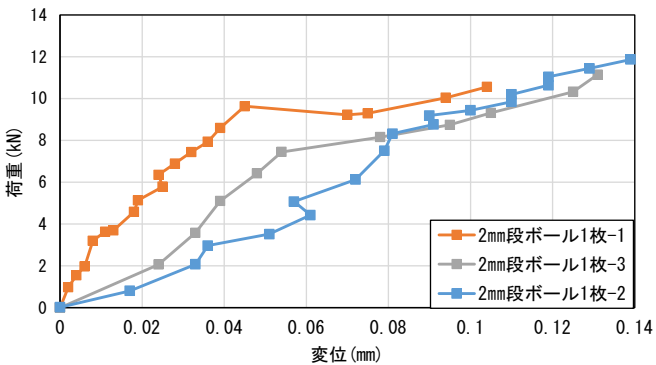


図-9 2mm段ボール 1 枚供試体

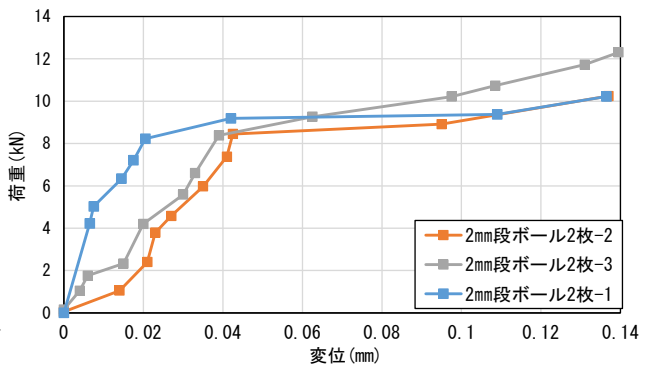


図-10 2mm段ボール 2 枚供試体

3 実橋のひび割れ要因

3.1 ひび割れ発生要因

ひび割れの発生要因としては、床版上面が大気乾燥などの影響を受け、コンクリートに含まれる水分が蒸発することで、コンクリートの体積が縮んで引っ張られ床版上面にひび割れが生じた。その後、ひび割れ発生箇所に通車車両などの荷重がかかることにより、写真 6 のような土砂化が起こる。土砂化が起こった場所から雨水や凍結防止剤などがコンクリート内に浸透することで、コンクリートが劣化し床版内部にひび割れが発生したと考えられる。



写真 6 土砂化¹⁾

3.2 水平ひび割れ発生要因

研究対象である実橋は、山間部にあるため、冬場には路面の凍結や積雪などが起こることが多々あると考えられる。また、実橋の床版底面には写真7のような微細ひび割れとエフロレッセンスによって遊離石灰など成分が析出していることが確認できる。

それらのことと、3.1で書かれたひび割れ発生要因とで検討した結果、実橋で水平ひび割れが起こった要因は、実橋内部で起こったひび割れが、凍害劣化とアルカリシリカ反応による複合劣化によって水平ひび割れになり、可能性が高いと考えられる。



写真7 床版底面のひび割れ²⁾

3.3 実橋の補修・補強もしくは床版取替えの必要性

凍害劣化とアルカリシリカ反応による複合劣化によって水平ひび割れが広がっている可能性が高いと考えられる。凍害とアルカリシリカ反応では劣化進行は水の供給を受ける環境下で促進されるという共通の環境要因があるため、劣化進行を抑える必要があると考える。その方法として、ラテックスコンクリートで床版の上面の修復を行うことで、コンクリート内に水分の浸入を防ぐことができ今後も使用可能であると考えられる。

版取替えの必要性について、除荷と再載荷を繰り返し行った試験結果をもとに考えると、再載荷後の梁の最大荷重はひび割れ発生後、ひび割れの数とは関係なく同程度の値だった。そのため、床版取替えの必要性は極めて低いと考える。

4. 結論

本研究は、研究対象である実橋になぜこのような水平ひび割れが発生したのか、このような水平ひび割れが生じた部材の使用性や耐荷性は健全な状態と比較してどのように、どの程度変化するのかを明らかにすることを目的とし、実橋の維持管理計画の検討において、補修・補強でよいのか、もしくは床版取替えを要するのかの判断材料を得ることを目的とする。

実橋に水平ひび割れが発生した要因として、床版上面が大気乾燥などの影響を受け、コンクリートに含まれる水分が蒸発することで、コンクリートの体積が縮んで引っ張られることにより床版上面にひび割れが生じた。その後、ひび割れ発生箇所に通車車両などの荷重がかかることにより、土砂化が起こり、そこから水が浸透することでコンクリート内が劣化し、水平ひび割れが発生したと考える。その後、凍害とアルカリシリカ反応による複合劣化により、水平ひび割れが広がった可能性が高いと考えられる。

床版取替えの必要性について、除荷と再載荷を繰り返し行った試験結果をもとに考えると、再載荷後の梁の最大荷重はひび割れ発生後、ひび割れの数、大きさとは関係なく同程度の値だった。そのため、凍害劣化とアルカリシリカ反応による複合劣化の対策として、ラテックスコンクリートで床版を修復することで、床版取替えの必要はないと考える。

参考文献

- 1) 令和3年度A市橋委第1号B橋梁耐震補強補修 測量設計業務委託, pp.5-21, 2021年12月
- 2) B橋 床版耐力調査(案) p3

2022 年度卒業研究論文概要

ジブリパーク開園による大芝生広場の使われ方に関する研究
～開園前と比較して～

EC18076 山田 琉士

1.研究の背景と目的

2022 年 11 月 1 日、愛知県長久手市で開催された愛・地球博の跡地であるモリコロパークの敷地に 3 つのジブリパークのエリアが開園した。ジブリというビッグネームから観光地として全国から多くの人々が来るようになると思われる。経済効果は総事業費約 340 億円に対し年間 180 万人の来場者と 480 億円と試算されている。しかし、たくさんの人々が来園することにより今まで利用していた場所がジブリパーク開園以前のように利用できなくなり公園の在り方が変化してしまう可能性がある。そこでジブリパーク開園前後で公園滞在者の居場所や行動を調査して今までのように利用できているか調査し明らかにする。また公園滞在者の変化に合わせて大芝生広場の魅力を向上させるための方向性を探ることを本研究の目的とする。

2.研究の枠組み

2.1.対象地域の概要

本研究では、愛知県長久手市に位置する「愛・地球博記念公園」の大芝生広場を研究対象とする。大芝生広場は 11 月に開園するジブリパークの 2 つエリアに隣接しており、滞在者の変化が大きいと考えられる。大芝生広場は写真のようになっており、A・B の人工芝生と C・D の天然芝生の 2 種類があり、C・D の天然芝生の方は傾斜がある。B の芝生エリアには屋根付きステージもありイベントの時利用される。また公園のイベント担当者はジブリパークが開園することにより芝生エリアを利用するイベントが毎週ある予定であるという話が聞けた。



図 1 愛・地球博記念公園マップ



写真 1 大芝生広場

2.2.研究方法

本研究では芝生広場のジブリパーク開園前後での利用者実態を比較するために開園前と開園後で広場の行動観察調査を行う。行動観察調査は週 2 回平日と休日に 10 時 00 分から 17 時 00 分まで行った。1 時間おきに広場の様子を動画または写真で記録する。記録したデータから人数・行動内容・位置に着目して開園前後で比較し利用実態の変化を分析する。開園後の休日は広場 B がイベントに利用されていたので開園後の休日のデータは広場 B を観察対象外とする。また本研究では行動内容を調査する際「運動」「ご飯・休憩」「戯れ(子どもが遊んでいること)」「その他」に分類する。

3.調査結果

3.1.利用者数(平日)

開園前は 10 時の利用者はいなかったが 10 月の内覧会が始まってから利用する人が出てきた。一方で 12 月になると 15 時以降の利用者がいなくなった。開園後は利用者が増加していて、特に 11 時から 13 時までの利用者の増化していることが分かる。それ以外の時間の利用者数に大きな変化は見られなかった。この理由としては特定の時間に愛知県の保育園、幼稚園、小学校が団体で利用するようになったからとだと考えられる。

表 1 広場の利用者数(平日)

	日付	平均気温	合計人数	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時
開園前	9/1(木)	26	52	0	0	4	0	14	13	13	8
	9/15(木)	24	12	0	2	2	0	2	0	4	2
	9/29(木)	21	20	0	2	0	1	7	6	2	2
内覧会	10/6(木)	19.7	47	15	3	11	8	2		6	2
	10/13(木)	18.3	34	4	4	4	3	11	2	6	0
	10/20(木)	14.5	118	7	16	14	20	24	15	8	14
開園後	12/7(水)	7.3	312	2	5	245	9	15	13	15	8
	12/14(水)	6	164	3	71	53	26	11	0	0	0
	12/21(水)	5.2	333	2	92	93	135	11	0	0	0

3.2.行動内容(平日)

10 月になると内覧会が始まり「戯れ」と「その他」の割合が 9 月に比べ増加、開園に合わせたイベント関係者が下見に来る人が多く「その他」の割合も多くなった。開園後の図 3 では図 2 の 10 月より「戯れ」の割合が高くなったことが分かる。要因としてジブリパーク開園により子供の利用者が増加したことが考えられる。

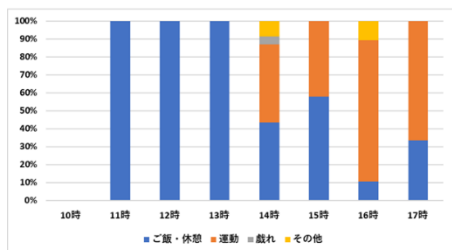


図 2 開園前行動(平日)

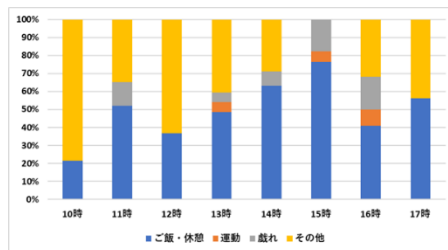


図 3 内覧会行動(平日)

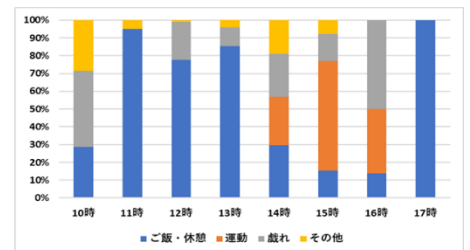


図 4 開園後行動(平日)

3.3.場所(平日)

開園後の芝生広場は利用者が増え A・B だけでは利用する場所が足りず、傾斜で利用しにくい C・D も利用されるようになって考えていたが A・B に利用できる場所に余裕があり C・D を利用する人はいなかった。B のステージ周りを利用する人が 10 月まで多かったが 12 月は減少している。この変化の要因はジブリパークと関係なく気温が下がりステージの屋根の日陰を利用する人が減ったからと考えられる

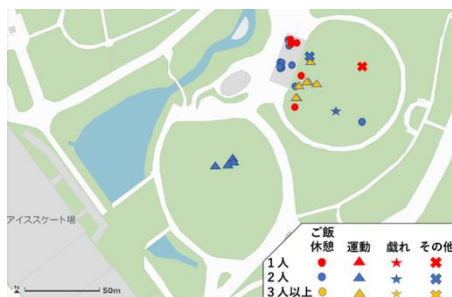


図 5 開園前場所(平日)

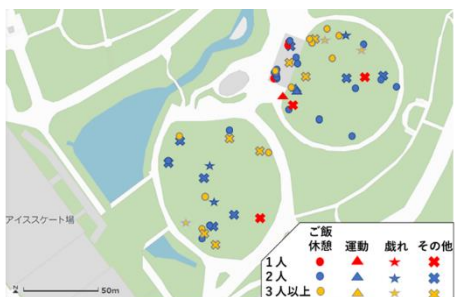


図 6 内覧会場所(平日)

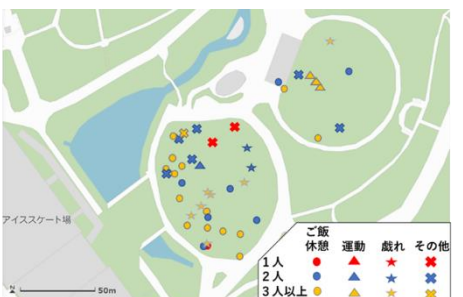
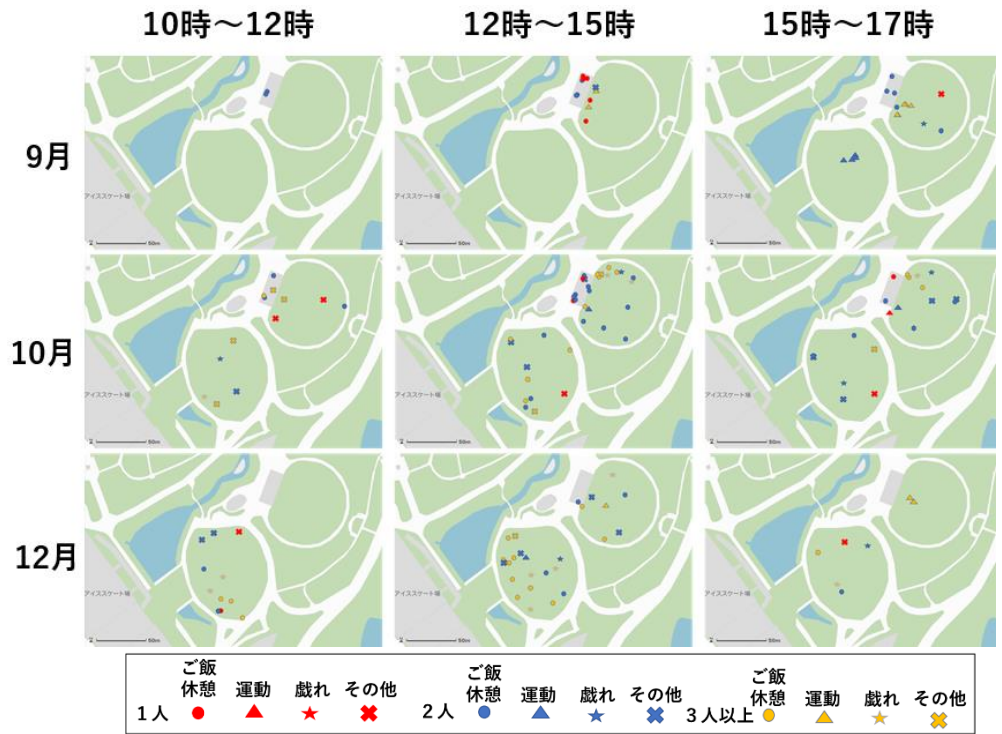


図 7 開園後場所(平日)

3.4.時間別の場所(平日)

9月の12時より前の時間は利用者数が少ないが10月になり10時からジブリの有料エリアに入れるようになり12時より前に芝生を利用する人が出てきた。一時間ごとに入場制限があり入場までの待つ場所として利用されており休憩をする人が多いと考えられる。



3.5.利用者数(休日)

図8 時間別の場所(平日)

内覧会が始まった10月は9月に比べ広場の利用者数が2倍以上増加したが開園後の12月はイベントの開催で広場Bが利用で出来なくなってから10月の利用者数を上回ることがなかった。

表2 広場の利用者数(休日)

	日付	平均気温	合計人数	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時
開園前	9/4(日)	25.8	183	11	19	19	24	25	22	30	33
	9/11(日)	24.7	111	6	5	10	18	25	18	13	16
	9/18(日)	23.3	81	0	0	0	12	24	13	22	10
内覧会	10/2(日)	20.5	453	26	29	89	65	61	65	66	52
	10/23(日)	16	687	28	44	120	133	167	112	59	24
	10/30(日)	15.1	741	53	62	117	152	150	130	59	18

表3 広場の利用者数(休日) 広場Bを除く

	日付	平均気温	合計人数	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時
開園後	12/4(日)	7.9	122	0	17	42	31	10	7	15	0
	12/11(日)	6.5	366	14	52	74	78	58	51	36	3
	12/18(日)	5.5	21	2	0	2	2	5	5	2	3

3.6.行動内容(休日)

10月の内覧会が始まっても9月に比べ大きく行動に変化がなかったが、12月のイベントは屋台のなかに飲食店もあり11時から14時までの「ご飯・休憩」が9月、10月に比べ増加して12時には9割以上が「ご飯・休憩」の場所として広場を利用するようになったが、体を動かせるスペースがなくなり「運動」の割合が減少したと考えられる。

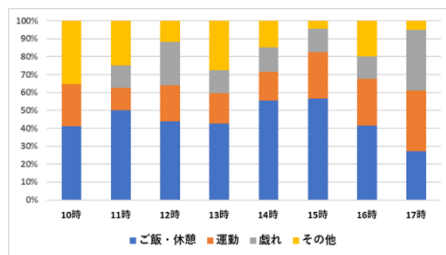


図9 開園前行動(休日)

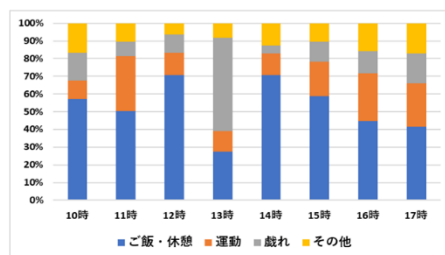


図10 内覧会行動(休日)

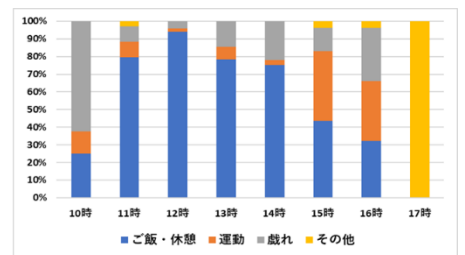


図11 開園後行動(休日)

3.7.場所(休日)

9月は気温が高く熱いと感じる人が多くステージの屋根で日影ができる広場Bを利用する人が多いと考えられる。広場Aの利用者が10月になり増加した要因としては広場Bの利用者増加と気温の低下から日陰を求める人が少なくなったことと利用が増えて広場Bの利用スペースがなくなったことが考えられる。また開園後イベントで広場Bが使えなくなり、今まで利用されにくかった広場CとDが利用されるようになった。

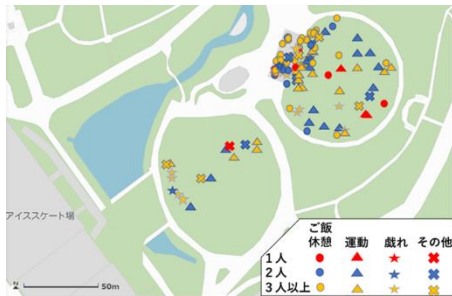


図 12 開園前場所(休日)

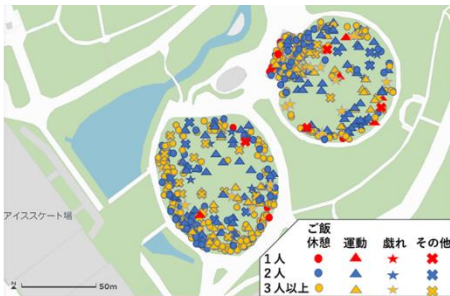


図 13 内覧会場所(休日)

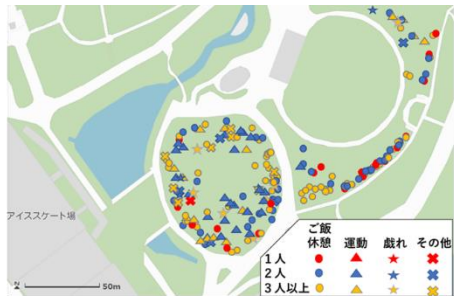


図 14 開園後場所(休日)

3.8.時間別の場所(休日)

内覧会が始まった10月になると12時以降に広場Aでも「ご飯・休憩」で利用されるようになった。また12月になり広場Bでイベントが開催されるようになると、12時から15時の間に広場C・Dを利用する人が出てきた。イベントの屋台を飲食する場所として利用されるようになったからだと考えられる。

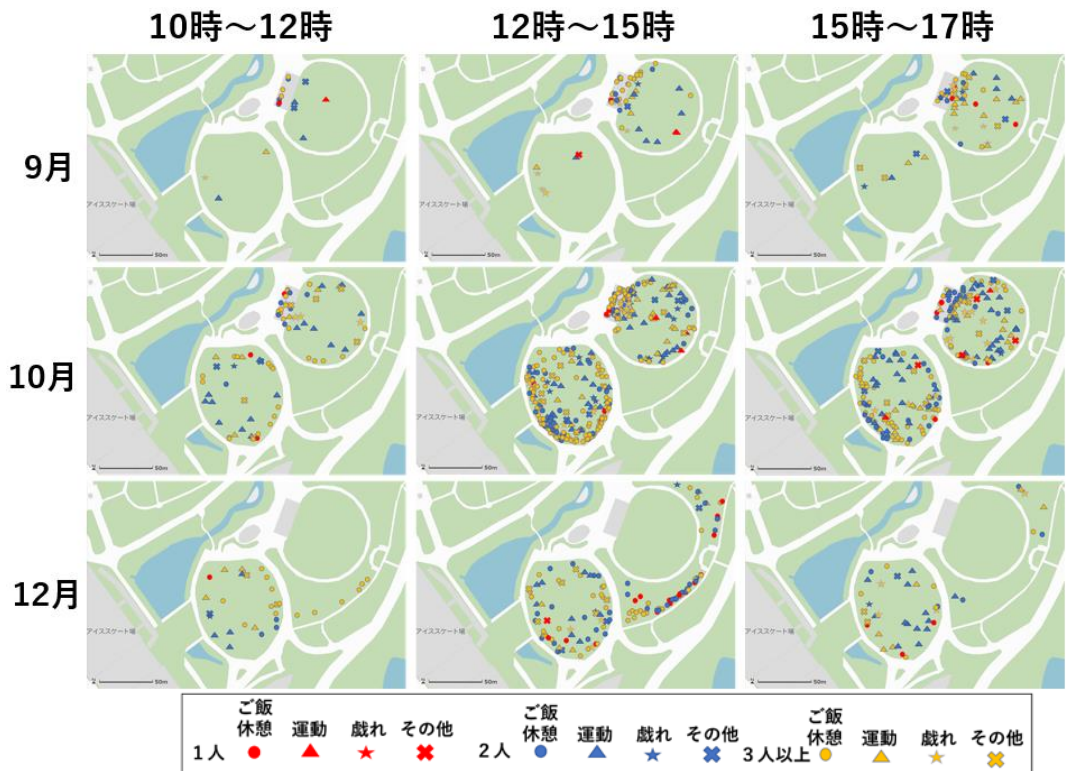


図 15 時間別の場所(休日)

4.まとめ

平日は11時から13時の間に保育園、小学校の団体に利用されるようになり利用者数が増加したが広場にまだ利用できる空間があり以前のように利用することができる。休日は芝生広場でのイベントが多くなり以前のように利用できる日が少なくなってしまう。またイベント有無にかかわらず12時から14時の間は利用者が多く密集していて以前のように利用するのが難しい。開園した現在大芝生広場は休日のピーク時は広場のスペースが足りないと感じる。そこで広場Cより利用者が少なく傾斜で利用しにくい広場Dを平らにして広場A・Bのように天然芝にするとより使いやすいスペースができ大芝生広場の魅力向上に繋がると考える。

参考文献

地図/GSI Maps | 国土地理院, https://maps.gsi.go.jp/index_m.html, (参照 2022-11-26)

朝宮公園における改修事業後の利用変化に関する研究

EC19007 伊藤 健甫

1. 序論

1-1 研究の背景と目的

現在日本各地で使われなくなった公園を Park-PFI 制度を利用してリノベーションを実施している事例が増えている。朝宮公園は Park-PFI 制度では無いが、リノベーションしている一つである。その中で朝宮公園は、以前までは緑が多く自然豊かな公園であったものの、あまり運動公園としての機能が果たせていなかった。それを解消させるため公園整備事業が行われた。その結果人は多く集められるようになったがその一方森林が伐採されてしまい朝宮公園の特徴であった緑が少なくなってしまった。

春日井市民のほとんどが一度は利用したことのある朝宮公園が公園整備事業で新しく生まれ変わることによって、春日井市民や他市から来る公園利用者や近隣住民にどのような影響をもたらしたのかを把握するため、本研究では公園整備事業の前後でのアンケート調査、ヒアリング調査を行い年代や性別などが遊び方や利用方法がどのように変化したかを明らかにし、より活用されるにはどうしたらいいのかを考えることを目的とする。

2. 研究の枠組み

2-1 対象公園の概要

朝宮公園は春日井市朝宮町ある市の西部に位置する運動公園で、東に八田川、西に新木津用水が流れる緑豊かで静穏な環境は、多くの人々に親しまれている。公園内では部分的に整備工事を進めており、スポーツ施設として、陸上競技場、多目的広場、野球場、テニスコートとフィットネススタジオがある。

また、スポーツ施設のほか、遊具広場、芝生広場、和風園などがあり、レクリエーションや地域活動、催しなど様々な目的でご利用することができる。



図1 研究の対象の位置

朝宮公園ホームページより

<https://www.spofurekasugai.or.jp/sports/asamiya/access/>

2-2 研究方法

朝宮公園の概要を把握し、その後朝宮公園に現地調査に行き、利用実態を確認した。

公益財団法人春日井市スポーツ・ふれあい財団朝宮公園管理事務所にヒアリング調査を行い、その後近隣住民には google フォームを用いたアンケート用紙をポストに投函し、利用実態などを知るため、ポスティング調査を行う。朝宮公園中心部から約 250m と中心部から約 250m~約 500m の家を対象とし、それぞれ 180 部ずつ配布する。(表 1)

公園利用者には口頭でのアンケート調査を行いその場での回答が難しい方は google フォームを用いたアンケート用紙を渡し web でのアンケート調査を行ってもらう。部数は 180 部配布した。(表 2) それぞれ

の質問項目に利用目的や公園に対する改善点、不満点など(表3、表4)があるためそれらを参考して、考察やまとめを行っていく。

表1 アンケート調査の概要

対象	公園利用者
日時	2022/11/30・2022/12/04
部数	50部
方法	アンケート用紙を配りその場で回答

表2 ポスティング調査の概要

対象	~250m	250m-500m
部数	180部	180部
回答	34部	36部
方法	googleフォームを用いたwebアンケート	

表3 ポスティング調査の質問内容

<ul style="list-style-type: none"> ・性別・年齢・職業・家族構成・誰と来園するか ・所要時間・テレワーク・公園整備事業について・利用頻度 ・利用頻度の変化・満足度・よく利用する場所・利用目的・利用目的の変化 ・ほかの公園利用・朝宮公園の課題・自然の伐採 ・公園の管理状況・騒音問題・車問題・地域が魅力的になったか・その他意見や要望

表4 アンケート調査の質問内容

<ul style="list-style-type: none"> ・性別・年齢・職業・住まいの地域・交通手段・所要時間・来園時間・滞在時間 ・誰と来園したのか・利用頻度・利用頻度の変化・満足度・利用目的・利用目的の変化 ・なぜ朝宮公園を選んだのか・公園整備事業について・公園の管理状況 ・朝宮公園の課題・自然の伐採・駐車場について・朝宮公園に求める要素 ・その他意見や要望

3. ヒアリング調査

3-1 ヒアリング調査結果

朝宮公園の利用方法の変化、県から市へ移管した経緯を明らかにすることを目的とし、公益財団法人春日井市スポーツ・ふれあい財団朝宮公園管理事務所にヒアリング調査を行った。

ヒアリング調査でなぜ愛知県から春日井市に移管したのか質問したところ、移管する前は民間の会社に管理を任せていたが赤字続きであったため、愛知県としても問題視されていた。その同じ時期に岡崎市が同じように公園を移管した。春日井市が名古屋市にお願いをしても岡崎市同様に朝宮公園を春日井市に移管した。

公園整備事業前と後での利用者の変化についての質問では、公園整備事業前ではグラウンドを利用するのはクラブチームの1チームだけであったが、公園整備事業後では個人利用もあるためクラブチーム

だけでなく高校生の体育祭や春日井市民の個人利用になど多くの人に使われているとの回答を受けた。

4. 公園利用者のアンケート調査結果

4-1 公園の利用実態

アンケート回答者は主に家族連れが多くその年齢層は20代~50代の子育て世代が多くみられ、その他には中学生など幅広い年齢層に利用されており(図2)、利用時間は1時間~3時間の利用が多かった。回答者は春日井市にお住まいの方が多く後は他市から来られた方が多少見られたが県外から来られた人はいなかった。利用目的は、散歩やウォーキング、ランニングと言った運動目的の人と遊具利用、遊具利用を伴わない遊び目的の人々が多く見られた。

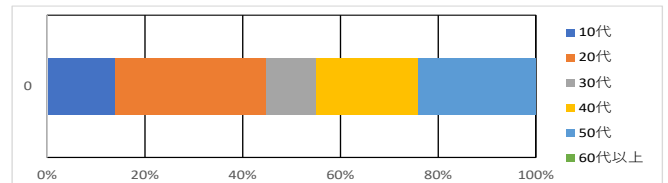


図2 年齢層

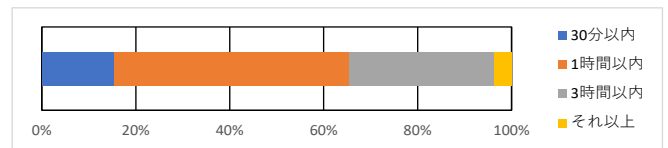


図3 利用時間

4-2 課題・不満点

公園利用者からの課題や不満点は交通の便が悪い、駐車場が狭い、売店がないと言った声が多く寄せられた。自然が伐採されていることに関してもやむを得ないと回答された人が多かったが、中には自然が多いほうが良いといった回答もみられた。(表5)

表5 課題・不満点

課題・不満点	
公園利用者	<ul style="list-style-type: none"> ・交通の便が悪い・休憩するスペースがない ・駐車場が少ない・安全性が欠けている ・雨が降ると何もできない・売店がない ・自然が多いほうが良い

4-3 改修事業前後の比較

改修事業前後では利用頻度が増えた、やや増えたが半分を占め、減った、やや減ったとの回答は一人も見られなかった(図4)。利用目的も変わったと答えた方が多くなっており(図5)理由としては、歩道が

整備されたことや明るくなったといった回答が見られた。(表6) 満足度も改修事業後の方が満足と回答された方が多かった。(表7)

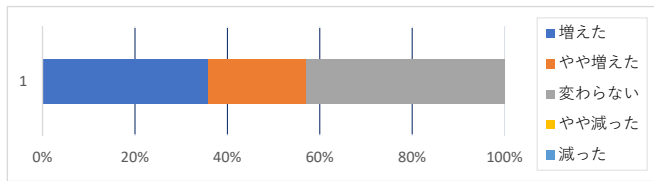


図4 公園利用者の利用頻度の変化

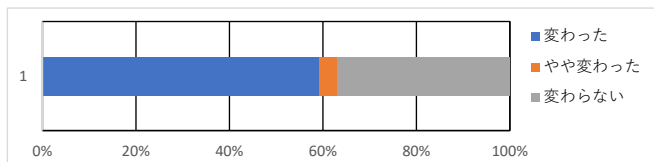


図5 公園利用者の利用目的の変化

表6 利用目的の変化の理由

利用目的の変化	
公園利用者	・明るくなった・歩道が整備されたから・フィットネスジムを利用するようになった・コースがせいじされたから・噴水、遊具を使うようになった・

表7 満足度

満足度の変化	
改修事業前	3.4(%)
改修事業後	96.6(%)

5. 近隣住民のポスティング調査結果

5-1 近隣住民の公園利用実態

近隣住民は主に一人での利用と子供との来園が多かった。(図6) 利用頻度では月に1、2回の利用が多く使ったことがない方は250m圏内では0人で250m~500m圏内の方は5.9%程度であった。(図7) 利用目的では、散歩目的で利用する方が共に一番多かった。(図8)

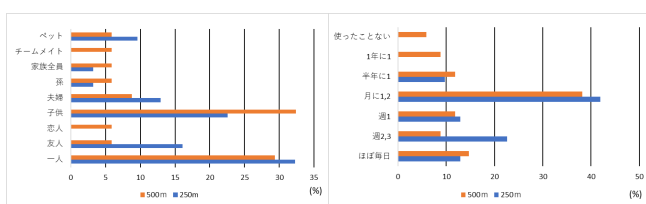


図6 誰と来園するのか

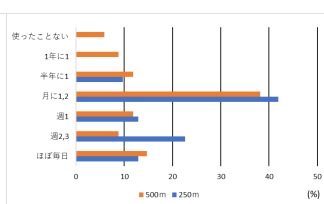


図7 利用頻度

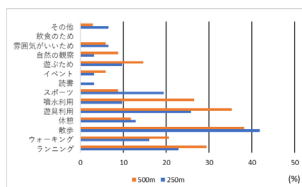


図8 利用目的

5-2 課題・不満点

250m圏内の近隣住民からの課題や不満点では公園利用者の車が駐車場に収まりきらず路上駐車や周りの道の混雑が挙げられた。また、250m~500m圏内

の近隣住民からはペットの散歩やペットとの触れ合いがしたいが子供が多くて遊ばせられないといった回答が見られた。ほかにも公園利用者と同様に自然が少なくなってしまったのが残念という回答も数件見られた。(表8)

表8 課題・不満点

課題・不満点	
近隣住民 (~250)	・送迎サービスがあるといい・なるべく自然な木々を残してほしい・犬も安全に遊ばせられる場所があっても良かった・エリアを分けるなどして深い森林を残すなど、木を増やしてほしい ・駐車場がもう少しあるといい
近隣住民 (250~500)	・犬の散歩に制限があるので、ドッグランを作って欲しい・県営の時の静かな公園の方が良かった・売店が欲しい・屋根のあるフリースペースが欲しい・バスケットゴールがあると良い・駐車場を公園外にもほしい

5-3 改修事業前後の比較

公園整備事業前後で利用頻度は朝宮公園中心部から約250mと中心部から約250m~約500mの利用頻度の変化の回答結果を見てみると減った、やや減ったと回答された方はわずかであり増えた、やや増えたと回答された方が多かった。500m圏内の近隣住民は減った、やや減ったと回答した人はいなかった。

(図9) 利用目的の変化では変わらないと回答された方が多かったものの、変わったと回答された方はフィットネススタジオを利用するようになったと回答された方も見られた。(表9) 500m圏内の近隣住民は遊具利用するようになったなどといった回答が見られた。(図10) 満足度はどちらも公園整備事業後の方が満足と回答された方がほとんどを占めた。(図11) 地域が魅力的になったかという質問ではどちらも6~7割の人がなったと思う、やや思うと回答された。(図12)

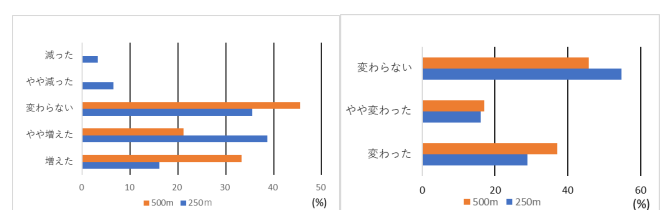


図9 利用頻度の変化 図10 利用目的の変化

表9 利用目的の変化

	利用目的の変化
近隣住民 (~250)	<ul style="list-style-type: none"> ・フィットネススタジオを利用するようになったため ・ウォーキングコースを利用する為
近隣住民 (250~500)	<ul style="list-style-type: none"> ・遊具広場に人が増えた。 ・競技場外周をランニングしている。・魅力が増えたから。遊具利用するようになった。・個人利用日にランニングするようになった。・フィットネスジムに行くようになった。・遊具を利用することが増えました。 ・昔は遊びに行くほどの物がなかった

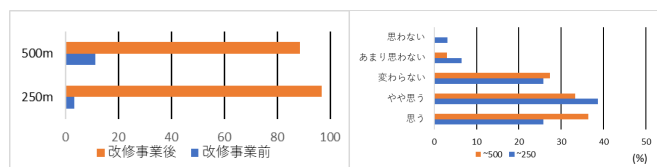


図11 満足度の変化 図12 街の魅力度の変化

6.考察

本研究で朝宮公園の公園整備事業は近隣住民や公園利用者からの満足度が上がっており、公園整備事業に賛成と答えられた方も多く見られたため、整備事業前よりも使いやすい公園になったと考える。

近隣住民は公園から 250m圏内の方々の利用頻度や利用目的は変わっていないと答えられた方が見られたが、ペットや一人での利用をしているとの回答も見られたので整備事業前から利用しているため変わらなかったと考察する。250m～500mの周辺住民からはペットや一人での利用をしているとの回答の方は整備事業前から散歩等で利用していたからだと考える。変わったと回答された方は新しくできた遊具やフィットネススタジオ、陸上競技場の利用をするため利用頻度が増えたのではないかと考察する。公園利用者の利用頻度、利用目的が増えた理由としては、アンケート調査をした際、遊具利用者がほとんどであったため遊具広場が新しくなり、使いやすくなったため増えたと考察する。

一方で公園利用者、近隣住民の両方から上がった駐車

場問題は、どちらも足りないとの意見が多くあった。新しく公園内に駐車場を作るのはなかなか難しいと考える。そのため公園周辺調査し駐車場の確保をする必要があると考える。公園利用者の回答にあった自然が少なくなってしまう問題点は、専門家に依頼し残すべき自然などを調査することも考えていくべきであると考えます。

7. 結論

朝宮公園の整備事業を行ったことで、今まで利用したことのない人や、改修事業前より使うようになった人が増えており、ウォーキングコースが整備されたことや幅広い年齢層に使いやすくニーズに合った公園になった。それにより公園整備事業前よりも存在価値が高くなったことは確かであり、市民にとってもより良いものとなった。その一方で駐車場問題や自然問題など新たに生じた問題点もあるため一つ一つ解決していくことによって誰もが安心して利用しやすい公園となる。

謝辞

本研究を行うにあたり朝宮公園利用者、近隣住民の方々、公益財団法人春日井市スポーツ・ふれあい財団朝宮公園管理事務所の皆様にかかわっていただきました。この場を借りて深くお礼申し上げます。

参考文献

- 朝宮公園ホームページ
<https://www.spofurekasugai.or.jp/sports/asamiya/access/> (2023/01/03)
<https://www.city.kasugai.lg.jp/shimin/bunka/sports/asamiya/1006040/index.html> (2023/01/03)
 Park-PFI 制度導入を核とした官民連携まちづくりの展開に関する一考察 -和歌山市本町公園における行政・都市再生推進法人等の取組を通じて-
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1390009316338282240> (2023/01/03)

木曽川スケートボード場公園の利用実態に関する研究

EC19016 太田貴仁

1. 研究の背景と目的

スケートボードは、2020 年に開催された東京オリンピックで、初めて競技種目に認定され、金メダル 3、銀 1、銅 1 を日本にもたらした事もあり、競技人口が大幅に増加したスポーツである。しかし、全国的にスケートボード場が少なく、施設が整えられているスケートボード場は決して多くないため、スケートボードを快適に行うことができないのが現状だ。木曽川スケートボード場は、インターネットに記載されていない、トイレや自販機、休憩場所がないなど全国的に見ても設備が整っていない場所である。また、近年コロナウイルスの影響で外出自粛をしている人が多くいる。自粛することのデメリットの一つに運動不足が挙げられる。運動不足を解消する手段の一つとして、公園の活性化が考えられる。しかし現状は、数年前と何も変わっていない公園が多くある。

本研究では、全国的に設備が整っているとされているスケートパーク場と木曽川スケートパーク場を比べ、現実的に出来ないことは省き、改善点を明らかにする。アンケート調査を行い、利用者の声を聞き利用実態を明らかにする事によって、活性化に寄与することを目的としている。

2. 研究の枠組み

2.1 対象公園の概要

本研究は、木曽川スケートボード場公園を対象とする。木曽川スケートボード場公園は、愛知県一宮市東加賀野井原町に位置しており、一宮市が管理する広さ 707 平方メートルの公園だ。アクセスは、名古屋駅から下道 50 分、高速 30 分名鉄尾西線玉ノ井駅から徒歩 5 分、利用料金は無料で、駐車場は 20 台程駐車できるスペースがある。

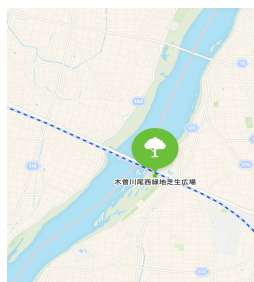


図1 位置図



写真1 航空写真



写真2 全体写真

2.3 研究方法

対象となる木曽川スケートボード公園概要を把握し、比較対象とする全国のスケートボード場(村上市スケートパーク、碧南スケートボード場)の調査をする。その後、木曽川スケートボード公園の整備実態を把握、利用実態調査(・気温、天候、時間別の利用者数の変化・ヒアリング調査)を行う。結果をもとに改善点を明らかにし、木曽川スケートボード公園の魅力向上に関する考察、結論を出す。

3. 木曽川スケートボード公園の空間利用について

木曽川スケートボード公園をより発展させるためには、スケートパーク内の活性化が必要だ。全国で一番施設が整っているとされている村上スケートパークと、木曽川スケートボード公園の空間利用を比べ実態を明らかにする。

3.1 村上市スケートパークの概要

村上市スケートパークは、新潟県村上市瀬波温泉三丁目 2 番 22 号に位置しており、民企業が運営する、広さ約 1,500 平方メートルの日本最大級の全天候型のスケート施設だ。開館時間は 9:00～21:00、利用料金は1回500円となっている。今回のオリンピックに出場した日本人全選手が、ここで事前合宿を行った。

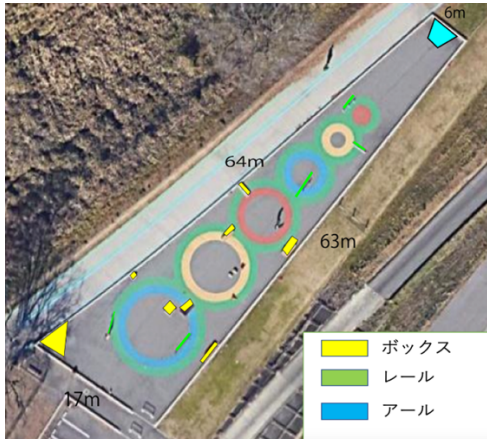


図2 木曽川スケート場公園

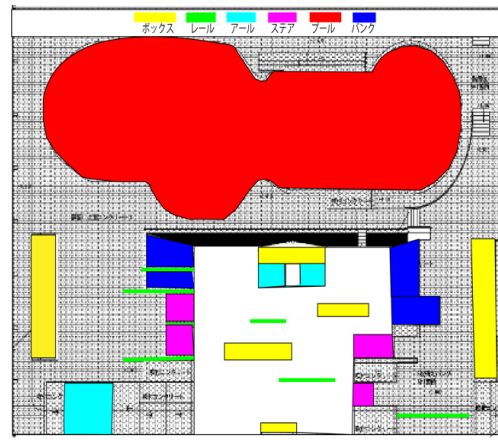


図3 村上スケートパーク



写真3 レール

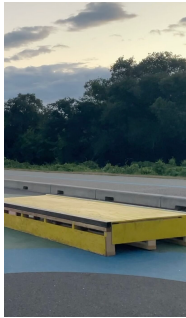


写真4 ボックス



写真5 アール



写真6 ステア



写真7 プール

図3.1図3.2は木曽川スケートボード公園と村上スケートパーク内の施設を色分けしたものである。一眼でわかるように、施設の数や種類が大幅に違うことがわかる。また、木曽川スケート場公園は施設がバラバラに置いてあるのに対して、村上スケートパークはほぼ横並びにおいてあり、一定方向にしか進めないことがわかる。これは、人の衝突を防ぐものだと考えられる。このように、木曽川スケート場公園は、競技性や安全面の改善点が多くある。

木曽川スケートパークの使われ方

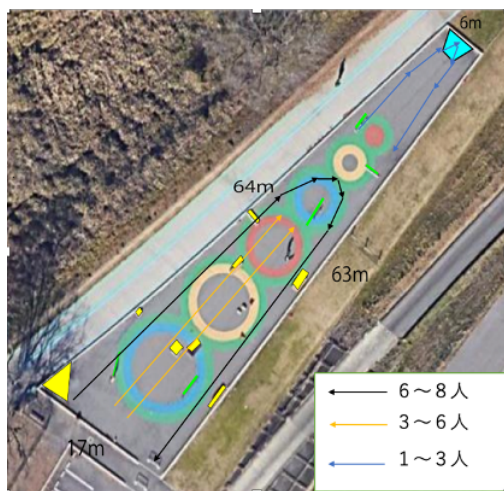


図4 利用者の移動経路図

木曽川スケートボード場はボランティアでセクションを寄付されていて、他のスケートボード場にはないユニークな使われ方をしている一方で、利用されていない空間が多く、改善する必要があると思ったため、木曽川スケートパークの使われ方について明らかにしていく。

図3.3は木曽川スケートボード場の利用者の移動経路図である。場所によって利用している人数が大幅に違うことと、移動経路に規則性があるということが分かる。特に図上側のスペースはほとんど利用されていないと、新しいセクションを置くなどの改善点が必要だ。黒色矢印の経路人数が一番多い理由は、スケートパークの端にセクションが、かたまっているからである。

4. 利用実態調査

4.1 気温、時間別の利用者数の変化

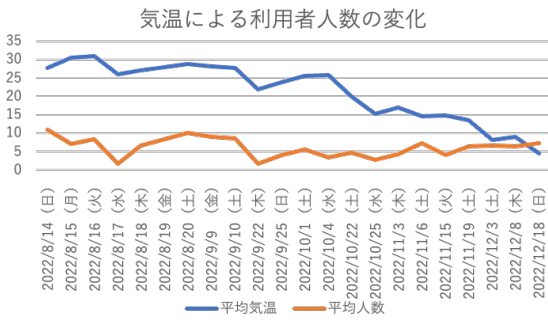


図5 気温による利用者人数の変化

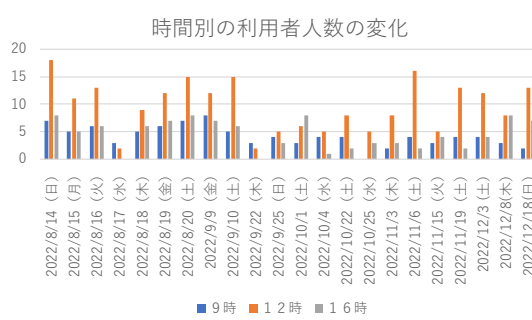


図6 時間別の利用者人数の変化

スケートボードは、気温に大きく左右されるスポーツな事もあり、気温が 30 度以上の時は人が増加し、20度以下になると減少する傾向にあった。また、土日12時の利用人数が一番多い。また9時、16時に利用しているほとんどの人が、練習をするためにわざと利用人数が少ない時間帯を選んでいるということがわかった。

4.2 ヒアリング調査

木曽川スケートボード公園の実態調査をしていく上で、改善するべき点が多く見られた。しかし、私自身が利用しているわけではないため、明らかになっていない点が多くあると思う。ヒアリング調査をするにあたり、実際に利用している人が木曽川スケートボード場についてどう思っているのかを明らかにしていく。

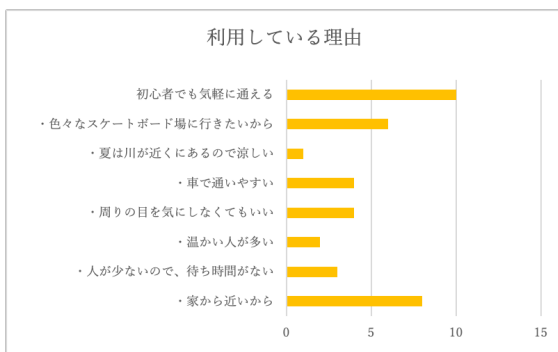


図7 木曽川スケートボード公園を利用している理由

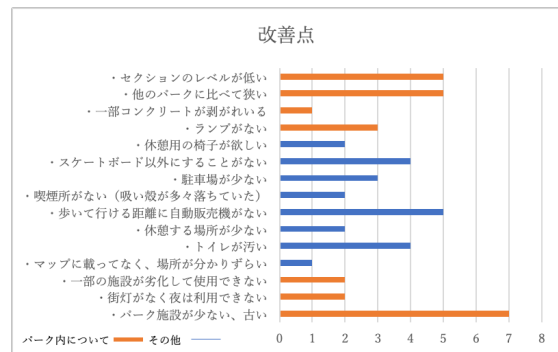


図8 木曽川スケートボード公園の改善点

今回ヒアリング調査に協力していただいた方の人数は20人、上記の図には同じ解答の人は省いている。特に注目したい回答は、街灯がなく夜は利用できない、歩いて行ける距離に自動販売機がない、マップに載ってなく、場所が分かりづらいだ。これら全て、第3章で紹介したスケートボード場には備わっていて、改善する事により活性化を促すことができる。またセクションの数が少ない、古いなどと言った意見も多く出ている。次章でも紹介するが、木曽川スケートボード場は、ほとんどのセクションが利用者からの寄付になっている為、ユニークなセクションは多くなるが劣化が早く、多く作れないのが現状である。

5. 競技施設を寄付している方へのヒアリング調査

ヒアリング調査を行なっている中で、木曽川スケートパークには競技施設を寄付してくれる方が数人いることがわかった。この章では、寄付していただいている一人のマサさんからお話を伺った内容を述べる。

名前: マサさん 年齢: 38 歳 所在地: 羽島市在住 利用頻度: 毎週土日

寄付しようと思ったきっかけや理由

毎週土日になると子供達と滑りに行き、次第に上達して行く息子達を見て、仲良くなったスケーターの子達と、こうゆうセクション(競技施設)があつたらいいよねって言い出したのがきっかけで、作ってみよう制作を始めた。基本的にはお金はもらっていない、みんなで楽しく滑って上達してくれたらいいなと言う気持ちで作っている。今は羽島にプライベートパークを作り始めてるので木曽川スケートボード場にはたまにしか行かなくなってしまったんですが、また行っては修理などはしている。私自身、木曽川スケートボード場意外のパークに行く事も多いのだが、やはり比べると施設は整っていない。しかし木曽川スケートボード場には、他にはない人の暖かさや、繋がりが多くあるので、これから良くなって行くのが楽しみだとマサさんは語った。



写真8 セクション制作風景1



写真9 セクション制作風景2.



写真10 セクション完成

6. 結論

今回の研究で木曽川スケートボード場公園の利用実態を明らかにした。ヒアリング調査をした結果、街灯がなく夜は利用できない、歩いて行ける距離に自動販売機がない、マップに載ってなく、場所が分かりづらいなど、スケートパーク内外問わず改善点が出た。これら全て、第3章で紹介したスケートボード場には備わっていて、改善する事により活性化を促すことができると考えられる。一方で、人の暖かさを感じると言った意見も多くでた。木曽川スケートボード場は、ほとんどのセクションが利用者からの寄付になっている為、セクションを制作する際に人と人とのコミュニケーションがとれ、人の暖かさを分かち合えることが、他のスケートパークにはない木曽川スケートボード場公園の良さだと考える。

また、木曽川スケートボード公園の空間利用については、木曽川スケート場公園と村上スケートパークを比べた結果、木曽川スケート場公園は、競技性や安全面の改善点が多くあり、利用者が楽しめる施設にするのはもちろん、安全性にもこだわって改善する必要があると考えられる。

木曽川スケートボード場公園を調査して行く中で、スケートボードパークは、機能性や安全性だけではなく、他者とのコミュニケーションを育む場として利用されるべきである。木曽川スケートボード場公園は、パーク内外問わず様々な改善点があるが、ボランティアで競技施設を寄付している方が多くいる為常に進化しつづけている。また、その活動がきっかけとなり、人と人との繋がりが多くなっている。全国的にまだ整えられていないスケートボードパークは多くあるため、木曽川スケートボード場公園のように、街のスケーターたちが一体となり活性化を促せば少しでも豊かなものになるのではないかと考える。

参考文献

1) 村上市公式ウェブサイト,村上スケートパーク,<https://www.city.murakami.lg.jp/site/skate-park/>,

(参照 2022-9-10)

2) 愛知県碧南市公式ウェブサイト,碧南スケートパーク

https://www.city.hekinan.lg.jp/soshiki/kaihatsu_suido/toshi_seibi/park_info/13828.html ,(参照 2022-9-10)

都市公園における官民協働活動に関する研究
～戸田川緑地に着目して～

EC19022 加藤 智士

1. 研究の背景と目的

現在公園は地域住民のニーズにとの mismatch により利用されなくなった場所が生じてしまっていたりしている。施設の老朽化や管理不足による荒廃化が進むのと同時に、ニーズの変化を原因とする利用率の低下や安全面の悪化などの様々な問題を抱えている現状にある。そこで既存の都市公園の再整備・維持管理を進めること、地域のニーズに合わせた活動の場とすることが主な課題となっている。そこでパークマネジメントにおける住民と行政との協働活動が必要となり、パークマネジメントとは「公園の魅力や可能性を発掘し、資質を向上視点から管理を行い、継続的に業務の改善を行う仕組み」や「積極的にプログラムを作り出して来園者を誘う公園の運営手段」と言われ公園魅力の増進のための一連の体制づくりと捉えられている。その中の官民協働活動を行うことで、市民の声やニーズが伝わり地域貢献活動の参加意欲にもつなげることができる。

そこで多種多様な都市公園が存在している名古屋市に目を付け、名古屋市が管理している「パークマネジメント名古屋」のパークマネジメントプランの協働活動に着目した。

協働活動を行っている公園を対象公園とし、その公園が協働活動によってどういう進みで官民の空間を作り出して来たかを明らかにすることでこれからの公園づくりにどう役立てていけるかを考える。

2. 研究の枠組み

2.1 研究対象の概要

「パークマネジメント名古屋」に掲載されている公園は 19 ある。それぞれ名古屋市内に位置しており、様々な特徴を持った都市公園となっている。それぞれの公園でなにかしらの協働活動を行っている。主な事例を挙げるとして「戸田川緑地公園」がある。戸田川緑地公園は名古屋市中川区と港区の狭

間に位置しており南北 2.5 km、東西 0.5 km に広がる市南西部最大の公園となる。協働活動は「なごや西の森づくり」という森づくりを主とした活動を行っている。図 2 の赤丸は戸田川みどりの森づくりを行っている範囲となる。マップの北にある芝生広場を囲む緑が活動を経て得た戸田川みどりの森となる。



図-1 戸田川緑地の現在地

(<https://www.city.nagoya.jp/shisei/category/53-3-3-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0.html>)



図-2 戸田川緑地のマップ

(<http://bunkaen-todagawa.jp/parkmap.html>)

2.2 研究方法

まず、パークマネジメント名古屋に記載されている19公園の協働内容、協働特徴をまとめる。その後協働が活発な公園に絞り研究を行っていく。必要に応じて公園の現地調査や団体、名古屋市へのヒアリング調査を行う。名古屋市へは管理している側から、団体へは運営している側からの意見を聞いた。ヒアリング調査と各所資料の「戸田川みどりの夢クラブ10年の歩み」、「なごや西の森だより」や「なごやの緑ガイドブック」等他3冊を駆使し、それをまとめ協働活動の実態を明らかにする。

3. 研究内容

3.1 パークマネジメント名古屋の公園の特徴

表1 19公園の特徴

公園名	種類	面積	協働活動	協働の特徴
千種公園	地区公園	5.94ha	ボランティア・その他	清掃活動、除草作業のボランティアのみ
徳川園	特殊公園	4.53ha	ボランティア	常駐のガイドサービスのボランティアのみ
志賀公園	地区公園	5.25ha	公園愛護会	月1の清掃活動のみ
名城公園	総合公園	80.41h	公園愛護会	月1の清掃活動のみ
庄内緑地	総合公園	47.39h	ボランティア・自然観察会	花壇管理、園内ガイドボランティアのみ
中村公園	地区公園	6.27ha	ボランティア	花壇づくり、清掃活動のみ
鶴舞公園	総合公園	24.07h	ボランティア	ボランティアのみ
瑞穂公園	運動公園	24.46h	ボランティア	清掃活動のボランティアのみ
白鳥公園	地区公園	8.22ha	白鳥庭園との連携	除草活動のボランティアのみ
神宮東公園	地区公園	8.09ha	公園愛護会	月1の清掃活動のみ
松葉公園	近隣公園	3.09ha	公園愛護会	除草清掃、花壇の手入れ
荒子川公園	総合公園	26.10h	ボランティア・愛護会	荒子川公園サポートクラブの国内作業 体験教室のランダーを絡めた活動
稲永公園	運動公園	31.36h	ボランティア	清掃活動のボランティアのみ
戸田川緑地	総合公園	29.11h	なごや西の森づくり	なごや西の森づくりをメインとした活動
日光川公園	運動公園	11.52h	近隣企業とのイベント	近隣企業や住民団体との連携
呼続公園	地区公園	4.35ha	公園愛護会	月1の清掃活動のみ
滝ノ水緑地	都市緑地	4.42ha	緑のパートナーの活動	緑のパートナー「滝ノ水緑地の里山と湿地を育てる会」の活動
水広公園	地区公園	5.79ha	公園愛護会	月1の清掃活動のみ
細田池公園	地区公園	4.22ha	公園愛護会	月1の清掃活動のみ

表1にはパークマネジメント名古屋に記載されている19の公園とその協働活動と協働活動の特徴を記したものである。荒子川公園、戸田川緑地公園、滝ノ水緑地以外の公園は協働活動を特に何もしておらず、月何回かの清掃活動やボランティア活動しかしておらず協働活動をしているとはあまり言えない状況にあると考える。逆に挙げた3つに関しては大規模な森づくりや小規模ながらも企業や地域住民との連携や団体を作って活動を行っている。

名古屋市のパークマネジメントの協働活動の特徴としては清掃活動のボランティアが多く、協働活動として大規模で行っているのは戸田川緑地公園と言える。

3.2 戸田川緑地の協働活動

19公園の中から協働活動が活発な戸田川緑地だけに着目する。20年以上前から森づくりをメインとした協働活動をしており「戸田川みどりの夢クラブ」と

いう団体が運営を行っており、活動をしていることが分かった。

今回その「戸田川みどりの夢クラブ」にヒアリング調査をした。目的としては戸田川緑地の協働活動の基本情報や背景を聞くために行った。そのヒアリング結果の一部としてまず西の森づくりの作った背景を知った。西尾市長時代に1日2回気温を測定した。そうした結果東の森がある東山公園地帯の気温が低いことが分かった。東に森が存在しているなら西にも作ろうという背景から西の森づくりが始まった。

表2.3には戸田川みどりの夢クラブの今までから現在の成り立ちを表している。名古屋市が「なごや西の森づくり」の基本方針を打ち出し、西の森をつくるという計画を立てた。戸田川みどりの夢クラブという森づくりという活動を運営していく団体を結成するため、名古屋市はボランティア講座を開催した。その講座に足を運び、森を作ろうと参加を表明してくれた人々で結成したものが「戸田川みどりの夢クラブ」という団体になる。2003年に発足し、現在で20年となる。その間にも様々なイベントや総会を繰り返し森づくりの発展や戸田川の発展に努めている。

現在で合計6.3万本以上の木の本数を2.3万人の努力と協力で今の戸田川緑地を形が見られる。

ボランティアとして集まった人には専門的な知識を持った人はいないが名古屋市からの支援や、専門的な知識・教養を持った大学の教授などを呼び、森づくりをよくするため工夫してきた。名古屋市が企画・発信し、それに募った人々が団体となり、その団体が一般市民を集め巻き込んで活動をしていき、現在の形が成り立っている。

ヒアリング結果のメリット、デメリットとしてメリットとしては長年続けることでの「森」という象徴を得ることができた。デメリットとして挙げられたのが協働活動とは一種のボランティア活動となるため、世代交代のための人手や、それに伴い団体の高齢化が進むため運動力としての人手も減少している。こういった続けることでのメリットもある中で課題点もちろんあるため、団体のこれからの存続も危ぶまれている。

戸田川のこの団体の成り立ちから変遷を見たときに今まででたくさんのイベントや活動を行っていて人を呼び寄せるため動いている。

表2 各主体の活動内容の変遷(2000年～2014)

	夢クラブ主催の市民の活動等	戸田川みどりの夢クラブ	名古屋市
2000			名古屋市が森づくりの基本理念を作成
2001			名古屋市が森づくりの基本計画を作成
2002	平成14年10月14日 なごや西の森づくり2002 市民1万人が苗木13400本を植樹 ・西の森サポーターくらぶ結成・活動スタート	ボランティアの募集 ボランティア説明会 森づくり講演会 サポートクラブ(仮称)	
2003	平成15年10月19日 第3回植樹祭 ～遊ぼう・学ぼう・戸田川の森～ 戸田川みどりの夢くらぶ等の企画運営により開催 市民300人による2060本の苗木を植樹	会の名称「戸田川みどりの夢くらぶ」で法定(15年3月)発足	
2004	平成16年11月7日 第4回植樹祭 ～遊ぼう・学ぼう・戸田川の森～ 手作り植樹祭 ドングリ里親植樹 市民300人 1500本植樹 クラフト 紙芝居 交流会	ボランティア養成講座 全5回 森づくり講習会 専門家の助言・評価・技術的指導 森づくり計画・植生調査。森の手入れ	
2005	平成17年10月30日 第5回植樹祭 北地区 市民400人 1800本の苗木植樹	スタッフ要請講座 全5回 林彦 森づくり講習会(計画会議) 林彦 食害対策実習 処置法・適期・効果 活動の評価と助言・病虫害防除等	
2006	平成18年9月18日 愛・地球博開閉1周年記念植樹 北地区 800人800本 平成18年10月29日 第6回植樹祭 北地区 500人3165本	森づくりスタッフ養成講座(全5回)	
2007	平成19年10月21日 第7回植樹祭 北地区 市民1000人 2150本植樹	なごや西の森づくりスタッフ養成講座(全5回) 林彦 なごや西の森づくり 森づくり計画講座 林彦 森の現状と活動に関する評価	
2008		なごや西の森づくりスタッフ養成講座 全5回 真弓浩二 ・森づくりの報告・西の森の現状と活動の評価・助言	
2009	平成21年3月22日 第8回植樹祭 左岸 ～遊ぼう学ぼう戸田川の森～ 500人 2863本植樹 平成21年10月18日 第9回植樹祭1000人4210本	なごや西の森づくり作業計画 ・作業計画表・管理作業・森づくり作業 なごや西の森づくり計画会議 森の現状と活動の評価 22年度の計画について	
2010	平成22年10月24日 第10回植樹祭2000人1万本	なごや西の森づくりスタッフ養成講座(6回) なごや西の森づくり 西の森計画会議 森の現状と活動に対する評価について	
2011	COP10開催記念植樹左岸 3月6200人 773本 平成23年5月14日中部電力60周年記念植樹 「豊かな地域づくりin戸田川緑地」左岸 社員414人 苗木を1000本を植樹 平成23年10月30日 第11回植樹祭 1100人2010本	なごや西の森づくり森づくり講習会 2月10日 森づくりの知識や技術の取得 間伐採打等 なごや西の森植生調査 環境設計 1)苗木調査 2)植栽林の健全度及び目標植生の達成度 3)管理手法の検討と管理計画の修正 なごや西の森づくりスタッフ養成講座全6回	
2012		なごや西の森維持管理計画 制定 平成24年4月 環境大学「共育講座」3回 なごや西の森を作ろう森の観察	
2013		林先生による森づくり評価 2月7日 フィールド質疑より ・間伐の方法、季節、目的は適切に ・センダンは役割を終えた、次の役割を持つ木を選木 平成25年10月27日 戸田川の森感謝祭	
2014	戸田川クリーン作戦160人参加	環境デー2014	

表3 各主体の活動内容の変遷(2018～2022)

	夢クラブ主催の市民の活動等	戸田川みどりの夢クラブ	名古屋市
2018		環境デー2018 森づくり講座 とだがわの森感謝祭 スキルアップ講座 小林氏	
2019	戸田川中流域クリーンキャンペーン 187名が参加 戸田川緑地春祭り 親子125名が参加	環境デー2019	
2020		クリーンキャンペーン 236名でゴミ掃除 新型コロナウイルス発生 講座ストップ、活動時間短縮	
2021	福原小学校出前クラフト講座	夢クラブ活動パネル展示(農業科学館) 戸田川の森感謝祭 約160名	
2022	さつま芋畑、焼き芋イベント 5家族16名が参加 シイタケ菌うち体験講座 5家族17名 シイタケ収穫体験 4家族15名参加	樹木剪定クイズ 樹木に関する勉強 森保全活動 農園の手入れ	

この表の2022年以降にも一般市民を巻き込んだイベントはずっと続いており、20年前から人を呼んだ活動というものはやめていない。緑色は植樹のイベントになり、黄色は親子対象のイベントになる。

4. 考察

まずヒアリング結果から協働活動におけるメリット・デメリットが明らかになった。メリットとして出てきた「森」という象徴的なものができたという事で日が自然に公園に寄り付くようになり、活気のある公園になった。森づくりという大規模なものを作りあげるにはたくさんの人材と時間が必要となる。こういったことを20年行うことができたのはそれだけ戸田川みどりの夢クラブの人たちや関わった人たちに戸田川緑地に対して愛着があると考えることができる。デメリットの部分の世代交代関係や団体民の高齢化などは団体の存続に関わるものになり、それが続くと最終的に森づくりへの影響が出てくるのではないかと考える。この先の森づくりや団体の存続や影響を考えるならば戸田川みどりの夢クラブの人員強化やPR力をつけなければならないのではないかと考える。

しかし団体事態の存続が厳しくなっている現在の状況でもイベントごとは欠かさず行っている。毎回のイベントでたくさんの市民を呼びよせ、動員することができる力やポテンシャルはあると考える。何

年、年十年も戸田川の森に尽くしてきたからこそ、こういった遺産・財産となるような動員性となるものができたのではないかと考える。もし今の団体の戸田川みどりの夢クラブが無くなったとしても他の組織が立ち上がれば、ポテンシャルを持つこの協働活動は成り立っていくのではないかと考える。また表2では基本的に植樹づくりやイベントごとには参加していたが、表3の2018年からは参加率が著しく低下している。全体的なイベントも森づくりがメインの協働活動になるため2014年前までは森づくりの植樹がメインとなっているが、2018年からはイベントが農に関するものになり、親子を対象としたものが多い。これは森づくりがひと段落したタイミングであり、他の緑に関するイベントを行い再び人を集めたい目的ではないかと考える。

森づくりに関わったことがない人でも気楽に公園に来ることができるイベントづくりを作成しているのかと考える。

5. 結論

まずパークマネジメント名古屋に記載されている公園を見た際に大きく協働活動を行う公園は少なかった。ほとんどの公園が清掃、除草だけの活動を行っていてこれらの公園の活動はこれからの公園づくりに役立たせることはできないものだった。しかし戸田川緑地の協働活動は大規模な森づくりということと参考にできるものがあると感じた。

戸田川緑地の協働活動を活動内容の変遷から流れを見たときにそれぞれの役割が見えてきた。基本的に名古屋市は企画や発信をし、森づくり・戸田川緑地を後ろから支える存在になっていた。戸田川みどりの夢クラブは名古屋市と協力しあい、自らイベントや行事を行うことで戸田川みどりの森づくりを盛り上げていた。森づくりにはマンパワーが必要の中、戸田川みどりの夢クラブという市民と行政を繋ぐ、受け皿になる団体を作ることによって一般市民を動かすことのできる力を確保することができた。

パークマネジメントの協働活動をするにあたってこういった人を動かす力動員性には問題が無いと見える。しかしこの動かすための市民と行政の間に立ち、核となる受け皿となる組織が高齢化していきそこが課題ということが明らかとなった。核となる市

民の担い手が不足し存続が厳しくなってしまうことがこれからの問題点となる。

公園や緑の、癒しや安らぎの空間としての需要は現在高まっているため、この森づくりという協働活動はとても有意義なものとなっている。しかし団体の担い手がいない以上、核となる部分が居なくなってしまうため動員性や森づくりの存続のためにも解決しなければいけない点だと考える。

それぞれ役割としての移り変わりや、活動内容も含めてたくさんの変化がみられる。役割や課題を把握し、官民一体となって協働活動をすることで有意義なものになると考える。

参考文献

- 1) 名古屋市作成戸田川緑地園内マップ
<http://bunkaen-todagawa.jp/parkmap.html>
(参照2022年12月5日)
- 2) 名古屋市緑政土木局緑地部緑地利活用課公園経営係作成パークマネジメント名古屋(戸田川緑地)
<https://www.city.nagoya.jp/ryokuseidoboku/page/000060436.html>(参照2022年12月5日)
- 3) 戸田川みどりの夢クラブの資料より
戸田川みどりの夢クラブ：戸田川みどりの夢クラブ
10年の歩み 平成26年9月
- 4) 戸田川みどりの夢クラブ：名古屋西の森だより
2014年から2022年
- 5) 大舘 学：なごやの森づくりガイドブック 2009年10月
- 6) 齊藤 充弘：いわき市を対象とした東日本大震災前後の小中学生にみる遊びと公園利用の変化について 都市計画論文集 No.52, pp754-761, 2017年10月
- 7) 上野 裕介：人口減少時代の都市緑地のグリーンインフラとしての活用方策 - 茨城県守谷市における大規模住民アンケートの結果から 土木学会論文集G(環境) No.75(6), pp169-176, 2019年
- 8) 小池沢 将之：都市公園に隣接する児童遊園の更新の可能性の検討 都市計画論文集 No.56(3), pp657-664, 2021年10月
- 9) 齊藤 勝弘：Park-PFI等における民間事業者選定の審査傾向と収益施設へのデザインの影響に関する考察 都市計画論文集 No.55, pp1439-1446, 2020年10月

癒しの場としての緑道の可能性に関する研究
～名古屋市内を対象として～

EC19034 小塚 結貴

1.研究の背景と目的

1980年(昭和55年)に名古屋市の緑道整備の基本的な指針を示した「名古屋市緑道基本整備計画」が公表された。この計画の内容としては、みどりゆたかな楽しく歩けるみちづくりをすすめ、市民の誇りとなるような個性豊かな、住みよいまちを実現していくための今後の計画が書かれたものである。しかし、「名古屋市みどりの基本計画2030」には、市内のみどりを知るためのウォーキングイベントを行うことしか書かれていない。また、少なくとも9か所の緑道は重要視されていないような状態であった。一方、過去の論文¹⁾にある健康に関する研究データでは、地域の樹木の量が多いほどうつ病に良いという結果が出ている。このことから身近にある樹木の多い場所である緑道にも癒し効果があるのではないかと考える。また、今でもストレス社会が続いており、ストレスが溜まるところの病になってしまう恐れもあるため、このような癒しの空間が必要になってきていると考える。研究対象の緑道は名古屋市内の住居地にある緑道(9か所)とする。理由として、過去の論文²⁾の調査結果から景観の評価が高かったからである。その中からさらに種類分けをし、周辺環境(住宅地)が似ている庄内用水緑道と天満緑道とする。

本研究では、庄内用水緑道と天満緑道の現状とその緑道の周辺に住んでいる住民がどのように利用しているのか。また、それぞれを比較し、各緑道の設えの違いが利用する時間帯や目的などにどう影響するかを調査することで、癒しの場としての利用できる可能性があるのかを知ることを目的とする。

1.2.研究の方法

最初は緑道と癒しの場について調べた後、9か所の緑道へ現地調査に行った。そこから緑道を更に種類分けし、研究対象の緑道を2か所まで絞り、その緑道の土地や緑、水の設えなど詳細を知るために何度もその2か所に現地調査を行った。

また、その緑道の周辺の住民にアンケート調査を行い、「癒しの場」として利用している及び利用できるのか、緑や水の設えから利用目的や癒しの対象な

どの違いについて明らかにした。その後、調査の結果をグラフに表し、分析と比較を行った。

2.研究対象地域の概要

庄内用水緑道は名古屋市北区に位置しており、名古屋市内最大の用水がある。かつては農業用水だったが都市化の進展により、地域の快適な環境づくりのため、総延長の約1/4(5800m)を緑道として整備された。道幅は約3.3m(車道を含めると約8.3m)、緑視率は平均12.8%である。

天満緑道は名古屋市千種区に位置しており、上野天満宮の近くにある。かつては天満通と呼ばれており、上野天満宮までの通り道の1つとして利用されていた。道幅は3.5m、緑視率は平均21.0%である。

3.研究する緑道の特徴

3.1.現地調査による結果から種類分け

名古屋市にある9か所の緑道に行き(図1)、現地調査を行った(図2)。9か所の緑道に共通していたのは人が少なかったことである。そこから更に種類分けを行い、その9か所の緑道の中から赤線で囲った条件が共通していたため、庄内用水緑道と天満緑道の2か所を対象地域とした(表1)。

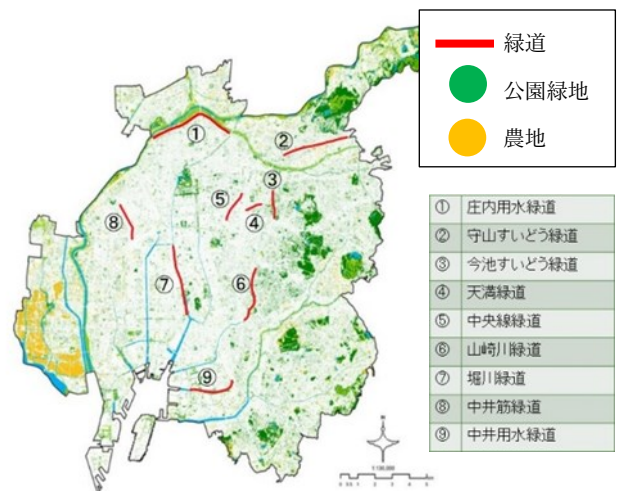


図1 現地調査に行った9か所の緑道の場所
「名古屋市緑道基本整備基本計画」p26(加工)



図2 現地調査を行った9か所の緑道

表1 緑道の種類分け

庄内用水緑道	天満緑道	守山すいどう緑道
用水+緑+第1種住居地域	用水+緑+第1種住居地域	公園+緑+第1種住居地域
今池すいどう緑道	中央線緑道	山崎川緑道
公園+緑+第2種住居地域	緑+線路+準工業地域	川+緑+第1種住居地域
堀川緑道	中井筋緑道	中井用水緑道
緑+川+準工業地域	歩道+緑+第1種住居地域	緑+川+工業地域

3.2.周辺環境が類似の条件の緑道を比較

調査対象である庄内用水緑道と天満緑道を比較していく。どちらの緑道も緑、水はともにある。ただ、違いがある。それを整理した(図2,3)。

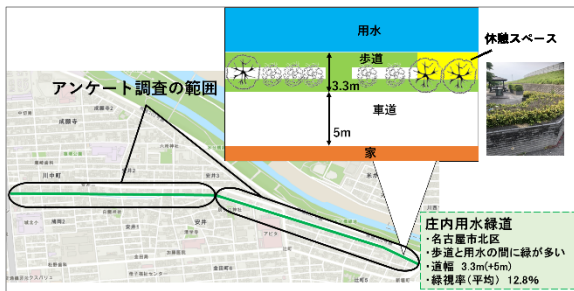


図2 庄内用水緑道の平面図

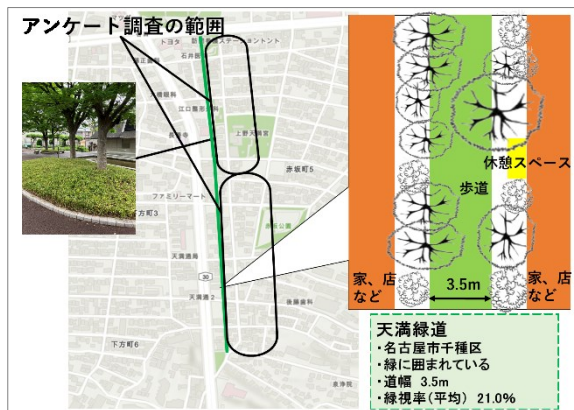


図3 天満緑道の平面図

3.3.アンケート調査の対象地域

身近にある緑道の調査を行うため、緑道の近くにある住居地(図2,3)を対象とする。

それぞれの緑道の癒される場面や対象、利用時間について共通していること。また、緑や水の位置が違うことから、それらに違いがあるのではないかと考える。このことから、実態を知るためにアンケート調査を行った。

4.緑道の利用実態

4.1.アンケート調査の概要

それぞれの緑道による癒し効果と緑と水の違いによる効果の違いを知るため、庄内用水緑道と天満緑道の近く(図2,3)に住む方にアンケートを行った(表2)。また、「癒しの場として利用しているのか」について確認できる質問を作成した(図4)。

表2 アンケート調査の概要

場所	庄内用水緑道	天満緑道
日時	2022/11/15(火)~2022/12/19(月)	
対象者	図2の囲った住居地	図3の囲った住居地
回答数	200件中50件	
回答率	25%	
調査方法	ポスティング形式(用紙に記載のQRコードから回答)	

図4 アンケート調査の質問項目

- ・年齢・性別・職業・緑道の利用頻度[平日と休日]・誰と緑道を利用するのか・緑道利用時の満足度・緑道が地域の魅力を向上させていると思うのか・緑道は癒される場所か[癒される場面、利用するタイミング、その時間帯、癒しの対象]・利用目的・日中の自宅滞在時間[平日と休日]・コロナウイルスが流行後の利用頻度[増えた場合は理由]
- ・緑道の改善点

4.2.アンケート回答者の緑道の利用実態

アンケート回答者の属性については図5~7のようになった。

利用するタイミングは庄内用水緑道では退勤、下校の後に利用している方が多かった。天満緑道は出勤、登校の前に利用している方が多かった。(図8)。

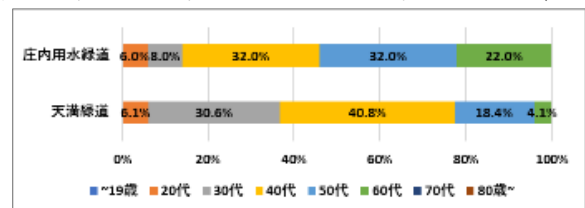


図5 年齢

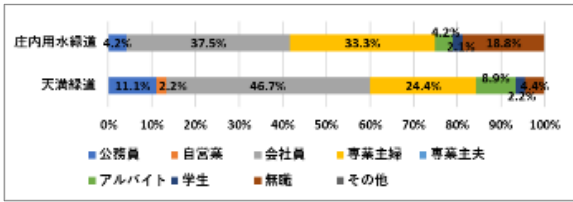


図6 職業

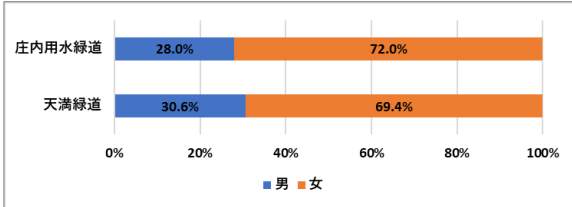


図7 性別

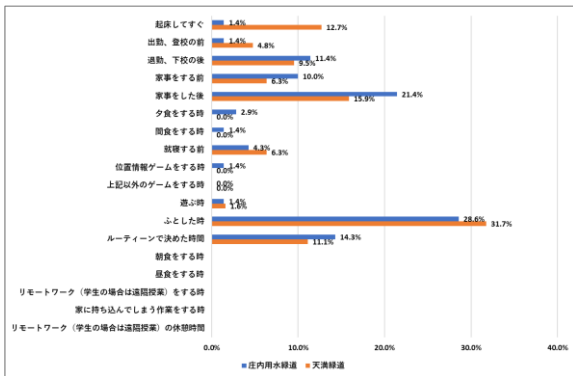


図8 癒されるタイミング

天満緑道では30,40代の会社員の女性の方がペットと散歩する時、専業主婦の女性が木々に囲まれている空間にいる時に癒される方が多かった(表7)。

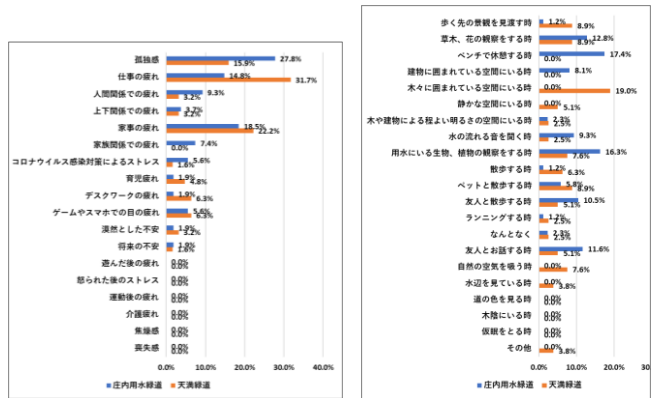


図9 癒しの対象

図10 癒される場面

表3 癒しの対象 [年齢別]

年齢	庄内用水緑道 (人)			天満緑道 (人)		
	孤独感	仕事の疲れ	家事的疲れ	孤独感	仕事の疲れ	家事的疲れ
~19歳	0	0	0	0	0	0
20代	0	0	0	1	1	0
30代	1	1	1	4	12	3
40代	5	3	2	2	5	7
50代	6	3	3	2	1	2
60代	3	0	5	1	0	2
70代	0	0	0	0	0	0
80歳~	0	0	0	0	0	0

表4 癒しの対象 [職業]

職業	庄内用水緑道 (人)			天満緑道 (人)		
	孤独感	仕事の疲れ	家事的疲れ	孤独感	仕事の疲れ	家事的疲れ
公務員	0	0	0	1	2	0
自営業	0	0	0	0	1	0
会社員	6	5	4	6	12	4
専業主婦	5	7	1	2	8	0
専業主夫	0	0	0	0	0	0
アルバイト	1	1	0	0	1	0
学生	0	0	0	0	0	0
無職	2	1	0	1	0	1

表5 癒しの対象 [性別]

性別	庄内用水緑道 (人)			天満緑道 (人)		
	孤独感	仕事の疲れ	家事的疲れ	孤独感	仕事の疲れ	家事的疲れ
男	1	1	0	4	4	0
女	14	6	11	6	15	14

表6 癒される場面 [庄内用水緑道]

年齢	ベンチで休憩する時			草木、花の観察をする時			用水にいる生物、植物の観察をする時		
	癒される人数	癒される割合 (%)	癒される割合 (%)	癒される人数	癒される割合 (%)	癒される割合 (%)	癒される人数	癒される割合 (%)	癒される割合 (%)
~19歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20代	0	0	1	0	0	0	0	0	0
30代	1	0	0	5	4	5	4	5	5
40代	5	3	4	5	5	5	5	5	5
50代	3	4	4	0	0	0	0	0	0
60代	6	4	5	0	0	0	0	0	0
70代	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80歳~	0	0	0	4	2	3	4	2	3

4.3.アンケート回答者の緑道の利用実態の分析

2つの緑道でアンケート回答者に共通していたのは、緑道で「孤独感・仕事の疲れ・家事的疲れ」を癒すために利用している方が多かったこと(図9)。違いは、癒される場面であった(図10)。利用者の属性を知るために年齢、職業、性別で表を作り整理した。

まず年齢について孤独感は、庄内用水緑道では多くの40,50代の方が癒されているが天満緑道では仕事の疲れも含めて30代の方が多かった。家事の疲れは、庄内用水緑道では60代の方が多かったが天満緑道では40代の方が多かった(表3)。

職業については天満緑道を利用している会社員の方が仕事の疲れを癒していることが多かった。また、庄内用水緑道を利用している専業主婦の方が孤独感を癒していることが多いことが分かった(表4)。

性別についてはどちらの緑道も女性の利用者が多かった。庄内用水緑道では孤独感が癒される女性の方が多く、天満緑道では仕事の疲れが癒されている女性が多いことが分かった。(表5)。

庄内用水緑道では40~60代の会社員と専業主婦の女性がベンチで休憩する時、草木や花、生物などの観察をする時が癒される方が多かった(表6)。

表7 癒される場面 [天満緑道]

天満緑道 (人)				天満緑道 (人)			
年齢	木々に囲まれている空間にいる時	歩く先の景観を見渡す時	ペットと散歩する時	職業	木々に囲まれている空間にいる時	歩く先の景観を見渡す時	ペットと散歩する時
~19歳	0	0	0	公務員	2	1	0
20代	0	1	2	自営業	1	1	0
30代	5	2	4	会社員	3	1	5
40代	6	0	1	専業主婦	6	0	0
50代	3	2	0	専業主夫	0	0	0
60代	1	0	0	アルバイト	2	0	0
70代	0	0	0	学生	0	1	0
80歳~	0	0	0	無職	1	1	0

天満緑道 (人)			
性別	木々に囲まれている空間にいる時	歩く先の景観を見渡す時	ペットと散歩する時
男	3	4	1
女	13	1	6

4.3. アンケート回答者の緑道の評価

2つの緑道の満足度と地域の魅力はどちらも「満足」、「向上」している方の割合が5割を超えるという結果を得られた(図11,12)。

改善点についてどちらの緑道も「ない」と回答した方が多かったが、庄内用水緑道は安全面について、天満緑道はベンチについての回答もあった。共通していたのは、街路灯など灯りの増加についてだった(図13)。

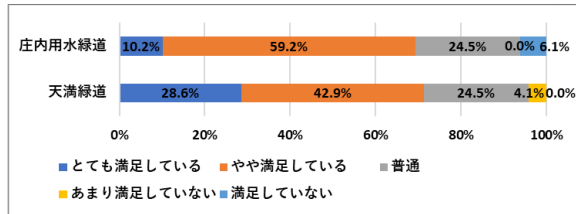


図11 緑道の満足度

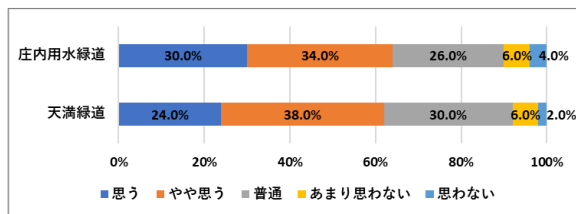


図12 緑道によって地域の魅力が向上していると思うか

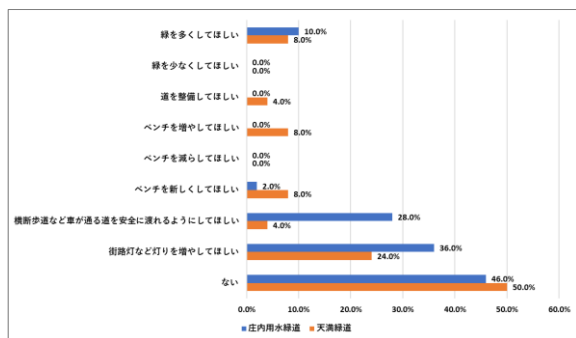


図13 緑道の改善点

5. 考察

5.1. アンケート回答者の評価と癒しの場としての分析

2つの緑道での利用した時の満足度において、「満足している」「やや満足している」の割合が5割以上あった(図8)。このことから、2つの緑道は利用者の

癒しの場として満足に利用できていると言える。また、緑道があることによって地域の魅力が向上していると思うのかにおいても「思う」「やや思う」の割合も5割以上あり、向上していると言えることから、緑道の空間の景観が良いと考えられる。したがって、その地域の住民にとって景観が良く、利用時も癒しの場として満足できる空間であると考えられる。

「孤独感・仕事の疲れ・家事の疲れ」について庄内用水緑道では、40~60代の会社員と専業主婦の女性の方が多く利用していることが分かった。一方、天満緑道では、30~40代の会社員と専業主婦の女性の方が多く利用していることが分かった。このことから、天満緑道の利用者の方が若い方が多いこと、どちらも会社員と専業主婦の女性の利用者が多いことが分かった。

庄内用水緑道には学校や仕事の疲れを癒す効果があり、天満緑道には学校や仕事に行くための機動力になる効果があると考えられる。

癒される場面について庄内用水緑道はベンチで休憩する時、天満緑道は木々に囲まれている空間にいる時が多かった。このことから、その2つの緑道にある特徴が生かして癒されていることが分かった。

5.2. 緑道のこれからの可能性

庄内用水緑道では緑道を利用する際の安全面に不安があるため、看板などで注意喚起を行う。天満緑道は休憩スペースのベンチに不満があるため、修繕を行う。また、どちらの緑道も日が落ちるととても暗くなるため、街路灯などの灯りを増やす必要があると考える。これらを行うことで利用者の増加や癒しの対象者、属性の幅が広がる可能性があると考えられる。

謝辞

アンケート調査を行うに当たり庄内用水緑道と天満緑道の近辺の住民の方達に関わっていただきました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 花里 真道, 吉田 紘明: 「健康の維持・増進を支援する地域環境 ~ウォークブルストリートの疫学研究と社会実装~, 2022年度日本建築学会大会(北海道) pp. 21-24, 2022年
- 2) 山田 雄大, 岡本 肇, 栗並 秀行, 澤山 朋成, 有賀 隆: 「住宅地における緑道整備実態と利用状況に関する調査・研究 -名古屋市長緑道整備基本計画の対象路線を事例に-」 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), pp. 2, 2002年8月

自分史を活用した記憶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～

EC19040 後藤誠弥

1. 研究の背景と目的

人は生きてい中で様々な感情を受けるだろう。その中で、どのような場所や空間が感情を受けた際に記憶として残っているのかを、人々が残した「自分史」の中から読み解き、データ化することによって、よりよい空間づくりについての考察を計ることができるのではないかと考えられる。自分史には、その人の人生の中での印象的なエピソードが書かれているため、様々な人の無意識的な記憶が得られると考えられる。また、アンケート調査やヒアリング調査とは違い、実際に人に聞くのではなく、書物に残されたものから記憶に残る場所を抽出することでよりその人の心情に近いものを読み取ることができると考えられる。また、近年の技術革新により文書データが大事になってくるのではないかと考えられ、自分史を用いたまちづくりに関しての研究は他にはなく、新しい視点から考察ができるため、必要な研究だと考えられる。今回は、自分史の中に書かれている感情をあらゆる単語1つ1つから、その感情を生み出した場所や空間、関わっていた人や背景、要因などについて明らかにする。また、その感情は1人で受けたものか、又は複数人で受けたものか、春日井市内の特定の場所なども明らかにする。さらにこれを、ライフステージ別及び、プラスの感情かマイナスの感情かの観点からも見ていく。

2. 研究の枠組み

2-1. 研究の対象

春日井市にある「日本自分史センター」に収録されている自分史を収集する。今回は、表1で示したように、令和3年4月から令和4年3月までの1年間に春日井市内の方が書かれた自分史12冊を用いる。これは一つの地域で絞った方が、傾向が見やすいと考えられるためである。また、コロナ禍での考察もできると考えられるためである。

2-2. 研究の手順、方法

自分史のテキストマイニングを行う。これはどの単語がどれくらいの頻度で使われているかの分析を行うことである。この作業にはKH Coderを用い、統計のデータを可視化する。これで記憶に残る場所は

どの事柄が多いかがある程度わかるが、文章との結びつきや関連を見るためには前後の文章を読むアナログな作業も必要である。抽出された感情を表す単語の上位10単語(プラスの感情10個、マイナスの感情10個)を取り出し、前後の文章からその感情を生み出した「場所・空間」、「関わっていた人や背景」、その感情を生み出した原因やきっかけをあらわす「要因」の3つを主に集計する。また、共感の部分を見るために「1人での感情か、複数人で受けた感情か」、「ライフステージ」の観点からも見ていき、具体的な場所を見るために「春日井市内の特定の場所」も集計する。

表1.用いた自分史データ

年月	著者	題名
R3年4月	春日井東部自分史友の会	けやき 67号
R3年6月	春日井市自分史サークルまいしやの会	まいしや 第42号
R3年6月	春日井東部自分史友の会	けやき 68号
R3年11月	小川玲	笹百合
R3年12月	春日井東部自分史友の会	けやき 71号
R3年12月	春日井市自分史サークルまいしやの会	まいしや 第43号
R4年1月	太田 省三	わたしが発見した新世界 上巻
R4年1月	太田 省三	わたしが発見した新世界 下巻
R4年2月	春日井東部自分史友の会	けやき 72号
R4年2月	西村静雄	自分史 わが人生のトレッキング
R4年3月	公益財団法人かすがい市民文化財団	かおりのきおく
R4年3月	かすがいエッセイクラブ	道すがら 22号

2-3. 調査するにあたっての定義決め

ライフステージを「幼少期・学生」、「社会人・家庭」、「老後」、の3つに分けて見る。感情をあらゆる単語の上位10単語の結果を表2、表3とし、これを用いる。場所・空間で出てくる「自然環境」は山、森、池などの自然を指す。

表2.プラスの感情

	語数(個)	割合(%)
楽しい	112	26.9
幸せ	70	16.8
安心	38	9.1
懐かしい	37	8.9
満足	33	7.9
感動	28	6.7
嬉しい	27	6.5
笑い	25	6.0
頑張る	24	5.8
感心	22	5.3
計	416	100

表3.マイナスの感情

	語数(個)	割合(%)
心配	84	21.7
苦勞	53	13.7
怖い	44	11.4
寂しい	44	11.4
泣く	42	10.9
不安	39	10.1
辛い	27	7.0
悲しい	21	5.4
苦しい	17	4.4
恥ずかしい	16	4.1
計	387	100

3.調査結果

抽出された場からプラスの感情・マイナス感情のそれぞれ上位 10 個をグラフにした。11 個目以降はその他に分類する。割合の和はそれぞれ 100%。

3-1.ライフステージ別に見る場 <幼少期・学生>

表 4.幼少期・学生データ数

	場所空間	人、背景	要因
プラス	88個	95個	100個
マイナス	95個	75個	105個

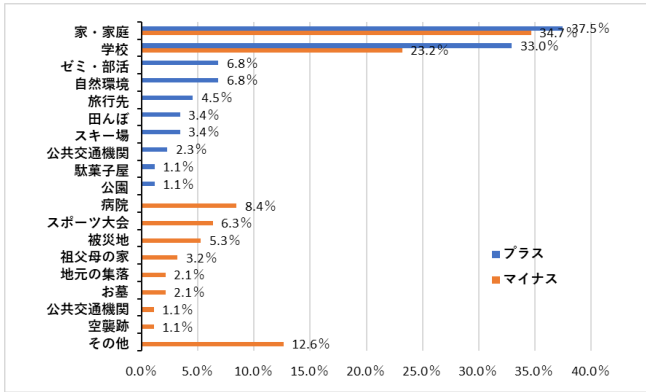


図 1.幼少期・学生<場所・空間>

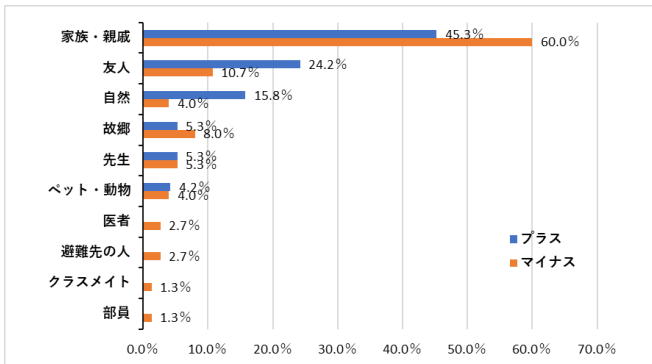


図 2.幼少期・学生<人、背景>

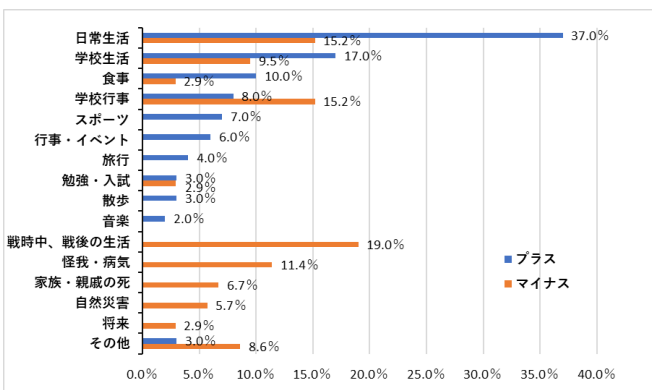


図 3.幼少期・学生<要因>

表 5.⊕一人 or 複数人

	データ数	割合(%)
複数人	61	69.3
1人	27	30.7
計	88	100.0

表 6.⊖一人 or 複数人

	データ数	割合(%)
複数人	46	48.4
1人	49	51.6
計	95	100.0

3-2.ライフステージ別に見る場<社会人・家庭>

表 7.社会人・家庭データ数

	場所空間	人、背景	要因
プラス	76個	94個	80個
マイナス	102個	87個	115個

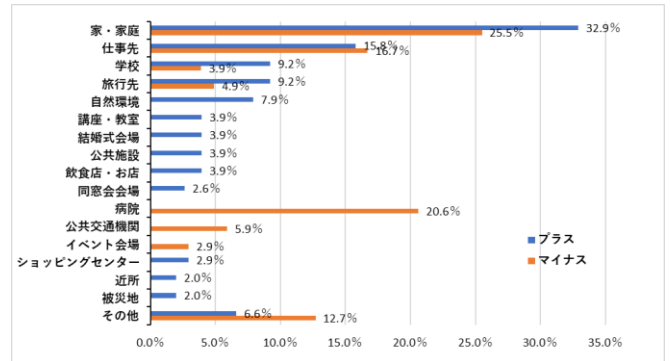


図 4.社会人・家庭<場所・空間>

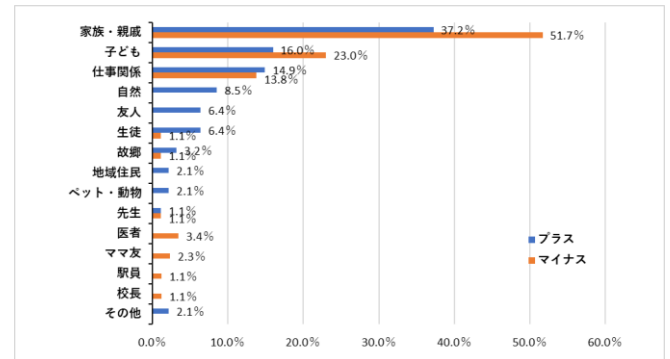


図 5.社会人・家庭<人、背景>

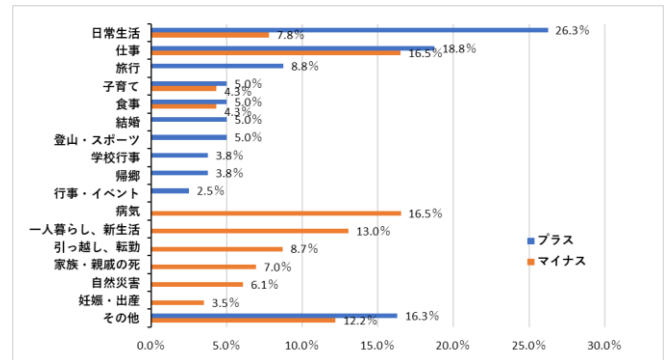


図 6.社会人・家庭<要因>

表 8.⊕一人 or 複数人

	データ数	割合(%)
複数人	66	86.8
1人	7	9.2
計	76	100.0

表 9.⊖一人 or 複数人

	データ数	割合(%)
複数人	42	41.2
1人	60	58.8
計	102	100

3-3.ライフステージ別に見る場<老後>

表 10.老後データ数

	場所空間	人、背景	要因
プラス	145個	124個	156個
マイナス	114個	82個	159個

表 13.春日井市内の特定の場所

感情	場所	内容
+	落合公園	コロナ禍で花見をした
+	落合公園	自然と歴史ウォークというイベントに参加
+	落合池	小学生の頃、遠足に行った
+	藤山台小学校	娘が水泳の代表選手に選ばれた
+	自然少年の家	自然教室のボランティアに参加
+	岩成台小学校	どんぐりの植樹祭を行った
+	グリーンパレス春日井	高校生の時に泊まった
+	文化フォーラム春日井	自分史サークルで会話するのが楽しい
+	名古屋徳洲会病院	家族がお見舞いに来てくれた
+	愛知県医療療育総合センター	周辺の自然を見ながらお散歩
+	坂下公民館	コロナ禍にコーラスの講座を受けに行った
+	弥勒山	クラブで登山
+	押沢山	自然を親しむ交流会に参加
+	玉川保育園	子どもたちを見て昔を懐かしむ
+	松山小学校	読み聞かせに行くのが楽しい
-	レディヤン春日井	会議中におながが苦しくなりトイレに入った
-	高蔵寺ニュータウン	伊勢湾台風での被害経験から高台に家建てた
-	高蔵寺ニュータウン	下に活断層があるので南海トラフが心配
-	高蔵寺ニュータウン	治安について心配
-	坂下公民館	コロナで歌の講座の発表会が中止になった
-	春日井市民病院	内視鏡検査をして手術

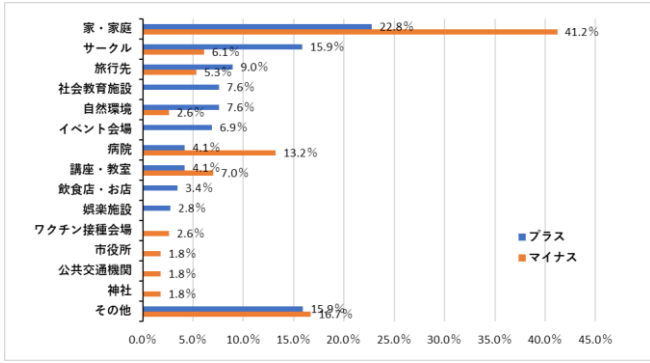


図 7.老後<場所・空間>

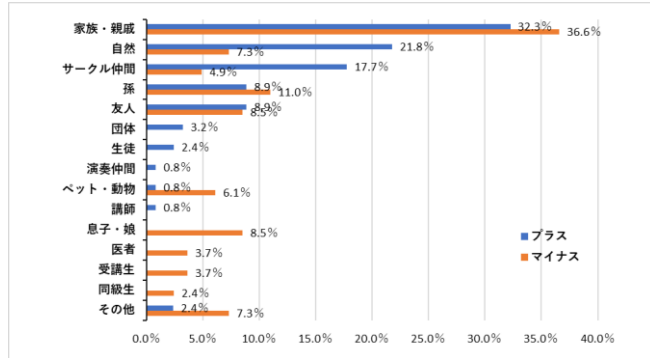


図 8.老後<人、背景>

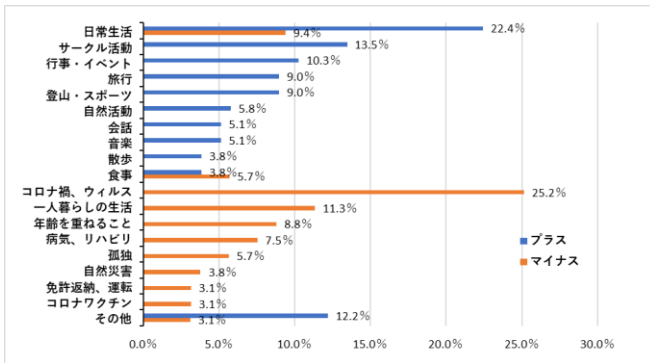


図 9.老後<要因>

表 11.⊕一人 or 複数人 表 12.⊖一人 or 複数人

	データ数	割合 (%)		データ数	割合 (%)
複数人	103	71.0	複数人	42	26.4
1人	42	29.0	1人	117	73.6
計	145	100.0	計	159	100.0

3-4. 感情を用いた空間の抽出時に出てきた春日井市内の特定の場所とその内容

表 13 より、落合公園や山など自然環境に触れられる空間はプラスの感情としての記憶に残りやすいことが見受けられた。また、小学校で開かれるプロジェクトなど、子供たちと触れ合うこともプラスの感情として記憶に残りやすいという結果になった。マイナスの感情では、高蔵寺ニュータウンが多く記憶に残っており、コロナ禍でイベント等が中止されたことも挙げられていた。

3-5. 共起ネットワーク図を用いた空間の関係

今回の調査において、空間的な要素として重要だと考えられる「懐かしい」と「寂しい」における空間の関係図を示す。

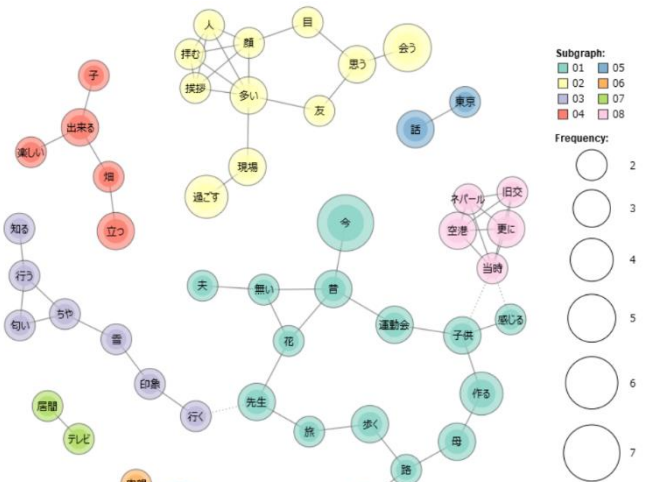


図 10.共起ネットワーク図 (懐かしい)

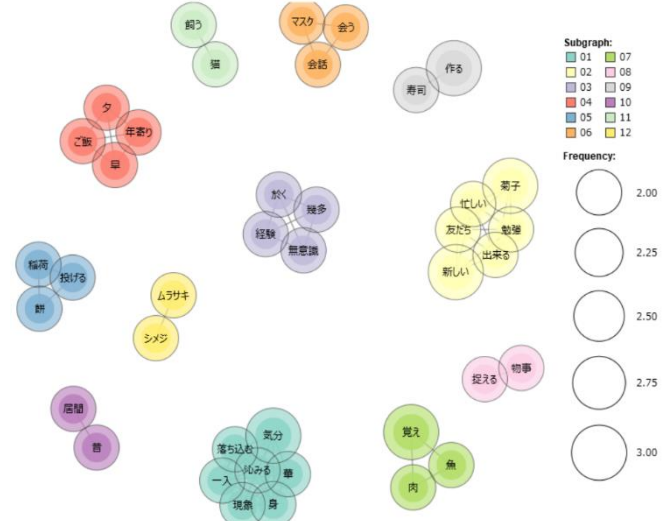


図 11.共起ネットワーク図 (寂しい)

図 10、図 11 より、「懐かしい」では、日常の記憶としては、居間で家族とテレビを見ているときの場の記憶や外だと駅や畑、雪などが空間の記憶のパターンとして残りやすいことが分かる。非日常では、家族旅行の際の空港や学校行事である運動会が場の記憶として残りやすいことが分かる。「寂しい」では、コロナ禍でなかなか人と会えず会話ができないことや、昔に家族で過ごした居間を思い出して寂しいと感じる人がいることが分かる。

4. 調査結果からみる考察、結論

今回用いた自分史では、12冊でおよそ50~60人の場の記憶を見ることができた。著者の名前や自分史の内容からみる男女比も同じくらいであった。また、自分史の内容から読み取れる著者の年齢については、ほとんどの方がご年配の方と見受けられたため、今回使用した3つのライフステージ別での場の記憶を見ることができた。

幼少期・学生時代の記憶では、「家・家庭」、「学校」が多いことが読み取れる。旅行や行事などの非日常的な空間の記憶も多いが、家の中での日常生活、特に家族で食卓を囲んで食事しているときの空間の記憶のパターンが多かった。

社会人・家庭時代の記憶では、やはり家や日常的な記憶は多いものの、「仕事」や「子ども」に関する記憶も多かった。プラスの感情では、家での子どもとの日常生活、学校での子どもの運動会、家族旅行などが記憶のパターンで多かった。マイナスの感情では、引越しや転勤、出産など人生のターニングポイントとなる場の記憶が強く残る傾向にあることが分かる。プラス・マイナス通じて、仕事や子育てが要因として挙げられており、この2点は社会人・家庭時代のライフステージにおいて非常に重要になってくると考えられる。

老後の場の記憶では、プラスの感情の空間としてサークルや旅行先、公民館などの社会教育施設が空間的な記憶に残っていることが分かる。マイナスの感情では、コロナ禍で思うような生活ができないことのほかにも、伝統芸が高齢化により存続できないこと、ふる里が限界集落になってしまったことなどといった現代の高齢化社会による現状が見受けられた。また、一人暮らしの生活になってしまい孤独を感じている人も多く、身体の老いや病気などにより生活に不安が出てくることも分かった。

全体の結果を見て、「家族一家」という空間が大事であることが読み取れた。近年は区画整理の再開

発のため、長年住み続けた家を離れなければならないということも起こっていたり、幼少期・学生時代の記憶で多かった学校も閉校してリニューアルされているという現状から、住環境が長期的な存在として大事であること、現代の日本のまちづくりによって思い出の場所や空間が失われつつあることが考えられる。場の記憶のパターンとして、みんなで食事をしているときの空間が多かったため、記憶の定着には食事が重要なことも感じられた。また、「自然」が関係する空間は、プラスの感情になりやすく、より充実した生活を送ることができるのではないかと考えられる。コロナ禍で人に会うことができないなど、ストレスを抱えている人は非常に多いのではないかと見受けられた。プラスの感情の方がマイナスの感情よりも複数人で感じる人が多いという結果が出たので、誰かと一緒に共感するという事は良い記憶として残りやすいことが分かった。サークル活動やツアーなど仲間と一緒に過ごすことがプラスの感情になりやすいという結果から、サークルという空間は孤独感を感じやすい高齢者にとって、いわばサードプレイスの存在になりうるのではないかと考えられる。

今回の研究では、「共感」という部分が非常に大事だと考えられたため、みんなで感情を共有できるような場所や空間だったり、思い出に残るような場所や空間を増やしていくことがまちの発展や良い空間づくり、生活の質の向上につながってくるのではないかと考えられる。自分史を活用したことにより、ライフステージでの場の移り変わりを見ることができた。その中でも当時から何十年も経っているが記憶に残っている「幼少期・学生」時代の記憶は非常に重要だと考えられる。空間として「学校」が多く抽出され、現代では閉校によるリニューアルも多くなっているため、そういった場所の活用の仕方が大事になってくると考えられる。

参考文献

- 1) かすがい市民文化財団：自分史について、
<https://www.kasugai-bunka.jp/jibunshi>
(参照 2022-4-20)
 - 2) 折り紙ジャパン：感情を表す言葉 145 種類 | 日本語の豊かな表現、
<https://origamijapan.net/origami/2018/06/01/kidoaira>
(参照 2022-11-11)
- (謝辞)自分史を貸し出して頂いた、日本自分史センターの方ありがとうございました。

Hisaya-odori Park の使われ方に関する研究
 ～主に飲食店利用後の動向に着目して～

EC19053 西脇 一哉

1.研究の背景と目的

名古屋市の栄にて最近リニューアルされた久屋大通公園であるが、Park-PFI を利用して公園本来の賑やかさを獲得するため、多くの飲食店が立ち並ぶこととなった。だが、果たしてそれは本当に賑やかさと関係しているのか飲食店だけでなく公園部分を利用している人はどれだけいるのか。

そこで、町の中心部に巨大な公園を作っている象徴的な例として久屋大通公園をターゲットにし、現代においての「公園」としての使われ方はどのようなものなのかを検証する。各ゾーンを長時間周回することにより、利用者がどの時間帯で一番活動しているか、どのゾーンが一番使われているかなどのデータが取れる上に、そこに足取り調査を織り交ぜることにより飲食店を利用した人の動向、公園とカフェの相乗効果や利用実態を明らかにすることができる。賑やかさを重視している久屋大通公園に求められているもの、公園と商業施設の相乗効果を得るにはどうすればよいかなどを公園部分にたずんでいる人や立ち止まったりしている人が賑やかさに直結しているという方針で考察する。

2.研究の枠組み

2.1 対象地の概要

本研究では、名古屋市中区にある久屋大通公園の ZONE 3 と ZONE 4 を研究対象地とする。公園内では、ZONE 1 の左側の緑の空間をケヤキ広場、右側の空間をシバフ広場

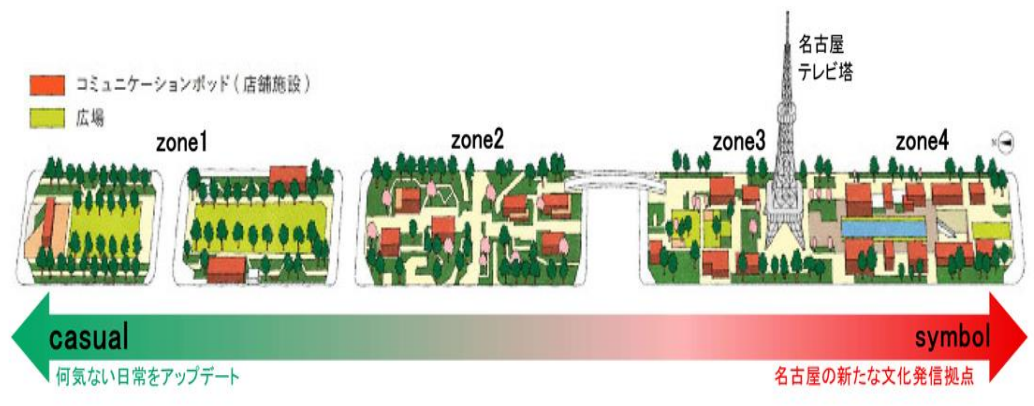


図1 久屋大通公園平面図

という風に名づけられており、緑や景観を楽しんだり、ゆったりできる場所として使われている。ZONE 2 ではカフェや少し価格帯の高い飲食店が軒を連ねている。セントラルブリッジの右側の ZONE3、ZONE4 は公園よりもショップや飲食店が立ち並んでおり、ZONE 2 に比べて比較的手の届きやすい価格帯の店舗が多くなっている。調査対象地としては、主に飲食店の利用者が見込めそうな ZONE3 と ZONE 4 に決定した。

2.2 研究方法

本研究では、オフィス街に位置する公園で飲食店を利用する人について滞在者の動向や、どこで休憩しているかなどを観察する「目視調査」に加え、独自の調査として飲食店を利用した人の足取りを追跡し、次にどこへ向かったのかを記録する、「足取り調査」も実施する。久屋大通公園に来ている理由を明らかにすることや、仮説への検証を行う。目視調査では、9月中旬から12月下旬、週に1回平日のみという条件で調査を行った。社会人の動向を調査したため、調査時間は8:00~18:00の間に設定した。そして、公園内は非常に多くの利用者がいるため手動でのカウントは信憑性に欠け、効率も悪いことから、1時間に1回各ゾーンの写真を撮り、そこに写った人をカウントする手法を採用した。そこに写った人の位置、行動、属性、性別を記録する。

2.2 研究方法

本研究では、オフィス街に位置する公園で飲食店を利用する人について滞在者の動向や、どこで休憩しているかなどを観察する「目視調査」に加え、独自の調査として飲食店を利用した人の足取りを追跡し、次にどこへ向かったのかを記録する、「足取り調査」も実施する。久屋大通公園に来ている理由を明らかにすることや、仮説への検証を行う。目視調査では、9月中旬から12月下旬、週に1回平日のみという条件で調査を行った。社会人の動向を調査したため、調査時間は8:00~18:00の間に設定した。そして、公園内は非常に多くの利用者がいるため手動でのカウントは信憑性に欠け、効率も悪いことから、1時間に1回各ゾーンの写真を撮り、そこに写った人をカウントする手法を採用した。そこに写った人の行動、属性、性別を記録する。

3. 久屋大通公園の各ゾーンでの利用実態及び調査結果

3.1 日にち、時間で見る滞在者数

表1はコロナ新規陽性者、気温、天気の情報を入れており、横軸では1時間ごとの各滞在者の数を表している。この表から、9月の気温が高い日などは少し涼しくなる夜間の利用者が非常に多くみられ、気温が非常に高い昼の利用者は極端に少ないことがわかる。逆に、11月下旬からは平均気温が一気に下がってきていることが分かり、これまでとは逆のパターンで気温が暖かい昼に利用者が多く見られ、気温が急激に下がる夜には利用者がほとんどいない状況となった。加えて、滞在者が多く利用しているのは主にゾーン4であり、各時間帯においてもゾーン3の利用者数がゾーン4の利用者数を上回るといことは少なかった。商業施設が多いゾーン4ではゾーン3よりも利用者が平均的に多いということが明らかになった。さらに、全体的な利用者数も9月から10月中旬までが多いという結果になっており、公園を利用する人にとってひとつ重要な要素として気温というパーツが入ることとなった。

実施日	コロナ新規陽性者(人)	気温(度)			天気	全体人数(人)	8:00(人)		9:00(人)		10:00(人)		11:00(人)		12:00(人)		13:00(人)		14:00(人)		15:00(人)		16:00(人)		17:00(人)		18:00(人)		
		最高	最低	平均			ゾーン3	ゾーン4	ゾーン3	ゾーン4	ゾーン3	ゾーン4	ゾーン3	ゾーン4	ゾーン3	ゾーン4	ゾーン3	ゾーン4	ゾーン3	ゾーン4	ゾーン3	ゾーン4	ゾーン3	ゾーン4	ゾーン3	ゾーン4	ゾーン3	ゾーン4	ゾーン3
9月16日	1462	31.5	24.1	27.8	曇り	91	167	2	2	2	3	5	5	3	6	5	7	8	6	9	11	13	18	10	32	16	35	18	42
9月22日	1476	23.3	20.4	21.9	雨のち曇り	42	51	0	0	0	1	2	2	2	4	3	3	3	4	4	5	5	7	7	8	10	8	15	
9月29日	723	26.6	20.4	23.5	曇り	88	153	7	1	5	3	4	3	6	5	5	8	6	7	7	9	17	12	26	15	38	10	42	
10月5日	766	25.7	21	23.4	曇り	55	102	1	2	0	1	3	2	3	4	4	3	4	2	5	5	7	9	9	18	8	23	11	33
10月12日	907	25	15.7	20.4	晴れのち曇り	78	124	2	0	2	0	3	1	4	3	6	7	6	6	9	9	8	14	11	19	13	27	14	38
10月19日	618	22.7	11.4	17.1	晴れ	84	111	1	0	2	0	3	0	4	1	15	8	17	28	14	16	10	13	5	16	6	17	7	12
10月24日	179	22.5	14.6	18.6	晴れ	95	131	1	1	1	1	3	2	10	14	17	18	14	28	11	21	14	15	12	8	5	6	7	17
11月1日	1263	16.8	15.3	16.1	雨	23	27	0	0	0	0	0	1	1	5	5	6	6	6	2	3	3	4	2	3	3	2	1	3
11月9日	1514	20	7.7	13.9	晴れ	76	91	2	0	2	0	2	4	6	9	15	17	14	21	12	14	8	8	6	5	5	7	4	6
11月17日	1728	16.7	7.5	12.1	曇りのち晴れ	69	73	2	1	2	2	3	3	5	11	18	15	15	13	6	9	6	9	7	5	2	2	3	3
11月24日	804	20.1	11.2	15.7	晴れのち曇り	77	92	3	1	2	1	4	3	7	12	18	16	15	18	7	14	5	11	8	6	4	5	4	5
12月1日	1976	13.2	8	10.6	晴れのち曇り	58	75	0	0	1	2	3	2	6	9	14	17	12	15	4	8	5	7	7	6	3	5	3	4
12月7日	2781	11.9	4	8.0	晴れのち曇り	69	104	1	0	0	2	4	4	7	11	13	21	14	19	10	18	8	10	6	9	4	6	2	4
12月14日	3598	9.7	7.5	8.6	晴れ	47	80	0	0	1	1	0	2	8	11	12	17	11	19	7	11	4	7	3	5	1	5	0	2
12月20日	4034	7.5	-0.1	3.7	曇り	51	92	0	0	0	0	4	5	5	6	11	18	9	20	13	17	5	10	2	7	2	5	0	4
合計人数(人)						1003	1473	22	8	20	16	42	38	77	105	162	177	156	210	120	167	110	157	107	172	95	193	92	230
						2476		30		36		80		182		339		366		287		267		279		288		322	

表1 各時間帯における利用者数

3.2 コロナ感染者数から見た前年度利用者との比較

表2では、飯田和也(2022)の論文を一部抜粋させてもらい、今年度と昨年度の全体の滞在者数の比較をした。今年度のコロナウイルス新規陽性者数は昨年度と比べ約6.8倍にもなっている。しかし、前年度と比べても公園の利用者の数はそれほど大きな変化は見られない。賑やかさという観点から見れば、前年度の飯田和也が行ったときの研究結果よりも、コロナウイルス新規陽性者数がたくさんいる中でにぎわっているということが見て取れる。このことから今年度は、コロナウイルスに対する市民への認知のされかたが緩和されたと言い切ってしまうてもよいだろう。

2021年	コロナ	ゾーン3	ゾーン4
9月	371	63	87
10月	16	107	133
11月	8	84	115
12月	7	47	98

2022年	コロナ	ゾーン3	ゾーン4
9月	1220	74	123
10月	618	78	117
11月	1327	61	71
12月	3097	56	88

表2 今年度と前年度の滞在者数比較表

3.3 各ゾーンごとの利用者の行動

表3に各ゾーンで観測できた利用者の行動をまとめた。表を見ると、公園内で数多く見られた行動に「休憩」と「スマートフォン」、が挙げられる。「休憩」に関してはゾーン3では25.5%、ゾーン4では25.4%を占める割合となり、ケヤキ広場やシバフ広場であらずとも、休憩する人は一定数いることが確認できた。さらに、「スマートフォン」の割合もゾーン3で23.4%、ゾーン4で23.0%と「休憩」に届かずとも十分な占有率となった。ここから考えられる要素としては、電車の時間を調べている、次にいくお店の情報を調べている、単なる暇つぶしなどが挙げられる結果となった。

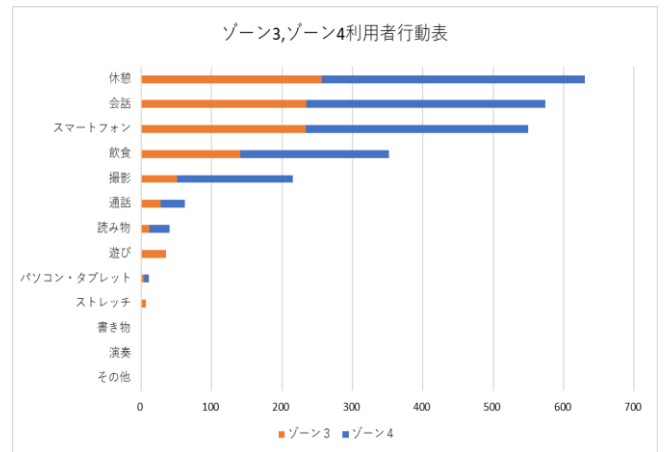


表3 各ゾーンごとの利用者の行動

3.4 飲食店利用後の利用者の足取り調査

本研究の独自の取り組みとして、足取り調査を実施した。表3が現時点での足取り調査の結果をまとめたものである。9月から12月にかけて合計30組もの足取りを追跡してきた。表3の結果から分かる通り、飲食店を利用した人がそのままケヤキ広場やシバフ広場で休憩するケースは稀であり、大多数の人たちはそのままオアシス21へ向かったり、オフィス街へ行ったり、地下鉄で移動する人が大半を占めていたのである。この結果からは、久屋大通公園には飲食店だけを目的にして来た人の割合が多いということが分かった。加えて、30組のうち3組だけ確認されたケヤキ広場のほうへ向かうパターンでは、全てランチタイムから確認されたケースであり、夜にそのままケヤキ広場のほうへ向かう人たちは確認されなかった。しかし、飲食店を利用した後でもケヤキ広場やシバフ広場などで緑や景観を楽しむ人も見られた。

3.5 飲食店利用後の利用者の動向

本研究では、飲食店を利用した人が最終的にどの方面へ向かうのかに加え、途中でどこに立ち寄ったか、どのような行動をしたのかも記録した。図5の赤い線が太ければ太いほど多く使われた道ということになっている。総勢30組のなかで一番通過された道は、ゾーン4の水辺周辺のベンチの横の道であった。考えられるポイントとしては、飲食店に行こうとするとほぼこの道を通らなければいけないことが挙げられる。最も通過された道としては、オフィス街へ続く道、地下鉄へ続く道にもなっている、もともと飲

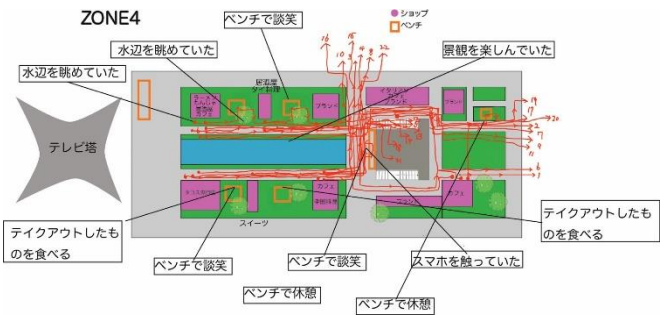


図2 ゾーン4足取り調査結果

食店が多く建ち並んでいることから、必然的に多くの人々が利用したのではないかと推測できる。そして、最も多く寄り道、足を止めた場所はゾーン4の水辺の近くのベンチであった。このベンチは、カフェなどでテイクアウトしたものを食べる、飲む、ご飯を食べたあとで一息つく場所、友達と談笑する空間、水辺を眺めて楽しむなど、ベンチがあることによって様々なシチュエーションでベンチを使う人が多く見られ、飲食店やショップとの相性が抜群であると予想できる。

図3は、ゾーン3での利用者の足取りをマップに落とし込んだものだ。赤い線が太いほどその道が多く利用されているということになる。

ゾーン3のパターンでは、この飲食店が多く使われているというものがなく、比較的利用者がばらける形となった。ここでの最も多く利用された道は、オアシス 21 方面へ向かう道とセントラルブリッジを経由した道であった。

特に、セントラルブリッジでは夜間の

公園利用者が使うパターンが多く見られ、セントラルブリッジの上で夜景を楽しんだり、ライトアップされたセントラルブリッジの写真を撮影する人も見られた。

さらに、テレビ塔の写真も撮影している人も確認されたため、夜間での利用者は夜景も楽しんでいる傾向にある。その中で、そのまま公園から出るか、夜景を楽しむパターンが主流であったが、昼間でも敷地内のベンチや座れるスペースにたたくむ人や滞在する人が確認されたことから、公園を緑や景観を楽しむ目的として利用している人の割合が多いという結果となった。公園利用者の追跡過程で、ふと立ち止まったり、周りを見渡すような所作が多く利用で見られた。これは、公園自体の景観や風景を楽しんでいるということになる。特に夜は、セントラルブリッジで立ち止まる人がいたり、公園内でライトアップされたセントラルブリッジを眺める人もいたり、公園内で景観を楽しむ人が非常に多かった結果となった。

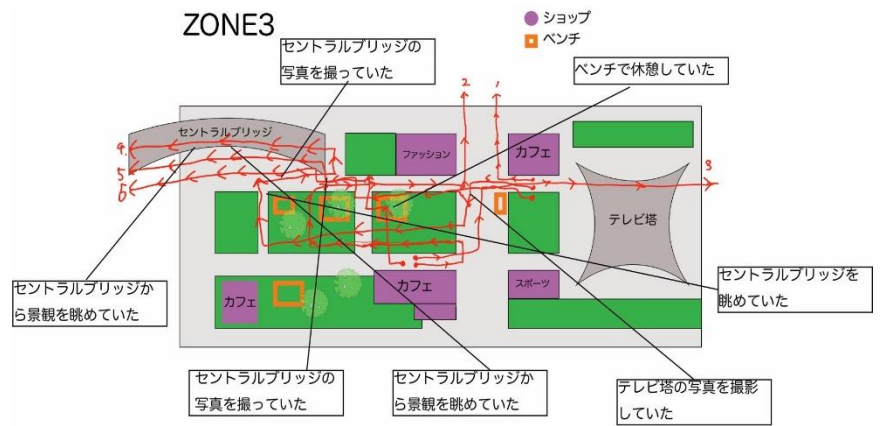


図3 ゾーン3足取り調査結果

4 結論

オフィス街に位置する久屋大通公園では、飲食店メインで来る人が大半を占めているということがわかった。しかし、少なからず飲食店を利用した後の動向に関しては、緑を楽しんだりするためにケヤキ広場にいたり、水辺の近くなどでゆったりしている様子が見られることから、景観や心の安らぎもセットで利用する人も存在するのだと分かった。さらに、今日での市民たちのコロナウイルスへの認識もかなり緩和されたことがわかり、久屋大通公園では賑わいを見せていた。今回の研究のテーマである「賑わい」というキーワードも、公園利用者がふと立ち止まったり、写真を撮影したり、ベンチでゆったりしていたりという行動内容から十分に満たされていると考える。オフィス街に位置する公園ということで、飲食店と景観を楽しむ公園としての相乗効果はある程度発揮されているが、12時頃や13時頃などの飲食店でのピークを迎えたときはベンチなどに座れない人もいたことから、座れる場所を増やすなどの対策をすればさらに、飲食店と景観を調和した良い空間になっていくのではないかと考える。

参考文献

名古屋市ホームページ 市内の新型コロナウイルスの発生状況 2022年12月26日閲覧

<https://www.city.nagoya.jp/kenkofukushi/page/0000157958.html>

飯田和也

オフィス街に位置する公園でのんびり過ごす滞在者の動向に関する研究~'Hisaya-odori Park'を対象地として~
中部大学論文集 2022年2月

土地区画整理完了後の農地保全・減少の空間的条件に関する研究
～名古屋市中川区を対象として～

EC19075 山口翔大

1. 研究の背景と目的

以前まで都市では農地がいないという考え方がされていた。都市農地だった場所が開発され、住宅や商業施設、工場など様々な用途に利用されてきたことで、都市農地は激減した。そのような中、一方では都市農地の必要性も叫ばれ都市農地を保全する動きが高まり、1992年に生産緑地法が改正され、30年間の営農義務が課される代わりに、固定資産税の免税措置が図られることとなった。また2015年には、都市部の農地は宅地化すべきものという考え方が都市にあるべきものという考え方に変わり、都市農業振興基本法が成立したことで、さらに都市農地を保全・活用する動きにシフトした。しかしそれでも都市農地は減少傾向にある。農地は緑の空間としてだけではなく、防災時の避難地、ヒートアイランド現象の緩和、生物多様の維持の場、人と人をつなぐ場等、多面的な役割を担うポテンシャルを持っている。そのため都市農地の計画的な維持・活用は都市計画においても重要な課題である。そこで本研究では、長期的に都市農地として存続している農地や農地として活用されなくなった場所はどのような環境下にあるのか調査することで、農地の確保しやすい空間的条件を見つけることを目的とする。

2. 研究の枠組み

2.1 研究方法

名古屋市における農地の実態を把握した後、名古屋市のホームページから緑被地データを取得し ArcGIS Pro (以下「GIS」) を用いて農地の面積、空間的条件を調査する。より詳細な保全しやすい空間的条件を見つけることができるため、用途地域を分類ごとに分けたデータにする。1992年に生産緑地法が改正されたことで、一斉に生産緑地の指定を受けたため1992年以前に土地区画整理事業(以下「区画整理」)が完了した地域を対象とし、名古屋市区画整理区域図を参考にGISにフィーチャを作成して表示する。次に区画整理完了後の用途地域別の農地の残存・減少率調査する。最後に空間的条件である農地の種類、農地の面積、日照条件、接道面数について調査する。

2.2 対象地の概要と選定理由

中川区は面積が32km²で人口が218,474人の愛知県名古屋市の西部に位置する行政区である。愛知県名古屋市の行政区の中で最も農地が多い区が中川区であり、さらに農地の減少率も最も多い区が中川区である。また用途地域ごとに分けることで農地環境に差ができるため、中川区の中でも多くの割合を占める第一種低層住居専用地域(以下「一低」)と第一種住居地域(以下「一住」)、準工業地域(以下「準工」)を本研究の研究対象地とする。また名古屋市は区画整理が7割終わっており、区画整理は農地が影響を大きく受けるため、対象とした用途地域の中でも区画整理が完了している場所を本研究の対象とする。

3. 用途地域ごとにおける農地の減少率

3.1 中川区の1995年と2020年の農地状況

GISに中川区の農地データを反映し、1995年から2020年にかけてどれほどの農地が減少しているのか調査した。1995年から2020年の間で対象地域全体での農地面積減少率は41%である。用途地域別では一低の面積は82%減少しており、また一住の面積は73%減少、準工は67%減少していることがわかった。用途地域別で見ると一低が建物の規制が厳しいため、周辺環境は一低の農地が一番残りやすい環境であるはずが、農地面積は準工が一番多く残っており、一低が一番多く消失していることがわかった。

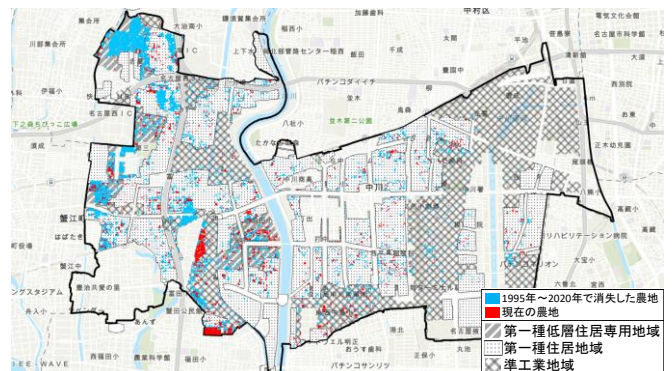


図1 1995年と2020年の研究対象地域の農地分布

3.2 土地区画整理完了後の1995年と2020年の農地

GISに区画整理が完了している場所を表示し、区画整理完了後における農地の減少率を調査した。1995年から2020年の間で区画整理完了後の全体農地面積が69%減少している。用途地域別では一低の面積は63%減少しており、また一住の面積は70%減少、準工は75%減少していることがわかった。区画整理完了後での農地面積は区画整理前後と異なり、一低が一番多く残っており、準工が一番消失していることがわかった。

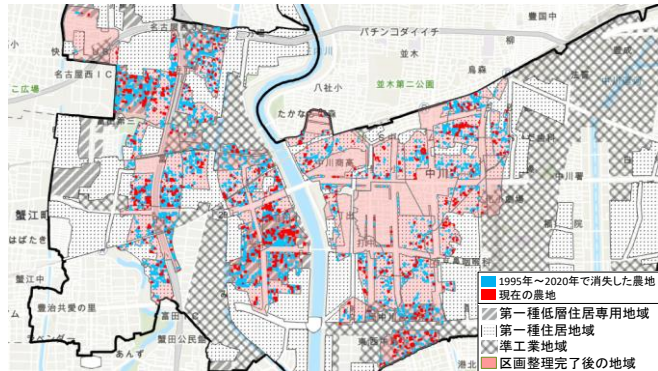


図3 1995年と2020年の区画整理完了後の農地

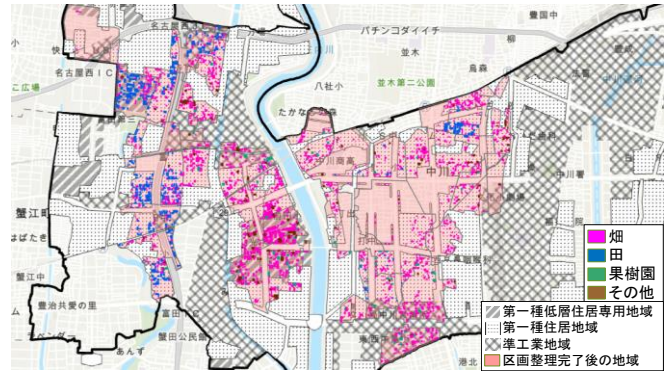


図4 1995年種類別農地

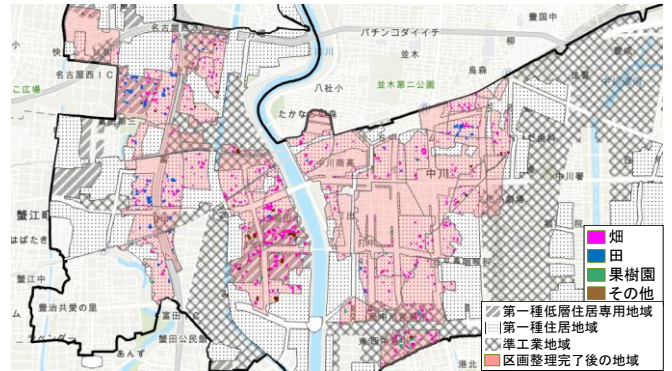


図5 2020年種類別農地

表1 土地区画整理後の農地面積

	農地面積(m ²)	減少割合
1995年 準工	141787	75%
2020年 準工	35889	
1995年 一住	770498	70%
2020年 一住	229968	
1995年 一低	219807	63%
2020年 一低	81058	

4. 残存農地と消失農地の特徴と空間状況

4.1 残存農地と消失農地の特徴

4.1.1 農地の種類

農地を種類ごとに分けると畑、田んぼ、果樹園、その他の4種類に分けることができる。本研究で対象とした、区画整理完了後の一低と一住、準工の農地数は一住が多く、一低と準工は同等量あることがわかった。また種類別で確認すると、どの用途地域でも畑が最も多い割合で占めていることがわかった。また一番多い割合を占めている畑は、用途地域の中で一低の消失割合が一番少ないことがわかった。準工の畑と田んぼは消失割合が一番多く残りにくいことがわかった。農地を種類別から見た場合でも一低が残りやすく、準工が消失しやすいことがわかった。

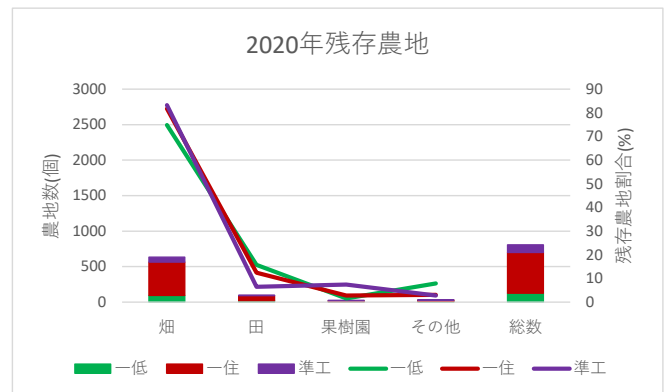


図6 種類別残存農地

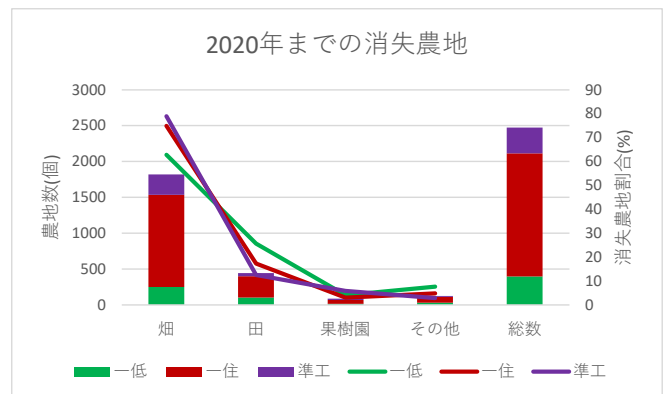


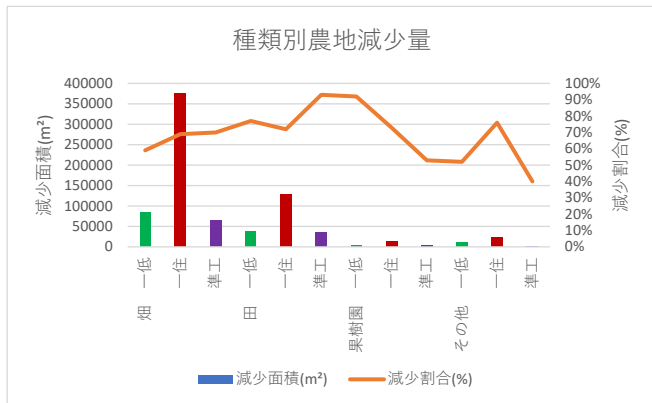
図7 種類別消失農地

4.1.2 消失農地の用途地域別農地面積

対象とした用途地域の畑の農地面積の消失割合が60%~70%減少していることがわかった。田んぼは

71~93%と畑よりも農地面積が消失していることがわかった。

図8 種類別農地減少量



4.1.3 残存農地と消失農地の面積別農地数

GISで農地のフィーチャを色分けし、農地を大きさごとに分けて調査する。残存農地で一低は、他の地域よりも300m²以下の農地の割合が少なく、準工が一番多くなっている。また、500m²以上の農地の残存割合は一低が一番多く、準工が一番少なくなっている。これより一低は大きい農地が残りやすく、準工は小さい農地が残りやすいことがわかった。消失農地割合は一低の500m²以上の農地が他の地域より高いことがわかった。他の消失割合は特に差がなく、等しく減っている。

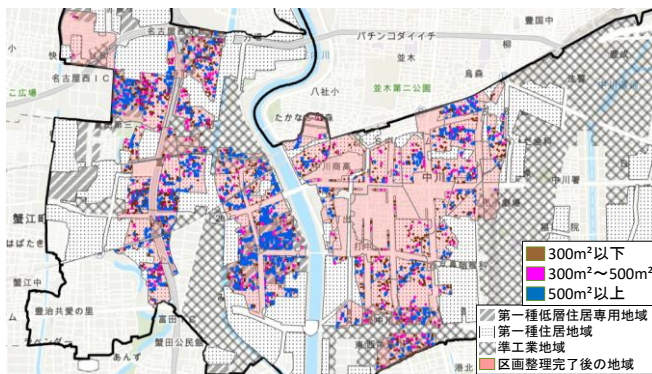


図9 1995年の面積別農地

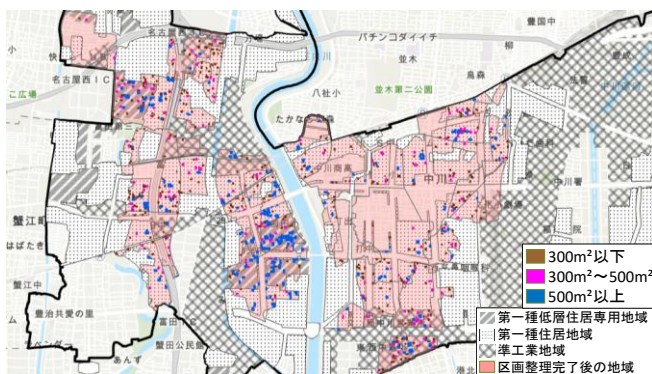


図10 2020年の面積別農地

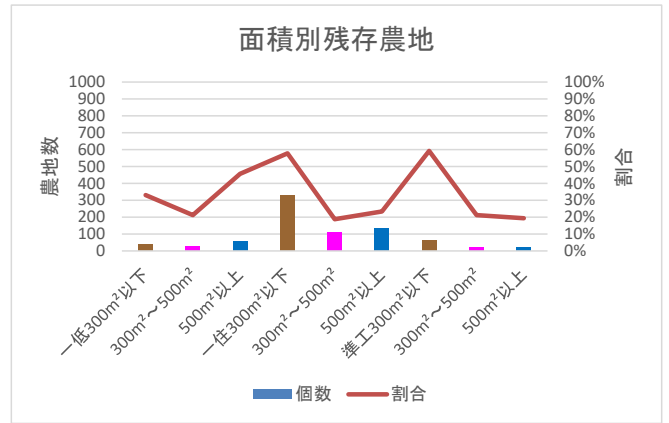


図11 300m²で区別した残存農地

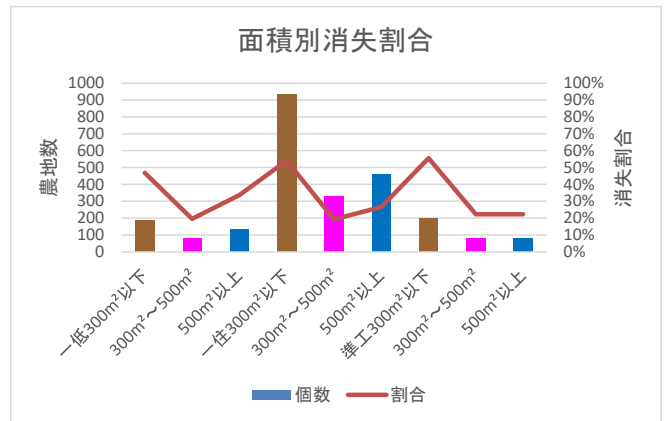


図12 300m²で区別した消失農地

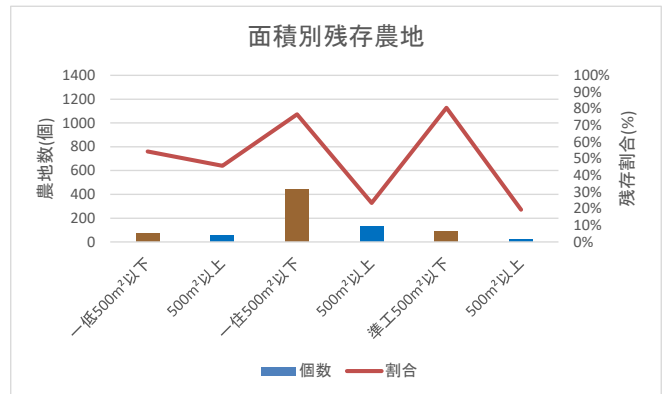


図13 500m²で区別した残存農地

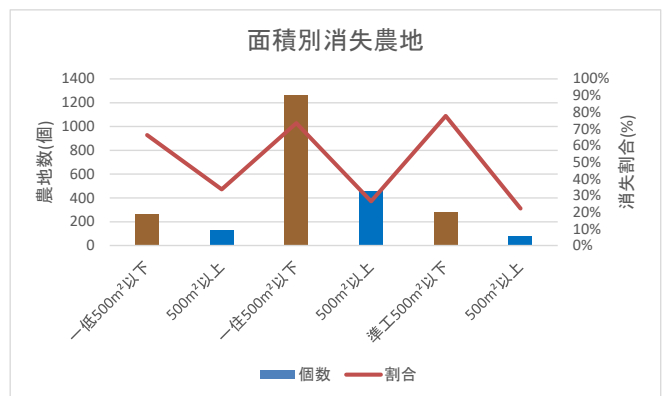


図14 500m²で区別した消失農地

生産緑地の指定を受けることができる面積が1992

年に生産緑地法が改正され 500m²であったものが、2017 年に生産緑地法が改正され 300m²に変わったため、この 2 つを基準とする。

4.2 残存農地と消失農地の環境状況

4.2.1 残存農地の日照条件

中川区の中で農地の南側に 12m 以上の建物、3 階建てより大きな建物が位置する場所を調査した。調査した結果、南側に建つ 3 階建て以上の建物は 27 件あることがわかった。しかし農地を全て覆い隠す建物が無いため、残存農地は周辺環境による日照への影響が少ないことがわかった。

4.2.2 残存農地と消失農地の接道面数

用途地域ごとにおける 1995 年と 2020 年の農地の接道面数を調査した。用途地域ごとに特徴があった。接道面数が無い農地は農地数が少なく、グラフも横ばいである。接道面数が 1 面の農地は、準工と一住では割合が増加し、一低では減少していることがわかった。接道面数が 2 面の農地は、一低で割合が増加し、準工と一住はわずかに減少している。接道面数が 3 面の農地は、用途地域に関係なく減少していることがわかった。

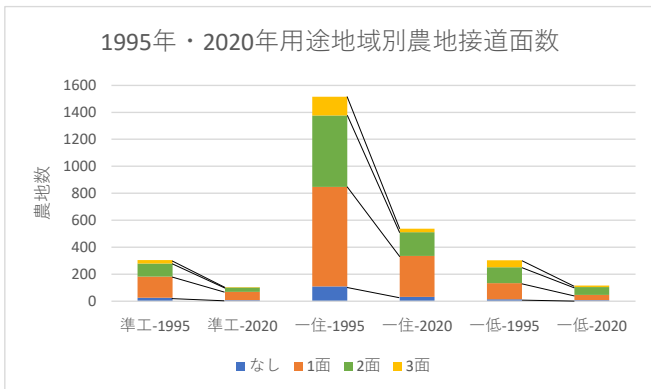


図 15 用途地域別接道面数

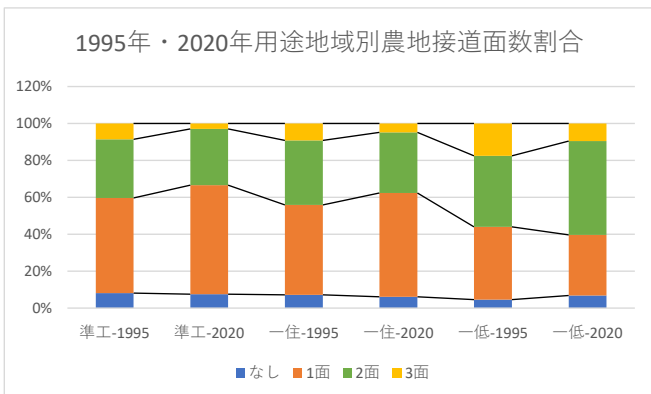


図 16 接道面数割合

5. まとめ

5.1 考察

中川区の用途地域の中で農地を保全しやすい環境が整っているのは一低だと考えられる。用途地域ごとの農地減少割合が最も小さいためである。また一低内で農地が保全しやすい農地の種類は畑だと考えられる。一低の中でも畑は減少面積と消失農地数が最も少ないためである。次に接道面数、1 面と 2 面の割合が大きい 2 面は 1995 年より 2020 年の割合が大きい 2 面の農地が良いと考えられる。準工や一住より建物の規制が厳しいので、一低の空間的条件は農業をする上で良好であると考えられる。

5.2 結論

本研究では、中川区の区画整理完了後の用途地域ごとにおける農地の保全・減少しやすい空間的条件を解明した。規制が厳しい一低が一番農地の空間として良いことがわかった。また一低は 500m²以上の農地、一住と準工は 300m²以下の農地と用途地域ごとに存続しやすい農地の大きさがある。日照条件は研究対象にした現在の地域では大きく影響を与えていない。接道面数の場合、一低が 2 面、一住と準工は 1 面が環境として良い。これらのように農地の保全しやすい空間的条件は用途地域ごとで異なることが明らかになった。今回は農地の種類、農地面積、日照条件、接道面数の観点から農地保全・減少の空間的条件に関する研究を進めたが、農地の密集度や区画単位での農地の状況、接道幅員など他の条件でも今後調べて行く必要がある。

参考文献

- 1)名古屋市土地区画整理区域図 (参照 2022-12-05)
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A29.html>
- 2)緑被地 GIS データ (参照 2022-08-05)
<https://www.city.nagoya.jp/ryokuseidoboku/page/0000145477.html>
- 3)大島 悠平, 都市外縁部における都市農地の消失実態とその後の空間変容に関する研究～, 名古屋市 中川区を対象として～, 2019 年
- 4)小松 萌, 有賀 隆, 区画規模と接道街路の幅員及び接道面数を指標とした都市農地の転用実態の解明－世田谷区烏山地域を対象として－, 日本建築学会計画系論文集, 第 86 巻, 第 781 号, 903-912, 2021 年 3 月

水田の貯留効果に関する研究

EC19002 浅野斗夢

1. 研究の目的

近年の日本では短時間で多くの雨が降ることが多くなっている。実際に 1 時間で 50 mm 以上の雨が降る回数は 50 年前の 1.5 倍その数 300 回にもなる。整備されてから 100 年以上経つ川がほとんどの中で従来の計画流量では現代の短時間で多くの雨が降った時耐えられなくなり氾濫を起こしてしまう。それを防ぐ治水施設を考えた時にダムや放水路や堤防がよく挙げられるがこれらは莫大な資金が必要でありさらに莫大な土地が犠牲になる。そこで環境に優しい治水施設を考えたときに既存の土地を生かすということが考えられた。田んぼは広大な土地を保有しており、さらに河川とのつながりが強い。田んぼを生かすことができれば大きな貯留効果が得られるのではないかとということで研究の目的とした。

2. 水田遊水地の概要

今回計画の参考として愛知県大口町を流れる五条川を採用した。この地点は川の危険地位に達することが何度もありさらに 2017 年 7 月 14 日には氾濫を起こしている。川の周りには水田が多くあり水田遊水地を生かせる土地だと考えた。従来の田んぼダムは降雨を田んぼに貯めこみ河川への流入時間を遅らせる効果があるが本研究で考えたい田んぼダムは、河川の水を田んぼに送り込む。稲の収穫時期によく豪雨が来ることから考えづらいと思われるかもしれないが、豪雨時の写真を見てもらうと水田が水につかりきっていることが分かる。近くに水路がないといけない環境設定や、常に湛水状態であることから洪水時には真っ先に犠牲になるため田んぼを遊水地化して土地を利用することを考えた。

3. 研究の方法

実際の地形を参考に河川の解析シミュレーションソフトを使用して簡易モデルを作成し、地形の面積や形状を変え水田遊水地の実用性を考える。河川地形・流れを解析可能なアプリケーション Iric 内の nays2D flood を活用する。河川は、川幅 20m 水深 4m 勾配は 1/1000 の河川を想定した。田んぼへの流入出は堤防に切りかけを作り流入、流出させる。流入地点の切りかけは 10m、流出地点は 5m を想定した。

水の流入量は、今回の想定した五条川の計画流量を参考にして計画流量を超える水を流す。2017 年 7 月 14 日五条川の氾濫が起きたときの近隣地区の 10 分ごとの降雨量を見た時雨は短時間で多くの雨が降り何度も繰り返すものではないことが分かったためこれを参考に設定した。水田遊水地の実用性を考えるために比較として以下の 4 パターンを想定する。

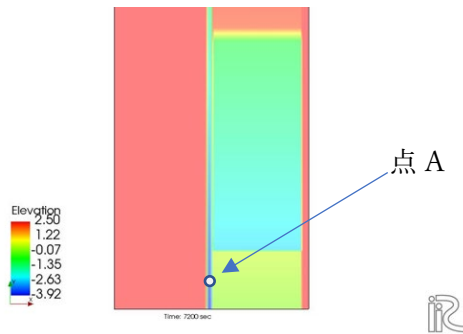
- ・五条川東側では、100ha 以上の水田が広がっており水田遊水地には適していると考えた。住宅地も混在しているがまず約 100ha。
- ・都府県の 1 集落当たりの水田面積平均が 19ha であったことから約 20ha
- ・小さい面積でも効果があるのか見るために 10ha
- ・河川のみ

4 パターンの河川は水田流出と河川の合流後の流量から効果があったか考える。

4. 解析結果

解析結果は、それぞれの水田面積設定で4パターン出した。

結果1 画像1の河川内の点A(21.133,205.323)での水位がどれだけ違うのか見るために水位の時間ごとグラフ

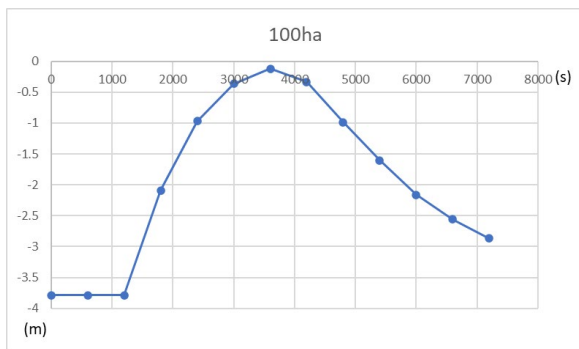


画像1 実測点

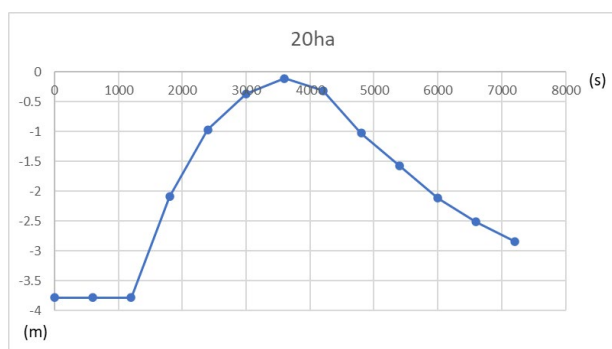
結果2 それぞれの田んぼの中心地点付近での水田の浸水深さを確認するため7200sでの最大深さ

結果1

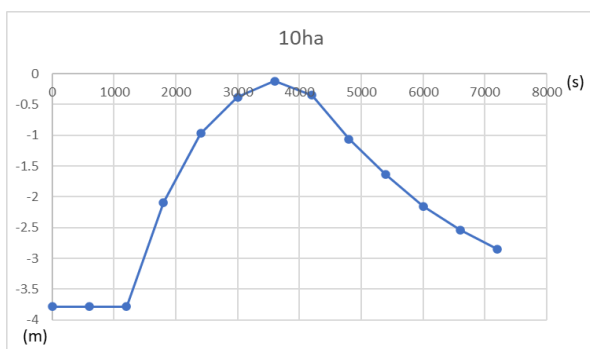
それぞれの条件での結果を以下に示す。



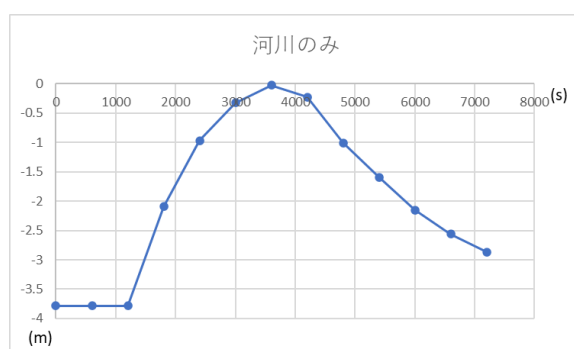
グラフ1 100haの時間当たりの水位



グラフ2 20haの時間当たりの水位



グラフ3 10haの時間当たりの水位



グラフ4 河川のみ時間当たりの水位

結果2 田んぼ中心地点付近の最大水深(河川のみはなし)

iRIC output t = 7200														
I	J	X	Y	Depth(Ma	Depth	Elevation	WaterSurf	Velocity (r	Velocity(m	Velocity(n	Velocity(n	__input_	__input_	
260	213	395.9371	1239.427	0.061492	0.041671	-1.76057	-1.7189	0.173555	0	0.011503	-0.12036	0.120905	0	0

表1 100haの中心地点付近での実測値

7200															
I	J	X	Y	Depth (m)	Depth	Elevation	WaterSurf	Velocity (r)	IBC	Velocity (m)	Velocity (m)	Velocity (m)	input	input	
263	156	110.9399	1224.945	0.182925	0.066256	-1.77506	-1.7088	0.349831	0	2.86E-05	-0.16281	0.162813	0	0	

表 2 20ha 中心地点付近での実測値

7200															
I	J	X	Y	Depth (m)	Depth	Elevation	WaterSurf	Velocity (r)	IBC	Velocity (m)	Velocity (m)	Velocity (m)	input	input	
261	151	85.93804	1234.559	0.315205	0.126767	-1.76544	-1.63867	0.541572	0	2.66E-05	-0.09485	0.09485	0	0	

表 3 10ha 中心地点付近での実測値

4. 考察

4 パターンの結果 1 を 1 つのグラフにまとめた。

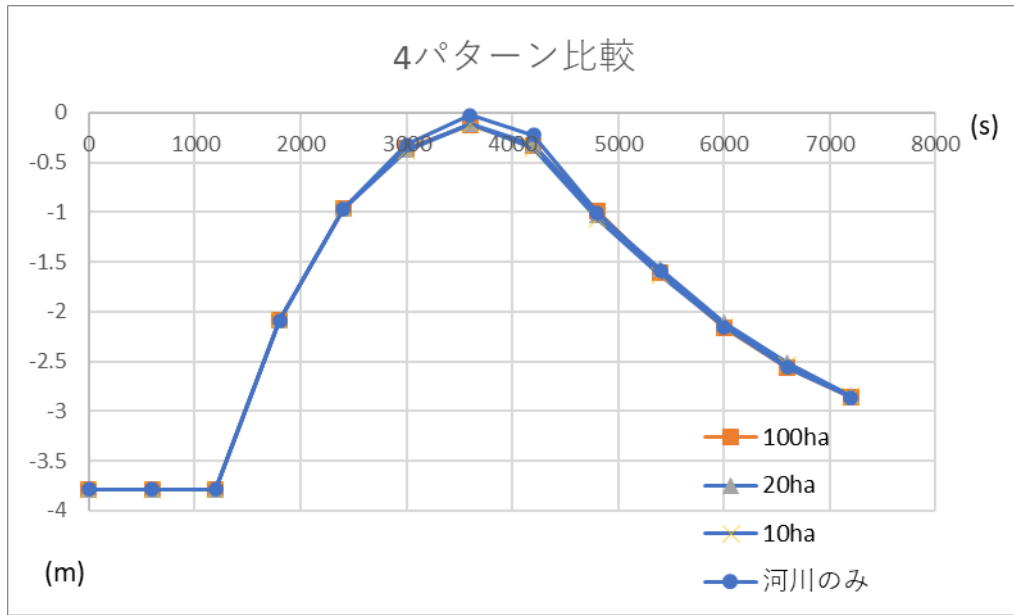


図 5 4 パターンの時間当たりの水位比較

上の図を見ると、水田の面積を変えることで河川の流量に変化はなかった。ただ、河川のみと田んぼありでは田んぼに流れ込んだ分ピークカットができていていることが分かる。田んぼ遊水地にはピーク時に活躍することができる。通常水田の水深は約 7cm でありイネの高さは平均 80 cm 葉先の作物が実る場所が露出していれば被害は 20% 前後で済むので水を許容できるのは 30 センチとする。そう考えた場合、結果 2 と結果 3 から 100ha は今回の流量に対しての面積としては大きすぎるということが分かった。最大浸水深 0.06m と作物には影響が出にくい。20ha では最大水深 0.18m となっていた。10ha では最大水深 0.31 となっており、今回の流量を超えるような時には作物への影響は避けられない。20ha であれば作物に影響のない形で貯水可能である。

5. 最後に

田んぼの遊水地化は洪水の貯留には一時的に有効だが、同時に作物への影響は避けられない。今回の流量設定において、20ha は作物と貯水効果を考えると効果的であった。しかしこれ以上流量が大きくなった時稲の湛水許容範囲を越えると莫大な損失になるが今回の研究では 20ha の田んぼ面積が遊水地には最も妥当だといえる。田んぼが川や水路の近くにあることや広大な土地を持っていることは既存の施設で貯水することを考えたとき大きなメリットになる。今後の課題としては、実際の降雨量や当時の流量などを用いて細かい点を考慮し検討するとより実用性が増すと思われる。

河川砂州への種子捕捉特性に関する研究

EC19048 滝戸凌我

1. 研究の目的

近年、日本の多くの河川では河道内の砂州に植生が侵入・繁茂する、河道内の樹林化が生じている。河道内が樹林化することにより問題は、流化能力の阻害、河川利用の支障、河道内の視認性の阻害、堤防の軟弱化、滲筋が固定化されることによって発生する偏流による河岸浸食、植生が固定されることによる生物群の多様性の低下があげられる。このように樹林化への対策は早急に取り組まなければならない課題である。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。既往の研究で水路実験を通して河床材料の粒径や種子の形状の違いが、流水散布時のトラップ率に関係することが明らかにした。しかし、今までの実験ケースは異なる粒径を持つ河床材料だけのものであり、河床材料の形状が与える影響を詳細に把握したわけではない。そのため本研究では、形状の異なる河床材料を用意するとともに、種子に関しても形状の異なる2種類用意し、流水実験を行い、河床材料の粒径と形状がもたらす種子のトラップの要因を把握することを目標とした。

2. 既往の研究

河道内の種子の運搬、漂着についてはあまり知見が得られていない分野であるが、現在までに既往の研究で報告されていることを述べる。

大石ら(2019)は一つの砂州に対して埋土種子の空間分布を調査した。その結果、埋土種子密度は極粗砂、疎粗成分が増えると減少し、細砂成分が増えると増加する傾向があり、埋土種子はその種類によらず砂州内に広く分布していたがその全てでは発芽に至っていないことが発見された。また砂州内の植生成立には埋土土種子量や種類による影響ではなくその場の物理的環境が支配的であると示唆されたり、尾花ら(2014)は砂礫州水際での土砂。植物種の輸送及び堆積メカニズムについて水路実験を通して検討した。その結果浮遊性種子は空間に一樣に漂着し沈降性種子は砂州斜面に沈降しやすく、沈降性種子の堆積量の堆積量の10倍程度になることを指摘した。また洪水ピーク時間が長いほど土砂。種子ともに砂州内陸まで流送。堆積され、減水時は種子の堆積量に寄与するが、土砂の堆積量には影響を及ぼさないことを明らかにした。大石(2016)は三つの形状、形が異なる種子と、細礫、粗礫の二つの河床材料を用意し、異なる表面流速の条件下での水理実験を行い、河床材料、種子の種類、表面流速の変化による種子の河床への捕捉の程度(トラップ率)の違いを調査した。その結果、河床材料、種子の種類によらず表面流速が小さくなるほどトラップ率は大きくなるということを示した。また、丸い形状の種子から河床材料が粗礫の場合の方が細礫の場合よりもトラップ率が高くなり、扁平種子の形状の種子では細礫の場合の方が粗礫の場合よりトラップ率が高くなることを発見し、それは礫表面に生じる微細な渦の影響であると結論付けた。また、内田ら(2016)は水路実験により、流水散布される種子の裸地砂州上への定着特性及び植生侵入後の河床変動特性を調査した。その結果、流水散布される種子は流水減水時に砂州前縁に集中し、これは砂州上の植生の有無によらないことが確認された。また数値解析により、砂州全体が水に浸かっている状態では砂州に比較的早い流れが形成されるが、流量減少すると砂州下流域で水浸平均流速が小さくなり、ついでに砂州前縁部で平均流速が

砂州中央部より先に小さくなることが発見された。また、佐藤ら（2022）は河床材料の粒径、種子の種類、水深の3つの条件を行った。その結果、粒径比（種子粒径と河床材料粒径の比）、表面流速および水深が大きいほど種子のトラップ率が低下し、扁平種子は水深の小さいところでは丸形種子よりも堆積しやすいことを明らかにした。これらにより、種子の河床への捕捉されやすさには河床の相対粗さ（種子の平均粒径と算術平均粗さの比）による影響が支配的であることが発見された。

3. 研究方法

3.1 実験水路

実験水路は全長 13m、幅 0.3m、高さ 0.3mの正方形断面の開水路、水路勾配 1/500 を用いた。

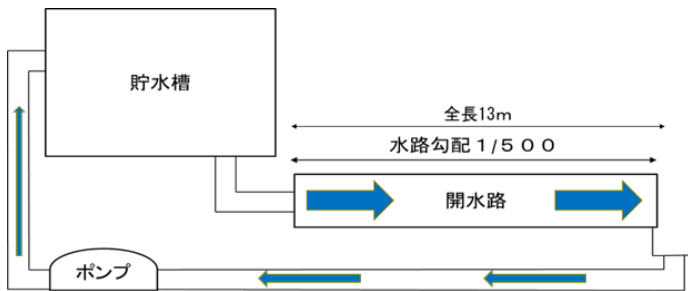


図-1 実験水路の概略図（側面図）

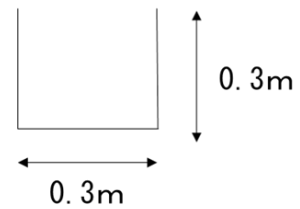


図-2 実験水路の概略図（断面図）

3.2 実験条件

河床材料の決定にあたって実河川のセグメントを参考にした。本実験では砂州が生じやすいセグメント2を対象として、河床材料の粒径、河床勾配を決定の参考にした。水路実験では、3つの異なる粒径、形状を持つ河床材料を用いて行った。丸形礫大（50 mm）を材料1、丸形礫小（30 mm）を材料2、四角礫（30 mm）を材料3とした。また、種子には形の異なる丸形種子と扁平種子を採用した。最後に、水深は種子がトラップしやすく、河床材料粒径による違いがみられる値である河床から2 cmと4 cmの2パターン設定し、それに伴う各条件を表-1、表-2、表-3に示す。本研究では、水深2 cmの実験を「水深小」、水深4 cmの実験を「水深大」と記載する。

表-1 実験対象種子の特徴

種子	平均粒径 (mm)	形状係数	沈降速度 (cm/s)
丸形種子	3.29	0.74	3.76
扁平種子	4.69	0.73	5.32

表-2 水深小での実験条件

	丸い礫大	丸い礫小	四角礫
粒径	50mm	30mm	30mm
表面流速 (m/s)	0.31	0.32	0.27
流量 (L/s)	1.99	2.02	1.69
形状係数	0.74	0.57	0.43
勾配	1/500		
水深	2cm		

表-3 水深大での実験条件

	丸い礫大	丸い礫小	四角礫
粒径	50mm	30mm	30mm
表面流速 (m/s)	0.42	0.51	0.36
流量 (L/s)	3.36	3.99	2.87
形状係数	0.74	0.57	0.43
勾配	1/500		
水深	4cm		

3.3 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を評価する。初めに、水路の勾配を 1/500 に調整し、河床材料を 1 種類引き詰め通水する。次に水路上流部に設置されているバルブを調整し、水深を条件の値にした。水深調整後、流水の水深が安定している箇所のうち 3m の区間を実験対象とし、その区間の上流から種子 200 個を散布した。その際、運搬・漂着の様子をカメラで撮影した。流した種子は水路下流の排水口に網目状のネットを設置して回収した。種子散布後通水し再浮上する種子が無くなったのを確認したのち実験を終了した。その後、回収した種子の量からトラップ率を算出し、種子の河床への捕捉量を評価した。

4. 結果

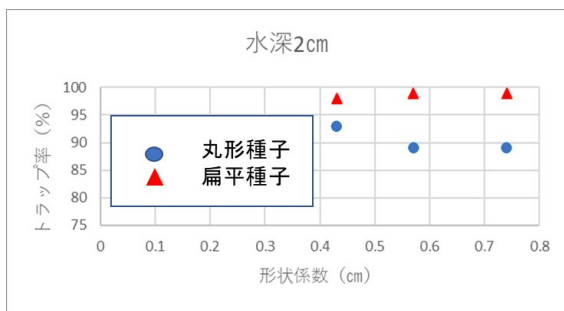


図-3 水深小でのトラップ率と礫の形状係数の関係

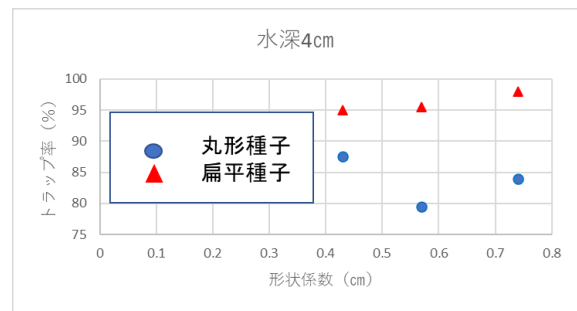


図-4 水深大でのトラップ率と礫の形状係数の関係

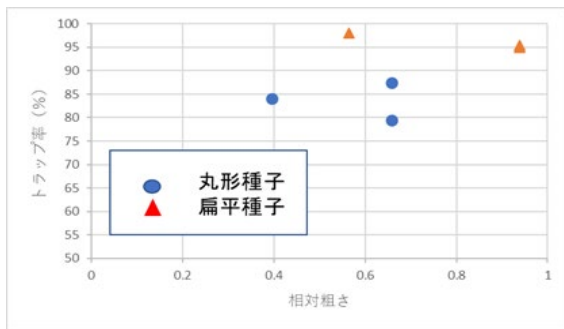


図-5 水深小でのトラップ率と相対粗さの関係

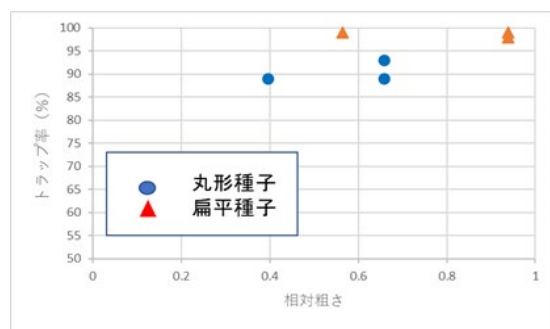


図-6 水深大でのトラップ率と相対粗さの関係

水深小、水深大の条件での実験結果を横軸に各礫の形状係数、縦軸にトラップ率をとったグラフにプロットしたものを図 3、図 4 に示す。種子の形状に、河床材料に関わらず水深が小さくなると増加することが分かる。また、水深、河床材料に関わらず扁平種子が丸形種子よりトラップ率が高くなっていることからトラップ率には河床材料のほかに種子の形状が関係していることが分かる。

種子の堆積傾向を観察すると、河床材料と河床材料との間にできる隙間や、水路側面と河床材料によって生じる隙間にトラップしている様子が見られた。そのことから、河床材料の粒径、形状の違いによるトラップ率の差は、隙間の大きさや河床表面の凸凹の程度が関係していると考えられる。その大きさや程度を数値化して評価した。それらを図-5 と図-6 に示す。その結果、佐藤ら (2022) の実験で相対粗さが 1 以下になると、トラップ率は高い値で一定となることが示唆された。そのため相対粗さが 1 以下になるとトラップ率が

高い位置で一定になる事が証明された。

5. おわりに

本研究では出水時における砂州上での種子の捕捉量および種子捕捉特性を調査するため、水深、河床材料、種子の種類を変えて水路実験を行った。既往の研究は河床材料の形状は一定であったが本研究では同じ粒径で違う形状の河床材料を使用している。次の3つが明らかになった。扁平種子、丸形種子は河床材料粒径が大きくなるほどトラップ率は増加した。また、水深が小さくなり表面流速が下がると全体的にトラップ率が上がる。河床材料粒径が同じでも粒径の形状が異なるとトラップ率に影響する。河床材料の粒径が同じで河床材料の形状係数が小さいと丸形種子は係数の大きい河床材料よりもトラップ率は高くなり、扁平種子は河床材料の形状係数が大きいほどトラップ率は高くなる。河床材料粒径が大きいほど、河床表面の凸凹の大きさが大きくなり、空隙率は種子の捕捉量、表面の凸凹は種子の捕捉しやすさに寄与する。

参考文献

- 1)伊藤悠, 知花武佳, 原田大輔(2013): 礫の形状が河川中流域における土砂の分級に及ぼす影響, 河川技術論文集, 第19巻, pp.177-182
- 2)内田典子, 久加朋子, 木村一郎, 清水康行(2016): 裸地砂州への種子定着特性と植生分布が河床変動の応答に与える影響, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.72, No4, I_1087-1_1092
- 3)大石哲也(2016): 洪水に伴う砂礫内への種子供給と土砂移動特性との関係性の解明, 河川整備基金助成事業, 28-5211-037
- 4)大石哲也, 角哲也, 藤原正季, 天野邦彦(2009): 砂礫州における埋土種子分布とそれが植生成立に与える影響に関する研究, 水工学論文集, 第53巻, pp.1159-1164
- 5)尾花まき子, 内田考洋, 辻本哲郎, 知花武佳(2014): 砂礫州水際への植物種子と土砂の堆積過程に関する研究, 河川技術論文集, 第20巻, pp.193-204
- 7) 佐藤健太 (2022): 砂州における種子の捕捉特性に関する研究

流水型ダムの堆砂に関する研究

EC19049 塚原 駿

1. 研究の背景と目的

近年、新しい形式のダムとして流水型ダムが注目されている。通常の貯留型ダムとは違い、洪水調節機能に特化し、通常時は水を貯めないため、自然河川に近い河川環境を維持することができる他、様々なメリットがある。しかし、我が国で現在完成している流水型ダムは少数であり、堆砂量に関してのデータも明確にはまとめられていないため、どれほどの違いがあるのか定かでは無い。本研究では堆砂に重点を置き、各ダムで開示されている堆砂量とそれに関連するデータをまとめ、貯留型ダムとの比較などを通して、流水型ダムにおける堆砂の実態を明らかにすることを目的とする。

2. 調査対象ダムの選定

表1は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、かつデータのそろっている流水型ダムを選定したものであり、これを研究の対象とする。表2は対象となる流水型ダムに近い堆砂容量を持ち、かつ同じ地域の貯留型ダムを選定したものであり、これを以降の流水型ダムとの比較の対象とする。

表1 対象の流水型ダム一覧

	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

表2 対象の流水型ダムに近い堆砂容量を持つ貯留型ダム

	都道府県	河川名	ダム名称	総貯水容量	堆砂容量	竣工年度	堆砂容量の近い 流水型ダム
1	島根県	波田川	笹倉ダム	480 千 m^3	280 千 m^3	2006 年	益田川ダム
2	富山県	舟川	舟川ダム	600 千 m^3	240 千 m^3	2011 年	辰巳ダム
3	熊本県	八柳川	石打ダム	1200 千 m^3	70 千 m^3	1993 年	西之谷ダム
4	岐阜県	中野方川	中野方ダム	411 千 m^3	40 千 m^3	2006 年	浅川ダム

3. 堆砂容量の割合

総貯水容量はダムに貯えることのできる水の容量に加えて堆砂容量を合わせた容量を表したものである。表3では各ダムの堆砂容量が総貯水容量のどれくらいを占めるのかを示した。

表3 総貯水容量のうち堆砂容量がしめる割合

流水型ダム		貯留型ダム	
益田川ダム	3.70%	笹倉ダム	58.33%
辰巳ダム	3.33%	船川ダム	40.00%
西之谷ダム	9.46%	石打ダム	5.83%
浅川ダム	3.64%	中野方ダム	9.73%

流水型ダムは通常時水を貯めないため、貯水池内には土砂も溜まりづらく、堆砂容量も全体的に低く設定されている。西之谷ダムは他の流水型ダムが3%台であるのに比べ高くなっているが、それでも9.46%であり、低いといえる。一方で、貯留型ダムの堆砂容量は高いものと低いものが混在している。笹倉ダムと船川ダムは流水型ダムとは比べ物にならないほど多くの堆砂容量が割り当てられており、笹倉ダムにおいては総貯水容量の半分以上が堆砂容量となっている。それに比べ、石打ダムと中野方ダムの堆砂容量は低く、石打ダムにおいては、流水型ダムである西之谷ダムを下回るほどである。

4. 堆砂率の推移比較

図1、図2はそれぞれ対象のダムでの年ごとの堆砂率を示したものである。堆砂率は堆砂容量に対して計測された堆砂量の割合を示したものであり、以下(1)の式で求められる。

$$\text{堆砂率} = \text{計測された堆砂量} / \text{堆砂容量} \times 100 \quad (1)$$

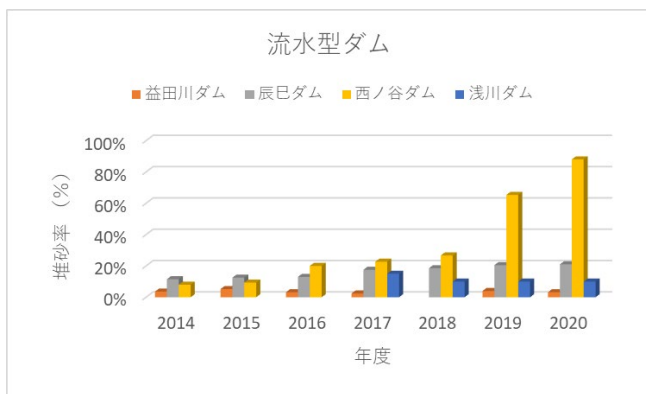


図1 流水型ダムの堆砂率推移

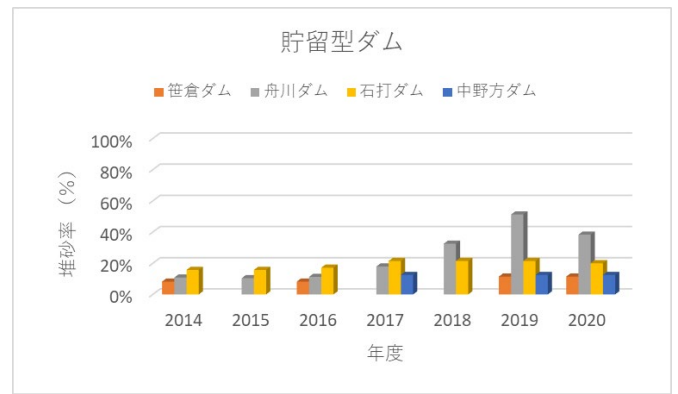


図2 貯留型ダムの堆砂率推移

4-1. 流水型ダムでの比較

益田川ダムは流水型ダムの中で最も古いダムであるが、堆砂率は最も低く、堆砂率が増減を繰り返すことで低い割合に維持できている。一方で、辰巳ダム、西之谷ダムでは減少は見られず、現状では右肩上がりとなっており、特に西之谷ダムでは2020年時点で堆砂率は88%と群を抜いて高い値を記録している。辰巳ダムの堆砂率も増加傾向にあるものの、まだ21%と低く、西之谷にくらべて堆砂容量には余裕がある。浅川ダムは他に比べ比較的新しいダムであり、2017年から2018年の減少以降、10%の堆砂率を維持している。

4-2. 貯留型ダムとの比較

貯留型ダムの堆砂率推移は西之谷ダムを除く流水型ダムと大きな傾向の違いは無く、貯留型ダムであっても堆砂率の減少が見られるなど、比較的低い値を維持できている。傾向が似通った原因として、本研究では比較的新しいダムが対象となっているため、これらの傾向は序章に過ぎないという可能性も考えられる。なお、前述の表3の通り、流水型ダムと貯留型ダムでは総貯水容量のうち、堆砂容量が占める割合が違うため、堆砂容量の占める割合が多い貯留型ダムでは、堆砂率の傾向が同じであってもダムの規模に対する堆砂量は流水型ダムより多くなっている。

4-3. 西之谷ダムの考察

西之谷ダムは他のダムに比べ、大幅に高い堆砂率を記録しており、傾向が特殊であるため、その原因を考察する。

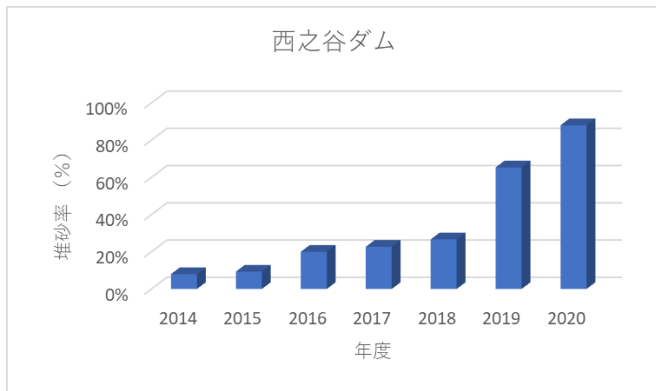


図3 西之谷ダムの堆砂推移

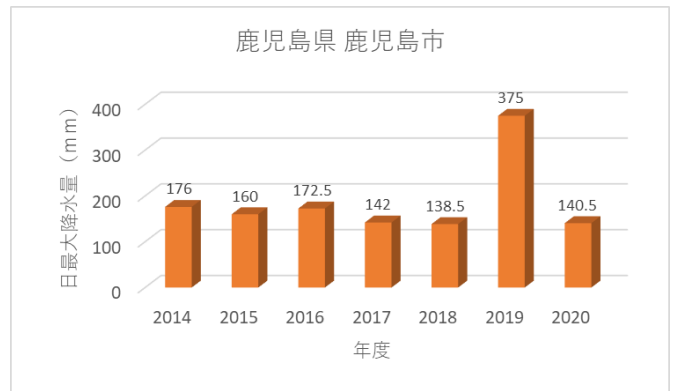


図4 鹿児島県鹿児島市の日最大降水量

図4は西之谷ダムが位置している鹿児島県鹿児島市の日最大降水量であるが、2019年の最大降水量は例年の倍ほどに上がっており、図3の中では同じ2019年に堆砂率の大幅な増加がみられる。よって、短期的な降水量の増加により例年より多くの土砂が押し寄せたことで、堆砂率の増加が早まったと考えられる。しかしながら、流水型ダムは水を貯めない設計になっているため、自然河川に近く、土砂も流れやすいはずである。降雨では単に堆砂率の増加が早まっただけであり、土砂の溜まりやすさは別の要因によるものであるだろう。例えば、地質の特性や、ダムの洪水吐の設計などの要因が考えられる。西之谷ダムの洪水吐中央には、魚道が設けられており、土砂の排出の妨げとなっている可能性が考えられる。

4-4. ダム所在地の日最大降雨量

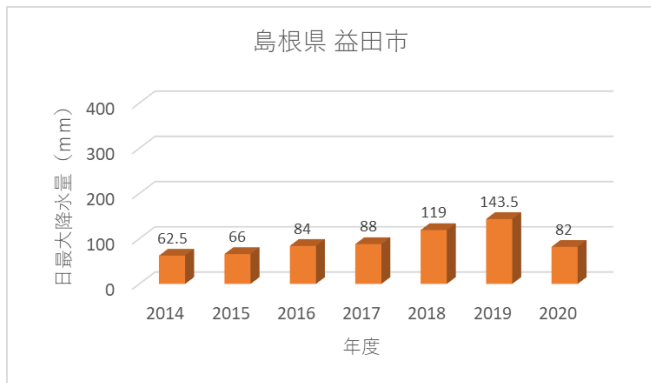


図5 島根県益田市の日最大降水量

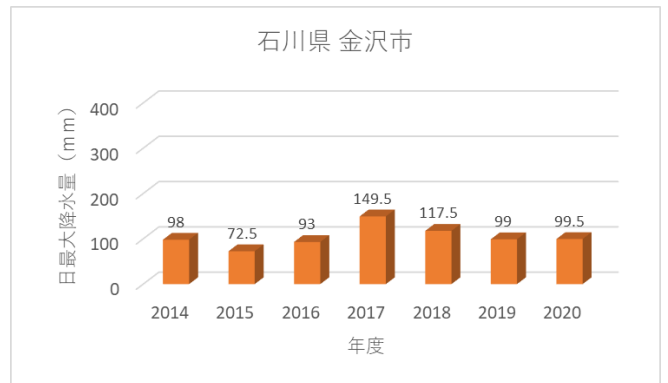


図6 石川県金沢市の日最大降水量

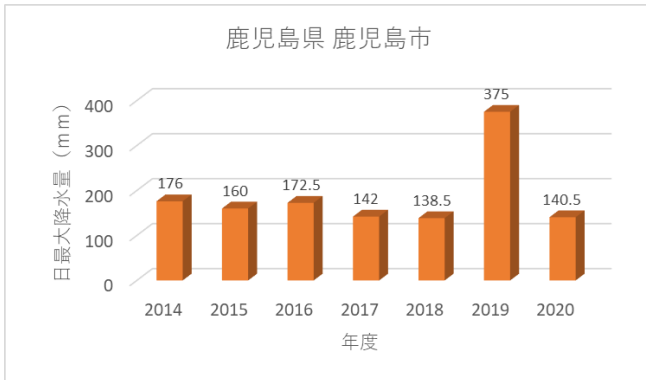


図4 鹿児島県鹿児島市の日最大降水量

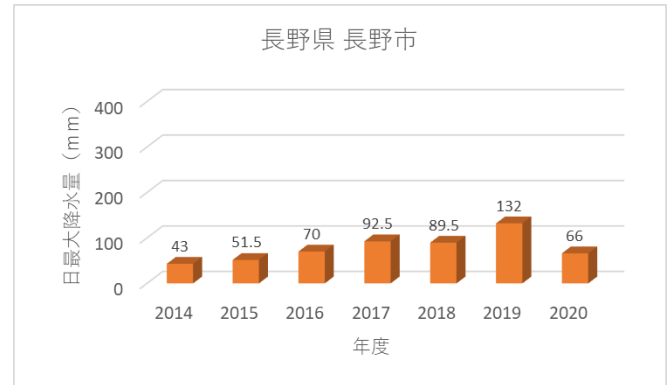


図7 長野県長野市の日最大降水量

上記の図は、それぞれの流水型ダムが位置している地域の日最大降水量を表したものである。石川県金沢市以外の地域では2019年の日最大降雨量が最も高いことがわかる。特に鹿児島県 鹿児島市は群を抜いて高い値であり、4-3.で触れたように、西之谷ダムの堆砂率の大幅な上昇に影響を及ぼしていることが確認できる。

5. 結論

本研究では、流水型ダムの堆砂に重点を置き、各ダムで開示されている堆砂量とそれに関連するデータをまとめることで、現時点での流水型ダムにおける堆砂の実態を明らかにすることを目的とした。得られた結果を以下に示す。

- 1) 総貯水容量に対する堆砂容量の割合は多いものでも10%以下であり、低く設定されていたが、貯留型ダムでも同じくらい少ないものが存在した。
- 2) 堆砂率の傾向は西之谷ダムを除き概ね20%台にとどまり、大差ないものであった。
- 3) 西之谷ダムでの堆砂率増加は日最大降雨量の増加によるものであり、洪水吐の構造など、何らかの要因で土砂が流れづらくなっている。

6. まとめ

流水型ダムは川の流れをせき止めることがなく普通の川に近い状態が維持されることで、河川環境に影響を与えにくいというメリットがある。よって堆砂も自然河川に近い形で流れるのが理想であるが、実際には流水型ダムであっても、ある程度の堆砂が溜まっていることが分かった。堆砂を貯めないという観点で、貯留型ダムと比べ、はあまり大きな差は感じられなかった。これは流水型ダムがまだ新しいものしかなく、現段階では傾向を読み切れていない可能性があるだろう。

・参考資料

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

日本ダム協会ホームページ：舟川ダム

熊本県ホームページ：石打ダムの概要

岐阜県公式ホームページ（河川課）：中野方ダム

国土交通省：全国のダム堆砂状況のデータ（2014年から2020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2020年）

内津川放水路の環境創出機能に関する研究

EC19062 福岡輝彦

1. 目的

本研究は、内津川の多自然放水路の環境創出機能を水質によって評価する事が目的である。

多項目水質計により pH、溶存酸素量 (DO)、電気伝導率 (COND)、濁度 (TURB)、温度 (TEMP) の計測、イオン分析計により、リン酸態リン (PO₄-P)、硝酸性窒素 (NO₃-N)、の計測を行う。これらの結果から内津川本川 (以下、本川) と放水路を比較し、多自然放水路としてどれほど機能しているかを評価する。

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の支流である内津川の本川と放水路を調査対象地とした。分派前の新松本橋から約 160m 下流の地点を R1 とし、分派地点から放水路側に約 510m 地点を R2、約 810m 地点を R3、分派地点から本川側に約 410m 地点を R4 とする。R4 地点から下流側に水が流れていないため、本川の観測地点は、1 つとする。また、R4 地点から下流側は、内津川と同じく愛知県春日井市内を流れる地藏川の合流地点で水が復活していた。観測は、2022 年 10 月 26 日の平水時、11 月 28 日の雨の後、12 月 13 日の雨の後、1 月 6 日の平水時の 4 日間で行った。

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)、濁度 (TURB)、水温 (TEMP) を計測し、1 地点につき 3 回計測し、その平均値をその地点での計測値とした。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. 現地観測, 水質分析の結果

4.1 現地観測の結果

多項目水質計による分析結果を表-4.1 に示す。

12 月頃から内津川の上流にて河川の改修工事が行われ、1 月 6 日の濁度 (TURB) はその影響が観測地全域にかなり大きく出てしまった。12 月 13 日には、工事が本格化していなかったにも関わらず R2、R3 の数値が大きく増加していた。このとき、雨の直後であり、R2 より上流に排水があるため数値が増加したと考えられる。

溶存酸素量 (DO) は、25°C、1 気圧の水には 8.26 mg/L の酸素が溶け込むことができるとされているが 10 月 26 日以外の R1 から R3 までは水温に対して溶存酸素量 (DO) が多く、過飽和状態であると言える。溶存酸素量 (DO) の増加の原因として、水面で大気中の酸素が溶け込むことや植物の光合成による酸素発生などがある。しかし、観測地では、ほとんど波立つことが無いため植物の光合成による酸素発生が原因だと考えられる。

表-4.1 多項目水質計による分析結果

日付	観測場所	pH	DO(mg/L)	COND(mg/L)	TURB(mg/L)	TEMP(°C)
10月26日	R1	8.66	5.93	17.00	0.00	22.2
10月26日	R2	7.54	4.39	14.40	0.53	22.4
10月26日	R3	8.54	5.38	15.23	1.97	22.1
10月26日	R4	7.17	4.70	22.57	6.90	20.1
11月28日	R1	7.87	15.44	30.87	4.97	19.7
11月28日	R2	7.27	10.48	19.30	0.40	20.5
11月28日	R3	8.07	9.73	18.97	0.40	20.1
11月28日	R4	6.86	6.70	22.83	3.33	17.5
12月13日	R1	6.75	9.03	18.73	7.63	16.0
12月13日	R2	6.81	7.07	18.63	46.40	16.8
12月13日	R3	6.82	6.40	18.60	21.33	16.1
12月13日	R4	6.94	4.72	19.83	4.77	13.5
1月6日	R1	7.09	7.78	21.03	50.53	14.1
1月6日	R2	7.12	8.08	19.50	47.43	16.3
1月6日	R3	8.77	10.20	20.20	6.37	16.0
1月6日	R4	7.13	3.65	35.70	12.73	9.2

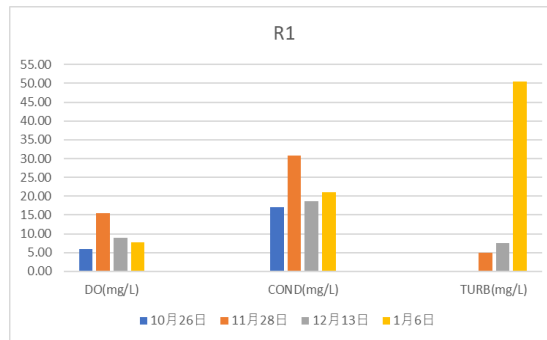


図-4.1 R1 の分析結果のグラフ

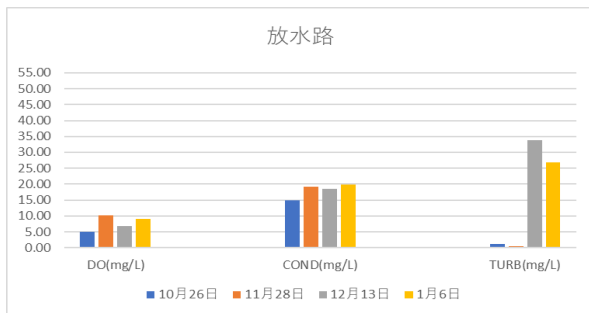


図-4.2 放水路側を平均した分析結果のグラフ

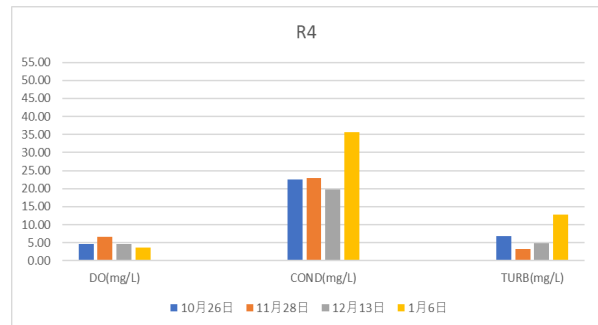


図-4.3 R4 の分析結果のグラフ

4.2 水質分析の結果

イオン分析計の分析結果を表-4.2 に示す。

12月13日と1月6日のR4が異常な数値をしている。表-3.4より完全に富栄養化していると推測される。10月26日と11月28日のR4の硝酸態窒素(NO₃-N)が検出されなかった。しかし、12月13日に1.49、1月6日に1.04検出された。そのため、12月13日と1月6日の二つのデータで評価する。

表-4.2 イオン分析計の分析結果

日付	観測場所	PO4-P	NO3-N
10月26日	R1	0.332	1.75
10月26日	R2	0.032	1.62
10月26日	R3	0.005	1.64
10月26日	R4	0.009	0.00
11月28日	R1	0.014	2.40
11月28日	R2	0.310	2.05
11月28日	R3	0.160	2.06
11月28日	R4	0.013	0.00
12月13日	R1	0.055	2.25
12月13日	R2	0.017	2.07
12月13日	R3	0.013	2.16
12月13日	R4	0.650	1.49
1月6日	R1	0.048	3.11
1月6日	R2	0.038	2.46
1月6日	R3	0.039	2.61
1月6日	R4	2.06	1.04

表-4.3 リン酸態リン (PO4-P) 指標¹⁾

0.0163mg/l以下	雨水
0.0163mg/l~0.0326mg/l	河川の上流水
0.0326mg/l~0.3260mg/l	河川の下流水
0.0652mg/l以下	きれいな水
0.0652mg/l~0.3260mg/l	汚染の可能性がある
0.3260mg/l~0.6520mg/l	少し汚染している
0.6520mg/l~1.6300mg/l	汚染している
1.6300mg/l以上	汚染がひどい

表-4.4 硝酸態窒素 (NO3-N) の指標¹⁾

0.2mg/l~0.4mg/l	雨水
0.2mg/l~1.0mg/l	河川の上流水
2.0mg/l~6.0mg/l	河川の下流水
2.0mg/l~10.0mg/l	湧水・地下水

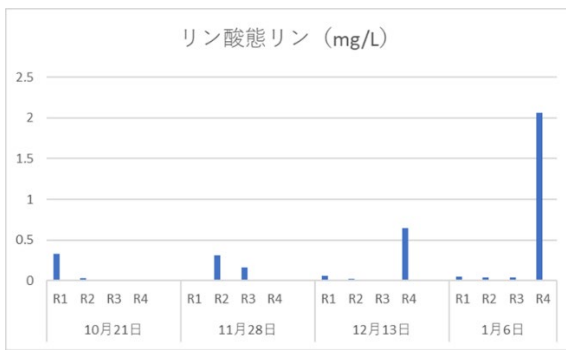


図-4.4 リン酸態リン (PO4-P) グラフ

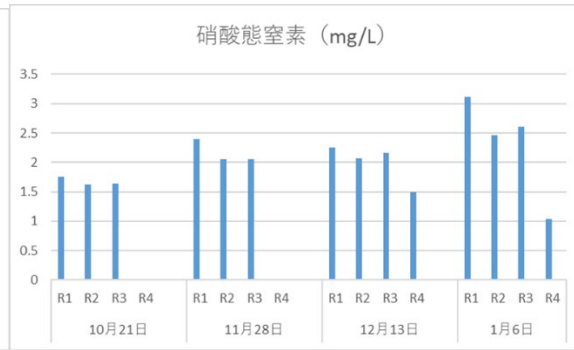


図-4.5 硝酸態窒素 (NO3-N) グラフ

4.3 庄内川本川と内津川との比較

表-4.5 は、内津川本川と庄内川の合流地点のすぐ下流にある水分橋の国土交通省の水質データである。内津川との水質の比較に用いるために、国土交通省水文水質データベースを用いて、庄内川の2021年10月から2022年1月までのpH、DO、総窒素と総リンのデータを整理した。

表-4.5 庄内川の水分橋の水質³⁾

年月日	時分	採水位置	pH	DO(mg/L)	総窒素 (mg/L)	総リン (mg/L)
2021年10月6日	8時30分	流心	7.3	8.1	1.55	0.107
2021年10月6日	15時30分	流心	7.4	9.3		
2021年11月10日	8時30分	流心	7	9.1	1.41	0.105
2021年11月10日	14時35分	流心	7.1	9.7		
2021年12月10日	8時30分	流心	7	10.3	1.53	0.1
2021年12月10日	14時30分	流心	7	10.2		
2022年1月5日	8時35分	流心	7.2	11.5	3.89	0.143
2022年1月5日	14時40分	流心	7.5	13.1		

4.4 結果のまとめ

現地調査による多項目水質計と室内水質分析の結果から内津川の本川と放水路を比較し、それらの違いを検討する。溶存酸素量 (DO) は、放水路側である R2 と R3 で十分な数値が確認された。本川側である R4 の溶存酸素量 (DO) は、雨や日単位での変化が放水路側よりも少なく酸素量も少なかった。リン酸態リン (PO₄-P) の R4 は、他の観測地よりも異常な数値になっており、通常自然河川水の数値よりも大きく高いため汚染水が混入されていることが推測される。硝酸態窒素 (NO₃-N) は、本川側である R4 よりも放水路側である R2、R3 の方が多かった。しかし、これらは通常生活排水に多く含まれている。また、地質的なこともあり水質汚染されているとは言いづらい。放水路側である R2、R3 は、下水が流れ込んでいることもあり観測されたような数値になると考えられる。一方で、庄内川本川の pH は 7 から 7.5 であり、安定していた。溶存酸素量 (DO) は、日単位で増加しており、1 月 5 日に 13.1 mg/L が最大であった。内津川放水路と同じく過飽和状態であると推察される。総窒素は、1 月 5 日に大きく増加していた。総リンは、0.1 mg/L から 0.143 mg/L で大きく変化していなかった。以上のことから、本川よりも放水路のほうが庄内川本川のデータからも分かるように、自然に近い河川環境であるといえるだろう。また、本川は、川の水や流れがほぼ無く、水たまりのようになってしまっている。放水路は、川としてしっかりと役割を果たしているといえるだろう。

5. 結論

本研究は、多自然放水路として計画・設計された内津川放水路の環境創出機能を、水質を対象として、内津川本川と比較することにより検討することを目的とした。現地河川での多項目水質計による水質調査とイオン分析計による室内水質分析によって得られた結論を以下に示す。

- 1) 本川と放水路の pH と水温は変化がなかったが、溶存酸素量 (DO)、電気伝導率 (COND)、濁度 (TURB) は、測定場所による変化が大きく見られた。
- 2) 10 月 26 日以外の R1 から R3 までは水温に対して溶存酸素量 (DO) が多く、過飽和状態である。しかし、R4 の溶存酸素量 (DO) は、雨や日単位での変化が放水路側よりも少なく酸素量も少なかった。
- 3) 1 月 6 日の R4 のリン酸態リンが異常な数値であり、通常自然河川水の数値よりも大きく高いため汚染水が混入されていることが推察される。
- 4) 硝酸態窒素 (NO₃-N) は、表-4.5 の総窒素と同等かそれ以上の数値である。総窒素は、水中の窒素の合計であるため内津川の窒素は庄内川よりも多いということが明らかになった。

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 2023-01-10)
- 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 2023-01-10)
- 3) 国土交通省. “水文水質データベース”
<http://www1.river.go.jp/>, (参照 2023-01-25)

多自然放水路の物理環境に関する研究

EC19079 山本航征

1. 目的

本研究では、内津川本線と人工河川である内津川放水路の物理的環境の違いを明らかにし、評価する。ここでの物理的環境とは、河床材料の粒径、強熱減量（土砂の中に含まれる有機物量）を指す。多自然放水路である内津川放水路は現在も多自然として扱われているのかも同時に調査を行う。

2. 現地調査

本研究の調査対象場所として、内津川本川で 2 地点と放水路で 1 地点を現地観測対象場所とする。以上の観測地点で粒度試験と強熱減量試験を行い、河床材料の粒径と土壌内の有機物を調査する。図 1 の示す場所が調査対象として、内津川本川を R1、分派後を R3、内津川放水路を R2 とする。今回の調査は、観測は 強熱減量試験は 2023 年 10 月 26 日、12 月 13 日、30 日、1 月 6 日の 4 日間と粒度試験は 10 月 26 日、12 月 30 日、1 月 6 日 3 日間で、河床材料は、表面から深さ 5cm 掘った部分を採取し研究をおこなった。

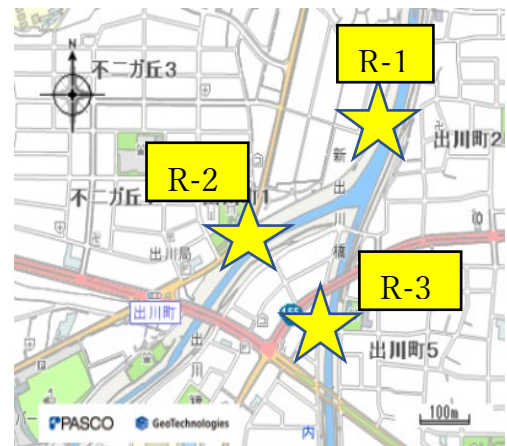


図 1 観測地点

粒度試験方法

粒度試験では、ふるい分けによって河床材料の粒径を調べる。方法としては、採取した河床材料を送風定温乾燥機（アドバンテック東洋製，DRM420DA）に入れ、約(110±5)℃で乾燥させたのち、ふるい分けを行い、粒径加積曲線を描く。

強熱減量試験方法

強熱減量試験では、送風定温乾燥機で炉乾燥させた試料を卓上型電気炉（Fine 製，F-1404T）用いて、盤工学会の基準に伴い、専用のるつぼに入れ温度を(750±50)℃に保持し、1 時間強熱する。室温まで冷ました後、質量を測り有機物を測定する。

3. 試験結果

粒度試験結果

粒径加積曲線を日別・場所別で表したものが以下の図 2 と図 3 である。図 2 からいずれも内津川放水路である R2 の粒径が最も小さいことが分かる。本川は途中で水枯れを起こしていることから、多少の降雨では水位は上がり流速が確保できないため、細かい土砂成分が大変を占めていることが分かる。次に、図 2 を分析する。まず、分派前の R1 については、50%粒径を見ると調査のたびに細粒化していることが分かる。放水路の R2 は、水位変化が見られなかったことから、粒径が変わらなかったと言える。分派後 R3 は、50%粒径を見ると細粒化していることが分かる。これは降雨による水位変化の影響もしくは工事による人為的な影響とも考えられる。

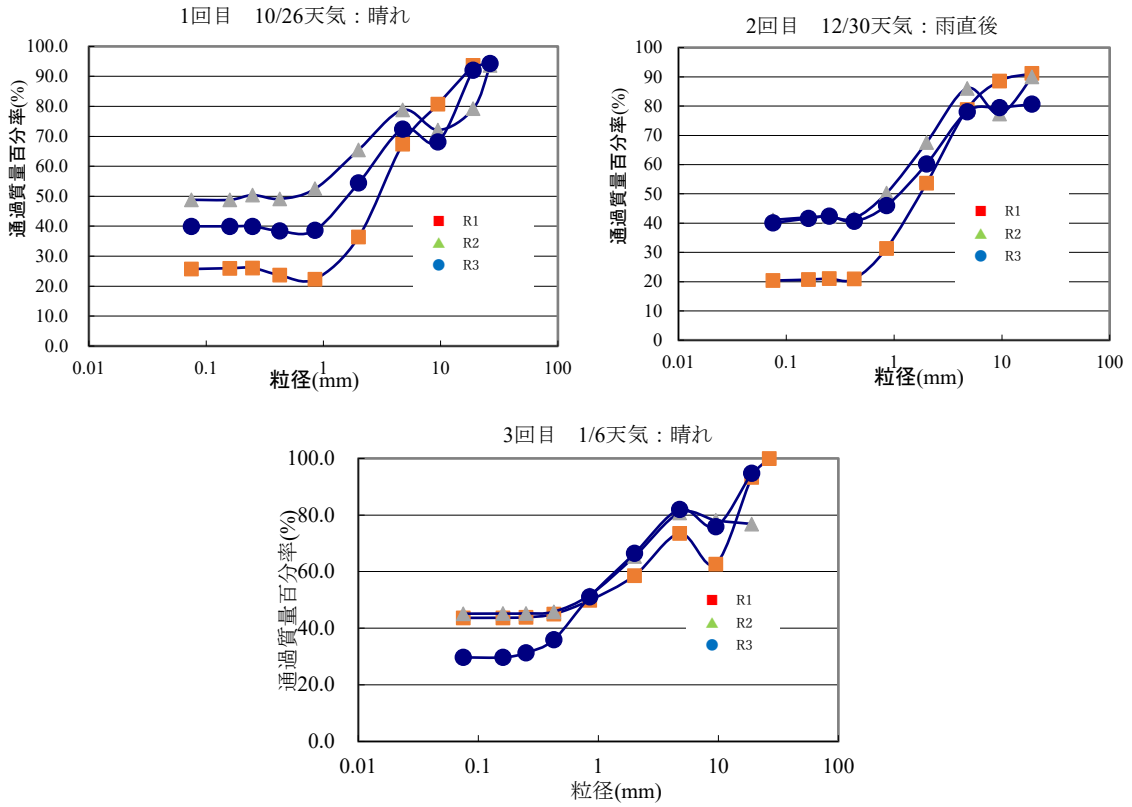


図2 日別粒径加積曲線

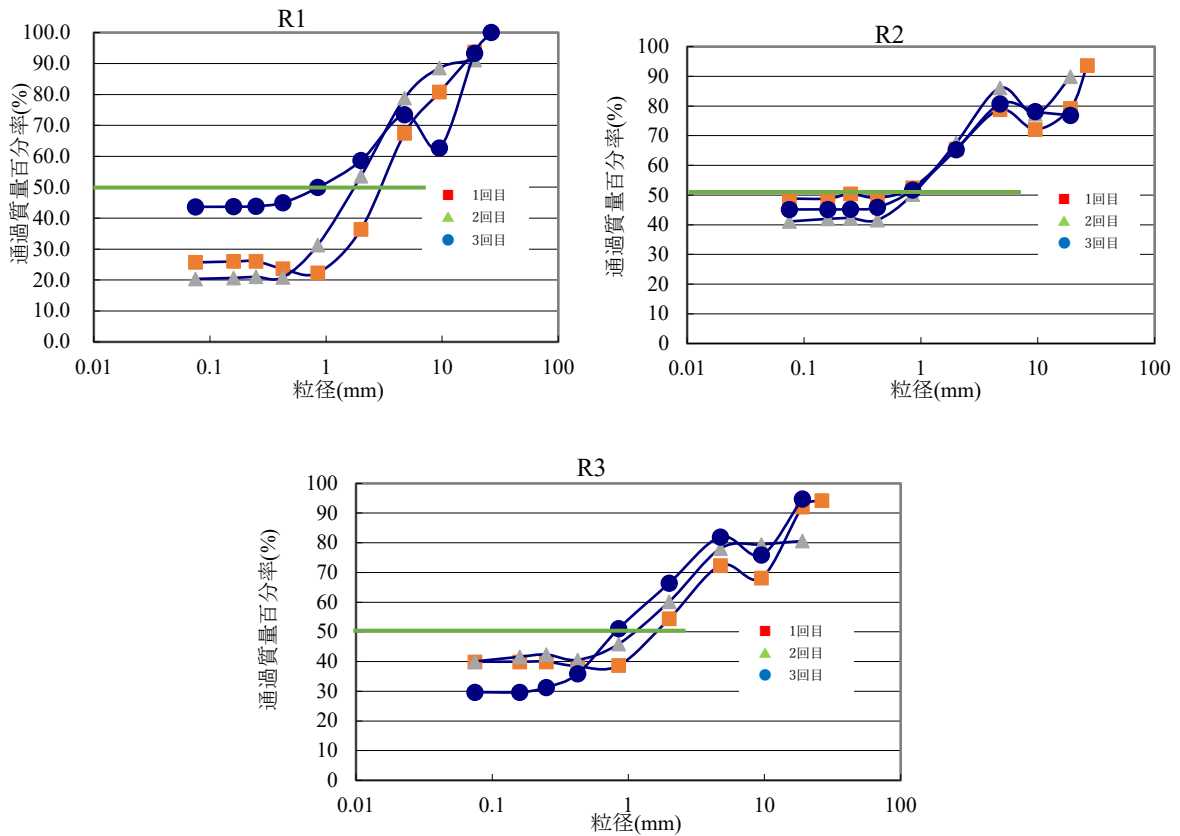


図3 場所別粒径加積曲線

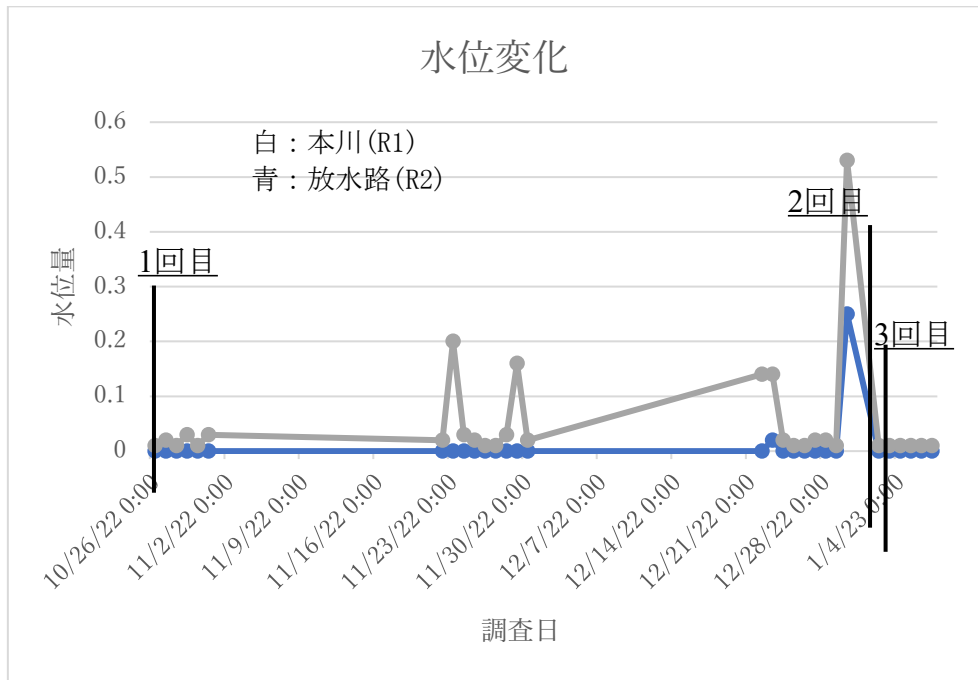


図 4 水位変化

強熱減量試験結果

本川は放水路に比べ、土壌の有機物が高いことがわかった。この結果は、放水路ができたことによって本線での川の流れがほとんどないところが要因であると考えられる。本研究の調査日である13日と30日で雨が降り、流れの変化が見えたことから、1月6日は有機物の値が低い値が出たのではないかと考えられる。また、本線は値が12%~18%であるため、内津川本線の土壌は有機土壌であると言える。

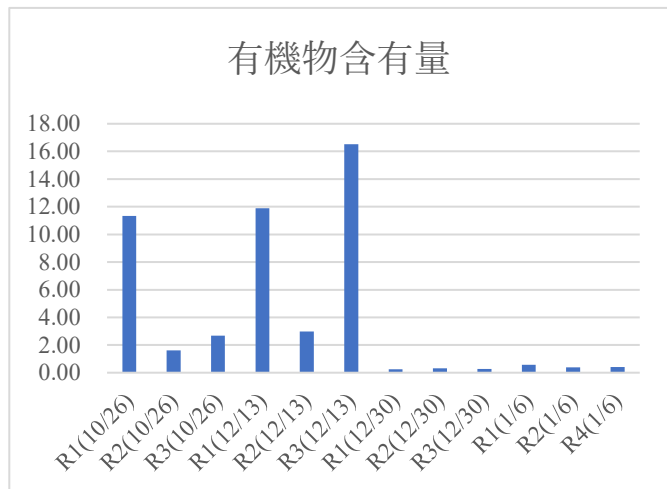


図 5 有機物含有量 グラフ

表 1 有機物量

4.考察

各地点の調査結果から、本線は日常での水の流れが少なく、常に水たまりのようになっているが、洪水時には大きく水が流れ、粒径や植生が変化しているということがわかった。本線には汚れが溜まっているが洪水後の粒径変化などあまり見られないため、放水路にはさほどの影響はないと考える。

有機物 (%)	10/26	12/13	12/30	1/6
R1	11.34	13.39	0.27	0.57
R2	1.61	2.98	0.33	0.38
R3	2.69	16.52	0.27	0.41

5. 評価

今回調査した本線は綺麗だとは言えず、生物も住みやすい場所とは言えない川だと考えられる。降雨時以外、本線に流れはあまりなく、水たまりのようになっている。放水路に関しては、水の流れは常にあり、降雨時の災害も受けにくい川になっていると言える。以上のように今回の物理的環境の調査によって放水路は多自然であると言えるが、本線の改修がない以上、綺麗な川であるとは言えないと考える。

6. 結論

今回調査した内津川・内津川放水路は調査対象砂州において、内津川本川は、水の流れがあまりなく、日常には粒径が変化していないことがわかった。ただ、洪水時には水が流れ、粒径が大きな変化を表すことがわかった。内津川放水路に関しては、日常的に水が流れているが、洪水が起きた際にも、大きな変化はなく、洪水時にも粒径変化はほとんど一定していることがわかった。

参考文献

- (1) 春日井市公式 HP 案内地図：
<https://www.city.kasugai.lg.jp/shisetsu/sonota/ie/1010690/index.html> (2022/10/15)
- (2) 環境省：<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=18234> (2022/10/20)
- (3) 春日井市公式 HP 春日井市河川水位観測システム：<https://kasugai.keikai.jp/top> (2022/10/26)
- (4) 愛知県公式 HP: 愛知県 川の防災情報 <https://www.kasen-aichi.jp> (2022/10/26)
- (5) 多自然川づくり参考事例集：http://www.rfc.or.jp/sozai/theme/4/tasizen/tasizen_h21.pdf
(2022/12/3)

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

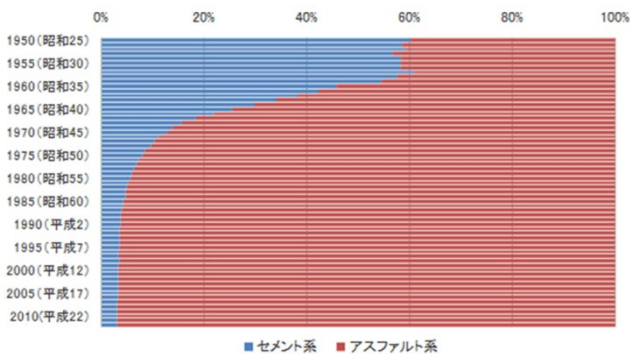
EC19013 江上健太

1. はじめに

コンクリート舗装は、昭和30年前半まで道路舗装の半数を占めていた。しかし、交通量の増加と車両の大型化等に伴い、戦後復興期に施工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たことから、現在では、初期コストが低く、早急な道路整備が可能なアスファルト舗装の施工がほとんどを占めている（図1）。

ところが近年、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、初期コストが割高だったコンクリート舗装との価格差が縮小してきていることから、ライフサイクルコストで考えた場合、コンクリート舗装の方が優位となる可能性がある。

そこで本研究では、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することを目的とする。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つの舗装を対象に、工事費用および50年間の修繕工事を踏まえた費用を比較する。アスファルト舗装とコンクリート舗装のメリット・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面を明らかにする。



注 都道府県道以上の道路（簡易舗装、未舗装は含まない）出典は道路統計年報2012

図1 道路舗装の普及率

2. 研究方法

2.1 対象道路

対象道路は、愛知県あま市七宝町沖之島（県道79号）の交差点とする（図2）。この交差点において各舗装を行う場合のライフサイクルコストを比較する。

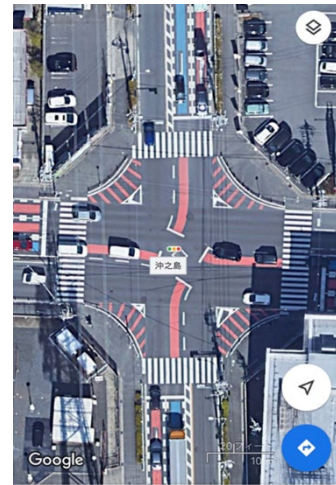


図2 対象道路（愛知県あま市七宝町沖之島交差点）

2.2 ライフサイクルコストの算定手順

以下の5段階でライフサイクルコストを算定する。

- 1) Google マップの航空写真をもとに、舗装する交差点の面積を計算する。
- 2) 各舗装の厚さを設定し、体積を計算する。それに以下の各材料の単価を乗じる。
 - ・ 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 で規定されている曲げ強度 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) 各舗装工事の人数を仮定し、公共工事設計労務単価（令和4年3月から適用）の愛知県における単価を用いて人件費の計算を行う。
- 4) 各舗装工事に必要な機材の単価を調査する。

- 5) 2)~4)を合算し、各舗装のコストを比較する。
この時、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。

3. 調査データ

3.1 舗装面積と厚さ

舗装面積は、 $30\text{m} \times 30\text{m} = 900\text{m}^2$ とする。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

アスファルト舗装の再生アスファルト混合物は、密粒度アスコン（13）を使用する。令和2年の土木工事設計材料単価表によると、単価は1t当たり10,900円であった。

普通コンクリート舗装は、JIS A 5308 に規定されている曲げ強度 $4.5\text{N}/\text{mm}^2$ 、スランプ 6.5 cmの舗装コンクリートを使用する。名古屋生コンクリート協同組合の価格を調査したところ、単価は 1m^3 当たり17,800円であった。

早期交通開放型コンクリート舗装は、呼び強度 45、スランプ 8~21 cmの早強セメントを使用する。名古屋生コンクリート協同組合の価格を調査したところ、単価は23,050円であった。

3.3 作業員単価

アスファルト舗装では、土木一般世話役、特殊作業員、普通作業員の人件費が必要となる。コンクリート舗装では、土木一般世話役、特殊作業員、普通作業員、機械工、鉄筋工が必要である。また、アスファルト舗装の修繕工事のみ、運転手（特殊）、運転手（一般）が必要となる。

労務単価は、国土交通省の不動産・建設経済局、建設市場整備課が発行している「令和4年3月から適用される公共工事設計労務単価」に基づき、各工事で必要とされる作業員の人数を乗じて人件費を計算する（図3）。

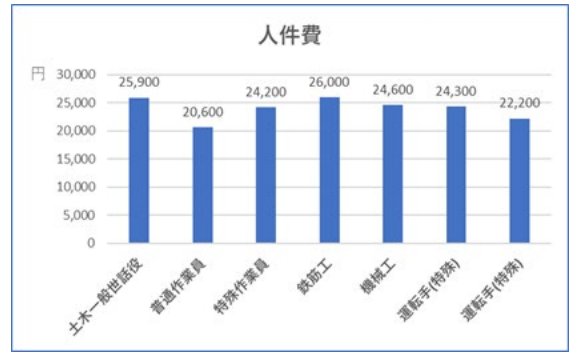


図3 時間当たりの公共工事設計労務単価（愛知県）

表1 アスファルト舗装の機材費

機材	金額
アスファルトフィニッシャー	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

機材	金額
コンクリートフィニッシャー	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

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	25,900	25,900円
特殊作業員	3	24,200	72,600円
普通作業員	5	20,600	103,000円
運転手(特殊)	4	24,300	97,200円
運転手(普通)	2	22,200	44,400円
合計			343,100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ー	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

3.4 機材単価

発注機関の専門家により構成された「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、表2に示す。

3.5 修繕工事(アスファルト舗装)

アスファルト舗装のみ、中央の面積 $600\text{m}^2 \times$ 厚さ $0.05\text{m} = 30\text{m}^3$ 部分について、切削オーバーレイ工法を用いて修繕工事を行う。アスファルト合材は $2.5\text{t}/\text{m}^3$ より、今回の修繕工事では 75t のアスファルト合材を使用し、材料費は $817,500$ 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)」に基づき、作業員は15人必要とする。

材料金額と人件費と機材費を合算すると、 $817,500$ 円 $+ 343,100$ 円 $+ 276,070$ 円 $= 1,436,670$ 円と計算される。10年に1度修繕工事を行うため、この修繕金額を10年ごとに加算する。

4. ライフサイクルコスト算定結果

4.1 舗装面積と体積

対象道路は、縦・横ともに 30m の交差点であるため、面積は $30\text{m} \times 30\text{m} = 900\text{m}^2$ 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 90m^3 となる。

コンクリート舗装は、いずれも厚さ 30cm のセメントコンクリート版を舗装するため、体積は 270m^3 となる。また、アスファルト中間層を 5cm 設けるため、その体積は 45m^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 であるから、 $2.5\text{t} \times 90\text{m}^3 = 225\text{t}$ である。1t 当たり $10,900$ 円より、 $225\text{t} \times 10,900$ 円 $= 2,452,500$ 円である。

(2) アスファルト中間層

同様に、 $2.5\text{t} \times 45\text{m}^3 = 112.5\text{t}$ 、1t 当たり $10,900$ 円より、 $112.5\text{t} \times 10,900$ 円 $= 1,226,250$ 円である。

(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 $17,800$ 円より、 $270\text{m}^3 \times 17,800$ 円 $= 4,806,000$ 円である。アスファルト中間層と合算すると $6,032,250$ 円となる。

(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 $23,050$ 円より、 $270\text{m}^3 \times 23,050$ 円 $= 6,223,500$ 円である。アスファルト中間層と合算すると $7,449,750$ 円となる。

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 2500m^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	0.72	25,900	18,648円
特殊作業員	2.16	24,200	52,272円
普通作業員	4.32	20,600	88,992円
合計			159,912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	1.125	25,900	29,138円
機械工	2.25	24,600	55,350円
特殊作業員	3.375	24,200	81,675円
普通作業員	6.75	20,600	139,050円
普通作業員(誘導員)	1.125	20,600	23,175円
土木一般世話役(養生工)	1.125	25,900	29,138円
普通作業員(養生工)	3.375	20,600	69,525円
土木一般世話役(目地)	1.2	25,900	31,080円
鉄筋工(目地)	2.4	26,000	62,400円
合計			520,531円

4.4 各舗装の積算結果

アスファルト舗装では、1日1層行う機材費に基づいた計算を2倍する。コンクリート舗装では、いずれもアスファルト中間層を設けるが、中間層は1層であるため、アスファルト中間層に関する人件費は、2分の1した $79,956$ 円となる。

(1) アスファルト舗装

アスファルト混合物+人件費+機材費×2 より、アスファルト舗装の初期費用を積算すると、3,004,192 円となる。

(2) 普通コンクリート舗装

セメントコンクリート金額+コンクリート舗装の人件費+コンクリート舗装の機材費用+アスファルト中間層の材料費+アスファルト中間層の人件費+アスファルト舗装の機材費用より、積算結果は 7,270,941 円となる。

(3) 早期交通開放型コンクリート舗装

早強セメント金額+コンクリート舗装の人件費+コンクリート舗装の機材費用+アスファルト中間層の材料費+アスファルト中間層の人件費+アスファルト舗装の機材費用より、積算結果は 8,688,441 円となる。

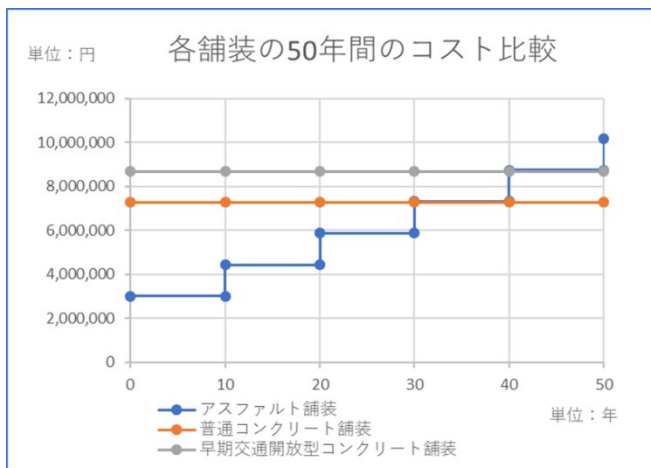


図4 各舗装の50年間のコスト比較

5. 考察

初期費用が最も安価であるのはアスファルト舗装であるが、50年間で考えると、最もライフサイクルコストが高いことが明らかになった。本研究では、工事面積としては小施工に部類される 900m³ の舗装を想定した。1日の施工可能量は、コンクリート舗装の方がアスファルト舗装より少ないことから、人件費は、コンクリート舗装がアスファルト舗装の約3倍という結果になり、初期費用の差が大きかった。早期交通開放型コンクリート舗装は、材料金額が高価であり、初期費用が最も高かった。しかし、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ことから、工期日数を長く確保

できない修繕工事が困難なトンネルや空港のエプロンなどでの活躍が期待される。

6. まとめ

コンクリート舗装の採用が適している箇所は大きく分けて以下の4つが存在する。

- ・ 周囲への騒音の影響が少ない沿道が山林・商業施設となっている箇所
- ・ 大型車の混入率が高い箇所や交差点部（わだち掘れ・骨材飛散が生じにくいコンクリート舗装の強みを活かせる。）
- ・ 地下埋設物の工事が想定されない箇所（自動車専用道路など沿道に家屋がない箇所や共同溝整備済みの箇所であれば、地下埋設物による掘り返しが無いため。）
- ・ 長時間の規制や迂回路の確保が可能な箇所（4車線以上の道路やバイパスなど並行する迂回路がある箇所であれば、長期の1車線規制が比較的容易である。）

現在、コンクリート舗装を施工する熟練の技術者の不足もあり、コンクリート舗装が減り続けている。しかし、近年では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も、コンクリート舗装は採用を検討するに値する舗装方法であることが分かった。

謝辞

本論文を作成するにあたり、工事現場の引率や参考文献の提供を快く引き受けてくださった、大林道路株式会社 中部支店 技術部の石黒様、工事部の米山様、本店 人事部の上辻様に心より感謝致します。

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4年3月から適用する公共工事設計労務単価，2022

岐阜県関市における減災方法の検討

EC19020 小澤健都

1. はじめに

岐阜県南海トラフの巨大地震等被害想定調査資料¹⁾によると、養老—桑名—四日市断層帯地震の発生により建物倒壊（揺れ）や火災による人的被害によって、最大 26 人の死者・負傷者（重傷者・軽傷者）が出ると言われている。このような被害を防ぐためには、建物の耐震性を向上させる必要があるが、コストの観点からすぐに対応することは難しいと考えられる。そこで本研究では、建物の耐震性向上以外の方法として、建物から逃げるべきか逃げないかの判断、各建物内での対策、避難時の市民同士の助け合いによる減災方法を検討する。

2. 対象地震の概要

本研究では、養老—桑名—四日市断層帯地震を対象に、減災方法を検討する。養老—桑名—四日市断層帯は、岐阜県垂井町から三重県桑名市を経て四日市市まで、ほぼ養老山地と濃尾平野の境界および養老山地の南に続く丘陵地の東縁に沿って延びる、全長約 60km の断層帯である。断層帯全体が一つの区間として活動し、マグニチュード 8 程度の地震が発生すると推定され、岐阜県および三重県で最大震度 7 程度の揺れが発生する可能性がある。

2.1 揺れ・液状化による建物への影響

まず、揺れ・液状化による木造建物、非木造建物（旧築年、中築年、新築年）への影響を調査する。揺れに関する影響は、岐阜市の災害被害想定調査資料¹⁾で確認する。また、液状化による木造・非木造建物の全壊・全半壊率は、東南海・南海地震に係わる被害想定手法資料²⁾で確認する。

表 1 に、養老—桑名—四日市断層帯地震発生時の関市における全壊・半壊棟数を整理する。震度 6 強の地震により、941 棟が全壊、3613 棟が半壊すると予測されている。

表 1 養老—桑名—四日市断層帯地震発生時の全壊・半壊棟数

予測震度	建物被害		
		全壊	半壊
6強 (6.03)	揺れ	427棟	2832棟
	液状化	515棟	781棟

表 2、表 3 に、揺れによる建物への影響を整理する。木造、非木造建物とも建築年代が新しいほど被害率が小さいことが分かる。1962 年以前に建築された木造建物の全半壊率が 64.2%なのに対し、1981 年以降に建築された非木造建物の全壊率は 0%と想定されている。

表 4、表 5 に、液状化による建物への影響を整理する。1961 年以降に建築された木造建物の場合、全壊率は約 1 割、全半壊率は約 4 分の 1 と想定されている。非木造建物の場合、杭ありの被害率は 0%であるが、杭なしの場合は約 3 割が全半壊すると想定されている。

表 2 揺れによる木造建物の影響

建物構造別建築年代別	全壊の被害率	全半壊の被害率
新築年1981年～	約1.8%	約11%
中築年1963年～1980年	約12.4%	約52.4%
旧築年1962年～	約20.8%	約64.2%

表 3 揺れによる非木造建物の影響

建物構造別建築年代別	全壊の被害率	全半壊の被害率
新築年1981年～	0%	約3.3%
中築年1963年～1980年	約2.9%	約11.8%
旧築年1962年～	約3.6%	約15%

表 4 液状化による木造建物の影響

建物構造別建築年代別	全壊の被害率	全半壊の被害率
1960年以前	約13.3%	約30%
1961年以降	約9.6%	約25%

表 5 液状化による非木造建物の影響

杭	全壊の被害率	全半壊の被害率
杭あり	0%	0%
杭なし	約 23.2%	約 30%

2.2 岐阜県関市の液状化ハザードマップ

図 1 に、岐阜県関市の液状化ハザードマップ³⁾を示す。関市の液状化ハザードマップでは、揖斐川-武儀川断層帯、長良川上流断層帯（北→南破壊）を震源とする地震の揺れによる液状化発生の可能性について、1 辺約 250m のメッシュごとに液状化の可能性を比較し、可能性が高いものが表示されている。このマップにおける液状化発生の可能性は、地震の規模や震源からの距離から予想される平均的な揺れの強さに基づいて予測されたものであり、地震の発生の仕方によっては液状化発生箇所が異なることがあるものの、減災方法の検討に参考になると考えられる。



図 1 岐阜県関市の液状化ハザードマップ

3. 減災方法の検討

3.1 建物内から早急に逃げるべきか否かの検討

(1) 検討方法

揺れや液状化による被害から回避するため、建物構造別建築年代別による全壊・全半壊被害率を参考に、関市を周り、周囲の環境を観察ながら、早急に逃げるべきか否かを検討する。

(2) 検討結果

<山林の建物>

➤ 旧築年・中築年の建物

地震による揺れや液状化によって倒木・土砂崩れが起き、建物が巻き込まれる可能性が高いため、早急に逃げる方が良いと考えられる。

➤ 新築年の建物

耐震性が高いため、揺れや液状化によって倒木・土砂崩れが起きることを考慮し、早急に逃げない方が良く考えられる。

<市街地・住宅地の建物>

➤ 旧築年・中築年の建物

地震による揺れや液状化によって倒木・土砂崩れが起き、建物が巻き込まれる可能性が高いため、早急に逃げる方が良く考えられる。

➤ 新築年の建物

耐震性が高いため、地震による揺れや液状化によって電柱や建物等が倒壊する可能性を考慮し、早急に逃げない方が良く考えられる。

3.2 時間帯別に想定される被害への対策

表6に、想定される被害の特徴を時間帯別に整理する。被災場所や火気使用の有無が異なるため、考えられる対策を時間帯別に提案する。

表6 時間帯別に想定される被害とその対策

時間帯	想定被害の特徴	考えられる対策
5時	多くの人々が自宅で就寝中に被災するため、家屋倒壊による圧死者が発生する危険性が高い。	<ul style="list-style-type: none"> ・速やかにベッドの下や机の下に隠れる。 ・又は枕や布団を頭からかぶる。 ・L字金具を取り付ける。 ・ベッド付近に落ちそうな物は置かない。 ・部屋のドアを開けておく。 ・停電に備えてラジオ、懐中電灯を用意しておく。
12時	公共施設に多数の滞留者があり、自宅以外で被災するケースが多い。	<ul style="list-style-type: none"> ・各店の事業者がお客様に避難指示を出す。 ・避難経路を確認しておく。 ・身を守れそうな場所をあらかじめ把握しておく。
18時	住宅などで火気使用が最も多い時間帯で、出火件数が最も多くなる。公共施設に多数の滞留者が多数存在する。	<ul style="list-style-type: none"> ・即ブレーカーを落とす。 ・毎回コンセントを抜く。 ・即火を止める。 ・停電に備えてラジオ、懐中電灯を用意しておく。

3.3 避難訓練

地震発生時にスムーズに避難するためには、日頃の訓練が欠かせないと考えられる。実際に行われた避難訓練に参加し、どのように助け合えば市民の安心・安全をお互いに守れるか考察する。

(1) 避難訓練の概要

実施日時：10月30日（関市家族防災会議の日）

参加者：5人

区間：自宅～円保公園（一時避難場所）（図1）



図1 円保公園（一時避難場所）の様子

(2) 避難訓練参加から得られた知見

避難訓練に参加したことで、以下が大事であることが分かった。

- ・ まずは自分たちが安全に避難できることを考え、周りの状況を確認しつつ他の住民の方を誘導する。
- ・ パニックになってしまう事で冷静に周りの状況を確認できないため、落ち着くよう周囲に呼びかける。
- ・ 実際に地震が起きた場合、事前に安全ルートを把握していなければ倒木や土砂崩れに巻き込まれてしまうため、日頃から安全なルートを確認し合う。
- ・ 各住民の家付近に安全に避難できる場所をあらかじめ確認し合うことで、避難時のリスクを低減させる。

4. 考察

建物被害率の調査結果から、旧築年と中築年の建物は全壊率・全半壊率が高く、揺れや液状化によって被害に巻き込まれてしまう可能性が高いため、必ず建物内から出なければならないことが、現地の確認も合わせて明らかになった。一方、新築年の建物は、全壊率・全半壊率が低く、地震による揺れによって避難時に巻き込まれてしまう可能性の方が高いため、建物内で避難した方が良いと言える。ただし、どの建物においても、家具が倒れ、出火することで死者が出てしまうため、平常時に転倒対策を実施しておく必要がある。

次に、地震発生時に安全に避難するため、日頃の生活から安全な場所やルートを話し合っておくことが重要である。避難訓練を実施しておくことで、周囲の状況がよく見え、パニックにならずに一人ひとりが冷静に判断できるようになると考えられる。

以上より、地震発生時に死者や重傷者・負傷者を最小限に抑えるためには、日頃から市民一人ひとりが地震に対する緊張感をしっかり持ち、普段の生活からできる対策を講じておくことが需要であると言える。

参考文献

- 1) 岐阜県：平成23～24年度 南海トラフの巨大地震等被害想定調査 概要版（参照 2022-9-8）
<https://www.pref.gifu.lg.jp/uploaded/attachment/47393.pdf>
- 2) 岐阜市：災害被害想定調査（参照 2022-9-15）
https://www.city.gifu.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/001/415/r2higaisoutei.pdf
- 3) 関市：ハザードマップ（参照 2022-10-12）
<https://www.city.seki.lg.jp/category/4-1-6-3-0.html>
- 4) 内閣府：東南海・南海地震に係わる被害想定手法について（参照 2022-1-4）
https://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/tounankai_nankaijishin/10/pdf/sankou_siryou.pdf

自転車の利用が環境と健康に及ぼす影響の分析

EC19026 河邊 康平

1. はじめに

現在日本では、CO₂ 排出削減および国民の健康増進を図るため、自転車の活用を促進させている。また、2020 年度の自家用乗用車による CO₂ 排出量¹⁾は日本全体の 8.1%を占める 8440 万トンであり、運輸部門における影響が大きい。

本研究では、近場の買い物(0~1.5km)に行く人が自家用乗用車から自転車に乗り換えた場合の CO₂ 削減量を算出し数値化する。さらに、自転車を利用することで得られる健康面への影響について分析することを目的とする。

2. 研究方法

現在の乗用車と自転車の CO₂ 排出量を比較するため、LCA に関する論文や国土交通省のデータを参照する。さらに、国土交通省などの資料を参考に、近場の買い物に自動車で行く人が自転車に乗り換えた場合の CO₂削減量を算定する。

また、自転車で週 40km 走った場合に起こる体への影響について、体組成計を使い調査する。

3. 環境への影響の分析

3.1 ライフサイクルアセスメント

ライフサイクルアセスメント(LCA)とは、製品・サービスの原料調達、原料生産、製品生産、流通、消費、廃棄、リサイクルまでの、ライフサイクル全体にわたる環境負荷を定量的に求める手法である(図 1)。

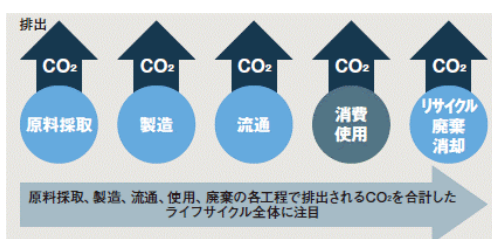


図 1 LCA の方法論

3.2 CO₂ 排出量の算定条件

(1) 自転車

文献²⁾を参考に、主に製造時、使用時(人)、輸送時を対象に CO₂ 排出量を算出する。また、一日の平均走行距離は国土交通省が調査した資料³⁾を参考に 2.93km/日と仮定する。

(2) 電動アシスト自転車

文献²⁾を参考に、主に製造時、使用時、電力消費量、輸送時を対象に CO₂ 排出量を算出する。その際、今回対象とする電動アシスト自転車の性能である自転車の航続可能距離(20km)と充電許容量から 1km あたりの電力消費量を求め、CO₂排出量を算出する。

(3) 自動車

文献⁴⁾を参考に、主に製造時、使用時(人)、使用時(車)、燃料製造時、輸送時を対象に CO₂ 排出量を算出する。また、今回は自家用車の使用を対象とし、燃費を 0.08L/km と仮定する⁵⁾。

(4) 使用時

自転車の使用時には、化石燃料を消費しない代わりに、自転車をこぐ人間がカロリーを消費する。使用時(人)の CO₂ 排出量については、METS 法改訂版「身体活動のメッツ(METs)表」⁶⁾に掲載されているメッツ値を用いることでカロリーを算出する。

また、1 キロカロリーあたりの CO₂ 排出量は、カーボンフットプリント認定製品⁷⁾の CO₂ 排出量を、その製品のカロリーで除した値の平均値とする。

(5) その他

各車両の走行速度、耐久年数・距離等、基本的な算定条件を表 1 にまとめる。

表 1 各車両の CO₂ 排出量の算定条件

	自転車	電動アシスト自転車	自動車	単位
走行速度	15	15	30	km/h
車両耐久距離	9000	9000	100000	km
一日平均走行距離 ³⁾⁵⁾	2.93	2.93	16.65	km/日
車両耐久年数	8.4	8.4	16.5	年
製造時CO ₂ 排出量 ²⁾⁴⁾	0.0465	0.0747	4.2	t-CO ₂ /台
消費カロリー ⁶⁾	53.29	39.97	94.70	kcal/日
1キロカロリーあたりのCO ₂ 排出量 ⁷⁾	0.81	0.81	0.81	g-CO ₂ /kcal
バッテリー充電時のCO ₂ 排出量 ²⁾		0.054		kg-CO ₂ /年
燃料製造時のCO ₂ 排出量 ⁸⁾			2.322	kg-CO ₂ /L
走行時のCO ₂ 排出量 ⁹⁾			145.3	g-CO ₂ /km
輸送時のCO ₂ 排出量	1546.6	1546.6	46337.8	g-CO ₂ /台

(6) CO₂ 排出量の算定結果

各車両の走行 1km あたりの CO₂ 排出量算定結果を図 2 に示す。

自転車の CO₂ 排出量は 20.1 g-CO₂/km、電動アシスト自転車は 19.6 g-CO₂/km と算定され、ほとんど差がなかった。一方、自動車（自家用乗用車）の CO₂ 排出量は 378.1g-CO₂/km と算定され、自転車と比べ約 19 倍であることが分かった。

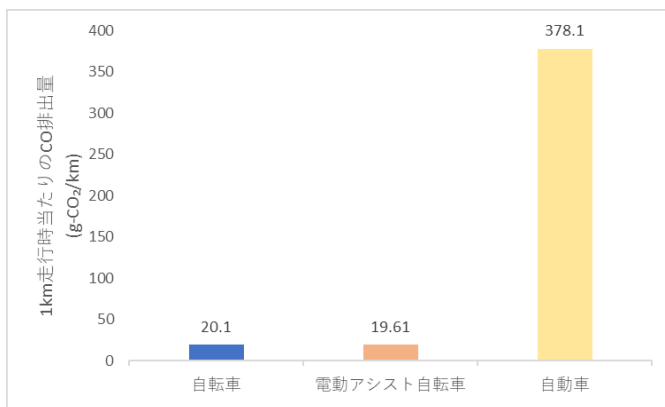


図 2 1km あたりの CO₂ 排出量

3.3 自動車から自転車に乗り換えた場合の CO₂ 排出削減量

0~1.5km 以内の距離にあるコンビニエンスストアやデパートなどに自動車で購入に行く人が、自転車に乗り換えた場合の CO₂ 排出削減量を算出する。

(1) 近場での買い物に自動車を用いる人の割合

愛知県の調査¹⁰⁾によると、利用店までの移動手段のうち、自動車(自ら運転)を利用する割合は全体の 35.9%を占め、自動車への依存度は高い。このうち、0~1.5km 以内の距離の移動が約 4 分の 3 を占める。このことから、近くの距離でも多くの人々が自動車を利用していることが分かる。

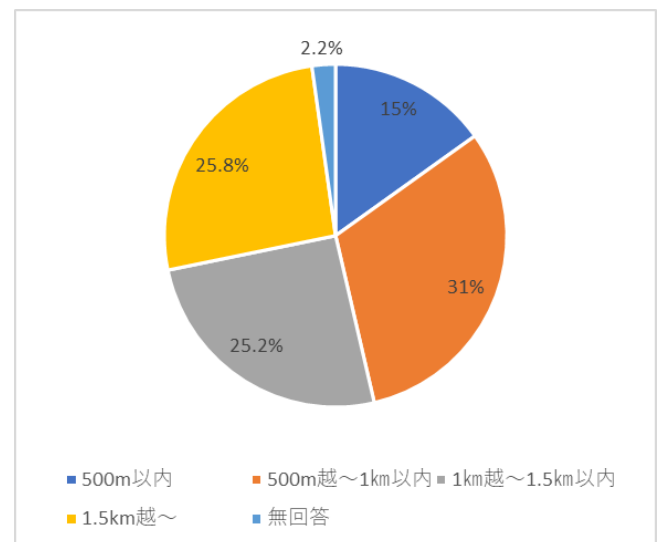


図 3 距離別の自動車使用割合

(2) 近場での買い物に行く頻度

買い物に行く頻度に関しても愛知県の調査資料¹⁰⁾に掲載されている(図 4)。本研究では、平均値に近い週 3 回買い物に行くことと仮定する。

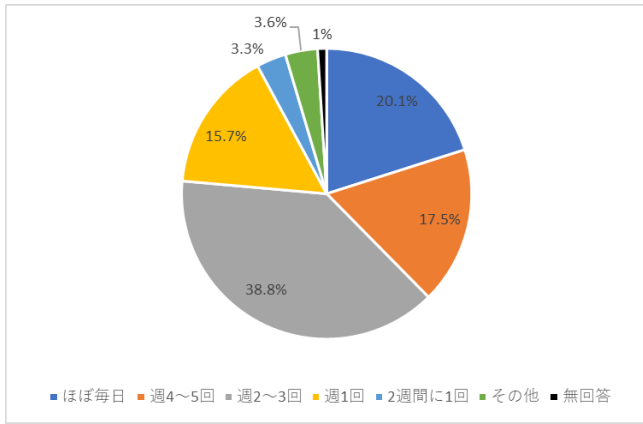


図4 近場の買い物に行く頻度

(3) CO₂ 排出削減量の算定結果

近場での買い物に自動車を用いている人が自転車に乗り換えた場合のCO₂排出削減量を図5に示す。

現在の日本における登録自動車数は約7861万台であるため、0~1.5km以内の距離の買い物について、すべての人が自動車から自転車に乗り換えた場合、日本の自家用乗用車から排出されるCO₂を6.1%削減させることができるという結果になった。

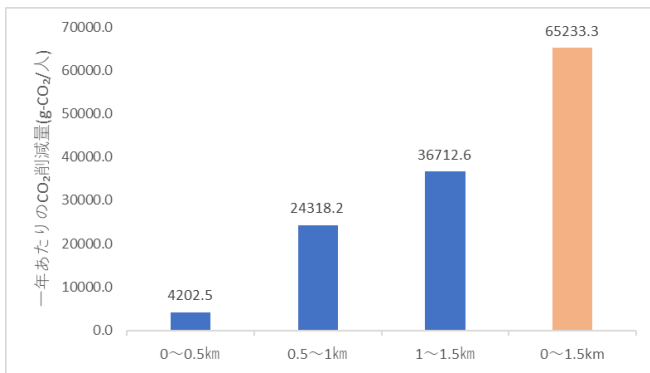


図5 自動車から自転車に乗り換えた場合のCO₂ 排出削減量

3.4 CO₂ 排出量に関する考察

CO₂ 排出削減量の算定結果から、近場の買い物に自転車の利用を推奨することで地球温暖化対策につながると考えられる。ただし、今回算出した削減量は、全員が自動車から自転車に乗り換えた場合の数値であり、現実的には今回の数値の半分以下だと考えられる。また、日本全域で自転車の利用を促進させる必要があり、道路整備や健康面のメリットなど、自転車に乗り換わってもらえるための政策を増やしていくことが必要不可欠である。

4. 健康への影響の分析

本研究のもう一つの目的である健康に対する影響の分析をするため、毎週計40kmの距離を自転車で走り、走っていない人とどのような違いが出るのかを体組成計を使い分析した。

4.1 体重の推移の分析

図6に自転車で走った人、図7に走っていない人の体重の推移を示す。いずれの体重も減っていることが分かる。初期値(2022年8月)と最終値(2022年11月)の差を見ると、走った人の方が走っていない人よりも1.2kg多く痩せたことが分かる。

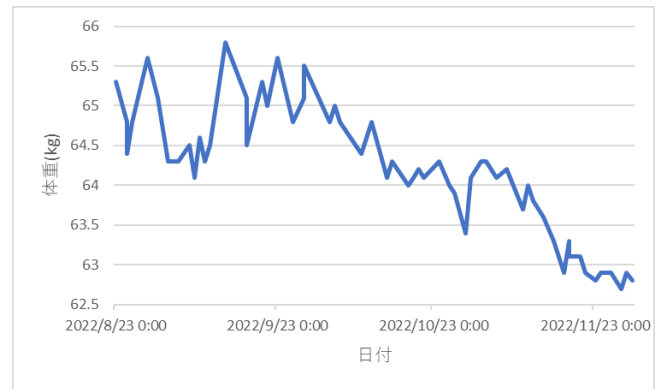


図6 自転車で走った人の体重の推移

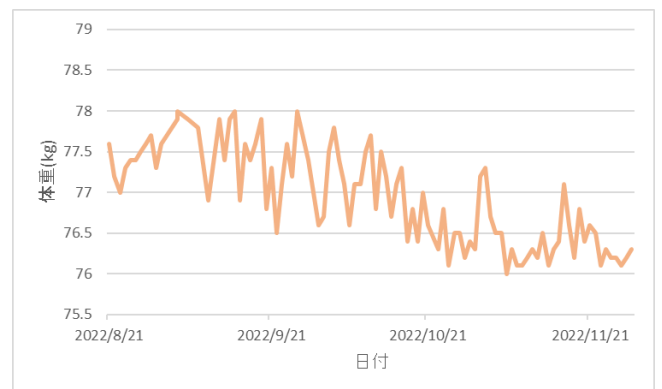


図7 自転車で走っていない人の体重の推移

4.2 体脂肪率の推移の分析

図8に自転車で走った人、図9に走っていない人の体脂肪率の推移を示す。走っていない人の体脂肪率はほとんど変化がなかったが、走った人の体脂肪率は1.8%減少するという結果になった。

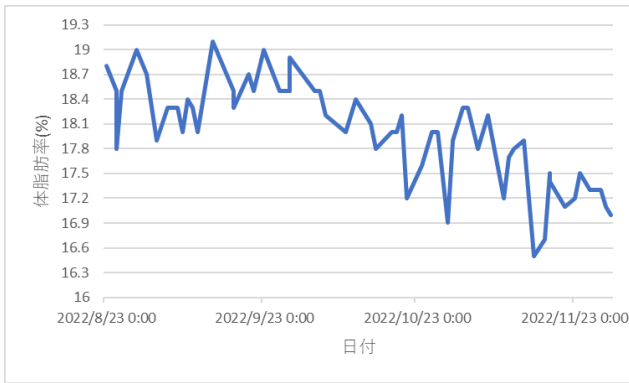


図 8 走った人の体脂肪率の推移

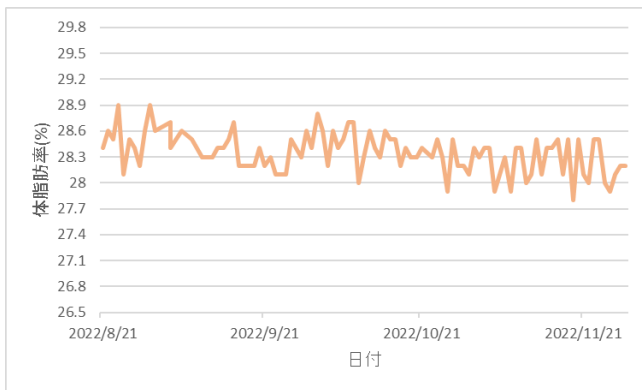


図 9 走っていない人の体脂肪率の推移

4.3 健康への影響に関する考察

体重・体脂肪率の推移の結果から、自転車の利用にはダイエット効果があると言える。なお、自転車で週 40km 走ることは、生活習慣病および生活機能低下のリスクを回避するために必要とされている運動量¹¹⁾の半分を補うことができる。

ただし、本研究では 2 人分のデータしか取得できていないため、サンプル数が増えた場合に同様の結果になるとは限らない点に注意が必要である。

5. まとめ

本研究では、自動車から自転車に乗り換えることで削減される CO₂ 排出量の算出と、自転車を利用することによる健康面への影響の分析を行い、2 つの観点から自転車利用の効果を分析することができた。

自転車利用の促進を進めていくためには、道路整備などの政策や利用することのメリットを発信していくことで、自転車を使いやすい環境を整えることが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省：運搬部門における二酸化炭素排出量, https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html (参照 2022-12-14)
- 2) 田中潤, 伊坪徳宏：電動アシスト自転車の環境影響評価とその導入に伴う環境影響削減効果, 第 6 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, pp.174-175, 2011
- 3) 内閣府：平成 22 年度自転車交通の総合的な安全性向上に関する調査報告書, <https://www8.cao.go.jp/koutu/chou-ken/h22/pdf/houkoku/5-1.pdf> (参照 2022-12-10)
- 4) 山本充洋, 加藤博和, 伊藤圭：将来の車両・エネルギー技術進歩が運搬部門 CO₂排出量に与える影響の評価, 第 18 回地球環境シンポジウム講演集, pp.77-80, 2010
- 5) 国土交通省：自動車燃料消費量統計 (令和 2 年度分), 2021
- 6) 国立健康・栄養研究所：改訂版「身体活動のメッツ(METs)表」, 2012
- 7) CFP プログラム：CFP 宣言認定製品一覧, <https://www.cfp-japan.jp/calculate/verify/permission.html> (参照 2022-12-22)
- 8) 環境省：燃料別の二酸化炭素排出量の例, <https://www.env.go.jp/council/16pol-ear/y164-04/mat04.pdf> (参照 2022-12-10)
- 9) 大城温, 松下雅行, 並河良治, 大西博文：自動車走行時の燃料消費率と二酸化炭素排出係数, 土木技術資料 43-11, pp.50-55, 2001
- 10) 愛知県：「消費買い物環境調査事業」一買い物環境及び行動に関するアンケート調査結果報告書一, 2013
- 11) 厚生労働省：運動基準・運動方針の改定に関する検討会報告書, <https://www.mhlw.go.jp/content/000306883.pdf> (参照 2023-01-04)

無人駅のユニバーサルデザインに関する研究

EC19044 砂川太希

1. はじめに

駅員が終日配置されていない駅を無人駅と呼ぶ。無人駅は年々増加傾向にあり、2020 年には全国の駅の半数に迫っている。首都圏でも時間帯によって無人化する駅が増えている。背景にあるのは、人口減少によって将来的に鉄道の利用者が減ると見込まれていること、少子高齢化により利用者だけでなく駅員の不足も見込まれていること、人件費などのコスト削減による効率化を図ること、などである。

一方、JR 九州の駅無人化により、移動の自由が侵害されたとして車椅子の女性が裁判を起こしたという事例がある。駅の無人化が進むことで、障害者や高齢者など、鉄道を移動手段とすることが困難になる人や安全性に不安を持つ人が増加すると考えられることから、本研究では、無人駅化が進んでも安心して利用できるよう、無人駅のユニバーサルデザインへの対応状況を明らかにすることを目的とする。

2. 無人駅の現状と調査対象

2.1 無人駅の現状

全国の無人駅の数、約 20 年間で 1 割増加し、全体の 5 割近くを占めている。国土交通省がデータを取り始めた 2002 年 3 月時点では、全国 9514 駅のうち無人駅は 43.3%にあたる 4120 駅であった。2020 年 3 月時点では、全国の駅数は 9465 駅とほとんど変わらないものの、無人駅は 48.2%を占める 4564 駅となり、400 駅以上増加した。さらに、この数には含まれていないが、時間帯によっては駅員を配置しない駅も存在する。

2.2 調査対象駅の概要

本研究では、3 つの無人駅（勝幡駅、矢作橋駅、豊明駅）を調査対象とする。各駅の概観を図 1～図 3 に示す。



図 1 勝幡駅



図 2 矢作橋駅



図 3 豊明駅

(1) 勝幡駅

名古屋鉄道津島線の相対式2面2線の駅である。

(2) 矢作橋駅

名古屋鉄道名古屋本線の2面3線の駅であり、始発から午前8時30分までの一部の時間帯において駅員が配置されている。

(3) 豊明駅

名古屋鉄道名古屋本線の島式3面6線の駅であり、日本の無人駅の中で最もホーム数が多い駅である。

表1 ヒアリング調査結果

	年齢	意見
勝幡駅	40代	対面よりもやり取りに時間がかかる
	60代	インターホンが聞き取りづらい
	60代	エレベーターがない
豊明駅	30代	他の利用者がいて後回しになり時間がかかった
	40代	インターホンで会話しにくい
	30代	照明が暗い
	50代	運行情報を聞けない
	30代	洋式トイレがない
矢作橋駅	50代	やり取りに時間がかかる
	50代	インターホンが聞き取りづらい
	60代	モニターがほしい
	40代	事故情報の詳細を聞けない

3. ヒアリング調査の方法

本研究では、国土交通省の資料を参考にするともに、現地でのヒアリング調査を行う。

「駅の無人化に伴う安全・円滑な駅利用に関する障害当事者団体・鉄道事業者・国土交通省の意見交換会」¹⁾では、松ノ浜駅でアンケート調査を行っている。本研究では、このアンケート項目を参考に、対象3駅を1駅3日間ずつ訪問し、現地でヒアリング調査を行った。調査の結果、インターホンが聞き取りづらい、モニターで顔を映してほしい、運行情報をわかりやすくしてほしいなど、設備に対する意見が多かった(表1)。このような意見の大半は、年配の利用者によるものであるため、バリアフリーの要素に焦点を当て、対象駅を評価する。

4. 調査対象駅の評価

4.1 バリアフリー整備ガイドラインの3要素

障害当事者をはじめとした多様な利用者ニーズに応えるための整備のあり方は、国土交通省総合政策局のバリアフリー整備ガイドライン²⁾に具体的な目安が示されている。このガイドラインには、利用者が円滑に移動できる環境づくりのために必要な以下の3つの要素が示されている。

- 1) バリアのないルートの確保：可能な限り最短距離で、高低差が少なく、見通しがきき、わかりやすいルートと空間を連続的に確保すること。
- 2) わかりやすいルートの確保：空間構成、様々な表示サイン、音サイン、人的対応などを有効に組み合わせ、誘導を適切に行うこと。

表2 ガイドラインの3要素による対象駅の評価

	1)バリアのないルートの確保	2)わかりやすいルートの確保	3)安全で使いやすい施設・設備
勝幡駅	×	×	×
矢作橋駅	○	○	×
豊明駅	○	×	×



図4 勝幡駅の跨線橋

- 3) 安全で使いやすい施設・設備：必要な施設・設備(乗車券販売所、待合室、案内所、トイレ等)をアクセスしやすく、安全で使いやすくすること。

4.2 対象駅の評価結果

ガイドラインの3要素により対象駅を評価した結果を表2に示す。

要素を満たさなかった例として、勝幡駅の跨線橋

にはエレベータが設置されておらず、目的の方面と反対側の改札から入場すると跨線橋を上らなければならない点が挙げられる（図4）。年配の利用者には負荷が大きいいため、要素1)を満たしていない。

要素を満たした例として、矢作橋駅に設置されている発車標にはLEDライトが使用されている点が挙げられる（図5）。非常に見やすく、点字ブロックやスロープも整備されているため、要素2)を満たしている。

3つの要素すべてを達成している駅は無く、駅の整備はまだ不十分であると言える。



図5 矢作橋駅の発車標

4.3 評価結果の考察

調査の結果、施設・設備に対する意見が多かった。無人駅では駅員がいないため、施設・設備の整備が重要視されているものの、まだ不十分であるのが現状である。どんな利用者でも利用しやすい環境づくりが重要であり、国土交通省のアンケートや本研究のヒアリング調査結果から、インターホンの改善や運行情報の詳細化を求める意見が特に多いことから、これらの設備を整える必要があると考えられる。

5. 対応策の検討

実例のあるハード面の対策として、運行情報ディスプレイ（図6）とカメラ・モニター付きインターホン（図7）の設置が有効であると考えられる。

運行情報ディスプレイは、北総線や京成線、小田急線などで運用されており、運行状況を路線図などでビジュアル化した直感的な画面デザインでわかりやすく表示したものである。事故や災害時などの異常時における運行状況を路線図により把握できることや目的の列車がわかりやすく利用者のストレスを緩和することができる効果がある。

カメラ・モニター付きインターホンは、テレビ電話機能の付いたインターホンであり、阪急電鉄で設置されている。従来のインターホンでは音声のみの対話であるため、聴覚に障害を持つ方には利用が難しかったが、このインターホンであればモニター越しに筆記用具を用いて筆談での対話ができることから、国土交通省バリアフリー化推進功労者大臣賞を受賞した実績を持つ設備である。



図6 運行情報ディスプレイ⁴⁾



図7 テレビ電話機能付きインターホン⁵⁾

これら 2 つの設備を導入することが、ハード面の対策として有効であると考えられる。

次に、ソフト面の対策としては、声掛けやサポートの促進をすることが重要であり、ポスターやディスプレイなどを用いた広報啓発活動が考えられる(図 8)。国土交通省や個別の鉄道事業者が過去に取り組みを行っており、特に障害者への声掛けや見守りを促進する効果があり、駅利用者がお互いに助け合うことでより駅を利用しやすくすることができると考えられる。

6. まとめ

無人駅の増加には様々な背景があり、無人駅の増加傾向を止めることは難しい。また、本研究の調査結果からも無人駅の設備の整備状況が不十分であることや改善を求める利用者の意見が多く、無人駅のユニバーサルデザインへの対応は、今後も求められていくと考えられる。

一方、無人駅化の背景にある最も大きな要因は利用者の減少であり、都心部の駅のように多額の費用を割いて、設備の改善を行っていくことは難しいと考えられる。しかし、改善しないことにはますます利用しやすい駅的环境とはかけ離れてしまい、利用者がさらに減り鉄道業界が衰退していくという悪循環に陥ることになるであろう。それを防ぐためにも、無人化したことにより削減されたコストで上記のようなハード面の対策設備を整えたり、ソフト面の対策のように費用をかけない工夫をしたりすることも重要である。無人駅で生じる問題には利用者の意見を反映させることが非常に重要であり、定期的に調査を実施して状況の把握や利用者の声を聞くことが、無人駅のユニバーサルデザインへの対応に求められると言える。

参考文献

- 1) 国土交通省：駅の無人化に伴う安全・円滑な駅利用に関する障害当事者団体・鉄道事業者・国土交通省の意見交換会 資料, https://www.mlit.go.jp/report/press/tetsudo02_hh_000150.html (参照 2023-1-18)
- 2) 国土交通省：駅の無人化に伴う安全・円滑な駅



図 8 広報啓発活動ポスターの例⁶⁾

利用に関するガイドライン, 2022, <https://www.mlit.go.jp/tetudo/content/001491831.pdf> (参照 2023-1-18)

- 3) 首相官邸：ユニバーサルデザイン 2020 関係府省等連絡会議, https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tokyo2020_suishin_honbu/ud2020kaigi/index.html (参照 2023-1-18)
- 4) 小田急電鉄：安全管理体制の推進, 安全報告書 2017, https://www.odakyu.jp/csr/safety/safety_report/2017/ (参照 2023-1-18)
- 5) 阪急電鉄：テレビ電話機能付きインターホン, 阪急未来線, <https://www.hankyu.co.jp/cont/miraisen/entry/interphone.html> (参照 2023-1-18)
- 6) 東京都交通局：「声かけ・サポート」運動 強化キャンペーンの実施について, 2021, https://www.kotsu.metro.tokyo.jp/pickup_information/news/pdf/2021/sub_p_202106299975_h_01.pdf (参照 2023-1-18)

環境条件の違いが電子レベルの観測範囲に及ぼす影響と対策に関する研究

EC19054 丹羽孝樹

1. はじめに

測量で使用する機器は、環境条件に応じて観測範囲に少なからず影響が出る。これから主流になると考えられている電子レベルについても測量環境の違いによる影響が生じると考えられる。先行研究¹⁾では、気象条件や測定距離の違いが測定結果に対してどの程度影響を及ぼすか、実測を通して傾向を把握している。しかし、観測時期の関係から、気温の高い日には測定を実施できておらず、検証結果は十分ではない。また、照度に応じた読み取り可能範囲の検証も不十分である。

そこで本研究では、災害時など電気が使えない場面でも電子レベルの技術が応用可能かどうかを検証するために、環境条件の違いが電子レベルの観測範囲に及ぼす影響を把握し、その対策を検討することを目的とする。

2. 電子レベルの概要

電子レベルは、水準測量に用いる機器であるが、従来のレベルとは異なり、標尺の目盛を自動で読み取ることができる。標尺にはバーコードが印刷されており、それを一緒に用いる。電子レベルを利用するメリットは、ボタン一つで正確な値が出るため、観測者個人の読み取り誤差がないことや、電子野帳などと連動させることで、観測データをそのまま保存できることなどが挙げられる。デメリットとして、磁力、直射日光に弱いことが挙げられる。

3. 照度の単位

明るさを表す単位には、ルクス (lux) とルーメン (lumen) がある。ルクスは、光源から発した光が、照射対象の床や壁に当たった明るさを数値化したものである。ルーメンは、光源から発する光を数値化したものである。ルクスとルーメンの違いは、ルクスは光束が広がる領域を考慮する点にある。本研究では、「照らされた面」の明るさを示すルクスを用いる。表 1 に、ルクスと明るさの目安を示す。

表 1 照度 (ルクス) と明るさの目安

照度 (ルクス)	明るさの目安
65000	晴天時午前 10 時と午前 3 時の太陽光
20000	雨天時の日の出 1 時間後の太陽
1000	パチンコ店の店内
600	百貨店売り場
300	日の出・日の入りの時
180	夜のアーケード
80	街灯の下
1	月明かり

4. 高温時における観測

4.1 観測方法

まず、高温状態における観測が電子レベルの測定結果に影響を与えるか否かを検証する。気象条件として、温度、湿度、路面温度、照度を測定し、この4項目が最も高いタイミングを高温状態として観測を行う。

4.2 観測結果

表2に、高温時における電子レベルの測定結果を示す。電子レベルの最大距離である100mまで測れない時間帯もあったが、最も気温が高かった14時30分の時点では測定できている。このことから、少なくとも今回の検証では暑さとは観測可能距離には関係がないことがわかった。測定できない時間帯があった要因として、機械の劣化が考えられる。また、日が昇るタイミングと落ちるタイミングに測定できていないことから、周囲の木々との間に影ができ、バーコードを阻害したことも考えられる。

表2 高温時における電子レベルの測定結果

	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30
BS	1.3986	1.3987	1.3994	1.3985	1.3993	1.3988	1.399	1.3984	1.3984	1.3982	1.3986	1.3985
10	1.3696	1.3696	1.3695	1.3694	1.37	1.37	1.3693	1.3693	1.3693	1.3692	1.3694	1.3694
20	1.3051	1.3052	1.3051	1.305	1.3051	1.3051	1.3049	1.3047	1.3044	1.3045	1.3046	1.3046
30	1.7053	1.705	1.7054	1.7049	1.7054	1.7051	1.7048	1.7052	1.7049	1.705	1.7046	1.7047
40	1.8576	1.8576	1.8581	1.8577	1.8587	1.8582	1.8573	1.8578	1.857	1.8581	1.8572	1.8574
50	1.9044	1.904	1.9039	1.9039	1.9039	1.9035	19.031	1.9039	1.903	1.9033	1.9029	1.9033
60	1.925	1.9247	1.9225	1.9254	1.9248	1.9244	1.9244	1.9255	1.9241	1.925	1.9237	1.9245
70	1.9325	1.9329	1.9324	1.933	1.9331	1.9322	1.9313	1.9329	1.9313	1.9323	1.9327	1.9318
80	1.8974	1.897	1.8979	1.8965	1.8965	1.8986	18.958	1.8963	1.8966	1.8971	1.8954	1.8989
90	1.9688	1.9669	1.9679	1.9676	1.968	1.9669	1.9663	1.9673	1.9663	1.9681	1.9666	1.9685
100 ER	ER	ER	ER	ER	1.9255	1.9249	1.9256	1.9251	1.9242	1.925	ER	ER
温度①	30.6	33.1	33.2	34.3	35.8	35.4	35.1	36	35.7	37.7	37.2	35
温度②	35.6	37.7	38.2	38.5	39.2	40.6	40.1	42.6	39.9	43.1	43.1	39.4
湿度①	66	58	57	55	47	49	49	49	46	42	42	49
湿度②	58	47	45	40	35	33	32	29	31	26	26	35
路面①	33.5	33	33.2	33.3	34.2	34.7	35	35.4	35.5	35.7	35.4	36
路面②	49.5	52.4	54.5	52.2	56.4	57.1	57	55.3	54.1	56.9	56.4	52
LUX①	2600	1400	2500	3500	3800	4400	5000	5000	6000	2500	5200	4000
LUX②	57000	4000	57000	13000	50000	100000	80000	50000	60000	45000	16000	20000

※水色：日陰 赤色：日向 黄色：最高値

5. 測定可能照度以下における観測

5.1 観測方法

次に、暗い場所で行われる測定について検証する。付属の蛍光灯を使用し、蛍光灯の当て方や範囲を変えながら観測を行い、蛍光灯でも測れない場合には、大型の充電式懐中電灯を用いて観測を行う（図1）。

5.2 観測結果

表3に、測定可能照度以下における電子レベルの測定結果を示す。先行研究で用いた懐中電灯では50mまでしか測定できなかったが、付属の蛍光灯を用いると90mまで測定することができた。観測者の目には、懐中電灯と付属の蛍光灯の照度は変わらないように見えたが、実際には大きく異なる観測結果となった。

付属の蛍光灯には周りに被せ物があり、光を集中的にバーコードに当てられる一方、懐中電灯は被せ物が無い場合、周りに光が分散されてしまったことが50mまでしか測れなかった要因であると考えられる。



図1 夜間における電子レベルを用いた観測の様子

表3 測定可能照度以下における電子レベルの測定結果

16:10	BS	FS		18:00	BS	FS	
B	1.2852			B	1.2852		LUX
10		1.2508		10		1.2508	0.8
20		1.1873		20		1.1868	320
30		1.5866		30		1.5867	360
40		1.7418		40		1.7413	350
50		1.7908		50		1.7906	360
60		1.8063		60		1.8058	360
70		1.8144		70		1.8144	360
80		1.7791		80		1.7782	350
90		1.85		90		1.8484	350
100		1.8064		100		ER	300

6. 中部大学メイングラウンドの照度における観測

6.1 観測方法

最後に、蛍光灯以外の30ルクス以上の光の下で測定できる環境において、5章と同様の検証を行う。具体的には、中部大学のメイングラウンドの光を用いて、30ルクス以上の環境条件において、100m測定可能か否か検証する(図2)。さらに、同じ条件の下で、先行研究において50mまでしか測定できなかった懐中電灯を用いた測定を行い、原因を考察する(図3)。

6.2 観測結果

表4に、中部大学メイングラウンドの照度における電子レベルの観測結果を示す。夜間においても、30ルクス以上の環境条件では、100mの距離でも観測可能であることがわかった。

さらに、同じ条件の下で懐中電灯を用いた測定を試みた。その結果、やはり光が分散されることと、向きによっては影が生じてしまうため、観測することができなかった。このことから、夜間測量における懐中電灯の使用は、バーコードが影で隠れてしまう等の観点から、不向きであると言える。



図2 中部大学メイングラウンドにおける電子レベルを用いた観測の様子



図3 同じ条件の下で懐中電灯を用いた観測の様子

表4 中部大学メイングラウンドの照度における電子レベルの測定結果

距離	高さ	LUX	測定結果
10m	1.161	80	測定可能
20m	1.151	80	測定可能
30m	1.154	30	測定可能
40m	1.173	50	測定可能
50m	1.258	50	測定可能
60m	1.509	110	測定可能
70m			
80m	1.703	60	測定可能
90m			
100m	3.115	40	測定可能

7. まとめ

本研究では、環境条件の違いが電子レベルの観測範囲に及ぼす影響と対策を検証した。まず、暑さと観測範囲には関係が無いことが分かった。一方、災害復旧などで必要となる夜間測量においては、付属の蛍光灯や、30ルクス以上の環境条件が必要であることも分かった。そのため森林における測定など、太陽が出ている時間帯でも暗くなるような場所では、付属の蛍光灯、工事用のバルーンを用いる必要があると言える。

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電子レベル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) 澤野敬斗：気象条件の影響による電子レベルの測量範囲及び精度に関する研究，中部大学工学部都市建設工学科 2021年度卒業研究論文概要，2022

災害廃棄物の削減および処理方法の検討

EC19057 服部宏太郎

1. はじめに

近年、日本では地震や台風、火山の噴火など、大規模な自然災害が発生している。自然災害が発生すると大量の廃棄物が発生する。今後、南海トラフ巨大地震や首都直下地震が発生すれば、かつてない規模の災害廃棄物の発生することが見込まれる。

そこで本研究では、東日本大震災の災害廃棄物量を参考に、南海トラフ巨大地震が発生した場合、どのような措置や対策を講じておけば災害廃棄物を削減することができるのかを定量的に明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

本研究では、廃棄物量を削減するための検討を行う。「愛知県災害廃棄物処理計画」¹⁾、「災害廃棄物の発生量の推計」²⁾、その他自治体や災害廃棄物に関わる資料をもとにデータ収集を行い、災害廃棄物の発生量を算出する。調査対象とする災害は東日本大震災とし、南海トラフ巨大地震が発生した場合の災害廃棄物について定量化する。

3. 災害廃棄物

3.1 定義

廃棄物処理法（廃棄物の処理及び清掃に関する法律）では、廃棄物を事業活動に伴う産業廃棄物（処理責任は事業者）とそれ以外の家庭などから排出される一般廃棄物（処理責任は市町村）に分類している。災害時には産業廃棄物と一般廃棄物が混在している状況にあるが、廃棄物処理法第 22 条において、「国は、市町村に対し、災害その他の事由により特に必要になった廃棄物の処理を行うために要する費用の一部を補助することができる」と規定されていることから、災害廃棄物の処理責任は市町村にあると考えることができる。

また、環境省の災害廃棄物対策指針³⁾では、災害

廃棄物を「自然災害に直接起因して発生する廃棄物のうち、生活環境保全上の支障へ対処するため、市町村等がその処理を実施するもの」と定義しているため、災害廃棄物は一般廃棄物に分類される。

3.2 災害廃棄物の特徴

災害廃棄物は、通常の廃棄物をはるかに上回る排出量が短時間で発生し、建物の瓦礫から家電製品や家具類といった日常生活に伴う物品など、様々な種類のものが土砂と混在する。木くずや畳、コンクリートがらなど様々なものが含まれるが、災害の種類によりその組成は異なる。

例えば、地震により発生する災害廃棄物は家屋等の解体廃棄物が中心となるが、大雨等の水害に伴い発生する災害廃棄物は、浸水した家屋内で泥をかぶった家財など（片付けごみ）が中心になる。解体廃棄物は、再生利用が容易な品目の割合が比較的高い一方で、水害時の片付けごみは混合状態で収集されやすく、リサイクル率は比較的低い。

水害では、廃棄物が水を吸って重くなること、腐りやすいこと、廃棄物の搬出が災害直後から始まることがある。含水率が高いため焼却時の燃料費がかさむなど、処理費用にも影響する。

そのため、想定される災害の種類や廃棄物の特徴に応じた対応が求められる。

3.3 災害廃棄物の種類

災害廃棄物の種類は以下のとおりである³⁾。

可燃物/可燃系混合物、木くず、畳・布団、不燃物/不燃系混合物、コンクリートがら等、金属くず、廃家電、小型家電/その他家電、腐敗性家電、有害家電/危険物、廃自動車等、その他、適正処理が困難な廃棄物。

3.4 災害廃棄物の発生状況

近年の主な自然災害による災害廃棄物の発生状況から、多量の廃棄物が毎年のように発生していることがわかる(表1)⁴⁾。さらに、今後発災が予想される南海トラフ巨大地震などにおいては、東日本大震災を大きく上回る規模の災害廃棄物が発生すると試算されている。

3.5 災害廃棄物の処理の流れ

災害廃棄物の処理には、最終的な処理が行われるまで多くの工程を経る。発生場所から焼却や最終処分、再生利用までの流れを図1¹⁾に示す。「発生場所」から撤去された災害廃棄物の多くは、まず「一次仮置場」に運ばれ、仮置きされる。その後、大部分は規模のより大きな「二次仮置場」に運搬され、選別処理・再資源化等が行われたのち、「廃棄物処理施設(焼却施設、最終処分場等)」での処理や再生利用が図られる。こうした災害廃棄物処理の流れを念頭に、発災後速やかに業務を執行できるよう、発災前から各工程について処理体制等を検討しておくことが重要である。

風水害においては、一時避難者や自宅待機者が多くなり、片付けごみの排出が速いため、片付けごみが路上に堆積し混合状態となることや、車両の通行の妨げとなることを防止する必要があり、仮置場を迅速に開設することが求められる。また、災害廃棄物が水分や汚れを含んでいると腐敗しやすいため、悪臭・汚水を発生するなど時間の経過により性状が変化することに留意する必要がある。

4. 災害廃棄物発生量の推計

4.1 推計方法

災害廃棄物の発生量は、発生原単位に住居の被害棟数を乗じることで推計できる(式(1))²⁾。推計に用いる発生原単位²⁾を表2に示す。

$$Y = X_1 \times a + X_2 \times b + X_3 \times c + X_4 \times d \quad (1)$$

ここで、

Y : 災害廃棄物の発生量 [t]

X_1, X_2, X_3, X_4 : 住居の被害棟数

(1: 全壊、2: 半壊、3: 床上浸水、4: 床下浸水)

表1 災害廃棄物の発生および処理期間⁴⁾

災害名	発生年月	災害廃棄物量	処理期間
阪神・淡路大震災	H7.1	1500万 t	約3年
新潟中越地震	H16.10	60万 t	約3年
東日本大震災	H23.3	3100万 t (津波堆積物1100万 tを含む。)	約3年(福島県を除く。)
伊豆大島豪雨災害	H25.10	23万 t	約1年
広島土砂災害	H26.8	52万 t	約1.5年
熊本地震	H28.4	311万 t	約2年
平成30年7月豪雨	H30.7	200万 t (令和元年9月時点)	約2年
令和元房総半島台風 令和元年東日本台風	R1.9.10	167万 t (令和2年8月末時点)	約2年(予定)
令和2年7月豪雨	R2.7	56万 t (令和2年10月27日時点)	約1.5年(予定)
海トラフ巨大地震(推計)	-	最大 約3億4900万 t (津波堆積物2700万 tを含む。)	-
首都直下地震(推計)	-	最大 約1億1000万 t	-

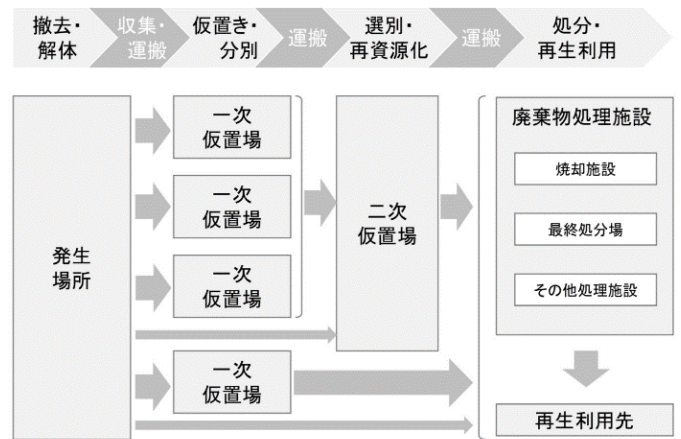


図1 災害廃棄物処理の流れ¹⁾

表2 災害廃棄物の発生原単位²⁾ (単位: t/棟)

住居の被害	全壊	半壊	床上浸水	床下浸水
発生原単位	117	23	4.6	0.62

a, b, c, d : 発生原単位 [t/棟]

(a : 全壊、 b : 半壊、 c : 床上浸水、 d : 床下浸水) である。

4.2 前提条件

災害廃棄物の削減は、災害が起きる前に対策することで実現できる。災害廃棄物をできるだけ排出しないために、日頃からの備えが必要である。家具や電化製品は、転倒防止器具や金具で壁に固定するなどの対策をしておくことで、破損を防ぐことができると考えられる。また、不要品を処分することにより、災害廃棄物の発生を未然に減らすことができると考えられる。

本研究では、自宅を対象に、災害廃棄物発生量の

推計を行う。まず、削減できる不要品の量と固定する家具や電化製品の量を調査する。長年使用していないものを中心に、不要品を選別する。固定する場合は、震災時に転倒の恐れがあるものを中心に固定する。

4.3 推計結果

表 3 に、処分した不要品の量を示す。不要品の処分量は、計 181kg と推計できた。種類別でみると、可燃系では机や布団などの木材や布製品が中心であり、その他では書類や本、木材などの不要品が生じた。不燃系ではテレビや自転車等があった。重量割合では、可燃系が約 53.6%、不燃系が約 46.4%とほぼ同じであった。特に、布団類やマットレス、紙類など、水害時に廃棄物となった場合に処理が困難な不要品をあらかじめ処分することができたため、今回の検討は有益であった。

表 4 に、固定した家具や電化製品の量を示す。固定量は計 300kg と推計でき、不要品より多かった。タンスや食器棚など大型家具が含まれているためであると考えられる。

5. 災害廃棄物削減量の推計

5.1 前提条件

4 章の推計結果をもとに、発生原単位を更新し、南海トラフ巨大地震の災害廃棄物の発生削減量を推計する。また、処理費用の削減量を算出する。

算出にあたって、南海トラフ巨大地震の住居の被害棟数のデータが得られないため、東日本大震災の住居の被害棟数を参考に算出する。

5.2. 新たな発生原単位の提案

全ての住居 1 棟から 4 章の結果が得られるとすると、発生原単位を以下のように考えることができる。

全壊の場合の発生原単位は、不要物の総重量が 181kg であることから、 $117 \cdot 0.18 = 116.82$ t/棟と考えられる。

半壊の場合は、不要物に加え固定した分を減らすことができる。しかし、固定した場合でも破損し廃棄物になる可能性があるため、最大 0.48t/棟、最小 0.18t/棟の平均である 0.33t/棟が削減されると考える。

表 3 処分した不要品の量

	物品	数量	重量
可燃系	机	1	6kg/台
	テレビ台	1	20kg/台
	掛布団	3	3kg/枚
	敷布団	3	4kg/枚
	マットレス	1	25kg/台
	その他	—	25kg
不燃系	自転車	2	18kg/台
	タイヤ	4	8kg/本
	テレビ	1	16kg/台
総計		—	181kg

表 4 固定した家具や電化製品の量

	物品	数量	重量
可燃系	タンス	2	約90kg/台
	食器棚	1	約90kg/台
不燃系	テレビ	1	20kg/台
	オーブン	1	5kg/台
	電子レンジ	1	5kg/台
総計		—	約300kg

表 5 本研究で提案する災害廃棄物の発生原単位 (単位: t/棟)

住居の被害	全壊	半壊	床上浸水	床下浸水
既存の発生原単位	117	23	4.6	0.62
提案する発生原単位	116.82	22.67	4.42	0.55

表 6 住居の被害棟数 (単位: 棟)

住居の被害	全壊	半壊	床上浸水	床下浸水
東日本大震災	122,066	283,160	1,490	9,785
南海トラフ巨大地震	1,888,719	4,383,471	23,066	151,477

床上浸水の発生原単位は、不要品分のみの 0.18t/棟を削減できると仮定する。

床下浸水の発生原単位は、不要品の内の 68kg/棟 (自転車、タイヤ) を削減できると仮定する。

以上より、発生原単位は表 5 のように更新される。

5.3 住居の被害棟数

東日本大震災の住居の被害棟数⁵⁾を参考に、南海トラフ巨大地震の住居被害棟数を算出した結果を表6に示す。

5.4 災害廃棄物と処理費用の削減量の推計結果

既存の発生原単位と本研究で提案した発生原単位をもとに、災害廃棄物の発生量を推計する。処理費用は、発生量に1tあたりの処理費用(3.7万円)を乗じることで推計する³⁾。両者の差から削減量が推計される。推計結果を表7に示す。災害廃棄物の発生削減量は約180万t、処理費用の削減量は約666億4700万円と算定された。

表7 災害廃棄物と処理費用の削減量の推計結果

	発生量[t]	処理費用(円)
既存	322,000,000	11,914,000,000,000
設定	320,198,730	11,847,353,005,703
削減量	1,801,270	66,646,994,297

6. 処理方法の検討

処理期間を短縮するために我々にできることは何か検討する。表1より、災害廃棄物の処理には多くの時間を要することがわかる。例えば、東日本大震災では3年の処理期間を要した。南海トラフ巨大地震ではどれだけの処理期間を要するか不明であるが、災害廃棄物の発生量から東日本大震災よりも多くの期間を要することが予想される。処理期間を短縮するために災害廃棄物の発生量を減らすことはもちろん、処理方法の検討も重要である。本章では、住民が対策できることとして、発生場所から仮置場への搬入に着目し、処理方法の検討を行う。

まず、事前準備として、仮置場の候補地をあらかじめ考えておくことが考えられる。道路の損壊や冠水、避難所、救助ヘリの発着拠点などで使用できなくなるケースがあり、仮置場が満杯になると分別されないまま道路上や候補地ではない公園に放置されるという問題が生じる。そのため、復旧、復興の妨げにならないよう、多くの候補地を考えておくことが重要である。

また、発災後の対応としてファーストレーンの実施が考えられる。ファーストレーンとは、令和2年7月豪雨の際に熊本県人吉市で行われた対策である。元々、仮置場に搬入する際に分別しながら荷下ろしを行っていたが、仮置場に待ち列ができてしまい、搬入に5~6時間要することもあった。それをあらかじめ分別した災害廃棄物の搬入者を優先的に受け入れる策がファーストレーンである。実際に待ち時間が解消されたため、有効であると考えられる。

7. 考察とまとめ

本研究の結果から、住民にできる対策で災害廃棄物の削減が可能であることが定量的に示された。最優先の対策は、不要品の処分であると考えられる。不要品を処分することで、災害廃棄物量、処理期間、処理費用の削減に繋がる。特に、災害廃棄物として処理が困難な不要品をあらかじめ処分しておくことが重要であると言える。

また、ファーストレーンや不要品の処分の重要性を周知させることも必要である。災害廃棄物は、災害が発生した際にはメディア等に取り上げられることがあるが、すぐに忘れ去られてしまうのが現状である。しかし、その後災害が発生したときに災害廃棄物の問題は再認識される。定期的に住民へ周知を行うなど、災害廃棄物について風化させない社会づくりが重要である。

参考文献

- 1) 愛知県：愛知県災害廃棄物処理計画，2022
- 2) 環境省環境再生・資源循環局 災害廃棄物対策室：災害廃棄物対策指針 資料編（災害廃棄物の発生量の推計），【技14-2】，pp8-9，2019.4.1.
- 3) 環境省環境再生・資源循環局 災害廃棄物対策室：災害廃棄物対策指針（改定版），2018
- 4) 国立国会図書館 調査及び立法考査局：災害廃棄物対策をめぐる現状と課題，調査と情報—ISSUE BRIEF—，No.1129，2021
- 5) 消防庁災害対策本部：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について（第162報），2022

LCA を用いた都市内交通の CO₂ 排出量の算定

EC19058 樋口春輝

1. はじめに

現在、SDGs の 17 目標が掲げられ、世界的にサステナブルな社会を目指している。特に、地球上では様々な分野から 1 日に大量の CO₂ が排出されているため、まちづくりの分野においても SDGs やカーボンニュートラルの動向に対応する必要がある。

そこで本研究では、交通システムに注目し、製造から廃棄にわたる広い視野で CO₂ 排出量を把握することを目的とする。具体的には、都市内交通を対象に、LCA を用いて CO₂ 排出量を定量的に求め、環境面での特性を比較する。さらに、対象都市の交通手段の利用量を調査し、現在行っている政策を評価することで、CO₂ 排出量削減のための有効策を提案する。

2. 研究対象

2.1 対象都市

本研究では、名古屋市を対象都市とする。名古屋市における交通手段の分担割合を調べ、1 人 1 日当たりの CO₂ 排出量を算定する。この数値をもとに名古屋市全体の 1 日当たりの CO₂ 排出量を求める。

2.2 対象交通システム

主な都市内交通手段である、自転車、ガソリン乗用車、鉄道、バス、小型二輪車を対象とする。それらの製造、輸送時、使用時の CO₂ 排出量を、LCA を用いて算定し、それぞれの環境面の特性を見出す。

3. 名古屋市の代表交通手段の現状

図 1 に、第 5 回パーソントリップ調査の結果を示す。名古屋市における代表交通手段割合は東京都区部や大阪市と比べ、自動車利用は非常に高く、公共交通（鉄道・バス）利用は低くなっていることから、自動車利用に依存していると言える。一方で、名古屋市の代表交通手段割合の変化を見ると、鉄道・バ

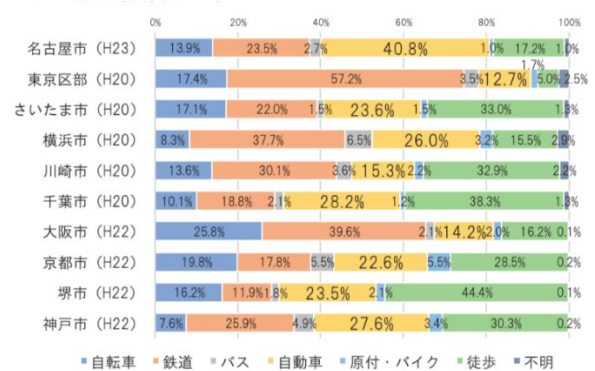


図 1 第 5 回パーソントリップ調査の結果

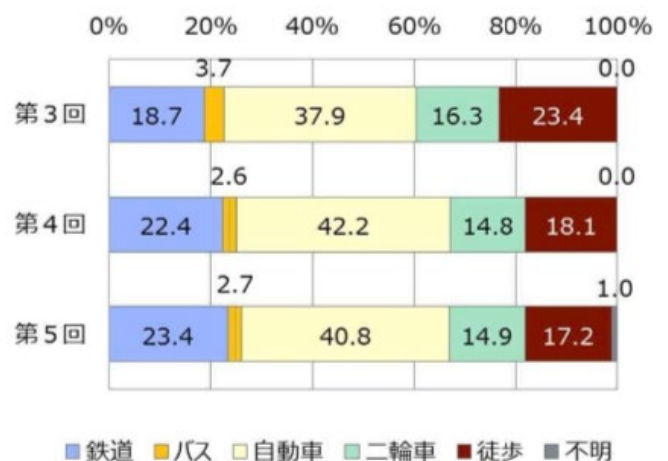


図 2 名古屋市の交通手段割合の変化

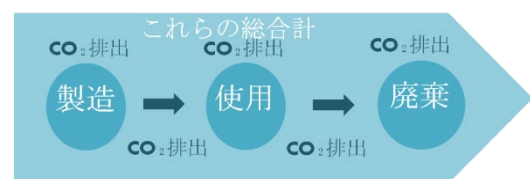


図 3 LCA の方法論

スに対する自動車の割合が年々減少していることが分かる（図 2）。

4. CO₂ 排出量の算定方法

4.1 ライフサイクルアセスメント (LCA)

ライフサイクルアセスメント(LCA)とは、製品・サービスの原料調達、原料生産、製品生産、流

通、消費、廃棄、リサイクルまでの、ライフサイクル全体にわたる環境負荷を定量的に求める手法である(図3)。

4.2 CO₂ 排出量算定の考え方

各交通システム(自転車、ガソリン乗用車、鉄道、バス、小型二輪車)の製造、輸送時、使用時のライフサイクルにわたるCO₂排出量を算定する。基本的な考え方を式(1)に示す。

$$\text{ライフサイクル CO}_2\text{排出量} = \Sigma (\text{活動量} \times \text{CO}_2\text{排出原単位}) \quad (1)$$

である。

なお、自転車の使用時には、化石燃料を消費しない代わりに、自転車をこぐ人間がカロリーを消費する。そのため、運転が必要な交通システムについては、カロリーの源である食料の製造に伴うCO₂排出量を考慮する。

5. CO₂ 排出量算定結果

5.1 都市内交通システムのCO₂ 排出量算定結果

図4~図8に、各都市内交通システムのCO₂排出量算定結果を示す。また、表1にそれらの数値をまとめる。

自転車は、他の交通システムと比べて最もCO₂排出量が少ない。対象の交通システム中で、使用時に唯一運動が必要であるため、食物製造時の割合が他と比べて高い。

ガソリン乗用車は、1台当たりのCO₂排出量で見ると、他と比べてCO₂の総排出量は少ない。利用者の多いことが要因であるといえる。

鉄道は、他と比べてCO₂排出量が最も多い。製造段階や使用年数の長さが要因といえる。さらに大きいのが使用段階である。

バスは、乗用車と比べると使用年数や燃費などの要因から燃料より使用時のCO₂排出量の割合が高くなったといえる。

小型二輪車は、乗用車やバスと比べて燃料消費率の低さから燃料の製造時のCO₂排出量の割合が高くなったといえる。

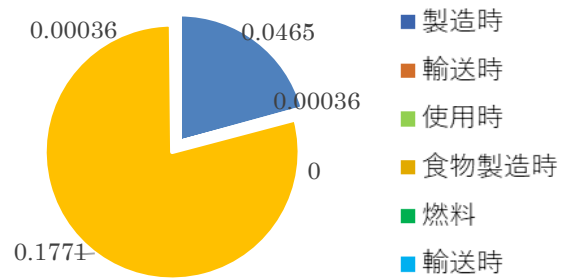


図4 CO₂ 排出量算定結果(自転車)

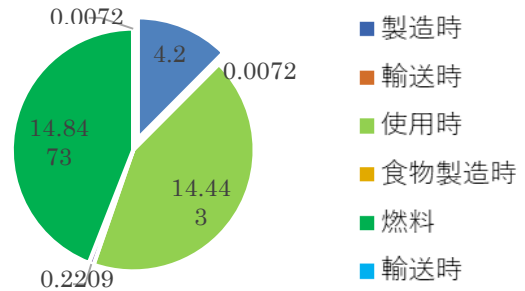


図5 CO₂ 排出量算定結果(ガソリン乗用車)

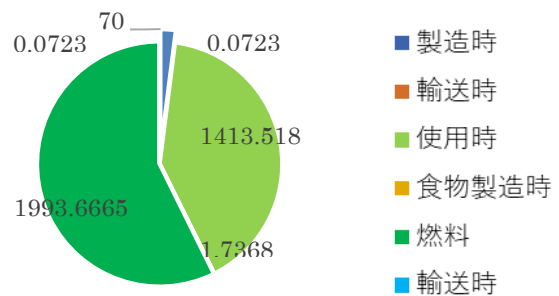


図6 CO₂ 排出量算定結果(鉄道)

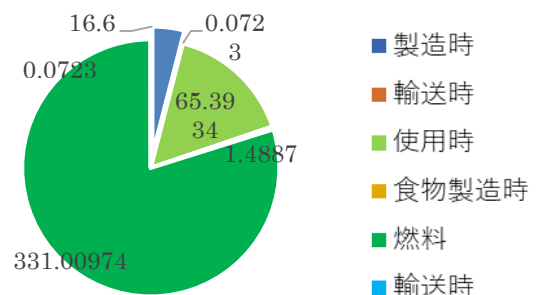


図7 CO₂ 排出量算定結果(バス)

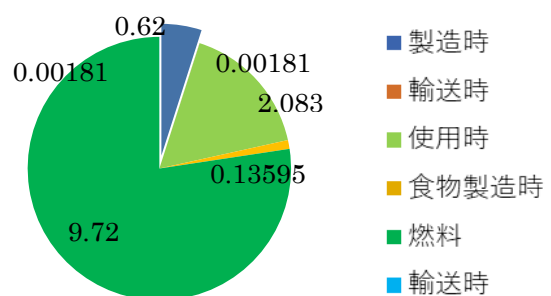


図8 CO₂ 排出量算定結果(小型二輪車)

5.2 名古屋市全体での算定

(1) 名古屋市全体の1日当たりのCO₂排出量

以下の式(2)から、名古屋市全体の1日当たりのCO₂排出量を算定する。名古屋市の交通手段分担率は、図9を用いる。算定結果を図10に示す。

$$\begin{aligned} & \text{名古屋市全体の1日当たりのCO}_2\text{排出量} \\ & = \text{名古屋市の交通システム分担率別使用人口} \\ & \quad \times 1 \text{人1日当たりのCO}_2\text{排出量} \quad (2) \end{aligned}$$

(2) 1km当たりのCO₂排出量

以下の式(3)から、1km当たりのCO₂排出量を算定する。算定結果を図11に示す。

$$\begin{aligned} & \text{1km当たりのCO}_2\text{排出量} \\ & = \text{総CO}_2\text{排出量} / \text{使用距離} \times 1000 \quad (3) \end{aligned}$$

(3) 結果の解釈

図10より、名古屋市全体で見た場合、利用割合の高い自動車の影響が大きく、その利用を減らすことが名古屋市におけるCO₂排出量の削減に最も有効であると考えられる。

図11より、1kmあたりのCO₂排出量でみると、鉄道が最も多い結果となった。距離だけを考慮した場合、このような結果になるが、鉄道は最も多くの利用者を運べるため、1人1km当たりのCO₂排出量は少なくできる。そのため、鉄道のような交通手段にモーダルシフトすることが重要であると言える。

6. 交通手段分担率の目標

名古屋市交通問題調査会の「名古屋市交通戦略」によると、今後の名古屋市の交通手段分担率を、現在の公共交通機関：自動車=4：6から5：5になるよう促し、さらに自転車の利用割合を向上させることは可能であると考えられる(図12)。これにより、名古屋市全体のCO₂排出量も減少する。

7. 名古屋市の取り組みの評価

名古屋市が名古屋市交通戦略2030において、新たな移動手段と仕組みの導入として挙げている以下の8つの取り組みがある。

1. パーソナルモビリティ
2. グリーンスローモビリティ

表1 CO₂排出量算定結果のまとめ

	自転車	乗用車	鉄道	バス	小型二輪車	単位
製造時	0.00036	4.2 ⁴⁾	70 ¹⁾	16.6 ¹⁾		0.62 ton-CO ₂ /台
輸送時	0.1771	0.0072	0.0723	0.0723		0.00181 ton-CO ₂ /台
使用時		014.4432 ⁴⁾	1413.518 ¹⁾	65.3934 ¹⁾		2.0832 ²⁾ ton-CO ₂ /台
食物製造時	0.00036	0.2209	1.7368	1.4887		0.13595 ton-CO ₂ /台
燃料製造時	0	14.8473	1993.665	331.0097		9.72 ton-CO ₂ /台
輸送時	0.00036	0.0072	0.0723	0.0723		0.00181 ton-CO ₂ /台
合計	0.22432	33.72808	2729.572	414.6364		12.56257 ton-CO ₂ /台

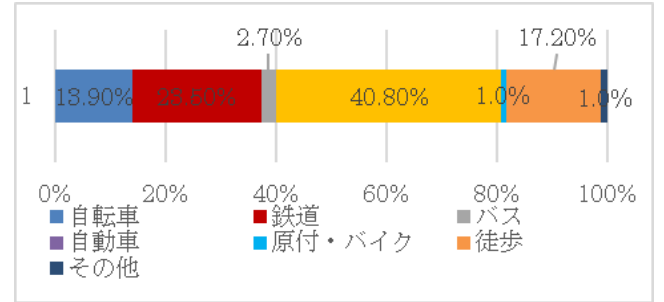


図9 名古屋市の交通手段分担率 (現状)

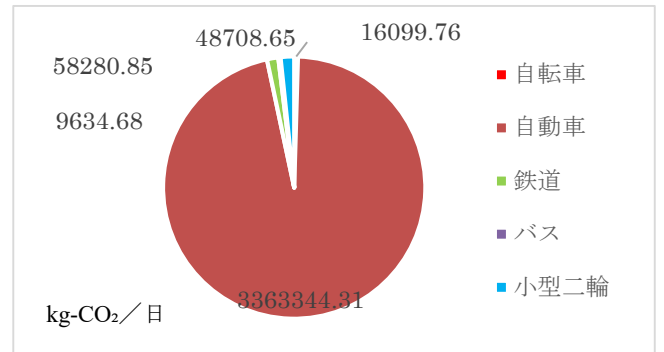


図10 名古屋市全体の1日のCO₂の排出量

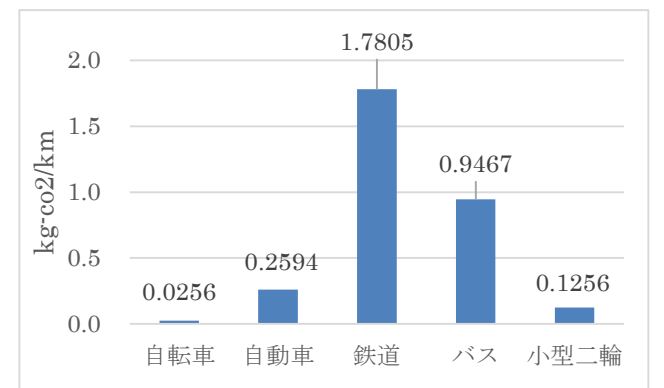


図11 1kmあたりのCO₂排出量

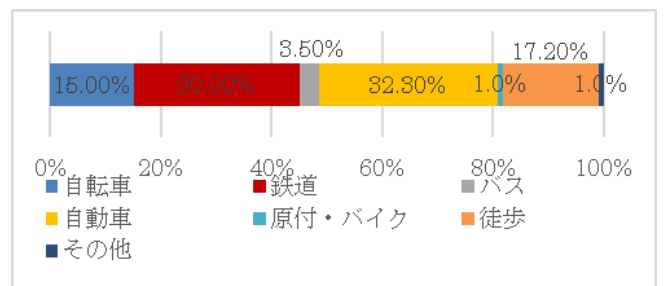


図12 名古屋市の交通手段分担率 (目標)

3. デマンド交通
4. シェアリング
5. パークアイランド
6. 駐車マネジメント
7. ダイナミックプライシング
8. MaaS

これらについて、CO₂ 排出量削減の観点から、以下の 6 項目で評価する。

- ① 自動車利用量の削減に有効か
- ② バスの利用量の増加に有効か
- ③ 鉄道の利用量の増加に有効か
- ④ 自転車の利用量の増加に有効か
- ⑤ その他の公共交通機関の利用量増加に有効か
- ⑥ ハード面、ソフト面のどちらの政策か（ハード面の場合、取り組み時に CO₂排出量が発生する可能性が高い）

評価は、◎（非常に有効）、○（有効）、△（どちらでもない）、×（有効でない）とし、現在名古屋市が取り組んでいる政策⁴⁾に優先順位つける。

評価結果を表 2 に、優先順位を表 3 に示す。名古屋市の取り組みは、交通システム全体に対して有効な政策の優先順位が高いと考えられる。また、工事や製造時の CO₂ 排出量が少ない、ソフト面の取り組みを優先すべきと考えられる。

8. まとめ

一般に、交通手段の選択肢が少ない場合、自動車を使用する割合が高いと考えられる。名古屋市は交通システムが充実した市ではあるものの、個人で見た場合、それらの充実した交通システムを有効に利用できていないと考えられる。よって、デマンド交通や MaaS など、交通手段の選択肢を増やすことが有効であると考えられる。これにより、公共交通機関の利用率が上がり、結果的に名古屋市全体の CO₂ 排出量を減らすことができると考える。さらに、これらの交通手段の選択肢が増えつつある現状を多くの人に理解してもらうことも必要だと考える。そのための宣伝活動やキャンペーンなどを用いた取り組みの認知度向上が今後の課題であると言える。

表 2 名古屋市の取り組みの評価

	①	②	③	④	⑤	⑥
1, パーソナルモビリティ	○	×	×	×	△	どちらでもない
2, グリーンスローモビリティ	○	×	×	×	△	どちらでもない
3, デマンド交通	○	◎	○	×	○	ソフト面
4, シェアリング	○	×	△	◎	△	ソフト面
5, パークアイランド	◎	○	○	×	○	ハード面
6, 駐車マネジメント	○	○	○	×	○	ハード面
7, ダイナミックプライシング	○	△	△	×	△	ソフト面
8, MaaS	○	○	○	×	○	ソフト面

表 3 名古屋市の取り組みの優先順位

優先順位	
1	デマンド交通
2	MaaS
3	シェアリング
4	パークアイランド
5	駐車マネジメント
6	ダイナミックプライシング
7	パーソナルモビリティ
8	グリーンスローモビリティ

参考文献

- 1) 環境省：再生可能エネルギー及び水素エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン pp.1-2, 2003, <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/lca/index.html> (参照 2022-10-27)
- 2) 森本涼子, 伊藤圭, 山本充洋, 加藤博和, 柴原尚希：都市内旅客交通手段のライフサイクル CO₂ 排出量比較, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.68, No.5(土木計画学研究・論文集第 29 巻), pp.I_285-I_290, 2012.
- 3) 国土交通省：運搬部門における二酸化炭素排出量, https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html (参照 2022-12-6)
- 4) 名古屋市交通問題調査会：名古屋交通戦略 2030～最先端モビリティ都市の実現に向けて～, 諮問第 4 号答, 2022
- 5) 山本充洋, 加藤博和, 伊藤圭：将来の車両・エネルギー技術進歩が運搬部門 CO₂ 排出量に与える影響の評価, 第 18 回地球環境シンポジウム講演集, pp.77-80, 2010

測量環境に応じた GNSS 測量機の精度に関する研究

EC19081 山本次郎

1. はじめに

1.1 背景

日本は地形が複雑で変動が著しく、近年では以前に増して自然災害が多発し、人命や構造物に大きな被害が生じている。自然災害が起きた際に地理状況をいち早く測量し、現状を把握することが被災地の早期復旧に繋がると考えられる。これまで、国土の測量は反復して行われてきたが、地理状況を容易かつ迅速に把握することが人命を守るため、また二次災害を防ぐためにもますます重要になってきている。そのための方法として、近年精度が著しく向上している衛星測位システムを使用した GNSS 測量が注目されている。

1.2 研究の目的

本研究では、GNSS 測量機を用いた測量の精度を検証し、どのような場合の測量に用いるのが適しているかを知ることが目的とする。また、既存の基準点で比較的障害物の少ない測点を選び、測定した数値と既存の数値との誤差が大きくなる要因について、周辺環境を踏まえて明らかにする。また、今回用いる GNSS 測量機は、中部大学に今年度新規導入された機器のため、他の研究調査、実習等などを手軽に利用してもらうための手順書も合わせて作成する。

2. GNSS 測量機の概要

GNSS 測量は、受信機と専用アプリを用いて RTK ネットワークにより電子基準点からの補正情報を得て行う観測である。GNSS は自動運転などにも使用されている技術である。本研究では、中部大学が保有する GEO WALKER (GNSS 測量機) を使用し、測量を行う。

3. 測量環境が精度に与える影響の検証

3.1 方法

以下の手順で測量を行う。写真 1 に測点の状況、写真 2 に基準点における観測の様子を示す。

- 1) 国土地理院で既存の基準点の情報を調べる。
- 2) 1) で調べた基準点の周辺を調査し観測する基準点を決定する。
- 3) 基準点に受信機を据え付け 30 分間、5 分おきに計 7 回観測する。
- 4) 観測を行うときに衛星状況も記録する。
- 5) 観測した結果を表やグラフにまとめる。



写真 1 基準点の状況



写真 2 基準点における観測の様子

3.2 結果

(1)国道 19 号線沿い三級基準点 20 基Ⅲ22.40L、(2)中部大学基準点 2、(3)中部大学バス停前藤が丘四等三角点、(4)二級基準点 U-R3-2-3 の 4 点において、2022 年 8 月 16 日 10 時～13 時に観測を行った。また、11 月 8 日に(2)中部大学基準点 2 と(4)二級基準点 U-R3-2-3 の 2 点を再度観測した。観測結果を表 1、表 2 に示す。

(1)国道 19 号線沿い三級基準点 20 基Ⅲ22.40L では、平均誤差 $X=-0.009$ 、 $Y=0.015$ 、最大誤差 $X=-0.018$ 、 $Y=0.024$ であり、(3)中部大学バス停前藤が丘四等三角点では、平均誤差 $X=0.002$ 、 $Y=0.024$ 、最大誤差が $X=-0.010$ 、 $Y=0.029$ と誤差が少ない観測結果が得られた。これは、障害物が低く観測に邪魔になる物が無いことが理由であると考えられる。

一方、(4)二級基準点 U-R3-2-3 では、障害物は無かったものの、標高の測定値が 3 回目の測定以降、突然 6cm 以上ずれはじめ、それが観測終了まで続いた。一般的に、ネットワーク型 RTK・GNSS の精度は、Fix 状態で水平 XY 座標が 1～4cm、標高が 2～5cm 以内とされていることと比べて、よい精度が得られなかった。考えられる理由として、観測途中に発生した雷の影響が考えられる。後日、雷が発生していない状況で再観測を行ったところ、表 4 に示す通り正常な数値を観測することができた。このことから、雷など電波を害する要因が発生すると観測結果（精度）に大きな影響を与えることがわかった。

表 1 国道 19 号線沿い三級基準点 20 基Ⅲ22.40L における観測結果

	X 座標[m]	X 誤差[m]	Y 座標[m]	Y 誤差[m]	標高[m]	H 誤差[m]
22.4L	-80443.326		-14590.423		72.329	
平均	-80443.335	-0.009	-14590.408	0.015	72.331	0.0023

表 2 中部大学バス停前藤が丘四等三角点における観測結果

	X 座標[m]	X 誤差[m]	Y 座標[m]	Y 誤差[m]	標高[m]	H 誤差[m]
四等	-80816.900		-13756.188		57.950	
平均	-80816.898	0.002	-13756.164	0.024	57.955	0.005

表 3 二級基準点 U-R3-2-3 における観測結果（雷発生時）

	X 座標[m]	X 誤差[m]	Y 座標[m]	Y 誤差[m]	標高[m]	H 誤差[m]	測定時間
U-R3	-80747.558		-13331.938		45.527		
U-R-1	-80747.555	0.003	-13331.936	0.002	45.533	0.006	12:57
U-R-2	-80747.551	0.007	-13331.942	-0.004	45.565	0.038	13:03
U-R-3	-80747.540	0.018	-13331.950	-0.012	45.600	0.073	13:08
U-R-4	-80747.528	0.030	-13331.950	-0.012	45.626	0.099	13:13
U-R-5	-80747.515	0.043	-13331.947	-0.009	45.607	0.080	13:18
U-R-6	-80747.532	0.026	-13331.945	-0.007	45.597	0.070	13:24
U-R-7	-80747.527	0.031	-13331.939	-0.001	45.598	0.071	13:29
平均	-80747.535	0.023	-13331.944	-0.006	45.589	0.062	

表 4 二級基準点 U-R3-2-3 における観測結果 (平常時)

	X 座標[m]	X 誤差[m]	Y 座標[m]	Y 誤差[m]	標高[m]	H 誤差[m]	測定時間
U-R3	-80747.558		-13331.938		45.527		
U-R-1	-80747.575	-0.017	-13331.918	0.020	45.530	0.003	11:02
U-R-2	-80747.566	-0.008	-13331.916	0.022	45.528	0.001	11:07
U-R-3	-80747.564	-0.006	-13331.918	0.020	45.556	0.029	11:12
U-R-4	-80747.569	-0.011	-13331.926	0.012	45.550	0.023	11:17
U-R-5	-80747.569	-0.011	-13331.921	0.017	45.548	0.021	11:22
U-R-6	-80747.562	-0.004	-13331.923	0.015	45.508	-0.019	11:27
U-R-7	-80747.561	-0.003	-13331.922	0.016	45.531	0.004	11:32
平均	-80747.567	-0.009	-13331.921	0.017	45.536	0.009	

次に、(2)中部大学基準点2は、他の測点とは異なり、比較的建物や木に囲まれている障害物が多い点である。観測値はよい精度であったが、図1に示す通り、障害物の場所から衛星の電波を受信するマルチパスという現象が生じた。マルチパスは、建物などで反射した電波を受信してしまう現象である。自動運転の普及を阻害する問題点としてよく挙げられる。マルチパスではなく、木をすり抜けてきた可能性も考えられるが、写真3に示すように、建物が存在する角度から電波を受信しているためマルチパスが起きていると判断できる。再度行った観測結果からも別の位置からマルチパスが生じてしまっていたため、高い障害物が周りに存在するとマルチパスが起きやすいことが分かった。

表 5 中部大学基準点2における観測結果

	X 座標[m]	X 誤差[m]	Y 座標[m]	Y 誤差[m]	標高[m]	H 誤差[m]
基 2	-80576.252		-13802.425		78.154	
平均	-80576.265	-0.011	-13802.418	0.010	78.144	-0.001

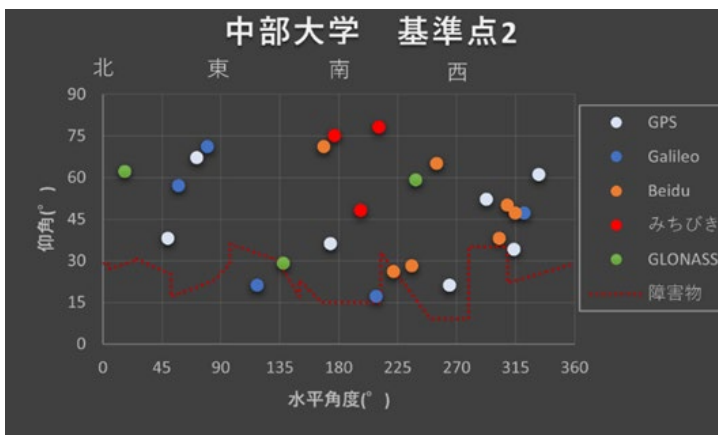


図 1 中部大学基準点2 衛星状況



写真 3 マルチパス発生角度

4. 考察

表 1～5 に示す通り、観測結果（再測を含む）は、平面座標 XY について最大誤差が 4cm 以内、標高について最大誤差が 5cm 以内となり、本研究で用いた GNSS 測量機（GEO WALKER）が観測に適している機械であることが分かった。

しかし、雷が生じると衛星と受信機の間で電波障害（電波到達時間遅延）が発生し、よい精度が得られないことが分かった。天気予報で雷等の気象異変が予報されていないことを確認した上で測定を行い、測定中に雷等が発生した場合には、直ちに観測を中止する必要があると考えられる。

また、(2)中部大学基準点2のように周りが高い障害物で囲まれていると、反射した電波を受信してしまうマルチパスが起きやすいことが分かった。マルチパスは、衛星を受信する仰角を狭くし、真上の衛星しか使用しないように設定することで発生しなくなると考えられる。ただし、観測衛星の数、配置も精度に大きく影響を及ぼすとされているため、設定には十分注意することが必要である。

5. まとめ

本研究では、GNSS 測量機を用いた測定の精度の検証を行った。GNSS 測量を実施する際には、電波に影響が出ない雷や雪等が発生しておらず、高い障害物が無い場所で行う場合に正確に観測することができることが分かった。また、GNSS は自動運転でも使用されている技術であることから、精度確保や障害について考えることはますます重要になる。今後の課題として、障害物が多い場所での精度検証（衛星受信仰角を変更する事によりマルチパスを発生させない条件での精度、衛星数、配置など）が必要である。

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：基準点・測地観測データ，<https://www.gsi.go.jp/kizyunten.html>（参照 2023-1-16）
- 2) 測位技術振興会：GNSS の基本知識，<https://jsapt.net/ja/post/17060701>（参照 2023-1-16）
- 3) 株式会社 CSS 技術開発：測量・3次元データのことなら，<https://www.css24.jp>（参照 2023-1-16）
- 4) 国土地理院：GNSS を使用した測定のいろいろ，<https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi45009.html>（参照 2023-1-16）
- 5) 内閣府：みちびき（準天頂衛星システム：QZSS）公式サイト，<https://qzss.go.jp/index.html>（参照 2023-1-16）
- 6) AKT 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/>（参照 2023-1-16）
- 7) 情報通信研究機構：電離圏観測の概要，<https://iono-syowa.nict.go.jp/iono/outline.html>（参照 2023-1-16）

岐阜県の都市公園における SDGs 政策の実施状況調査

EC19082 義村晴也

1. 研究背景と目的

新型コロナウイルス感染症拡大をきっかけに、キャンプなどのアウトドアをする人が多くなった中、近場で気軽に訪れることができる公園には、お年寄りや子供連れの家族、カップルで足を運ぶ人達が増えている。一方、持続可能な開発目標（SDGs）が世界的に重要視されている。市民にとって公園はやすらぎの場所として利用されており、環境や防災の観点からも非常に重要な空間であることから、公園が SDGs にどれほど対応できているか明らかにすることが重要であると考えられる。

そこで本研究では、岐阜県にある都市基幹公園、大規模公園において、SDGs の 17 目標に関連する政策がどれほど実施されているかを調査することを目的とする。さらに、新たな SDGs 政策に取り組むためには何が重要であるかを考察する。

2. 研究方法

本研究は、以下の手順で実施する。

- 1) SDGs の 17 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) 対象とする岐阜県の都市基幹公園、大規模公園の公式ウェブ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、写真やメモに記録する。
- 3) 調査結果を SDGs の目標ごとに集計する。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。

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

種別	定義
総合公園	都市に住む全体の人たちが、休憩、観賞、遊戯、運動など総合的に利用できるよう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ができるよう、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、緑化面積率 30%以上)
広域公園	主として一つの市町村の区域を超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）

持続可能な開発目標（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 カ国が達成を目指す 2016 年から 2030 年までの国際目標である。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目標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、岐阜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4 岐阜県の調査対象公園

名前	市	敷地面積
境川緑道公園	岐阜市	17.3h
柏森公園	岐阜市	27.5h
岐阜公園	岐阜市	21.4h
岐阜メモリアルセンター	岐阜市	23.0h
岐阜市畜産センター公園	岐阜市	26.5h
岐阜ファミリーパーク	岐阜市	58.6h
浅中公園	大垣市	11.8h
杭瀬川スポーツ公園	大垣市	15.0h
かみいしづ緑の村公園	大垣市	15.0h
城山公園	高山市	24.63h
中山公園	高山市	12.91h
喜多緑地	多治見市	29.2h
岐阜県百年公園	関市	100.0h
中池公園	関市	24.0h
中津川公園	中津川市	34.4h
星ヶ見公園	中津川市	15.1h
小倉公園	美濃市	10.2h
美濃市運動公園	美濃市	13.1h
瑞浪市民公園	瑞浪市	29.5h
まきがね公園	恵那市	11.7h
前平公園	美濃加茂市	13.1h
平成記念公園	美濃加茂市	107.0h
みのかも健康の森	美濃加茂市	128.0h
土岐市総合公園	土岐市	19.6h
木曽三川公園センター	海津市	12.2h
各務原公園	各務原市	10.2h
各務野自然遺産の森	各務原市	36.8h
オアシスパーク	各務原市	50.0h
花フェスタ記念公園	可児市	80.0ha
平田リバーサイドプラザ	海津市	27.0h
養老公園	養老郡養老町	78.5h
朝倉運動公園	不破郡垂井町	16.1h
半布ヶ丘公園	加茂郡富加町	10.3h
南山公園	可児郡御嵩町	11.3h

表2 SDGsの17目標のうち公園に関する項目

目標3	すべ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	住み続けられるまちづくりを
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	SDGs 3		SDGs 4	
政策	健康器具	ベンチ	子供が参加できるイベント	
Ox-				
目標	SDGs 6		SDGs 7	
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	
Ox-				
目標	SDGs 11		SDGs 12	
政策	ユニバーサルデザイン	誰もが参加できるイベント	管理人の駐在	公園の安全管理
Ox-				
目標	SDGs 13		SDGs 15	
政策	避難所の認知	防災倉庫	ゴミの清掃活動	保安林
Ox-				

4. 調査対象公園

訪問調査を実施する岐阜県の都市基幹公園、大規模公園を表4に示す。岐阜市の6つの公園をはじめ、34公園を対象とする。内訳は、総合公園が20、運動公園が7、広域公園が7である(図1)。

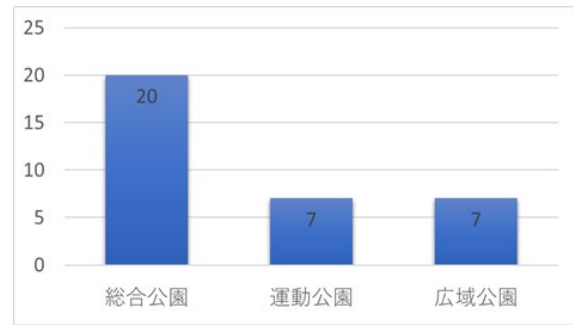


図1 調査対象公園の分類

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 土岐市総合公園の健康器具

(例2) 目標7「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」

写真2に示すように、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。



写真2 オアシスパークの太陽光パネル

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2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いたが、健康器具が設置されている公園は11にとどまっている。目標6に関連するバリアフリートイレの設置やトイレの洋式化にもほとんどの公園が取り組んでいる。

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3に示す。目標15に関連するゴミの清掃活動に取り組んでいる公園が最も多く、次いで目標11関連のユニバーサルデザインや管理人の駐在である。なお、34公園のうち、14公園は防災公園ではないため、目標13の防災倉庫の設置と避難所の認知の項目はカウントしていない(図3のグレーの分類)。

6.3 調査結果に関する考察

図2、図3の岐阜県における都市基幹公園、大規模公園の調査結果から、子供向けのイベントや誰でも参

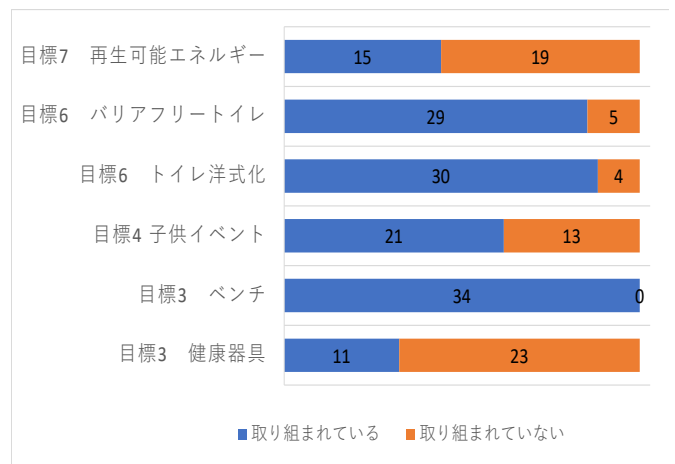


図2 目標3~7に関する政策の実施状況

加できるイベントに関する SDGs 政策が不足していると言える。これらの政策を実施すれば、地域の活性化や他県への魅力の発信といった効果が高まることも考えられる。

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、美濃加茂市の前平公園において新たな SDGs 政策に関する取り組みを考える。前平公園の SDGs 政策の現状を表 5 に示す。前平公園には約 3 ヘクタールの多目的広場が存在する(写真 3)。利用効果として、この場所でスポーツやレクリエーションを扱ったイベントや地元のお祭りを行うことで社会性の増進や美濃加茂市以外に住む人達への情報発信が期待できる。存在効果としては、現状でも木々や芝生がたくさん植えてあり心理的効果や災害防止効果が感じられる公園となっており、イベントの実施によりその意義の発信にもつながると考えられる。

8. まとめ

本研究では、公園が SDGs 政策とどのような関係があり、岐阜県の公園を訪問調査することにより、政策の実施状況について明らかにすることができた。

SDGs の政策は幅広く、県や市が「できそうなこと」「できること」から実施することで、公園の「将来の世代がそのニーズを満たせる能力を損なうことなしに、現在のニーズを満たす開発」ができると考えられる。また、政策を実施するだけでなく、発信していくことで地域の活性化にもつながると言える。

参考文献

- 1) 日本 SDGs 協会：SDGs について (参照 2022-12-10), <https://japansdgs.net/sdgs/>
- 2) 岐阜県：岐阜県の都市公園 (参照 2022-11-20), <https://www.pref.gifu.lg.jp/page/56663.html>
- 3) パークフル：岐阜県の大規模公園一覧 (参照 2022-12-20), https://parkful.net/parklist/park_gifu/
- 4) 地図ナビ：岐阜県の地図・場所 (参照 2022-12-20), <https://www.map-navi.com/a21.html>

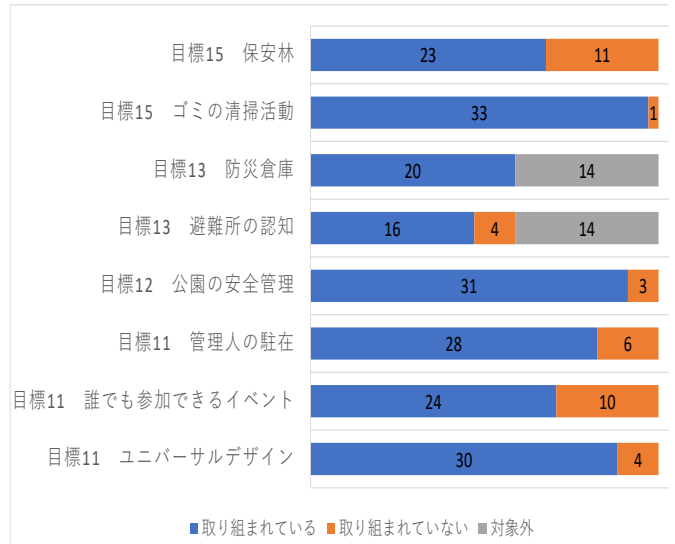


図 3 目標 11~15 に関する政策の実施状況

表 5 前平公園の政策

目標	SDGs 3		SDGs 4	
政策	健康器具	ベンチ	子供が参加できるイベント	
○×-	x	○	x	
目標	SDGs 6		SDGs 7	
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	
○×-	x	x	○	
目標	SDGs 11			SDGs 12
政策	ユニバーサルデザイン	誰もが参加できるイベント	管理人の駐在	公園の安全管理
○×-	x	x	x	○
目標	SDGs 13		SDGs 15	
政策	避難所の認知	防災倉庫	ゴミの清掃活動	保安林
○×-	○	○	○	-



写真 3 前平公園の多目的広場

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

EC19004 石川敬就

1. 研究背景と目的

近年、気候変動による豪雨災害が多発し、都市化によるコンクリート・アスファルト化が進むことによる河川への雨水流出量の増加やヒートアイランド現象といった問題が深刻化している。これらの問題に対し、土や路盤材に団粒化剤を配合することで、従来の単粒構造を団粒構造に変える団粒化技術(図 1-1)と植生を組み合わせた「アーバン・グリーンダムプロジェクト」を実施することにより、地盤の透水性能、保水能力を高め、河川の負担を減少し、気温上昇を抑制させることができる(図 1-2)。しかし、アーバン・グリーンダムプロジェクトについての研究は進んでおらず、定量的な評価は行われていない現状である。

そこで、本研究では、アーバン・グリーンダムプロジェクトについての検討を行うために透水特性から見た効果を定量的に評価することで、アーバン・グリーンダムプロジェクトによる地盤改良の効果を明確にし、技術導入の促進を目指すことを目的とする。

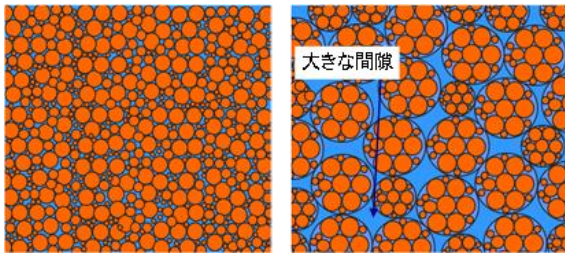


図 1-1 単粒構造の様子(左)と団粒構造の様子(右)

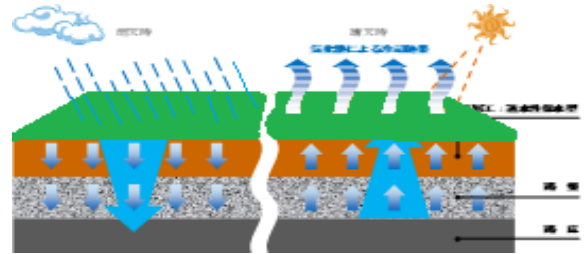


図 1-2 雨天時(左)と晴天時(右)のアーバン・グリーンダムプロジェクトの様子

2. 研究方法

1) 現場試験サイトの概要

滋賀県米原市柏原に土壌サイトを作成し、各現場試験・現地観測を行う。試験サイトは 8 地点であり、1 区画 2m×2m とし、土壌層と路盤層の土質や厚さがそれぞれ異なる(図 2-1)。実証区は 6 地点であり、対象区は 2 地点とした。

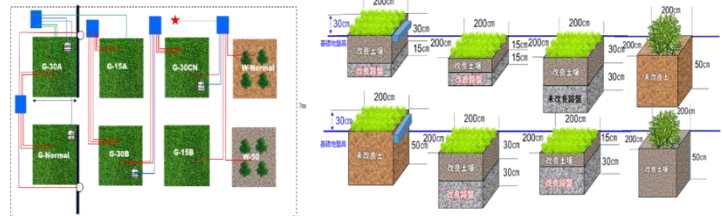


図 2-1 現場試験サイト(8 地点)概要

2) 透水試験

地表面で実施する場合の負圧で浸潤させる方法による現場透水試験を現地で行う。負圧浸入計を用いて、負圧を設定した浸潤水頭に調整し、各地点及び各土質で時間経過ごとの浸潤流量を計測する(図 2-2)。



図 2-2 負圧浸入計による現場透水試験

3) 現地観測

現場及び各試験サイトで現地観測を行う。計測量は降雨量、温度、湿度、日射量、風速等の気象データと土中水分量、土中温度であり、気象観測装置、土壌水分センサー、水ポテンシャルセンサー、温度センサー等を現場に設置し計測する。

4) 流出試験

実証区と対象区を対象として、雨樋を用いて、雨量計にたまった雨量及び流量計で雨樋に流出した流量をもとに流出量を計測する現場流出試験を行う(図 2-3)。



図 2-3 雨樋を用いた現場流出試験

3. 試験の結果

1) 現地観測

①観測結果

各試験サイトの土中水分量の分布を図 3-1 に、実証区(G-15A)と対象区(G-Normal)の土中水分量と現地の降雨量の関係性を図 3-2 に、気温と土中水分量の関係について図 3-3 に示す。

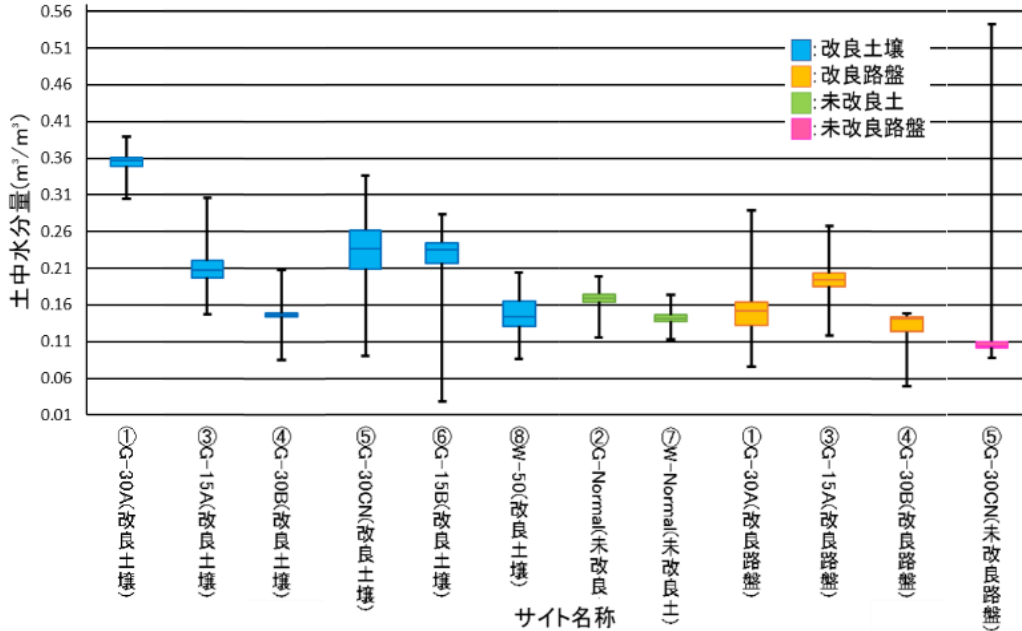


図 3-1 各試験サイトの土中水分量分布

図 3-1 より、土中水分量は土壌・路盤共に、対象区に比べ実証区の方が大きい値を示していることがわかる。よって、土中水分量はアーバン・グリーンダムプロジェクトにより増加していると考えられ、保水性の向上が見込めた。

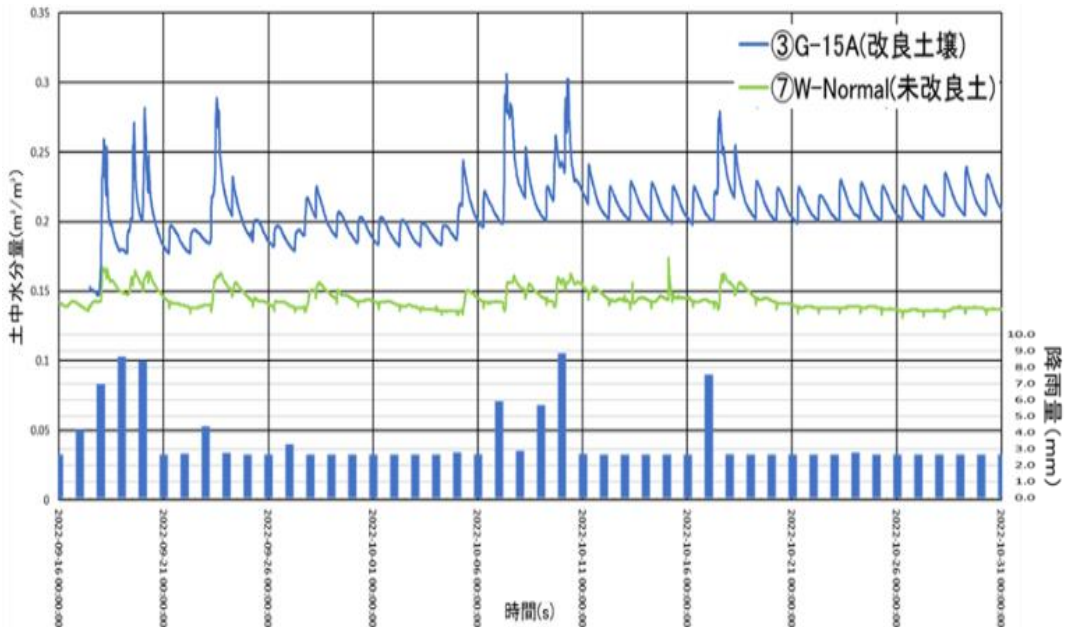


図 3-2 実証区と対象区の土中水分量及び降雨量推移

図 3-2 より、降雨量が大きい値を示す時間において、未改良土に比べ改良土壌では大きく土中水分量が増加していることが確認でき、雨水の吸収力及び保水能力が上昇しているとわかる。

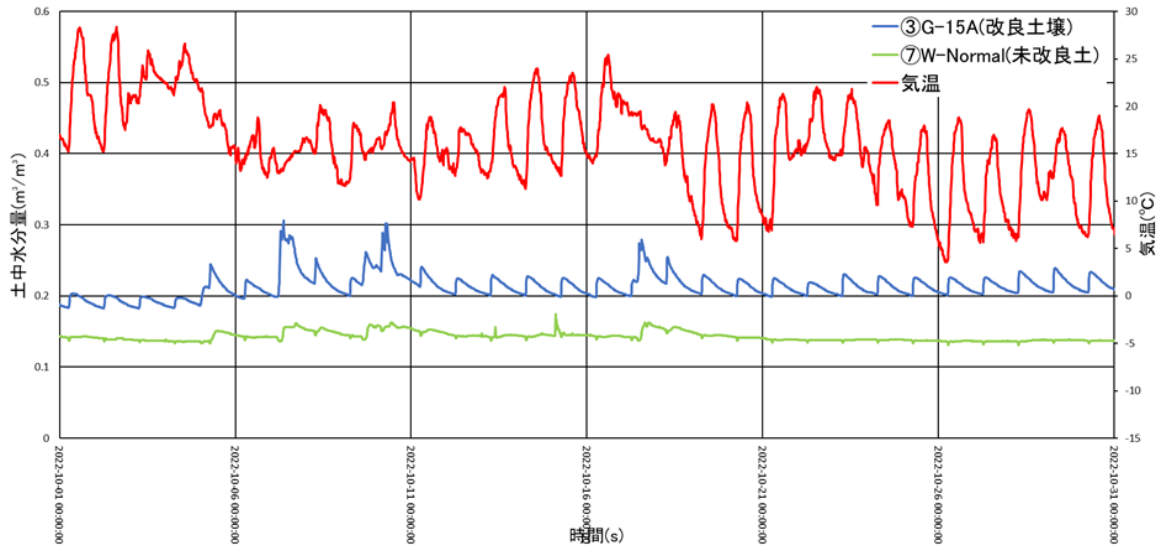


図 3-3 気温と土中水分量（改良土壌・未改良土）の推移

図 3-3 より、気温のグラフは昼と朝夜での温度差によって上下に振れながら推移している。ここで、改良土壌の土中水分量は、未改良土とは異なり気温の昇降に合わせて反比例に推移していることがわかる。このことから団粒化後の改良土壌は気温上昇に合わせて土中水分量が減少しており、気化熱による冷却効果を期待でき、気温上昇の抑制を見込めるのではないかと考えられる。

2) 流出試験

①試験結果の算定

1ヶ月ごとに得られたデータについて、降雨量計及び雨樋からの流量計のデータを用い流出量を算出する。降雨量計では降雨量計内に降った雨量を計測し、流量計では雨樋に流出した流量と雨樋に直接入った雨量を合計した量を計測する。流量計での計測量は、土壌サイトから雨樋への流量であるため、計測した雨量について雨樋の面積(長さ 234cm×幅 10cm)で乗じた値が流量計に直接入った降雨量であり、流量計の計測量から流量計に直接入った降雨量を減じた値が土壌サイト(2m×2m)での体積流出量となる。

②試験のまとめ

流出量について、実証区 (G-30A) と対象区 (G-Normal) の時間推移を図 3-4 に示す。

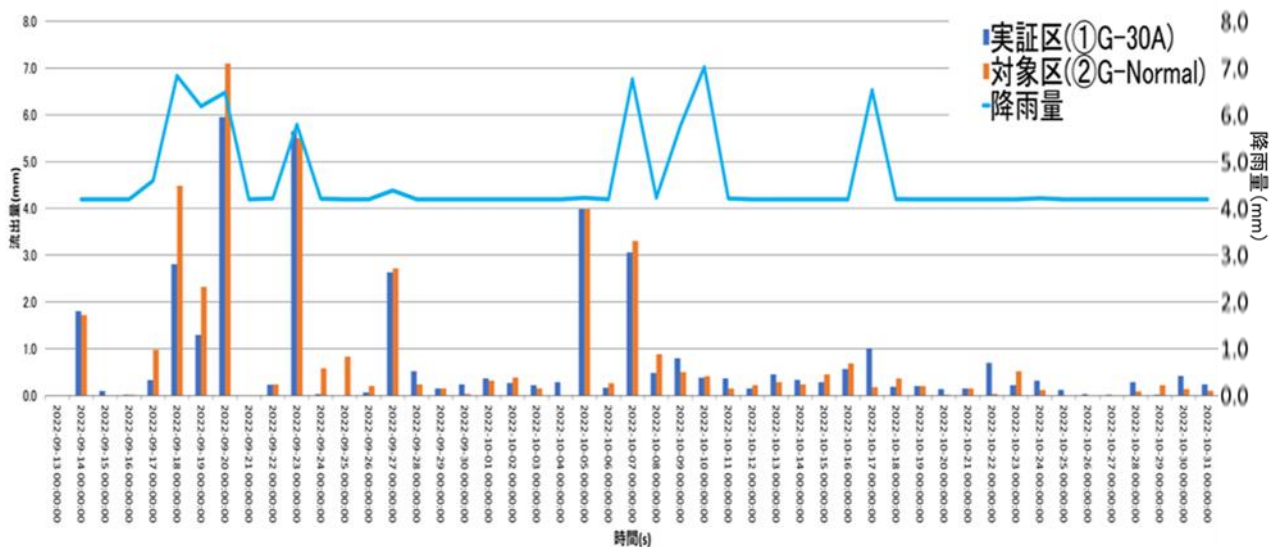


図 3-4 降雨量と流出量の推移

図 3-4 より、実証区と対象区の流出量を比較すると、降雨量が増加している時刻に伴ってどちらも流出量は増加しているが、ほとんどの時刻で対象区の流出量の方が大きい値を示していることがわかる。また、図 3-5 に示した、実証区と対象区の流出量の分布より、流出量の最大値は対象区の方が実証区よりも大きい値を示しており、分布も対象区の方が大きい値に広がっていることがわかる。これらの結果から、アーバン・グリーンダムプロジェクトの導入により、流出量の抑制効果が見込め、繰り返しの降雨にも効果を発揮することが可能であるとわかった。そのため、豪雨時にも降雨の河川への流出を防ぎ、河川の氾濫や増水被害の対策につながると期待できる。

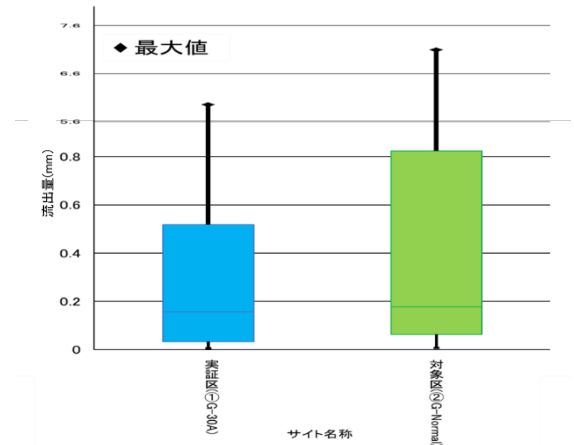


図 3-5 実証区と対象区の流出量分布

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- 1). 現地観測の結果より、土中水分量は土壌・路盤共に、実証区の方が対象区より大きい値に分布しており、降雨量の増加に伴い実施区のみ土中水分量の増加が見込めたことから、アーバン・グリーンダムプロジェクトによって保水力の向上及び透水能力の上昇が見込めると考えられる。
- 2). 土中水分量と気温の関係性について、実証区の土中水分量は気温上昇に伴って減少し、気温下降に伴って増加したことから、アーバン・グリーンダムプロジェクトによって、気温上昇時に土中内の水分が蒸発することで冷却効果が得られると推測でき、ヒートアイランド現象の対策として期待できると考えられる。
- 3). 現場流出試験の結果より、流出量は実証区よりも対象区の方が大きい値を示す傾向であったことから、団粒化によって雨水の流出量を抑制する効果が見込めるとわかった。また、定植後の試験実施であったことから、アーバン・グリーンダムプロジェクトにおける雨水流出量の抑制効果を期待できると考えられる。

以上の結果より、アーバン・グリーンダムプロジェクトによって透水性・保水性の向上が見込め、雨水を多く土中内に浸透させ、雨水の流出を抑制し、土中内に多くの水を保有できるようになることで、河川の負担の減少や気温上昇の抑制、緑化等に非常に有効的であることが示された。そのため、水害対策・ヒートアイランド現象の対策として効果が期待できるのではないかと評価できた。

謝辞

本研究を進めるにあたり、実験指導をいただいた中部大学教授杉井俊夫先生および実験協力・試験サイトの作成をいただいた株式会社成建の皆様、共同研究者の小林岳斗氏に記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 杉井 俊夫：ATTAC 工法による改良グラウンドの流出係数に関する研究，2021 年度全国トース技術研究組合研究報告集，pp1～4，2021
- 2) 西垣誠・杉井俊夫・細谷真一 ほか：新規制定地盤工学会基準・同解説地下水面より上の地盤を対象とした透水試験方法(JGS 1319-2017)，公益社団法人地盤工学会誌，pp9～17，2018.

原位置透水試験からの水分特性曲線の推定

EC19006 伊藤 海斗

1. はじめに

透水性及び、保水性は室内実験により得られてきた。しかし、室内実験では現場での試料のサンプリングや整形、乾燥密度の違い、境界条件の違いなどから、現場条件を十分に再現できないことがあり、現場での実験方法、評価方法が求められてきた。

2017年には、地盤工学基準(JGS1319-2017)¹⁾が制定されたが現場での「保水性」を測る方法がない現状にある。本研究では現場透水試験の結果を用いて水分特性曲線を推定し、現場での保水性評価の確立を目的とする。

2. 水分特性曲線と van Genuchten モデル

本研究では、現場での保水性評価を行うために現場透水試験の結果を用いて、保水性評価を行う。この保水性の評価には土中水の吸引圧と水分量の関係を表す水分特性曲線で評価することにした。水分特性曲線は負の圧力水頭 h_p (cm)と有効飽和度 Se (-)の関係を表したもので、曲線の内側の面積の大きさを保水性を評価することが可能である。

水分特性曲線の関数として式(1)に示す van Genuchten モデル(以降 vG モデル)がよく使用されており、vG モデルのパラメータである α と n を求めることで水分特性曲線を推定することができる。

$$Se = \frac{1}{(1 + |\alpha_w h|^n)^{\frac{1}{n}}} \dots (1)$$

ここに、 Se ：有効飽和度(-)、 h ：負の圧力水頭(cm)、 α_w 、 n ：vG パラメータとする。

α_w と n は水分特性曲線の形状に影響を与える。本研究では吸水過程であるため、 α_w は水浸入値の逆数であり(図1参照)、 n は水分特性曲線の勾配に影響を与えるパラメータとなっている。負圧浸入計を用いた現場透水試験の結果から、水浸入値の逆数が α_w に相当すると石井ら²⁾の研究で得られている。

3. n の推定

本研究では、vG モデルのパラメータである n を推定していく。ただし、本研究より推定した n は n' と称した。本研究の n' の推定方法は、間隙径分布と粒度分布、90度傾けた水分特性曲線と間隙径分布の形状がほぼ一致していると川部らの研究³⁾により得られていることから、90度傾けた水分特性曲線と粒度分布の形状と勾配もほぼ一致するものと仮説を立てた。(図2、図3参照)

水分特性曲線は大きな粒径に影響を受けやすいことや実験データの信頼性もあり、 D_{50} 以上の粒度分布で卓越した勾配を基準として D_{100} と D_0 を推定し、式(2)のような形で n' を求めた。

$$n' = \frac{1}{\log\left(\frac{D_{100}}{D_0}\right)} \dots (2)$$

ここに D_{100} ：100%粒径(mm)、 D_0 ：0%粒径(mm)とする。

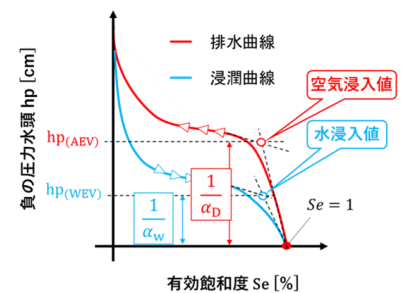


図1 水分特性曲線

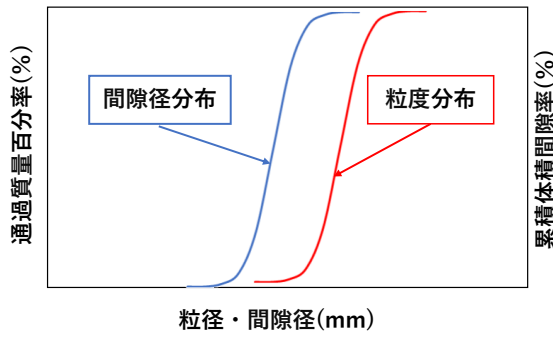


図2 間隙径分布の粒度分布の形状

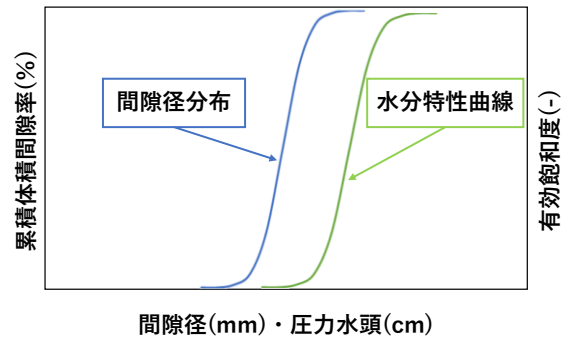


図3 間隙径分布の水分特性曲線の形状

3. 負圧浸入計を使用した室内保水性試験の結果からの検証

負圧浸入計を用いて現場を模擬した室内保水性試験を行った。負圧浸入計とは、一定の圧力を負荷しながら試験地盤を湿潤させ、湿潤開始からの経過時間と、経過時間あたりの浸潤流量から透水係数を求める試験機である。図4に示す負圧浸入計は、上部が圧力調整タンク、下部が浸潤させる水を入れる主タンクとなっている。圧力調整タンクでは、試験地盤に負荷する浸潤水頭の大きさを調整することができ、主タンクの残量に関わらず、常に一定の浸潤水頭を保ったまま試験を行うことが可能である。したがって、大きな圧力を掛けずに浸潤可能なため、軟弱地盤に対しても適用可能である。しかし、従来の負圧浸入計では圧力水頭の大きさが足りていなかったため、負圧浸入計に改良を加えた。(図5参照)

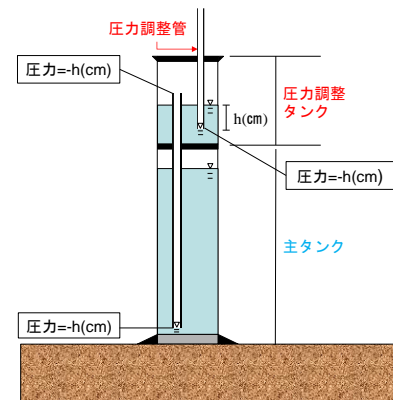


図4 負圧浸入計

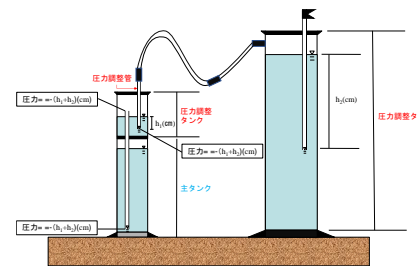


図5 改良型負圧浸入計

本研究では、三河珪砂4号、6号、8号を使用し、水頭を変化させて試験を行った。試験の測定場所は各地点場所同士で影響を与えないようにするため、図6のように配置して行った。石井らによると現場飽和透水係数を算出する過程で、得られる飽和湿潤水頭が水浸入値となり、また、vGモデルのパラメータ α の逆数になることは一般的に知られており、図7のように各砂の α_w を算出した。

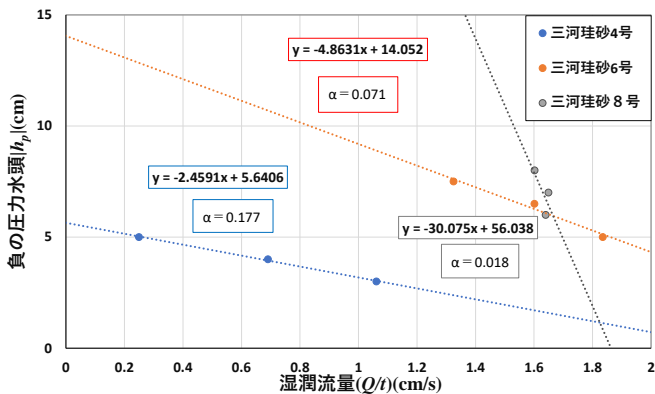


図7 潤流量 Q/t (cm³/s) と 湿潤水頭 h_p (cm) の関係

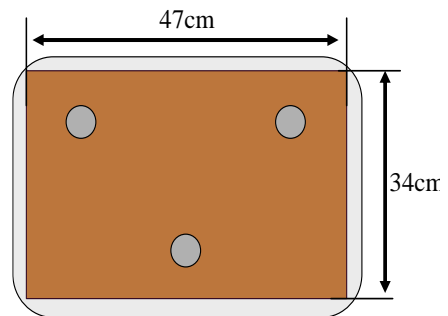


図6 試験場所

続いて vG モデルのもう一つのパラメータである n' の推定を行っていく。粒度試験の粒度分布(図 8 参照)を用いて、 n' を求めていく。森ら⁴⁾の研究によって勾配から n を推定するには近似直線の傾きの逆数である 1.8 倍することで n' が推定できると得られている。求めた α_w と n の値を表 1 に示す。

本研究と室内試験の水分特性曲線の比較を行うために式(3)を用いて乾燥密度を求めていく。求めた乾燥密度を表 2 に示す。

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \dots (3)$$

ここに、 ρ_d : 乾燥密度(g/cm³)、 m_s : 土粒子質量(g/cm³)、 V : 体積(cm³)である。

4. 室内試験からの検証

負圧浸入計を用いた試験の結果と比較するために室内試験を行った。試験装置は図 9 示すように 2 連式で、主に供試体を格納して加圧するチャンバーの他、電子天秤、コンプレッサー、テンシオメータ、空気圧センサー、電磁弁、PLC(プログラムロジックコントローラ)、パソコンからなっている。供試体用モールドは、体積変化を外から確認できるように透明のアクリルを使用している。飽和体積含水率から、各時間の供試体の水分量を求め、供試体内の水の体積を V_w 、供試体の体積を V として算出し、各時間における式(4)より、体積含水率 θ を算出した。また、空気圧センサーで求めた間隙空気圧 u_a とテンシオメータで計測された間隙水圧 u_w から式(5)より負の圧力水頭 h_p を求めた。

$$\theta = \frac{V_w}{V} \dots (4) \quad h_p = |u_a - u_w| \dots (5)$$

式(4)より算出した体積含水率 θ を用いて、式(6)より、有効飽和度 Se を算出した。

$$Se = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \dots (6)$$

ここに、 Se : 有効飽和度(-)、 θ : 体積含水率(-)、 θ_r : 残留体積含水率(-)、 θ_s : 飽和体積含水率(-)である。

続いて求めた負の圧力水頭 h_p と有効飽和度 Se を用いて数値解析を行い α_w と n を求め、値を表 3 に示す。

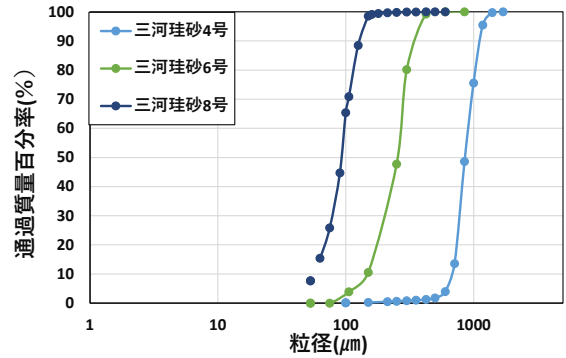


図 8 三河珪砂の粒度分布

表 1 三河珪砂の α_w と n

試料名	α_w	n
三河珪砂4号	0.177	6.929
三河珪砂6号	0.071	4.562
三河珪砂8号	0.018	5.353

表 2 三河珪砂の乾燥密度

	三河珪砂4号	三河珪砂6号	三河珪砂8号
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.42	1.35	1.41

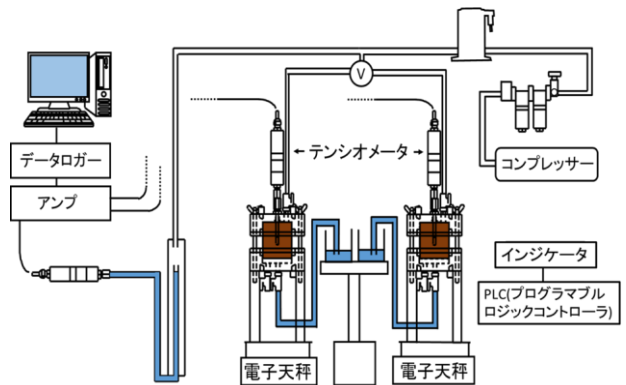


図 9 室内試験の概略図

表 3 三河珪砂の α_w と n

試料名	α_w	n
三河珪砂4号(室内試験)	0.152	8.309
三河珪砂6号(室内試験)	0.046	5.785
三河珪砂8号(室内試験)	0.011	9.851

室内保水性試験で求めた α と n' を用いて、vG モデルの式に代入し、有効飽和度 Se を求める。縦軸に負の圧力水頭 $|h_p|$ (cm)、横軸に有効飽和度 $Se(-)$ を取り、水分特性曲線を作成し、室内試験の水分特性曲線との比較を行った。図 10 の室内試験の水分特性曲線と現場を模擬した室内保水性試験の水分特性曲線の形状を比較すると、三河珪砂 4 号、6 号は類似していることがわかる。8 号は室内試験において供試体作成時に水中落下により密になってしまい乾燥密度と水浸入値が高くなってしまったことが原因であると考えられる。また、室内試験と現場を模擬した室内保水性試験の試料は乾燥密度が同じであるため、この結果より負圧浸入計を用いて地盤工学会基準(JGS1319-2017)に従って行った現場を模擬した室内保水性試験の結果から本研究で提案する水分特性曲線を推定することができ、提案する方法の検証を得られた。参考までに、図 11 は現場透水試験で求めたマサ土の水分特性曲線である。マサ土でも適用可能であった。

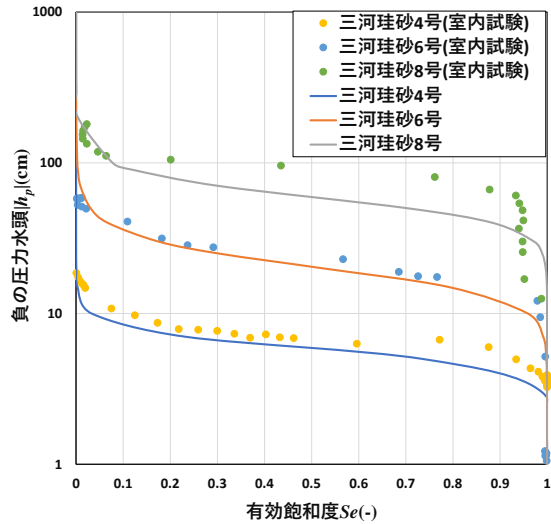


図 10 水分特性曲線の比較

5. おわりに

現場を模擬した室内保水性試験と粒度分布の結果が、vG モデルのパラメータを求めることができ保水性を示す水分特性曲線を求めることができた。また、室内試験の水分特性曲線と比較し、三河珪砂 4 号、6 号の水分特性曲線の形状がほぼ一致したため、本研究で提案する方法の検証を得られた。

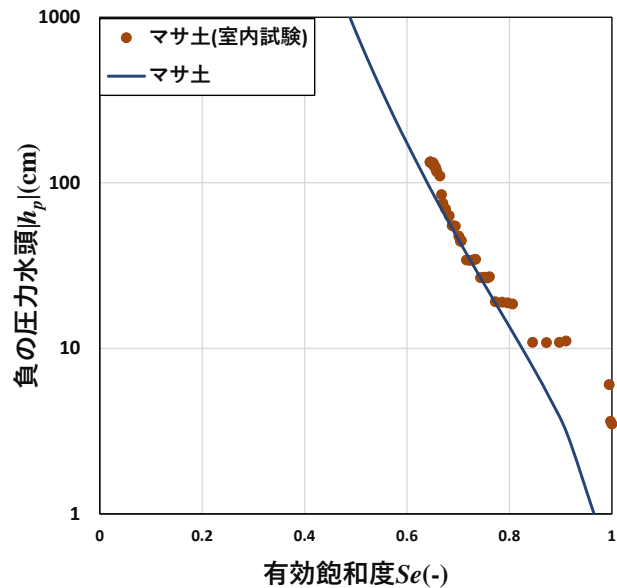


図 11 マサ土の水分特性曲線の比較

【謝辞】

本研究室の山田紘輝氏の協力を得ました。ここに記して誠意を表します。

【参考文献】

- 1) 地盤工学会：新規規定地盤工学会基準・同解説 地下水面より上の地盤を対象にした透水試験方法(JGS 1319-2017)
- 2) 石井雅都・杉井俊夫：原位置における透水性・保水性に関する研究，土木学会中部支部研究発表会，pp3-30，2019
- 3) 川部らら・杉井俊夫：土の間隙構造を評価するための間隙径分布の計測，土木学会中部支部研究発表会，pp.17-18，2019
- 4) 森太俊：原位置での保水性試験に関する研究，2019年度卒業研究論文概要

アーバン・グリーンダムプロジェクトによる緑化への効果

EC19035 小林 岳斗

1. 研究背景、目的

近年日本では短時間に記録的な豪雨が頻発し、甚大な水害をもたらすことが増加している。更に都市全体の気温が上昇するヒートアイランド現象が問題になっており、早期の解決が求められている。これらの対策として、団粒化技術に着目する。この団粒化技術(図-1)¹⁾で地盤改良を行うことで地盤の透水性能、保水能力の向上により河川流入量の低減や、地表面の温度上昇の抑止が期待できる²⁾。更に土の団粒化技術と植生を組み合わせることで、双方の利点を活かし都会に緑とダム機能を両立させ、治水と温暖化防止を目的とする発想が「アーバン・グリーンダムプロジェクト」(図-2)である。

本研究では団粒化技術と植生を融合することにより流出量と浸透量の変化や植物の生育への影響を定量的に評価することを目的とする。

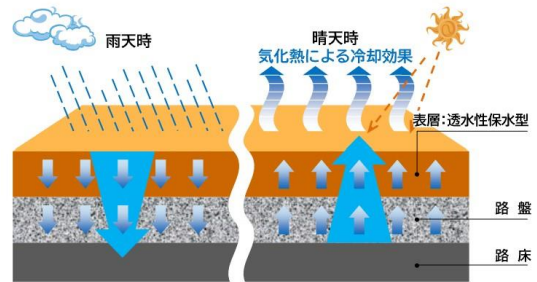


図-1. 団粒化の効果



図-2. アーバン・グリーンダムプロジェクト

2. 実験

1.) 流出試験

目的: 米原市柏原にて設置したケースにて降雨量と流出量を比較することで、植生を行った団粒化地盤と非団粒化地盤の流出量及び土中浸透量の評価をする。

方法: 9/13 19:00 から 10/24 24:00 までの 966 時間で降った雨を対象に、体積流出量と体積地盤浸透量を求める。実験には 2 つのケース(図-3)(図-4)を用いる。2 つのうち G-30A は団粒化改良した土壌と団粒化した土壌を持ち、G-Normal は未改良の土壌を持つ。それぞれのケースは 5 度傾斜させており、降水により地盤に浸透せず流出した水が下部に設置した樋に流れるようにし、流れた流出量を計測する。また、ケースの横には雨量計を設置し、ケースに降る雨量と同じ条件の単体の降水量を計測できるようにする。それぞれのデータは 15 分ごとにクラウド上にアップされ、遠隔地でも取り扱えるようにした。

結果: 流出量が G-Normal > G30A、つまり団粒化が流出量を抑える効果が発揮されているのは 124 時間であった。流出量が G-Normal < G30A、つまり改良の効果が無かったのは 80 時間であった。(図-5) 浸透量が G30A > G-Normal、つまり団粒化が流出量を抑える効果が発揮されているのは 124 時間であった。流出量が G30A < G-Normal、つまり改良の効果が無かったのは 79 時間であった。(図-6) よって、約 40 日の期間内で団粒化地盤の方が 1.55 倍流出量を低減し、1.56 倍浸透量が増加した。

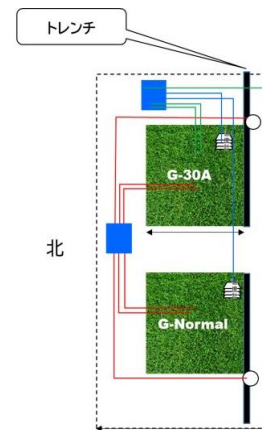


図-3. 配置図



図-4. 流出試験の様子

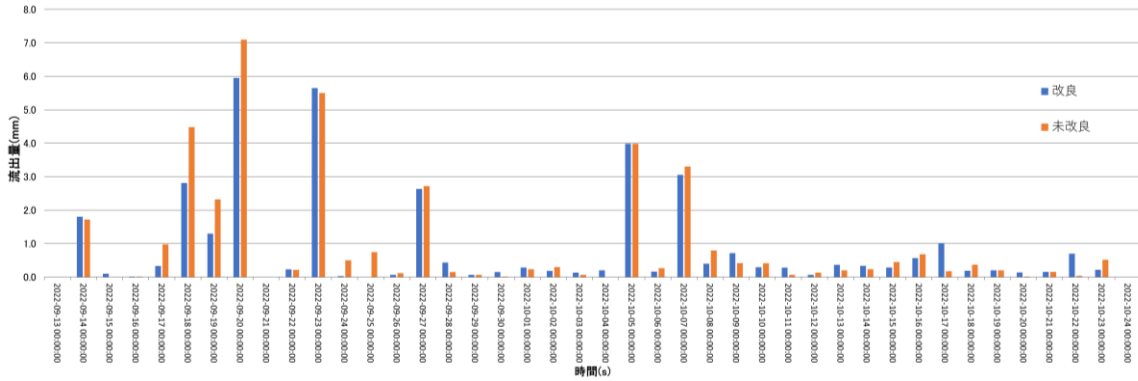


図-5. 流出量比較グラフ

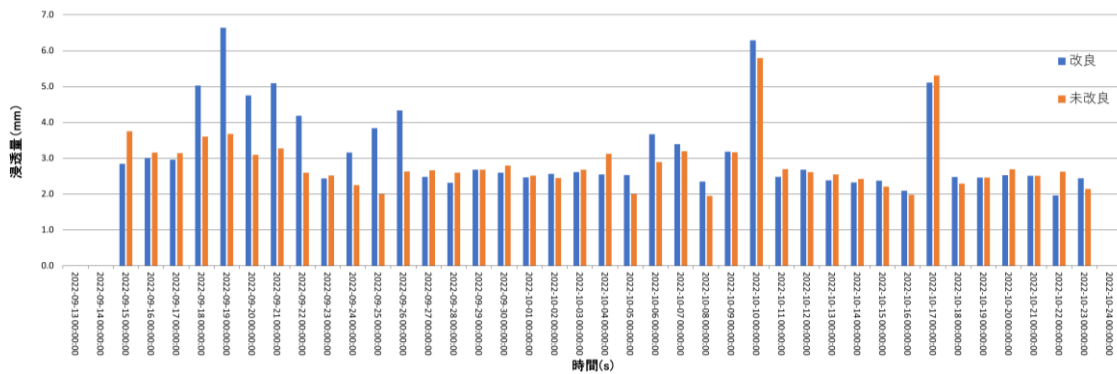


図-6. 浸透量比較グラフ

雨量ごとの改良前後の流出量及び浸透量の差の平均を比較すると、雨量が増加するにつれて加速度的に差の数値が増加してことがわかる。雨量が 1.00mm/h のときは改良前後の流出量差が 0.06mm/h なのに対し、雨量が 6.00mm/h のときは流出量差が 1.37mm/h になっており、約 22.83 倍の差があることがわかる。(図-7) また、浸透量は雨量が 1.00mm/h のときは改良前後の浸透量差が 0.03mm/h なのに対し、雨量が 6.00mm/h のときは浸透量差が 1.70mm/h になっており、約 56.67 倍もの差があることがわかる。(図-8) よって、雨量が増加するほど団粒化改良が持つ浸透量増加作用が発揮され、流出量の抑制につながっていると考えることができる。

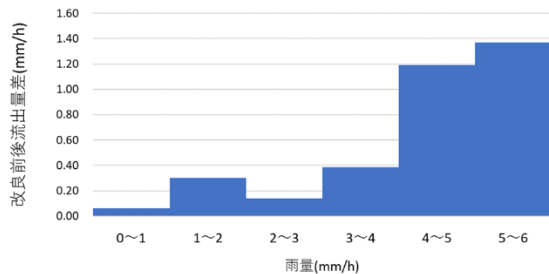


図-7. 改良前後流量差

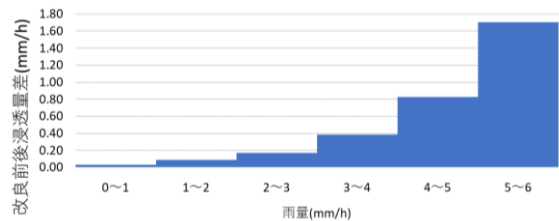


図-8. 改良前後浸透差

流出量・浸透量共に最も差があったのは9月19日の13:00であり、改良土流出量 0mm/h に対し、未改良地盤流出量が 2.3mm/h であった。また、改良地盤浸透量が 6.6mm/h に対し未改良地盤浸透量は 3.7mm/h であった。よって、団粒化改良により流量当たり最大約 2.3 倍流出量を抑えられ、最大約 1.8 倍水の浸透が出来ることがわかった。以上の点より団粒化改良に期待する流出量の減少、浸透量の増加の効果が表れていることがわかる。よって今回は植生をしたケースにて実験を行ったので、

植生は団粒化の持つ効果を阻害しないことがわかった。よって、植生と団粒化技術の治水的利用における融合は可能であるといえる。今後の展望として、今回は植生をした2ケース間で実験をしたが、植生をしていない改良ケース、未改良ケースを実験対象として実験することで植生が団粒化改良にどの程度影響しているのかを検証することができると考える。

2.) 植生の育成状況の観察

目的：実験現場に設置した6つのケース上(図-9)(図-10)にて、団粒化の有無により植物の生育にどのような影響を及ぼすのかを比較し観察する。試験により得られたデータから実際にアーバン・グリーンダムプロジェクトを都市で実施する際に適切な土壌厚さ、地盤厚さで施行することで、植生の効果を最大限活かし、施工費用の削減や工期の短縮も見込めると考える。

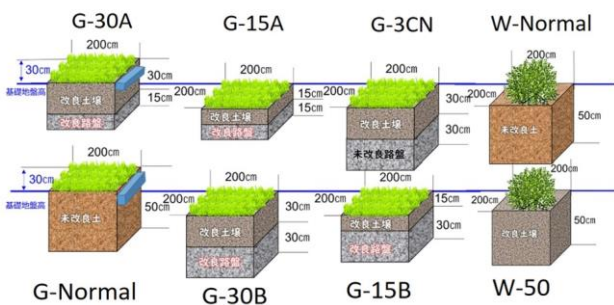


図-9. 各ケースの寸法および層の種類



図-10. 9月17日の植生の生育状況

方法：コウライシバを定植した6つのケースの生育状況を写真で撮影し、画像全体の平均RGBをAdobe Photoshopを用いて解析する。RGBとはRed Green Blueの頭文字であり、それぞれ256の段階がある。この3色組み合わせることによって多くの色を表現することができ、パソコンなどの液晶パネルに使用されている。算出されたRGB(図-11)を用いて、VARI⁴⁾を算出することで植生の活性度が検証する。VARIとはRGBを用いた計算をすることで植生の部分活性度を算出できる指標であり、算出は画像の各RGBの値を用い、 $VARI = (Green - Red) / (Green + Red - Blue)$ である。算出される値は1~-1であり、この値が大きいほど植生の活性度が高いことがわかる。

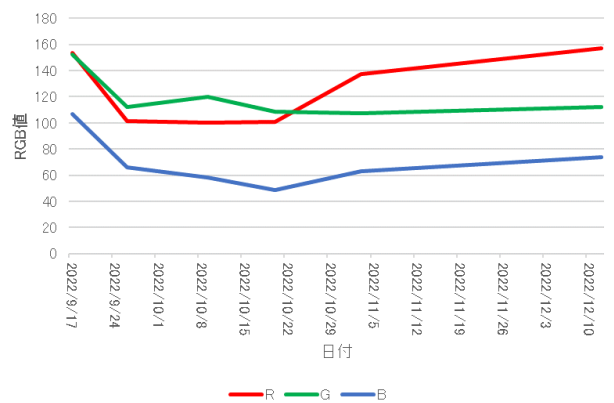


図-11. G30AのRGBの変移

結果：生育期の活性度の上昇は生育期の中に土中または路盤に団粒化改良をしているグループ(G30A,G15A,G30CN,G30B,G15B)のVARIの値が平均して約0.139上昇したのに対し、未改良のG-NormalのVARIの値の上昇はわずか約0.084であった。この結果から、団粒化しているグループは生育期に1.650倍VARIの上昇が早く、団粒化改良が植生の活性度に好影響を与えていることがわかった。

次に30cmの土壌を持つG30Aと15cmの土壌を持つG15Aを比較する。G30AはG15Aよりも1.735倍高い土壌土中水分量をもつことから保水効果によりG15AよりもVARIの減少が穏やかであることがわかった。よって厚い土壌は保水により植生の活性度の上昇に好影響を及ぼすことがわかった。

次に 15cm の路盤を持つ G30A と 30cm の路盤を持つ G30B を比較する。G30A の路盤土中水分量は平均して 0.146mm^3 であり、G30B の路盤水分量は 0.134mm^3 である。土壌では厚い方が土中水分量は高かったのに対し、路盤では厚い方が路盤土中水分量は低い結果となった。以上の結果より、厚い土壌と薄い路盤をもつ G30A は団粒化構造の持つ保水作用を効率よく発揮し、活性度の上昇は緩やかであるが、活性度の減少は最も緩やかであり、枯れにくい特性を持つことがわかった。

植生の枯れる速度が遅いということは団粒化構造の作用を発揮し保水をし、植物に水を与えている証拠であると考えられる。アーバン・グリーндаムプロジェクトでは植生の持つ緑がより長く続いた方が、地表温度の上昇の抑止が出来ると考えられる。よって今回の実験では G30A の条件が最も団粒化構造の利点を引き出すと共に植生の生育に適している条件であることがわかった。

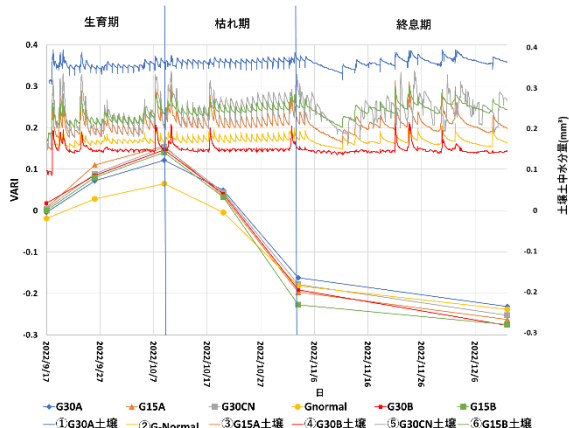


図-12. VARI の変移と土中土壌水分量

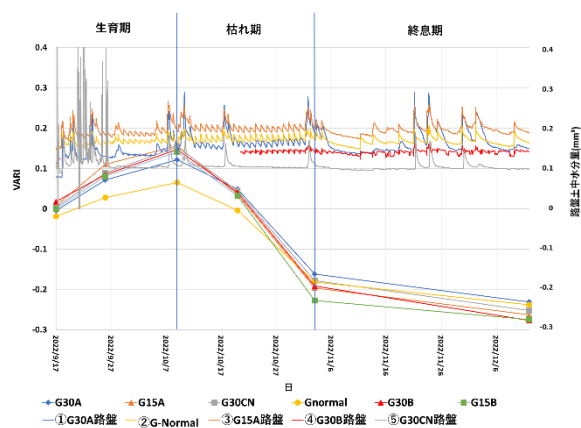


図-13. VARI の変移と土中路盤水分量

3. 終わりに

本研究の目的は団粒化技術と植生を融合することにより流出量と浸透量の変化や植物の生育への影響を定量的に評価することであった。流出試験を通して植生をした地盤でも団粒化構造の持つ透水性・保水性は保持されることがわかった。また、団粒化地盤と非団粒化地盤では団粒化地盤の方が植生の活性度が高く、団粒化が植生に好影響を及ぼすことがわかった。また、土壌及び路盤の土中水分量により植生の活性度が変化することを得られたので、アーバン・グリーндаムの実現に向けての可能性を得ることが出来た。植生の生育状況については本研究にて使用した VARI の他にも赤外線機器を利用した活性度評価方法もあるので、今後の検討課題である。今後の研究の発展により更に効率の良い地盤厚さと植生の関係や、植生と団粒化構造の組み合わせによる相乗効果を調査することでアーバン・グリーндаムプロジェクトが現実味を帯び、より暮らしやすく安全なまちを作ることに繋がると考える。

【謝辞】

滋賀県米原市柏原にて現地観測及び実験の協力をしていただいた株式会社成建及び、ご指導いただきました中部大学杉井俊夫教授と共同研究者の石川敬就氏に記して感謝申し上げます。この研究は国土交通省・公益財団法人都市緑化機構、グリーンインフラの普及に資する緑化関連技術の「先駆的な緑化技術開発のための実証調査」の公募研究の補助を受けて実施しています。ここに記して感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 全国トース技術研究組合マニュアル：2016.
- 2) 杉井 俊夫：ATTAC 工法による改良グラウンドの流出係数に関する研究，2021 年度全国トース技術研究組合研究報告集，pp.1-4，2021.
- 3) Gitelson, A., et al. "Vegetation and Soil Lines in Visible Spectral Space: A Concept and Technique for Remote Estimation of Vegetation Fraction." *International Journal of Remote Sensing* 23 pp. 2537-2562, 2002.

堤防越流を考慮した間隙空気圧を把握するための気液 2 相流解析に関する研究

EC19043 鈴木 啓生

1. 研究背景と目的

近年、気候変動の影響で、スーパー台風や豪雨が頻発し、災害の規模が激甚化している。これに伴って河川では越水することが増加している。国土交通省は、越水に対して粘り強い堤防に取り組んでいる。そこでは、越水した場合でも決壊までの時間を少しでも長くする粘り強い性能が求められている。しかし、堤防決壊メカニズムの解明や、越流した際に決壊・非決壊を分ける要因の分析が不十分であることが現状である。今まで空気は水よりも土の中をすばやく移動できるとして、その影響を無視されて解析されてきた。そのため、雨やのり面被覆などで空気の逃げ道が制限され、越流にいたるまで堤体内に残った空気圧が堤防にどのような影響を及ぼすか把握しきれていない。そこで本研究は、越流時における堤体内の間隙空気圧の挙動を解明するために、その基礎として有限要素法による気液二相流の解析コードを作成し、発生する空気圧の大きさを調べることを目的としている。

2. 研究方法

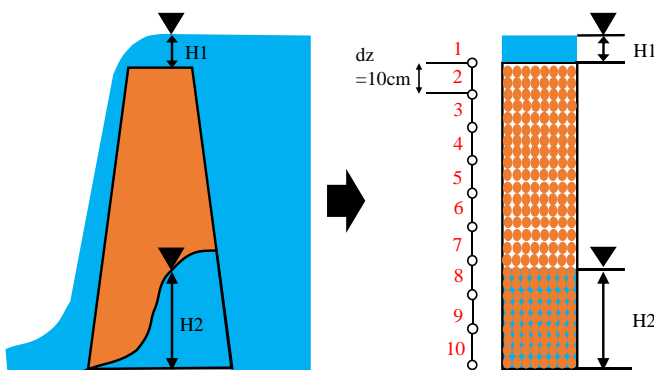


図 2.1 実際の堤防と解析モデル

解析を行う上で解析モデルは図 2.1 のような接点 10、dz=10cm、高さ 90cm の鉛直 1 次元の土柱を考え、越流浸透の解析を行なう。しかし、初期条件に不飽和状態での間隙水圧と間隙空気圧を知る必要がある。よって、越流浸透の解析の前に、重力のみで排水する重力排水と空気圧を加えて排

水する強制排水の解析も行う。解析で求めるものは、間隙水圧と間隙空気圧を水頭換算したものである。

2.1 支配方程式の誘導

水と空気の支配方程式は、リチャーズの式と連続の式を組み合わせ誘導を行い、これを連立して解く。

(水相)

$$nC \left(\frac{\partial p_a}{\partial t} - \frac{\partial p_w}{\partial t} \right) = \frac{\partial}{\partial x_z} \left\{ k_{rw} \frac{K_{ij}}{\mu_w} \left(\frac{\partial p_w}{\partial x_z} + \rho_w g \right) \right\} \quad (1)$$

(空気相)

$$n \left\{ (1 - S_w) B - \frac{c}{\beta_a} \right\} \frac{\partial p_a}{\partial t} + n \frac{c}{\beta_a} \frac{\partial p_w}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_z} \left(\frac{1}{\beta_a} k_{ra} \frac{K_{ij}}{\mu_a} \frac{\partial p_a}{\partial x_z} \right)$$

$$B' = \frac{\partial}{\partial p_a} \left(\frac{1}{\beta_a} \right), \quad C' = \frac{\partial S_w}{\partial p_c} \quad (2)$$

K_{ij} が等方性 ($K_{11} = K_{22} = K_{33} = K_{44} = k$) かつ、 $i \neq j$ のとき $K_{ij} = 0$ の場合は、

$$\mu'_w = \frac{\mu_w}{\rho_w g}, \quad \mu'_a = \frac{\mu_a}{\rho_w g},$$

$$K_w = \frac{K_{ij}}{\mu_w'} = \frac{k}{\mu_w}, \quad K_a = \frac{K_{ij}}{\mu_a'} = \frac{k}{\mu_a} \quad (3)$$

ここに、 n は空隙率、 S_w は水の飽和度、 p_w は圧力水頭、 p_a は空気圧を圧力水頭に換算したもの、 p_c は毛管圧を圧力水頭に換算したもの、 t は時間、 β_a は構成体積率、 k_{rw} は相対透水係数、 k_{ra} 相対透気係数、 K_{ij} は地盤の固有透過度テンソル、 μ_w は水の粘性係数、 μ_a は空気の粘性係数、 ρ_w は水の密度、 g は重力加速度である。

水相と空気相の支配方程式に関係を持たせるために式(4)のサクシヨンの関係を用いる。

$$p_c = p_a - p_w \quad (4)$$

さらに、飽和度とサクシオン p_c の関係には、式(5)の Van Genuchten モデルの式を用いる。

$$S_e = \{1 + |\alpha p_c|^l\}^{-m} \quad (5)$$

$$S_e = \frac{S_w - S_r}{1 - S_r} \quad (6)$$

$$m = 1 - \frac{1}{l} \quad (7)$$

ここに、 S_e は有効飽和度、 α 、 l 、 m は形状パラメーター、 S_r は残留飽和度である

2.2 エクセルを用いた FEM

Python で解析コードを作成する前段階としてエクセルで FEM を作成した。しかし解析に時間がかかりすぎたため、重力排水のみ解析を行なった。

2.3 Python を用いた解析コードの作成

解析のプログラム言語は python を用いる。PC スペックに依存することなく解析を行なうことができる「Google Colaboratory」というアプリを用いた。

2.4 解析ケース

3種の解析ケースをそれぞれ図 2.2、図 2.3、図 2.4 に示す。また、各ケースの境界条件を以下のようにした。土中の上端が $x = 0$ 、下端が $x = L$ である。

(Case1) 重力排水：重力のみで排水する。

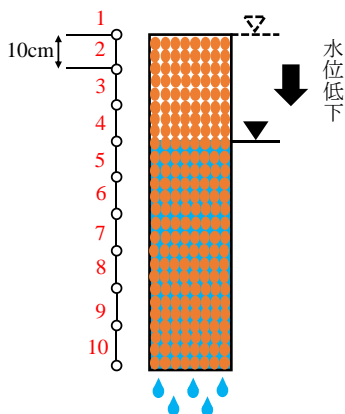


図 2.2 重力排水

$$\begin{aligned} p_w(0, t) &= p_c(0, t) - p_c(dz, t) \\ p_w(L, t) &= 0 \\ p_a(0, t) &= 0 \\ p_a(L, t) &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

(Case2) 強制排水：上端から空気圧を水頭換算値 30cm で負荷する。

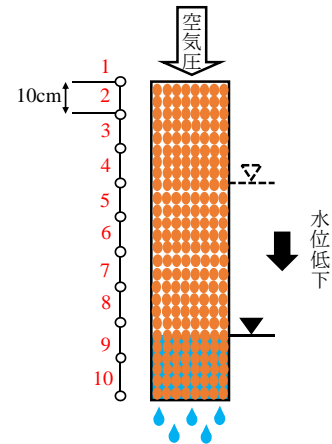


図 2.3 強制排水

$$\begin{aligned} p_w(0, t) &= p_c(0, t) - p_c(dz, t) \\ p_w(L, t) &= 0 \\ p_a(0, t) &= -30 \\ p_a(L, t) &= 0 \end{aligned} \quad (9)$$

(Case3) 越流浸透：上端に越水深 30cm、下端からの浸透、供試体の長さ(90cm)+越水深(30cm)の 120cm の水圧で負荷する。

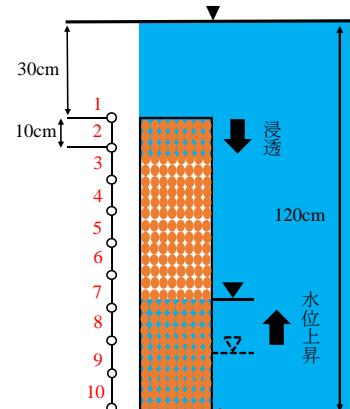


図 2.4 越流浸透

$$\begin{aligned} p_w(0, t) &= 30 \\ p_w(L, t) &= 120 \\ p_a(0, t) &= 0 \\ p_a(L, t) &= 0 \end{aligned} \quad (10)$$

3.解析結果

(Case1) 重力排水の場合の間隙水圧、飽和度の時系列分布を図 3.1 および図 3.2 に示す。なお、重力排水時の間隙空気圧は常に大気圧に触れているため全てゼロである。図 3.1 の 1 秒後の土柱内に

間隙水圧の高い箇所が残るが、徐々に減少している。

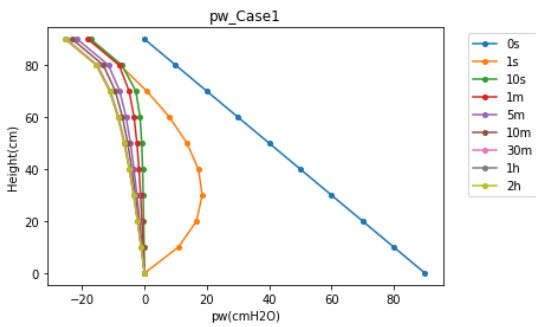


図 3.1 間隙水圧(重力排水)

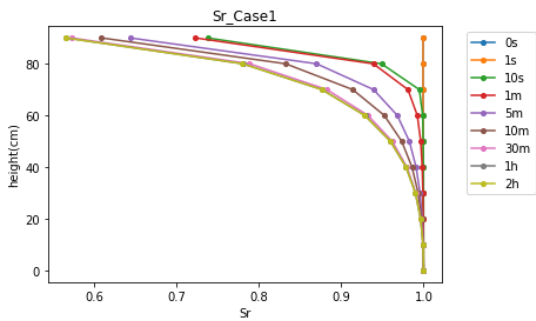


図 3.2 飽和度(重力排水)

(Case2) 強制排水時の間隙水圧、飽和度、間隙空気圧の時系列分布を図 3.3~3.5 に示す。間隙水圧と飽和度が上部で一部揺らぐが排水している。

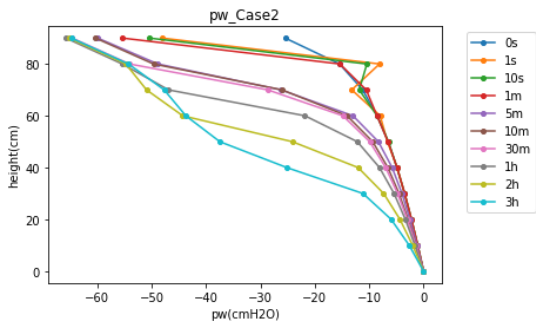


図 3.3 間隙水圧(強制排水)

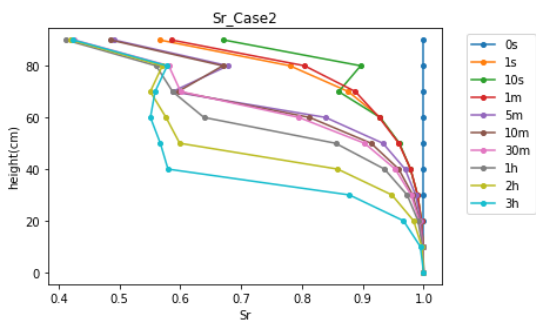


図 3.4 飽和度(強制排水)

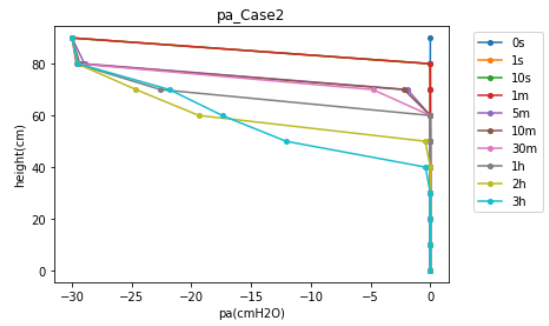


図 3.5 間隙空気圧(強制排水)

(Case3) 越流浸透時の間隙水圧、飽和度、間隙空気圧の時系列分布を図 3.6~3.8 に示す。図 3.6 では下端から 30cm までは間隙水圧が大きく上昇するが、40cm~80cm までは大きな変化は見られない。図 3.7 では下端から 30cm までは飽和度が上昇するが、40cm~80cm までは上昇しない。図 3.8 では下端から 40cm で 4.46cm、80cm で 2.50cm の間隙空気圧が発生している。そこで、図 3.7 の飽和度を確認すると下端から 40cm と 80cm で低くなっている。よって、間隙空気圧によって水の浸透が阻害されていると考えた。

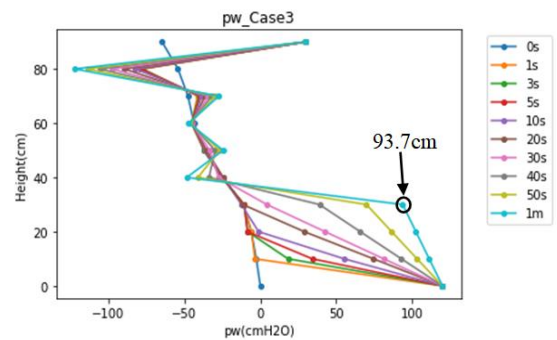


図 3.6 間隙水圧(越流浸透)

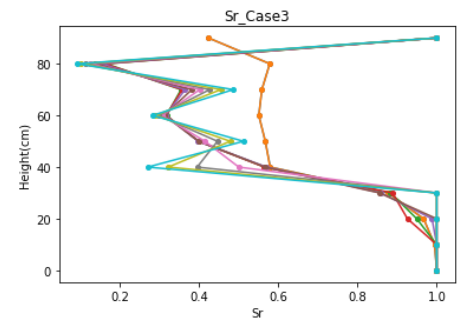


図 3.7 飽和度(越流浸透)

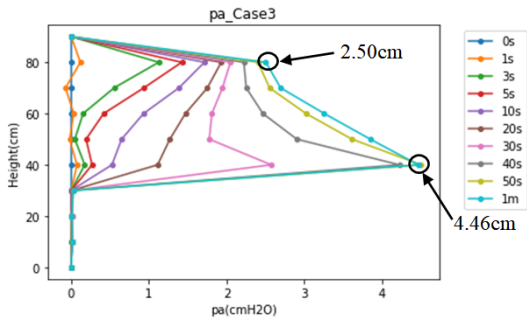


図 3.8 間隙空気圧 (越流浸透)

4.実験結果との比較

同研究室の伊藤恋から頂いた実験結果の間隙水圧、飽和度、間隙空気圧を図 4.1~4.3 に示す。

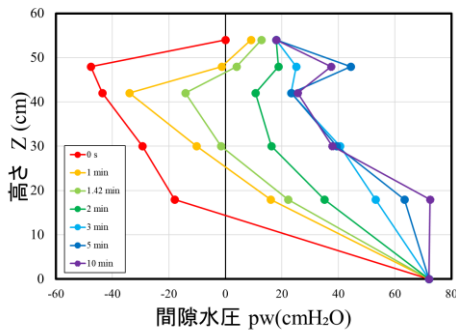


図 4.1 間隙水圧

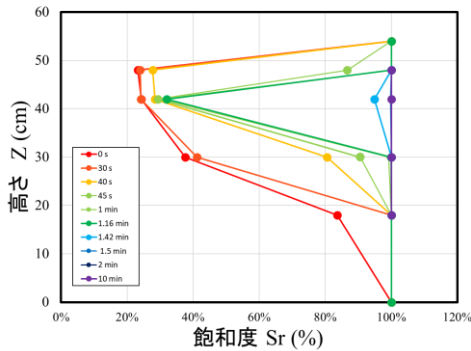


図 4.2 飽和度

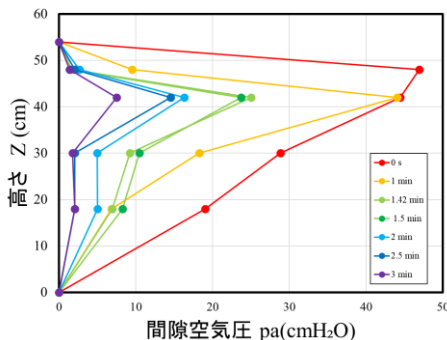


図 4.3 間隙水圧

実験結果の土質パラメーターと解析モデルの高さに合わせると、発散しやすく解析に時間がかかるため合わせていない。そのため詳しい比較はできなかった。

間隙水圧と飽和度を比較すると、図 3.6 と図 3.8 の解析結果では水の浸透が阻害されているのに対して、実験結果の図 3.1 と図 3.2 では解析モデルの中間部で上昇し水が浸透している様子がわかる。また、間隙空気圧を比較すると図 3.8 では増加しているのに対して、図 4.3 では減少していることがわかる。この違いは解析では 1 次元であり、実験では 3 次元であることが関係していると考えられる。解析では 1 次元であるため閉塞条件で空気が通らなくなり土柱に空気が残留し続ける。一方で実験では土柱に気泡や亀裂が発生し空気の通り道が形成されて空気が抜ける。そのため間隙空気圧が減少しこのような違いが生まれたと考えた。

5.結論

- (1)越流状態の土柱では間隙空気により水の浸透が阻害され、間隙空気圧が最大で水頭換算値 4.46cm 発生していることが得られた。
- (2)堤防越流を気液 2 相流により解析を行うことは間隙空気圧の影響を調べることに有効であると考えた。
- (3)実験結果との比較から、1 次元での解析では間隙空気圧の発生を調べることに限界があるため、2 次元や 3 次元に拡張する必要があると考えた。

6.参考文献

- 1) Pinder, G. F. and Gray, W. G.: Finite element simulation in surface and subsurface hydrology, Academic Press, pp.184-190, 1977.
- 2) Meiri, D.: Two-phase flow simulation of air storage in an aquifer, Water Resources Research, Vol.17, No.5, pp.1360-1366, 1981.

深層学習を用いた堤防土質構造からの天端亀裂の発生の判別

EC19045 高橋 蒼

1. 研究背景と目的

東北地方太平洋沖地震では堤防の被災が多く、堤体内で内部液状化が多く発生していたことが確認された。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。そこに雨水や河川の水が溜まることによって閉封飽和域が形成され、地震により液状化が発生したことが明らかとなった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ことから、閉封飽和域の発生個所の特定化を考えてきた。しかし、厚い粘性土層が含まれても亀裂が見られない場合があり、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⁾。そこで本研究では、粘性土を対象とした非対称性を画像による深層学習を用いて、客観的な土質構成と天端亀裂の判別モデルを構築することで、共通する判別要因を明らかにすることを目的としている。

2. 研究方法

2.1 CNN による画像の深層学習

粘土層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1のように国土総研の堤防断面図を、ボーリング柱状図などを外すためトレースし直し、土質の種類によって色分けし、AIに学習させることで判定を行う。

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たのち、適用データとして同じように断面データを読み込ませ、その断面の天端に亀裂があるか無いかを判断させる。

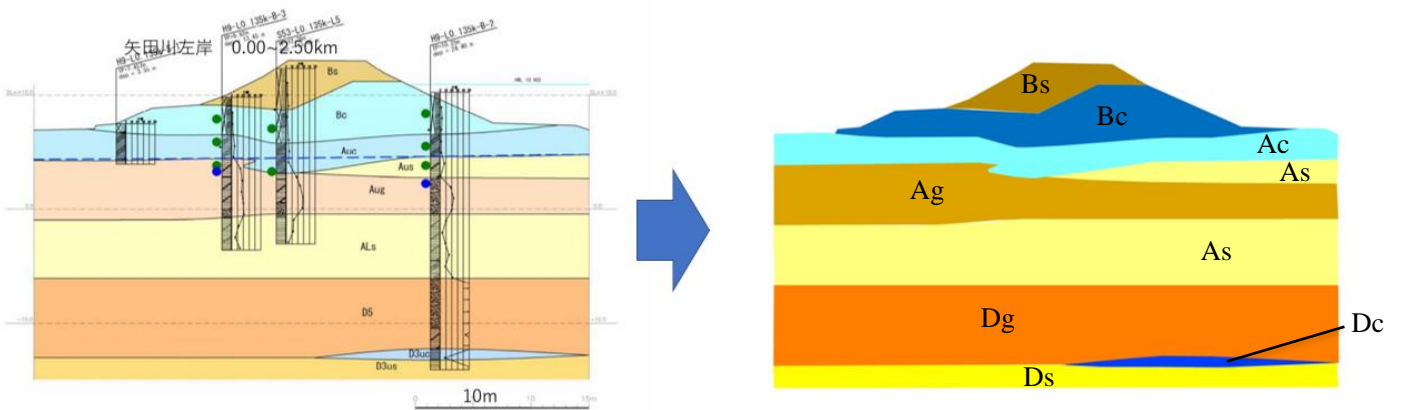


図1 断面データの例

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。教師データとして用いた堤防は中部地整の管轄かの4つの河川から亀裂あり断面を76断面、亀裂無し断面を76断面使用した。なお、亀裂の有無はGoogleストリートビューで判断した。

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。教師データで画像の特徴を学び、テストデータに対して学んだことを当てはめることでどれだけの精度で判定ができるか再現を行い、再現率が高かった学習回数を得た上で適用データに適用をする。使用したデータ数の内訳と再現率のグラフを以下に示す。

表1 使用したデータ数の内訳

	亀裂あり	亀裂なし	合計
教師データ	76	76	152
テストデータ	8	8	16
適応データ	30	19	49

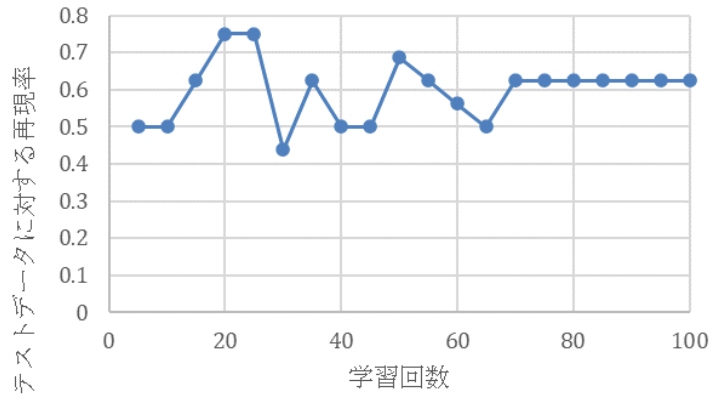


図2 学習回数と的中率のグラフ

今回のモデルでは20回、25回の学習回数において再現率が高くなっており、この解析では学習回数を20回に設定した。なお、バッチサイズ（データをどれだけ小分けにして学習を行うか）は30に設定をした。

3. 結果

解析の結果を図3・図4に示し、AIによる判別一致の累積断面数と河口からの距離の関係グラフを図5に示す。全体の的中率を表2に示す。

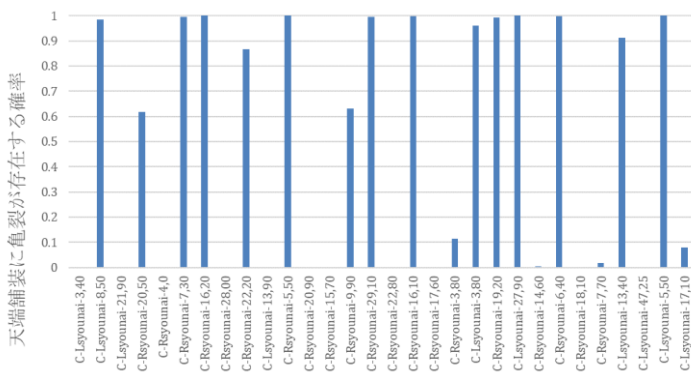


図3 亀裂あり断面に対する亀裂ありの確率

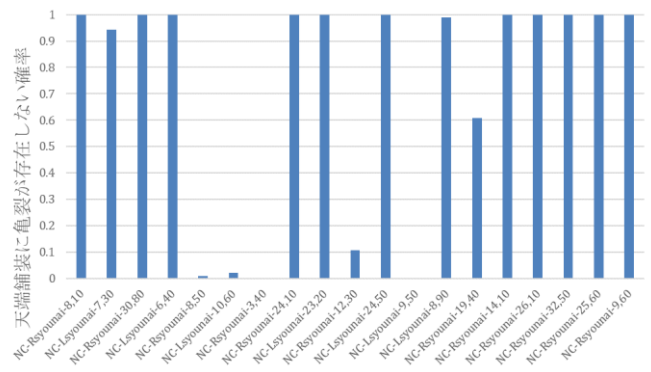


図4 亀裂なし断面に対する亀裂無しの確率

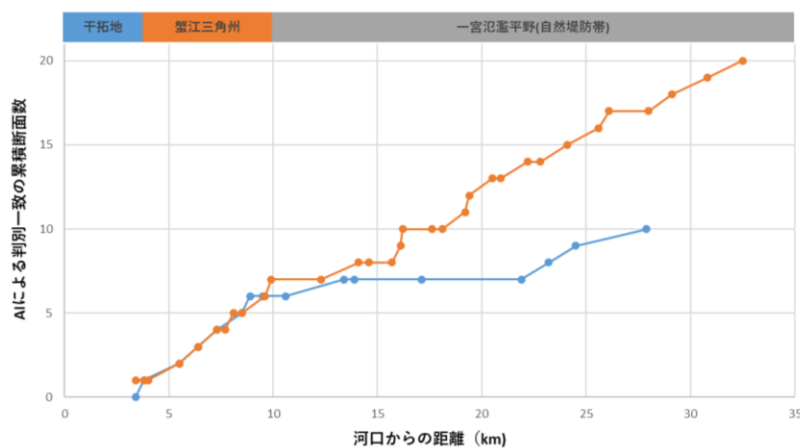


図5 河口からの距離と AI による判別一致の累積断面数の関係図

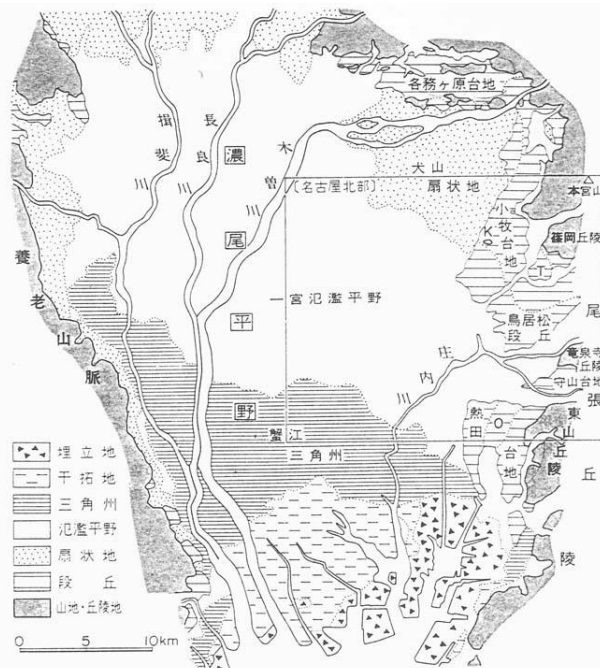
表2 正解・不正解の数と正解率

	亀裂あり	亀裂無し	
正解	15	14	
不正解	15	5	全体の的中率
的中率	0.5	0.74	61.8%

4. 考察

亀裂無しの断面が19枚中14枚正解していた一方で、亀裂ありの断面は正解・不正解共に15枚とあまりいい結果にはならなかった。河口からの距離とAIによる判別一致の累積断面数のグラフを見ると、およそ10km地点までは順調に正解を重ねていっていることが分かるが、10kmを超えたあたりから一部停滞している部分が見られる。図6の濃尾平野の概念図によると⁴⁾10km地点からは一宮氾濫平野とよばれる地層になっており、断面図を見ると深層に締め固まった粘土層が存在する場合とそうでない場合で亀裂の表れ方が違うため、精度に影響が出た可能性が考えられる。

Gradcam を見ると、亀裂ありのデータ・無しのデータともに、着目されている部分の多くは粘性土層であった。亀裂ありのデータでは、盛土の粘性土層、不規則に分布した沖積層の粘性土層、洪積層の粘性土層に強く着目が見られた。また、粘性土層と他の層の境界が大きく傾斜しているところが強く着目されていた。画像から判断すると、粘性土層の厚み、傾斜、非対称性などさまざまな要因が重なり合って亀裂が生じている可能性が得られた。また、着目の度合いは盛土の粘性土層の方が比較的強く、沖積層以下の粘性土層よりも盛土の粘性土層の方が亀裂の発生に影響を与えやすいと考えられる。



第1図 濃尾平野の地形概念図 (森原, 1975a により簡略化)。K: 小牧山, T: 田舎台地, O: 大曾根台地

図6 濃尾平野の地形概念図

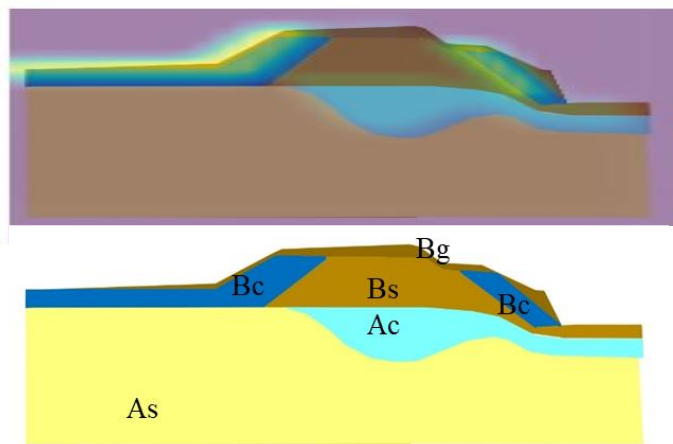


図7 盛土の粘土層が強く着目されている例 庄内川右岸 16.2km 地点

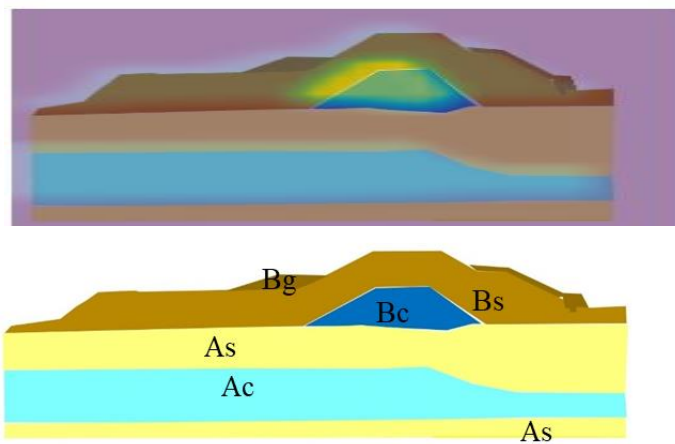


図8 盛土の粘土層が強く着目されている例 庄内川左岸 3.8km 地点

図7、8のように盛土に粘土層が含まれているものは亀裂が生じていることが多かった。

一方で亀裂ありのデータで正解率が50%になってしまったことについて、解析を行う際に画像がリサイズされてしまうことが精度低下の一因となっていると考えられた。本来であれば層の深さは判断するにあたって重要な要素となりえる。本論文では元画像との比較がしやすいように引き延ばして添付をしているが、実際には縦と横の比が1:1になって解析がされている。このように縮尺や縦横比が調整されてしまうことによって、本来重要である深さや層厚がうまく学習されていない可能性がある。

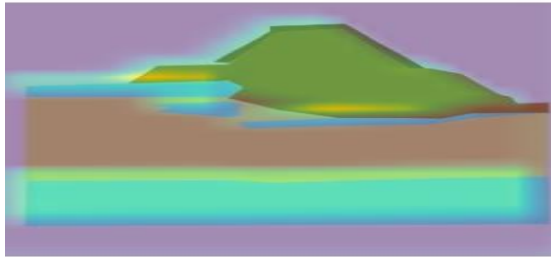


図9 リサイズによって不正解となったと考えられる断面の例 庄内川左岸 10.6km 地点

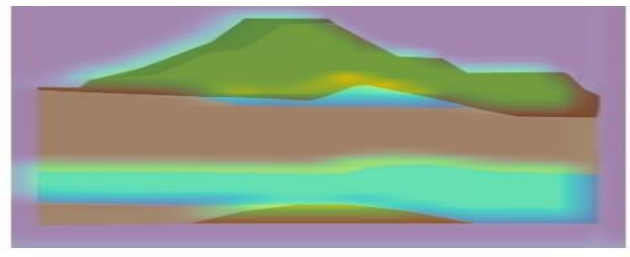


図10 リサイズによって不正解となったと考えられる断面の例 庄内川右岸 8.5km 地点

図9、図10はそれぞれ天端に亀裂の存在しない断面である。しかしAIは亀裂があると判断しており、どちらも不正解となった断面である。解析上の必要性から入力画像を同じ大きさにするリサイズが施されており、堤体の規模(高さや粘性土層の大きさ)が相対的なものとして取り扱われていることも影響していると考えられた。リサイズ時に絶対的な堤体の規模をも含めた学習を考える必要があるものとする。

5. 結論

堤防天端の亀裂と地盤状況の関係性の解明において、深層学習による画像解析を取り入れて研究を試みた結果、以下の結果を得ることができた。

- 1) 縦断亀裂の発生には堤体基礎地盤の粘性土層の厚み・傾斜・非対称性が関わるとともに、盛土の粘性土層の影響が顕著であることが、Gradcamの共通の着目点から明らかとなった。
- 2) 教師データ152枚、適用データ49枚で61%の正答率を得られたが、今後データを増やすなどしてさらなる結果が得られる可能性がある。
- 3) 構築したモデルは庄内川の結果から沖積粘土層が卓越する堤体基礎地盤に適用度が高く、洪積粘土層からなる堤体基礎のデータをも含めた学習が必要であると考えられた。
- 4) 絶対的な堤体の規模をも含めた学習を考える必要があるものとした。

6. 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
- 4) 坂本他(1984), 2-1-1 濃尾平野の地形・地質概要, <https://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Aichi6C/2-1-1.htm>

間隙径分布と締固め含水比の関係性

EC19055 野川 敦史

1. はじめに

締固めと透水係数の関係において、最適含水比を境に締固め時の含水比の違いにより著しい透水係数の変化がみられる。しかしこの変化が起きる理由について明瞭な理由は明らかになっていない。本研究では間隙径分布の容易な推定の可能性について示すことで、締固め時の含水比の違いによる著しい透水係数の変化のメカニズム解明に努めるとともに間隙径分布と締固め含水比の関係性について研究することを目的とする。

2. マサ土の諸量

本研究ではマサ土を用い、JIS1202：土粒子の密度試験方法¹⁾、JIS1203：土の含水比試験方法²⁾、JISの網ふるいの開き目を使用した粒度試験³⁾を行い、図1のようにマサ土の土粒子密度、含水比、粒度分布を算出した。

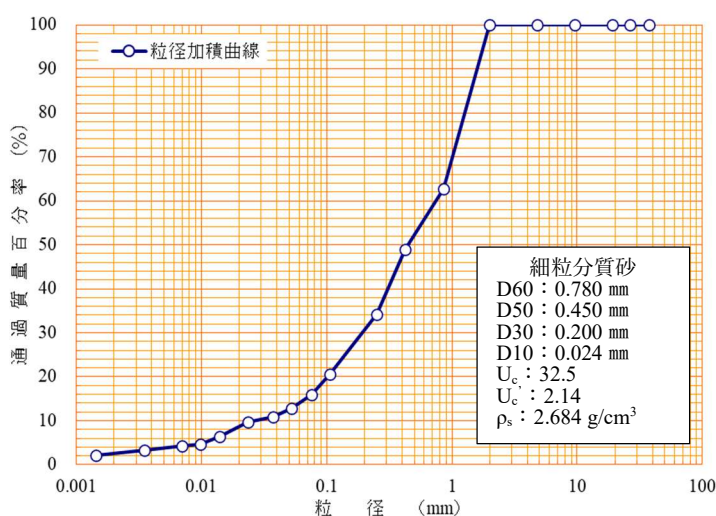


図1. マサ土の諸量

3. 間隙径分布の推定

間隙径分布の推定には間隙径を細い毛管の束と仮定し、その管径の大きさに対する毛管上昇高の考え方をを用いる。メニスカスによる吸引圧と毛管上昇高に相当する、水の体積による重量とバランスから算出される毛管上昇高の関係を用いることで、負の圧力水頭から管径を推測する方法である式(1)を用いる。また、不動水である吸着水も間隙に含まれることを考慮すると一般的な飽和度 S_r (式(2))が適切である。飽和度は移動できる間隙水の水分量の割合であり、累積間隙体積率と考えることができる⁴⁾。

$$d_m = \frac{4\sigma}{\rho_w g h_p} \quad (1)$$

$$S_r = \frac{\theta}{n} \quad (2)$$

ここに、 d_m :間隙径(mm)、 σ :水の表面張力(72dyne/cm)、 ρ_w :水の密度(g/cm³)、 g :重力加速度(m/s²)、 h_p :負の圧力水頭(cm)、 S_r :飽和度、 θ :体積含水率、 n :間隙率である。

4. 締固めと透水係数

(i) 締固め試験

試料の準備にあたりマサ土の破碎や含水比が締固め特性に影響を及ぼす。そのため試験の実施に際して、表1のような土の種類や粒径に応じて試験法を選択して採用する。マサ土は締固めによって土粒子が破碎され易く温度差に弱いので、b

表1. 試料の準備方法と使用方法

組み合わせの呼び名	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

法(乾燥法-非繰返し法)を用いて試験を行う。

また、突固め試験では式(3)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。今回の試験では表2にあるような条件で各層の突固めを行った。その際、JIS 規定 A と今回の条件の締固め仕事量が等しくなる場合の各層の突固め回数を算出した。

表 2. 指定条件

呼び名	ランマー質量 (kg)	ランマー落下高(cm)	モールド内径 (cm)	モールド容積 (cm ³)	突固め層数	各層の突固め回数	許容最大粒径 (mm)
A	2.5	30	10	1000	3	25	19
今回	1.5	20	8	251	2	47	19

$$E_c = \frac{W_R H N_L N_B}{V} \quad (3)$$

ここに、 E_c :締固め仕事量(kJ/m³)、 W_R :ランマーの重量(kN)、 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(m³)である。

(ii) 透水試験

KSAT は定水位法および変水位法で飽和透水係数を計測できる装置である。図 2 のように締固めた試料を飽和させ、KSAT に試料を取り付けることで測定を行う。今回の試験では KSAT を用いた変水位透水試験を行っている。

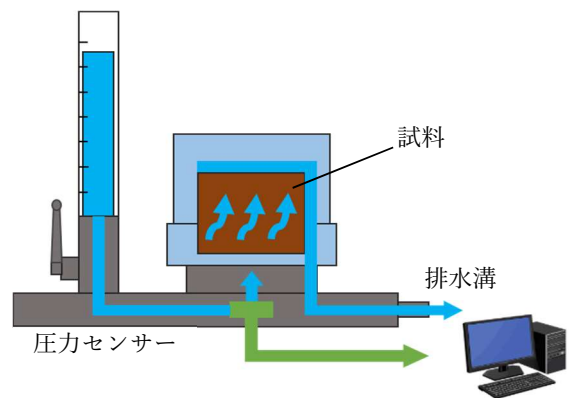


図 2. KSAT の全体図

(iii) 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あることが確認できる。また乾燥密度がほぼ同様の値であるにも関わらず、乾燥側と湿潤側で透水係数に差があることも確認できる。この時の差は 2 オーダー程度となっている。ここから、乾燥密度が一定であっても供試体作製時の含水比によって透水係数が大きく変化するという結果を得た。

表 3. 透水試験データ

供試体	室内気温	透水係数(m/s)	15°C(m/s)	含水比	乾燥密度
ma1	19°C	1.20×10^{-6}	1.08×10^{-6}	4.52	1.676
ma2	16°C	1.16×10^{-7}	1.13×10^{-7}	21.35	1.631
ma3	17°C	1.16×10^{-7}	1.10×10^{-7}	21.35	1.635
ma4	17°C	4.95×10^{-7}	4.70×10^{-7}	12.01	1.736
ma5	15°C	4.69×10^{-8}	4.69×10^{-8}	15.27	1.784
ma6	16°C	2.79×10^{-8}	2.72×10^{-8}	16.90	1.767
ma7	17°C	1.43×10^{-6}	1.36×10^{-6}	8.48	1.700
ma8	19°C	5.45×10^{-8}	4.92×10^{-8}	18.36	1.732

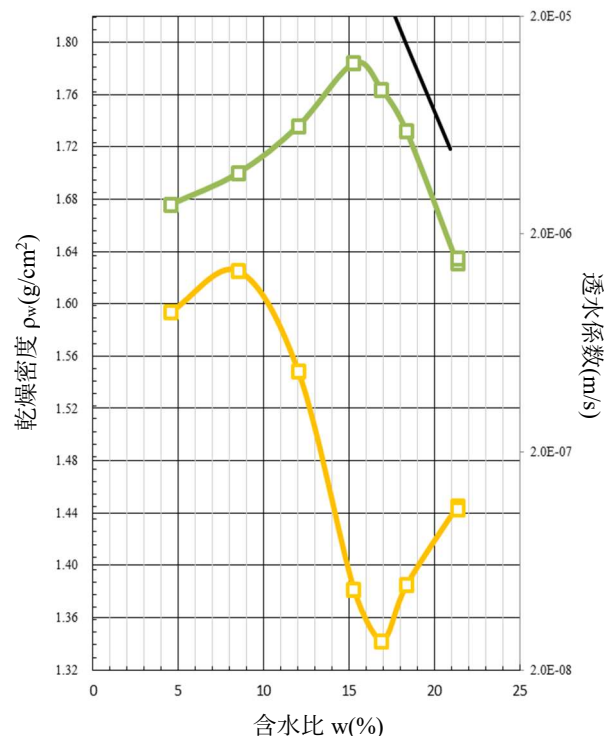


図 3. 締固めと透水係数

5. 水分特性曲線と間隙径分布

広範囲のサクションを計測する必要があるため、2つの試験装置を使用する。

(i) 蒸発法

図4に示すように、テンシオメータを使用して試料内の負圧を測定するものである。体積含水率及び飽和度は電子天秤の計測による連続的な重量減少の記録で計算を行う。

(|hp|=900 水頭まで)

(ii) サイクロメーター法

図5のように密閉容器内で試料と内部の空気の水ポテンシャルを平衡させることでミラーを冷却させ、それを光学センサーで捉えその時の温度を測定する。測定した温度を基に土中水の水ポテンシャル式(4)を計算して求める⁵⁾。(|hp|=3000 水頭以上)

$$\phi = \rho_w \frac{RT}{M} \ln\left(\frac{p}{p_0} \times \frac{1}{100}\right) \quad (4)$$

ここに、 ϕ : 土中水ポテンシャル、 ρ_w : 水の密度(g/cm³)、R: 気体定数(8.314J/(K・mol))、T: 絶対温度(K)、M: 水の分子量(kg/mol)、 p/p_0 : 相対湿度、p: 土中水と平衡している水蒸気の圧力、 p_0 : 等温大気圧下の蒸留水と平衡している水蒸気の圧力である。

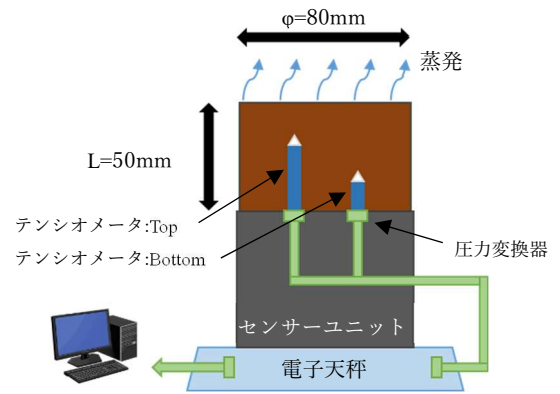


図4. HYPROPの全体図

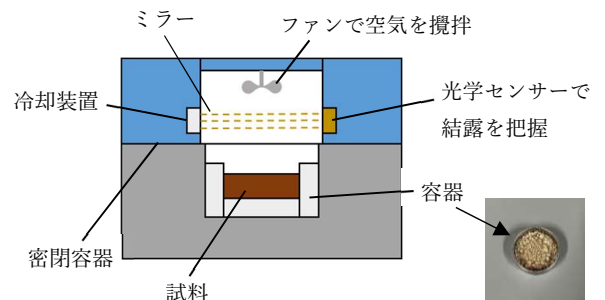


図5. WP4-Tの全体図

(iii) 水分特性曲線

サイクロメーター法と蒸発法における保水性試験の結果を図6に示す。サイクロメーター法においては可能な限り多く計測を行うことで、より正確な水分特性曲線が得られた。今回の計測では最低で7000 cm程度までデータを得られた。湿潤側と乾燥側では、一定の負の圧力水頭における飽和度の値がサイクロメーター法と蒸発法の両方において、湿潤側が高くなっていることが確認できる。これは締固め時の含水比が影響していると推測する。

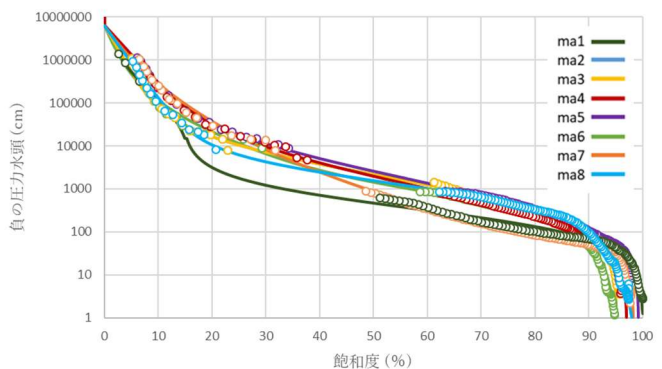


図6. 水分特性曲線

(iv) 間隙径分布

同一乾燥密度での間隙径分布を図7に示す。乾燥密度の値はほぼ一定であるにも関わらず、間隙径の分布に大きな差があることが確認できる。条件よりこれは含水比の差によって発生したものであるとわかる。透水係数も同乾燥密度であるにも関わらず締固め時の含水比によって大きく値が変化することから、間隙径分布と透水係数には関係性があると推測する。間隙径分布を推定することによって大まかな透水係数の値を導き出すことができ、逆も

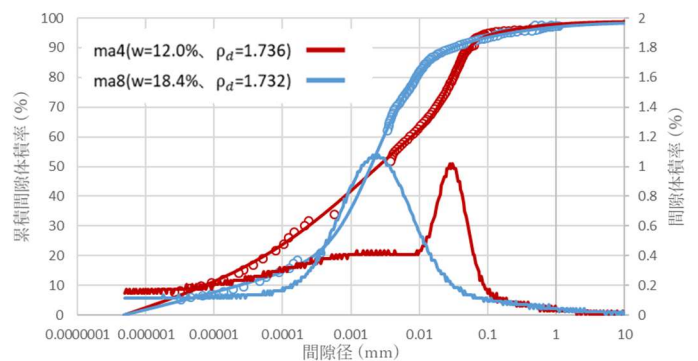


図7. 同一乾燥密度の間隙径分布(ma4, ma8)

同様に透水係数の値から大まかな間隙径分布の形を推定できると考える。

乾燥側と湿潤側の間隙径分布をそれぞれ図8、図9に示す。乾燥側では0.01~0.1mmに間隙径が集中している一方、湿潤側では0.001~0.01mmに間隙径が集中していることが確認できる。乾燥側と湿潤側では間隙径の分布が大きく異なることがわかる。また乾燥側、湿潤側ともに僅かな差異ではあるが、締固め含水比が最適含水比である15.3%から離れた値であるほど間隙体積率の頂点の値が大きくなっていることが確認できる。

乾燥側と湿潤側の間隙径分布の比較を図10に示す。乾燥側と湿潤側では分布曲線の傾きが異なることが確認できる。湿潤側と比較し乾燥側の曲線は緩やかであることから、間隙径の分布にばらつきがあることがわかる。また締固めと透水係数の関係より、最適含水比を境に乾燥側は透水係数が大きく、湿潤側は小さくなっている。図10の比較より乾燥側と湿潤側では間隙径の分布も大きく異なることから、間隙径が少なからず透水係数の値に影響を与えていることがわかる。また乾燥側と湿潤側で間隙径分布が異なるため、締固め含水比から大まかな間隙径分布の形を推定することができる。

6. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 間隙径分布と透水係数の一方を求めることで、もう一方の大まかな分布や値を推測することができる可能性を示した。
- 2) 乾燥側と湿潤側では透水係数と同様に間隙径の分布が大きく異なることから、締固め時の含水比の違いによる著しい透水係数の変化に間隙径が少なからず影響を与えていると推測できる。
- 3) 乾燥側と湿潤側で間隙径分布が異なるため、締固め含水比から大まかな間隙径分布を推定することができる可能性を示した。

【参考文献】

- 1) 日本工業規格:JIS A 1202(土粒子の密度試験),2020.
- 2) 日本工業規格:JIS A 1203(土の含水比試験),2020.
- 3) 日本工業規格:JIS A 1204(土の粒度試験),2020.
- 4) 杉井俊夫・川部らら:堤体の浸食メカニズムに関わる砂の間隙構造の評価,総合工学第31巻,pp.12-21,2019.
- 5) 盟和商事株式会社:WP4/WP4-T 水ポテンシャル測定装置操作マニュアル,pp1-5,2000.

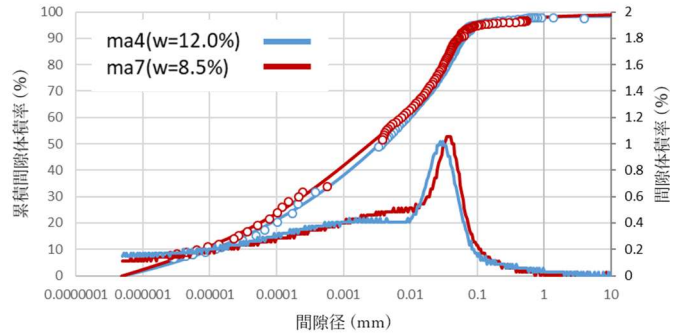


図8. 乾燥側の間隙径分布(ma4、ma7)

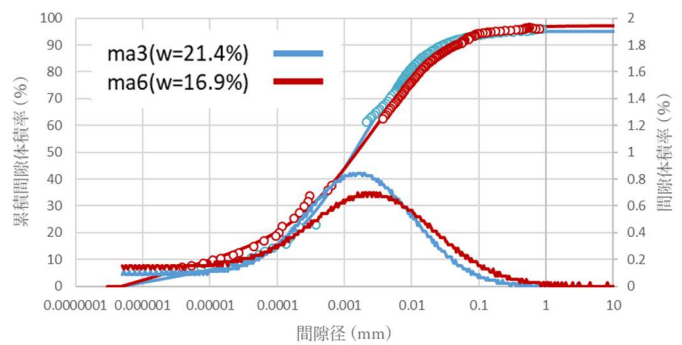


図9. 湿潤側の間隙径分布(ma3、ma6)

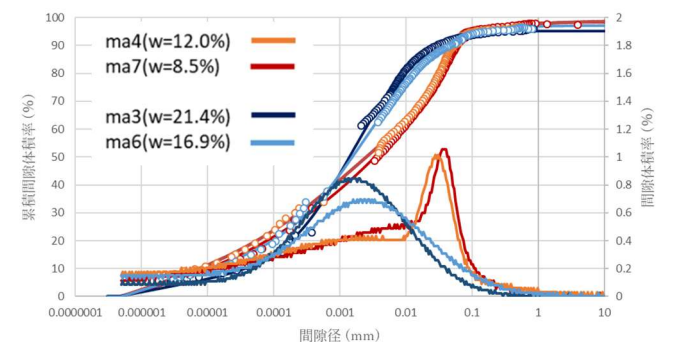


図10. 乾燥側と湿潤側の間隙径分布の比較(ma3、ma7)

間隙径分布と透水係数の関係

EC19063 古川 泰之

1. 背景・目的

土の締固めを行う際の含水比が異なる場合、乾燥密度が同じでも透水係数が大きく異なることが、これまでの研究によりわかっている。この現象が起こる原因に間隙径の大きさの分布状態（間隙径分布）が大きく影響していると考えられている。しかし、これまで間隙径分布を計測する方法が難しく、得られた結果の物理的意味も曖昧であった。杉井らが間隙が細くなる「間隙くびれ径」の分布を水分特性曲線から計測可能であることを示しており、本研究ではこれにより、透水性への影響を明らかにするものである。

2. 対象試料

密度試験と粒度試験を用いて、今回使用する真砂土の物理諸量を求めた。試験の結果、密度が 2.684g/cm^3 であり、礫分 0%、砂分 84.1%、細粒分 15.9% であり、「細粒分質砂」に分類される。試験結果から得られた物理諸量および粒径加積曲線を図 1 に示す。

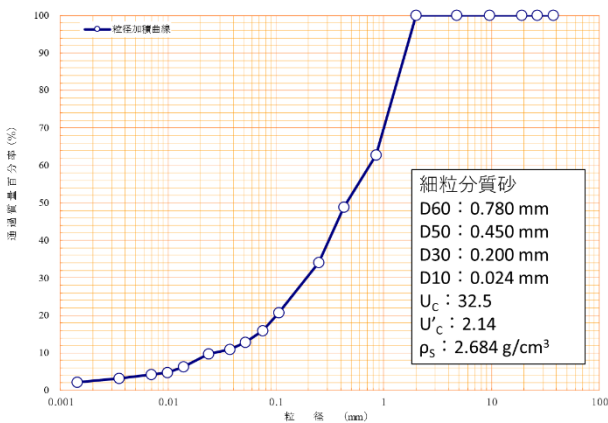


図 2.1 物理諸量および粒径加積曲線

3. 締固め時の含水比と透水係数

3.1 土の締固め試験

締固め曲線を求めるため、土の締固め試験を行った。締固め曲線とは、締固めの程度を表す曲線であり、乾燥密度が最も大きいときの含水比を最適含水比という。締固めには、準備方法は試料を

全て自然乾燥させ含水比を増加させる乾燥法、使用方法は試料を毎回新しいものを使う非繰り返し法を用いた。突固めの層数は 2 層、各層の突固め回数は 47 回で行った。

3.2 KSAT による変水位透水試験

本研究では変水位透水試験に KSAT という測定装置を用いた。KSAT は測定時の水温、透水係数、水位と経過時間を表すグラフを求めることができる。このグラフは傾きが大きいほど透水性が高いことを示しているものである。

3.3 締固め曲線と透水係数

土の締固めを行う際の含水比が異なる場合、乾燥密度が同じでも透水係数が大きく異なることが、知られている。本研究に用いるマサ土でも同様の現象が起こることが、「土の締固め試験」と「変水位透水試験」により確認できた(図 3.2)。

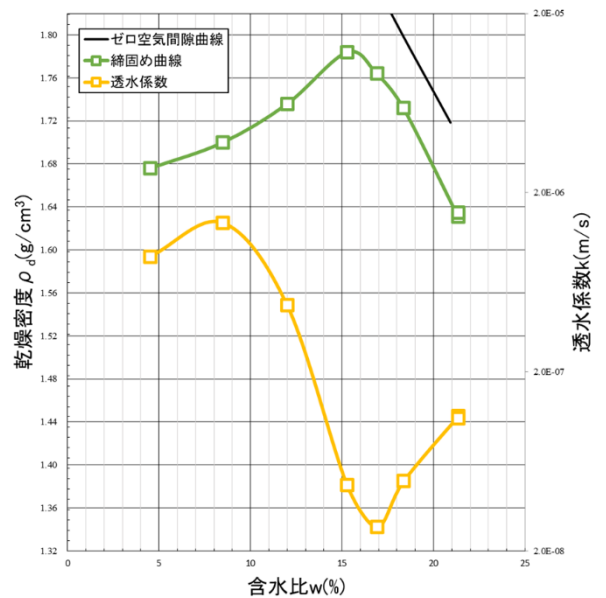


図 3.1 締固め曲線と透水係数の関係

4. 含水比ごとの土の間隙径分布の計測

4.1 土の保水性試験

保水性試験とは水分特性曲線を求めるために行う試験であり、水分特性曲線は土の保水特性を示しているものである。HYPROP を用いた試験方法

では排水過程のデータを取っている。また HYPROP では、含水量が少なく負圧が高くなっていく場合は計測することができない。よって WP4-T という高圧域を図ることが可能なサイクロメーターを使用し計測する。

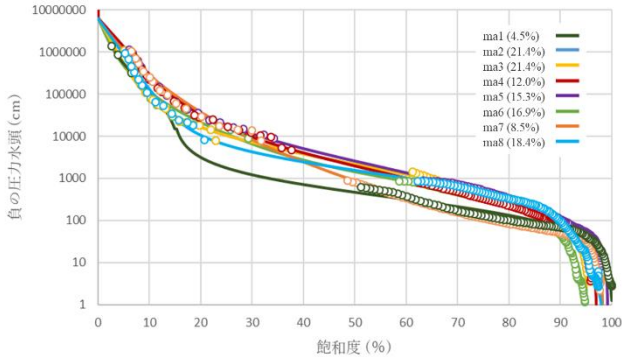


図 4.1 水分特性曲線

4.2 間隙径分布の推定方法

間隙径分布の計測法は、水銀圧入法などが一般的であるが、計測装置が高価であることや水銀を扱うこと、大きな間隙の測定に精度があるため、水分特性曲線から毛管径を利用した間隙径分布の推定を行った。

間隙径を一つの毛管径 d_m と考えると毛管に発生する負圧 h_p との関係は、次式のようにになる。

$$d_m = \frac{4\sigma}{\rho_w g h_p} \cdot 10 \quad (4.3)$$

ここに、 σ ：水の表面張力（水温 15°C で 73.48(g・cm/s²）、 ρ_w ：水の密度、 g ：重力加速度である。また、間隙径 d_m 以下に相当する累計間隙体積率 V_r は飽和度 S_r に等しいと考えられることから間隙径分布を得られる。

4.3 間隙径分布の比較

締固め時の含水比における透水係数が同一乾燥密度でも大きく異なる原因を求めるためには、同一乾燥密度における間隙径分布を比較する必要がある。締固め曲線の乾燥側 ($w=12.0\%$, $k=4.70 \times 10^{-7}$ (m/s), $\rho_d=1.736$ g/cm³)・湿潤側 ($w=18.4\%$, $k=4.92 \times 10^{-8}$ (m/s), $\rho_d=1.732$ g/cm³)における間隙径分布を 4.2 の方法により求めた。それぞれの間隙径分布を図 4.2、図 4.3、に示す。

乾燥側の間隙径分布は大きな間隙径に間隙体積率のピークがあり、小さな間隙径への散らばりがあることがわかる。対して、湿潤側の間隙径分布は小さな間隙径に間隙体積率のピークがあり、最

大の間隙体積率に集中していることがわかる。

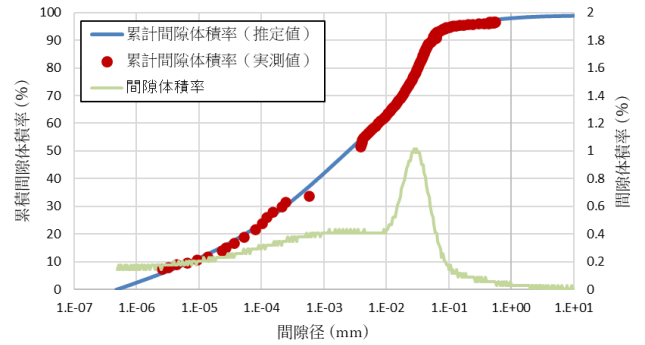


図 4.2 間隙径分布($w=8.48\%$, $k=4.70 \times 10^{-7}$ (m/s), $\rho_d=1.736$ g/cm³)

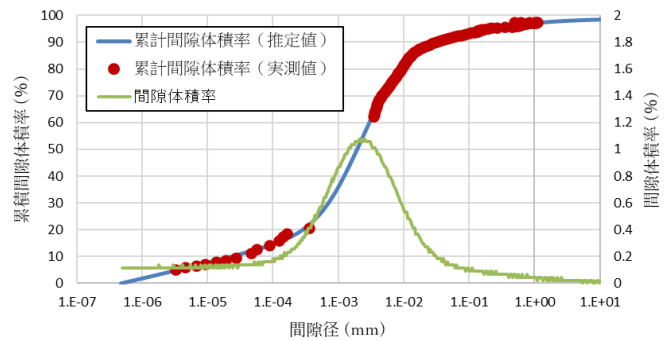


図 4.3 間隙径分布($w=18.4\%$, $k=4.92 \times 10^{-8}$ (m/s), $\rho_d=1.732$ g/cm³)

5. 結論

本研究により、同乾燥密度の透水係数が含水比により大きく異なる原因は、間隙径の大きさと散らばりによって引き起こされるということが説明できる。

【謝辞】

本研究を進めるにあたり、共同で実験を行った同研究室のメンバーに心より感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 長谷川純也・藤縄克之・江澤静一郎・豊田富晴・渡邊紹裕: 土壌水分ヒステリシスが飽和・不飽和浸透流に及ぼす影響, 地下水学会誌第 53 巻第 1 号, p.26.2010-10-8.
- 2) 竹内啓介・坪田邦治・岩田暁・清水亮太・石原聖子: 供試体作製時の含水比が透水係数と密度の分布に及ぼす影響, 中部土質試験協同組合, 2017.
- 3) 杉井俊夫・川部ら: 堤体の浸食メカニズムに関わる砂の間隙構造の評価, 総合工学第 31 巻, pp.12-21, 2019.

原位置試験における透水性・保水性評価に関する研究

EC19077 山田紘輝

1. はじめに

今日まで現場の透水性保水性を調べる方法として室内試験で行われることが多い。だが試料のサンプリングによる乱れや現場周辺の環境により、原位置地盤を再現するのが困難になるというデメリットがある。そのため現場での評価方法が求められているのが現状である。負圧浸入計を用いた現場透水試験と保水性試験を同時に行い、透水係数と水分特性曲線を求めることを目的としている。

本研究では式(1)に示す vanGenuchten モデル（以後 vG モデルと略す）という水分特性曲線を表す式を使用する。

$$s_e = \frac{1}{(1 + |\alpha h|^n)^{1/n}} \quad (1)$$

ここに、 s_e : 有効飽和度 (-) h : 負の圧力水頭 (cm) α , n : vG パラメータである。

水分特性曲線吸水過程の水浸入値について、負圧浸入計を用いた現場透水試験 (JGS 1319-2017) からの圧力水頭 (h) 湿潤量 (土が引っ張る力) (図 2) の関係から負の圧力水頭の h_p を逆数にする (図 1) ことで求めることができる。 n は水分特性曲線の勾配であり、粒径が大きいほど勾配に影響あることから、粒度分布で D_{50} 以上を卓越した勾配を基準として求めることができる。この 2 つは石井らの研究と森らの研究で判明している。本研究では現地を想定した場所をコンテナボックスで再現し、粒度試験と負圧浸入計を用いた透水試験で 2 つの先行研究を利用し透水性と保水性の評価を行う。本研究では三河珪砂 4 号 6 号 8 号マサ土で行った。概要では枚数の都合上 4 号と 8 号とマサ土を掲載する。

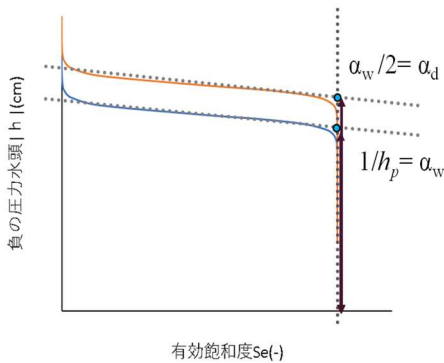


図 1 水浸入値と空気浸入値

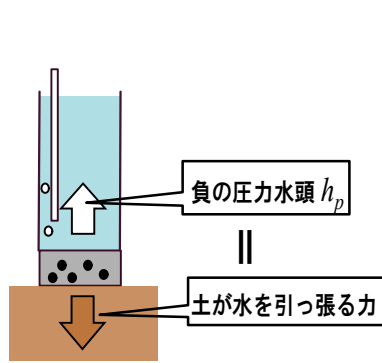


図 2 湿潤する力と負圧の関係

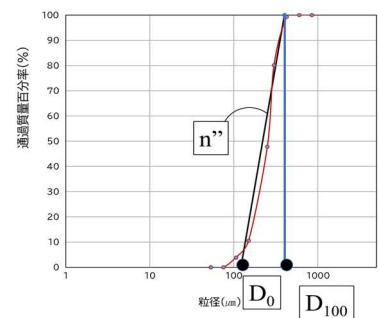


図 3 粒度分布から n の推定方法

2. 負圧浸入計を用いた透水試験

負圧浸入計は、ある一定の圧力を計測する地盤に負の圧力水頭で負圧をかけながら装置の下部から水で浸透させ、圧力開始から経過時間当たりの湿潤水面と経過時間を記録し透水係数を求めることができる。ゴム管を 0 として装置は水位が低下しても常に一定の流量で流出させるマリOTT構造を採用した。

表 1 試料の詳細

試料	三河珪砂			マサ土
	4号	6号	8号	
乾燥密度 (g/cm ³)	1.42	1.35	1.41	1.33
α_d (1/cm)	0.11	0.03	0.01	
n	6.29	10.54	8.35	

これらを湿潤水頭を変えながら行い縦軸を湿潤量 Q (cm³) 横軸を経過時間(s)で図4図5図6図7に示す。

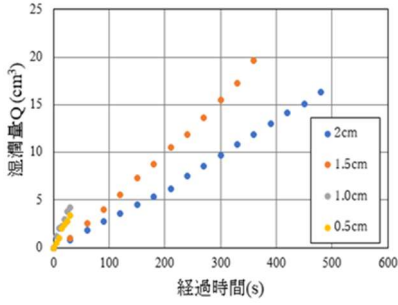


図4 マサ土の透水試験結果

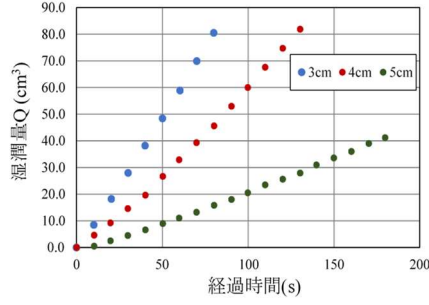


図5 4号の透水試験結果

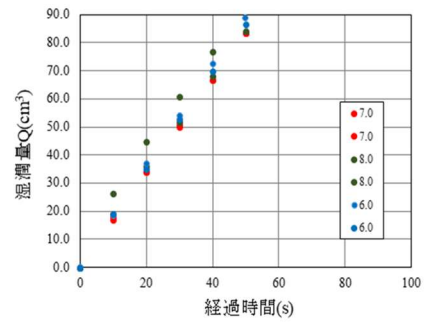


図6 8号の透水試験結果

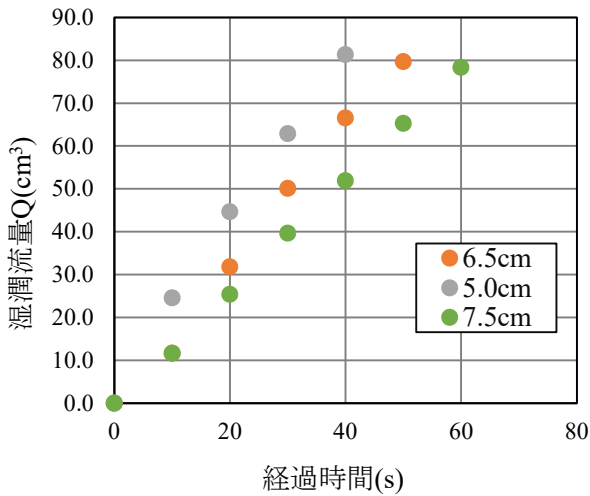


図7 6号の透水試験結果

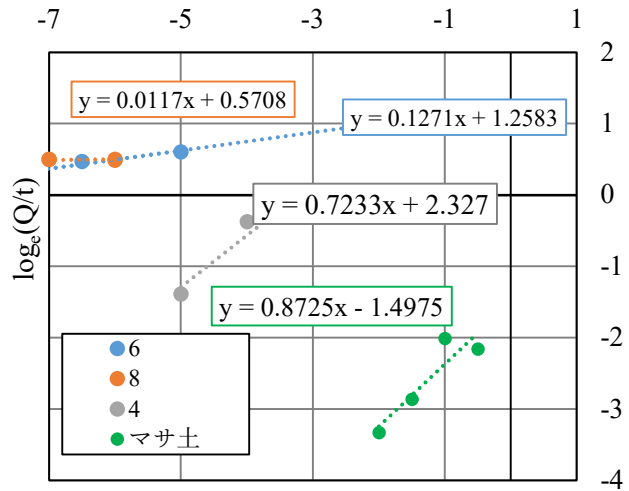


図8 log_e-圧力水頭

次に、各水頭の時間当たりの湿潤量を求めるために勾配を導き、負の圧力水頭 h の関係を表したグラフを図8に示す。

3. 透水係数の算定

計算方法は wooding (1968) の式(2)を透水係数の式に変形したもの式(3)を使用する。

$$\log_e \left(\frac{Q}{t} \right) = \alpha h_a + \log_e \left[\pi R^2 + \frac{4R}{\alpha} \right] \times k_{fs} \quad (2)$$

$$k_{fs} = \frac{e^{\log_e(Q/t)}}{\pi R^2 + \frac{4R}{\alpha}} \quad (3)$$

ここに、 h : 湿潤水頭 (cm) R : ステンレス板の半径 (cm) である。ただし α は(2)の直線方程式とした際の勾配であり vG モデルの土壤パラメータではない。

図7図8の近似線は式(2)の一次関数である。よって式(2)に代入し式(3)のように計算を行うと、珪砂4号の

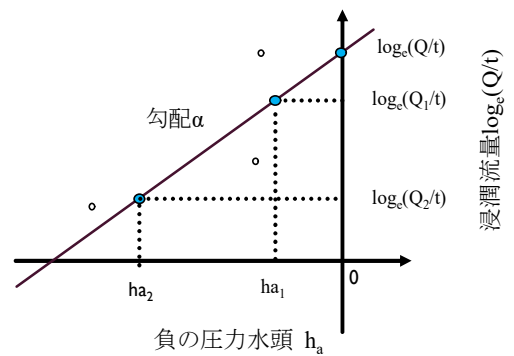


図9 圧力水頭-定常湿潤流量 log_e (Q/t) との関係

表4 過去の研究によって求められた透水係数³⁾

試料	飽和透水係数(cm/sec)	
三河珪砂	4号	1.47×10^{-1}
	6号	1.61×10^{-2}
	8号	2.21×10^{-3}

透水係数は $3.61 \times 10^{-1}(\text{cm/s})$ 珪砂 6 号は $4.06 \times 10^{-2}(\text{cm/s})$ 珪砂 8 号の透水係数は $2.26 \times 10^{-3}(\text{cm/s})$ 、マサ土は $8.53 \times 10^{-3}(\text{cm/s})$ となった。比較を行うために過去の研究で求められた透水係数を使用し判断する。(表 3 参照)

結果、試験で算定された値は近い値を得られたことが分かった。だが 8 号の試験について負の圧力水頭を上げると装置のつなぎ目や地面とステンレス板の隙間などから空気が入り、正確な測定ができない事があった為負の圧力水頭を小さくする必要があった。

そのため時間当たりの湿潤量が高くなり、飽和透水係数が計測できる前に貯水タンクの水が無くなり安定した計測を行えなかった。よって、留意点として小さい負の圧力水頭でも負圧浸入計で安定した計測するために貯水タンクを大きくする必要がある。

4. vG モデル土壌パラメータ α の推定

3. で計測したデータから水浸入値を求める。図 2 の関係から、図 9 の切片が h_p である。図 1 から珪砂 4 号 8 号の水浸入値と空気浸入値を求め、整理したものを表 4 に示す。

表 5 水浸入値と空気浸入値

		h_p	α_w	α_d
三河珪砂	4号	5.641	0.177	0.089
	6号	14.052	0.071	0.036
	8号	51.647	0.002	0.010
	マサ土	2.286	0.438	0.219

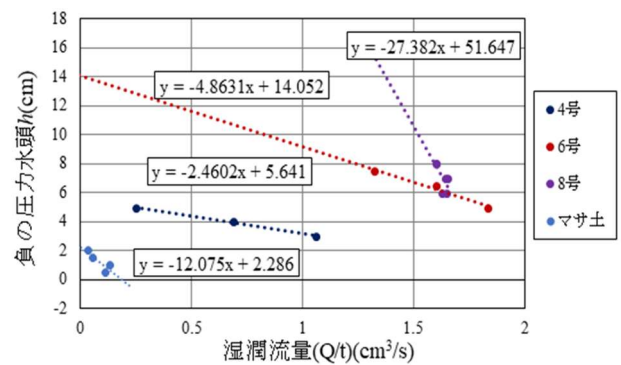


図 10 負の圧力水頭と湿潤流量 Q/t (cm^3/s)

5. vG モデル土壌パラメータ n の推定

本研究ではコンテナボックス内の珪砂で粒度試験を行い粒度分布作成、土壌パラメータの推定の手順で行う。試験方法は JIS A 1204 に基づいて行う。使用するふるいは内径 75mm のものである。(写真 1 参照) 目の間に挟まることを考慮して試料は 50g で行った。この結果(図 10 図 11 参照)から、水分特性曲線を表す vG モデルの未知数土壌パラメータを推定する。パラメータは D_{50} 以上で多く点を通る直線を引き D_{100} と D_0 を読み、式 (4) を用いて計算を行う。

$$n' = \frac{1}{\log\left(\frac{D_{100}}{D_0}\right)} \times 1.8 \quad (4)$$

ここに D_0 : 0% 粒径、 D_{100} : 100% 粒径とする。 n' は土壌パラメータ n であるが、室内試験で求められる n と区別するために n' とする。

結果、珪砂 4 号の n' は 6.93 珪砂 8 号の n' は 5.35 であった。

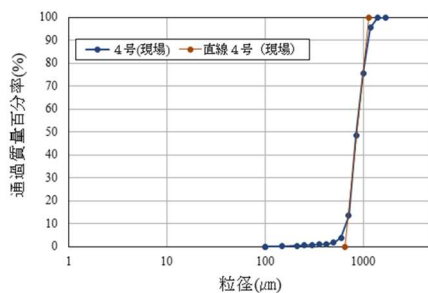


図 11 三河珪砂 4 号の現場粒度分布と直線

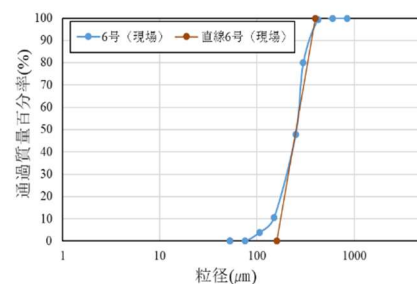


図 12 三河珪砂 6 号の現場粒度分布と直線

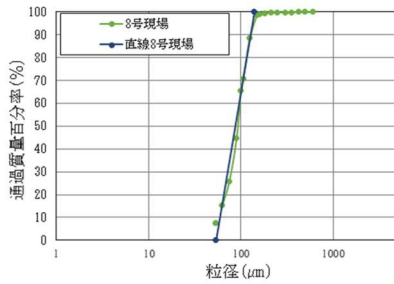


図 13 三河珪砂 8 号の現場粒度分布と直線

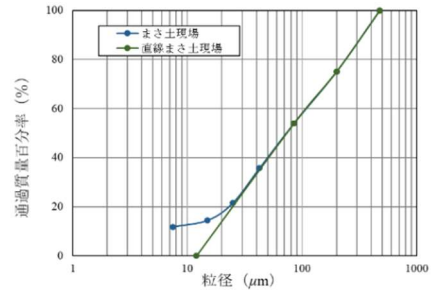


図 14 マサ土の現場粒度分布と直線

6.室内試験と現場試験の水分特性曲線の比較

4. と 5. で求めた α と n' を式(1)に代入し、水分特性曲線を作成する。同試料で室内保水性試験を行い水分特性曲線の作成し比較を行う。図 15、図 16 に水分特性曲線を示す。この結果から三河珪砂 4 号 6 号は類似していることが分かった。8 号については、排水過程のみ類似し吸水過程は形状のみ同じだと分かった。類似しなかった理由は室内試験の水分特性曲線で水による土の締固めが起き、現場試験と比較するためにあらかじめ設定した乾燥密度より大きくなったからではないかと考えた。マサ土について吸水過程においては類似していることが分かった。だが排水過程においては形状も違った。このことから、室内試験の水分特性曲線について負の圧力水頭が 10cm 付近と 100cm 付近で有効飽和度に変化しているが負の圧力水頭は停滞している所に着目した。これはマサ土の単粒構造が不均一で空気浸入値が 2 か所発生したと考えられ、これが本研究では同じ形状にならなかった要因ではないかと考えた。

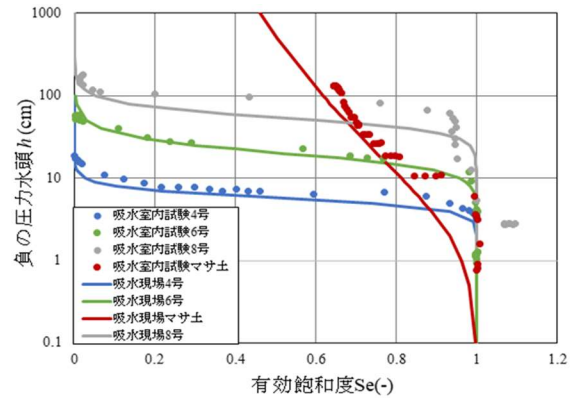


図 15 水分特性曲線(吸水過程)

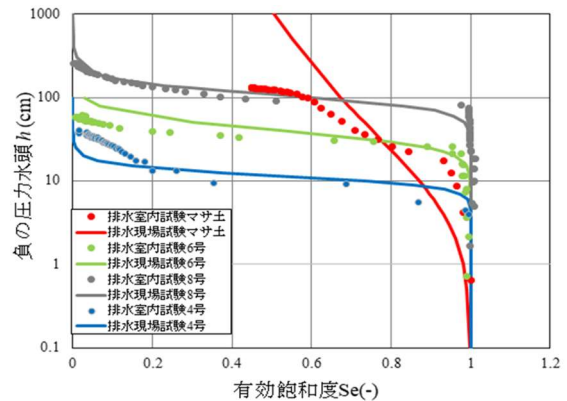


図 16 水分特性曲線(排水過程)

7.おわりに

本研究で得られたことを以下にまとめる。

- ①透水性の評価について 4 号 6 号 8 号は透水係数が近い値であることがわかりマサ土でも負圧浸入計で測定できることを確認した。
- ②保水性の評価について 4 号 6 号では類似した。8 号の吸水過程が類似しなかった理由として、室内試験で土の締固めが起きたからではないかと考えた。マサ土は単粒構造の不均一によって空気浸入値が 2 段階現れたからだと考えた。

参考文献

- 1) 地盤工学会: 新規規定地盤工学会基準・同解説 地下水面より上の地盤を対象にした透水試験方法(JGS 1319-2017)
- 2) 杉井俊夫 余川弘至 森太俊 石井雅都: 原位置における保水性評価に関する研究, 第 55 回地盤工学研究発表会, 2020 年 6 月 21 日 22 日
- 3) 奥村恭: 非正常法による不飽和透水試験法の開発と浸透特性の評価, 平成 13 年度修士論文, pp33-pp55

堤防の越流浸透時を模した間隙空気圧の挙動の計測

EC19084 伊藤 恋

1. はじめに

近年、日本では気候変動により、線状降水帯の発生や局地的豪雨が増加しており、全国では1時間降水量 50 mm 及び 80 mm 以上の年間発生回数ともに増加している。この気候変動により河川の流量が従来よりも上回り、越流する事例が全国各地で増加しつつある。直近3年間の事例では、令和元年東日本台風による千曲川の破堤や令和2年7月豪雨による球磨川の破堤が挙げられる。

豪雨と堤防について考える際に「空気」についても考慮するべきではないかと考えた。降雨時には堤体下部からの浸透だけではなく、天端やのり面から雨の浸透により堤体上部に飽和度の高い領域が発生する。そのため、堤体内に空気が閉じ込められた状態になることが考えられる。さらに越流時には図 1.1 のように越水により、さらに飽和度の高い領域が広がり、空気が圧縮されることが想定される。

この閉じ込められた空気の挙動が堤防の安定性に影響を与える可能性があるのではないかと推察した。現在、解析において透気係数は透水係数よりも約 100 倍大きいと、空気は水よりも素早く土中を移動すると考えられ、空気の影響は無視されてきた。実験においても空気を計測したものは少ない。

しかし、堤防が越流した状態を考える上では空気の影響を無視することはできない。

そこで、当研究では堤防を模した土柱を用い越流した状態を再現し、堤体内の空気の増減や挙動の分布の観測を行う。

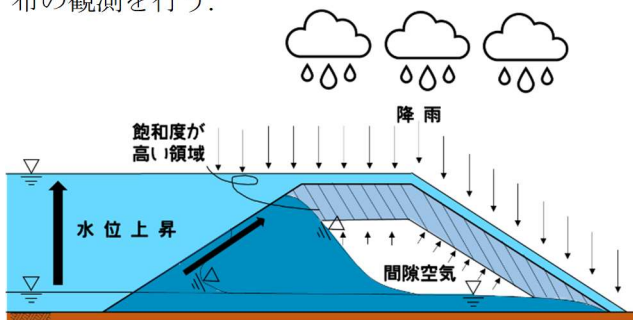


図 1.1 越水時の堤体内の間隙空気

2. 実験

2.1 実験概要

本実験での試料は三河珪砂 6 号を用いる。三河珪砂は豊浦標準砂やまさ土と比較して、軟弱であることが特徴である。図 2.1 は実験装置の概略図を示したものである。長さ 600 mm、外径 52 mm 内径 44 mm のアクリル製の円筒パイプを使用する。試料の高さは 540 mm である。測定位置は図 2.2 に示す通りであり、間隙水圧 p_w 、間隙空気圧 p_a とともに図 2.2 のようにパイプ下端から高さ 180 mm、300 mm、420 mm、480 mm の各位置 4 か所で計測を行う。間隙水圧はテンシオメーター、間隙空気圧は圧力センサーを用い計測を行った。

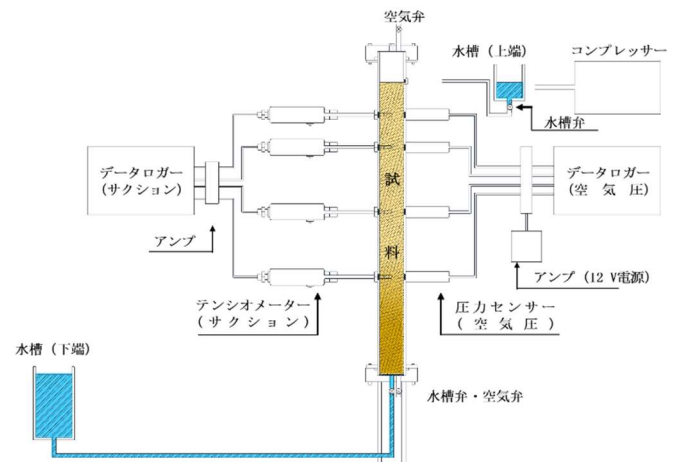


図 2.1 実験装置概略図

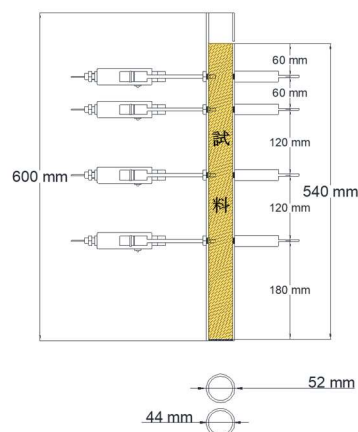


図 2.2 サクション・空気圧の測定位置

なお、テンシオメーターの先端には図 2.3 に示すようなポーラスカップがついており、飽和させたものを用いることで空気の浸入を防ぐ。圧力センサーの内部の受圧板と先端の間は水を満たし、先端には図 2.4 に示すような撥水剤を塗布したナイロンメッシュ(5 μ)を取り付け、水の浸入を防ぐ。



図 2.3 ポーラスカップ

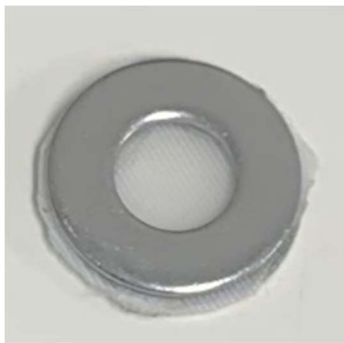


図 2.4 ナイロンメッシュ (5 μ)

また、飽和度は水分特性曲線の関数である式(1)に示す van Genuchten モデルを用いて求める。間隙水圧の値を vG モデルの式に代入することで有効飽和度を求め、式(2)に示す式を用いることで飽和度を求める。三河珪砂 6 号において、 $\alpha_n = 0.0746$, $n = 4.523$, $\theta_s = 0.466$, $\theta_r = 0.1$, $n' = 0.466$ であることが伊藤・山田らの研究で得られている。

$$S_e = \frac{1}{(1 + |\alpha_w h|^n)^{1-\frac{1}{n}}} \quad (1)$$

ここに、 S_e : 有効飽和度(-), h : 負の圧力水頭(cm), α_w, n : vG パラメータとする。

$$S_r = \frac{S_e(\theta_s - \theta_r) + \theta_r}{n'} \quad (2)$$

ここに、 S_r : 飽和度(-), S_e : 有効飽和度(-), θ_s : 飽和体積含水率, θ_r : 残留体積含水率, n' : 間隙率(-)とする。

2.2 実験ケース

本実験では以下の 3 つの現象について考える。

- 1) 重力排水 : 不飽和土柱の上下端を大気に開放
- 2) 強制排水 : 1)の条件中に上端から圧気し、強制

的に排水させる

- 3) 越流浸透 : 実験装置の上下に接続している水槽を用いて、越流した状態を再現。

2.3 実験手順

試料の作成方法として、均質になるように三河珪砂 6 号を 193 g ずつ 6 層に分けてパイプの上部から空中落下で充填した。乾燥密度は 1.41 g/cm³とした。その後パイプ下端の水槽を 54 cm まで上昇させ、試料を飽和させた。

- 1) 重力排水

実験装置の上部の空気弁を解放し、装置下端の水槽をパイプ下端の高さにまで合わせた。約 50 分時間を放置した。

- 2) 強制排水

重力排水の直後、コンプレッサーにより、21 cmH₂O の空気圧を 60 分間、土柱に加えた。

- 3) 越流浸透

重力排水状態から越流状態の再現を行った。パイプ内の土柱上端から 18 cm の位置に上下の水槽の水面を合わせ、各弁を開放し、越流時の水位を再現しながら、土柱に 10 分間圧力を加えた。

3. 実験結果

- 1) 重力排水

図 3.1 は水圧の分布を示したものである。飽和状態では静水圧の分布であるが、時間の経過とともに、低下し負圧領域が拡大することが読み取られる。宇野、小川らの研究の通り、重力排水に伴う水圧低下は上部で発生し、下方へ排水が進むにつれ、負圧領域が拡大していく²⁾ことが確認できた。

図 3.2 は空気圧の分布を示したものである。上端に注目すると 0 秒から 1 分までは土柱の上端が空気に接するため、空気が抜け、空気圧の分布が負になった。その後は空気が満たされたことにより、徐々に 0 cmH₂O (大気圧)に収束をしていくことが読み取れる。この傾向は高さ 30 cm まで認められる。さらに、図 3.3 の飽和度分布より、高さ 20 cm 以下の高さにおいて、飽和していることから、0 秒時の空気圧は測れておらず、水圧の値になっていると考えられる。なお、飽和度の分布もサクシヨンの低下とともに高さ 48 cm, 42 cm, 30 cm では減少していることが読み取れる。

2) 強制排水

強制排水において水圧は図 3.4 に示す通りになった。コンプレッサーにより強制的に与えられた正の圧力により、重力排水時よりも負の方向に分布していることが分かる。飽和度も図 3.5 に示すように全体的に時間経過とともに減少しているが、1 時間後には高さ 48 cm で 1% の減少だが、高さ 18 cm では 20% も減少している。このことより、重力排水で排水できなかった土柱下方の水が抜けたことが分かる。なお、空気圧は重力排水時と同様に圧力センサーが水圧の値になっていると考えられるため、強制排水においては省略する。

3) 越流浸透

図 3.6 は水圧分布を表したものである。越流開始とともに負の分布から正の分布へと増加している。3 分で静水圧に最も近い分布になっている。

空気圧は図 3.7 に、飽和度は図 3.8 に示したようになった。それぞれ共通している点は開始から 1 分の間で急激に変化しているが、高さ 42 cm では変化が遅い傾向があるという点である。これは空気により水の浸透が邪魔されていることや図 3.10 の亀裂によるものであると考えられる。

越流浸透中には図 3.9 や図 3.10 のような間隙や亀裂が数か所に発生していた。中でも図 3.10 は高さ 42 cm 付近で発生した亀裂である。この写真は開始から 2 分後に撮影したものであり、土柱上端からの水位がちょうど 18 cm に達した時間でもある。この亀裂が発生したとみられる 1 分～2 分の間において空気圧は 28 cmH₂O 減少しており、飽和度は 70% 増加している。このことから亀裂が生じたことにより空気圧が変化した可能性が高いことが考察される。

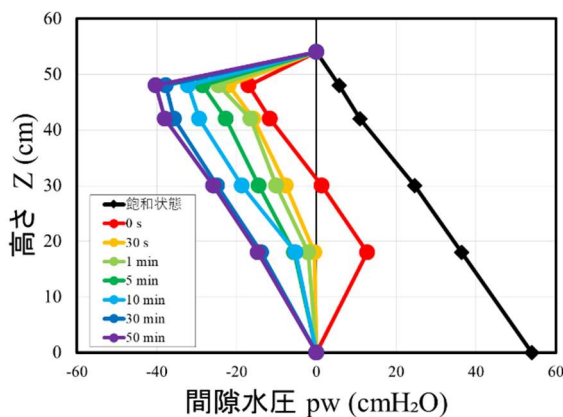


図 3.1 重力排水中の間隙空気圧の分布

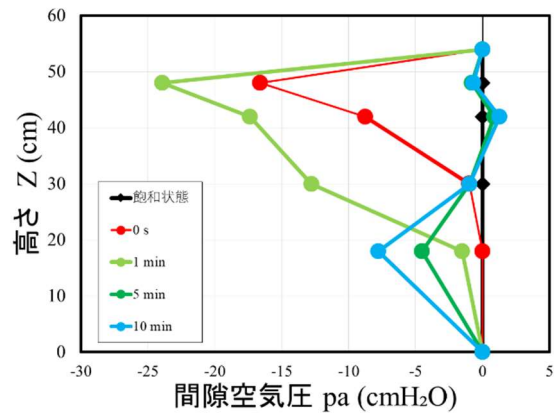


図 3.2 重力排水中の間隙空気圧の分布

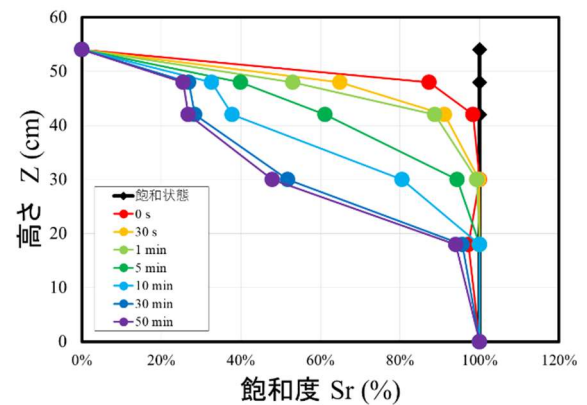


図 3.3 重力排水中の飽和度の分布

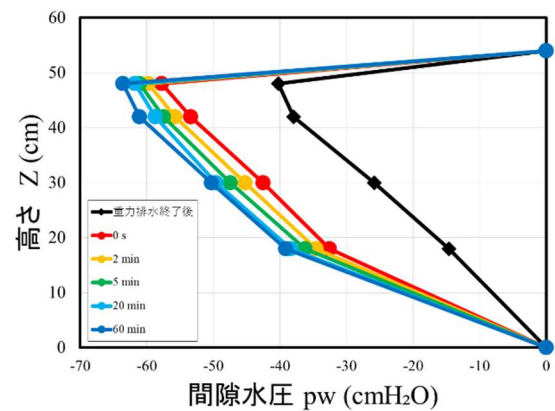


図 3.4 強制排水中の間隙水圧の分布

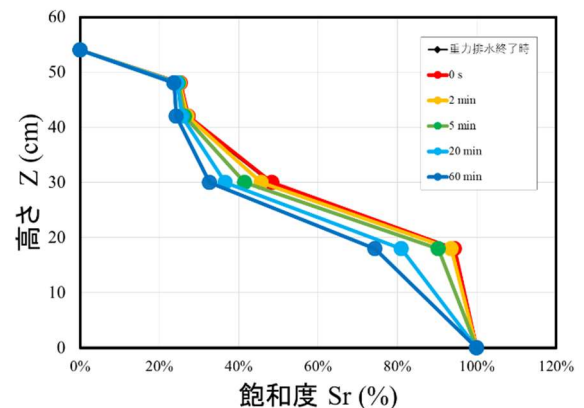


図 3.5 強制排水中の飽和度の分布

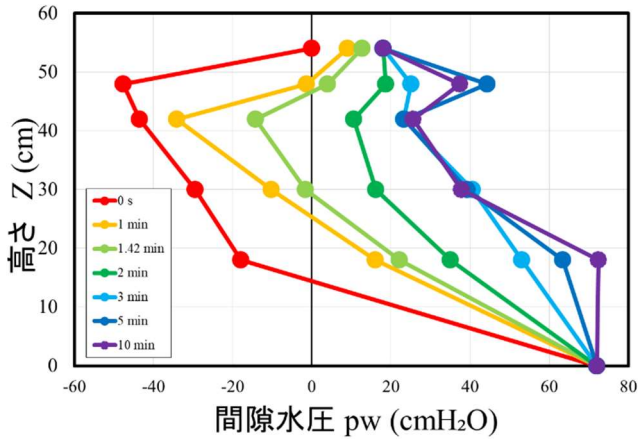


図 3.6 越流浸透中の間隙水圧の分布

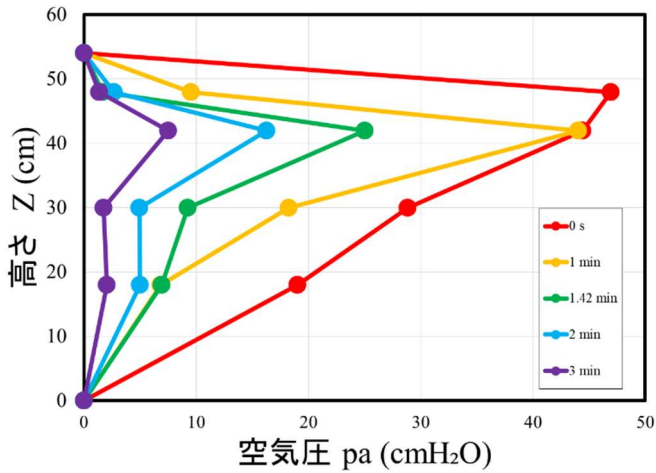


図 3.7 越流浸透中の間隙空気圧の分布

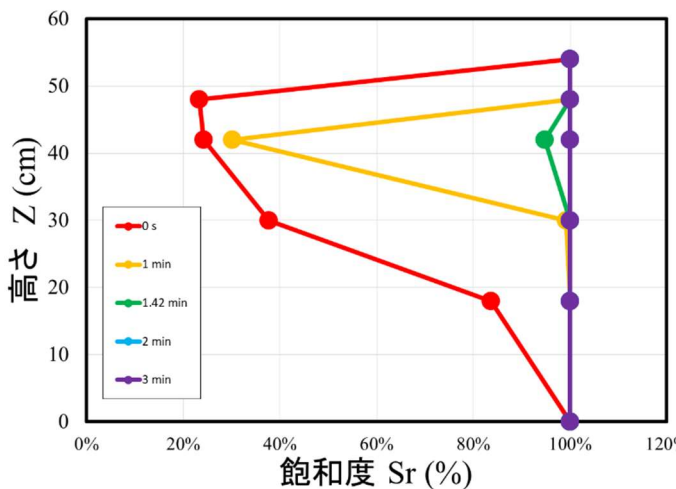


図 3.8 越流再現中の飽和度の分布

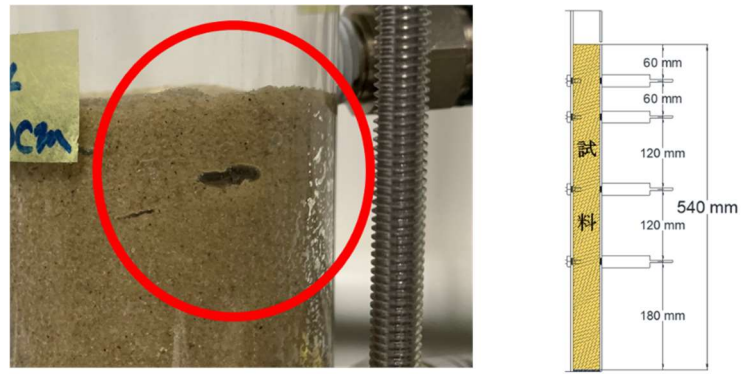


図 3.9 亀裂 1 (Z=53 cm 付近)

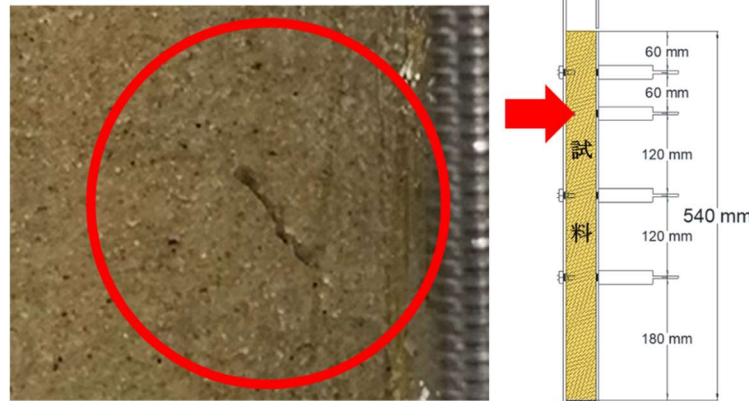


図 3.9 亀裂 2 (Z=42 cm 付近)

4. おわりに

本研究では以下の知見を得ることができた。

- 1) 重力排水において空気圧は空気が満たされるまでは負の分布となり、満たされた後は0に収束する。
- 2) 土柱を越流させた状態にすると上端や下端では素早く飽和し、空気圧も減少する。
- 3) 越流状態になった土柱には閉じ込められた空気によって亀裂が生じ、これにより空気圧や飽和度が急激に変化する可能性がある。

このことから、実際の堤防においても越水により亀裂が生じ堤体内の空気圧が低下する可能性があることが考察される。

【参考文献】

- 1) 宇野尚雄・杉井俊夫・柘植浩史, 土中の間隙水と間隙空気の流動について, 混相流シンポジウム'91 (第10回)講演論文集, pp.147~pp.150, 1991
- 2) 宇野尚雄・小川隆幸, 砂質土の透気性に関する実験的研究, 土質工学会・「不飽和土の工学的性質研究の現状」シンポジウム発表論文集, pp.229~pp.236, 1987

Hydro-STIV による現地観測

EC19015 大熊 真魁

1. はじめに

近年、河川に関わる災害が多発している。河川の流速が早いと、強大なエネルギーを持った流れが流下するため、河川の洗堀、浸食により堤防が決壊する恐れがある。河川の流速が遅いと滞留が生じる。長時間滞留すると流入した汚濁負荷は蓄積され、植物プランクトンなどによる内部生産の増加によって水質悪化が生じる。このように多くの河川にかかわる多くの課題解決のためには流速を知ることが重要となる。しかし、実際に流速を測る際に、河川に入り手作業で測る機会が多く、水深が深い河川や流速が早い河川では事故につながる恐れがある。

そこで、Hydro-STIV を使用し、安全に現地観測を行うことができるのではないかと考えた。また、電磁流速計、Hydro-STIV など、それぞれの流速計の違いによって流速値がどのように表現されるか検討する。

2. 研究目的

本研究では、Hydro-STIV がどのような場所、条件で観測できるかを明らかにする。さらに流速計の比較によって Hydro-STIV の能力や精度を理解することで、今後現地観測を行ううえで役立つ研究資料を整理する。

3. 流速計の計測原理

3.1 Hydro-STIV

STIV (Space Time Image Velocimetry) は、動画像を用いた非接触の流速画像計測手法である。STIV 手法は大きく、①事前測量した標定点と計測水位を用いた幾何補正変換、②設定した検査線上での表面流速算出の 2STEP で構成されている。①は STIV に限らず、動画像を用いた主な河川流速計測手法で共通して行われる処理である。②が STIV 特有の部分であり、図 1 に概要を示す。STIV では流速を得たい動画像中の水面に検査線を設定する。検査線は流れを測定したい向きに沿って 通常は主流方向に沿って設定する。図 1 の黄色線が検査線の例で、赤四角は表面波紋等の特徴的な輝度値を表している。時空間画像 (STI Space Time Image) は検査線上の輝度値を時間方向に並べることで生成され、特徴的な輝度値の流速に応じた軌跡を得ることができる。実際には検査線上の特徴的な輝度値は 1 つではないため、STI 上には右図のような縞パターンが形成される。縞パターンの傾きは流速に応じて変動するため、STI の縞パターンの傾き Φ 、検査線の長さ (m)、計測時間から、検査線位置における表面流速を算出することができる。

4. Hydro-STIV の使用方法

実際に取った動画をソフト内で選択し、標定点を手動で選択する。次に水位を入力し、幾何補正を実行する。測量値に大きな誤差があると幾何補正をすることができな

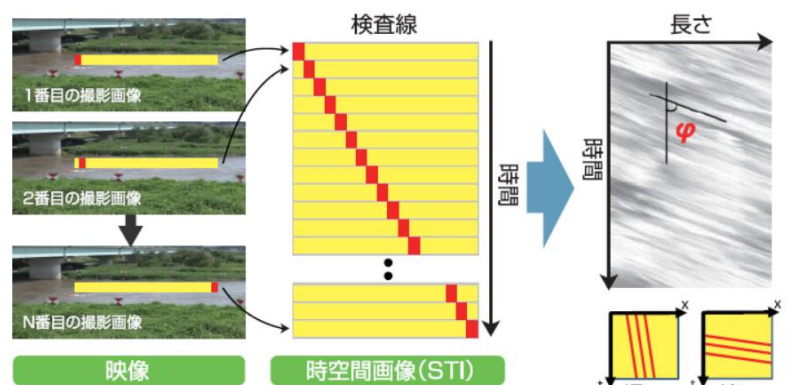


図 1 Hydro-STIV 概要

いので注意する。Excel で作成した横断データファイルを読み込み、手動で側線を決める。側線を決めるときに河川の流速の流れと垂直に側線を置くことで、正しく流速測定ができる。次に STI 作成のため検査線を設定し、解析が完了すると自動で解析結果画面が表示され解析した結果が、流速ベクトルやグラフ等によって可視化され確認することができる。



図2 解析の様子

5. 現地観測

5.1 第1回現地観測

2022年11月12日に内津川においてHydro-STIVを用いた観測を行った。図3は第1回観測場所を示す。計測の様子を写真1、測量結果を表1、Hydro-STIVを用いた結果を表2に示す。表3には電磁流量計で得られた情報を示している。表1の測量結果は、写真2を用いたGPS測量により得た。

結果を比較すると、Hydro-STIVによる値と電磁流速計の値に差が生じていた。これは対象とする河川が非常に浅く、流速も遅かったため、このような結果になったものと考えられる。



図3 第1回観測場所

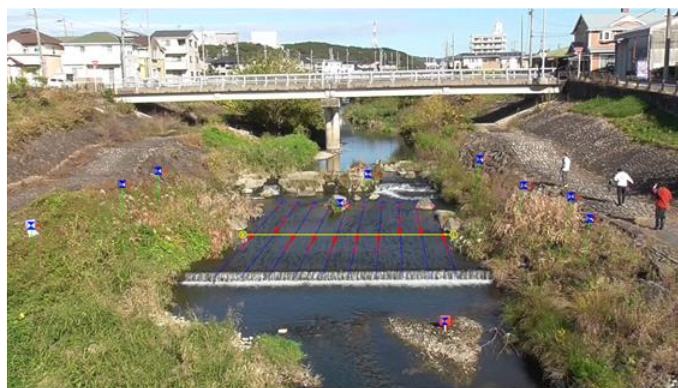


写真1 第1回カメラ設置場所

表1 第1回測量結果

点	x観測値	y観測値	標高EL
1	-81647.951	-13477.115	33.552
2	-81643.56	-13476.803	33.727
3	-81638.258	-13477.983	33.416
4	-81629.885	-13479.243	33.877
5	-81649.397	-13498.669	33.564
6	-81638.503	-13499.349	33.682
7	-81633.214	-13499.066	33.789
8	-81654.481	-13483.082	31.637
9	-81636.715	-13487.733	32.252
10	-81628.898	-13486.515	32.827
		水位	31.821



写真2 GNSS受信機

表2 第1回 Hydro-STIV の結果

横断位置 (m)	正面撮影	右から撮影
0.5	0.037	-0.012
1.5	-0.072	0.031
2.5	-0.027	-0.032
3.5	0.041	0.024
4.5	0.045	-0.016
5.5	0.612	0.025
6.5	0.286	0.248
7.5	0.095	0.284
8.5	-0.383	0.18
9.5	0.032	0.466

表3 第1回電磁流速計の結果

中央				
vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)	
0.467	0.15	197.1	19.81	
0.48	0.15	200.1	19.81	
0.44	0.16	202.2	19.81	
0.475	0.15	202.1	19.81	
0.47	0.16	200.5	19.81	
中央 右岸				
vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)	
0.538	0.19	204.9	19.81	
0.529	0.19	203	19.81	
0.518	0.19	205.6	19.81	
0.521	0.19	206	19.81	
0.532	0.19	204.8	19.81	
中央 左岸				
vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)	
0.674	0.15	177.9	19.8	
0.63	0.15	165.6	19.8	
0.586	0.15	175.2	19.8	
0.585	0.15	175.1	19.81	
0.572	0.15	175.3	19.81	
平均	vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)
中央左岸	0.609	0.15	173.82	19.81
中央	0.466	0.15	200.4	19.81
中央右岸	0.528	0.19	204.86	19.81

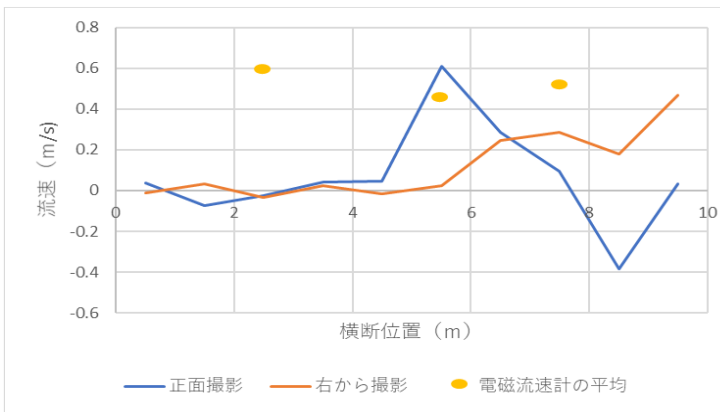


図4 第1回流速結果グラフ

5.2 第2回現地観測

2023年1月12日に土岐川において Hydro-STIV を用いた現地観測を行った。計測の様子を写真3に、観測場所を図5に、電磁流速計で得られた流速値を表4に、測量結果を表5に、Hydro-STIV で得られた流速値を表6を図6に示す。表4の測量結果は、1回目同様、写真2のGNSSを用いたGPS測量により得た。

表5は撮影の仕方を変え流速を解析しており、①は川の流れと垂直に側線を配置したもの、②は直線に側線を配置したもの、③は斜めから撮影した動画に側線を配置したものである。図-6 に得られた流速値の比較を示す。本図から川の流れと垂直に側線を配置することで信頼できる値が得られることが分かる。しかし、負値の場所は、課題として残った。

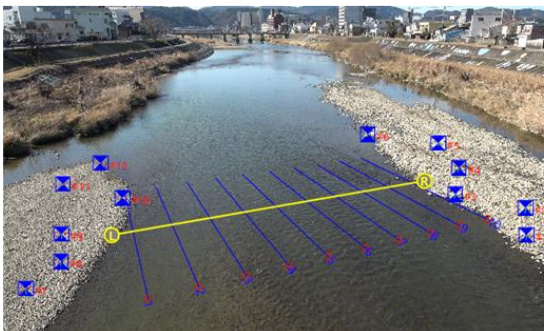


写真3 中央付近での観測結果



図5 第2回観測場所

表4 電磁流速計の結果

中央 (左岸から11m)				
vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)	
0.927	0.2	209.5	4.53	
0.927	0.2	214	4.53	
0.902	0.2	221.2	4.53	
中央 右岸				
vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)	
1.03	0.19	218.2	4.53	
1.008	0.19	221.2	4.53	
1.026	0.18	220.3	4.53	
中央 左岸				
vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)	
0.751	0.19	204.2	4.63	
0.685	0.22	192.1	4.63	
0.715	0.22	198.5	4.63	
表面 平均				
vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)	
中央左岸	0.717	0.22	198.3 4.53	
中央	0.919	0.2	214.9 4.53	
中央右岸	1.021	0.18	219.9 4.53	

表5 第2回測量結果

点	x観測値	y観測値	標高EL
1	-73536.441	-3077.203	91.889
2	-73536.26	-3081.412	91.975
3	-73540.766	-3082.178	91.944
4	-73540.974	-3088.653	92.019
5	-73543.588	-3096.99	91.956
6	-73551.272	-3097.822	91.933
7	-73557.839	-3062.036	91.926
8	-73558.55	-3064.439	91.87
9	-73561.154	-3066.631	91.866
10	-73562.499	-3072.7	91.695
11	-73568.604	-3072.894	91.811
12	-73570.636	-3078.45	91.608
		水位	91.594

表6 Hydro-STIVの結果

横断点番号	①m/s	②m/s	③m/s
1	0.016	-0.088	0.013
2	0.523	0.064	-0.02
3	0.09	-0.342	-0.019
4	-0.598	-0.234	-0.019
5	0.277	-0.202	0.017
6	1.067	-0.283	0.348
7	0.877	-0.132	-0.135
8	0.702	0.324	-0.283
9	0.286	-0.255	0.114
10	-0.014	0.033	0.034

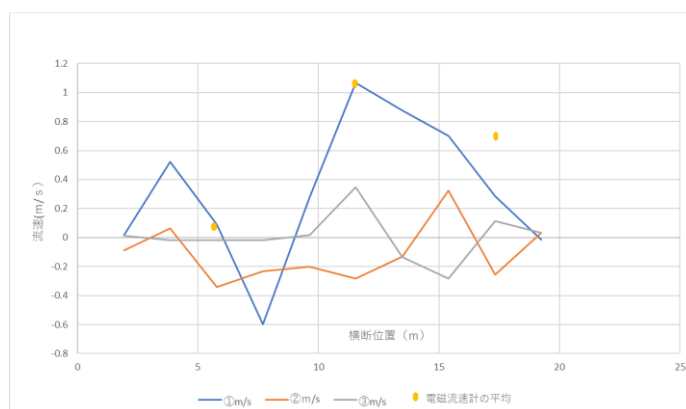


図6 第2回流速結果のグラフ

6. おわりに

本研究では、Hydro-STIV の使用方法、また、現地観測により得られた Hydro-STIV の流速結果によって利点、欠点について確認することができた。今後は、荒天時の観測や雨の降った翌日などに観測を行うことでより Hydro-STIV の利便性を確認できると考える。

Hydro-STIV を利用して観測するには、河川の水深がある程度深く（岩が水面から出ない程度）流速が早くないと測ることができない。また、動画撮影で川幅全体、標定点が映らないと流速を測れない。しかし、今までの流速計では、実際に河川に入る必要があるが、Hydro-STIV を利用すれば実際に入らず流速を測ることができ、現地観測時の事故を無くすことができると考える。また、幾何補正内であればどここの場所も一つの動画で広範囲の測定ができ、作業の効率化につながると考える。標定点とカメラさえあれば流速を測ることができる特性があるので、標定点を堤防天端などの高めに設定し、カメラを設置すれば急な豪雨などによる災害時に、流速変化をいち早く計測できる。Hydro-STIV の使用は今後水害問題に重要になってくると考える。

卒業研究にあたり、武田誠教授にご指導いただきました。厚く感謝を申し上げます。また研究を進める上で教育技術員の橋詰朋幸様、研究室のメンバーにも感謝の意を表します。ありがとうございました。

参考文献

- 1) 株式会社ハイドロ総合技術研究所 : <https://hydrosoken.co.jp/service/hydrostiv.php> (2023/1/12 確認)
- 2) Google Maps : <https://www.google.co.jp/maps/@35.336327,137.1326041,16z> (2023/1/12 確認)

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

EC19028 北村純平

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とされている。本研究では、松井ら¹⁾により作成された避難シミュレーションのモデルを名古屋駅前地下街に適用し、人の避難行動と照らし合わせて矛盾点が無いかを確認しながらモデルの改良を行った。

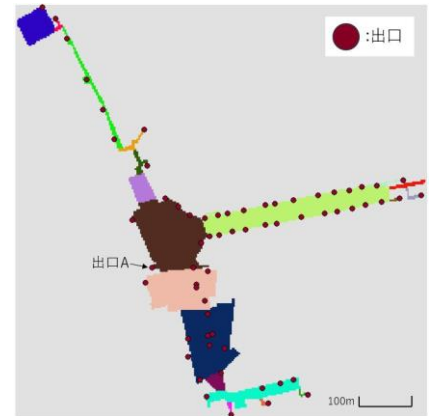


図 1 エリアと出口

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、A 出口などの目標の方向と、B 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の2つを考えた。また、エリア毎に番号を付けて、出口があるエリアに人が来たら A の方法で出口に向かい、別のエリアから出口へ向かう場合に、次に進むエリア情報、次のエリアへの目標となる格子位置情報を与えて、そこへ移動するようにした。また、A の方法で目的地へ向かう人が壁の中に入ってしまった場合、B の方法で再度移動を計算することで壁の中へ移動しないよう工夫した。さらに、人の重なりを修正する方法として、①進行方向に人がいる場合には速度を落とすこと、②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-15度～0度、0度～15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。また、両方に人がいる場合は、進行方向の時計回りの角度-30度～-15度、15度～30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を進行する領域として、該当領域の中心方向へ移動するとした。なお、すべての領域に人がいる場合は、全領域の最短距離にいる人の中で最も遠い人の方向へと進むとする。

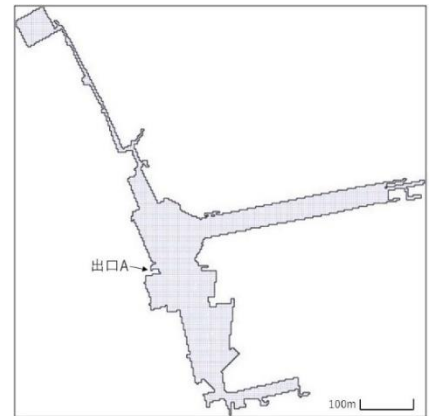
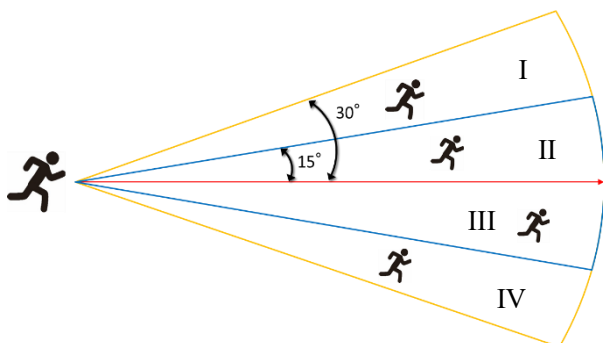


図 2 初期配置 1



進行方向-30°～-15°をⅠ、-15°～0°をⅡ、0°～15°をⅢ、15°～30°をⅣとする。
 第1：Ⅱ,Ⅲに誰もいない場合は進行方向へ移動する。
 第2：Ⅱ,Ⅲ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：Ⅱ,Ⅲの両方に人がいれば、Ⅰ,Ⅳ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Ⅳ、0.5より大きいとⅠ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。

図 3 人の重なり回避に関わるモデル化

2.2 シミュレーションモデルの課題と修正

このモデルを名古屋駅前地下街に適応した。対象領域を高低差のない平面として、3.2m格子で表現し、その中央に人を配置した。また、図1のように63個の出口を設定し、19のエリアに分け、計算に用いる接続情報を作成した。図2のように格子中央に人を配置し、出口Aに移動する解析を行った。人の移動速度は1.0m/sとした。結果には、遠くのエリアから移動する様子が見られたが、図4に示すように、接続箇所(例えば、丸の箇所)を境に直線で移動する様子が見られた。これは、人の現在地に一番近い接続格子に移動するようモデル化していることに起因していると考えた。そこで、出口までの距離が短くなる接続格子に向かうよう修正を行ったものが図5の結果である。本図から領域を越える箇所でも滑らかな人の移動を示している。ただし、多くの人々が最短距離のルートに集まっている様子もみられる。そこで、接続領域の最短の目標格子に人が集中せず、領域において平均的な移動をするように、目標とする格子に人数の上限(エリアにいる人数の平均値)を付けて計算した結果が図6である。本図から、領域Bの人の移動は広がっていることから、最短距離に集中しない人の移動を示すことができたが、CやDの箇所では最短距離への人の集中がみられる。次に、図7のように周辺出口の距離が最短となる格子へ移動するモデル化を行った。その結果を図8に示す。人が集まる通路があるものの人の分散や最短距離の移動はできているように見える。図9のように出口があるエリアではBの方法、無いエリアではAの方法というように移動方法を変えた。計算結果を図10に示す。人の広がりや曲がり始める位置などおおよそ自然な動きになっていると考える。次に、計算する順番を変えた。従来は図11のように初期配置において左下から上に向かって番号を付け計算していたが、図12のように出口や接続格子に近いものから番号を付け計算した。結果を図13に示す。図10と比較すると人の広がりが小さくなった。図の効果が見られた。この広がりを大きくするため、接続格子を通過する人数の上限を半分とした。結果を図14に示す。人の広がりはあったが蛇行して進んでいるように見られた。これは、接続格子に近い人は最短格子へ向かい、そこが上限になれば次の最短格子に移るので、結果として蛇行する人の動きになったと考える。

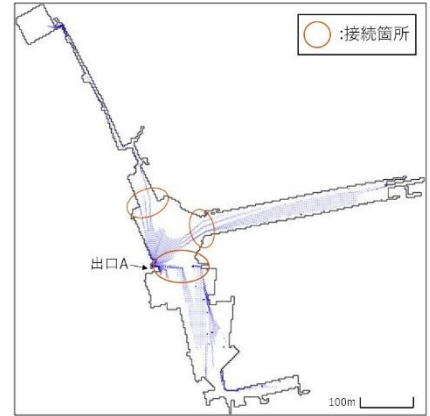


図4 人の移動1(1分後)

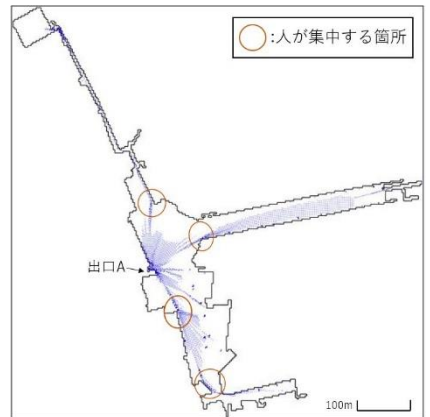


図5 人の移動2(1分後)

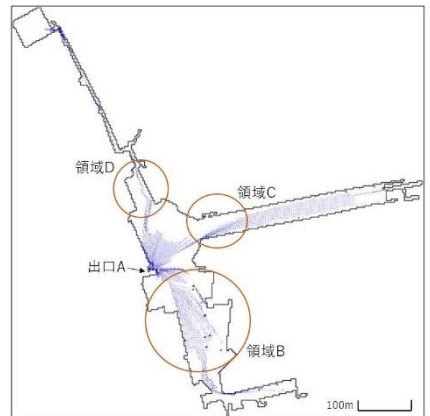


図6 人の移動3(1分後)

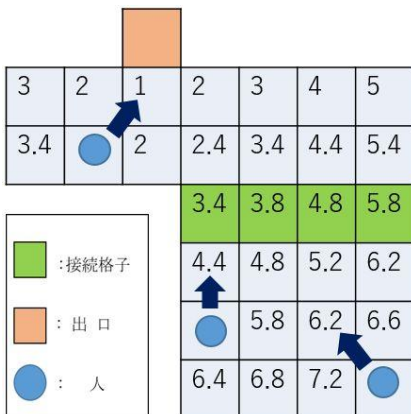


図7 移動方法1(格子1mの場合)

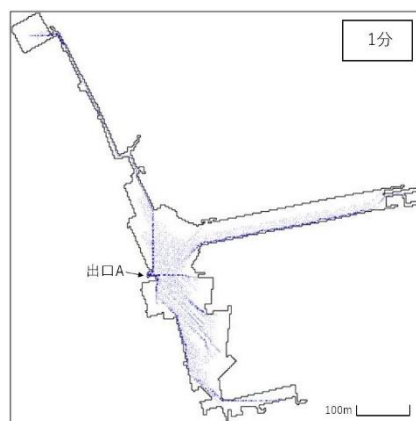


図8 人の移動4

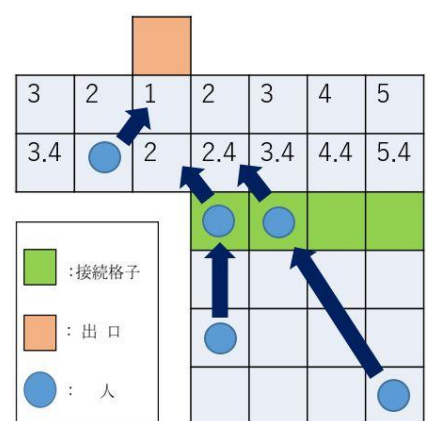


図9 移動方法2(格子1mの場合)

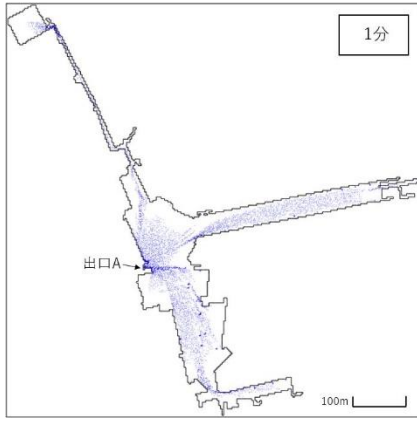


図 10 人の移動 5

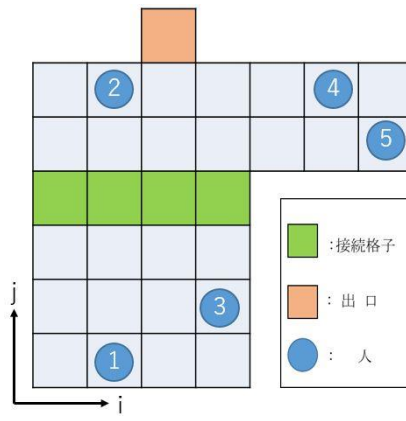


図 11 計算順番 1

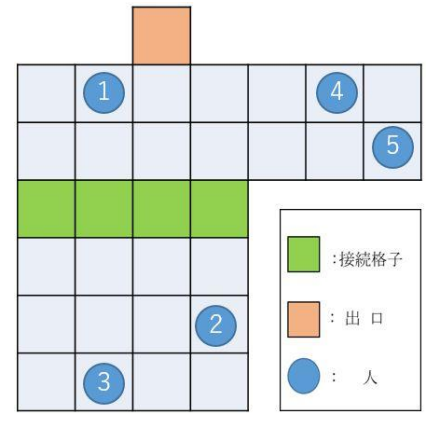


図 12 計算順番 2

2.3 通路を考慮した人の移動
次に, 通路を移動する場合を考える. これまでの検討より, 移動方法 1 と移動方法 2 を用いて, 計算順は計算順番 2 を使用した. 初期配置を図 15 に示す. 移動方法 1 の結果を図 16, 移動方法 2 の結果を図 17 に示す. 両図より, 例えば領域 a と領域 b に違いがある. 図 17 の領域 a では人が壁に向かって移動し, くぼみに人がたまっている. また, 領域 b では, 極端に壁に沿って移動している. その点で図 16 では, 壁の引っ掛かりが少なく最短距離で移動出来ていると考える.

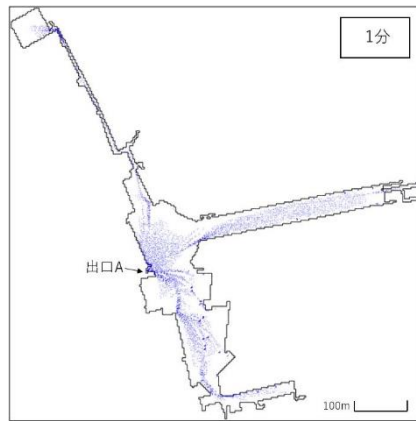


図 13 人の移動 6

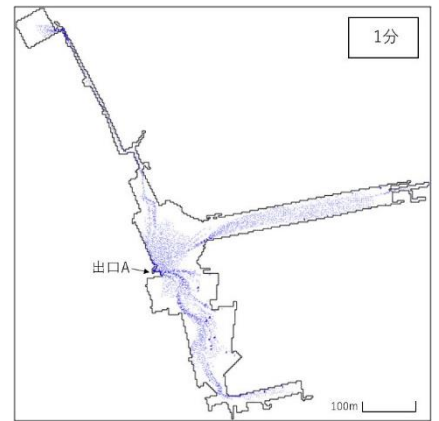


図 14 人の移動 7

2.4 モデルの活用

作成したモデルを活用することで, 現在地から指定した出口までの避難に要する時間や最短距離を求めることができる. また, 非常時だけでなく平時の交通シミュレーションとしての機能も持つ. 通路がある条件の中で作成したモデルを比較し, 移動方法 1 が最も自然な人の動きができていると考える. このモデルを利用して, 避難にかかる時間と人数を計測した. はじめに人に速度差を出すと避難時間に差があるかを調べた. 人は図 18 のようにランダムに配置し, 最も近くの出口

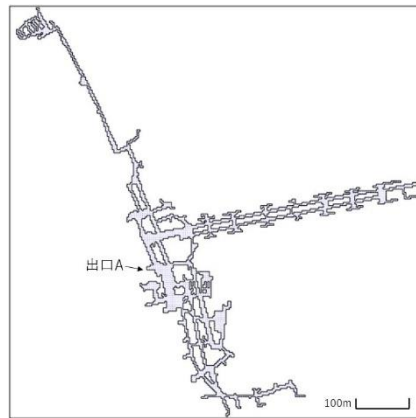


図 15 初期配置 2

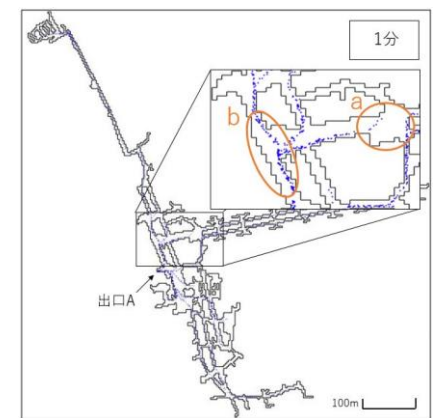


図 16 人の移動 8

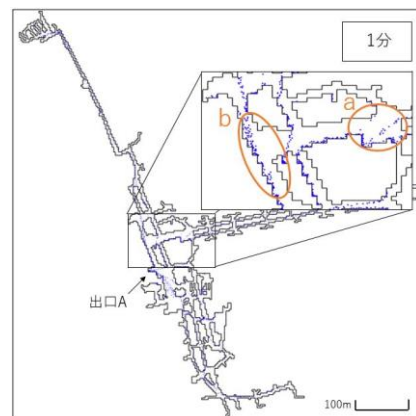


図 17 人の移動 9

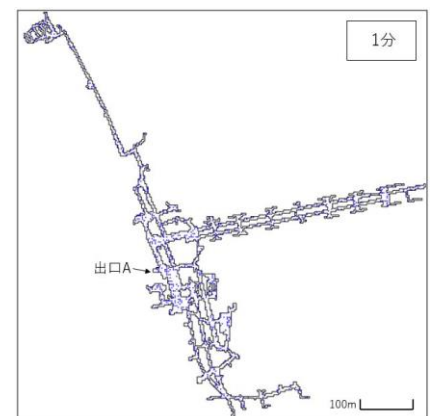


図 18 初期配置 3

へ移動させた。速度は成人 1.0m/s, 子ども・高齢者 0.6m/s とした。子ども・高齢者割合別の避難完了人数と時間の関係を図 19 に示す。本図より高齢者割合が多くなるほど避難に遅れが出ていることが分かる。実際に歩行が遅い方がいると後ろにいる人の速度も下がるため、再現ができていないと考える。次に、最も近くの出口へ移動, 子ども・高齢者の割合 4 割という条件で人数別の避難成功割合と時間の関係図 20 に示す。人が増加すると避難にかかる時間が増えると思っていたが, 図より数値に大きな変化は見られなかった。これは, 人が出口(階段)に到達した時点で計算から外しているため, 出口付近で人が詰まるということがないからだと思われる。

3つの入口から入り, 3つの出口から出る人の移動を計算した。入口 A, B, C から 6 割, 2 割, 2 割の人が入り, 出口 A, B, C から 6 割, 2 割, 2 割の人が出るとし, 時間毎に流入の総数を決めて, 6 時間の計算を行った。結果を図 22 に示す。計算結果には, 人の移動の流れや人が密になる様子が示された。また, 同じ条件で 4 割の人が子ども・高齢者であるとした計算を行った。結果を, 図 23 に示す。図 22 と比較するときちんと速度に差が出ており, 移動にかかる時間が多くなっていることがみられた。

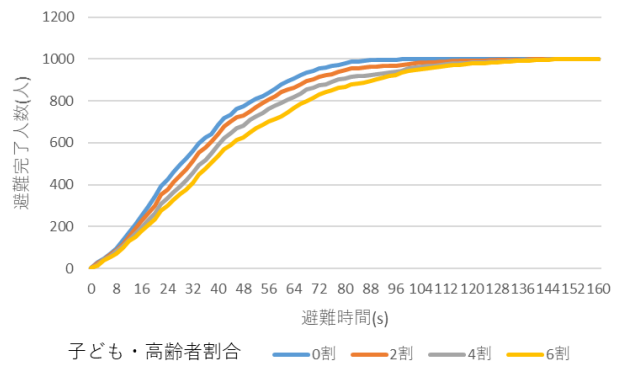


図 19 時間経過での避難成功者数

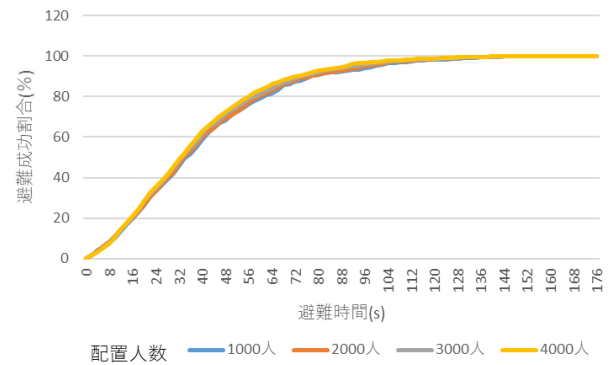


図 20 時間経過での避難成功者割合

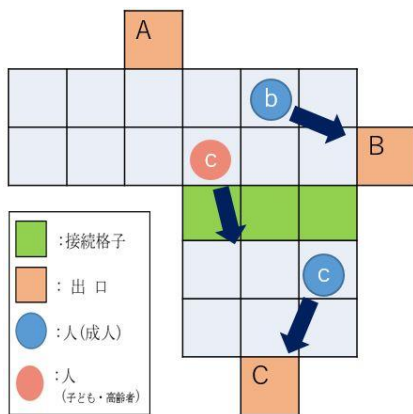


図 21 移動方法 3

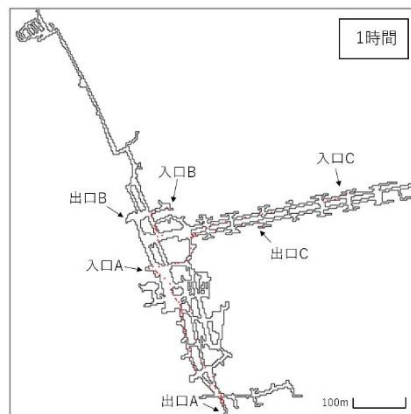


図 22 人の移動 10

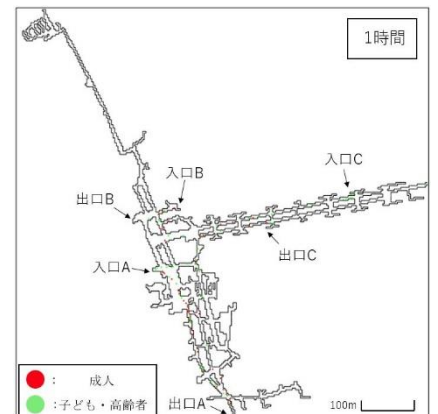


図 23 人の移動 11

3. おわりに

本報では, 地下街を対象に人の移動に関するモデル開発を行っている。今後は, 避難シミュレーションモデルの改良と避難シミュレーションによる種々の検討の 2 点を行う予定である。その後, 改良したモデルを活用して, 地下浸水時の避難について考察したいと考えている。

参考文献

- 1) 松井 柁輝, 武田 誠: 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 3 年度土木学会中部支部研究発表会, II-18, 2022.

1. はじめに

近年の異常気象に伴う内水氾濫や大規模な外水氾濫が生じた場合、地下街は甚大な被害が生じる可能性がある。本研究では名古屋駅の各地下街の現地調査・ヒヤリングを行うことでその地下街の現状と特徴を理解する。また、外水氾濫が起きた際の水の流れる方向と名古屋駅への到達時間を災害のシミュレーションで調査する。それらを踏まえて、災害に遭遇した際の避難方法や観光客などの人の誘導方法、店舗の従業員のとるべき行動を検討していく。



写真1 災害対策訓練の様子

2. ヒヤリング調査

エスカ株式会社成澤氏の協力で地下街の現状と課題についてのヒヤリングを実施した。地下街は消防法や道路法で管理されており、避難のための情報を出すとしても看板や広告を道に出せず、名古屋市の交通局や土木局に許可を得なければならない。

地下街の災害は3つがある。地震対策としては発生した際に地下の安全を確保し、地下で火災やガス漏れがあった場合や地上が安全ならば地上・屋外へ避難させる。火災対策としては今も検討しているがとにかく地上へ逃げるのが安全だとされている。消防と企業（中村消防署と東邦ガスなど）が協力してガス漏れなどの対処訓練を実施している。水害対策としては内水氾濫と外水氾濫の2種類で内容は異なる。内水氾濫の対策としては基本的に止水板（50cm程度）と土嚢を用意して地下に浸水するのを防ぐ。外水氾濫の対策としては地上に避難させることとなっている。特に庄内川からの氾濫が想定されているので、高い建物が多い

JR側に逃げることを推奨している。シミュレーションにて庄内川が破堤した場合、3時間で浸水し始めて5時間後には被害が出る浸水となることが確認できているので名古屋市のホームページの情報（タイムライン）を意識して浸水前に危機管理局から2段階で情報が発信される。

3. エスカ地下街における避難時間の調査

名古屋駅のエスカ地下街にて災害発生時、避難経路と時間を調べる。また、防災センターから一番遠いE10まで歩いて到達時間を計測する。避難経路・時間計測は図2の位置に人を1人ずつ配置する。定位置で

- | | | |
|-----|-------|--------------------------|
| 1回目 | 待機 | →「浸水発生！どこでもいいので逃げてください！」 |
| 2回目 | 自由に行動 | →「浸水発生！JR側に逃げてください！」 |
| 3回目 | 待機 | →「浸水発生！JR側に逃げてください！」 |
| 4回目 | 自由に行動 | →「浸水発生！どこでもいいので逃げてください！」 |

図1 最初の指示と連絡の種類の順番

待機か自由に行動かを指示する。計測者から災害発生と避難する方向の連絡を送る。タイマーを押す。連絡に従って避難が完了したら、各々が計測者に連絡する。タイマーを止める。避難ルートマップに記入する。これを合計4回行う。連絡手段としては「浸水発生！どこでもいいので地上に逃げてください！（内水氾濫を想定して行う。火災の状況と近似しているため火災と内水氾濫時のデータとして計測する。）」と「浸水発生！JR側に逃げてください！（外水氾濫を想定して計測する。）」のうちの一つを連絡する。最初の指示と連絡の種類は図1の順番で実施する。



図2 避難時間計測のマップ

次に止水板を持って行く時間の計測では防災センターからE10まで歩き、移動時間を計測する。

表1 避難時間

	11月24日		11月28日	
	A	B	C	D
①	1:40	0:34	1:01	1:04
②	2:53	1:41	2:13	1:31
③	2:55	2:14	1:02	2:00
④	2:03	1:06	1:18	0:52

表2 止水板を持って行く時間

	11月24日		11月28日	
	A	B	C	D
時間	3:18	3:08	3:09	3:18

結果として、避難時間が表1のようになり、避難経路は図10、図11、図12、図13のようになった。図10より、その場で待機した状態のJR側の通路への避難



図3 Aの避難経路



図4 Bの避難経路



図5 Cの避難経路



図6 Dの避難経路

はすぐに見つけることができないので時間がかかってしまうことが分かった。図11、図12、図13の避難経路からは通路が近くにあることやJR側の通路がすぐに見つかる場所にあることで、避難しやすいことが分かった。図10のAの位置付近は誘導が必要なのではないかと考える。止水板を防災センターからE10まで持っていく時間については表2のように3分10秒ほどで到着することができると分かった。内水氾濫の際の止水板を消火器などのように身近な場所に配置して店舗の従業員に設置してもらうことで止水対応にかかる時間が短縮するのではないかと考える。

4. 破堤に伴う浸水情報の整理

国土交通省の浸水ナビを用いて矢田川と庄内川の破堤時の浸水の流れと到達時間を調査する。破堤対象の場所は図7の①から⑩を調査する。結果としては名古屋駅までの浸水到達時間は表3の通りである。図8では破堤場所から名古屋駅までの浸水状況を時間ごとに表している。紙面の都合上、すべてを記載できないので⑤のみを示す。

庄内川からの浸水について、①が破堤した場合は破堤場所から浸水方向は南なので名古屋駅に到達しないが西区から越水した水が南西に流れて名古屋駅に到達する。②が破堤した場合は東に流れて名古屋駅に到達する。③が破堤した場合は東に流れて名古屋駅に到達する。しかし、名駅より東側に浸水しない。④が破堤した場合は東南東に流れて名古屋駅に到達する。⑤が破堤した場合は南南西に流れて名古屋駅に到達する。

矢田川からの浸水について、⑥が破堤した場合は南南西に流れて名古屋駅に到達する。⑦が破堤した場合は南南西に流れて名古屋駅に到達する。⑧が破堤した場合は南西に流れて名古屋駅に到達する。⑨が破堤した場合は南西に流れて名古屋駅に到達する。⑩が破堤した場合は南西に流れて名古屋駅に到達する。

①から⑤の浸水状況から、庄内川は下流の下側の堤防が破堤が起こると西区から越水などで浸水被害が発生して水が南下して流れるが破堤から名古屋駅に到達する時間が1日以上あるので非常に余裕をもった避難行動ができると考える。しかし、ほとんどの場合は破堤場所から名



図7 破堤の対象場所 左：庄内川 右：矢田川

表3 名古屋駅までの到達時間

①	②	③	④	⑤
46時間20分	9時間21分	8時間21分	3時間56分	5時間44分
⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
8時間46分	9時間10分	8時間43分	14時間9分	17時間11分

古屋駅に流れていくので到達時間が早い。そのため、迅速な避難行動が必要だと考える。矢田川は北側から名古屋駅に流れていく。しかし、栄や名古屋城などの高い位置にある場所を避けて名古屋駅へ流れるので到達時間は庄内川からの到達時間より遅くなるので余裕をもって避難行動ができると考える。

5. 現地調査による地下街の特徴と浸水対策の整理

名古屋駅周辺の地下街の現地調査を実施した。エスカ地下街は「名古屋めし」などの観光客向けの店がエスカの北側に集中している。また、地下街中央の名古屋駅側の入り口付近にはお土産を販売する店舗が多いため、観光客向けのエリアとなっている。地下街中央から南側にかけて定食などの飲食店が立ち並ぶ。他にもファッション系の店舗や薬局などサービス関連のエリアが中央から北側にかけて立ち並ぶ。電光掲示板が設置されていたので災害時に避難誘導・アナウンスができるととても便利になるのではないかと考える。

ルーセントアベニューは名古屋ルーセントタワーとの地下通路として使われている。浸水対策として地上の出入り口がガラス張りで浸水できないようになっている。メイチカは名駅地下街と名駅東地下街に分かれている。名駅地下街は地下鉄東山線乗り場の近くにある北側に定食などの飲食店がある。さらにそこから南のサンロードや名鉄名古屋駅までの通路の両端には食べ歩き用の出店やお土産販売店の店舗が立ち並ぶ。地下鉄と名鉄を結ぶ通路なので日常的に利用している人向けの店舗配置になっている。名駅東地下街には薬局や不動産などが建ち並び、ミッドランドスクエアにつながる通路となっている。

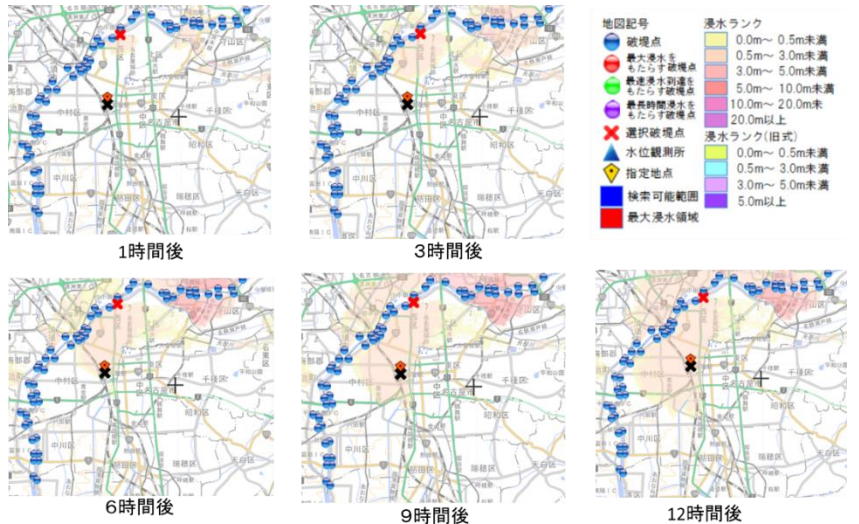


図8 ⑤の破堤後の時間ごとの浸水状況



図9 エスカ

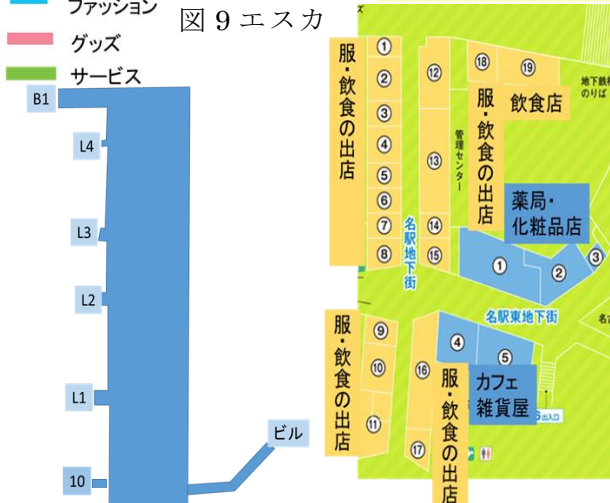


図10 ルーセントアベニュー

図11メイチカ



図12 ゲートウォーク 図13 サンロード



図14 キタチカ・ミヤコ地下街

ゲートウォークは道幅が広く、飲食店が少ない。地下鉄・名鉄・地上通路をつないでいる地下街なので人通りが激しい。サンロードは東西の通路で店舗の種類が異なる。西側の通路には食べ歩きの出店や衣服などの店舗が多い。東側の通路は店内に入れる店舗が多く、定食やカフェなどが立ち並ぶ。東西両端にビルがあり地下街と直結している通路が多い。また、地上通路に扉やシャッターがあり、さらには止水板を設置できるようになっている。キタチカとミヤコ地下街はささしまライブの方向への地下通路の役割と考えると夏の気温が高い日に利用できるのととても便利なのではないかと考える。通路にはビルと直結している場所や扉と止水板で浸水を防ぐ場所がある。

ユニモールは名古屋駅から国際センター駅までをつなぐ地下街である。地下鉄からユニモールに行こうとすると下り階段があるので東側の地下街の中でも低い位置に存在する。両駅の間エリアに飲食店が集中している。また、国際センター駅付近には ATM やジムなどのサービス関連のエリアが存在する。地下街には観光客が集まる場所や日常的に利用する人が利用しやすいような店舗配置になっている場所があることが分かった。エスカは観光客が多い地下街なので浸水が始まる前に従業員の声かけによる避難誘導が重要になると考える。ルーセントアベニューとゲートウォーク、メイチカは通路のような地下街になっており、近くのビルと直結したり、地上に出るとビルがあるので浸水発生時にはそのビルに避難することが適切だと考える。サンロードとキタチカ・ミヤコ地下街はビルに直結している通路と直結していない通路があり、そこから浸水が発生するので避難先の通路を事前に決定してその通路に避難することが重要だと考える。ユニモールは名古屋駅側にいるならば名古屋駅の方に避難してもよいが、そうでない場合、外水氾濫の場合はビルと直結している通路か、地上に出て歩道経由でビルに避難させる。内水氾濫の場合はビルと直結している B2、B3、B6 の通路に避難させる。

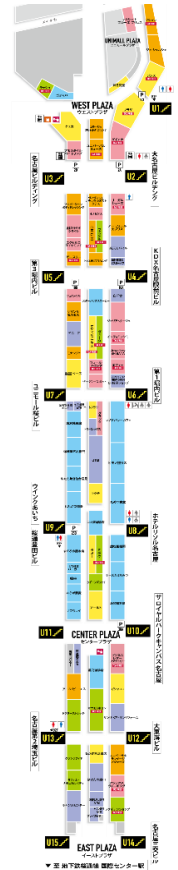


図15 ユニモール

6. おわりに

エスカは観光客が利用しやすい地下街であり、観光客は避難先が分からないのでアナウンスや店舗の従業員の呼びかけが重要になる。また、内水氾濫の際の止水板を身近な場所に配置して店舗の従業員に設置してもらうことで止水対応にかかる時間が短縮できる。ユニモールやサンロードは地上に出ると高い建物が存在するので浸水被害を受ける前にそこへ避難することが大切である。そのため、ビルを管理している企業と避難先として利用してもよいかを交渉することが重要だと考える。今後、リニア中央新幹線の開通で将来的に観光客が増えて今より大勢の人が地下街を利用することになるので地下街にはビルへの接続場所もあり、そこは避難先として有効である。また、店舗の従業員の声かけなどの行動がより大事になると考える。

参考資料

- 1) 東京大学 UTokyo BiblioPlaza 知られざる地下街 歴史・魅力・防災、ちかあるきのススメ 廣井悠、地下街減災研究会 https://www.u-tokyo.ac.jp/biblioplaza/ja/D_00040.html (2023年1月20日確認)
- 2) 浸水ナビ 国土交通省 <https://suiboumap.gsi.go.jp> (2023年1月20日確認)
- 3) 名駅データブック2018 名古屋駅周辺地域 調査・分析と展望 株式会社電通 名鉄コミュニケーションズ https://www.dm-c.co.jp/themes/dmc/doc/dmc_meieki_data_book_ol_180807.pdf (2023年1月20日確認)
- 4) 利用者意識からみた地下街のあり方に関する研究 名古屋駅地区について 谷本 道子・中山 智草・杉山 尚美 名古屋女子大学紀要 第50号(家・自) pp.93-100、2004 https://nagoya-wu.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=1621&file_id=22&file_no=1 (2023年1月20日確認)

庄内川の支川流域に関わる河川合流部の調査と治水安全度の検討

EC19039 近藤 類

1. はじめに

近年、甚大化する豪雨・洪水災害の対応のために流域治水が提唱され、その実施に対して議論が進められている。流域治水の効果的な実施のためには、川と町との関わりを再度検討して、課題や特徴を見出すことが重要と考える。そこで、庄内川流域を対象に支川流域の調査を行った。特に河川の合流箇所の特徴について考察する。また、近年の区画整理事業によって、以前は遊水的に使用されていた場所が宅地開発され、住宅地として整備されている。その箇所のひとつに春日井市熊野町牛毛地区がある。このような地域における水害対策は特に慎重に検討する必要がある。そこで、本研究では、庄内川の支川流域の水理特性と庄内川と支川（内津川）との合流部の浸水を検討し、その対策について考察することを研究目的とする。

2. 庄内川領域を対象とした現地調査

本研究では、5つの河川（矢田川、八田川、妻木川、肥田川、小里川）の調査を行った。ここでは、平野部にある支川の中でも合流箇所の特徴に焦点を当てて、矢田川と八田川の様子を中心に検討する。

2.1 矢田川(調査日 2022年9月26日)

殆どが平野部を流れる川幅の広い河川であり、中下流部に宅地が多くあり、庄内川に合流する箇所では大型のマンションが多く見られた。

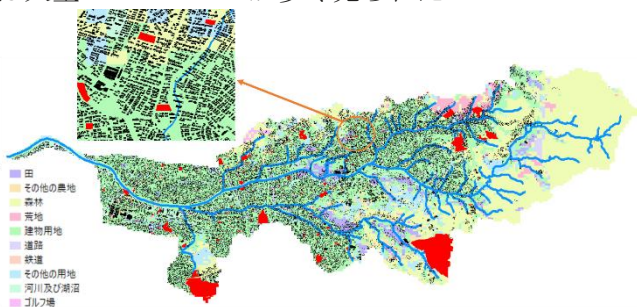


図-1 矢田川流域の土地利用

2.2 八田川(調査日: 2022年10月17日)

上流に田畑が広がっており、この田畑が遊水地の役割を担っていると考えられる。また、支川と支支川との合流部に公園が設けられており、その前後には落差工や流速を抑えるブロックが設置されていた。ハザードマップでの浸水域は広く、中下流までの河川沿いは宅地化されていた。今回の調査で、八田川では合流地点を公園として活用している点は特徴的であった。これは、土地区画整理が始まるときに作られたものと考えられ洪水対策として合流地点に公園を整備して、遊水池的機能を確保することは流域治水を考える上で非常に重要な点と考える。

3 GISを用いた情報の整理

GISを用いて、現地調査で確認した箇所の整理を行う。GISデータは、国土地理院¹⁾、国土数値情報²⁾から取得している。3.1と3.2では土地利用に着目して整理する。3.3と3.4では公園に着目して整理を行う。

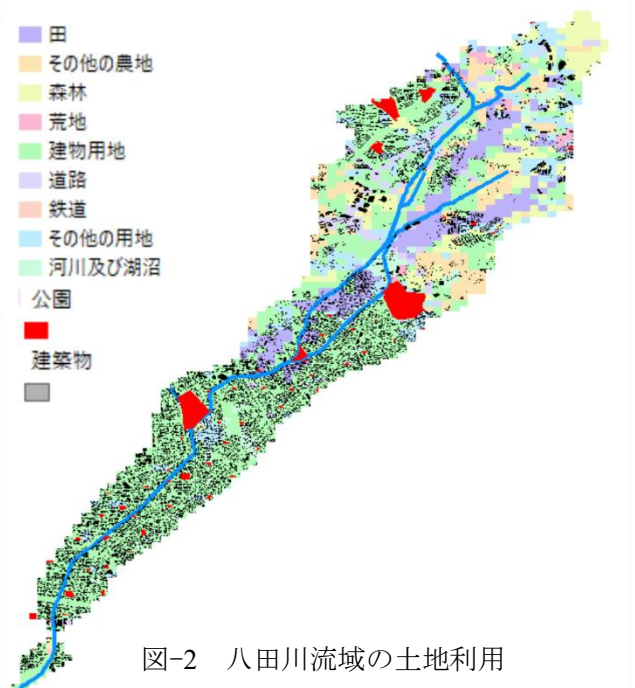


図-2 八田川流域の土地利用

3.1 矢田川流域における土地利用

矢田川の上流部が山間部になっている一方で中下流部は、宅地化されているため図-3のようなグラフになったといえる。上流では森林の割合が大きいいため流木による外水氾濫が懸念されるが、川幅が広いため起こる可能性は低いと考える。中下流部の宅地化されている川沿いでは、堤防が築堤構造になっているが、宅地は盛り土されていて浸水被害を抑える工夫がされていた。

3.2 八田川流域における土地利用

八田川の特徴としては、森林が少なく田畑の割合が高い。第2章でも示したように、中下流部の川沿いは宅地化されており、ハザードマップでの浸水域は広がっている。さらに、川幅が狭いこと、下流部では堤防が築堤構造になっていることから、下流で外水氾濫が発生した場合、甚大な被害が起きる可能性が非常に高いといえる。そのため、治水対策が必要であるがハード面での改善は厳しくソフト面での対策が必要と考える。

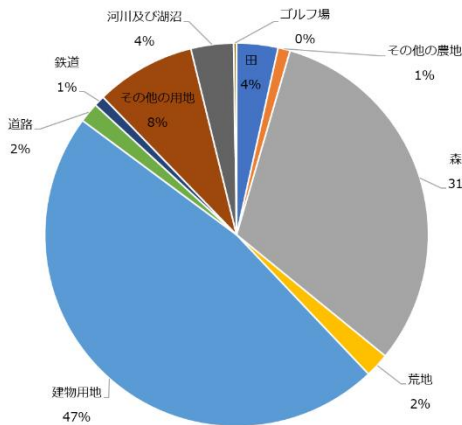


図-3 矢田川土地利用の割合

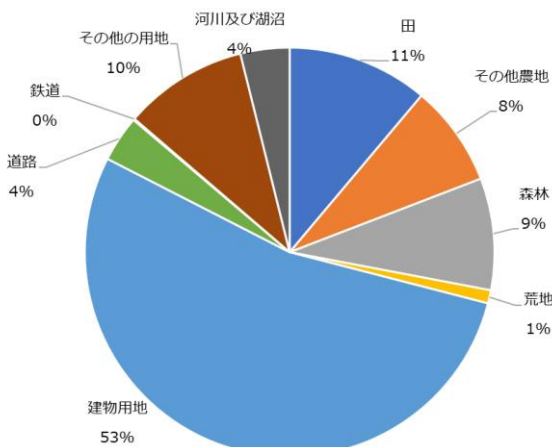


図-4 八田川土地利用の割合

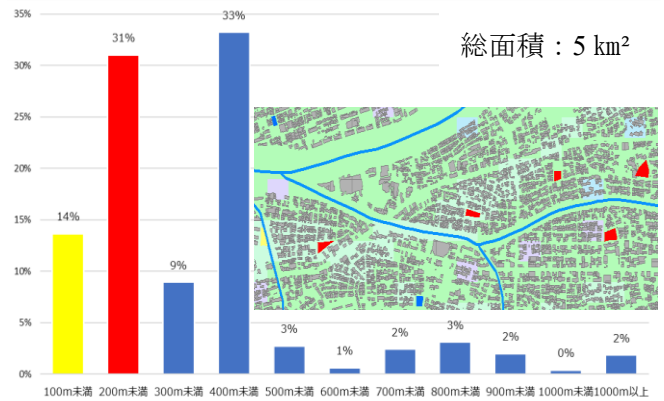


図-5 矢田川流域の距離ごとの公園の面積の割合

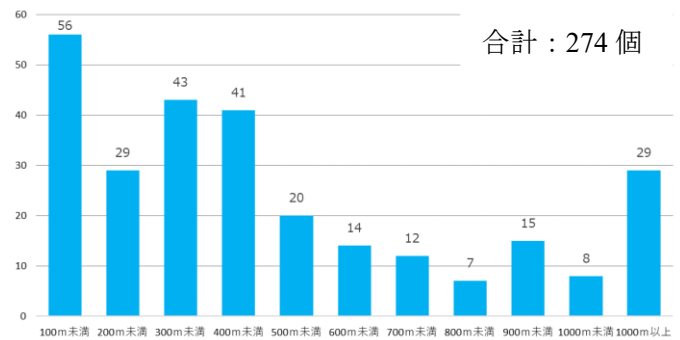


図-6 矢田川流域の距離ごとの公園の個数

3.3 矢田川流域の公園

矢田川の図-5、図-6に河川との距離ごとの公園の総面積と個数を示す。距離は川から公園までを直線で測った際の距離を示す。矢田流域の公園は総面積がかなりあり個数的にも多い。総面積で見た場合、100～200m、300～400mが大きいことが分かる。個数で見た場合、半分以上が400m未満の位置にあることが分かる。ここから考えられることは、100m未満の公園は個数的には多いが総面積が小さいことが特徴的である。これは200～300m未満も同様である。一方で、川からの距離が100～200m未満の公園は、個数で見れば100m未満の半分程度であるが総面積は倍以上あることが分かるため川沿いではなく少し離れた位置に公園があることが確認できる。公園が遊水池的な役割を担うことが考えられるが、名古屋市では地下貯留施設があるため、浸水が起きた際には地下に流すことも考えられる。

3.4 八田川流域の公園

図-7と図-8に河川との距離ごとの公園の総面積と個数を示す。また、距離は川から公園までを直線で測った際の距離を示す。八田川流域の公園は、面積、個数ともに矢田川流域の公園より少ない。これは流域面積の影響も大きいと考える。八田川流域の

公園の個数は、八田川から 200m 未満の距離の公園の数が 31 個と全体の約半分あり、面積では川から 100m 未満の値が全体の半分以上を占める。図-7 を見ると、公園の面積が 100m 未満と 200m 未満では 50%の差がある。100m 未満というのは川沿いにある公園であるため川に隣接する公園は、遊水池的役割を担うことができる。これは、八田川流域の最大の特徴である。現地調査を行っていても川沿いや支川と支支川の合流部に公園があるなど特徴を確認することができた。この公園は、土地区画整理事業を行う際に造られたと考える。名古屋市は、地下貯留施設が設置され公園の遊水池的な役割が少ないが八田川沿いでは調整池や地下貯留施設がないため、公園の遊水池的な役割が大きくこの点の特徴であると考ええる。今回、現地調査を行った 5 つの河川で支川と支支川の合流部に公園が設置されていたのは八田川だけだった。流域治水において、遊水池機能を持つ公園が重要な役割を担う。それが、河川合流部にすることは、全体の治水対策の向上につながると考える。八田川の事例は多くの地域で参考になると考えるが、今後は、水理計算を用いて効果を定量的に評価する必要がある。

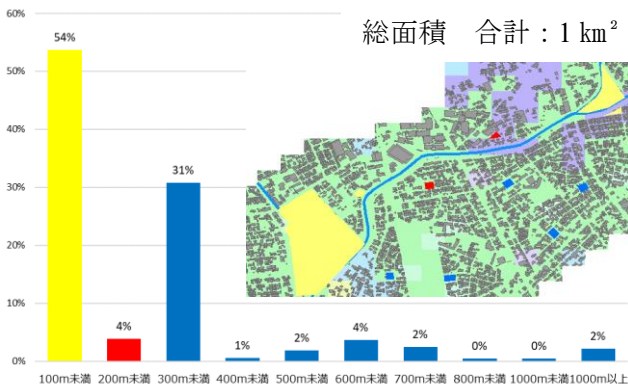


図-7 八田川流域の距離ごとの公園の面積の割合

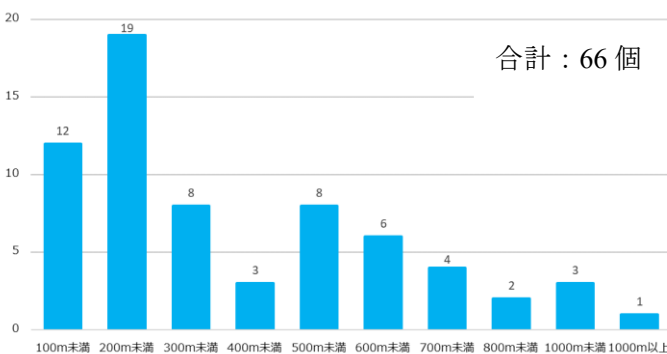


図-8 八田川流域の距離ごとの公園の個数

4 春日井市熊野町牛毛地区における内水氾濫の浸水の数値解析

庄内川と八田川の合流部など本線と支川の合流部は公園を設置することが難しいと考える。宅地化されている区域において遊水池を確保することは非常に重要なことである。

4.1 解析モデル

降雨を対象とした内水氾濫解析を実施する。解析はデカルト格子の平面二次元不定流モデル(図-9)を用い、領域を 10m 格子で表現し、そこに降雨を与えた。また、下水道などの排水は、簡易的に計画規模の降雨量に相当する浸水深が減少するものとした。

4.2 解析条件

降雨時間は 1 時間降らせ、それ以降は降らせていない。10 分ごとに出力し 3 時間まで出力した。用いた降雨量は時間雨量 153mm, 100mm, 63mm である。153 mm は、日本において時間最大降雨量であったため使用した。100 mm は、近年の降雨の傾向としてあり得る値を使用した。63 mm は、現在、建設中の熊野桜佐ポンプ場の排水能力と同等の値を使用した。下水道能力の正確な値がわからないため、時間排水は 63mm, 40mm, 0mm と仮定した。時間排出量の値は、現在、建設中の熊野桜佐ポンプ場の排水能力が 63 mm であるためその値を使用した。40 mm, 0 mm は仮定した値である。表 1 に示す 9 通りの計算条件を定めた。

氾濫域

デカルト座標による平面二次元不定流モデル

$$\text{連続式} : \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = r - v_o$$

$$x \text{ 方向の運動量方程式} : \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} + \frac{\partial vM}{\partial y}$$

$$= -gh \frac{\partial (Z_G + h)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\epsilon_x \frac{\partial M}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\epsilon_y \frac{\partial M}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{bx}}{\rho}$$

$$\tau_{bx} = \rho g n^2 M \sqrt{u^2 + v^2} / h^{4/3}$$

$$y \text{ 方向の運動量方程式} : \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial uN}{\partial x} + \frac{\partial vN}{\partial y}$$

$$= -gh \frac{\partial (Z_G + h)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\epsilon_x \frac{\partial N}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\epsilon_y \frac{\partial N}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho}$$

$$\tau_{by} = \rho g n^2 N \sqrt{u^2 + v^2} / h^{4/3}$$

x, y : それぞれのデカルト座標系による

平面座標値(xは東方向を正、yを北方を正)

t : 時間、h : 水深、u, v : x, y 方向の流速、

M, N : x, y 方向の流量フラックス (M=uh, N=vh/A)

z : 地盤高、g : 重力加速度、

τ_{bx} τ_{by} : 底面せん断力の x, y 方向成分、 ρ : 水の密度

図-9 平面二次元不定流モデル

表-1 解析条件

		時間排水量		
		0mm	40mm	63mm
時間降雨量	63mm	caseA1	caseA2	caseA3
	100mm	caseB1	caseB2	caseB3
	153mm	caseC1	caseC2	caseC3

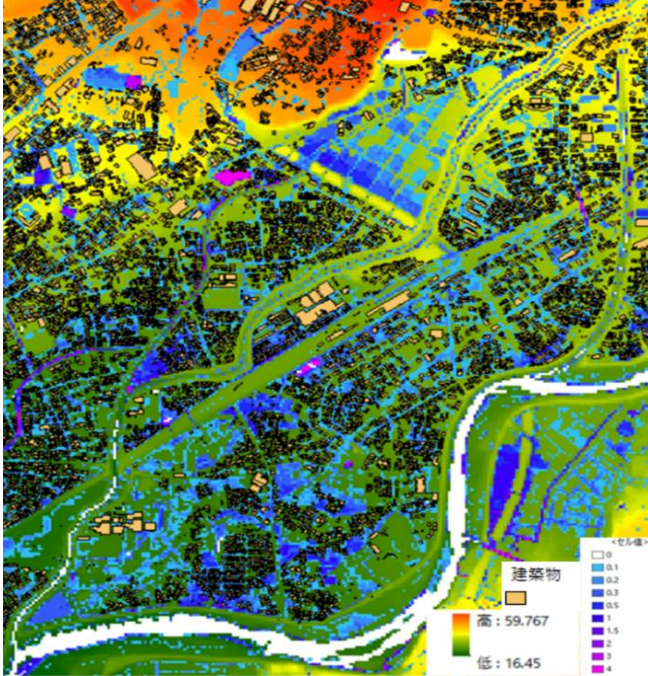


図-10 case C3 の最大浸水深の分布

時間降雨量 153mm/h, 時間排水量 63mm/h の場合

4.3 解析結果と考察

図-10 に case C3 の解析結果（最大浸水深）を示す。なお、本図には地盤高、建物も記している。図-10 より、道路に沿って浸水が存在することが分かる。また、下水道の排水があったとしても、それ以上の降雨量がある場合は、浸水域が広がっていることも分かる。しかし、得られた浸水深は 0.5m 程度であり、人命を亡くすほどの甚大な被害とは言えない。したがって、下水道整備を十分に行うことで、流域内で生じる内水氾濫には対応できるものと考えられる。住民の方々とお話する機会があり、解析結果を見て、「過去にあった外水氾濫の浸水被害と同じだ」との意見から解析の妥当性があるといえる。

4.4 外水氾濫についての検討

この地域のそばを庄内川が流れてるため、庄内川破堤に伴う浸水（外水氾濫）が発生した場合を考える。図-11 は、国土交通省にある浸水ナビ³⁾の熊野町で庄内川を点-1 の位置で破堤させた際の 3 時間後の図である。図-11 から、点 2 での最大浸水深は 4m



図-11 外水氾濫浸水想定図

を超える。被害は甚大なものになることが容易に想像できる。したがって、対象地域は外水氾濫に対しては避難対策などの人命を守る対策を整備し、地域防災力向上を検討する必要がある。

5 結論

以下に、得られた成果を示す。

- (1) 矢田川は川幅が広く、高水敷が確保されていた。八田川は川幅が狭いため、河川の合流部や川沿いに公園を設置し、遊水地的役割を担っていた。区画整理事業の一環で造られており、流域治水を考えるうえで参考になる。今後は、水理計算を用いて定量的評価が必要である。
- (2) 矢田川、八田川の中下流の宅地化されている場所では、堤防が築堤構造になっていることが確認できた。これは甚大な被害を起こすことが想像できるため、ソフト対策を検討する必要がある。
- (3) 熊野町牛毛地区の解析において、内水氾濫では大きな被害は生じない結果となり、解析結果の妥当性も確認できた。外水氾濫に対しては、避難などのソフト対策を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 国土数値情報ダウンロードサービス,
URL : <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
(2022 年 11 月 25 日確認)
- 2) 国土地理院, URL : <https://www.gsi.go.jp/>
(2022 年 11 月 15 日確認)
- 3) 国土交通省 : 浸水ナビ,
URL : <https://suiboumap.gsi.go.jp/>
(2022 年 11 月 25 日確認)

春日井市における内水氾濫とそのリードタイム水防災に関する検討

EC19042 須賀俊介

1. はじめに

近年、全国各地で台風による大雨やゲリラ豪雨による災害が増加しており、甚大な被害に見舞われている。愛知県春日井市でも平成 23 年 9 月に発生した台風 15 号による大雨の影響により床上 214 棟、床下 183 棟、避難者数 618 人と莫大な被害を受けた過去がある。このように台風による内水氾濫被害は身近なものとなっているため、内水氾濫の対策を行うことは近い将来非常に重要なことである。そのためには、内水氾濫と表現する数値解析モデルが重要なツールとなる。数値解析モデルの精度向上とその活用法の検討は大事な研究テーマである。また、浸水対策の 1 つに事業継続計画(BCP: Business Continuity Plan)の作成と運用がある。これは災害による被害を受けた場合の企業活動の継続を検討したものである。浸水災害の場合、被災までのリードタイムがあることから、その時間を上手に利用して浸水被害の軽減を図るタイムライン水防災が重要となる。したがって、内水氾濫を対象としたタイムラインを意識した BCP 作成とその普及は重要な研究テーマとなる。

2. 対象地区と研究目的

春日井市勝川・南部地区は、鳥居松段丘、庄内川および地蔵川、八田川に囲まれており、2000 年の東海豪雨、2011 年の台風 19 号に伴う豪雨時において浸水被害を受けている。一方、この地域には春日井市を代表する企業も多く集積している。仮に庄内川破堤や豪雨に伴う浸水被害が生じた場合、大きな経済被害が想定されることから、タイムライン水防災の充実が望まれる。令和 3 年 10 月に、春日井市、春日井商工会議所、中部大学、環境防災総合政策研究機構が参加し、経済産業省中部経済産業局、国土交通省中部地方整備局庄内川河川事務所、愛知県尾張建設事務所がオブザーバー参加となる「春日井勝川・南部地区タイムライン水防研究会」が設立された。本研究会の目的は、春日井市勝川・南部地区の水防災情報共有連携に関する研究（事業）を行うことにより、事業者・企業、地域の防災力向上を図ることとしている。地震に関する BCP は作成していても、水害に関する BCP は作成していないことも多く、さらに中小企業の多くは BCP が作成できていない。水害発生にはリードタイムがあり、減災のためには、タイムライン水防災の取り組みが重要である。外水氾濫に比べ、内水氾濫はリードタイムが短く、浸水件数が多い。本研究では、内水氾濫を対象にタイムライン水防災と、災害時に他社と情報共有する仕組みについて検討する。

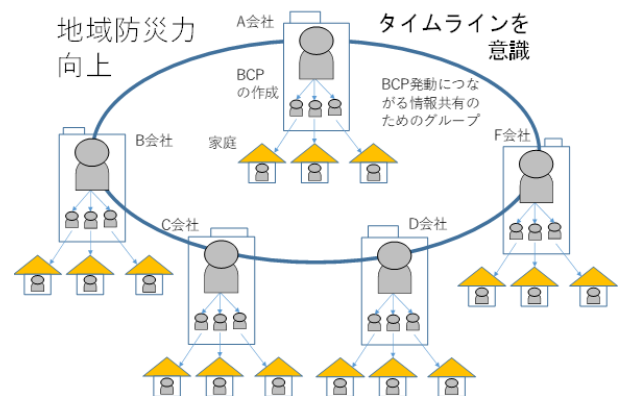


図 1 タイムライン水防災のイメージ

3. 内水氾濫による数値解析の検討

企業におけるタイムライン水防災を検討するために、対象地域の内水氾濫の様子を考察する。数値解析には、横倉らの内水氾濫解析モデルを用いる。解析を始めてから 1 時間後に設定降雨を 2 時間降らせる条件で 6 時間の解析を作った。図 2 は解析内での降雨状況のグラフとなり、10 分ごとに降雨を出力している。設定降雨

をそれぞれ 80mm/h, 147mm/h とし, 春日井市商工会議所主催の BCP セミナーに参加した企業 A 社から H 社の場所を対象に, 時間経過による浸水深を調べる. 解析に使う計算領域および地盤高を図 3 に示す. 設定降雨 80mm/h と 147mm/h の最大浸水深を図 4, 図 5 に示す. 図 4 の結果より, 浸水深 30cm を超える地域があり, 一般的な自動車のエンジンが止まる恐れがある高さとしてされている. また, 図 5 の結果より, 浸水深 50cm を超える地域が広がり始め, 床上浸水の恐れがある高さまで浸水した. 解析結果より, 設定降雨 80mm/h, 147mm/h の企業別浸水深を図 6, 図 7 に示す. 図 6 の結果より, E 社の最大浸水深は 70cm を超える結果となった. E 社の周辺地域は地盤が少し下がっているということが 70mm を超える浸水深の原因だと考えられる. 70cm の浸水被害が出ると, 床上浸水の可能性だけでなく, 従業員が逃げることも困難になってくる. また, 時間経過に着目してみると, H 社が雨を降らせたタイミングと同時に浸水し始めているため内水氾濫による浸水被害ではリードタイムが短いということがわかる. 図 7 の結果より, B 社, E 社, F 社, G 社, H 社の企業より 30cm 以上の浸水深が出た. 浸水深 30cm は一般的な自動車のマフラーの位置に相当するため, エンジンをかけることが困難となる. また, 浸水深が一番深いところで E 社の 1.1m となり, 事業継続や復旧が困難となる可能性や, 人的被害に関わる浸水深となってくる. また, どの企業でも浸水するまでの時間は短い.

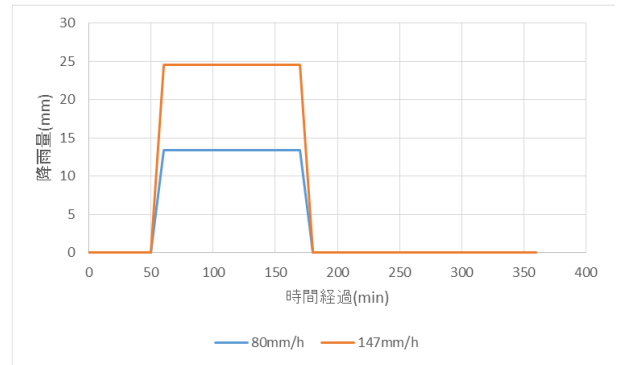


図 2 解析内での降雨状況

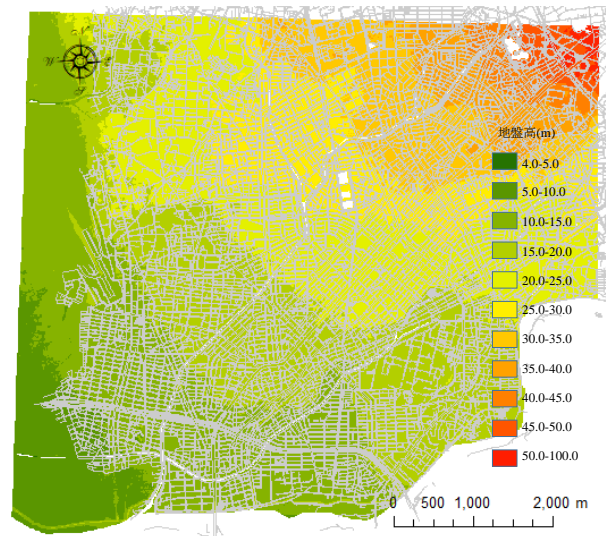


図 3 計算領域および地盤高

4. リードタイムを考慮したタイムライン水防災

解析結果の浸水深を元にリードタイムを考慮したタイムライン水防災を作成した. 国土技術研究センターの資料を参考に想定される被害とその対応²⁾を示したものが表 1 である. 対象となる会社は E 社と H 社で製造業を想定して作成する. 設定降雨は最悪の事態を想定して, 147mm/h とし, E 社と H 社の浸水深を図 7 に示す. ゲリラ豪雨の発生は 1 時間前に予測する. 想定される被害とその対応を事前に行っていた場合のタイムライン水防災を作成する.

表 2 は設定降雨 147mm/h のタイムライン水防災を示している. あくまで想定の為, ゲリラ豪雨発生から浸水被害が出るまでに表 2 の行動をすべて行うことは出来ない可能性もある. しかし浸水被害が出るまでにする優先事項を決めておくことで短い時間を効率よく動くことが出来るのではないかと考えた. 床上浸水による電子機器や商品の水没, 自動車の浸水が想定されるため, 物品と自動車の移動を最優先事項とした. 他県の企業に業務提携をしておくことや, 土のうや止水板の設置方法を理解するなど, 事前に対策を行う事で, 水害時に短い時間で幅広い対策がとれる. また, 最悪の事態として設定降雨 147mm/h のタイムライン水防災を考えたため, 想定していた災害の規模が小さくなれば, 他にできることが増えると考えられる.

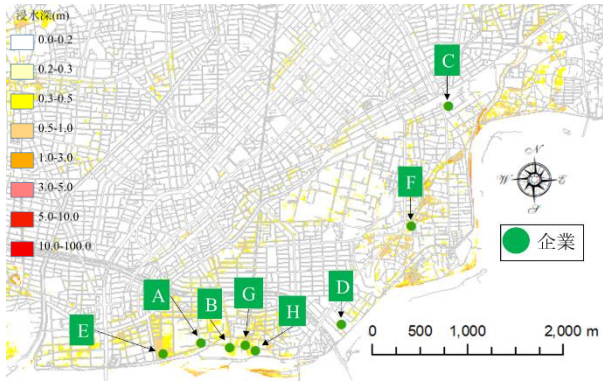


図3 設定降雨 80mm の最大浸水深

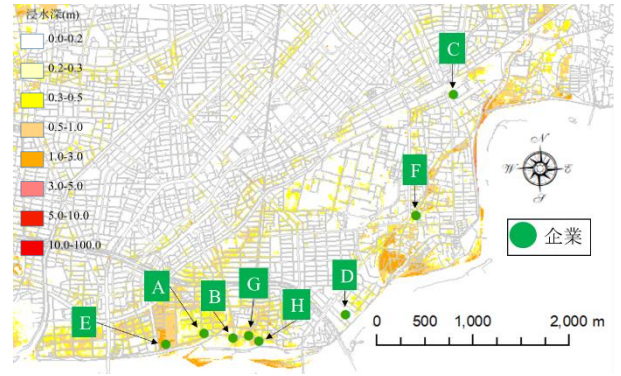


図4 設定降雨 147mm の最大浸水深

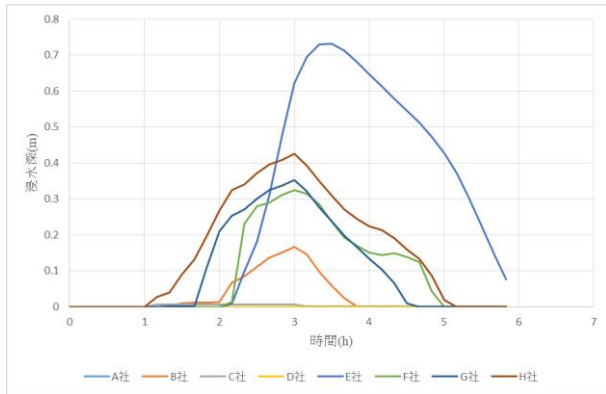


図5 設定降雨 80mm の企業別浸水深

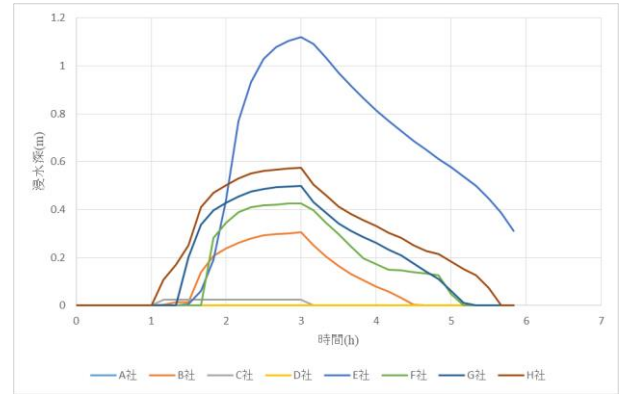


図6 設定降雨 147mm の企業別浸水深

表1 想定される被害とその対応²⁾

ソフト対策	ハード対策		
想定される被害		対応・対策項目	対応時期
顧客や従業員の 逃げ遅れ		気象情報、洪水予報等の情報の収集先の整理	事前
		営業停止、避難開始の判断基準の決定	事前
		避難所、避難ルート、避難誘導體制の決定	事前
社屋、工場への浸水		土のう等の準備、設置方法の周知	事前、事中
		止水板、防水扉等の整備/床、敷地の高上げ	事前
		建物の上階に拠点を設置/地下室の内開き扉化	事前
		物を2階以上に移動させる	事前、事中
サーバー等電子機器の 浸水による 重要なデータの消失		電子データ、重要書類の上階保管	事前
		電子データのクラウド上への保存	事前、事中
		パソコン、サーバー等の上階設置	事前
電気設備への浸水に よる停電（電源喪失）		非常電源装置、自家発電機の導入	事前
		配電盤や受電設備の耐水化、高所設置	事前
交通機関の停止、 人員の不足		従業員の緊急連絡網の作成	事前
		従業員の参集ルールの決定	事前、事中
		従業員の役割分担の決定	事前、事中
通信網の輻輳、途絶		複数の通信手段の確保	事前
		MCA無線、衛星電話等の配備	事前
運転資金・ 復旧資金の不足		保険、共済等への加入	事前
		融資制度の活用	事後

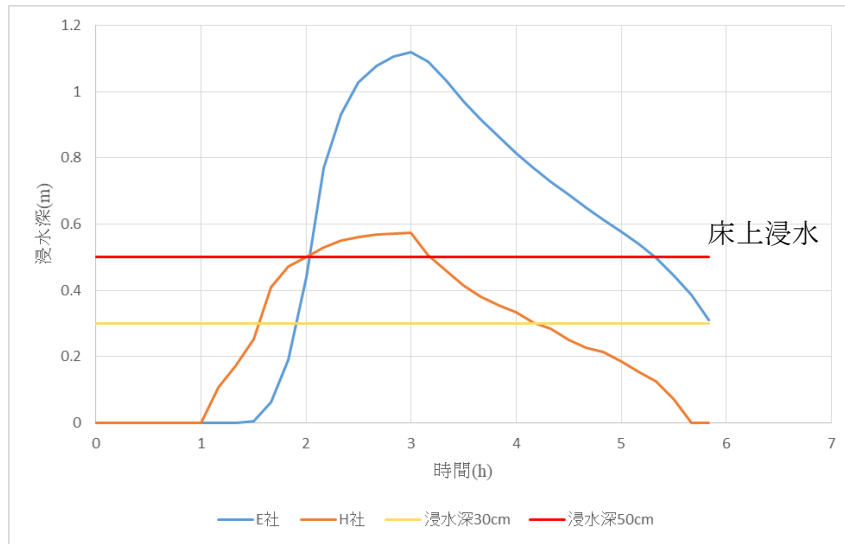


図7 設定降雨 147mm の E 社と H 社の浸水深

表2 設定降雨 147mm のタイムライン水防災

時間経過	水害規模	E社	H社
0:00	ゲリラ豪雨発生を予測	商品の移動 電子機器の移動 自動車の移動	商品の移動 電子機器の移動 自動車の移動
1:00	ゲリラ豪雨発生 時間降雨量147mm	近くの企業と連絡を取って情報共有	
		提携している会社に連絡 土のう、止水板の設置 施錠の確認	提携している会社に連絡 土のう、止水板の設置 施錠の確認
1:30	H社浸水深30cm	H社から浸水情報を受ける	近くの企業に浸水情報を送る
	E社浸水深30cm	会社の2階などに避難	会社の2階などに避難
2:00	E社, H社浸水深50cm	近くの企業に浸水情報を送る	
		予備電源の確認	予備電源の確認
3:00	E社, H社最大浸水深		
5:30		被害確認後, 事業再開に向けて動く	

5. おわりに

本研究では、春日井市において内水氾濫が発生することを想定した数値解析を行い、その結果よりリードタイムを意識したタイムライン水防災を作成した。内水氾濫による水害は、発生からのリードタイムが短いため、事前の準備が重要となる。タイムライン水防災は水害時、常に最悪の事態を想定して動かなくてはならない。空振り覚悟で行動することで災害に強い企業となり、企業のブランド力強化にも繋がる。また、定期的にセミナーを開くことで他の企業との交流を深め、近くの企業と情報共有する機会を設ける。その結果、タイムライン水防災を行うにあたって、地域で協力することにより強い防災や減災を見込める。この情報を家族に伝達することで、家庭における防災意識が向上し、地域全体の防災力に繋がる。

参考文献

- 1) 横倉昌信・武田誠・村瀬将隆：春日井における内水氾濫解析モデルの改善とその活用の試み，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol. 77, No. 2, I_529-I_534, 2021
- 2)一般財団法人国土技術研究センター：https://www.jice.or.jp/bcp (最終アクセス 2022-01-21)

庄内川における流域治水に関する研究

EC19073 山内 まこ

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、河川のみでは水を流しきれない可能性が大きくなっている。そのため、水を流域で蓄え、ある程度の浸水を許容する”流域治水”が注目されている。流域治水には田んぼダムや遊水地などの活用が挙げられる。しかし、これらに関して定量的な評価は十分ではないのが現状である。流域治水の治水機能や水理の定量的な指標を増やすためにも、一度流域について見直す必要があると考える。本研究では、過去の豪雨災害から流域規模で生じる水害の特徴を整理し、それを基に図1に示す庄内川流域の現地調査を行うことで、庄内川流域における大規模水害の危険性を調査する。

2. 過去の流域規模の水害

2-1. 対象とする水害

2017年九州北部豪雨、2018年西日本豪雨、2019年台風19号災害の3つを対象とし、流域規模で生じる水害の要因を中心に整理する。なお、参考資料として、土木学会のホームページ²⁾にある災害報告書を活用する。

2-2. 流域規模の水害の特徴

整理したいずれの災害も、合流部の氾濫、流木が橋梁に捕捉されることによる氾濫が多く見られた。合流部はその殆どが支川側での氾濫で、その中でも本川の水位が上昇したことによる背水の影響が多い。また、水門や樋門の排水不良の影響でも氾濫が発生していた。もうひとつの原因である流木については、流路断面積の小さい橋梁に多く引っかかる傾向があった。元々の構造から断面積が小さい橋梁の他に、土砂堆積や植生によって流路断面が一部埋まっている橋梁も存在した。この場合、本来なら十分に流しきれ流量でも水位が上がりやすく、被害に発展する可能性がある。また、上流部が山間部かつ崩れやすい花崗岩類の分布地帯であった場合、斜面崩壊が発生しやすく、流木が多くなる。そして、扇状地の扇頂部など急勾配から緩勾配に変わる地点や、相対的に勾配が緩い地点で橋梁に捕捉されているものも多く存在した。その一例として、土木学会²⁾の九州北部豪雨災害調査報告書での被害箇所をgoogle mapの航空写真に写した画像を図2に示す。

3. 庄内川流域の現地調査

庄内川河川整備基本方針³⁾内の地形区分図(図3)、地質図(図4)を参考に、矢田川・妻木川・肥田川・八



図1 庄内川流域図¹⁾



図2 災害発生箇所²⁾

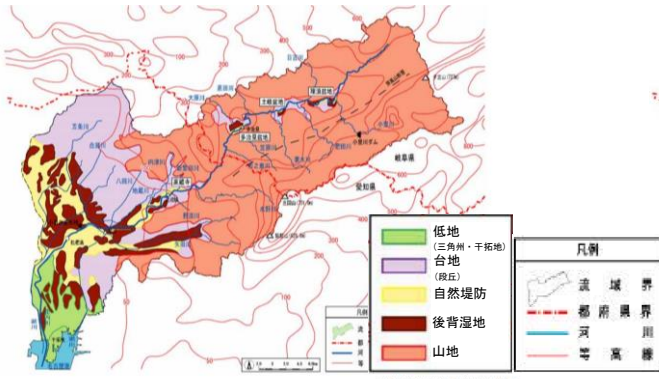


図3 地形区分図³⁾

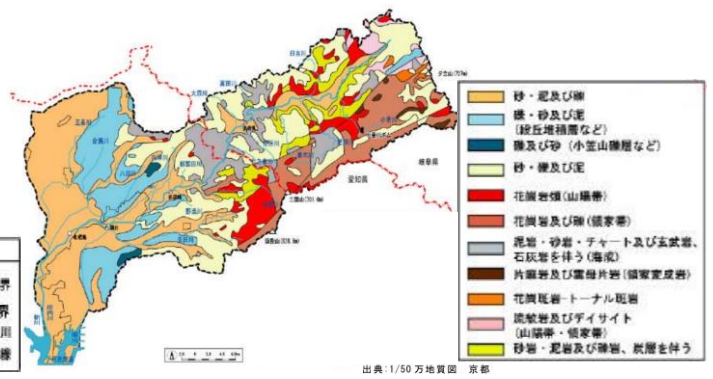


図4 地質図³⁾



写真1 一部が埋没した橋梁(妻木川)



写真2 合流部の公園



写真3 湾曲部外岸側のブロック

田川・小里川の5つの河川を調査対象とした。調査対象の5つの河川を図1内に赤丸で示す。

ものも存在するため、仮に流木が発生したとしても、斜面崩壊同様上流部で完結すると考えられる。

3-1. 矢田川 調査日：2022年9月26日

殆どが平野を流れる河川であり、全体的に広い河川敷を持っている。また、矢田川上流やその支川は掘り込み河川であった。八田川にもこの傾向が見られたが、矢田川の方が顕著である。堤防が無ければ豪雨時に水が流れ込みやすく、流量次第で溢れやすくなるものと想定される。

3-3. 八田川 調査日：2022年10月17日

上流部に田畑が広がっており、この田畑が遊水地の役割を担っていると考えられる。また、支川との合流部に公園が設けられており(写真2)、その前後には落差工や流速を抑えるブロックが設置されていた。しかし、ハザードマップでの浸水域は広がっており、下～中流までの河川沿いは殆どが宅地で余白がないのが課題である。

3-2. 妻木川・肥田川 調査日：2022年10月3日

どちらも中～上流が山間部を流れる河川である。また、土砂や植生によって水路断面が一部埋没している橋梁が複数見られた(写真1)。肥田川は河川沿いが宅地か田畑かで堤防に違いが見られ、水を田畑に流そうとしているように感じた。実際、一部例外はあるもののハザードマップの浸水域と田畑が概ね一致する。それに対して妻木川では、宅地が浸水域となっている場所も多くみられた。

3-4. 小里川 調査日：2022年11月2日

多くが山間部を流れる河川で、湾曲部が多いのが特徴である。落差工やブロックは他の河川でも見られたが、小里川では湾曲部の外岸側にのみブロックが設置されている場所がいくつか存在した(写真3)。また、上流には小里川ダムが存在する。ダムの放流によって被害を受けた事例もあるが、ダムがあることで安全は確保され、流木被害も少なくなるように感じる。

また、肥田川の上流部は山間部であるものの、河川と山の距離は少し離れている。そのため、斜面崩壊などの被害はこの地域内である程度完結し、下流へ流出しないと想定する。さらに、上流部の橋には小さな

現地調査により得られた流域の特徴を整理したものを、図4に示す。

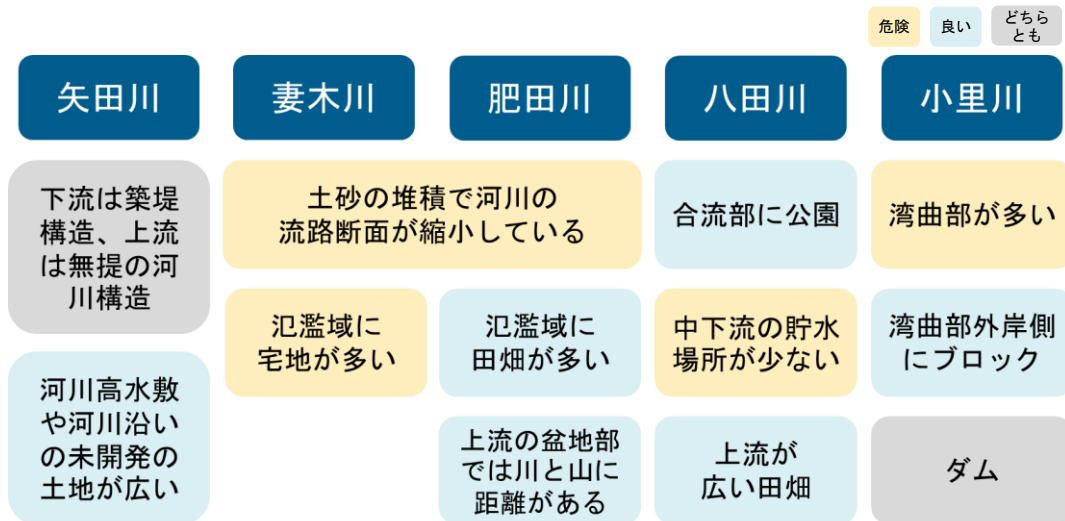


図4 流域の特徴の整理

4. GISによる特徴の可視化・数値化

現地調査で得られた流域の特徴を、流域治水の具体的な案の検討や定量的な考察を行うための基礎資料とするため、GISを用いて各流域の特徴の可視化・数値化を行った。紙面の都合上、ここでは一部のみを記す。

4-1. 矢田川

中～上流域にかけての河川沿いに田んぼや農業用地が多く存在しており、その多くがハザードマップの浸水域と一致している。しかし、田んぼのない合流部付近や湾曲部における田んぼの対岸側では、宅地が浸水域となっている場所も見られた。また、土砂災害警戒区域はわずかなため、現地調査で得た特徴も踏まえ、流木の危険性は少ないと考えられる。

4-2. 妻木川

建築物の多くが下～中流域の低平地に存在しており、下～中流域には田んぼが少ない。また、都市公園は河川沿いに存在するものも多い。しかし、中流域の公園は土砂災害警戒区域と重なる部分があり、土砂災害の要因となる危険性も考えられる。

4-3. 肥田川

妻木川と比べて田んぼが広く、河川沿いに存在するものも多いが、中流域に存在する建物用地には田んぼが存在していない。この地域は、現地調査にて河川沿いが宅地であり、堤防がみられた地域である。田

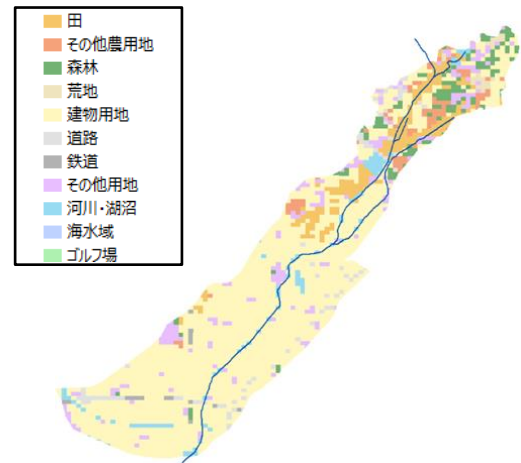


図5 八田川流域内の土地利用の様子

んぼがないこと、流域内の他の地域と比較して建築物の密度が高くなっていることから、水を一時的に溜めておく場所の確保が難しく、地域を守るために堤防に違いが見られたと想定する。また、都市公園は中流域にのみいくつか存在しているため、この地域にとって重要な遊水地となっていると考察する。

4-4. 八田川

下流から上流まで平野が続いており、上流部に田んぼが広がっている。現地調査で得た情報通り、田んぼが存在する上流域を除いた下～中流域の殆どが建築物で埋まっているため、浸水対策を行うための土地の余白が少ないことが懸念される(図5)。しかし、都市公園は下～中流域に均等に存在し、河川沿いにも存在する。また、土砂災害の危険性は極めて少ないため、流木の危険性も小さいものと考えられる。

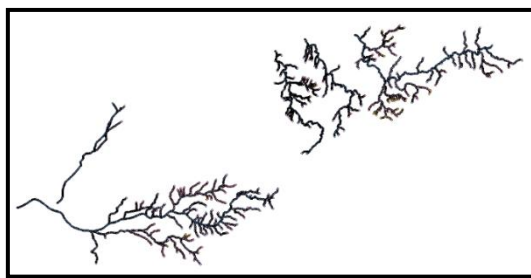


図6 河川沿いに作成したポイント

4-5. 小里川

下流域の湾曲部周辺には田んぼが存在しており、危険性の高い湾曲部付近を避けた場所に建築物が集中している様子がみられた。また、下流の地域は周囲の約3分の1が山間部に囲まれており、土砂災害が集中しやすい印象を受けた。上流・下流問わず都市公園は存在しなかった。

4-6. 河床標高の数値化

これまでの調査で得られたのは山間部等の地形情報であり、河床の標高は不明瞭であったため、GISを使用して大まかな河床標高の数値を取得した(図6)。

河床標高の様子から、八田川以外の4つの河川には急勾配が存在していることが分かった。そのうち、妻木川と肥田川を図7、図8に示す。急勾配の位置をGISのデータと比較したところ、小里川の急勾配は小里川ダムを示しているが、他の急勾配は、居住区と山間部の切り替わる場所や、居住区と居住区の間が存在した。これらから、山間部で土砂災害が発生した場合、流れてきた土砂や流木が居住区の入り口辺りで堆積し、被害につながる危険性が高いと想定できる。このことから、急勾配の上流部に堰を設けることで流域治水としての安全度が高まると考える。

5. おわりに

本研究では、過去の流域規模の水害での特徴を踏まえて支川流域の調査を行った。また、GISでの支川流域の様子や各地域のハザードマップを併せて調査することで、より明瞭に支川流域の特徴が整理できた。調査の中で、妻木川・肥田川における橋梁の土砂堆積など、流域ごとの課題点を発見した。それと同時に、湾曲部の多い小里川では湾曲部外岸側にのみ流速を抑えるブロックが設置されており、田畑の殆ど

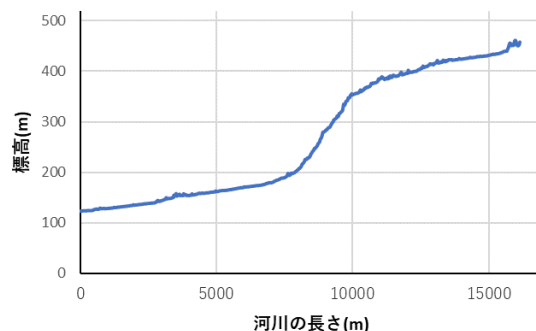


図7 妻木川の河床標高



図8 肥田川の河床標高

が上流部に位置し、宅地の多い八田川では支川との合流部に公園が設けられているなど、その流域ならではの対策も確認することができた。

支川流域ごとに違いが見られたことから、急勾配になる地点の上流側に堰を設けて水を溜められるようにするなど、流域の特徴に合わせた治水対策が必要であると考えます。

本研究では、流域治水の案を提案するための基礎資料を作成した。今後は、流域治水に関する提案に対して、解析や具体的な考察による検討を行い、より実用的で効果的な提案を行う必要がある。

参考文献・引用

- 1) 国土交通省中部地方整備局庄内川河川事務所：流域図、<https://www.cbr.mlit.go.jp/shonai/tanto/ryuiki/> (最終アクセス 2023年1月6日)
- 2) 土木学会社会支援部：土木学会社会支援部門、<https://committees.jsce.or.jp/report/> (最終アクセス 2023年1月7日)
- 3) 国土交通省：河川整備基本方針 庄内川水系流域及び河川の概要、https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/pdf/syonai-5.pdf (最終アクセス 2023年1月7日)

建物配置に関する庄内川流域の調査について

EC19078 山田大稀

1. はじめに

近年、地球温暖化による気候変動から引き起こされる大雨や台風の影響で水災害が頻発している。そのなかでも都市部では多様な建造物や下水道などの都市施設により、浸水状況に影響を与えることが考えられる。アスファルト塗装された場所が多い都市部では、雨水を浸透させる能力が低く、時間雨量 50mm を超える激しい雨が降ると、下水道などの排水処理能力を超えた雨水が地上に溢れ出すことで建物への浸水被害をもたらす。さらに近年では流域規模の水害も多発しており、流域治水の重要性が唱えられている。

流域治水の考え方の中で建物配置やピロティ式などの建物様式は非常に重要といえる。集水域から氾濫域にかけての町全体の中で、これまでの人の住み方や建物の工夫を調査することで、災害対策の現状を把握できる。本研究では庄内川水系を小流域で分け建物の配置・様式について調査した。

対象流域は矢田川、八田川、妻木川、肥田川、小里川の 5 つである。GIS での整理は妻木川・肥田川流域に注目して実施した。

2. 庄内川流域を対象とした現地調査

2.1 現地調査の方法

本研究では、庄内川流域を現地調査することで、人の住み方（建物の配置や様式）を調査し、住宅に関する古人の知恵、現状の対策を整理することを行った。現地調査の方法としては、Google マップや洪水浸水想定区域図を利用して、事前に対象河川の調査箇所を決定する。その後実際に現地で調査を行う。

2.2 調査河川の所在地と調査日程

対象河川は庄内川下流の支流である八田川、谷田川、上流の支流である妻木川、肥田川、小里川の 5 つとなった。所在地は図 1、図 2 に示す。



図 1 庄内川流域下流部¹⁾

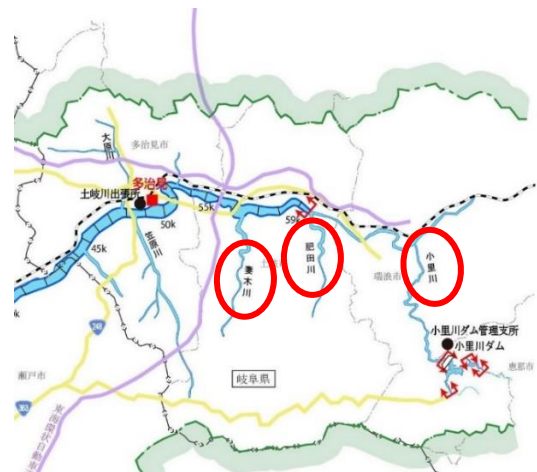


図 2 庄内川流域上流部¹⁾

2.3 調査結果

2.3.1 矢田川・八田川（下流部河川）

（調査日：2022 年 9 月 26 日、2022 年 10 月 17 日）

庄内川下流部に位置する 2 つの支流河川で現地調査を行った結果、以下のことが明らかになった。

矢田川下流域の堤防付近はマンションなどの高層建築物（写真 1）が多く存在している。上流に向かうほど、嵩上げが施されている住宅が増加しているが下流域は住宅の水害に対する工夫は特にはみられない。

河川堤防に関しては、下流部は築堤構造がほとんどであったが、上流に向かうほど掘込構造の堤防が存在する。



写真1 堤防付近の高層建築物(矢田川)



写真2 ピロティ式の住宅(小里川)

2.3.2 妻木川・肥田川・八田川(上流部河川)

(調査日:2022年10月3日、2022年11月2日)

庄内川上流部に位置する3つの支流河川で現地調査を行った結果、以下のことが明らかになった。

下流部の河川では見られなかった住宅の一階部分に駐車場を設置したピロティ式の住宅(写真2)が点在していた。上流に向かうほど、嵩上げが施されている住宅が増加している。堤防は掘込化されていた。

2.4 考察

調査の結果よりや下流域にくらべ上流域ではピロティ式の住宅や嵩上げされた住宅が多く、水害に対する住宅の工夫や住み方の知恵が色濃く残っている。上流域は掘込構造の堤防がほとんどで河川の付近に田んぼや畑などの開けたスペースがある部分もあった。水が溢れるということを前提として考え、下流で水害を起こさないためにも、あえて一度上流部で水を溢れさせ水をためるといった柔軟な考え方も有効的だと考える。

3. GISを用いた情報の整理

本研究では、ハザードマップや治水地形分類図をもとにGIS建物データと結び付け、河川流域の建物配置の現状についてまとめたものである。今回は現地調査で対象とした妻木川を研究対象とする。

3.1 治水地形分類図を基にした情報整理

治水地形分類図²⁾は、治水対策を進めることを目的に、国・都道府県が管理する河川の流域のうち主に平野部を対象として、扇状地、自然堤防、旧河道、後背湿地などの詳細な地形分類及び堤防などの河川工作物等を表示している。

この治水地形分類図から土地の成り立ちを理解でき、そこから起こりうる水害や地震災害などに対する自然災害リスクを推定することが可能となる。妻木川合流部付近の地形治水分類図を図3に示す。

土岐川との合流部付近の河川流域は氾濫平野が多くを占めている。氾濫平野は堤防決壊・越流による洪水氾濫の他、内水氾濫も起きやすい。一度河川氾濫が起これば平野部に一気に氾濫水が広がることが予想できる。氾濫時には、現地調査により妻木川は掘込構造であることが確認できた。掘込構造は比較的水位が下がる時間が早く比較的高い地域から水が引いていき下流へと水が流れる。よって最終的には合流部付近に水が溜まることも想定できる。

建物配置を把握するため、GISにより、治水地形分類図に建物の重心をポイントデータとして表したものを図4に示す。建物配置に着目すると、標高の低い氾濫平野や扇状地、段丘面に建物が集中している。河川氾濫が起きた際には平野に浸水が広がりほとんどの建物で住宅への被害が出る。そして、旧河道の上に住宅があることも確認できる。旧河道は周囲の氾濫平野より1~2m程度低いいため、現在も地表水が集まりやすく、またわずかな降雨でも浸水しやすい。また、軟弱地盤のため、地震動による液状化などの被害に注意が必要となる。

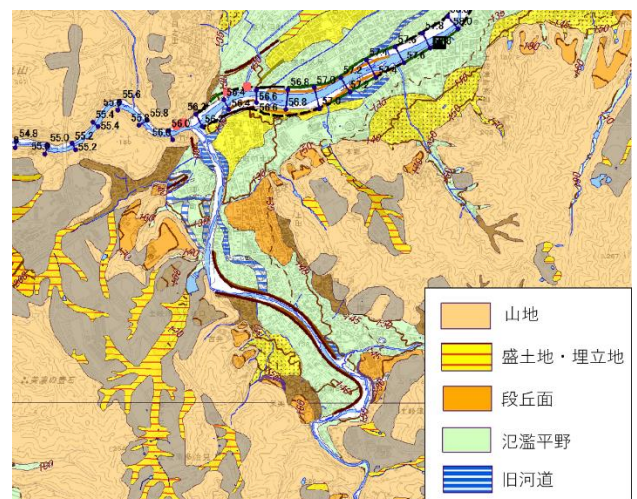


図3 妻木川治水地形分類図²⁾

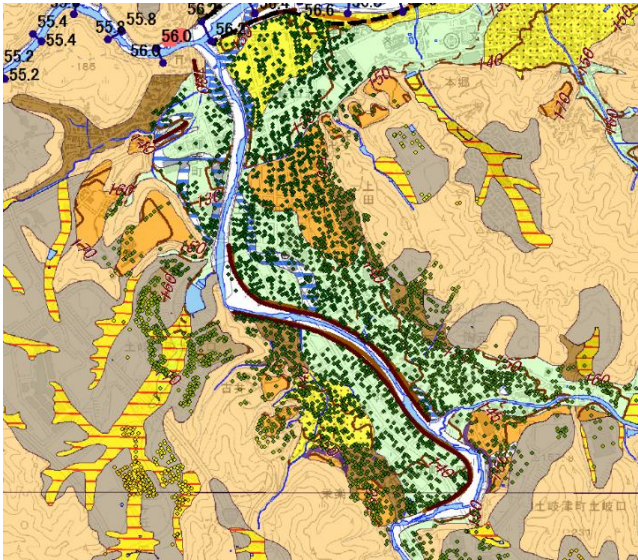


図4 治水地形分類図(建築物重心ポイントデータ)

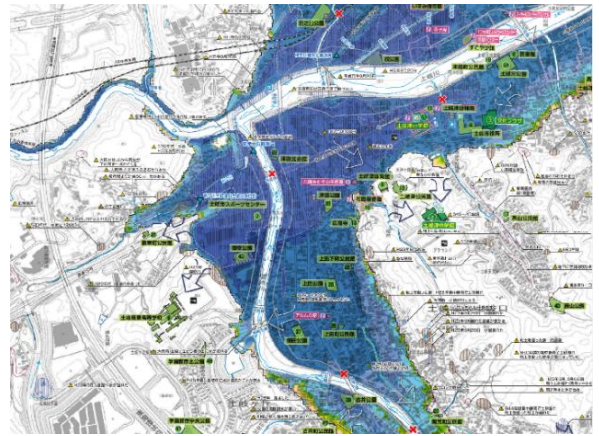


図5 土岐市ハザードマップ(妻木川合流部)³⁾

3.2 ハザードマップを基にした情報整理

ハザードマップを基にした情報整理では治水地形分類図を用いた調査を行った妻木川と同じ庄内川上流の支流である肥田川を比較しながら情報を整理した。

3.2.1 妻木川流域

今回の研究では、「土岐市洪水・土砂災害ハザードマップ」³⁾を利用した。このハザードマップの洪水浸水想定区域、水害危険情報図は想定しうる最大規模の洪水を基に国、県が示した区域を表示している。

図5は河川合流部のものである。合流部付近のハザードマップを見ると、治水地形分類図の氾濫平野の部分で広い範囲での浸水の可能性がある。そして河川が大きく湾曲している部分でも大きな浸水が確認できる。中流部では、標高が高いこともあり、合流部に比べ浸水した際の水深は低くなる。しかし、河川が大きく湾曲している部分は合流部付近の下流域と同じように大きな浸水となる。

GISによりハザードマップ上に建物の重心をポイントデータとして示したものを図6に示す。同様に中流部の建物重心ポイントデータを示したものを図7に示す。妻木川付近に多くの建物があることがわかるが、ほとんどの建物がハザードマップの洪水浸水想定区域に属している。合流部付近に建物が密集していることが分かり、洪水が起きた際には最も大きな被害が出ることが予測できる。しかし、中流部は平野を避け、山地付近の高所に建物がある。これは水害を考え建物配置を意識した結果であると考えられる。

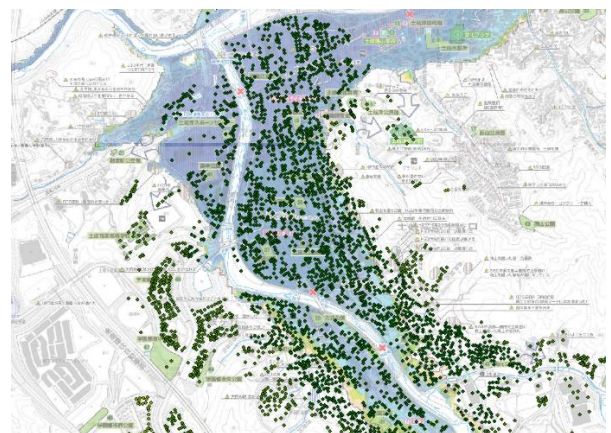


図6 合流部付近建物重心ポイントデータ



図7 中流部付近建物重心ポイントデータ

3.2.2 肥田川流域

妻木川と同様のことが肥田川流域でもいえるのだろうかと考え、肥田川流域でもハザードマップを基にGISによる調査を行った。肥田川流域でも同様に「土岐市洪水・土砂災害ハザードマップ」を利用した。図8は河川合流部のものである。



図8 肥田川合流部建物重心ポイントデータ

肥田川流域でも合流部付近は都市化が進んでおり建物が多くあることが確認できる。妻木川流域では河川付近に集中していた建物が肥田川流域では山側の高所へと分散していると感じる。中流部でも同じことがいえる。これは高地ではなく合流部付近、河川付近の低地が発展していったため、住民が低地に暮らすようになっていった結果であると考えられる。次項ではもう一度妻木川流域に現地調査に向かい建物の古さ・形式について調査し、この考察の確証を得ることとした。

3.2.3 妻木川現地調査

合流部付近はこの地域の中心地域ということもあり流域に比べ建物が密集している地域が多くあった。湾曲部の浸水深度が深い地域の住宅は古い住宅、比較的新しい住宅ともに嵩上げ(写真3)やピロティ式などの工夫が見られた。中流域に比べ新しい住宅が多くあった。中流域は、山地付近の高所では建物が密集していたが、河川付近は建物が分散され畑や空き地などの開けたスペースが多くなった。合流部付近ほどではないがピロティ式住宅も確認された。新しい住宅はほとんどない。

現地調査の結果、合流部の河川付近は人々の生活の中心地として地域の中で最も発展していた。調査前は新しい住宅の水害対策は乏しいものだと考えていたが、ほとんどが嵩上げなどの工夫が施されており、住民・地域での水害に対する意識を強く感じた。中流域は河川付近ではなく、山地付近の高所に建物が密集していた。上流になるほど河川が細い分、水害が起こった時の水の流れは速くなる。建物被害は下流部よりも大きくなるのではないだろうか。このようなことから昔の人々は山側の高所での暮らしを選択したのではないかと考える。



写真3 嵩上げされた住宅

4. まとめ

現地調査によって下流部の支流、上流部の支流でそれぞれの建物の特徴があることが分かった。築堤構造の堤防がある下流部では排水能力が低く内水氾濫の危険性がある。矢田川の下流部では河川付近にマンションなどの高層建築物が立ち並んでいた。住宅や、高層建築物が浸水にどのような影響を及ぼすのかも重要な課題となる。上流部の支流では下流部とは異なり、水害対策の施された住宅が点在していた。そのほかにも古い建物が多くみられ、河川湾曲部から住宅を離して配置するなどの、外水氾濫を意識した建物配置や建物様式の工夫が色濃く見られた。

そして、GISデータと治水地形分類図、ハザードマップを比較してデータを整理することで住宅配置の現状が把握できた。山間地に作られた都市では建物が低地に作られるのは仕方ない。しかし、ハザードマップや治水地形分類図を見るとほとんどの建物が浸水想定区域に属している。住宅の配置の変更や住宅一つ一つの嵩上げというのはハード面の対策としてはとても難しい。町全体で減災に向けての対策を見出すのが今後の課題になってくるだろう。

参考文献

- 1) 国土交通省：水管理・国土保全
https://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/jiten/nihon_kawa/0508_shonai/0508_shonai_00.html
 (2022年1月22日確認)
- 2) 国土地理院：治水地形分類図
<https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/bousaichiri41045.html>
 (2022年1月17日確認)
- 3) 土岐市：洪水・土砂災害ハザードマップ
<https://www.city.toki.lg.jp/docs/16333.html>
 (2022年1月11日確認)

春日井市における外水氾濫とそのリードタイム水防災に関する検討

EC19083 米津大志

1. はじめに

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。また、近年の気候変動の影響により、雨の降り方が激しくなり、越水・破堤による外水氾濫が起きる可能性もゼロではない。現在では、洪水対策や貯水池の整備などにより、都市の治水安全度は向上してきている。しかし、治水安全度は向上してきたものの、近年の気候変動による影響は凄まじいものがあり、今後も水害のリスクをゼロにすることは困難である。そのため、災害による被害を最小限に抑える「減災」が重要視されてきている。減災に関連するものとして、災害が発生した場合に企業の事業リスクをなるべく小さくし、できるだけ早く事業を復旧する備えである、事業継続計画 (BCP: Business Continuity Plan) がある。水害は地震災害などとは違い、被害が出るまで時間があるので対策を立てることができる。被害が生じる前の河川状況、降雨状況を踏まえて減災対策を取るものがタイムラインであり、水防災にも反映されるべき思想である。庄内川の洪水に伴う外水氾濫が起きた時に被害を抑え事業を再開するためのリードタイムを意識したタイムライン水防災作成とその普及の方法を検討する。

2. 春日井市勝川・南部地区

本研究では、春日井市勝川・南部地区を対象とする。この地区は、2000年の東海豪雨、2011年の台風19号に伴う豪雨より浸水被害を受けている。一方、春日井市を代表する企業も多く集積している。仮に庄内川破堤や豪雨に伴う浸水が生じた場合、大きな経済被害が想定されることから、企業活動の復興に関わるタイムライン水防災の充実が望まれる。企業においてタイムライン水防災が設定できた段階で、その発動のための仕組みも重要と考える。発動のために緩やかな連携組織を作り、災害発生時期に、情報交換を行うことで、各会社のタイムライン水防災発動に寄与することを想定している。さらに、その危険情報を、従業員の家族などにも伝達してもらうことで、地域の防災力を向上させることを想定している。

3. 浸水被害に関わる数値解析的検討

企業におけるタイムライン水防災を検討するために、対象地域の外水氾濫の様子を考察する。計算には、横倉ら¹⁾の都市内水氾濫解析モデルを用い、都市地表面、下水道、河川（地蔵川と八田川）の流れを対象とする。計算には、流入の境界条件として、庄内川ハザードマップの情報を参考に、破堤箇所近くの浸水深の時間変化

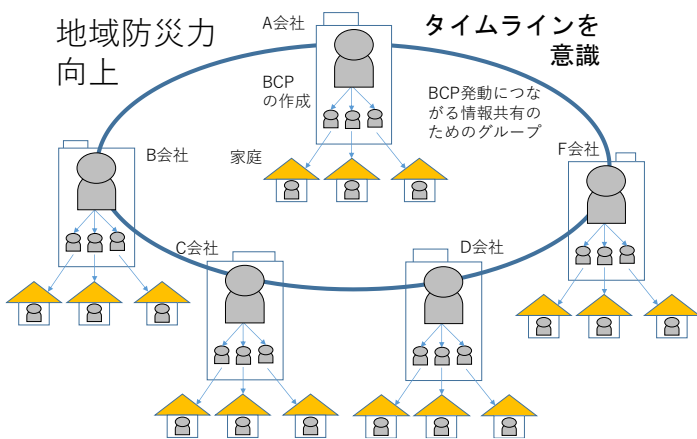


図-1 タイムライン水防災のイメージ



図-2 春日井勝川・南部地区

を与えた。図-3 に最大浸水深の分布を示す。本図から、庄内川の破堤により、春日井市内に水が流入し、2m を超える浸水深が生じることが示された。氾濫水の広がり傾向は公開されているハザードマップ(浸水ナビ²⁾)と同様であった。また、計算結果から得られる 0.5m (床上浸水の目安) 以上となる時間を図-4 に示す。本図から破堤箇所に近いところは 30 分以内に、多くの地域は 1.5 時間以内に床上浸水となることが分かる。さらに、図-3 に示した会社と道路の浸水深の時間変化を図-5 に示した。本図から、多くの会社が 1.5 時間以内に 1m 以上の浸水を受けている。外水氾濫の場合、河川水位が高くなり破堤が生じるまでの時間も含めて、浸水被害を受けるまでの時間が減災対策に活用できる。しかし、会社から逃げる場合には道路を活用する必要があるが、図-6 に示すように、道路の浸水時間は会社よりも早く、避難するときに逃げ遅れることが考えられる。破堤後 3 時間後のマンホール内の地盤から水面までの距離を色分けした図を図-7 に示す。マンホールの排水が追い付かず、水が噴き出している様子が分かる。

4. リードタイムを意識したタイムライン水防災

解析結果と平成 23 年台風の 15 号の洪水時の時間雨量と河川水位を元にリードタイムを意識したタイムライン水防災を作成した。図-7 に対象とした時間雨量と河川水位を示す。また、表-1 に国土技術研究センター HP を参考に作成した想定される被害とその対応を示す。表-1 で作成した想定される被害とその対応を参考に、リードタイムを意識したタイムライン水防災を表-2 に示す。誰が行うか、いつやるかを明確にした。なお、テレビの情報やインターネットの情報(国土交通省や気象庁のホームページ)をもとに、行動を決定することとする。

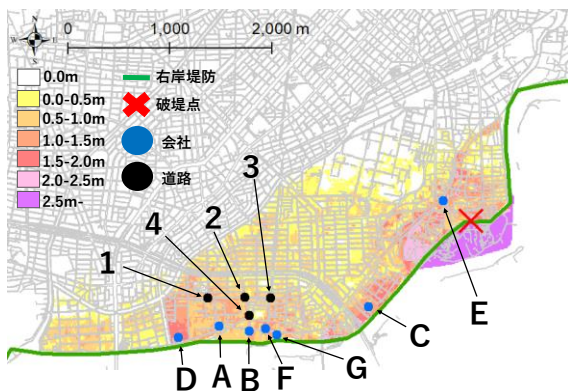


図-3 最大浸水深の分布

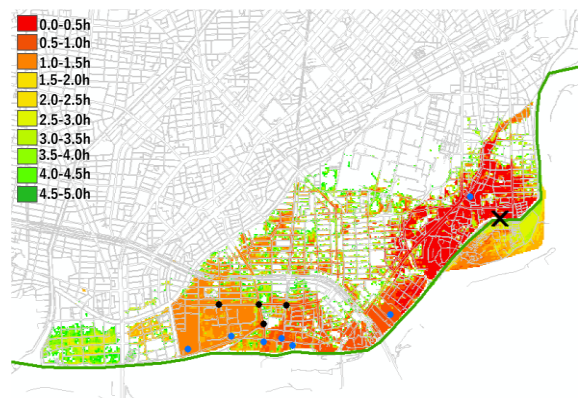


図-4 浸水深が 0.5m となる破堤からの時間

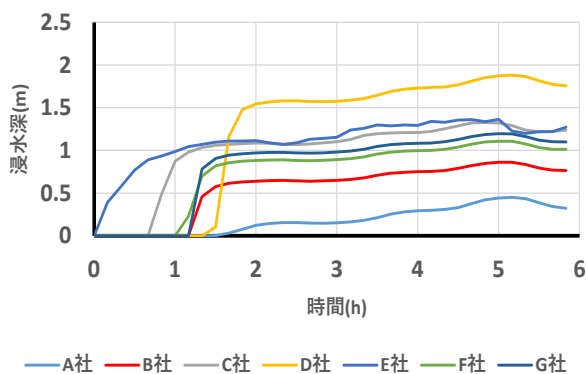


図-5 会社における浸水深の時間変化

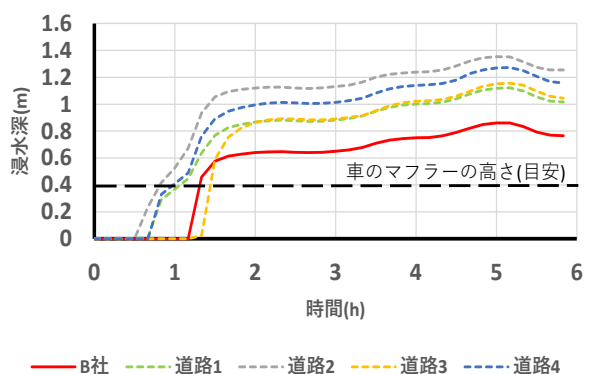


図-6 B社と道路の浸水深の時間変化

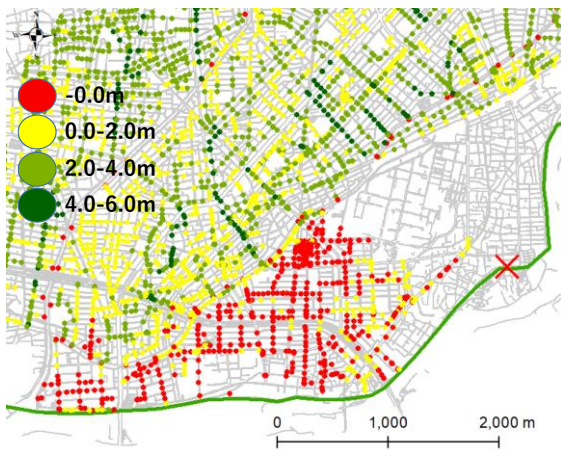


図-7 破堤後3時間後の地盤から水面までの距離

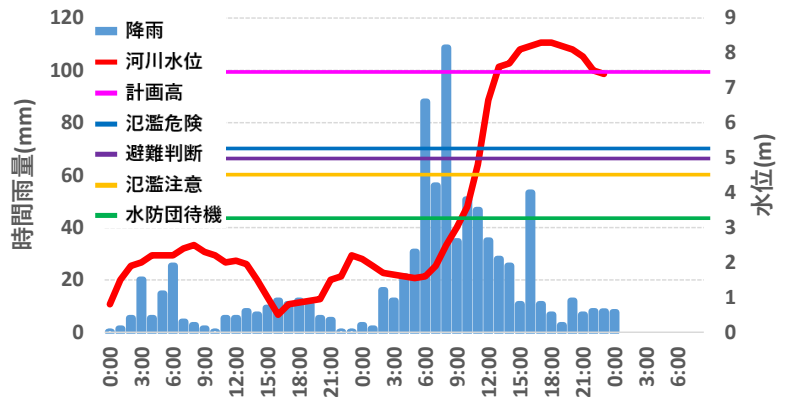


図-8 時間雨量と河川水位

表-1 想定される被害とその対応

想定される被害	対応・対策項目		対応時期
	ソフト対策	ハード対策	
顧客や従業員の逃げ遅れ	気象情報、洪水予報等の情報の収集先の整理		事前
	営業停止、避難開始の判断基準の決定		事前
	避難所、避難ルート、避難誘導體制の決定		事前
社屋、工場への浸水	土のう等の準備、設置方法の周知		事前、事中
	止水板、防水扉等の整備/床、敷地の高上げ		事前
	建物の上階に拠点を設置/地下室の内開き扉化		事前
	代替拠点の整備、他社との協定		事前
サーバー等電子機器の浸水による重要なデータの消失	電子データ、重要書類の上階保管		事前
	電子データのクラウド上への保存		事前、事中
	パソコン、サーバー等の上階設置		事前
危険物の流出等の二次災害	配管の弁やマンホールを閉鎖		事中
	水と触れると危険な物品については、高所へ移動、水密性のある区画で保管		事前
電気設備への浸水による停電（電源喪失）	非常電源装置、自家発電機の導入		事前
	配電盤や受電設備の耐水化、高所設置		事前
交通機関の停止、人員の不足	従業員の緊急連絡網の作成		事前
	従業員の参集ルールの決定		事前、事中
	従業員の役割分担の決定		事前、事中
通信網の輻輳、途絶	複数の通信手段の確保		事前
	MCA無線、衛星電話等の配備		事前
拠点の被災、中枢機能の停止	災害対策本部の設置手順の決定		事前、事中
	自社内の拠点の多重化・分散化		事前
	在宅勤務、サテライトオフィスの整備		事前
物流の停止	在庫、仕入先の確保		事前、事後
	代替仕入先の決定		事前、事後
	OEM、アウトソーシング、相互支援協定の締結		事前
	顧客連絡先リストの作成		事前
運転資金・復旧資金の不足	保険、共済、デリバティブ等への加入		事前
	融資制度の活用		事後

表-2 警戒レベル3の時のBCP

月 日	時間	河川水位	気象情報/氾濫状況	企業の活動(製造業)	企業の活動(飲食店)	公共	
9/8 (月)	21:00		マリファナ諸島付近で台風発生	情報収集を常に行う(社長、担当者)			
9/14(日)	12:00 (-129hr)		早期警戒注意情報発表	タイムライン水防災の動きを確認(全員)			
9/15(月)	14:00 (-91hr)		台風説明会(1回目)	会社内で台風情報共有、発動を決定(社長、担当者)		TVニュースで台風接近に伴う注意喚起	
	15:30 (-89.5hr)			周辺、連携先の会社(系列店)に連絡し、今後の動きについて共有する(担当者)			
9/16(火)	14:00 (-57hr)		大雨に関する気象情報	提携している会社(系列店)に今後の動きについて共有する(担当者)			
			台風説明会(2回目)				
9/17(水)	11:00 (-46hr)			連携先への代替生産委託(社長、周辺の会社との情報共有(担当者))	系列店への連絡(社長、周辺の会社との情報共有(担当者))		
	13:00 (-44hr)			事前にショッピングモールと提携し、社用車を避難させる(事前に役割を決めておき、分担)			
	14:00 (-43hr)			サーバーを複数の場所に作っておき、データを移す(事前に役割を決めておき、分担)			
	15:00 (-42hr)			水が入ってこないように建物の窓や扉の施錠の確認する(事前に役割を決めておき、分担)			
	16:00 (-41hr)			金型を2階以上へ移動させる(全員)	系列店へ食材移動(従業員)		
	16:00 (-41hr)		大雨注意報	商品を2階以上へ避難させる(全員)		鉄道各社9月18日から計画運休を発表	
	17:00 (-40hr)			社員全員帰宅	早めの閉店、帰宅		
	18:00 (-39hr)			緊急記者会見		TVニュースで自主的避難、早期の避難を呼びかけ	
9/18 (木)	6:00 (-9hr)		大雨洪水暴風警報発表				
	9:00 (-5hr)			常に台風・河川情報を確認(社長、幹部)しつつ、優先順位の高い業務を行う(全員) 優先順位の高い業務は、製造業は納期が迫っているもの 飲食店は、営業とする			
	10:00 (-5hr)		水防固待機				
	11:00 (-4hr)		記録的短時間大雨警報情報 庄内川氾濫注意情報				国道19号線勝川アンダーパス閉鎖
	12:00 (-3hr)		土砂災害警戒情報(春日井市) 大雨・暴風特別警報				
	13:00 (-2hr)		避難判断	従業員高所避難	ガスの元栓など閉める(担当者)		
	14:00 (-1hr)		氾濫危険 庄内川避難判断水位		閉店し、避難	県道犬山線、水分橋通行止め	
	15:00 (0hr)		計画高 上条グラウンド付近 右岸堤防破壊				
	15:30 (+0.5hr)		庄内川氾濫発生情報			道路冠水通行危険	
	16:00 (+1hr)		庄内川破壊による 浸水域拡大			変電所浸水により停電	
19:00 (+4hr)					有線・携帯電話ともに不通 水道・ガスの供給停止 愛知県に対し、 自衛隊派遣要請		
9/19(金) ~	0:00 (+9hr) 9:00 (+18hr) ~			被害確認後、事業再開に向けて動く	ライフラインが復旧した時に、 営業できるよう復旧作業を行う	高速道路、電車始発から 全面運休	

5. おわりに

庄内川からの越水による外水氾濫が起きた時の被害想定を数値解析により推測した。また、その結果や集めた情報をもとに、リードタイムを意識したタイムライン水防災を作成した。しかし、会社の規模や業種、立地にもよって対応が異なるので、会社ごとに対策を考えることが必要である。タイムライン水防災を発動させるほどではないと判断してしまうと何も対策ができず、水害の特徴であるリードタイムを生かして減災することができないことので、空振りでも発動する事が重要である。通常業務が忙しくてタイムライン水防災を作成する時間がない企業が多いことが、セミナーを通して分かった。作成しようと思っても、水害が身近なものでないため、起きないだろうと後回しにしてしまうだろう。しかし、タイムライン水防災作成時に連携企業・工場を持つことで、技術共有や市場拡大し、企業価値を向上させた事例がある。このように、減災だけでなく、企業価値を向上させるメリットがあることを広めれば普及していくものと考えられる。

参考文献

- 1) 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善とその活用の試み、土木学会論文集 B1(水工学)、 Vol. 77、 No. 2、 I_529-I_534、 2021
- 2) 国土交通省：浸水ナビ <https://suiboumap.gsi.go.jp/> (2023/1/11 確認)
- 3) 国土技術研究センターHP <https://www.jice.or.jp/bcp> (2023/1/11 確認)

尾張地方の警固祭りに関する比較研究

EC19001 浅井泰稀

1. 研究の目的

今回研究テーマを「尾張地方の警固祭りに関する比較研究」にした目的は、長久手市の伝統的な祭りである警固祭りの規模が小さくなってしまっていることや衰退してしまっていることが問題だと考えられる。この問題を防ぐことはできないのか、また祭りを盛り上げ街の活性化、人口増加などのまちづくりにつなげられか、そこで長久手市と同じく長く続けられている尾張地方で行われている警固祭りに着目し問題調査や解決案を調査し実行し今後のまちづくりつなげていけるのかを研究の目的とした。

2. 尾張地区・警固祭りの概要

警固祭りとは、一般的にはオマントと呼ばれる飾り馬と、神社等へ奉納する際、その先導・警固につく棒の手隊と鉄砲隊を含めた総称。由来は、飾り馬を寺社へ一日だけ奉納する行事で、農耕や慶事に対する祈願やお礼参りから発展したものとされ、江戸時代にいくつもの村が連合して豊田市の猿投神社に献馬奉納する「合宿」が始まりといわれている。

長久手市の警固祭りは、龍泉寺合宿に参加していた時の形態を地元の祭礼に再現したものであり、毎年10月中旬に行われる祭りで長湫（ながくて）、岩作、上郷の3地区で行われ3年周期で行われる祭りである。内容として、馬の背に標具(ダシ)を乗せ、鉄砲隊や棒隊などが警固し、長湫地区内を練り歩きながら、火縄銃を発砲し、景行天皇社、岩作神社、富士社へ奉納する勇壮な祭礼が行われている。古くから尾張と西三河の農村部で豊年祭りとして行われてきており、戦前からの祭りで約450年の歴史を持ち、長湫地区の警固祭りは、愛知県の無形民俗文化財に指定されている。



図1 昔の警固祭りの様子

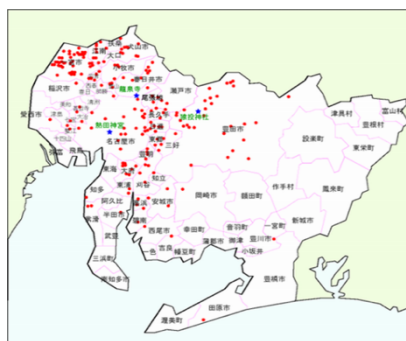


図2 愛知県で警固祭りを行っている市町



写真1 警固祭りの鉄砲隊の発砲の様子

3. 調査の方法

今回調査の方法は3つ行った。1つ目、実際に祭りをを行うルートを歩きどのような道なのか調査を行った。2つ目、市役所のお祭りの関係者の方や今回の祭りの祭事長や岩作地区一分会棒の手師匠にお話を聞

く。3つ目、10月に行われる警固祭りに鉄砲隊として実際に参加をする。

長久手警固祭りは棒の手保存会という祭りを運営している集まりが存在するので聞き込みをすることにする。また長久手市役所くらし文化部生涯学習課という警固祭りの歴史についてのことや警固祭りに協力しているためお話を聞く。

まず市役所から聞き込みを行った。日付と場所は6月14日13時頃、長久手文化の家で聞き込みをした。今回聞き込みに協力をしてくださった人は、長久手市役所くらし文化部生涯学習課学芸員、川出康博さんにお話を聞いた。次に今回の祭りの祭事長や岩作地区一分会棒の手師匠にお話を聞いた。日付と場所は8月19日20時ごろ岩作中根集会所で聞き込みを行った。聞き込みに協力をしてくださった人は、今回の祭りの長である祭事長林広和（51歳）長久手市岩作在住（リフォーム屋）、棒の手師匠山本晃（48歳）長久手市岩作在住（会社員）、棒の手師匠浅井建詞（49歳）長久手市岩作在住（クリーニング屋）にお話を聞いた。



写真2 話し合いの様子

4. 調査結果

1つ目の調査である実際に警固祭りで鉄砲隊が歩き鉄砲を発砲するポイントをマークしながら調査を行った。歩いてみて道幅が狭いところでの発砲もあり、民家の近くで発砲する場所も存在した。民家の近くで打つのは御礼奉といい支援を行ってくださっているお家の近くで発砲をする決まりがある。近隣住民の理解や協力があり長久手市の警固祭りが成り立っている。

2つ目の調査である聞き取りの調査をまず市役所のお祭りの関係者の方に行った。質問した内容が多まずは市役所のお祭りの関係者の方の質問を表にまとめた。

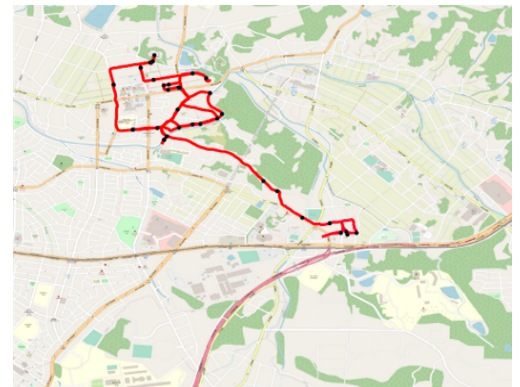


図3 調査で歩いたルート

表1 市役所のお祭りの関係者の方への質問内容

番号	質問内容	長久手市役所の回答	番号	質問内容	長久手市役所の回答
1	いつ頃から行っているのか	【旗祭り記録】に「旗祭り出発メーჯ」として、慶長8年（1603）に北熊、大車、前熊、岩作が参加したことが記録されています。	8	規模（参加者）を維持するための取組み（市、保存会、自治会）	8 補助金の交付や広報への掲載して周知活動に努めます。また、小学校の地域学習で警固祭りの周知を行っています。
2	規模（参加人数）	3地区によってこととなりますので、詳しくは保存会にお尋ねください。	9	他市の取り組みと比較、他市との交流	9 市として、他市交流や比較は行っていません。大津警固祭りは同じ日に開催するので見に行けず比較はできない。
3	観光客の人数（過去と今）	市内を巡回しているので、正確な数は不明です。	10	（含宿がなくなった事情、復話はないのか）	10 復話を考えているという話は聞いていません。
4	地区ごとのやり方の違い	4 岩作地区のみ火縄銃の打ち方が異なり、立ったまま火縄銃を背中らに担いで発砲します。残りの2地区は膝立ちで発砲します。馬に乗せる標具は各地区によって異なります。標具が違うのは昔合宿が行われるとき多くの地区が一か所に集まるためその中で度の地区が来たかを示すため派手でデザインが違う。	11	今後の方針	11 市としては、今後もお祭りを保存会に委ねていくつもりです。保存会としての考えは詳しくは保存会にお尋ねください。3地区合同で祭りを開催できるようにしていきたいというのが夢だという。（規制などで実現は不可能）
5	今と昔で違うこと（やり方の変遷）	5 昔はあちこちで発砲しており、火縄銃の発砲場所、時間を事前に警察との協議した場所・時間以外での発砲ができなくなったと聞いています。実際にやっている保存会の人に聞いたほうが詳しく聞ける。	12	馬はどこから連れてきているのか	12 馬は長久手市内の牧場から借りています。他市から借りることもあるという（瀬戸、尾張など）。
6	祭りが地域に与える影響のよい面と悪い面	6 良い点：新規住民と昔から住んでいる住民との交流になっている。新規の人が参加しやすくなった。市外に出ていって戻ってくる人が多い。 悪い点：新規住民で祭りに理解を得られない方からご意見が地区によって届きます。昔よりベッドタウンとして利用する人が増え警固祭りの季節になるとへのクレームが増えた。参加したくても火縄銃など必要なものがそろえない。	13	火縄銃の取り扱い（管理、銃の登録、使用者の資格、丁数、新規の購入（どこから？）、貸し借りは可能か）	13 火縄銃は貸し出しせず、地区の方が管理を行っています。丁数や昔段の管理体制、新規の購入については、各保存会にお尋ねください。
7	祭りの実施に対する市の支援	7 補助金を開催する地区に200万円交付しています。補助金以外でも衣装の貸し出しを行っています。貸し出し用の衣装は使わなくなった人からの寄付で役所で管理している。継承のため補助金は毎年地区へ渡している。	14	分会の仕組み（なぜ輪番制か、参加者の厳選はあるか）	14 鉄砲隊は3地区それぞれにお住いの方が、自分の住んでいる地区以外でお祭りが開催された際には、応援に行っていると聞いています。
8			15	安全性の確保への配慮（警備、講習など）	15 警備や講習が保存会で行っていますので、詳しくは保存会にお尋ねください。

市役所の方には長久手市の警固祭りはどのようなものなのか、規模、今と昔での祭りの違い、祭りが地域

に与える良い点・悪い点など警固祭りの外側の質問を行った。

次に今回の祭りの祭事長や岩作地区一分会棒の手師匠に聞き取りの調査を行った。質問した内容は、祭りを行う上での活動内容や今後実現したいこと、市の支援への不満はあるのか協力や支援をしてほしいこと、警固祭りの在り方についてなど警固祭りの内側について質問を行った。

表 1 祭りの祭事長や岩作地区一分会棒の手師匠への質問内容

番号	質問	祭事長	棒の手師匠	番号	質問	祭事長	棒の手師匠
1	どのように増やしていくか	祭り自体は現状維持。今はあまり問題がないと思っている。子供の人数もしっかり増えていっているのでどのように参加させていくか、解決するには近所付き合いが大切。参加のきっかけは近所付き合いが大半を占めている。あとは年によって女の子が多い年や男の子が多い年があるのでタイミングが重要。	最大の問題だと考えている。ほかの祭りと比較してどのように増やして行ったのかを調べて行くと考えている。	5	観客が多いほうがいいのか、観光客は増やしたいのか	多に越したことはない。でも増えすぎると祭りができなくなってしまう。発砲場所や馬の移動場所観覧場所などいろいろ問題が増えてくる。棒の手自体は見に来てほしい。	祭りの規制が今よりも厳しくなるため増やしていきたいとはあまり思わない。
2	今後実現したいこと	大きなことをやろうとすると市の協力が必要となってくる。市が協力すると火薬の制限や発砲場所の細かい設定が厳しくなってしまう。今のやり方で今のやり方の祭りを残すことが大切だと考えている。	熊本県のギネスで火縄銃を250人で発砲するのがギネスに認定されている。その記録を超えることをしてみたい。あとは、3つの地区で一斉発砲。例えば国道を封鎖して隊列を作る。	6	棒の手に参加する子供が減ってきている問題はどのように解決していくのか	人数自体は減っていない。都市によって子供が違うから減っているように感じる。長瀬に住んでいる人を減らさないようにしていく必要がある。	各小学校でのアピール、地域との連携を増やして子供たちにアピールや親御さんに祭りを理解してもらう。習い事感覚で出て貰えるようにする。
3	市の支援に不満はあるのか、協力や支援をしてほしいこと	今のところない。お金などの協力があるため。今の祭り自体区分けで行われているから大きなかわりはない。	もう少しお金を出して欲しいくらい。市は祭りにあまり協力的ではない。協力はどのような祭りのかアピールをもう少しして欲しい。それがどのように増やしていくかに繋がると考えるから。	7	長久手市の観光資源にしているためにはどのようなことをしていくのか	観光資源にはならないと考えている。	申し込めば誰でも参加出来る祭りでは無いので今のところ観光資源にはならないと思う。祭り自体ではなく、小牧・長久手の戦いの古戦場があるためそこをアピールして長久手市自体を観光資源にする。
4	他の市と比べて優れていると思うこと	祭りに参加する子供が多いところ。	長久手は一定の規制はあるもの一般道や農道、川沿いで鉄砲を打てること。ほかのところでは神社やお城でしか打てない。あとは、参加者が多いところ	8	苦情について	苦情自体は多いと思うが、あまり入っていない。地域住民の理解があるから。(岩作は)	苦情が減るように市役所や観光交流課、警察と連携して会議などを重ね寄り良い方向に解決案を模索していく。

二つの場所で聞き取り調査を行い表にまとめた質問の結果を抜粋しまとめた。

1つ目の質問は、「祭りが地域に与える影響のよい面と悪い面」という質問に対して、良い点は、「新規住民と昔から住んでいる住民との交流になっている。」「新規の人が参加しやすくなった。」「市外に出ていても戻ってくる人が多い。」、という意見がある。悪い点は、「新規住民でお祭りに理解を得られない方からご意見が地区によって届きます。」「昔よりベッドタウンとして利用する人が増え警固祭りの季節になるとクレームが増えた。」という意見がある。

2つ目の質問の「規模（参加者）を維持するための取組み（市、保存会、自治会）」という質問に対して、「祭り自体は現状維持。」「今はあまり問題がないと思っている。」「子供の人数もしっかり増えていっているのでどのように参加させていくか、解決するには近所付き合いが大切。」という意見がある。

3つ目の質問である「今後の方針・実現をしたいこと」という質問に対して、「熊本県のギネスで火縄銃を250人で発砲するのがギネスに認定されているのでその記録を超えることをしてみたい。」「あとは、3つの地区で一斉発砲。例えば国道を封鎖して隊列を作る。」という意見がある。

4つ目の質問、「観客が多いほうがいいのか、観光客は増やしたいのか」という質問に対して、「多に越したことはない。」「でも増えすぎると祭りができなくなってしまう。」「発砲場所や馬の移動場所観覧場所などいろいろ問題が増えてくる。」「棒の手自体は見に来てほしい。」という意様な意見がある。

ヒヤリング調査や聞き取り調査を行い、結果から警固祭りの今後の発展や現状の問題点を探ることができ改善案を模索した。

5. まとめ（改善案の提案）

1) 課題の整理

まず政策の問題は2つある。

1つ目、人は減っていないのでどのように住んでいる人を減らさないか考える必要がある。

2つ目、屋台など大きな祭りのような政策は行えない。過去長久手で同じような祭りがあったが問題が多く発生し対処ができなくなり廃止に追い込まれた祭りがある。

2) 解決案の提示

この問題を考慮した上で、次の通り3つの解決案を提案する。

① 衣装や銃がなくても参加ができることを認知させる：

実際に今回の祭りでも衣装や火縄銃が借りられることを知り祭りに参加した人が多くいた。そのため出てくれそうな人がいたら積極的に声をかけ参加してもらえるようにするといいい。

② 近所づきあいでの声掛けを基本とする：

祭りの新規での参加者の多くは声掛けによる参加への呼びかけである。長久手市は今多くの人が引っ越しをしてきます。そこで近所づきあいをしている流れで祭りのことを話し参加をしてもらうことが多い。また、過去に祭りに参加していて仕事や大参が生まれ時間が作れず何年も祭りに参加していなかった人にも声をかけすべてに余裕ができたため参加してもらうケースもある。他には、近所のおじいさんに喫茶店で「火縄銃を貸してやるから祭りに参加してみろ」と言われ参加した同級生もいた。このことから近所づきあい・交流を大切にしていくことで祭りの参加者や関心を増やしていける。

③ 三か所を増やすには地域との連携コミュニケーション、近所付き合いを大切にする：

今祭りに参加している大人や子供たちの声掛けや学校での祭りの紹介をする。警固祭りは鉄砲隊だけのお祭りではなく棒の手を披露するお祭りでもある。また、中学生になると火縄銃は打てないが鉄砲隊の隊列に加わり街を練り歩くことができる。そのことを友人に話すことによって子供たちの参加も増やしていける。また実際に30歳ごろから祭りに初めて参加する方もいる。今まで参加を見送っていた方にも祭りに興味や関心を持っていただけるような張り紙や政策を市と協力しながらやっていくことによって来年は参加しようとする人も多くなり祭りを盛り上げるきっかけとなる。

参考文献

1) 上高根警固祭り - イベント - 豊明市観光協会, https://welcome-toyoake.jp/event/festival/post_67.html

(参照 2022 年 9 月 30 日)

2) 市民祭「警固」とは? - 尾張旭市, <https://www.city.owariasahi.lg.jp/kurasi/kyouiku/bunka/keigo.html>

(参照 2022 年 9 月 30 日)

3) 菱野のおでん警固祭り(市指定文化財)菱野熊野社・菱野郷倉文書, <http://seto-guide.jp/setostory/maturi/hisino> (参照 2022 年 10 月 10 日)

4) 警固祭り

<http://seto-guide.jp/setostory/maturi/keigomaturi>

(参照 2021 年 10 月 10 日)

5) グローバル Web アイコン長湫の警固祭り | 【公式】愛知県の観光サイト Aichi Now

<https://www.aichi-now.jp/spots/detail/3087/> (参照 2021 年 10 月 10 日)

6) 岩作警固祭り -2022 年- [祭の日] <https://matsuri-no-hi.com/matsuri/19243>

(参照 2021 年 10 月 10 日)

犬山市及び周辺のキャンプ場の比較研究

EC19005 石田 章憲

1. 研究の背景、目的

2010 年代前半から始まった第 2 次キャンプブームであるが、コロナパンデミックを機にブームからレジャー、カルチャーへと定着した。第 2 次キャンプブームは、音楽フェスやメーカーの努力に、キャンプ場の近代化、グランピング、インスタグラムの普及が加わり起こった。全国には 2064 か所のキャンプ場があり、多種多様で同じ所はない。この多種多様な特色が、どのように影響があるのか、犬山市周辺のキャンプ場について理解した上で、明らかにしていく。そして、今後のキャンプ場の在り方について提案していく。

2. 研究の方法

犬山市周辺のキャンプ場について、インターネットを用いて事前に情報をまとめ、その後、月に 1 回、現地調査を行う、かつ、管理者の方々にヒアリング調査を行う。

3. 研究の対象

犬山市あるアウトドアベース犬山キャンプ場（今井）、八曾モミの木キャンプ場（八曾）、桃太郎公園キャンプ場（栗栖）、各務原市にある伊木山フォレストキャンプ場（鶉沼）を対象とする。以下、アウトドア、八曾、桃太郎、伊木山とする。



図 1 犬山市周辺のキャンプ場の立地
出典：Google Map より作成

4. 対象の概況

アウトドアは、他では見られないティピーサイトや水上デッキ、鉄板焼きデッキがある。フリーサイト（こもれび、せせらぎサイト）が狭く、混雑時には他のお客さんとの距離が近いのがデメリットである。オートサイトには、柵があり、囲われた空間でキャンプをするのはどうかと思うが、ペットを連れた利用者にとっては、リードなしでペットと過ごせるのは良い。八曾は、3 方向が川で囲まれた地形にあり、川は浅く流れも緩やかなため、子どもでも安心して遊べる。駐車場が広く、最大 250 台まで駐車出来る。昔は、若者や外国人が集まり騒音被害が多かったが、コロナを機に予約を同居家族のみにしたため、今では静かなキャンプ場に変化した。桃太郎は、広大な芝生の公園でトイレと炊事場が 1 つしかなくキャンプ場としては設備が十分と言えない。しかし、500 円で 1 週間も宿泊が出来る。伊木山は、国宝犬山城の見えるキャンプ場として知られている。しかし、ワイルドサイトからは犬山城が見えず、向こう岸のマンションや公園が見える。また、受付からワイルドサイトまで徒歩で約 10 分かかる。BBQ エリアには、ドリンク、アルコールバーがある。

表 1 犬山市及び周辺キャンプ場の比較表

キャンプ場名	運営主体	利用料(宿泊)	営業期間	営業受付時間	チェックイン,アウト	駐車台数	オート	他サイト	他	薪	ペット	wi-fi	レンタル	売店	電源	シャワー	花火
アウトドア・ベースキャンプ場	個人(木橋さん)	1400円～	通年 水曜休み GW.8月は無休	9:30-17:00	9:30～10:00	約60台	○	水上デッキ 鉄板焼きデッキ ティピーテント	ハイキング 魚釣り	500円	○	○	○	○	○	○	○
八曾モミの木キャンプ場	入鹿森林愛護組合	約3000円	4/1-11/30	9:00-17:00	11:00～10:00	約250台	○	バンガロー ログハウス	ハイキング 川遊び	500円	×	×	○	○	○	×	×
桃太郎公園キャンプ場	桃太郎発展会	500円	通年	9:00-17:00	×	約60台	×	×	ハイキング	×	○	×	×	○	×	×	×
IGIYAMA FOREST	有限会社陶八	5000円～	通年	9:00～17:30	13:00～11:00	約200台	○	リバー	アルコール バー	広葉樹770 円 針葉樹 660円	○	×	○	○	○	○	×

2022 年度卒業研究論文概要

5. 現地調査

5.1 駐車場のナンバー調査

現地調査の天気を表 2 に示す。一般的に、日本のキャンプシーズンは、7月中旬からピークが始まり、8月のお盆後くらいにピークが終わるとされているが、涼しくなる毎に総数が増えている。これは、虫も少なく気温も快適で過ごしやすいたことが要因だと考える。アウトドアは、季節による波が少なく安定して人気がある。雨が降ると、神秘的な空間に変わるので、雨キャンプも楽しめる。八曾は、アウトドアほど人気はないが、安定して利用されている。桃太郎公園キャンプ場は、夏場はあまり賑わっていないが、隣には桃太郎神社があり寂光院も徒歩圏内にある。紅葉の名所が近く秋に人気である。伊木山は、天候に左右されやすく差が激しい。その分、天候によるキャンセルの容易さを感じられる。

表 1 天気

7月9日	曇り
8月10日	雨
8月13日	曇り(台風)
9月10日	雨
10月8日	曇り
11月12日	晴れ
12月10日	晴れ

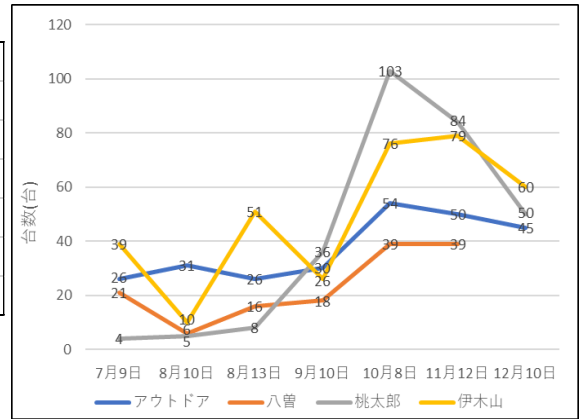


図 2 駐車ナンバーの合計比較

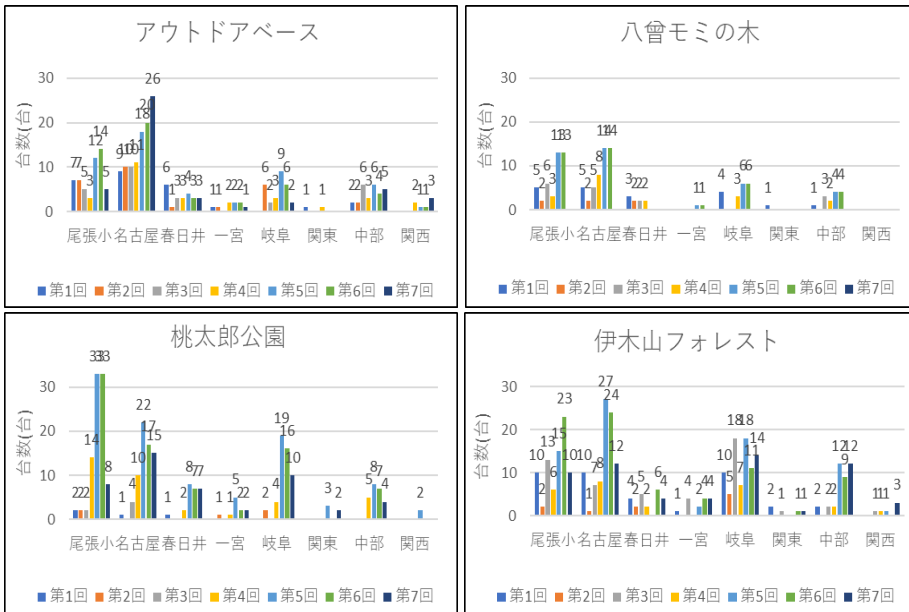


図 3-6 駐車ナンバーのキャンプ場比較

犬山市周辺のキャンプ場には、中部地方からの利用がほとんどで、尾張小牧と名古屋ナンバーが特に多い。一宮ナンバーは近隣の割りに少ない。アウトドアと伊木山は安定して利用される。また、八曾や桃太郎に比べると広域からの利用があるこのことから、地元以外からの知名度が高いといえるだろう。伊木山と桃太郎は岐阜県からの利用者が多く、地元の人気のあるキャンプ場であるといえる。

5.2 利用者のタイプ

右の図は、図 2 の駐車ナンバーの合計比較のグラフと形の似たグラフになる。計算すると 1 組当たり 1.61 台で平均 2 台の乗り合いで利用されることがわかる。8月はそのキャンプ場も 1 組当たり 2 台以上の乗り合いで利用される。

涼しくなるごとに利用組数が増え、桃太郎は、特に増えている。アウトドアは、安定して利用組数が多く、天候は関係ない。8月10日は雨のため、どのキャンプ場も少ない。8月13日は台風の影響もありキャンセルが多かったにも関わらず、比較的用户が多い。台風が逸れたため利用客数の減少に大きな影響は出なかった。

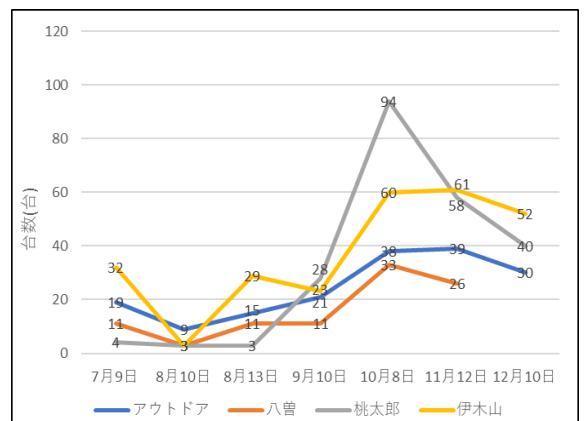


図 7 利用組の合計比較

2022 年度卒業研究論文概要

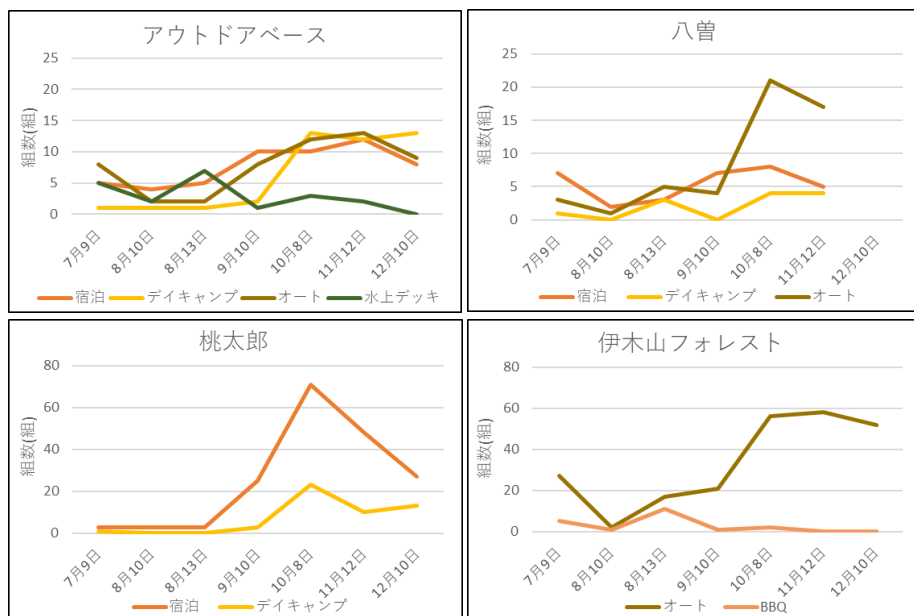


図 8-11 利用者のタイプ比較

アウトドアは、4つの種類に分散しており、夏場は水上デッキの利用も多い。デイキャンプは10月以降増えている。八曾は、夏場、川に近いサイトが人気で少し寒くなるとオートサイトに人気が出る。桃太郎では、とても安く宿泊できるため、どの回も宿泊がデイキャンプを上回っている。伊木山では、夏にBBQ場の利用が最も多い。8.9月は天気の影響もあり、少ない結果となる。天候も考えるととても人気のあるキャンプ場であると言える。

5.3 施設の総合評価

アウトドアは、古さもあり新しさもある。多くの体験ができ、既設のティピーテントや鉄板焼きデッキ、水上デッキは格段に良い。五右衛門風呂も入浴でき、貴重な体験ができることは間違いない。トイレやシャワーはとてもきれいだ。八曾は、設備が古く仮設トイレがほとんど。しかし、川が流れ自然が豊かで癒されるキャンプ場である。ホームページは市のもので、予約するにも電話予約のみで同居家族に限られる。桃太郎は、すべてにおいて不足だが、1張500円で1週間も宿泊できるのがとても魅力的である。伊木山は、2年前にできたばかりで、とてもきれいだ。レンタル品も充実しており、初心者におすすめのキャンプ場だ。しかし、交通量の多い道路に近く、隣には工場もある。犬山城を見れるサイトが限られる。

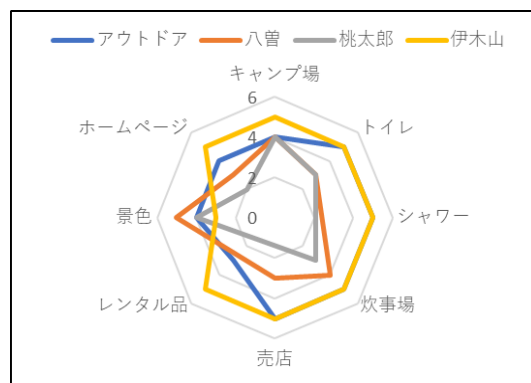


図 12 施設の総合評価

6. 管理者への課題に対するヒアリング

表 2 課題に対するキャンプ場比較

	アウトドア・ベースキャンプ場	八曾モミの木キャンプ場	桃太郎公園キャンプ場	IGIYAMA FOREST
悩み	ない	高齢化	雨の日に駐車場が冠水する	ワイルドサイトの利用客が少ない マナーの悪い人が多い
コロナ	影響は少ないと思う	規模を縮小する良い機会に	ない	ない
治安	とても良い	コロナによりよくなった	あまり良くない	あまり良くない
台風(8月13日)	フリーはほとんど オートは7組がキャンセル	3分の2がキャンセル(10/15) 前日はほとんどキャンセル	閑散としていた	半分がキャンセル(9/18)

どのキャンプ場もコロナの影響はほとんど受けておらず、好機と捉えている。伊木山では、天候によるキャンセルだと、60日以内であれば移動できる。八曾は、人手不足を課題として挙げている。運営元の組合では、60歳過ぎが1番の若手で、40人いる組合員のうち20人で運営している現状である。高齢化とコロナが重なり規模を縮小し、予約を同居家族のみにしたため、治安の良い静かで落ち着くキャンプ場となった。桃太郎は、細かいルールがないため、マナーの悪い人や寝る時間になってもうるさい人が多いようだ。伊木山は、ワイルドサイトの利用客が少ないことやマナーの悪いお客さんが多いことを課題として挙げている。これは、オートサイトからは犬山城が見られるが、ワイルドサイトからは見られないことも要因である。

2022 年度卒業研究論文概要

7. 他地域との先進事例との比較

7.1 ふもとっばらキャンプ場（静岡県富士宮市）は、キャンパーの聖地という俗称があり、多くのキャンパーに愛され利用されている。週末は予約が取れないことも多く、宿泊費も比較的安い料金である。また、チェックアウトが 14:00 なのはとても魅力的である。売店では、薪や炭、ガス缶などのほかにキャンプ場周辺に生息するニホンジカや朝霧高原の放牧豚の肉や独自のグッズが販売されている。忘れ物をしても大丈夫なくらい品揃えが豊富である。営業期間が通年のため年末年始をふもとっばらで過ごし、富士山越しに望む初日の出を楽しむ人も多くない。

7.2 白ひげ浜水泳キャンプ場（滋賀県高島市）は、琵琶湖の北西部、湖中にそびえ立つ大鳥居で有名な白鬚神社のそばにある。琵琶湖屈指の水質を誇り、ウォーターパークや SUP、カヌー、フライボード、湖上サイクリング、eMTB などのアクティビティが体験できる。

7.3 Alpen Outdoors しろとりフィールド（岐阜県郡上市）は、標高 1000m に位置し、天然温泉付きキャンプ場である。宿泊特典として満天の湯本館の入浴料が無料となる。2022 年の 7 月にオープンしたばかりで、開発途中である。また、アクティビティが豊富で、ゴンドラ遊覧、大日ヶ岳トレッキング、宇宙ナイトツアー、山菜取り、とうもろこし収穫体験、ホテル観賞、川遊び、遊歩道散策、眺望テラス、シャワークライミング、野菜マルシェ、昆虫採取、サマースキー・スノーボードなどが楽しめる。

7.4 銀河もみじキャンプ場（長野県下伊那郡）は、長野県阿智村にあり、日本一の星空が見えるキャンプ場として知られている。魚釣り、ボルダリング、マレットゴルフも体験できる。

8. まとめ

キャンプ場に求めるものは、7. で挙げたように自然との交流や貴重な体験ができるということだ。伊木山のワイルドサイトには、そのようなものは特になく、きれいに分けられたサイトでキャンプをするような造りになっている。交通量の多い道路に近く、隣には工場がある。ワイルドサイトでしかできない体験、ワイルドサイトを利用するメリットが必要である。また、マナーの悪い人は、今後予約を取れないようにするなど、キャンプ場間の連携が必要になってくる。現在、マイナンバーカードの申請は、6 割に達している。マイナンバーカードとキャンプ場を紐づけ、運営者から利用者に評価できるようになると、マナーの悪い人は減るのではないかと考えられる。例えば、評価の高い利用者には、利用料の割引やキャンプ用品のレンタルが無料で出来るサービスはどうだろうか。その中でも、伊木山フォレストキャンプ場の運営主体は有限会社であり、他にもお店を構えているため、そこで使えるクーポンを配布すると良いだろう。

参考文献

- 1) 都道府県別統計とランキングで見る県民性 トップ>娯楽・スポーツ>スポーツ施設>キャンプ場数 2019-7-10 <https://todo-ran.com/t/kiji/23956>, (参照 2022-11-11)
- 2) Outdoor Base Inuyama Campground <https://www.kirakira.net/>, (参照 2023-1-16)
- 3) 犬山観光情報 楽しむ>アウトドア>八曾モミの木キャンプ場【完全予約制】 <https://inuyama.gr.jp/hassomominoki.html>, (参照 2022-11-28)
- 4) BBQ&CAMP IGIYAMA FOREST <https://www.igiyamaforest.com/>, (参照 2022-11-28)
- 5) FUMOTOPPARA inc. <https://fumotoppara.net/>, (参照 2023-1-20)
- 6) SFIRAHEGE BEACH <https://shirahige-hama.com/>, (参照 2023-1-20)
- 7) Alpen Outdoors SHIROTORI FIELD <https://www.alpen-group.net/outdoors/shirotori/>, (参照 2023-1-20)
- 8) 銀河もみじキャンプ場 galaxy & maples camp field <https://gingamomiji.org/wp/>, (参照 2023-1-20)

春日井市の地域包括支援センター及び地域包括ケア会議の比較研究

EC19009 稲毛勇太

1. 研究の背景から見える目的

現在の日本社会の大きな課題である高齢化について興味があり、簡単に調べていくと大きく4つの課題に細分化されていることが分かり、1つ目は少子高齢化、2つ目は孤独世帯増加、3つ目は介護職員不足、4つ目は要介護認定者増加である。そして今後予測される超高齢化社会に向け、地域包括ケア会議の重要性が高まると予想できることから研究テーマとして調べていくことにした。

最終的な目的としては課題から現場の声をまとめ、それを重視した改善案を提案し、現実的に可能なのかを議論する。

2. 研究の方法

はじめに関連文献および過去の資料やインターネットによるデータ収集を行い、情報を自分なりに精査しまとめる。次に市役所におもむきヒアリング調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。データを参考に課題・解決案を考える。



図1 地域包括支援センター中部

3. 研究の対象

対象地域(春日井市)に住んでいる65歳以上の高齢者と高齢者支援に関わっている方(ご家族や市役所職員・介護職員等)を対象に聞き込み調査を行う。

3-1 地域包括ケアシステム

包括ケアシステムとは、要介護状態となっても住み慣れた地域で自分らしい生活を最後まで続けることができるよう、地域内で助け合う体制のこと。地域包括ケアシステムは、それぞれの地域の特性に合った医療・介護・住まい・生活支援が一体的に提供される体制を目指している。



図2：地域包括ケアシステムの姿

出典：参考文献1)より引用

3-2 春日井市の地域包括ケアセンターの設置状況

春日井市では地域包括支援センターを12カ所設置している。春日井市内に住んでいる65歳以上の高齢者やその家族、要介護認定・要支援認定を持っている方(40歳以上)を対象に専門員が日々相談支援を行っている。

春日井市包括センターの運営法人は高齢者の心身の健康保持や生活の安定のため、社会福祉士、保健師、等の専門職が協力し必要な援助を行うことを目的に、地域包括支援センターを設置している。春日井市12会場の参加団体・参加者はこのような方々が参加している。



図3：春日市地域包括支援センター設置図

出典：参考文献2)より引用

表1 春日井市包括センター運営法人・参加団体・参加者

NO.	支援センター名	運営法人	参加団体・参加者
1	坂下	社会福祉法人春生会	自治会・町内会・民生委員・生活支援コーディネーター・病院
2	高森台・石尾台	社会福祉法人恩賜財団愛知県同郷援護会	老人会サークル・生活支援コーディネーター・民生委員
3	藤山台・岩成台	医療法人社団喜峰会	民生委員・ケアマネジャー・介護事業者・生活支援コーディネーター・医師・介護事業者・UR職員・老人クラブ・銀行・地区社協代表・自治会・民生委員・未来ビレッジ・NPO法人
4	高蔵寺	医療法人陽和会	公民館・民生委員・生活支援コーディネーター・自治会・ケアマネジャー・老人会
5	南城	株式会社総合福祉サービスJ・You	自治会・地域住民・地域福祉コーディネーター・民生委員・ケアマネジャー
6	松原	医療法人三仁会	民生委員・道場サロン・地域福祉コーディネーター・クローバー会・長寿会・認知症支援チーム
7	東部	社会福祉法人春日井市社会福祉協議会	サロン関係者・地区社協・老人会・民生委員・薬剤師・生活支援コーディネーター・自治会・ボランティア団体
8	柏原	一般社団法人春日井市医師会	ケアマネジャー・未来ヴィレッジ・地域福祉コーディネーター・老人会・喫茶店店主
9	中部	社会福祉法人恩賜財団愛知県同郷援護会	町内会・民生委員・地域住民・ケアマネジャー・商店街振興組合
10	鷹来	社会福祉法人サン・ビジョン	民生委員協議会・訪問介護ステーション・ケアマネジャー・生活支援コーディネーター・オレンジプラスカフェ・民生委員
11	西部	社会福祉法人サン・ビジョン	民生委員・ケアマネジャー・地域福祉コーディネーター・地区社協・老人クラブ・民生委員・介護サービス事務所・地域福祉コーディネーター
12	味美・知多	医療法人勝川医院	区長・老人会・民生委員・子供会・基幹包括・地域福祉コーディネーター

4. 春日井市の地域包括ケアセンターの取り組み状況の経年変化

春日井市の地域ケア会議実施団体の主体は会議ごと、年ごと異なる団体が主体となり開催している。町内会や自治体、使用店街組合など地域ごとに特色のある団体が主体となっている。

近年行われた全12地区114回の会議を詳しく分析すると、まだまだ会議が行われていないことが分かる。そして休止している会を詳しく分析すると、3回とも休止している会は23個、2回休止している会は9個、1回休止している会は34個あることが分かった。

表2 春日井市地域ケア会議実施主体

NO.	支援センター名	実施主体
1	坂下	体操グループメンバーを中心とした地元の有志(令和元年) 緑茶の会に参加している有志(令和元年) 自治会役員や民生委員(令和3年)
2	高森台・石尾台	石尾台地区住民(令和元年) 民生委員の有志(令和2年) 中央台特別分譲住宅住民(令和2年) 住民主体サービス会員(令和2年) 石尾台地区社会福祉協議会食卓会(令和2年) 中央台地域住民(令和3年)
3	藤山台・岩成台	老人会および地域介護事業者(令和元年) NPO法人のメンバー(令和元年) 地域住民(令和3年)
4	高蔵寺	老人会を中心とする地域住民(令和元年) 公民館館長と歴代の自治会長やボランティア協力者(令和元年) 自治会(令和2年) サロン会員(令和3年)
5	南城	有志の地域住民(令和元年) 町内会長や民生委員(令和2年) 地域住民と民生委員(令和3年)
6	松原	西山倶楽部の役員(令和2年) よつ葉のクローバー会(令和2年) 六軒屋同好会、むつみ会、長寿会(令和2年) 六軒屋地区社会福祉協議会(令和2年) 市営下原住宅自治会、住宅住民(令和2年)
7	東部	東部地区サロン運営者、支援者(令和元年) 町内会(令和元年) サロン浅山・梅ヶ坪(令和2年) 地域住民主体(令和3年) 町内会長とサロン会員(令和3年)
8	柏原	未来ヴィレッジ(令和2年) 老人会、弥生会(令和3年) 老人会、八田長寿会(令和3年) おしゃべりカフェ(令和3年)
9	中部	地域住民主体(令和2年) 川勝駅前商店街復興組合理事会(令和3年) 地域住民(令和3年)
10	鷹来	地区サロン(令和元年) おれんじプラスカフェ店主(令和3年)
11	西部	牛山地区社会福祉協議会(令和元年) ウサン見守り隊、かすがいおれんじプラスカフェ、地域の施設・関係団体(令和2年) 地域の駄菓子屋、高齢者サロン(令和3年)
12	味美・知多	老人会、子供会(令和3年)

表3 会議実施数

開催数	全12地区114会
令和3年6月	80/114
令和3年10月	90/114
令和4年2月	51/114

相談件数ごと分析していくと、生活支援の相談数は令和2年に増加傾向にあり、近年は減少傾向にある地域が多いが高森台は年々大幅に増加傾向にあることが分かる。

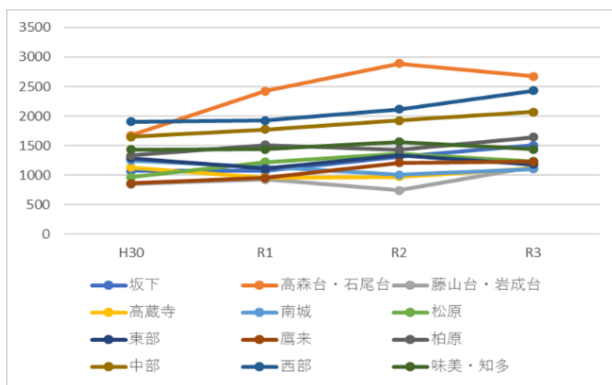


図4 生活支援(市)

民間サービスの相談数は増加している地区と減少している地区の二極化が大きい。令和2年に全体的に増加傾向にあり、令和3年も増加している地区が多いことが分かる。数が大きいのでほかに比べ緩やかに見えるがとても多くの方が介護相談に訪れている。母数の多さからやはり全体的に見ても介護に関する相談数が多いことが分かる。

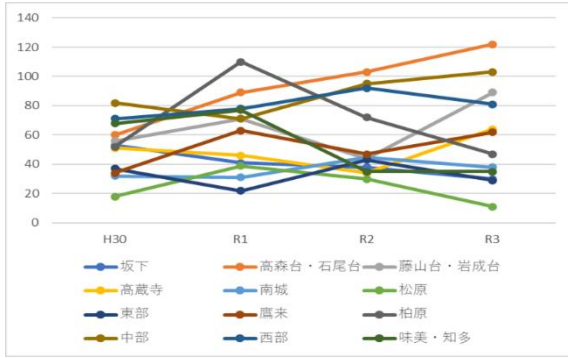


図5 生活支援(民間サービス)

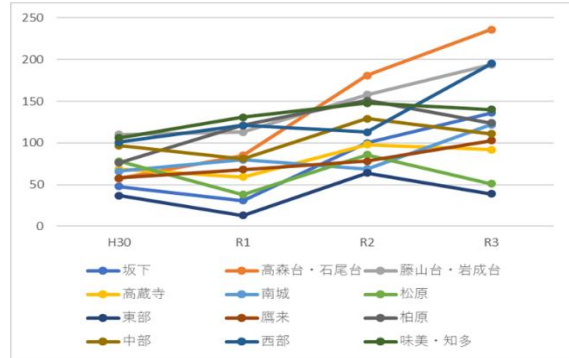


図6 介護保険

障害者支援は地区によって相談数に偏りがあることが分かる。令和2年に相談が少ない地区は令和3年になると相談数が増加しており、反対に令和2年に相談が多い地区は令和3年になると相談件数は減少している。令和に入り生活環境等の相談数は年々増加傾向にある。ほとんどの地区は年々相談数が増加している。

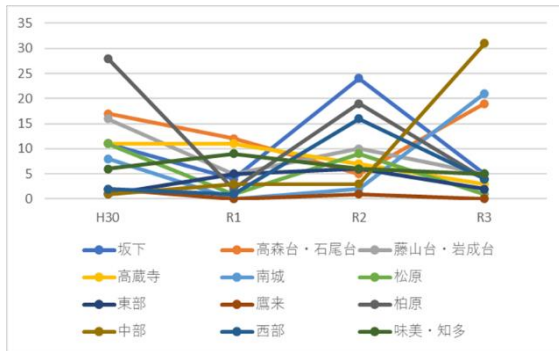


図7 障害者支援

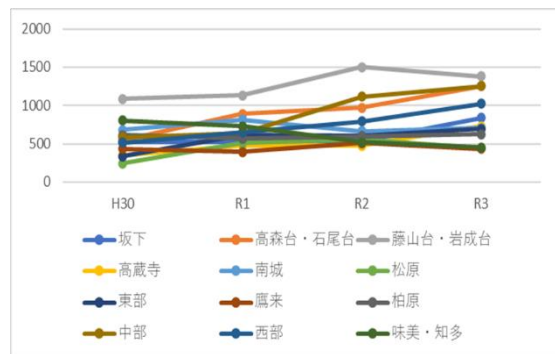


図8 生活環境等

会議開催件数についての経年変化を見ていく。会議の種類は3種類あり、地域協議会・地域ケア会議・地域ケア個別会議である。地域協議会とは身近な地域の課題について、そこで暮らす住民自らがその解決方法等を議論し、意見をとりまとめ市長に意見を伝えるための会議。地域ケア会議とは高齢者個人に対する支援の充実と、それを支える社会基盤の整備を同時に進めていく、地域包括ケアシステムの実現に向け話し合う会議である。地域ケア会議を個別に行うのが地域ケア個別会議である。

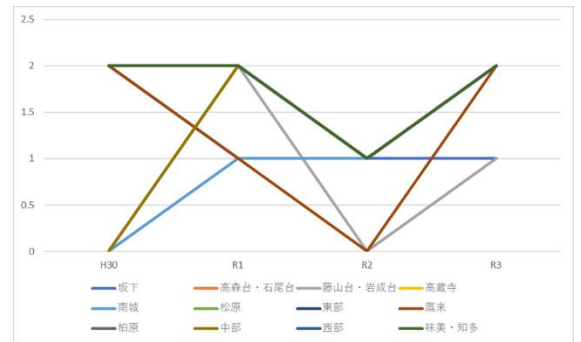


図9 地域協議会開催数

平成30年度~令和3年度地域協議会開催協議会を実施している地域が多くないためデータは豊富ではないが近年は少しずつ実施していることが分かる。地域ケア会議も個別会議も令和2年にコロナの影響が作用し極端に減少しているが近年は持ち直している。

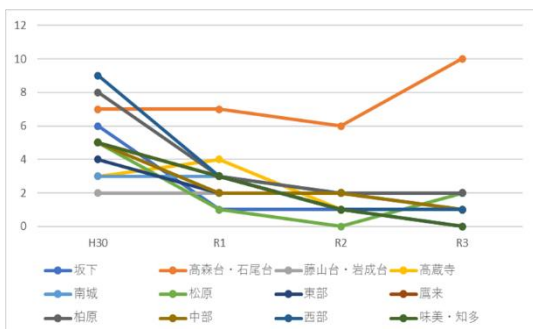


図10 地域ケア個別会議開催数

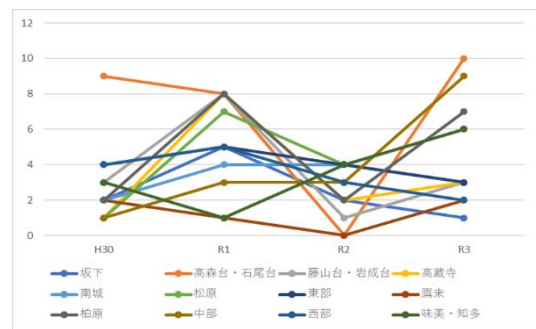


図11 地域ケア会議開催数

5. 地域包括ケア会議の成果の分析

3年分の過去のデータを精査し地域課題と解決案を分析する。地域課題から分析していくとコロナの影響で交流関係について課題を上げる意見が多く見受けられる。他にも外出の機会やサロンが減った事によって、心身機能の低下を不安視する声も増加傾向にあり、コロナが完全に収束するまでは、屋外で運動を交えたコミュニティを形成する必要がある。

解決案を分析していくと近年はコロナの影響があり室内でおこなっていたサロン活動が出来ない時期もあった為、サロンの新設や見直しが多く意見を占めている。ウィズコロナに向け移動方法やサロン新設して1から始めていく所も多いのではと予想できる。他には認知症に対しての関心が近年高まりつつあり、会ごとに認知症の介護専門家の方を招き講演会を行う地区も増えている。

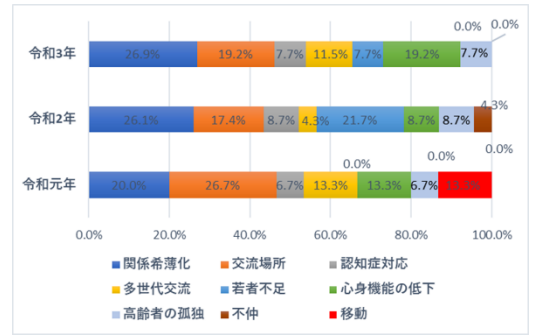


図 12 課題比較

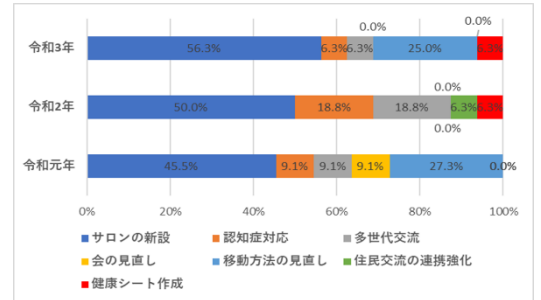


図 13 解決案比較

6. 行政へのヒアリング

以上の調査に基づく疑問点について、春日井市役所健康福祉部地域福祉課河野主事に2022年12月7日ヒアリングを行った。この結果をまとめたのが表4である。ここから、現在市役所が抱えている苦悩、市役所が行っている具体的なサポート、コロナ渦での継続的な取り組み、サロン新設の不可などがわかる。

表 4 市役所ヒアリング調査

Q&A	質問	春日井市役所 健康福祉部 地域福祉課 河野主事			
		回答			
1	ケア会議の認知拡大についての行動	回覧板などでチラシを回すようにしているが、参加率に変化はあまり無い。民生委員の方と協力して呼びかけなどを行っている。若者の認知率を上げるため、SNSを活用している地域もある。			
2	市役所とケア会議の具体的な連携	会場を抑える時に市役所の名前を使い抑えると金銭的に支援が出来る事や、地域包括支援センターの代表者が声をかけても動かない出来事がある時、市役所が声をかける事により動くことがある。			
3	コロナ後の交流関係再構築についての働きかけ	コロナ渦も電話による安否確認や健康カードを作成して交流関係を途切れさせない事により、コロナによって完全に交流関係が切れたわけでは無い。再構築について何か働きかけた事は少ない。			
4	サロン新設にかかる現実的なコスト	前提としてサロン新設は現実的に可能。立ち上げ時、市から補助金が出て、活動日数によって異なるが、年5万~20万円ほど毎年支援があるので参加費などを合わせればコスト面からは問題無い。室内外を使い分けることも可能で外での活動ならもう少しコストを抑えることが可能。			

7. まとめ

調査したデータから課題解決に向け提案したい改善案は3つあり、1つ目は会議参加の敷居を低く設定する事。見知らぬ会いきなり一人で参加するのは勇気のいる行動で有る為、チラシやパンフレットを配り誰でも何人でも気軽に参加できる事をまずは認知させる。2つ目は高齢者の孤立を防ぐ為のコミュニティを意識的に作成すること。近年高齢者の孤独化が増加傾向にある為、サロンだけでなく地域一帯となりコミュニティを作る事で孤独感が減少し、活性化にも繋がり何かあった時には頼れる人がいるという状態が作れる。3つ目は新たな社会情勢に寄り添ったサロンの開設する事。ウィズコロナに向け屋外でのスポーツや交流会を開催する事で閉鎖的なサロンから脱却でき、汗を流し適度に日光を浴びる事で健康面でも改善が見られる為サロンを一新する事は利点が多い。今回提案した3つの解決案は金銭的成本が多くかからないため、1週間後からでも始められるので行動に移す価値はある。

参考文献

1) 生命保険文化センター 介護や支援が必要な人はどれくらい？

<https://www.town.shime.lg.jp/uploaded/image/15985.png> (参照 2022-10-25)

2) 志免町 HP 志免町地域包括ケアシステム

https://www.harusyafuku.or.jp/application/files/4315/2259/8941/service11_img01.png (参照 2022-10-25)

桑名市における車中泊避難に対応可能な施設の検討

EC19025 川瀬 冬威

1. 研究目的

私たちの国は災害が多発する地域に位置しており、これまでに災害対策で多くの課題に悩まされてきた。現在も災害対策で多くの課題を抱えているが、新型コロナウイルスの感染拡大が続いている中で感染拡大防止のために災害時の避難対策について見直す必要がある。新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、熊本地震で話題になった車中泊避難に注目した。現時点では推奨している自治体は少ないが、車中泊避難の不安要素を取り除くことが出来れば実用的になる。「密」を避けながら安心して安全に避難できるようにすることを目的に桑名市を例として、車中泊を用いた災害時の避難対策について研究する。

2. 研究方法

- 1) 車中泊の普及状況や車中泊避難に関する自治体の取り組み事例などの情報をインターネットで調べる。
- 2) Google マップの航空写真を利用して、桑名市の現地調査を行い、車中泊に対応可能な施設をピックアップし、施設の駐車台数を調べる。
- 3) QGIS を利用して、車中泊に対応可能な施設の分布状況とハザードマップを重ね合わせて、安全な車中泊避難候補施設を把握する。
- 4) インターネットや自治体の取り組み事例を参考に、車中泊避難のデメリットの解決策を考えて、実用性を高める。

3. レジャーにおける車中泊の普及状況

ホンダのグループ会社であるホンダアクセスの調査結果（図1）より、20代～60代の男性と女性1000人の中で車中泊を経験したことがあると回答した人が443人おり、半分弱の人が車中泊を経験しているということが分かった。また、前年の2021年に対して2022年は9%増加していることから車中泊が普及しているということが分かる。

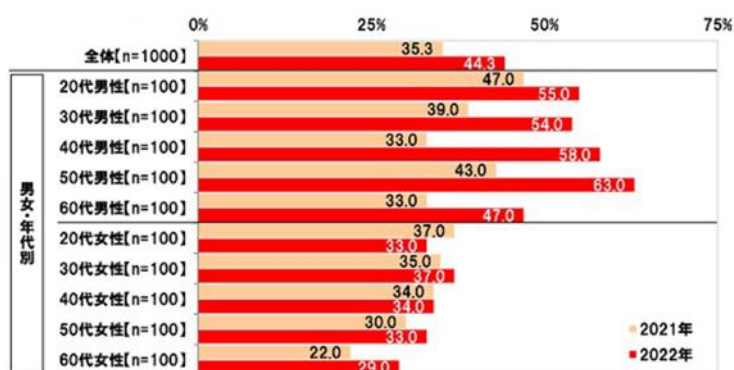


図1 車中泊をしたことがある人の割合

出典 参考文献1

4. 車中泊に適した車と普及状況

車中泊で快適に過ごせる車の選び方は、シートがフルフラットになる、広い車内スペースが確保されている、コンセントやUSBポートがある、の3つの条件を満たす車が車内で快適に過ごすことができ、車中泊に適した車である。これらの条件を満たす車中泊に適した車は軽自動車ではホンダのN-BOX、ダイハツのウェイク、スズキのハスラー、乗用車でホンダのフリード、日産のセレナ、トヨタのルーミーなどがあることが分かった。また、2021年度の軽自動車販売台数ランキングと乗用車販売台数ランキングをインターネットで調べた結果、軽自動車ランキングでは、ホンダのN-BOX、スズキのハスラーが上位に入っており、乗用車ラン

キングでは、トヨタのルーミー、ホンダのフリードが上位に入っていることから車中泊に適した車が普及しているということが分かる。

5. 車中泊避難に関する自治体の取り組み事例

綾瀬市では、車中泊避難のために公園や公共施設に 600 台以上の車を止める場所の確保や長期間の避難に備え 24 時間使える「防災トイレ」の整備、エコノミークラス症候群対策のための特殊なストックの備蓄などを行っている。

京都府では、災害対策のために災害時に車で緊急避難をした時の車中泊避難場所を確保し、車中泊避難場所一覧表(表1)の作成を行っている。

豊田市では、車中泊避難者を想定した避難所運営訓練、車中泊をする際の心得や手順、一時的に駐車できる施設を記した車中泊避難ハンドブックの作成など、これらの取り組みを行っていることが分かった。

表1 京都府の車中泊避難場所一覧表

所在市町村	施設設置者	施設名	住所	常時開放	避難者管理	駐車台数	駐車料金	トイレ	障害者用トイレ	水道	電気	ハザード	備考
舞鶴市	舞鶴市	青葉山公園(第2-3駐車場)	舞鶴市宇岡安地内	○	無	237	無料	○	○	○	○	無	土砂災害警戒区域内にあり。第1駐車場は、土砂災害警戒区域内にあり。
舞鶴市	舞鶴市	舞鶴公園(野球運動の駐車場)	舞鶴市宇行赤(宇島地内)	○	無	300	無料	○	○	○	○	無	土砂災害警戒区域内にあり。
舞鶴市	舞鶴市	舞鶴自然文化園	舞鶴市宇多寺地内	×	無	200	無料	○	○	○	○	無	
綾都市	綾都市	総合運動公園	綾都市上杉町大塚山10番地	×	有	500	無料	○	○	○	○	無	グラウンド開放時約1,200台
綾都市	綾都市	東部グラウンド	綾都市中倉町東部6番地	○	無	200	無料	○	○	○	○	×	グラウンド開放時約400台
綾都市	綾都市	京都府中央文化会館	綾都市豊町久野21番地の20	○	無	250	無料	○	○	○	○	無	
綾都市	綾都市	栗木ヶ丘公園	綾都市方町栗木75	○	無	159	無料	○	○	○	○	無	公立公園開放時約100台 運動広場開放時約200台 第3駐車場は使用不可。
綾都市	綾都市	西部グラウンド	綾都市物部町東部24番地の1	○	無	50	無料	○	○	○	○	×	グラウンド開放時約700台
綾都市	綾都市	以久野多目的広場(グラウンド運動の駐車場)	綾都市物部山158	○	無	150	無料	×	×	×	×	×	グラウンド開放時約100台 運動広場開放時約200台 第3駐車場は使用不可。 ※グラウンド部分は使用不可。
城陽市	城陽市	城陽市総合運動公園	城陽市甲斐山(第1) 城陽市甲斐山(第2-第3)	×	無	401	無料	○	○	○	○	無	
京丹後市	京丹後市	峰山総合公園	京丹後市峰山町約248番地	○	無	181	無料	○	×	○	○	無	
京丹後市	京丹後市	八丁シーサイドパーク	京丹後市網走町渡辺1377番地の80	○	無	382	無料	○	×	×	×	無	
京丹後市	京丹後市	京丹後市総合運動公園	京丹後市防町大塚1440番地	○	無	379	無料	○	×	×	×	無	グラウンド内はハザード懸念が、付近には土砂災害警戒区域あり。

出典 参考文献2より一部抜粋

6. 桑名市における車中泊に対応可能な施設と分布状況

航空写真を使って現地調査を行い、京都府の車中泊避難場所一覧表を参考に桑名市で 100 台以上止められる車中泊避難候補施設のピックアップとハザードマップと重ね合わせて実用性の有無を記し、一覧表を作成した(表2①、②、③)。

表2① 桑名市の車中泊避難候補施設一覧表その1

施設ジャンル	施設名	住所	利用可能時間	駐車台数	トイレ	水道	電気	ハザード	備考	実用性
学校	桑名市立多度中学校	三重県桑名市多度町境井24	8:00-18:00	約40台	○	○	○	高瀬●津波●液状化●	ゲオランド使用時 ゲオランドの駐車台数 約282台計 約322台	×
	津田学園中学校・高等学校	三重県桑名市野田5丁目3-10		約70台	○	○	○	高瀬●津波●液状化●	ゲオランド使用時 ゲオランドの駐車台数 約822台計 約893台	○
	桑名市立多度中学校校長島中学校	三重県桑名市長島町西外道2175		約40台	○	○	○	高瀬●津波●液状化●	ゲオランド使用時 ゲオランドの駐車台数 約408台計 約448台	×
	桑名市立光徳中学校	三重県桑名市新矢田2丁目37		約30台	○	○	○	高瀬●津波●液状化●	ゲオランド使用時 ゲオランドの駐車台数 約444台計 約474台	×
	桑名市立織成中学校	三重県桑名市高塚8丁目10		約30台	○	○	○	高瀬●津波●液状化●	ゲオランド使用時 ゲオランドの駐車台数 約440台計 約470台	○
	桑名市立成徳中学校	三重県桑名市美津上415-1		約15台	○	○	○	高瀬●津波●液状化●	ゲオランド使用時 ゲオランドの駐車台数 約444台計 約459台	×
	桑名市立明正中学校	三重県桑名市明正町31		約30台	○	○	○	高瀬●津波●液状化●	ゲオランド使用時 ゲオランドの駐車台数 約360台計 約390台	×
	桑名市立光徳中学校	三重県桑名市大田山5丁目10		約40台	○	○	○	高瀬●津波●液状化●	ゲオランド使用時 ゲオランドの駐車台数 約444台計 約484台	○
	桑名市立正和中学校	三重県桑名市坂井339-25		約40台	○	○	○	高瀬●津波●液状化●	ゲオランド使用時 ゲオランドの駐車台数 約456台計 約536台	×
	桑名市立豊和中学校	三重県桑名市小浜須1408-4		約40台	○	○	○	高瀬●津波●液状化●	ゲオランド使用時 ゲオランドの駐車台数 約589台計 約629台	×
	三重県立桑名高等学校	三重県桑名市美方1795		約70台	○	○	○	高瀬●津波●液状化●	ゲオランド使用時 ゲオランドの駐車台数 約760台計 約830台	○
	三重県立桑名工業高等学校	三重県桑名市芳ヶ崎1330-1		約80台	○	○	○	高瀬●津波●液状化●	ゲオランド使用時 ゲオランドの駐車台数 約760台計 約840台	○
	三重県立桑名北高等学校	三重県桑名市下津谷部2527		約40台	○	○	○	高瀬●津波●液状化●	ゲオランド使用時 ゲオランドの駐車台数 約437台計 約477台	○
	三重県立桑名西高等学校	三重県桑名市志知字茨山2839番地		約70台	○	○	○	高瀬●津波●液状化●	ゲオランド使用時 ゲオランドの駐車台数 約1032台計 約1102台	○

出典 筆者作成

表2 ② 桑名市の車中泊避難候補施設一覧表その2

パチンコ屋	エアポート777 桑名店	三重県桑名市大福443	9:00~24:00	約600台	○	○	○	高潮・津波・液状化●		×
	マリオンガーデン1300桑名店	三重県桑名市大伴新田362-3	9:00~24:00	約777台	○	○	○	高潮・津波・液状化●		×
	ウイング 桑名店	三重県桑名市高方 宇石閣楼2668	9:00~24:00	約64台	○	○	○	高潮● 津波● 液状化●		×
	ユーロ 桑名店	三重県桑名市坂井153-3	9:00~23:30	約800台	○	○	○	高潮● 津波● 液状化●		×
	Gサイト 桑名多度店	三重県桑名市多度町寄取504-2	9:00~24:00	約480台	○	○	○	高潮● 津波● 液状化●		×
	ホームラン 桑名店	三重県桑名市秀町2丁目16-2	9:00~24:00	約800台	○	○	○	高潮・津波・液状化●		×
ショッピングセンター	キング観光サウザンド桑名本店	三重県桑名市大字江崎学園寄1574番地1	9:00~24:00	約1000台	○	○	○	高潮・津波・液状化●		×
	イオンタウン桑名新西万	三重県桑名市新西万7丁目22番地	7:00~23:00	約280台	○	○	○	高潮・津波・液状化●		○
	サンシパーテ	三重県桑名市大伴新田220	24時間営業	約1600台	○	○	○	高潮・津波・液状化●	利用可能時間はサンシパーテ内にある快速CLUB(カラオケボックス)の営業時間です	○
スーパーマーケット	皇川ショッピングタウンサンシティ	三重県桑名市皇川785	10:00~1:00	約800台	○	○	○	高潮● 津波● 液状化●		×
	パコー 桑名東店	三重県桑名市大丸687-1	10:00~21:00	約450台	○	○	○	高潮・津波・液状化●		×
	Ichigokan-PLUS 桑名陽だまり店	三重県桑名市陽だまりの丘2丁目2701	9:00~22:00	約220台	○	○	○	高潮・津波・液状化●		○
公園	NTN総合運動公園 多目的運動広場	三重県桑名市陽だまりの丘6丁目109	24時間営業	約90台	○	○	○	高潮・津波・液状化●	グラウンド専用時 グラウンドの駐車台数 約393台計 約360台	○
	アイリスパークみぞの	三重県桑名市多度町朝沢野2064	8:30~17:00	約700台	○	○	○	高潮・津波・液状化●	グラウンド専用時 グラウンドの駐車台数 約1670台計 約2370台	○
ショッピングモール、デパート	アピタ桑名店	三重県桑名市中央町3丁目21	9:00~21:45	約1000台	○	○	○	高潮・津波・液状化●		×
	イオンモール桑名	三重県桑名市新西万1丁目22	10:00~21:00	約4000台	○	○	○	高潮・津波・液状化●		○
ディスカウントショップ	MEGAドン・キホーテUNY皇川店	三重県桑名市皇川 十二835	8:00~0:00	約600台	○	○	○	高潮● 津波● 液状化●		×
薬草店	花ひろば 薬草センター	三重県桑名市多度町朝沢野4100	9:00~17:00	約200台	○	○	○	高潮・津波・液状化●		○
アウトレットモール	ジャズドリーム長島	三重県桑名市長島町浦安368	10:00~21:00	約13000台	○	○	○	高潮・津波・液状化●		×
レジャーランド	なばなの里	三重県桑名市長島町期江津船270	10:00~21:00	約5700台	○	○	○	高潮・津波・液状化●		×

出典 筆者作成

表2 ③ 実用性有無の判断基準

高潮	津波	液状化
浸水想定区域内 ●	浸水想定区域内 ●	液状化危険度 高い、極めて高い ●
区域外 ●	区域外 ●	液状化危険度 極めて低い、低い ●
		区域外 ●
実用性 ●あり ●無	実用性 ●あり ●無	実用性 ●、●あり ●無

出典 筆者作成

次に、QGIS を使って桑名市の車中泊避難候補施設の分布状況とハザードマップを重ね合わせてみた結果、全 34 ヶ所のうち液状化は災害エリア内にある施設が 56%、エリア外にある施設が 44%、高潮はエリア内に 33%、エリア外に 67%、津波はエリア内に 30%、エリア外に 70%という結果になり、これだけの安全な車中泊避難候補施設があることが分かった(図2、図3、図4、図5、図6、図7)。これらを元に約 14,500 台分の安全に車中泊を行える場所を確保することができた。

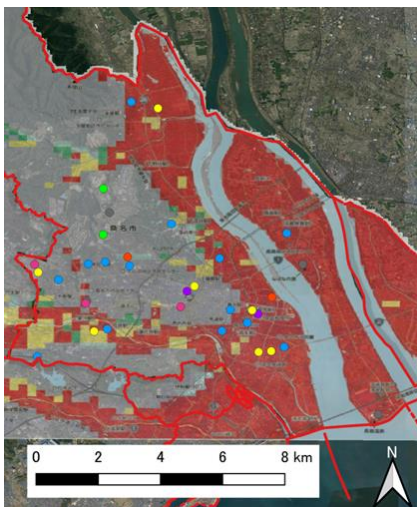


図2 液状化ハザードマップとの重ね合わせ
出典 筆者作成

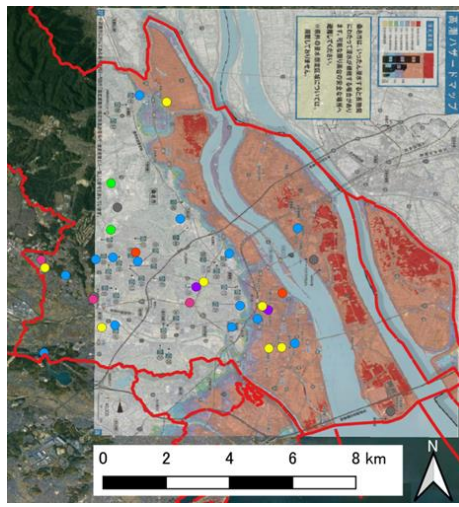


図3 高潮ハザードマップとの重ね合わせ
出典 筆者作成

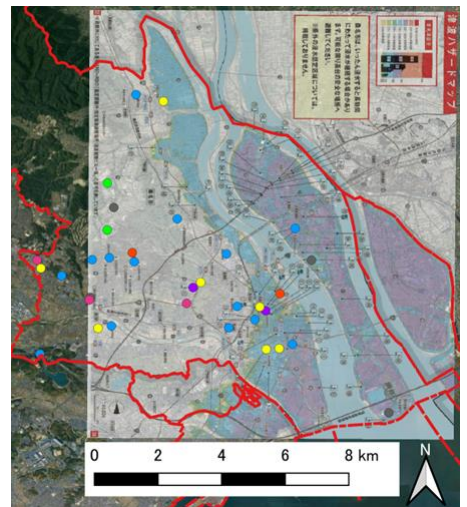


図4 津波ハザードマップとの重ね合わせ
出典 筆者作成

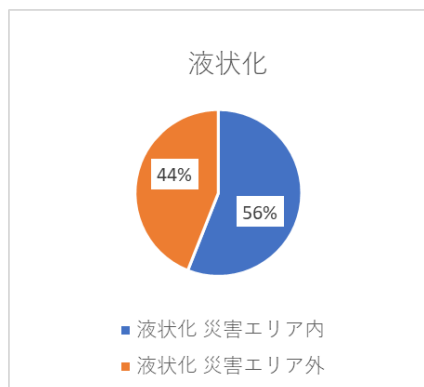


図5 液状化災害エリア内外の割合
出典 筆者作成

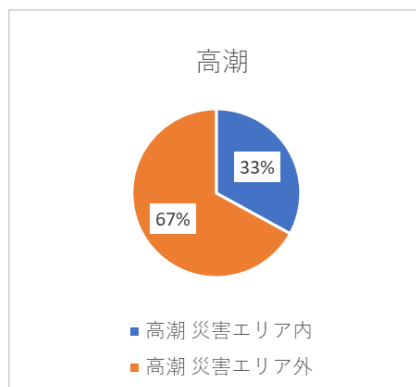


図6 高潮災害エリア内外の割合
出典 筆者作成

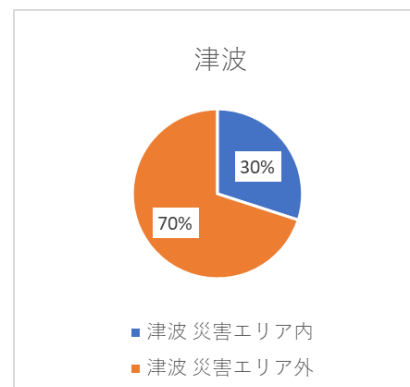


図7 高潮災害エリア内外の割合
出典 筆者作成

7. まとめ

車中泊避難にはいくつかのデメリットがあるが、本研究で次のような車中泊避難のデメリットを解決できるということが分かった。まず、「安全に車中泊を行える場所が見つからない場合がある」というデメリットは、桑名市内で約 14,500 台分の安全に車中泊を行える場所を確保できたため解決できる。次に、「エコノミークラス症候群になる危険性がある」というデメリットは、エコノミークラス症候群対策のための特殊なストレッチングの備蓄や車中泊に適している車を使って避難する、エコノミークラス症候群の対策のストレッチ方法を記載した車中泊避難ハンドブックを作成し、配布することで解決できる。そして、「自治体が車中泊避難者を把握できないので支援を得にくい」というデメリットは、指定された車中泊避難所に避難してもらうことで解決できる。他にも解決できるデメリットはあるが、本研究でこれらの車中泊避難の不安要素を取り除くことができたため、車中泊避難がより実用的なものになった。

最後に、私たちが安心・安全に車中泊避難を行うには自治体だけでなく、私たち自身の協力も不可欠であるということが分かった。また、車中泊避難は一時的な避難のため、災害が収まり安全が確認されたら自宅に帰ること。災害で自宅を失った方は、空きのある避難所へ移動することが必要である。

参考文献

- 1) そんなに多いの？最近流行りの「車中泊経験者は1000人中443人」ホンダアクセス調べ
<https://camp-quests.com/98569/> (参照 2022年12月20日)
- 2) 車中泊避難の一覧表について/京都府ホームページ
<https://www.pref.kyoto.jp/hinan/syatyuuhinan-itiran.html> (参照 2022年12月20日)
- 3) 車中泊におすすめの車15選 | アウトドアや一人旅が快適な最適車種
<https://car.motor-fan.jp/article/10018072> (参照 2022年12月20日)
- 4) 車でどう避難する？災害時の車の使い方(1)記事 - NHK
<https://www.nhk.or.jp/ashitanavi/article/3414.html> (参照 2022年12月20日)
- 5) 豊田市、車中泊を想定した初の避難所開設訓練 クルマ避難者に備える
<https://toyota.keizai.biz/headline/274/> (参照 2022年12月20日)
- 6) 命を守るみちしるべ 桑名市防災マップ(2021年9月発行) /桑名市
<https://www.city.kuwana.lg.jp/bosai/anzen/bousai/23-68261-240-850.html>
(参照 2022年12月20日)
- 7) 2022年3月/2021年度の車名別新車販売台数ランキング
<https://www.goo-net.com/magazine/newmodel/car-news/50595/> (参照 2022年12月20日)

2022 年度卒業研究論文概要

愛知県内の鉄道駅のホームドアの設置状況に関する研究

EC19047 高山 太喜

1. 研究の背景

鉄道事故で大きく話題になっているのが視覚障害者のホーム転落事故である。これらの問題を防ぐ事ができるのがホームドアである。しかしホームドアの整備は全国的に進んではいない。その為現状のホームドアがどこまで設置されており、整備が進まない原因・課題・解決策について研究していく。

2. 研究方法

愛知県と比較対象の県でホームドアの設置状況をまとめ比較し愛知県の設置状況をインターネットを用いて調べまとめる。ホームドアの課題をインターネットなどを用いて調べ、今後のホームドアの可能性について見解を見つける。

3. 研究の対象

3-1 ホームドアの必要性

1973年（昭和48年）に全盲の上野孝司さんが、東京・高田馬場駅ホームから転落し、即死する事件がおきた。この事故の責任を問う裁判がきっかけとなり、点字ブロックをはじめ、電車連結部分の転落防止ガードや警告装置の設置が進行した。しかし、その後も、転落事故は減少してはいない。この事故をきっかけに、プラットホーム床下に、転落時に逃げ込むための空間を設けるなど、視覚障害者のみならず、一般の乗降客にとってもホーム柵・ホームドアの安全装置の設置の必要性が認知される。

3-2 ホームドアの種類

現在日本で設置されているホームドアには、大きく2つのタイプがある。「フルスクリーン」というドアタイプは、人の背丈より高く、上部の構造体に支えられているものであり、この形式を「ホームドア」と呼ぶ。もう1つは、「可動式ホーム柵」というもので、腰高までで床面のみで支えられている柵タイプです。「ホームゲート」とも言われている。なお、柵タイプには、ホームドア等とは別に、乗降口が開閉せず開口部が残ったままになる「固定式ホーム柵」もある。

3-3 ホームドアまとめ



写真1 可動式ホームドア



写真2 昇降式



写真3 フルスクリン

4. ホームドアの設置状況

4-1 全国の設置状況（大都市圏）

全国におけるホームドア整備駅は858駅（2019年度末）である。首都圏が484駅、近畿圏が118駅、中京圏が66駅設置済みである。図1と図2を見比べると三大都市圏で全国の77%を占めている。

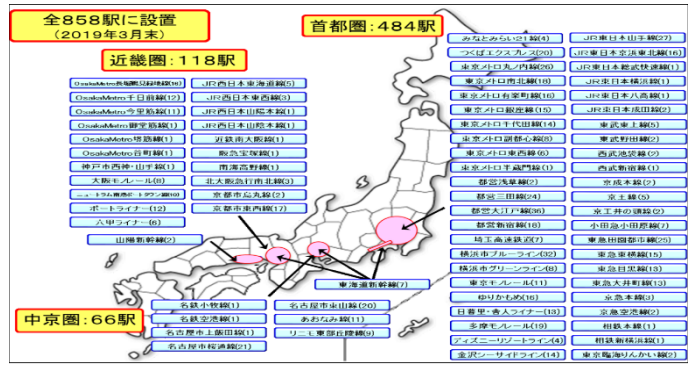


図1 都市部の設置状況 出典:参考文献1

4-2 全国の設置状況（地方圏）

全国の北海道エリアが49駅、東北エリアが37駅、北陸エリアが13駅、中国エリアが25駅、九州エリアが47駅、沖縄エリアが19駅が設置済みとなっており、大都市圏に比べると進行が遅れていることがわかる。また図から見てわかるように主に地下鉄にホームドアが設置されている事が多く路面電車やモノレールには進んでいない。

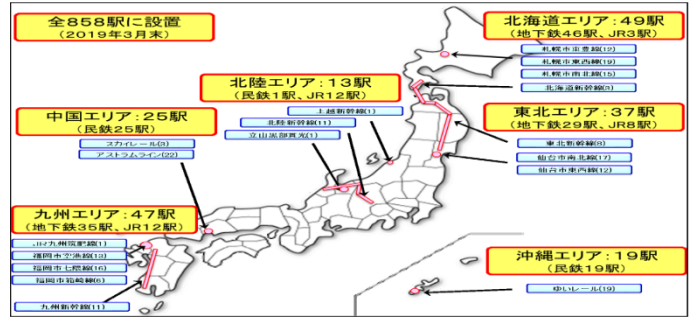


図2 地方部の設置状況 出典:参考文献2

4-3 全国の事故件数の推移

視覚障害者の駅ホームからの転落件数は2011年度から2015年度まで毎年70件以上であったが、2015年度をピークに、2019年度は61件である。

一般利用者を含めた全利用者の駅ホームからの転落件数は、2014年度をピークに、2019年度は2,887件である。ホームからの転落件数のうち、視覚障害者の占める割合は2~3%であり、一般利用者がその大半を占めている。

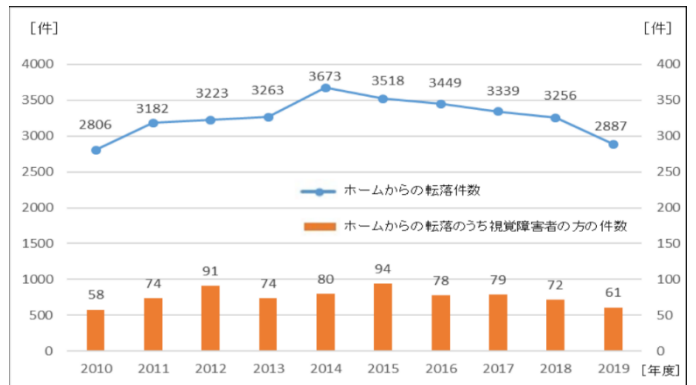


図3 ホームからの転落件数の推移 出典:参考文献3

4-4 全国の事故件数の割合

全国の鉄道事故の件数でホームからの転落及びホームでの列車等との接触事故の発生要因別では、酔客の占める割合が最も多く、2019年度は全体の約54%を占めている。

携帯電話使用での接触事故などは2010年から2013年までは20件未満ですが、スマートフォンなどの普及により、ながらスマホなどで2014年以降事故が急増している。2014年以降ホームドアが少しずつ整備が進行が進むに連れて事故が年々減少傾向にはあるが事故件数の割合はあまり変わってはいない為今後ほかに対策を考えなくてはならない。

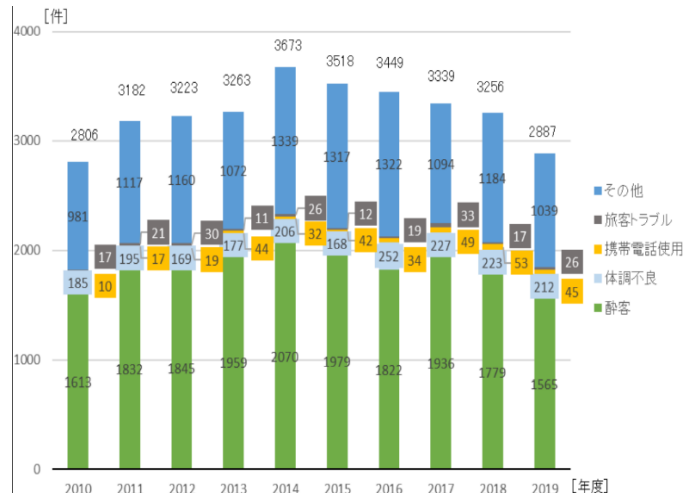


図4 ホーム転落事故の発生要因別割合

出典:参考文献3

5. 愛知県の設置状況

愛知県の設置駅総数は 472 駅でその内 88 駅設置済みである。名古屋市営地下鉄鶴舞線は車両が他社の乗り入れがない独立路線ではない為、設置が出来ていないが 2026 年までに全駅完備を目標にしている。名鉄などの設置ができていない路線は車種が多くドアがバラバラの為、設置が進んでいない。

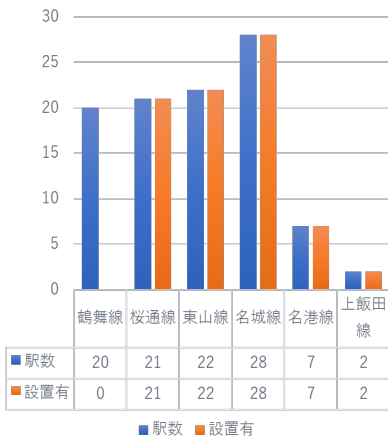


図5 名古屋市営地下鉄の設置数
出典：筆者が作成

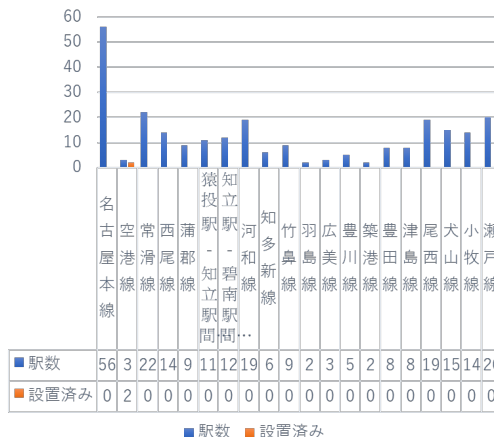


図6 名鉄の設置数
出典：筆者が作成

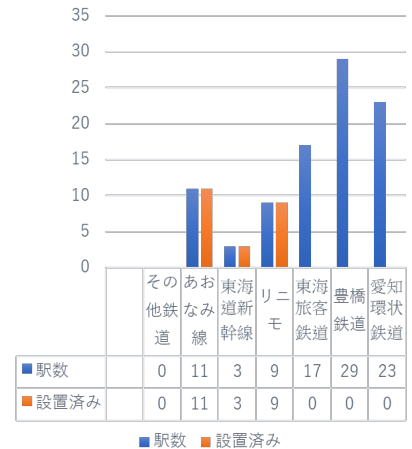


図7 その他の鉄道の設置数
出典：筆者が作成

5-1 愛知県における設置状況

愛知県のホームドアは全体の約 20% しか設置出来ていない。国の目標としては駅やホーム構造・利用事態、駅周辺エリアの状況などを勘案し、優先度が高いホームでの整備を加速化する事を目標とし、鉄軌道駅全体で 3000 番線、うち平均利用者が 10 万人以上/日の駅で 800 番線を整備するとなっている。

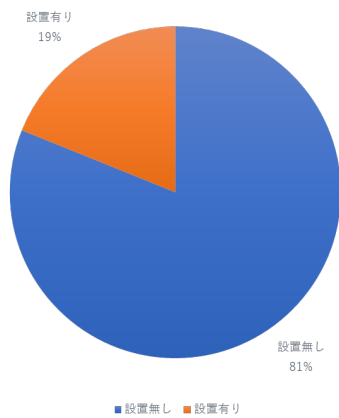


図8 愛知県の設置割合 出典:筆者が作成

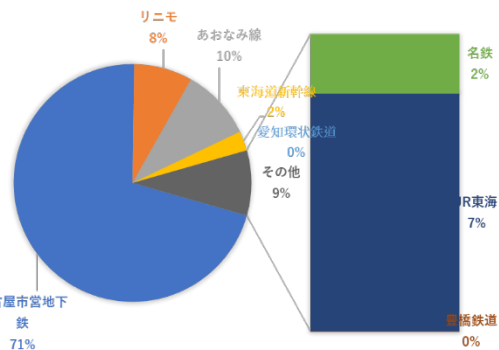


図9 愛知県の鉄道会社毎の設置割合
出典：筆者が作成

5-2 ホームドア種類別の設置状況

愛知県で一番多く使われているホームドアが可動式ホーム柵であり、主に名古屋市営地下鉄で使用されている。

スマートホームドアは主に東海道新幹線などに使用されており長い列車などに対応している為である。フルスクリーンはリニモで主に使用され無人で運転されている事からホーム転落などを完全に防ぐ狙いがある。

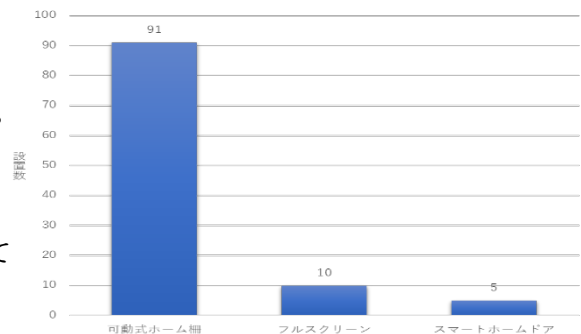


図10 ホームドア種類別の設置数
出典：筆者が作成

6. 比較対象都市の駅の設置状況

比較対象都市として大阪府の鉄道についてまとめた。(令和3年3月末時点)大阪府全体の駅は456駅に対してホームドア設置数が84駅となっており、大阪府の設置率は18%である。主に設置数が多いのは大阪メトロで、愛知県と同様に地下鉄での設置数が多い。

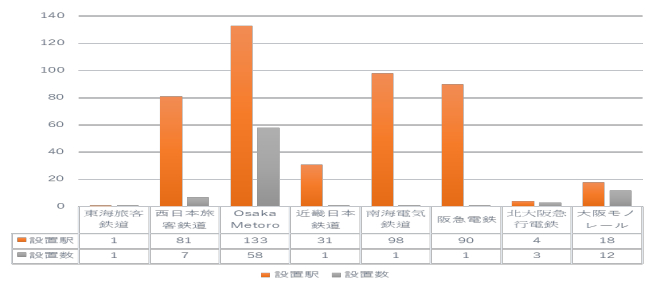


図1-1 大阪府の鉄道会社毎のホームドア設置状況

7. 新技術の導入状況

QRコードを車両ドアに貼り、ホーム上のカメラ(読み取り装置)で車両ドア数、編成車両数などの情報やQRコードの動きを検知。車両ドアの開閉に合わせてホームドアを開閉する。

QRコードを用いたドア開閉連動技術を用いたホームドアは、車両の改修は不要となった。QRコードを車両ドアに貼り、ホーム上のカメラ(読み取り装置)で車両ドア数、編成車両数などの情報やQRコードの動きを検知する事が可能となり車両ドアの開閉に合わせてホームドアを開閉する。QRコードは普通なら30%損傷で読み込めなくなるが鉄道では50%損傷しても読み込み可能である。



写真4 QRコード検知例 出典：参考文献4

8. まとめ

全国的にみてホームドアの整備率は全く進んでおらず、愛知県は名古屋市営地下鉄などは設置が進んでいたが他に路線が多い鉄道会社は全くと言っていいほど整備が進んでいない事がわかった。しかし大都市圏で愛知県と似た大阪府では様々な列車形態に対応出来る用に大開口可動式ホーム柵が導入されている。愛知県も大阪府同様に様々な列車形態に対応できる大開口可動式ホーム柵の導入を名鉄を筆頭に進めるべきである。愛知県・大阪府の設置率は約20%と全く進んでいないが、大都市圏として迅速に整備を進めるべきだとわかった。その為にも大開口可動式ホーム柵やQRコードを用いた開閉連動式のホームドアなどの新技術を検討し導入するべきである。

参考文献

- 1)国土交通省 鉄道局 ホームドア整備に関するWG 報告書(P11) [001380214.pdf \(mlit.go.jp\)](#) (参照日 2022-11-1)
- 2)国土交通省 鉄道局 ホームドア整備に関するWG 報告書(P12) [001380214.pdf \(mlit.go.jp\)](#) (参照日 2022-11-1)
- 3)国土交通省 鉄道局 ホームドア整備に関するWG 報告書(P4) [001380214.pdf \(mlit.go.jp\)](#) (参照日 2022-11-1)
- 4)日本経済新聞 [QRコードでホームドア開閉 JR東海が実証試験: 日本経済新聞 \(nikkei.com\)](#) (参照日 2022-11-1)

知多地域のコミュニティバスに関する研究

EC19051 中野翔太郎

1 研究の背景

地方都市では高齢化が進んでいる都市が多い。近年、高齢者の自動車事故が注目される中、自動車以外の移動手段ではコミュニティバスの移動が便利である。コミュニティバスの利便性向上のため、今回は高齢化が進んでいる地方都市の愛知県の東浦町にある東浦町運行バス「う・ら・ら」に着目し研究を進める。

2 研究の方法

東浦町と知多地域のコミュニティバスを比較後、東浦町運行バス「う・ら・ら」の路線の実態を調査する。また、東浦町と知多地域、豊田市のバスロケーションシステムの比較をする。以上3つの比較、調査から出た疑問を元に東浦町へヒアリング調査をし、調査から出た課題の改善案を出す。

3 研究対象

3.1 コミュニティバス

コミュニティバスとは交通空白地域・不憫地域の解消等を図るため、市町村等が主体的に計画し、運行する物である。街中をよく走る路線バスとの違いとして路線バスの特徴は、バス会社が運営している。大型バスで駅間を走るなどである。コミュニティバスの特徴は地方自治体が発行している。小型、中型バスで住宅街を走っている。運賃が安いなどである。

3.2 知多地域と東浦町

本研究で着目するのは愛知県知多郡東浦町のコミュニティバスである東浦町運行バス「う・ら・ら」である。2001年に運行を開始。路線数は6路線であり、緒川駅、イオンモール東浦を中心とした路線である。どの路線も約1時間に1本のペースで運行をし、運賃は100円である。

また本研究で比較する知多地域の都市のコミュニティバスは、半田市の半田市地区路線バス「ごんくる」、大府市の大府市循環バス「ふれあいバス」、知多市の知多市コミュニティ交通「あいあいバス」、東海市の東海市循環バス「らんらんバス」の4つである。

4 コミュニティバスの運行状況

4.1 知多地域の都市間の比較

表1 知多地域のコミュニティバスの比較表

自治体	人口	名称	運賃	路線数	本数/日	本数/日(休日)	乗車人数/年	開始年度	使用車両	人数
東浦町	約5万人	う・ら・ら	100	6	59	58	258,881 (H30)	2001	中型、小型バス	中型36人小型13人
大府市	約9万人	ふれあいバス	100	5	41	41	197,346 (H30)	2000	日野ポンチョ	約30名
知多市	約8万人	あいあいバス	100	3	22	19	98,222 (H30)	2003	日野ポンチョ	約30名
半田市	約12万人	ごんくる	100	3	40	40	63,383 (H31)	2018	日野ポンチョ、トヨタハイエース	約30名、6名
東海市	約11万人	らんらんバス	100	3	48	36	439,646 (H30)	2004	日野ポンチョ	約30名

表1は知多地域のコミュニティバスの比較表である。東浦町の人口は約5万人と他都市に比べ人口は少ない。しかし平成30年の乗車人数は258,881人と東海市に次に乗車人数が多い。知多地域の取り組みの中で注目したのは知多市の取り組みの「あいぱす」である。内容は65歳以上の運転免許を自主返納した市民、75歳

以上の市民は運賃が無料になるという取り組みである。高齢者が25.4%と多い東浦町でも導入することにより、高齢者の乗客の増加が見込める。

4.2 東浦町の路線の実態調査

表2 各路線の概要

路線名	停留所数	時間	本数
環状線（右回り）	52カ所	約75分	11本
環状線（左回り）	52カ所	約75分	12本
東浦高校線（於大公園南経由）	29カ所	約50分	5本
東浦高校線（文化センター経由経由）	31カ所	約60分	5本
長寿線（長寿医療研究センター行）	18カ所	約30分	9本
長寿線（緒川駅東口）	19カ所	約35分	9本
刈谷線（緒川駅東口行）	4カ所	約17分	9本
刈谷線（刈谷駅南口行）	4カ所	約16分	9本
長寿医療研究センター直行便	21カ所	36分	1本（平日のみ）

表3 調査の概要

路線名	日付	曜日	乗車時間	停留所間	乗車人数
環状線（右回り）	6月25日	火曜日	10:01	5 2カ所間	23人
環状線（左回り）	6月18日	火曜日	10:01	5 2カ所間	14人
東浦高校線（文化センター経由経由）	7月4日	火曜日	15:47	9カ所間	4人
長寿線（長寿医療研究センター行）	6月4日	土曜日	10:40	1 7カ所間	8人
長寿線（緒川駅東口行）	6月4日	土曜日	12:25	1 7カ所間	15人
刈谷線（緒川駅東口行）	6月11日	土曜日	9:15	4カ所間	6人
刈谷線（刈谷駅南口行）	6月11日	土曜日	9:35	4カ所間	7人
長寿医療研究センター直行便	7月12日	火曜日	8:00	2カ所間	4人

次に疑問点の発見、乗車場所・降車場所を把握するため各路線を実際に乗車し調査をした。

停留所をそれぞれイオン、駅、施設、住宅街に分類した。その結果乗車場所はイオン4%、住宅地30%、施設32%、駅34%となった。この事から様々な場所から乗車している事が分かる。イオンモール東浦の数値が低いのは開店前や開店直後に調査をしたため低くなっている。降車場所も同様にイオン、駅、施設、住宅街に分類した。その結果イオンは21%。住宅地は33%。施設は32%。駅は14%となった。施設、イオン、合わせると53%と東浦町民の東浦町内での外出に使われている。

また調査することで4つの疑問点が出てきた。1つ目は石浜駅、巽ヶ丘駅に停留所がないことである。2つ目は刈谷線緒川駅東口行で刈谷豊田総合病院は乗車のみ、刈谷線刈谷駅南口行は降車だけはなぜか。3つ目は長寿医療研究センター直行便が1便なのはなぜか。4つ目は長寿医療研究センター直行便の帰りの便はなぜないのかである。

5 バスロケーションシステムの導入状況

5.1 バスロケーションシステムと知多地域の比較

バスロケーションシステムとはGPS等を用いてバスの位置情報を収集し、携帯電話、パソコン、電光掲示板に情報提供するシステムである。主な機能は位置情報、時刻表、遅延情報である。利便性の向上、運行管理の高度化などが期待される。

表6 バスロケーションシステムの機能比較

市町村	バスロケーションシステム	位置情報	時刻表	他交機関との乗り継ぎ情報	お気に入り登録	乗客可能人数	遅延情報	位置情報から近くのバス停検索
東浦町	○	○	○	×	○	×	○	○
半田市	○	○	○	×	×	×	○	×
大府市	○	○	○	×	○	○	○	○
東海市	○	○	○	×	×	×	○	○
知多市	○	○	○	×	○	○	○	×

今回調査した東浦町と4市町村のバスロケーションシステムの機能の大きな違いは見られなかった。一つあげると、表6でも記した大府市、知多市に搭載している乗客可能人数の有無である。これはバスの乗客人

数がリアルタイムで表示される機能である。この機能があると利便性の向上が見込める。

5.2 豊田市との比較

次に公共交通機関が先進的である愛知県豊田市「おいでんバス」のバスロケーションシステムと比較する。バスロケーションシステムの内容は東浦運行バス「う・ら・ら」と委託会社が提供しているため同じである。東浦町との違いは豊田市のバスロケーションシステムは「みちなびとよた」の中にある。みちなびとよたは豊田市都市整備部交通政策課が管理している。主な内容はバス、乗り換え情報、防災の情報などである。うららもバスから鉄道に乗り換えする乗客もいるため乗り換え情報の機能は参考にし、導入すると良い。

6 東浦町へのヒアリング

今回の調査の中で出た疑問点を10個にまとめ、愛知県東浦町都市整備部まちづくり課公共交通係の山本夏生さんにヒアリング調査をした。表6が質問の内容と結果である。ここで3つの東浦町運行バス「う・ら・ら」の課題が見えた。1つ目は質問3、5から阿久比市、刈谷市に乗り込むときその地域のコミュニティバスや路線バスの乗客を奪ってしまわないようにしないといけない。2つ目は質問6より、コロナウイルスの影響により減った乗客が戻らない事である。3つ目は質問8、9よりバスロケーションシステムは若者には使われているが高齢者には使われていないことである。

表7 東浦町への質問内容と回答

	質問	回答
1	免許返納したら無料になるサービス 例知多市	利用者負担は1割であり、負担は少ないと考える。
2	刈谷線はなぜ刈谷駅行きは下車のみで緒川駅行きは乗車のみなのか	東浦町民が刈谷市に行くため。刈谷タクシーのニーズを奪ってしまうため。
3	東浦高校線は東浦高校生に使われているか	使われていない。東浦高校の名前を借りている。
4	なぜ石浜駅に停留所はないのか	路線改正前は通っていた。利用者が少ない・ルート上遠回りになるため。
5	なぜ巽ヶ丘駅に停留所はないのか	知多バスが使われなくなる。
6	長寿医療研究センター直行便はなぜ一便か。	市民の声で設置したがコロナの影響の利用者の減少が回復しない（東浦高校線も回復してない）。1日約3人乗車。増えれば増便。
7	帰りの直行便はなぜないのか。	利用者が少ない。乗り継ぎで行ける。
8	バスロケの認知度	1ヶ月2万弱のアクセス数。若い方は使われている。
9	バスロケの利用率	2万弱は利用者数の1/4になる。
10	他の交通機関との乗り換え情報	オープンデータとして公開してる。GoogleMapなどで検索して見てほしい。

7 まとめ

7.1 東浦運行バス「う・ら・ら」の良い点と改善点

今回の研究で分かった東浦運行バス「う・ら・ら」の良い点は知多地域間のコミュニティバスで比較したとき乗車人数は多い点。バスロケーションシステムは若者に使われている点である。また課題は阿久比町、刈谷市に乗り込む時のその地域のコミュニティバス、路線バスの会社との連携。バスロケーションシステムが高齢者に使われていない。コロナウイルスで減った利用者が戻らない事である。この3つの問題点の改善案を以下に記す。

7.1 バスロケーションシステムの改善案

バスロケーションシステムが高齢者に使われない原因として、PC、携帯電話の操作に慣れていないためインターネットを使うことを躊躇する。または使わない事が考えられる。そこでデジタル的とアナログ的の改善案を考案した。デジタル面では操作に慣れていない高齢者が多いことから、わかりやすい操作、レイアウト、文字を大きくすることで使いやすい画面になり、気軽に使えるようになる。アナログ面では電光掲示板を増やす事である。現在9か所設置してある電光掲示板の数を増やすことで普段から携帯電話を使わない人でもバスの位置情報を確認する事が出来る。

7.2 利用者を増やす改善案

コロナウイルスで減った利用者が戻らないことに関しては、青森県八戸市の南部バスの取り組みを参考にした。内容は2つの大型ショッピングセンターで降車する利用者に「得とくチケット」を配布し利用者は割引

等のサービスを受けられる。割引はショッピングセンターが負担した。この取り組みにより月間利用人数は約 5600 人から約 8900 人に増え、車からバス移動のきっかけとなった。ショッピングセンターは来店客の増加・駐車場の解消を目的に協力した。うらははイオンモール東浦を中心とした路線でありイオンモール東浦のために利用する人が多い。導入することによりコロナウイルスの影響でバスから車移動に移った人、元から車移動の人を獲得でき、課題の解決につながる。またイオンモール東浦は客が増加することにより利益の増化に繋がる。

7.3 他市町村のコミュニティバス、路線バスの会社との連携の改善案

刈谷市に乗り込む際は東浦町民が刈谷豊田総合病院に往復出来るため、今のままで良い。阿久比町の巽ヶ丘駅に乗り込む際、知多バスのニーズを奪ってしまう事が問題である。またうららと知多バスを乗り継ぎすれば行けるがバス停間を歩く事、乗り継ぎの待ち時間が発生する。そこで図2の知多バスの時刻表によると、平日の10時から15時の間は運行していない。この時間帯だけ参入することで知多バスのニーズを奪わず参入することが出来る。また休日やその他の時間は共同の停留所を作り、乗り換え時、割引をする事により知多バスのニーズを奪わず、乗客の利便性も確保できる。

駅名	発	829	900	915	945	1641	1711	1741	1811	1827	18
巽ヶ丘駅	発	830	901	916	946	1642	1712	1742	1812	1828	18
丸池台西	発	831	902	917	947	1643	1713	1743	1813	1829	18
丸池台東	発	832	903	918	948	1644	1714	1744	1814	1830	18
高瀬中央公園前	発	833	904	919	949	1645	1715	1745	1815	1831	18
東山台	発	833	904	919	949	1645	1715	1745	1815	1831	18
高瀬台東	発	834	905	920	950	1646	1716	1746	1816	1832	18
高瀬台西	発	836	907	922	952	1648	1718	1748	1818	1834	18
巽ヶ丘	発	837	908	923	953	1649	1719	1749	1819	1835	18
丸池台西	発	838	909	924	954	1650	1720	1750	1820	1836	18
丸池台東	発	838	909	924	954	1650	1720	1750	1820	1836	18
巽ヶ丘駅	着	841	912	927	957	1653	1723	1753	1823	1839	18

図2 知多バス 東ヶ丘団地線の時刻表

出典:参考文献 8

参考文献

- 1) 東浦町 東浦町運行バス「う・ら・ら」
<https://www.town.aichihigashiura.lg.jp/soshiki/machizukuri/kokyokotsu/gyomu/urara/index.html>
(参照 2022-10-1)
- 2) 国土交通省 コミュニティバスの導入に関するガイドライン
<https://www.mlit.go.jp/common/000193649.pdf>(参照 2022-10-1)
- 3) 大府市 大府市地域公共交通計画
<https://www.city.obu.aichi.jp/kurashi/sumai/bus/1015332.html>(参照 2022-10-1)
- 4) 大府市 ふれあいバスご利用案内
<https://www.city.obu.aichi.jp/kurashi/sumai/bus/1015290.html>(参照 2022-10-1)
- 5) 東海市 東海市地域公共交通網基本構想・形成計画
<http://www.city.tokai.aichi.jp/secure/31536/lv2.pdf>(参照 2022-10-1)
- 6) 東海市 らんらんバス(循環バス)の運行について
<http://www.city.tokai.aichi.jp/7118.htm>(参照 2022-10-1)
- 7) 半田市 地域公共交通網形成計画
<https://www.city.handa.lg.jp/kotsu/koutsuu/documents/keikaku.pdf>(参照 2022-10-1)
- 8) 知多市 第11次知多市交通安全計画
https://www.city.chita.lg.jp/docs/2022031700016/files/02_kotsuplan11.pdf(参照 2022-10-1)
- 9) 国土交通省 ショッピングセンター・市民団体・バス事業者が連携して利用促進
Microsoft Word - 006_hachinohe.doc (mlit.go.jp)(参照 2022-10-24)
- 10) 知多バス-知多乗合株式会社 東ヶ丘団地線全体時刻表
https://www.chitabus.co.jp/route_bus/schedule/higashigaokadanchi_all.html(参照 2022-11-13)

全国の競馬場・場外馬券場の施設比較と立地環境

EC19065 前田智広

1. 研究背景

近年における社会的状況、少子高齢化の進展やレジャーの多様化などにより、競馬人口が減少傾向にある。その中で、都市におけるレジャー施設として競馬関係施設を再評価していくことを目的に、レジャーの1つである競馬が行われる競馬場や場外馬券場の施設特性や立地環境の現状がどのようになっているか考察する。

2. 研究方法

- 1) 全国の競馬場と場外馬券場を対象にして、施設の特徴や立地環境を比較していく。
- 2) 施設についての情報をインターネットで収集する。
- 3) インターネットで分からなかったことを愛知県と岐阜県の競馬場や場外馬券場を現地調査して、施設の特徴を把握する。
- 4) QGIS を利用して競馬場と場外馬券場の分布図を作成し、立地環境を把握

3. 調査対象

調査対象は、競馬場 25 箇所と場外馬券場 114 箇所、競馬場が中央競馬場と地方競馬場、場外馬券場がウインズ、エクセル、ライト、J-PLACE、地方独自の場外馬券場がある。

ウインズは日本中央競馬会（JRA）の発売システムを利用する発売所。

エクセルは有料定員制。一部の事業所は会員制。

ライトは小規模場外発売施設。

J-PLACE は地方競馬の勝馬投票券を発売、払戻を行っている場所で中央競馬が発売されるときに「J-PLACE」と呼称される。

表 1 調査対象表

競馬場	
中央競馬場	10箇所
地方競馬場	15箇所
場外馬券場	
ウインズ	30箇所
エクセル	5箇所
ライト	2箇所
J-PLACE	48箇所
その他	29箇所

出典：筆者作成

5. 中央競馬場の比較

表 2 中央競馬場の比較表

競馬場	入場料	駐車料金	駐車台数	収容能力	開場	年数	最寄り距離
札幌	100	1000	2000	60500	1907	115	0.8km
函館	100	1000	1500	29000	1896	126	0.1km
福島	100	1000	1000	47000	1918	104	2.0km
中山	200	2000	1000	177000	1907	115	1.2km
東京	200	2000	1200	196000	1933	89	0.7km
新潟	100	無料	6500	35000	1965	57	3.8km
中京	200	1000	4000	74000	1953	69	1.0km
京都	200	2000	8000	143000	1925	97	2.9km
阪神	200	2000	700	92000	1949	73	0.7km
小倉	100	1000	700	36000	1994	28	0.8km

出典：筆者作成

中央競馬場は比較的駅からの距離が近く、駅から徒歩で行けるので交通に困ることがないことが分かる。また、西日本から東日本に行くにつれて開場年数が経っていて古くなっていることも分かる。

6. 中央競馬場の全体図比較

中央競馬場では、競馬を観戦することや馬券購入して楽しむ以外にポニーの乗馬体験や触れ合いをすることができたり、子どもが遊べる遊具などがあり、家族連れでも楽しめる場所であることが分かる。

また、東京・小倉競馬場には日本庭園があり、春は桜、秋は紅葉など季節で色々な風景を楽しめて、春には花見をすることも出来る。

2つのことから、競馬観戦以外にも観光や自然を楽しむことが出来る場所になっている。

7. 中央競馬場の分布

中央競馬場は、札幌や東京、大阪や京都など日本人に限らず外国人の観光客も多くいる県に競馬場があることが分かる。

また、駅からも近いので観光客も困ることなく競馬場にたどり着くことが出来る。

競馬場の駐車場で車のナンバーを見ると、他の県から来ている車も多くあることが分かった。

このことから、競馬観戦以外にも飲食店や子どもが遊べる遊具など多くあり、家族連れでも楽しめるので観光の1つとして行ける場所に競馬場があることが分かる。

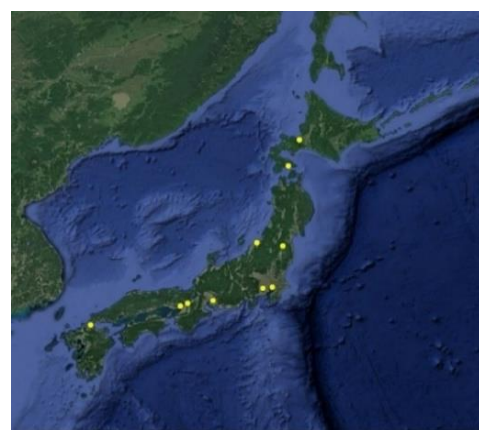


図 1 中央競馬場の分布図

出典：筆者作成

8. 地方競馬場の比較

表 3 地方競馬場の比較表

競馬場	入場料	駐車料金	駐車台数	収容能力	開場	年数	最寄り距離
帯広	100	無料	400	14000	1932年	90	1.7km
門別	無料	無料	1000	1300	1997年	25	10km
盛岡	200	無料	3000	6000	1996年	26	10km
水沢	200	なし	なし	5000	1965年	27	2.9km
浦和	100	無料	479	30000	1947年	75	1.4km
船橋	100	500	640	30000	1950年	72	1.3km
大井	100	1000	412	63000	1950年	72	0.2km
川崎	100	500	700	900	1949年	73	0.4km
金沢	100	無料	4950	15000	1973年	49	8.9km
笠松	100	無料	1150	16000	1935年	87	0.2km
名古屋	100	無料	2000	2000	2022年	0	13km
園田	100	1000	1150	17400	1930年	92	1.4km
姫路	100	1000	1660	15400	1949年	73	4.5km
高知	100	無料	2000	15000	1985年	37	7.4km
佐賀	100	無料	4000	15000	1972年	50	5.8km

出典：筆者作成

最寄り駅からの距離が遠い競馬場が多くあり、最寄り駅から遠いと交通手段が車という選択肢が増えるので、駐車できる台数が多くなっていることが分かる。

また、開場してからの年数が経っている競馬場ほど収容能力が大きい傾向にあることも分かる。

9. 地方競馬場の全体図比較

地方競馬場では、その地方の有名なグルメを食べることが出来る飲食店が多くある。また、川崎競馬場では馬場の内側でバーベキューをすることができたり、場では馬場内にサッカーコートがあり、サッカー場として利用できるなど競馬場以外の利用方法もある。

10. 地方競馬場の分布

地方競馬場は、全国に 15 箇所あり各地方にそれぞれ 1 つはあるが、中国地方には 1 つもないことが分かる。

地方競馬場がない県も電車や新幹線などの交通手段を使えば足を運べる距離にあることが分かる。

しかし、近くに駅がない競馬場が多くあるのでバスやタクシーなど駅から他の交通手段を使わなければいけない。

中央競馬場より競馬場の数は多いが、交通が不便である。

比較的、地方競馬場は東日本には少なく、西日本に多くあることが分かる。



図 2 地方競馬場の分布図

出典：筆者作成

11. 場外馬券場の現状分析

①場外馬券場の種類

グラフを見て、中央競馬のみ発売しているウインズと地方競馬のみ発売している場外馬券場が同じくらいの数あり、中央と地方のどちらも発売している J-PLACE が一番多くあることが分かる。

また、平日は地方独自の競馬場と J-PLACE がやっていて、休日はウインズ、エクセル、ライト、J-PLACE がやっているのので、色々なところで馬券を買えることが分かる。

J-PLACE は平日も休日も営業しているので、足を運ぶ人が多く利用率が高くなっている。

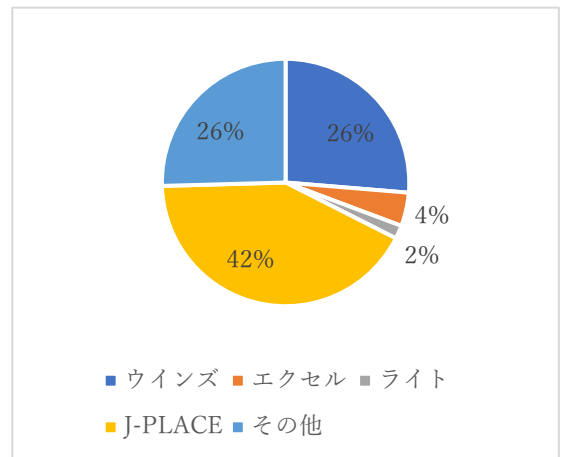


図 3 場外馬券場の種類分析

出典：筆者作成

②最寄り駅から場外馬券場までの距離

駅から徒歩 5 分圏内の近い場外馬券場が多くあるので、気軽に足を運べるようになっている。

5 分以内で行ける馬券場の次に割合として多いのが、20 分以上かかってしまう馬券場であることが分かる。

徒歩 20 分圏内にある場所は良いが、20 分以上かかってしまう所だと駅からかなり距離がある。

また、その中には周りに全く駅がないところもあり、バスやタクシーに乗り換えたりするなどの交通手段をつかわないと行けないので、不便に感じて気軽に足を運ぼうとする人は少ない。

グラフを見ると駅から近い場外馬券場が半分以上あるので、車を持っていない人も利用しやすい。

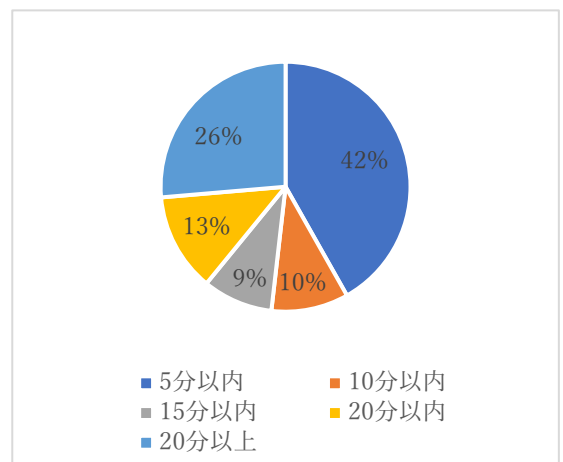


図 4 最寄り駅から馬券場までの距離

出典：筆者作成

③場外馬券場の施設の種類

このグラフから、多くの場外馬券場が馬券の発売・払い戻しのみ行っている単独施設となっていることが分かる。

また、単独施設以外の場外馬券場は他のお店と同じ建物の中にある複合施設になっており、ショッピングセンター内にあたりする中で、競輪やオートレースなどの他競技の場外売場と複合になっているところが多いと分かった。

複合施設の場合、ショッピングセンター内にあれば場外馬券場に行くついでに買い物をすることも出来ることから、複合施設の方が単独施設より利用率が高い。

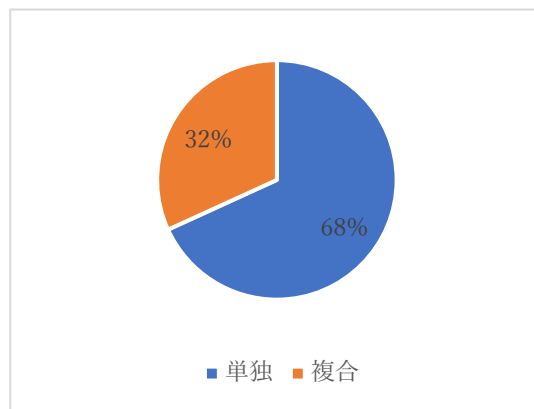


図 5 場外馬券場の施設の種類

出典：筆者作成

④場外馬券場の分布

分布図を見て、J-PLACE は全体的にある中で、北海道に集中してあることが分かる。また、北海道には J-PLACE 以外の場外馬券場がないことが分かるが、J-PLACE は中央も地方も発売しているので馬券購入に困ることはない。

また、地方独自の場外馬券場は東日本、ウインズは西日本に多くあることが分かる。東京周辺には、全種類の馬券場がそれぞれ集まっていることが分かる。

東日本には、地方競馬場や地方競馬独自の場外馬券場があったりするなど地方競馬の施設は多くあるが、中央競馬に関する施設が少なくなっている。

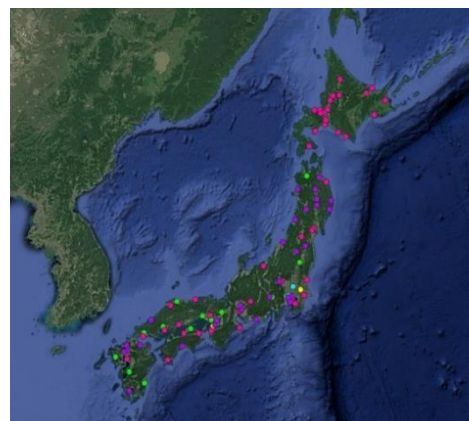


図 6 場外馬券場の分布

注 (緑：ウインズ 水：エクセル 黄：ライト 桃：J-PLACE 紫：その他) 出典：筆者作成

12. まとめ

コロナ禍という社会的状況などにより、競馬場や場外馬券場は入場できる人数に制限があったが入場制限が解除され、足を運ぶ人は増加しつつある。

競馬人口が減少傾向にある中でなぜ減少しているのか、全国の競馬場・場外馬券場の施設特性や立地環境を考察し、調査すると交通手段や競馬以外での楽しみ方の有無などによって足を運ぶ人が少なくなっているのではないかと分かる。

そのことから、駅から遠いところは無料シャトルバスを取り入れることにより、交通手段に困ることはないで、足を運びやすくなる。

また、競馬を観戦するだけの場所だと競馬好きの人しか集まらないが、他の楽しみ方があれば色々な人が来て、集客率も上がり、そこから競馬人口も増加していくことが期待できる。

参考文献

- 1) JRA 日本中央競馬会：<https://www.jra.go.jp/> (参照 2022-11-25)
- 2) 競馬場ガイド | 地方競馬情報サイト：<https://www.keiba.go.jp/> (参照 2022-11-10)
- 3) 中央競馬場の競馬場及び場外馬券売場について
<https://www.maff.go.jp/j/chikusan/keiba/lin/attach/pdf/index-6.pdf> (参照 2022-10-16)

瀬戸市におけるごみ収集場所に関する研究

EC19072 山内 一真

1. 研究の背景

ごみ集積所は生活をする中で必要なものである。しかし、近年高齢化が進み集積所までの距離によってごみ出しが困難になる、地域のコミュニティの中でのごみ集積所の維持管理が難しくなるといった問題があるが解決されていない。そこで、高齢化によるごみ集積所の問題解決に向け、瀬戸市を例に挙げ調査をする。

2. 研究の方法

- 1) 瀬戸市の町別の人口や人口比率の現状を知るためにインターネットを用いた調査をした。
- 2) ごみ収集場所の現状を知る為に人口や人口比率に特徴のある町に現地調査をした。
- 3) ごみ収集場所に関しての対策や決まりなどを知る為に市役所へのヒアリング調査をした。

3. 研究の対象

3-1 日本のごみ収集の特徴

ごみ集積所は自治体が決めている。市民がごみ集積所を設置し、相互協力のもと管理するというやり方が全国的に普及している国はあまりない。地域社会における住民相互のつながりを前提とした、日本独特のシステムである。

表 1 日本のごみ収集方式

日本の自治体が行っているごみの収集方式		
番号	種類	説明
1	ステーション収集	複数の世帯で共同のごみ集積所を利用する
2	戸別収集	利用者の玄関先からごみを収集する

3-2 ごみ集積場の種類

表 2 はごみ集積所の種類と説明を記した表である。集積所のタイプによってどのような特徴があるのか、どこで使われているのかがよくわかる。図 1 はごみ集積所の種類別の写真である。この図を見れば集積所の様子がわかる。表 2 の説明と図 1 でごみ集積所の種類別の様子が分かる。これを踏まえて調査をしていく。

表 2 ごみ集積所の説明

番号	種類	説明
1	ネットタイプ	比較的安価なものが多く、設置しやすい、通気性に優れている。設置場所によってはごみの臭いが気になることがある。
2	囲いタイプ	周りをブロック塀などで囲い、上の方にネットなどをかけたり、扉を設置したりするタイプ。カラスや猫の被害防止。
3	小屋タイプ	屋根がついており、小屋の様になっている。雪が降る地域で重宝されている。ごみの臭いがこもらないように喚起が必要
4	扉タイプ	扉がついていて、上に開いたり横に開いたり色んなタイプがあり出し入れがしやすい。鍵をつければ防犯もできる。
5	コンテナタイプ	丈夫で広さがある。居住者が多いマンションや利用者が多いゴミステーションではとても便利。



図 1 ごみ集積所の種類

3-3 瀬戸市のごみ収集の現状

2つの観点から現状をあげる。

1) 管理をする側

a.ごみを出す時間は 8 : 30 までと規定されているが、指定された時間よりもかなり遅くに回収されている地域がある。

b.ごみの集積場所の数が少ない。また、回収する場所がよくない。

2) ごみを出す側

a.ごみ出しのマナーが悪い。(ネットにごみを被せない、ごみ袋の口が閉められていない)

b.分別ができていない。

c.液やごみがこぼれている。(悪臭の原因)

4. 瀬戸市におけるごみ集積場の現地調査

4-1 調査対象地区の抽出

表3は2013年から2022年までの瀬戸市の人口推移を連区別に表にしたものである。数字の背景が青い箇所が増加した地域で、それ以外は減少した地域である。2013年から2022年にかけて人口が増加した地域は7か所でほとんどが減少している。2022年4月1日の瀬戸市の年代別人口比率を連区別でグラフ化した。

図2から連区別の年代老人口比率がわかる。老年人口が40%に達している地域が6か所もあり、高齢化が進んでいることが分かる。しかし、老年人口が20%代の地域が9か所あり地域によって人口比率の差が大きい。

図3は表3、図2の人口推移と連区別の年代別人口比率を一つのグラフにしたものである。

図3のグラフは右にいくほど高齢者の人口比率が高く、左にいくほど低い。上にいくほど人口が増加し、下にいくほど減少している。グラフから特徴のある地域を4つあげた。1つ目は山口連区で図3では青色の丸で表示されている。特徴としては、人口の増加率が一番高い。2つ目は菱野本地で図3では紫色の丸で表示されている。特徴としては、高齢者の人口比率が一番低い。3つ目は新郷連区で図3では赤色の丸で表示されている。特徴としては、人口の減少率が一番高い。4つ目は萩山台で図3では橙色の丸で表示されている。特徴としては、高齢者の人口比率が一番高く、団地がある。

4-2 調査方法

1) GPSトラッカーを用いて、連区のごみ集積場の位置を調査する。

2) ごみ集積場の状況を項目で分けて記録する。

項目は大きく分けて4つに分類される。

集積施設の種類、設置されている場所、設置されている場所の周辺状況、看板が設置されているかいないかの4つである。さらにこの4つから細かく分類

表3 連区別の人口推移・増減

連区名	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	増減
道泉	4264	4270	4232	4144	4097	4036	4149	4117	4085	4083	-181
深川	2467	2431	2371	2335	2360	2387	2327	2294	2267	2257	-210
小瀬戸	3760	3712	3619	3508	3446	3416	3355	3323	3301	3218	-542
東名	3242	3228	3265	3275	3369	3399	3387	3386	3361	4146	904
祖母懐	2917	2905	2897	2825	2829	2781	2738	2687	2673	2676	-241
陶原	6570	7747	7695	7599	7580	7554	7494	7429	7417	7358	788
長根	9227	9177	9182	9284	9258	9286	9278	9271	9272	9140	87
效範	18766	18759	18721	18511	18480	18390	18402	18421	18421	18319	-447
水南	11063	11098	10963	10964	10805	10754	10639	10611	10648	10726	-337
水野	9037	9201	9395	9468	9571	9575	9632	9529	9474	9417	380
西陵	8360	8384	8345	8239	8228	8140	8077	8018	7984	7937	-423
原山台	4280	4391	4323	4220	4085	3997	3880	3792	3746	3660	-590
萩山台	4091	4002	3851	3666	3532	3478	3407	3296	3212	3117	-974
八幡台	5390	5234	5107	4900	4775	4724	4615	4527	4365	4269	-1121
品野	3705	3637	3558	3507	3456	3401	3323	3282	3240	3134	-571
下品野	7719	7691	7605	7582	7537	7519	7555	7606	7657	7496	-223
山口	8664	8655	8795	9176	9328	9325	9367	9398	9951	10462	1398
本地	5584	5558	5621	5674	5739	5756	5765	5763	5777	5721	137
菱野	5142	5212	5240	5259	5326	5376	5375	5385	5466	5488	346
新郷	7712	8486	8483	8420	8410	8406	8405	8385	8279	8246	-1666
合計	132130	131698	131269	130516	130211	129900	129650	129410	129056	128470	-3660

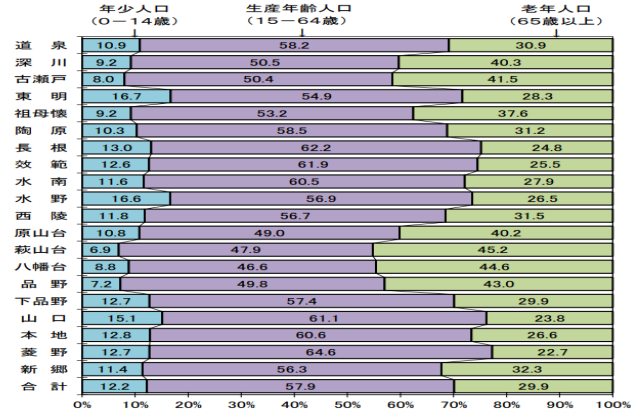


図2 連区別年代別人口比率

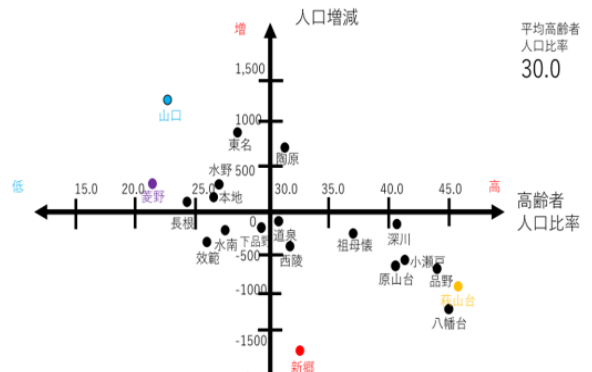


図3 人口比率と人口増減グラフ

表4 調査した地域

現地調査した地域			
調査場所	日付	調査時間	調査距離
新郷連区	7月12日	1時間15分	7km
萩山台	7月21日	1時間	9km
菱野本地	7月28日	2時間30分	15km
原山台	8月4日	40分	7km
八幡台	8月4日	30分	5km
山口連区	8月23日	1時間15分	12km

した。集積施設の種類は、ネット型、ネットボックス型、金属ボックス型、その他のボックス、そのままの5種類に分類し、設置されている場所は、道路上、一部敷地内で一部はみ出し、敷地内に専用スペースなし、専用スペースの4種類に分類し、設置されている場所の周辺状況は、家の前、家以外の前(店や幼稚園など)、公園、駐車場の前、専用スペースの5種類に分類し、最後の看板が設置されているかいないかは、ある、なしで分類した。

4-3 調査結果

1) 菱野団地 (図4)

団地周辺のごみ集積所には規則性がある。(団地周辺を囲うように設置されている)ごみ集積所が近くにありすぐにごみを出せる住宅もあればごみ集積所が遠くにあり時間をかけてごみを出さなければいけない住宅もある。ごみを出す際の距離の差が大きくなる。

萩山台はごみ集積所の数が多いのに対して、八幡台や原山台はごみ集積所が少ない。

2) 菱野本地 (図5)

住宅街には多くのごみ集積所があるが住宅街の範囲が広いので、ごみを回収される時間に大きな差がある。

住宅街には多くのごみ集積所があるが、ごみ集積所によって出されているごみの数に違いが大きく見られ、1つのごみ集積所に大量のごみが出されている所もあれば、少ししか出されていない所もあった。

ごみが大量に出されている集積所は横を通る時に臭いがして、悪臭が発生していた。工場や田んぼの周辺には集積所があまりなく、ネットボックス型を縦に2つ繋げたような珍しい型の集積所があった。

3) 山口連区 (図6)

広い道路沿いにごみ集積所が多く設置されているのに対して、住宅街にはあまりごみ集積所が設置されていない。そのため、ごみが1か所にあつまりやすい。

商業施設の裏にある住宅街は道が狭く、回収車一台がぎりぎり通れる程の道幅しかないため、ごみを回収する際にすれ違おうとすこし危ない。

4) 新郷連区 (図7)

ごみ集積所が集まっているところもあれば散らばっているところもある。

ネット内にごみが入っている所もあれば、ネット外にごみが出されているところもあり、ごみで道が塞がれているところもあった。場所によってごみがしっかり出されている場所と出されていない場所との差があり、ごみ出しのマナーが良いところと悪いところでかなり差が見られた。

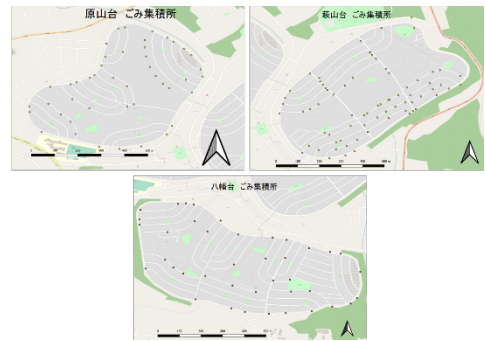


図4 菱野団地 ごみ集積所

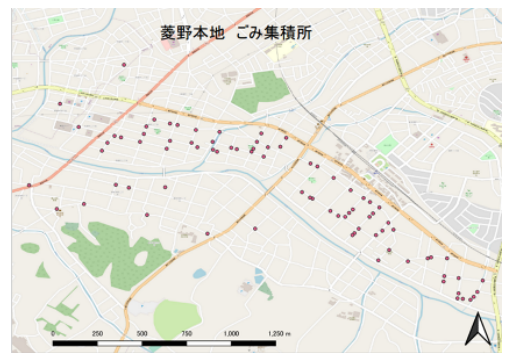


図5 菱野本地 ごみ集積所



図6 山口連区 ごみ集積所



図7 新郷連区 ごみ集積所

5. 瀬戸市役所へのヒアリング

2022年11月18日に瀬戸市役所の環境課にヒアリング調査を行い、約9個の質問をしてその回答していただいた。

市が動くためには住民からの声が必要で、住民からの声がかかればその地域に足を運び問題となっていることを調査する。調査した結果改善が必要だと思ったら、対策をとる。ごみ集積所の問題は地域住民の方が主体となって行動し、市役所はそのサポートをする。

表4 質問内容とその回答

	質問と回答	
	質問内容	回答
1	それぞれの地域で発生しているごみ問題はどのように対応していますか。	市民からの意見を聞く→現地に行き確認する→対策をとる
2	どのような理由でごみ集積所を増やしたり減らしたりしますか。	市民の数の増減によってごみ集積所の数も増減する。市ではなく市民の意見によって増減は決める。
3	ごみについて、またごみ集積所について1番問題になっていることはなんですか。	ごみ：人口が減っているのにごみの数が減らない。 場所：ごみ出しのルールを守らない人がいる。
4	ごみに関する住民からの声で一番多いことはなんですか。	分別についての問い合わせ。2022年の9月からプラスチックも分別するようになったから
5	今後高齢化などでごみ問題が深刻化していくと思いますが、どのように対応しますか。	ごみ出しが困難な人に対してふれあい収集といった対策をとっている（玄関先でごみを回収）
6	藪野団地は場所によって住宅からごみ集積所までの距離に差が大きくなるのですが、この問題にどのように対応しますか。	問い合わせがあれば対応する。現場に行き確認し対策を考える。ごみを回収コースは決まっているため、自宅の前にごみを出してもいいとは言えない。
7	藪野本地では1か所にごみが集まっている所やごみの臭いが気になる箇所がありました。このような問題はどのように対応しますか。	ごみ集積所を分散させる。ごみ集積所の設置場所は地域の中で決めているため、市が決められない。しかし、集積所を作っている場所なのか判断はする。臭い対策は市では対策できない。そのため、市民に出す前に臭い対策をしてもらうようにしている。
8	新郷連区ではごみがしっかり出されている町と出されていない町がありました。ごみ出しに差ができるのはなぜですか。またごみ出しのマナーが悪い地域はどのように対応しますか。	地域で決めているため差ができる。（カラスの被害が多い→ネット、特に被害がない場合はそのままなど）市がどうにかできることではない。マナーが悪い地域にはマナー改善のプリントをポストに入れたり、回収板などで回す。ごみから個人が特定できれば個人に直接言いに行く。
9	連区によってごみの回収時間が違いますが、ごみ回収する地域の順番はどのように決めていますか。またどのようにしたら差を減らせると考えますか。	エリア全体を見て回収する時に効率がいい順番にしている。（1日の回収車に限りがあるから）差を無くすためには回収するごみの量を減らす必要がある。他には回収車の台数を増やす。現在1日に12～13台で回収している。

6. まとめ

1) 調査して分かったこと

大きく分けて4つのことが分かった。1つ目は地域によってごみの回収のされ方が違うということだ。2つ目は人口の増加率が一番高い地域ではごみの集積所の数が少ないということだ。3つ目ごみ出しのマナーが悪い地域と良い地域の差が大きい。4つ目は高齢者の人口比率が多い地域ではごみ集積所のごみの数が少なく、高齢者の人口比率が低い地域ではごみ集積所のごみの数が多い。

2) 市役所に聞いて分かったこと

大きく分けて3つのことが分かった。1つ目は瀬戸市におけるごみに関する1番の問題は人口が減少しているのにごみの数は減少していないということだ。2つ目は集積所の増減や、ごみ集積所の臭い問題といった問題は市がどうにかできることではないということだ。3つ目はごみ集積所の設置場所は市が決められているわけではないということだ。

3) 瀬戸市の課題と解決案

調査をした結果瀬戸市の課題が大きく分けて3つ分かった。1つ目はごみ出しのマナーが悪いということだ。地域によってごみ出しのマナーが良いところと悪いところで大きな差があった。2つ目は人口が減少しているのに、ごみの数が減少していないということだ。本来人口が減少すれば、ごみの数も減少するのだが、瀬戸市の場合は人口が減少しているのに、ごみの数は減っていない。3つ目は、1つのごみ集積所にごみが大量に集まっている箇所があるということだ。現地調査をしていてごみが大量に集まっている箇所が多く見られた。横を通ると悪臭がする箇所もあった。

これらの課題に対する解決案として、ごみ出しのマナーが悪い地域には指導書を配る。個人が特定できれば個別に指導をしていく。ごみの数を減らすために、食べ残しを減らす、使い捨てのものを使わないようにする、ごみの分別の徹底をってもらうように声掛けをする。ごみ集積所の数を増やす。ごみ集積所の設置場所は市が決められないため、自治体と市が連携してごみ集積所の問題解決を行う。

参考文献

1) 瀬戸市役所ホームページ：連区別・年齢別・男女別人口 | 瀬戸市.

<http://www.city.seto.aichi.jp/bunya/renkubetunenreibetudanjobetujinkou/more.html>, (参照 2022-4-1

2) グットラック LABO：ゴミステーション（ごみ集積所）の設置方法は？基準や注意点も解説！ | トラックコンテナ | シマ商会. <https://shima-corp.com/labo/container/garbagestation-installation-method>, (参照 2022-2-15)

SPH 法による盛土造成地上の住宅被害予測

EC19030 木村 直哉

1. 研究の背景

これまでに大規模な大地震が発生するたびに地盤の液状化現象の発生が確認されている。2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震により、千葉県浦安市では、埋め立てられた平坦地で液状化被害が確認された(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対策や関連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(写真 2 参照)²⁾。この地震では、傾斜地で造成された盛土が地盤液状化を起こした。傾斜地に造成された盛土は大規模な側方流動が起こり、盛土の上に立つ建物に傾斜や沈下の甚大な被害を受けた。傾斜地に造成された盛土は、平坦地に比べて大きな被害が想定される。



写真 1 浦安市の被害¹⁾



写真 2 札幌市の被害²⁾

2. 研究目的

本研究の目的は、埋め立てられた平坦地より傾斜

地に造成された盛土は大規模な側方流動が起こり、盛土の上に立つ建物に傾斜や沈下の甚大な被害を受けた。地質、地震の強さ、基礎地盤の傾斜角度、盛土の厚さが原因であると推測する。そこで本研究では、住宅の被害は基礎地盤の傾斜角度に重点を置いて研究を進める。基礎地盤に傾斜がある造成された盛土に着目し、基礎地盤の傾斜の傾きを変えることで盛土の上に立つ建物に被害を軽減させることを目的とする。新たに提案された剛性の拘束圧依存性を入れ、住宅の被害を模型加振実験の再現解析を行う。解析と実験の地盤の挙動及び、住宅の変位を比較し、構成式の精度等を検証することを目的とする。

3. 解析手法

本研究で使用した解析プログラムは、液状化時に生じる宅地の大変形を、簡易的にある程度の精度で予測することを目的に開発された。このプログラムは、液状化時に生じる残留変形量を実用的に使える精度で再現することのできる構成式と、大変形を表現することのできる SPH 法を組み合わせ、一相系の静的な解析によって住宅の沈下や傾斜を予測する数値解析手法である。既往の研究では、これまで安田ら³⁾の提案した構成式を用いて自重法による検討を行った(4.で使用する)。この手法は非常に簡便ではあるが、剛性の拘束圧依存性を考慮できないことや液状化後の変形に自重による変形が含まれ、変形を過大に評価する問題点が残されていた。そこで、新たに提案された剛性の拘束圧依存性を考慮できるうえに粘性土までを対象とできる安田ら⁴⁾の構成式を導入した応力解放法による検討を行った(5.で使用する)。

4. 基礎地盤の傾斜の角度の違い

(1) 解析条件

検討断面の概要図を図 3, 図 4 に示す。基礎地盤の傾斜の角度を 25-23-9 度と 25-13-9 度に設定し、基礎

地盤の傾斜の角度を変えることで住宅 A, B 点の沈下量, 水平移動量の比較をする. 図 3, 図 4 の条件に基づき, 解析粒子を配置した. 粒子は格子状に配置しており, 粒子間距離は, 0.2m とした. 図 3 図 4 中の住宅, 擁壁, 基礎地盤はいずれも弾性モデルとし, 盛土地盤のみ液状化モデル(安田ら³⁾の提案した構成式を用いた自重法)を用いた. 液状化判定には設計最大加速度 350gal, マグニチュード 8.0 を用いた. 表 1 に材料パラメータを示す.

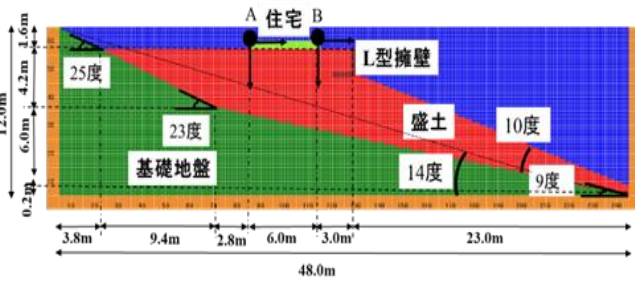


図 3 25-23-9 度の検討断面の概要図

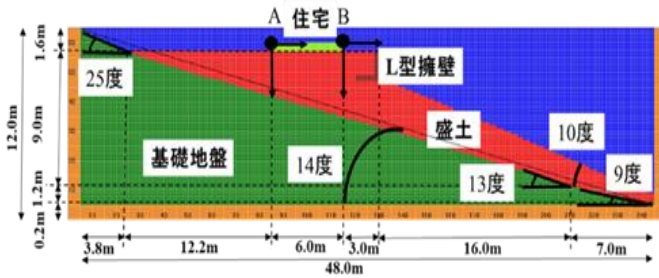


図 4 25-13-9 度の検討断面の概要図

表 1 材料パラメータ

	家	擁壁	基礎地盤	盛土
ヤング率(kN/m ²)	7.20E+07	7.20E+07	8.10E+04	-
ポアソン比	0.300	0.300	0.333	0.333
細粒分含有率(%)	-	-	-	0
単位体積重量(kN/m ³)	24.5	26.4	1.85	18.3
N値	-	-	-	6

(2) 解析結果

図 5 は解析前, 図 6 は解析後の 25-23-9 度の粒子の動きを示す. 図 7 は解析前, 図 8 は解析後の 25-13-9 度の粒子の動きを示す. 表 2 は図 6 の解析後 A, B 点の沈下量, 水平移動量を示す. 表 3 は図 8 の解析後 A, B 点の沈下量, 水平移動量を示す. A 点が一度落ち着いた箇所 B 点も止めた結果である. 住宅の傾きは表 2 から時計回りに 0.29 度となり, 表 3 から時計回りに 0.34 度となる. 表 2, 3 を比較すると, 表 2 は表 3 に比べ, 住宅の沈下が大きく変化するが, 水

平方方向への移動は小さくなった. 盛土の動きをみると図 6 より図 8 の方が傾斜側に滑った. 基礎地盤の傾斜の角度が大きいほど盛土全体が滑るため, 住宅の水平移動が大きくなり, 沈下量は小さくなった. 基礎地盤の傾斜の角度を大きくすると盛土の厚さが大きくなるため住宅の沈下量が大きくなり, 水平移動量も小さくなった. 盛土の厚さが住宅の被害に影響を及ぼすと推測する.

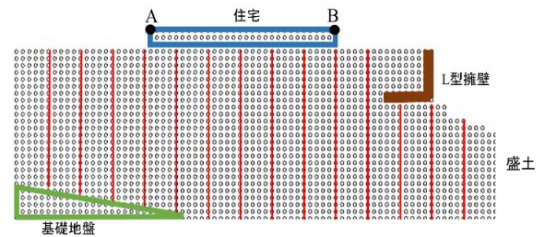


図 5 25-23-9 度 粒子の動き(解析前)

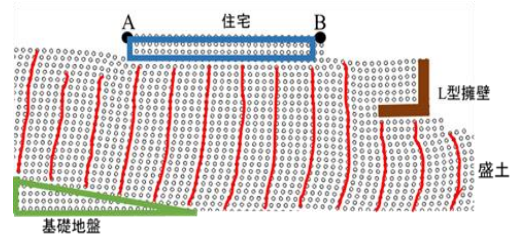


図 6 25-23-9 度 粒子の動き(解析後)

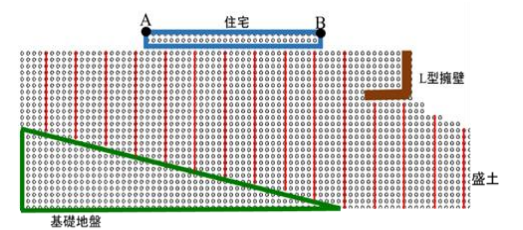


図 7 25-13-9 度 粒子の動き(解析前)

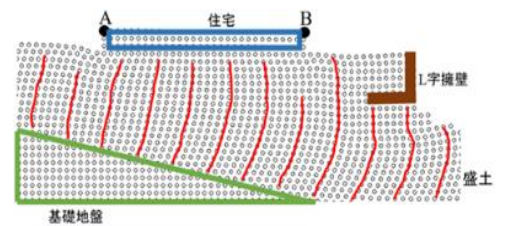


図 8 25-13-9 度 粒子の動き(解析後)

表 2 25-23-9 度 A, B 点の変位

	沈下量	水平移動量
A点	0.530m	0.100m
B点	0.560m	0.100m

表 3 25-13-9 度 A, B 点の変位

	沈下量	水平移動量
A点	0.374m	0.790m
B点	0.410m	0.790m

5. 模型加振実験の再現解析

(1) 模型加振実験の概要

基礎地盤の平均勾配は地震により滑動崩落を引き起こした過去の事例⁵⁾より、平均勾配 14°とした。地盤作成時の概要図は図 9 に示し、表 4 に三河珪砂 6 号の物理特性を示す。

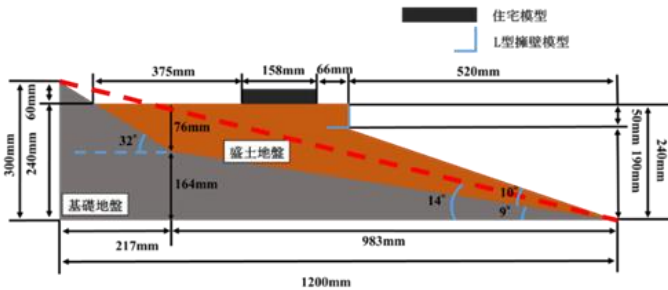


図 9 土層概要図

表 4 三河珪砂物理特性

土粒子の密度	2.62g/cm ³
平均粒径	0.22mm
透水係数	5.5×10 ⁻³ cm/s
均等係数	1.79
曲率係数	0.926
最大間隙比	1.04
最小間隙比	0.65
内部摩擦角	37.6°

(2) 解析条件

5.(1)を基に検討断面の設定を行い、概要図を図 10 に示す。図 10 の条件に基づき、解析粒子を配置した。粒子は格子状に配置しており、粒子間距離は 0.005m とした。図 3 中の住宅、擁壁、基礎地盤はいずれも弾性モデルとし、盛土地盤①②のみ液状化モデル(新たに提案された剛性の拘束圧依存性を考慮できるうえに粘性土までを対象とできる安田ら⁴⁾の構成式を導入した応力解放法)を用いた。液状化判定には設計最大加速度 550gal、マグニチュード 8.0 を用いた。表 5 に材料パラメータを示す。

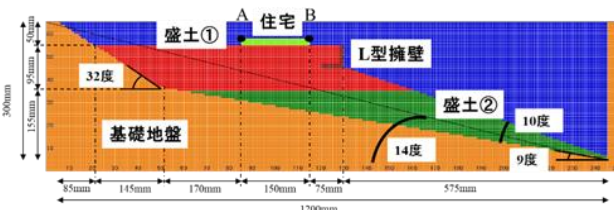


図 10 32-9 度の検討断面の概要図

表 5 材料パラメータ

	家	擁壁	基礎地盤	盛土①	盛土②
ヤング率(kN/m ²)	7.20E+07	1.9E+0.6	8.10E+04	3.05E+04	3.13E+04
ポアソン比	0.300	0.300	0.333	0.333	0.333
細粒分含有率(%)	-	-	-	-	-
単位体積重量(kN/m ³)	24.5	26.4	1.85	17.5	8.2
N値	-	-	-	1	1
間隙比	-	-	-	0.934	0.934

(3) 解析結果

図 11 は解析前、図 12 は解析後、の粒子の動きを示す。図 13 は実験時の盛土の動きを示す。図 4.11 の解析前と図 12 は解析後を比較すると、基礎地盤に近い箇所は変形が小さく、斜面部の中央付近が滑っている。図 12 の解析後と図 13 は実験時を比較すると盛土の動き方は類似している。拘束圧依存性を入れることで盛土の動きが相似したと推測する。表 6 は解析後、表 7 は実験時の A 点 B 点の沈下量と水平変位量を表す。表 6 は A 点が一度落ち着いた箇所 B 点も止めた結果である。表 6,7 から解析と実験の沈下量水平移動量に差ができた。拘束圧依存性を入れることで、基礎地盤付近は変形が小さくなり、斜面部の変形が大きくなると推測する。

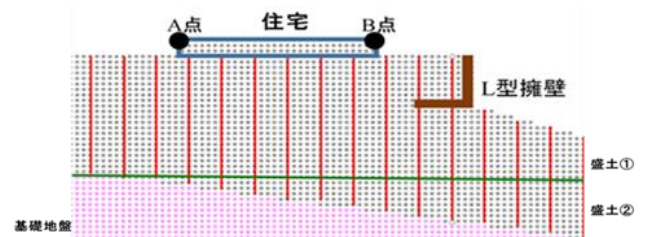


図 11 32-9 度 粒子の動き(解析前)

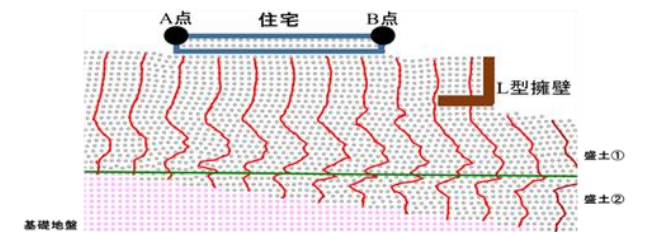


図 12 解析前の粒子の動き(解析後)

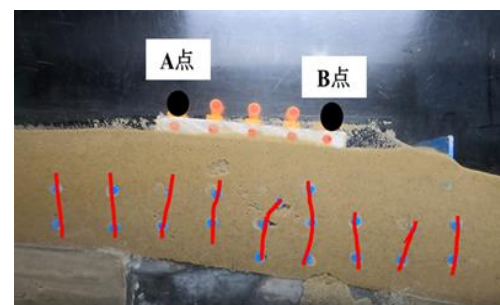


図 13 実験時の盛土の動き

表 6 A, B 点の変位 (解析)

	沈下量	水平移動量
A点	7.19mm	10.2mm
B点	7.63mm	10.2mm

表 7 A, B 点の変位 (実験)

	沈下量	水平移動量
A点	12mm	25mm
B点	21mm	25mm

6. まとめ

本研究で得られたまとめを以下に示す。図 14 に基礎地盤の傾斜角度の違い、図 15 に再現解析の結果の概要図を示す。

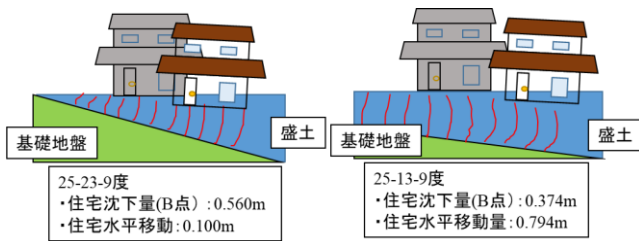


図 14 基礎地盤の傾斜角度の違いの結果概要図

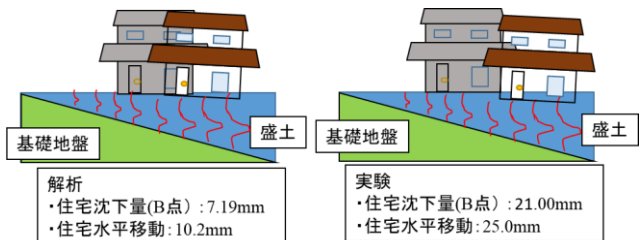


図 15 再現解析の結果概要図

液状化による住宅沈下の予測をするために検討断面のみを変えて住宅の変位を確認した。基礎地盤の傾斜の角度が大きいほど盛土全体が滑るため水平移動が大きくなり、沈下量は小さいと確認できた。基礎地盤の傾斜の角度を大きくすると盛土の厚さが大きくなるため住宅の沈下量が大きくなり、水平移動量も小さくなった。盛土の厚さが住宅の被害に影響を及ぼすと考える。

模型加振実験の再現解析をするため、構成式に拘束圧依存性を入れて、住宅地震被害予測を行った。拘束圧依存性を入れることで地盤本来の挙動となり、基礎地盤に近い箇所は変形が小さく、斜面部の中央付近が滑ることで全体が滑ることが確認された。しかし、住宅の沈下量、水平移動量に実験との差が生じた。

7. 今後の展望

応力解析法を使用することで抵抗変曲点が大きくなり、微小抵抗領域が長くなる。そのため、非常に時間がかかることが問題となった。地盤本来の挙動を確認するには、この問題を解決し、基礎地盤の傾斜の角度を変えて住宅地震被害予測する必要がある。実寸大サイズで解析を行うと計算が破産するため、1/40 のスケールに設定したが今後は実寸大のサイズで解析を行う必要がある。

謝辞

余川先生と研究室の仲間には感謝の気持ちでいっぱいです。本当にありがとうございました。

参考文献

- 1) Tokimatsu, K. et al.: Liquefaction-induced damage to buildings in Urayasu city during the 2011 Tohoku Pacific Earthquake, Proc. of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, pp.665-674, 2012.
- 2) 廣瀬亘ら：平成 30 年北海道胆振東部地震に伴う地表変動および強震動による被害, 北海道地質研究所報告, 第 90 号, pp.15-32, 2018.
- 3) 安田進ら：液状化に伴う流動の簡易評価法, 土木学会論文集, No.638/III-49, pp.71-89, 1999.
- 4) 安田進ら：液状化に伴う残留変形の静的評価法, 日本地震工学会論文集, 第 16 巻, 第 10 号, pp.31-50, 2016.
- 5) 浅田 秋江：宅地造成地盤の地震時危険度の予測法と防止工法に関する研究, 土質工学会論文報告書, 22 巻, 4 号, pp.191~202, 1982.

地盤内にある既製杭の支持力及び地盤の動きについての研究

EC19038 近藤 雄介

1. 研究背景

これまでに、日本では軟弱地盤における地盤沈下などの被害が大きく問題視されている。その沈下の対策として、既製杭工法がある。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、現場で実大規模の実験を行うことで、杭の支持力などの性能を評価できる。しかし、様々な地盤条件や杭の形を用いて実験を行うことはコスト面などで現実的ではない。数値解析を用いることで、様々な地盤条件、杭の形状でのデータを確認することができ、コスト面でも現実的である。

2. 研究目的

本研究の目的は、実際の载荷試験を再現することである。解析ソフトを用いて载荷試験を再現することができれば、実際に载荷試験を行う前に杭の支持力を予測することができる。そのため、杭とジョイント要素の関係について検討する。

3. 研究手法

本研究では、地盤分野汎用ソフト(以下、GTS-NX)を使用する。GTS-NX で、杭、根固め液、杭周固定液、地盤を 3 次元(以下、3D)でモデル化し、数値解析を行うことで支持力を算出する。

4. 三軸圧縮試験の再現解析

本研究で使用する材料タイプ及び物性値の入力が正しいか、実際の地盤内で起こる挙動を解析ソフト内で再現できているかの確認を行うため、実際の三軸圧縮試験の結果を参考にし、GTS-NX を用いて 3 種類の地盤の物理特性を解析と照らし合わせる。実際の三軸圧縮試験と同様に、直径 5cm、長さ 10cm の供試体の作成を行った。

4.1. 材料の物理特性の設定

本研究では、供試体の地盤材料として実際の地盤のグラウンドレベル(以下 GL と示す)-2.4m, GL-4.2m, GL-14.9m 地点の材料を使用した。実験で使用した供試体の材料の物理特性を表 1 に示す。

表 1 材料の物理特性

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)
GL-2.4m	4,350	0.333	17.36	45
GL-4.2m	2,575	0.333	16.29	46
GL-14.9m	6,880	0.333	16.82	137

4.2. 解析条件

解析の際には、3D モデルの 6%にあたる 0.6cm まで強制変位によって鉛直方向下向きに変位を与えた。この時、鉛直方向の変位は-0.6cm 以外の変位は不要であるため、上面と底面には鉛直方向のみ変位拘束を行った。そして、実際の三軸圧縮試験では供試体に対して拘束圧をかけている。GTS-NX 内では、供試体全体に圧力をかけ、拘束圧を再現した。各ケースの拘束圧を表 2 に示す。

表 2 各ケースの拘束圧

	GL-2.4m	GL-4.2m	GL-14.9m
拘束圧 (kN/m ²)	30	45.5	105.8

4.3. 解析結果及び考察

GL-2.4m における解析と試験の応力—ひずみ関係、GL-4.2m における解析と試験の応力—ひずみ関係、GL-14.9m における解析と試験の応力—ひずみ関係を図 1,2,3 に示す。

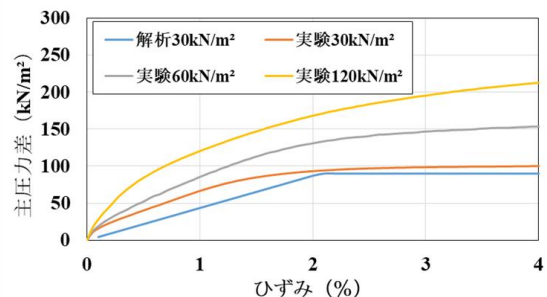


図 1 GL-2.4m での応力—ひずみ関係の比較

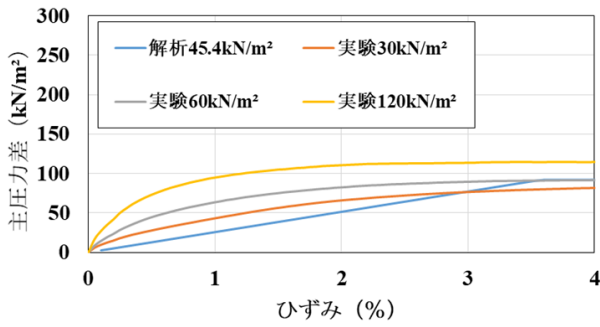


図2 GL-4.2mでの応力-ひずみ関係の比較

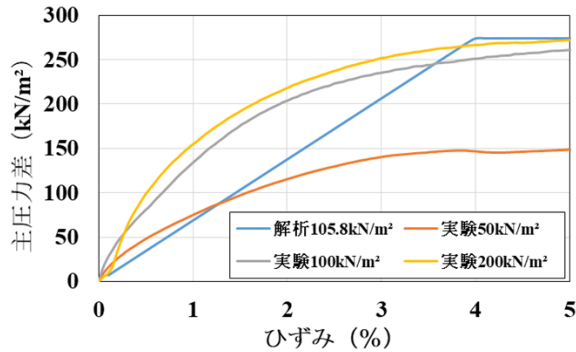


図3 GL-14.9mでの応力-ひずみ関係の比較

GL-2.4mの拘束圧 30kN/m²の時、実際の三軸試験では圧縮強さ 102.0kN/m²で破壊された。GTS-NX では拘束圧 30kN/m²の時の破壊されたときの圧縮強さは 90.0kN/m²であった。次に、GL-4.2mの拘束圧 30kN/m²の時、実際の三軸試験では圧縮強さ 87.5kN/m²で破壊された。また、拘束圧 60kN/m²の時、圧縮強さ 95.1kN/m²で破壊された。GTS-NX では拘束圧 45.4kN/m²の時の破壊されたときの圧縮強さは 92.0kN/m²であった。最後に、GL-14.9mの拘束圧 100kN/m²の時、実際の三軸試験では圧縮強さ 273.0kN/m²で破壊された。GTS-NX では拘束圧 105.8kN/m²の時の破壊されたときの圧縮強さは 274.0kN/m²であった。実際の三軸試験結果と値が近いことから、今回の材料の物理特性で解析を行うことで、実際の地盤を再現して解析を行えると考えられる。

5. 载荷試験の再現解析

本研究では、杭全長を 12m とし、SC 杭部を 8m, ST 杭軸部を 2.6m, ST 杭拡径部を 1.4m としている。また、SC 杭および ST 杭軸部の杭径は 0.6m, ST 拡径部の杭径を 0.7m としている。極限支持力は岡原ら¹⁾²⁾の研究によると、杭径の 10%沈下すると極限支持力が発現するとみなすことができるという

結論がある。そのため、本研究でも杭頭が杭径の 10%である 0.07m 沈下した時を極限支持力とし、解析を行う。杭および地盤のモデル図を図 4 に示す。

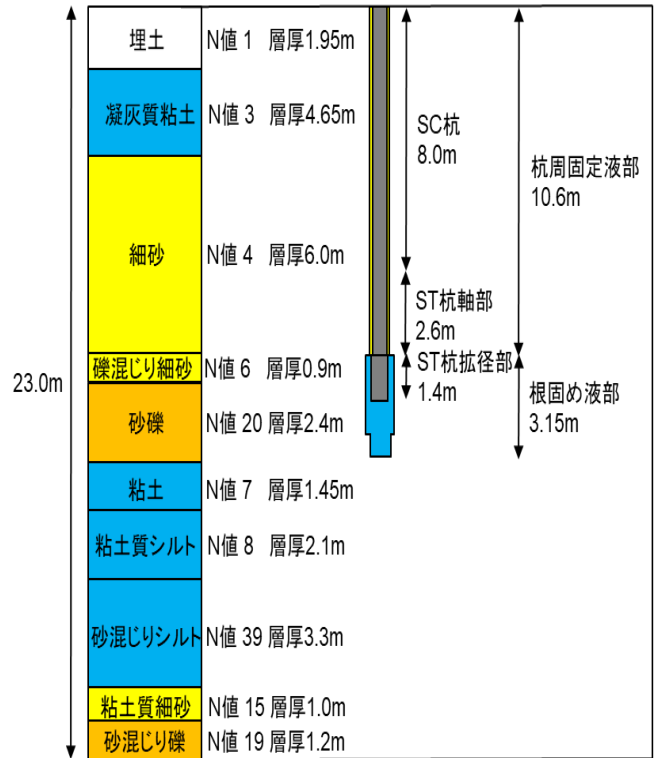


図4 杭および地盤モデル

5.1. 地盤材料の物理特性の設定

地盤材料の物理特性は弾性係数 E 、粘着力 c 、内部摩擦角 φ を設定しなければならない。これらの算出方法を式(1), (2), (3)に示す。

$$E = 2,800N \dots (1)$$

$$c = 6.25N \dots (2)$$

$$\varphi = \sqrt{15N} + 15 \dots (3)$$

N は N 値である。この時 N 値は、ボーリング調査から測定された N 値を用いて、層ごとの N 値の最頻値を採用した。また、杭、根固め液、杭周固定液、地盤の材料モデルは Mohr-Coulomb である。杭、根固め液、杭周固定液、鋼管の材料の物理特性を表 3 に、地盤の材料の物理特性を表 4 に示す。

表3 杭、根固め液、杭周固定液、鋼管の物理特性

	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	40,000,000	0.3	26	45,000	0
杭周固定液	4,000,000	0.3	15	10,000	0
根固め液	10,000,000	0.3	18	18,900	0
鋼管	205,000,000	0.3	78.5	0	0

表 4 地盤の物理特性

	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)
埋め土	2,520	0.3	18	6	0
T-1粘性土	4,350	0.3	17.36	45	0
T-2粘性土	2,575	0.3	16.29	46	0
細砂	12,600	0.3	18	0	23
礫混じり細砂	18,200	0.3	18	0	25
砂礫	57,400	0.3	20	0	33
D-1粘性土	6,880	0.3	16.82	137	0
粘土質シルト	23,500	0.3	16	52	0
砂混じりシルト	109,200	0.3	16	243	0
粘土質細砂	42,000	0.3	18	0	30
砂混じり礫	53,200	0.3	20	0	32

5.2. メッシュの作成

3D メッシュの地盤および杭全体の長さは 46.0m, 鉛直長さは 23.0m とした. 図 5 に 3D メッシュの図および杭の断面図を示す.

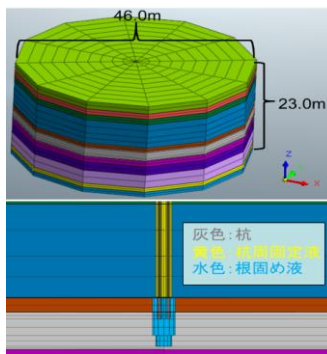


図 5 3D メッシュおよび杭の断面図

また, 地盤側面は水平方向に変位しないように, 地盤底面は水平方向, 鉛直方向に変位しないように設定した. 側面の変位拘束を可視化したモデルを図 6 に, 底面の変位拘束を可視化したモデルを図 7 に示す.

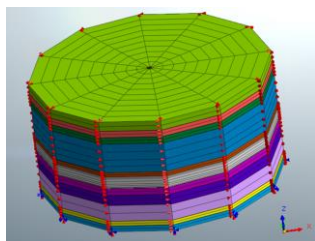


図 6 変位拘束側面

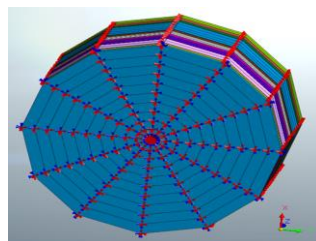


図 7 変位拘束底面

5.3. ジョイント要素の作成

ジョイント要素とは, 節点同士の剛性を設定する要素である. 剛性の値が高いほど節点同士が離れにくく, 滑りにくい. 低いほど節点同士が離れやすく, 滑りやすい. 今回は杭と杭周固定液部, 杭周固

定液部と地盤にそれぞれジョイント要素を設定した. ジョイント要素のパラメータを 3 ケースに分けて解析結果を比較する. 表 5 にジョイント要素のパラメータを示す.

表 5 ジョイント要素のパラメータ

		法線剛性 (kN/m ²)	せん断剛性 (kN/m ²)	粘着力 (kN/m ²)
ケース1	杭と杭周固定液部	1,000,000	10	0
	杭周固定液部と地盤	1,000,000	1,000,000	0
ケース2	杭と杭周固定液部	1,000,000	10	0
	杭周固定液部と地盤	1,000,000	1,000,000	100
ケース3	杭と杭周固定液部	1,000,000	10	0
	杭周固定液部と地盤	100,000	100,000	100

5.4. 結果および考察

ケース 1~3 の荷重—変位関係のグラフを図 8 に示す.

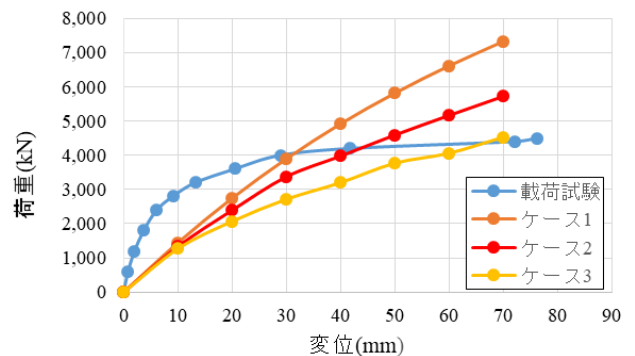


図 8 3 ケースの「荷重—変位」関係

ケース 1 の解析結果では, グラフが直線に近くなり, 弾性のようなグラフとなっている. 載荷試験のグラフでは 10~20mm 沈下したあたりで折れ点があるため, ケース 1 の結果から大きな相違がみられる. ケース 2 の結果から, 30mm 沈下したあたりで折れ点が見られ, グラフの傾向が近くなった. しかし, 60mm 沈下したあたりでの荷重に約 1,000kN もの差が出てしまった. ケース 3 の結果からグラフの傾向が似ており, 60mm 沈下した時の荷重も近い値となった. しかし, 10mm~40mm 沈下した時の荷重に大きな差が出ている. 解析結果から粘着力 c を設定することにより, グラフに折れ点ができる事が分かった. せん断剛性が高くても, せん断応力が 100kN/m^2 を超えた時点で節点同士が滑っているためと考えられる. また, せん断剛性を小さくすること

で、全体の荷重を落とせることが分かった。せん断剛性が高いときに比べ、早く滑り始めたことが影響していると考えられる。

6. 杭先端の再現解析

モデル化する部分を拡底杭部に抜粋し解析を行った。3D メッシュ図を図9に示す。解析手法はこれまでの解析と同様に行い、杭頭を70mm沈下させ、その反力を支持力として算出した。

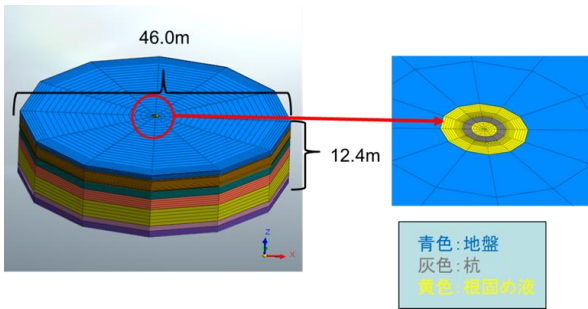


図9 3D メッシュ図

6.1. 検討ケース及び材料の物理特性の設定

解析の地盤の物理特性を3ケース比較し、解析を行った。ケース4ではこれまでと同様に表3の杭、根固め液の物理特性、表4の地盤の材料の物理特性を用いて解析を行った。ケース5では弾性係数を初期剛性とし、弾性モデルで解析を行った。ケース6では弾性係数を初期剛性とし、地盤全ての粘着力を0.2(kN/m²)に設定し、「荷重—変位」関係を比較した。変更後の材料の物理特性を表6に、初期剛性を求めるための計算式を式(4)に示す。弾性係数をE、ポアソン比をμ、せん断剛性率をGとする。

表6 材料の物理特性

	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	40,863,000	0.3	26.00	45,000	0
根固め液	10,000,000	0.3	18.00	18,900	0
礫混じり細砂	106,637	0.3	18.00	0	25
砂礫	254,152	0.3	20.00	0	33
D-1粘性土	162,704	0.3	16.82	137	0
粘土質シルト	173,784	0.3	16.00	52	0
砂混じりシルト	487,322	0.3	16.00	243	0
粘土質細砂	186,228	0.3	18.00	0	30
砂混じり礫	241,768	0.3	20.00	0	32

$$E = 2(1 + \mu) \times G \dots (4)$$

6.2. 結果及び考察

ケース4、ケース5、ケース6の「荷重—変位」関係を図10～図12に示す。

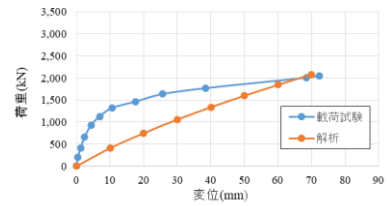


図10 ケース4「荷重—変位」関係

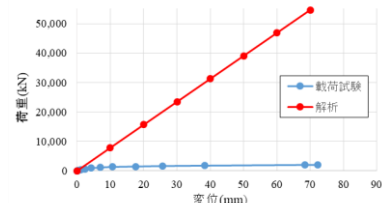


図11 ケース5「荷重—変位」関係

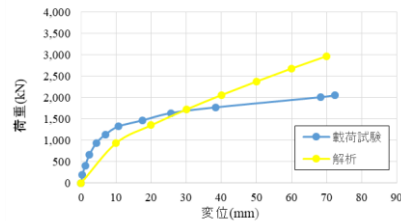


図12 ケース6「荷重—変位」関係

ケース1の結果から、これまでと同様に10mm～40mm沈下した時の荷重に大きな差が出てしまった。ケース2では弾性係数をとても高く設定しているため、当然実際の載荷試験との結果に大きな差が出ている。しかし、粘着力0.2(kN/m²)を設定したケース3では、10mm～40mm沈下した時の結果も近い値となった。このことからジョイント要素は必要ではなく、材料の物理特性を調整することで再現性が近くなることが分かった。

【参考文献】

- 1) 山肩邦男・伊藤敦志・山田毅・田中健：場所打ちコンクリート杭の極限先端荷重および先端荷重～沈下量特性に関する統計的研究，日本建築学会論文報告集，第423号，pp.137-146，1991年5月。
- 2) 大西隆文：杭の先端形状及び根固め液が極限支持力に与える影響，2020年度中部大学，卒業論文，2020。

LIQCA を使用した盛土斜面の安定問題

EC19059 百富俊輔

1. はじめに

平成 28 年 4 月 16 日に発生した熊本地震では、盛土した斜面において地盤の液状化による盛土構造物の被害が多く確認されている（写真 1）。このような状態になると、水よりも比重が重い建物が沈んだり、傾いたりするなどの被害が起こる場合がある。



写真 1 熊本県益城市での宅地被害

この原因として、地震による水圧の上昇により地盤の有効応力が減少し軟弱になったことがあげられる。盛土造成地は、染み込んだ水の分だけ地盤が重くなる。斜面盛土については水が染み込むことによって「滑り落ちようとする力」と「滑りに抵抗しようとする力」の均衡が保てなくなり、斜面を支えきれなくなって崩れることがある。傾斜地で地盤が液状化した場合、平坦地に比べて大きな被害になるが、傾斜地での地盤液状化対策や研究がなされていないのが現状である。また土砂崩れなどの二次被害から橋や道路が崩壊することにより人命にかかわる状況も考えられる。そのため本研究では、傾斜地に造成された盛土を対象に検討を行う。

2. 研究目的

本研究では、盛土された斜面に対して、2次元有効応力解析プログラム LIQCA2D(以降 LIQCA と呼ぶ)を用いた数値解析によって検討する。様々な条件での動的解析パラメータ数値を入力し、液状化強度、地盤の応力を求め、それに地震動を加える。解析完了後、確認される変形量・沈下量を数値データとして出力し考察する。以下の過程を行うことで、盛土の変

形・沈下抑制効果を検討し、地震発生時の盛土斜面の被害の低減や対策を検証することを目的とする。

3. 支配方程式

支配方程式は、Oka らにより誘導された固相の変位 u と間隙水圧 p を未知数とした u - p 定式化 (u - p formulation) を用いている。空間の離散化には、有限要素法 (FEM) と有限差分法 (FDM) を用いている。つりあい式の空間的な離散化には有限要素法、連続式の間隙水圧の項の空間的な離散化には直交格子に対する有限差分法を拡張した有限体積法を用いている。時間離散化には陰解法である Newmark の β 法を用いている。式 1 に混合体に対するつり合い式を、式 2 に連続式を示す。

$$\rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + \rho b_i$$

式 1 混合体に対するつり合い式

$$\frac{k}{\gamma_w} \left(-\rho^f \frac{\partial^2 p}{\partial x_i^2} \right) + \frac{n}{K^f} \dot{p} = 0$$

式 2 連続式

構成式として①弾性モデル、②砂の繰返し弾塑性モデル、③修正 R-O モデル、④粘土の繰返し弾粘塑性モデルの 4 つの構成式が準備されている。

4. 解析の流れ

解析の手順として、自重のみが働いているときの初期応力解析を行い、盛土を地盤上に乗せた時の地盤の応力を求める。次に地震動を入力し、初期応力解析で得られ応力を用いた動的解析を行う。以上が動的解析の手順である。液状化解析完了後、地盤内の挙動の確認、液状化層厚と対策効果の違い、液状化強度

と対策効果の違いなどをケースごとにモデル化し解析を行う。図1に解析の流れを示す。

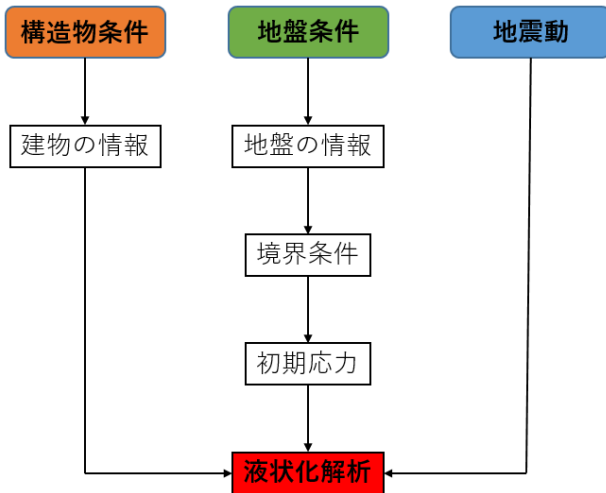


図1 LIQCA 解析の流れ

5.土の構成式

砂の動的挙動を表現する構成式には様々な種類のもが提案されているが、液状化に伴う地盤の地震中の変形を再現するには、繰返し载荷中に発生するある程度のひずみレベルまでを再現できるモデルが必要である。LIQCA では、この条件を満たす砂の構成式として、繰返し弾塑性モデルを用いている。このモデルをベースに、より多様な砂の繰返し挙動を再現できるように、種々の拡張を行ったものである。この構成式には以下のような特徴がある。

- (1) 応力パラメータとして相対応力比を用いており、主応力の回転などの多次元応力状態を考慮できる。
- (2) 硬化則として非線形移動硬化則を用いており、繰返し载荷時において応力反転時に硬化パラメータを初期化する必要がないため、地震時の様なランダムな载荷条件に対して適用性が高い。
- (3) 境界曲面として過圧密境界面を導入し、これにより変相応力比を決定することで、過圧密に伴うダイレイタンス量の減少などを表現できる。
- (4) 一般化した流動則を用いることにより、種々の砂が有するストレスダイレイタンス関

係を再現することができる。

- (5) 塑性ひずみ量に依存したせん断係数を用いることにより、せん断ひずみ 10%程度までの砂の挙動を再現することができる。

6. 要素シミュレーション

本研究では、二次元有効応力解析プログラム LIQCA を使用する。LIQCA の概要として砂の構成式を用いた有効応力解析法に基づく有限要素解析プログラムである。液状化解析を行うにあたって、地盤の材料パラメータを設定する必要があるため要素シミュレーションを行った。要素シミュレーションとは土の室内せん断試験を模擬することである。要素シミュレーションは構成則のパラメータを設定する際に、構成則の挙動を確認するために行われる。構成式は、砂の繰返し弾塑性モデルを用いて要素シミュレーションを行った。本研究では三河珪砂6号を使用するため、既往の研究をもとにパラメータ数値を設定した。解析条件における試料の物性、動的解析のパラメータを（表1）と（表2）に示す。

表1 動的解析パラメータ

パラメータ名	三河珪砂6号	
初期間隙比	e_0	1.456
圧縮指数	λ	0.05
膨潤指数	κ	0.006
無次元化初期せん断剛性	G_0/σ_m	68.027
疑似化圧密比	OCR	1.2
変相応力比	M_m	0.91
破壊応力比	M_f	1.2
硬化関数中のパラメータ	B_0	1500
	B_1	30
	C_f	0
異方性消失パラメータ	C_d	2000
ダイレイタンス係数	D_0	1
	n	4

表 2 三河珪砂 6 号の物性値

パラメータ名	三河珪砂 6 号	
土粒子密度	ρ_s	2.62g/cm ³
平均粒径	D_{50}	0.22mm
透水係数	k	5.5×10^{-3} cm/s
均等係数	U_c	1.79
曲率係数	U_c'	0.926
最大間隙比	e_{max}	1.04
最小間隙比	e_{min}	0.65

(図 2) のグラフにおいて、線が三河珪砂 6 号の動的解析パラメータ、点が中空ねじり試験で得られた値である。

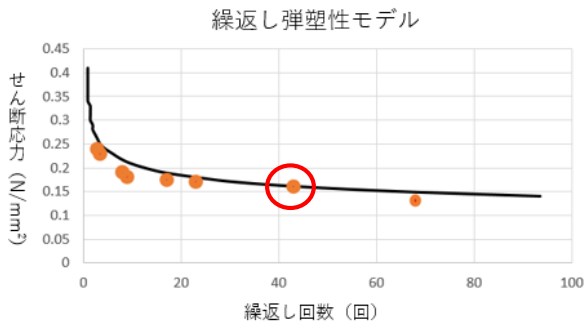


図 2 液状化強度曲線

線を点が下回ることにより液状化が発生するため、動的解析パラメータ数値を変更していき液状化強度を求める。実際行った結果、硬化関数中のパラメータ数値を変更することにより液状化強度を得ることができた。

7.メッシュ作成

検討断面については同研究室の学部生との比較を図るため、同様の物を参照した(図 3)。液状化による構造物被害を評価するために、木造二階建て住宅を想定した。なお、本研究では盛土のみ(盛土①部分)に対しての再現解析を行う。

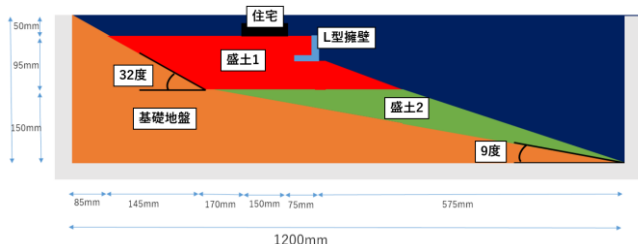


図 3 検討断面の概要図

CAD で図形を作成した後、各図形の分割数を決め作成していく。今回のメッシュについては盛土材料を二分割した。完成したもの(図 4)の節点数および要素数は、それぞれ 3560 および 3675 であり、1 回の解析で 30 分ほどかかると予想される。ここから材料値を入力していき、解析を進めていく。

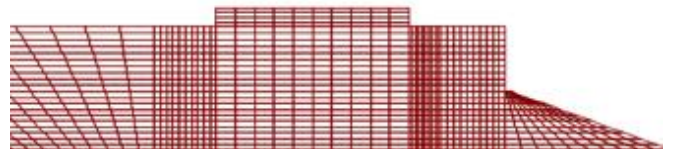


図 4 有限要素メッシュ

8.初期応力解析

初期応力データを作成する弾塑性解析プログラムである。荷重として要素の有効重量や節点力を考慮した静的解析を行う。計算ステップ数を多く取ることによって逐次非線形解析が可能である。解析方法としては、既存の地盤データをもとに入力データを作成する。本コードで使用するファイル一覧を(表 2)に示す。

表 2 本コードで使用するファイル一覧

機番	ファイル	形式	内容
入力			
1	入力データ	text	
出力			
2	lst	text	結果リスト
9	pst	text	全節点、全要素の結果、2dpst 入力用
10	str	text	全要素応力値、liq2d 入力用

それぞれの材料を弾完全塑性モデル(住宅)、弾性材料(盛土)、ビーム材料(L型擁壁)に分類し、入力データファイルを作成していく。対話形式により解析を実行し、計算ステップ数は 100 回とする。ここでのステップ数とは非線形解析時の荷重の分割数である。既往の解析事例では 100 ステップ程度で安定した解が得られている。なお、1 とすると線形解析となる。

9.模型加振実験の再現解析

再現解析を行うにあたり、新たに入力データファイルを作成する必要がある。入力データのほかに初期応力データおよび地震波データが必要となる。地震波データについては模型加振実験と同様のデータを参照した。震度 6 強程度の大地震を想定し、500gal,周波数 10Hz,入力時間 4 秒の正弦波を入力した。入力地震動の波形を(図 5)に、諸元を(表 3)に示す。

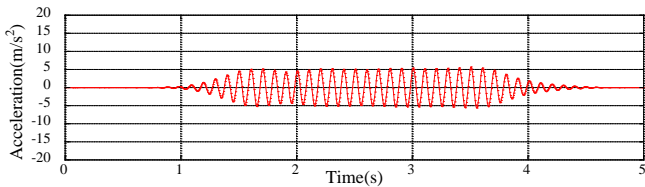


図5 地震動波形

表3 入力地震動の諸元

最大加速度	500gal
周波数	10Hz
入力時間	4s
震度	震度 6 強

10.解析結果

解析結果として、解析後の CAD モデルを図 6 に示す。

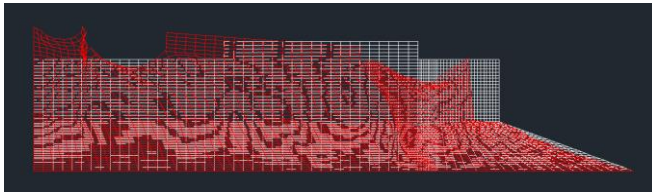


図6 解析後の CAD モデル

赤線で構成されたモデルが形状変化後である。全体的に左下に向かって沈下していることが読み取れる。

11.考察

結果にあるように解析後のモデルは全体的に左下に向かって沈下していることが確認できるが、斜面地に造成された盛土ということもあり、本来であれば逆の右下方向に向かって沈下していくのが正しいのではないかと考察する。その上で、異なる地震波データを用いて再解析を行った。解析の結果、右下方向へ沈下しているモデルが得られた (図 3.4)。入力した地震波データを確認すると加振度が傾いていることが確認できた。

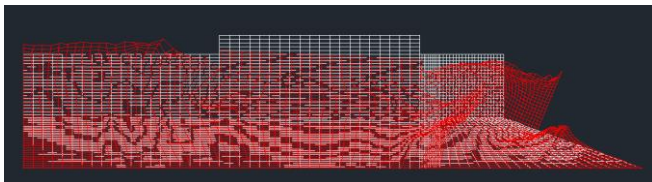


図 3.4 異なる地震波データを用いた解析後のモデル

異なる地震波データを用いたモデルを見ると斜面に沿って沈下、変形していることが確認できる。住宅は不等沈下しており、住宅直下の地盤が沈下した際に、住宅左の地盤が隆起し、左辺が拘束されている

ことから左に流れた地盤が行き場を失ってしまったからだと考える。また、L型擁壁が盛土斜面に沿って流動していることも原因だと考える。このように本来の解析と比較すると大きく異なる結果が出てしまったため、地震波データに偏りがあるのではないかと考える。

12.まとめ

- ・同様の盛土で解析を行った結果、地震波データに偏りがあることが分かった。
- ・不等沈下はL型擁壁が盛土斜面に沿って流動した事と、左に流れた地盤が行き場を失ってしまったことが原因だと分かった。

13.今後の展望

今回解析を行った盛土地盤は検討した地盤の一部である。その為、他の地盤材料も含めた場合の解析も行う必要がある。また、その他にも大規模造成地中を想定し、隣り合う住宅などの影響を考慮した解析や、実寸大スケールでの解析も必要であると考えられる。また、盛土の拘束圧依存性の有無にも触れていないため、盛土の拘束圧依存性の有無について解析することにより、研究目的が更に明確に検証できると考える。

謝辞

本研究を進めるにあたり、余川弘至准教授には様々な助言、ご意見を頂きました。本当にありがとうございました。

参考文献

- 1) 一般社団法人 LIQCA 液状化地盤研究所：LIQCA2D21(2021年公開版)資料, 2021.
- 2) 地盤科学研究所：LIQCA 解析シュミレーション LIQCA 数値シミュレーション地層科学研究所, (geolab.jp), (参照日 2022-12-20).
- 3) 国土交通省：宅地防災(液状化現象について), (https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_fr1_000010.html), (参照日 2022-12-20).
- 4) 名古屋大学大学院工学研究科社会基礎工学科 小林直樹：供試体作成方法およびせん断方法の違いが砂の液状化強度特性に及ぼす影響.
- 5) 福島宏文, 佐藤厚子, 林宏親, 橋本聖, 梶取真一：盛土の被害, 寒地土木研究所月報, 2012.

杭の先端支持力の測定及び杭の形状変化による支持力の変化についての研究

EC19060 廣瀬 響大

1. 研究背景

現在、日本の人口の3割にあたる約3,800万人が、地震で揺れやすい軟弱な地盤の上に住んでいることが分かっている。軟弱地盤は主に谷地や氾濫低地、海岸低地などの低地に多く存在し、巨大地震に見舞われると甚大な被害が生じる可能性が予測される。軟弱地盤で地震が起きた場合、強固な地盤よりも地震による揺れが増幅しやすい傾向にあり、家が傾いたりする住宅沈下が起きることもある。2011年3月11日に発生した東日本大震災によって起こった茨城県潮来市では、住宅沈下被害が確認された（写真1(a) および (b) 参照）。その他にも建物が大きく傾く例が多発し全国で23,000軒を超える住宅が被害を受けた。災害が起きた際に軟弱地盤は強固地盤に比べ甚大な被害を受けることが想定される。



(a) 建物被害 (b) 建物被害

写真1 東日本大震災における住宅沈下被害

2. 目的

軟弱地盤では上部構造物を支えるため強固な地盤に杭を貫入させることが必要とされている。杭を強固な地盤まで施工し上部構造物を支えることで、地震が起きても倒壊しにくくなり、住宅沈下を防ぐことができる^{1),2)}。しかし杭を貫入する際の既製杭工法では掘削した部分をセメントミルクと杭に置き換えるため、汚水や汚泥などの産業廃棄物が出てきてしまう。そこで産業廃棄物を減らすため、近年では支持力の高い杭が開発されており杭1本当たりの支持力を大きくすることが求められている。

本研究では、支持力が高くなるメカニズムを模型実験を通して把握することが目的である。

3. 研究条件

今回は、3次元(以下、3D)プリンターの性能上、直径30mmのストレート杭を作成し模型実験を行う。3Dプリンターで用いる材料はPLA樹脂を用いる。表1にPAL樹脂の物理特性を示す。

表1 PAL樹脂の物理特性

名称	印刷温度(°C)	密度(g/cm³)	吸水率(%)	引張強さ(MPa)	破断点伸び(%)	衝撃強度(J/M)
PLA樹脂	170-200	1.25±0.03	0.5	≥60	3.0以上	0.16

載荷試験で用いる地盤モデルは粒度等が十分に管理され販売されている、三河珪砂6号を使用する。表2三河珪砂6号の物理特性を示す。

表2 三河珪砂6号の物理特性

名称	土粒子密度(g/cm³)	最大間隙比	最小間隙比	均等係数	曲率係数	細粒含有率(%)
三河珪砂6号	2.62	1.04	0.65	9.2	0.0175	6.0

支持力を求める上で一般的に用いられている極限支持力公式を式(1)に示す。ここで、 R_u は極限支持力、 α は基礎杭の先端付近の地盤における支持力係数、 \bar{N} は基礎杭の先端付近の地盤の標準貫入試験による打撃回数の平均値、 A_p は基礎杭の先端の有効断面積、 β, γ は工法ごとの周面摩擦力係数、 \bar{N}_s は杭周面の砂礫地盤のN値、 L_s は杭周面の砂質地盤の長さ、 \bar{q}_u は杭周面の粘土地盤の一軸圧縮強度、 L_c は杭周面の粘土地盤の長さ、 ϕ は杭の周長、である。

$$R_u = [\alpha \bar{N} A_p + (\beta \bar{N}_s L_s + \gamma \bar{q}_u L_c) \phi] \dots (1)$$

今回の試験では、摩擦力はかからないため極限支持力を次式で求める。式(2)に示す。

$$R_u = \alpha \bar{N} A_p \dots (2)$$

式(2)から、自作した杭の支持力を求める。数値を当てはめた計算式を(3)に示す。ここで、 R_a は長期の許容支持力を示す。

$$R_a = \frac{(200 \times 1 \times 0.000706)}{3} = 0.0471 \text{kN} \dots (3)$$

式(3)より、今回の試験で用いる杭の許容支持力は、0.047kN、極限支持力は、0.141kNである事が分かった。

4. 試験手法

本研究では、松岡らの研究³⁾を参考に Autodesk Fusion 360 用いて杭の設計を行い、3DCAD で杭を作成する。そして自作した杭で模型実験を行う。

CBR 試験機を用いて載荷試験を行えるか検討した。CBR 試験機を用いた載荷装置の概念図を図 1 に示す。変位-荷重関係から支持力を求めるため圧力計と変位計を用いて試験を行う。試験容器は一辺 150mm の立方体の容器を使用する。

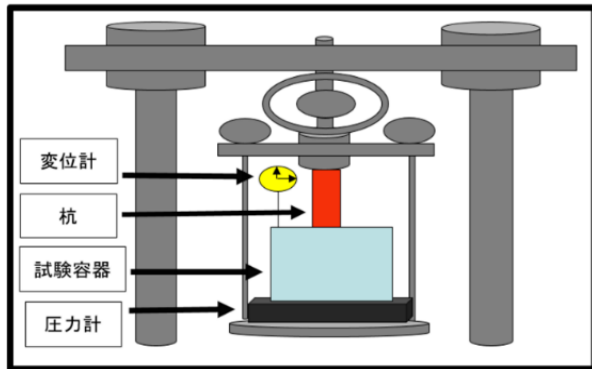
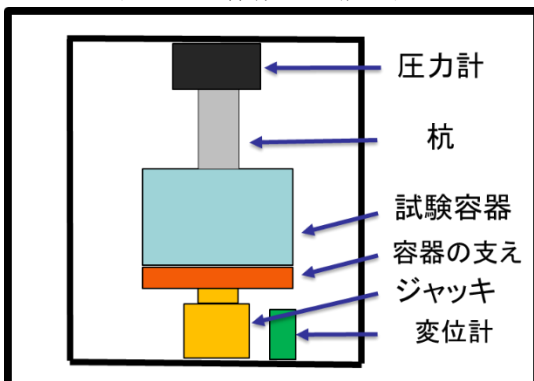


図 1 CBR 試験機を用いた載荷装置の概念図

CBR 試験機を用いて載荷試験を行えるか検討した結果、載荷試験で測定する荷重が少なすぎるため測定することができず、試験に用いることが出来なかった。そのため、載荷試験機を自作して試験を行うことにした。

載荷試験機を作成するにあたり、穴あきアングルを用いて外枠を作成する。3DCAD 用いて作成した杭の極限支持力は 0.141kN であり、机の上にアングルを置き、スパン長を 150mm に調節しスパン中央に荷重をかけた。その結果、穴あきアングルは約 0.22kN の荷重でたわまないことが目視で確認できた。試験の荷重ではたわまないことが測定できたため、載荷装置を作成する。試作機 1 の概念図を図 2 に示す。

図 2 試作機 1 の概念図



試作機 1 では、穴あきアングルで縦、横 300mm、

高さ 400mm の外枠を作成した。試験容器は、CBR 試験機を用いた模型実験で使用した容器と同様のものを用いる。載荷試験では、ジャッキで試験容器を下から押すことで杭の載荷を行う。載荷時のジャッキで試験容器を押し上げた際に破損しないよう 3D プリンターで容器の土台を作成しジャッキにはめ込む(写真 2 参照)。図 3 に土台の設計図を示す。



写真 2 試験容器の土台

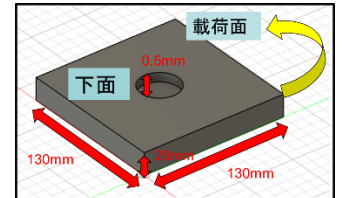


図 3 土台の設計図

試作機 2 を用いて載荷試験を行おうとしたが、縦 300 mm、横 300 mm、高さ 400 mm の外枠では、試験容器が不安定で鉛直方向に押すことが出来なかった。鉛直方向に安定して圧力を掛けられるよう、外枠を試験容器の縦、横のサイズと同じで、縦 150 mm、横 150 mm、高さ 430 mm、で再度作成した(写真 3 参照)。修正後の試験機概念図を図 4 に示す。

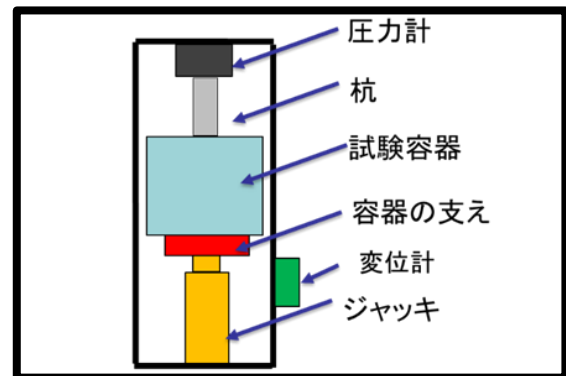


図 4 試作機 2 の概念図

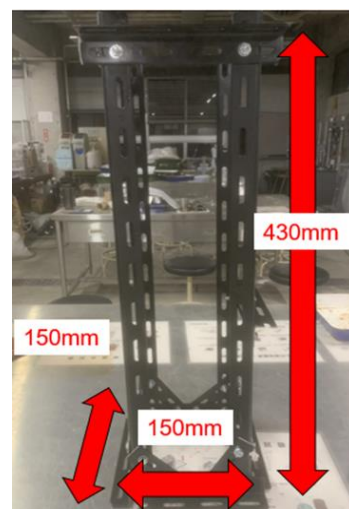


写真 3 試作機 2 で用いる外枠

試験機 2 では、ジャッキを固定するため、土台の設計を行った。側面には直径 6mm(以下 M6 とする)のネジ穴を作り、外枠に直接取り付けられるよう作成した(写真 4 参照)。図 5 にジャッキの土台の設計図を示す。

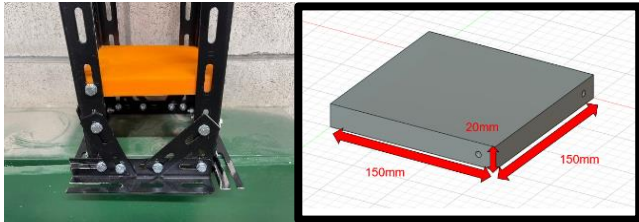


写真 4 ジャッキの土台 図 5 土台の設計図

荷重試験では、外枠の上部に圧力計(写真 5 参照)を固定し、その杭を接地し試験を行う。杭の上部には荷重計の凹凸に合わせた穴を作成した(写真 6 参照)。



写真 5 荷重計 写真 6 凹凸に合わせた杭

試験機 2 を組み立てて載下試験を行う(写真 7 参照)。荷重試験を開始直後、荷重計と杭の接地部分がズレて試験を適切に行うことが出来なかった(写真 8 参照)。

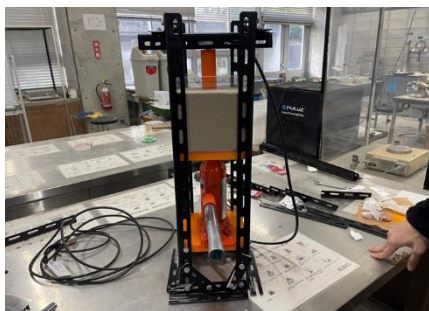


写真 7 試作機 2

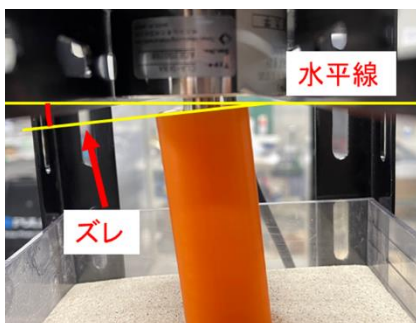


写真 8 荷重時のズレ

そのため再度、荷重試験装置の検討、改善を行った。試験機 2 では圧力計と杭の接地部部分が不安定で試験を適切に行えなかったため、杭を固定して試験を行えるよう設計を行った。試作機 3 の設計図を図 6 に示す。

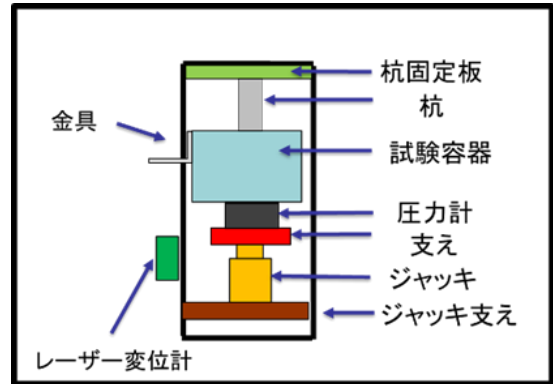


図 6 試作機 3 の設計図

試作機 3 で用いる、杭を固定するための板の設計を行った。側面に M6 ネジ穴を作成し、外枠に直接取り付けられるようにした。また、中心には杭を固定するための直径 25 mm の穴を作成した。杭径 30 mm の板に固定するための杭を設計した。杭の上部には、直径 24 mm のネジ穴を作成し、直径 24 mm のボルトも作成した。杭を固定するための板の設計図と板に固定するための杭を図 7、図 8 に示す。

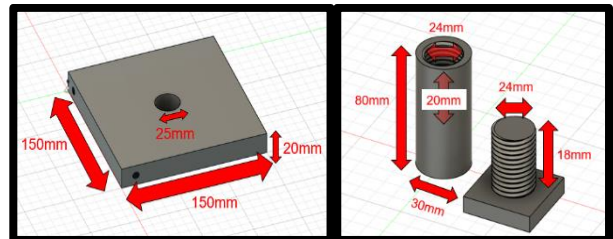


図 7 杭の固定版の設計図 図 8 杭の設計図

図 7、図 8 は、3DCAD を用いて作成した(写真 9、10 参照)。図 7、図 8 のように、中心に 25mm の穴を開けた杭を固定する板を作成した。杭の上端にはネジ穴をボルトで結合する方式を取ったのは、様々な形状の杭を固定し、試験に用いることを考慮した結果である。固定版と杭を組み合わせた状況を写真 11 に示す。

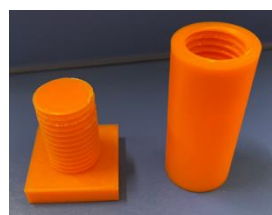


写真 9 杭を固定する板

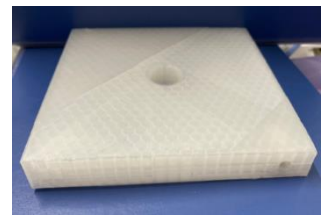


写真 10 杭の固定版



写真11 試験機3で用いる杭

試験機3では、試験機1で用いた試験容器を使用する。試験容器の内寸縦、横143mm、高さは116mm、三河珪砂6号を3,368kg投入すると地盤の相対密度は50%になった(写真12参照)。試作機3を組み立て、載荷試験を行う(写真13参照)。

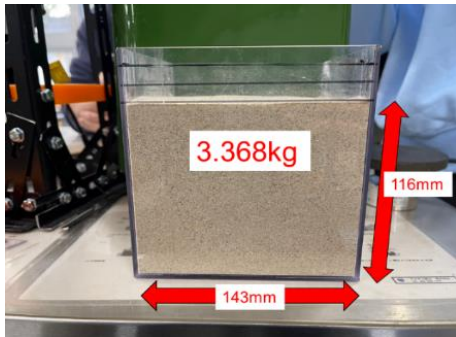


写真12 相対密度50%の地盤

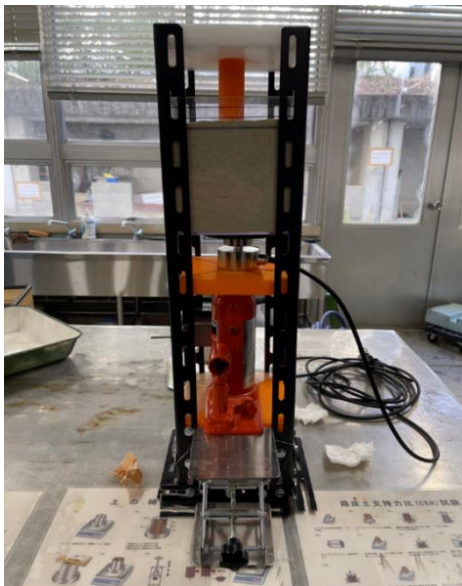


写真13 試作機3

載荷試験を行う際は、圧力計、変位計を用いて荷重-変位関係を測定する。また各測定器を用いる上で、データロガーを用いる。本実験では計測設定を10mSec、5,000ワードとし、1秒間に100個の実験データを測定できるものとし、動的モードで測定を行っていく。

5. 試験結果・考察

載荷試験の結果の荷重-変位図を図9に示す。

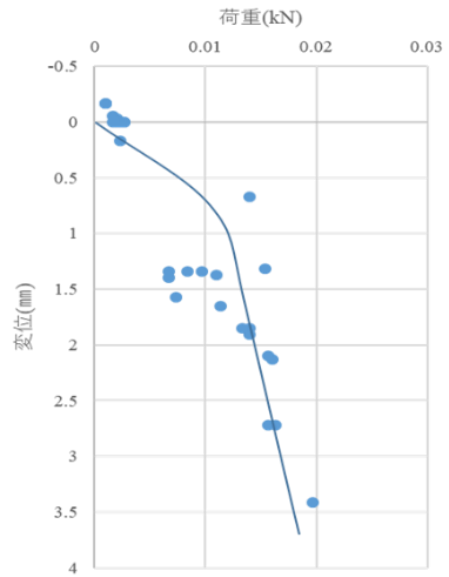


図9 荷重-変位図

試験機3を用いて載荷試験を行った結果、荷重-変位関係からN値2.5相当の模型試験だったといえる。自作した載荷装置は、杭の上部に24mmのネジ穴を空けることで様々な形状の杭を固定し、試験に用いることができて、容易に試験を行える。そのため、載荷装置を作成出来たことは大きな成果と言える。本研究では3次元で載荷試験を行ったが、杭の支持力公式は、2次元の式なので試験結果が合わないということが確認できた。載荷試験の変位150mmの箇所で荷重が抜けてしまっているのが読み取れる、その理由として、自作した試験機の治具の剛性が不足していたためだと考える。

6. 謝辞

余川先生、研究室のメンバーには大変お世話になりました。本当にありがとうございました。

【参考文献】

- 1) 破碎性地盤の工学的諸問題に関する研究委員会：破碎性地盤の工学的問題に関する研究委員会およびシンポジウム発表論文集，地盤工学会，1999。
- 2) 木村良介：破碎性土の力学特性と破碎性地盤の工学的諸問題，土と基礎，Vol.48, No.10, pp.3-6, 2000。
- 3) 松岡元，高木信宏，西井正浩：粒状体地盤の有効な支持力補強の方法，土木学会第47回年次学術講演会，III-577, pp1194-1195, 1992。

ブロック積み擁壁の破壊機構に関する実験と対策

EC19061 深見真涼

1. 研究背景

擁壁の地震被害は過去において多発している。日本では間知石(けんちいし)が石積擁壁の材料として多く採用されている。しかしそれらの多くは老朽化が著しいために、擁壁が崩壊する危険性が高いと判断される個所も少なくない。それらが原因で2015年熊本地震では、建築基準法や宅地造成等規制法に適合していない擁壁の崩落が多数ある¹⁾。また、2m以上の擁壁を作る際には建築基準法に基づき、建築確認申請が必要になるが、2m未満の擁壁については、工作物申請が不要で、検査済み証がない。また、2m以上の擁壁でも、古い造成地では検査済み証がないことも珍しくない。そのため、ブロック積み擁壁の安定性や耐震性能の確認、耐震補強等が今後の課題となる。写真1に地震による擁壁被害を示す。



写真1 地震による擁壁被害¹⁾

2. 研究目的

地震により既存不適格擁壁や老朽化したブロック積み擁壁の被害が多く報告されている。そのためブロック積み擁壁の安定性の評価方法や耐震性能の確認などが緊急課題となる。本研究の目的は、ブロック積み擁壁を対象として振動台を利用し、地震時における変形から崩壊に至るまでの挙動を確認する。また対策案を考え、比較し実験結果を明らかにすることである。そして地震による擁壁の被害を防ぐことに貢献することを目的とする。

3. 実験模型について

本研究に使用する擁壁模型は、熊本県益城町に設置されている被災したブロック積み擁壁の形状を参考にし、1/15スケールにしたもの(1ブロック:D25×W150×H20mm)を使用する。底版ブロックとして、高さ150mmの直角三角柱(底辺25×高14.5mm)の模型を用いた。使用するブロック模型は、コンクリートと単位体積重量の値に近いアルミニウムで作成した。実験模型の作成方法は幅1,200mm奥行き155mm高さ450mmの土槽内に盛土地盤を作成し、盛土斜面にブロックを擁壁角度60°になるように作成した。

本研究の地盤は、相対密度を均一にするため、空中落下法を用いて作成した。本実験の相対密度は60%に設定。地盤材料は三河珪砂6号を使用した。

本研究では、最も老朽化が進んだブロック積み擁壁を対象として実験を行う。空積み擁壁を最も老朽化したブロック積み擁壁として、空積み擁壁で実験を行う。実験模型を図1、写真2に、土槽の構成図を図2に、土槽の外景を写真3に示す。

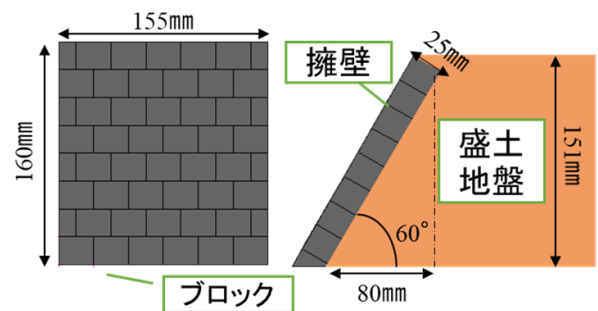


図1 実験模型

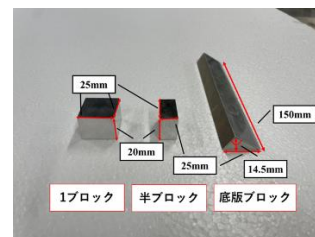


写真2 土槽の構成図

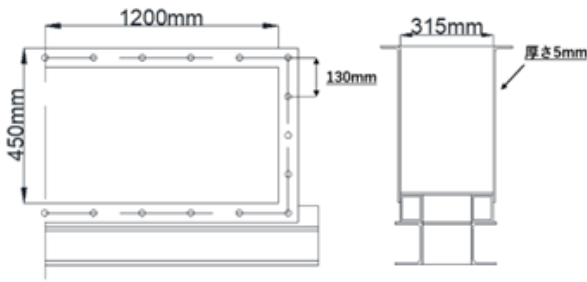


図2 土槽の構成図

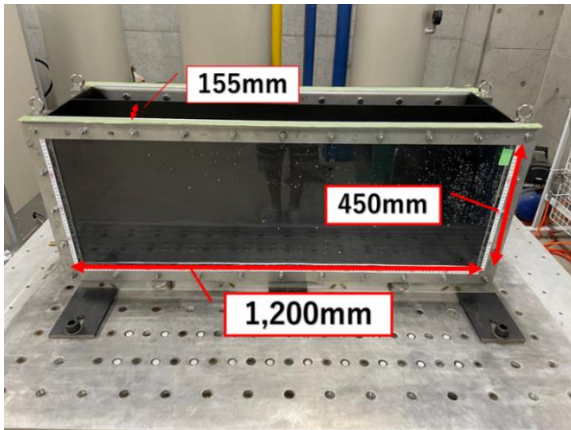


写真3 土槽の外景

4. 実験方法

本研究では、空積み擁壁を最も老朽化したブロック積み擁壁を対象とし、擁壁の変形から崩壊に至るまでの挙動を確認し、擁壁の安定性や保有耐力を確認するため実験を行う。ブロック積み擁壁の変形から崩壊に至るまでの挙動を確認するために、前面をアクリル板にした土槽(内寸：幅1,200mm×奥行き155mm×高さ450mm)を用いて模型実験を行う。実験時には、擁壁の挙動や地盤の変化を確認するために小型のカメラを設置する。また、擁壁や地盤の変化をより正確に確認するために、マーカーとして擁壁に色付きシールを貼り、動画解析ソフトによりマーカーを追跡し、変化を把握する。

本研究において対策案は、地盤改良の方法の中から緩い砂地盤に水をかけて締め固める水締め工法を採用。水締め工法とは地盤改良の方法の中から緩い砂地盤に水をかけて締め固める方法で、本研究で使用する三河珪砂のN値が4以下の為、三河珪砂6号は水締め工法に適していると判断した。盛土に水締め工法を用いて実験を行い、3つのcaseで比較する。

case1 では地盤条件を相対密度 60%目標に作成。相対密度を均一にするため、空中落下法を使用した。設定した相対密度にするために、約 17mm 間隔の層ごとに砂の量を計算し、空中落下法により一定の高さから砂を降らした。

case2 では水締め対策を行った模型で実験を行う。実験模型の地盤に 1.4L の水を注入。その後振動台を傾け 1 時間水を抜き、実験を行う。

case3 では case2 で水締めを行った際、地盤がほんのわずかに沈むため case1 との地盤の密度の差を計算し、case2 で行った実験の密度で乾燥砂を用いて再度実験を行う。

5. 実験データ

以下に加速度、動画解析の結果、考察を述べる。図3では case1 の加速度計の計測結果、図4では case2 の加速度計の計測結果、図5では case3 の加速度計の計測結果を示す。計測結果は全て 550gal の出力が出ており、これらは全て熊本地震の最大震度である震度7の揺れの強さである。

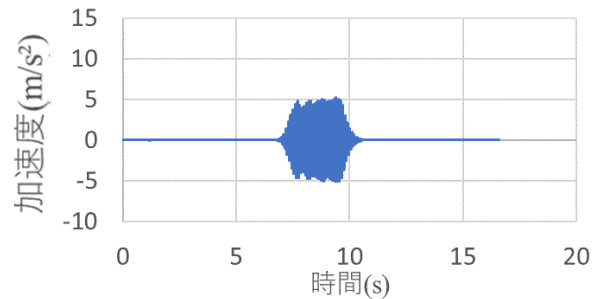


図3 case1 加速度計

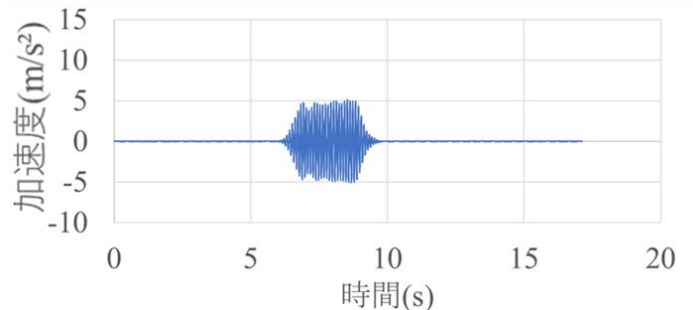


図4 case2 加速度計

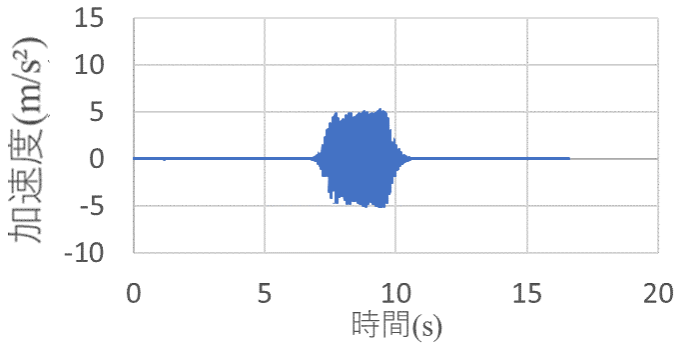


図5 case3 加速度計

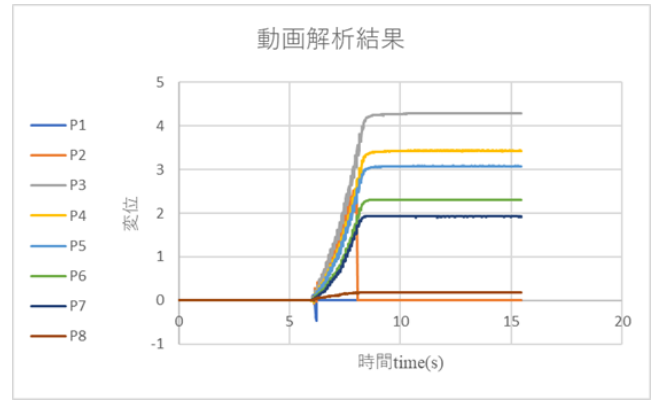


図7 動画解析結果

写真4に case1 の実験前後写真比較, 図6に動画解析結果, 写真5に case2 の実験前後写真比較, 図7に動画解析結果, 写真6に case3 の実験前後写真比較, 図8に動画解析結果を示す.

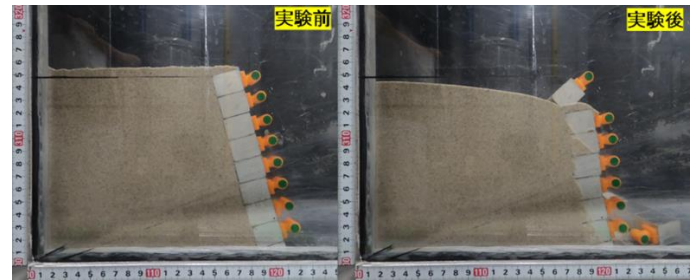


写真6 case3 の実験前後写真比較

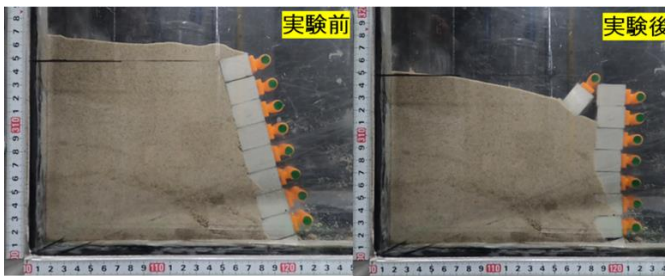


写真4 case1 実験前後写真比較

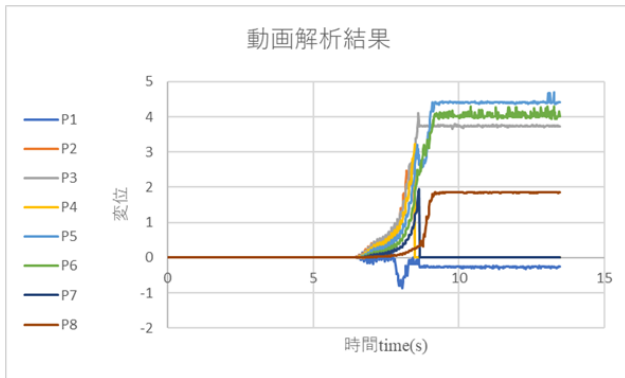


図6 動画解析結果

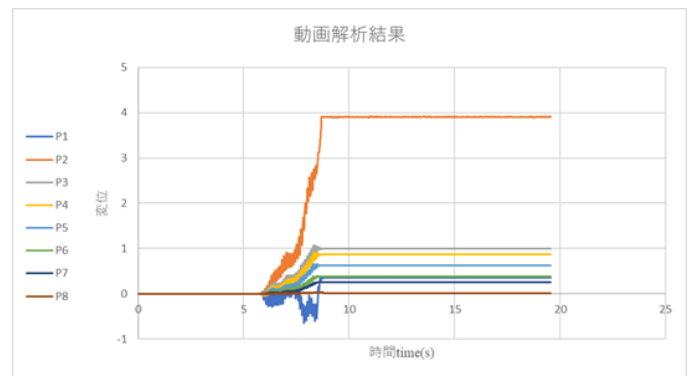


図8 動画解析結果

case1 では, 550gal の出力で7秒あたりに擁壁の崩壊が見られた.

case2 では case1 の地盤条件に水締め工法を用いて実験を行った.含水比は31%.飽和度は96%であり, 図4.7の7.5秒あたりで飽和状態になったと吉川の論文から考えられる.図9²⁾にグラフを示す.

case3 では case2 での密度を計算し乾燥砂で再現を行った.case1, case2 よりも変位が小さく擁壁の崩壊も遅れたため, 耐震性能は上がったと考えられる.変位の大きいマーカーと小さいマーカーがあることもわかる.

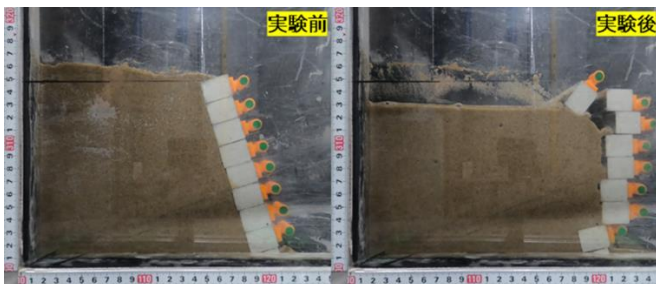


写真5 case2 の実験前後写真比較

		3号砂	6号砂	8号砂
飽和透水係数 m/s	k_s^w	4.06×10^{-3}	1.61×10^{-4}	2.21×10^{-5}

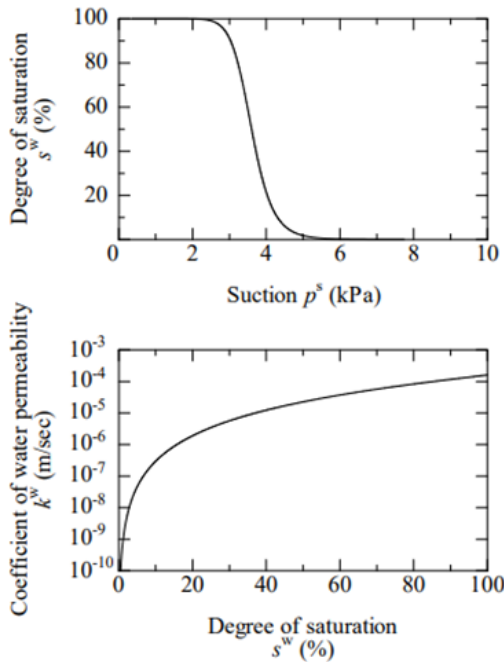


図9 不飽和透水係数の値グラフ²⁾

6. 実験結果

本研究では、模型実験の結果と地盤対策模型実験を比較し、水締め工法の適応範囲を明らかにすることを目的とした。さらに模型実験によって、擁壁の変形から崩壊に至るまでの挙動を確認し、擁壁の安定性を確認することを目的とした。模型実験を行い、模型実験と地盤対策実験と水締め工法を行った際の密度を乾燥砂で再現した結果の結論を以下に述べる。

模型実験

実験結果から擁壁は 550gal で崩壊に繋がったことがわかる。また、動画解析では最も大きく変位に変化が見られ、擁壁は大きく変形した。

地盤対策実験

締め固まった地盤ではサクシヨンの力が働き、土に粘着力が生じるため実験前では地盤対策を行った実験模型は擁壁の崩壊を防げると考えていた。しかし、水をかけすぎたり地盤に水が入りすぎたりすると地盤は飽和状態になってしまう。case2 の実験模型では、サクシヨンは失われて擁壁はあっという間に崩れてしまった。case2 での実験模型の地盤では、含水比 31%、

飽和度 96%となっていたため地盤が飽和状態になり、地盤軟化が発生したと考えられる。

地盤対策実験の密度を乾燥砂で再現した模型実験

地盤対策実験の地盤密度を乾燥砂で再度実験を行った際、地盤対策実験よりも擁壁の変位は小さくなった。今回の case3 の実験ではより、対策実験よりも変位が小さいため水締め工法はブロック積み擁壁には適していないと判断した。

7.まとめ

より強く地盤を締めれば、本実験地盤よりも頑固な地盤をつくることができる。その際には個々の土粒子間の距離も縮まるため、土粒子間に付着した間隙水を作るメニスカスが適度なサクシヨンを発揮すると考えた。しかしそれには適した自然含水比が必要と考えられる。よって密度が高い地盤がより、サクシヨンは大きくなり擁壁の崩壊を防ぐには適した地盤になるのではないかと考えた。

8.今後の課題

今回行った水締め工法の地盤改良は自然含水比が影響するため本実験の対策案には合っていなかったと考えられる。擁壁が崩壊すれば、建築物の倒壊や、最悪のケースでは人命が損なわれるリスクもある。擁壁の安定性や耐震性能の確認、耐震補強等、今後より良い対策方法が増えることを期待する。

9.謝辞

余川弘至准教授、意見をくれた先生方、研究室の友人、概要制作にあたりご協力感謝しています。ありがとうございました。

【参考文献】

- 1)熊本地震最前線レポート～益城町の惨状 <https://www.data-max.co.jp/article/10235> (参照 2022-04-25)
- 2)吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 崔瑛空気 ～水～土骨格連成有限変形解析を用いた透水模型実験のシミュレーションと浸透破壊メカニズムの考察 https://geoasia.jp/wordpress/wpcontent/uploads/2017/05/2016_chubu_jiban_sympo_3.pdf.(参照 2022-12-27) p2

砂質土が住宅沈下に及ぼす影響

EC19066 三木 将太

1.研究背景・目的

2011年3月11日に起きた東日本大震災では、関東地方で広範囲にわたり液状化被害が発生した。中でも千葉県浦安市は、約75%が埋立地であり、その全域で液状化被害が発生し、甚大な被害を受けた。震災後に浦安市の被災状況と液状化判定を比較した結果、既存の液状化判定手法では液状化の被災程度を過小評価してしまうことが指摘されている¹⁾。この現実と判定の乖離は、土の中に含まれる細粒土の評価方法にあると考えられている。土の中に含まれる細粒土の割合を示す細粒分含有率は、液状化発生の有無に大きな影響を与える指標であるが、十分な検討がされていない状況にある。そこで本研究では、細粒分と粗粒分を配合した混合砂を作成し、模型による振動台実験を実施する。実験結果から液状化現象にどのような影響が発生するのか確認することを目的とする。また、振動台実験を行うにあたって、細粒分が液状化現象にどれほど影響が出るのかを液状化判定式を用いて予測を行う。

2.研究方法

本研究では、異なる細粒分含有率の地盤を用いた振動台実験を実施し、地盤材料の細粒分含有率によって液状化発生にどのような影響が発生するか確認する。実験は、水平方向に加振可能な空圧式振動台とアクリルケース(内寸:幅295mm 奥行き295mm 高さ295mm)を使用し、1/40スケールの平面ひずみ条件で行う。地盤材料は三河珪砂6号に三河珪砂Lビフンを配合した混合砂を使用した。相対密度を均一にするため、水中落下法を用いて地盤を作成した。相対密度は50%に設定した。間隙流体には相似則を考慮した粘性流体を使用した。表1に今回実験で使用した試料の物理特性を図1に粒形加積曲線を示す。三河珪砂6号は、大半が中砂で構成されている。三河珪砂Lビフンは大半が細粒分で構成されている。

表1 試料の物理特性

	三河珪砂6号	三河珪砂Lビフン
土粒子密度 (g/cm ³)	2.62	2.57
平均粒径 (mm)	0.25	0.0185
最大間隙比	1.04	1.98
最小間隙比	0.65	0.85
細粒分含有率 (%)	6.00	98.3
粘土分含有率 (%)	0.00	20.0

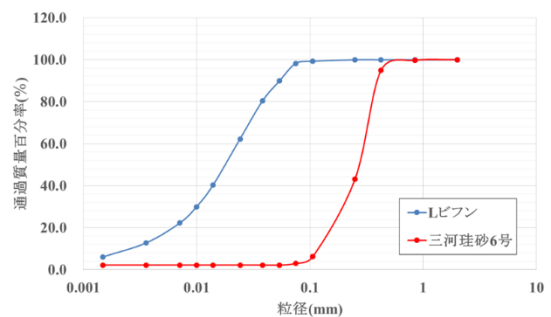


図1 粒形加積曲線

地盤を作成し、木造2階建てを想定した住宅模型を設置する。この住宅を、板厚15mmのアルミプレートでモデル化した。1/40スケールのため、住宅模型の接地圧が0.4kPaになるようにアルミプレートの厚さを15mmに設定した。

実験では住宅沈下や地盤変化を確認するため、小型カメラ(GoPro)及びレーザー変位計を設置する。加振実験中の応答加速度および過剰間隙水圧を測定するために、水圧計および加速度計を設置する。写真1に地盤材料模型(外景)を、図1に実験模型図を示す。

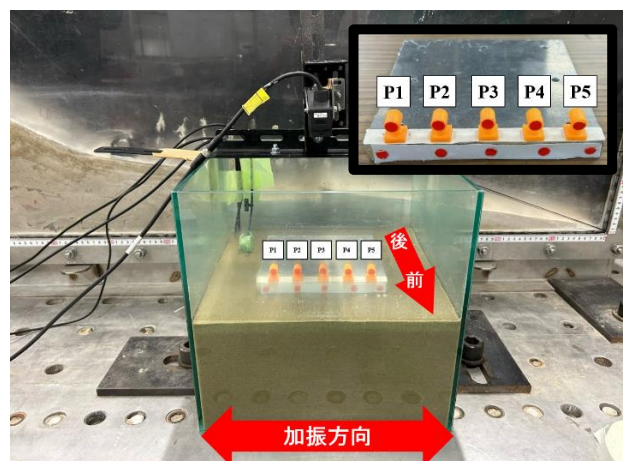


写真1 実験模型(外壁)

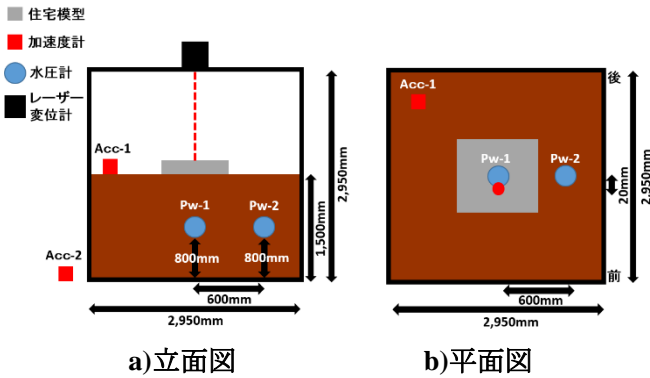


図 2 振動台実験模型図

3. 検討ケース

本研究では地盤条件を変化させ、計 4 ケースの実験を行う。表 2 に検討ケースを、図 3 に各ケースの粒径加積曲線を示す。CASE①では、三河珪砂 6 号のみの地盤、CASE②～④では三河珪砂 6 号に三河珪砂 L ビンを配合した地盤を用いる。CASE②～④では、地盤の細粒分含有率を変えることにより、液状化現象にどのような影響が発生するか確認する。

表 2 検討ケース

CASE	地盤材料	割合	細粒分含有率(%)	粘土分含有率(%)
①	三河珪砂6号		0	0
②	三河珪砂6号+三河珪砂Lビン	97.8 : 2.2	5	2
③		92.5 : 7.5	10	4
④		87.3 : 12.7	15	4.5

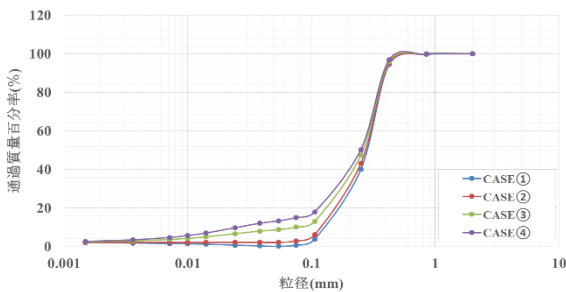


図 3 粒径加積曲線

地震動は全ケース同じ物を用いており、震度 6 強程度、地表面で最大加速度 500gal、周波数 10Hz、加振時間 4 秒の地震動を振動台に入力する。入力地震動波形を図 4 に示す。

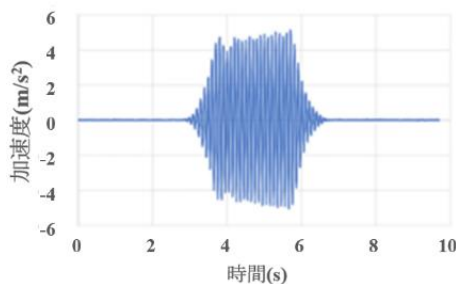


図 4 入力地震動波形

4. 結果

<液状化判定式>

今回行った実験の結果を液状化判定式(建築基礎構造設計指針 2019 参照)²⁾に当てはめ、細粒分が含まれることで住宅沈下にどれほどの影響が発生するのか、予測を行った。液状化危険度予測および液状化に伴う地盤物性と地盤変形量の予測方法を以下に示す。

【液状化危険度予測】

各深さにおける液状化発生に対する安全率 F_L を次式(1)により算定する。

$$F_L = \frac{\tau_L/\sigma_z'}{\tau_d/\sigma_z'} \dots (1)$$

ここに、 τ_d (kN): 水平面に生じる等価な一定せん断応力振幅、 σ_z' (kN/m²): 検討深さにおける有効土被り圧(鉛直有効応力)、 τ_L (kN/m²): 水平面における液状化抵抗である。

【液状化に伴う地盤物性と地盤変形量の予測】

各層のせん断ひずみが同一方向に発生すると仮定し、次式により下層から鉛直方向に積分して振動中の地表最大水平変位 D_{cy} (m) を式(2)により算定する

$$D_{cy} = \sum \left(\frac{\gamma_{cyi} H_i}{100} \right) \dots (2)$$

ここに、 γ_{cyi} (%): i 層の繰返しせん断ひずみ、 H_i (m): i 層の層厚である。

3.3 液状化判定式の結果

今回行った振動台実験のデータを基に、これらの式に当てはめた結果、以下の結果となった。表 3 に液状化判定式の結果を示す。

表 3 液状化判定式の結果

CASE	細粒分含有率(%)	F_L	D_{cy} (mm)
①	0	0.96	4.50
②	5	0.96	4.50
③	10	1.25	2.25
④	15	1.45	1.95

この結果から、 F_L 値が 1 を下回る、CASE①、②の地盤は液状化の可能性があると判断し、1 を上回る CASE③、④の地盤は液状化の可能性は低い。また、 D_{cy} から、地盤は細粒分含有率が増えるごとに地盤沈下量が減少する傾向にあると予測でき、それに伴い住宅沈下量も減少すると考えられる。

【振動台実験】

本研究では、細粒分および粘土分が液状化現象に与える影響を確認、検証するために 1/40 スケールの模型振動台実験を実施した。各種計測器を配置した地盤上に住宅模型を設置した状態で加振を行い、加振中の過剰間隙水圧の変化や、加振後の住宅模型の沈下量により、細粒分含有率の変化によって液状化現象におよぼす効果について検証を行った。また、実験で使用したレーザー変位計で住宅模型の沈下量を計測した。地盤の沈下量を計測するために土槽の前に取り付けた GoPro の動画で確認を行い、加振前の住宅模型に規準を決め加振直後の地盤を計測した結果、液状化が起り、住宅の沈下が見られた。表 4 に模型振動台実験の結果一覧を示す。実験では 120 秒までしか計測ができなかったため、一部のケースで過剰間隙水圧が完全に消散していない。そのためここでは加振中と加振終了後(以下、圧密と呼ぶ)の沈下量の 2 つに分けて整理する。図 5、図 6 に各ケースの過剰間隙水圧(図 2 中の Pw-1、Pw-2 の水

圧計)の時刻歴を示す。

表 4 模型振動台実験の結果一覧

CASE	細粒分含有率(%)	液状化現象の有無	加振中の沈下量(mm)	圧密沈下量(mm)	沈下量の合計	D_{50} (mm)
①	0	有	8.5	2.5	11.0	4.50
②	5		8.5	1.5	10.0	4.50
③	10		10.0	0	10.0	2.25
④	15	無	6.0	0	6.0	1.95

図 5、図 6 から過剰間隙水圧は、加振直後から上昇が始まるのがわかる。CASE①～③では過剰間隙水圧が有効上載圧(0.817kPa)を超えているため、液状化したと判断される。CASE④では過剰間隙水圧が有効上載圧(0.817kPa)を超えていないため、液状化しなかった判断した。図 7 に動画解析、図 8 にレーザー変位計による、各ケースの住宅沈下量の時刻歴を示す。また、動画解析で、アクリルケースの前面のキズ等でマーカーを追跡できなかったものは除いている。CASE②は GoPro への接続がうまくできず、45 秒までしか撮影できなかった。

CASE③のレーザー変位計は、加振後 60 秒前後で水位が上昇し、レーザーのターゲット面に水が浸入してし

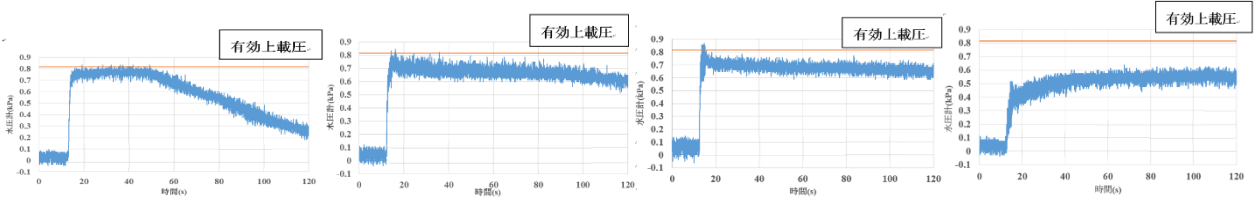


図 5 過剰間隙水圧の時刻歴 PW-1(左からケース 1, 2, 3, 4)

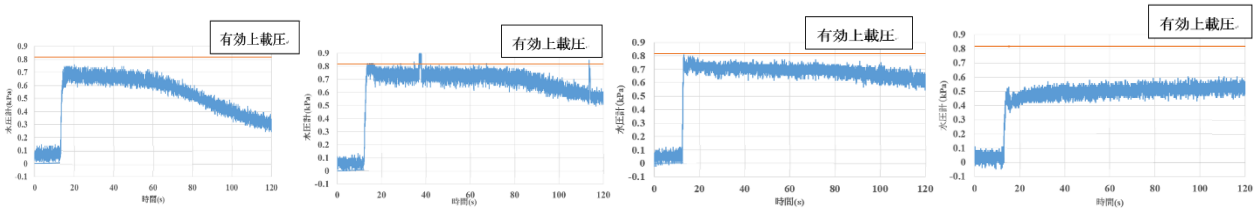


図 6 過剰間隙水圧の時刻歴 PW-2(左からケース 1, 2, 3, 4)

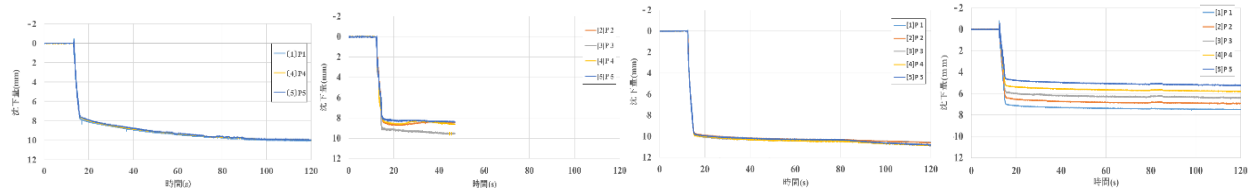


図 7 動画解析による住宅沈下量(左からケース 1, 2, 3, 4)

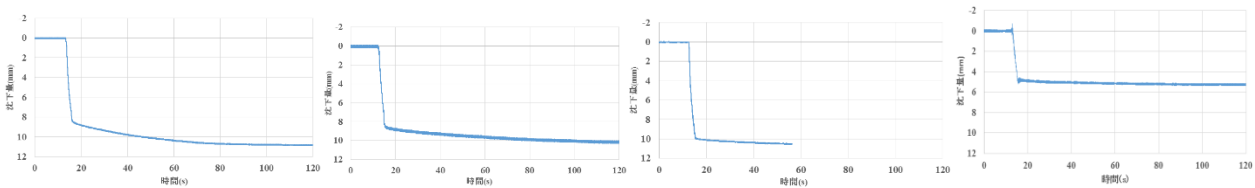


図 8 動画解析による住宅沈下量(左からケース 1, 2, 3, 4)

まった。この影響を受け沈下量がうまく計測できなかったため、それ以降のデータはグラフから削除している。CASE①は、加振後開始後水圧が上昇し、住宅の沈下が始まった。加振中の沈下量は 8.5mm、圧密中の沈下量は 2.5mm となり 120 秒後の沈下量は 11.0mm となった。CASE②も CASE①と同様に、加振後開始後過剰間隙水圧が上昇し、住宅が沈下し始めた。加振中の沈下量は 8.5mm、圧密中の沈下量は 1.5mm となり、120 秒後の沈下量は 10mm となった。CASE③は加振中の沈下量は 10mm と CASE①と CASE②に比べて大きくなった。一方圧密中の沈下量は 0mm となり、120 秒後の沈下量は 10mm となった。CASE④は、液状化には至っていないものの、他のケースと同様に加振中に大きく住宅が沈下し約 6mm 沈下した。また、動画解析の結果を見ると、P1 と P5 の沈下量に差があるため、住宅模型が沈下する過程で傾いていることがわかる。

各ケースの傾向を比較すると、加振中に生じる住宅沈下量は、圧密時に発生する住宅沈下量よりも大きく、また細粒分が増加するほど沈下量は小さくなる傾向がみられた。以下に実験結果と液状化判定式による比較結果を示す。

【実験結果と液状化判定式の比較】

算出した液状化判定式の結果と実験で得られた住宅沈下量を比較し、検証を行った。ここで沈下量は、家臣中のみを対象として整理をする。図 9 に実験結果と液状化判定式の比較結果を示す。図 9 は実験結果と D_{cy} の関係図であり、 D_{cy} と住宅沈下量が同一と仮定した線が図中の点線である。その結果、実験結果、液状化判定式共に、細粒分含有率が増加するほど沈下量が減少する傾向にあることが分かった。計算上の D_{cy} と加振実験の結果をプロットした近似線が緑色の線で表されている。これらの線から、 D_{cy} の約 3 倍の値が住宅沈下量に相当する結果となった。

5.まとめ

本研究では、三河珪砂 6 号に、三河珪砂 L ビフンを配合した混合砂を作成し、模型による振動台実験を実施した。細粒分含有率の異なる 4 ケースで実験を実施し、地盤挙動の違いや住宅沈下量を把握した。以下に本研究で得られた知見を示す。

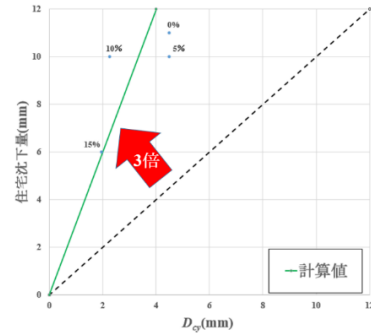


図 9 実験結果と D_{cy} の関係図

【過剰間隙水圧】

- ・地盤の細粒分含有率が少なくなるほど、加振後の消散が早く生じる傾向が見られた。

【住宅沈下量】

- ・地盤の細粒分含有率が増えるほど、住宅沈下量が小さくなる傾向がみられた。
- ・加振中の沈下量と加振後の圧密沈下量に着目すると、地盤の細粒分含有率が増えるごとに、双方の差が小さくなる傾向にある。

【実験結果と液状化判定式の比較】

- ・ D_{cy} と住宅沈下量を比較すると、実験結果、液状化判定式共に、細粒分含有率が増加するごとに沈下量が減少する傾向にあることが分かった。
- ・住宅沈下量を D_{cy} から予測できる可能性を示した。

5.2 今後の課題

今後の課題として、細粒分の中に含まれるシルト分、粘土分を変化させた地盤を作成し、それらが液状化現象におよぼす影響を検証する。今回は三河珪砂 6 号に、粘土分を多く含む三河珪砂 L ビフンを配合した混合砂を作成し、模型による振動台実験を実施した。しかし、シルト分を多く含む地盤や、シルト分と粘土分を配合し、細粒分含有率を変化させた地盤の実験は行っていないため、実施する必要がある。実験結果と D_{cy} の関係図に関しては、住宅の重さが変われば計算値の値が変わる可能性があるため、検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 山下隼史:異なる骨格構造を有する砂質土の液状化特性の評価, <http://civil.meijou.ac.jp/lab/kodaka/gakkaipdf/57jiban5.pdf>, (参照 2023/1).
- 2) 日本建築学会:建築基礎構造設計指針 2019, pp72-77.2019.

盛土造成地上の住宅被害対策

EC19071 森井涼太

1. 背景・目的

2011年の東日本大震災では浦安市などの海岸を埋め立てた地区や、2018年の北海道胆振東部地震では丘陵地の谷部を埋め立てた地区などで、地盤の液状化により住宅に被害を受けた(写真-1)¹⁾。これら2つの地震被害に見られる特徴は、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。傾斜地に造成された盛土は平坦地と異なり大規模な流動が起き、盛土上の住宅は甚大な被害を受けた。しかし、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。

そこで本研究では傾斜地における住宅に支持杭工法を用いた液状化対策を行い、傾斜地で液状化が発生した様々な条件下で支持杭工法の有効性を検討することを目的とする。



写真-1 液状化による住宅被害

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振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-2)。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發揮できるようにサンドモルタルで作成した。

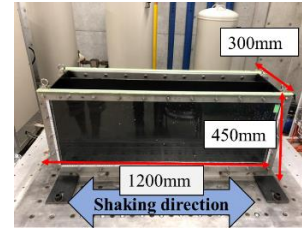


写真-2 実験装置

3. 検討ケース

本研究では地盤条件を変化させ、計5ケースの実験を行う。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日間放置しメニスカスによっ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、case4、case5はcase2と地盤作成方法は同じように行い、case3ではL型擁壁下、case4では住宅下、case5ではL型擁壁下、住宅下に杭を設置する。詳細は表-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。

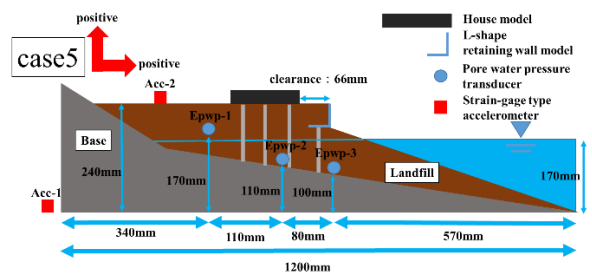


図-1 検討ケースの一例図

表-1 検討ケース

	地震動強度	盛土相対密度	地盤条件	住宅対策	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	なし	健全な盛土
case2			なし	なし	降雨直後地震	
case3			なし	あり		
case4			あり	なし		
case5			あり	あり		

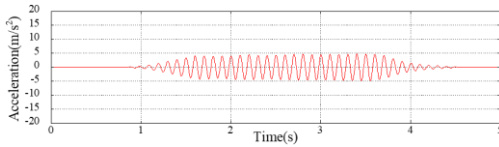


図-2 加速度の時刻歴

4. 擁壁モデル・住宅モデル・杭モデル

擁壁は、名古屋市宅造用L型擁壁²⁾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³⁾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を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。

杭は、支持杭工法を想定し、EAZET⁴⁾を参考に水平地盤での設計⁵⁾で行い、許容応力度以下に抑えられるように杭本数調整した。曲げ剛性EIを相似則に満足するように設計したが再現性の観点からステンレス製の丸棒を使用する。プロトタイプと比較すると3倍以上の剛性と、1.5倍の強度を有する。また、住宅と基礎地盤が剛構造になるようにデザインした。杭の固定条件として、住宅模型と基礎地盤を挟むようにボルトで30cN・mで統一し固定した。写真-4に模型を示す。

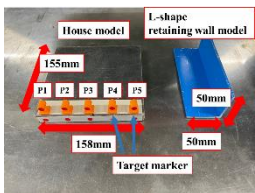


写真-3 住宅モデル

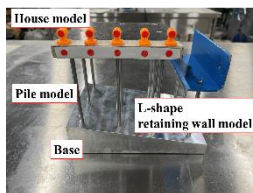


写真-4 杭モデル

・擁壁モデル

5. 結果・考察

図-3に各ケースの過剰間隙水圧（図-1中のEpwp-2の水圧計）の時刻歴を示す。紙面の都合上Epwp-2の過剰間隙水圧のみ記載する。図-3から過剰間隙水圧は、およそ1.3秒ほどから上昇が始まることわ

かる。住宅下の過剰間隙水圧を比較すると、case1を除いて、過剰間隙水圧が急激に上昇して概ね、Epwp-2が初期有効上載圧まで達しているため液状化が発生していることがわかる。また、杭を設置したcase3、case4、case5でも地盤が液状化しているため、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。case4、case5でのEpwp-2の過剰間隙水圧が初期有効上載圧に達していないことが確認できる。これは、以下の2つの原因で起きたと考えられる。地盤の流動によって上載圧が減少したことと、住宅荷重をすべて杭が負担したことによって過剰間隙水圧が初期有効上載圧まで達しなかったと考えられる。また、写真-5からcase4では最大12mm、case5では最大11mmの杭の抜け上がりが確認された。抜け上がり後の高さでは加振後有効上載圧に達しているため、住宅下の地盤も液状化しているといえる。

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では斜面側に残留変位とし25mm、case3では6mm、case4、case5は変位を確認することができなかった。住宅下の対策（case4）と住宅下、L型擁壁下の対策（case5）は降雨直後の地震であっても、健全な盛土（case1）と同様に住宅の水平移動を防げることができる。L型擁壁下の対策（case3）を行うことによって、住宅の水平移動量を軽減できることがわかった。

図-5に各ケースの住宅の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、最大21mm、case3は最大16mm、case4、case5では沈下は確認できなかった。また、case2では不等沈下が顕著に現れている。しかし、case3のL型擁壁下に杭を対策することによって不等沈下を多少抑えられることが確認できる。この不等沈下は以下の2つの原因によって起きたものと考えられる。住宅下の地盤、L型擁壁下の地盤が基礎地盤の斜面に沿って滑り流れたものによって起きたものと、盛土層の高さに違いがあるために起きたものの2つと考えられる。図-5から、過剰間隙水圧が上昇し始めると沈下が始まることわかる。

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 (case2、case3) での比較を行うと、L型擁壁下に杭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型擁壁が住宅直下の地盤を支えることができ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。対策下の比較 (case3、case4) を行うと、住宅下に対策を行うことによって住宅の水平移動、沈下は抑えることが可能である。

6. 実験前後の変形状況

写真-5 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のが確認できる。このことによって、住宅が斜面側に移動し、さらに不等沈下を起こしてしまう結果になったと考えられる。case3 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。これに伴って、不等沈下も抑えられている。case4 の住宅下の対策では、L型擁壁が移動しているのにも関わらず、住宅の水平移動、沈下ともに確認できない。case5 での住宅下の対策、L型擁壁下の対策でも対象構造物の移動は確認できず、住宅被害は確認できない。しかし、case4、case5 で地震による住宅被害は確認できないが地震によって液状化した地盤で杭の抜け上がりが生じた。case4 では最大 12mm、case5 では最大 11mm の抜け上がりが確認できた。杭を使用した対策として、抜け上がりの問題には注意する必要があると考えられる。

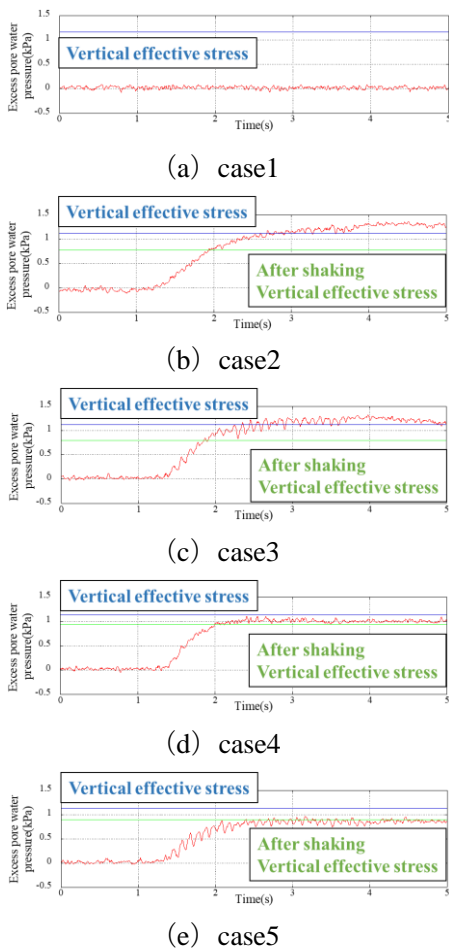


図-3 Epwp-2 過剰間隙水圧の時刻歴

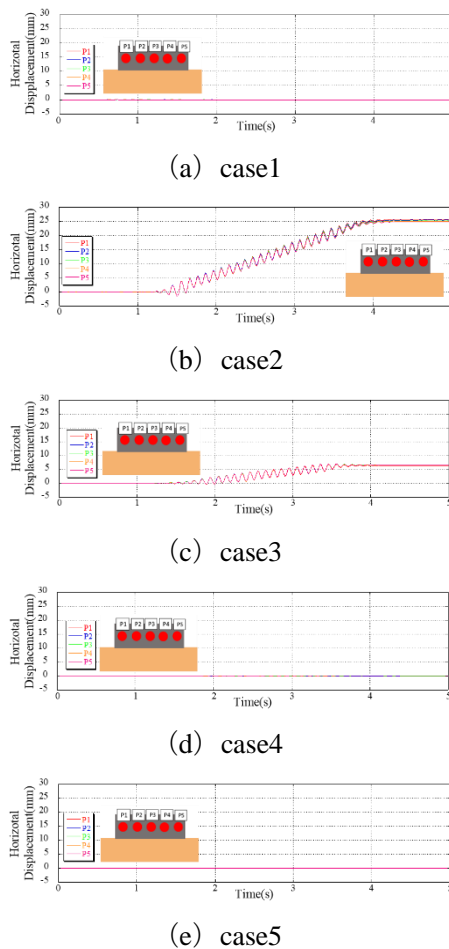


図-4 住宅水平変位の時刻歴

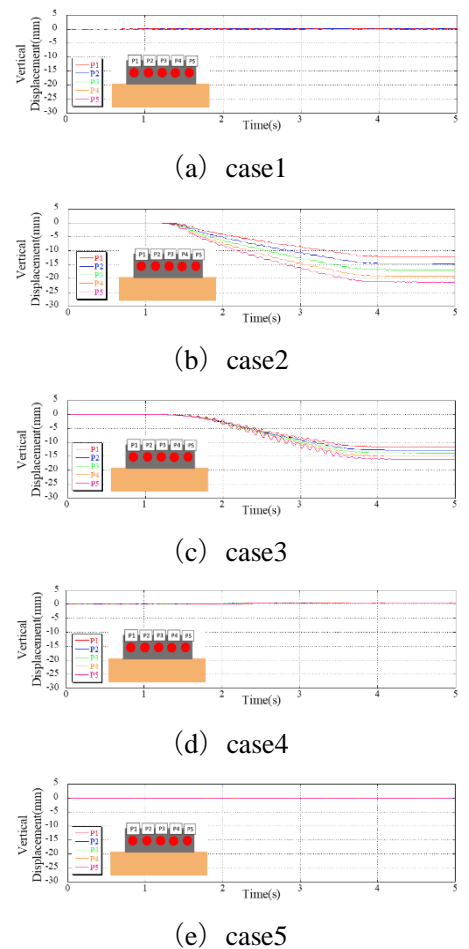


図-5 住宅鉛直変位の時刻歴

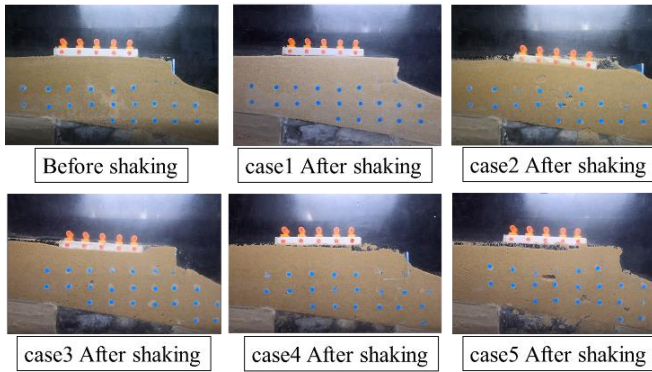


写真-5 実験前後の変形状況

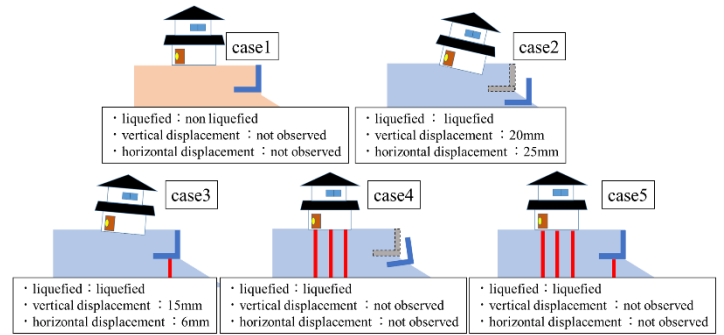


図-7 結果概要図

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。

- 健全な盛土 (case1) のように、降雨等の水を適切に処理することができ、盛土内が液状化しない条件であれば、住宅への被害は大きくなる。一方、降雨直後に地震が発生し、盛土内に雨水等が残存している場合 (case2) には、大きな住宅被害を生じる可能性が高い。
- L型擁壁下に杭の対策を行うことによって、降雨直後の地震 (case2) の被害より住宅水平移動を 3/5、住宅沈下を 1/4 軽減することができる。
- 住宅下に杭の対策を行うことによって、降雨直後の地震であっても、健全な盛土 (case1) と同程度であり住宅被害は確認できない。
- 住宅下に杭の対策を行うことによって、地震による住宅被害を防げるが、杭の抜け上がりが発生する。

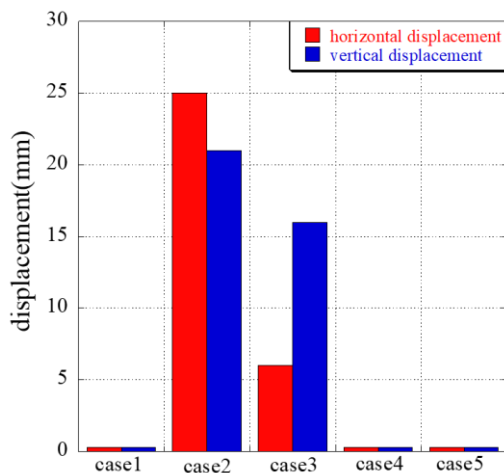


図-6 各 case の住宅の水平移動量と住宅沈下量

8. 今後の展望

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型擁壁下の対策によって住宅被害を軽減できることが確認できたため、擁壁と住宅の離間距離⁹⁾を変化させることや、盛土層の高さを変化させ住宅被害の軽減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・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) 右城猛: 擁壁の設計法と計算例, 理工図書, P397, 2014.
- 4) 旭化成建材株式会社: EAZET(鉛直支持力), <https://www.asahikasei-kenzai.com/akk/eazet/product/design>, (参照 2022-12-20).
- 5) 日本建築学会: 建築基礎構造設計指針, pp.270-278, pp.2001.
- 6) 安間匡志・余川 弘至・渡邊 翔: 地震時の擁壁不同沈下が住宅被害にもたらす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), No.20278, pp.555-556, 2020.

春日井市における 内水氾濫解析モデルの活用と改良に関する研究

中部大学大学院 工学研究科 建設工学専攻 横倉昌信
指導教授 武田 誠

1. はじめに

近年、我が国では豪雨災害が頻繁に発生している。平成 21 年から平成 30 年の 10 年間における全国の水害被害総額は約 2.5 兆円で、そのうちの約 3 割が内水氾濫によるものである。浸水棟数の合計は約 33 万棟であり、そのうちの約 6.5 割が内水氾濫による浸水棟数である¹⁾。平成 30 年 7 月豪雨及び令和元年台風 19 号による豪雨では西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨となり、東海地方では平成 30 年 6 月 28 日から 7 月 8 日までの総降水量が 1200mm を超える地域があるなど甚大な被害を受けた。また、令和 2 年 7 月豪雨では、内水氾濫による浸水被害は九州地方を中心に 20 府県 63 市町で発生し、住宅被害は全国で約 1.8 万戸であり、そのうち内水被害は 5.1 千戸であった。さらに、愛知県春日井市では、平成 23 年 9 月に発生した台風 15 号により甚大な被害を受けた過去がある。

このように内水氾濫は身近なものになっており、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。著者は、これまで、愛知県春日井市の南西部を対象に内水氾濫解析モデルの構築およびその活用について検討してきた²⁾。ここでは、この解析モデルをモデル 0 とする。モデル 0 は、都市の表面を 10m 格子で表現し地盤高を与え、河川および下水道のデータを整理して、その水理を解析する統合型氾濫解析モデルである。しかし、そのモデルには建物を考慮することができていなかった。

内水氾濫の場合、建物の屋根に降った雨は管を通じて下水道へ（春日井市の場合、道路側溝に流れて下水道へ）流れる。地上に降った雨は側溝に流れて下水道へ流下するが、屋根に降った雨の方が早く下水道へ流下することが考えられる。また、建物の存在により地上の浸水面積は低下することも考えられる。そこで、本研究では、建物の屋根に降った雨の取り扱いおよび建物が存在することによる氾濫格子の面積低下

を考慮し、それらの結果への影響を考察する。

中部電力株式会社は、スマートメータの活用として下水道内水位計測を展開し、春日井市と中部電力株式会社で締結された「ICT を活用した地域課題解決に関する連携協定」³⁾を進めている。また、水防法の改正⁴⁾では、水位周知下水道の指定と、雨水出水特別警戒水位の設定、水位情報の周知が示された。このような社会的な動きから、下水道内水位計測の重要性が認識され、計測の拡がり期待される。その場合の基礎資料として、浸水が生じている箇所や周辺の下水道内水位の変化を知ることは、今後の下水道内水位計測結果の活用に関与するものと考えられる。本研究では、浸水が生じる周辺の下水道内水位の変化を検討し、内水氾濫解析モデルの活用法を示す。

2. 内水氾濫解析モデル

河川は一次元不定流モデル、氾濫域の浸水解析にはデカルト座標系の平面二次元不定流モデルを用いる。氾濫域では下水道を考慮し、マンホールでは氾濫格子からの流入出を考慮した連続式を用いた。下水道管渠の解析には、スロットモデルを考慮した一次元不定流モデルを用いる。本研究では建物に降った雨は流入可能距離（50m）以内の最も近いマンホールへ流入するとし、地上の降雨は流入可能距離（150m）以内にある最も近いマンホールに流入するよう落ち込み流量を設定する。さらに、落ち込み流量の最大値を単位面積あたり 500mm/h と設定し、最大値までは陸域の浸水量をマンホールへ流下させた。ただし、マンホールが満水になった場合は流入しないものとする。なお、500mm/h は河川水位の一致度から求めた武田らの結果⁵⁾を参考に設定した。さらに、建物を考慮した場合、地上の氾濫解析において、建物面積を解析格子から減少させた。連続式に使用する格子幅を 10m 格子のまま使用したものをモデル 1 とし、建物の面積による流入幅の低下を考慮したものをモデル 2 とする。モデル 1、モデル 2 と同じ条件で建物に降った雨

の流入可能距離を 100m に変更したものをそれぞれモデル 1.1, モデル 2.1 とした. モデル 1, モデル 2 の下水道内の粗度係数を 0.020 から 0.025 に変更したものをそれぞれモデル 1.2, モデル 2.2 とした.

3. 解析条件

本研究では, 排水施設および貯水槽を考慮した. 図-1 に対象領域の地盤高と下水道管渠, 貯水槽, 排水箇所を示す. 降雨の情報は内水氾濫が発生した 2017 年 7 月 4 日の情報⁶⁾をティーセン法で区分した計算領域に, 各観測所の 10 分間雨量の観測データを与えた. 河川水位は, 地蔵川と八田川の下流に観測された水位を用いた. 図-2 に水位計設置箇所を示す. 水位計はマンホール内の最下部の足場に設置し, 水面から水位計までの深度を計測した. 図-3 にティーセン法を用いて区分した計算領域および雨量観測所, 落ち込み流量の範囲を示す.

4. GIS を用いた建物データの整理

本研究では阿部ら⁷⁾の研究を基に建物データを作成する. 建物データとして国土地理院の建物データを活用し, 建物面積および建物外殻長を求めた. さらに, 作業効率のため建物データを複数のエリアに分け, 格子幅を 10m に設定したインデックスフィーチャを作成し, クリップ機能を用いて建物データをエリアごとに分けた. その後, インターセクト機能を用いて建物一棟一棟を格子データで区分した. 区分された建物要素の面積と重心の座標を解析に活用した. GIS を用いた作業を行うことで, 解析に用いる建物情報が整理できることから, 他地域への適用も容易と考える.

5. 解析結果および考察

下水道内水位の比較として, 本解析結果, 現地観測結果, モデル 0 の結果の一部を図-4~図-6 に示す. 図-4~図-6 の赤色は現地観測による観測値であり, 設置高から上に水位が有るときに, はじめて計測される. したがって, 水位計設置高よりも下にある計算水位の妥当性は評価できない. 現地観測によって得られたデータと比較を行い, 本数値解析モデルの精度検証を行う. また, モデル 0 結果と比較し, 精度向上を図る.

下水道内水位のグラフから, 本解析モデルと現地観測の観測値からすべてのモデルにおいて, 初期の水位変動が一致し, 水位変動では概ね一致している地点が多い. 全体の建物を考慮していないモデル 0 と建物を考慮したモデル 1, モデ

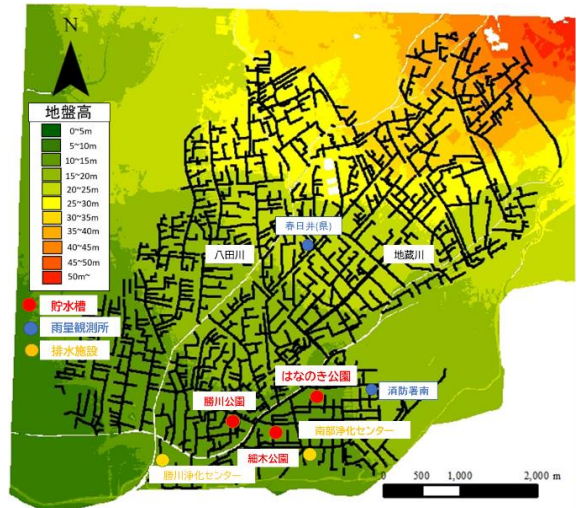


図-1 計算領域, 下水道管渠, 貯水槽, 排水箇所の情報



図-2 水位計設置箇所

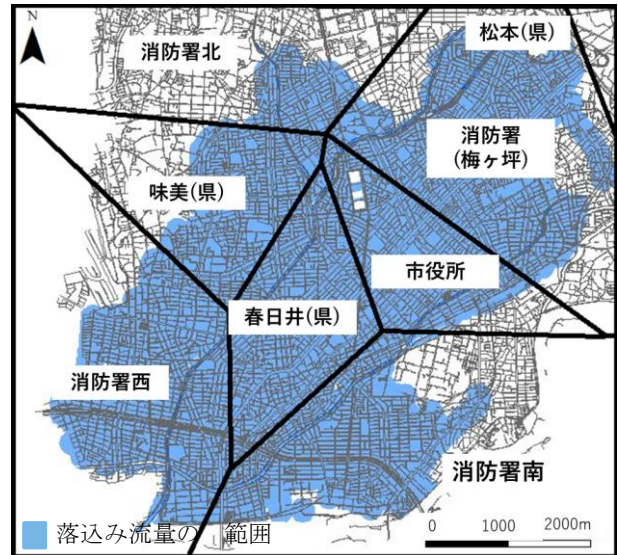


図-3 ティーセン法を用いて区分した計算領域・雨量観測所と落ち込み流量設定範囲

ル 2 を比較したが大きく違いは見られなかった. また, モデル 1 とモデル 1.1 での比較では大きな変化は見られなかったが, モデル 2 とモデル 2.1 の比較では A, F, G, I 地点でモデル 2 がモデル 2.1 に比べマンホール内水位が高くなっていることが確認された.

さらにマンホール内水位に見られる振動が粗

度係数が小さいからであると考え、粗度係数を0.02で解析を行ったモデル1, 2と粗度係数を0.025に増加させたモデル1.1, 2.2をそれぞれ比較した。モデル1.2はモデル1に比べ振動が穏やかになっていることが確認された。また、モデル2とモデル2.2との比較では、半数以上の地点で振動は穏やかになったが、反対に地点D, Fでは振動が激しくなってしまった。

モデル別の最大浸水深の一部を図-7~図-11に示す。モデル1, モデル2に比べモデル0は浸水範囲が小さく、浅い箇所が数カ所確認された(図の赤丸)。モデル1, 2は建物を考慮しているが、マ

ンホールから50m以内にある建物が考慮され、地上の面積が減少するため、浸水深が大きくなったと考える。また、建物からマンホールまでの流入可能距離を50mから100mに変更したモデル1とモデル1.1, モデル2とモデル2.1比較した場合、流入可能距離を100mにしたモデルで浸水範囲と浸水深が僅かに増加した(図の黄色四角)。これも流入可能距離を大きくしたことにより、考慮する建物の数が多くなり、地上の面積が小さくなったことが原因である。粗度係数を変化させた場合では、浸水深の大きな変化は確認されなかった。

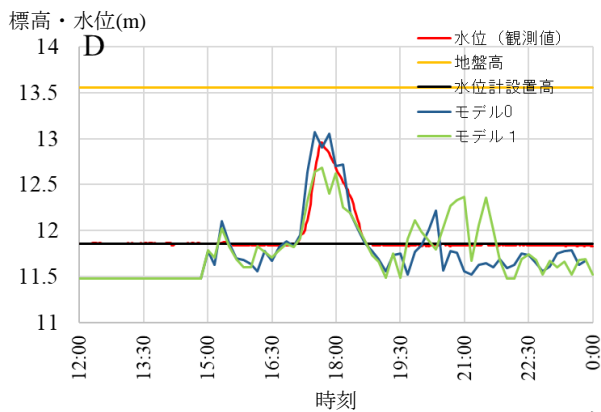


図-4 D地点の解析結果

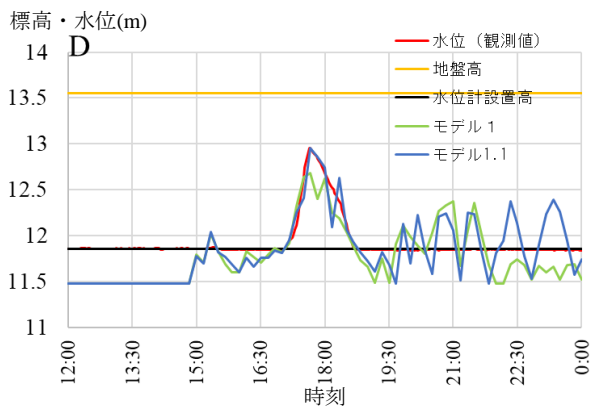
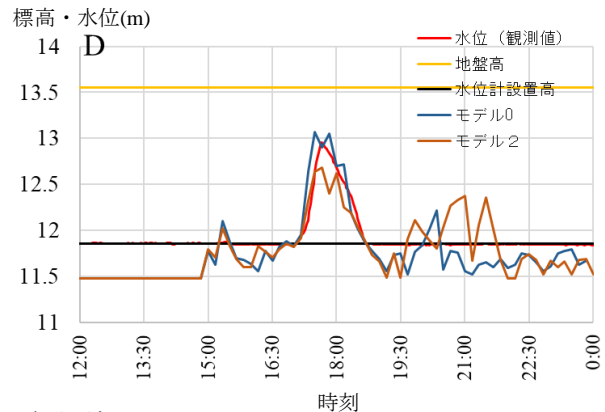


図-5 D地点の解析結果

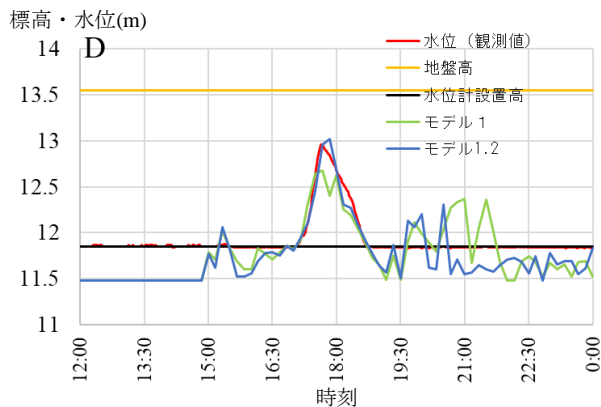
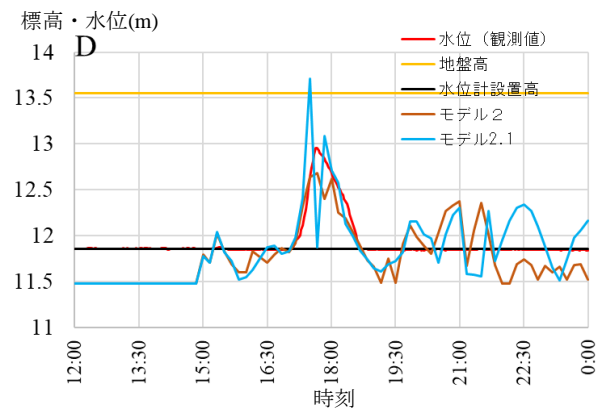
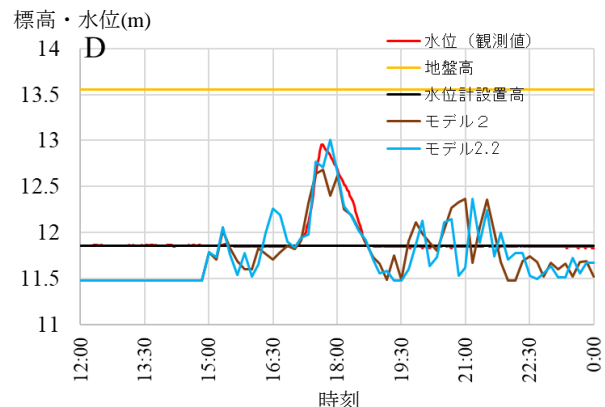


図-6 D地点の解析結果



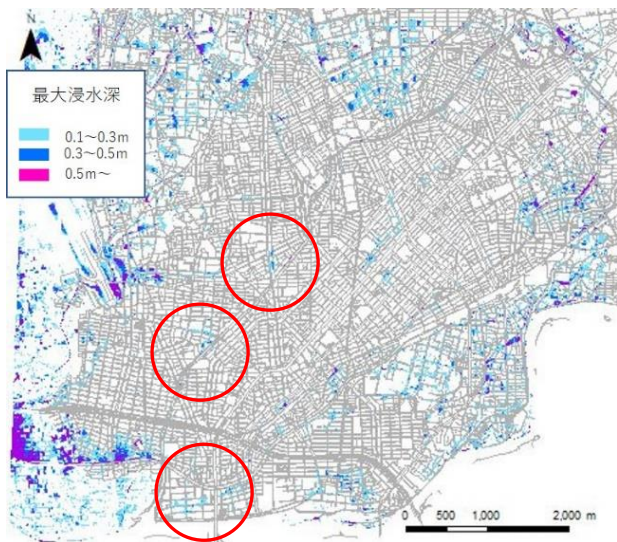


図-7 モデル0の最大浸水深

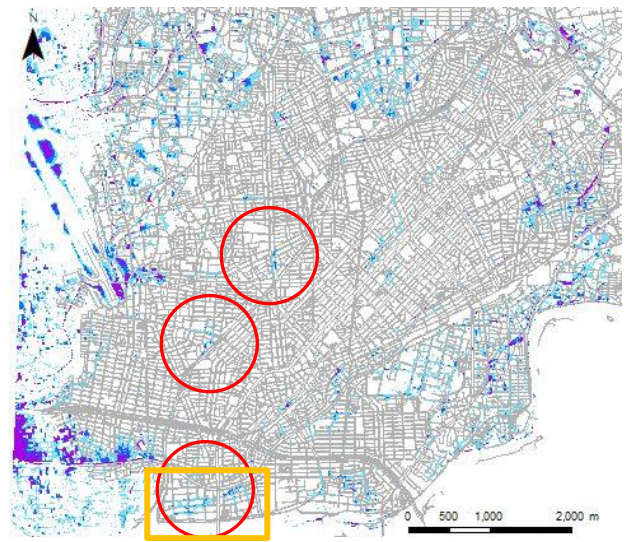


図-8 モデル1の最大浸水深



図-9 モデル2の最大浸水深

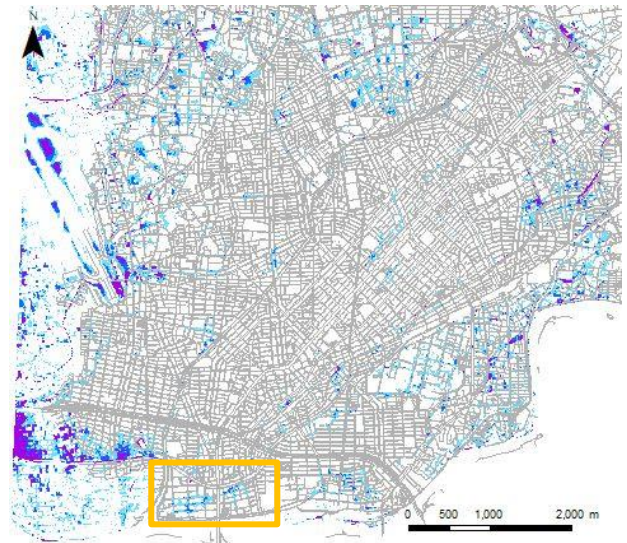


図-10 モデル1.1の最大浸水深

以上のことから内水氾濫数値解析モデルにおいて、建物を考慮したモデルと建物を考慮しないモデルの結果に用いた条件下では大きな違いはないと判断した。

6. 解析モデルの活用

(1) 検討の概要

現在、中部電力株式会社では、各家庭の電力状況を管理サーバーに伝えるスマートメータの活用として、下水道内水位を収集するシステムを検討している³⁾。これは、スマートメータの電波が土中を通過したことから考案された。現有のスマートメータのネットワークを利用して安価に情報収集ができることから、小河川、道路アンダーパスの水位計測への応用も期待される。このような技術革新は今後、下水道内水位計測の展開につながる。適切な計測場所の検討のためには、浸水箇所付近にある下水道内水位の

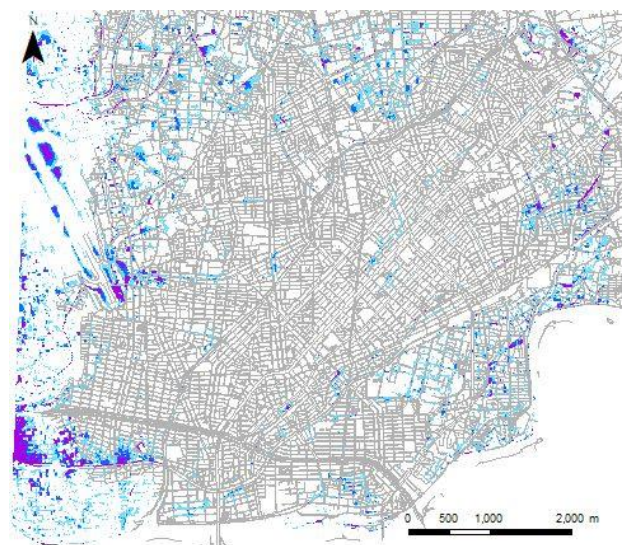


図-11 モデル1.2の最大浸水深

変化特性を知ることは大事な作業と考える。ここでは、時間雨量 60mm が 2 時間 (1h~3h) 継続

した場合を対象に、数値解析結果から得られる下水道（マンホール）の水位情報を考察する。

(2) 地上の浸水と下水道内水位の様子

図-12 に地上の浸水の様子（全域）を示す。図-12の結果から、浸水がみられる地域を3つに区分した。予測可能地域は、満管率が高くなった後に浸水が発生している地域であり、またマンホール内の水位が地盤高を超えてから浸水が発生しているため、マンホール内の水位の情報から浸水を予測することが可能である。予測不可能地域Ⅰでは、マンホールが満管になる前に地上の浸水が生じており、予測不可能地域Ⅱでは、マンホール内の水位上昇が急であり、マンホール内が満管になると同時に地上の浸水が生じているため、マンホールの水位情報から地上の浸水を予測することは難しい。

図-13 に浸水の様子を拡大して示す。本図には、最大浸水深と共に、地盤高からみたマンホール内水位の値を示す。図-13にあるA点とB点の地上の浸水とマンホール内の水位を10分毎の情報として図-14に示す。本図から、地上の浸水が始まる前に、マンホール内の水位が徐々に増加していることが分かる。マンホール内の水位変化

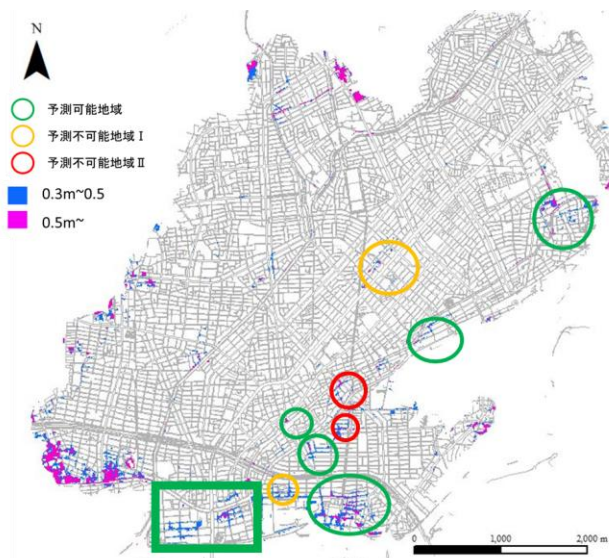


図-12 最大浸水深の分布

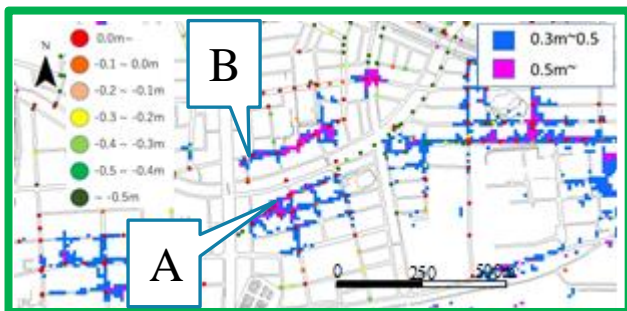


図-13 最大浸水深の分布（拡大図）と地盤からみたマンホール内水位の値

をみると、A点では振動が発生している。水位振動の要因として、マンホールから地上への吹き出しや、地上からの流入、さらに、満管状況になりスロットモデルによる影響や、河川との接続箇所における影響などが考えられる。

(3) 下水道内の観測水位の活用

図-14からA点の最大浸水深が60cmであった。道路冠水により車のマフラーに水が流入すれば

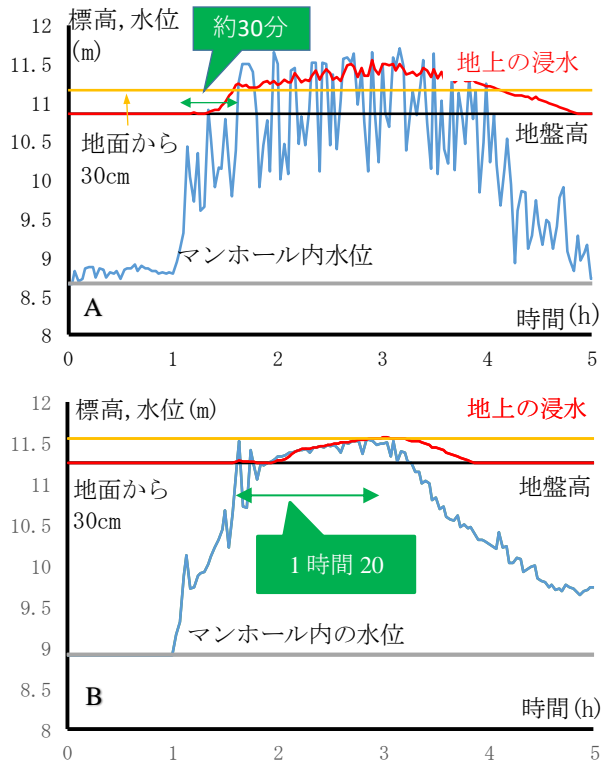


図-14 マンホール内の水位と地上の浸水

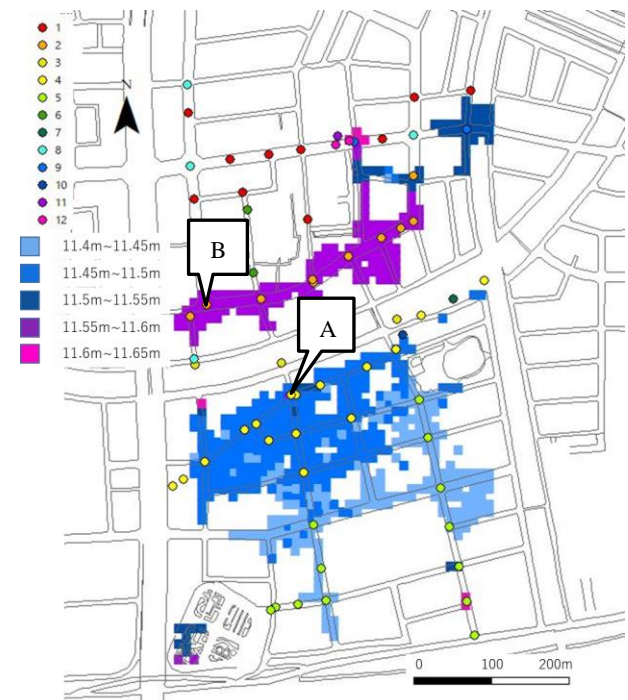


図-15 浸水を受けた場所の最大水位

車は停止することから、道路管理者は浸水時の交通整理を行うことがある。例えば、マンホール内に水位計を設置するならば、図-14 のような結果が得られる。地面から 30cm を車に被害を与える浸水深と仮定し、満管の 8 割を対策実施の判断水位と仮定すれば、その間には約 30 分の時間（リードタイム）がある。リードタイムは各降雨パターンとそれによる内水氾濫の特徴に依存するが、多数の数値実験を用いれば、降雨と下水道内水位の状況と浸水の状況の関係は明らかになると考える。また、必要な準備時間が 30 分よりも長いならば、降雨の予測を含めて議論する必要がある。

図-13 の A 地点と B 地点を含む地域の、10cm 以上の浸水深を受けた場所の最大水位を図-15 に示す。本図は、最大水位を 5cm ごとに色分けし、さらにマンホールの解析で得られた水位変動からグループ化されるマンホールを示した。図-15 から、A 地点と B 地点の浸水位は概ね広い範囲で同様の値となっている。内水氾濫は雨水の集中により生じることから、ある程度の範囲で水位は同一になると考えられる。これまでの検討から、例えば、A 地点や B 地点で水位計測が実施できれば、図-14 に示したように浸水予測のための貴重な情報となり、その範囲は図-15 に示した青色あるいは紫色の範囲で活用できる。なお、下水道内水位を計測することで、降雨と水位との関係を求めることが出来ることから、観測データの蓄積による浸水予測の高度化も期待できる。

7. おわりに

(1). 本研究の成果

本研究では愛知県春日井市の南西部を対象とし、建物を考慮した内水氾濫解析モデルの構築を実施した。解析を行ううえで、地盤高や河川、排水施設に加え、実際に存在する小さな下水道システムや側溝などを考慮し、マンホールが無い氾濫格子から 150m 以内に、建物を考慮するため建物から 50m 又は 100m 以内にある最短距離のマンホールに雨を流入するよう落ち込み流量を設定した。また、建物データは国土地理院の建築物データを格子状に区分して活用した。モデルの精度検証においては、現地観測で得られた情報を活用し、下水道内水位の一致度からモデルの妥当性を示した。モデルの精度向上においては、モデル 0, モデル 1, 2, 1.1, 2.1, 1.2, 2.2 の下水道内水位、最大浸水深を比較した。建物からの流入可能距離が 50m の場合の最大浸水深と旧モデルの最大浸水深は同様な結果が確認された。建物からの流入可能距離を 100m にした場合では最大浸水深は僅かに大きく、浸水箇所も

増加した。また、下水道内水位の変動が激しいため、粘性係数を大きくし、比較した。一部で変動が穏やかになる下水道が確認されたが、粘性係数だけが振動の原因でないことが示された。

中部電力株式会社が実施しているスマートメータの活用事例を紹介し、下水道内水位計測の進展の可能性を示した。そこで、数値解析結果を活用して、下水道内水位計測が実施できた場合の地上の浸水予測に関わる想定を行った。対象とした場所では、地上の浸水よりも 30 分早く下水道内水位が上昇していることから、浸水予測に対する計測の効果が得られるものと期待される。

(2). 今後の課題

本研究では、建物を考慮した内水氾濫解析モデルの構築をしたが、解析値が観測値に達していない地点が見られた。そのため、道路の側溝や建物の雨どいなどを細かくモデル化することでより観測値に近い値が得られると推測する。

落ち込み流量の上限値はその場所の下水道整備状況によって異なることが考えられるため、計算領域全域で一定の値を用いた点は、今後検討したい。

下水道内数の振動に関しては、粘性係数以外の要因を追求する必要がある。

浸水の予測では、より細かくデータを出力することにより、浸水の予測可能性を検討したい。また、マンホール内の水位が満管に近くなる時間と床上浸水が生じる時間の差が 20 分程度あることから、降雨の予測も想定して浸水の予測を検討したい。

参考文献

- 1) 平成 21 年から平成 30 年の 10 年間における水被害
国土交通省、水管理・国土保全
<https://www1.mlit.go.jp/8088/mizukokudo/sewerage/content/001378231.pdf>
(参照 2023-1-20)
- 2) 横倉昌信：春日井市における内水氾濫解析モデルの高度化とその活用、中部大学工学部都市建設工学科、卒業論文、2020。
- 3) ICT を活用した地域課題解決に関する連携協定、中部電力株式会社、春日井市、2019-11-19
https://www.chuden.co.jp/publicity/press/3272080_21432.html（参照 2021-1-20）。
- 4) 国土交通省：水防法等の一部を改正する法律の一部試行等について、2015、https://www.mlit.go.jp/river/suibou/pdf/suibouhou_kaisei_sekou_20150719.pdf
(参照 2023-1-30)
- 5) 武田 誠・高橋俊彦・長尾佳幸・平山康典・松尾直規：都市域の内水氾濫モデルの検討と浸水時対策への応用について、土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.68,NO.4,I_1015-I_1020,2012。
- 6) 村松航希：春日井市における都市浸水の現地観測と数値解析、中部大学工学部都市建設工学科、卒業論文、2017。
- 7) 阿部将也：建物への流入・流出を考慮した氾濫解析モデルも検討、中部大学工学部都市建設工学科、卒業論文、2018。