

名古屋市内のバスレーンの有効性

EC17014 柿田 陸

1.研究背景

名古屋市交通局の基幹バス新出来町線は名東区引山(引山バスターミナル)と栄(オアシス 21)を結ぶ路線である。中央走行式でのバスレーン(平日の朝・夕は専用レーンで他の時間帯は優先レーン)が設置されており、交差点での形状が複雑になっている箇所がいくつかあり、過去に事故が発生している。

2.研究目的

今回対象とした基幹バス新出来町線は、場所によって道路幅の狭い箇所が存在し、交差点の形状も複雑になっている。そこで狭幅員の交差点を対象としてその安全性が十分であるのかを調査する。また、調査を進め対策が必要となった場合、その解決策を考察する。それによって、十分な道路幅を確保できない地域にも地下鉄に代わる交通機関として中央走行方式のバスレーンの有効性を検討する。

3.研究方法

基幹バス新出来町線の調査を進めていく上で調査箇所を絞る。調査箇所は猪子石西原交差点(愛知県名古屋市名東区香坂)とする。この交差点は道路幅の狭い箇所に位置しており、交差点中央のバスレーンは大きく曲がっている。またこの交差点の北に位置する矢田川に架かる小原橋ともつながっており、交通量も多い交差点である。以上のことから調査箇所を猪子石西原交差点とする。調査方法はカメラを使用し道路の交通状況を撮影する。撮影場所は猪子石西原交差点の北東に位置する大島ビルの屋上から3台のカメラを使い、名古屋方面、引山方面、交差点中央の3方向に分けて撮影を行う。

4.名古屋市基幹バスの歴史

1982年3月に東郊線10.5kmの運行を開始。東郊線では平均停留所間隔は750mで、道路の幅員も40mと余裕があり、さらに鉄道との連絡個所も多く需要が見込まれるという理由で選定された。ただし、道路中央には都市高速道路が通っているなどという理由から、中央走行方式の採用は見送られた。基幹バスシステムの導入効果が明らかになった1985年4月には、さらに理想に近い基幹バス路線として新出来町線を開通した。新出来町線では停留所間隔は650mで、道路の幅員は一部で24.5mと余裕がない個所もあったが、名古屋市営地下鉄東山線と名鉄瀬戸線の間位置し、鉄道網に恵まれない地区を経由するため、整備効果と需要はともに多いものと見込まれた。また、新出来町線では名古屋鉄道(当時)のバスと相互乗り入れとした。³⁾

5.新出来町線の概要

基幹2号系統新出来町線は昭和60年4月30日に運行開始された。新出来町線では昭和54年に提唱された「基幹バスシステム」構想の通り、道路中央に専用車線を配置し、乗降は交通島で行う中央走行方式が採用された。運行は名古屋市交通局と、名古屋鉄道(その後名鉄バスに分社化)による共同運行である。名古屋市の都心(栄)と北東部住宅地(引山)を結ぶ約10.36kmを基本系統として、うち約9.4kmに中央走行方式を採用した。運行速度向上のための施策として、桜通大津～引山間の道路中央にカラー舗装のバスレーンが設置されている。²⁾

表 5.1 基幹2号系統新出来町線概要¹⁾

走行方式	中央走行方式	運行事業者	名古屋市交通局, 名鉄バス
運行開始	昭和60年(1985年)4月30日	区間(本線)	栄～引山 10.21km
乗降方式	中乗り・前降り(料金後払い)	バスレーン	桜通大津～引山 9.20km

表 5.2 時間帯のバスレーンの専用・優先の区分²⁾

設定時間帯	専用・優先の区分
平日7～9時・17～19時	バス専用レーン
上記以外のバス運行時間	バス優先レーン

6. 猪子石西原交差点の調査

猪子石西原交差点は竹越～引山区間に位置しており道路幅員を見ると、他の区間と比べて狭いことが分かる。(表 6.1 参照) 車線数に関しても 2 本とかなり少ない。そのため、交差点の形状が複雑になってしまう。また、猪子石西原交差点の北部には矢田川に架かる小原橋があり交通量も多い。(写真 6.1 参照)

表 6.1 中央走行区間の道路幅員および車線数²⁾

区間	桜通大津 ～市役所	市役所 ～谷口	谷口 ～竹越	竹越 ～引山
道路幅員	40m	30m	24.54m	25m
車線数	6 本	4 本	3 本	2 本



写真 6.1 猪子石西原交差点(参照ヤフー地図)

7. 調査方法

猪子石西原交差点の現状を調査するため、カメラを使用し交差点付近の一般車両の動きを動画で撮影した。その際、使用したカメラは、名古屋方面・引山方面はビデオカメラ、交差点中央の撮影には広範囲を撮影する為、広角レンズのカメラでタイムラプスを使って撮影した。

上から交差点全体の映像を撮影する為、猪子石西原交差点の北東に位置する大島ビルに屋上の利用許可をいただき撮影した。(事前に現場の下見を行い決定した。) (写真 7.1、写真 7.2 参照)



写真 7.1 名古屋方面、交差点の撮影



写真 7.2 引山方面の撮影

1)大島ビルの屋上から、名古屋方面、引山方面、交差点中央の 3 方向の一般車両の流れを撮影した。撮影時間は 8～9 時、12～13 時、16～17 時 30 分の 3 回に分けて撮影した。

(平日 7～9 時、17～19 時はバスレーン専用になる為)

2)本撮影前に大島ビルの管理者の方と打ち合わせ、併せてテスト撮影を実施した。

3)カメラを 3 方向(名古屋方面、交差点中央、引山方面)に設置、名古屋方面、引山方面のカメラでは交差点に差し掛かる前での車線変更の様子とバスレーンを通行する一般車両の現状を調査、交差点中央のカメラでは広角レンズを使用し広い範囲を撮影し交差点通行時の逆走の有無を調査した。

4)撮影した映像がしっかり映っているのかを現場で簡単な確認を行う。

5)撮影した映像を全て確認し、危険な場面の有無を確認する。

8. 調査結果

1)テスト撮影結果 (2020 年 11 月 10 日撮影)

11 月 10 日(火曜日)に実施したテスト撮影にて、13 時頃引山方面へ直進するバスレーンを逆走する一台の乗用車が見られた。(写真 8.1 の中央の白い軽乗用車) (写真 8.1 参照)

交差点中央を撮影していたカメラと合わせて確認を行ったところ、右折をして名古屋方面へ直進する際に誤って逆方向に向かうバスレーンに侵入してしまったと考えられる。(図 8.1 参照)



写真 8.1 11月10日テスト撮影 (13時頃)

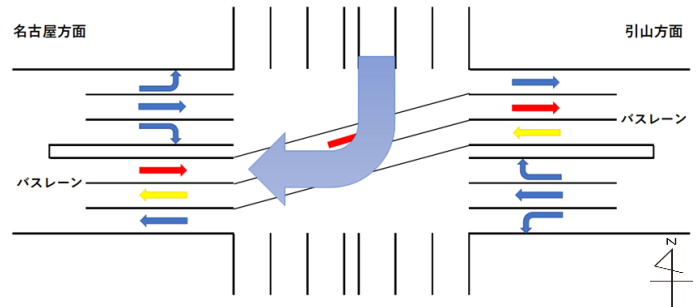


図 8.1 逆走した乗用車の軌道

2)本撮影結果 (2020年11月12日16時43分頃撮影)

11月12日に実施した撮影では、名古屋方面へ直進するバスレーンを逆走する乗用車が見られた。(写真 8.2、写真 8.3 参照) 同時刻に撮影した3台のカメラの映像で確認を行ったところ、引山方面へ向かうバスレーンを直進している乗用車が交差点の中央で、名古屋方面へ直進するバスレーンに誤って侵入してしまい逆走している。



写真 8.2 11月12日引山方面のカメラ映像



写真 8.3 11月12日交差点中央のカメラ映像

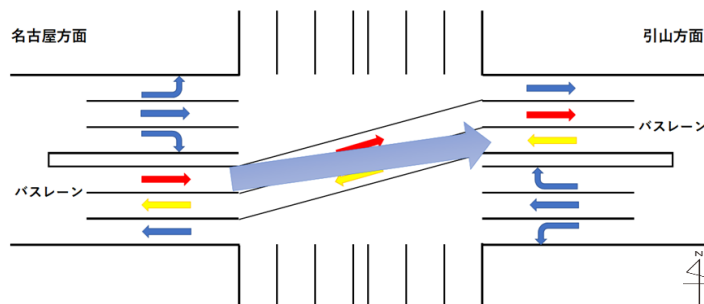


図 8.2 逆走した乗用車の軌道

9. 考察

今回の調査から誤って逆走してしまうケースには 1) 右折を行った際に誤って反対車線のバスレーンに侵入してしまうケース (図 8.1 参照) と、2) バスレーンを直進している際に交差点中央の大きく蛇行している箇所ですら誤って反対車線のバスレーンに侵入してしまうケース (図 8.2 参照) があるということが分かった。

1) のケースでは、路面上にカラー舗装はしてあるものの停留所が中央分離帯だと思ひ、反対車線のバスレーンに侵入してしまったと考えられる。2) のケースでは、交差点中央でバスレーンが大きく蛇行しているため、路面上のカラー舗装に気づくことができず逆走してしまったと考えられる。対策としては、一般車両のバスレーン走行を禁止とする、または、路面上のカラー舗装の視認性を良くすることが考えられる。

10. 狭幅員の交差点における課題

今回の調査から明らかになった課題は、右折してバスレーンに侵入する際の逆走の危険性と、バスレーンを走行中の交差点中央での大きく蛇行した箇所での逆走の危険性である。これらの問題の共通点は交差点中

央の大きく蛇行したバスレーンが原因である。これらの問題を防ぐには道路形状の変更を再検討必要があると考えられる。その際、どのようにして運転者に正しい進行方向を示すかが今後の重要な課題となる。

11. 狭幅員の交差点における課題の対策案

1) 道路形状

道路幅員の狭い区間では交差点中央でバスレーンが大きく蛇行してしまう。それによってバスレーンを直進する一般車両が誤って逆走してしまう。このようなことを防ぐには交差点中央の蛇行している箇所を直線に近づける必要があると考える。現在設置されている停留所及び横断歩道を少し後方に下げることで直線に近くなる。(図 11.1 参照)

また、路面にロードポールなどを設置し、進行方向を分かりやすく示すことで、右折してバスレーンに侵入する際、誤って逆車線に進入する(図 8.1 参照)ことを防ぐことにつながると考えられる。

路上のカラー舗装についても、現在施されている舗装では分かりづらいこともあり、カラー舗装の視認性を良くすることも改善につながると考えられる。

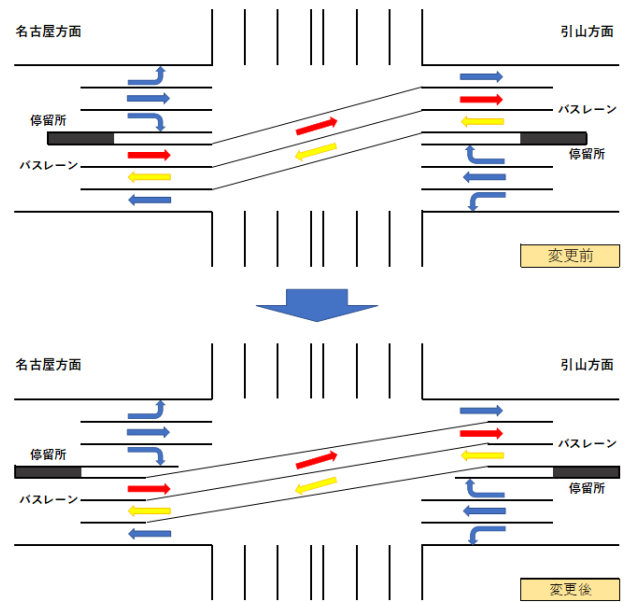


図 11.1 道路形状の提案図

2) 車両

現行のバスではドアが右側についている為、停留所の左側につける必要がある。バスのドアを両側につけるか、または、海外などで使われている左ハンドル車を使うことでバスレーンを直線にすることが可能になる。

(11.2 参照) これにより複雑な交差点の形状は解決される。また、この際の信号機は路面電車の信号機を元に、バスと一般車両の差別化を図る。

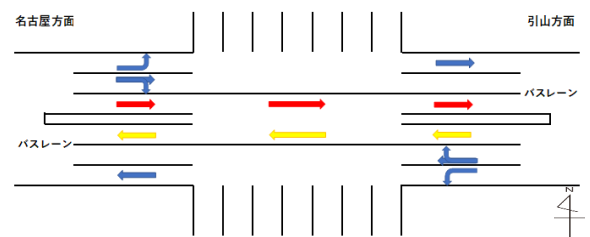


図 11.2 道路形状の提案

12. 結論

本研究では、名古屋市基幹バスレーンの有効性について、名古屋市基幹2号系統新出来町線の現状と課題を調査してきた。約30年前に完成した基幹2号系統新出来町線は過去にいくつかの対策はされているが、基本的なつくりは当初からほとんど変わっていない。今回の調査から明らかになったのは、未だに逆走が発生しているという現状である。このような、道路幅を確保することは難しいが需要の見込まれる場所で、基幹バスレーンを安全に運行することが可能になったならば、小さな都市などに低コストで地下鉄並みの交通網を新たに設置する際に提案することが出来るだろう。

謝辞

猪子石西原交差の調査の撮影を行うにあたり、大島ビルの屋上を利用させて頂いた。撮影資料は本論文を作成するにあたって大変役立った。屋上利用許可を出してくださった大島建設の皆さまに感謝の意を表す。

参考文献

1) まるはち交通センター (参照 2020-9-29)

<http://www.maruhachi-kotsu.com/busline/A05kikan-route2.html>

2) 名古屋市: 基幹バス運行効果測定調査報告書 昭和61年11月(pp.1~11)(参照 2021-1-10)

<https://news.yahoo.co.jp/articles/6b43828135b1513891b9c15d9b02ad5ccef4cc91?page=2>

3) 基幹バス (名古屋市)(2020-7-15)

[https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%9F%BA%E5%B9%B9%E3%83%90%E3%82%B9_\(%E5%90%8D%E5%8F%A4%E5%B1%8B%E5%B8%82\)](https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%9F%BA%E5%B9%B9%E3%83%90%E3%82%B9_(%E5%90%8D%E5%8F%A4%E5%B1%8B%E5%B8%82))

大都市近郊における地域公共交通のあり方

—愛知県岩倉市を事例に—

EC17018 木村 和輝

1. 研究背景

岩倉市では、「デマンド型乗合タクシー」事業を展開してきた。しかし、通院者の利用が午前中に集中し、予約が取りにくいなどの課題があり、岩倉市では新たな施策を検討してきた。その結果、2019年10月から、「ふれ愛タクシー事業」に切り替えて、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、民間タクシーの空き車両を利用し、自宅と目的地を送迎することを始めた。

2. 研究目的

本研究はふれ愛タクシーが始まって1年が経過した時点での利用状況を知ることが目的とする。さらに、ふれ愛タクシーの必要性和、ほかの地域に発信ができるか否かを検討する。

3. 研究方法

研究対象であるふれ愛タクシー事業の基本情報として、岩倉市とふれ愛タクシーを調べる。岩倉市役所を訪問しふれ愛タクシーの現状を把握する。アンケート調査を実施し課題を見つけ出し、ふれ愛タクシーの更なる向上のため解決策の提案をする。



4. 岩倉市

(1) 岩倉市の地理

濃尾平野の中に位置し、犬山扇状地の扇端にあたる。県内で最も面積の狭い市で、全国でも10番目に面積が狭い市である。面積は10.49 km²である。名古屋市のベッドタウンになっている。一宮市、江南市、小牧市、北名古屋市に隣接している。

人口総数は47340人(2020年)である。県内の市で3番目に少ない。人口密度は県内で4番目に高い。1980年は5.3%、2020年は25.8%、2045年は33.9%である。これは老年人口率の数字である。高齢化は岩倉市でも進んでいることがわかるこれから老年人口が増えていくのは避けられないだろう。

(2) ふれあいタクシー事業

ふれ愛タクシーは令和元年10月1日から実施されている事業で、高齢者や障がい者および子育て世代を対象に外出・移動支援を目的としている。ふれ愛タクシーの概要は図-2に示す。

図-1 岩倉市の地図
(岩倉市ホームページより)¹⁾

【運行日】月～金曜日(祝日、年末年始を除く)

【運行時間】午前8時30分～午後6時(6時までに乗車)

【利用料金】タクシー運賃により次の3段階に設定
※迎車料金を含みます

タクシー運賃(迎車料金を含む)	利用料金
1,500円未満	400円
1,500円以上3,000円未満	800円
3,000円以上	1,600円

【運行区域・乗降場所】
岩倉市内(乗降場所については乗降禁止区域を除く)
※目的地または出発地を自宅にする必要があります

【運行事業者】
名鉄西部交通北部㈱ 0587-37-0740
大山タクシー㈱・尾張北部タクシー㈱
0587-54-1515

※車両の画像は一例です。

図-2 ふれ愛タクシーについて
(岩倉市ホームページより)²⁾

(3) デマンド型乗り合いタクシー【のり愛い～わ号】

ふれ愛タクシーより以前にはデマンド型乗り合いタクシー【のり愛い～わ号】が運行していた。岩倉市

の公共交通の隙間を埋めるためにコミュニティバスよりデマンド型タクシーのほうが適していると考えデマンド型タクシーになった。料金は一律 300 円であった。一度に多くの人数を乗せるためにワゴン車を 2 台用意していた。しかし、ピーク時にさばききることができなく、予約が取れなくて利用する人が減少した。反対に使われない時間帯があった。



写真-1 のり愛い〜わ号³⁾

(4) ふれ愛タクシーとのり愛い〜わ号との比較

のり愛い〜わ号と比較し変わったことは表-1 のようである。空車両を利用することによってピーク時に対応し、予約が取れないことを防ぐことが目的である。乗降場所の緩和でスーパーマーケットに行くことが可能になり利用者増加を期待

表-1 のり愛い〜わ号からふれ愛タクシーへの変化

	のり愛い〜わ号	ふれ愛タクシー
車	専用車両2台	民間タクシーの空車両
乗降場所	106か所（病院・公共施設等）	岩倉駅周辺を除く市内全域
運行時間	午後5時まで	午後6時まで

が高まった。こちらの地図はふれ愛タクシーの乗降禁止区域である。岩倉駅周辺が禁止になっている理由は駅まで行けるようにするとバスの利用者を奪ってしまう可能性があったからである。

5. アンケート調査について

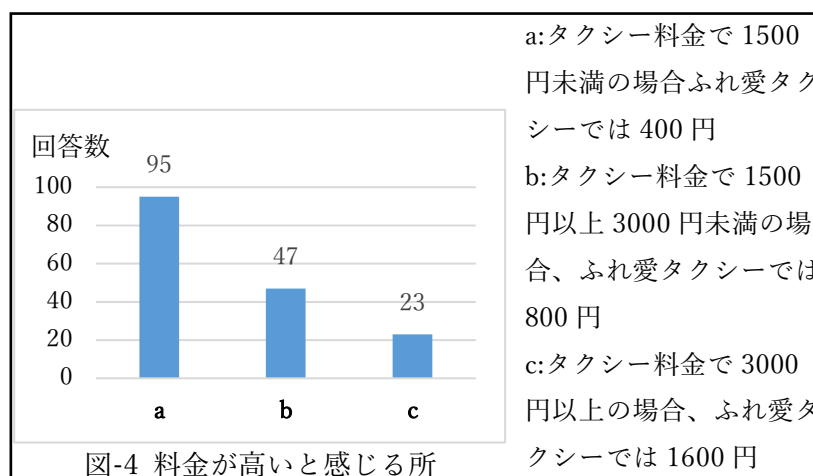
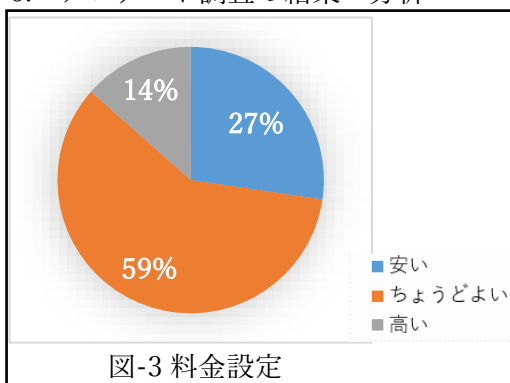
(1) アンケートの概要

アンケート用紙を筆者らで検討し、岩倉市役所の協力のもと、ふれ愛タクシーを登録していた方々にアンケートを実施する。実際に利用している方の意見を聞き満足度や課題を見つけることが目的である。登録者 1941 人にアンケート用紙を郵送し、回収した数は 1129 部、回収率は 58.2%であった。

(2) 調査項目について

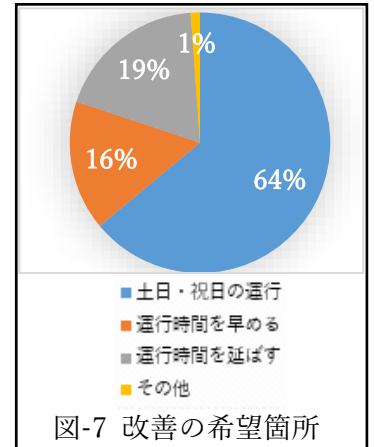
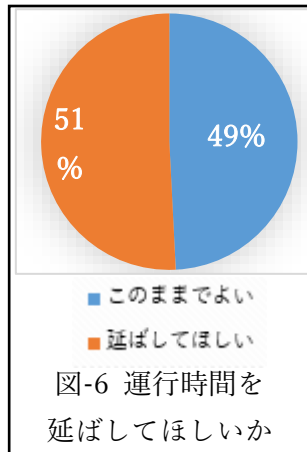
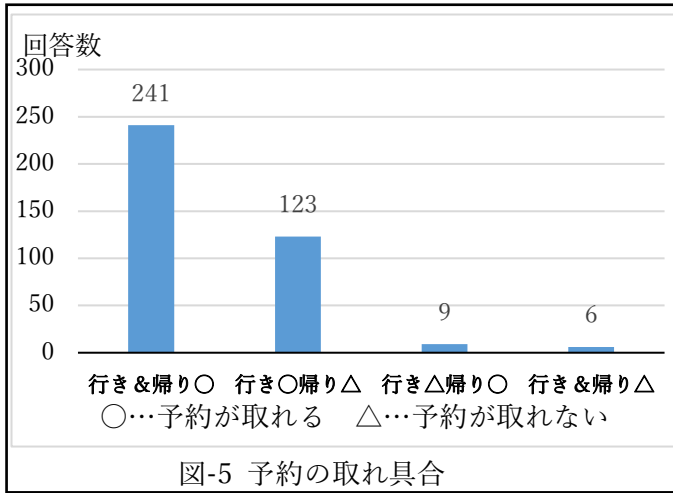
交通手段を聞き何が一番利用しているかを知るために日常的な生活の交通行動を調査した。のり愛い〜わ号から改善できているか、向上するための解決策を提案するためにふれ愛タクシーを利用するにあたっての質問をした。今はやっていてふれ愛タクシーに影響が出ているのではないかと考えたため、新型コロナウイルスの感染拡大によつての生活の変化について質問した。簡単な情報提供では年齢、性別、町名について聞いた。

6. アンケート調査の結果・分析



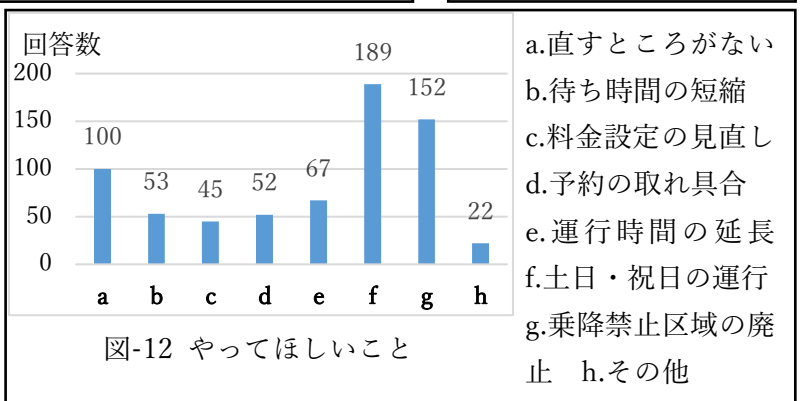
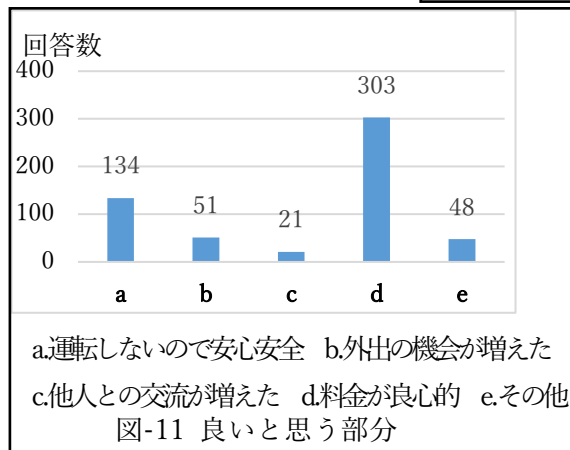
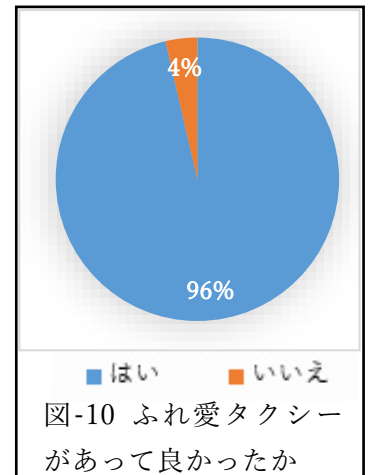
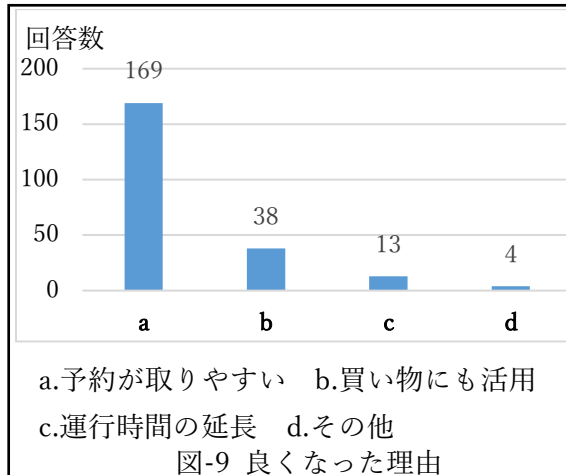
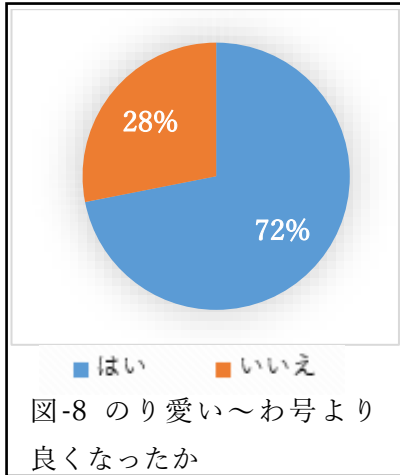
料金設定では 27%が【安い】、59%が【ちょうどよい】と回答していた。また、料金が【高い】と回答した方にどの部分が高いのかを聞いたところ、a の【タクシー料金で 1500 円未満の場合ふれ愛タクシーでは

400円】が多かった。



予約の取れ具合では帰りの予約が取りづらいことがわかった。

運行時間を延ばすことよりも【土日・祝日の運行】の希望が多かったことが分かった。



のり愛い〜わ号との比較では72%と多くの方が良くなったという反面28%が悪くなったと回答した。

ふれ愛タクシーがって良かったと回答が96%で、ほとんどの方が必要としていることがわかった。

ふれ愛タクシーにやってほしいことを聞いたところ、【土日祝日の運行】、【乗降禁止区域の廃止】、コメントで【市外まで運行】が多かった。

7. 考察

回答した中で86%が料金設定に満足している。料金設定は問題ないといえるか、むしろ安すぎるのではないかとも思われる。のり愛い〜わ号と比べ予約が取りやすくなり、買い物にも活用できるので利用者増加

ができていないのではないかと推測できる。【運転しないので安心安全】と回答した方が134人でふれ愛タクシー本来の目的も果たしているのではないかと感じた。

その反面、課題も多く見つけることができた。課題だと感じたことは【帰りの予約】、【土日・祝日の運行】、【岩倉駅周辺の乗降禁止区間の廃止】、【市外まで運行】の4つである。この出てきた課題のうち3つがふれ愛タクシーではやっていない部分であった。【岩倉駅周辺の乗降禁止区間の廃止】ではバスに影響を与えてしまうため今回は解決策提案からは外した。やっていない部分を利用者にどう納得してもらうかが大変であるが、納得してもらうことでふれ愛タクシーがさらに必要とされ、これからも続けていくことができるのではないかと思う。

8. 提案

更なる向上のために課題の改善策の提案をする。

【帰りの予約】という課題では電話が繋がらないと分かり、ピーク時の電話対応が間に合っていないのではないかと思ったので、電話対応する人の増加を提案する。タクシーの空きがあったとしても予約の電話を入れることができなかつたら利用者が離れていってしまうからである。デメリットは人員の増加することにより料金が上がってしまうことである。

【土日・祝日の運行】という課題は土日・祝日の利用料金を平日より料金を上げて運行することを提案する。ふれ愛タクシーの利用者が増えるのではないか、また平日に使いたい方の負担は変わらないので今まで通りになっていていいと思う。デメリットは平日の利用者が休日へ流れていく可能性があるのではないかということ。

【市外まで運行】という課題は市外へ出る前に一度清算をしてもらいそこからもう一度新規で乗ったこととし市外へ出るという提案である。ふれ愛タクシーは岩倉市の事業で市外へ行ってそこまでの負担をする必要はないと思うのでこのような方法がいいと思った。

9. 結論

本研究ではアンケートを通してふれ愛タクシーの利用状況について調査した。安心して移動ができているという意見があり、ふれ愛タクシーの目的である移動支援が果たしていることから、ふれ愛タクシーは必要な事業であるといえる。また、料金設定を大きく間違えないこと、予約が取れることに気を付けることができれば、ふれ愛タクシー事業がほかの地域にも好事例として発信することができる。商業施設や病院がそろっている地域ならばより適性がたかいといえる。

謝辞

適切な指導と岩倉市役所の仲介役をしていただいた磯部先生に感謝いたします。

アンケート調査の配布と回収をしていただいた岩倉市役所の方々に感謝いたします。

参考文献

1) こんなどこ岩倉市

<https://www.city.iwakura.aichi.jp/0000000275.html> 参照 2021年1月19日

2) ふれ愛タクシー

<https://www.city.iwakura.aichi.jp/0000003818.html> 参照 2020年5月20日

3) のり愛い〜わ号

<https://www.city.iwakura.aichi.jp/brand/0000002998.html> 参照 2020年5月14日

2020 年度卒業研究論文概要

鉄道連続立体交差事業におけるバリアフリーについて
 —JR 勝川駅を事例に—

EC17036 田原 晃誠

1、研究背景

我が国の総人口は、2020 年 12 月 1 日の時点で、1 億 2571 万人となっている。65 歳以上の高齢者数は約 3600 万人で、総人口に占める割合は約 28.0%となっている。今後も高齢社会は進行する。

その高齢社会の中で交通施設のバリアフリーは極めて重要となってくる。まず、バリアフリーとは、障害者や高齢者のために障壁となる建造物や機器での不便な設計を除去したり、改修したりすることを言う。この考え方は、近年、建築設計から始まり、都市計画や交通機関や公共施設などにも普及しつつある。

2、研究目的

バリアフリー法（2006 年）で、高齢者、障害者等が日常生活、社会生活において利用する旅客施設、官公庁施設等を含み、それらの相互施設間の移動が通常徒歩で行われる地区等において、公共交通機関、建築物、道路等のバリアフリー化を重点的かつ一体的に推進するために、市町村がバリアフリー基本構想を作成することができる。¹⁾春日井市内にある JR 勝川駅はそのバリアフリーの基本構想の対象地域とはなっていない。また、JR 勝川駅では平成 4 年から平成 22 年にかけて鉄道高架事業が行われた。その駅でのバリアフリーはどのように整備されているのか、また、JR 勝川駅にバリアフリー基本構想を作成するならどのような項目にするかを調査する。その事業とバリアフリーにはどのような関係があるのか調査する。

3、研究方法

研究対象である JR 勝川駅の現地調査を行う。JR 勝川駅のバリアフリーの設備の現状を把握する。JR 勝川駅で行われた鉄道高架事業について調査し、事業とバリアフリーの関係を考え、バリアフリーがいつ導入されたのかを調べる。JR 勝川駅と同じように、連続立体交差事業を行った駅を比較対象とし、バリアフリー設備、利用者数等を比較する。

4、他の駅との比較

JR 勝川駅と同じような高架駅、または地下駅となっている駅、JR 勝川駅のように、他の路線への乗り換えが可能な駅と JR 勝川駅を比較する。高架駅、地下駅は、いつ連続立体交差の事業が完了したか、いつその駅にバリアフリーが導入されたのかを比較する。乗り換えが可能な駅とは、乗り換えの際の移動手段を比較する。

表-1 立体交差の駅の比較

駅名	勝川駅	小牧駅	刈谷市駅	堀田駅	朝倉駅
都市名	春日井市	小牧市	刈谷市	名古屋市	知多市
鉄道線名	JR 東海中央本線	名鉄小牧線	名鉄三河線	名古屋本線	名鉄常滑線
施工期間	平成 4 年～ 平成 22 年度	昭和 54 年 ～平成元年度	昭和 51 年～ 昭和 56 年度	昭和 43 年	昭和 57 年
バリアフリー 導入年度	平成 22 年	平成 30 年	平成 11 年	平成 22 年	平成 9 年

駅構造	高架駅	地下駅	高架駅	高架駅	高架駅
平成 30 年度 1 日あたりの 乗降客数	35484 人 城北線 約 400 人	11220 人	6461 人	7155 人 (降車含まず)	7326 人

表-1 から、勝川駅は立体交差事業終了年度とバリアフリー導入年度に差が見られないが、その他の駅は、施工完了から何年か経過してからバリアフリーが導入されていることがわかる。そこから、勝川駅の高架事業はバリアフリーに関しても、計画されていたことが分かる。

表-2 乗り換えが可能な駅との比較

駅名	勝川駅	高蔵寺駅	JR 大曾根駅
都市名	春日井市	春日井市	名古屋市
駅構造	高架駅	地上駅	高架駅 (盛土)
乗り換え可能な 路線	<ul style="list-style-type: none"> ・ JR 東海の中央本線 ・ 東海交通事業の城北線 	<ul style="list-style-type: none"> ・ JR 東海の中央本線 ・ 愛知環状鉄道の愛環線 	<ul style="list-style-type: none"> ・ JR 東海の中央本線 ・ 名鉄の瀬戸線 ・ 名古屋市営地下鉄の名城線 ・ 名古屋ガイドウェイバスのガイドウェイバス志段味線 (ゆとりーとライン)
平成 30 年度の 1 日あたりの 乗降客数	35484 人 城北線 約 400 人	20403 人	32696 人

高蔵寺駅、大曾根駅で、乗り換えをする際には、階段、エレベーター、エスカレーターなどの手段で移動することが出来る。しかし、勝川駅では、城北線側の駅に階段のみしか設置されておらず、中央本線と城北線との乗り換えの際に、使用が非常に困難な状況となっている。

5、JR 勝川駅の現状



写真-1 城北線のホームに接続する階段 (著者撮影) 写真-2 城北線のホームに接続する階段 (著者撮影)

JR 勝川駅を現地視察し、バリアフリーや利便性について調査した。特に問題だと感じた箇所の写真を提示した。写真-1 と写真-2 は勝川駅の城北線のホームにつながる階段である。階段としては、それほど大きな問題はないが、城北線のホームに行く際に、階段しか移動手段がないことが一番の問題である。かなり高い位置にホームが設置してあることから、高齢者の利用者などにとっては非常に困難だと考える。

6、JR 勝川駅のバリアフリー基本構想

現在、JR 勝川駅にバリアフリー基本構想は作成されていないが、JR 春日井駅のバリアフリー基本構想を参考に、JR 勝川駅にバリアフリー基本構想を作成するとした場合の事業の位置、項目を考えた。



図-1 JR 勝川駅周辺の事業位置図



図-2 JR 勝川駅周辺自転車等放置禁止区域図
(春日井市より)²⁾

勝川駅にバリアフリー基本構想を作るとした場合の事業の位置を図-1 のように設定した。これは、勝川駅の自転車等放置禁止区域と同じような範囲にした。その理由は、同じ春日井市内にある JR 春日井駅のバリアフリー基本構想³⁾の事業の位置も、春日井駅の自転車等放置禁止区域と同じような範囲となっていたからである。

表-3 事業の整備項目

事業実施箇所	整備項目	
	十分	不十分
JR 勝川駅駅舎	<ul style="list-style-type: none"> エレベーター、エスカレーターの整備 利用者の案内表示の整備 多目的トイレの整備 	—
駅前広場	<ul style="list-style-type: none"> バス等の乗り場、経路の改良（北口） 利用者の案内表示の整備 	<ul style="list-style-type: none"> 視覚障害者誘導用ブロックの整備 多目的トイレの整備
JR 勝川駅城北線	—	<ul style="list-style-type: none"> エレベーターの整備 乗り換えまでの道路の整備 視覚障害者誘導用ブロックの整備 多目的トイレの整備
道路	<ul style="list-style-type: none"> 歩道の改善 	<ul style="list-style-type: none"> 視覚障害者誘導用ブロックの整備 放置自転車の撤去及び指導
公園	<ul style="list-style-type: none"> 適切な維持管理 	<ul style="list-style-type: none"> 多目的トイレの整備

表-3 は、JR 勝川駅にバリアフリー基本構想を作成する際に想定される事業である。また、その中で、現時点で十分なものと不十分なもので分別した。JR 勝川駅の問題点は、城北線の乗り換えの際の移動手段、駅前公園や駅周辺のバリアフリーが不十分なことであると考えられる。勝川駅の城北線のホームにエレベーターを設置することで、上り下りをスムーズにできるようにする。駅周辺の道路では、歩道の視覚障害者誘導用ブロックの整備を行う。また、放置自転車の撤去を行うことで、歩行者の妨げとならないようにする。駅周辺の公園の維持管理では、日常点検で設備や遊具の点検を行う。また、駅周辺の公園は現在、多目的トイレとなっていない。多目的トイレを設置することで、より多くの人が利用しやすいようにする。

駅そのもののバリアフリーは十分だが、駅周辺のバリアフリーは不十分である。それは、バリアフリー基本構想が作成されていないからである。バリアフリー基本構想では、駅周辺も事業の範囲に含まれるのに対して、勝川駅で行われた事業では駅だけを対象としていた。したがって、勝川駅の駅周辺のバリアフリーが不十分だという問題が生じた。

7、考察

JR 勝川駅は全体的に見て、バリアフリーが普及している駅だといえる。駅舎内のエレベーターやエスカレーター、多目的トイレが整備されていることから、多くの人々が利用しやすい駅だと考える。それは、JR 勝川駅の高架事業を行った際に、鉄道事業者としてバリアフリーについても計画し、整備していたからだと考え。しかし、ここで問題だと感じる点は、城北線の乗り換えについてである。城北線のバリアフリーが不十分であるのは、事業の範囲に含まれていなかったからである。バリアフリー法では、1日あたりの平均的な利用者数が3000人以上の駅はバリアフリー化が促進されるが、3000人未満の駅は可能な限りしか実施されない。城北線の1日あたりの利用者数は約400人であり、その数を満たしていないからだと考え。その城北線のホームに向かう手段が階段のみという問題に対して、エレベーターの設置などの対策を行うべきだと考える。

8、結論

今回は JR 勝川駅を事例に研究を進めた。勝川駅の鉄道高架事業やバリアフリー基本構想について調べることによって、勝川駅のバリアフリーの現状が分かった。鉄道高架事業が行われた勝川駅のバリアフリーは、整備されていた。表-1 から他の鉄道高架事業が行われた駅は事業内でバリアフリーが整備されていないことが分かる。勝川駅のバリアフリーが整備されているのは、鉄道高架事業の期間とバリアフリー法改正が同時期だったことが理由だと考える。しかし、駅前広場、駅周辺のバリアフリーは、改善が必要な点がいくつか存在する。鉄道高架事業の際には、駅舎、駅周辺のバリアフリーについての計画も行うことでバリアフリーの問題が減少すると考える。また、勝川駅では、新たにバリアフリー基本構想を作成し、駅単体だけでなく駅周辺のバリアフリーを整備すべきである。高齢社会の我が国だからこそ、適切な整備、維持管理が必要である。

謝辞

主指導教授である磯部友彦教授には、本論文を作成するにあたって多くのご指導をいただきました。心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省 バリアフリー・ユニバーサルデザイン 交通消費者行政/公共交通事故被害者支援 参照 2020年9月15日
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/barrierfree/sosei_barrierfree_tk_000012.html
- 2) 春日井市 放置自転車対策 JR 勝川駅周辺自転車等放置禁止区域図 参照 2021年1月14日
<https://www.city.kasugai.lg.jp/shimin/kurashi/1003481/1003496.html>
- 3) 春日井市 JR 春日井駅周辺バリアフリー基本構想 参照 2020年9月15日
<https://www.city.kasugai.lg.jp/shisei/machi/toshikeikaku/kihonkousou.html>

放置自転車の駐車特性の分析 —名古屋市栄駅出入り口周辺を対象に—

EC17042 野村 有樹

1.研究背景

近年、自転車の利用者数は増加傾向である。その理由としては、コロナによる電車の利用の減少が挙げられる。自転車の利用者数の増加に伴い、必要になるのが自転車等駐車場（以下、駐輪場とする）である。現在、全国の駅前などでは、放置している自転車が多数見受けられ、大変な迷惑になっている。自転車の駅前の放置は 1)美観・環境への阻害、2)緊急車両の進入阻害、3)歩行者・身体障害者・高齢者などの通行障害、4)沿道への迷惑、5)交通安全に支障、6)災害時の避難の障害などの問題点があると言われている。¹⁾

2.研究目的

自転車の放置が多いところを選定し、駐輪状況を把握するために調査し、駐輪特性を明らかにする。

3.研究方法

駅周辺で放置自転車が目立つ栄駅 1 番出入り口の通りと栄駅 2 番出入り口の通り（以下、A 地区、B 地区とする）に場所を決め、自転車を小型カメラを持って巡回しながら撮影し、場所での時間的台数を比較する。時間は午前 9 時から午後 9 時までを対象とし 1 時間ごとに観察する。1 時間ごとの方がグラフにしやすいため 1 時間ごとに観察する。場所を栄駅出入り口周辺にした理由としては研究目的でも記した通り、放置自転車が目立つためである。場所の比較対象を図 3.2 にした理由は同じ栄駅出入り口にするためである。方法を小型カメラでの撮影にした理由としては対象とした場所が放置自転車禁止区域ではないため直接止めた本人には理由が聞きづらく、撮影による観察を選んだ。



図 3.1 栄駅 1 番出入り口の通り (A 地区)



図 3.2 栄駅 2 番出入り口の通り (B 地区)

4.自転車駐車場の附置義務について

1)自転車駐輪場の附置義務の概要

自転車駐車場の附置義務というのは、自転車等の大量の駐車需要を生じさせる施設に対して、名古屋市自転車等の放置の防止に関する条例に基づき、自転車駐車場の設置を義務づけるものである。

2)名古屋市の附置義務の対象となる施設について

名古屋市内において表 1 で記した施設で平成 14 年 10 月 1 日以降に新築・増築・改築(着手)されるものである。

表 4.1 附置義務対象施設一覧(名古屋市：自転車駐車場の附置義務より) 3)

附置義務対象施設一覧	
区分	算定施設
小売 店舗	施設面積が 400 平方メートル超の小売業(飲食店を除く)を営む施設
銀行	施設面積が 500 平方メートル超の銀行・信用金庫・郵便局・その他類する施設
遊技場	施設面積が 300 平方メートル超の風俗営業等の規制及び業務の適正化等に関する法律第 2 条第 1 項第 7 号及び第 8 号に規定する施設等(パチンコ店及びゲームセンターなど)
飲食店	施設面積が 800 平方メートル超の施設
映画館	施設面積が 1,600 平方メートル超の施設

5.なないろビルの屋内駐輪場の様子

右の図は附置義務に従って作られた駐輪場行くためのエレベーターである。左の図の扉が開いているところがなないろビルの入り口である。しかし、駐輪場としては分かりづらい場所にある。

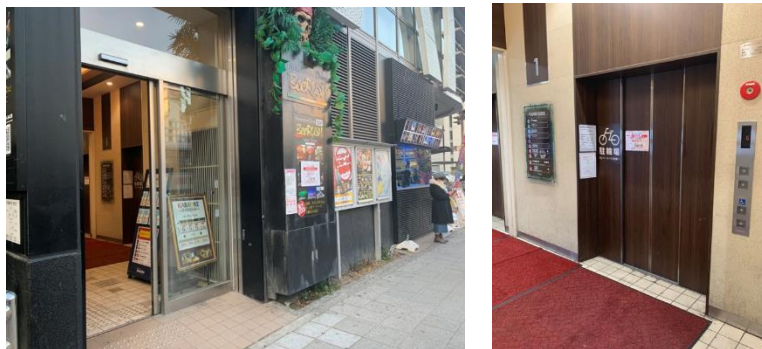


図 5.1 駐輪場への案内

荷物が置いてあり、自転車を止める場所も少なく、駐輪場としては使いづらい状況である。

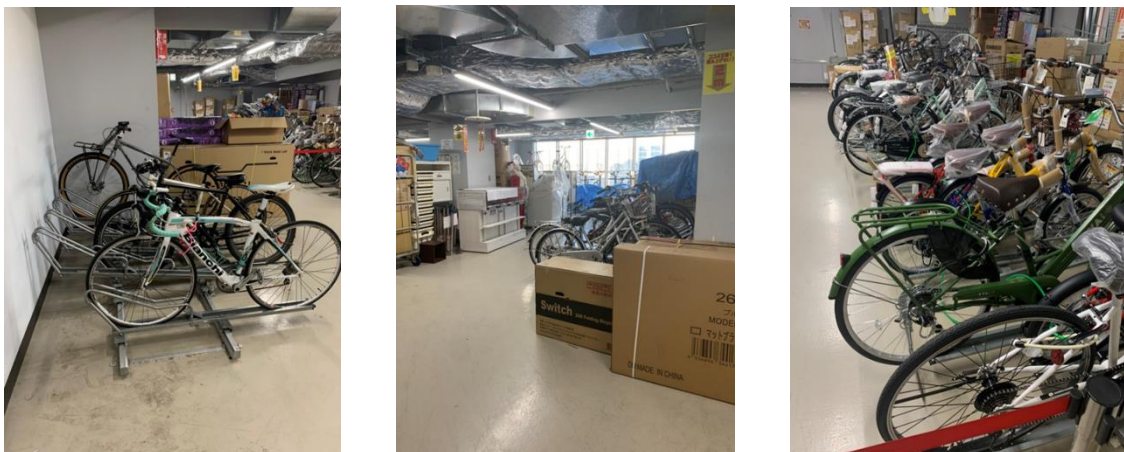


図 5.2 屋内駐輪場の様子

6. 放置自転車の観察による分析

1) 時間的変化による放置自転車の台数

1台1台観察し、1時間毎に放置自転車の台数を数えたところ下記のようなグラフになった。このグラフからわかることはA地区はグラフが山なりになっており、最大で56台、最小で30台であるため台数の差が激しく、夕方の時間帯に多く駐車していることがわかる。次にB地区のグラフを見ると、最大で13台で最小が8台で台数の差としてはA地区より差が少なく、どの時間帯が特に多いといった様子は見られない。

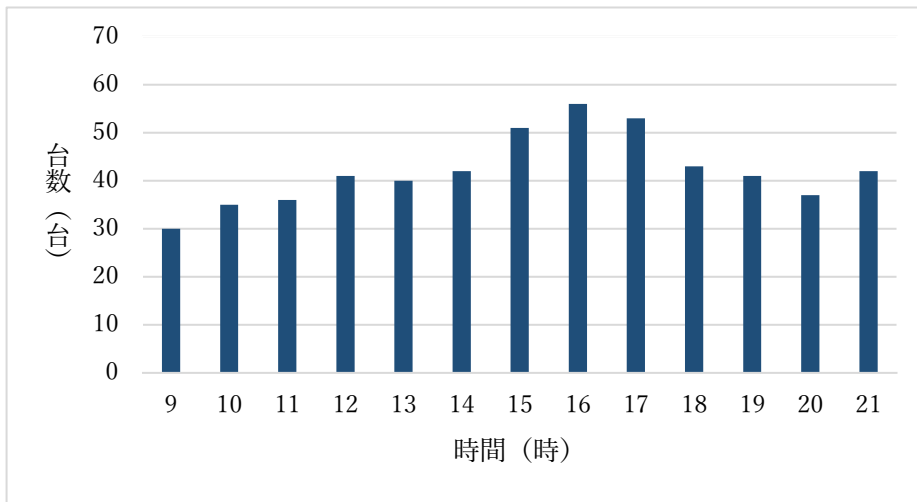


図 7.1 の放置自転車の台数 (A 地区)

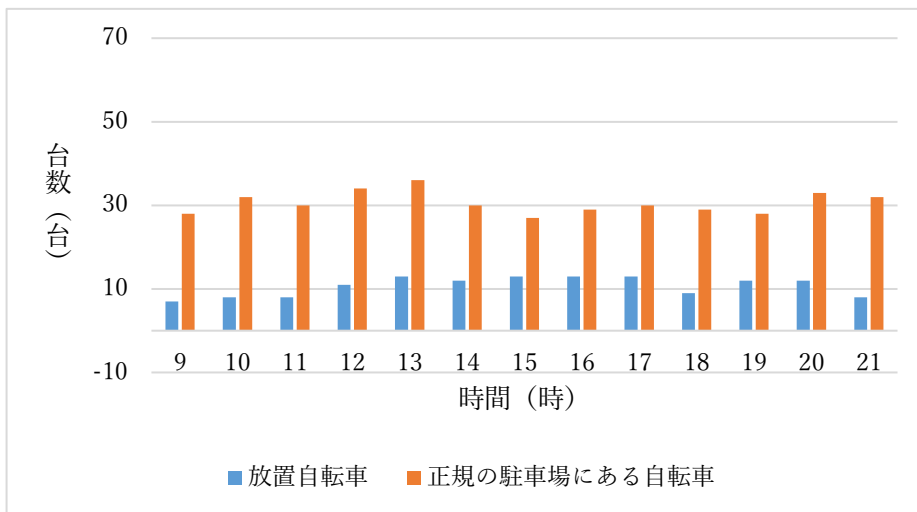


図 7.2 放置自転車の台数 (B 地区)

8. 考察

A地区では15～17時の夕方の時間帯に放置自転車が、郊外の駅では朝に自転車の台数が多いと思われる。しかし、栄駅は都心部のため、通勤通学のために栄駅を利用するために、止める人よりも学校が終わりドン・キホーテや栄での買い物をするために、自転車を利用する若者が多いと考えられる。

B地区では、時間的による台数の変化が、少ない。したがって、長時間放置している自転車が、多いと考えられる。観察した動画でも、複数の同じ自転車が、あったことからわかる。

駅の近くに大きい商業施設があるかないかで、この調査結果が変わることが考えられる。そこを目的とす

るためできるだけ近くに止めようとするからである。これに、ドン・キホーテがあげられる。

ドン・キホーテの屋内には、駐輪場があるにも関わらず、あまり使われておらず、ドン・キホーテの前に止めるということは、案内の表示が分かりにくいことも考えられる。そのため案内表示をわかりやすくすることを提案する。なないろビルの屋内駐輪場は荷物が置いてあり、止めるスペースも少なく、駐輪場としては機能していないと思われる。これは、なないろビル側にも問題があるが、附置義務の機能性も悪いと思われる。他に、大名古屋ビルヂングの機械式駐輪場のような地下に止めることが出来る駐輪場の設置は自転車利用者を減らすことなく放置自転車を減らすのに有効であると考えられる。

9.結論

本研究では、小型カメラでの観察により栄駅出入り口周辺の放置自転車の状況を把握し、自転車利用者の駐車傾向をある程度理解することができた。また、自転車利用者が最低限持っている共通の認識は人が通る場所には駐車してはいけないということと、最低限のスペースを確保しようとすることが分かった。本研究のように放置自転車を観察、分析することにより自転車利用者と歩行者の軋轢を改善するために有孔な手段だと考えられる。今後は、著者自身が調査した時間での変化、場所での比較のほかにも調査項目を増やすことにより、今回とは違った駐車行動の傾向が発見できると思う。また、得られた結果を用いて自転車利用者と歩行者の意識の差を理解し、放置自転車問題を解決する方法も探していかなければならない。

・参考文献

1)名古屋市自転車利用環境整備のホームページ（閲覧日 1月7日）

<https://www.city.nagoya.jp/ryokuseidoboku/page/0000038307.html>

2)名古屋市自転車活用推進計画（閲覧日 1月7日）

<https://www.city.nagoya.jp/ryokuseidoboku/cmsfiles/contents/0000136/136289/keikakuhonpen.pdf>

3)名古屋市：自転車駐輪場の附置義務（暮らしの情報）（閲覧日 1月7日）

<https://www.city.nagoya.jp/kurashi/category/24-2-9-9-0-0-0-0-0-0-0.html>

「新しい生活様式」の実現に向けた 交通システムの在り方

EC17043 橋口 瑞来

1. 研究背景

人類を脅かす感染症新型コロナウイルス（COVID-19）が世界的に大流行している。感染力が非常に強いことから私たちの生活が流行前とは一変するなどの社会全体に大きく影響を受けている。ここでとくに公共交通事業を取り上げる。公共交通事業は緊急事態宣言下においても生活の足として必要不可欠なものであり公共交通サービスを維持していくことが求められている。一方でテレワーク等による通勤・通学者の減少や県をまたぐ移動の自粛による観光客の減少や渡航制限によりインバウンドの減少、利用者の公共交通を利用することの敬遠などから公共交通事業の利用者が激減しサービスの存続が危機的な状況に陥っている。流行は長期化することが推測されていることから社会全体として「新しい生活様式」へと変えていく必要がある。公共交通事業においても「新しい生活様式」を実現するために新たな交通システムを構築することが求められる。

2. 研究目的

本研究はコロナ禍が交通事業へ及ぼした影響を分析し、交通システムとしての対応策を提案する。調査としては基本的には地方の新聞の記事の検索と学生の行動意識調査を実施する。新型コロナウイルスと交通事業の関係性から主に複数の期間に分けて影響に対する対応策を考え出す。現在様々に提案されている「新しい生活様式」は曖昧な部分があり明らかになっていない。特に交通事業関係にするものに未確定の部分がある。そこで本研究は未確定の部分の可能性、実現性のあるものというように整理し、「新しい生活様式」の具体的なイメージを構築する。

3. 研究方法

本研究では3つの調査を行う。1つ目は公共交通事業者がどのような影響を受けたかの文献調査である。2つ目は本学学生を対象に Google Forms による学生行動意識調査である。3つ目は Apple Maps の移動傾向レポートを元に国内の各移動手段利用データからの分析である。これらをまとめて方向性の提案をする。

4 各公共交通事業者による影響

4.1 鉄道への影響

図1、図2は一般社団法人日本民営鉄道協会が公開した大手民鉄の輸送人員・旅客収入のデータを元に筆者が作成した図である。2020年4月~10月までの定期、定期外の輸送人員及び旅客収入は前年と比べて減少している。特に定期はどちらも前年と比べ大きく減り移動の自粛で通勤者のテレワークや通学者の遠隔授業などによる影響と見られる。緊急事態宣言が発出された4,5月ではどちらも定期外が前年と比べて約7割に落ちているのに対して6月以降から減少している。これはおそらくではあるが新常態へと働き方改革を推進している企業が増加し、テレワークへの業務移行による通勤手当の見直しなどが関係しているのではないかと考える。定期外ではどちらも4,5月に比べ6月以降は増加傾向にある。これは6月の県をまたぐ移動の自粛緩和や Go To トラベル事業による影響ではないかと考える。一方でどちらも前年と比べると定期外も大きく減少しており10月では2割まで減少するなど厳しい状況である。

4.2 バスへの影響

バスの旅客収入データは参考になるデータが少ないため大手民鉄の決算短信より図3を作成した。どの鉄道会社も前期より減少している。特に名古屋鉄道、西日本鉄道は前期の約5割減少するなど鉄道と同様厳しい状況である。

4.3 タクシーへの影響

図4は東京交通新聞の記事より全国ハイヤー・タクシー連合会が公開したデータを元に作成した図である。図を見て分かるように2月は前期と比べてほぼ変わらないのに対して感染が拡大し始め3月、緊急事態宣言が発出された4.5月では全国的に前年と比べ4割まで減少している。6月以降は徐々に回復するものの前年と比べると7割ほどにまで落ち込んでいる。観光地の客足低下や宴会などの自粛でタクシーが一番使用される深夜帯が減ったため減少したのではないかと考える。

5. 学生行動意識調査

中部大学工学部都市建設工学科の学生に Google Forms で調査票（内容は省略）を作成し、第1回目は2020年4月7日～13日の期間で在学の院生、学生全員（学部生 318名、院生(前期課程)9名）を対象に、Tora Net でメールを発信し、142件回収した。第2回目は2021年1月21日～27日の期間で在学の学生全員（学部生 317人）を対象に、Tora Net でメールを発信し、161件回収した。第1回、第2回の比較で変化があまり見られないQ1~Q13とQ16~Q19は省略としQ14、Q15の調査結果のみ考察する。表1より1,2回目ともに職場や大学など個人の判断でキャンセルが判断できないものほどキャンセル率が大きく影響していると思われる。個人の判断でできるものは単なる外出自粛の呼びかけでもキャンセル率の比率が高くなる。意識が大きく変わったのは通学するの項目で緊急事態宣言の出ている時の場合キャンセルすると答えた人が第1回目より第2回目は少なかった。ほかの項目でも全体的にキャンセルする割合が第1回目の時よりも第2回目の方が少ないことが分かる。

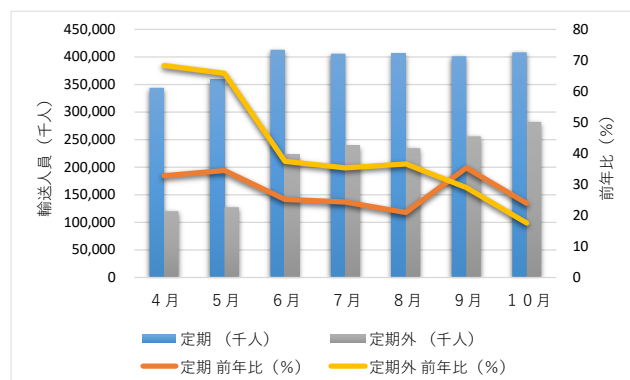


図1 定期・定期外の旅客収入 (民鉄のデータより作成)

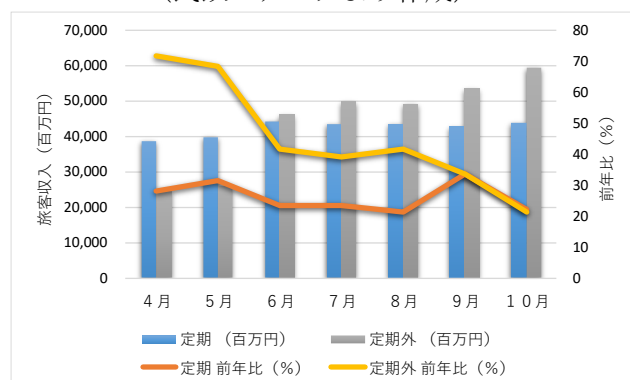


図2 定期・定期外の旅客収入 (民鉄のデータより作成)

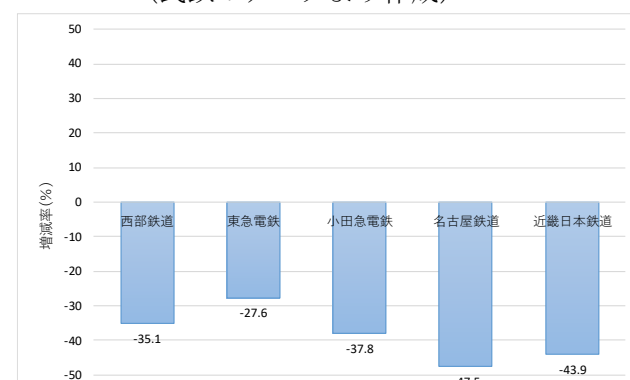


図3 前当期3月期第2四半期の営業利益の増減率 (大手民鉄の決算短信より作成)

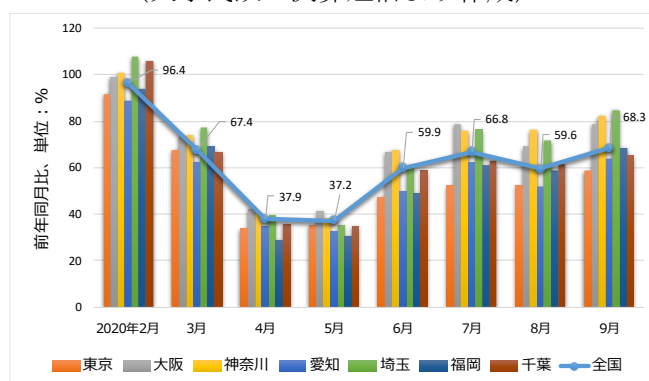


図4 新型コロナウイルスの影響による タクシーの営業収入の変化

(『東京交通新聞』2020/10/19 p.2の記事より作成)

表1 Q14、Q15の調査 調査結果より作成

外出予定が入っていた場合、あなたがキャンセルするものを選んでください	単なる外出自粛の呼びかけ (%)			緊急事態宣言の出ている時 (%)		
	第1回目	第2回目	意識変化	第1回目	第2回目	意識変化
(持病などで) 病院に行く	21.5	8.7	-12.8	44.9	18.6	-26.3
通学する	25.9	8.1	-17.8	60.1	16.1	-44
通勤する	20.7	8.1	-12.6	48.6	15.5	-33.1
衣料品を買いに行く	49.6	29.8	-19.8	68.8	39.1	-29.7
食料品を買いに行く	6.7	7.5	0.8	21	12.4	-8.6
キャンセル料が発生するので旅行に行く	75.6	42.9	-32.7	86.2	59	-27.2
チケットが無駄になるのでライブ/イベントに行く	74.1	44.7	-29.4	88.4	67.1	-21.3
友達と予定していたランチに行く	68.1	44.1	-24	87.7	55.3	-32.4
就活の面接に行く	20	6.8	-13.2	39.1	9.3	-29.8
友達と予定していたカラオケに行く	83	60.9	-22.1	92	70.2	-21.8
チケットが無駄になるので映画を見に行く	74.1	27.3	-46.8	86.2	54.7	-31.5
予定していたキャンプなどのアウトドアをしに行く	77.8	46	-31.8	89.1	55.9	-33.2
日用雑貨を買いに行く	23.7	19.3	-4.4	47.8	24.8	-23
予定していた恋人とデートする	57	28	-29	82.6	46	-36.6
予定していたサークルの活動に参加する	81.5	52.2	-29.3	90.6	68.9	-21.7
以前から約束していた友達と会う	60.7	35.4	-25.3	84.8	47.2	-37.6
その日にしか見られない/次に見られるのは数十年以上先レベルのものを買いに行く	51.1	26.1	-25	73.2	39.8	-33.4
免許の更新、更新に関する講習を受ける。(自動車免許など更新できないと無効になるもの)	24.4	8.1	-16.3	44.2	17.4	-26.8
自動車学校の教習に行く(※自動車学校は9ヶ月以内に卒業できなければ退学となる。場所によってはキャンセル料が発生する。)	39.3	24.8	-14.5	55.8	26.7	-29.1
(感染症以外で) 入院している家族/知人のお見舞いに行く	53.3	43.5	-9.8	70.3	55.9	-14.4

6.新型コロナウイルスの影響による交通モビリティ

図5、図6はApple Mapsの移動傾向レポート¹⁾で2020年1月13日の移動を100%とした時の国内の各移動手段による1年分のデータを元に作成した図である。自動車による移動では2020年3月の下旬までは増加傾向であったが全国に発出された1度目の緊急事態宣言により移動が約7割にまで減少した。特に東京都では約6割まで落ち込んでいる。また全体的に県をまたぐ移動の自粛が緩和された6月の下旬からは徐々に増加傾向にある。緊急事態宣言中の5月の大型連休では自粛傾向にあったのに対して独自の緊急事態宣言や移動の自粛があったお盆では移動が急増し、9月の大型連休ではさらに急増した。自粛疲れや感染者数が落ち着いたことによる影響ではないかと考える。12月の年末や2度目の緊急事態宣言があった2020年1月7日以降は減少傾向にあり1度目の緊急事態宣言ほどではないが影響している。鉄道による移動ではこちらも自動車と同様3月の下旬までは増加傾向である。しかし4,5月では約6割、特に東京都では4割程度にまで落

ち込むなどリモートワークや遠隔授業などが関係していると思われる。自動車ほどにまで落ち着かなかったのは公共交通機関を利用する懸念もあったのではないかと考える。緊急事態宣言解除後は増加した。自動車同様12月の年末や2度目の緊急事態宣言は減少傾向にあった。都道府県別で見るとどちらも愛知県の移動が多く東京都の移動は少ない。

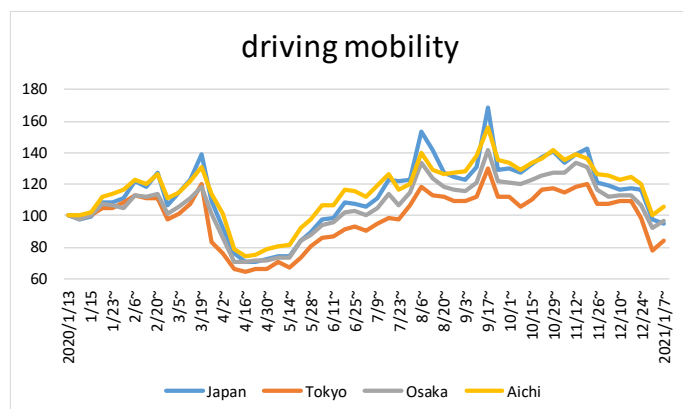


図5 全国と各都道府県の自動車による移動
(Apple Maps の移動傾向レポートより作成)

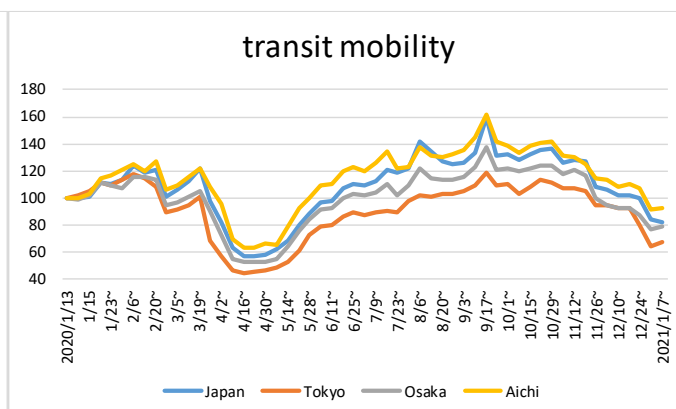


図6 全国と各都道府県の鉄道による移動
(Apple Maps の移動傾向レポートより作成)

7.公共交通事業の新常態への新しい方向性の提案

生活習慣の変化や移動の自粛から他の交通手段へのシフトチェンジなどによりサービスの存続が危機的な状況に陥っている事業者が多い。またコロナが変異し何年も影響すると見られ、あらゆる変化に追いつく必要がある。そこで“IT を利用した変革“DX²⁾を用いて「新しい生活様式」の方向性として筆者が考えた案を述べる。まずDXを活用し利益率の改善を図る。路線の需要と供給に合わせてダイヤの改正や特急賃金を変動することで利益率を改善できるのではないかと考える。移動空間内での効率の高い作業を実施することで需要が高まると考える。また今までは人・モノを運ぶために使われてきた公共交通だか現コロナ禍において情報に対する需要が著しく増大する。そこでDXを用いて情報化することで移動そのものに高い価値をもたらすことができるのではないかと考える。

8.結論

今回の研究目標は新型コロナウイルスが与える公共交通事業の影響と意識調査、「新しい生活様式」への方向性の提案をすることの二点について結論を述べる。新型コロナウイルスによる影響は国内で初の感染が確認された直後に出ておりニーズにあったテーマだと考え本研究を開始に至った。影響は以上で述べたように著しく、おそらく何十年も続くと推測する。今日の状況では未知の状態であるためこれだという結論には至らなかったが“7. 公共交通事業の新常態への新しい方向性の提案”を示して本研究の成果とする。

参考文献

- 1) Apple Maps 移動傾向レポート <https://covid19.apple.com/mobility> (参照 2021-1-13)
- 2) 経済産業省 DX とは https://www.meti.go.jp/policy/digital_transformation/index.html(参照 2021-1-27)

PC 鋼材の付着が PC はり部材の挙動に及ぼす影響の解析的評価

EC17020 栗田 重晴

1. 序論

日本国内では高度経済成長から多数の橋梁が建設され、近年では老朽化した橋梁が増加してきていることから、これらを適切に維持管理して安全に供用を継続すること、仮に損傷した橋梁があれば適切に補修・補強・更新等を実施していくことが重要課題となっている。これらの課題への対応を合理的に進めていくためには、損傷した橋梁に対する補強の要否判定を工学的に明確に実施していくことが重要であると考えられる。

プレストレストコンクリート(以降, PC と記す)橋においては、海岸部での飛来塩分や積雪寒冷地での凍結防止剤などを原因とした PC 鋼材の腐食損傷事例がポストテンション方式の場合にはグラウト充填不足を伴う橋梁や、橋面に PC 鋼材の定着部を設けた上縁定着方式の橋梁などで報告されてきているが、これらの損傷した PC 橋に対する性能評価手法は十分に確立されていない。

本研究では、鋼材の腐食等の経年劣化が生じたポストテンション方式の PC 構造物の残存性能評価が可能な解析技術の開発を主眼とし、まずは、基本的なポストテンション方式の PC 部材の性能が評価可能な解析技術の開発を目的とする。具体的には、グラウトの有無、グラウト後は PC 鋼材とグラウト間の付着を適切に考慮できる解析技術の枠組みを構築することを目的とする。構築した解析技術を用いて、PC 鋼材のひずみ分布が計測されている、同研究室の松村¹⁾の解析を実施することで、本解析手法の妥当性や改良点について検討を行った。

2. 解析対象と解析概要

2.1 解析対象とした実験の概要

本研究では松村の荷重試験を対象とした。図-1に試験体寸法、図-2に実験で使用された PC 鋼材の応力-ひずみ関係を示す。この実験では、付着状態をパラメータとした断面 120×200mm で支間 1400mm のポストテンション式 PC はり部材の荷重試験が行われている。有効高さが 133mm に配置されたφ25mm のシース管があり、その内部にφ9mm の SBPR 930/1080PC 鋼棒が使用されており、ひずみが計測されている。コンクリートとグラウトの圧縮強度はそれぞれ、36.9N/mm² および 64.8N/mm² であり、降伏強度、ヤング係数はそれぞれ 1100 N/mm², 210kN/mm² である。また松村の試験体に従い、グラウトありの

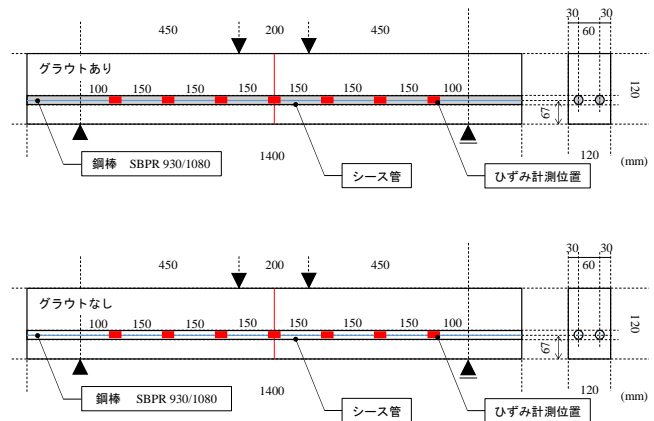


図-1 RC はり部材の諸元

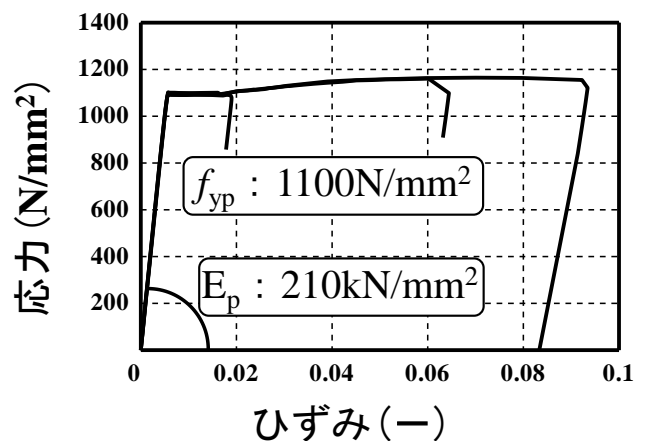


図-2 実験の応力-ひずみ関係

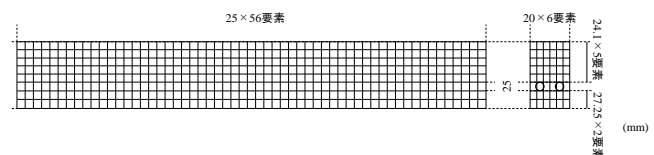


図-3 要素分割図

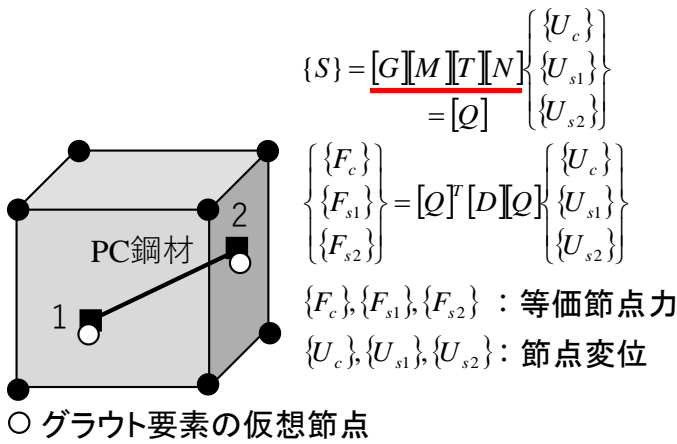


図-4 付着モデルの定式化

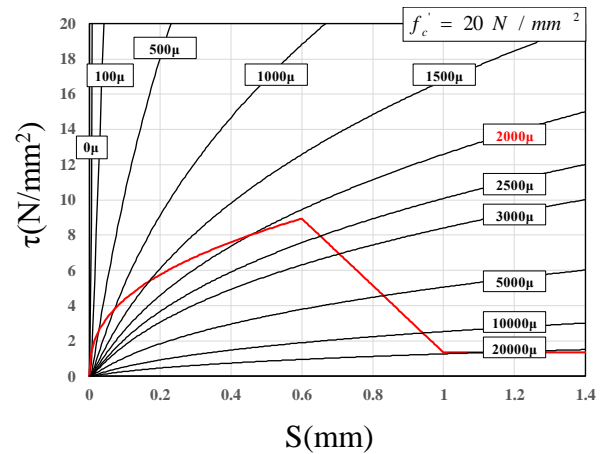


図-5 付着応力-すべり-ひずみ関係

試験体を実験 1, 実験 5, グラウトなしの試験体を実験 2, 実験 6 とする。

2.2 解析概要

図-3 に試験体の要素分割図を示す。図の試験体の断面図について、シーす管の面積とグラウト要素部分の面積がほぼ等しくなるように、メッシュ分割をしている。

ポストテンション PC はりの解析的性能評価手法の検討にあたり、LECOM²⁾に野中の付着モデル³⁾を導入した解析ツールを使用した。PC 鋼材とグラウト間の付着には、図-4 に示すモデルを使用した。グラウト要素内の任意位置に配置された PC 鋼材節点位置にグラウト要素の仮想節点を想定し、仮想節点の変位を形状関数マトリクス $[N]$ により評価し、座標変換マトリクス $[T]$ を用いるとともに、PC 鋼材軸に沿った積分点のすべり量を $[M]$ および $[G]$ により評価している。マトリクス $[Q]$ が、一般的に変位からひずみを評価する $[B]$ マトリクスに相当する。付着応力-すべり関係 $[D]$ には、図-5 に示す島ら⁴⁾が提案する異形鉄筋用の付着応力 τ -すべり S -ひずみ ϵ 関係を準用した。本モデルでは、図に示すように、鋼材のひずみが大きくなるにつれて付着強度が低減する。図中の赤線は、CEB モデル⁵⁾である。本研究では、丸鋼である PC 鋼材の付着は異形鉄筋と比較して小さいことから、次式に示すように、島らの提案式に付着強度を低減させるパラメータ α を導入した。

$$\tau = \alpha \times 0.73 f'_c (\ln(1 + 5s))^3 / (1 + \epsilon \times 10^5), \quad s = 1000 S / D$$

ここで、 D は鋼材径であり、本研究では、 S を鋼材節点とグラウト仮想節点の相対変位とし、パラメータ α をほぼ 0, 0.1, 0.3, 0.6 と設定し、それぞれの名称を Case0, Case1, Case2, Case3 とした。本研究は、PC 鋼材の付着が PC はり部材の挙動にどのように影響するかを検討した。

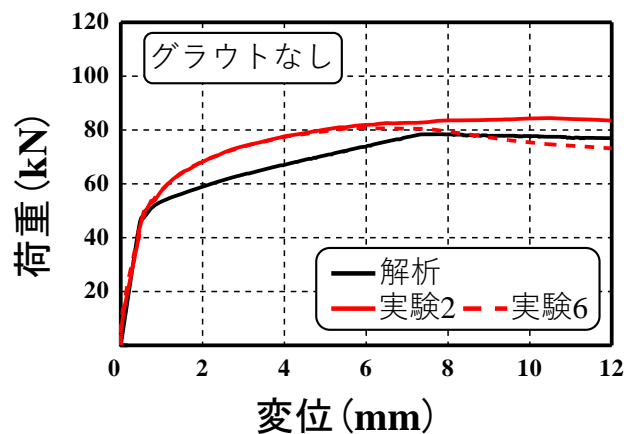
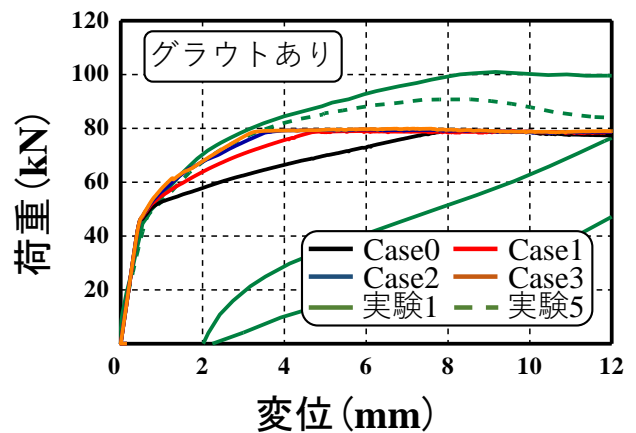


図-6 荷重-変位関係

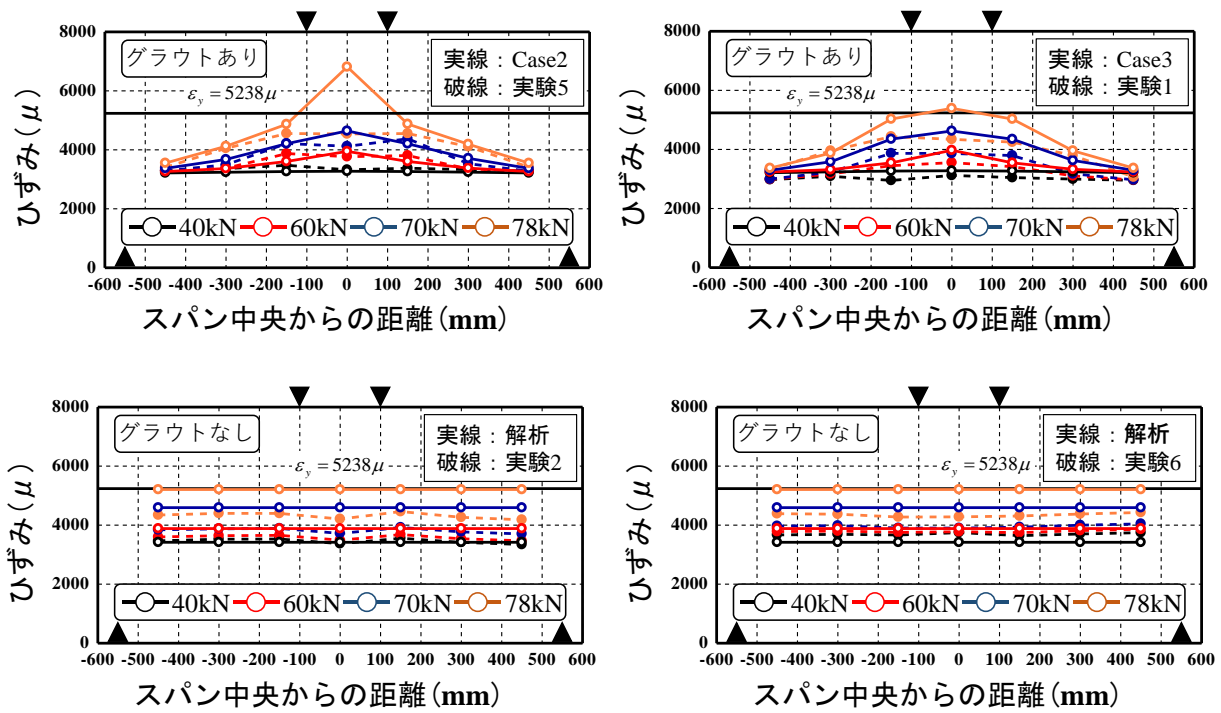


図-7 ひずみ分布

3. 解析結果

図-6 に荷重－変位関係を示す。グラウトされている場合、パラメータを増加させると最大荷重に達する変位が短い

解析だと鋼材の降伏で耐力が決るが、実験では共に解析より最大荷重が高い値を示した。なお、RC断面同様に、平面保持の仮定に基づき、コンクリートの引張抵抗を無視、コンクリートの圧縮合力算出に等価応力ブロックを使用して算出される終局曲げモーメントから求められる終局荷重は、71.5kNである。要因として、グラウトあり時のシース管が試験体の実験で耐力増加に寄与したのではないかと考えられる。

グラウトされていない場合は、グラウトされている場合の荷重－変位関係ほど最大荷重の変化はなく良いと言える。しかし、解析だと変位が1mmより前からほぼ直線的に緩やかに最大荷重に達するのに対し、実験だと、ほぼ直線とはならず弧を描くように最大荷重と達した。これは、ある荷重に達した時シース管と鋼材が触れ、その摩擦によりこのような剛性増加になったのではないかと考える。

図-7にひずみ分布を示す。図には、グラウトされている場合、両図、解析、実験共にスパン中央のひずみが高く、スパン中央から離れるほどひずみは低くなり、グラフの形は正しいといえる。

グラウトされていない場合は、解析だと、試験体にどの値の荷重が掛かっている場合でも、スパン全体のひずみは同じ値である。しかし実験だと、スパン中央だけどちらのグラフも低くなっているのが分かる。一般に、等曲げ区間で曲げモーメントが最大になるので、ひずみも大きくなると考えられるはずだ。だがこちらも、グ

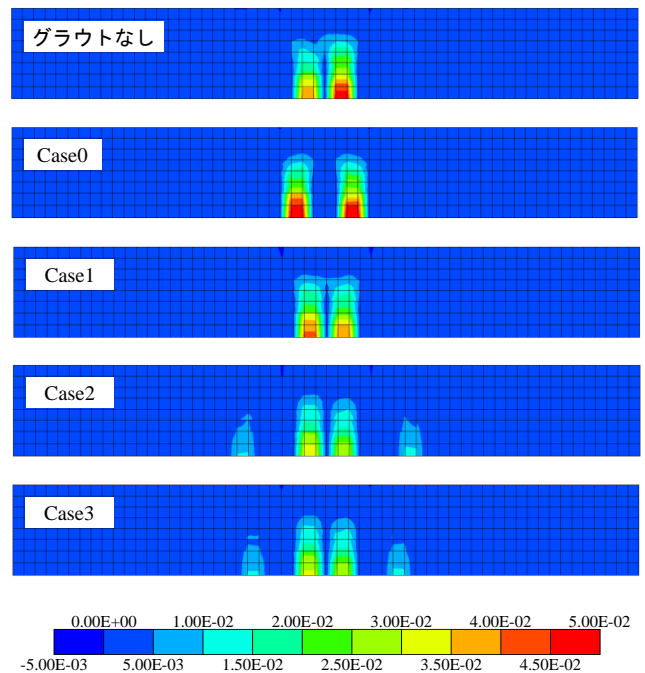


図-8 解析による最大荷重のひび割れ図

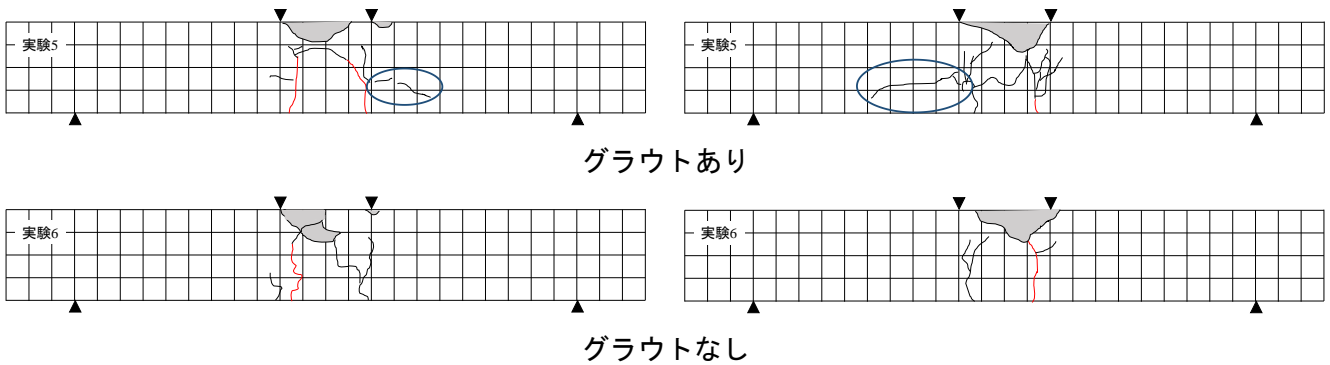


図-9 実験によるひび割れ図

ラウトされていない場合の荷重-変位関係の時と同様に、シース管と鋼材の摩擦により、ひずみの値が低くなったと考えられる。

また、どの図も共に解析より実験の方がひずみの値が低いことが分かる。恐らく、鋼材に緊張を与えた際に、鋼材がコンクリートの試験体ごと縮もうとし、初期ひずみがさらに小さくなった可能性がある。

図-8に解析によるひび割れ図を示す。グラウトなし、Case0、Case1は2箇所でひび割れが起き、Case2、Case3は4箇所でひび割れが起きている。これは、付着強度を低くしたらひび割れは減るので松村が行った実験は付着強度が高かったと考えられる。また、 α の値を上げるにつれ、ひび割れが小さくなっていることが分かる。

図-9に実験によるひび割れ図の一部を示す。図中の赤で描いた線は、ひび割れが大きかった箇所である。グラウトされていない実験6では荷重をかけた点のどちらかに大きいひび割れが生じた。図-8のグラウトなしのひび割れ図でも同じように、ひび割れが生じている片側だけひび割れが大きいことがはっきりと分かる。グラウトされている実験5は荷重をかけた箇所から大きいひび割れが起きた。図-8で表したように、グラウトされている4つのCaseすべて、ひび割れが起きている箇所の大きさは概ね左右対象であり、正しい解析結果といえる。

また、実験5では、図-8の解析で表したひび割れとは明らかに違う箇所を青の○で囲った。これは、このひび割れの位置にシース管が通っているためできたものだと考えられる。実験6でこのひび割れが現れず、グラウトによる影響の差だと考えられる。

4. 結論

本研究では、付着モデルを応用してグラウトの有無、グラウト後付着挙動を考慮できるポストテンションPC部材の解析技術を構築した。グラウトなしの耐荷力、グラウトの有無に関わらずひずみ分布性状をおおよそ予測することが出来、付着パラメータの違いが解に与える影響を剛性増加、ひび割れ性状から解析的に評価することも確認した。付着パラメータは10%~30%が妥当だと考える。また、解析精度向上には、シース管とPC鋼棒の摩擦や、グラウトとの付着挙動の適切なモデル化が必要である。

参考文献

- 1) 松村：PC鋼材の付着がPCはり部材の挙動に及ぼす影響の実験的評価，2020年度中部大学卒業論文，2021
- 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シミュレータの開発－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－，J-STAGE 53巻2号，pp172-180，2015
- 3) 野中萌生：鉄筋とコンクリート間の付着モデルの開発，2019年度中部大学卒業論文
- 4) 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V6，pp. 165-174，1987
- 5) RC Elements under Cyclic Loading, CEB State of the Art Report,1996

付着が RC はり部材の挙動に及ぼす影響の数値解析的検討

EC17034 田中 悠斗

1. 序論

近年の日本における設備投資の傾向は、新しく構造物を作る施設建設よりもこれまでに造った構造物をより長く安全かつ適切に使用する施設保全への割合が増加している。そのため、既設のコンクリート構造物はより合理的に維持管理をしていかなければならない。いわば、構造物の長寿命化を進めている。この構造物の長寿命化を目指す上で、鉄筋腐食の問題は大きな課題となると考えられる。鉄筋腐食による構造物の劣化はとても進行が早く、構造物に対して著しい損傷を与え、損傷状況に応じては耐荷性能が激減する¹⁾。

鉄筋腐食が RC 部材の曲げやせん断耐荷性能に及ぼす影響は定性的に評価されつつあるが、現状においても定量的評価には至っていない。その理由は、鉄筋腐食が RC 部材の耐力に影響する主たる劣化・損傷要因が、鉄筋の断面減少、鉄筋とコンクリート間の付着劣化、腐食膨張に伴うコンクリートのひび割れの3種であり、これら個々の要因が互いに影響を及ぼしているためであると考えられる。加えて、鉄筋腐食状況が一樣ではないこともその要因と考えられる。そのため、まずは個々の要因が RC 部材の耐荷性能にどの程度影響を及ぼすのかを把握する必要があると考えられる。そこで本研究では、宮崎の RC はり部材の載荷実験²⁾を解析対象として、鉄筋とコンクリート間の付着が RC はり部材の挙動に及ぼす影響と付着喪失部位が RC はり部材の挙動に及ぼす影響を数値解析的に評価することを目的とする。

2. 解析対象とした実験概要および解析概要

2.1 実験概要

解析の対象とした同年度の宮崎の卒業研究で用いた RC はりの諸元を図-1に示す。宮崎の実験では鉄筋にコーキング材を塗ることで、コンクリートと鉄筋間の付着を切り、鉄筋の腐食を模擬的に再現したものである。幅 120mm、高さ 200mm の断面に有効高さ 162mm の位置に D16 鉄筋を 2 本配置している。図-2 に解析モデルと宮崎の実験で設定された付着喪失部位を示す。健全な状態で S1~S4 はせん断破壊するように、M1 と M2 は曲げ破壊するように設計されている。S1 と M1 は付着喪失部位のない健全試験体、S2 と M2 は支点間の鉄筋に付着喪失を模擬した試験体、S3 と S4 はそれぞれせん断スパン内の付着喪失および等曲げ区間内の付着喪失を模擬した試験体である。

実験では、図-2 に示す位置に載荷点・支点が設けられ、せん断スパン比は約 2.5 である。計測項目は荷重、変位および図中に示す位置の引張鉄筋ひずみであり、支点外位置の鉄筋ひずみも計測されている。コンクリートの圧縮強度は 28.2N/mm²、鉄筋の降伏強度は S シリーズが 426.7N/mm²、M シリーズが 373.3 N/mm² である。マクロ式による健全な状態でのせん断および曲げ耐力は、S シリーズがそれぞれ 62.4kN および 112.3kN、M シリーズがそれぞれ

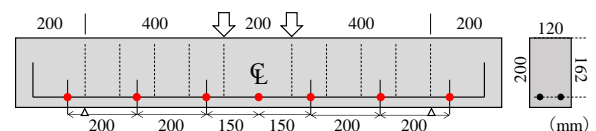


図-1 解析対象としたはり部材の諸元

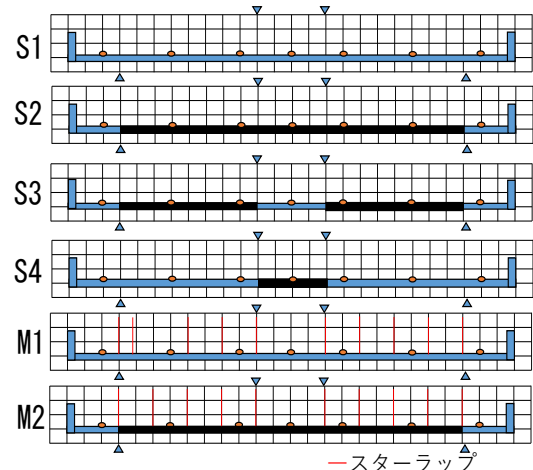


図-2 付着喪失部位

れ 62.4kN および 101kN である。

2.2 解析概要

解析には、3次元格子等価連続体モデル (LECOM)³⁾ に野中の付着モデル⁴⁾ を使用した。図-2 解析モデルと付着喪失部位を示した。M1 と M2 にはスターラップを巻き、曲げ破壊させるように設計した。

本研究の解析概要は、鉄筋腐食による付着劣化が RC はり部材の挙動にどのように影響するかを検討する。付着特性の変化や付着劣化の分布状況によってせん断耐力に変化があるか否かを明らかにするために、付着応力 α や付着劣化の分布を変化させた数値解析を行う。なお α を 0.6、0.8 とした。

3. 解析結果

3.1 荷重-変位関係の比較

図-3 に解析結果と実験結果の荷重-変位関係の比較を示す。なお、実験結果については、中央変位について支点沈下量を補正したものと補正していないものをそれぞれ実線と破線で示している。図より、S1 と S4 を比較してみた。等曲げ区間のみ付着を切った S4 だったが S1 と似たような図となったことから付着の切ってもあまり意味がないことがわかる。次に S2 と S3 を比較してみた。互いに荷重は 100kN だが中央変位の値に差がでた。S2 のほうが、エネルギー吸収が強いとわかる。最後に M1 と M2 について比較した。付着を全て切った M2 のほうが、耐力が強いことがわかる。また曲げ破壊するはずだった M1 がこのような図になってしまったのは、D6 鉄筋が強い荷重に耐えきれず降伏してしまったと考える。

図にあるように解析値と実験値の値は M2 を除き似たような数値となっている。実験中に試験体が壊れたことにより実験値の荷重が急激に下がることがあったが傾きはほぼ等しいことがわかる。

曲げ全スパン付着切れの試験体では図-3 の M2 のように、解析値よりも実験値の方が、傾きが大きいため、少し高い値で定着部での付着割裂破壊に至った。M シリーズは 101kN で降伏される事がマクロ式から表されており解析値は等しいため、実験最中に何らかのアクシデントがあったと考えられる。また図の点線で示している支点沈下量補正なしと実験値も似たような形を示した。緑の×で示したのは、荷重をかけている際に試験体が破壊されたことを示している。壊れてしまった原因は、支点間外の定着が完璧に出来ていなかったために中に埋め込まれている鉄筋が切れてしまったと予測される。この定着部での破壊を本解析ツール上で表現すべく付着応力を変化させることや、定着部の鉄筋方向を微小に変化させたがすべて定着部での破壊には至ら

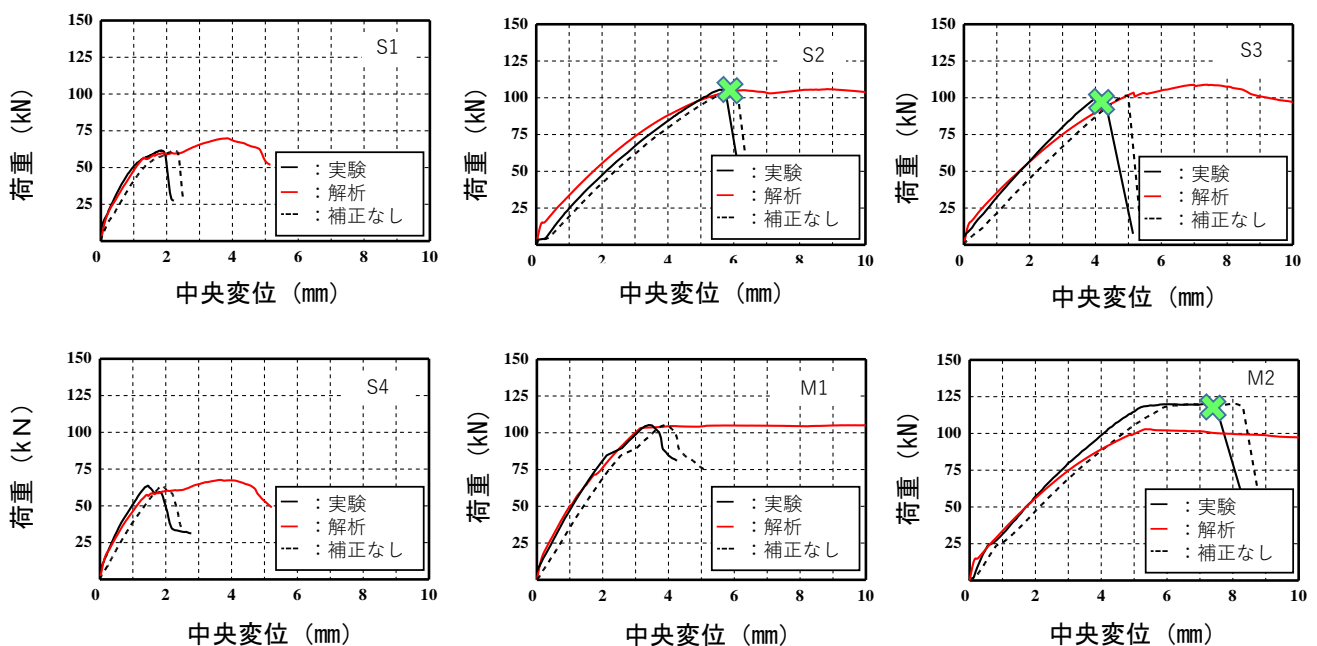


図-3 各試験体の荷重-変位関係の比較

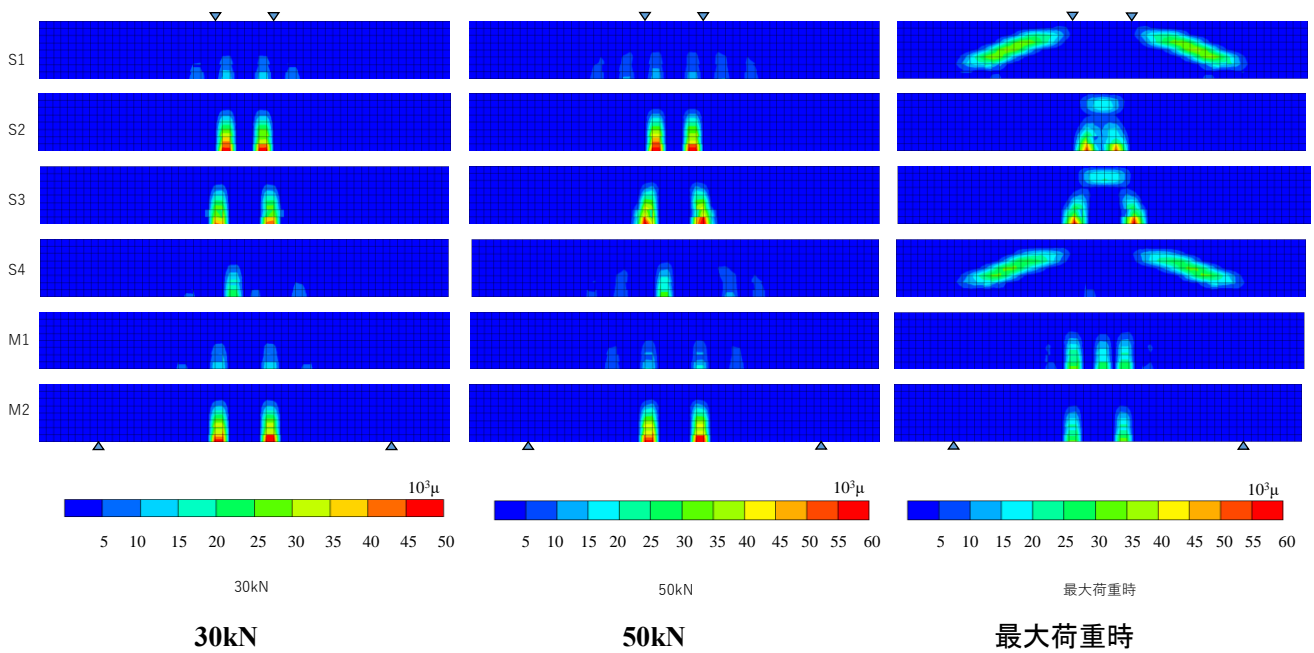


図-4 解析によるひび割れ図

なかった。これは、この解析モデルでは異形鉄筋の節などを表現することが難しくそれに対応する応力などが考慮されないためだと考えられる。

3.2 ひび割れ性状の比較

図-4に解析によるひび割れ図を示す。ひび割れ図を見ると S1 と S4 の最大荷重時の図が似ていることがわかる。このことから、コーキング材を塗る場所によってひび割れが変化してくることがわかった。塗る量と塗る場所によって斜めひび割れが発生してくることが示された。また、図より S2、S3、S4 と付着の分布が広がれば広がるほど、ひび割れの本数が減少している。かつ、スパン中央付近のひび割れが現れる傾向が示された。これは、付着喪失部が無筋コンクリート状態となることから生じた現象だと考えられる。

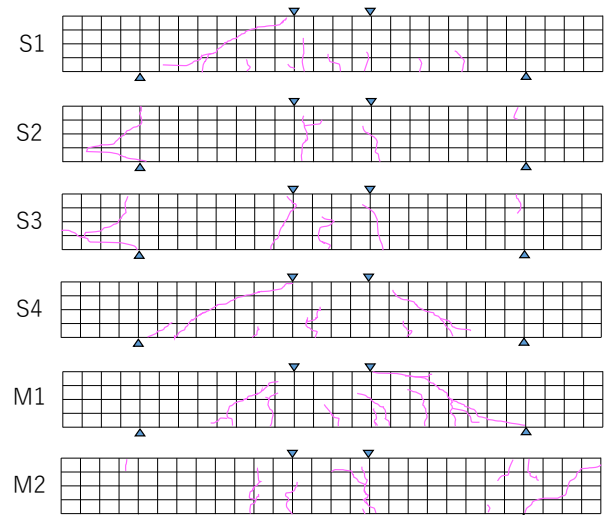


図-5 実験終了後のひび割れ性状

図-5には試験体のひび割れを示す。解析によるひび割れ図と概ね同じ位置で同程度の数のひび割れが発生したことが分かる。しかし、S3の試験体のひび割れが解析結果よりも多く発生した。理由はおそらく実験では付着を切った部分でも機械的な摩擦が発生したことが原因だと考えられる。S1、S2とM1、M2のように付着があり、なしでひび割れの本数が大きく変わってきた。付着を全てきることで斜めひび割れが発生を防げる1つの要因だと気づくことができた。だがひびは分散して発生することが好ましい。付着を切って曲げ破壊にさせるのではなく、健全なうえで曲げ破壊されるはりを作るのが最も良い。

3.3 付着喪失部位の鉄筋ひずみの評価

付着喪失部位の鉄筋ひずみは引張鉄筋の定着により、一様の引張力が作用しているため一定であることが得られる。図-6に解析より得られた鉄筋ひずみとその発生位置の関係を示す。S1、S2、S3、S4を比較してみると、付着の切れた場所によって図の形が異なっていることがわかる。S3の場合、実験中に鉄筋が破壊されたため実験データと解析データに違いが生じてしまった。これは、付着を切った場所のひずみの値が、付着を切らなかったひずみの値よりも大きくなってしまったため異なってしまったと考える。またせん断スパンの

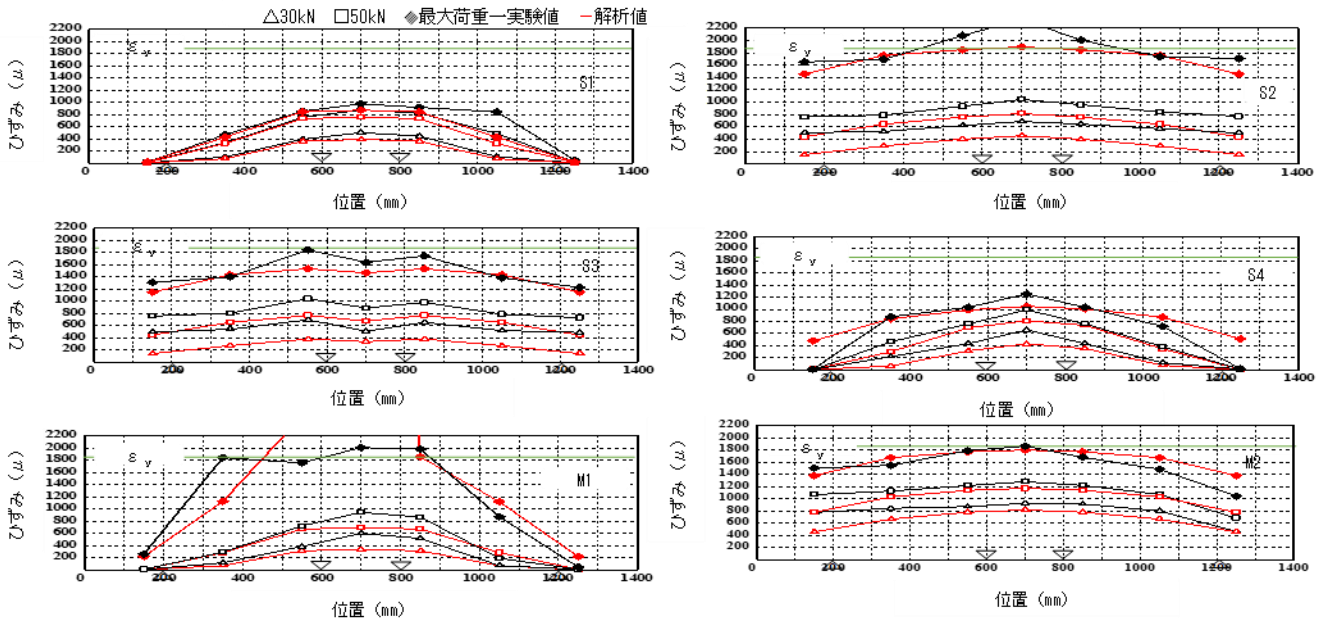


図-6 実験と解析結果のひずみ分布の比較

付着を切ったので、載荷点間のひずみの値が左右のひずみの値よりも低いことが確認される。S4 にもこの原理が成り立っているため載荷点間のひずみの値が左右のひずみの値よりも高くなった。このことから、付着を切った RC はりは定着が十分に確保されている RC はりよりも耐力が増加していることが図を見て確認される。実験の際に、せん断破壊した S1、S4 は図を見て分かるように降伏する値に到底及んでないことが確認できる。曲げ破壊した S2、S3、M1、M2 は降伏する値を超えたため曲げ破壊したことが証明された。S4 の解析値の最大荷重のひずみの終始が本来ならば、0 にならなければならないのだが 500 μ となった。その原因は、壊れる時に、鉄筋が滑ったためと考えられる。

4. まとめ

本研究では、付着劣化の度合いや分布状況によって RC はり部材の挙動にどのような影響を及ぼすのかを数値解析的に検討した。その結果得られた知見を以下に示す。

- (1) せん断破壊するはりに付着を切ることで曲げ破壊になることが解析データから得ることができた。
- (2) 荷重-ひずみ関係の実験値と解析値に違いが生じてしまった原因は、曲げ破壊させる予定だった RC はり部材の両端にひびが発生したからだと考えられる。
- (3) 付着劣化が生じた RC はり部材は、健全な RC はり部材よりも耐力が増加する傾向がある。
- (4) 付着劣化の範囲が広がれば広がるほどひび割れ数が減少しスパン中央付近にひび割れが発生する傾向にあった。これは付着喪失部位が無筋コンクリート状態となることから生じた現象だと考えられる。

【参考文献】

- 1) 大屋戸理明・金久保利之・山本泰彦・佐藤勉：鉄筋の腐食性状が鉄筋コンクリート部材の曲げ性状に与える影響，土木工学論文集，Vol.62 No.3，pp.542-554，2006.8
- 2) 宮崎奨平：付着喪失を模擬した RC はり部材の耐荷挙動の実験的評価、2020 年度中部大学卒業論文
- 3) 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シミュレータの開発—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—，J-STAGE53 巻 2 号.， pp172-180，2015
- 4) 野中萌生：鉄筋とコンクリート間の付着モデルの開発、2019 年度中部大学卒業論文

破断した PC 鋼材を有する PC はりの解析的性能評価手法の検討

EC17037 ダダボエブ アフロル

1. 序論

高度経済成長期から建設された多くのコンクリート構造物が老朽化し、これらを適切に維持管理することでその長寿命化が求められている。また老朽化したコンクリート構造物の合理的な維持管理計画の策定には、経年などで劣化・損傷した構造物が保有する残存構造成能を適切に評価する技術が必要と考えられる。ポストテンション方式のプレストレストコンクリート橋に着目すると、グラウト充填不足や、飛来塩分や凍結防止剤などを原因とした PC 鋼材の腐食や破断が確認されている。しかしながら、これら PC 橋に対する構造成能評価技術は十分に確立されていないのが現状である。そこで本研究では、埼玉大学の横田らの PC 鋼材を人為的に切断した PC はりの荷重実験¹⁾を解析対象として、PC 鋼材の破断を有するポストテンション方式 PC はり部材の構造成能が評価可能な数値解析技術の開発を目的とする。

2. 解析概要との試験概要

2.1 解析対象とした実験の概要

解析の対象とした PC はりの諸元¹⁾を図-1 に示す。実験では PC 鋼材に単線で付着性能を有するインデント PC 鋼線 SWPD1L7mm が使われている。PC はりは PC 鋼材の緊張後にグラウトを充填したポストテンション方式である。はり下縁には 3 本の SD345 (D6) 引張鉄筋、上縁には 2 本の SD345 圧縮鉄筋が配置されている。PC 鋼材と鉄筋の降伏強度はそれぞれ 1435 N/mm² および 475 N/mm² であり、コンクリートの圧縮強度は平均値で 56.6 N/mm² になっている。グラウトの圧縮強度は平均値で 88.7 N/mm² である。また、図-2 に PC 鋼材の切断位置と荷重方法を示す。図中の X 印が PC 鋼材を切断した箇所である。はり側面から φ15mm のコアボーリングを用いて PC 鋼材の完全切断が行われている。供試体 No.1-0 は健全なはりとし、他の供試体は図中の位置で PC 鋼材が切断されている。実験で確認された破壊形態については、全ての供試体において引張鉄筋および切断しなかった PC 鋼材の降伏が先行し、PC 鋼材の破断前に支間中央または荷重点付近の上縁コンクリート圧壊に至る結果になっている¹⁾。

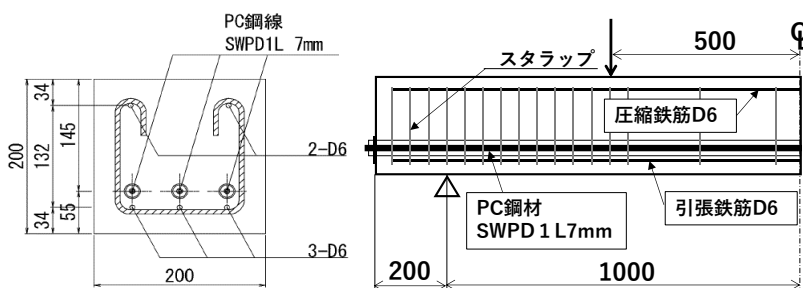


図-1 PC はりの諸元

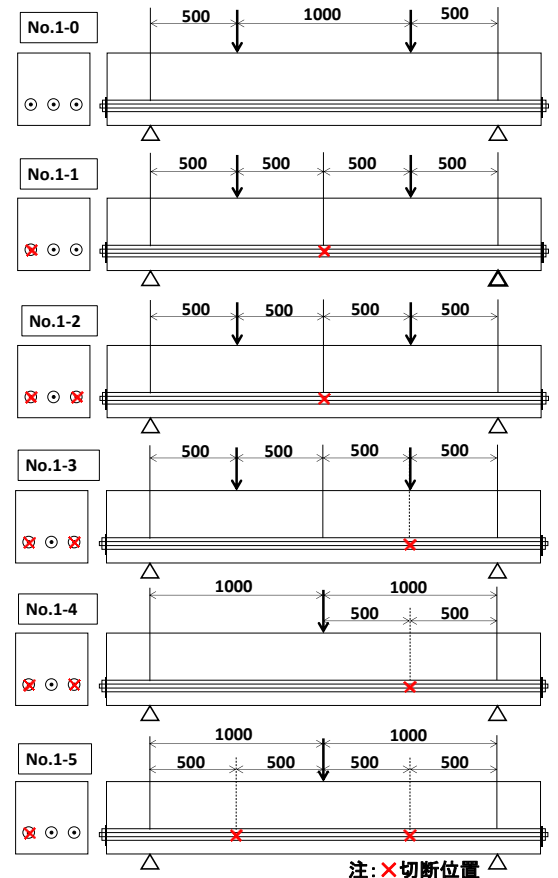


図-2 PC 鋼材の切断位置と荷重方法

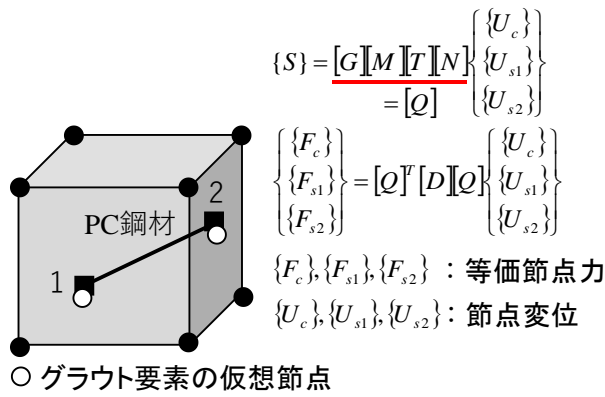


図-3 付着モデルの定式化

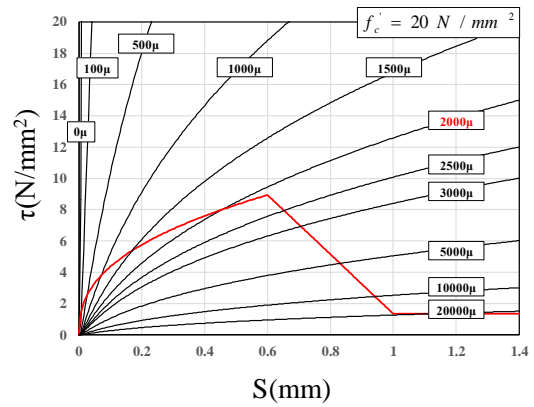


図-4 付着応力-すべり-ひずみ関係

2.2 解析概要

ポストテンション PC はりの解析的性能評価手法の検討にあたり、LECOM²⁾に野中の付着モデル³⁾を導入した解析ツールを使用した。PC 鋼材とグラウト間の付着には、図-3 に示すモデルを使用した。グラウト要素内の任意位置に配置された PC 鋼材節点位置にグラウト要素の仮想節点を想定し、仮想節点の変位を形状関数マトリクス $[N]$ により評価し、座標変換マトリクス $[T]$ を用いるとともに、PC 鋼材軸に沿った積分点のすべり量を $[M]$ および $[G]$ により評価している。マトリクス $[Q]$ が、一般的に変位からひずみを評価する $[B]$ マトリクスに相当する。付着応力-すべり関係 $[D]$ には、図-4 に示す島ら⁴⁾が提案する異形鉄筋用の付着応力 τ -すべり S -ひずみ ε 関係を準用した。本モデルでは、図に示すように、鋼材のひずみが大きくなるにつれて付着強度が低減する。図中の赤線は、CEB モデル⁵⁾である。本研究では、丸鋼である PC 鋼材の付着は異形鉄筋と比較して小さいことから、次式に示すように、島らの提案式に付着強度を低減させるパラメータ α を導入した。ここで、 D は鋼材径であり、本研究では、 S を鋼材節点とグラウト仮想節点の相対変位とした。

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

本研究では、この付着モデルを利用して、実験と同様にアンボンド状態で緊張力を導入し、グラウト後に PC 鋼材を切断した。また、グラウトと PC 鋼材間の付着が挙動に及ぼす影響を評価するために、付着強度パラメータを $\alpha=0.6$ および $\alpha=0.1$ に変化させた数値シミュレーションを実施した。

3. 解析結果

図-5 に No.1-0~No.1-5 の荷重から換算された支間中央の曲げモーメント-中央変位関係を示す。解析結果は実験結果と比較してわずかな差異が認められるが、比較的精度よく実験結果を予測している。実験結果では支間中央の最大モーメントに着目すると、No.1-1 は鋼材を 1 本切断した影響で No.1-0 の約 70%、No.1-2 および No.1-3 は鋼材を 2 本切断した影響で No.1-0 の 50%程度に低下していると述べている。No.1-0 の実験値と解析値には差異があるため、No.1-0 の実験値に対して解析の曲げ耐力比を計算すると、実験と同様に支間中央の最大モーメントが No.1-1 は No.1-0 の約 70%、No.1-2 および No.1-3 は No.1-0 の約 50%に低下してことが確認できる。なお、健全な供試体である No.1-0 における実験と解析の最大モーメントの差異には、実験では PC はりのたわみにより載荷点のずれが生じることや鋼製シースの剛性などが影響していると考えられる。

付着強度パラメータを $\alpha=0.6$ と $\alpha=0.1$ にした解析結果を比較すると、健全な供試体 No.1-0 の場合には付着強度パラメータの変化はモーメント-変位関係にほとんど影響していない。しかし、PC 鋼材の切断箇所が増えている No.1-4 および No.1-5 では、 $\alpha=0.6$ の方がひび割れ発生から鋼材降伏までの勾配が高く、PC 鋼材とグラウト間の付着が部材のエネルギー吸収に影響していることが確認できる。実験値と解析値との比較では、 $\alpha=0.1$ の方が良い一致を示すことから、 $\alpha=0.1$ の解析結果を使用して以降の検討を行うことにする。

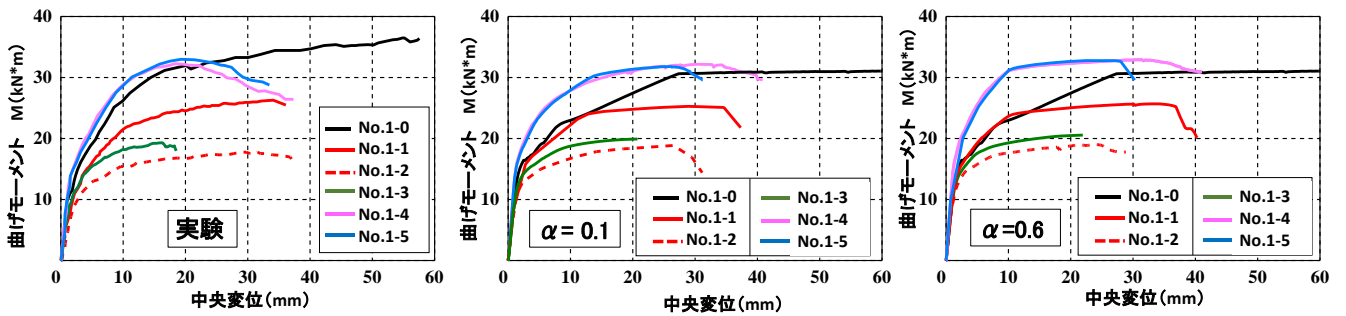


図-5 曲げモーメント-変位関係 (左: 実験, 中: 解析 ($\alpha=0.1$) 右: 解析 ($\alpha=0.6$))

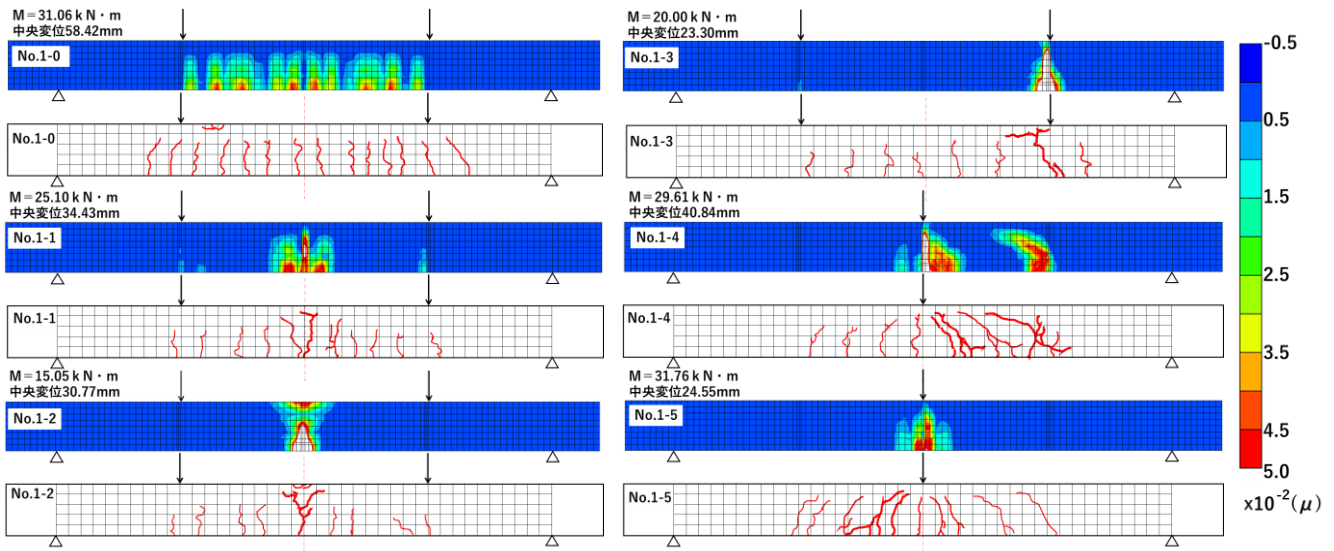


図-6 実験と解析のひび割れ性状の比較

図-6 に荷重実験後の供試体のひび割れ図および解析のひび割れ図を示す。実験供試体の写真を確認し、ひび割れ幅が大きい箇所を太線で示している。解析のひび割れ図では最大主ひずみ分布を示している。実験と解析のひび割れを比較すると試験体 No.1-5 以外のひび割れ図が解析ひび割れ図によく一致していることが分かる。供試体 No.1-5 に対して、解析では PC はりスパン中央が壊れているが、実験では中心より 20cm ほど離れた所から上縁中心に向けて斜めに大きいひび割れが発生している。それは、解析が左右対称のため、モーメント値が最大となるスパン中央にひび割れが発生して壊れたと考えられる。実験ではひび割れがスパン中央よりずれたのは実験の際に荷重増加につれて荷重点のずれなどが発生したからだと考える。

図-7 に $M=0$ と $M=15\text{kN}\cdot\text{m}$ 時の PC ひずみ分布を示す。ここでは、供試体の荷重方法が同様であること、PC 鋼材の切断位置が異なることから No.1-0、No.1-2 と No.1-3 の PC および鉄筋のひずみ分布を比較することにした。No.1-0 では PC 鋼材が健全なため、ひずみ分布が一定になっている。No.1-2 では、PC 鋼材が破断した中央のひずみ分布が 3500μ から $\alpha=0.1$ の場合 443.9μ まで、 $\alpha=0.6$ の場合 785.9μ までに減少した。No.1-3 でも PC 鋼材の切断箇所のひずみ分布が減少した。最大曲げモーメントが $M=0$ の図では PC 鋼材切断箇所から約 600mm 離れた所で、切断の影響がなくなることが確認できる。荷重前とその後を比較すると $M=15\text{kN}\cdot\text{m}$ では PC 鋼材切断箇所約 200mm 離れた所から PC ひずみが増加していることが分かる。

図-8 に $M=0$ と $M=15\text{kN}\cdot\text{m}$ 時の鉄筋ひずみ分布を示す。 $M=0$ の時は PC 鋼材に緊張力が与えているため、鉄筋ひずみが負の方にある。図より $M=0$ の時 PC 鋼材切断箇所鉄筋に負担がかかるため、ひずみが増加していることが確認できた。また、 $\alpha=0.6$ は $\alpha=0.1$ より付着強度が大きいので、 $\alpha=0.6$ の鉄筋ひずみが $\alpha=0.1$ より小さくなった。一方、最大モーメントが $M=15\text{kN}\cdot\text{m}$ になると鉄筋ひずみが負の方から正に代わった。PC 鋼材切断箇所の鉄筋に負担がかかるため、切断箇所の鉄筋ひずみが急増した。この際に、付着強度が高い方の供試体のひずみは小さくなった。そして、PC 鋼材切断箇所の鉄筋は降伏しているが、それ以外の所の鉄筋ひず

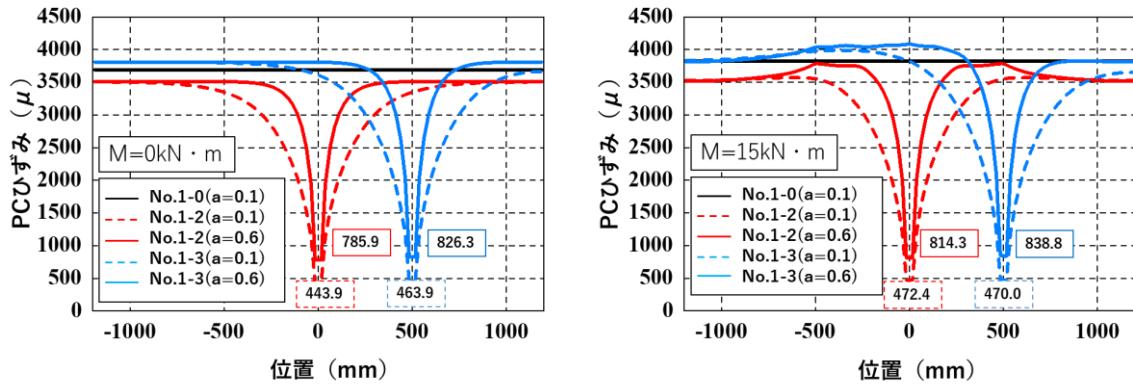


図-7 PC ひずみ分布 (左: $M=0\text{kN}\cdot\text{m}$ 時、右: $M=15\text{kN}\cdot\text{m}$ 時)

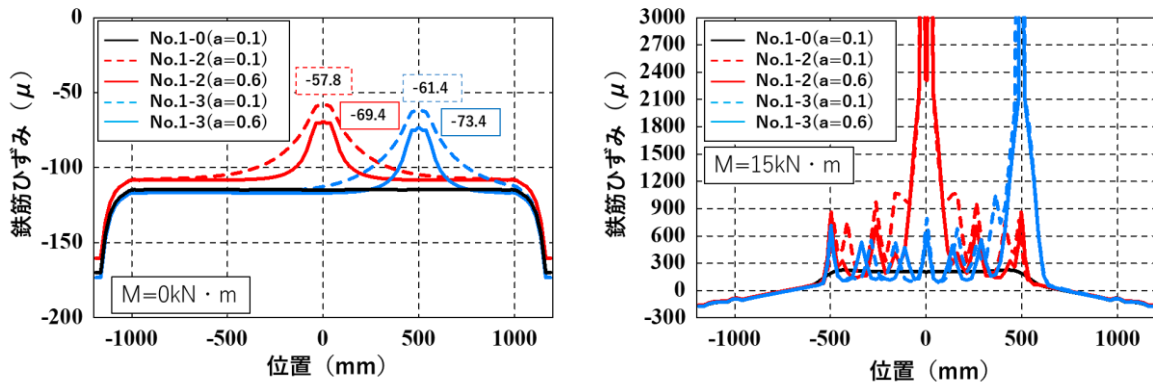


図-8 鉄筋ひずみ分布 (左: $M=0\text{kN}\cdot\text{m}$ 時、右: $M=15\text{kN}\cdot\text{m}$ 時)

みは 2375μ 以内にとどまっているので、鉄筋が降伏していないことが分かる。

4. 結論

本研究では、PC 鋼材の破断を有するポストテンション方式 PC はり部材の構造性能が評価可能な数値解析技術を構築した。本解析手法を、PC 鋼材を人為的に切断した PC はりの荷重実験に適用した結果、以下の結論を得た。本解析手法は、グラウトと PC 鋼材間の付着に、付着強度パラメータ $\alpha=0.1$ を使用することで、鋼材破断を有する PC はり部材の耐荷挙動、ひび割れ性状を妥当な精度で予測可能である。また、付着が PC はり部材のエネルギー吸収量に及ぼす影響および PC 鋼材切断箇所から約 600mm 離れた箇所では切断の影響がなくなることを数値解析的に評価した。荷重時では PC 鋼材切断箇所から約 200mm 離れた所からひずみが増加することも数値解析的に評価した。最後に解析精度向上には、PC 鋼棒の摩擦や、グラウトとの付着挙動の適切なモデル化が必要である。

参考文献

- 1) 横田敏広・Isuru WIJAYAWARDANE・睦好宏史：腐食した PC 鋼材を有する PC 梁の耐荷力特性と解析的性能評価手法の検討、土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol.74, No.4, 218-233, 2018.
- 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シミュレータの開発－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－, J-STAGE 53 巻 2 号, pp172-180, 2015.
- 3) 野中萌生：鉄筋とコンクリート間の付着モデルの開発, 2019 年度中部大学卒業論文
- 4) 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.
- 5) RC Elements under Cyclic Loading, CEB State of the Art Report, 1996.

PC 鋼材の付着が PC はり部材の挙動に及ぼす影響の実験的評価

EC17051 松村 亜輝良

1. 研究の背景と目的

ポストテンション方式の場合には施工時のグラウト充填不良や桁端部からのシーす内への雨水侵入による PC 鋼材の腐食や破断といった事例が報告されている。また、海外では 1985 年にイギリスにおいて、セグメント方式のポストテンション単純 PC 中空床版橋がグラウト充填不良に伴う PC 鋼材破断により崩落した事例があり、イギリスの運輸省は 1992 年～1996 年までグラウトを行うポストテンション橋の建設を止めて対応処置を行ったことがある。以上の背景から、これらの PC 鋼材の腐食や破断を伴う劣化した PC 橋に対する体系的で精度の高い性能評価手法の構築は、国内の PC 橋を合理的に維持管理更新していく上で必要不可欠であると考えられる¹⁾。そのため既往の研究では、数多の PC 構造の載荷実験が実施されているが、PC 鋼材のひずみが計測されている実験は非常に数が少ない。そこで、本研究ではグラウト充填不良もしくは PC 鋼材腐食による付着損失・劣化を模擬した PC はりの曲げ載荷試験を通じて、PC 鋼材とグラウト間の付着の有無がポストテンション式はりに与える影響について実験的に明らかとすることを目的とする。特に、数値解析手法の妥当性評価に資するため、緊張時ならびに載荷時の PC 鋼材のひずみ挙動を取得することを目的とする。

2. 試験概要

2.1 試験体概要と実験要因

図-1 に、本研究で使用した試験体概要を示す。幅 120mm、高さ 200mm の長方形断面に、緊張後に断面圧縮円のひずみがゼロとなるように、有効高さ 133mm の位置に PC 鋼材を 2 本配置した。PC 鋼材のひずみを計測するために、PC 鋼材には $\Phi 9.2\text{mm}$ の B 種 1 号の SBPR 930/1080 (実測降伏強度 1100N/mm^2) を使用した。また、ひずみゲージのリード線を通すために、シーす管には PC 鋼材に対して太径の外径 25.5mm の鋼製シーすを使用した。シーす管を型枠内に固定するために、型枠両脇には厚さ 12mm のコンパネ板を配置するとともに、ひずみゲージのリード線を通すために、コンパネ板のシーす間配置位置脇にシーす管径の発砲スチロールを取り付けた。このため、試験体全長は、1376mm である。実験要因は、PC 鋼材とグラウト間の付着とし、図-1 に示すように、シーす管内をグラウトした健全試験体 2 体 (No1・No6)、グラウトしない試験体 2 体 (No2・No5) と、等曲げ区間内の付着をなくした試験体 (No3) およびせん断スパン内の付着をなくした試験体 (No4) の 6 体の試験体を作製した。なお、鋼材の付着をなくす部分では、鋼材表面をウレタン製の布で覆い、その上

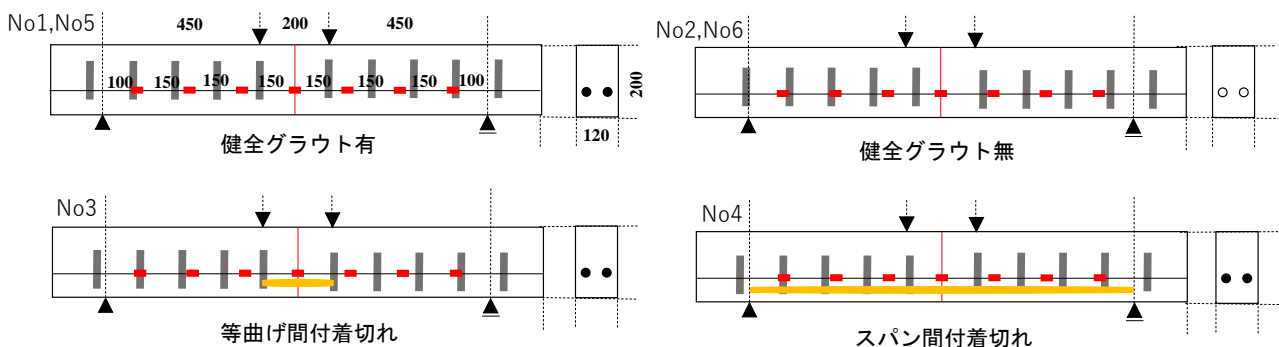


図-1 PC はり部材の寸法と付着喪失領域およびひずみゲージ貼付位置

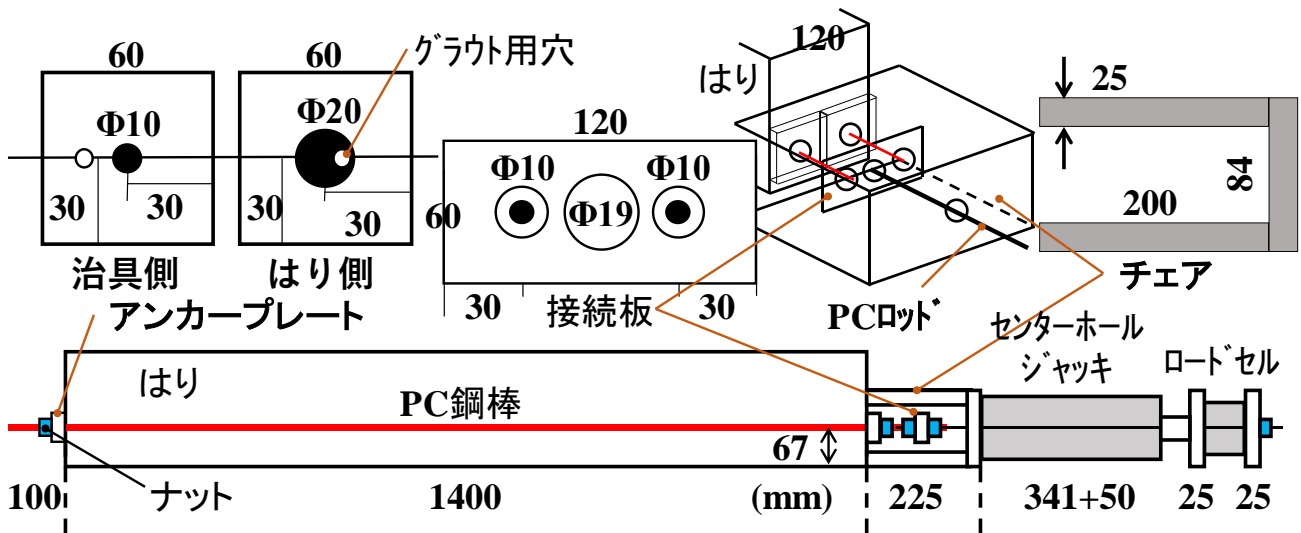


図-2 緊張力導入方法と主な治具寸法

表-1 コンクリート配合

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

からビニールテープを巻くことによって、グラウトが鋼材と直接付着しないようにし、これを擬似的な空隙とした。PC 鋼材のひずみを計測するために、図に示す位置に 1 本の PC 鋼材に対して 7 枚のひずみゲージを貼り付けた。なお、せん断破壊を防ぐために、No1 から No4 の試験体には相当量のせん断補強筋を載荷点から 150mm 間隔で配置した。使用したコンクリートの配合を表-1 に示す。

2.2 緊張力導入と緊張時の緊張力と鋼材ひずみ関係

図-2に、本研究で設計した緊張力導入方法を示す。試験体内の2本の鋼棒を同時に緊張するために、厚さ 32mmの接続板を介して、2本の鋼棒をΦ19mmのPCロッドと接続した。センターホールジャッキでPCロッドを緊張することで、2本の鋼棒に緊張力を導入するとともに、ロードセルで緊張力の計測を行った。

図-3 に No1 試験体の緊張時の緊張力-鋼材ひずみ関係を示す。なお、図には黒実線で理論値を示している。図より、理論値と鋼材ひずみ挙動は良い一致と示すことから、正確に緊張力を与えることができたと考えられる。緊張後の鋼材ひずみは、No1 から No6 に対して、それぞれ、2937 μ 、3400 μ 、3408 μ 、3600 μ 、3320 μ 、3655 μ である。グラウト作業では、試験体を柱のように立てて行うことでグラウトの充填不良を防いだ。

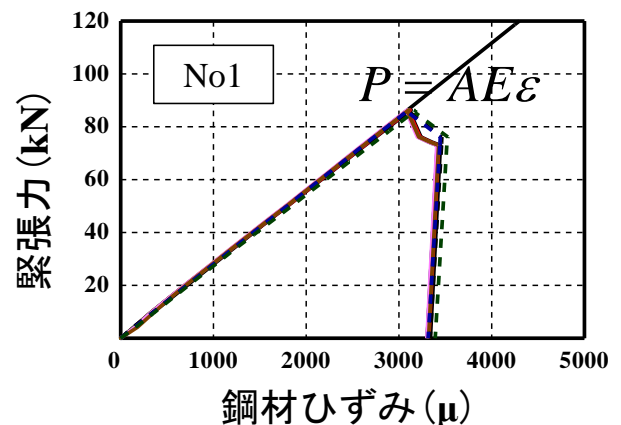


図-3 緊張時の緊張力-鋼材ひずみ関係

3. 実験結果

3.1 コンクリートとグラウトの圧縮強度

はり試験体と同一のコンクリートで作製したテストピースの圧縮試験から得られた圧縮強度は 36.9N/mm² であり、Φ50×100mm のテストピースから得られたグラウト材の圧縮強度は 64.8N/mm² であった。

3.2 荷重-変位関係

図-4 に荷重-変位の関係を示す。最大荷重は、グラウトした健全試験体 No1 と No5 で、それぞれ 101.7kN,

91.5 kN, グラウトのない健全試験体 No2 と No6 でそれぞれ 84.9kN, 81.4 kN であり, 等曲げ区間付着の付着を切った No3 で 101.4kN, スパン間の付着を切った No4 で 99.5kN であり, いずれもコンクリートの圧壊で耐力が低下した。健全試験体ではグラウトの有無で約 20kN の耐力差が生じ, 等曲げ区間内のみの付着喪失は耐力に影響せず, 全スパン内の付着が喪失すると, 約 10kN の耐力低下となった。マクロ式による耐力計算値は 71.5kN であり, グラウトした試験体の耐力には, グラウトが充填された太径のシース管の抵抗が寄与しているものと考えられる。また, グラウトと付着喪失領域の違いが, ひび割れ発生後の剛性に影響していることも確認できる。

3.3 ひび割れ発生状況

図-5 に載荷試験後試験体後のひび割れ発生状況を黒線およびひび割れ幅の大きいひび割れを赤線で, 圧壊したところを灰色で示す。ひび割れ発生荷重は, No1~No6 で, それぞれ 46kN, 50kN, 50kN, 56kN, 48kN, 50kN であり, いずれも当曲げ区間内にひび割れが集中した。No1, No3 および No5 では, 耐力付近でシース管に沿ったひび割れの進展が確認された。これは, グラウト充填されたシース管がコンクリートとの付着で抵抗したためと考えられ, このこ

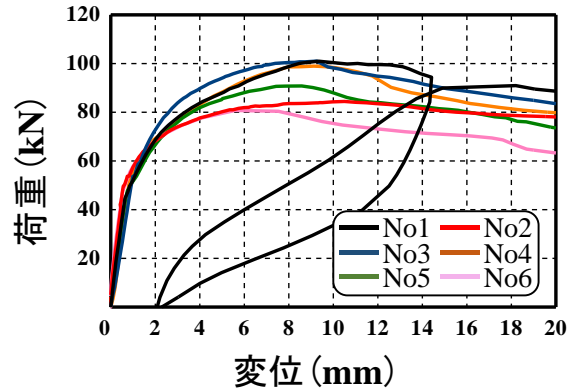


図-4 荷重-変位関係

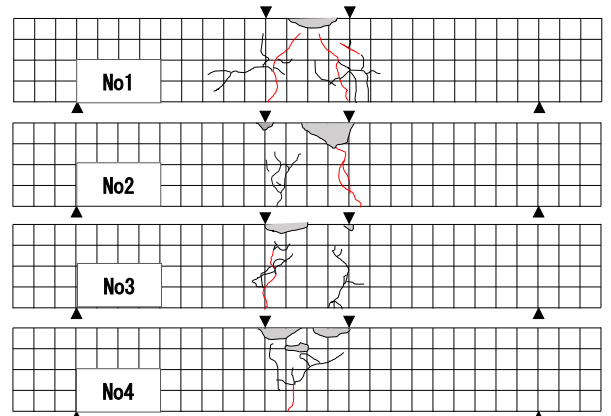


図-5 載荷試験後のひび割れ性状

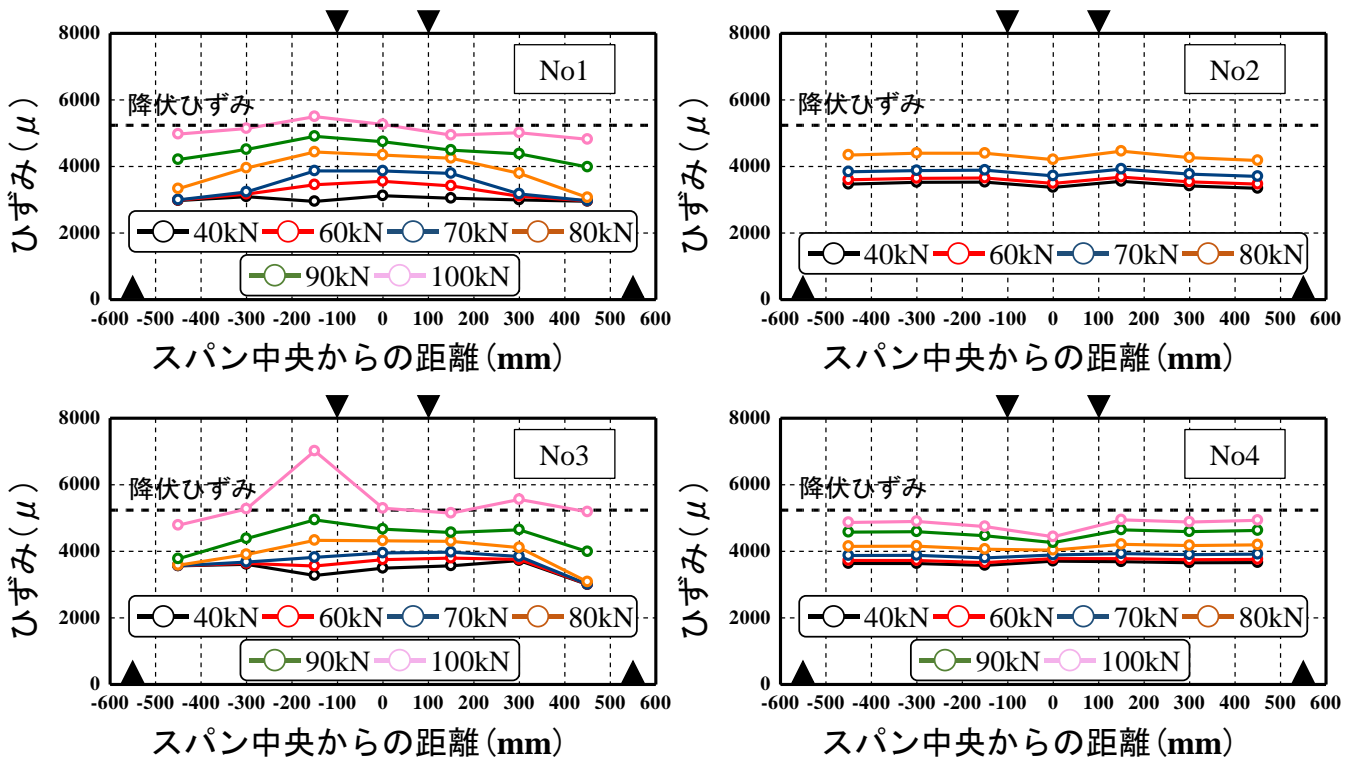


図-6 荷重載荷時のひずみ分布の変化

とからもこの要因がこれら試験体の耐力増加に影響したものと考えられる。

3.4 荷重試験時の鋼材ひずみ分布

図-6 に各荷重レベルのひずみ分布を示す。なお、ひずみ値は、荷重載荷時のひずみ値に、推定した載荷前の鋼材ひずみ値を加算している。載荷前の鋼材ひずみは、No1 試験体で緊張後のひずみ変化を1週間計測した結果、クリープにより平均値で 196μ 低下したことから、すべての試験体に対して、緊張直後のひずみから 196μ を差し引くことで推定した。図より、グラウトのない No2 と全スパンで付着喪失を模擬した No4 では、定荷重時から PC 鋼材のひずみ分布が一樣に分布していることが確認できる。なお、No2 でスパン中央のひずみが他と比べてわずかに小さい理由は、はりの変形に伴う PC 鋼材とシース管の摩擦の影響と考えられる。No1 と No3 では、低荷重レベルから等曲げ区間付近のひずみが一樣であり、荷重が増加すると、支点近傍まで付着力が低下し、スパン内で鋼材のひずみが一樣に分布するようになることが確認できる。

3.5 荷重-鋼材ひずみ関係

図-7 に最大荷重時までの荷重-鋼材ひずみの関係を示す。グラウトのない No2 とグラウトとの付着喪失を模擬した No4 の挙動は、ひび割れ発生後に PC 鋼材ひずみが一樣に増加する傾向は同じであるが、No4 の方がひび割れ発生後の荷重増加に対するひずみ増加割合が低い。これには、グラウトの抵抗が影響を及ぼしているものと考えられる。グラウトした健全試験体の No1 では、ひび割れが発生する 50kN で等曲げ区間付近のひずみが一樣に増加し、次いで 70kN 、 80kN 付近で、より支点側の鋼材ひずみが増加し始める挙動が確認できる。これらの荷重から、ひずみゲージ位置断面の曲げモーメントを算出すると、それぞれ、 $11.25\text{kN}\cdot\text{m}$ (50kN)、 $8.75\text{kN}\cdot\text{m}$ (70kN)、 $4\text{kN}\cdot\text{m}$ (80kN) であることから、付着低下は、断面に作用する曲げモーメントで開始するのではなく、近傍の鋼材のひずみに影響されることが明らかとなった。

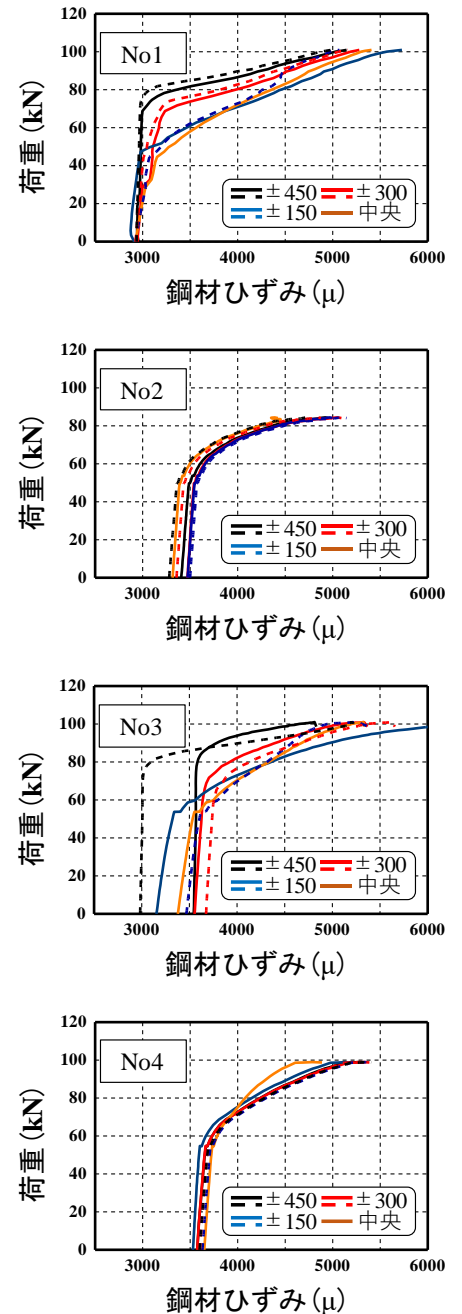


図-7 荷重-鋼材ひずみ関係

4 結論

本研究は PC 鋼材の付着の有無がポストテンション式はりに与える影響について実験的に明らかにする事を目的として荷重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) 付着喪失領域の違いはなく、グラウトがひび割れ発生後の剛性に影響していることが確認できた。
- (2) グラウト充填した試験体は耐力付近でシース管に沿ったひび割れの進展が確認でき、グラウト充填されたシース管がコンクリートとの付着で抵抗したと考えられ、耐力増加に影響したものと考えられる。
- (3) 荷重-鋼材ひずみの関係から付着低下は、断面に作用する曲げモーメントで開始するのではなく、近傍の鋼材のひずみに影響されることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 梅原 秀哲：PC はりの曲げ挙動に与える鋼材の付着状態の影響に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集 1991

吹付コンクリート板の損傷が打音特性に与える影響

EC17052 溝田 淳之介

1. 研究背景と目的

道路付帯構造物として切土法面などに利用されるコンクリート吹付工は、昭和30年代後半から施工され、施工性の良さなどから全国的に広く施工実績もある法面保護工である。一般的にコンクリート構造物は、施工後十数年を経て材料的劣化が進むことで強度劣化を生じる。コンクリート吹付工の性能検査として、全国的に実施されている打音検査については、専門技術者や熟練技術者によって検査が行われているが¹⁾、明確な判定基準がなく打音の音質等で判定しているのが現状である。また、近年土木技術者不足が叫ばれて久しいが、コンクリート吹付工の検査技術者の高齢化、人手不足も著しい状況である。よって、打音検査における音波分析・判定条件の研究を進め、若年技術者においても道路施設の維持管理を行えるようにすることが求められている。そこで本研究では、特別な技術や経験が無い若年技術者でも吹付コンクリート工のあらゆる状況下で判定できる打音検査技術の確立を目指して、ひび割れを有する吹付けコンクリート板の打音特性に関する基礎的知見を得ることを目的とした

2. 打音試験方法

2.1 試験体概要

試験体は、写真1に示すひび割れを貫通させた試験体1枚（試験体1）、写真2に示すひび割れを貫通させていない試験体1枚（試験体2）、写真3に示す、表面を削り所定の厚さに成型した無損傷の試験体1枚（試験体3）の合計3枚を用いた。試験体寸法はすべて10cm厚に設定した。

2.2 試験方法概要

打音試験には、写真4に示すテストハンマーとマイクと録音機を使用した。これらは、一般に市販されているものである。打音試験を屋外で実施し、試験体背面状況がすべての試験で同一となり、かつ試験体背面に空間が生じないように、写真5に示すように試験体背面にシルトを敷いた。その際、シルトを高温で乾燥させたもので試験体底面部周囲も覆った。

打撃点は、試験体中央部を5回打撃して録音機で音データを取得した。5回の打撃を計10回行い、前半の5回は間隔をあけて打撃し、後半の5回は間隔をあけず打撃した。

打音解析には、扱いが容易なAudacity²⁾を活用した。写真6のように打音データの高周波変換を行うことで、打撃音の音圧と周波

貫通している



写真 1. 試験体 1

貫通していない



写真 2. 試験体 2



写真 3. 試験体 3



写真 4. 打音検査器具



写真 5. 背面状況(シルト)

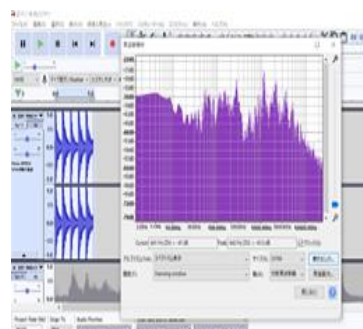


写真 6. Audacity

数関係を得た。

3. 試験結果

これより、試験体 1 から得られた打音データを貫通ひび割れ打音データ、試験体 2 から得られた打音データを無貫通ひび割れ打音データ、試験体 3 から得られた打音データを無損傷打音データとする。

打音データを Audacity にて高速フーリエ変換することで音圧-周波数関係を得た。その一例が図 1 である。しかし、この音圧-周波数関係を見比べただけで無損傷の試験体や貫通ひびの試験体、無貫通ひびの試験体各々の打音特性の違いを見つけ出すのは困難であった。そこで、個々の打音データを除算することで音圧割合-周波数関係と音圧割合の平均値-周波数関係をもとめた。打音試験により、全部で無損傷打音データ 10 個、貫通ひび割れ打音データ 50 個、無貫通ひび割れ打音データ 50 個を採取した。打音データの組み合わせを変えることによって得られた、膨大な量の音圧割合-周波数関係と音圧割合の平均値-周波数関係から分かった打音特性の傾向を以下に示す。

3.1 音圧割合-周波数関係

図 2 に無損傷打音データ 10 個を、無損傷打音データ 1 個で除算して評価した音圧割合-周波数関係を示す。図より、音圧の割合は 1 に集まっていることが分かる。なお、この傾向は、無貫通ひび割れ打音データ同士や貫通ひび割れ打音データ同士でも確認できる。

その一方で、図 3 と図 4 に示すように、貫通ひび割れ打音データ 10 個と無損傷の打音データ 1 個の音圧割合-周波数関係と、無貫通ひび割れ打音データ 10 個と無損傷の打音データ 1 個の音圧割合-周波数関係には大きな波形の乱れが確認できる。さらに、他の貫通ひび割れ打音データや無貫通ひび割れ打音データ、無損傷打音データと比較しても同じような傾向が確認できた。また、図 3 と図 4 より、無貫通ひび割れと貫通ひび割れの音圧割合-周波数関係に明確な違いは確認できない。以上のことから、これらの音圧割合-周波数関係の大きな波形の乱れは、ひび割れが試験体に

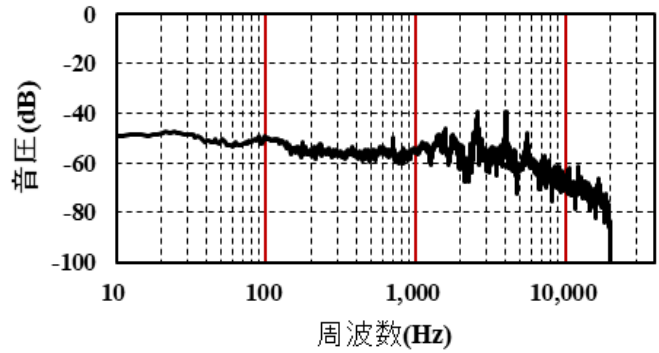


図 1. 音圧-周波数関係

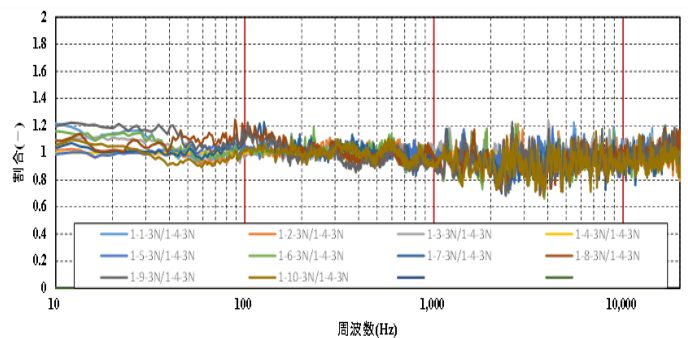


図 2. 無損傷打音データと無損傷打音データの音圧割合-周波数関係

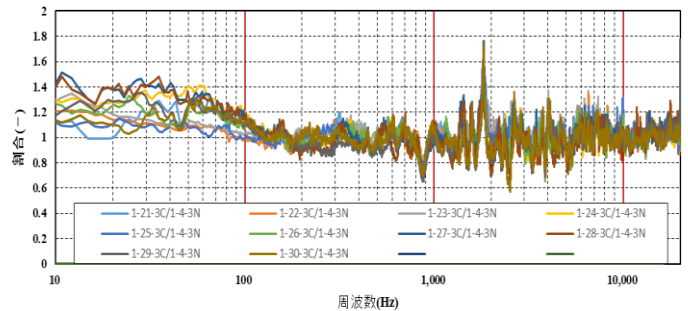


図 3. 無貫通ひび割れ打音データと無損傷打音データの音圧割合-周波数関係

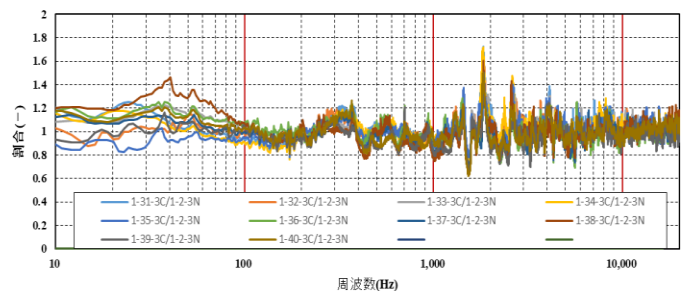


図 4. 貫通ひび割れ打音データと無損傷打音データの音圧割合-周波数関係

及ぼす打音特性と考えられる。

3.2 音圧割合の平均値-周波数関係

図 2 から図 4 に示した個々の音圧割合-周波数関係には、データのバラツキも確認できる。そこで、音圧割合-周波数関係の結果を定性的な傾向を確認するために、音圧割合の平均値-周波数関係を評価した。図 5 に無損傷打音データ 10 個を、無損傷打音データ 10 個でそれぞれ除算したデータの平均を求めて評価した音圧割合の平均値-周波数関係を示す。なお、除算する際、同じ打音データ同士の除算を省いている。図 6 は貫通ひび割れ打音データ 50 個を無損傷打音データ 10 個で、それぞれ除算したデータの平均から評価した音圧割合の平均値-周波数関係であり、図 7 は無貫通ひび割れ打音データ 50 個を無損傷打音データ 10 個でそれぞれ除算したデータの平均から評価した音圧割合の平均値-周波数関係である。図 5 より、無損傷打音データ同士の平均の場合、各周波数における音圧の違いはあまり見られないことが分かる。なお、この傾向は、無貫通ひび割れ打音データ同士と貫通ひび割れ打音データ同士でも確認できる。

その一方で、図 6 と図 7 より無損傷打音データ 10 個と無貫通ひび割れ打音データ 50 個、無損傷打音データ 10 個と貫通ひび割れ打音データ 50 個の平均をとると周波数 100Hz から音圧割合が低くなっている。よって、音圧割合平均値が周波数 100Hz から低くなる傾向は、ひび割れが試験体に及ぼす打音特性と考えられる。

3.3 音圧割合の最大、最小分布

図 6 と図 7 より、試験体にひび割れが生じている場合、周波数が 1000Hz から 10000Hz の間で音圧割合の平均値-周波数関係に大きな波形の乱れが生じることが分かる。両図は、複数のデータの平均値であることから、個々のデータでも同様な傾向が得られるのかを確認するために、図 8 に個々の無貫通ひび割れ打音データと無損傷打音データの音圧割合の最大割合、最小割合を周波数 20000Hz までまとめた。また、図 9 は貫通ひび割れ打音データと無損傷打音データの音圧割合の最大割合、最小割合を周波数 20000Hz までまとめた図である。図 8 と図 9 より、どちらとも最小

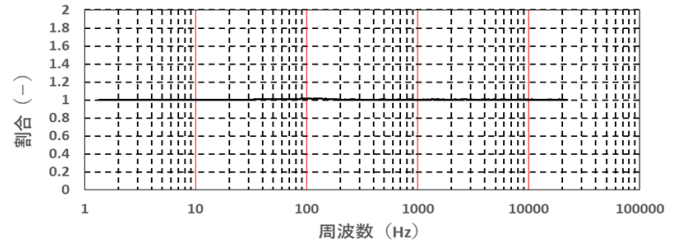


図 5. 無損傷打音データと無損傷打音データの音圧割合平均値-周波数関係

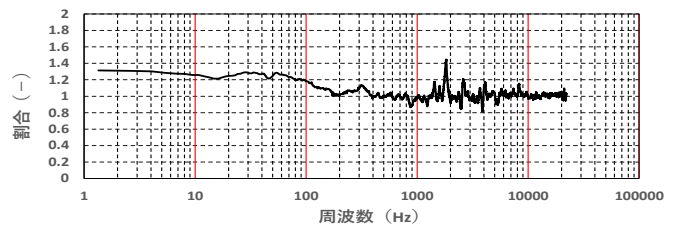


図 6. 無貫通ひび割れ打音データと無損傷打音データの音圧割合平均値-周波数関係

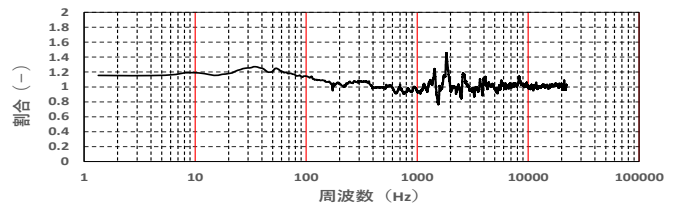


図 7. 貫通ひび割れ打音データと無損傷打音データの音圧割合平均値-周波数関係

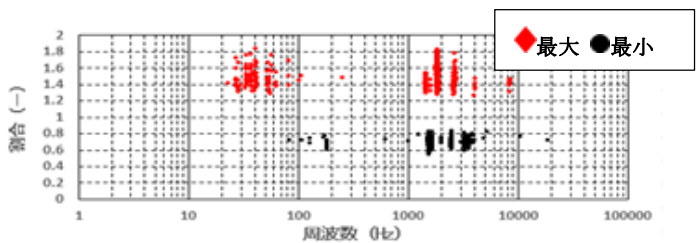


図 8. 無貫通ひび割れ打音データと無損傷打音データの音圧割合平均値の最大、最小分布

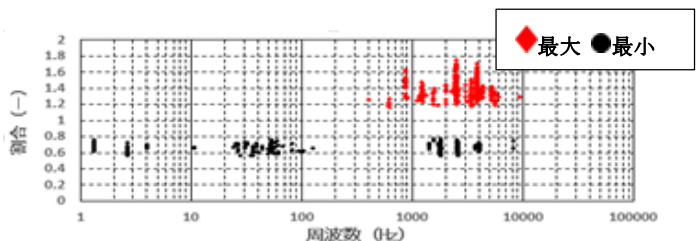


図 9. 貫通ひび割れ打音データと無損傷打音データの音圧割合平均値の最大、最小分布

割合は周波数が 1000Hz～10000Hz，最大割合も 1000Hz～10000 Hz にまとまっている傾向がある。よって，音圧割合の最大、最小分布から試験体にひび割れが生じている場合、周波数が 1000Hz から 10000Hz の間で音圧割合平均値-周波数関係に大きな波形の乱れが発生することが明らかとなった。

4. 結論

本研究では、特別な技術や経験が無い若年技術者でも吹付コンクリート工のあらゆる状況下でも判定できる打音検査技術の確立を目指し、吹付コンクリート板のひび割れ損傷が打音特性に及ぼす影響を検討した。試験結果から分かった傾向を以下に示す。

4.1 音圧割合-周波数関係による損傷判定

ひび割れ損傷がない試験体で打音検査を行った場合、音圧割合-周波数関係の波形に乱れはないが、ひび割れ損傷がある試験体で打音検査を行った場合、音圧割合-周波数関係の一部に大きな波形の乱れが発生する傾向があることが分かった。ひび割れ損傷が貫通しているか貫通していないかの判定は、音圧割合-周波数関係に大きな違いが表れなかったため困難だと考えられる。よって、採取した打音データをもとに音圧割合-周波数関係を評価することで試験体の損傷の有無が判別可能と考えられる。

4.2 損傷のある試験体の音圧割合平均値-周波数関係における特性

損傷のある試験体の音圧割合平均値-周波数関係は、周波数 100Hz からの音圧が低くなる傾向がある。無貫通ひび割れ打音データと無損傷打音データの音圧割合平均値-周波数関係と、貫通ひび割れ打音データと無損傷打音データの音圧割合平均値-周波数関係どちらも、周波数 100Hz からの音圧が低くなっている。よって、損傷のある試験体の音圧割合平均値-周波数関係は 100Hz からの音圧が低くなる傾向があると考えられる。

4.3 損傷のある試験体の音圧割合の最大、最小分布における特性

損傷のある試験体の音圧割合平均値-周波数関係は、周波数が 1000Hz から 10000Hz の間で音圧割合に大きな波形の乱れが発生する傾向がある。その理由が、音圧割合の最大、最小分布にある。損傷のある試験体の音圧割合の最大、最小分布は、最小割合は周波数が 1000Hz～10000Hz，最大割合も同様 1000Hz～10000 Hz にまとまっている特性がある。よって、損傷のある試験体の音圧割合平均値-周波数関係は、音圧割合の最大、最小分布の特性から、周波数が 1000Hz から 10000Hz の間に大きな波形の乱れが発生すると考えられる。

本研究で行った打音試験では、正常な打音データがあれば、特別な技術や器具を必要とせずに打音検査によって、吹付コンクリート板の一字ひび割れの有無が判別できることが分かった。

参考文献

- 1) 愛知県吹付法面定期点検要領（案），
<https://www.pref.aichi.jp/douroiiji/image/fukitsukenorimen.pdf> （2020.8 確認）
- 2) 音声編集フリーソフト Audacity, <https://audacity.softonic.jp> (2021.1 確認)

付着喪失を模擬した RC はり部材の耐荷挙動の実験的評価

EC17053 宮崎 奨平

1. 序論

構造物を新設する時代から構造物を適切に維持し長期的に使用する時代へと移り変わっている。特に、四方を海で囲まれたわが国では、塩害による鉄筋腐食劣化が大きな問題となっており、体系的な取り組みがなされている¹⁾。せん断耐荷性能に着目した研究では、鉄筋腐食に起因して主鉄筋の付着劣化が生じることによりアーチ耐荷機構が形成され、非腐食時よりも耐力が増加する報告が多い^{2),3)}。このように既往の研究により、鉄筋腐食がRC部材のせん断耐荷性能等に及ぼす影響は定性的に評価されつつあるが、現状においても定量的評価には至っていない。その理由は、鉄筋腐食がRC部材の耐力に影響する主たる劣化・損傷要因が、鉄筋の断面減少、鉄筋とコンクリート間の付着劣化、腐食膨張に伴うコンクリートのひび割れの3種であり、これら個々の要因が互いに影響を及ぼしているためであると考えられる。加えて、鉄筋腐食状況が一樣ではないこともその要因と考えられる。そのため、まずは個々の要因がRC部材の耐荷性能にどの程度影響を及ぼすのかを把握する必要があると考えられる。そこで本研究では、鉄筋腐食を生じたRCはり部材の耐荷挙動について、主鉄筋の定着性能という観点から実験的に評価することを目的とする。具体的には、鉄筋腐食による部分的な付着喪失がRCはり部材の耐荷挙動や鉄筋のひずみ分布に及ぼす影響を実験的に評価した。

2. 試験概要

2.1 検討内容

鉄筋腐食による付着劣化状況は、健全な状態と付着が全く存在しないアンボンド型の間には存在するはずである。そこで本研究では、はり全体で付着が健全な状態と全く付着が存在しない状態の試験体の載荷実験を通じて、付着の有無が RC はり部材の耐荷挙動、特に鉄筋のひずみ分布に及ぼす影響を評価することとした。

2.2 試験体概要

図-1 に、RC はり試験体諸元を示す。断面は 120mm×200mm で、有効高さ 162mm の位置に D16 鉄筋を 2 本配置している。支間長は 1100mm である。

表-1 コンクリート配合

	C (kg/m ³)	W (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)
1000L 分	312	175	798	957
密度	3.16	1	2.62	2.55

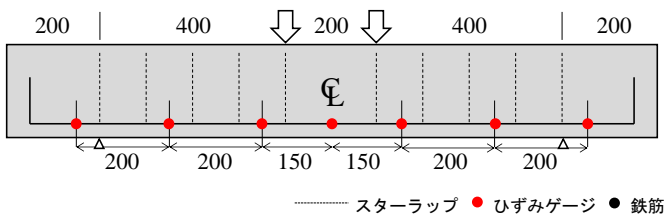


図-1 試験体諸元とひずみゲージの位置

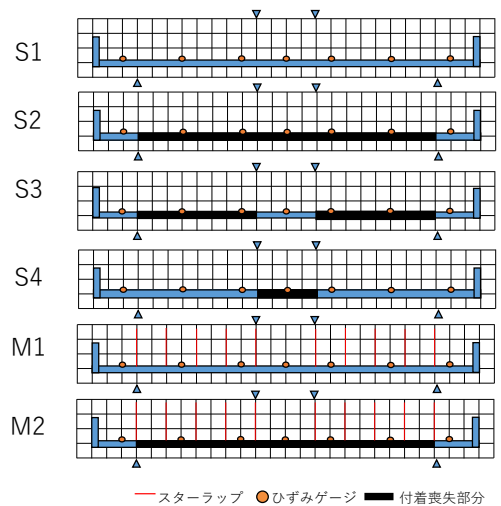


図-2 付着喪失部分の位置

表-1に示すコンクリートの配合を用いて、同一のコンクリートで6体の試体を作製した。本研究では、図-2に示す部分に鉄筋腐食による付着喪失を、鉄筋にコーキング材をつけることで模擬した。付着喪失が鉄筋ひずみの応答に与える影響を評価するために、スパン中央部、スパン中央から左右150mm、350mm、支点の外側550mmの位置にひずみゲージを貼った。

健全な状態で曲げ破壊するようにスターラップを配置した試験体(M1、M2)を2体と、せん断破壊するように設計した試験体(S1、S2、S3、S4)を4体作製した。鉄筋はM1、M2にはSD345(降伏強度 373.3N/mm²)を使用し、S1、S2、S3、S4にはSD390(降伏強度 426.7N/mm²)を使用した。また、図-2に示すようにS2はスパン内の全ての付着切り、S3は支点間以外のスパン内の付着を切り、S4は支点間のみ付着を切った。M2はスターラップを配置し、スパン内の全ての付着切れさせた。6体の試験体の載荷位置はすべて同じである。

3. 実験結果

3.1 圧縮強度

コンクリートの圧縮強度は、試験体と同時に作製したテストピースにより求めた。Φ10cm×20cmのテストピースを計10本作製し、それぞれ圧縮試験を求めた。テストピースの圧縮試験結果より10本の平均値は28.2N/mm²であった。

3.2 荷重-変位関係、ひび割れ発生状況

図-3は荷重-変位関係を示し、スパン中央下部のたわみを変位とした。また、バツ印は載荷試験で荷重をかけている途中で、支点間外の定着部の鉄筋が切れてしまい、試験体が破壊したことを表している。図-4は載荷試験時におきた、ひび割れを表した図である。

(1) 試験体 S1

スターラップ無しの健全試験体であり、図-4に示すように、試験体は載荷点から支点にかけて斜めひび割れが起き、また図-3で示した荷重-変位関係からみても破壊モードが斜め引張破壊だとわかる。

(2) 試験体 S2

S2はスターラップ無しでスパンの全て内の付着を切った試験体であり、図-4でのひびの入り方から見ると斜めひび割れが発生せず、曲げ破壊の壊れ方をしている。また、図-3で示した結果では、途中で試験体が壊れてしまったが、曲げ破壊に近い数値を表している。そして、S1と比較すると、荷重が増加している。

(3) 試験体 S3

S3はせん断スパンでの付着を切った試験体であり、図-4でのひび割れを見るとほぼ曲げ破壊での壊れ方をしている。S2と比較すると中央の所に一本多くひび割れしている。これは等曲げ区間のみ付着を切っていないのが理由であるといえる。S1と比較すると、S3は斜めひび割れが起きないことがわかった。また、図-3で示した結果では、S2と同様、途中で壊れてしまったが曲げ破壊に近いせん断圧縮破壊をしたといえる。

(4) 試験体 S4

等曲げ区間のみ付着を切った試験体であり、図-4で示すように、試験体は載荷点から支点にかけて斜めひび割れが起き、また図-3で示した荷重-変位関係からみても破壊モードが斜め引張破壊だとわかる。

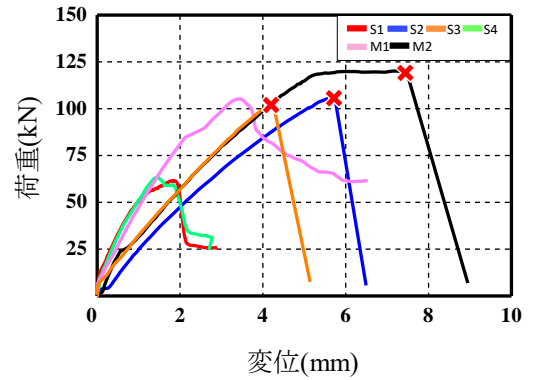


図-3 荷重と変位関係

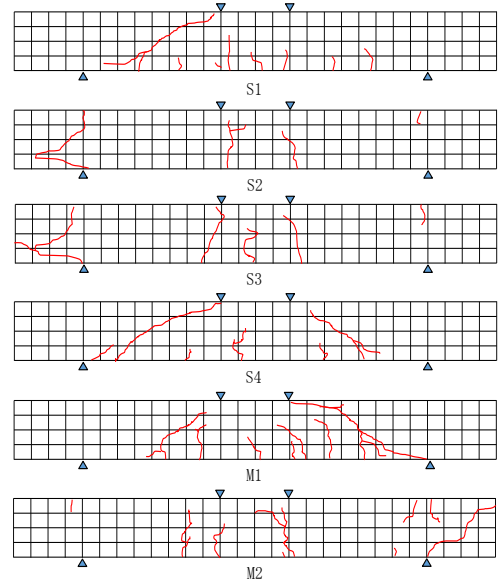


図-4 試験体のひび割れ図

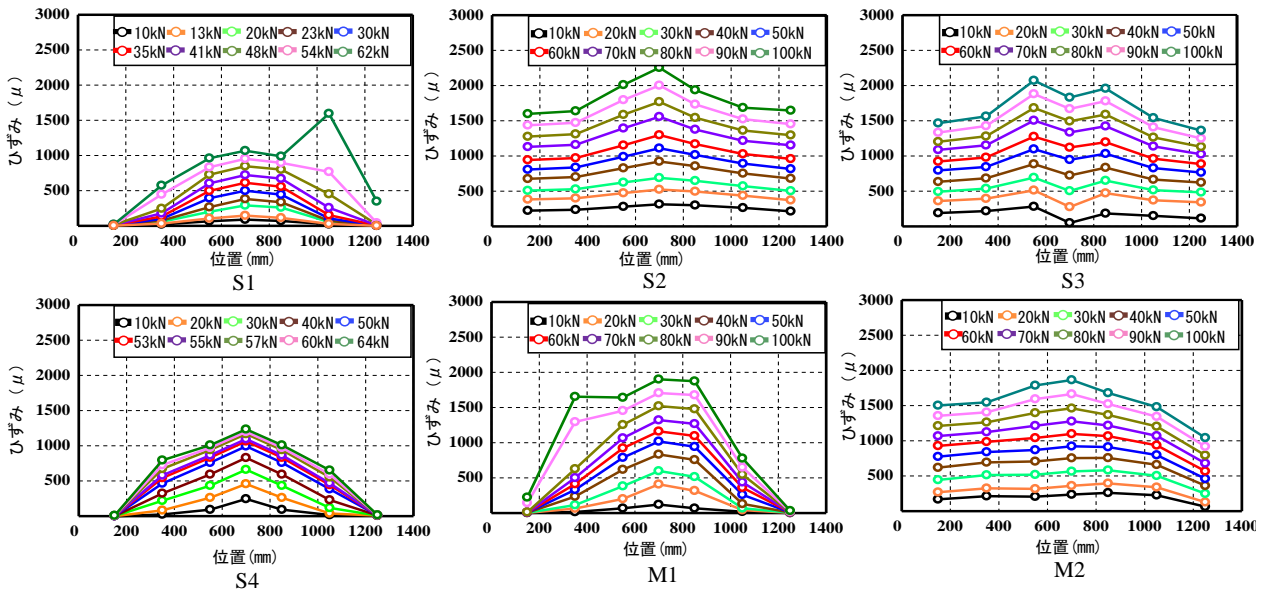


図-5 ひずみ分布図

S1 と比較的似た破壊形態であった。

(5) 試験体 M1

スターラップありの健全試験体であり、図-4 で示したひび割れと、載荷点から支点にかけて斜めひび割れが起きた。また、図-3 の結果からみても曲げ破壊に至っていない。本来、曲げ引張破壊にならないといけない試験体だが曲げ圧縮破壊した。原因としては、スターラップで使用した D6 鉄筋の一部が、強い荷重をかけている時に降伏してしまったからだと考える。

(6) 試験体 M2

スターラップありで全付着を切った試験体であり、図-4 で示したひび割れから曲げ破壊だとわかる。また図-3 で示した結果では、途中で試験体が壊れてしまったが、曲げ破壊に近い数値を表している。

このことから、付着を切る場所、範囲によってひびの入り方が大きく変化し、付着を切る範囲が広ければ、より曲げ破壊に近づくことがわかった。

3.4 ひずみ分布図

図-5 に各試験体のひずみ分布を示す。横軸は試験体の長さを表し、図中の丸印はひずみゲージを貼った位置を表している。また、それぞれの荷重の大きさでのひずみの値を表している。

ひずみ分布図から支点は 200mm、1200mm の位置、載荷点は二点載荷で 600mm、800mm の位置である。試験体 6 体はすべて同じ位置である。図-6 は計算をして出たひずみの値からできた理想値のひずみ分布図であり、理論値のひずみの値は図-7 から求められる。また、理論値を出すときの仮定として、平面保持、完全付着であると仮定する。

図-5 と図-6 で示したように、健全の試験体 S1 と M1 のひずみ分布図と、理論値を見比べると、S1 の荷重が 62kN、M1 の荷重が 90kN、100kN の時にはね上がっている部分がある。これはコンクリートがひび割

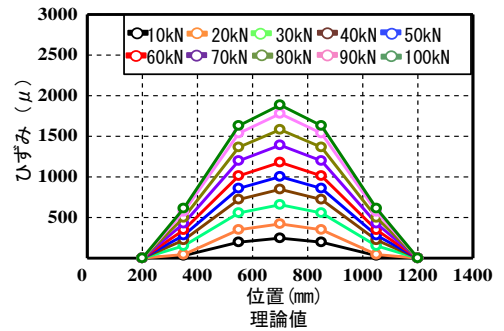


図-6 理論値でのひずみ図

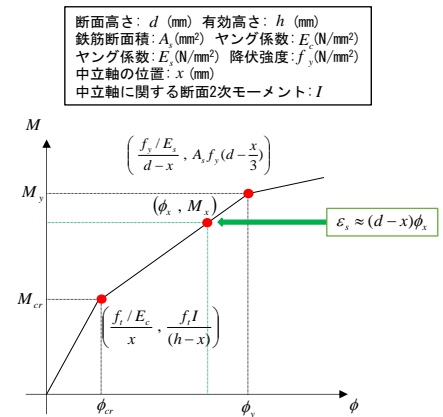


図-7 M-φ 曲線

れして壊れたと同時に、鉄筋もひび割れしていたからだといえる。また、分布図をみて全体的なバランスの形を見比べると、比較的同じ形であることが分かる。

次に S1、S3、S4 を比較すると、図-5 の 3 つの図より、それぞれ付着を切ったところによって形が異なることが分かった。S3 はせん断スパンの付着を切ったが、図を見ると載荷点間に貼ったひずみゲージの値がその位置の左右に貼ったひずみゲージの値より低いことが分かった。これは付着を切ったところのひずみの値のほうが、付着を切らなかったひずみの値よりも大きくなることが分かる。健全である S1 とも比較してみると、全体的にひずみの値が大きいことが、図から読み取れる。そして S3 の 100kN でのひずみの値が 2000μ を超えているものもあった。なので、S3 の試験体は曲げ破壊になったといえる。次に S4 の試験体は、支点間のみ付着を切ったものだが、S3 と同様、付着を切った中央のひずみゲージの値が上がっている。

次に、支点間より外に貼ったひずみの値が、理論値または付着を切っていない S1、S4、M1 は 0μ だったが、付着を支点間より外まで切った、S2、S3、M2 は 0μ ではなく、大きく挙動した。構造力学で考えれば、普通は支点間のみモーメントがかかり、ひずみもその中でのみ挙動が起きるが、今回の実験結果で付着を切った鉄筋が支点間外にあれば、そこでもひずみが挙動することが分かった。

4. 結論

本研究では鉄筋腐食を生じた RC はり部材の耐荷挙動や鉄筋のひずみ分布に及ぼす影響を実験的に評価したものである、以下に本研究で得られた知見を示す。

- (1) スターラップなしでも、鉄筋腐食の範囲が広ければ、スターラップを配置しなくても曲げ破壊することがある。
- (2) 腐食生じた RC はり部材は、定着が十分に確保されている RC はり部材より耐力が増加する場合がある。
また、鉄筋腐食した場所によって、荷重をかけた際に、ひび割れが発生する場所が異なり、腐食した範囲が広がるにつれて、斜めひび割れが起きにくくなる。
- (3) 腐食することにより、ひずみの挙動が大きくなり、ひずみ分布は変化する。また、支点間よりも外にまで鉄筋とコンクリートの腐食を防ぐと、支点間のひずみは挙動を起こす。

参考文献

- 1) 村上祐貴・大下英吉・鈴木修一・堤知明：鉄筋腐食により定着不良を生じた RC はり部材の耐荷性状評価：土木学会論文集 E2, Vol. 67, No. 4, pp. 605-624, 2011
- 2) 松尾豊史・酒井理哉・松村卓郎・金津努：鉄筋腐食した RC はり部材のせん断耐荷機構に関する研究，コンクリート工学論文集，第 15 巻第 2 号，pp. 69-77, 2004. 5
- 3) 大屋戸理・金久保利之・山本康彦・佐藤勉：鉄筋の腐食性状が鉄筋コンクリート部材の曲げ性状に与える影響，土木学会論文集 E, Vol. 62, No. 3, pp. 542-554, 2006. 8
- 4) 梅原秀哲・中村 光・内田裕市・伊藤 睦・木全博聖：コンクリートを学ぶー構造編一，pp. 97-107, 2010. 9

吹付コンクリートの背面状況が打音特性に及ぼす影響

EC17060 吉戸 勇太

1. 研究の背景、目的

道路付帯構造物として切土法面などに利用される「コンクリート吹付工」は、昭和30年代後半から施行され、施工性の良さなどから全国的に広く施行実績のある法面保護工である。コンクリート吹付工の欠陥の検査方法の一つに「打音検査」がある。専門技術者や熟練技術者によって検査が行われているが、明確な判定基準がなく打音の音質等で判定しているのが現状である。それに加え、土木技術者、コンクリート吹付工の検査技術者の高齢化・人手不足が著しい状況である。そのため、打音検査結果から特別な技術を必要とせず、客観的に劣化や損傷部位を判別できる技術の確立が望まれている。

そこで本研究では、ひび割れを有する吹付コンクリート板を対象とし、背面に空隙がある状態での打音特性傾向を明らかとすることを目的としている。打音特性傾向が明らかとなれば、実構造物背面の空隙の発見に貢献できるとともに、ひび割れ発生要因の検討にも資することができると考えられる。特別な技術を必要とせず、実施可能な打音検査技術の確立を目指していることから、技術が確立されれば、道路施設の維持管理に大きく貢献することが期待される。

2. 実験概要

実構造物にはひび割れ、施工現場の地質など様々な条件が複合して存在している。可能な限り、実構造物の状態に近づけるため、表-1に示すように2種の試験体と、6種の背面状況を実験要因とした。表面にひび割れを導入していない試験体を無損傷試験体とし、裏面に1本のひび割れを導入した試験体を損傷試験体とし扱うこととする。試験体の写真を写真-1、写真2に示す。

表-1の試験体と、ステレオICレコーダ、コンデンサーマイク、テストハンマーを用いて、打音データを取得する。打撃箇所は、中心の一箇所とした。テストハンマーを(約150mm)振り上げ、一定時間間隔を開け5回叩き、マイクとレコーダを使い、一つの打音データとし保存する。これを5セット繰り返したのち、間隔を開けずに5回叩いた。これを5セット繰り返すことによって、一度の打音検査につき10個の打音データを取得した。こうして6種の背面状況、2種の試験体の打音データを取得した。

表-1 試験体の種類と背面状況

実構造物を想定した試験体の種類	背面状況
1.表面にひび割れを導入していない 2.裏面に1本の無貫通ひびを導入	1.砂地 2.シルト 3.砂地一部空洞を導入 4.シルトに一部空洞を導入 5.4辺を支えて12mm浮かせ、空隙を導入 6.4辺を支えて24mm浮かせ、空隙を導入
450mm角、厚さ100mm	

上記の方法で取得した打音データを音声編集フリーソフト Audacity²⁾を用いて高速フーリエ変換する。

まず初めに、採取した打音データ (.WAV) を Audacity 上で打音と関係のない部分を削除する。その後、データ処理を終えた打音データを選択し、周波数解析をする。以上の処理により音圧 (dB)、周波数 (Hz) のテキストデータ (.txt) を得る。これらのテキストデータをもとに、Excel などを用いて打音特性の傾向を検討した。

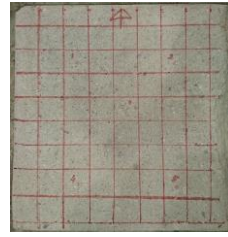


写真-1 ひび割れを導入していない試験



写真-2 ひび割れを導入した試験体

3. 試験結果

周波数解析を行った結果、**図-1** のような音圧-周波数関係を得た。得た音圧-周波数関係図を、異なる背面状況で比較し、それぞれの打音特性の傾向を検討した結果、背面状況による明確な打音特性の違いは見られなかった。そこで、各周波数における音圧割合をもとめた。その一例が**図-2** である。**図-2** では、空隙を導入した損傷試験体の打音データ (10 個) を無損傷試験体の打音データ (1 個) で除算した結果の音圧割合-周波数関係を示している。さらに膨大な量の音圧割合-周波数関係から平均値をとり、音圧割合の平均値-周波数関係をもとめた。音圧割合の平均値-周波数関係図から得た打音特性の傾向を以下に示す。

3.1 試験体の背面地質が与える打音特性 (試験 1-1、1-2、1-3、1-4)

図-3 に背面を砂地にした試験体の打音データ (50 個) を、砂地に一部空洞を導入した試験体の打音データ (50 個) を、それぞれ除算したデータ (2500 通り) の平均からもとめた音圧割合の平均値と周波数の関係を示す。**図-4** に背面をシルトにした試験体の打音データ (10 個) を、シルトに一部空洞を導入した打音データ (10 個) を、それぞれ除算したデータ (100 通り) の平均からもとめた音圧割合の平均値と周波数の関係を示す。**図-3** より、背面を砂地にした試験体と砂地に一部空洞を導入した試験体とは大きな違いは見られないことが分かる。**図-4** より、背面地質がシルトの場合、空隙を導入することによって打音特性に違いが現れることが分かる。この結果から背面が砂地である場合、砂の粒子間に空隙が発生し、健全と思われる背面状況としても、空隙がある判定になったと考えた。よって、背面地質をシルトに固定し実験を行うことにした。

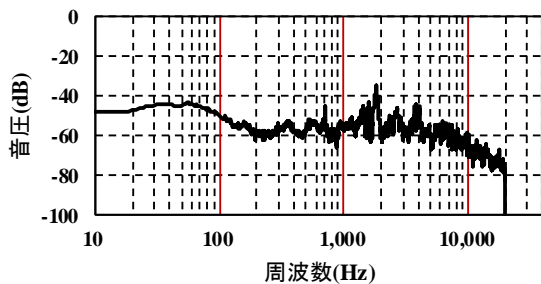


図-1 音圧-周波数関係

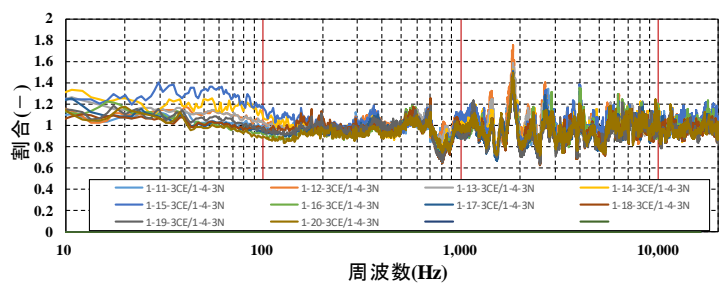


図-2 音圧割合-周波数関係

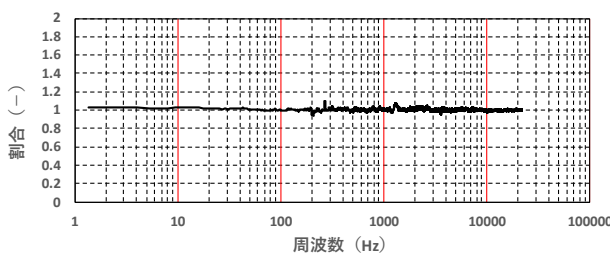


図-3 音圧割合 (一部空洞/無損傷 (砂地)) の平均値-周波数関係

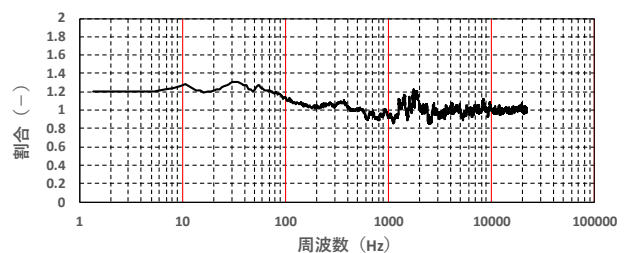


図-4 音圧割合 (一部空洞/無損傷 (シルト)) の平均値-周波数関係

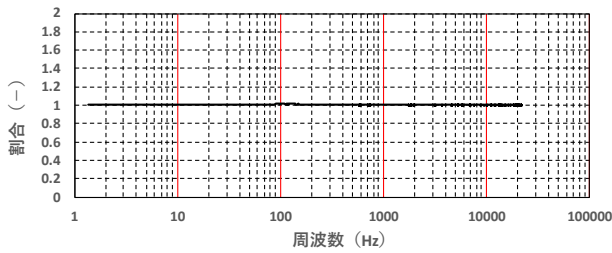


図-5 音圧割合（無損傷/無損傷）の平均値-周波数関係

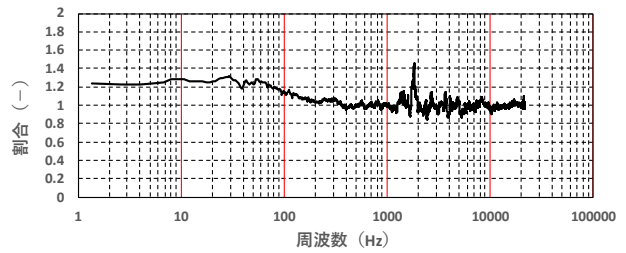


図-6 音圧割合（無損傷 12mm の空洞/無損傷）の平均値-周波数関係

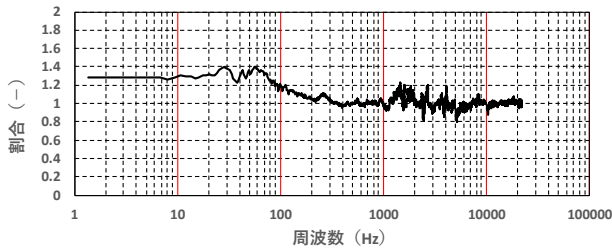


図-7 音圧割合（無損傷 24mm の空洞/無損傷）の平均値-周波数関係

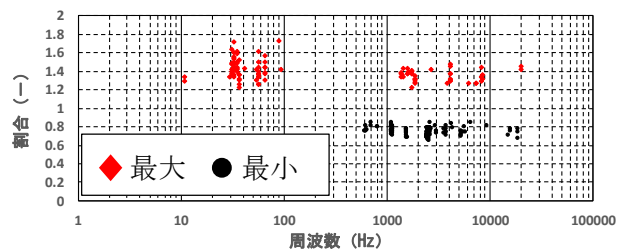


図-8 音圧割合（一部空洞/無損傷）の最大、最小分布

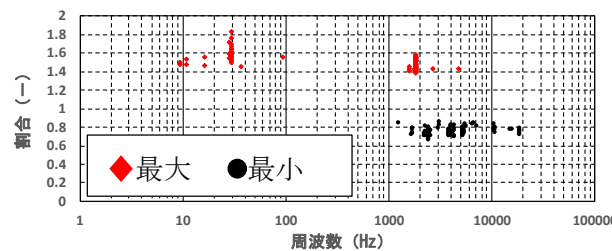


図-9 音圧割合（無損傷 12mm 空洞/無損傷）の最大、最小分布

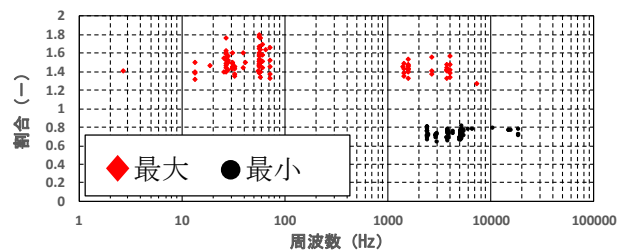


図-10 音圧割合（無損傷 24mm 空洞/無損傷）の最大、最小分布

3.2 試験体背面に空隙を導入した状態の打音特性（試験 1-2、1-4、1-5、1-6）

図-5 に、背面をシルトにした試験体の打音データ（10 個）を同データの除算を除き、それぞれ除算したデータ（90 通り）の平均からもとめた音圧割合の平均値と周波数の関係を示す。図-6 に背面をシルトにした試験体の打音データ（10 個）で、4 辺を支えて全体を 12mm 浮かせ空隙を導入した試験体の打音データ（10 個）を、それぞれ除算したデータ（100 通り）の平均からもとめた音圧割合の平均値と周波数の関係を示す。図-7 に背面をシルトにした試験体の打音データ（10 個）で、4 辺を支えて全体を 24mm 浮かせ空隙を導入した試験体の打音データ（10 個）を、それぞれ除算したデータ（100 通り）の平均からもとめた音圧割合の平均値と周波数の関係を示す。図-5 より、音圧割合の平均値が 1 付近にまとまっており、無損傷試験体から採取した打音データに大きなバラつきがなかったことが分かる。図-6、図-7 より、背面に空隙を導入した試験体は、背面に空隙を導入していない試験体に比べ 200 Hz 以下の音圧が高くなる傾向にあることが分かる。

図-6、図-7 より、背面に空隙を導入した場合、1000Hz～5000Hz 間で音圧割合に乱れが発生する傾向が確認できる。図-8～図-10 は 1Hz～20000Hz までの音圧割合-周波数関係の各データの最大割合、最小割合をプロットした図である。図より最大割合は 20Hz～80Hz と 1000Hz～2000Hz、4000Hz あたりでまとまりがあることが分かる。最小割合も 1000Hz～5000Hz でまとまりがあることが分かる。この結果からも、試験体背面に空隙を導入し、無損傷試験体の打音データと音圧割合を比較した場合 1000Hz～5000Hz 間で音圧割合に乱れが発生する傾向にあることが分かる。また、12mm の空隙と 24mm の空隙では大きな違いは見られなかった。

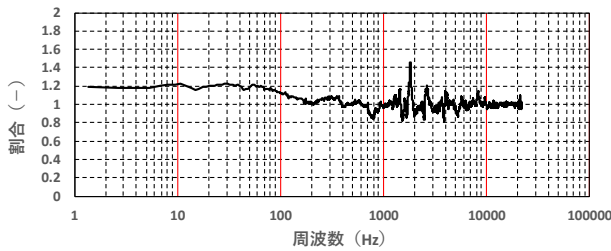


図-11 音圧割合（損傷試験体 12mm の空洞/無損傷）の平均値-周波数関係

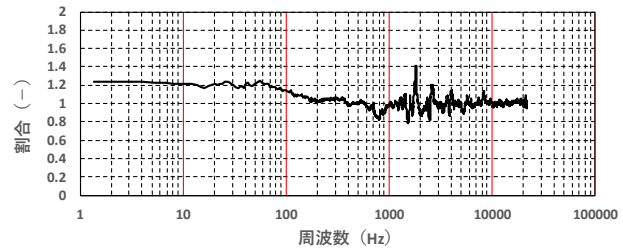


図-12 音圧割合（損傷試験体 24mm の空洞/無損傷）の平均値-周波数関係

3.3 背面状況が損傷試験体に与える打音特性（試験 2-5、2-6）

図-11 に背面をシルトにした無損傷試験体の打音データ（10 個）で、4 辺を支えて全体を 12mm 浮かせ空隙を導入した損傷試験体の打音データ（50 個）を、それぞれ除算したデータ（500 通り）の音圧割合の平均値と周波数の関係を示す。図-12 に背面をシルトにした無損傷試験体の打音データ（10 個）で、4 辺を支えて全体を 24mm 浮かせ空隙を導入した損傷試験体の打音データ（50 個）を、それぞれ除算したデータ（500 通り）の音圧割合の平均値と周波数の関係を示す。図-11、図-12 より、損傷がある試験体であっても、3.2 で述べたような特徴と同様な打音特性を確認できた。

4. まとめ

本研究では、特別な技術を必要とせずに実施可能な打音検査技術の確立を目指し、吹付コンクリート板の背面状況が打音特性に与える傾向を検討した。まずは、背面地質による比較を行い地質が打音に及ぼす影響を把握した。続いて、背面に空隙を導入した場合の打音特性への影響について考察した。本研究で得られた成果を以下に示す。

- (1) 背面地質による比較を行った結果、砂地では背面に空隙を導入しても、打音特性に大きな違いは見られなかった。砂地のような粒子が大きい地質であると、粒子間に空隙が発生し、健全と思われる背面状況を作成しても、空隙がある判定になったと考えられる。
- (2) 背面に空隙を導入した場合、健全な状態の試験体と比べ、200Hz までの音圧が高くなる傾向にある。最大音圧比は、1.2～1.4 倍程度となることが分かった。背面の空隙が 12mm と、24mm では大きな違いはなかった。
- (3) 背面に空隙を導入し、健全な状態の試験体と音圧割合比較を行った場合、1000Hz～5000Hz の間で音圧割合に乱れが発生する傾向があることが分かった。
- (4) ひび割れのある試験体の背面に空隙を導入しても、(2) (3) と同様な特徴を得られた。

しかしながら、共同研究者の溝田の卒業論文³⁾によると、損傷試験体の打音特性においても背面に空隙を導入した場合と同様の打音特性が確認された。よって、本手法では吹付コンクリート板の異常の発見はできるが、背面に空隙があるのかの判定はできない。

参考文献

- 1) 田沢雄二郎：吹付コンクリート工法，粉体工学会誌，Vol.25，No.3，pp168-174，1988
- 2) 音声編集フリーソフト Audacity，<https://audacity.softonic.jp> (2021.1 確認)
- 3) 溝田淳之介：吹付コンクリート板のひび割れ損傷が打音特性に及ぼす影響，PP6-8，2021

砂防堰堤の性能評価に関する検討

EC17062 渡邊 知博

1. 序論

我が国では、土砂災害が年々増加し、防災上の観点から砂防堰堤の重要性が高まっている。また、生産性向上を目的として、打込み間隔を短縮する施工方法が検討されている。町らによる3次元温度応力解析によるひび割れ指数の検討において、解析では、堤体中心部でひび割れ指数が材齢250日程度で0.8程度となり、自己収縮と温度応力による初期ひび割れの発生の可能性が高いという結果が得られ、久米の卒業研究²⁾においても同様な結果が得られた。しかしながら、実構造物で計測された躯体内部のひずみ履歴や外観からは、ひび割れの発生が認められない結果となった。そこで本研究では、解析結果と実測結果の相違が生じえる要因として、自重載荷材齢、地盤による躯体の外部拘束状況がひび割れ指数や躯体内部のひずみ挙動に及ぼす影響を検討することを目的とした。また、久米が実施した躯体の耐荷力解析では、躯体と地盤面間のすべりを考慮していないので、本研究では、新たに躯体と地盤面間のすべりモデルを構築し、すべりが躯体の耐荷特性に及ぼす影響を評価することを目的とする。

2. 解析概要

2.1 解析モデル

図-1に解析対象としたウルシ谷砂防堰堤第一垂直壁のAブロックを示す。地盤も含めた解析モデルを図-2に示す。なお、A、Bブロックの境界には、目地材を介しているため、境界条件を「自由」とした。岩盤との境界条件は、「2016年制定 コンクリート標準示方書」³⁾の地盤条件を参考に、軟岩相当の剛性を 2000N/mm^2 とした。なお、町と久米の検討により、躯体内部の温度履歴は解析と実測で一致している。また、コンクリートの材料物性値には、試験値を使用している。

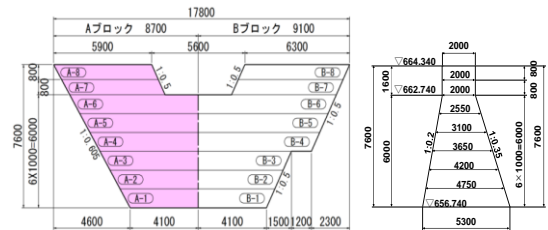


図-1 解析対象とした砂防堰堤の形状寸法

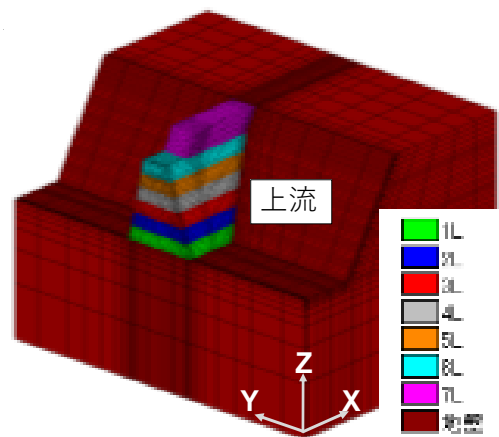


図-2 リフト割

2.2 温度応力解析の解析条件

温度応力解析結果に影響を及ぼす要因には、躯体の外部・内部温度履歴、外部拘束の状況、材料物性値の材齢変化および外力として自重載荷材齢が考えられる。温度履歴と材料物性値の材齢変化は、計測結果と解析で一致していることから、本研究では、自重載荷材齢と外部拘束状況が温度応力解析結果に及ぼす影響を確認することにした。

久米の研究では、自重を打設後各リフト7日(168h)に作用させていた。そこで本研究の解析では7日以前の解析を行うことで結果が変化すると考え、打設後(12h, 24h, 48h, 72h, 120h, 168h)で作用させることとした。地盤拘束では、示方書に基づいて地盤の剛性を 2000N/mm^2 としているが、本研究では、剛性を10分の1とした解析を実施することとした。

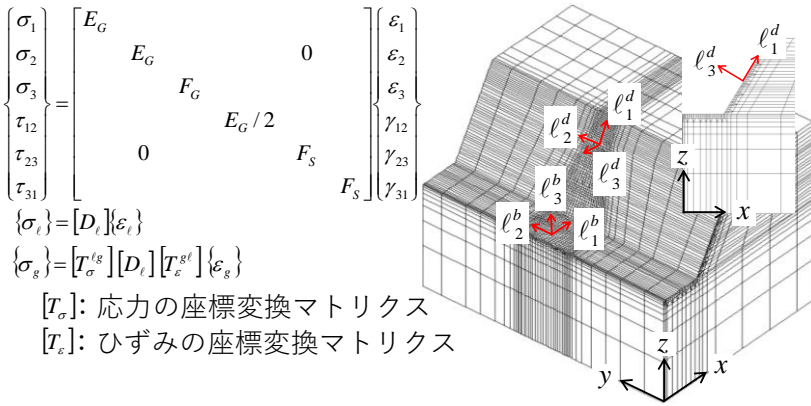


図-3 摩擦要素の応力-ひずみ関係

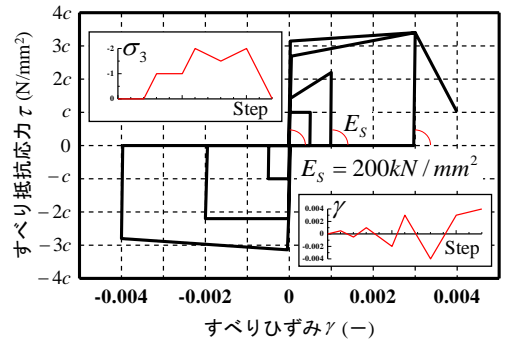


図-4 すべり方向の応力-ひずみ関係

2.3 砂防堰堤と地盤間の摩擦挙動のモデル化

本研究では、堰堤と地盤間の摩擦を、堰堤と接する地盤要素に図-3に示す応力-ひずみ関係を仮定することで考慮した。図に示すように、地盤底面および斜面に垂直方向を局所座標系 l_3 軸とした直交異方性モデルである。ここで、 E_G は地盤の弾性剛性であり、 l_3 軸方向には、圧縮応力を伝達するが、引張応力を伝達しない応力-ひずみ関係 F_G を仮定した。すべり方向には、図-4に示す応力-ひずみ関係 F_S を仮定した。外力作用などで l_3 軸方向の応力が変動することにより摩擦抵抗が増減することを考慮するために、すべり開始応力を図-5に示すモールクーロン型の降伏基準を使用した。これにより、図-4に示すように、 l_3 軸方向の直応力変動に伴うすべり抵抗応力の変化を考慮することが可能となる。なお、図-5中の粘着力と内部摩擦角には、設計要領⁴⁾に示されている軟岩用の値を使用した。

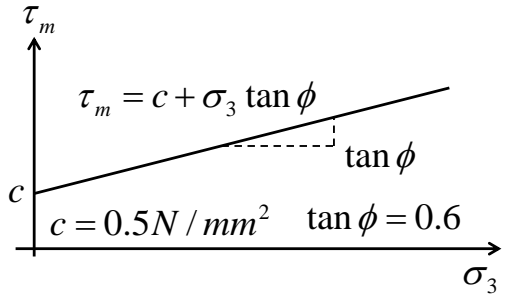


図-5 すべり開始基準

3. 解析結果と考察

3.1 温度応力解析結果の相違と考察

自重载荷材齢と地盤剛性が解に及ぼす影響を確認するために、ひび割れ指数が小さくなる図-6に示す表面および中央部2ヶ所のひずみとひび割れ指数の比較を行った。図-7、図-8、図-9に打設後12h, 24h, 48h, 72h, 120h, 168hに自重を作用させた場合のX方向、Y方向およびZ方向のひずみ履歴を示す。図-10に自重载荷材齢を変化させたひび割れ指数の比較を示す。これら解析結果は、久米の結果と同じであり、自重载荷材齢によりわずかな数値変化は確認されたが、いずれも一致する結果となった。

図-11、図-12に12時間と168時間(7日)経過後の最大経験コンター図を示す。他に6パターンを解析

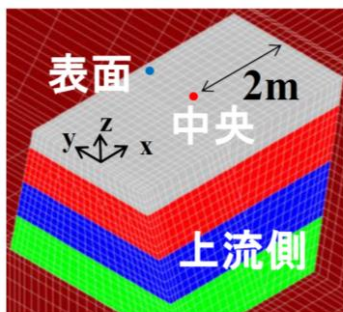


図-6 ひずみ計埋め込み場所

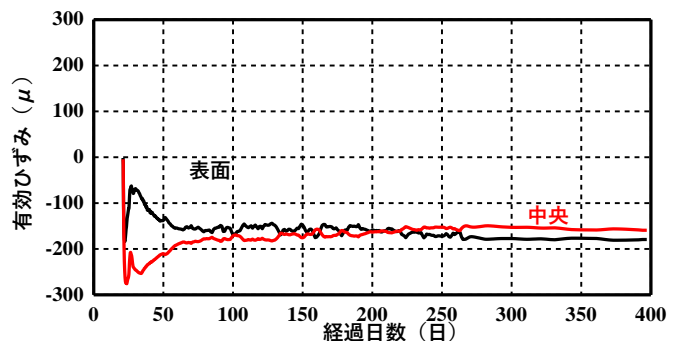


図-7 X方向のひずみ変化

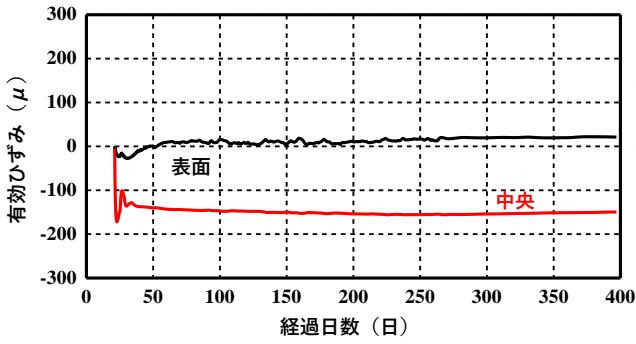


図-8 Y方向のひずみ関係

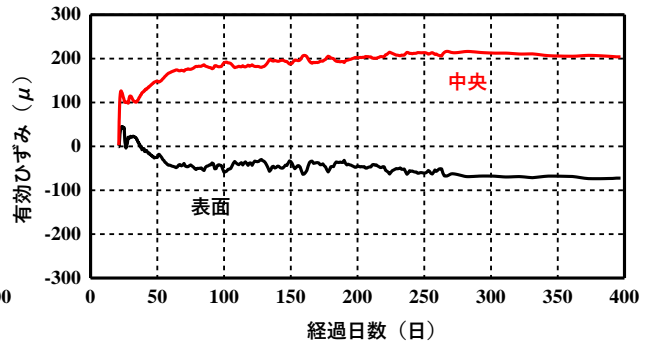


図-9 Z方向のひずみ関係

したがどの時間も変化が見られなかった。地盤剛性を低減させた温度応力解析についても、ひずみやひび割れ指数に顕著な変化は確認されなかった。自重による応力が 0.5N/mm^2 程度であること、外部拘束は本解析対象では堰堤内部まで影響を及ぼさないことがその要因と考えられる。

3.2 耐荷力解析（初期応力なし）の相違と考察

図-13 に、堰堤と地盤間の摩擦考慮の有無を変数とした荷重-変位関係の比較を示す。摩擦を考慮していない結果には、久米の結果を用いた。図に示すように、袖部底部の3点の変位で比較を行った。なお、荷重最大点は、解の収束が取れた最終点とした。図より、地盤面の摩擦を考慮した結果、久米の結果と比較して剛性が低下する結果となった。地盤側である緑のグラフは変位 1mm の数値で久米との線から逸れていき、結果的には 10000kN まで届かなかった。中央の値は 2.5mm の位置で荷重は 9000kN を示した。本研究は動くようにプログラミングしてあるために数値が低くなったと考えられる。

図-14, 図-15, 図-16, 図-17 は、久米と本研究の破壊時の袖部下部の6リフト天端と上流側の鉛直方向全ひずみ分布の比較を示している。とも荷重増加に対してほぼ線形的な挙動を示し、上流側から見た袖部左下部で曲げひび割れが急激に開講するとともに、袖部右側にもひび割れが進展することで曲げ破壊の様相を呈した。ただし、曲げ破壊の様子が若干変化した。なお、袖部右側は弾性の地盤要素と接していることから、その部位にもずれによるひび割れが発生している解析対象とした砂防堰堤では、コンクリートのひずみが計測されている。

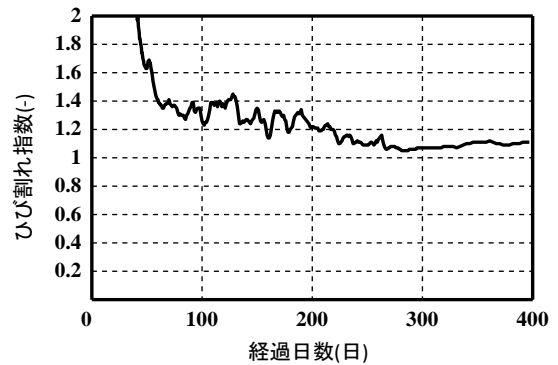


図-10 ひび割れ指数

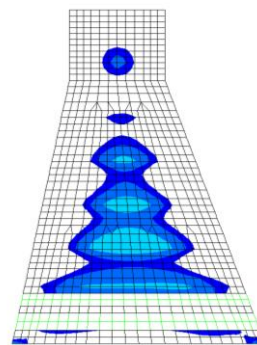


図-11 12時間後

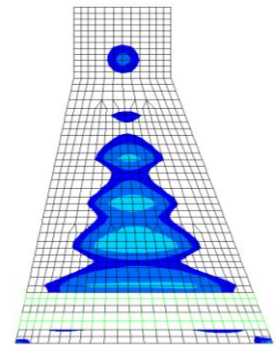


図-12 168時間後

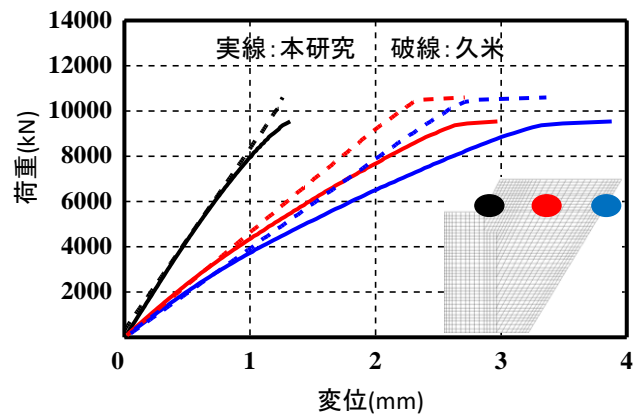


図-13 地盤面の摩擦が荷重-変位関係に及ぼす影響

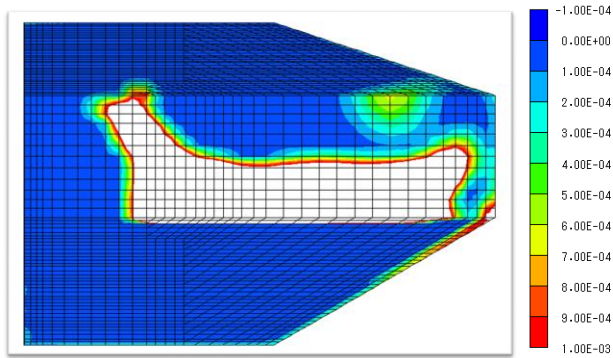


図-14 6リフト上 すべりがない場合

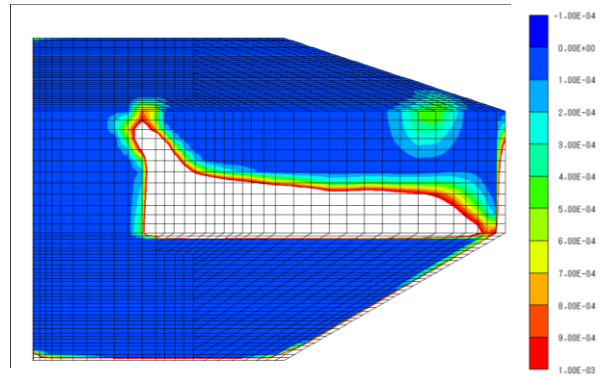


図-15 6リフト上 すべりがある場合

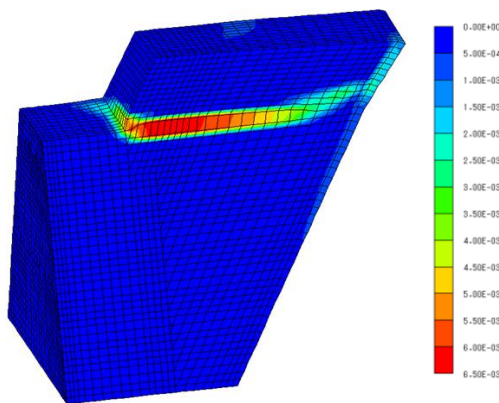


図-16 すべりがない時のひずみ分布

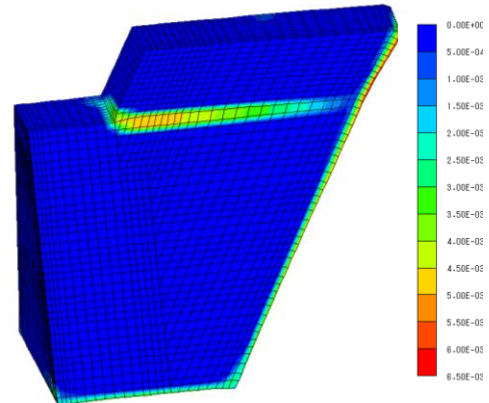


図-17 すべりがない時のひずみ分布

4. 結論

久米の研究対象の無筋のマスコンクリート構造物である砂防堰堤を対象に、耐荷力解析、温度応力解析、自重の荷重材齢、地盤の剛性を条件に加え解析を行った結果、以下のことが明らかとなった。

本検討範囲内では、温度応力解析では、久米の結果とあまり変化が起きなかった。耐荷力解析では、荷重—変位関係のグラフでは、久米の結果は 10000kN を超えたあたりで上流側から見た袖部左下端部で曲げひび割れが開口するとともに、袖部右側にもひび割れが進展することで曲げ破壊した。本研究では 9000 kN を超えたあたりで同じような曲げ破壊が起こった。

自重の荷重材齢、地盤の剛性を加えた条件でも、久米の結果とは全然変化がなかった。なお、本検討ではひび割れが発生しており、実際の砂防堰堤はひび割れが発生していないことから、地盤要素が躯体の耐荷機構や耐荷性能に大きく影響を及ぼしていると考えられる。そのため新たに、材料特性やヤング係数の引張強度の発現、クリープの影響を考慮することが必要と考えられ今後の再検討が必要である。

参考文献

- 1) 町勉ほか：打設間隔を短縮して試験施工した砂防堰堤垂直壁の温度応力解析とモニタリング，土木学会第 74 回年次学術講演会，第 6 部門，p.701，2019.9
- 2) 久米修平：2019 年度卒業論文 砂防堤防の初期ひび割れが耐荷力に及ぼす影響に関する研究
- 3) 土木学会「2017 年制定 コンクリート標準示方書」
- 4) 設計要領 第二集 橋梁建設編，東日本高速道路株式会社，2012.7
- 5) 日本コンクリート工学会「マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016」
- 6) 伊藤 睦ほか：初期応力を考慮した RC 構造物の耐荷力手法の構築，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.2，pp.19-24，2012

民間活力によって整備された公園内コミュニティ空間の冬季利用実態に関する研究
～名城公園を事例として～

EC14029 高橋 稜平

1. 研究の目的と背景

公園という場所は、時代と共に変化していく中で私たちの生活の中で大切な場所の1つである。子供が遊ぶ用途以外にも公園には様々な種類が存在し、ランニング、散歩、ベンチに座って読書など、私たちが落ち着いて過ごす事のできる公共スペースである。名古屋市ではパークマネジメントプランが制定されており、名古屋市の公園19公園が対象となっている。このパークマネジメントプランのあり方として従来の行政主体の運営方針から一変して、民間事業者に委託して市民に多様なサービスを還元し公園経営の成果を市民が享受できるように管理運営を変革しようと計画している。パークマネジメントプランに記載されている公園を調査した結果、維持管理、景観など良い状態でないのが現状である。名古屋市の魅力度低下を危惧し、私たちの身近にある公園のコミュニティ空間に着目した。そこで魅力ある空間として着目したのが民間活力によって整備された名城公園にある「tonarino」である。近年、日本ではP-PFIによって行政が管轄していた公園を民間事業者へ委託・完全委託をして飲食店、売店等の公園利用者の利便の向上に資する公募対象公園施設の設置をしている。しかし、公園という場所は他の商業施設と異なり外にある公共地盤であるため冬季において足運びが悪くなるのではないかと懸念が生じる。冬季において集客が見込めなければ民間活力によって整備されてもP-PFI事業としての効果が薄れてしまう。そういった不安材料をなくすべく、実際に民間によって整備された名城公園 Tonarino を事例にあげ、現地調査を行い現地調査で行ったデータを元に分析しその分析結果をもとに冬季の利用実態を明らかにし、どのような利用がされているかを元に問題点と向き合っていく。本研究で重要視しているのは、テーマでも上げている「コミュニティ空間」で、この空間というのは民間整備された商業施設の他の空間(広場など)である。その空間がどのような利用をされていてどのような効果を生み出しているかを明らかにする。収容施設とコミュニティ空間と既存である公園が冬季においてどのような効果をもたらしているかを明らかにし、今後の公園整備における新たな空間づくりの発見に繋がることができると考えている。

2. 研究の枠組み

2.1 公園の位置づけ

公園は、人々のレクリエーションの空間、良好な都市景観の形成、都市環境の改善、都市の防災性の向上、生物多様性の確保、豊かな地域づくりに資する交流の空間の提供である。⁽³⁾
公園の種別としては総合公園に位置する。

2.2 研究対象と研究手順

本研究では、名古屋市北区にある名城公園内の民間事業者により整備された「tonarino」を研究対象とする。プレ調査としては名古屋市のパークマネジメントプランに制定されている公園から範囲を絞って11公園を調査した。Tonarino において空間の利用実態を調査するために現地調査を行った。研究手順としては現地に行き利用実態調査を行い、現地調査を元に調査結果をデータ化・分析を行い、コミュニティ空間においてどのような利用実態がされているかを分析する。

2.3 研究対象の概要

1) 研究対象と現状

名古屋市北区に位置する名城公園の中に2017年に建設された商業施設「tonarino」を対象とする。Tonarinoは2017年4月27日に「名城公園」北園に誕生した、名古屋初の公園商業施設。歴史建造物名古屋城の近くに位置し最寄り駅である名城公園駅からも近く、近隣には愛知学院大学、病院、住宅街に囲まれている。

2)名城公園の位置づけ

名城公園とは、名古屋城を中心とした郭内にいくつかある公園の総称である。事業展開プランの中で、公園の面積規模や公園利用者の広がり considering 3つに分類された公園体系のうち、「広域の拠点となる公園」として位置付けられている。

3)コミュニティ空間の定義

公的基礎地盤である tonarino 敷地範囲内の一部をコミュニティ空間として取り扱っている。本研究では以下の図のように示している。赤枠が Tonarino の敷地内で緑枠がコミュニティ空間としている。



図-1 コミュニティ空間 (注-1)

3 調査データ内容

3.1 現地調査

Tonarino において現地調査を行った。現地調査結果を以下のようにまとめた。

下記の表はコミュニティ空間を利用した人の利用詳細になっている。

表-1 9:00-11:00

開始時間	終了時間	滞在時間	年齢	男	女	子供(小学生以下)	備考
9:00	9:40	0:40	30	0	1	2	散歩
9:15	9:40	0:25	30	1	1	0	スタバ階段
9:32	9:50	0:18	30	1	1	0	スタバ階段
9:45	10:23	0:38	30	0	1	2	散歩
10:04	11:00	0:56	30	0	1	2	散歩、広場
10:10	10:42	0:32	30	1	1	0	スタバテラス
10:22	10:24	0:02	50	1	1	0	犬散歩、写真
10:31	10:51	0:20	30	1	0	0	スタバ、ベンチ、スマホ操作
10:38	10:51	0:13	30	0	1	1	散歩 広場
10:30	11:16	0:46	50	1	0	0	スタバ、階段、スマホ
10:40	11:20	0:40	20	1	1	1	階段上、散歩
10:50	11:16	0:26	30	0	1	2	階段、着座

表-2 11:00-13:00

開始時間	終了時間	滞在時間	年齢	男	女	子供(小学生以下)	備考
11:00	11:46	0:46	40	0	1	2	広場でスケボ
11:00	12:13	1:13	60	1	1	0	スタバ花写真
11:00	11:20	0:20	30	0	1	1	階段散歩
11:13	11:23	0:10	30	1	0	1	階段散歩
11:16	11:34	0:18	30	0	2	0	散歩
11:20	11:43	0:23	50	0	2	0	ベンチ着座
11:25	11:42	0:00	30	1	1	1	dean→階段散歩
11:27	11:35	0:08	30	1	0	1	自転車→ベンチ着座
11:27	11:35	0:08	30	0	2	2	階段 散歩
11:30	11:50	0:20	30	1	1	1	広場 遊び
11:30	12:32	1:02	30	1	1	2	dean→階段食事
11:30	12:40	1:10	30	1	1	0	ベンチ→GARF
11:31	11:51	0:20	30	1	0	0	スタバベンチ(スマホ)
11:35	11:40	0:05	30	1	1	1	写真
11:48	11:58	0:10	30	1	1	1	階段着座
11:49	12:15	0:26	40	0	1	2	階段遊び
12:00	12:40	0:40	30	1	1	0	写真→dean→階段
12:00	12:35	0:35	30	0	3	3	スタバ談笑
12:00	12:30	0:30	30	0	1	2	広場(ロープースケート)
12:02	12:20	0:18	30	1	0	1	写真→階段散歩
12:05	12:06	0:01	50	1	1	0	写真
12:20	12:37	0:17	20	1	1	0	dean→階段
12:28	12:38	0:10	40	1	1	1	広場遊び
12:44	12:45	0:01	20/50	0	2	0	犬、写真
12:30	13:17	0:47	60	1	1	0	dean→階段
12:50	13:19	0:29	20	1	0	0	スタバベンチ
12:58	13:06	0:08	40	1	1	0	犬、スタバ階段
12:59	13:05	0:06	30	1	1	1	待ち合わせ、広場
12:50	13:03	0:13	30	2	0	0	階段、ストレッチ(ランニングウェア)
12:56	12:59	0:03	30	1	0	0	自販機→階段(通話)
12:18	12:50	0:32	40	1	1	1	階段(散歩)
12:00	15:02	3:02	30	0	3	5	階段食事

表-3 13:00-15:00

開始時間	終了時間	滞在時間	年齢	男	女	子供(小学生以下)	備考
13:00	13:31	0:31	30	1	1	1	階段散歩
13:00	13:23	0:23	30	1	1	1	階段散歩→スタバ
13:01	13:03	0:02	30	1	1	1	花鑑賞
13:00	13:50	0:50	40	1	1	3	スタバ階段散歩
13:04	13:08	0:04	50	1	0	0	ベンチ(ランニングウェア)
13:09	13:31	0:22	20	1	0	0	ベンチ(スマホ)
13:27	13:29	0:02	60	1	1	0	花鑑賞
13:40	13:55	0:15	50	1	1	2	ベンチ着座
13:43	13:48	0:05	60	0	1	0	花鑑賞
13:45	14:23	0:38	40	1	1	2	階段食事
13:50	14:12	0:22	20	0	2	0	スタバ→写真
13:50	14:20	0:30	30	0	2	3	dean→階段食事
13:50	14:30	0:40	30	1	0	1	スタバベンチ
14:00	14:03	0:03	70	1	1	0	ベンチ(談笑)
14:00	14:19	0:19	60	1	1	0	ベンチ(スマホ)→写真
14:00	15:00	1:00	50/20	1	3	0	GARF→階段写真
14:09	14:13	0:04	60/20	1	2	0	犬、ベンチ
14:10	15:42	1:32	20	0	2	0	スタバ階段飲食
14:20	14:29	0:09	60	1	0	0	写真階段
14:25	14:31	0:06	30	0	1	1	階段食事
14:26	14:32	0:06	30	0	1	2	ベンチ
14:35	15:01	0:26	30	1	1	1	スタバ階段飲食→花
14:40	15:21	0:41	30	0	3	0	写真→スタバ
14:40	14:47	0:07	20	0	2	0	自販機→階段
14:43			30	1	0	1	スケボ
14:45	15:27	0:42	30	0	2	2	階段散歩
14:52	15:28	0:36	20	1	1	1	広場遊び→dean
14:53	15:07	0:14	20	0	2	0	dean→ベンチ飲食
14:50	15:04	0:14	50	2	0	0	スタバベンチ飲食

表-4 15:00-17:00

開始時間	終了時間	滞在時間	年齢	男	女	子供(小学生以下)	備考
15:00	15:24	0:24	30	1	1	2	dean→階段飲食
15:15	15:25	0:10	40	1	0	2	dean→階段飲食
15:25	15:36	0:11	20	0	1	0	スタバベンチ飲食
15:26	15:37	0:11	30	1	1	1	広場遊び
15:30	15:40	0:10	50	1	0	0	ベンチ(ランニングウェア)
15:39	16:44	1:05	20	2	3	0	ベンチ
15:50	16:22	0:32	30	0	2	2	スタバ階段
16:10			30	0	1	3	階段
16:20	16:41	0:21	30	1	1	1	階段散歩
16:20			20	1	1	0	2階写真→dean

3.2 天候データ

現地調査日における天候データを右図にまとめた。当日の最低気温は 6.9°C で最高気温は 11.8°C となった。

3.3 利用人数

Tonarino における全体の利用人数及びコミュニティ空間における利用人数を下図にまとめた。

表-6 全体利用者

時間	9:00-11:00	11:00-13:00	13:00-15:00	15:00-17:00	合計
人数	33	106	84	36	259
割合	13%	41%	32%	14%	100%
気温	6.3	9.1	11.1	11.6	

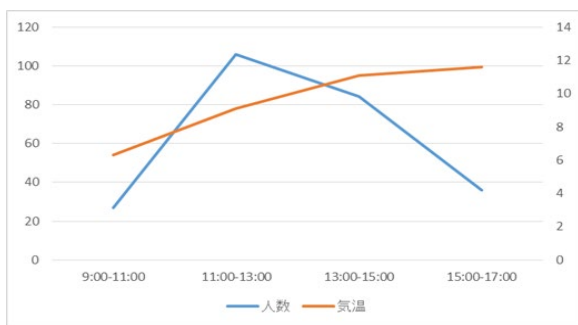


図-2 全体利用者

左図のグラフは tonarino における全体利用者と気温を表した物になる。全体の利用者は 259 人で一番多い時間帯は 11:00-13:00 の 106 人であった。気温が上がるにつれて利用者も増加したが、最高気温に到達する時間には減少している事が判明した。右図はコミュニティ空間においての利用・非利用者について表したグラフである、tonarino 利用者の 84% の人がコミュニティ空間を利用している事が明らかになった。

3.4 コミュニティ空間の利用者層

図-4 ではコミュニティ空間において小学生以下の子供を連れて訪れているかを示した図になっている。コミュニティ空間利用者の 54%、45 組の人が家族で子供を連れてきていることが判明した。

このことから、図-2 の利用者の時間推移のグラフで気温とは関係なく日没時間が近づいたために、利用者が減少している事に繋がった。

3.5 コミュニティ空間利用者詳細

図-5 ではコミュニティ空間における利用内容を分類し時間帯ごとに人数をまとめた。一番多い利用内容は階段における着座行為であった。

3.6 階段及びベンチの利用者層

表-9 の分類分けにより階段及びベンチの利用者層を図-6,7 に表した。結果階段利用者の 57% は子連れであった事に対して、ベンチ利用者は 24% が子連れであるという結果になった。この要因として考えられる

表-5 天気図 (注-2)

名古屋 2020年12月29日 (1時間ごとの値)

時	気圧(hPa)		降水量(mm)	気温(°C)	露点温度(°C)	蒸気圧(hPa)	湿度(%)	風向・風速(m/s)		日照時間(h)	全天日射量(MJ/m²)	雷(cm)		天気	雲量	視程(km)
	現地	海面						風速	風向			降雪	種雷			
9	1016.6	1023.6	--	6.3	1.6	6.9	72	2.5	北	1.0	0.76	--	--	Ⓜ	10	200
10	1016.0	1023.0	--	7.7	2.4	7.3	69	2.4	北北西	0.8	1.04	--	--			
11	1014.6	1021.5	--	9.1	2.7	7.4	64	2.6	北	1.0	1.41	--	--			
12	1012.6	1019.5	--	10.3	2.4	7.3	58	2.5	北西	0.8	1.34	--	--	Ⓜ	10	150
13	1011.2	1018.0	--	11.1	1.9	7.0	53	2.1	北西	0.0	1.05	--	--			
14	1010.1	1016.9	--	11.8	2.8	7.5	54	2.0	西北西	0.1	0.95	--	--			
15	1009.5	1016.3	--	11.6	2.6	7.4	54	1.3	南西	0.0	0.53	--	--	Ⓞ	10-	200
16	1009.7	1016.5	--	11.2	3.0	7.6	57	1.4	西	0.2	0.38	--	--			
17	1009.1	1016.0	--	10.2	3.7	8.0	64	1.0	東	0.3	0.12	--	--			

表-7 コミュニティ空間利用者

時間	9:00-11:00	11:00-13:00	13:00-15:00	15:00-17:00	合計	割合
利用者	27	85	76	30	218	84%
非利用者	6	21	8	6	41	16%

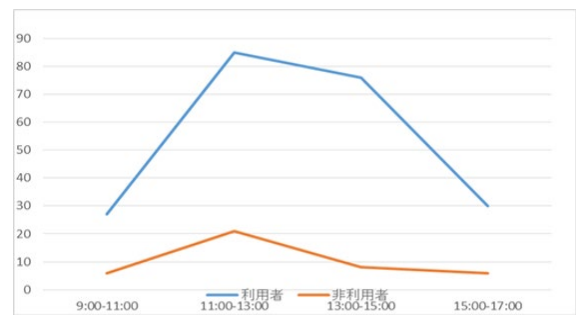


図-3 コミュニティ空間利用者

図-5 ではコミュニティ空間における利用内容を分類し時間帯ごとに人数をまとめた。一番多い利用内容は階段における着座行為であった。

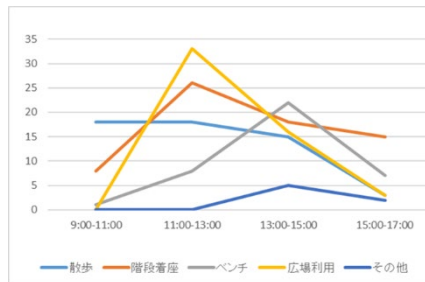


図-5 利用内容

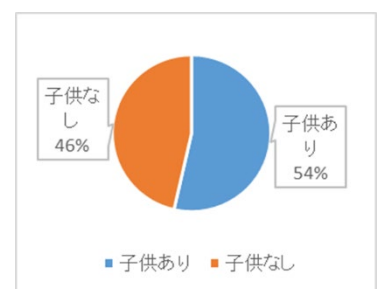


図-4 利用者層の割合

表-8 子供の有無

	組数	割合
子供あり	45	54
子供なし	39	39
合計	84	100

表-9 利用内容

	9:00-11:00	11:00-13:00	13:00-15:00	15:00-17:00	詳細合計	割合
散歩	18	18	15	3	54	25%
階段着座	8	26	19	15	67	31%
ベンチ	1	8	22	7	38	17%
広場利用	0	33	16	3	52	24%
その他	0	0	5	2	7	3%
時間別合計	27	85	76	30	218	100%

のが複数人で座れる階段に対して、座れる人数が固定されているベンチでは家族層は座らないという事が判明した。

3.7 階段・ベンチにおける利用詳細

表-11,12 は階段・ベンチにおける利用内容である。階段においての利用内容は74%が飲食による利用であった。ベンチにおいての飲食は50%以下で階段とベンチにおいて利用内容に違いがある事が判明した。

利用用途は様々なスマホ操作、会話、休憩などに分かれていた。施設利用者の他にランニングのついでにコミュニティ空間を訪れて飲食や休憩などを行っていた。

4.1 結果

利用者の層は54%が家族連れできている事が判明した。普段昇降用で利用される階段がベンチの役目や、遊び場など多様な用途で使われている事が判明した。

冬場であるからこそ、気温が一番高い時間よりも日照時間が長い時間、尚且つ日陰でない事から階段での利用者が多い傾向にあった。

4.2 考察

Tonarino における利用者は家族連れが半分以上を占めており、コミュニティ空間においても広場利用や階段など多くの人達が利用していた結果となった。コミュニティ空間をつくる上で、開放的な広場が重要である事が研究を通して分かった。冬季においても利用される空間は日差しが当たる空間があり、開放的である事が条件であった。広場がある事により既存の公園部分と共有でき、名城公園利用者と tonarino 利用者が分かれることなく一緒に空間を共有できることが判明された。

5.参考文献

- 1) <https://www.google.co.jp/maps/@35.2186789,137.0249658,13z?hl=ja>,
- 2) 各種データ・資料:過去の気象データ検索,気象庁
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/hourly_s1.php?prec_no=51&block_no=47636&year=2020&month=12&day=29&view=,2020/12/29
- 3) 公募設置管理制度 (Park-PFI) について - 国土交通省 (2020-02-12)
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kanminrenkei/content/001329492.pdf,2021/01/11>

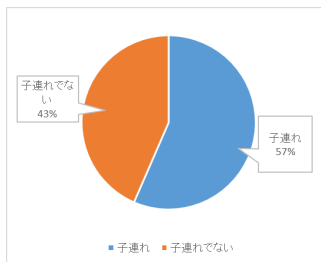


図-5 階段 割合

表-10 階段子供有無

	総数	割合
子連れ	13	57%
子連れでない	10	37%
合計	23	85%

表-11 階段詳細

備考
スタバ階段
スタバ→階段
スタバ、階段、スマホ
階段、着座
備考
dean→階段食事
階段着座
写真→dean→階段
dean→階段
dean→階段
犬、スタバ→階段
階段、ストレッチ(ランニングウェア)
自販機→階段(通話)
階段食事
備考
階段食事
dean→階段食事
スタバ→階段飲食
階段食事
スタバ→階段飲食→花
自販機→階段

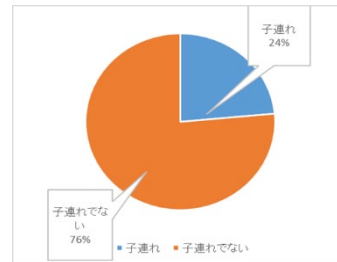


図-6 ベンチ割合

表-11 ベンチ子供有無

	総数	割合
子連れ	4	24%
子連れでない	13	76%
合計	17	100%

表-12 ベンチ詳細

備考
スタバ、ベンチ、スマホ操作
備考
自転車→ベンチ着座
ベンチ→GARB
スタバ→ベンチ(スマホ)
スタバ→ベンチ
備考
ベンチ(ランニングウェア)
ベンチ(スマホ)
ベンチ着座
スタバ→ベンチ
ベンチ(談笑)
ベンチ(スマホ)→写真
犬、ベンチ
ベンチ
dean→ベンチ飲食
スタバ→ベンチ飲食
備考
スタバ→ベンチ飲食
ベンチ(ランニングウェア)
ベンチ

東海環状自動車道開通が地域に与える影響に関する研究
 ～物流企業の立地と近隣地域に着目して～

EC17001 赤塚隆之介

1. 研究の背景と目的

東海環状自動車道は中京圏を結ぶ初の高速道路として 2005 年 3 月 19 日に東周り(関広見 IC～豊田東 JCT 区間)が開通した。開通後新たな企業の進出や雇用の創出が期待され、東海環状自動車道は今後物流の要衝になると国土交通省中部整備局岐阜国道事務所のホームページにも記述されている。このように高速道路開通は企業の発展に効果をもたらす。しかし、一方で高速道路開通により、近隣地域の急激な環境の変化が住民生活に影響を与える可能性があると考えられる。そこで本研究では、物流企業の立地に着目し、東周り開通前後の物流企業の立地状況の変化、国土数値情報による土地利用の変化を分析することで、東海環状自動車道が物流企業に与えた効果を明らかにする。そして、東海環状自動車道開通によって近隣地域の環境の変化が住民生活に与えた影響を明らかにすることを目的とする。これらを明らかにすることで今後、高速道路開通に関わる課題に役立つものとする。

2. 研究の枠組み

2.1 研究対象地域の概要



図 1. 東海環状自動車道全体図

図 1 は東海環状自動車道の全体図と開通経過状況を記したものである。本研究では、東海環状自動車道開通前後の物流企業の立地状況の変化を調査するため、2005 年 3 月 19 日に開通した東海環状自動車道東周りを対象に調査を行う。

2.2 物流企業と近隣地域の定義

本研究で近隣地域とは、東海環状自動車道東周りに隣接している市(豊田市、瀬戸市、多治見市、土岐市、関市、美濃加茂市、可児市)のこととする。

本研究で「物流企業」とは、近隣地域で定義した 7 つの市のタウンページに運送と記載されているものを対象とする。

2.3 研究方法

1) 東海環状自動車道が物流企業に与えた効果を調査するために、開通済みである東海環状道路東周りの開通前後の物流企業の立地の経年変化を分析する。2005 年に東周りが開通したため、前後 5 年間の 2001 年～2010 年の 10 年間を分析の対象とした。物流企業のデータはタウンページ(冊子)により集めた住所データを元に活用した。住所データを元に GIS のアドレスマッチングを活用し企業の立地状況の経年変化を分析した。

2) 東海環状自動車道東周りが開通したことにより住民の土地利用にも変化があると考え、土地利用の経年変化を調べることができる GIS(国土数値情報のデータ)を用いて分析を行う。GIS で使用したデータは国土数値情報ダウンロードサービスの土地利用細分メッシュデータを使用した。

3) 近隣地域に与えた影響を明らかにするために、森林地域、農業地域の指定された地域が企業の立地に影響を及ぼしたのかを GIS(国土数値情報のデータ)を用いて分析を行う。GIS で使用したデータは国土数値情報ダウンロードサービスの森林地域(ポリゴン)、農業地域(ポリゴン)を使用した。

2.4 東海環状自動車道の位置づけ

東海環状自動車道は、愛知県、岐阜県、三重県の3県に跨がる延長約153kmの高規格幹線道路である。中京圏の放射状道路ネットワークを環状道路で結び、広域ネットワークを構築することで、企業活動の向上、物流の効率化、観光活性化等の様々なストック効果が期待されている。

3. 東海環状自動車道が物流企業に与える効果

以下のデータは、タウンページの住所データを元に豊田市、瀬戸市、多治見市、土岐市、可児市、関市、美濃加茂市の2001年～2010年の物流企業の立地のデータをまとめたものである。(可児市、関市、美濃加茂市の2001年～2004年のデータは存在しなかった) インターネットのiタウンページでは最新年度のデータしか集められないため、過去の年度も調べられる冊子のタウンページを用いてデータ収集を行った。

3.1 東海環状自動車道東周り（2005年開通前後）の収集データ

表1. 企業の立地の総数

企業数	豊田	瀬戸	多治見	土岐	関	美濃加茂	可児
01~02	181	77	59	36	-	-	-
02~03	178	81	54	35	-	-	-
03~04	170	76	52	34	-	-	-
04~05	161	74	57	35	-	-	-
05~06	174	73	53	34	34	33	45
06~07	176	66	51	35	35	27	44
07~08	163	64	52	35	34	26	40
08~09	151	61	51	35	34	26	41
09~10	142	60	48	35	33	25	35
10~11	137	53	45	36	33	20	31

表2. 新規企業の立地の数

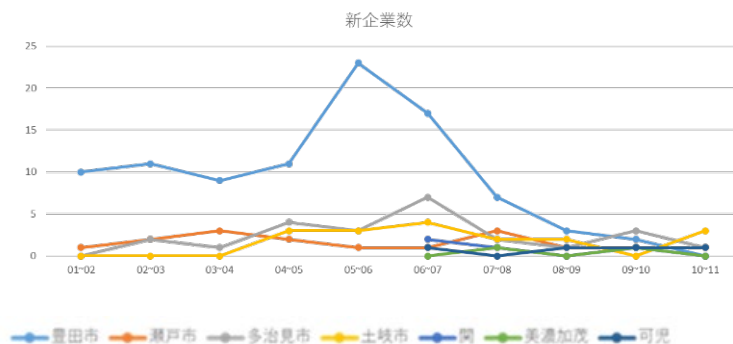
新	豊田	瀬戸	多治見	土岐市	関	美濃加茂	可児
01~02	10	1	0	0	-	-	-
02~03	11	2	2	0	-	-	-
03~04	9	3	1	0	-	-	-
04~05	11	2	4	3	-	-	-
05~06	23	1	3	3	0	0	0
06~07	17	1	7	4	2	0	1
07~08	7	3	2	2	1	1	0
08~09	3	1	1	2	0	0	1
09~10	2	1	3	0	1	1	1
10~11	0	1	1	3	0	0	1

表3. 企業の立地の総数 (iタウンページ)

	豊田	瀬戸	多治見	土岐	関	美濃加茂	可児
19~20	222	75	81	63	55	44	64

表1、表2より企業立地の総数が年々減少している事に対して新規企業の立地の数は増加している。これは冊子のタウンページの掲載数が減少している可能性が考えられる。実際に表3の最新年度のiタウンページのデータでは、冊子のタウンページで調べた2001～2010年の企業に対して記載された企業の総数が多い。

3.2 東海環状自動車道東周り開通前後のデータ比較



グラフ1. 新規企業の立地数

グラフ1は新規企業の立地の数を表している。東海環状自動車道東周りが開通した2005年の前後1年間で最も企業の立地の数が増加した。

3.3 物流企業の立地状況

以下の図は物流企業の立地データをGISのアドレスマッチングとタウンページ(冊子)の住所データを活用し地図上に記したものである。2001年から2010年の中でも最も東海環状自動車道東周り開通による企業立地への効果が大きかった2005年と2006年の2年間の経年変化のデータをピックアップした。

図2は2005年の物流企業の立地状況である。この図から東周りが開通したことにより豊田市で今まで企業が立地していなかった場所にも企業の立地が増えているという実績がみられた。なお、2005年は東周りが開通したとしであり、グラフ1でも記されている通り豊田市で最も企業が新しく立地された年でもある。図3は2006年の物流企業の立地状況である。この図から東海環状自動車道周辺に3件企業が新しく立地されている実績がみられた。関市、美濃加茂市、可児市は2004年以前のタウンページによる住所データが存在しなかったため、企業立地の経年変化の分析の結果が出せなかった。

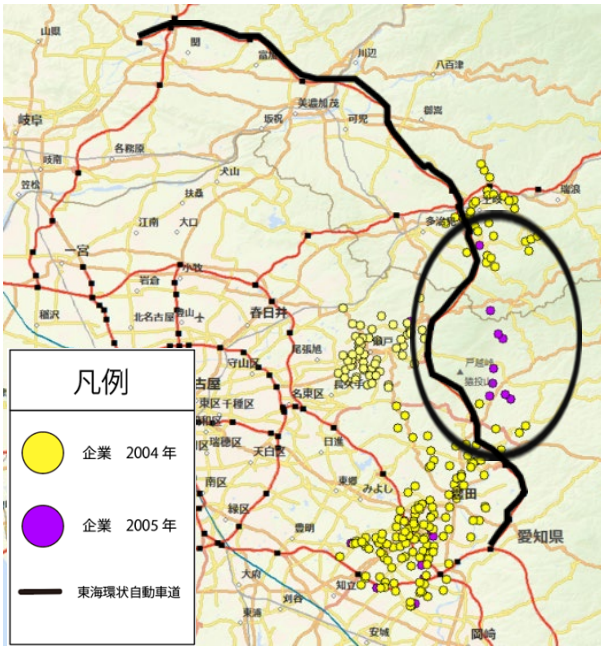


図 2. 2005 年物流企業の立地状況

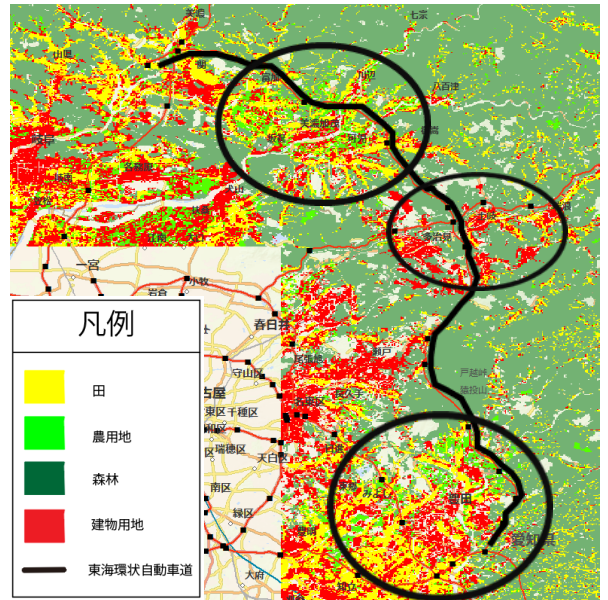


図 4. 1997 年度土地利用

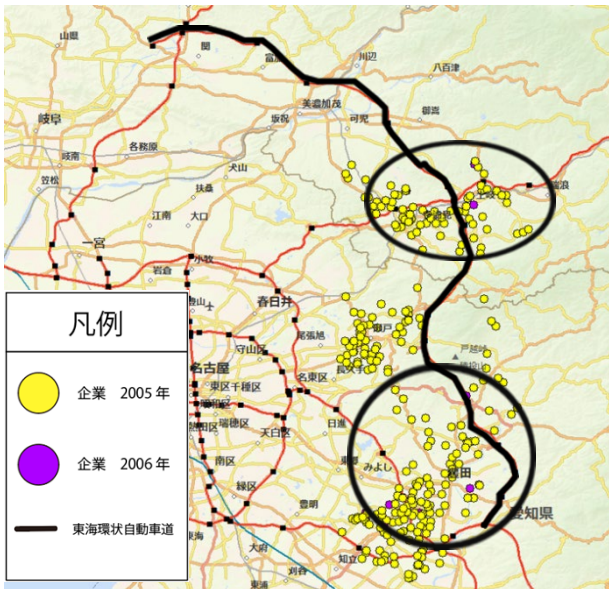


図 3. 2006 年物流企業の立地状況

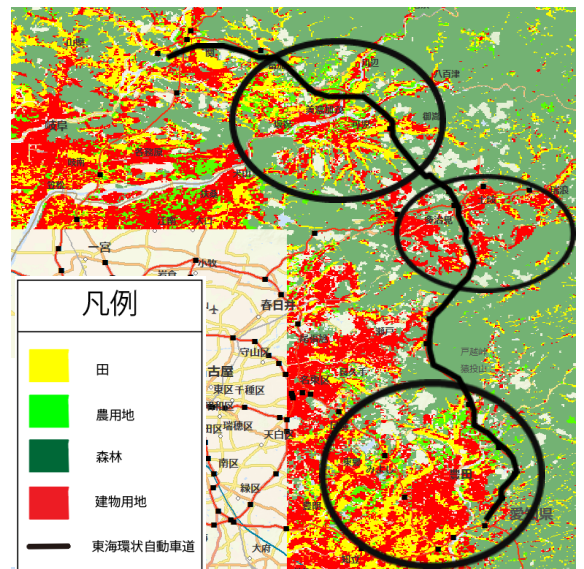


図 5. 2006 年度土地利用

4. 東海環状自動車道開通が近隣地域へ与える影響

4.1 東海環状自動車道が土地利用に与える影響

以下の図は GIS（国土数値情報のデータ）を利用し、土地利用の経年変化を分析した。

GIS で使用したデータは国土数値情報ダウンロードサービスの土地利用細分メッシュデータを使用した。年数は 1976 年度、1987 年度、平成 1991 年度、1997 年度、2006 年度、2009 年度、2014 年度、2016 年度があったが、東海環状自動車道東周り開通が 2005 年なので最も近い 2006 年度を基準に 1997 年度と 2016 年度の前後約 10 年間のデータを比較した。

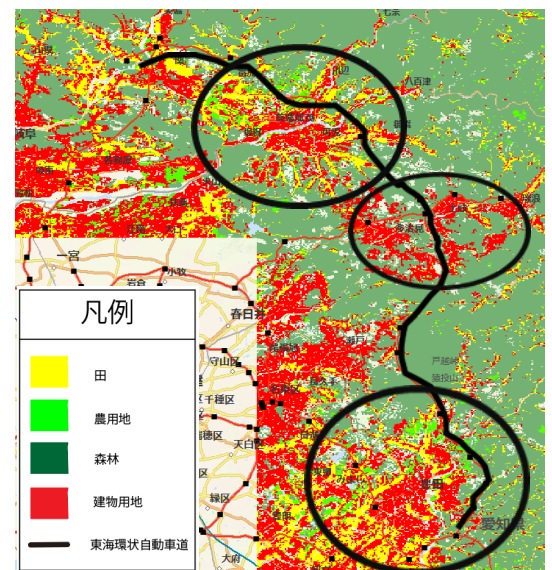


図 6. 2016 年度土地利用

東海環状自動車道東周り開通前の1997年度と開通直後の2006年度、その10年後の2016年度を比較すると建物用地の範囲が広がった。特に美濃加茂市、豊田市、土岐市、多治見市は農用地、田が建物用地に変化していることから東海環状自動車道開通の影響があると考えられる。

4.2 東海環状自動車道開通後の物森林地域への影響

森林地域とは、森林を維持するために定められた地域

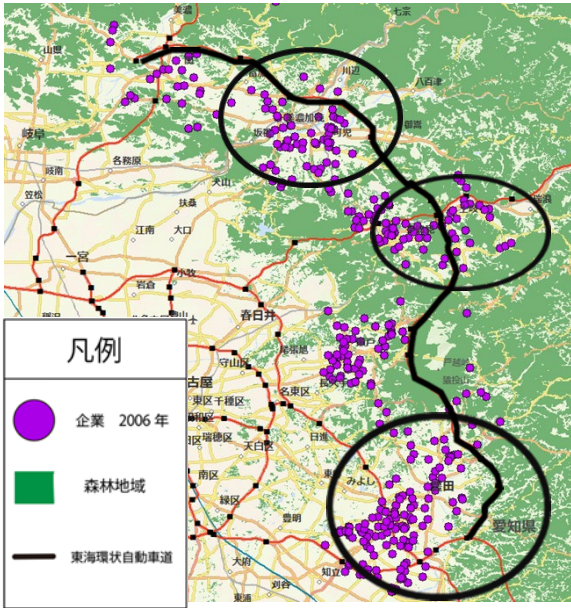


図7. 森林地域 2006年度

企業の立地は森林地域を避けているが土地利用で変化のあった箇所に森林地域が重なっている。

4.3 東海環状自動車道開通後の農業地域への影響

農業地域とは、農業を盛んにするために農用地として利用するために指定された地域

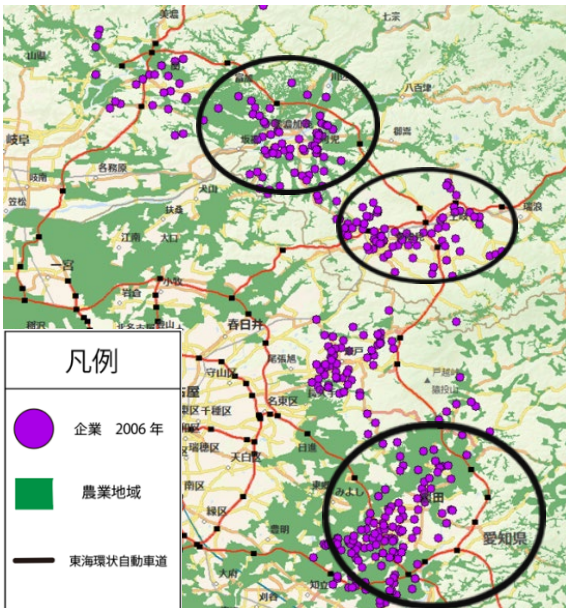


図8. 農業地域 2006年度

立地は指定された地域を避けているものの企業が立地している箇所もある。また、土地利用で建物用地に変化した農用地はこの農業地域に含まれていたと考えられる。

5. まとめ

本研究を通して、東海環状自動車道東周りが開通したことにより物流企業の立地に与えた影響は大きいと考える。グラフ1でも記した通り東周りの開通前後1年間が最も企業立地の増加に変化がみられた。本研究で行った物流企業の立地状況の調査では、東周り開通前後の年に既存の企業が立地していなかった土地に企業立地の増加、東海環状自動車道周辺に企業立地の増加などの実績が見られた。東周り開通前後の土地利用を比較すると、近隣地域で農用地、田が建物用地に変化していることが分かった。また、図3の企業の立地と図5の土地利用より物流企業の立地は建物用地に集中しやすいことがわかる。よって、建物用地の範囲が広がることは物流企業の立地促進につながると結論づけられる。東海環状自動車道が開通したことにより、近隣地域の建物用地に変化した箇所を森林地域、農業地域と見比べてみると約半分の範囲が建物用地へと変化した範囲と一致している。企業が立地していくために建物用地に土地利用が変化していくことはよいことだが、その反面で農業や森林を守るために指定された区域に配慮していくことも大事であると考えられる。

6. 参考文献

- 1) 国土交通省中部整備局岐阜国道事務所
2015年最終更新
<http://www.cbr.mlit.go.jp/gifu/works/tokaikanjo.html>
- 2) 国土数値情報ダウンロードサービス
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 3) iタウンページ 2019年最終更新
<https://itp.ne.jp/>

With コロナ期における公園の利活用に関する研究
 ～羽島市の近隣公園に着目して～

EC17003 浅野 真士

1. 背景と目的

現在コロナ禍である。今回の新型コロナウイルスによって、公園の価値が再認識された。新型コロナウイルスが拡大する前の Before コロナと現在のような拡大している中での with コロナでは、公園の利用状況が変化した。遊びに行くなら屋内ではなく屋外を選ぶという意識から、公園を利用する人が増えた。また、現在、zoom など使ったテレワークなど試みて、テレワークの利便性が知れ渡り、それが今後にも使われる可能性が高いと考える。自宅などでテレワークが増えると健康、運動、気分転換や癒しなど求め、公園が活用される場面が増えていくと予想される。そこで、公園の活用に注目した。研究を通し、研究対象である公園の利用実態を知り、対象の公園が適しているかを考える。また、今後の公園に求められることが分かってくる。コロナ禍である現在に考える必要がある。対象の公園の利用実態、利用の変化について明確にすることを目的とする。

2. 研究の枠組み

2-1 研究対象

研究対象地は岐阜県羽島市にある 3 つの公園を選出した。岐阜県羽島市には 55 の公園が存在する。55 の公園の中で近隣公園である「平方第一公園」「コスモパーク羽島」「羽島中央公園」の 3 つに絞り研究対象地に設定した。この 3 つの近隣公園を比較して、公園緑地の利用実態に関する研究を行う。近隣公園を対象とした理由は、街区公園よりも規模が大きく、地区公園より規模が小さい公園であり、コロナ禍の状況から、散歩などの運動に最適な公園であるため近隣公園とした。また、羽島市には異なるタイプの 3 つの近隣公園が存在し、羽島市は観光地でなく普通の生活環境の中にあり、日常の公園の利用を調査できるため岐阜県羽島市にある公園を対象地とした。

表-1 羽島市にある公園の種類

大仏児童公園	街区公園	大西公園	街区公園	天王第一公園	街区公園	舟橋北公園	街区公園
駅前公園	街区公園	横手公園	街区公園	江吉良公園	街区公園	宮浦公園	街区公園
蒲池公園	街区公園	足近新田公園	街区公園	前谷公園	街区公園	舟橋東公園	街区公園
千代田公園	街区公園	足近新田公園	街区公園	正木中畑公園	街区公園	舟橋西公園	街区公園
出須賀公園	街区公園	島第一公園	街区公園	横手東公園	街区公園	江中公園	街区公園
浅平公園	街区公園	神楽公園	街区公園	下山さくら公園	街区公園	本郷公園	街区公園
外栗野公園	街区公園	島第二公園	街区公園	新井さくら公園	街区公園	大浦東公園	街区公園
外うら東公園	街区公園	外うら西公園	街区公園	川口第一公園	街区公園	千代田西公園	街区公園
間島西公園	街区公園	間島東公園	街区公園	間島北公園	街区公園	平方第一公園	近隣公園
宮西公園	街区公園	健康の森善意公園	街区公園	消防南公園	街区公園	羽島中央公園	近隣公園
須賀東山公園	街区公園	須賀中公園	街区公園	長間公園	街区公園	コスモパーク羽島	近隣公園
内栗野公園	街区公園	須賀西公園	街区公園	下中公園	街区公園		
天王第二公園	街区公園	須賀南公園	街区公園	西須賀公園	街区公園		
南扇公園	街区公園	島第三公園	街区公園	舟橋公園	街区公園		
浅平東公園	街区公園	平方第二公園	街区公園	川口公園	街区公園		



図-1 羽島市にある公園の位置

「平方第一公園」「コスモパーク羽島」「羽島中央公園」の 3 つの公園は、運動メインの新しい公園「平方第一公園」、運動メインの古い公園「羽島中央公園」、緑の多い公園「コスモパーク羽島」に分類される。

公園の大きさは、平方第一公園、羽島中央公園、コスモパーク羽島の順になっており、公園の立地は、平方第一公園は住宅が少なく、周りは田んぼが多い。羽島中央公園は、平方第一公園より住宅が多い。周りに住宅街が一番多く都市なのはコスモパーク羽島である。

	平方第一公園	羽島中央公園	コスモパーク羽島
住所	岐阜県羽島市福寿町平方10丁目	岐阜県羽島市舟橋町宮北8丁目	岐阜県羽島市竹鼻町丸の内6-1
公園の特徴			
面積	11000㎡	18000㎡	20000㎡
公園の立地			

図-2 各公園の概要

2-2 研究方法

本研究では、公園緑地の利用実態に関する研究を行い、必要とされる公園とされるにはどうしたら良いかを明らかにする。また、コロナウイルスの影響によって、変わりつつある公園の利用の実態について知り、この先の変化するであろう公園の利用にあった公園にするにはどのようにすべきであるかを明らかにしようと考えている。主に、目視調査、アンケート調査を行い、対象の公園の利用実態、利用の変化について明確にする。

3. 調査

3-1 利用実態

目視調査では、現在の公園の利用状況について把握することを目的とする。平方第一公園「コスモパーク羽島」「羽島中央公園」の3つの対象地を、運動メインの公園の「平方第一公園」「羽島中央公園」と緑の多い「コスモパーク羽島」に分けて調査をした。

まずは、「平方第一公園」「コスモパーク羽島」を目視調査し、人の動きなどを目視で調査した。

表-2 目視調査概要（平方第一公園）

表-3 目視調査概要（羽島中央公園）

調査概要	
実施期間	2020/10/26 . 11/9 . 11/11 . 11/16 . 11/25 (平日)
実施時間	11:00~17:00
天気	晴れ
対象場所	平方第一公園
対象者	平方第一公園の利用者
調査方法	公園での目視調査
調査内容	
人数、性別、年齢層、なにが目的で利用しているのか	
何時から来て何時に出たか、滞在時間	
どうゆうルートで移動しているか、人の動き	
どこに人が集まるのか	

調査概要	
実施期間	2020/10/28 . 11/10 . 11/12 . 11/18 . 11/26 (平日)
実施時間	11:00~17:00
天気	晴れ
対象場所	羽島中央公園
対象者	羽島中央公園の利用者
調査方法	公園での目視調査
調査内容	
人数、性別、年齢層、なにが目的で利用しているのか	
何時から来て何時に出たか、滞在時間	
どうゆうルートで移動しているか、人の動き	
どこに人が集まるのか	

図-4 は平方第一公園、羽島中央公園、コスモパーク羽島の3つの各公園の利用状況を図に表したものである。11:00~17:00を2時間毎に分け、それぞれの公園の利用者が滞在している場所や利用者の動きを表している。紫色の円の大きさと滞在していた人数の多さを表しており、黄色の線の太さで人の動きの多さを表した図である。

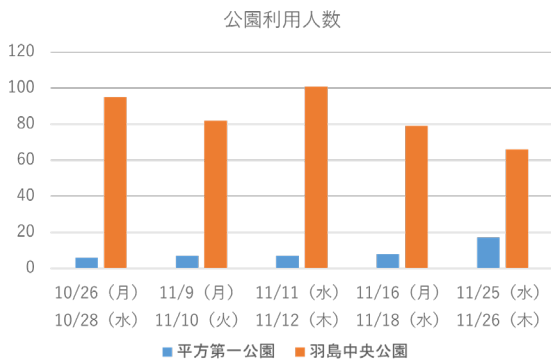


図-3 利用人数の比較

「平方第一公園」「羽島中央公園」これらの2つの公園では、その公園の特徴にあった公園の利用がされており、運動系の利用を多くされていた。しかし、利用者の人数が大幅に違い、平方第一公園より羽島中央公園は10倍近くの利用者であった。

コスモパーク羽島でも、11:00~15:00頃に母親と子供の親子が遊具を使用している人数が多かった。コスモパーク羽島では、時間帯関係なく散歩をする人数が非常に多くであった。また、散歩をする人は緑の多い場所や道を歩く傾向が見られた。

目視調査の結果、平方第一公園では、15:00以降の夕方の時間帯に野球のグラウンドで小学生、中学生のキャッチボールなどの運動の遊びが特によく見られた。羽島中央公園では、11:00~15:00の時間帯に母親と子供の親子が遊具で遊ぶ姿が特によく見られ、こちらの公園でも15:00以降には、小学生、中学生の団体が遊具やグラウンドで遊ぶ姿がよく見られた。また、11:00~17:00の間どの時間帯でも幅広い年齢層の利用者が遊歩道でのウォーキングやジョギング、ランニングをしている姿が非常に多数見られた。

表-4 目視調査概要 (コスモパーク羽島)

調査概要	
実施期間	2020/11/30、12/2、12/7、12/8、12/10 (平日)
実施時間	11:00~17:00
天気	晴れ
対象場所	コスモパーク羽島
対象者	コスモパーク羽島の利用者
調査方法	公園での目視調査
調査内容	
人数、性別、年齢層、なにが目的で利用しているのか	
何時から来て何時に出たか、滞在時間	
どうゆうルートで移動しているか、人の動き	
どこに人が集まるのか	

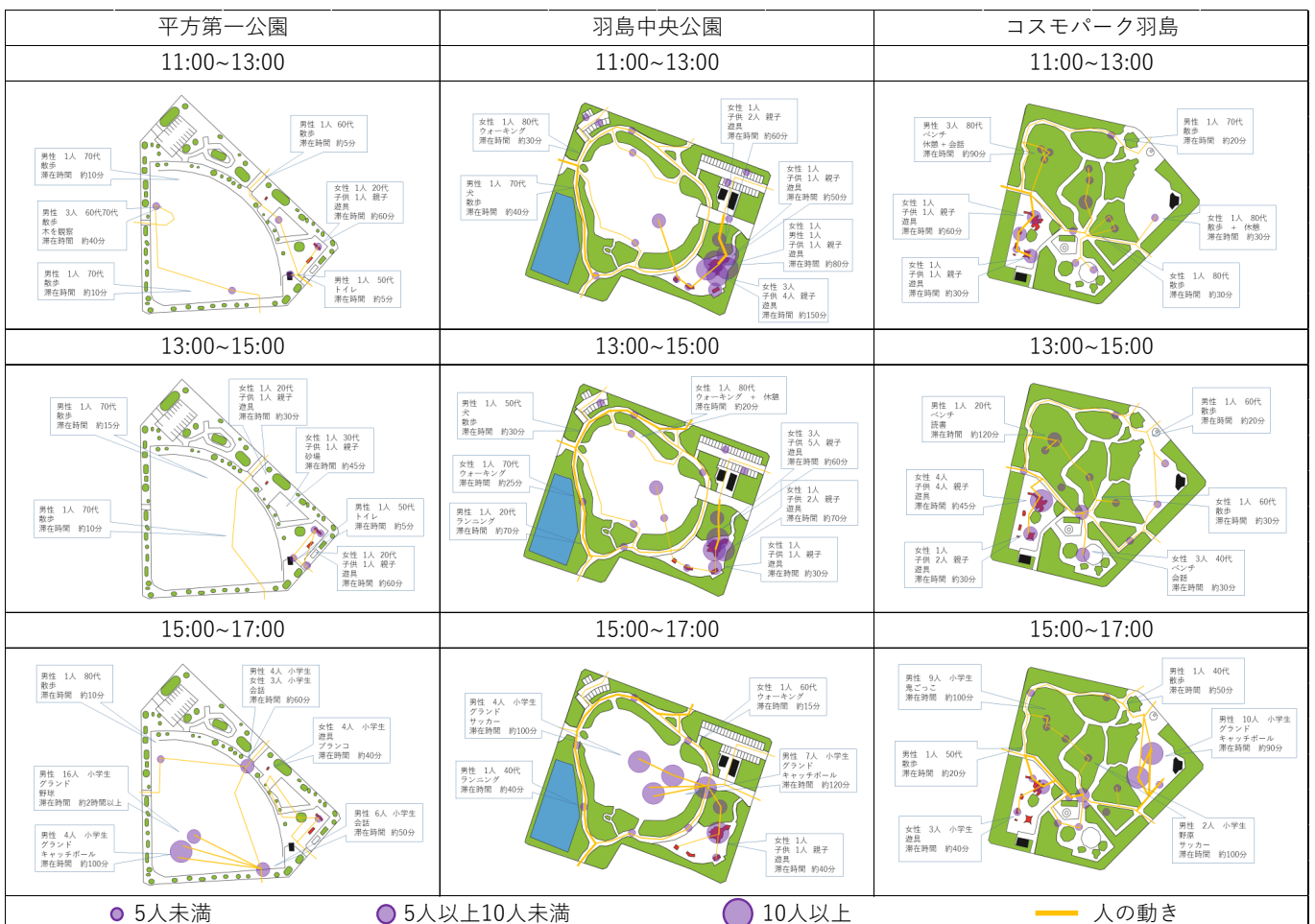


図-4 各公園の滞在中の場所と人の動き

図-5 は、平均した 1 日の運動した利用者の人数をグラフに表したものである。ウォーキング、散歩をした人を青色で表して、ジョギング、ランキングをした人をオレンジ色で表した。このグラフから分かるように、羽島中央公園が運動した利用者が 1 番多いことが分かった。続いて、コスモパーク羽島、平方第一公園という結果が出た。

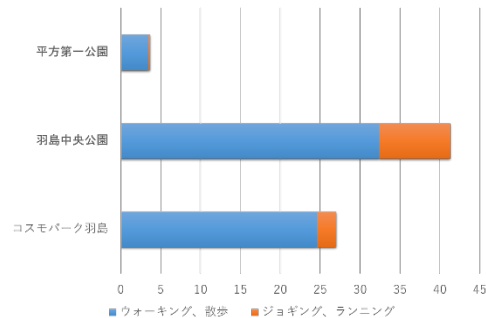


図-5 各公園の平均した1日の運動人数比較

3-2 公園利用者のコロナ化前後の意識変化

ヒアリング調査は、コロナウイルスが進行している中で実際に人と対面してインタビューを行うのは難しいと考えた。そこで、Google フォームを使い QR コードを読み取ってもらい、アンケートの質問に答えてもらうアンケート形式で調査を行った。

ヒアリング調査では、公園の利用者へ直接意見を聞くことで、表面的な情報だけでなく、より詳しい情報を聞くことができ、より明らかにすることを目的としている。アンケートでは、主にコロナウイルスが拡大する前とコロナウイルス拡大後での利用者の意識の変化について質問した。

ヒアリング調査の結果から、コロナウイルス拡大後の来園した目的は健康づくりや運動のためなどという意見が多く、コロナウイルス拡大前よりコロナウイルス拡大後の公園の利用率が上がったという意見が多かった。

4 まとめ

羽島市にある 3 つの近隣公園「平方第一公園」「羽島中央公園」「コスモパーク羽島」を調査して、現在の公園の利用実態とコロナ拡大前とコロナ拡大後の利用の意識変化について分かった。今回の with コロナで公園の価値が再認識され、今までとは違う公園の使われ方となった。研究結果、コロナ禍の状況下で最も必要とされる公園は運動しやすい公園である。羽島市にある 3 つの公園を比較して、「羽島中央公園」のような公園が必要になると結論づけた。羽島市にある公園だけでなく、全国の公園にも当てはまることが予想される。また、With コロナだけでなく、After コロナの状況下でも運動、健康など求められることが予想される。今後、公園はこのコロナウイルスの影響を受け、運動しやすい公園を増やしていくべきである。

謝辞

適切な指導をしてくださった岡本先生に感謝いたします。

参考文献

- 1) 羽島市公式 web サイト <https://www.city.hashima.lg.jp/> (参照 2020-09-20)
- 2) 国土交通省 https://www.ktr.mlit.go.jp/city_park/machi/city_park_machi00000005.html (参照 2020-10-12)

表-5 ヒアリング調査概要

調査概要	
実施期間	2020/12/26 (土)
実施時間	11:00~17:00
天気	晴れ
対象場所	平方第一公園,羽島中央公園,コスモパーク羽島
対象者	平方第一公園,羽島中央公園,コスモパーク羽島の利用者
調査方法	公園でのヒアリング調査 (アンケート)

表-6 質問内容

性別	
年齢	
どこから訪れたのか	
どういった手段で訪れたのか	
現在	来園した目的
コロナウイルス拡大前(2020年1月以前)	
現在	誰と訪れることが多いのか
コロナウイルス拡大前(2020年1月以前)	
現在	公園の満足度
コロナウイルス拡大前(2020年1月以前)	
現在	利用の頻度
コロナウイルス拡大前(2020年1月以前)	
現在	利用する時間帯
コロナウイルス拡大前(2020年1月以前)	
現在	よく利用する公園内の場所
コロナウイルス拡大前(2020年1月以前)	
現在	当該公園のどのようなところが気に入っているか
コロナウイルス拡大前(2020年1月以前)	
現在	当該公園のどのようなところが気に入らないのか、改善点など
コロナウイルス拡大前(2020年1月以前)	
with コロナ、after コロナの世の中で公園に1番求めること	

窯業系事業所の立地と利用動向に関する研究
 ～多治見市、瀬戸市を事例として～

EC 17013 奥村隆丈

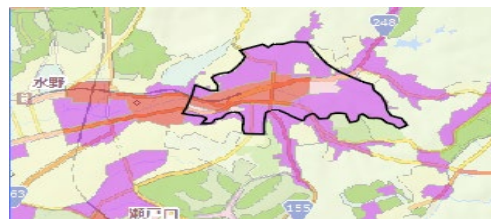
1.背景と目的

岐阜県多治見市は陶磁器産業が有名である。多治見市は日本の歴史を通して陶磁器の一大産地としての役割を果たしてきたが 80 年代の円高不況や 90 年代のバブル崩壊、リーマンショックによる影響や、人口減少により陶磁器の売れ行きが減少したことが事業所の減少に繋がっている。産業のみならず観光も同じで経済が不安定で人口が減少している中で陶磁器にまつわる観光地や街並みが保存されている場所の維持や活用法について本研究は考える。

2.研究の枠組み

2.1 研究対象の範囲と概要

研究対象の範囲は多治見市、瀬戸市でその中心市街化区域である。多治見市は多治見駅の南側、土岐川周辺である。瀬戸市は尾張瀬戸駅周辺から陶祖公園に相当する範囲である。多治見市と瀬戸市は大きく 3 つの共通点があり、生産される陶磁器の共通点が多いこと、街を挙げてこの街といえば陶磁器であると印象的な宣伝を行っていること、名古屋の経済圏であることが挙げられこれが多治見市、瀬戸市を選択した理由である。両市とも市内には狭義的にさまざまな種類の陶磁器製品を生産している場所があり、そのいずれも街の郊外にある。生産している商品は地域によって違う所が特徴である。



図一、2 凡例

凡例	
	商業地域
	準工業地域
	第一種低層住居専用地域
	第一種住居地域
	駅

図一 多治見市中心市街地（黒枠内） 図二 瀬戸市中心市街地（黒枠内）

2.2 調査方法

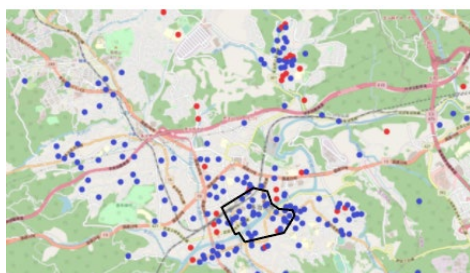
実態を明らかにするために地域経済情報システム（RESAS）で 2011 年から 2018 年までの立地を知る。窯業系組合の住所データから総数を把握し、情報をジオコーディングし現在の立地を調べる。立地と国土数値情報の土砂災害危険区域から災害危険箇所を調査する。利用動向を考える上で接道や建物面積に観点を置き、それぞれの街の評価を行う。

3.事業所の現状

3.1 過去の立地動向

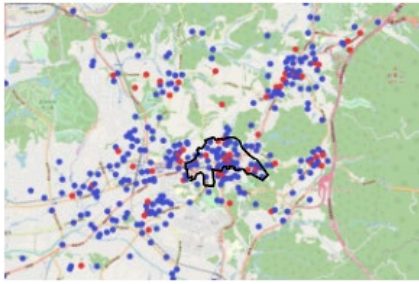
事業所全体の減少を把握するため地域経済分析システム（RESAS）を使用。赤は複合事業所、青は事業所。

多治見市

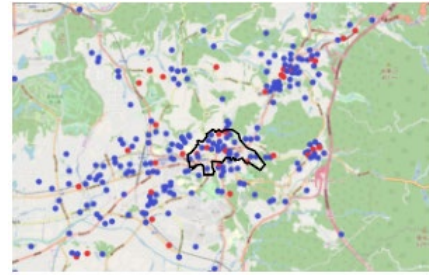


図一 2011 年多治見立地状況 引用（RESAS） 図二 2018 年多治見立地状況 引用（RESAS）

瀬戸市

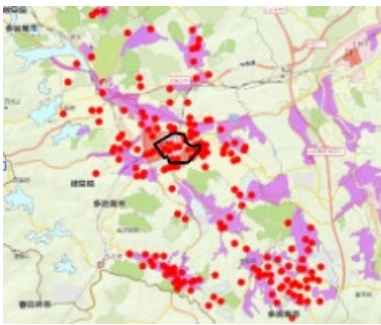


図一五 2011年瀬戸立地状況 引用 (RESAS)

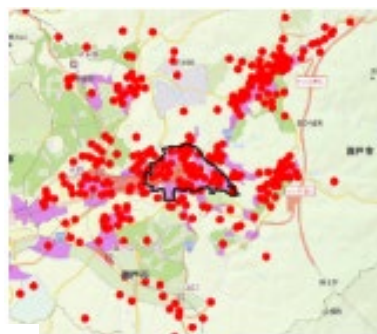


図一六 2018年瀬戸立地状況 引用 (RESAS)

3.2 現在の立地動向



図一七 多治見市全体の事業所



図一八 瀬戸市全体の事業所

図一七、八、九、十 凡例

凡例	
	商業地域
	準工業地域
	第一種低層住居専用地域
	第一種住居地域
	事業所立地箇所

調査結果は多治見市全体の陶磁器関連の事業所は 291 件、瀬戸市全体の陶磁器関連の事業所は 477 件となり、中心市街地内は多治見市は 13 件、瀬戸市は 51 件となった。

4. 現地調査

立地動向調査結果から各事業所の傾向を知るために多治見市、瀬戸市の中心市街地にある事業所を対象に調査を行う。外観の撮影と「営業の有無」、「地域事情周辺の様子」、「接道」、「地形・防災」をまとめた。

① 営業の有無

表一 多治見中心市街地営業の有無

営業している	8件
営業していない	5件

表二 瀬戸中心市街地営業の有無

営業している	48件
営業していない	3件

多治見市の方が営業していない事業所が多く、営業していない 5 件の内 2 件が自宅、3 件が空き家となった。瀬戸市は営業していない 3 件の内 2 件が他業種の事業所であり陶磁器関連の事業所としては消滅し、残りの 1 件は空き家となっている。自宅となっている事業所跡は周辺の住宅地と完全に溶け込んでいる。以下(表一3)に他業種の事業所となっている事例を示す。

表一3 瀬戸中心市街地事業所跡の活用例 (多治見市は事例なし)

	幅員	接道	造り	階数	周辺	営業	敷地周辺の急な高低差	建築面積	用途地域	
ナカドール (現 名古屋銀行)	10.0m	95m	鉄筋コンクリート	3階	住宅街	してない	なし	835.9㎡	準工業地域	
	5.8m	16.0m	鉄筋コンクリート	4階	住宅街	している	あり	650.1㎡	準工業地域	

※表の幅員、接道は事業所前の水路から対面の水路までの距離 (幅員)、道路に面している距離 (接道)。

②地域事情周辺の様子

駅や住宅街が近くに存在している事業所が大半であり、駅や既に観光地となっている場所の近くに存在している事業所のほうが観光地としての性格が強い。

③接道

表一4 多治見二項道路

二項道路該当しない	12件
二項道路該当	1件

表一5 瀬戸二項道路

二項道路該当しない	35件
二項道路該当	16件

多治見市と瀬戸市を比較して瀬戸市のほうが二項道路に該当する箇所が多い。多治見市は平坦な地形で幅員4m以上余裕をもっているのに対し、4m以上の基準に近い。瀬戸市は起伏が激しく狭い路地が多い。

表一6 多治見事例

	幅員	接道	造り	階数	周辺	営業	敷地周辺の急な高低差	建築面積	用途地域
山周青木周造商店	3.5m	7m	木造	2階	駅、住宅	している	なし	380.0㎡	商業地域
	カネヨ	幅員	接道	造り	階数	周辺	営業	敷地周辺の急な高低差	建築面積
	3.4m	10m	鉄筋コンクリート	3階	住宅	している	なし	319.5	商業地域



表一7 瀬戸事例（数例示す）

	幅員	接道	造り	階数	周辺	営業	周辺の急な高	建築面積	用途地域
丸岩製陶所	3.6m	17.5m	木造	2階	住宅街	している	ない	239.2㎡	準工業地域
	丸松製陶所	幅員	接道	造り	階数	周辺	営業	地周辺の高低	建築面積
	2.2m	11.9m	木造	2階	住宅街	している	あり	92.5㎡	商業地域
丸窯製陶所	幅員	接道	造り	階数	周辺	営業	地周辺の高低	建築面積	用途地域
	2.2m	30.1m	木造	2階	住宅街	している	ない	160.1㎡	準工業地域
愛窯工芸社	幅員	接道	造り	階数	周辺	営業	周辺の急な高	建築面積	用途地域
	3.5m	11.3m	木造	2階	駅、商業	している	なし	131.4㎡	準工業地域



表一8 接道・幅員平均








多治見中心市街地接道平均	多治見中心市街地幅員平均
8.5m	5.6m
瀬戸中心市街地接道平均	瀬戸中心市街地幅員平均
11.7m	5.6m

表一9 建物面積平均

瀬戸市中心市街地	多治見中心市街地
平均面積 329㎡	平均面積 146㎡

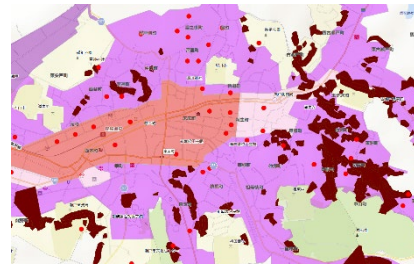
④地形・防災

表－10 危険区域から50m以内に存在する事業所（多治見市は事例なし）

事業所名	幅員	接道	造り	階数	周辺	営業	周辺の急な高	建築面積	用途地域	写真
愛窯工芸社	3.5m	11.3m	木造	2階	駅、商業	している	なし	131.4㎡	準工業地域	
マサキクラフト	3.4m	24.1m	鉄骨	2階	駅、商業	している	あり	327.0㎡	準工業地域	
洞山窯	4.3m	35m	木造	1階	住宅街	している	あり	252.4㎡	準工業地域	
寿窯（水野教雄陶房）	4.7m	24.5m	木造	2階	住宅街	している	なし	55.3㎡	準工業地域	
イワツキ	3.8m	40.0m	鉄骨	2階	住宅街	している	なし	230.8㎡	準工業地域	
瀬戸本窯窯	2.5m	21.1m	木造	2階	住宅街	している	あり	443.1㎡	準工業地域	
田代尚照	1.7m	10.5m	木造	1階	住宅街	している	あり	124.3㎡	準工業地域	



図－9 多治見市土砂災害危険区域



図－10 瀬戸市土砂災害危険区域

表－11 危険区域付近に存在する事業所

土砂災害危険区域から50m以内の事業所数			
瀬戸市	7件	多治見市	0件

表－12 土砂災害危険区域二項道路該当

瀬戸土砂災害総計	二項道路該当
7件	5件

5. まとめ

新しい土地利用している箇所は瀬戸市で存在したがいずれも陶磁器とは関係ない、さらにその土地を購入する際にまとめて周辺の土地を購入しており使われなくなった事業所が老朽化した際の新しい活用として陶磁器と関係ある施設がつくられるのかが関心事である。陶磁器とは関係ない施設が作られる事が繰り返されれば普通の街に戻ってしまう。多治見市ではそのような利用はないが自宅や空き家の存在が目立つことが分かった。瀬戸市と比べて二項道路に該当する可能性の箇所が少なく現建物の建て替えは行いやすいと考える。

6. 参考文献

- 1) 地域経済分析システム (RESAS) <https://resas.go.jp/#/23/23204> (参照 2020-6-10)
- 2) 国土数値情報ダウンロードサービス <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> (参照 2020-12-10)

岡崎市のリノベーションまちづくりによる空間とアクティビティの変容に関する研究

EC 17033 田中拓斗

1. 研究の背景と目的

今日本では少子高齢化社会が加速している。高齢者が増え、人口が年々減少傾向にあることから、市町村が行うまちづくりにも大きな影響を及ぼしている。例えば、人口が減少し高齢者の割合が増加することにより、遊具が多い公園やグラウンドは使用率が低下することが考えられる。また高齢者が居住していた住宅や店舗は、本人である所有者が亡くなったり、老人ホームに移り住んだりすることによって使用されなくなり老朽化が進んでいく。このような使用されなくなった空き家、空きビル、空き店舗、利用率の低い公園などの今ある資源を改修し、それを活用して自治体の都市、地域経営課題を解決していく事をリノベーションまちづくりと言う。多くの都市でリノベーションまちづくりが行われている中で愛知県岡崎市もその1都市である。岡崎市では近年、中心市街地の衰退、空洞化の現象が現れ、是正を図るため、岡崎市では1999年及び2008年に中心市街地活性化基本計画を策定し、活性化に取り組んできたが依然衰退の流れを押しとどめるには至っていないのが現状である。また、市が作成した岡崎観光基本計画や中心市街地活性化ビジョンによると中心市街地を今より魅力あるまちにし、観光客を増やしたいと考えている。これらの現状があるため、リノベーションまちづくりによる中心市街地の対策を必要としていると考えられる。では岡崎市のリノベーションまちづくりでは具体的にどのような活動が行われているのか、それによって岡崎市に空間とアクティビティの変容があったか明らかにすることを目的とする。

2. 研究の枠組み

2.1 研究対象地の概要

岡崎市の中心市街地である康生町を研究対象地とする。岡崎市は愛知県の中央やや南あたりに位置

している。人口は現在38万7106人である。岡崎城は徳川家康誕生の地として認知されている。リノベーションまちづくりが多く都市で行われている中で、岡崎市を対象地域として選んだ理由として、かつて岡崎城を中心に栄えた城下町が衰退し、空き家、空き店舗が増加した中で、リノベーションという手段を活用して近年多くの公共、商業施設が建っていることを知ったからである。岡崎市の中心市街地で2015年から行われているリノベーションまちづくりの特徴は「遊休・公共不動産を改修・活用し、それを核にまちの課題解決につなげるまちづくり」+「民間主導で補助金を使わないまちづくり」である。

2.2 研究方法

岡崎市の中心市街地で行われているリノベーションまちづくりについて調べたところ、リノベーションまちづくりがいつ、どこで、どんな活動を行っていたかが把握できた。次にこのリノベーションまちづくりでの活動を年表化、図化し活動の実態を調べた。その後、年表化、図化したデータを活動の種類別、場所別、年別などで分類しアクティビティの変容を明らかにした。次に空き家、空き店舗などをリノベーションし新しい施設、お店ができた事例を図にまとめ、空間の変容があったかを明らかにし、アクティビティと空間の相互関係性があるかも考えた。またリノベーションまちづくりを通してお店を開業した方から、リノベーションまちづくりの評価を聞くべくアンケート調査を行った。最後に現時点でリノベーションまちづくりによって岡崎市の中心市街地がアクティビティ、空間の両面でどれ程のメリットがあったかを明らかにする。

3. リノベーションまちづくりでの活動実態

3.1 リノベーションまちづくりの全体像

2015年から行われている岡崎市のリノベーショ

ンまちづくりの活動実態を調査するため、リノベーションまちづくり公式 Facebook からいつ、どこで、どんな活動をしたのか把握し、そのデータを年表化した。岡崎市のリノベーションまちづくりは今年で6年目となり、計43回の活動実績があ

種類	回数	内容	
A	単発イベント系	5回	市場、演奏会などの継続されないイベント
B	継続イベント系	19回	何度か回数を重ね継続して行われるイベントや計画
C	リノベーションスクール系	11回	リノベーションスクールやそれに関連している活動
D	リノベーション開業系	9回	リノベーションスクールを通しての開業
E	セミナー、話し合い系	16回	セミナー、講師を招いての話し合い、勉強会など

表1 全ての活動のカテゴリー



図1 2015年の活動



図2 2016年の活動



図3 2017年の活動



図4 2018年の活動

った。活動の全容を知るため、すべての活動をカテゴリー別にまとめた(表1参照)。その後、さらに細かく活動の特徴を知るため、その中で2016年10月ごろから一年間の活動をピックアップしてみた。それが表2である。

表2 活動のピックアップ

日付	名前	場所	内容	市民の参加	
イベント	2017.9/5	リノベーションまちづくりセミナー2017	同崎リブラ	北九州小倉魚町の再生に尽力された嶋田秀範さんが取り組みとその苦労について語る	〇定員100名(当日先着)
イベント	2017.4/14-16	リノベーションまちづくりサミット!!!2017	3331アーツ千代田	ユニットマスター達のリノベーションスクールや、豪華講師陣からのレクチャー	〇(本会議+パーティーにチケット購入で参加)
イベント	2017.3/21	私たちのQRUWA戦略	同崎リブラ	これまでの乙川プロジェクトでは何を学んできたか、そもそも乙川プロジェクトとはなどのお話	〇定員200人
イベント	2017.2/19	まちのトレジャーハンティング@同崎	同崎市シビコ	まちの潜在能力を引き出し、まちの近未来像を都市戦略として提案する	〇プレゼンテーションには82人が応募し40名が選出され参加。見学者の定員は100名程度
イベント	2017.1/27	エリア再生・連続シンポジウム	同崎リブラ会議室301	栄達の事例を通して、岡崎ならではの事業や雇用を生み出す観光、エリアの価値を高めるヒントを探し出す	〇定員100名程度
イベント	2016.11/12.13	籠田公園演奏会、ライブ	籠田公園	ライブ、演奏会を行う。屋台やバーベキューもでき、遠足通り周辺が歩行者天国になっている	〇入場無料、定員なし
事業	2016.10.11頃	家守テーブル	グラスパークビル	リノベーションまちづくりから生まれる事業を支援するための場	〇参加者はメッセージで応募
事業	2016.10.11頃	らーめんモバイル屋台「らーめんかじや」	同崎市内	どこかで1day営業	×
事業	2016.10.11頃	ゲストハウス「風と土」	同崎花園町?	30年空き家だった家をシェアハウス併設型のゲストハウスに改装	×
事業	2016.10.11頃	ローカルメディア「butman」	詳しくは不明	自分がやりたいこと、やってきた事を多くの人に共有したいが、あまり表に出たくない人のためのメディア	×
イベント	2016.10/26	第二回リノベーションスクール	同崎シビコ6階	事業をしたい3グループのプレゼンテーション	〇募集人数24人クリエイターの方々、クリエイターを目指している方々募集



図5 2019年の活動

表1、2から見ると、活動の中身は、空き家、空き店舗などで、まちのために事業を行いたい人がやりたいことをプレゼンテーションするリノベーションスクールや、リノベーションまちづくりに詳しい講師をお呼びし、参加者を集いお話を聞くリノベーションまちづくりセミナー、リノベーションまちづくりサミットなどが中心である。「ラーメンモバイル屋台かじや」、「ゲストハウス風と土」、「ローカルメディア butman」などはリノベーションスクールでプレゼンした人達が実際に事業を行ったものである。他にも籠田公園での演奏会を行うなど一般の人に向けたイベントもやっている。また図1から図5では活動を年別化した。初年度の2015年はリノベーションについて学ぶ目的の活動がほとんどでこの年にリノベーションを行った事例はなかった。しかし2016年になるとリノベーションスクールで生まれたお店が沢山開業し、ま

た活動自体も一番多い年であった。それ以降の年では活動の数自体は減ったものの単発のイベントやリノベーションスクール、お店の開業が行われている。活動が減った理由はイベント、お店の開業などを行うまでに多くの準備期間がかかったり2016年に、ある程度リノベーションスクールから空き家、空き地の利活用をするという流れが出来たためだと考えられる。

3.2 アクティビティの変容

表2や、先ほどの「3.1 リノベーションまちづくりの活動実態」で述べたように、ほとんどの活動に岡崎市民が参加している。それもお客さんや聞き手、プレゼンターといった様々な立場で活動に参加している。図1から図5に載っている活動ほとんどに岡崎市民が参加していると考えたりリノベーションまちづくりが多くの人々の動きを変え、まちの賑わいを生んでいると考えられる。言い換えれば、リノベーションまちづくりによって岡崎市の中心市街地にアクティビティの面で良い効果を与えていると言える。

3.3 空間の変容

リノベーションまちづくりの活動ではまちの空間に関わるような活動も行っている。空間面の変化を示したものが図6である。図6に書かれているグラスパークビル、wagamama house はリノベーションまちづくりで、空き家であった物件を改修工事して新たに利活用したお店である（図9から12参照）。また籠田公園もリノベーションまちづくりによってリニューアルオープンしている（図7,8参照）。また図1から5からこの3地点で多くの活動が行われていることがわかる。他にも図6から、喫茶店、屋台、ゲストハウスなどが存在することがわかる。これらはリノベーションスクールでプレゼンした方達が実際に事業を行ったものである。このようにリノベーションまちづくりによって空き家、空き店舗などを利用し岡崎市の中心市街地に新しい空間が生まれたことが分かった。これはまちの空間という観点で見た時、良い効果を生んでいると言えるだろう。

3.4 アクティビティと空間の変化の相互関係性

リノベーションまちづくりによってアクティビティと空間の面で良い効果を生んでいることが分かった。この2つの面には相関関係があると考えられる。グラスパークビルはレストラン、wagamama house はお惣菜屋さんとして経営している。勿論それだけではなく、この2つのスペースはリノベーションまちづくりのイベント会場として使われている。これは新しい空間がまちにできたことを表している。そして、レストラン、お惣菜屋さん、イベント会場という新しい空間が出来たことにより人の新しいアクティビティが生まれる。また、人のアクティビティが増えれば、また違う新しい空間に興味を持ち、人が集まる。あくまで考察の範囲内ではあるが、こうした連鎖効果が生まれるのではないかと考えた。そしてこの効果が岡崎市の中心市街地に良い影響を与えていると考えることが出来る。



図6 リノベーションまちづくりの空間面の変化



図7,8 籠田公園（左がリニューアル途中、右が後）



図9,10 グラスパークビル（左が改修途中、右が後）

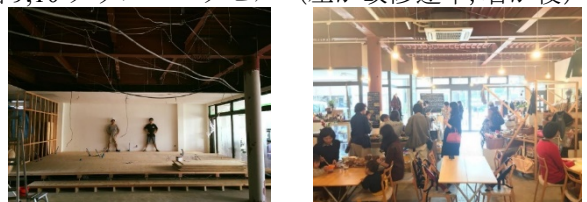


図11,12 wagamama house（左が改修途中、右が後）

4.店舗出店者へのヒアリング調査

4.1 ヒアリング調査の概要

今回はリノベーションまちづくりを通して開業した **wagamama house** の創業者を対象にヒアリング調査を行った。**wagamama house** はお惣菜や、カフェとして経営しており、リノベーションまちづくりのイベント会場として使われることがある。調査目的はリノベーションまちづくりを通して店舗を開業した理由や創業者からみたリノベーションまちづくりの評価を聞くためである。ヒアリング内容は表2に記した。

表2 ヒアリング内容

調査日時	1月12日
調査対象	wagamama house創業者
ヒアリング目的	リノベーションまちづくりを通して店舗を開業した理由や創業者からみたリノベーションまちづくりの評価を聞くため
ヒアリング内容	1.リノベーションまちづくりを通して開業する利点はあったか 2.開業してからまちづくりに貢献していると感じるか 3.平均的な1日の来場者数はどれくらいか

4.2 ヒアリング結果

ヒアリング結果は表3に記した。ヒアリングをして明らかになったことは、**wagamama house** からするとリノベーションまちづくりの多くのサポートのおかげで自分のやりたいことを形にすることができた。また、リノベーションまちづくりからすると使われなくなった空き店舗をお店に変え、色々な人とコミュニティを築くことにより、**wagamama house** がまちの一部として機能することになる。このように **wagamama house** が営業することで、リノベーションまちづくりと **wagamama house** 両方に利益があり、どちら側にもデメリットがないということがわかる。お互いに有益な関係があるからこそ、現在においてもリノベーションまちづくりは活動出来ていて、活動参加者も多いのではないかと考えられる。

表3 ヒアリング結果

ヒアリング結果	
ヒアリング内容	1.リノベーションまちづくりを通して開業する利点はあったか 2.開業してからまちづくりに貢献していると感じるか 3.平均的な1日の来場者数はどれくらいか
ヒアリング結果	1.リノベーションスクールのおかげさまというところは沢山あります。自分の思いだけでは形にしにくい部分のサポートがあったり、仲間と巡り会えたり大家さんとの信頼関係を築く上でも沢山のサポートを頂きました。 2.自分達はまちづくりをしている、という意識はあまりないのですが、営業を続けることで、ご近所の方やお客さんとのコミュニティを築くことが出来ているのが、結果まちづくりに貢献しているのかな、と感じています。 3.大体20人くらいです。

5.結論

本研究を通してリノベーションまちづくりが行っている活動の中身、その活動によってまちに与える影響はどのようなものなのか、調査し明らかにしてきた。結果岡崎市の中心市街地にリノベーションまちづくりによって変化をもたらした点は2つあると考えた。1つ目は人のアクティビティの増加、2つ目は空間の変化である。この2つはリノベーションまちづくりの軸となる要素であり「3.4 アクティビティと空間の変化の相互関係性」で述べたように連鎖効果が期待でき、それが中心市街地の賑わいに繋がると考えられる。リノベーションまちづくりはまだ活動を開始してから5年の歳月しか経っていないが、今後もリノベーションスクールによって新たな空き家、空き地などの活用が増えるだろう。現在コロナウイルスによって活動が本格的には行えていないが、今後もリノベーションまちづくりによる中心市街地のアクティビティ、空間の変容に注目していきたい。

参考文献

- 1) 岡崎市リノベーションまちづくり公式 Facebook (2015年10月)
<https://www.facebook.com/renovationcityokazaki>
- 2) 岡崎市ホームページ商工労政課リノベーションまちづくり (2013年)
<https://www.city.okazaki.lg.jp/1550/1565/1627/renovation.html>
- 3) 株式会社リノベリング リノベーションまちづくりとは (2020年3月)
<https://www.renovaring.com/machidukuri/index.html>
- 4) 岡崎市企画課おためしサテライトオフィス総務省 (2017年10月)
<https://www.soumu.go.jp/satellite-office/aichi/post1.html>
- 5) 岡崎市中心市街地活性化ビジョン (2011年3月)
https://www.city.okazaki.lg.jp/1300/1303/1325/p008631_d/fil/chukatsuvision.pdf

大都市圏郊外丘陵都市の道路網の変遷に関する研究
～高度成長期以降の多治見市に着目して～

EC17035 谷口 蓮

1. 研究の背景と目的

高度経済成長時代以降、都市へ集中する労働人口の受け皿として都市近郊に郊外住宅地が開発されていった。我が国の経済発展を担ったサラリーマン世帯が、家族と過ごし、英気を養うベッドタウンとして移り住み、発展してきた。しかし、住宅地を優先して開発されてきたために、計画的に街路が形成されず、スプロール化している地域や、人が住みづらい丘陵地に住宅団地を開発してきた都市も存在している。その結果、交通渋滞を招くなど都市機能が低下している現状があり、問題解決のために有効な手段を打つ必要がある。多治見市は、丘陵地ながら名古屋のベッドタウンとして住宅団地が数多く開発され、道路網もそれに伴い変化してきた。そこで本研究では、高度経済成長期以降の多治見市の道路が作られた場所、時期を調査し、どんな整備が行われてきたかを整理することで、これからの丘陵地域のまちづくりの在り方の一助となることを目的とする。

2. 研究の枠組み

2.1 対象地域

本研究では、岐阜県多治見市の道路網、住宅団地を研究対象とする。多治見市は丘陵地に大々的に住宅団地を開発してきた地域であり、同規模の人口を持つ都市が東海地域に他にないため。

2.2 研究方法

研究方法としては、多治見市の道路網、住宅団地に関する資料を多治見市のホームページ、市役所、多治見市図書館、岐阜県図書館で入手し、基本情報の把握と整理を行う。また、道路網の変遷と住宅団地の変化に伴い、人口推移や土地利用に変化が起きると考えられるので調査する。入手した地形図をスキャンし、PDF ファイルに変換する。PDF ファイルをイラストレーター上に落とし込む。イラストレーターで地形図上の道路、住宅団地を可視化し、道路変遷の変化が分かりやすくする。新たに建設された道路をイラストレーター上から見つけ、どのような場所、時期にできたか傾向を分析する。

3. 多治見市の基礎データ

3.1 住宅団地のデータ

郊外地域の人口 500 人以上の住宅団地について事業完了時期と高齢化率を調べる。高齢化率を比較すると「旭ヶ丘団地」、「梅平団地」で 35%以上と非常に高くなっている。全体を見ると、事業完了後の経過年数が多い団地ほど高齢化率が高い傾向にある。(表

表 1 事業完了時期と高齢化率 (25)

団地名	事業完了時期	高齢化率
白山みどり団地・市宮国家団地	S43	25%以上35%未満
旭ヶ丘団地	S39.44	35%以上
多治見苑団地レインボーゼルス	S46.61	25%以上35%未満
前山団地・前山台団地・元町台	S47.H3	25%以上35%未満
愛校パーク	S48	25%以上35%未満
梅平団地	S48	35%以上
旭ヶ丘団地・明和団地・東山団地	S48	25%以上35%未満
松風台・ガーデングレス松坂台	S49.H10	15%以上25%未満
市之倉ニュータウンつじヶ丘	S48.S4	25%以上35%未満
小滝苑	S55	25%以上35%未満
市之倉ハイランド	S57	15%以上25%未満
根本ステーションパーク・北丘団地	S59	25%以上35%未満
ホワイトタウン	S59	15%以上25%未満
希望ヶ丘団地・ひばりヶ丘団地	S61.62	15%以上25%未満
ユアサティエ	S62	15%以上25%未満
小名田グリーンビレッジ	S63	15%未満
名鉄多治見線台	H3	15%未満
UR滝呂団地・滝呂台団地・滝呂台グリーンビレッジ	S48.S1.H7	15%以上25%未満
セラタウン笠原	H8	15%未満
たじみ望恵台	H8	15%未満
ヒルトップ若葉台	H10	15%未満
グリーンビュー東山公園通り	H12	15%未満

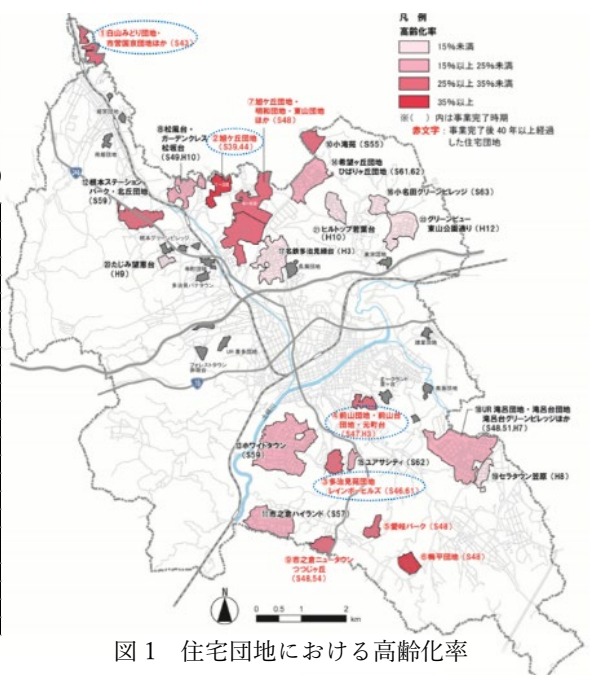


図 1 住宅団地における高齢化率

(出典：多治見市立地適正化計画)

1、図 1)

3.2 土地利用

住宅団地や道路網がどのような場所にできていったか調査するために多治見市の土地利用の変化を調べる。1976 (昭和 51) 年と 2014 (平成 26) 年の土地利用を比較すると、田やその他の農用地、森林、その他の用地が、「建物用地」に変わってきたことが分かる。郊外地域で住宅団地開発が盛んに行われたことが分かる。(図 2)

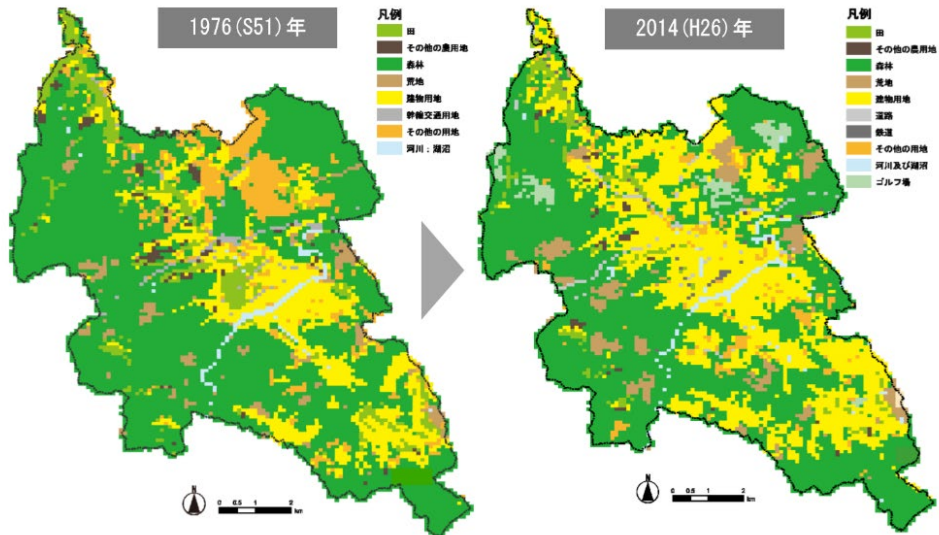


図 2 土地利用の変化 (100mメッシュ) (出典：多治見市立地適正化計画)

3.3 多治見市の人口

人口増加によって道路変遷に変化があると考えられるため、多治見市の人口、世帯数の推移を調べる。人口は 2000 年頃まで増加しており、それ以降現象している。世帯数は現在まで増加し続けている。(表 2、図 3)

表 2 人口・世帯数

年	人口	世帯数
1975	82174	19235
1980	87812	20875
1985	97867	24225
1990	106213	27808
1995	113079	31670
2000	115740	34558
2005	114876	36855
2010	112635	43453
2015	110441	45104

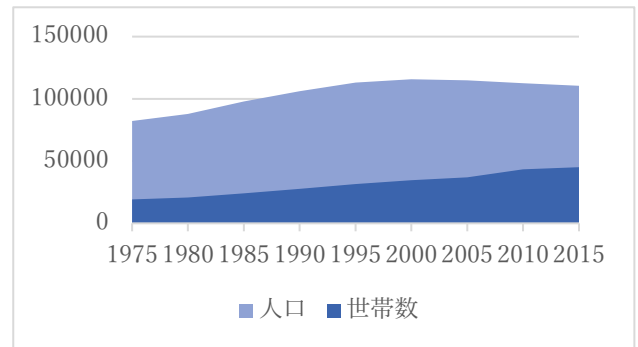


図 3 人口・世帯数の推移

4. 道路変遷と住宅団地の分析

多治見市の道路変遷を調べるために岐阜県図書館で入手した 2 万 5 千分の 1 縮尺の地形図を用いる。住宅団地ができ始めた昭和 50 年頃から現在まで、5 年ごとのデータを比較し、道路変遷を調べる。イラストレーター上に地形図を落とし込み、国道や市町村道、住宅団地を線や枠で囲い可視化する。図 4 のように赤線は国道、青線は市町村道、黄色枠は住宅団地を表している。図 5~12 は図 4 を四分分割した時の北西、北東、南西、南東それぞれに位置する地域である。図 5.7.9.11 は昭和 50 年頃の地形図である。図 6.8.10.12 では、昭和 50 年頃の地形図上に平成 30 年頃の住宅団地と道路網

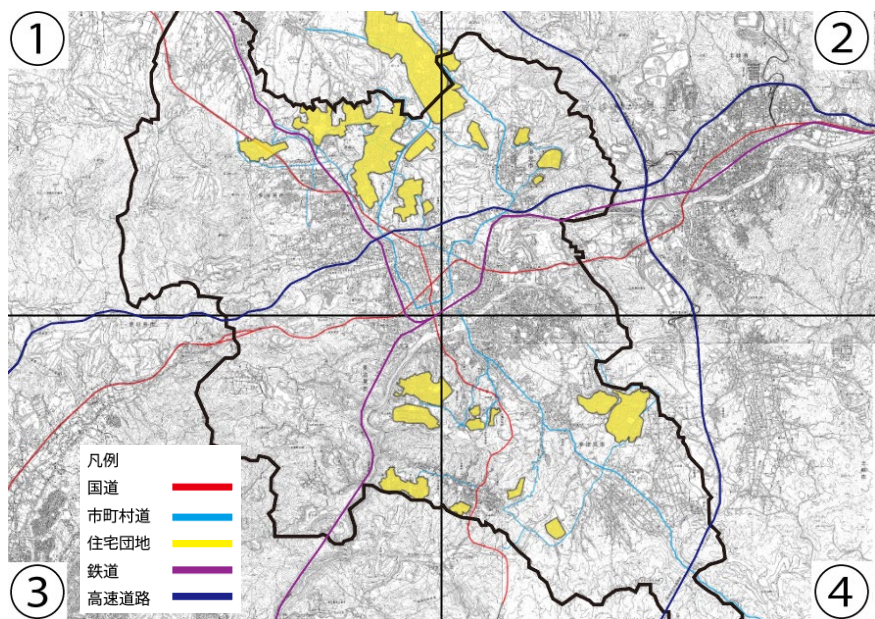


図 4 H30 年頃の多治見市(全域)

を表している。図 6.8.10.12 を見ると昭和 50 年頃には団地がなかったが、平成 30 年頃には針葉樹林だったところに住宅団地が開発されている。全体的に道路網を比較すると、都市中心部では大きな変化は見られなかった。また、国道などの幹線道路は延伸されていたが数は増えていなかった。このことから高度成長期までに都市構造の基盤となる幹線道路や市街地は形成されたと考えられる。高度成長期以降は、農用地や丘陵地を切り拓いて住宅団地が開発されたことが分かる。

5. 新設された道路の分析

図 13 は多治見市に新設された道路を約 10 年ごとに線や枠で示したものである。赤線は昭和 50 年頃から昭和 60 年頃、青線は昭和 60 年頃から平成 10 年頃、緑線は平成 10 年頃から平成 30 年頃に新設された道路を示している。図 14.15.16 は、図 13 上の赤枠、緑枠、青枠の中を拡大したものである。国道や県道などの幹線道路は増えていないが、住宅団地が開発されたのと同時期に主要な道路から住宅団地へ向けた区画道路が建設されたことがわかる。平成 10 年頃以降は幹線道路を繋ぐ道路や隣接している土岐市へ向かう道路が建設されたことがわかる。また、大きな住宅団地が開発された後である昭和 60 年頃から平成 10 年頃、平成 10 年頃から平成 30 年頃に小規模の住宅地が多く建設されている。それに伴い住宅地へ向かう小さな道路が多く建設されていったとわかる。

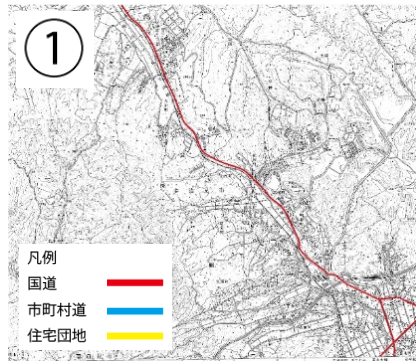


図 5 S50 年の多治見市

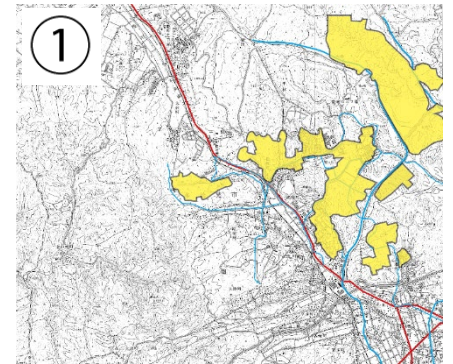


図 6 S50 年の地形図上に H29 年の団地と市町村道

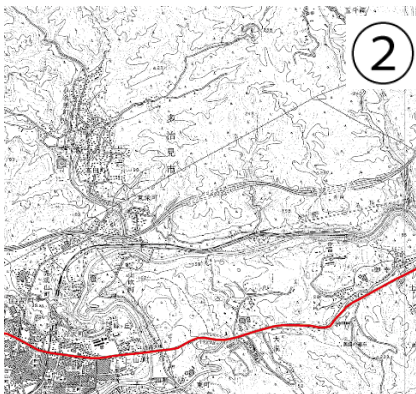


図 7 S50 年の多治見市

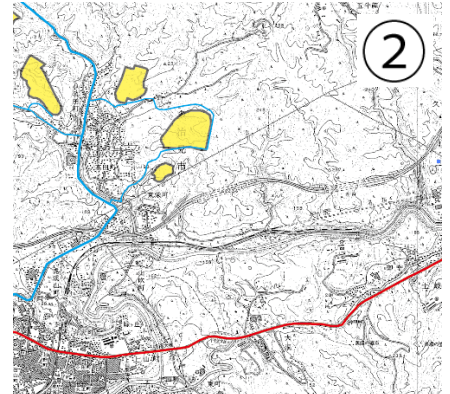


図 8 S50 年の地形上に H30 年の団地と市町村道

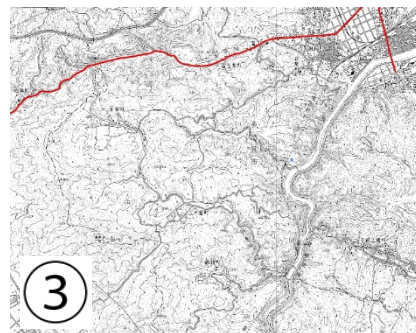


図 9 S51 年の多治見市

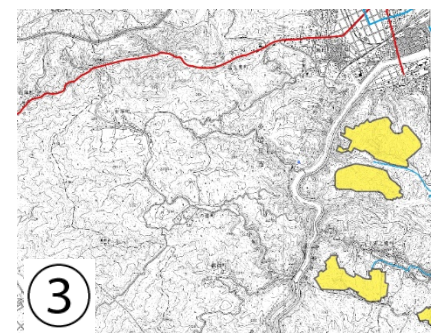


図 10 S51 年の地形上に H28 年の団地と市町村道

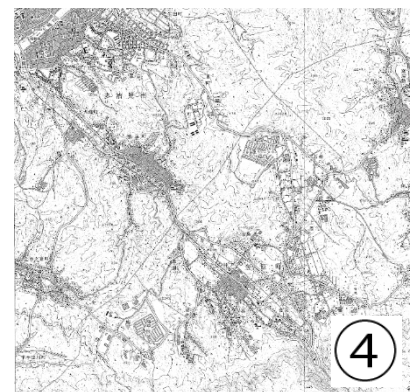


図 11 S50 年の多治見市

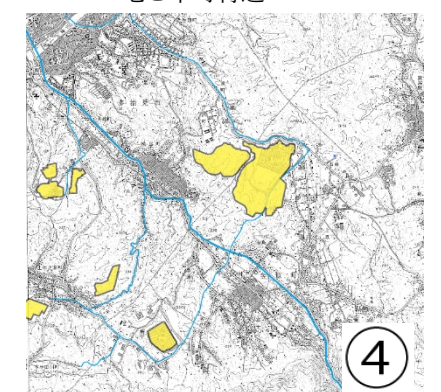


図 12 S50 年の地形上に H27 年の団地と市町村道

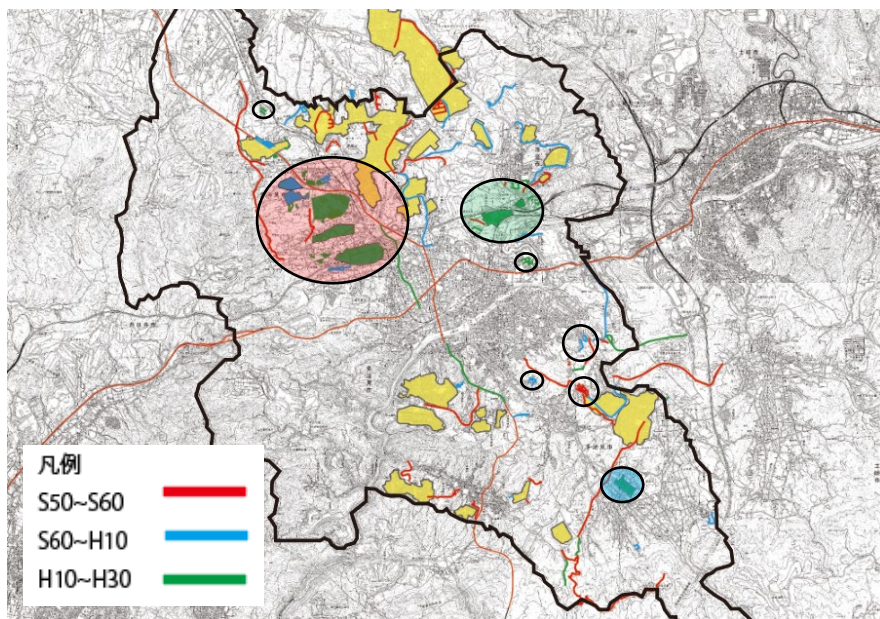


図13 新設された道路

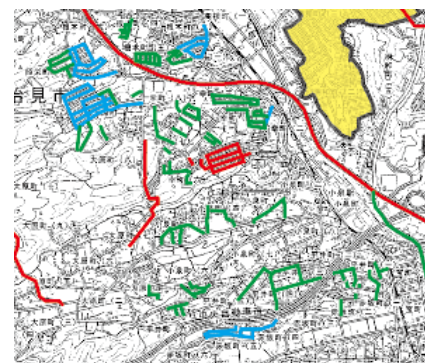


図14 赤枠の拡大

6. 考察とまとめ

本研究では多治見市の住宅団地と道路網の変化のデータを得た。多治見市は高度成長期以降多くの住宅団地が開発され、国道などの幹線道路へ向かう区画道路や住宅団地を繋ぐ道路が建設されていった。それに伴



図15 緑枠の拡大



図16 青枠の拡大

い、多治見市の人口と世帯数は増加していった。昭和60年以降も住宅団地が開発されていったが、同時に小規模の住宅地が山間部や田、農用地だった地域に開発されていった。それに伴い主要な道路へ向かう細かい道路が多く建設されている。人口増加による住宅地需要と利用していない土地が宅地として活用されるようになったことが重なった結果だと考えられる。平成10年以降は小規模な住宅地の他に、幹線道路と幹線道路を結ぶ道路や、隣接している土岐市へ向かう新しい道路が建設されてきた。人口増加による自動車利用者数の増加によって交通量が増加したことによる渋滞緩和が目的だと考えられる。

これらのことから、多治見市は虫食いの小規模な住宅地開発に伴って区画道路を増設してきたと言える。一方で、区画道路が繋ぐ幹線道路の数は多治見市が山間部に位置しているという地形的な問題で増えていないと考えられ、現在も渋滞が発生している。また、現在も山間部を切り拓いて住宅地を作っている現状もある。そこで丘陵地域の開発はやめ、中心市街地の再開発に今後取り組むべきだと考える。研究で得たデータから、道路や住宅地を増やす一方で、昔からある道路網や住宅地には変化が少ないことが分かった。人口減少が問題である現在、必要になるのは郊外地域の開発ではなく、既存の市街地に新しい住人を張り付ける取り組みだと考える。

7. 参考文献

- ・多治見市ホームページ 多治見市立地適正化計画 第1章 都市の現状と将来の見通し 2019年3月29日公表
<https://www.city.tajimi.lg.jp/kurashi/toshikekaku/kekaku/documents/ritteki1.pdf>
- ・国土地理院発行 2.5万分の1地形図

交流の場としての市民農園の環境条件に関する研究 ～岐阜県美濃地方を対象として～

EC17054 三輪 海音

1 研究の背景と目的

1.1 研究の背景と目的

日本では人口減少が進んでいる。このことにより空き地が増加している。空き地の面積は2013年時点で981平方キロメートルとなっており10年間で1.4倍に増加している。そして、研究対象地である岐阜県美濃地方にも空き地が増加していることが分かる。空き家が放置されることにより不法投棄による放火の危険性、害虫発生危険性、景観問題など様々な問題がある。このようなことから空き地をその地域にあった利活用ができないかと考えた。利活用することで地域の景観緩和に繋げることが可能である。利活用の一つとして利用目的がなくて放置されている状態になっている土地を対象にどのような空き地に市民農園を設置すればよいかを考えていく。空き地に市民農園を設置するにあたって、ただ空き地に市民農園を設置するのではなくその地域の交流の場・コミュニティの場になるような市民農園になることが望ましい。そこから市民農園が交流の場・コミュニティの場としてポテンシャルがあるかを評価していくことが目的である。

2. 研究の枠組み

2.1 市民農園とは

市民農園は、非農家の市民が、小規模な農地で、非営利的に野菜や果物、花卉などを栽培する活動または、そのために農家などから提供される農地、あるいは、それに地方自治体、農業協同組合、個人などが付帯施設などを整備して提供する農園。レジャー農園、ふれあい農園などの呼称が用いられることもある。

2.2 調査対象

本研究の調査対象は岐阜県美濃地方を研究対象とした。岐阜県美濃地方の市民農園は単純に野菜や花を育てていく農園となっていることが分かり、市民農園が交流の場・コミュニティの場になれば街が活性化すると考え岐阜県美濃地方を対象にした。

2.3 研究方法

日本の空地についてインターネットや論文から調べることで今の空地の発生状況の情報を入手した。国土交通省土地・建設産業局企画課には日本の空き地の発生状況や空地の現状や空地がもたらす影響についての情報が記載されていた。岐阜県内の市民農園の場所を把握するために農林水産省のホームページに全国市民農園リストから岐阜県をピックアップしてGIS(地理情報システム/Geographical Information System)を利用して市民農園の場所を地図上にGISのジオコーディングを使用して表示した。場所を特定した地図をもとに市民農園の周辺施設との関係性、ポテンシャルを調査していく。さらに市街化区域、市街化調整区域、農振地域に分けそれぞれの市民農園の面積の平均を計算する。また衛星写真から周辺施設を色分けしていき、カテゴリ分けを行う。これらの情報からどのような市民農園の環境条件が整えば街の交流の場になっていくのか考察していく。

3. 空地の状況

世帯所有の空き地2003年の681km²から2013年の981km²に増加(+300平方キロメートル)である。評価額にすると約3兆円分の土地が空き地の状態で世帯が所有する空き地のうち、約7割は相続・贈与で取得が多くは、利活用の見込みがなく相続しているのが現状である。空地がもたらす影響として、雑草繁茂など管理水準が低下した空き地が増大しゴミ等の不法投棄や害虫の発生など周辺に悪影響。地域内に空き地が多く存在することにより域イメージや地域の活力が低下。管理が長期間放置された空き地は所有者の所在の把握が難しい土地等の放棄宅地になり、国土の荒廃につながる。

4. 市民農園について

4.1 市民農園リスト

農林水産省のホームページから岐阜県の市民農園リストをピックアップした。全部で76件あることが

分かった。また、市民農園の住所と面積が分かるように市民農園名と一緒にまとめた。(表1を参照) 岐阜県内にある76件の市民農園の場所を地図上にピン立て示した。(図1を参照) この農林水産省全国市民農園リストは平成31年3月末のデータである。

表1：農林水産省全国市民農園リスト

市民農園名	面積	市民農園名	面積
岐阜市健康ふれあい農園	44,788	JAガーデン (西町5)	3061
岐阜市老人健康農園	13,473	JAガーデン (西町6)	1332
レンタル菜園ゆう遊あいかワーク	4,013	JAガーデン (前平2)	875
My Sunny Garden市橋(下奈良1)	446	JAガーデン (前平町1)	650
東板谷市民農園	614	JAガーデン (牧野1)	512
My Sunny Garden西部(境川1)	300	JAガーデン (御門)	608
My Sunny Garden鷺山 (リンリン北土居)	608	JAガーデン (南野)	858
My Sunny Garden合渡 (一日市場)	359	JAガーデン (森山)	734
My Sunny Garden北長森 (長森本町)	552	JAガーデン (西町1)	154
My Sunny Garden上佐波西	499	JAガーデン (宮浦)	1092
My Sunny Garden芥見影山	1,147	朝日西市民農園	2271
My Sunny Garden三里	267	朝日東市民農園	2011
My Sunny Garden菅場東	377	鶴沼南町市民農園	1119
My Sunny Garden本社西	451	希望市民農園	995
My Sunny Garden則武西	323	前洞新町市民農園	666
My Sunny Garden境川	333	小林工業古瀬市民農園	1816
塩屋市民ふれあいファミリー農園	5,241	小林工業二野市民農園	2131
下切市民ふれあいファミリー農園	2,510	東椎子市民農園	1758
関市黒屋リフレッシュ農園	3,859	下恵土市民農園	1606
関市田原リフレッシュ農園	12,881	十九条農園	962
関市洞戸自由農園	4,976	祖父江農園	787
関市武儀楽らく農業学園	2,500	本田農園	1017
ふれあい農園	33,432	いきさい菜園	975
和紙の里わくわくファームふれあい農園	5,466	杉山農園	979
アグリパーク恵那市民農園	2,240	郡上八幡ふるさと農園	2929
JAガーデン (稲辺1)	1,202	白鳥ふれあい農園	24972
JAガーデン (稲辺2)	2,086	たかすふれあい農園	20882
JAガーデン (加茂川)	773	清流ふれあい農園	1800
JAガーデン (加茂野)	665	さんさん菜園	370
JAガーデン (川合1)	178	安八町貸農園 (中須地区)	1164
JAガーデン (草笛)	806	安八町貸農園 (北今ヶ淵地区)	332
JAガーデン (清水3)	587	もろこし村	6000
JAガーデン (清水2)	860	富加町半布里農園	2326
JAガーデン (下組)	578	ふるさと体験農園	1492
JAガーデン (新池)	600	送木菜園	707
JAガーデン (中富1)	176	さんさん農園	657
JAガーデン (中富3)	453	西田菜園	540
JAガーデン (中富4)	386	比衣菜園	1127



図1：岐阜県内の市民農園箇所

4.2 市街化区域内の市民農園

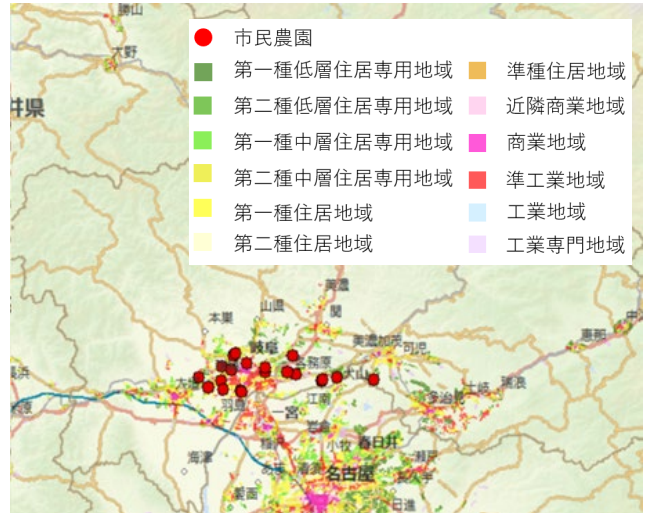


図2：市街化区域内の市民農園箇所

美濃地方の市街化区域内の市民農園は全部で22件ということが分かった。(図2参照) この図を見ると人口の多い岐阜市、各務原市、美濃加茂市に市民農園が多いことが分かった。市街化区域内の市民農園の面積の平均を計算した。計算した結果1467㎡という結果になった。ほかの地域に比べると比較的狭いことが分かった。

4.3 市街化調整区域内の市民農園



図3：市街化調整区域内の市民農園箇所

美濃地方の市街化調整区域内の市民農園は全部で14件ということがわかった。(図3参照)市街化調整区域内の市民農園の面積の平均を計算した。計算した結果2000㎡という結果になった。三つの区域内で一番市民農園の平均面積が広いということが分かった。市街化調整区域内では岐阜市に市民農園が多いことが分かった。

4.4 農用地区内の市民農園



図 4：農用地区内の市民農園箇所

美濃地方の農用地区域内の市民農園は全部で 16 件ということがわかった。(図 4 参照) 農用地区域内の市民農園の面積の平均を計算した。計算した結果 1347 m²という結果になった。三つの区域内で一番市民農園の平均面積が狭いということが分かった。農用地区域内では美濃加茂市に市民農園が多いことが分かった

4.5 カテゴリー分け

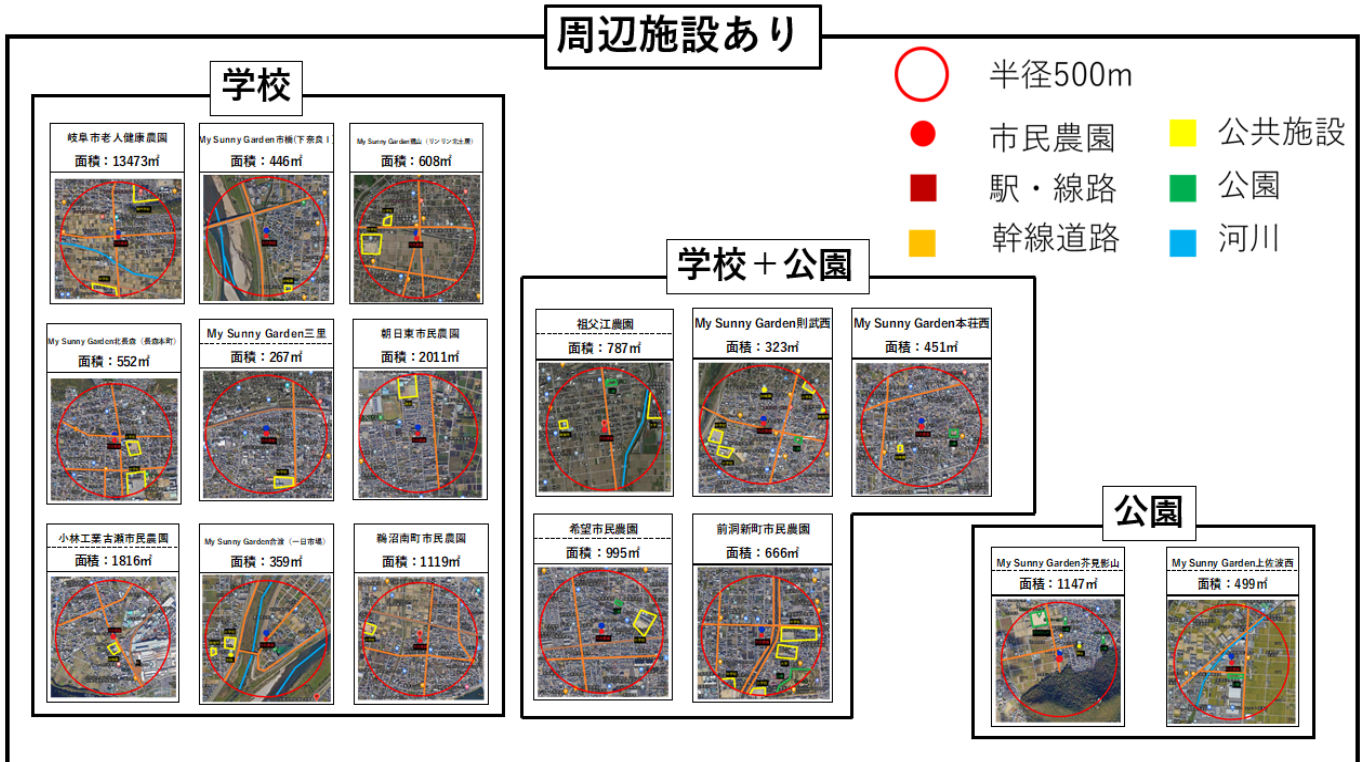
表 2:各区域内の平均面積

区域名	件数	平均面積
市街化区域	22	1467m ²
市街化調整区域	14	2000m ²
農用地区域	16	1347m ²

表 3:各用途地域の件数と平均面積

用途地域分類	件数	平均面積
第一種低層住居専用地域	4	1463m ²
第二種中層住居専用地域	1	787m ²
第一種住居地域	15	752m ²
準種住居地域	1	13473m ²
近隣商業地域	1	267m ²

各区域内の件数と場所を GIS で求め表にまとめた。(表 2 参照) 市街化調整区域の市民農園の面積が一番広いという結果を得た。また各用途地域の市民農園の件数と平均面積の結果を出した。(表 3 参照) まとめた結果、第一種住居地域に一番件数が多いことが分かった。



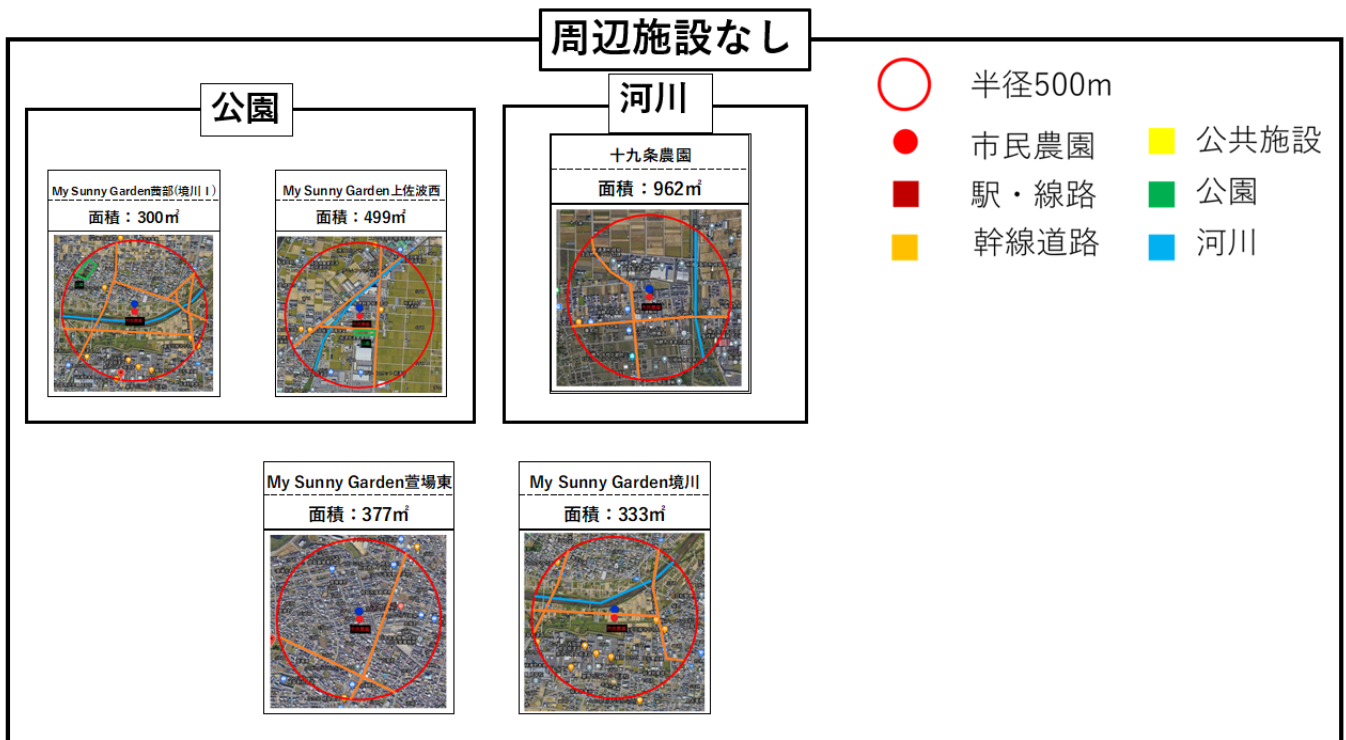


図5：カテゴリー分け

岐阜県美濃地方の市街化区域内にある市民農園は22件ありこの市民農園を類型した。(図5参照) まず始めに学校があるかないかで大きくカテゴリー分けをした。そこから周辺施設ごとにカテゴリー分けをした。現代において、高齢者は自立し生きがいを持つことが求められており、高齢者と子供が交流することで高齢者が農業を教える立場として子供に接することになる。市民農園を通して高齢者の存在価値を確認できる良い機会となる。このことからターゲットを高齢者と子供とし、高齢者が気軽に足を運べる範囲として半径500m内の周辺施設を調べた。交流の場として市民農園が子供から高齢者まで周辺住民が誰でも気軽に集える場所となると望ましい。

5.結論(まとめ)

本研究を通して、周辺施設に学校と公園がある市民農園はポテンシャルが高いと評価した。さらにポテンシャルを上げるにはイベントの充実をさせればよいと考えた。周辺施設に学校だけの市民農園はイベント開催地となる公園がない。だが学校のグラウンドがイベント開催地すればポテンシャルが上がると考えた。周辺施設に公園だけの市民農園は、子供達がいる学校等の施設がないので駐輪場、駐車場の設置、少し遠い子供、親子も市民農園に参加すること

ができ、ポテンシャルが上がると考えた。これらから空き地を利活用して市民農園が交流の場・コミュニティの場になるようなポテンシャルが高い市民農園の条件は二つあり、面積の広さと周辺施設との関係性だと結論付けた。面積が広い、周辺施設との関係性の二つの条件が重なった時その市民農園が交流の場・コミュニティの場となり市民農園が周辺住民同士の支え合いから一体感が生まれ、街を発展する役割を担うことになると考えた。

7.参考文献

- (1)空き地対策の推進について 国土交通省 土地・建設産業局 企画課 著者：田村 英之 (R2.6.20 確認)
<https://www.mlit.go.jp/common/001221285.pdf>
- (2)農林水産省 HP 市民農園について(R2.9.30 確認)
https://www.maff.go.jp/j/nousin/kouryu/tosi_nougyo/index.html
- (3)高齢者と子どもの世代間交流—交流内容を中心に— 著者：金森 由華 発行年：2012年 P69-P77
- (4)高齢者の生活圏と移動手段 著者：佐藤博樹 (R3.1.23 確認)
https://www8.cao.go.jp/kourei/ishiki/h28/sougou/zentai/pdf/sec_3_1.pdf

避難所の感染症対策に関する研究

EC15020 金森 亮

1. はじめに

世界的に流行している新型コロナウイルス感染症により、感染リスクを下げるために他人と接触しない生活が推奨されている。しかし、新型コロナウイルスは潜伏期間が長く感染力が強い。また、人によって症状に違いがあり、完全に感染リスクをゼロするのは難しいと予想される。一方、感染リスクを下げるための取り組みは行われており、新型コロナウイルス発生以前や発生直後と比較した時、フィジカルディスタンスを取るなどの移さない移らないための対策ができています。

一方、地震や豪雨による自然災害の影響により避難を余儀なくされた場合、避難所は人が最も集まる場所となり、自宅への被害や危険性により不特定多数の避難者が利用すると考えられる。そのため、何らかの感染症対策をしなければ避難所で集団感染が発生すると予想される。本研究は、感染症流行時の避難所の対応について調査し、検討することを目的とする。

2. 研究対象

筆者の地元である羽島市と岐阜県の県庁所在地である岐阜市の指定避難所を調査対象とする。それぞれの市が公開している避難所における新型コロナウイルス感染症対策マニュアルを基に論じる。

3. 避難所の対応^{1),2)}

避難所での感染症対策は、大まかに以下の3点に分けられる。

- 1) 感染症対策に向けた資材の備蓄、避難所のレイアウトを作成するといった事前対策。
- 2) 災害発生時に体調不良者を医療機関に搬送するまでの待機場場として専用スペースを確保する、避難所で受付を開き、避難者の誘導を行うなどの初期対応。
- 3) 毎日の体温・体調の確認や心のケアといった避難者への対応、物資支給の工夫などの避難所生活中の対応。

4. 結果

羽島市及び岐阜市での指定避難所の収容人数について、感染症対策を考慮した場合、収容できる人数は表-1の通り算出できる。仕切り無しの場合、1人当たりの面積は縦3m×横2m=6m²となり、仕切り有りの場合、仕切りにより避難者同士を隣合わせにすることができると想定し、1人当たりの面積は縦3m×横1m=3m²と設定している。

表-1 想定収容人数の変化

	羽島市	岐阜市
本来の想定収容人数	7036人	81977人
想定収容人数(仕切り無し)	2345人	27325人
想定収容人数(仕切り有り)	4690人	54650人

次に、震災発生時、避難者が何人発生するのかを想定するため、南海トラフ巨大地震の被害想定を参考に避難生活者数を算出した(表-2)。岐阜市の避難生活者数は、仕切り使用をせず間隔を開ける対応では避難者数を下回るが、仕切りを導入した場合、避難者全員を収容できるため、仕切りの導入という対応で良いと考えられる。一方、羽島市ではどちらの対応でも避難生活者数が想定収容人数を上回っており、対応が必要である。

表-2 想定被害建物棟数と想定避難生活者数^{3),4)}

	羽島市	岐阜市
全壊建物棟数	1852 棟	7884 棟
半壊建物棟数	4549 棟	19987 棟
想定避難生活者数	7769 人	29455 人

5. 考察

避難所不足への対応のひとつとして、ガイドラインには教室の利用が検討されている。教室の利用は学校再開の妨げとなるが、そもそも専用スペースとしての教室の利用が考えられる。そのため専用スペースと動線が交わらない教室であれば居住スペースとして利用しても問題ないと考えられる。また、少しでも多くの避難者が避難所を利用できる様に仕切りやテント等を使用した場合において、仕切りによって飛沫を物理的に防ぐ事ができると同時にマスクの着用により飛沫感染を阻止できていると言え、筆者は仕切りの使用により避難者同士の間隔を狭めても感染リスクが上がる事は無いと考えた。従来の感染症対策との違いは専用スペースの設置、事前受付での区別であり、それ以外で対策の違いはない。これらにより感染力を警戒した対策であると筆者は考えた。

6. まとめ

新型コロナウイルスにより、フィジカルディスタンスが意識されている。しかし、災害発生時の避難所では避難者同士の距離を空けることが難しいと予想される。そこで、避難所での感染症対策についてガイドラインを参考に調査し、対策を検討した。調査先として身近な羽島市と岐阜市を対象とした。

ガイドラインを基に避難所での飛沫感染予防をすると、避難者同士の間隔を開ける事により収容人数が低下する。そのため、例えば専用スペースで使用する仕切りやテントを居住スペース全体で利用することにより飛沫を阻止すれば、感染症対策と収容人数の減少を抑える対策となる。

調査対象とした羽島市では、居住スペースとして教室の利用は検討していないことを把握したが、専用スペースで教室の利用は検討されているため、教室の利用による学校再開についての問題は考慮しなくて良いと判断した。収容人数が足りていない羽島市では、教室の利用や居住スペースでの仕切りの利用を追加事項として提案したいと考える。

謝辞

本研究のために調査にご協力いただいたみなさまに心から感謝いたします。中間審査および最終審査では、ご指導とご助言を賜りました。主指導教員である柴原尚希准教授には、多くのご指導をいただきました。最後に、所属するゼミのみなさまには多くのご支援をいただきました。お礼申し上げます。

参考文献

- 1) 羽島市：避難所運営ガイドライン「新型コロナウイルス感染症対策編」
<https://www.city.hashima.lg.jp/cmsfiles/contents/0000010/10811/5honnppenn> (参照 2021-01-27).
- 2) 岐阜市：避難所運営マニュアル（新型コロナウイルス感染症対策編）
<https://www.city.gifu.lg.jp/secure/13985/taioutejunsyo.pdf> (参照 2021-01-27).
- 3) 岐阜県：南海トラフの巨大地震等被害想定調査について、調査報告書
<https://www.pref.gifu.lg.jp/uploaded/attachment/47393.pdf> (参照 2021-01-27).
- 4) 内閣防災担当：南海トラフ巨大地震の被害想定項目及び手法の概要（令和元年）
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/4_sanko.pdf (参照 2021-01-27)

持続可能な観光マネジメントに関する基礎的調査

EC16029 新藤 亘平

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）による経済への影響はコロナショックと呼ばれ、自粛ムードの広がりとともに大きく広がっている。コロナショックの中でも大きく影響を受けているのが観光業界であり、観光需要そのものが消失してしまっている。一方、近年社会的に注目されている持続可能な開発目標（SDGs）の目標及びターゲットには、明確に観光を対象としている項目がある。また、2020年6月には日本版持続可能な観光ガイドライン（JSTS-D）が発行された。そのため、COVID-19からのリカバリーを起点に、持続可能な観光へ転換するチャンスであるとも考えることができる。

そこで本研究では、国内外の持続可能な観光に関する動向に着目し、「SDGs」「オーバーツーリズム」「日本版持続可能な観光ガイドライン」の3つの観点で、今後望まれる持続可能な観光の在り方をそれぞれ考察することを目的とする。

2. 研究方法

主にインターネットリサーチにより、「SDGs」「オーバーツーリズム」「日本版持続可能な観光ガイドライン」に関する動向を調査する。また、海外で講じられている持続可能な観光政策を視野に入れ、今後望まれる持続可能な観光の在り方を考察する。なお、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の影響により現地調査ができないため、既存の研究資料を参考に考察するものとする。

3. SDGs

3.1 観光と SDGs の関連性

国連世界観光機関（UNWTO）では、観光によるSDGsへの貢献について、経済的な側面のみならず、社会や貧困、自然・環境、文化・遺産、相互理解や平和の創出といった分野でも大きく貢献できるとし、17すべてのSDGsに関連する可能性があることを確認しているため、目標の達成に向けて観光分野が大きく期待されていると考えることができる。

3.2 国内・国外のSDGsの認知度

JTB総合研究所の調査によると、日本人のSDGsの認知度は外国人に比べ低い傾向にあり、SDGsや持続可能性を考慮した旅行に対する意向は浸透していないという結果が出ている（図-1～図-4）。

この調査は、インターネットにより実施され、概要は以下のとおりである（表-1）。

表-1 国内・国外のSDGsの認知度調査概要

実施概要	国内	海外
調査対象	日本国内に住む 20～69 歳男女、各年代 100 名	英語圏（英米豪居住）に住む 20～69 歳の男女、合計 122 名
対象条件	直近 1 年以内に国内外問わず旅行をした方	直近 1 年以内に国内外問わず旅行をした方
サンプル数	500 サンプル	100 サンプル

3.3 考察

UNWTO では、観光がSDGsの17目標すべての達成に貢献できるとしているため、「SDGs」と「観光」は

密接な関係にあることが分かる。しかし、図-1～図-4の結果から、外国人に比べ日本人はSDGsの達成に貢献する旅行への理解や関心が低い。特に図-3、表-2の結果より、日本人は観光に対して「単純に楽しむもの」と認識している人が多く、「観光」と「SDGs」は結び付かないと認識している傾向があることが分かる。しかし、日本人20代の男女のエシカル消費の志向が高いことを背景に、今後は「SDGs」に配慮した観光に需要が高まると考えられる。そのため、観光業界に携わる企業や団体は旅行者のニーズに着目しつつ、SDGs達成に配慮した商品やサービスを提供することが必要であると考えられる。

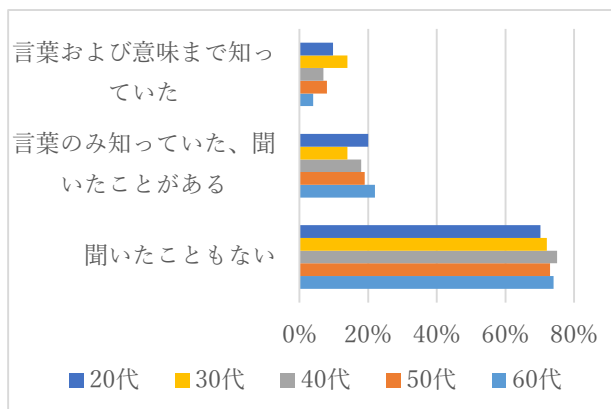


図-1 SDGsの認知度（国内）

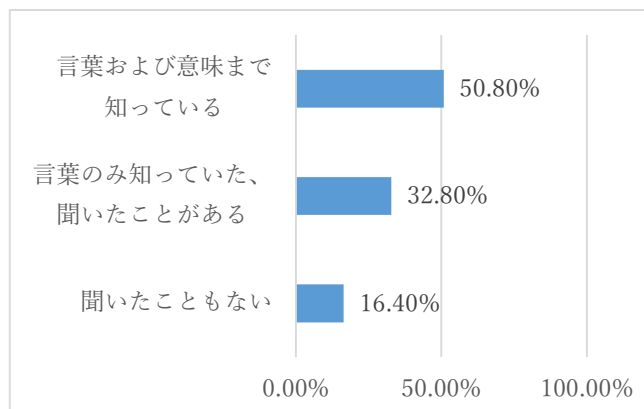


図-2 SDGsの認知度（海外）

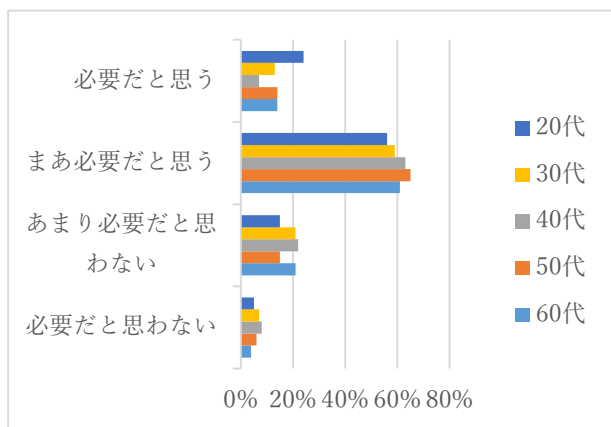


図-3 SDGsに配慮した旅行の必要性（国内）

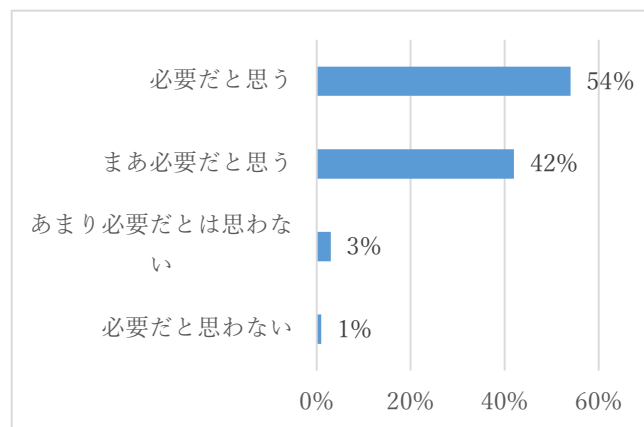


図-4 SDGsに配慮した旅行の必要性（海外）

表-2 SDGsに配慮した旅行が必要でない理由（国内）（単位：％）

	観光は単純に楽しむものであるから	価格が高くなりそうだから	社会問題や環境問題の解決につながると思わないから	持続可能な考えに共感できないから	その他
20代	50.0	60.0	35.0	20.0	0
30代	50.0	53.6	35.7	14.3	3.6
40代	50.0	43.3	23.3	20.0	0
50代	66.7	33.3	42.9	9.5	4.8
60代	56.0	56.0	48.0	8.0	4.0

4. オーバーツーリズム

4.1 オーバーツーリズムと持続可能な観光

UNWTOによると、オーバーツーリズムは適切な観光地マネジメントの欠如と無秩序な開発によって起こるとしており、「旅行者の数が増加するに従い、観光は旅行者と地域の双方に対して持続可能な方法で発展していかなければならない」としている。そのため、オーバーツーリズムは持続可能な観光を実現するために向き

合わなければならない重要な課題の一つであると言える。

4.2 伏見稲荷大社の事例

伏見稲荷大社は、静かで美しい場所(Peaceful and beautiful)が魅力であるが(図-5)、観光客の増加により、千本鳥居の下で混雑している眺めが常態化(図-6)しているのが現状であり、風情が失われていた。また、観光客数が増えたことにより、ポイ捨てなどマナーの悪い客の増加や賽銭箱に外国の小銭が入っていることで、選別に労力が費やされることや、両替ができないという問題も発生している。



図-5 伏見稲荷大社（静寂時）

4.3 海外の成功事例

観光先進国では、「総量規制」、「誘導対策」という2つの方法でアプローチしている。

「総量規制」とは、観光客の数そのものを規制・抑制しようとするもので、最もわかりやすい方法は入場規制を行うことである。ペルーのマチュピチュでは、地元当局が観光客過多に対処する仕組みとして、チケット所有者は指定された時間帯に入場し、決められた順路を通って、滞在を4時間以内に終わらせなければいけないという規則を設けた。その結果、混雑の回避ができるとともに、当局のチケットの1日の売り上げは4600枚から6000枚まで増えたという結果も出ている。そのほか、インドのタージマハルやガラパゴス諸島など、同様の規制をかけている観光名所は多く存在する。



図-6 伏見稲荷大社（混雑時）

「誘導対策」とは、観光客の分散を行うことで、観光客の密集を防ぐものである。観光客の過剰に苦しむアムステルダムでは、特典を付与したアプリを観光客に配り、人々の動向をデータ化して、いつ、どこが混むのかを分析し、観光名所に人が密集しないように周辺の人気スポットや飲食店を紹介、推奨することに取り組んでいる。

4.4 考察

日本だけでなく、海外の観光名所のほとんどがオーバーツーリズム問題による弊害を抱えている。海外の名所では環境に応じた対策が講じられているケースもある。総量規制については、街単位で行うことは困難であるが、伏見稲荷大社などの比較的狭い場所では有効である。そのため、伏見稲荷大社と同様に比較的狭い観光名所では総量規制を設けるべきだと考える。街単位でのオーバーツーリズムを解決するためには、アムステルダムでの事例のように、観光客の密集する場所を分析し、分散できる誘導対策が効果的であると考えられる。誘導対策は「規制」を設けるだけでなく、観光客のニーズに応えつつ分散を行うことができるというメリットがあるため、今後のオーバーツーリズムに対する観光マネジメントとして配慮していくべきであると考えられる。

5. 日本版持続可能な観光ガイドラインについて

5.1 プロジェクト概要

「日本版持続可能な観光ガイドライン」は、持続可能な観光の推進に資するべく、各地方自治体や観光地域づくり法人(DMO)等が多面的な現状把握の結果に基づき、持続可能な観光地マネジメントを行うための観光指標である。大きく以下の4分類で構成され、各項目に関連するSDGsの目標が90個示されている。

A: 持続可能なマネジメント (16項目)、B: 社会経済のサステナビリティ (8項目)

C: 文化的サステナビリティ (8項目)、D: 環境のサステナビリティ (15項目)

5.2 三つの役割

持続可能な観光地マネジメントを行うための支援ツールである「日本版持続可能な観光ガイドライン」は、三つの役割を果たすと考えられる。

- 1) 自己分析ツール：自治体や DMO が持続可能な観光に向けて取り組むべきことが不明確である場合に、自分の地域の状況を理解し、地域の特性を活かした観光政策を立てる必要がある。そのような状況において、このガイドラインは地域の得意・不得意分野、未達成の課題などを客観的・定量的に把握するための自己分析ツールとなる。
- 2) コミュニケーションツール：自己分析の結果を公表することで、地域住民や事業者に向けて情報共有することができる。情報共有を行うことによって地域観光の意見交換や、合意形成に向けてのコミュニケーションツールとして効果を発揮できる。
- 3) プロモーションツール：「日本版持続可能な観光ガイドライン」に沿って持続可能な観光地マネジメントに取り組んでいる地域は、ロゴマークの使用が可能となる（図-7）。そのため、ロゴマークを使用することで持続可能な観光への取り組みを行っていることを世界の旅行者などに示すことができる。

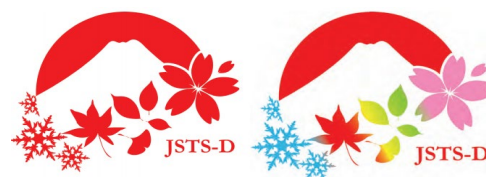


図-7

日本版持続可能な観光ガイドラインに取り組んでいることを明示するロゴマーク

5.3 考察

日本版持続可能な観光ガイドラインは、公開されてからまだ日が浅く、適用事例の情報が少ないため、本質は明確にされてはいない。そのため、導入後の影響をモニタリングし、各コミュニティで情報共有・分析を行い、対策していくことが重要となる。

このガイドラインは大きく 4 分類で構成され、各項目に関連する SDGs の目標が、90 個示されていることから、SDGs の目標達成に向けたガイドラインにもなっているとも言える。また、独自のロゴマークでガイドラインをブランディングしていくことができるため、国内外で認知度を高めていくことができる。そのため、今後望まれる持続可能な観光マネジメントの形成に期待できると考える。

6. まとめ

持続可能な観光に関する動向は近年世界中で注目され、地域社会に利益をもたらすことで SDGs の目標達成にも深く結びつく。また、日本版持続可能な観光ガイドラインが公開されたことにより、今後は日本の持続可能な観光マネジメントの形成が大きく期待される。そのため、COVID-19 からのリカバリーをきっかけに、持続可能な観光へと転換する地盤を固めていくべきである。

また、観光の位置づけは地域によって異なるため、観光業界に携わるコミュニティは旅行者と現地住民のニーズに応えられるフレキシブルな対策を講じていくことが課題となる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導をいただきました卒業論文指導教員の柴原准教授に深く感謝いたします。また、日常的に知識理解にご協力いただきました柴原研究室のゼミ生徒の皆様にも感謝いたします。

参考文献

- 1) 訪日ラボ
<https://honichi.com/news/2020/06/22/covid19Inbound/#covid19Inbound-2-2> (参照 2020-12-5)
- 2) 岡田美奈子：SDGs 達成に向けた旅行・観光分野の役割 ～「SDGs 達成に貢献する旅行」への意識に海外と日本で大きな差～，JTB 総合研究所ホームページ，2019
<https://www.tourism.jp/tourism-database/column/2019/10/sdgs-tourism/> (参照 2021-1-21)
- 3) 国土交通省観光庁：日本版持続可能な観光ガイドライン (JSTS-D)，152p，2020
<https://www.mlit.go.jp/kankocho/content/001350848.pdf> (参照 2021-1-21)
- 4) 国連世界観光機関 (UNWTO) 駐日事務所，持続可能な観光の定義
<https://unwto-ap.org/why/tourism-definition/> (参照 2021-1-21)

情報のデジタル化がもたらす交通の変化に関する研究

EC17004 新山 大和

1. はじめに

現在、日本で使われている交通手段は、自動車や鉄道がほとんどを占めている。中核都市部では、鉄道を中心とした公共交通網が世界でも類を見ないほどの密度で整備されており、移動手段としての交通サービスに対する利便性は極めて高い水準で提供されている。一方、中核都市部での交通渋滞や、鉄道の乗車率のキャパシティが超えてしまっているという問題がある。また、旅行先でどのような公共交通機関があるか把握できず困ってしまうことや、地方部における公共交通の衰退なども問題視されているのが現状である。

このような背景のもと、日本ではテクノロジーの発展により、様々な業種で情報がデジタル化されており、自動運転や Mobility as a Service (MaaS) といった新たな交通サービスが交通分野では展開されている。そこで MaaS の先進国であるフィンランドの「Whim」を例に挙げ、日本で MaaS が実現した場合の都市部における公共交通機関の利用者の変化や交通渋滞の変化を予測し、日本の交通がどのように変化するか調査することを本研究の目的とする。

2. 利用交通手段の状況(平成 22 年)

平成 22 年の国勢調査より、都道府県ごとの 15 歳以上の自宅外就業者・通学者に占める利用交通手段別の割合をみると、東京都や大阪府などの中核都市部における鉄道・電車の割合が高く、自家用車の割合が低いことが分かる。一方、宮城県や広島県、福岡県などの地方都市部での自家用車の割合が高いことも確認できる(表-1)。

表-1 通勤・通学時の利用交通手段¹⁾

都市名	鉄道・電車	乗合バス	自家用車	自転車	徒歩だけ
宮城県	14.7	8.2	57.4	12.6	7.1
東京都	53.3	10.3	9.6	19.2	7.6
愛知県	20.6	4.8	51.8	16.8	6.0
大阪府	39.5	6.6	19.7	27.9	6.3
広島県	13.4	9.1	51.3	17.6	8.6
福岡県	17.2	10.9	49.6	14.5	7.8

3. 研究方法

- 1) 日本で MaaS が実現した場合、都市部での公共交通機関の利用者の変化や交通渋滞の変化を予測し、日本での交通の変化を出すため、公共交通機関や自動車の利用率がどう変化していくのかを、インターネットなどでデータを収集し、分かりやすくグラフ化する。
- 2) MaaS 化が進んでいるフィンランドの「Whim」よりデータを参照し、日本で「Whim」が導入されたり、似たようなアプリが開発されたりした場合、日本で生じる交通の変化を考える。

4. 新たな交通サービス

4.1 MaaS とは

MaaS とは、IT を利用して交通システムを効率よく統合し、利用者の利便性を高めていく未来の交通システムのことである。現在の日本のシステムは、鉄道やバス、タクシー、レンタカーなどすべて異なる事業者へ予約や支払いをするが、MaaS の場合パソコンやスマートフォンの端末よりアプリを使って経路検索・予約・支払いとすべて一括利用できる(図-1)。MaaS は都市化や過疎化、交通渋滞や環境への対策に加え、少子高齢化や雇用問題等の社会的課題を解決し、新たなビジネスを生み出す可能性も秘めている。

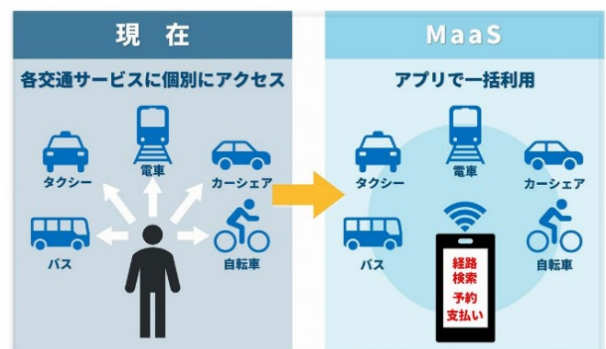


図-1 MaaS の仕組み²⁾

4.2 MaaS レベル

MaaS は新しい概念でもあるため、その定義には多少バラツキが見られ定まっておらず、提供するサービスの進行状況に応じてレベル0~4の「5段階」で分類されている(表-2)。2015年のITS世界会議で設立された「MaaS Alliance」によると、「MaaSは、いろいろな種類の交通サービスを需要に応じて利用できる一つの移動サービスに統合すること」と定義されている。

表-2 MaaS レベル³⁾

レベル	説明	該当するサービス
レベル0	それぞれの移動主体が独立したままサービスを提供	タイムズ、タクシー、バス、電車
レベル1	利用者には料金や時間、距離など各移動主体に関する様々な情報を提供	NAVITIME、Google、ジョルダン
レベル2	移動手段の予約・手配・支払いなどが1つのアプリで一括処理	moovel、滴滴出行
レベル3	予約、決済に加え、料金体系など含めて顧客ニーズに合わせて最適化	Whim
レベル4	国・自治体が都市計画や政策レベルで協調し国を上げたプロジェクトとして推進	なし

現在、MaaSの概念から定義すれば、日本の現状はレベル1の段階であるとされている。電車の乗換案内、自動車ルート検索、徒歩ルート案内などを提案してくれるアプリ「NAVITIME」はレベル1の代表例である。現状では、出発地や目的地、時刻を入力すると、乗り換え案を含んだ複数のルートや料金、所要時間が表示されるが、これに加えて予約・発券・決済が一括でできるシステムが備わるとレベル2になる。

4.3 MaaSを実現するアプリ「Whim」とは

「Whim」とは2016年6月に、サンポ・ヒエタイン氏とカイ・ヒューヒティア氏が創業した「MaaS Global」社が、フィンランドの首都ヘルシンキにおいて世界で初めて実現した電車やバス、タクシー、シティバイク(自転車シェアリング)、レンタカーなど、複数のモビリティサービスの予約と決済を一括で行えるスマホアプリである(表-3)。

表-3 Whimのプラン

プラン	料金(月額)	サービス内容
Whim to Go	無料	利用した分支払い
Whim Urban	49ユーロ	公共交通無制限、5kmまでのタクシー最大10ユーロ 一日49ユーロの固定料金でレンタカー 一回30分以内無料で自転車シェア利用
Whim Unlimited	499ユーロ	公共交通・5km範囲のタクシー無制限 レンタカーやカーシェア、自転車シェアが無制限

導入の背景として、公共交通が整備されているものの自家用車の増加などにより交通渋滞や環境悪化などが顕在化していたヘルシンキでは、「Whim」の登場以前から交通問題解決に向け取り組む動きがあり、運輸通信省の支援のもと、主要大学やタクシー協会、民間企業など100以上の団体・組織が参画する産官学コンソーシアム「ITS フィンランド」などがMaaS実現に向けたプロジェクトを始動させ、実証実験やビジネス化に関する検討を進めていた。

5. 調査結果

2019年3月28日、「Whim」を評価した報告書「WHIMPACT」が公表された。「Whim」の提供は2017年11月からであるが、ユーザーが少なかった2か月は除外し、報告書は2018年1月~12月の1年間のデータに基づいている。データの分析には、ヘルシンキ輸送モデル(HTM)から導出されたエリア間の推定移動コストを使用している。さまざまなエリア間を移動するための推定コストに含まれるさまざまな費用の構成要素を以下に示す。

自転車：時間費用

自動車：時間費用、燃料費

公共交通：チケット代金、通過時間費用、待ち時間費用、輸送時間費用、入場費用

本研究では、「Whim」利用者の割合とファースト・ラストマイルの問題に焦点を当て、調査を進めた。

5.1 Whimの利用者

2017年11月に「Whim」が登場して1年ほどで登録者が7万人を超え、ヘルシンキ市民60万人の1割以上の登録者が存在している。さらに年齢別でみると、30歳未満の利用率はWhim利用者の約3割、51~65

歳の利用率は約2割、66歳以上の利用者も8%いることが分かった。このことから、インターネットが必要となってくるサービスにもかかわらず高齢者にも高い普及率であることが分かる(図-2)。日本でMaaS化が実現した場合、高齢化が進んでいる日本でも同じような利用率が確保できれば、移動難民や高齢者の自家用車での移動が減少することが考えられるため、交通事故も減少するのではないかと考えられる結果となっている。

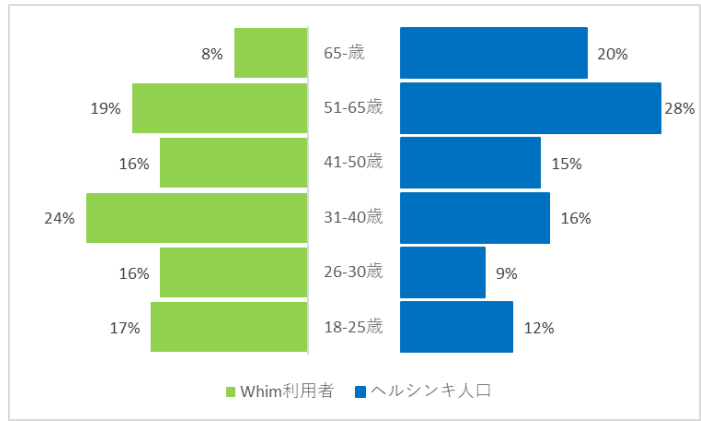


図-2 Whim 利用者とフィンランドの人口割合⁴⁾

5.2 ファーストマイル・ラストマイル問題

図-3、図-4 から分かるように、自転車シェアの利用率は、公共交通の利用前後で同程度であることが分かる。一方、タクシーの利用率は、公共交通機関の利用前は増加していないが、利用後は増加している。つまり、公共交通利用前のタクシーの利用率は平均的に低く、公共交通利用後の利用率は増加することが分かる。このことは、Whim ユーザーがファーストマイル・ラストマイルの問題を解決する代替方法を知っていることを示唆している。

さらに、Whim 利用者は公共交通からタクシーに乗り継ぐ率が、一般のヘルシンキ市民に比べて平均で約3倍高くなる。タクシーの総移動距離が5kmを超えることはほとんどなく、これはWhimのプランの中にある、タクシーの利用が5kmまでは料金が最大10ユーロや無制限で利用できるプランがあるからだと考えられる。以下に、タクシー料金の計算例を示す(参考: LAHITAXI⁵⁾)。

- ・平日午前6時から午後6時までの基本料金は3.9ユーロ
- ・距離料金は1kmあたり1ユーロ
- ・時間料金は1分あたり0.9ユーロ

つまり、5km 走り 10 分かかった場合、 $3.9+1\times5+0.9\times10=17.9$ ユーロとなる。

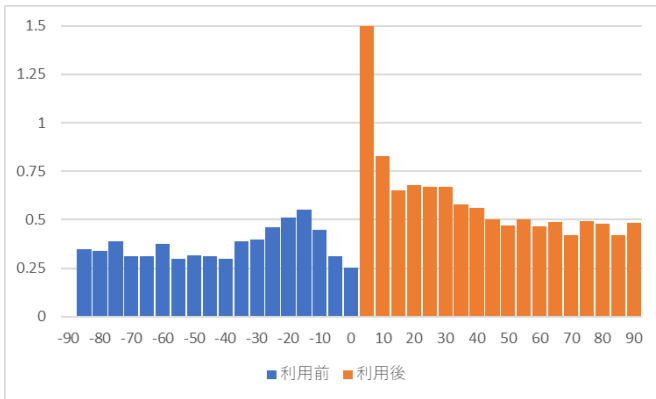


図-3 タクシーの利用率⁴⁾

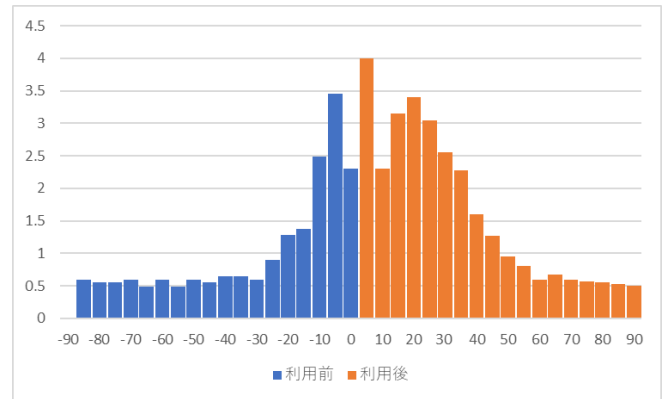


図-4 自転車シェアの利用率⁴⁾

タクシーとともに、自転車シェアも公共交通と組み合わせての利用が多く見られる。Whim 利用者のデータのこれら2つの特性を考慮すると、Whim 利用者は公共交通機関への接続や公共交通機関からの接続のために自転車シェアやタクシーを使用しているだけでなく、一般的なヘルシンキ市民よりも定期的に自転車やタクシーを使用していることが分かる。同じサービスで複数の移動方法を使用できる利便性がこの傾向を促進すると思われる。

なお、自転車の30分以内の利用は全体の97%、自動車の5km以内の利用は全体の87%という結果も出ている。Whim 利用者が割引の恩恵を受けたいと思うのは当然のことだと言える。そのため、価格設定しだいで、MaaS 利用者がより持続可能な交通体系の構築に寄与する可能性がある。1回目の自転車利用の直後に2回目

の自転車利用が行われている割合は 5.1%ある。これは Whim 利用者が 30 分以上の自転車シェア利用に適用される追加料金を回避しているために発生する可能性が最も高い。また、タクシーの場合は 1 回目の利用の直後に別のタクシーを利用する割合はタクシー利用者の 0.5%だけである。ただし、この 2 つの割合は全体的に非常に少ないため、重大な現象ではなく利用者がルールに従って利用していることを意味するとも言える。

6. まとめ

日本でも MaaS が実現した場合、公共交通の利用率が上がり自家用車の利用率が下がることが期待できる。それにより、地方都市部での交通渋滞が軽減される可能性がある。

中核都市部では、最寄り駅から自宅までのラストワンマイル交通手段の不足・不便といった課題や移動手段・決済手段の多さによる複雑さが課題として挙げられるが、「Whim」と同じようなプランが日本でもできた場合、自転車シェアの利用率が上がれば、そのラストワンマイルの問題は解決できる。移動手段・決済手段の多さによる複雑さは、パソコンやスマートフォンの端末よりアプリを使って経路検索・予約・支払いとすべて一括利用できるため課題が解決できる。また、旅行先で観光するための移動手段や、複数のモビリティを乗り継ぐ価格体系や乗換方法等の複雑さなどの課題も経路検索・予約・支払いとすべて一括利用できるため旅行先でも困らずに利用でき、課題解決につながる。

しかし、日本で MaaS が実現するためにはまだ時間がかかる可能性が高い。1 つ目の理由として、異なる交通事業者が交通機関を運営していることである。MaaS 先進国であるフィンランドでは交通サービスに関する法律を制定し、2018 年 7 月施行の「輸送サービスに関する法律」で、バスやタクシー、鉄道など種類別に存在していた輸送サービスに関する法律を一元化し、情報を整理・統合している。一方、日本では異なる事業者が運営しているので交通情報などを 1 か所に集約することができないため、各事業者間の意思統一や情報の整理・統合に取り組む必要がある。2 つ目の理由は法律の壁である。道路運送法に基づいて公共交通事業主体ごとに国土交通大臣が上限運賃を認可し、事業者はその上限運賃の範囲内で実施運賃を定めているために、料金改定などが容易にできない点が挙げられる。3 つ目にキャッシュレス化が日本ではまだ進んでいないことも影響すると考えられる。

日本版 MaaS では、「Whim」と同じようなプランに付け加えて、自動運転のバスや自動車なども開発し実用が始まれば、地方部の公共交通の衰弱化の問題も解決できるのではないかと考えられる。MaaS という概念が単なる移動性の向上だけでなく、生活の質を向上させることができれば、世界にも発信できるものになっていくと考えられる。

謝辞

最後に、本研究を進めるにあたり終始ご指導をいただいた卒業論文指導教員の柴原准教授に心より感謝を表します。最後に柴原研究室の皆様にも多くの知識や示唆をしていただき深く感謝します。

参考文献

- 1) e-Stat : 統計で見る日本
<https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003063776> (参照 2020/11/22)
- 2) ビジネス+IT : MaaS (マース) とは? 移動の何が変わるのか、目的やメリットをわかりやすく解説
<https://www.sbbt.jp/article/cont1/37651> (参照 2020/10/17)
- 3) 自動運転 LAB : MaaS レベルとは? 0~4 の 5 段階に分類
https://jidouten-lab.com/u_maas-level (参照 2020/12/10)
- 4) RAMBOLL: WHIMPACT
https://ramboll.com/-/media/files/rfi/publications/Ramboll_whimpact-2019.pdf (参照 2020/11/11)
- 5) Lähitaksi (ヘルシンキのタクシー会社) ホームページ
<https://www.lahitaksi.fi/en> (参照 2021/1/6)

新型コロナウイルス感染症拡大に伴う道路交通起源の CO₂ 排出量変化の推計

EC17006 伊藤 寛人

1. 研究背景および目的

2020 年、新型コロナウイルス感染症の影響によって私たちの生活が大きく変わった。緊急事態宣言により不要不急の外出が控えられたことにより、学校での遠隔授業や会社でのテレワークが推進され、生活様式が変化している。また、飲食店の休業や観光の自粛により、観光業に大きな打撃を与えている。このような状況に伴い、自動車交通量も減少している。

そこで、緊急事態宣言が発出され外出自粛となったことで、道路交通にどれほどの変化がみられたのか、さらに乗用車起源の CO₂ 排出量はどの程度変化したのかを明らかにすることを目的とする。具体的には、観光地を対象にし、例年と緊急事態宣言下とで交通量の変化を調査し、そこから算出される CO₂ 排出量の変化を推計することを目的とする。

2. 調査対象

調査対象地域は、観光地である伊豆・箱根・房総とする。その地域に向かうまでに通過する高速道路として、

- a) 静岡県伊豆：静岡 IC～焼津 IC (12.8km)
- b) 神奈川県箱根：秦野中井 IC～大井松田 IC (37.4km)
- c) 千葉県房総：川崎浮島 JCT～海ほたる PA (21.8km)

を対象区間に設定する (図-1)。



図-1 調査対象区間

また、調査期間は、緊急事態宣言中のゴールデンウィーク期 (4月25日～5月6日) と緊急事態宣言が発出されていなかったシルバーウィーク期 (9月19日～22日) とする。さらに、2019年および2020年の交通量をデータ化し、CO₂ 排出量を推計して比較する。その結果を踏まえ、環境対策を考察していく。

3. 新型コロナウイルス感染症による緊急事態宣言の状況

新型コロナウイルスは、2020年2月に日本で初めて確認され、陽性者は増えていった。増え続ける陽性者を抑えるため、政府は2020年4月7日に東京・神奈川・埼玉・千葉・大阪・兵庫・福岡の7都府県に緊急事態宣言を発出した。出勤者の7割減を目指しテレワークを推進し、地域ごとに学校の休校措置が取られた。緊急事態宣言により我々の生活様式はもちろん、自動車交通量も大きく変わった。

4. CO₂ 排出量の推計方法

表-1 にゴールデンウィーク期、表-2 にシルバーウィーク期における小型車・大型車別の交通量（2019 年、2020 年）を示す。

表-1 ゴールデンウィーク期の交通量

対象区間	2020小型車	2019小型車	2020大型車	2019大型車
静岡～焼津	8400	32000	15100	32300
川崎浮島JCT～海ほたるPA	21200	50400	5600	5800
秦野中井～大井松田	27300	110600	21600	19500

表-2 シルバーウィーク期の交通量

対象区間	2020小型車	2019小型車	2020大型車	2019大型車
静岡～焼津	24200	22400	24800	24200
川崎浮島JCT～海ほたるPA	56900	40900	5100	6000
秦野中井～大井松田	95300	85400	17200	21000

CO₂ 排出量の推計式を以下に示す（式1）。

CO₂ 排出量[g-CO₂/台]=

走行距離[km]・CO₂ 排出係数[g-CO₂/km・台] (1)

これに交通量を掛けることで総 CO₂ 排出量が算出される。

CO₂ 排出係数は、平均旅行速度に応じて異なる。旅行速度とは、移動に要した時間で、信号待ちや交通渋滞による停止を含む。表-3 に示す通り、60km/h 前後で走行した場合の CO₂ 排出係数が小さくなる。各区間の平均旅行速度は、表-4 に示す通りであった。

表-3 平均旅行速度と CO₂ 排出係数の関係

平均旅行速度	CO ₂ 排出係数 [g-CO ₂ /km・台]	
	小型車	大型車
20km	209.8	1013.8
25km	187.5	928.7
30km	171.3	855.7
35km	158.9	793.7
40km	149.5	741.9
45km	142.2	7001.9
50km	136.9	667.9
55km	133.2	645.4
60km	131.1	632.3
65km	130.3	628.6
70km	130.9	634.3

表-4 各区間の平均旅行速度

対象区間	ゴールデンウィーク時期		シルバーウィーク時期	
	2020旅行速度	2019旅行速度	2020旅行速度	2019旅行速度
静岡～焼津	59.9	38.1	22.5	25.0
川崎浮島JCT～海ほたるPA	39.8	29.7	31.1	35.2
秦野中井～大井松田	34.9	17	15.6	18.1

5. CO₂ 排出量の推計結果

図-2 にゴールデンウィーク期、図-3 にシルバーウィーク期の 1 日当たりの CO₂ 排出量推計結果を示す。いずれの区間・車種についても、2020 年のゴールデンウィーク期の CO₂ 排出量が最も少なくなった。シルバーウィーク期における 2020 年の小型車の CO₂ 排出量は、いずれの区間も 2019 年と比べて増加している。

これらの理由として、新型コロナウイルスの感染拡大による緊急事態宣言によって交通量が減っており、それに伴う渋滞減が平均旅行速度を上昇させたと考えられる。平均旅行速度の上昇による CO₂ 排出量係数の低下が、ゴールデンウィーク期の CO₂ 排出量の減少に寄与していると考えられる。一方、シルバーウィーク期は

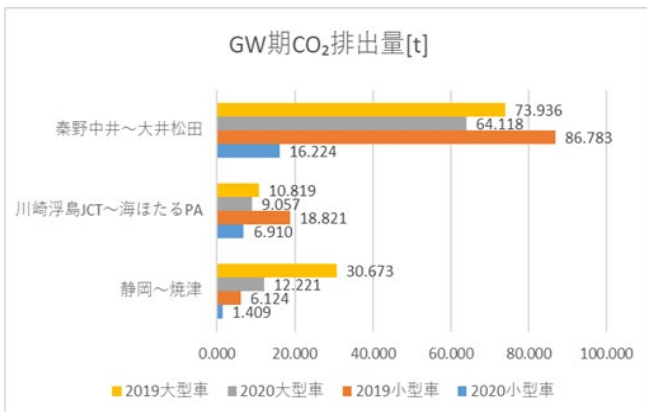


図-2 ゴールデンウィーク期の CO₂ 排出量

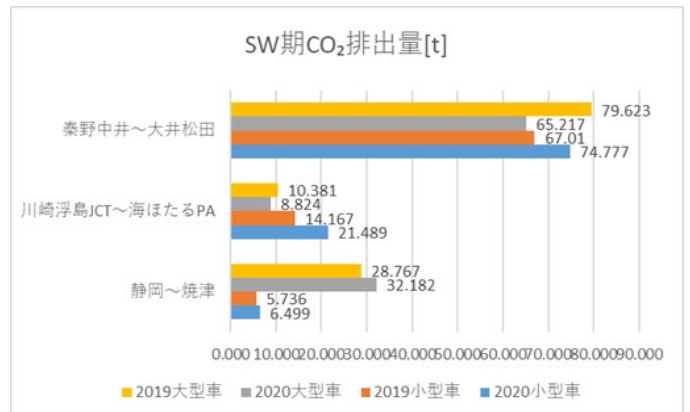


図-3 シルバーウィーク期の CO₂ 排出量

交通量の増加により渋滞が増えたと考えられるが、Go To トラベルキャンペーンの実施がこのような結果につながったのではないかと考えられる。

6. 自動車都市環境にあたる影響

都市環境および地球環境に影響を与える代表的な問題として地球温暖化が挙げられる。地球温暖化とは、大気中にある二酸化炭素等の温室効果ガスが放出され地球全体の平均気温が上昇している現象である。温室効果ガスの割合は、二酸化炭素が大半を占めている。二酸化炭素の日本の総排出量は11億3800万であり、運輸（自動車）部門の総排出量は2億1000万t（18.5%）である。運輸部門のCO₂排出量は、1990年の2億700万tから1996年は2億5000万tへと23%増加していき、2001年には2億6200万tとなり2.9%増加していた。しかし、2005年は2億4400万t、2013年は2億2240万tへと減少傾向にあり、2018年は19%減少している（図-4）。

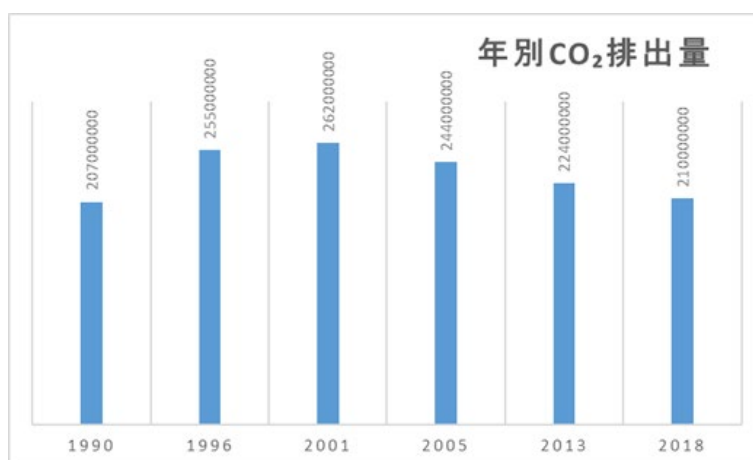


図-4 運輸（自動車）部門のCO₂排出量の推移（単位：t-CO₂）

このように、自動車起源のCO₂排出量は年々減少しているが、パリ協定の削減目標と比べると不十分である。なお、研究対象である3つの観光地では、ゴールデンウィーク期に60~80%減少している。このような実績を参考に、日本の目標である26%削減に向けた政策を検討していくことが重要である。

7. 自動車交通のCO₂削減対策

7.1 自動車車両

エコカーの代表として、バッテリー（蓄電池）に蓄えられた電気を使って走る電気自動車が挙げられる。燃料を燃焼・爆発させて動力にする必要がないため、走行中に排気ガスを排出しない。しかし、電気自動車の製造過程や廃車時に使用するエネルギーは電気自動車の方が多い。また、価格帯も少し高めで充電ステーション数は増えているものの、地域によってばらつきがあるのが現状である。

一方、燃料電池自動車ともいわれ、燃料電池で水素と酸素の化学反応によって発電した電気エネルギーを使って、モーターを回して走る水素自動車も開発されている。ガソリン内燃機関自動車が、ガソリンスタンドで燃料を補給するように、燃料電池自動車は水素ステーションで燃料となる水素を補給する。そのため、排気ガスが一切出ない。しかし、電気自動車同様、価格帯と水素ステーションの確保の問題がある。水素ステーションには移動式のものもあり、大型のトレーラーに水素供給設備を積んで移動が可能であるため、複数の場所で運営が可能である。大型車に関してもこのような車両はあるが日本ではあまり浸透しておらず、車両ではなく運搬効率に関して高度道路システム等を活用し見直す必要がある。

7.2 エコドライブ

エコドライブとは、環境省が掲げる低燃費で安全を考えた運転を心がけるといいうもので、地球温暖化防止につなげた運転をすることで事故も防げる。自分の車の燃費を把握するだけでなく、車間距離にゆとりをもち、加速・減速の少ない運転などがある中で、渋滞を避け余裕を持つや走行の妨げになる駐車はやめるといった都市建設的な要因もある。先述の通り、渋滞が起きてしまうと走行速度が低下してしまい、CO₂排出係数が大きくなってしまう。

渋滞対策として挙げられるのは、車線の増設である。高速道路を例に挙げると、上り坂やサグ道と言われる下りから上りにさしかかる場所は、気づかないうちに速度が低下してしまい、それにより渋滞が起きてしまう。それを解消するため、ゆずり車線といわれる車線を設けることでスムーズに通行できるようにする。またインターチェンジでの渋滞もある。これは料金所の数や円滑さにもよるが、一般レーンをなくし ETC のみという方針も考えられる。

以上のように道路の整備等により、渋滞の緩和・路上駐車抑制を促すことで、自動車の CO₂ 排出量削減を目指すことも重要である。

8. まとめ

新型コロナウイルス感染拡大に伴う緊急事態宣言により、前年に比べて交通量は減少している。それに伴い渋滞が減ることにより、平均旅行速度も上昇していることが分かった。CO₂ 排出量もそれに伴い 60%程度減少していた。それに対して、シルバーウィーク期は交通量が増加しており、平均旅行速度が低下したことに伴い、CO₂ 排出量が増加してしまった。これは Go To キャンペーンの影響が考えられる。

緊急事態宣言のような移動を制限する政策に代わる対策として、自動車車両に着目したが、電気と水素を動力とした自動車が一般的になっていけば、CO₂ 排出量の大幅な削減にも貢献していくのではないかと考えられる。自動車だけでなく、都市交通にも CO₂ 排出が関連していることがわかり、それにどのように対策していくのかを考えることができた。

今後の研究課題として、一般道を対象に、複数の場所での交通量のデータを整理し、交通情勢の変化による CO₂ 排出量の変化の推計が挙げられる。

謝辞

本研究を進めるにあたってご指導いただきました卒業論文指導教員の柴原尚希准教授に深く感謝いたします。また、柴原研究室の皆様にも日常の議論を通じて、多くの知識や示唆をいただきました。心より感謝しております。

参考文献

- 1) 厚生労働省：新型コロナウイルスの発生状況
<https://www.mhlw.go.jp/stf/covid19/kokunainohasseijoukyou.html> (参照 2020-12)
- 2) 国土交通省：全国・主要都市圏における高速道路・主要国道の主な区間の交通量増減
https://www.mlit.go.jp/road/road_fr4_000090.html (参照 2020-12)
- 3) 国土交通省：令和 2 年 GW 昼間 12 時間平均旅行速度の分析
<https://www.mlit.go.jp/road/content/001343221.pdf> (参照 2020-12)
- 4) 国土交通省：9 月の 4 連休における旅行速度及び交通量の分析について
https://www.jartic.or.jp/d/notice/normal/289/etc2_traffic_201005.pdf (参照 2020-12)
- 5) 自動車走行時の CO₂ 排出係数及び燃料消費率の更新，土木技術資料，54-4，2012
http://www.pwrc.or.jp/thesis_shouroku/thesis_pdf/1204-P040-045_dohi.pdf (参照 2020-12)
- 6) 国土交通省：運輸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 2020-12)
- 7) 環境省：エコドライブ
<https://www.env.go.jp/air/car/ecodrive/> (参照 2020-12)

高速道路における新たな床版取替工法の費用便益分析

EC17016 川崎 愛弥

1. はじめに

現在、全国で大規模な更新・補修を行う高速道路リニューアルプロジェクトが進められている¹⁾。この事業のメインである床版取替工事は、昼夜連続対面通行規制で行われるため、交通量が多い道路では渋滞の発生が懸念されている。この渋滞を抑制するため、中日本高速道路株式会社と株式会社大林組が新たな床版取替工法「DAYFREE」を共同開発した。「DAYFREE」では、床版取替工事の施工ステップを分割し、交通量が少ない夜間の車線規制のみで工事が可能であり、大林組が開発したトレーラーで運搬できる半断面（2車線道路の1車線）用の移動式床版架設機「ハイウェイストライダー™」などを活用することで、限られた時間内で床版取替を行う（図-1）。交通量の多い昼間は規制を解除することができるため、1日数万台という交通量がある都市部におけるリニューアル工事においても、渋滞の発生を抑制すると期待されている²⁾。

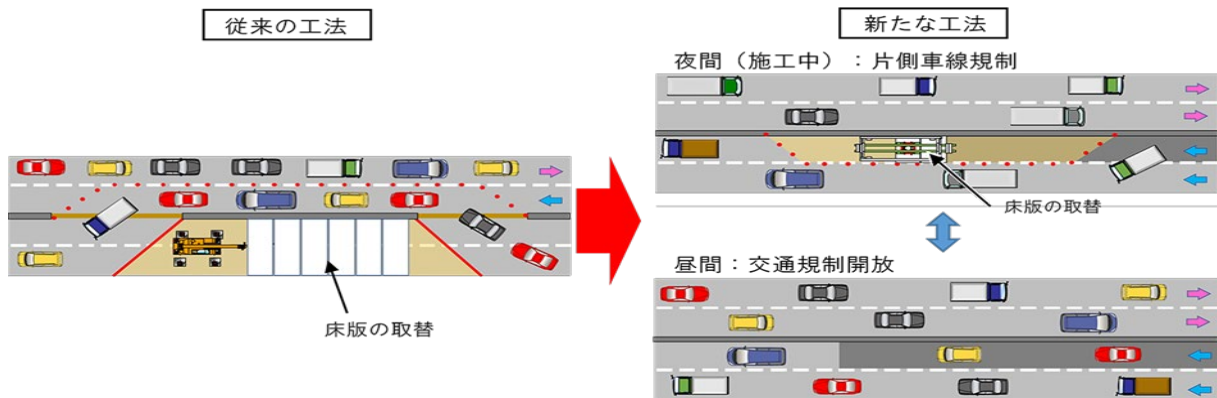


図-1 従来工法と DAYFREE の工事規制の比較

2. 研究目的および研究対象

本研究は、従来工法で行われた床版取替工事において、試験段階である「DAYFREE」を利用した場合を想定し、事業者側（会社）・利用者側（社会）双方の観点から費用便益を比較することを目的とする。

2.1 調査対象

各工法の調査対象工事は以下である。

- ・従来工法：庄内川橋・神領橋床版取替工事（東名高速道路 名古屋IC～春日井IC間）
- ・「DAYFREE」：弓振川橋床版取替工事（中央自動車道 諏訪IC～諏訪南IC間）

2.2 比較項目

以下の項目について調査し、比較する。

- ・事業者側の比較項目：コスト
- ・事業者側・利用者側双方の比較項目：工期
- ・利用者側の比較項目：走行時間短縮便益

3. 比較方法

3.1 コスト

1)規制費用、2)床版取替費用、3)機材価格、で比較する（表-1）。

1) 規制費用

従来工法の昼夜連続規制と「DAYFREE」の夜間規制とを比較すると、時間には2倍の差があり、それに伴い人件費・機材費などの規制費用も2倍を要すると考える。

2) 床版取替費用

「DAYFREE」では取替床版が半断面ずつになり、昼間は仮設床版を設置し交通開放するため、床版の設置・撤去枚数、回数はそれぞれ2倍になる³⁾。

3) 機材価格

「DAYFREE」では、ハイウェイライダーの主要部分である門型油圧リフターの価格で比較する。

従来工法：400t クレーンの価格（4億8000万円）

「DAYFREE」：門型油圧リフターの価格（2100万円）

表-1 コスト比較まとめ

	従来工法	DAYFREE
規制費用	×	○
床版取替費用	○	×
機材費用	×	○

3.2 工期

庄内川橋：橋長167.45m、規制期間66日間⁴⁾、弓振川橋：橋長27m、規制期間95日間³⁾である。

庄内川橋の橋長は弓振川橋の6.2倍の距離であり、規制期間もそれに伴い6.2倍となる。また、弓振川橋で行われている「DAYFREE」工法は試験工であり、本来2日に分ける作業を昼夜間連続の1日で行っているため、夜間のみの規制で行うと2倍の時間を要する。これらのことから、庄内川橋で「DAYFREE」を行う場合の規制期間を、95日×6.2倍×2=1178日間と推計する。

つまり、従来工法では約2か月の規制期間、「DAYFREE」では約3年3か月の規制期間である。

3.3 走行時間短縮便益

高速道路の利用者全員が得られる時間短縮の効果と、短縮時間を労働に振り向けた場合に得られる経済価値に置き換えることにより、走行時間短縮便益を算出する（式1）。

走行時間短縮便益＝

$$\text{道路整備無の走行時間の価値（従来工法）} - \text{道路整備有の走行時間の価値}^5 \text{（DAYFREE）} \quad (1)$$

また、走行時間価値を式(2)により求める。

$$\text{走行時間価値（円）} = \text{時間価値原単位（円/台・分）} \times \text{走行時間（分）} \times \text{交通量（台）} \quad (2)$$

ここで、時間価値原単位とは、自動車1台の走行時間が1分短縮された場合に、その時間の価値を貨幣換算（単位：円/台・分）したものである。小型車・大型車の時間価値原単位を表-2に示す。

表-2 時間価値原単位

平成29年（円/分・台）	
小型車	45.15
大型車	67.95

4. 費用便益分析

4.1 対象

東名高速道路名古屋IC～春日井IC間で行われたリニューアル工事（平成31年5月11日～7月19日）時の名古屋IC～守山スマートIC間のうち、7月13日(月)を対象とする。

従来工法で行われた床版取替工事時の走行時間・交通量、「DAYFREE」工法で行われた床版取替工事（仮説）の走行時間・交通量、それぞれについて調査し、走行時間価値を算出することで走行時間短縮便益を算出する。

4.2 調査データ：交通量

1) 従来工法

小型車：27200 台、大型車：12400 台⁶⁾である。対象とした7月13日(月)は、新型コロナウイルス感染症の影響による自粛期間であり、自粛に伴う交通量減と従来工法の対面通行規制による交通量減、双方の影響を受けている。

2) DAYFREE (想定)

規制による影響で交通量が減少しないため、新型コロナウイルス感染症の自粛期間による交通量減のみの影響を想定する。前年度7月8日(月)の交通量(小型車：38700 台、大型車：16800 台)⁵⁾を交通量減の影響を受けていない7月13日(月)の交通量と仮定し、新型コロナウイルス感染症の自粛期間による交通量減の影響のみを考慮する。

中京地域の高速道路のうち、1日の交通量が3万台を超える6区間の交通量前年度比平均で表すと、小型車：86.5%、大型車：92.8%である(表-3)。よって、7月13日(月)のDAYFREEの交通量は、

小型車：38700 台×86.5%≒33500 台

大型車：16800 台×92.8%≒15600 台

と想定される。

表-3 中京地域交通量前年度比⁶⁾

	小型車	大型車
岡崎～ 豊田JCT	87%	98%
豊田～ 東名三好	89%	95%
岡崎東～ 豊田東JCT	84%	91%
豊明～ 名古屋南JCT	81%	103%
名古屋西～ 蟹江	89%	88%
一宮～ 岐阜羽島	89%	92%

4.3 調査データ：走行時間

1) 従来工法

①朝・夕の通勤時間帯：最大10kmの渋滞、通過時間60分から10km/hと想定する。

②渋滞のない時間帯：交通センサスから混雑時走行速度である84.3km/hと想定する。

以上より、1時間ごとの想定した速度から1日の平均時速を算出すると、

[①(10km/h×9h) + ②(84.3km/h×15h)] ÷ 24h = 56.4km/h であり、

走行時間は、8.1km(名古屋IC～守山PA間) ÷ 56.4km/h = 8.6分となる。

2) DAYFREE

①夜間の車線規制を行う時間帯：混雑時走行速度である84.3km/hと想定する。

②昼間の交通開放を行う時間帯：非混雑時走行速度である86.2km/hと想定する。

以上より、1時間ごとの想定した速度から1日の平均時速を算出すると、

[①(84.3km/h×10h) + ②(86.2km/h×14h)] ÷ 24h = 85.4km/h であり、

走行時間は、8.1km ÷ 85.4km/h = 5.7分となる。

4.4 走行時間価値

走行時間価値は、以下の通り算出される。

1) 従来工法

小型車：45.15 円/(台・分)×8.6 分×27200 台 = 10,561,488 円

大型車：67.95 円/(台・分)×8.6 分×12400 台 = 7,246,188 円

計：(10561488 円 + 7246188 円) × 70 日(規制期間) = 1,246,537,320 円

2) DAYFREE

小型車：45.15 円/(台・分)×5.7 分×33500 台 = 8,621,392 円

大型車：67.95 円/(台・分)×5.7 分×15600 台 = 6,042,114 円

計：(8621392 円 + 6042114 円) × 70 日(規制期間) = 1,026,445,455 円

4.5 走行時間短縮便益

1,246,537,320 円(従来工法) - 1,026,445,455 円(DAYFREE) ≒ 2 億 2000 万円

5. 「DAYFREE」と従来工法の比較結果

コスト比較では、規制費用を削減できる一方、床版を仮設することにより設置・撤去費用が増えてしまうことが分かった。しかし、機材価格は20倍以上の差があり、機材を購入・レンタルする初期費用の削減が期待できる。

工期比較では、事業者側にとって混雑期を避けた工期の設定が必要なく、同時並行での工事が可能になるメリットはあるが、規制期間が2か月から3年3か月へと大幅に工期が長引いてしまうことによる人材・機材費用の増加の影響を無視できない。

走行時間短縮便益では、交通量は小型車・大型車ともに約1.25倍増加し、走行時間は約3分の短縮が見込まれる。その結果、2億2000万円の経済効果が得られることが分かった。

6. 考察

工期の長さがデメリットとして目立つため、今回対象としている庄内川橋のような橋長の長い区間は「DAYFREE」のみの適用は向いていないと考える。ICやPA・SAエリアなど対面通行規制では事故発生リスクが高くなってしまいう短い地点などに適用し、従来工法と併用することで、より「DAYFREE」の利点を生かすことができると考える。また、工期の長さによる人件費・機材費への影響を少なくするため、工事規制の機械化・省人化が求められると考える。

7. まとめ

本研究では、高速道路リニューアルプロジェクトの床版取替工事について、従来工法と「DAYFREE」を比較することで「DAYFREE」のもたらす効果について明らかにすることができた。渋滞抑制による経済効果の数値化やコスト面の比較から、利用者側（社会）、事業者側双方にとって利益のある工法であると言える。また、「DAYFREE」では車線規制を連続的に行う必要がないため、工事期間中でも土・日など工事休止日を設定することができ、建設業界の働き方改革への貢献も期待できる。今後、東名多摩川橋床版取替工事における採用が検討されており、都市部などで「DAYFREE」と従来工法を組み合わせ、場面に応じた活用が進められていくであろう。

謝辞

本研究を進めるにあたり、卒業論文指導教員の柴原准教授から多大な助言を賜りました事に感謝を申し上げます。また、日常の議論を通じて、多くの知識や示唆をいただいた柴原研究室の皆様にも感謝いたします。

参考文献

- 1) 中日本高速道路株式会社：高速道路リニューアルプロジェクト
<https://www.c-nexco.co.jp/koushin/>（参照 2020-12）
- 2) 大林組：渋滞を抑制する新たな床版取替工法「DAYFREE™」を開発・施工
https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20200617_2.html（参照 2020-12）
- 3) 道路構造物ジャーナル NET：NEXCO 中日本「DAYFREE」工法試行導入の現場を公開
<https://www.kozobutsu-hozen-journal.net/news/detail.php?id=629&page=1>（参照 2020-12）
- 4) 道路構造物ジャーナル NET：NEXCO 中日本東名道 庄内川橋・神領橋（下り線）の床版を取替
<https://www.kozobutsu-hozen-journal.net/walks/detail.php?id=309&page=2>（参照 2020-12）
- 5) 国土交通省：走行時間短縮便益の計算方法について
<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/hyouka-syuhou/4pdf/2.pdf>（参照 2020-12）
- 6) 国土交通省：全国・主要都市圏における高速道路・主要国道の主な区間の交通量増減
https://www.mlit.go.jp/road/road_fr4_000090.html（参照 2020-12）

東南アジアへの小型モビリティ導入による CO₂ 排出量変化の推計

EC17038 手島 光貴

1.社会的背景および目的

東南アジア諸国の都市では、交通手段として二輪車（バイク）が広く使われている。経済発展に伴って個人所有が多くなり、今まで以上に交通手段として重要になってきている。バイクは、乗用車に比べて法整備が不十分であるため、バイクによる交通事故、交通渋滞、交通公害など様々な問題が発生し、社会問題になっている。さらに、国連気候変動枠組条約国会議（COP21、2015年11月30日～12月13日）で設定された目標を達成するため、東南アジア諸国も CO₂ 排出量削減が求められているが、東南アジアのエネルギー需要は 2040 年までに 60%以上増加すると見込まれている。

本研究は、東南アジア諸国の主要交通手段であるバイクを、環境に良いとされている小型モビリティに転換した場合の CO₂ 排出量の変化を推計することを目的とする。

2.対象区間

新型コロナウイルス感染症が流行している中での現地調査は困難であるため、文献資料からデータを収集する。文献を参考に、推計の対象区間はインドネシアのジャカルタ市中心部を南北に走るコリドー1（Blok M～Kota 間）およびコリドー6（Ragunan～Bundaran HI 間）とする（図-1）。

3.バイク

インドネシアの二輪車市場はインド、中国に次ぐ世界第3位の巨大市場で、さらなる需要拡大が見込まれている。2016年における日本の二輪車保有台数は350万台であるのに対し、インドネシアは1億515万台であり、約29倍の差がある世界有数のバイク社会である。2007～2016年における東南アジア諸国の二輪車保有台数を図-2に示す。世界でも二輪車の保有台数が多い東南アジアの中でも、インドネシアが突出していることが分かる。



図-1 推計対象区間¹⁾

2010～2015年における東南アジア諸国の国民1人当たりの二輪車保有率を図-3に示す。インドネシア、タイの保有率が高く、3人に1人の割合で二輪車を保有している。また、インドネシアの二輪車保有世帯比率は85%であり、タイの87%、ベトナムの86%に次ぐ世界第3位である。日本で二輪車と言えば、趣味として購入されることが一般的だが、インドネシアにおいては生活に欠かせない交通手段であり、自動車を所有できる所得層が少ないことや、鉄道があまり発達していないことも二輪車が普及している要因であると言える。つまり、インドネシアでは、日本における自動車のような感覚で二輪車が普及している。

4.超小型モビリティ

超小型モビリティとは、原付より大きく軽自動車より小さい、1～2人乗りで近距離の移動を想定した小型車両のことである。国土交通省は、「自動車よりコンパクトで小回りが利き、環境性能に優れ、地域の手軽な移

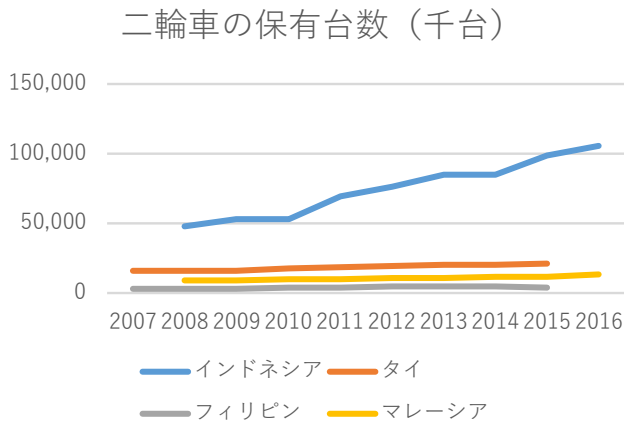


図-2 東南アジア諸国の二輪車保有台数

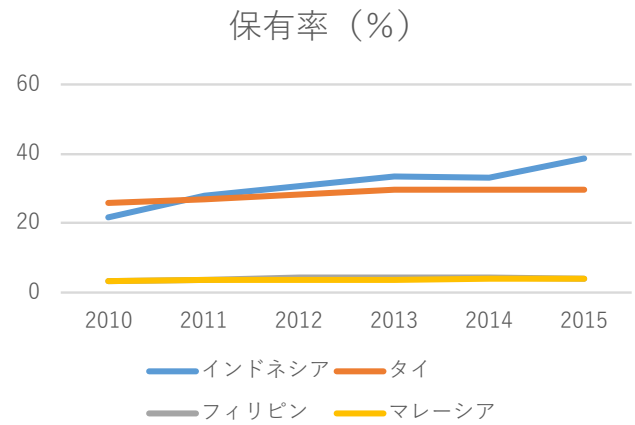


図-3 東南アジア諸国の1人当たりの二輪車保有率

動の足となる1人~2人乗り程度の車両」と定義している。

4.1 自治体の取り組み

トヨタ自動車の工場が多い愛知県豊田市には、Ha:mo RIDE (ハーモライド) という超小型モビリティのシェアリングサービスがある。Ha:mo RIDEは、主に1人乗りの超小型電気自動車を使ったシェアリングサービスであり、トヨタが進める次世代交通システムの一つである。主にトヨタ関連社員の通勤や業務等で利用されている。市民の街乗りも想定し、市街地、公共施設、公園にステーションを配置している(写真-1)。

4.2 超小型モビリティのメリットデメリット

超小型モビリティのメリットとデメリットは、以下のように整理される。

<メリット>

- ・環境にやさしい
- ・維持費が安い
- ・観光面での活躍
- ・駐車場の小型化
- ・シェアリングサービスに組み込みやすい

<デメリット>

- ・法整備が不十分
- ・事故時の危険度が高い
- ・充電スポットが少ない



写真-1 Ha:mo RIDE のステーション

4.3 法の壁

超小型モビリティの法律整備は遅れており、イベントでの試乗体験やカーシェアサービスなど限定的な導入に留まっていたが、2020年9月1日に国土交通省は、超小型モビリティが自由に公道を走行できるように道路運送車両法施行規則の一部を改正した。道路運送車両法施行規則の一部を改正したことで、日本では超小型モビリティは車両として規定された。

5. ジャカルタの渋滞

ジャカルタ特別州では、交通需要が交通サービス供給量を上回っており、公共交通サービス水準が貧弱であることから、自動車依存率が極めて高く、ジャカルタ特別州における自家用乗用車分担率は96.5%に上っている。このことから、ジャカルタ特別州中心部の幹線道路では、慢性的な道路交通渋滞が発生し、極めて深刻な

状況にある。

ジャカルタ首都圏の中心部に位置し、北部の旧市街地と南部のビジネス地区を結ぶ、コリドー1 (Blok M〜Kota) については、朝夕通勤時の渋滞が恒常化しており、ジャカルタ州政府は、3 in 1 規制 (都心への車両流入を抑制するために、朝夕ラッシュ時に自動車1台当たりの乗車人数を3人以上とする制度) を実施するなどの対策を行っている。しかし、3 in 1 規制適用を回避するために、乗車人数が3人に満たない車両に有料で同乗を引き受ける者が多数存在するため、同規制の効果は限定的なものに留まっている。渋滞緩和のためのさらなる対策が必要となっている。

6.CO₂排出量変化の推計

対象区間 (コリドー1、コリドー6) の二輪車の交通量が、超小型モビリティに転換した場合のCO₂排出量を推計する。1日当たりの交通量を図-4に示す。北向きの交通量が10万台程度多くなっている。

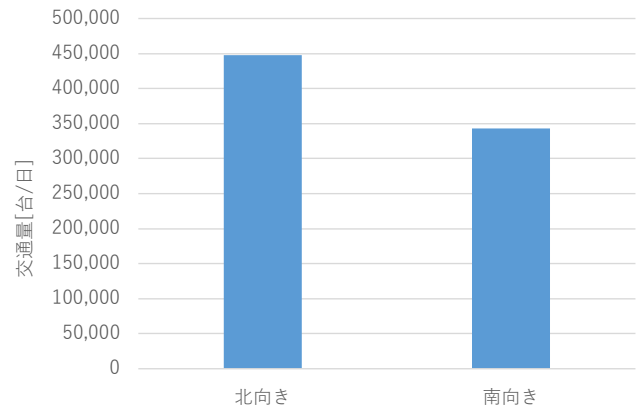


図-4 対象区間の交通量

6.1 二輪車のCO₂排出量

50〜125 cc の小型バイクを対象とし、燃料はガソリンを想定する。大型バイク (燃料: 軽油) は対象外とする。以下に、二輪車のCO₂排出量の推計式(1)を示す。

$$Q_1 = R \cdot \chi \cdot N_1 \quad (1)$$

ここで、 Q_1 : CO₂排出量[kg-CO₂/日]、 R : 1日の交通量[台]、 χ : 区間距離[km]、 N_1 : 走行1km当たりのCO₂排出量[kg-CO₂/km]である。

R は文献¹⁾の数値を用いる。 χ はコリドー1が12.9km、コリドー6が15.8kmとする。また、走行1km当たりのCO₂排出量 N_1 の算定の式(2)を以下に示す。

$$N_1 = 2.32/a \quad (2)$$

ここで、 a : 燃費[km/L]である。また、ガソリンの1L当たりのCO₂排出量は2.32 kg-CO₂/Lである。

コリドー1、コリドー6は渋滞が多い区間であるため、渋滞を考慮した燃費 a を設定しなければならない。具体的には、平均旅行速度等を考慮する必要があるが、現地調査が困難であるため、渋滞と二輪車の特徴を考慮した $a=25$ km/Lと仮定する。

6.2 超小型モビリティのCO₂排出量

以下に、超小型モビリティのCO₂排出量の推計式(3)を示す。

$$Q_2 = R \cdot \chi \cdot N_2 \quad (3)$$

ここで、 Q_2 : CO₂排出量[kg-CO₂/日]、 R : 1日の交通量[台]、 χ : 区間距離[km]、 N_2 : 走行1km当たりのCO₂排出量[kg-CO₂/km]である。

R および χ は、二輪車と同じ数値を用いる。走行1km当たりのCO₂排出量 N_2 の算定式(4)を以下に示す。

$$N_2 = b/c \quad (4)$$

ここで、 b : 電力のCO₂排出係数[kg-CO₂/kWh]、 c : 小型モビリティの電費[km/kWh]である。

b は、インドネシアの電力のCO₂排出係数を用いるべきだが、データ制約のため、日本の電力会社のCO₂排出係数を用いる (平均値、0.623 kg-CO₂/kWh)。 c は、小型モビリティの電費11.1km/kWhを用いる。

6.3 推計結果

推計結果を図-5に示す。二輪車の1日当たりCO₂排出量は、コリドー1とコリドー6を合わせて約1700 t-

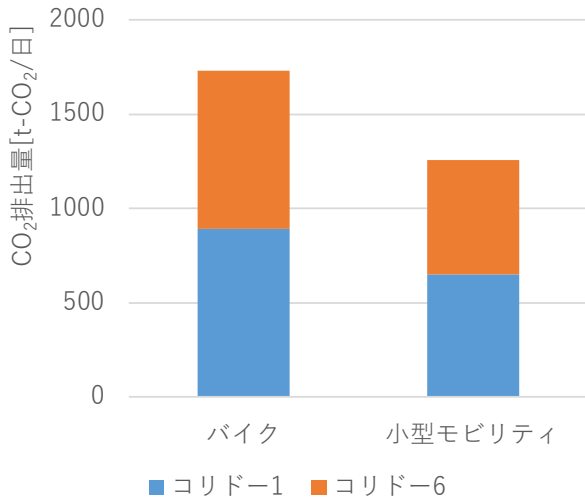


図-5 CO₂ 排出量推計結果 (1日当たり)

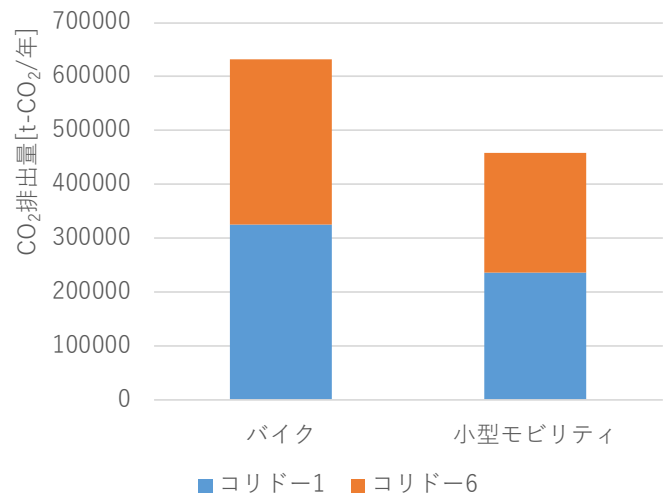


図-6 CO₂ 排出量推計結果 (1年当たり)

CO₂/日である。この交通量が超小型モビリティで賄われると仮定した場合の1日当たりCO₂排出量は、コリドー1とコリドー6を合わせて約1300t-CO₂/日となった。つまり、二輪車が超小型モビリティに転換されると、CO₂排出量は約39%削減されると言える。なお、図-6は1年当りに換算した数値である。

7. まとめ

本研究で、東南アジアの二輪車(バイク)を超小型モビリティに転換した場合のCO₂排出量を比較した結果、約39%減少することが分かった。二輪車は自動車と比べ、エンジン効率が2倍高いため、そもそもCO₂排出量は少ない。その二輪車よりもCO₂排出量が少ない超小型モビリティは環境にやさしい乗り物であると言える。日本では、2020年9月1日に道路運送車両法施行規則の一部を改正し、超小型モビリティは車両として認められたが、東南アジアでは超小型モビリティを普及する動きが無い。また、コスト面や道路状況、充電スポットの確保など、普及のための課題も存在する。

謝辞

最後に、本研究を進めるにあたり、ご指導頂きました、卒業論文指導教員の柴原准教授に深く感謝いたします。また、日常的に知識理解にご協力頂きました、柴原研究室のゼミ学生の皆様にも感謝致します。

参考文献

- 1) 独立行政法人国際協力機構(JICA), 三菱重工業株式会社, 株式会社三菱総合研究所: インドネシア国ジャカルタ渋滞対策に資するITS事業準備調査(PPPインフラ事業)報告書, 128p, 2015, https://openjicareport.jica.go.jp/710/710/710_108_12229837.html (参照 2020-11)
- 2) 国土交通省: 超小型モビリティについて, https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_fr1_000043.html (参照 2020-11)
- 3) 国土交通省 関東運輸局 自動車技術安全部: 国土交通省における超小型モビリティの取り組みについて, 23p, 2020, <https://www.tb.mlit.go.jp/kanto/content/000169011.pdf> (参照 2020-11)
- 4) 本田技研工業株式会社ホームページ, <https://www.honda.co.jp/motor/> (参照 2020-11)
- 5) 総務省統計局: 世界の統計 2020, <https://www.stat.go.jp/data/sekai/0116.html> (参照 2020-11)
- 6) 加藤秀樹: 超小型モビリティ・コムス試乗のCO₂削減効果について, 8p, <http://www.eco-hyogo.jp/files/7314/1923/0818/katoCOMS.pdf> (参照 2020-11)

早期交通解放型コンクリート舗装 1DAY PAVE のライフサイクル分析

EC17045 藤井 祐斗

1. はじめに

昭和 30 年代まで、全体の約半数がコンクリート舗装であった。しかし、現在では全体の約 5%にまで減少している。その原因として、初期コストが高く、施工や交通解放に時間がかかってしまうことが挙げられ、コンクリート舗装は沿道開発がなく、規制による維持補修が困難なトンネルなどに限られた採用となっていた。

昭和 30 年代後半からアスファルト舗装が主流になっていき、現在では全体の約 8 割を占める。その理由として、高度経済成長期に車の急激な発達に対応した道路整備が必要となっていたことが挙げられる。そこで採用された舗装がアスファルト舗装である。石油工業の急速な発展に伴い、アスファルトが安く大量に調達できるようになり、早急な道路整備が可能で、初期コストが安く、早期解放が出来るため多く採用され続けてきた。

本研究では、各種道路舗装について、ライフサイクルにわたるコストを分析し、比較することを目的とする。

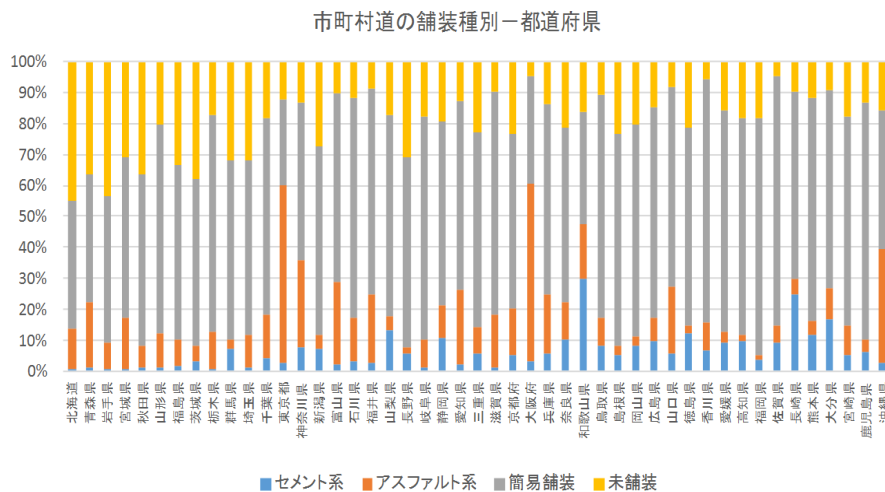
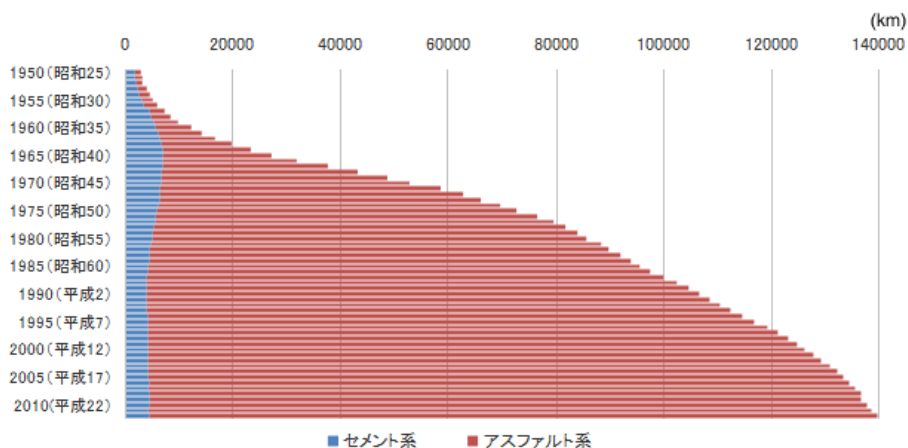


図-1 都道府県別市町村道の舗装種別



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-2 舗装種別の推移

2. 調査対象道路

国土交通省地方整備局名古屋交通事務所により工事が行われた、名古屋市中区丸の内にある日銀前交差点を対象とする。この交差点は、交通量が多く、維持補修が困難であったため、舗装の長寿命化およびメンテナンスサイクルの構築を目指して、アスファルト舗装からコンクリート舗装に打ち換え工事が行われた。工事の着手日は、平成30年8月30日であった。日銀前交差点の7～19時の交通量を表-1に示す。

この交差点舗装を対象に、1DAY PAVE、アスファルト、コンクリートで舗装を実施した場合のライフサイクルコストを比較する。対象期間は50年とする。

表-1 日銀前交差点の交通量（7～19時）

交通量	台数/時間
普通車	22,437
大型車	1,065
合計	23,502

3. 各舗装の特徴比較

3.1 1DAY PAVE

1DAY PAVE は、日本語で早期開放型コンクリート舗装と呼ばれ、工期を長くできない現場や交差点など少ない面積で採用されている。また普段のコンクリート舗装の養生期間は1～3週間かかり交通規制が長くなる場所、1DAY PAVE を使用したコンクリート舗装の養生期間は1日で交通を解放することができる。

ただし、小規模な施工を前提としているため、大規模な工事ができず長い距離を舗装するには不向きである。また、ブリーディング（コンクリートの水分が表面に浮き出す現象）が発生するため、直射日光などを受けて乾燥しやすい環境ではひび割れや表面を仕上げる前に乾燥硬化してしまうという問題がある。そのため、打設から養生までの仕上げ補助剤の使用、打設面の乾燥を防止するための噴霧器の利用、などを施工・計画段階から考慮する必要がある。

3.2 アスファルト舗装

アスファルト舗装は、初期コストが安く、養生期間も早く終わり、工事費が安いという長所がある。そのため、多様な舗装の中で最も用いられている。骨材やアスファルトの種類を変えることにより、透水性などの機能を持たせることができる。施工性は容易で他の舗装に比べ材料費が割安となる。一方で短所は、耐久性が低いので工事頻度が多くなり、長期間では工事頻度も多くなってくるためライフサイクルにわたる工事費用は高くなっていく。また、真夏に高温になると変形しやすく、車やバイクなどを置きっ放しにしておくとタイヤに吸着することもある。

3.3 コンクリート舗装

コンクリート舗装は耐久性が高く、ライフサイクルコストが安く、大型車燃費の低減効果がある。コンクリート舗装は、アスファルト舗装では得られない「耐流動性」「耐摩耗性」「耐油性」「耐熱性」を有しているほか、コンクリート特有の「耐荷力」も備えている。そのため、維持補修が少なく、長期供用が可能となる。この特性を生かし、維持補修を行う事が困難なトンネル内や急勾配での坂道、その耐荷力や耐流動・摩耗性から空港エプロンやコンテナヤード、大型車両の交通量が多く、舗装に与える負荷が大きいところに適用されている。コンクリート舗装は高い耐久性から、維持補修の頻度が少なくランニングコストが低いいため、初期費用が高くなったとしても経済的な舗装と言える。また、コンクリート舗装は白色に近いため照明の路面反射率が高く視認性がよいことから照明に係る費用の削減効果も期待できる。一方、短所としては、初期費用が高く、養生期間が長く、騒音が響くという問題がある。

4. ライフサイクルコストの計算方法

4.1 コスト

まず、今回対象とする日銀前交差点の面積を計算する。次に、アスファルト舗装、普通セメントコンクリート舗装、1DAY PAVE を使用したコンクリート舗装それぞれの 1m^2 の価格を調査する。さらに、面積と 1m^2 の価格をそれぞれ掛け合わせて、日銀前交差点の舗装に必要な価格を算出する。最後に、日銀前交差点で舗装する金額と工事の頻度と年数を掛け合わせる。

4.2 工事頻度

工事頻度については、まず、耐久性の高い普通セメントコンクリート舗装の工事頻度を 50 年に一度と考える。同様に、1DAY PAVE を使用したコンクリート舗装の工事頻度を 50 年とする。アスファルト舗装の工事頻度は 10 年とし、コンクリート舗装と年数を合わせるため 5 倍して比較する。

4.3 舗装金額

舗装金額は、普通セメントコンクリート舗装は 1m^2 で約 8,000～12,000 円、1DAY PAVE を使用したコンクリート舗装は 1m^2 で約 25,000 円、アスファルト舗装は 1m^2 で約 5,000 円とする

4.4 作業人数

アスファルト舗装は約 13 人、1DAY PAVE を使用したコンクリート舗装は養生期間が 1 日で終わるため 8～10 人、普通セメントコンクリート舗装は 11～13 人である。

4.5 補修頻度

先述の通り、日銀前交差点の平日 7～19 時の交通量は 23,502 台である。その次に道路工事の頻度についてである。筆者の就職内定先企業に問い合わせたところ、一般にアスファルト舗装の大規模修繕は 10 年に 1 回、コンクリート舗装は 20 年に 1 回必要と言われている。ただし、今回、対象としている日銀前交差点のように発進・停止によるせん断や旋回によるよじりが発生しやすい箇所では、アスファルト舗装は表層部分のわだち等の損傷、コンクリート舗装は目地部の欠損等の損傷が予想されるため、アスファルト舗装、コンクリート舗装共に小規模の補修が 5～6 年毎に必要なってくる。今回の研究では大規模修繕のみを計算対象とする。

4.6 人件費

職種労務単価としての人件費は、交通誘導警備員で 13,682 円、舗装工で 23,541 円、鉄筋工で 24,189 円、トラックなどの運転手で 19,101 円である。今回は、舗装工の人件費を使って計算する。

5. 推計結果

5.1 日銀前交差点の面積

グーグルマップで交差点の距離を求めてたところ、縦・横ともに 50m のため、 $50\text{m} \times 50\text{m} = 2500\text{m}^2$ とする。

5.2 舗装金額

舗装金額は、以下の式(1)で求める。

$$\text{日銀前交差点の舗装金額} = 1\text{m}^2 \text{の舗装金額} \times \text{日銀前交差点の面積} \quad (1)$$

計算結果は、以下の通りである。

(1) 普通セメントコンクリート舗装

$$10,000 \text{ 円} \times 2,500\text{m}^2 = 25,000,000 \text{ 円}$$

(2) 1DAY PAVE を使用したコンクリート舗装

$$25,000 \text{ 円} \times 2,500\text{m}^2 = 62,500,000 \text{ 円}$$

(3) アスファルト舗装

$$5,000 \text{ 円} \times 2,500\text{m}^2 = 12,500,000 \text{ 円}$$

5.3 ライフサイクルコスト

50年間にわたるライフサイクルコストを式(2)で求める。

日銀前交差点舗装のライフサイクルコスト＝

(日銀前交差点の舗装金額＋舗装工の人件費×工事人数×養生期間＋1回にかかる人件費) ×工事頻度 (2)
 工事期間を40日、交通誘導警備員を2人、鉄筋工を5人とすると、(13,682円×2人＋24,189円×5人) ×40日≒5,930,000円が、1回の工事にかかる人件費となる。

よって、ライフサイクルコストの計算結果は、以下の通りである(表-2)

(1)普通セメントコンクリート舗装

(50,000,000円＋23,541円×13人×14日＋5,930,000円) ×1回≒60,000,000円

(2)1DAY PAVE を使用したコンクリート舗装

(62,500,000円＋23,541円×10人×1日＋5,930,000円) ×1回≒68,000,000円

(3)アスファルト舗装

(25,000,000円＋23,541円×13人×3日＋5,930,000円) ×2回≒63,700,000円

表-2 日銀前交差点のライフサイクルコスト

舗装名	舗装金額	ライフサイクルコスト
普通セメントコンクリート舗装	25,000,000円	60,000,000円
1DAY PAVE を使用したコンクリート舗装	62,500,000円	68,000,000円
アスファルト舗装	12,500,000円	63,700,000円

6. まとめ

1 DAY PAVE を使用したコンクリート舗装のライフサイクルコストが一番高くなったが、今回採用された日銀前交差点のように交通量の多い交差点や、空港で利用するようなエプロンなど、小規模な場所で時間をかけられない場所への導入は有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省：道路交通の特性
<https://www.mlit.go.jp/toshi/content/001343339.pdf> (参照 2020-12)
- 2) 国土交通省道路局, 国土交通省国土技術政策総合研究所, 国立研究開発法人土木研究所：舗装の長寿命化・LCC 縮減に向けて～コンクリート舗装の特長を活かした活用がカギ～
https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jk8_01.pdf (参照 2020-12)
- 3) 山田優, 有賀公則：「交差点部における舗装の耐久性向上及び補修に関する研究」WG活動報告
<https://www-1.kkr.mlit.go.jp/road/shintoshikenkyukai/09seminar/24-04.pdf> (参照 2020-12)
- 4) 株式会社中部シー・アイ・アイ：早期交通開放型舗装 1DAY PAVE
<http://www.cii.co.jp/product/%E6%97%A9%E6%9C%9F%E4%BA%A4%E9%80%9A%E9%96%8B%E6%94%BE%E5%9E%8B%E8%88%97%E8%A3%85%E3%80%801day-pave/> (参照 2020-12)
- 5) コンクリートメディカルセンター：コンクリート舗装の基礎知識 | メリット・デメリット、特徴まとめ
<https://concrete-mc.jp/paving-concrete> (参照 2020-12)

名古屋市における新たな路面公共交通システムに関する研究

EC17048 古里 隼騎

1. 背景

名古屋市では、都心における回遊性の向上や賑わいの拡大を図るため、まちづくりと一体となった新たな路面公共交通システムの導入に向けて検討を進めてきた。この構想は、都心のまちづくりの中で実現を目指すシステムの姿を示すものである。新たな路面公共交通システムは、技術の先進性による快適な乗り心地やスムーズな乗降、洗練されたデザインなどのスマート（Smart）さを備え、路面（Roadway）を走ることで、まちの回遊性や賑わいを生み出す、今までにない新しい移動手段（Transit）である。そのため、その特性を表す概念として、このシステムは、Smart Roadway Transit (SRT)と称される。

2. 研究目的

SRT が開業した際に生じそうな問題点を考え、解決策を検討する。さらに、他の交通にどのような影響を及ぼすかを調査することを目的とする。

具体的には、SRT の開業に伴う問題点として、(1)安全性の確保、(2)自家用車との競合による利用者の減少を取り上げ、解決策を自分なりに考える。さらに、他の交通システムにどのような影響を与えそうか自分なりに考える。2 点を踏まえた状態で今後の SRT 開発に必要な事業を提案する。

3. SRT の開業に伴う問題点

3.1 安全性の確保

<問題点>

現在の名古屋都心ではタクシーや路面バスなど車両の走行が多く、周辺では混雑が問題になっている。それに伴い事故の発生も多く、安全性が低いと考えられる。SRT 運行にあたっては、道路左側の車線を専用・優先レーンに設定して、区分のためにペイントを施す予定だが、環状ルートは複数の場所で右折を必要とする。交通量が多い都心で安全・安心に右折することはハードルが高い。また最近では Uber eats の危険運転による事故も増えており、公共交通の安全面に課せられる責任は大きい。

<解決策>

名古屋では、現時点でも専用レーンを走る「基幹バス」（通常のバス車両）がある。この方式を SRT に使うことも考えられるが、専用レーンが道路中央に設けられており、なおかつ停留所付近では車体左側から乗降する関係上、いったん対向車線側に出るなど、コース全体が蛇行しているため連節バス向きではない。名古屋市では PTPS（信号制御による公共交通優先システム）のほか、最新の技術開発の動向を踏まえた検討を行うとしているため、1980 年代にできた基幹バスのシステムよりもシンプルにできる可能性もある。また、専用・優先レーンでの違法駐車や優先時の車走行の取り締まりを強めることやガードレールなどの歩行者の安全設備の充実も考えられる。

3.2 自動車との競合による利用者の減少

<問題点>

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が非常に高く、逆に公共交通（鉄道・バス）利用は低くなっている（図-1）。そのため、名古屋市の交通手段割合は、自動車利用に依存した

交通構造となっている。一方、都心部の自転車交通量は平日・休日とも増加傾向となっている（図-2）。

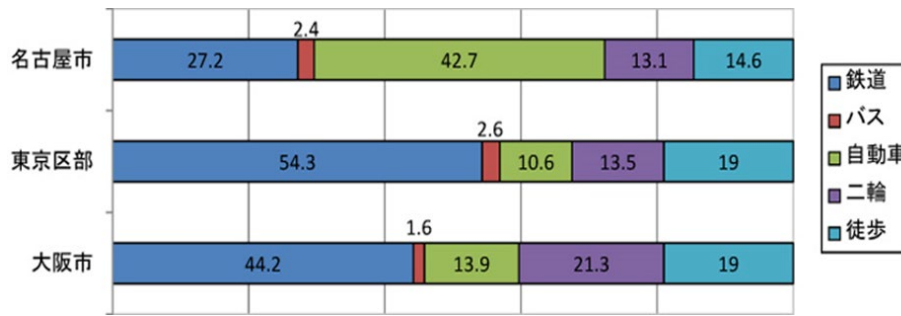


図-1 三大都市における代表交通手段

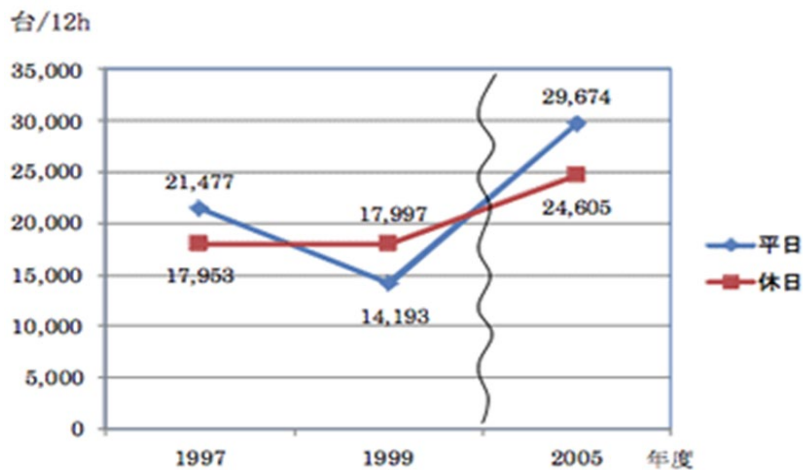


図-2 名古屋都心部の自転車交通量の推移

<解決策>

一人一人のモビリティ（移動）が、社会的にも個人的にも望ましい方向（過度な自動車利用から公共交通等を適切に利用する等）に変化することを促す、コミュニケーションを中心とした交通政策であるモビリティ・マネジメントによる意識の変化を促す。また、パーク&ライド（自宅から最寄り駅まで自動車を使い、駅に近接した駐車場に駐車し、公共交通機関に乗り換えて目的地までいく交通手法）の促進も効果的である。パーク&ライドのメリットとして、目的地に向かう途中で公共交通に乗り換える手法であることから公共交通の利用促進を図ることができる。鉄道に乗り換えるパーク&レールライドと合わせてバスに乗り換えるパーク&バスライドを推進することにより、路線バスや都市間バス等の利用促進を図ることができる。そして自動車交通量が削減され、これにより慢性的な道路交通渋滞の緩和・解消や幹線道路等の走行速度の向上により、沿線地域の環境改善や路線バス等の走行環境の改善などを図ることができる。

3.3 SRTの運行が他交通に及ぼす影響

SRTが既存の公共交通機関に与える影響は少ないと考えられる。理由は、SRTと既存の公共交通機関はまったくの別物であり、コンセプトもまったく違うためである。むしろ、SRTの回遊性により公共交通の賑わいが増すことが見込めると考える。一方、車の交通には大きな影響を与えられとされる。

以下は、名古屋市が平成30年に行った「新たな路面公共交通システム導入に係る交通影響検討業務委託」の調査の概要である。

<調査概要>交通シミュレーション実施に向けた基礎データを得るための実態調査

- ・主要交差点（3箇所）における方向別自動車交通量、歩行者・自転車交通量（7:00～19:00）
- ・単路部（4断面）における車線別断面交通量の調査（17:00～19:00）
- ・専用レーン導入に伴う交通影響検証：SRTの運行にあたって、道路左端の車線を専用・優先レーンに設定



図-3 交通実態調査箇所

表-1 シミュレーションの概要

範囲	広小路通（伏見交差点～栄交差点）
時間帯	平日 17時台
走行車両	路面公共交通：5分ごとに東行き・西行きが運行されると設定 路線バス：時刻表をもとにダイヤを設定 その他自動車：交通実態調査の結果をもとに設定
バス停における停留時間	路面公共交通：想定される乗降者数をもとに、30秒と設定 路線バス：現状のバス停車時間から、平均的な値である15秒と設定

4. 検証結果を踏まえた考察

進行方向の先詰まりにより、1サイクルの青信号で交差点を通過できない状況が発生している。現況再現と比較して、平均旅行時間は約1.6～1.7倍増加し、交通に与える影響が大きい。したがって、専用レーン導入によって直進車線が1車線のみとなることで、交通状況が悪化すると考えられるため、迂回交通を周辺道路へ誘導する必要があると考えられる。また、都心を中心とした渋滞が増えることが予測される。自動車からのCO₂排出量は、走行速度に応じて異なる。例えば、走行速度が20km/hから60km/hに向上すれば、燃費が改善されるため、その結果、CO₂排出量は約40%低減する。SRTは環境に優しい交通システムだと言われているが、導入によって渋滞が発生すれば、他交通からのCO₂排出量は増加してしまうと考えられる。

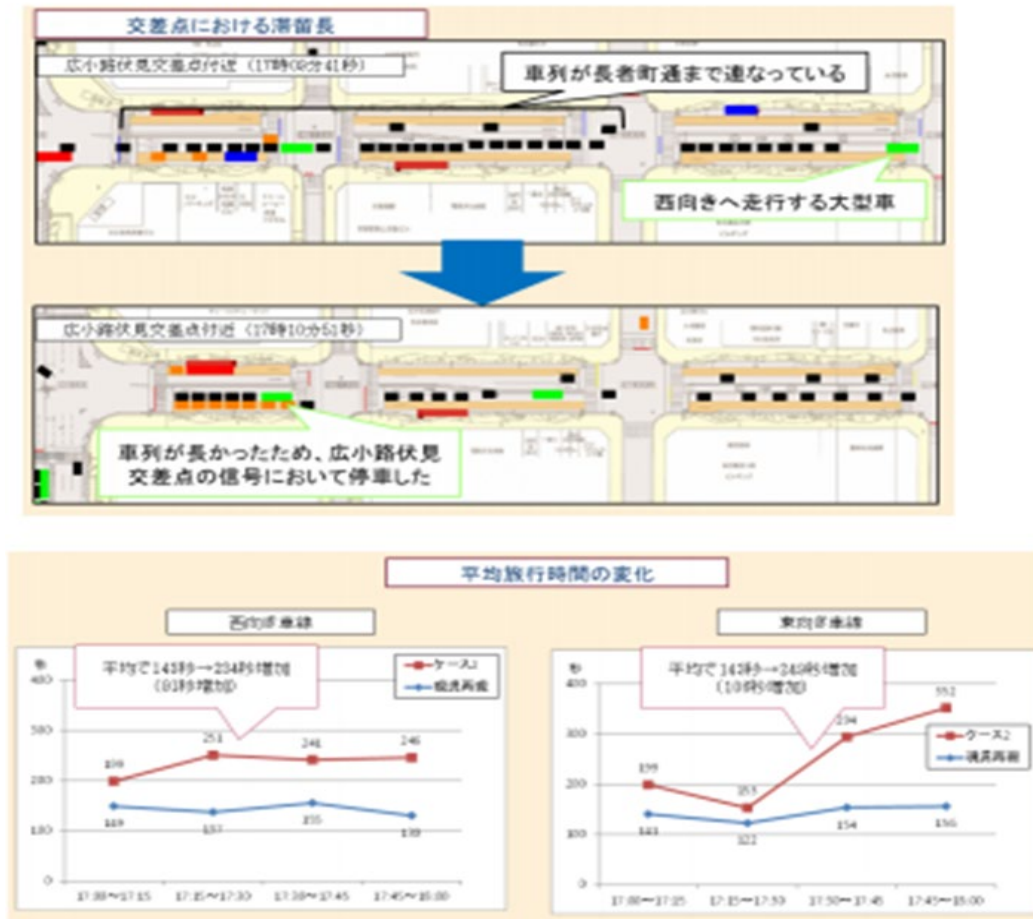


図-4 検証の結果

5. まとめ

SRT の運行については、もう少し検証が必要だと考える。SRT 運行が名古屋都心の渋滞に繋がるような状況になれば SRT のコンセプトである、まちの魅力向上も半減するのではないかと考える。また、専用・優先レーンや待合空間などの大規模な工事による渋滞も懸念される。公共交通機関の利用を促進していくことが理想ではあるが、自動車産業が盛んな東海地区では、まず公共交通と自動車が共存していく社会を目指すべきではないかと考えられる。

参考文献

- 1) まるはち交通センター：SRT「新たな路面公共交通システム」計画概要
http://www.maruhachi-kotsu.com/tanken/L13SRT_system.html
- 2) 名古屋市：「新たな路面公共交通システムの実現を目指して（SRT 構想）」について
<https://www.ido.city.nagoya.jp/machidukuri/newsystem/srt.html>
- 3) 名古屋市：平成 30 年度新たな路面公共交通システム導入検討業務委託
<https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/content/001304133.pdf>
- 4) 名古屋市：新たな路面公共交通システム導入に係る交通影響検討業務委託
<https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/content/001304131.pdf>
- 5) 国土交通省：安全に配慮した自動車交通システム
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01transit/pts.html>

埋設管理戻し材としての団粒構造土の適用について

EC17023 佐藤 天映

1. はじめに

埋設管理戻し部の沈下やマンホール浮上等の液状化による被害は、管の破損による交通障害等の社会的影響を招くことから、国は対策の推進に取り組んできた。現在、埋め戻し土の液状化対策(図1)¹⁾は3つあり、それぞれ液状化抑制効果は大きいとされている。しかし、これらの対策はコストや施工性の問題等から十分に実施できておらず、東日本大震災により管渠の埋戻し土の液状化による被害が多発した。東日本大震災における下水道施設被害のアンケート調査結果²⁾によれば、図2に示すように埋戻し土の液状化が被害全体の約7割を占めており、液状化対策のさらなる推進が必要である。また、中里幸聖らによれば、図3に示すように1970年代に大量に布設された管路が更新期を迎えており³⁾、それに伴い管路の更新需要も増加すると予想できる。埋戻し土の液状化対策を施すのは管の更新時が現実的であるため、液状化対策の研究は急務である。本研究では団粒化による透水性の向上に着目し、現場で発生した掘削土を団粒構造土に改良することで液状化対策として利用できないか検証することを目的としている。

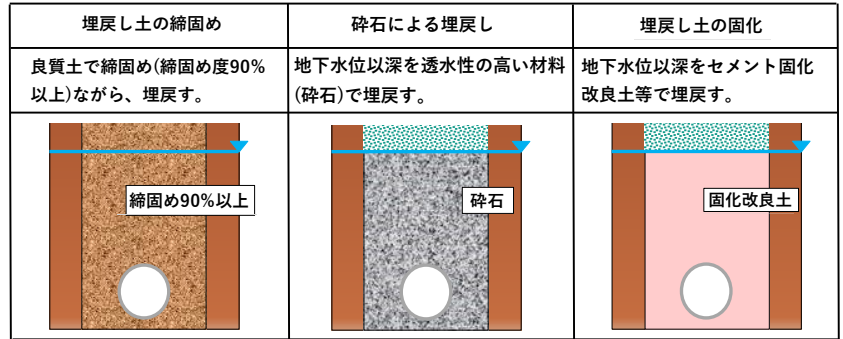


図1 埋め戻し土の液状化対策と概念図¹⁾

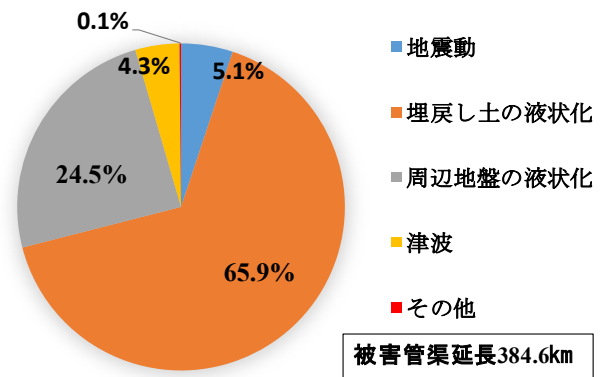


図2 管渠における被害要因割合²⁾

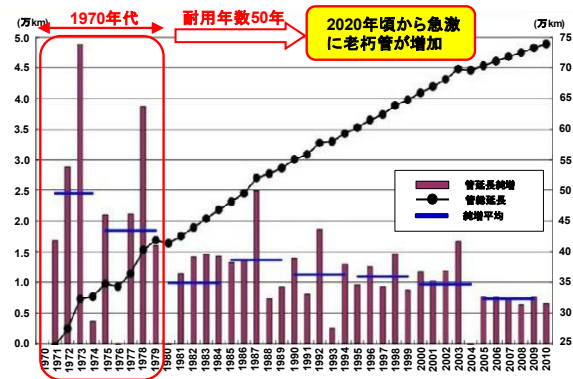


図3 水道管総延長の推移³⁾

2. 団粒構造土

通常の土は図4(a)のような単粒構造をしている。ここに高分子凝集剤を注入することで、図4(b)のように細かい粒子がまとめられ粒子群となり、大きな間隙(マクロポア)と小さな間隙(ミクロポア)によって形成される団粒構造土⁴⁾へと改良することができる。団粒構造土は、マクロポアにより透水性が、ミクロポアにより保水性が向上する。

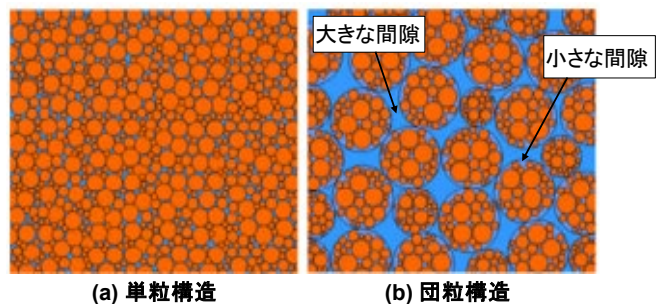


図4 単粒構造および団粒構造⁴⁾

3. 振動実験

(1) 使用試料

単粒構造土と団粒構造土を振動装置により振動させることで団粒構造土の液状化抑制効果を検証するための実験である。使用した試料は福岡県みやま市瀬高町で採取された土(以下、現場土とする)である。この試料の粒度試験結果を図5に示す。団粒化により、約0.02mmから0.6mmの細砂、中砂部分がまとめられ、減少していることがわかる。

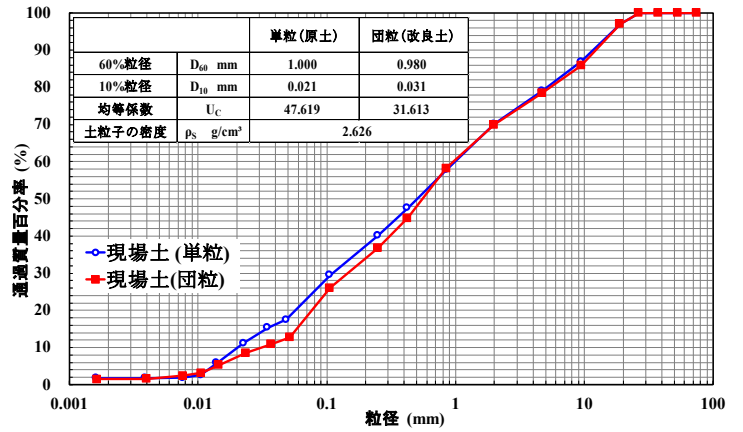


図5 粒度試験結果

(2) 実験装置および実験概要

図6に示すように水槽の中央を2つに仕切り、それぞれに原土(単粒構造土)、団粒構造土を入れた。この時、密度差による影響を排除するために体積および土の乾燥質量を等しくし、乾燥密度を同一にした。また、地表面から7cmの地点に水道管に見立てた塩ビ管(外径3.2cm、長さ15.7cm)を設置、水を排水する際に土が流出するのを防ぐためにドレーンを敷設した。実験装置の背面には加速度計と水圧計の2種類、3個のセンサーを設置した。計測時間は約2分で、計測開始から40秒、100秒後に加振した。なお、液状化の判定には、過剰間隙水圧 u_e を有効応力 σ' で除した過剰間隙水圧比(u_e/σ')を用いる。過剰間隙水圧比は1を超えると有効応力がゼロになり、液状化が発生していることがわかる指標である。

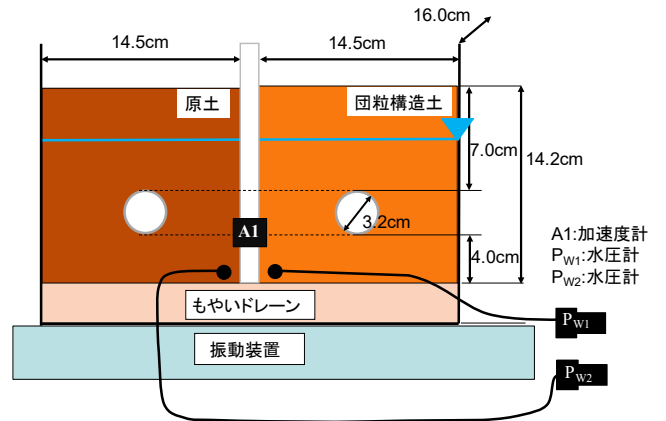


図6 振動実験概略図

(3) 試験結果

実験結果を図7と図8に示す。実験開始から約100秒後、2回目の加振をした直後に原土(単粒構造土)は過剰間隙水圧比が1を超え、液状化していることがわかる。それに対し、団粒構造土は過剰間隙水圧比が上昇してはいるものの、液状化に至らなかった。過剰間隙水圧比の変化のグラフを見ると、団粒構造土では1回目の加振時に過剰間隙水圧比が上昇後、2回目の加振時まで徐々に過剰間隙水圧比が減少していることが確認できる。これはマクロポア内の間隙水が排水されることで過剰間隙水圧が減少したためだと考えられる。図8を見ると、団粒構造土の地表面に水が出てきているが、この水は土粒子があまり含まれていない綺麗

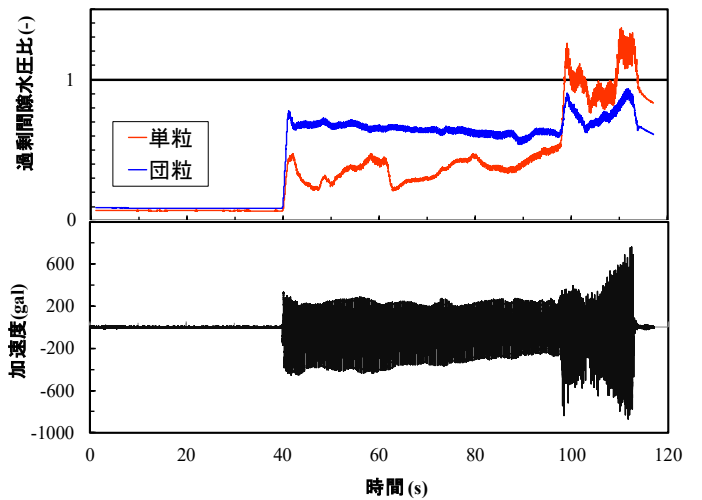


図7 過剰間隙水圧比、加速度の変化



図8 実験前後の地表面の変化

な水であり、このことから間隙水が排水したと考えることができる。

4. 団粒構造土の品質の検証

団粒構造土を埋設管の埋戻し材として実際に適用できるのか、以下の2つの方法で検証する。

- 1) 団粒構造土が発生土利用基準²⁾において埋設管埋戻し材として適用できるかの検証
- 2) 団粒構造土と各自治体の埋戻し材料基準との比較

なお、これらの基準と比較するにあたり必要な試験値を求めた。行った試験は以下の通りである。

- ・土の含水比試験 JIS A 1203
- ・土の粒度試験 JIS A 1204
- ・地盤材料の工学的分類 JGS 0051
- ・CBR試験 JIS A 1211
- ・締固めた土のコーン指数試験 JIS A 1228

5. 試験結果

試験により求めた試験値を表1に示す。

表1 得られた試験値

最大粒径 (mm)	26.5
75 μ ふるい通過質量百分率 (%)	22.1
土質分類	細粒分まじり砂 {SF}
設計CBR \checkmark (%)	10.1
コーン指数 q_c (kN/m ²)	2253.1

試料採取時の含水比が把握できなかったため、乾燥密度と含水比およびCBRの関係図(図9)から突固め回数67回のCBRを読み取り、設計CBR \checkmark として基準との比較に使用する。

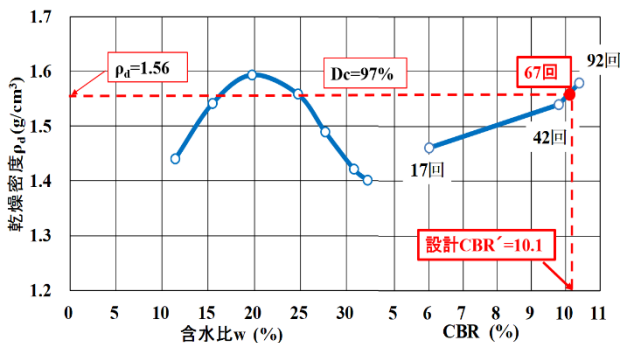


図9 乾燥密度と含水比およびCBRの関係

6. 品質の評価

まず、発生土利用基準において埋設管埋戻し材として適用できるかについて検証する。発生土利用基準とは、土質区分基準(表2)で発生土を区分し、適用用途標準(表3)で適用できる用途を表した基準である。表1、表2から、本研究で使用した現場土の団粒構造土は第2種建設発生土に区分されることがわかる。

表2 土質区分基準

区分	コーン指数 q_c (kN/cm ²)	土質材料の工学的分類	
		大分類	中分類
第1種建設発生土 砂、礫及びこれらに準ずるもの	-	礫質土	礫 {G}、砂礫 {GS}
		砂質土	砂 {S}、礫質砂 {SG}
		人工材料	改良土 {I}
第2種建設発生土 砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの	800以上	礫質土	細粒分まじり礫 {GF}
		砂質土	細粒分まじり砂 {SF}
		人工材料	改良土 {I}
第3種建設発生土 通常の施工性が確保される粘性土及びこれらに準ずるもの	400以上	砂質土	細粒分まじり砂 {SG}
		粘性土	シルト {M}、粘土 {C}
		火山灰質粘性土	火山灰質粘性土 {V}
		人工材料	改良土 {I}

第2種建設発生土区分されたため、それを踏まえて表3の適用用途標準を見ると、現場土の団粒構造土は、埋設管埋戻し材に該当する工作物の埋戻しにそのまま使用が可能であることがわかる。

表3 適用用途標準

区分	適用用途	工作物の埋戻し	建築物の埋戻し	土木構造物の裏込め
		評価	評価	評価
第1種建設発生土 砂、礫及びこれらに準ずるもの		◎	◎	◎
第2種建設発生土 砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの		◎	◎	◎
第3種建設発生土 通常の施工性が確保される粘性土及びこれらに準ずるもの		○	◎	○

[評価]


◎: そのままで使用可能なもの

○: 適切な土質改良を行えば使用可能なもの

次に、各自治体の埋戻し材料基準と試験により得られた試験値を比較し評価する。表4に名古屋市、千葉市、堺市の基準および現場土の団粒構造土の試験値を示す。一軸圧縮試験は本研究では行って

表4 各自治体の埋戻し材料基準との比較

道路 管理者 項目	名古屋市 ⁶⁾	千葉市 ⁷⁾	堺市 ⁸⁾		団粒構造土	評価
			下水道	上水道		
大分類	—	砂分≧礫分	—	—	砂質土	○
最大粒径	50mm以下	40mm以下	50mm以下	26.5mm以下	26.5mm	○
75μふるい通過 質量百分率	25%以下	—	25%以下		22.1%	○
設計CBR	8%以上	6%以上	—		10.1%	○
一軸圧縮強度 (28日強度)	—	—	100~200kPa		—	—
コーン指数	800kN/cm ² 以上	—	800kN/cm ² 以上		2253.1kN/cm ²	○

 : 最も厳しい基準

※設計CBR' : 乾燥密度とCBRの関係図から読み取った突固め回数67回のCBR

いないが、全6項目の内5つの項目で基準値を満たしている。

*

7. おわりに

本研究では、振動実験による検証および自治体の管理基準に係る土質試験を実施した結果、以下の知見を得ることができた。

- (1) 団粒化による改良土では、液状化時の過剰間隙水圧の上昇はあるものの、地表面に清水が出てくる程度で過剰間隙水圧比は1を越えず、液状化現象は発生しなかった。
- (2) 埋設管モデルも未改良土では浮上が確認されたが、改良土ではやや水平移動は観測されたが浮上は見られなかったことから液状化が発生していないことが確認できた。
- (3) 液状化時に、団粒化地盤では表面水が浮き上がったが、沈下が確認できなかったが、その原因については今後の検討が必要である。
- (4) 今回、団粒化剤の添加のみで発生土として実施した各種試験結果より、発生土利用基準および各自治体の埋戻し材料基準との比較により、一軸圧縮試験は実施していないが、現場発生土の団粒構造土が埋戻し材として適用できることがわかった。

参考文献

- 1) 松橋学, 深 渉, 小川文章: 下水道管路施設の埋戻し土の液状化対策工法の施工管理, 土木技術資料, 56(6), pp34-37, 2014. 6.
- 2) 下水道地震・津波対策技術検討委員会: 下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書, pp20-26, 2012. 3.
- 3) 中里幸聖: "大量更新期を迎える上下水道" 2013. 3. https://www.dir.co.jp/report/research/policyanalysis/regionalecnmy/20130311_006920.pdf, (参照 2021-2-9).
- 4) 杉井俊夫, 山田公夫, 馬 貴臣: 団粒化した土の物と舗装技術への適用, 総合工学 (25), pp39-46, 2013. 3.
- 5) 国土交通省: "発生土利用基準について" 200. 8. <https://www.mlit.go.jp/tec/kankyou/hasseido/60810kijyun.pdf>, (参照 2021-1-23)
- 6) 名古屋市: "埋戻し材として利用する建設発生土及び改良土特記仕様書" 2018. 4. https://www.city.nagoya.jp/ryokuseidoboku/cmsfiles/contents/0000045/45474/8_20180401.pdf, (参照 2021-1-23)
- 7) 千葉市建設局土木部土木管理課: "道路掘削復旧基準" 2018.4, pp.47~51, <https://www.city.chiba.jp/kensetsu/doboku/dobokukanri/documents/hukkyuukizyun300401.pdf>, (参照 2021-1-26)
- 8) 堺市水道局: "改良土の品質基準" 2020. 10, <https://water.city.sakai.lg.jp/ikkrwebBrowse/material/files/group/10/bessilhinsitukijunR3-2.pdf>, (参照 2021-1-26)

SH 型貫入試験を用いた土質の判定

EC17030 高木 開地

1.はじめに

現在、主に地盤調査方法としてボーリング調査・標準貫入試験などがあげられる。これらの調査で得られる土のサンプリングやN値は、地盤構造の把握や地盤の安定性を推定することができ、構造物を設計する際に用いられる。しかし、これらの調査では、一回で数十万円のコストがかかる。これに対し、簡易に行うサウンディング試験が用いられる。そこで、本研究では試験器も小さく簡単に扱えるサウンディング試験の一つであるSH型貫入試験に着目する。SH型貫入試験から得られるデータは、地盤の硬軟しかわからず地層の判別ができない。そのため、SH型貫入試験によって得られたデータNd/drop値の変動係数を求めて、地層の境界線をさらに、スペクトル解析を用いて実際の現場でのSH型貫入試験とボーリング調査・標準貫入試験結果を対比して地盤内部の土質の判定を行っていく。

2.SH型貫入試験

SH型貫入試験(図1)は動的サウンディングのひとつであり、地層表層部の軟らかい地層状況を調査し、斜面の調査に適した技術である。試験開始時に自重沈下があった場合には貫入深さを記録する。試験方法は、3kgまたは5kgの錘を50cmの高さから自由落下させることで、ロッドの先端を地盤内に貫入させ、1打撃毎の貫入量をデータロガーにより自動記録する。その結果より、10cm貫入させるために必要な打撃回数に換算したNd'/drop値、Nd/drop値を式(1),(2)により求める。これにより地盤の硬軟を判断することができる。本研究では、Nd/drop値を使用しているため、式(3)に示す吉松らの式を用いて、Nd'/drop値をNd/drop値に換算して行う。これにより、使用する錘の重量の違いに左右されず、表層から深部まで一貫したNd/drop値で測定値を解析することができる。

$$Nd'/drop \text{ 値} = \frac{1 \times 100(\text{mm})}{3\text{kgのハンマーを用いた時の貫入量}(\text{mm})} \quad (1)$$

$$Nd/drop \text{ 値} = \frac{1 \times 100(\text{mm})}{5\text{kgのハンマーを用いた時の貫入量}(\text{mm})} \quad (2)$$

$$Nd/drop \text{ 値} = 0.5Nd'/drop \text{ 値} \quad (3)$$

図2はNd/drop値と貫入深さの関係図である。青色の線では3kgの錘による1打撃ごとの測定結果を表している。このデータは、簡易貫入試験機よりも軽い錘(3kg)を用いているため表層の軟らかい土層での分解能がよく、1打撃ごとの土層状況を見ることができることから、土層の硬さや礫の混入状況などを詳細に把握できる。赤色の線は5kgの錘による値を表している。

しかし、この結果からでは地層までは判別はできない。

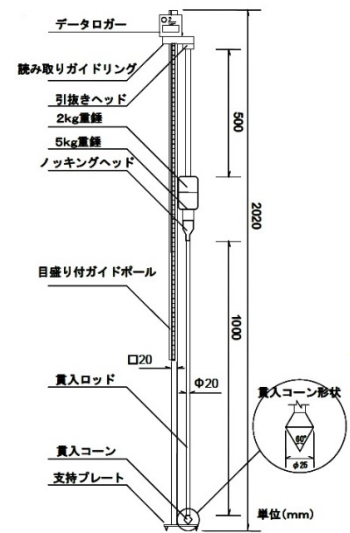


図1 SH型貫入試験機

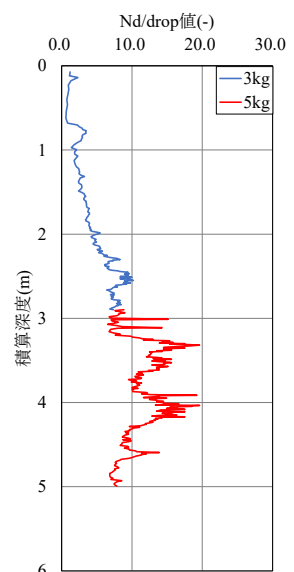


図2 Nd/drop値グラフ

3.地層境界線の推定

SH 型貫入試験を用いることで、地盤の硬軟を判定できることは分かった。しかし、Nd/drop 値と深度のグラフからは、層の判別はできない。そこで、Nd/drop 値は、貫入抵抗値の大きい土で構成された層ではおおきくなり、低い土で構成された土では小さくなるため、層の変化するところで Nd/drop 値のばらつきが大きくなると考え、このばらつきに着目して、地層の判別に変動係数を用いる。変動係数とは平均に対するばらつきの大きさであり、変動係数の式を式(4)に示す。そこで、変動係数が大きくなる点で層の変化があると考え。図 3,4 は Nd/drop 値の仮想のデータであり、Nd/drop 値が変化する点で変動係数が大きく上昇しているのがわかる。

$$\text{Nd/drop 値の変動係数} = \frac{\text{Nd/drop 値の標準偏差}}{\text{Nd/drop 値の平均}} \quad (4)$$

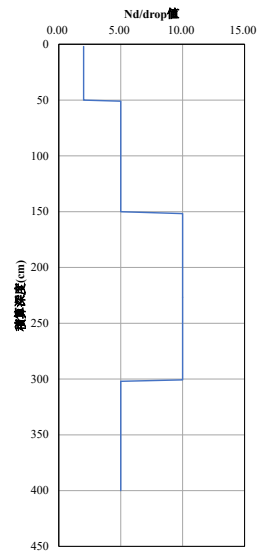


図 3 Nd/drop 値 仮想データ

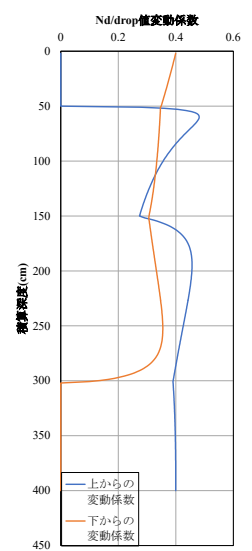


図 4 変動係数の 仮想データ

求めた変動係数を、ボーリングデータと比較することで推定の地層境界線を求めていく。

4.累積スペクトル

累積スペクトルとは、高速フーリエ変換から得られたスペクトルを累積させたものである。粘土などの粒径が小さいものは貫入がスムーズに行われるため、Nd/drop 値での周期が長くなり、波数が小さくなる。よって、累積スペクトルにおいて勾配が急なほど粒径が小さいと考えられる。そこで、変動係数によって求めた土質の種類ごとに累積スペクトルグラフを求めることで、粒径の大きさを推定することができ、土質種を判定できると考える。本研究では三か所で行われた実際の実験データを使って、層ごとの累積スペクトルを求めた。しかし、ボーリングデータが存在するすぐ近くで行った SH 型貫入試験のデータは三つしかなく、これから求めた層はほかに比べて信頼性がたかいたと考えそれらの三つのデータを使用した。

5.まとめ

ロームと凝灰質粘土は、ほとんどがシルトと粘土で構成されており、細粒度であることから急こう配なグラフを予想しており、結果(図 5)急勾配なグラフが得られたことから、ロームと凝灰質粘土と確定した。このように、累積スペクトルの勾配と粒径の大きさの間に相関が得られ粒径が推定できると考える。

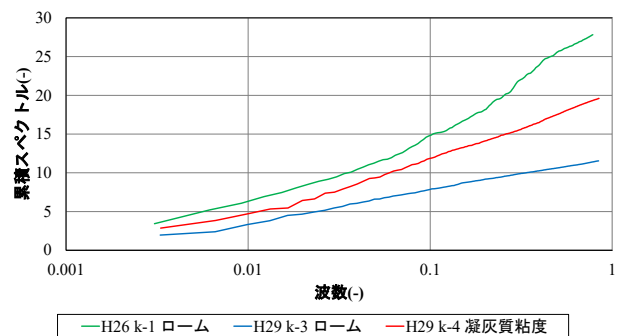


図 5 波数-累積スペクトルグラフ 結果

【参考文献】

- 1) 橋田 将典：SH 型貫入試験を用いた土質の可視化,2018 年度中部大学卒業論文,pp.1-35,2018.
- 2) SH 型貫入試験 技術・調査基準 編集委員会：'SH 型貫入試験（表層構造調査用簡易貫入試験） 技術・調査基準 同解説,2015.9.
[http://www.hyoudoken.jp/pdf\(technical\)/shgatasikenki_gijyutu_tyousakijyun201509.pdf](http://www.hyoudoken.jp/pdf(technical)/shgatasikenki_gijyutu_tyousakijyun201509.pdf) (参照 2020.11.26)
- 3) ダイトウテクノロジー株式会社：SH 型貫入試験機
https://www.daitoutg.co.jp/p_rs_shpenetro.php (参照 2020.11.26)

堤体基礎の層構造と天端舗装亀裂の関係について

EC17031 高田 彬宏

1. はじめに

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震では、液状化により、940カ所の堤防等の河川管理施設が被災した。原因として、堤体内部の液状化だと考えられている。図1のように堤体の液状化は基礎地盤が非液状化層(砂質土以外の層)で形成されており、堤体が圧密沈下することでめり込み部が発生し、そこに河川水や雨水が溜まることで閉封飽和域が形成され、地震動によって堤体自体が崩壊する現象である。そのような危険箇所を特定する方法がないのが現状である。山田ら¹⁾は、堤体基礎の粘土層の存在と天端舗装の縦断亀裂との関係を調べ、粘土層の有無と粘土層厚に関係することが得られたが、亀裂の発生メカニズムには至らなかった。そこで本研究では堤体基礎の粘性土が縦断亀裂を惹起するメカニズムを明らかにすることを目的とする。

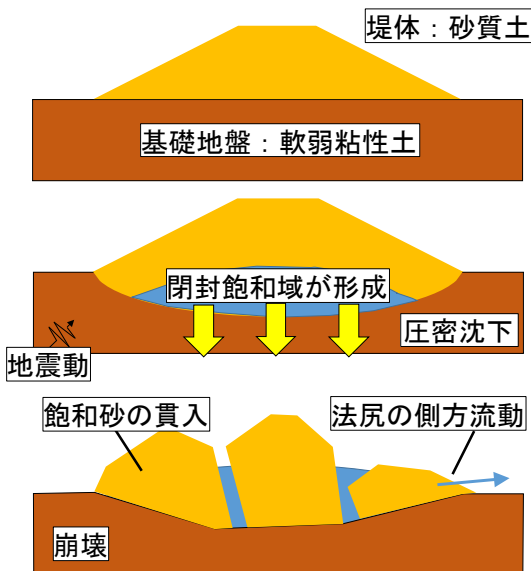


図1 堤体液状化メカニズム

2. 堤体圧密模型実験による変状の確認

実際に堤体が圧密沈下し、天端に縦断亀裂が発生するかの確認と堤体の端部が引張力を受けることにより堤体のすべりや天端の引っ張りの発生を

確認する。基礎地盤に生田木節粘土を使用し、堤体にはキネティックサンドという粘性を持った砂を使用する。図2は2割勾配の堤体を意識して設計した。定期的に断面と上面を定点で撮影し、変化を記録していく。結果として図3のようになった。築堤から6週間、8週間の時点で圧密沈下を促進するため、固定荷重を載荷した。最終的に6.5mmの沈下が見られたが、堤体に縦断亀裂とすべりの発生は確認できなかった。原因として、堤体が砂質土で堤体基礎が軟弱粘性土の場合においても、左右非対称地盤では縦断亀裂が発生することは少ないと考えられる。

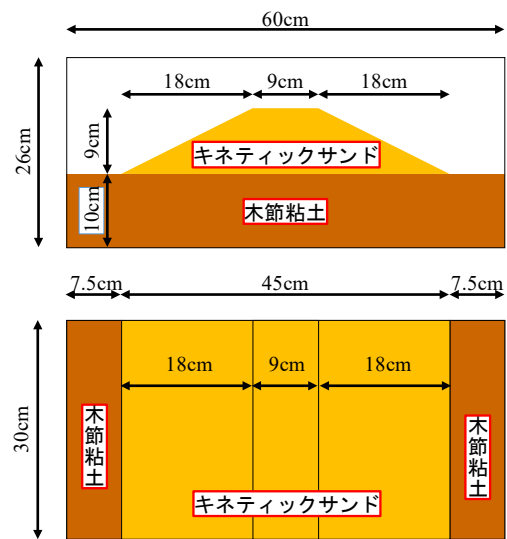


図2 堤体模型設計図

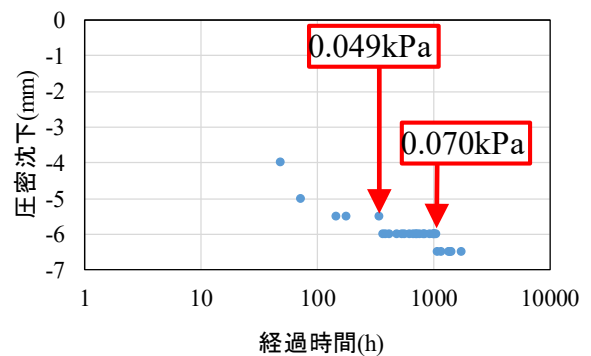


図3 圧密沈下グラフ

3. 堤防横断方向土質調査結果図を用いた検討

本研究では堤体基礎地盤の粘土層分布に着目し、堤体基礎地盤の粘性土分布が左右対称、左右非対称の違いによって縦断亀裂の発生に関係するのかを庄内川で検討した。検討方法は、河川堤防データベース(2008年)の堤防横断方向土質調査結果図を活用し、粘土層分布を左右対称と左右非対称の2つに分け、各地点の天端舗装に縦断亀裂が見られるかをGoogleストリートビュー(2019年)にて確認した。検討結果として、左右非対称断面では、図4のように22カ所で亀裂が確認できた。発生したのは縦断亀裂のみではなく、図5のように横断亀裂や亀甲亀裂も見られた。次に左右対称断面では、図6のように14カ所で亀裂の確認がされたが、亀裂の発生要因として、図7のように治水地形分布と堤体内に粘性土を含むことにより、堤体の耐久度が下がり、亀裂が発生したのではないかと考える。そのため、左右対称断面では亀裂が見られにくいと考える。

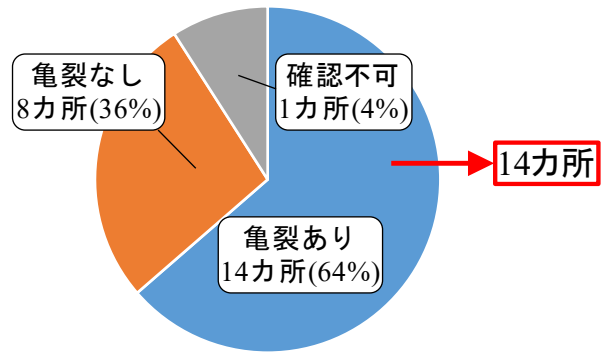


図6 対称断面での亀裂の有無

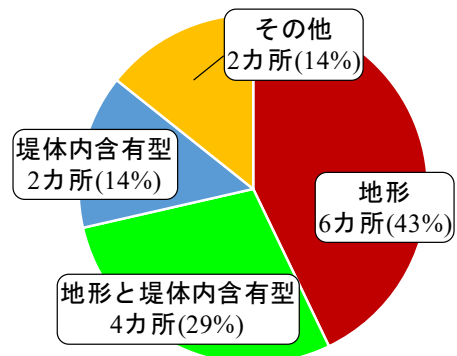


図7 対称断面(14カ所)での亀裂発生要因

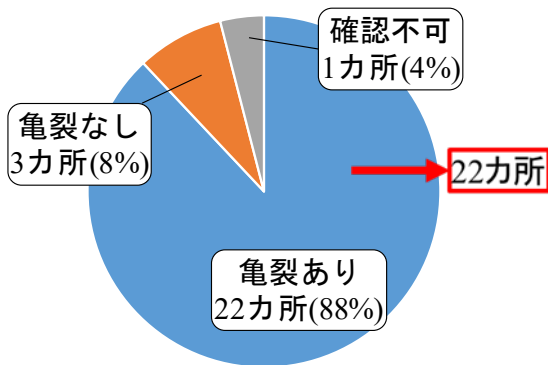


図4 非対称断面での亀裂の有無

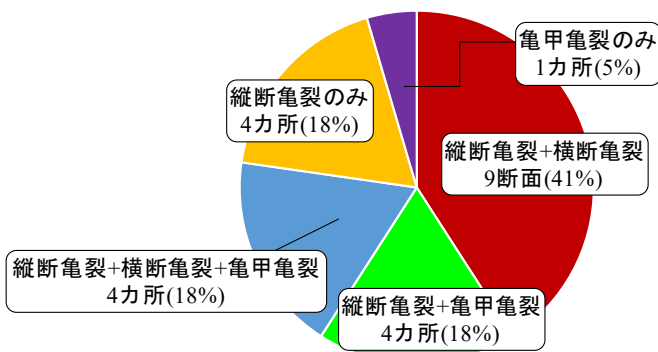


図5 非対称断面(22カ所)の亀裂の内訳

4. おわりに

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1)堤体基礎地盤の粘土層が左右非対称の場合、縦断亀裂は発生しやすい。
- 2)堤体基礎地盤の粘土層が左右対称の場合、縦断亀裂は発生しにくい。
- 3)横断亀裂は縦断面において、粘性・非粘性土の境界の有無が起因する。
- 4)天端舗装の縦断亀裂の発生には、基礎地盤のみではなく、堤体内の構造、治水地形分布が影響している。

【参考文献】

- 1)山田雄大：堤体基礎の支持力と天端舗装の亀裂の関係，2019年度中部大学卒業論文，pp.2-31，2020.1
- 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)宇野尚雄，笠井雅広，岩崎好規，藤原照幸：堤体の土質柱状図にある粒度の表現法とその活用，第4回河川堤防技術シンポジウム講演概要集，pp.37-40，2016.11

地盤工学の観点からみた越流侵食に関する研究

EC17032 高田 謙太

1. はじめに

越流侵食とは堤体の裏のり面及び裏のり尻で天端を越えた越流水がのり面を流下する際に、発生するせん断力によって徐々に堤体のり面を削っていく現象である。2019年に長野県千曲川で発生した堤防決壊は越流水による裏のり尻の侵食が原因とされている¹⁾。特に裏のり尻にはせん断力の作用が集中するとされる。しかし、越流水中と土中では流速が大きく異なり、せん断力以外に流速差による「揚力」の作用もあるのではないかという仮説を立てた。本研究は、水中と土中の流れの流速差による「揚力」の発生の確認と粒度組成によって侵食に対する靱性の変化を調べることを目的とする。

2. 揚力の原理による侵食現象発生の仮説

揚力の原理は、ベルヌーイの定理やクッタの条件を満たす循環によって説明される。本研究では、ベルヌーイの定理を使って検討する。図1に示すように、空気が速く流れる翼の上面は、空気がゆっくり流れる翼の下面より気圧が低くなることで揚力が発生する。この発生条件を地表面流れに当てはめたとき、地盤内を流れる流速は土粒子との摩擦抵抗によって流速が小さくなるため、地表面と地盤内で流速差が生じ、揚力が発生すると考えられる。この揚力の原理によって土粒子の間隙径が大きくなり、侵食の進行につながっていると考えられる。

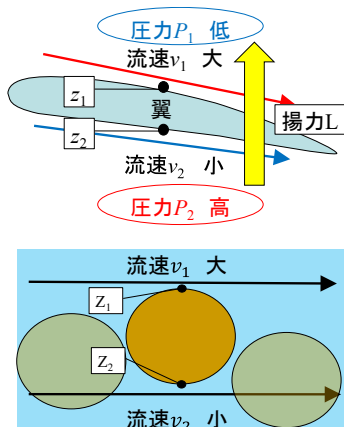


図1 揚力の原理

3. 研究方法

本研究は揚力の確認と粒度組成を変えた越流侵食実験の2つに分けて実施した。

(1) 揚力発生確認試験

密度の小さい玩具として用いられるBB弾（密度 $\rho_s=1.87\text{g/cm}^3$ ）、珪砂6号による水平流れにおいて、水中、土中の流速を推定、目視で確認を行った。

(2) 越流侵食実験

模型堤防の天端およびのり面を粘土と珪砂を混合し、珪砂の含有率を変えて侵食の様子を調べた。

4. 揚力発生確認試験

(1) 実験の概要

図2は表面流水と地表面の境界に発生する揚力を地表面流れと地盤内流れの流速を土中の動水勾配から算出するための実験である。土中の動水勾配の計測にはピエゾメーターを使用し、管の先端を地盤中心部に設置した。給水機で給水を行い、給水機内の水位を一定にすることで流入量を一定とした。給水機は昇降式になっており、位置水頭を3パターンに分けることで土中の動水勾配(i_s)、模型水槽水位(H)、流量(Q)の計測を行った。平均単位時間流量を算出するため、各パターンで3回ずつ10秒間の流量を計測した。また、本実験では粒径分布の異なる珪砂6号とまさ土を用いて実験を行い、粒径の大きさの違いによる流速差の比較と揚力の発生の確認を行った。

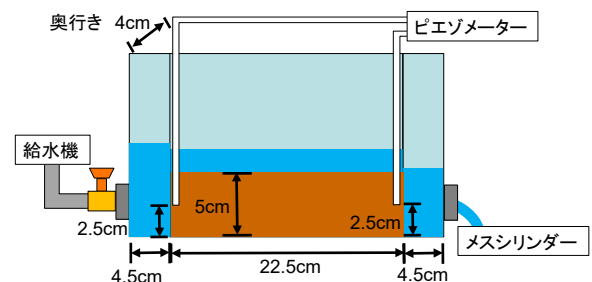


図2 流速差実験モデル図

(2) 揚力発生確認試験の結果

BB弾を用いた試験結果では、動画録画により粒子が移動する瞬間をとらえ(写真1)、その時の水中お

よび土中のそれぞれの流速を求めた。

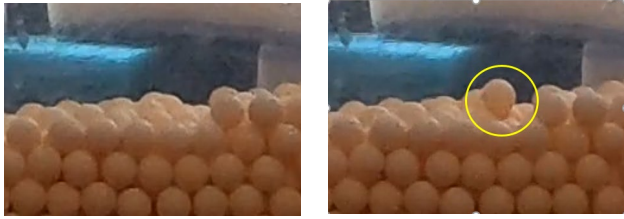


写真1 BB弾粒子の浮き上がり（前・後）

また、ベルヌーイの定理（式(1)）を用いて境界面における粒子の流速を算出し、圧力差を算出した。

$$P_2 - P_1 = 2\rho g(z_1 - z_2) + \rho(v_1^2 - v_2^2) \quad (1)$$

ここに、 P_1 :上部水圧（水中）、 P_2 :下部水圧（土中）、 v_1 :上部流速（水中）、 v_2 :下部流速（土中）、 z_1-z_2 :粒子上部下部の高さ（粒径）である。

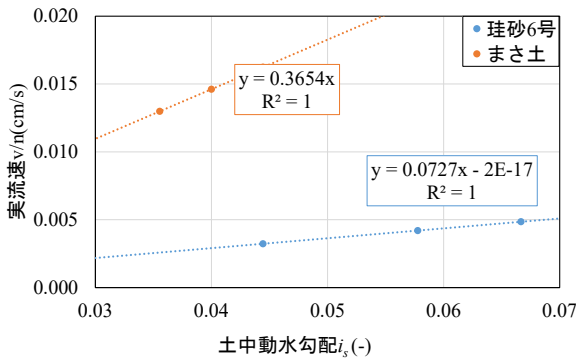


図3 (土中) 地盤内流れの関係

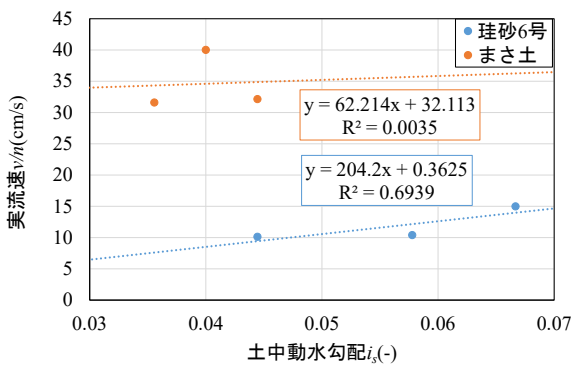


図4 (水中) 地表面流れの関係

表1 揚力発生確認試験結果

	粒径 $d(z_1-z_2)$ [mm]	水中密度 $(\rho_s - \rho_w)$ [t/m ³]	水中流速 v_1 [m/s]	土中流速 v_2 [m/s]	揚力 L [N]	粒子あたりの水中重量 W_w [N]
BB弾	6.0	0.87	0.055	0.038	3.33.E-03	9.64.E-04
珪砂6号	0.425	1.65	0.1186	4.0.E-05	1.18.E-06	6.58.E-07
まさ土	9.5	1.67	0.346	1.5.E-04	1.32.E-02	7.35.E-03

表1に示した結果より、圧力差による揚力は水中重量の約3倍程度に達していることがわかった。ただし、BB弾の流速の精度が粗いためあくまでも参考結果である。珪砂6号、まさ土についても実験を行

った。図3,4に示すように、水中および土中の流速の大きさを算出したところ、実流速で2000~3000倍の違いがあった。しかし、揚力は水中重量の約1.7倍であったが、粒子の浮き上がりは確認できなかった。

5. 模型堤防による越流侵食実験

(1) 実験装置の概要

図5に示すように試料を模型水槽内に地盤厚さ2cmになるように、天端および2割勾配の裏のりを想定した面に試料を最適含水率で転圧して設置した。水槽側面に設置した水道からサイドに設けたタンクに流速を変えて水位速度を毎秒6mm上昇と毎秒24mmの2種類で供給した。のり面の摩擦速度は、実験装置に取り付けたスケールによって越流水深を動画で計測をし、本間の完全越流公式を使用し、摩擦速度と粒径加積曲線の関係から各配合での粒径の流出率を算出した³⁾⁴⁾。

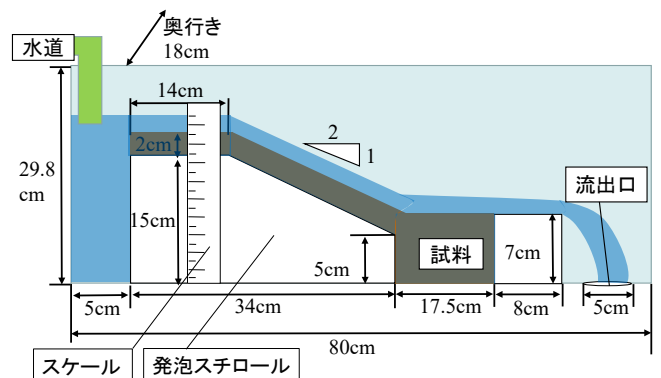


図5 越流実験モデル図

(2) 実験試料とケース

実験には、堤防の越流に対する靱性を珪砂6号と生田木節粘土を5つのケースで配合し、粘性の割合の変化による靱性変化を評価する。配合には最適含水比23.5%を使用して配合する(図6 表2)。

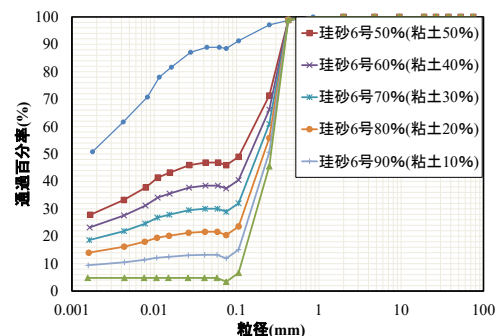


図6 使用した試料の粒度分布

表2 試験ケース

	水上昇速度 (cm/s)	珪砂6号割合 (%)	木節粘土割合 (%)
Case1-50	0.6	50	50
Case1-60		60	40
Case1-70		70	30
Case1-80		80	20
Case1-90		90	10
Case2-50	2.4	50	50
Case2-60		60	40
Case2-70		70	30
Case2-80		80	20
Case2-90		90	10

(3) 試験結果

図7に Case1 (水位上昇速度 0.6cm/s) と Case2 (水位上昇速度 2.4cm/s) に分けて、珪砂6号の含有率と最大越流水深の関係を示す。また、図8には、最大越流水深から本間ら³⁴⁾の完全越流公式(式(2)から(4))で算出した摩擦速度を示す。なお、越流開始から60秒後までの侵食の発生を視覚的に動画記録から調べている。

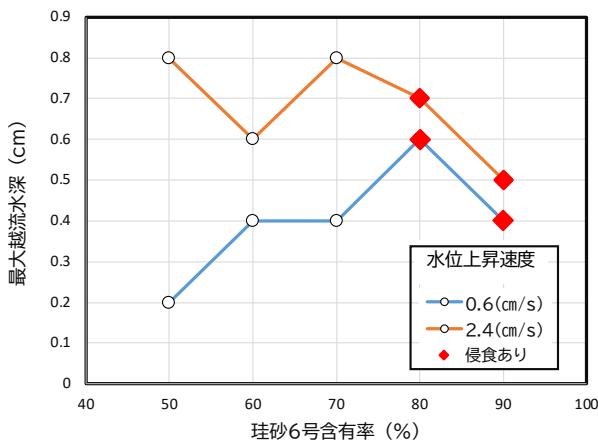


図7 珪砂含有率と最大越流水深と侵食結果

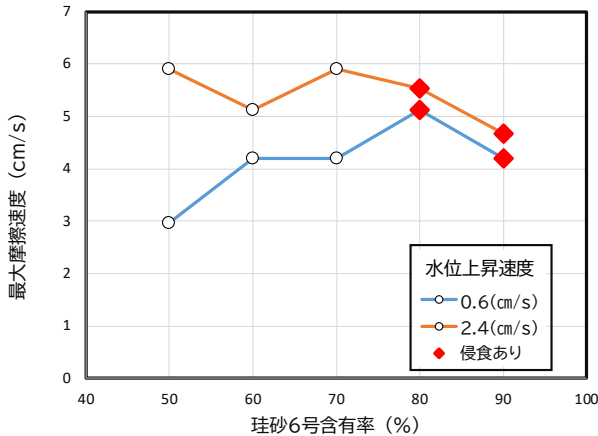


図8 珪砂含有率と最大越流水深と侵食結果

$$V = q/h = \mu\sqrt{2gh} \quad (2)$$

$$i_e = \left(\frac{nV}{h^{2/3}} \right)^2 \quad (3)$$

$$u^* = \sqrt{ghi_e} \quad (4)$$

ここに、 V : 平均流速 μ : 流量係数(0.35) h : 越流水深 g : 重力加速度 n : 粗度係数 (0.025) である。

最大越流水深から式によって摩擦速度が算出されているため図7,8の結果は同様の傾向を示している。両図より珪砂8割以上において水位上昇速度に関係なく、侵食が生じていることがわかる。一方、珪砂含有率50%から70%では、最大越流水深のばらつきがあるため、水位上昇速度による最大摩擦速度の比で整理を行ったのが図9である。

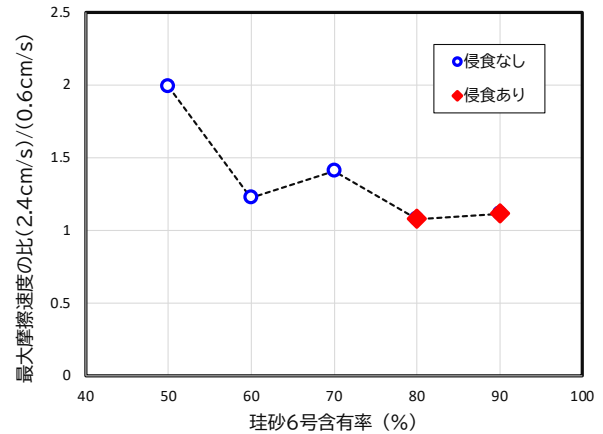


図9 珪砂含有率と最大越流水深時の最大摩擦速度の比

図9より、珪砂含有率50%から70%では破壊が生じていなく、さらに摩擦速度が大きくても破壊しないと考えられる。一方、侵食が起きているときの摩擦速度の差はほとんどなく、この時の摩擦速度が侵食開始時の速度であるとみなすことができる。

侵食が発生したのは、Case1-80、Case1-90、Case2-80、Case2-90の4ケースであることから、侵食の程度を評価するために、本試験では、越流開始から60秒後の堤体のり面の最も水平幅の大きい侵食幅を「最終侵食幅 B_b (cm)」(図10)と定義した。その結果を表3にまとめた。

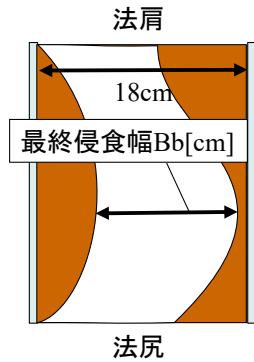


図 10 最終侵食幅 Bb の定義

表 3 最終侵食幅の比較

	珪砂含有率 (%)	最終侵食幅 Bb(cm)	摩擦速度 (cm/s)
Case1-80	80	2.0	5.13
Case2-80		16.0	5.53
Case1-90	90	18.0	4.19
Case2-90		18.0	4.68

表 3 の最終侵食幅からも、珪砂含有率が多くなると侵食幅が大きく一気に侵食されてしまうことがわかる。さらに、摩擦速度も小さく、珪砂 6 号の含有率が多くなると耐侵食性が低下することが明らかとなり、粘土分の含有量がある程度必要であり、粘性または土中を浸透する透水性にも影響することが考えられる。すなわち、のり面の土中に珪砂のような粗砂が多いと浸透しやすく、土粒子を流しやすいことが懸念される。また、粘性によるせん断抵抗が増加するとともに、のり面での抵抗が減少することが推察される。さらに、砂質の割合が大きくなるに従って摩擦速度が大きくなったことから試料の摩擦力と乾燥密度の変化によって速度が変化したと考えられる。

岩垣の式を用い、流出する粒径を算出したところ、3.5 mm以下の粒子の流出が得られ、今回使用した試料の最大粒径 9.5 mmよりも小さな値であり、摩擦速度はすでに小さな粒子の流出が始まっていたと推察された。今後、粒子移動開始時の正確な流速と粒子径を求められるような改良が求められる。

7. おわりに

本研究で得られた成果を以下にまとめる。

◆揚力確認試験

- (1) BB 弾を使用した実験においては、粒子が浮上し粒子を乗り越える現象を確認することができた。
- (2) BB 弾の粒子移動の速度から水中、土中の流速差

を使ってベルヌーイの定理から圧力差を求めて揚力を試算した結果、水中重量の約 3 倍になっており、粒子浮上の揚力として一検証となった。

- (3) まさ土、珪砂 6 号では地盤表面の水中流速は土中の流速差の 2000 から 3000 倍であることが得られ、流速差を確認することができた。
- (4) まさ土、珪砂 6 号の細かい粒子を使用した場合には、揚力は水中重量の両者とも約 1.7 倍に達していると算出されたが、粒子の浮上は視覚から確認できなかった。さらなる流速差や移動粒子の確認方法を検討する必要がある。

◆模型堤防による越流侵食実験

- (1) 粘土と珪砂の割合を変えた場合、珪砂 6 号が 80% 以上になると侵食が発生することがわかった。
- (2) 侵食が発生する摩擦速度は、水位上昇速度に影響しないことが実験結果から得られた。これにより侵食される越流水深が決まっていることが推察される。
- (3) 侵食されたのり面の最終侵食幅を用いて侵食の程度を調べたところ、珪砂含有率が高いほど侵食スピードが速いことが得られた。
- (4) 耐侵食性には、粘性分が寄与することが明らかとなり、土中の透水性や粘性がせん断抵抗を増加させること、また摩擦抵抗を軽減することなどが考えられた。
- (5) 粘性土に比べ、砂質土は越流に対する靱性は脆く、流出が起きやすいと考えられた。

【参考文献】

- 1)千曲川堤防調査委員会：千曲川調査委員会報告書,p26,p27,p35,p39,2020-08.
- 2)奥村恭：非定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 年度中部大学大学院修士論文, p .33,2011.
- 3)国土交通省水管理・国土保全局：国土交通省左遷砂防技術基準調査編,第 7 章第 3 節 p.5,平成 26 年 4 月.
- 4)本間仁・萩原能男：新版流量計算法,工学図書,pp.257~259,1979.

団粒化が間隙構造にもたらす変化に関する研究

1. 目的

現在までの土質力学では間隙を評価している指標は間隙比(間隙率)しかない。これらは土全体に対する平均値であり、詳しい間隙の構造の違いについては考慮していない。よって間隙構造を調べるために間隙径分布について知る必要があると考えられる。本研究は単粒構造の土の間隙径分布と団粒構造の土の間隙径分布を測定するものである。土の締固めを行う際に締固めの最中に土に団粒化が生じることによって土の透水性は最適含水比より湿潤側で最小になり、土の強度は最適含水比よりも乾燥側で最大になる。これについては団粒構造と単粒構造の間隙径分布の違いに原因があると末松ら(2018)の研究で明らかにされてきた。そこで本研究では主に、団粒化した土と単粒の土の間隙構造の評価を行うことを目的としている。

2. 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、水分特性曲線と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ではが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という高压域を測ることが可能な装置を使用し計測する。

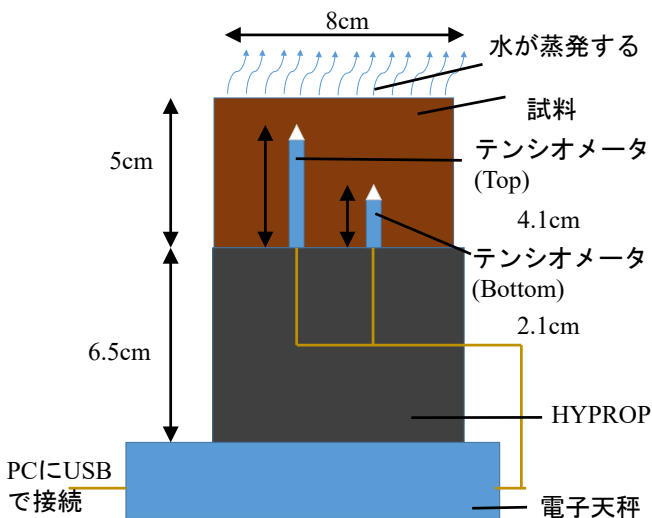


図1 HYPROPの概略図

HYPROPは、試料の水分特性を決定するために、

Schindersの蒸発法をもとに完全自動化された測定及び評価システムである。2本のテンシオメータを使用して試料内の2か所の位置の負圧を測定するものである。これにより試料の負圧及び不飽和透水係数を測定できる。また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できる。

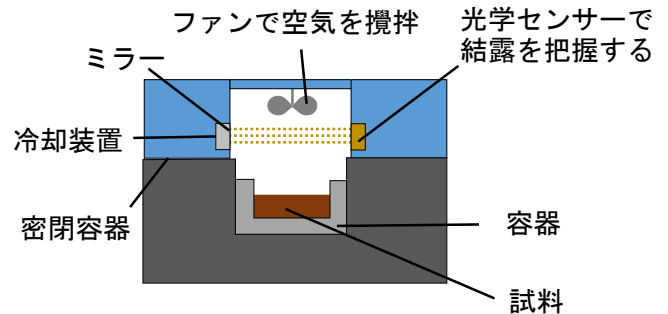


図2 WP4-Tの概略図

図1と図2はそれぞれ、HYPROPとWP4-Tの概略図である。WP4-Tは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、次にミラーを冷却させる、それによりミラー付近の空気が冷えて飽和水蒸気が低下し、ミラーが結露する、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ポテンシャル式(1)を計算して求める。

$$\psi = \rho_w \frac{RT}{M} \ln\left(\frac{p}{p_0} \times \frac{1}{100}\right) \quad (1)$$

ここに、 ψ : 土中水のポテンシャル、 ρ_w : 水の密度 (g/cm^3)、 R : 気体定数 ($8.314\text{J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$)、 T : 絶対温度 (K)、 M : 水の分子量 (kg/mol)、 $\frac{p}{p_0}$: 相対湿度、 P : 土中水と平衡している水蒸気の圧力、 P_0 : 等温で大気圧下にある蒸留水と平衡している水蒸気の圧力である。

3. 水分特性曲線

水分特性曲線を求めるためには、測定して出した負圧と各自の含水量から体積含水率を求めて、それを変換した飽和度を用いる、各時間の試料内の水分の体積を V_w 、試料全体の体積を V から各時間の体積含水率 θ を式(2)で求める。間隙体積 V_v から飽和度 S_r を式(3)で求める。

$$\theta = \frac{V_w}{V} \quad (2)$$

$$S_r = 100 \times \frac{V_w}{V_p} \quad (3)$$

ここに、 θ :体積含水率(-)、 V_w :試料内の水の体積(cm^3)、 V :試料の体積(cm^3)、 S_r :飽和度(%)、 V_p :間隙体積(cm^3)である。

図4と図5では散布図で表しているのが実測した数値で、平滑線で表しているのがfittingをした関数の数値である。図4と図5のfitting curveの関数式はFredlund-Xingのbimodel PDIを使用している。

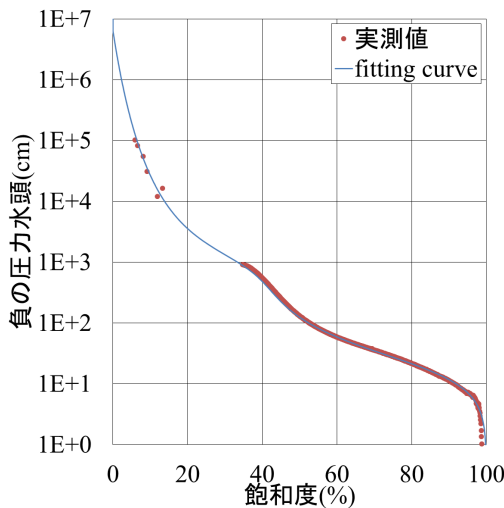


図4 単粒土の水分特性曲線

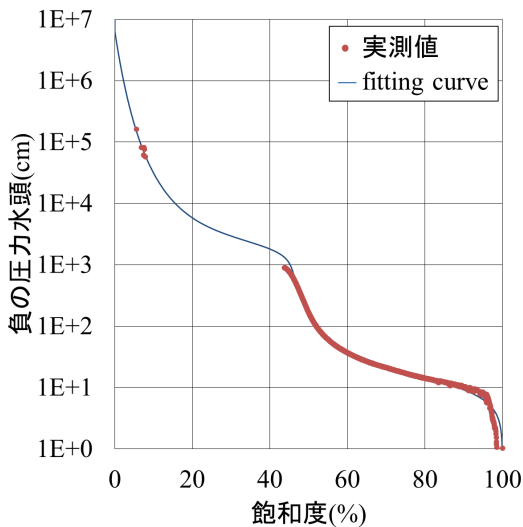


図5 団粒土の水分特性曲線

図4と図5はX軸に測定した各時間の水の体積から式(3)により変換した飽和度(%)で、Y軸に測定した負の圧力水頭(cm)である。

4. 間隙径分布

間隙径分布の推定には水分法を用いる、水分法とは毛管上昇高と管径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。

隙径径 d_m は実測値から変換したものである。水分法の式は以下式(4)に示す通りである。ここでの間隙径

の推定に式(3)で計算した飽和度を用いる。

$$d_m = \frac{4\sigma}{\rho_w g h_p} \quad (4)$$

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/cm^3)、 g :重力加速度(cm/s^2)、 h_p :負の圧力水頭(cm)である。

従来の研究においては、飽和度は使用せず有効飽和度という、移動できる間隙水の水分量の割合を使っていたが、移動しない間隙水、すなわち団粒塊内に保水されている間隙水にも間隙構造に影響を与えていると考えたため、ここでは間隙の水の割合である飽和度を使用している。

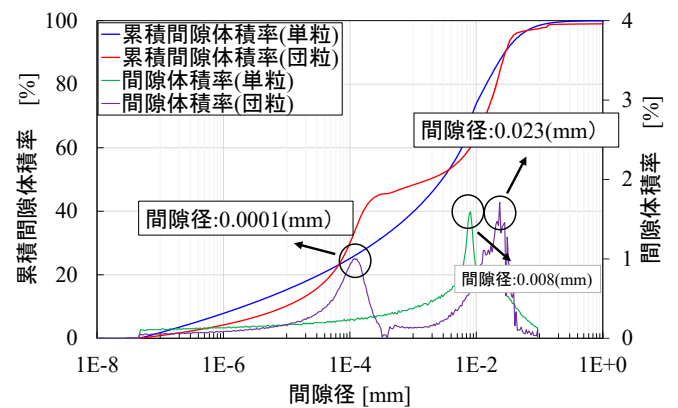


図6 単粒と団粒の間隙径分布

団粒土は単粒土より間隙が大きくなっているのが間隙体積率に注目することでよくわかる。すなわち土粒子が全体的に大きくなっていると考えられる。また団粒土の間隙体積率を見たとき間隙径が0.0001mmの所でも大きくなっているのが分かるこれは一つ目の山とは違いさらに小さい土粒子でも団粒化が起きていると考えられる。このことから一つ目の山が土の透水性に寄与し、二つ目の山では土の保水性に寄与すると考えられる。

5. おわりに

- 1) HYPROPとWP4-Tの測定データを組み合わせることで、幅広く測定可能となり、正確に間隙径の推定を行うことができた。
- 2) 間隙体積率の結果から、団粒構造ではマクロポアとミクロポアの存在が確認できた。
- 3) 団粒構造ではマクロポアが単粒構造より大きく透水性が高いこと、ミクロポアで保水性が高くなることが推測された。

参考文献

- 1) 浅野貴也:土粒子が造る間隙くびれ径分布の評価に関する研究,2019年度卒業論文,2019.
- 2) 川部ら:土の間隙構造を評価するための間隙径分布の計測,2018年度卒業論文,2018.
- 3) 末松知奈:土の間隙構造を評価するための間隙径分布の計測,2017年度卒業論文,2017

団粒化技術による液状化抑制の検証

EC17061 渡辺 拓人

1.はじめに

埋設物の浮き上がりや埋戻し材の沈下といった液状化による被害は、管の破損によるライフラインの停止や道路では交通障害をもたらす。また、老朽化による埋設管の交換時期を迎える機会の増加が考えられる。埋設管の交換において埋戻し材に団粒化技術の適用を目的としている。そこで本研究では、①埋戻し材の各自治体における基準の調査、②それらの基準に対する検証、③模型による振動実験で液状化の抑制効果の検証を行う。

2.試料

試料は2つ使用した。1つ目は2018年度柏原小学校グラウンド改良工事の際、改良前と改良後の試料で液状化実験前の試験土として使用した。2つ目は現地（福岡県みやま市瀬高町）から掘削された土を現場土とする。団粒化剤（GB-2000）を用いて団粒土の作成。団粒化することで細かい粒径がまとめられるため、粒径の分布に変化がみられる。

3.方法

粒径・透水性・液状化実験による団粒土の検証。

3.1 粒径による団粒化材の評価

粒径加積曲線を図1に現場土、図2に試験土を示す。団粒土では10~30%粒径で単粒土より高くなったため、均等係数が1に近づく。よって団粒化すると粒径幅は小さくなる。

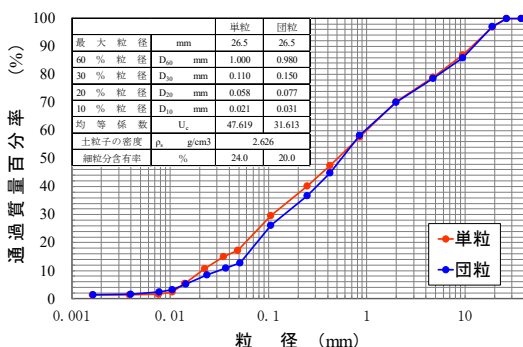


図1 粒径加積曲線(現場土)

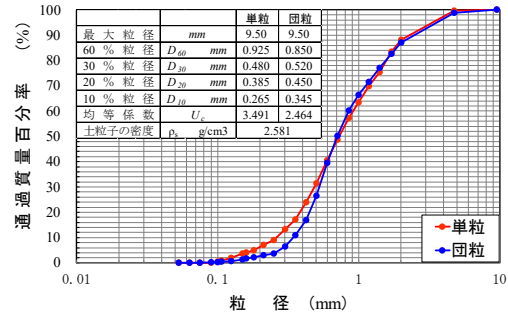


図2 粒径加積曲線(試験土)

3.2 透水性による団粒化材の評価

透水性の評価としてはMeter社のKSATを用いた透水試験を行った。試験土の液状化実験時の透水係数を式(1)のコゼニー式より推定した。水温によって変化する粘性係数を統一するために水温10℃で考え、土粒子の直径は20%粒径 (D_{20}) を使用した。図3の赤丸と青丸を塗りつぶしているのは今回の推定値である。透水係数の値から単粒は微細砂、団粒は細砂の透水係数に近い値になった。

$$k = \frac{\gamma_w}{\eta} C_k \frac{e^3}{1+e} D_s^2 \times \frac{1}{10^4} \quad (1)$$

ここに、 γ_w ：水の単位体積重量(kN/m³)、 k ：透水係数(m/s)、 η ：水の粘性係数(Pa・s)、 e ：間隙比(-)、 C_k, D_s ：土粒子の直径(cm)とする。

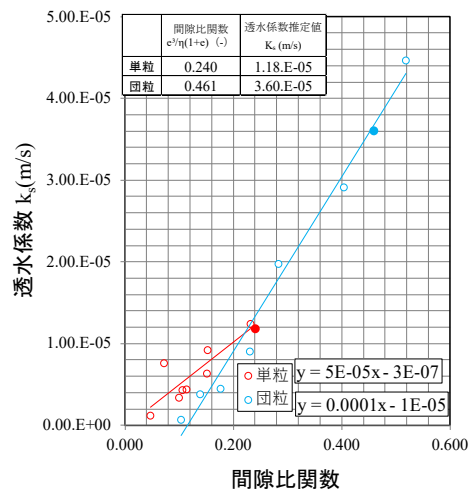


図3 透水係数と間隙比関数

3.3 液状化実験による団粒化材の評価

液状化実験は図4で現場土、単粒（右）と団粒（左）に試料を入れるが、比較を行うために発泡スチロールで水槽を区切った。水圧計と加速度計を水槽裏面に設置した。また地盤の設計は東京都品川区の道路占用配置基準¹⁾の水道管を参考にした。Hは水圧計から求めた水位で水位差から過剰間隙水圧を計算する。水の単位体積重量は計算上考えなかった。

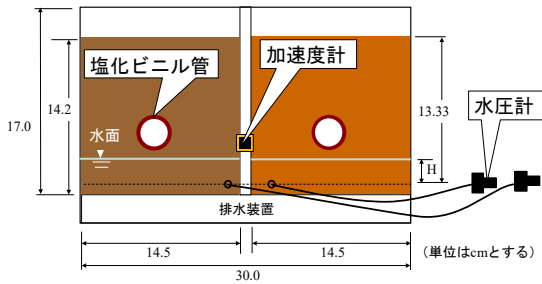


図4 模型裏面

液状化実験は約120秒で計測した。振動は25mmの振幅で図5に示すように過剰間隙水圧は加速度の変化とつながりがあり、40~100秒の時は団粒土では徐々に減少している。しかし単粒土では過剰間隙水圧比の増減があり、過剰間隙水圧比が1を超えたため、加振後6秒と加振後23秒の時の管の動向を動画から抽出した（図6）。

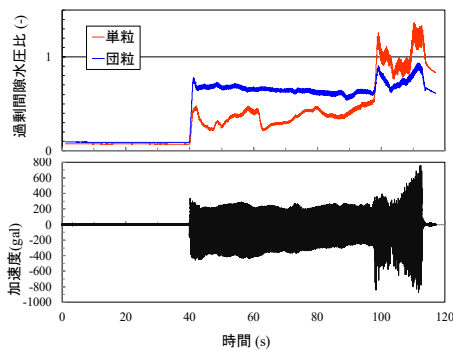


図5 過剰間隙水圧と加速度の変化

図6は管の位置を示す三角形のシールを張ったことでどれだけ離れたか数値的に表せる。結果、管は単粒と団粒どちらも動いているが団粒の地盤では埋設管の浮き上がりが少ないという結果となった。また図7に液状化実験後の地表面を示す。団粒土で過剰間隙水圧比が1を超えなかったのはきれいな水を排水したためと考える。

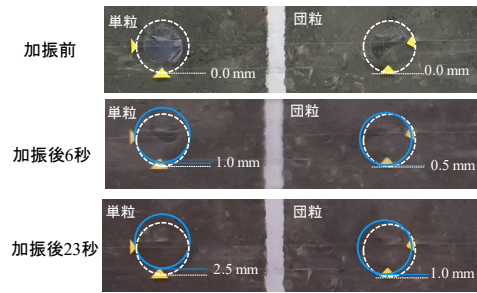


図6 過剰間隙水圧による管の動向



図7 液状化実験後の地表面

4.基準

現場発生土を使った埋設管の基準を調べた。役所では名古屋市の基準（表1）を見つけた。基準との比較としてはCBR試験での方法の違いとコーン指数の締固め回数の違いがあった。細粒分含有率は団粒化したため24→20%と基準に差ができた。

表1 現場土と名古屋市の基準との比較

試験項目	試験方法	試験結果	愛知県名古屋市（現場発生土）
① 粒度（細粒分含有率）	JIS A 1204	細粒分約20%（0.075mm未満）	75μm通過質量百分率25%以下
② 最大粒径		26.5mm	50mm以下
③ CBR	JIS A 1211	8.6%（修正CBR） 10.1%（3層67回）（設計CBR）	8%以上（発生土CBR）
④ コーン指数	JIS A 1228	1191.2kN/m ² 以上（3層42回の締固め） 1025.3kN/m ² 以上（3層17回の締固め）	800kN/m ² 以上（1層25回の締固め）
⑤ その他	-	-	-

5.おわりに

本研究の結果以下のことが得られた。団粒土では細かい粒径のまとまりと間隙比関数から透水性の向上。液状化実験では、水槽上部に排水することで管の移動が単粒土より少なかった。周波数を上げて過剰間隙水圧比1を超えていない団粒土は液状化を抑制したと考えられる。

参考文献

- 1)東京都品川区：”道路占用許可基準および道路占用物件配置標準”，p.35, 2016.3.
- 2)愛知県名古屋市：”埋戻材として利用する建設発生土及び改良土特記仕様書”，p.35, 2018.4.

庄内川における気候変動を考慮した大規模浸水に関する検討

EC17011 大溝 諒介

1. はじめに

近年、地球温暖化による気候変動の影響を受けて大雨や巨大台風から引き起される水災害が頻発している。近い将来起こるとされる大規模水害は、地下街、地下鉄などの地下空間を含めた都市域に甚大な被害をもたらすと予測されている。都市域にもたらす大規模な水害に対する被害予測とその対策は、検討すべき重要課題のひとつである。本研究では三大都市の1つである名古屋を対象に、大規模水害による地上の浸水を明らかにし、その対策について検討する。対象となる庄内川は、名古屋を含む下流域と土岐や多治見のある上流域の2つに大きく分けることができる。そこで、大規模洪水を対象に、上流域の氾濫を考慮することで、下流域における現実的な氾濫現象を考察する。

2. 解析モデル

基本モデルでは、洪水流を1次元不定流モデル、地表面の氾濫流をデカルト座標の平面2次元不定流モデルで解析し、互いを越流公式で接続する。庄内川流域の上流域では基本モデルを用い、下流域では、基本モデルに地下空間の浸水モデルを組み込んだ。地下空間の浸水モデルでは、地下街および地下鉄駅を一つのボックスとしてとらえ、水の連続式を用いてその水理を表現し、地下鉄線路を伝う流れはスロットモデルを用いた1次元不定流モデルで解析した。ただし、ここでは、地上の浸水を主に考察する。

3. 計算領域と計算条件

図-1 に計算領域を示す。庄内川流域では、立川・田中ら¹⁾によりd4PDFの将来予測降雨を用いた流出解析が行われている。本研究では、提供いただいた上位10個の流量データのうち、図-2 に示すピーク流量が最大のもを対象とする。立川・田中らの流出解析は、河川からの氾濫が考慮されていない。しかし、庄内川のハザードマップでは、土岐や多治見などで大きな浸水が見られ、大規模洪水が発生すれ

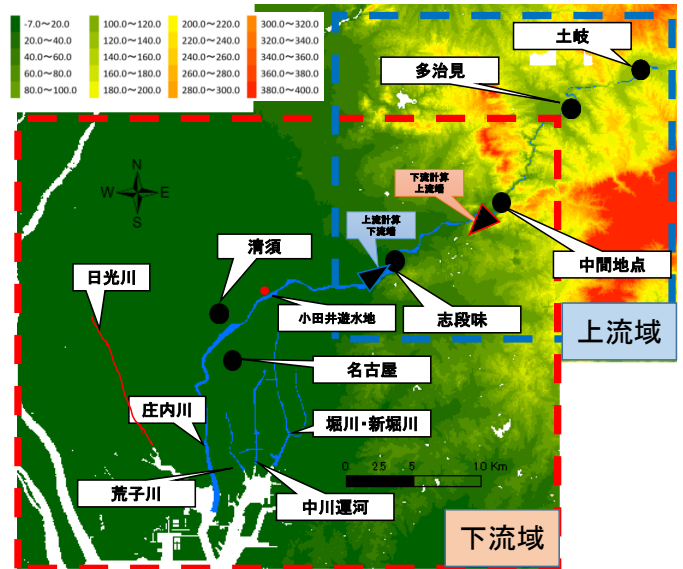


図-1 計算領域

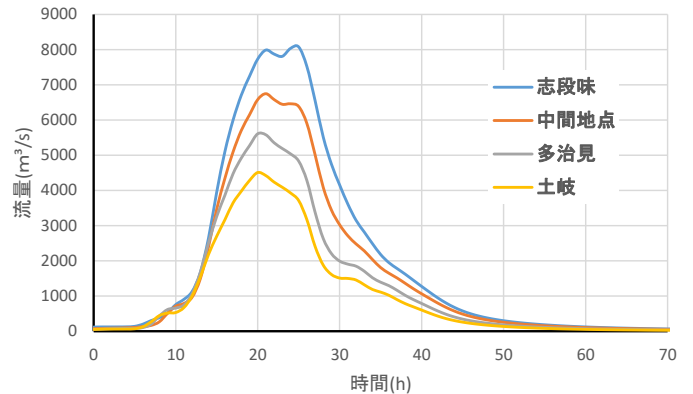


図-2 立川・田中らによる庄内川上流の流量¹⁾

ばこの地域で氾濫が生じ、その影響により下流の洪水流量も変化する。本研究では、上流域の氾濫を考慮した場合の洪水流量の変化と、そのときの名古屋を含む下流域の氾濫の様子を考察する。上流域の計算では、土岐に洪水流量を与え、多治見、中間地点の増分は、単位幅横流入流量として平均的に与えた。また、下流計算上流端より下流では氾濫が生じていたため、中間地点から志段味の流量の増分を中間地点から下流計算上流端地点までで考慮した。計算では、ピーク流量 8000m³/s の洪水と、ピーク流量 7000m³/s, 6000m³/s, 5000m³/s と庄内川の計画洪水

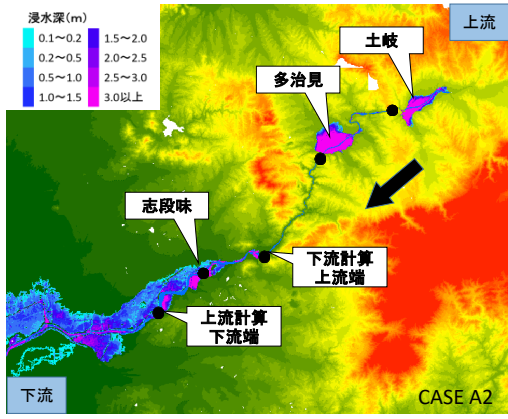


図-3 最大浸水深の分布(CASE A2) (上流域)

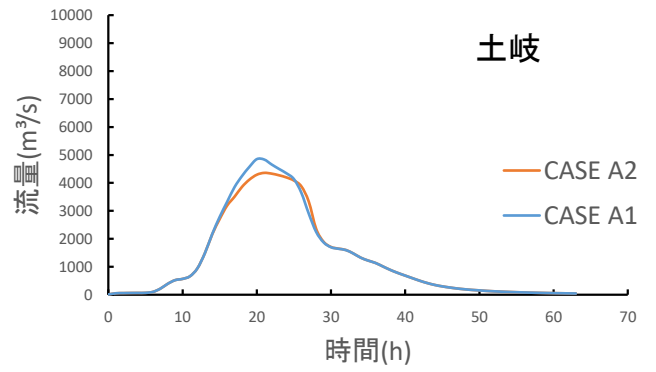


図-4 土岐の流量の時間変化

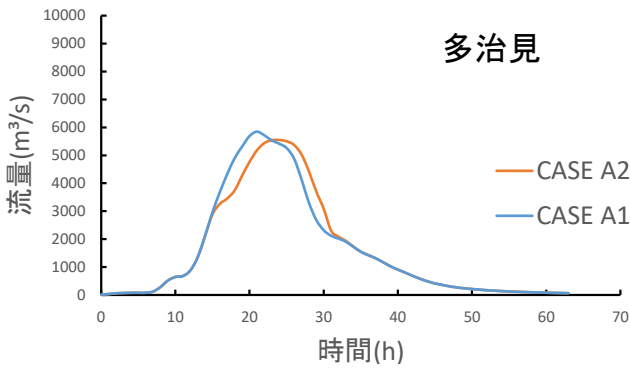


図-5 多治見の流量の時間変化

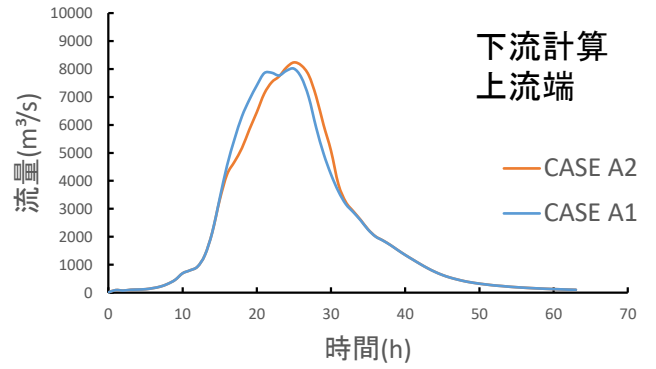


図-6 下流計算上流端の流量の時間変化

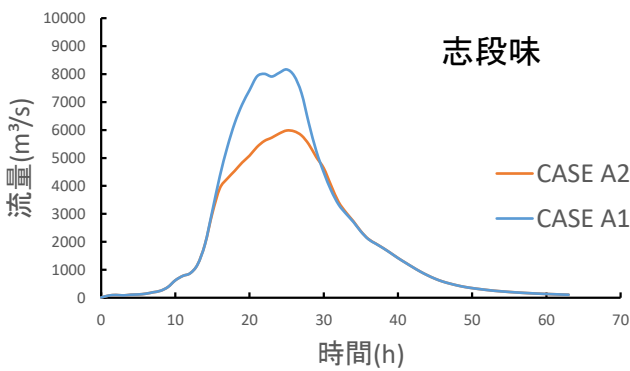


図-7 志段味の流量の時間変化

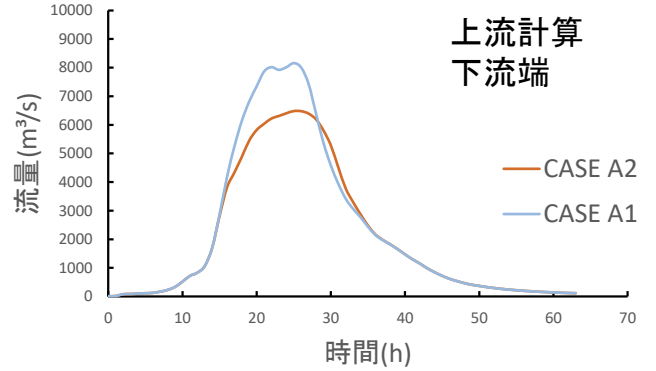


図-8 上流計算下流端の流量の時間変化

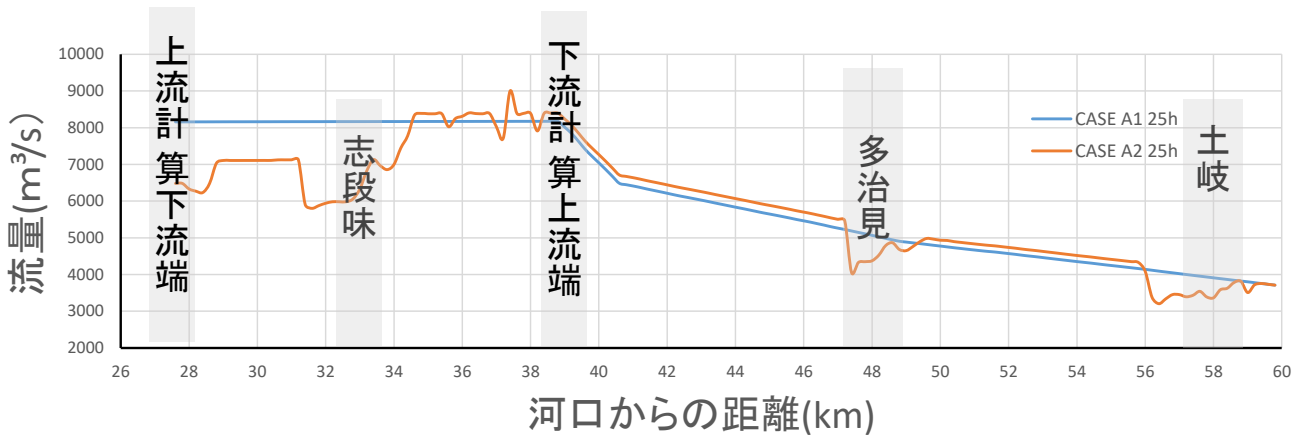


図-9 河川流量縦断分布

流量 $4400\text{m}^3/\text{s}$ となるように流量値に倍率を掛け修正した洪水を対象とし、その順序で氾濫を考慮しない場合を CASE A1～E1、考慮する場合を CASE A2～E2 とした。下流域の計算では、上流域の計算で得られた下流計算上流端の流量を境界条件とした。

4. 計算結果および考察

上流域の氾濫の様子を図-3 に示す。また、各地点の流量の時間変化を図-4～図-8 に示すとともに、CASE A1 と CASE A2 の 25 時における流量の縦断分布を図-9 に示す。ピーク近くの 25 時では、土岐や多治見で流量が低下するが図-9 に示すように戻りが生じている。そのため、下流計算上流端の流量は CASE A1 と同等になり、志段味地区で氾濫が生じて流量が低下している。これらのことから、図-9 のピーク流量の低下は志段味地区の氾濫によるものだと考えられる。また、洪水規模の違いによって、流量が小さければその低下量は小さかった。

気候変動による大規模浸水を想定し、下流域を対象に破堤を考慮しない場合の浸水氾濫解析を行った。図-10 の最大浸水の分布から大規模浸水の様子が見て取れる。

上流域の氾濫の影響を見るために、最大浸水深、0.5m 以上の浸水到達時間における CASE A2 と CASE A1 の差を図-11 と図-12 に示す。図-11 を見ると、浸水深に差が見られないことがわかる。つまり上流の氾濫によって最大浸水深に差が生じていない。しかし、0.5m 以上の浸水到達時間の差の図-12 を見ると、差が生じている。上流の氾濫によって CASE A1 と CASE A2 のピーク時間に差が生じ、地点によっては 3.5 時間以上のずれが生じていることがわかった。よって上流域の氾濫を考慮することで、時間変化が生じた。このことは、下流域に住む人々の避難時間を確保することにつながる重要な効果と考える。

つぎに、CASE A2 の破堤を考慮した場合の最大浸水深と、破堤から 20 時間後の地下鉄線路の浸水を図-13 に示す。また、同様に、CASE A2 の破堤を考慮していない場合の結果を図-14 に示す。図-13 をみると、破堤が発生することで、庄内川左岸側の浸水深が深くなっていることがわかる。今まで浸水が生じていなかった、堀川の左岸側で浸水が発生してい

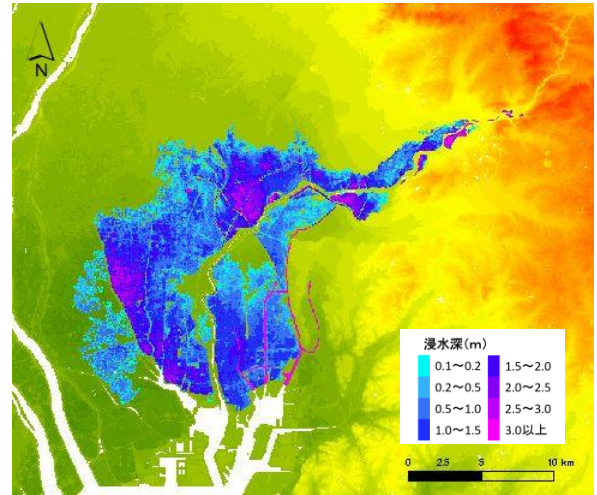


図-10 最大浸水深の分布 (CASE A2) (下流域)

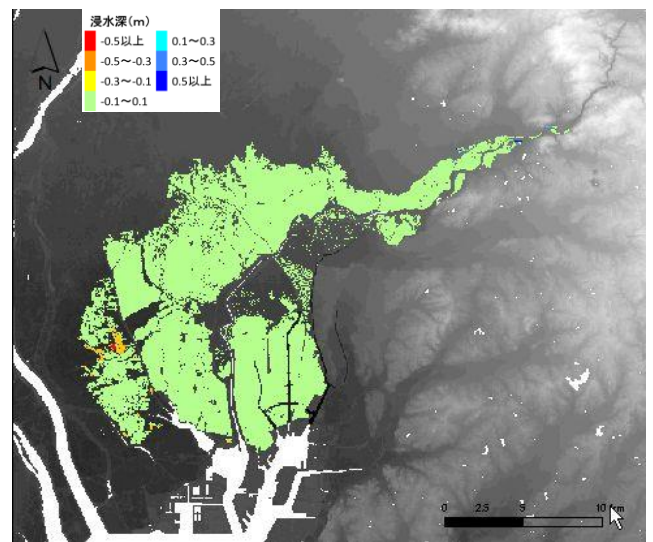


図-11 最大浸水深の差 (CASE A)

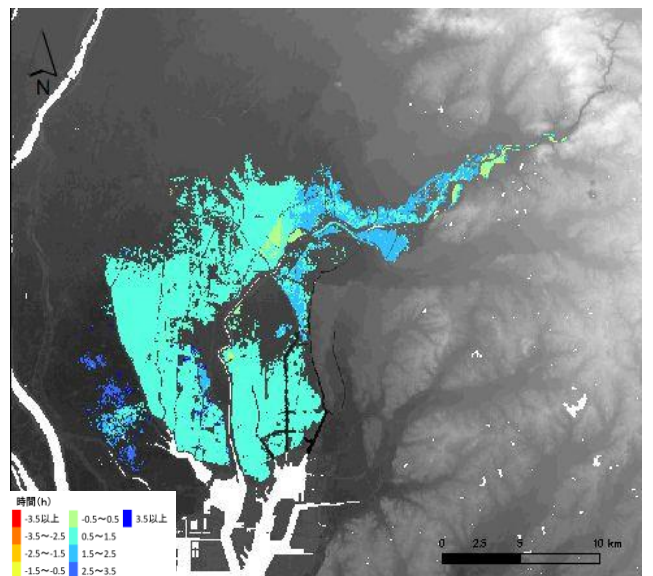


図-12 0.5m 以上の浸水到達時間 (CASE A)

る。さらに、図-13 と図-14 を比較すると、破堤の有無で桜通線、名城線の浸水範囲が大きくなっており、

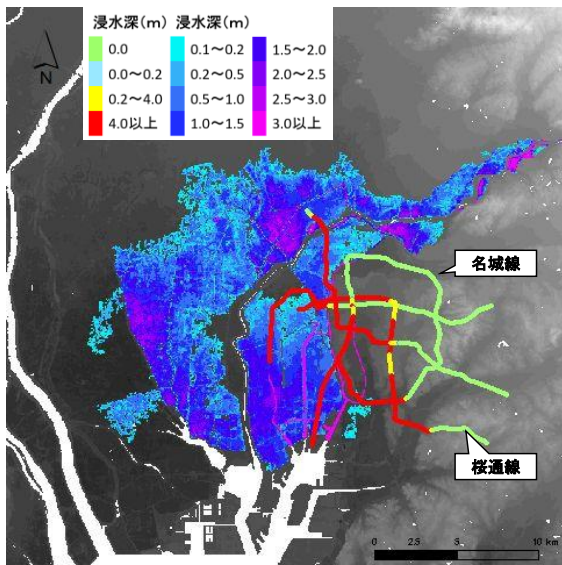


図-13 地下鉄の浸水 (CASE A2) (破堤あり)

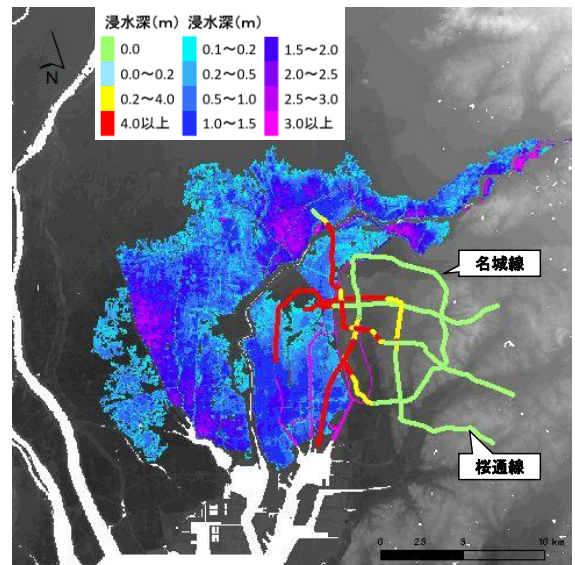


図-14 地下鉄の浸水 (CASE A1) (破堤なし)

それに伴う浸水も生じている。破堤が生じたことにより、左岸側の流入流量が多くなり、浸水してきた大量の水が地下鉄へと流れ込んだ。したがって本来、浸水が及ばない地域でも、大規模水害が発生すると地下鉄を経由して浸水が発生することが示された。

本研究で用いた d4PDF による洪水流量はピーク時間が5時間を超えたものであり、ピーク継続時間が長かったため大規模な浸水が起こったと考えられる。そこで、半分に時間短縮を行った流量を用いて、これまでと同様に上流域と下流域の計算を行った。図-15 に下流域の最大浸水深を示す。ピーク継続時間が短くなったことで浸水深の低下が見られた。また今まで見られていた日光川を超えた浸水は見られなくなった。ピーク継続時間が長いと大規模な浸水に繋がることが分かる。したがって大規模水害に対する浸水を見ていくとき、河川流量だけではなく、ピーク継続時間も考えていく必要がある。

5. おわりに

本研究では、上流側の河川氾濫が下流に与える影響を考察するため、数値解析を用いた検討を行った。得られた成果は以下のようである。

- ・本研究で取り扱った大規模洪水の場合上流域の氾濫を考慮することで、流量の最大値は変化しないが流量の時間変化が生じた。
- ・下流域の浸水では上流域の氾濫の有無で最大浸水深に変化は見られないが、0.5m以上の浸水の発生時間の遅れが生じた。

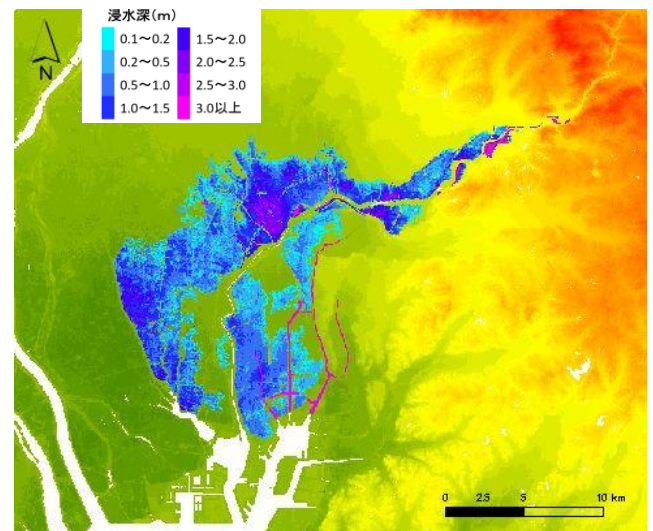


図-15 最大浸水深の分布 (CASE A2) (ピーク時間短縮)

- ・破堤を考慮した大規模浸水では、水量が多いため、通常浸水が及ばない地域にも、地下鉄を経由し浸水が発生する。
- ・洪水流のピーク継続時間を考えることは、大規模浸水を検討するうえで重要な項目である。

参考文献

- 1)立川康人, 宮脇航平, 田中智大, 萬和明, 加藤雅也, & 市川温. (2017). 超多数アンサンブル気候予測実験データを用いた極値河川流量の将来変化の分析. 土木学会論文集 B1(水工学), 73(3), 77-90.
- 2)美馬右樹: 庄内川上流域の氾濫過程を考慮した名古屋の浸水解析, 令和元年度中部大学工学部都市建設工学科卒業研究論文

千曲川破堤氾濫における建物被害に関する考察

EC17027 神野稜太

1. はじめに

近年、日本では、震災・台風・大雨などの多くの自然災害に苦しめられている。本研究では、2019年10月に起きた台風第19号による千曲川破堤の被害を対象に洪水被害と対策の研究を進める。洪水氾濫を検討するためには、氾濫水の挙動を示す数値解析モデルが重要なツールとなるが、現在、広く使用されているモデルには建物の影響のモデル化が不十分である。したがって、氾濫解析における建物モデルの考慮や、建物被害の評価は、大きな課題といえる。

2. 千曲川流域について

千曲川流域では過去にもたびたび洪水被害に見舞われてきた。地盤隆起により形成された狭窄部が主要因となっており、立ヶ花及び戸狩狭窄部の流下能力不足により上流で計画水位を超過し越水が引き起こされ洪水が発生するパターンが繰り返された。昭和58年台風10号による洪水や平成18年7月梅雨前線による洪水では、堤防が決壊し流域に多大な被害を及ぼした。今回、台風19号により決壊した堤防も立ヶ花上流に位置しており、過去の洪水と同様のパターンで発生した災害であると判断できる。

3. 台風第19号による被害

千曲川破堤により甚大な被害がもたらされた穂保地区では、2019年10月12日15時30分に大雨特別警報が発令され、4時から18時の間に降雨量はピークを迎えた。18時には避難勧告が出され、その2時間後である20時頃から堤防越水が確認された。その後、越水箇所は増加を続け翌13日早朝に千曲川左岸57.5k付近において約70mの破堤が確認された。この破堤により濁流が住宅地に流れ込んだ(写真1)。浸水は広範囲に渡り、浸水深は最大4.3mとなった。長野県では死者3名・重傷3名・軽傷85名の人的被害が出た。住宅は全壊3棟・半壊1棟・一部損壊44棟、床上浸水2,246棟・床下浸水1,490棟の被害が生じた。また、最大で約10,990戸で停電が起こった。



写真1 破堤の様子1)

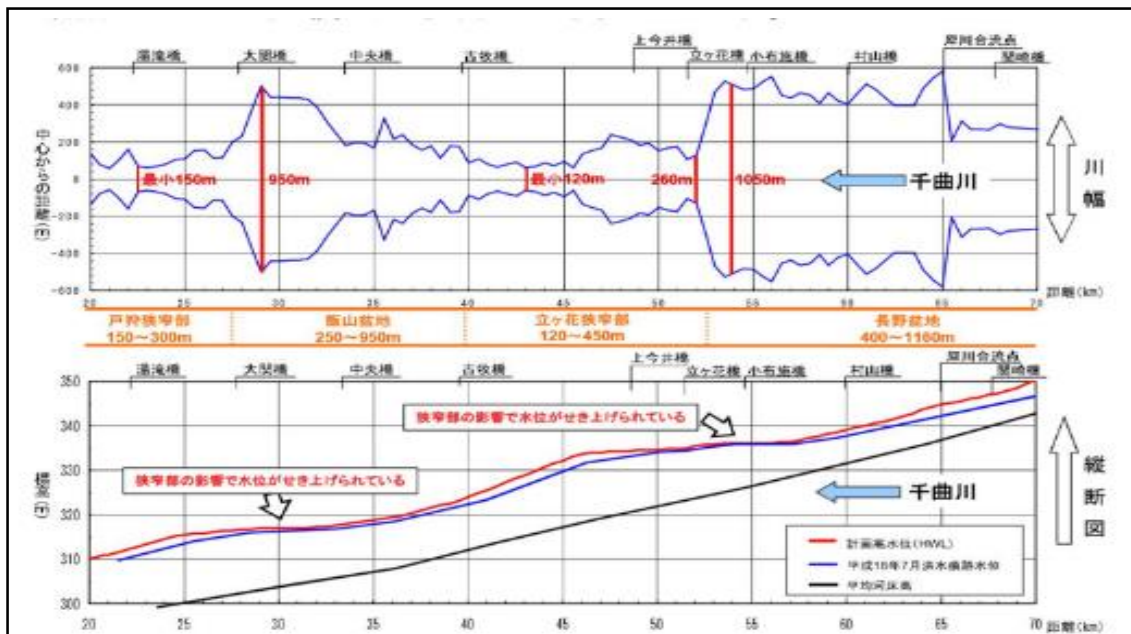


図1 千曲川の川幅と水位縦断面図2)

4. 方法

本研究では佐藤による千曲川破堤を考慮した流れの数値解析結果³⁾を活用し、得られる流速や水深の時間変化と建物被害の関係を考察する。佐藤の計算では、デカルト座標による平面2次元不定流モデルを用い、2m格子で計算領域を表現し、建物格子は非計算領域とした。また、建物被害は、呉らの研究を活用し、図2のように整理した。⁴⁾ 3. 台風19号による被害と被害状況が違う理由として、本研究では延床面積60m²以上の建物を対象としているため住宅以外に倉庫や神社体育館なども含まれている。

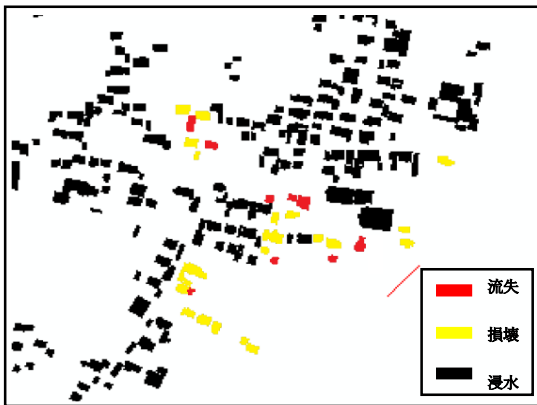


図2 千曲川破堤による被害

5. 流体力と静水圧による力の検討

流れの計算結果を用いて、建物周りにかかる流体力の和と、静水圧による力の和の時間変化を求め、その最大値と建物被害の状況を図3に示した。

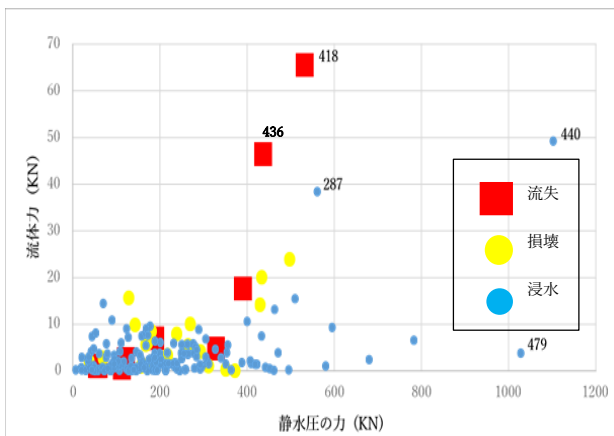


図3 流体力と静水圧の力の建物被害との関係

また、建物の配置を図4に示す。図3、図4から破堤箇所近傍の436番、418番は大きな流体力を受けている。440番は流体力、静水圧共に、大きな値を示しているが浸水のみであり建物被害は大きくない。その理由として、440番は建物面積が大きいため受

ける静水圧の和が大きくなったと考えられる。被害が浸水のみで済んだ理由としては440番が体育館であり、構造上扉が多いため流入した水が建物内を通り抜けるように排水したのではと考察される。

建物の面積が大きくなれば、流体力や静水圧による力も大きくなると考えられるので、単位面積当たりの情報に整理した。図5にその結果を示す。本図から建物被害には静水圧による力よりも流体力が影響を与えていると考えられる。

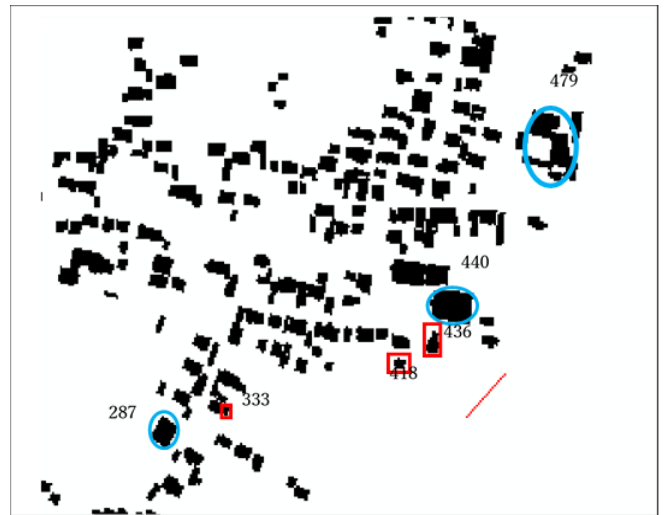


図4 計算結果による考察図

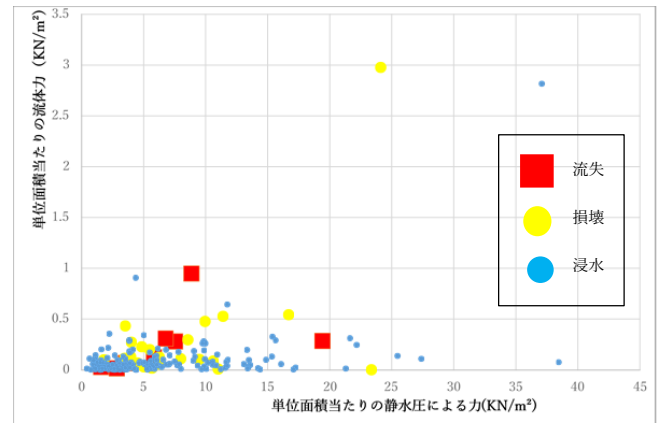


図5 単位面積当たりの流体力と静水圧による力の建物被害との関係

6. 滑動と倒壊(旧耐震基準)の判定と建物被害

流体力を用いた、滑動、倒壊(旧耐震基準)の条件式から建物被害の評価を検証する。

倒壊(旧耐震基準)：

$$U = \sqrt{\frac{1.56}{(h-1.650)}} \quad 1.65\text{m} < h$$

滑動：

$$U = \sqrt{\frac{35.76}{h}} \quad 0\text{ m} \leq h < 2.6\text{ m}$$

$$U = \sqrt{\frac{122.95 - 33.53 h}{h}} \quad 2.6\text{m} \leq h < 3.2\text{m}$$

$$U = \sqrt{\frac{15.65}{h}} \quad 3.2\text{m} \leq h$$

滑動・倒壊（旧耐震基準）の限界式のグラフ上に、周りの建物の最大流速と、最大水深を表した。その結果を図6に示す。流失した建物は概ね倒壊エリアに示された。しかし実際は浸水のみ被害である建物が約80戸ほど倒壊エリア（旧耐震基準）に示され、過大評価となった。流速、水深ともに最大値を使用したのが過大評価となった原因と考える。

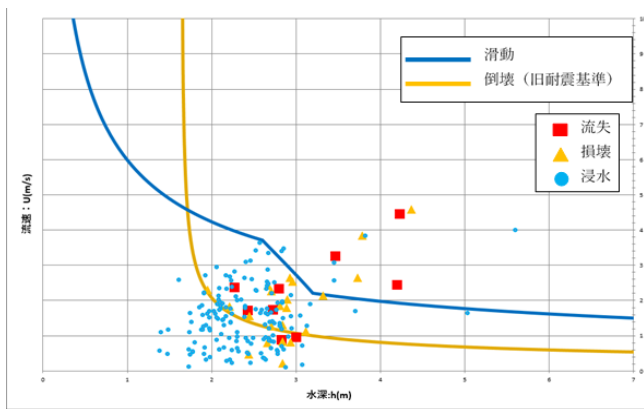


図6 滑動・倒壊（旧耐震基準）の結果

7. 建物周りのメッシュ毎の滑動と倒壊（旧耐震基準）の判定と建物被害の関係

建物周りのメッシュ1つずつで滑動・倒壊（旧耐震基準）の条件式による計算を行い、条件を超える建物周りのメッシュの割合を時間毎に求めたその最大値について25%以上、15%以上、10%以上、5%以上、2%以上と5パターンで表現し、実際の被害と最も近い条件を判定する。25%以上の場合、流失建物で条件式を超えたものが33%、損壊で18%、浸水で被害なしが94%であった。浸水では精度の高い数値を得ているが、過小評価である。

2%以上の場合、流失建物で条件式を超えたものが78%、損壊で59%と精度が高いが、浸水のみ建物で31%も条件式を超えてしまっているため、過大評価と言える。表1から今回の計算設定では15%以上の結果が最も精度が高いと考察した。

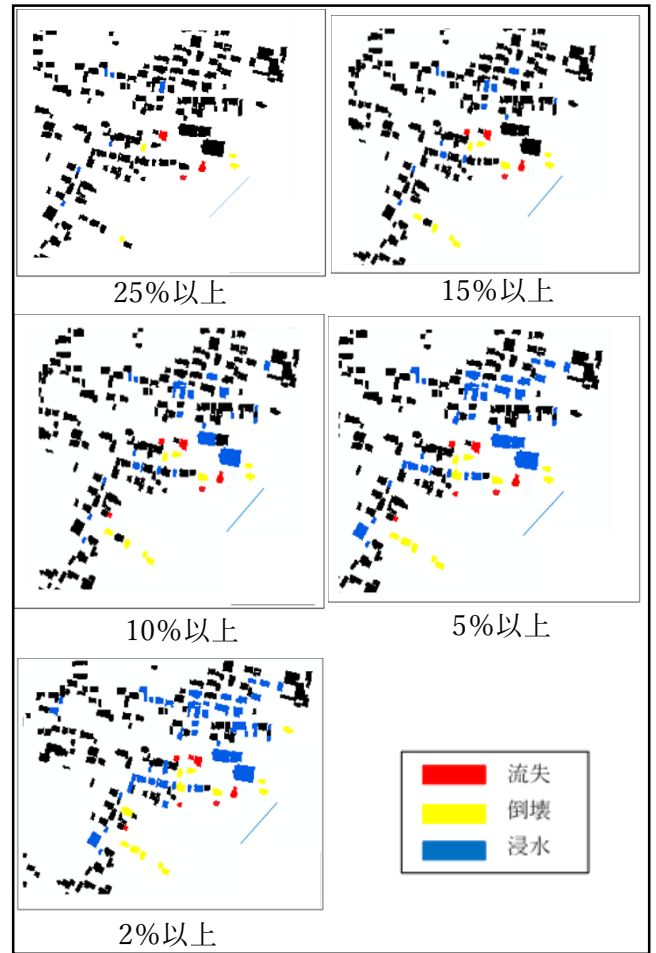


図7 5パターンの結果

表1 精度評価

	領域内の戸数	25%以上	15%以上	10%以上	5%以上	2%以上
流失	9戸	3戸	4戸	5戸	6戸	7戸
損壊	22戸	4戸	9戸	9戸	11戸	13戸
浸水	162戸	9戸	16戸	26戸	40戸	51戸

8. 破堤箇所近傍の流失建物を考慮した建物周りのメッシュ毎の滑動と倒壊（旧耐震基準）の建物被害との精度検証

第7章の結果、破堤箇所近傍の流失・損壊建物はよく表現できているが、図8①地点の流失・損壊建物の被害が表現できていない。その原因として実際は破堤による濁流によって流れているはずの破堤箇所近傍の流失・損壊建物が氾濫水の流れの妨げになっていると考えられる。

ここでは破堤箇所近傍の流失・損壊建物をないものとして計算する。表1と図7に得られた結果を示す。しかし、2%以上の場合でも図8①の被害は25%以上の時と変化はなかった。解析結果より考えられるのは、破堤による水のみが建物被害を引き起

こしたのではなく、流失建物や損壊建物のがれきによる建物への被害である。流失建物やがれきは図8①地点に流れ着くことが予測される。

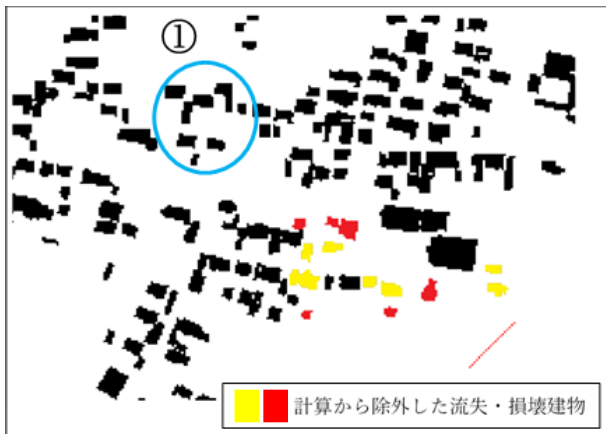


図8 破堤箇所近傍の流失・損壊建物

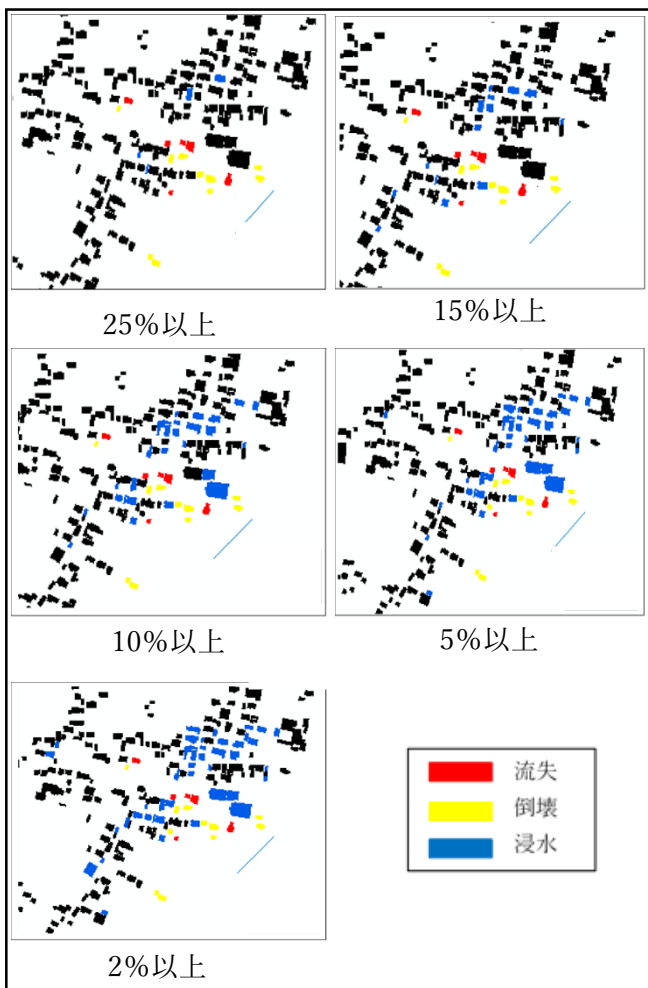


図9 建物を考慮した5パターンの結果

表2 建物を考慮した結果の精度評価

	領域内の戸数	25%以上	15%以上	10%以上	5%以上	2%以上の
流失	9戸	7	7	7	7	7
損壊	22戸	9	9	9	10	10
浸水	162戸	7	17	29	39	45

9. おわりに

建物の倒壊に関しては流体力が影響を与える力が強いと考察された。滑動・倒壊基準に関しては概ね正しく結果を得られたが2戸基準を超えない流失建物が存在した。

滑動・倒壊基準を使って建物の周りの比率を出したところ15%以上の条件が一番精度が高かった。第8章の破堤箇所近傍の流失・損壊建物を考慮して算出したものでは図8①の建物被害を表現することができた。

参考文献

- 産経新聞, 北陸新幹線 10 編成が浸水 補修に長期間必要か 台風 19 号 (2020 年 12 月 24 日参照)
<https://www.sankei.com/affairs/photos/191013/afr1910130026-p2.html> 長野・ [] で 70 メートルにわたり決壊 5 メートル浸水の可能性も (2020 年 12 月 24 日参照)
- 国土交通省, 日本の川, 千曲川(2020 年 12 月 24 日参照)
https://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/jiten/nihon_kawa/0406_chikuma/0406_chikuma_00.html
<https://www.sankei.com/affairs/news/191013/afr1910130019-n1.html>
- 排水過程および建物被害を考慮した 千曲川破堤氾濫の数値解析 佐藤大介・武田 誠・川池健司・豊田政史(2020年12月20日参照)
- Bambang PRIYAMBODOHO, 八木隆聖, 木藤あや音, 石川彰真, 呉修一: 2019年長野県千曲川洪水災害における家屋被害状況と氾濫流況の関係, 土木学会論文集B1 (水工学) vol.76, No.2, I_619-I_624, 2020. (2020年11月10日参照)

令和2年度卒業論文概要

東京都における地下空間および小河川を考慮した浸水解析

EC17039 寺井大稀

1 はじめに

日本では人や資産の東京一極集中化が進み、東京の都市開発が深化し、地下街および地下鉄も有効的に使われている。令和元年に台風19号が関東に上陸し荒川では破堤の被害が心配された。都市部で破堤が生じ大規模な浸水が生じれば、その被害は非常に甚大となることが想定される。特に地下空間へ水が流入すれば、交通網の一時的な遮断だけでなく、交通不能の長期化とそれに伴う経済活動への大きな被害も懸念される。そのため大都市における地下空間への浸水を予測し対策する必要がある。本研究では、東京における浸水対策の検討を行う。昨年の山本¹⁾の研究では、図1のように小河川の河床高を解析条件に加えていなかったため、GISデータから小河川河床高データを作成し、地下空間を有する東京の浸水特性と浸水対策を検討する。

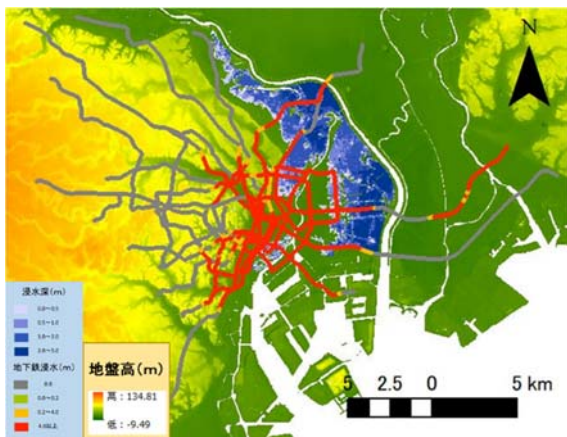


図1 過去の山本研究結果

2 解析モデル

本研究では、河川を1次元不定流モデルで、地表面氾濫流をデカルト座標の平面2次元不定流モデルで解析し、互いを越流公式で接続している。地上は50mの計算格子を設定し、河川は200mで区分した。また、地下街・地下鉄駅を一つのボックスとしてとらえ、氾濫水は複数ある地上の入口から地下街・地下鉄駅へ流入・流失し、地下街・地下鉄駅では地上の入口からの流入・流出流量と地下鉄線路への流入・流出流量を考慮して連続式により水の収支が計算される。また、地下街・地下鉄駅に繋がっている線路では地上からの流入・流出流量が考慮され、その他の線路では

考慮されずに、スロットモデルを用いた一次元不等流解析で水の流れを表現した。

3 計算領域における水域および地盤高データ

山本¹⁾の研究では、小河川を考慮していないため図2のように対象河川の非計算領域や陸域となっている。このままでは現実的な解析を行うことができないため、ここでは図3に示すように隅田川などの小河川を考慮した。計算格子幅は50mである。国土地理院のGIS情報を基に河川格子を作成した。その後内閣府の10m格子の地盤高データを平均して50m格子の地盤高データを作成した。それにより、小河川の河床高を与えることができた。

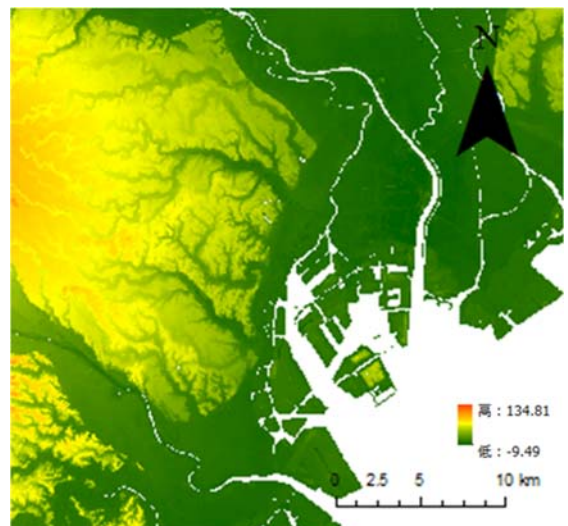


図2 修正前の計算領域

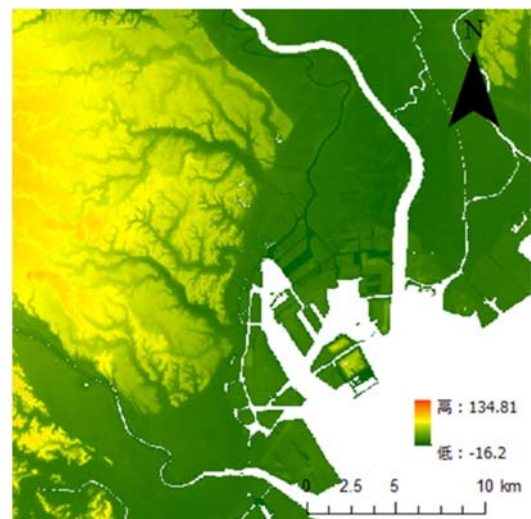


図3 修正後の計算領域

3 堤防の作成

内閣府の堤防データは、10m, 30m, 90m, 270mの領域のものが整備されている。一方山本は、東京都を対象に50m格子を用いた浸水解析を実施しており、その領域データを本研究の計算領域の基礎情報として使用した。そこで内閣府の堤防データより10m格子のデータを50m格子に置き換えて使用する。

3.1 堤防データモデル

本研究では、図4に示す堤防モデルを使用する。ここでI, JそれぞれX方向とY方向の計算格子の番号、辺にはX, Y方向の堤防高が設置される。また陸地の格子情報を1とし、非計算領域を0、運河を4、小河川を5、荒川を6、隅田川を7、旧中川を8、海を9とした。

3.2 堤防作成

陸域とそれ以外の水域の計算格子が隣り合うときに堤防があるとみなして、図5の範囲にある10m格子の堤防高の平均値を50m格子の堤防高とする。10m格子に堤防がない場合は50mにおいても堤防がないとみなす。

3.3 陸の堤防, 海上の堤防作成

海上や陸に堤防が存在する結合3.2の方法で堤防を表現することができないためGISを活用し堤防の線形を表すX, Y座標と堤防高を求める。その値を活用しポイントにラインのデータがあるとし、50m格子の辺を配置し、堤防データを作成する。

3.4 水門, 堰のデータの追加

水門, 堰の設置は、GISで座標を求め、10mの堤防高の平均値を用いて水門, 堰の高さを設定した。

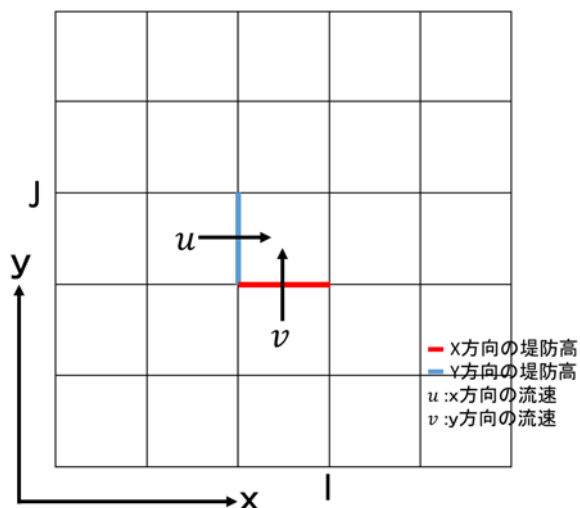


図4 本研究の堤防モデル

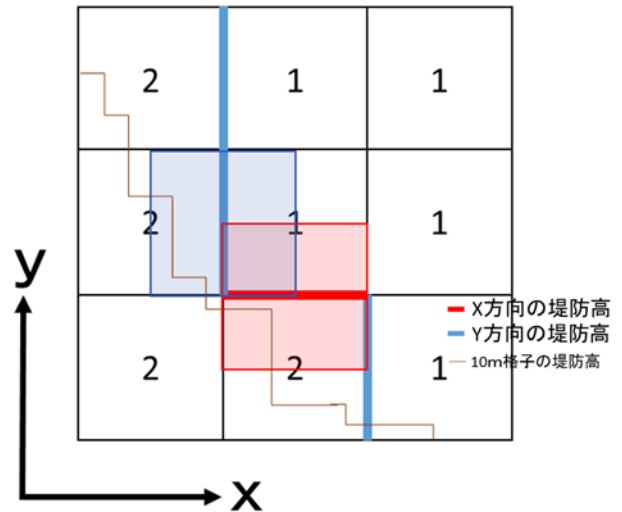


図5 海岸沿いの堤防モデル

4 数値解析

4.1 計算条件の設定

本研究では、東京都内の荒川流域を対象とする。計算領域を図6に示す。荒川上流端にはピーク流量7000m³/sの洪水流量ハイドログラフを与え、下流端には振幅1m, 周期12時間の潮汐変動を与えた。令和元年台風19号による洪水のときに危険性が高かった河口から12km地点および16.5km地点を破堤点とし、破堤幅は100mとした。またピークとなる19時間後に破堤させた。各駅の面積情報をGISを用いて作成した。本研究ではポンプによる排水は考慮していない。計算はCASE1~4の条件をつけて実施する。小河川, 堤防がなく, 水門堰を考慮しない場合(以下CASE1とする), 小河川に河床高を与えた状態で水門堰, 堤防を考慮していない場合(以下CASE2とする)の浸水解析を行った。また小河川に河床高を与えた状態で堤防を考慮して, 水門と堰は考慮していない場合(以下CASE3とする)の浸水解析を行った。さらに小河川に河床高を与えた状態で堤防と水門, 堰を考慮している場合(以下CASE4とする)の浸水解析の検討を行った。

表1 各CASEのまとめ

CASE1	小河川なし・堤防なし・水門等なし
CASE2	小河川あり・堤防なし・水門等なし
CASE3	小河川あり・堤防あり・水門等なし
CASE4	小河川あり・堤防あり・水門等あり

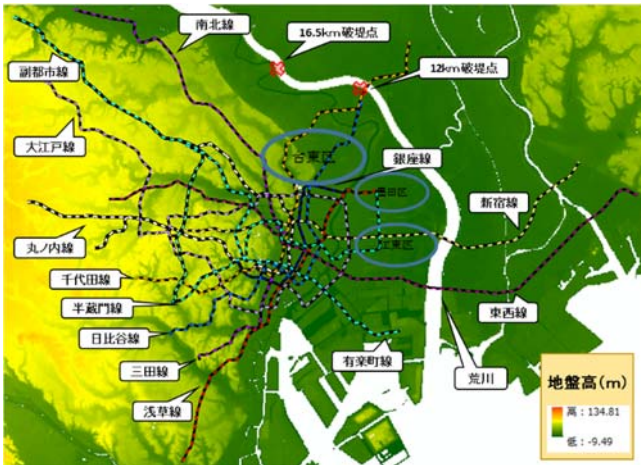


図6 陸・海上の堤防モデル

4.2 解析結果

堤防・地盤高を作成し数値解析を行った結果を以下の4.2.1～4.2.3に示す。

4.2.1 堤防の効果 (CASE2・CASE3の比較)

図7で示すようにCASE2では荒川に沿って浸水が大きく広がり、各地点で越水が発生している。堤防があるCASE3では、破堤地点が12kmと16.5kmの両地点共に堤防があることで堤防が壁となり、氾濫水が溜まり一時間で5mを超える浸水が生じた。

12km地点では、図8より堤防があることで、隅田川右岸側における浸水が抑えられた。そして台東区等における被害を抑えることが分かる。しかし、荒川と隅田川の間が存在する水路を伝い、墨田区・江東区あたりへと浸水が進んだ。地下鉄の浸水においては氾濫水が堤防により溜まることで、千代田線から各路線へと浸水が広がったことが分かる。

16.5km地点のCASE3では、CASE2と比べて地下鉄への浸水と地上での浸水が共に大きく減少した。したがって、堤防があることで浸水に対する効果が示された。また黒枠が示す小河川がある地点から浸水が発生している。これは堤防が壁となり、氾濫水が溜まったことで隅田川に氾濫水が流れ込んだ。それにより、隅田川の流量が増え黒枠が示す小河川に流れ込んだ。小河川に多くの流量が流れ込むことで、堤防が耐え切れず、越水が生じたと考える。

4.2.2 水門の効果 (CASE3とCASE4の比較)

CASE4の結果を図11、図12に示す。12km地点で、荒川と隅田川の間が存在する水路を伝い、浸水が進んでいる。水門、堰を設置したが黒枠が示す小河川がある地点では、水門は影響を与えず大規模な浸水が

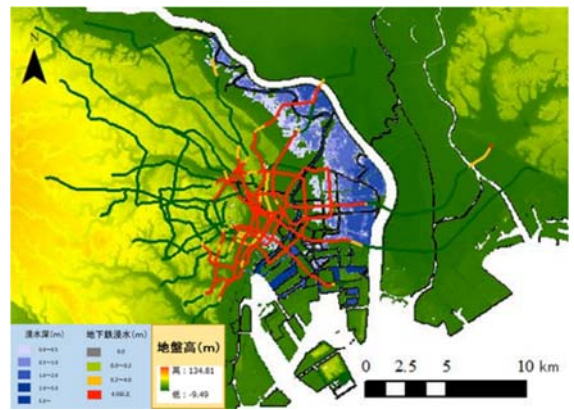


図7 破堤地点が12kmのCASE2の最大浸水深

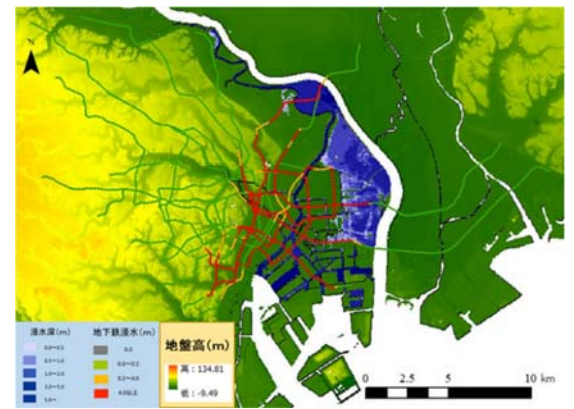


図8 破堤地点が12kmのCASE3の最大浸水深

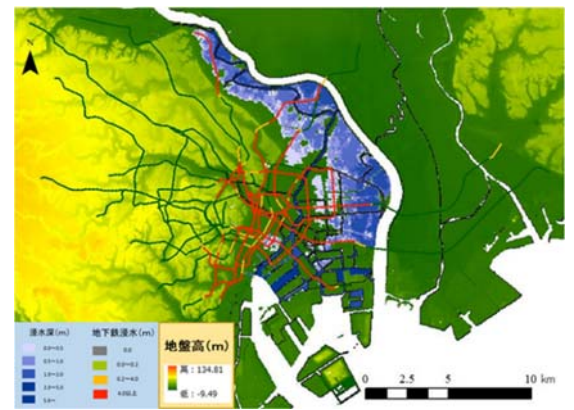


図9 破堤地点が16.5kmのCASE2の最大浸水深

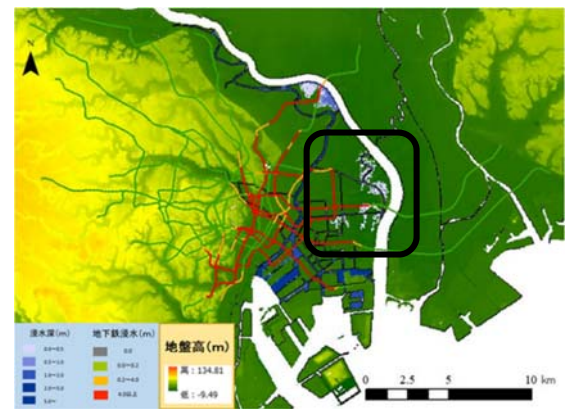


図10 破堤地点が16.5kmのCASE3の最大浸水深

生じている。

16.5km 地点では、水門・堰を作ったことで、CASE3の際に起きていた黒枠が示す小河川がある地点から浸水がなくなっている。水門・堰が災害時にうまく機能することで浸水による被害は軽減することが分かる。

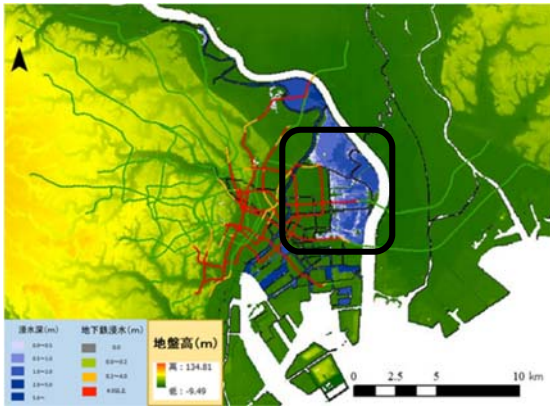


図 11 破堤地点が 12km の CASE4 の最大浸水深

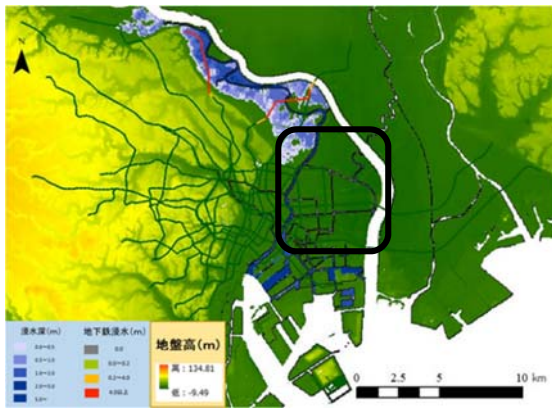


図 12 破堤地点が 16.5km の CASE4 の最大浸水深

4.2.3 時間変化

地下鉄の浸水が広がる時間は、図 13、図 14 に示すように、CASE4 の方が CASE2 より拡がりが遅かった。これは CASE4 で堤防を考慮したことで地上での浸水が変化し地下の浸水に変化を与えたためだと考える。また堤防があることによって堤防が壁となり氾濫水が溜まり 1 時間で 5m を超える浸水が発生している。12km の破堤地点は、短時間で地下鉄に流入が生じた。5 時間後では CASE4 のほうが地下鉄の浸水は進んでいることが分かる。

5 おわりに

CASE3 の場合の堤防を考慮したことで地上の浸水が減少した。それに応じて、地下鉄への浸水も減少した。しかし 12km 地点の破堤では堤防により破堤近くが閉ざされた空間となり浸水深が大きくなったた

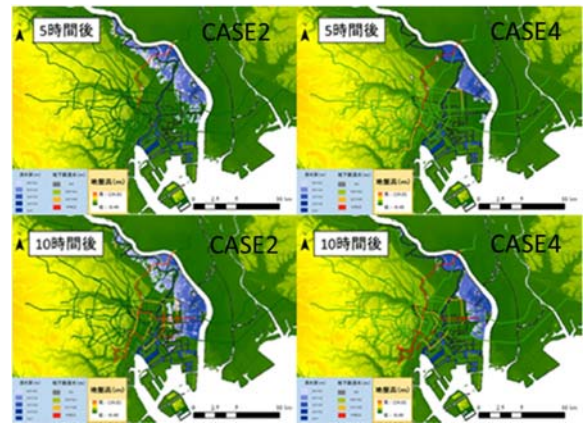


図 13 12km 地点時間変化

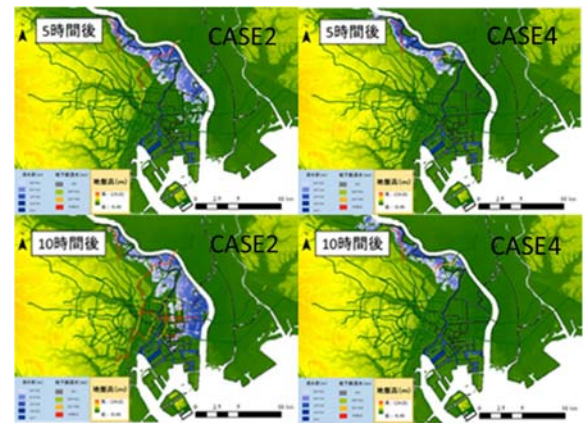


図 14 12km 地点の 10 時間後

め地下浸水も生じた。また CASE4 より 16.5km の破堤地点では水門、堰を追加することで地上の浸水を抑えることができた。災害時において水門・堰の重要性が分かる。このことから災害時に様々な施設が機能することで、大きな災害が起きても対応することができると思う。

参考文献

- 1) 山本太郎：東京の地下空間を考慮した洪水浸水解析，令和元年度卒業論文概要，2019
- 2) 森兼政行・井上知美・石垣泰輔・尾崎平・戸田圭一 地下駅を考慮した大規模地下空間での浸水特性と浸水対応策の効果に関する検討 土木学会論文集B1(水工学) Vol. 68, No. 4, I_1003-I_1008, 2012.
- 3) 土田拓輝：小河川を考慮した大阪の都市浸水解析の検討，令和元年度中部大学卒業研究論文，2019
- 8) 令和元年 10 月台風第 19 号（令和元年東日本台風）出水概要 江戸川・中川・綾瀬川 https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000771915.pdf

大阪における地下空間を考慮した浸水解析

EC17041 西脇 翔

1. はじめに

近年、洪水災害が毎年のように生じている。洪水災害が大都市で発生した場合、甚大な被害をもたらすことは容易に予想される。特に大都市に建設される地下鉄や地下街などの地下空間は浸水に対して非常に脆弱であると共に、地下鉄線路が水路となって地上の浸水に影響を与えることも十分に考えられる。土田ら¹⁾は、地下空間を考慮した都市浸水解析を実施し、破堤箇所による浸水特性、地下鉄線路の危険性などの考察を進めてきた。本研究では、大阪を対象に、地下鉄線路の有無による浸水特性を明らかにし、時間変化の観点から浸水特性を考察する。

2. 解析モデル

洪水流を1次元不定流モデル、地表面の氾濫流をデカルト座標の平面2次元不定流モデルで解析し、互いを越流公式で接続する。また、地下街および地下鉄駅を一つのボックスとしてとらえ、水の連続式を用いて、その水理を表現し、さらに地下鉄線路を伝う流れはスロットモデルを用いた1次元不定流モデルで解析した。

3. 計算領域および計算条件

図-1に計算領域を示す。ここでは、淀川の想定破堤氾濫を対象とする。地上域を50m格子で、地下鉄線路も概ね50m格子で表現し、淀川沿いの小河川を考慮した。図-2に示すように、淀川の計画洪水流量(12000 m³/s)をピーク流量とする洪水を想定し、ピーク時(19時)に淀川左岸が100mの幅で破堤(堤防天端高が地盤高に置き換わる)とした。ここでは、破堤箇所を淀川河口から9km上流地点と15km上流地点の2種類とし、時間の観点から浸水特性を考察する。

4. 計算結果および考察

4.1 浸水解析

図-3に、地下鉄を考慮した場合としない場合の地上の最大浸水深と計算終了時の地下鉄浸水を示す。本図から、河口から9km地点で破堤させたときと

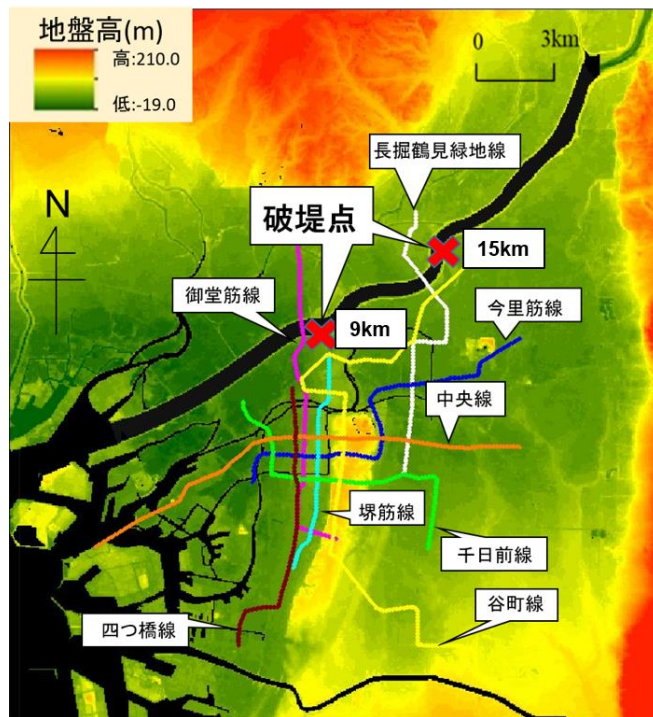


図-1 計算領域図

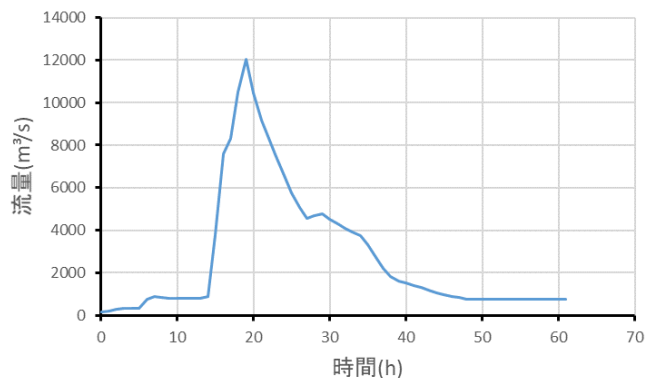


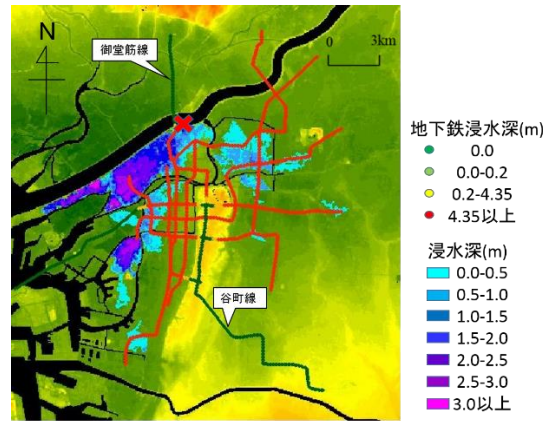
図-2 計算条件

15km 地点で破堤させたときどちらも、地下鉄を考慮することで浸水の様子に大きな違いが生じていることが分かる。地下鉄を考慮することで、河川を超えて浸水が広がっており、地下鉄駅からの吹き出しにより、浸水が広域に及んでいる。地下鉄の浸水を見ると、御堂筋線と谷町線以外の路線において、地下鉄トンネルの高さ4.35mを越え、満水になっていることが分かる。これらにより、本計算条件の場合、地下鉄トンネルは極めて危険な状況になること

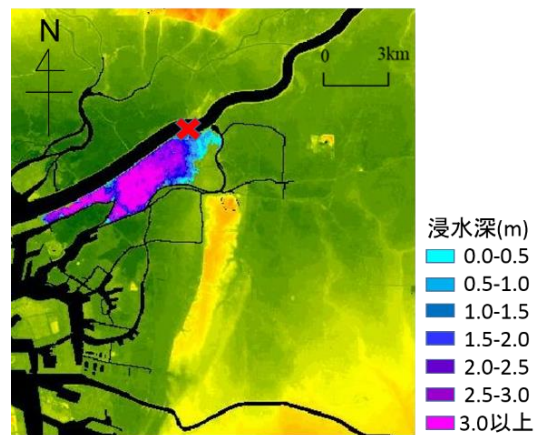
が分かる。浸水の広がる範囲において河口から 9km 地点で破堤させた場合と比較すると、河口から 15km 地点で破堤させた場合の浸水の広がる範囲の方が広いことが分かる。しかし、破堤点付近の浸水深は河口から 9km 地点で破堤させたときの方が深いことから、破堤点付近の危険度は河口から 9km 地点で破堤させたときの方が高いと考えられる。

4.2 各地下鉄駅の最大流入・流出流量

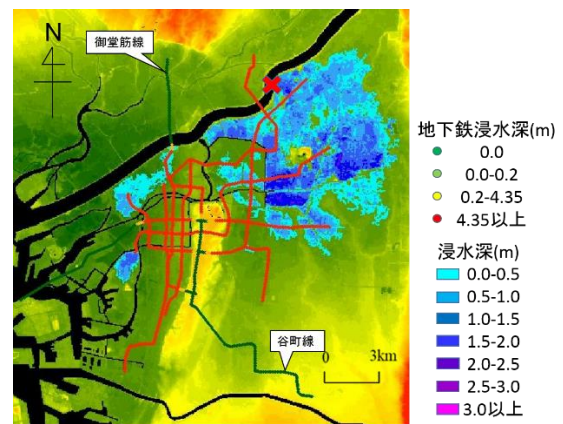
図-4 に駅の流入・流出流量の時間変化、図-5 に駅の最大となる流入・流出流量を示す。正值が流入を示し、負値が流出を示す。負値の場合は、駅から氾濫が広がることを意味する。図-4 の河口から 9km 地点で破堤させた場合、千日前線の野田阪神駅と四つ橋線の西梅田駅では、堤防が破堤してから約 1 時間後に水が流入していることが分かる。長堀鶴見緑地線の大正駅では 7 時間後、長堀鶴見緑地線の蒲生四丁目駅では 11 時間後に水が流出していることから地下からの水の流出による被害は、駅によって時間のズレがあることが分かる。また、野田阪神駅では水が一度流入してから約 5 時間後に流出していることが分かる。これは水が一気に多く流入したことによって、地下鉄線路が満水になることで水が流出するようになったと考えられる。図-5 の河口から 9km 地点で破堤させた場合、野田阪神駅に流入した水が大正駅で流出、西梅田駅に流入した水は全体に広がっていることが分かる。これらの大きな水の流出以外でも細かな水の流出が多く駅の駅で見られることから、地下鉄が存在することによって危険度が高くなる地域が多いことが分かる。また、長堀鶴見緑地線の大正駅付近では、水の流出量が多く浸水深が破堤付近と変わらないほど深いため、危険度が極めて高いと考えられる。図-4 の河口から 15km 地点で破堤させた場合、長堀鶴見緑地線の横堤駅では、堤防が破堤してから約 3 時間後、谷町線の大日駅では約 1 時間後に水が流入し、長堀鶴見緑地線の大正駅、蒲生四丁目駅で約 26 時間後に水が流出し始めていることが分かる。また 9km 地点で破堤したときのものと比較すると地下からの水の流出による浸水被害が起きる時間は約 15 時間遅れていることが分かる。図-5 の河口から 15km 地点で破堤させた場合、大日駅や横堤駅に流入した水が大正駅、蒲生四丁目駅で流出していると考えられる。河口から 9km 地点で破堤させたときと比較すると、



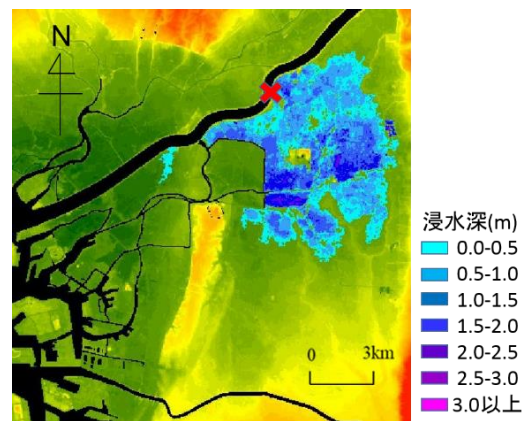
河口から 9km 地点で破堤させたとき (地下空間有)



河口から 9km 地点で破堤させたとき (地下空間無)



河口から 15km 地点で破堤させたとき (地下空間有)



河口から 15km 地点で破堤させたとき (地下空間無)

図-3 最大浸水深

河口から9km地点で破堤させたときと15km地点で破堤させたときどちらも主に2カ所から流入した水が合流することによって、幅広い地域で水が流出している。また、河口から15km地点で破堤させたときの方は、広い範囲で水の流出が見られるが、突出して大きな水の流出は見られないことから、流出流量が分散されていることが分かる。

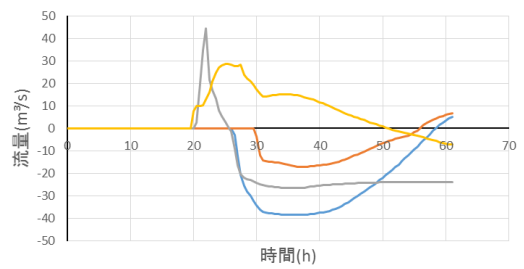
4.3 水深が基準の高さに達する時間

地表面の浸水の拡がる様子をより詳細に考察するために、地表面の水深が基準の高さを越えたときの時間を検討した。図-6に0.5mの浸水深が生じる時間を示す。河口から9km地点で破堤させたときの様子では、破堤箇所近くでは2時間のうちに0.5mを越える浸水状況になること、14時間後くらいで、地下鉄線路を伝う氾濫水による0.5mの浸水が生じることが分かる。また、地下空間の有無を比較すると破堤点付近の時間による浸水の様子にほとんど変化がみられないことが分かる。このことから破堤点付近の浸水の拡がる速度は、地下空間の有無ではあまり差がないと考えられる。図-6の河口から15km地点で破堤させたときの様子では、破堤箇所近くでは、2時間で広い範囲が0.5mを越える浸水状況になること、少し離れた場所でも、14時間以内に0.5mを越える浸水状況になることが分かる。また、地下鉄線路を伝う氾濫水による0.5mの浸水が生じるのは、26時間後であることが分かる。さらに、地下空間の有無を比較すると破堤点付近の時間による浸水の様子は河口から9km地点で破堤させたときと同様に大きな差はないことが分かる。しかし少し離れた箇所では浸水の様子に差が生まれている。このことから、地下に水が流入することによって少し離れた箇所の浸水に差が出ていると考えられる。

5. おわりに

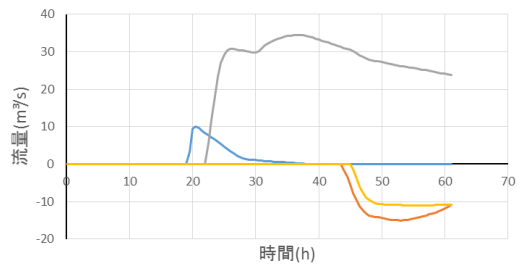
本研究では、先行研究で行った小河川と堤防を考慮した浸水解析に加え、地下鉄駅の最大流入・流出流量、水深が基準の高さに達する時間について、破堤箇所を淀川河口から9km地点と15km地点、の2種類の解析を行った。

まず、破堤箇所が河口から9km地点と15km地点どちらもとも地下鉄線路を伝う氾濫水によって浸水被害が拡大していることが分かった。また、地下鉄



— 大正駅 — 蒲生四丁目駅 — 野田阪神駅 — 西梅田駅

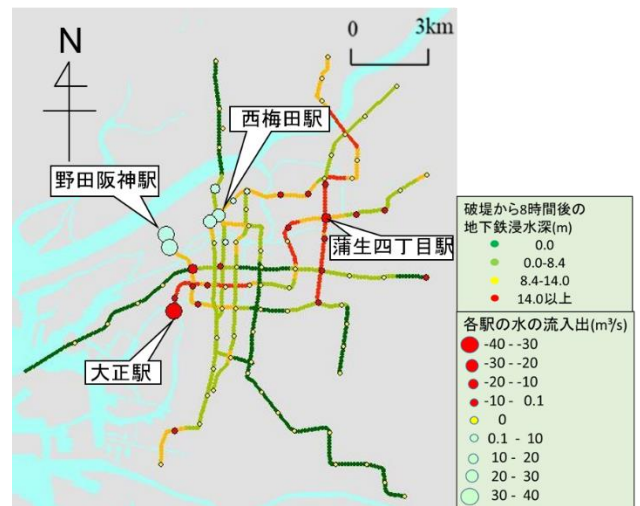
河口から9km地点で破堤させたとき



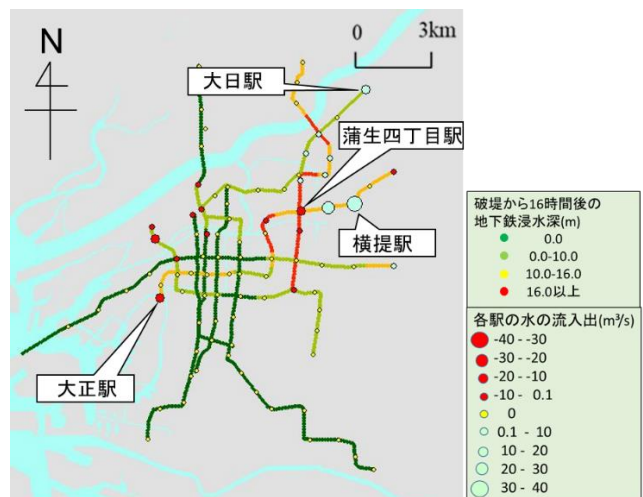
— 大日駅 — 蒲生四丁目駅 — 横提駅 — 大正駅

河口から15km地点で破堤させたとき

図-4 流入・流出流量の時間変化



河口から9km地点で破堤させたとき



河口から15km地点で破堤させたとき

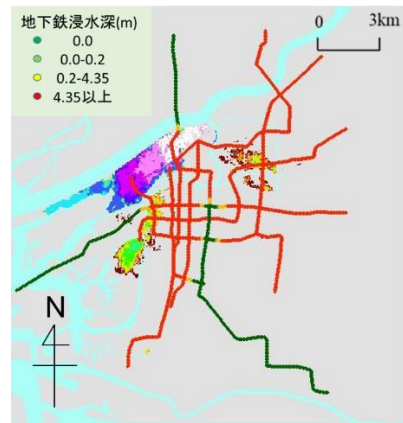
図-5 地下鉄駅の最大となる流入・流出流量

駅の最大流入・流出流量について 9km 地点では野田阪神駅に流入した水が大正駅で流出，西梅田駅に流入した水は全体に拡がっていることが分かった．これに対し 15km 地点では，大日駅や横堤駅に流入した水が大正駅，蒲生四丁目駅で流出していることが分かる．これらのことから，河口から 9km 地点で破堤させたときと河口から 15km 地点で破堤させたときどちらも 2カ所で流入した水が合流し，広い範囲で被害を出していることが分かる．水深が基準の高さに達する時間では破堤点付近と地下鉄線路を伝う氾濫水による浸水では河口から 9km 地点で破堤させたときでは 12 時間，河口から 15km 地点で破堤させたときでは 24 時間ほどのズレがあることから，破堤してから避難するまでの時間があるため，地下鉄線路を伝う氾濫水による浸水の危険度は破堤点付近ほど高くはないと考えられる．

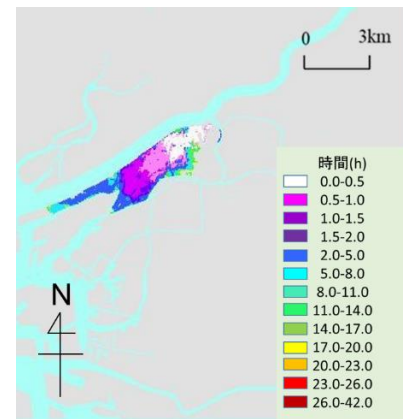
これらより，地下鉄駅の最大流入・流出流量，水位が基準の高さに達する時の時間による浸水について解析を行うことで，浸水の特徴をより明らかにすることができたと考えられる．

参考文献

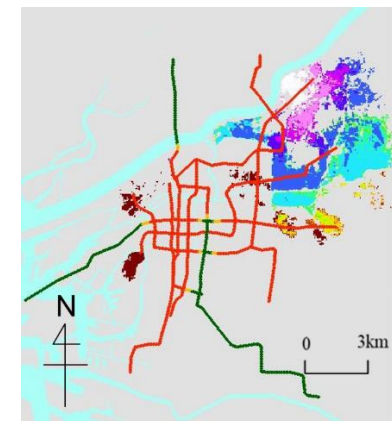
- 1) 土田拓輝, 武田 誠, 村瀬将隆, 佐藤大介, 松尾直規：小河川を考慮した大阪の都市浸水解析の検討, 令和元年度土木学会中部支部研究発表会, II-51, 2020.
- 2) 濱口舜, 石垣泰輔, 尾崎平, 戸田圭一：記録的水災害に対する大規模地下空間の浸水脆弱性に関する検討, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol. 72, No. 4, I_1363-I_1368, 2016.
- 3) 村瀬将隆, 中島勇介, 武田誠, 川池健司, 松尾直規：地下鉄を考慮した名古屋と大阪の大規模浸水解析, 土木学会論文集B1(水工学) Vol. 73, No. 4, I_1441-I_1446, 2017.
- 4) 高木駿：堤防作成ツールと高潮氾濫解析モデルの構築, 平成30年度中部大学工学部都市建設工学科卒業研究論文
- 5) 大阪府/大阪府を襲った主な災害
<http://www.pref.osaka.lg.jp/kasenkankyo/boujyo/kakonosaigai.html>
 (2021年1月25日確認)



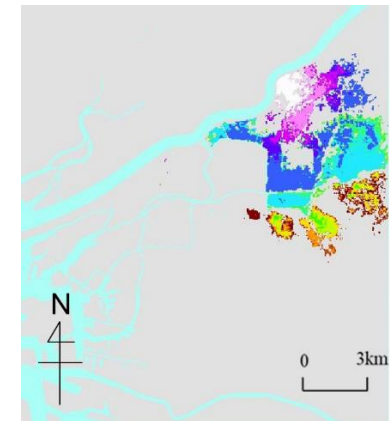
河口から 9km 地点で破堤させたとき (地下空間有)



河口から 9km 地点で破堤させたとき (地下空間無)



河口から 15km 地点で破堤させたとき (地下空間有)



河口から 15km 地点で破堤させたとき (地下空間無)

図-6 0.5m の浸水深が生じる時間

名古屋における地下空間を考慮した浸水解析

EC17046 藤田涼子

1. はじめに

近年、我が国において豪雨災害・洪水災害が頻繁に発生している。平成12年9月東海豪雨では、名古屋を中心に広範囲で強い雨が降り、市営地下鉄は浸水の影響で運転再開までに丸2日を要した¹⁾。破堤を伴う浸水災害が大都市で発生した場合、地上のみならず地下空間へも甚大な被害をもたらすことは容易に予想される。特に大都市に建設される地下鉄や地下街などの地下空間は浸水に対して非常に脆弱であると共に、地下鉄線路が水路となって地上の浸水に影響を与えることも十分に考えられる。本研究では、名古屋における地下と地上の浸水特性、また地下鉄の有無による浸水特性の変化と、浸水に至るまでの時間変化を考察する。

2. 解析モデル

洪水流を1次元不定流モデル、地表面の氾濫流をデカルト座標の平面2次元不定流モデルで解析し、互いを越流公式で接続する。また、地下街および地下鉄駅を一つのボックスとし、水の連続式を用いてその水理を表現し、地下鉄線路を伝う流れはスロットモデルを用いた1次元不定流モデルで解析した。

3. 計算領域および計算条件

図-1に計算領域を示す。本計算では庄内川の想定破堤氾濫を対象とする。地上域を50m格子で表現し、地下鉄線路も概ね50m格子で表現し、名古屋港へつながる堀川と、中川運河、荒子川のポンプ排水を考慮した。地下鉄断面は幅7.75m、高さ4.35mの矩形断面として考える。庄内川の計画洪水流量(4400 m³/s)をピーク流量とする洪水を想定し、ピーク時(19時)に庄内川左岸が100mの幅で破堤(堤防天端高が地盤高に置き換わる)とした。また破堤箇所を庄内川河口から17km、15km、11km、9km上流地点とした。また地下空間は考慮するものとししないものの2通りを用いて解析を行った。計算時間は36時間とし、10分毎に地下街・地下鉄の浸水結果を出力した。また本研究では、破堤箇所を比較し、最も浸水範囲と水量の大きい17km地点での破堤を中心に考察する。

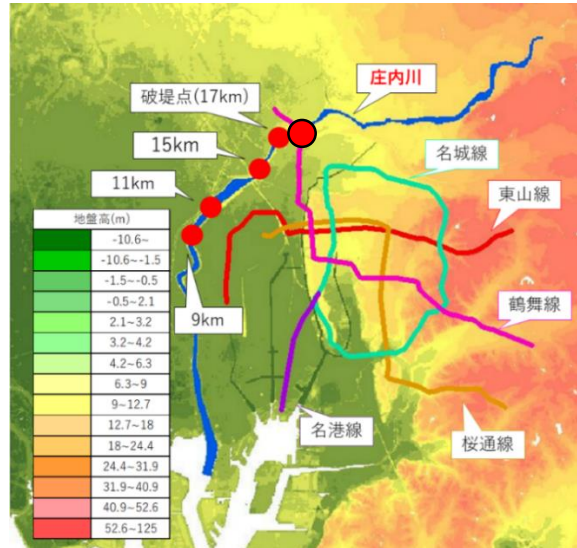


図-1 計算領域

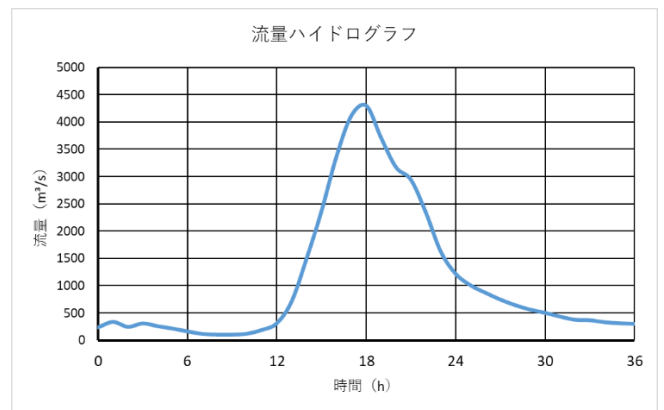


図-2 庄内川の流量ハイドログラフ

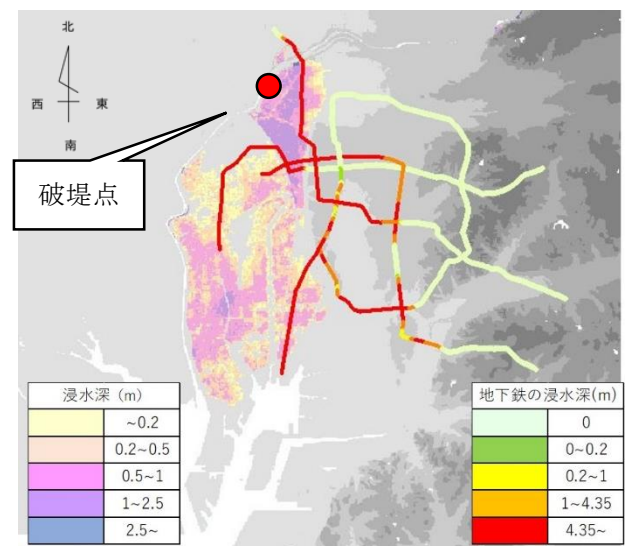


図-3 最大浸水深と計算終了時の地下浸水(17 km地点破堤)

4. 計算結果および考察（地下鉄の有無）

図-3 に 17 km地点で破堤した場合の地上の最大浸水深と、計算終了時の地下鉄線路内の水深を示す。本図から、東山線、桜通線、名港線のほぼ全域と、鶴舞線上飯田～御器所間、名城線金山～新瑞橋間において、地下鉄内の水位が 4.35m以上となり、満水であることが分かる。また、破堤に伴う氾濫水は大きく南下していることが分かる。

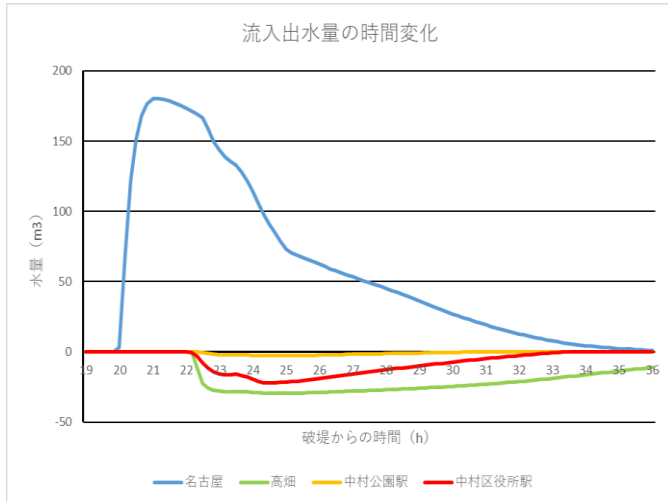


図-4 駅からの流入出流量グラフ

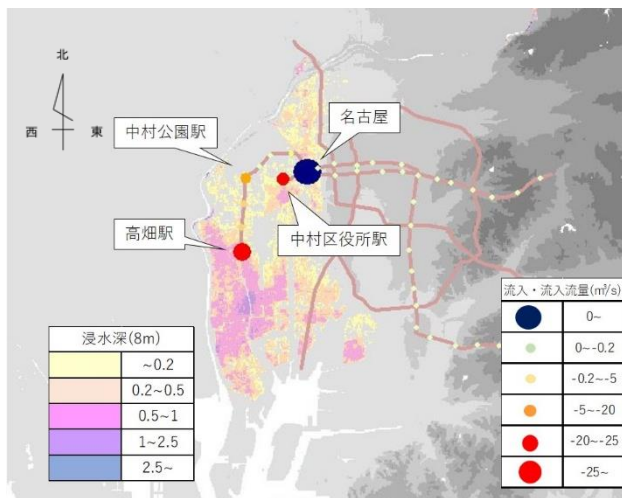


図-5 浸水深と駅の流入・流出流量 (破堤から 6 時間後)

ここで、地下鉄駅における流入・流出流量を検討する。図-4 は大きな流入が確認された 4 つの駅の流入出流量の時間変化であり、図-5 は駅への流入流量が最も大きくなる破堤から 6 時間後における浸水深と、駅への流入・流出流量の最大値を図化したものである。本図から名古屋駅で大きな流入流量があり、中村区役所駅、中村公園駅、高畑駅で駅からの流出があることが分かる。正值で示した流入する流量の時間変化は大きかったが、負値で示した流出す

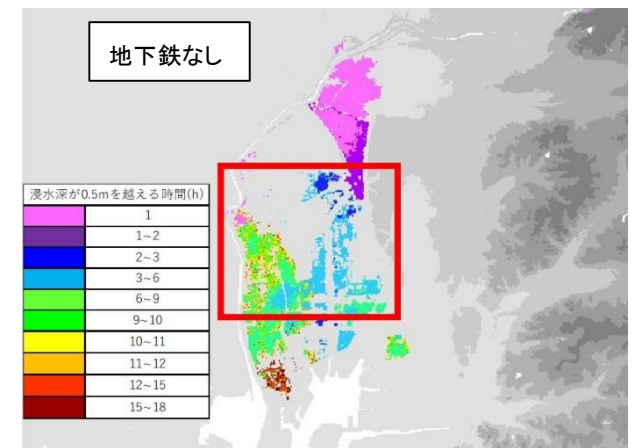
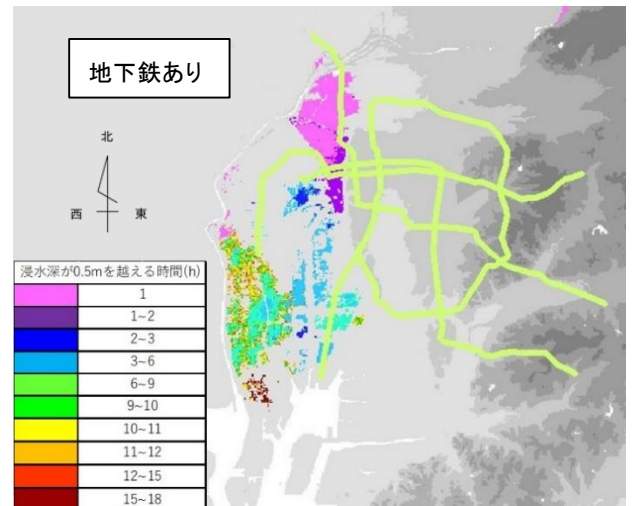


図-6 地下鉄の有無による浸水深 0.5m の到達時間

る流量は一定である時間が多かった。ここで、図-6 にその地点において初めて浸水深が 0.5m に至る時間を示す。図-6 による地下鉄の有無の影響を考察すると、地下鉄が無い場合は、東山線高畑駅周辺において浸水深が床上浸水の基準である 0.5m に到達する時間が、地下鉄が有る場合より 3 時間ほど早くなっていた。また、地下鉄が無い場合、わずかに図中の青色(3~6 時間)の範囲が広がっていた。

図-7 に浸水深が 0.5m 以上となる継続時間を示す。破堤点周辺では継続時間に大きな変動は見られないが、地下鉄が存在しない場合、図-7 に示した南部分の範囲で 0.5m 以上の継続時間が伸びており、範囲も広がっていることが分かる。以上より、名古屋においては、地下鉄が存在することにより地下に氾濫水が流入することで地上の浸水が低下すること、地上の浸水の到達時間は遅くなり継続時間も短くなること、氾濫水の拡がりを示す最大浸水深に大きな変化は無いこと、地下鉄線路を通じて氾濫水の輸送はあるが、全体に与える影響は小さいことが示された。

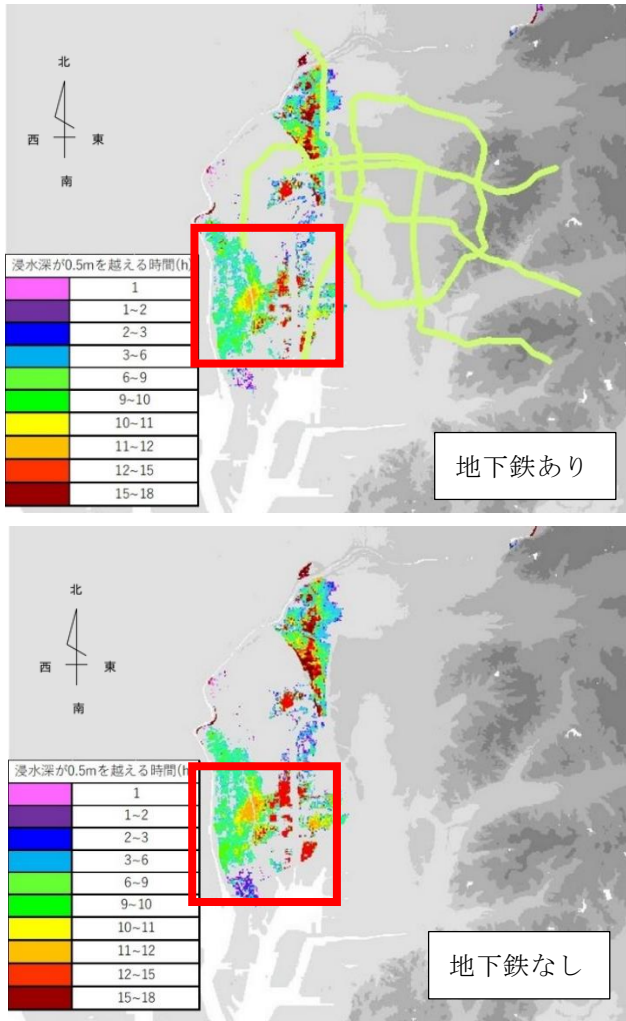


図-7 地下鉄の有無による浸水深 0.5m の継続時間

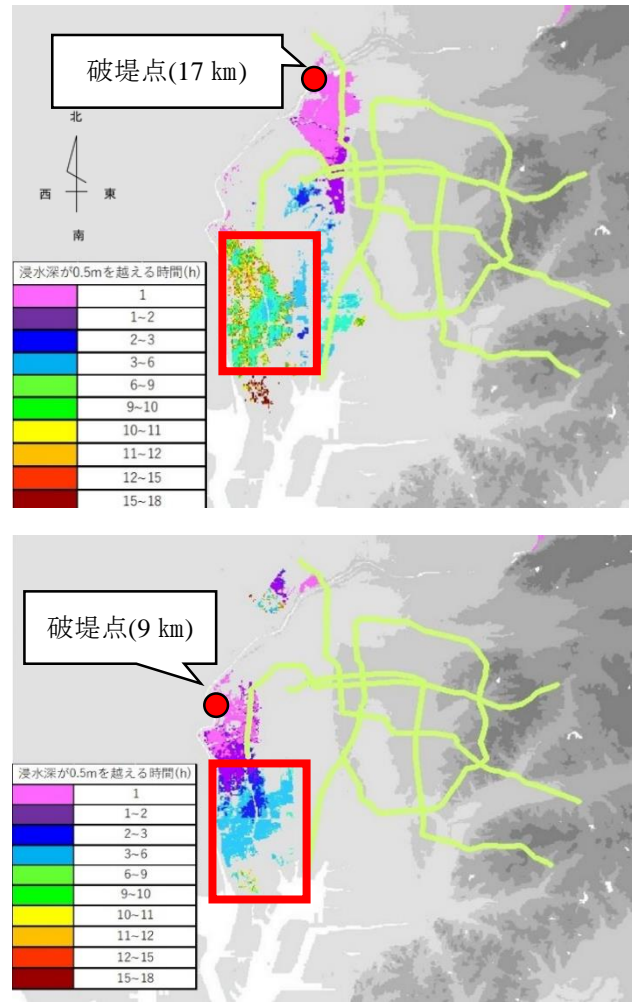


図-9 破堤箇所の違いによる浸水深 0.5m の到達時間

5. 計算結果および考察（破堤箇所の違い）

図-8 に、9km 地点で破堤した場合の地上の最大浸水深と、計算終了時の地下鉄線路内の水深を示す。図-8 と図-3 を比較すると、9 km地点で破堤した場合左岸側の浸水の範囲は下流側のみとなっている。河

口から 17 km地点周辺では、右岸側で越水が発生し、小田井遊水地に氾濫水が流れ込むが、破堤がないため名古屋駅の方へ水が流れない。また地下鉄の浸水も少なく、浸水が発生するのは東山線の高畑～中村公園駅間のみであった。この場合、浸水深が急速に広がったため、駅周辺の浸水深が低くなり、流入量が抑えられたと考えられる。地下浸水は満水にならないため、17 km地点の破堤時に確認された吹き出しによる氾濫水の輸送は存在しない。一方図-8 に示した範囲において、17 kmで破堤した場合と比較して、浸水深が大きくなっていることが示された。

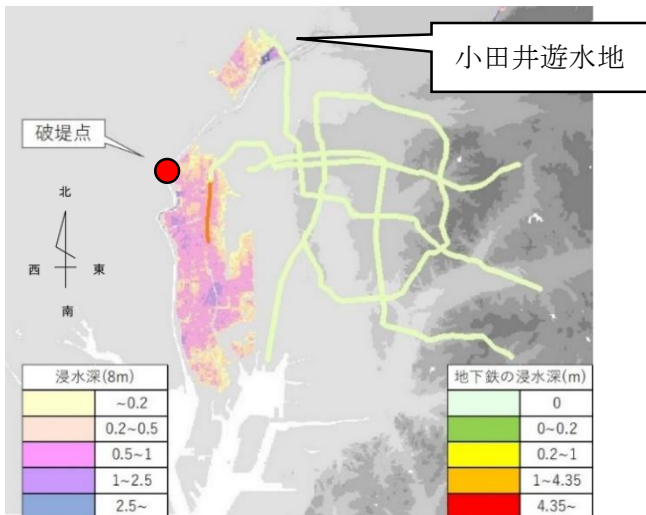


図-8 最大浸水深と計算終了時の地下浸水(9 km地点破堤)

ここで、氾濫水の床上浸水基準である 0.5m の到達時間を見る。図-9 に破堤箇所を 17 kmと 9 kmとし、浸水深が最初に 0.5m となる時間を図化し、比較した。17 kmの場合、図中に示す範囲（東山線高畑駅周辺）の浸水は、破堤から 9~10 時間で 0.5m に到達していることが分かる。一方で 9 kmの場合、遅くとも 6 時間で浸水は 0.5m に到達し、破堤から 1 時間で到

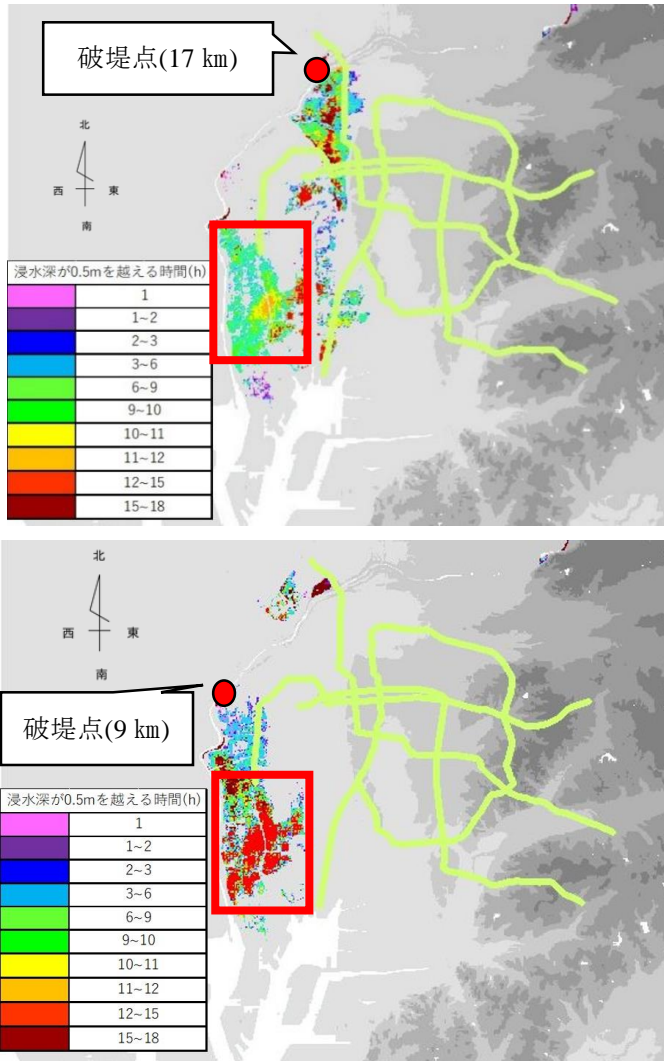


図-10 破堤箇所の違いによる浸水深 0.5m の継続時間

達した箇所も存在している。

つぎに、破堤箇所が 17 km と 9 km の、水深 0.5m 以上の継続時間を図-10 に示す。これらを比較すると、図-9 と同様に東山線高畑駅周辺で差が顕著に見られた。図-10 に示した範囲において、17 km で破堤した場合の継続時間は、3~15 時間であることが示される。一方、9 km で破堤した場合、示された範囲のほぼ全域が赤く、12~15 時間に渡り浸水している。浸水が急速に広がったため浸水の到達時間が早く、また排水を考慮していないため、結果的に継続時間が長くなったと考えられる。

以上より、名古屋においては、破堤箇所が JR 盛土より下流で破堤した場合、浸水は広く広がり地下鉄の浸水は軽度になること、JR 盛土の上流側の破堤に比べて、図-10 の赤枠の浸水到達時間は早くなること、またこれは排水を考慮していないためであり、大きな影響は見られないことが示された。

6. おわりに

本研究では、地下鉄を有する名古屋を対象に、破堤に伴う浸水の様子を考察し、名古屋における地下と地上の浸水特性、また地下鉄の有無による浸水特性の変化と、浸水に至るまでの時間変化を明らかにした。得た結果を以下にまとめる。

(1) 名古屋における浸水の破堤箇所・時間的な変化を詳細にまとめることで、将来的に起こり得る大規模水害発生時の浸水特性を確認できた。

(2) 地下鉄の有無による氾濫水の時間的な変化を比較し、名古屋において氾濫水の輸送は存在するが、地上の浸水へ与える影響は少ないことが示された。また名古屋において地下鉄が存在すると、そこに氾濫水が流入し浸水の到達時間は遅れ、浸水の継続時間も短くなることが示された。

(3) JR 盛土より上流側で破堤した場合、浸水範囲は広く地下鉄への影響も大きい。下流側で破堤した場合、浸水範囲は狭く浅くなり地下鉄への影響は小さいことが示された。

名古屋においては氾濫水の輸送による大きな影響がないことが示されたが、地下鉄など地下空間に焦点を当てて影響を見た場合、満水となった氾濫水による被害は多大なものであることが推測される。よって、排水を考慮した解析を行うほか、都市浸水の特徴を十分に理解したうえで、地下空間を考慮した浸水・排水対策について、今後の検討が必要である。

参考文献

- 1) 停滞前線, 台風第 14・15・17 号 - 気象庁
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2000/20000908/20000908.html>
- 2) 村瀬将隆・中島勇介・武田誠・川池健司・松尾直規: 地下鉄を考慮した名古屋と大阪の大規模浸水解析, 土木学会論文集 B1(水学), vol.73.No.4, I_1441-I_1446.
- 3) 村瀬将隆・野澤智己・佐藤大介・武田誠: 洪水浸水想定区域図を用いた地下空間の浸水被害に関する基礎的検討, 地下空間シンポジウム論文・報告書. 第 25 巻. 土木学会
- 4) 庄内川河川事務所: 洪水浸水想定区域図
https://www.cbr.mlit.go.jp/shonai/bousai/shinsui/pdf/2016_01_kouzuishinsui02.pdf
- 5) 台風 19 号による大雨, 暴風等 - 気象庁
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2019/20191012/20191012.html>

コロナ禍における地下街のアンケート調査

EC17056 山田 一斗

1. はじめに

我が国では、令和2年1月16日より新型コロナウイルス(COVID-19)が猛威をふるっている。このウイルスは既存のコロナウイルスの突然変異した形であり、飛沫感染と接触感染により感染していくと考えられている。そのため、多くの国や地域において感染が拡大したと考えられる。このような状況の中、特に対策が必要だと考えられるのが地下空間である。特に大都市では、多くの地下街が建設されているとともに、利用者も多く存在する。そのため、対人間の距離が近くなり、感染のリスクは高くなる。そこで本研究では、各地下街管理者に新型コロナウイルス対策に関するアンケートを実施し、課題や対策を検討し、示すことを目的としている。

2. 地下空間の歴史

古くから、住居や食糧貯蔵に利用してきた地下空間は、大都市では、技術の進歩により、都市基盤施設の地下化をはじめ、都市作りにも活動の幅が広がった。日本では明治以降に西洋からの技術を取り入れ、都市インフラ施設の整備が行われ、急速に地下空間利用が進んだ。1932年には日本初の地下街、神田須田町地下鉄ストアが開業した。近年には、都市問題の解決に向け、再び地下空間利用の必要性が認識され、地下空間を利用した新たな施設建設が進むようになった。その様相は、ますます多様化、複合化、立体化してきている。¹⁾

3. アンケート内容

各地下街管理者に新型コロナウイルス対策に関するアンケートを実施した。内容は、以下の通りである。

質問1：地下街に関する情報

質問2：来街者および店舗利用者と店舗状況について
昨年と今年の状況

質問3：消毒について

質問4：3密対策について

質問5：換気対策について

質問6：コロナウイルスに対する具体的な
組織的対応について

質問7：地下街の行事への影響について

質問8：防災対策への影響について

質問9：地下街と周辺接続の状況について

質問10：地下街の機能を維持して行くうえで、どのような社会的取組が必要か

質問11：お困りごと、またはご意見

質問12：コロナ禍における管理運営上の
取り組みについて

4. 研究方法

現在のコロナ禍における地下街の現状についてのアンケート調査を行った。アンケートは土木学会地下空間研究委員会でエクセルファイルにて作成し、国土交通省都市局から都道府県や市などの地方自治体の担当者へ送付し、さらにそこから74カ所の各地地下街管理者にメールにて送付し、回答をいただいた。著者は、本アンケートの内容とエクセルファイルの確認とアンケートの集計を行い、その結果を用いて考察を行った。回答いただいた地下街の都道府県は以下のとおりである。

東京都：17箇所、愛知県：14箇所

大阪府・兵庫県：7箇所、神奈川県：6箇所

北海道・福岡県：4箇所、京都府・岡山県：2箇所

岩手県・新潟県・富山県・広島県・愛媛県：1箇所

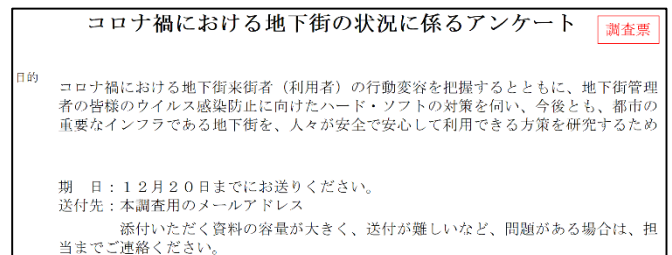


図-1 アンケートの一部

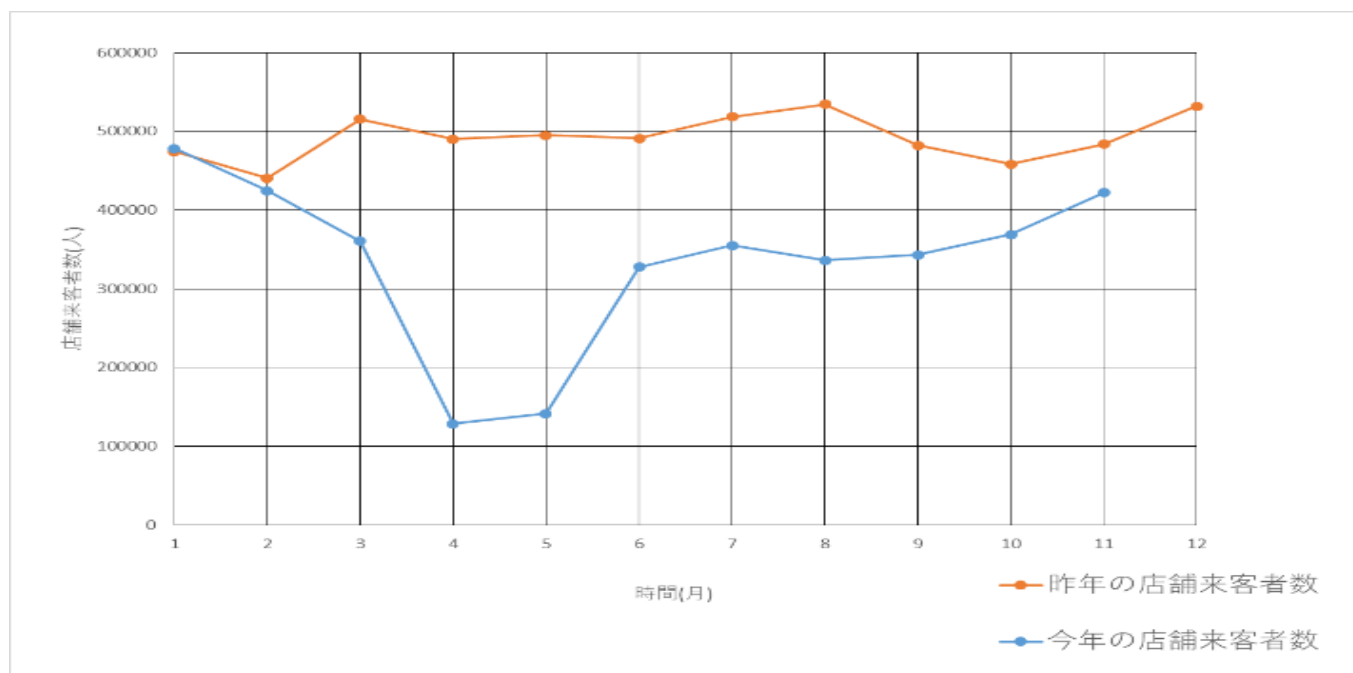


図-2 店舗来客者数の変化

5. 結果および考察

図-2 は昨年の店舗来客者数と今年の店舗来客者数の平均を比較したグラフである。記入のあった 39 箇所の地下街の来客者数のデータを整理し、平均をとり昨年と今年をそれぞれ示した。昨年はコロナ禍以前ということもあり比較的安定した来客者数となっている。昨年と比べ今年は、1 月 16 日のコロナウイルス初感染を皮切りに右肩下がりとなっている。特に、4 月～5 月にかけて政府から緊急事態宣言が発令されたことにより昨年の 1/5 の値となったと考えられる。緊急事態宣言解除とともに徐々に回復してきているが、8 月には第 2 波、現在では第 3 波が来ていることを鑑みると昨年までの来場者数まで戻るには多くの時間を要することになると考えられる。

次に図-3 は、今年の店舗売り上げと昨年の店舗売り上げの比率のグラフである。記入のあった 35 箇所の地下街の売上比率のデータを整理し、平均をとりグラフとした。結果から見て取れるように、図-2 の今年の来場者数に比例するように売上の比率が変化している。しかし、11 月の来場者は増加しているにもかかわらず、売り上げの比率は減少している。この要因として考えられる点は、2 点ある。1 点目は、昨年の売り上げが通常と比べると大きい値になったというものである。2 点目は、11 月になりコロナウイ

ルスに感染する人が増加したことにより売り上げが低下したのではないかと考えられる。基本的には売り上げは、来場者数に比例しているため来場者数同様に元の売り上げに戻るには多くの時間を要すると考えられる。

図-4 では実際に消毒を行っているかをグラフにしたものである。記入のあった地下街における項目をそれぞれにおいて整理しグラフとした。記入されている地下街で 7 割ほどの地下街が通路などで消毒を実施していた。

図-5 では消毒している地下街での消毒方法の分布を示した。記入のあった地下街における項目をそれぞれにおいて整理しグラフとした。消毒をしているすべての地下街において、清掃時に消毒を行っていた。次点で、入退場口にアルコール消毒液の設置であった。そのほかの対策として、エレベーターのボタンやドアノブの抗菌化を行うという対策があった。

人が頻繁に触れる箇所は抗菌化することで感染のリスクを減らすことができるため有効であると考えられる。

6. アンケートから得られた内容

その他の本研究で得られた内容は以下の通りである。

- 1) 約半数近い地下街における店舗が閉店しており、コロナウイルスの影響により客足が減り、閉店せざるを得ない店舗が多くあった。
- 2) 営業時間は維持できている地下街が約7割見られた。
- 3) 消毒をしているすべての地下街において、清掃時に消毒を行っていた。次に、入退場口にアルコール消毒液の設置が多かった。そのほかの対策として、エレベーターのボタンやドアノブの抗菌化を行うという対策があった。
- 4) 約5割の地下街で換気の強化を行っており、また喫煙所や休憩室など、人が多く集まる場所の閉鎖を行っている。
- 5) 自動ドアの常時開放や送風機の設置を行っている地下街が68箇所中30店舗存在した。
- 6) 具体的なコロナ対策の組織的対応として、情報伝達(連絡網など)が68個中42個挙げられた。
- 7) コロナ対策に関して、他の関係者で行った連携で68箇所中31カ所の地下街で挙げられたのは、情報の共有であった。
- 8) ほとんどの地下街においてすべてもしくは最小限のイベント数を開催していた。集客のためにもイベントを開催している場合は、しっかりとコロナ対策を行った上で開催しており、また、今回のコロナウイルスを考慮した上で消毒などのコロナ対策に関するイベントを開催する地下街があった。
- 9) 7割以上の地下街が既存の防災計画にコロナ対策に関する事項を追加していないという結果になった。また、ほとんどの地下街において既存の防災計画にコロナ対策に関する事項を追加することを検討すらしていなかった。
- 10) 自治体と帰宅困難者対応を行っている地下街は、3割ほどという結果となった。
- 11) ほとんどの地下街において周辺接続の封鎖を行っておらず、また行ったとしても、接続している施設が休業することでの封鎖が封鎖の原因である。

12) 必要な社会的取り組みとして補助制度の拡充を求める意見が多く集められ、次点で占用料の免除を求める意見が多く集められた。8割以上の地下街において今後機能を維持していく上で、なにかしらの組織的つながりが必要だという考えを持っていた。

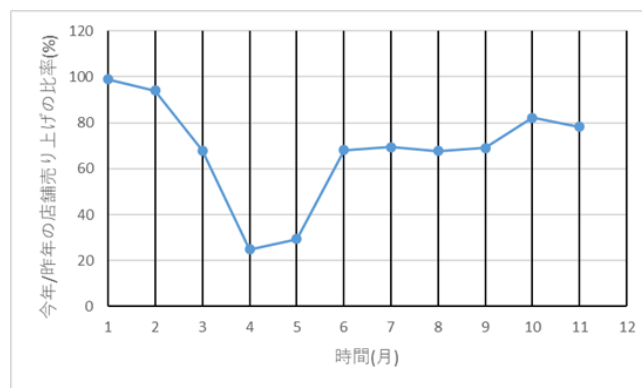


図-3 店舗売上げの比率

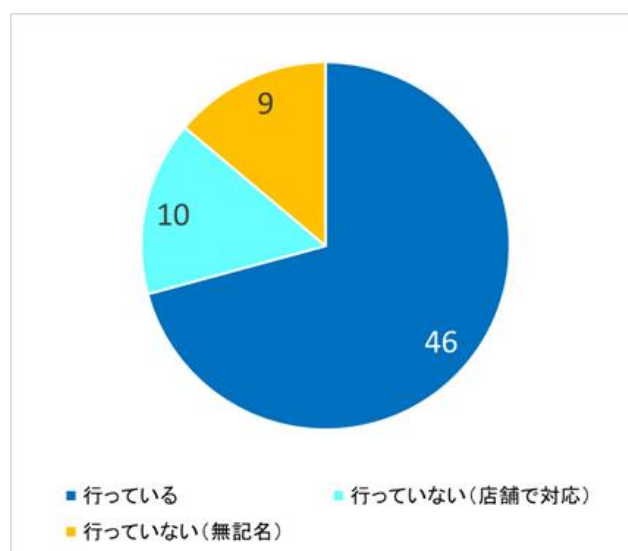


図-4 消毒の有無

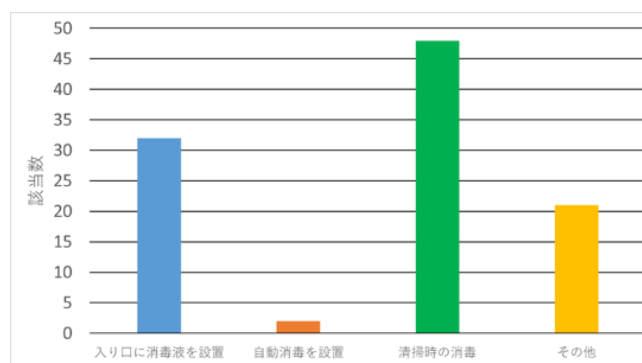


図-5 消毒方法

13) 困りごととして 12 店舗で挙げられたのは、占用料についてであった。また、地下街における悪いイメージが先行することで、来街者が低下しているという意見も挙げられた。

14) コロナ禍での他の地下街に参考にできる内容として独自の新型コロナウイルス感染症感染拡大予防ガイドライン及びチェックシートを策定というものが挙げられた。また、ストリートピアノの設置をしているというものが挙げられた。

7. 今後の課題

今後の課題として挙げられることは以下の通りである。

- 1) アンケート結果を参考とすると入場制限をしている地下街が 1 カ所しかなかった。そのため、3 密を避けるためにも入場制限を設ける必要があると考える。方法として整理券の配布をすべきと考える。ある程度の時間をあらかじめ決めておき、入退館口にて配布をすることで来客者を制限することができるのではないかと考える。
- 2) アルコールの消毒液を配置している地下街は多く存在した。しかし、配置しているだけでは必ずしも全員が消毒をすることは限らない。そのため上記と同様に入退館口にて整理券を配布するとともに、確実に消毒を人の手で行うべきと考える。また同時に、検温を行うことで感染のリスクを減少できると考える。
- 3) 地下空間は世間では、空気が循環しておらず感染リスクが高いのではないかと考えている人が多くいる。確かに地下空間は、地下にあるということで換気をするのは難しい。しかしコロナ禍の現在地下街では、入退館口の常時開放、送風機による空気の循環、空調による換気など、換気対策を多く行っている。この現状を世間に認知されるために各地下街のホームページにて換気対策に関する情報を掲示すべきと考える。全員が閲覧してくれるわけではないが、少しでも意識の改善に役立つのではないかと考える。

8. おわりに

本研究で得られた成果は以下のとおりである。

- 1) ほとんどの地下街が午後 10 時には営業が終了しているということが考えられる。1 度目の営業時間自粛要請では、午後 10 時までの営業はよしとされていた。しかし、先日もう一度発表された自粛要請では、午後 8 時で営業を終了するという内容であったため、今後は営業自粛での運営を余儀なくされる地下街が増加すると考えられる。
- 2) 今年の来街者数は、7 月以降はほぼ横ばいの人数となっており、感染者が増加していることから回復までには時間がかかると考えられる。
- 3) 今年の来客者数は、緊急事態宣言解除とともに徐々に回復してきているが、8 月には第 2 波、現在では第 3 波が来ていることを鑑みると昨年までの来場者数まで戻るには多くの時間を要することになると考えられる。
- 4) 基本的には売り上げは、来場者数に比例しているため来場者数同様に元の売り上げに戻るには多くの時間を要すると考えられる。
- 5) 人が頻繁に触れる箇所は抗菌化することで感染のリスクを減らすことができるため有効であると考えられる。
- 6) 消毒に関するイベントなど、イベントにおける集客が見込めるかつ、感染リスクの下げられるイベントを開催することが今後の課題になるのではないかと考える。
- 7) 今後求められるものとして、金銭面の援助が必要と考える。占用料の免除を求める声は経済不振から来るものである。行政は占用料の免除が難しいかもしれないが、地下街を運営して行く上での金銭の援助をしていく必要があるのではないかと考える。

参考文献

- 1) 松尾稔・林良嗣：都市の地下空間 開発・利用の技術と制度, 1998 年

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

EC17059 横倉昌信

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。特に、平成30年7月豪雨および令和元年台風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った。また、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、内水氾濫の対策を検討することが重要である。

本研究では、愛知県春日井市の南西部を対象とし、過去の現地観測で得られたデータを用いて、内水氾濫の数値解析を行う。過去の解析モデルでは、格子以上に降った雨が同格子にあるマンホールに流入するものとして数値解析を行ってきた。本研究では解析において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解析精度の向上を図る。同時に現地観測と比較し精度検証を目的とする。

また、本研究の数値解析によって得られるマンホール内の水位情報で浸水が発生することが確認できるか検討する。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」¹⁾にある下水道氾濫検知サービスに本研究の数値解析プログラムが活用することが可能であるか、大雨を想定した仮定の降雨情報を用いて検討する。

2. 内水氾濫解析モデル

本研究では、村瀬ら²⁾の内水氾濫解析モデルを活用する。紙面の都合上、詳細は村瀬ら²⁾を参照された。以下に、解析モデルの概要を示す。

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。過去の解析モデルでは、格子以上に降った雨が同格子にあるマンホールに流入するものとして数値解析を行ってきた。しかし、実際には、小さな下水道システム

や側溝などがあり、より広い地域から下水道へ流入することが考えられる。そこで、これまでのモデルにマンホールが無い氾濫格子から150m以内にある最短距離のマンホールに流入するよう落ち込み流量を設定する。その際に、落ち込み流量の最大値を時間雨量50mmと500mm設定し、それぞれcase1, case2とする。また、マンホールが満管になった場合は流入しないものとする。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。排水施設は該当するマンホールにポンプ排水量を設定し、放流先の河川とつながりを持たせた。貯水槽は、該当する位置に新規のマンホールを作成し貯留量を持たせた。排水施設、貯水槽の位置を図-1に示す。

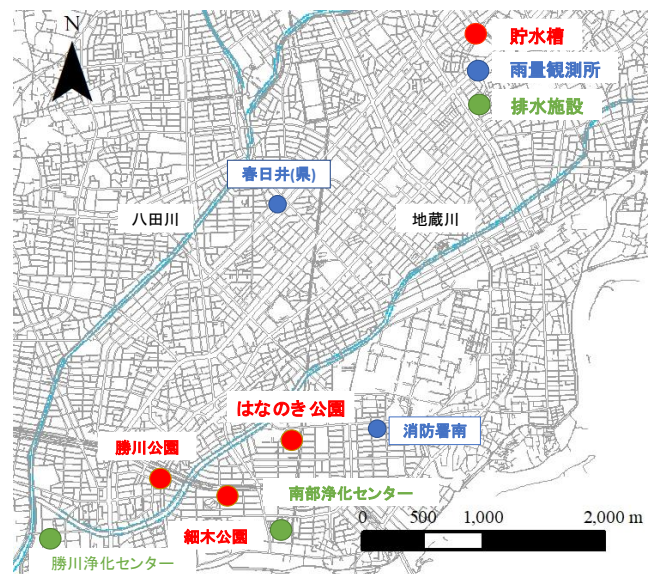


図-1 排水施設と貯水槽

3. 現地観測および解析条件について

村松³⁾、大矢⁴⁾は、愛知県春日井市を対象に降雨時のマンホール内の水深を計測した。図-2は水位計設置箇所、図-3は使用した水位計を示す。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。本研究では2017年6月22日～10月12日、2018年6月18日～10月15日の内、内水氾濫が発生した2017年7月4日、2017年8月

18日、2018年8月12日のデータを対象とした。その中でも水位変化の大きいA,D,F,G,H,Iの6地点を使用する。

解析条件は、図-4に示した計算領域を10m格子で分割し表現する。計算領域を図-5のようにティーセン法で分割し、それぞれに各観測所の10分間雨量の観測データを与える。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る。

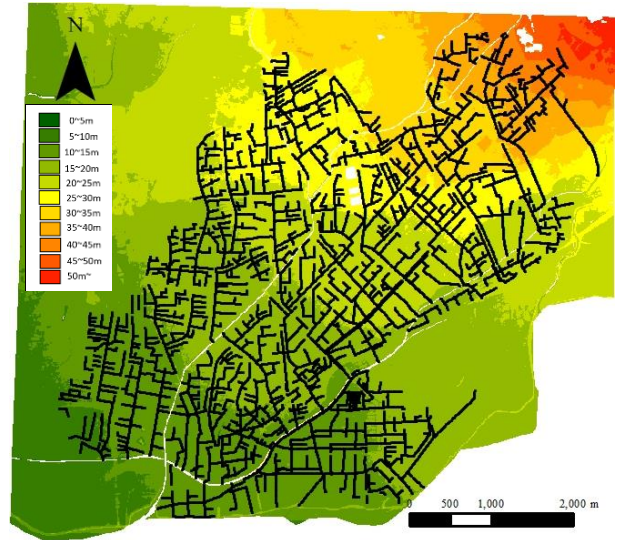


図-4 計算領域と下水道ネットワーク

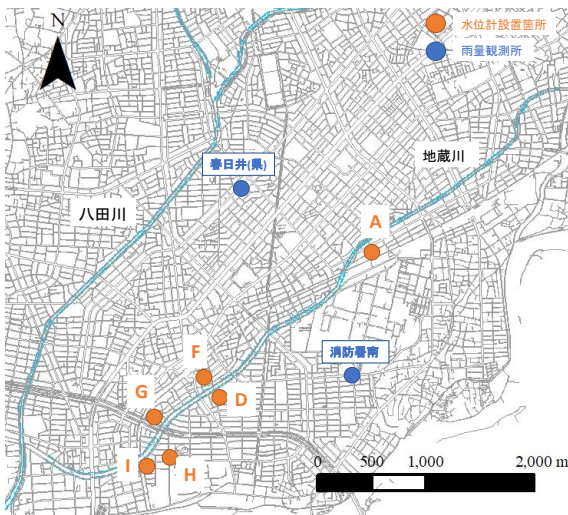


図-2 観測箇所と雨量観測所



図-3 水位計

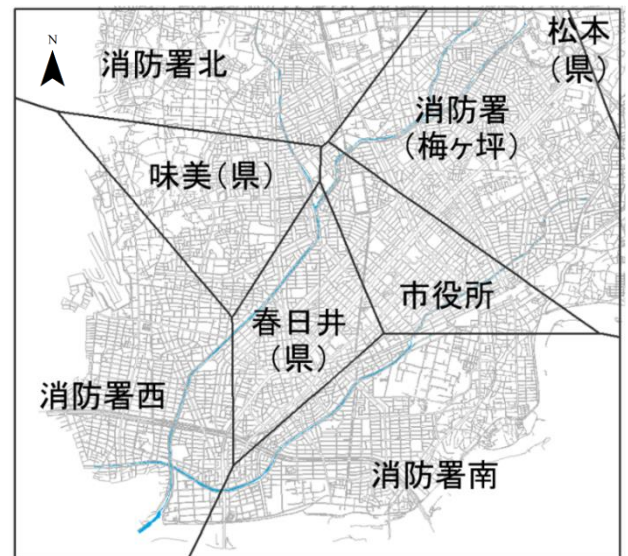


図-5 ティーセン法を用いて区分した計算領域と雨量観測所

4. 解析結果および比較

各期間の解析結果、現地観測結果、2019年度の数値解析結果を図6～図8に示す。

図-6～図-8から、観測値の初めの変動と本数値解析のcase1, case2の初めの変動が類似している地点が多く見られる。地点D, 地点G, 地点Hは観測値と本数値解析の水位変動が概ね一致していることが分かる。しかし、地点A, 地点Fでは水位変動は類似しているが、ピーク水位が一致しない結果となった。また、地点Iでは、水位変動は概ね一致しているが、全ての期間において解析結果のピーク水位が観測値に比べ、大きくなっていることが分かる。解析結

果と観測値の水位変動は多くの地点で概ね一致している。以上のことから精度は改善されたと言える。

case1とcase2を比較すると、case2の方が観測値に近い水位変動をしている地点が多いことが分かる。そのことからcase2はcase1に比べ、精度が高いと言える。

また、解析結果と2019年度の数値解析結果を比較すると、水位変動、ピーク水位ともに、本数値解析の結果が観測値により近くなっていることが分かる。そのことから、内水氾濫の数値解析プログラムの精度は向上したと言える。

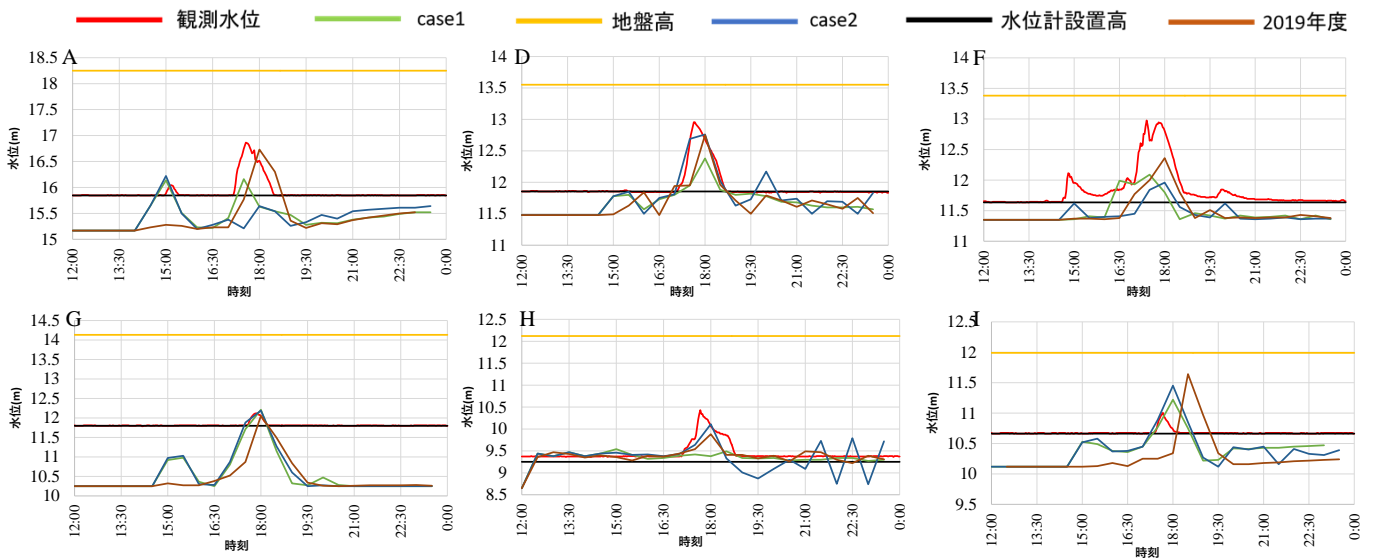


図-6 2017年7月4日解析結果

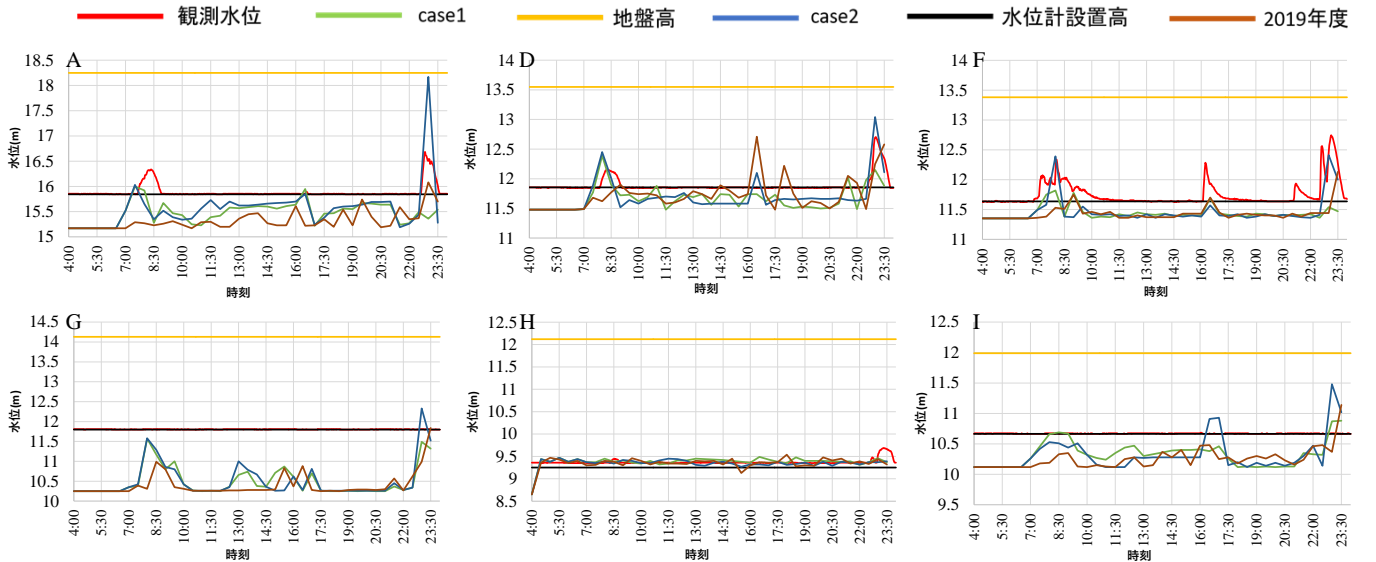


図-7 2017年8月18日解析結果

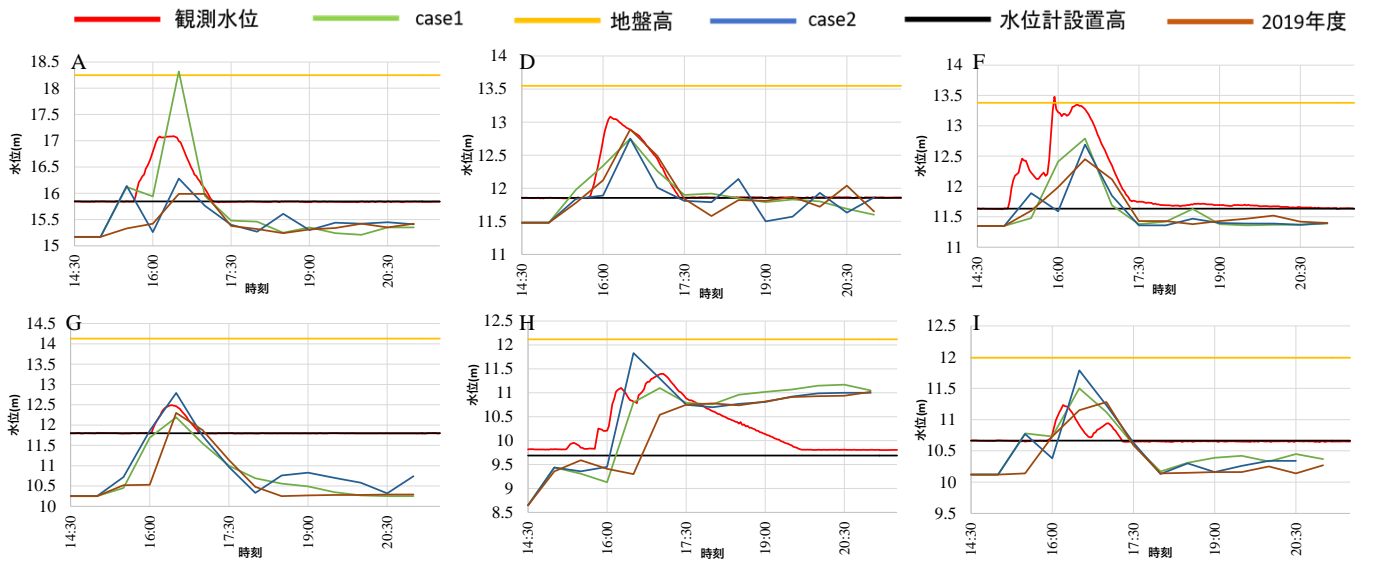


図-8 2018年8月12日解析結果

5. 得られた成果の活用

大雨を想定した仮定の降雨情報を用いて case2 のプログラムで数値解析を行い、数値解析によって得られるマンホール内の水位情報で浸水を予測することが可能であるか検証する。

時間雨量 100mm を仮定降雨として 2 時間与え、数値解析を行い、数値解析結果から得られるマンホールの満管率と地盤高からの水面までの距離の情報をそれぞれ浸水のデータと比較し、浸水が予測可能な地域を図-9 に示す。一部の地域を拡大したものを図-10 に示す。また、八田川流域は数値解析の精度が低いため、地蔵川流域に注目する。

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と言える。予測不可能地域 I では、マンホールごとに満管率や地盤高から水面までの距離が大きく異なる。また、浸水が発生しているが、満管率や地盤高から水面までの距離の値が上がりきっていない

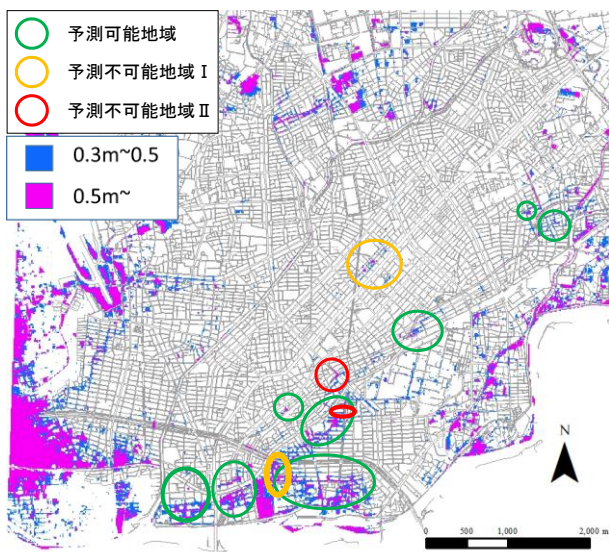


図-9 浸水予測地域

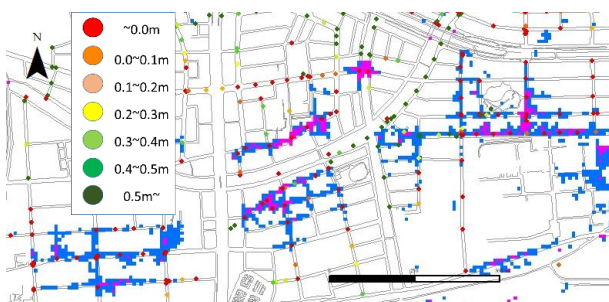


図-10 拡大図

いことからマンホール内の水位の情報から浸水を予測することは難しい。予測不可能地域 II では、満管率や地盤高から水面までの距離の値が大きくなっているが、同時刻に浸水が発生しているため、浸水の発生を予測することは難しい。本研究では場所によっては雨水が集まりやすいため、浸水の値と満管率や地盤高から水面までの距離の値が同時刻に急上昇したと考えられる。今後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 分程度しかないことから、降雨の予測も想定して浸水の予測を検討したい。

6. おわりに

本研究では、愛知県春日井市の南西部を対象とし、過去の現地観測と解析結果の比較、過去の数値解析結果と解析結果の比較を行い、解析モデルの精度検証したうえで、浸水の予測を検討した。数値解析結果の図から本解析モデルは、2019 年度のモデルに比べ再現性が高く、精度は向上したと言える。

今後の課題として、建物を考慮した内水氾濫解析モデル作成し、数値解析を行うことで、より観測値に近いデータを得ることができると考える。また、浸水と関係性が高いマンホールを調べ、現地観測を行うことで、実際の浸水予測を検討したい。

参考文献

- 1) 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)。
- 2) 村瀬将隆・武田誠・矢神卓也・高橋俊彦・大矢航平・山内琳太郎：下水道内水位計測と数値解析による春日井市の内水氾濫対策の検討,土木学会論文 集 B1(水工学) Vol.75, No.2, I_1267-I_1272, 2019.
- 3) 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
- 4) 大矢航平：春日井市を対象とした下水道内水位の現地観測，中部大学工学部都市建設工学科,卒業論文, 2018

路面交通の存続可能性についての研究

EC17002 浅井 亮磨

1. 研究の目的

過去の路面交通は路面電車が主であったが、モータリゼーション以降バス転換に移行する。しかし近年では路面電車が再評価されLRT化、バスも次世代の交通となるようBRT化と全国的に生まれ変わろうと路面交通は進化してきている。

本研究目的では、路面交通を全国で存続させるには、どのような投資、整備、街に対してどのようなバックアップをさせていくのか可能性を探ることを研究目的とする。



図-1 名古屋市が検討している SRT の構想図

2. 研究の方法

この研究を進めるにはまず、SRTの大元となる路面交通の定義について知識が必要となる為、路面交通について基本的な情報整理を行う。次に、現在国内で運営されている路面交通の把握また廃止された路面交通の把握を行い、国内の路面交通に対する存在意義、地域性、廃止に至った特性を調査分析する。その後、調査分析をした内容で正誤の判断を調査する為、国内の運営されている路面交通の中から代表の路面交通を選定、グループ化し、現地調査を行う。最後に、現地調査の結果から調査分析をした内容とて正誤の判断を考察し、路面交通の今後の在り方、これから路面交通システムを入れる地域の課題についてまとめを行うものとする。

3. 路面交通に関する基本的な整理

3.1. 路面交通システムについて

路面交通システムには全部で大きく分けて、路面電車、LRT、BRTの3つがある。まず、路面電車とは主に道路上に敷設された軌道を用いる路面鉄道を走行する電車のことである。次に、LRTとはライトレールトランジット (Light Rail Transit) の略で、低床式車両(LRV)の活用や軌道・電停の改良による乗降の容易性、定時性、速達性、快適性などの面で優れた特徴を有する次世代の軌道系交通システムのことである。最後に、BRTとはバス・ラピッド・トランジット (Bus Rapid Transit) の略で、連節バス、PTPS (公共車両優先システム)、バス専用道、バスレーン等を組み合わせることで、速達性・定時性の確保や輸送能力の増大が可能となる高次の機能を備えたバスシステムのことである。



図-2 路面電車 LRT、BRT の写真 (左：豊橋鉄道、真中：広島電鉄、右：気仙沼・大船渡 BRT)

3.2 現状の国内の路面交通システムについて

現状の国内の路面交通システムは、路面電車、LRT、BRT三種類全て存在しており、現在29の路面交通が全国で運行されている。これまで路面電車は、全国で71の市町で運行されていたが、急速なモータリゼーションの進展、バスや地下鉄への転換により66の市町で減線、廃線している。だが、近年では道路交通の見直しにより、人と環境にやさしい交通システムとして再評価されている。

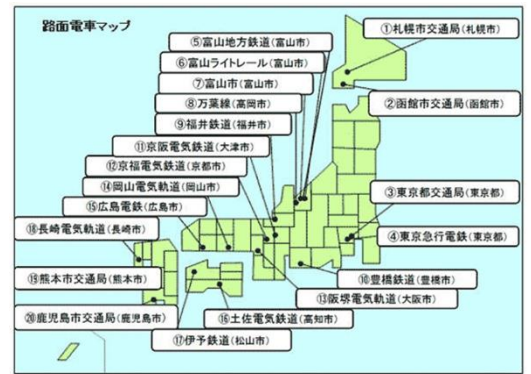


図-3 路面電車、LRTの日本全国分布図(2020年)

4. 現在存続している路面交通の把握

現在存続している路面交通は全国で29箇所の地点で運営されている。路面交通は、軌道線では5箇所で路面電車であり、残りの13箇所ではLRTである。その他軌道線ではない11箇所ではBRTである。今後運営廃止検討をしている企業

表-1 現在存続している路面交通の運営一覧(2020年)

会社	設立年	形式	最高運賃	最低運賃	経営状況	路線増減	乗降者数
札幌市交通事業振興公社	1918年	路電	200円	200円	赤字	延伸検討中	876万人
函館市企業局	1913年	LRT	260円	210円	赤字	現状維持	470万人
東京都交通局	1903年	LRT	170円	170円	赤字	延伸検討中	1743万人
東急電鉄	1925年	路電	150円	150円	公表無	現状維持	2117万人
富山地方鉄道	1913年	LRT	210円	210円	赤字	延伸検討中	506万人
万葉線	1948年	LRT	400円	200円	赤字	現状維持	125万人
福井鉄道	1924年	LRT	400円	160円	赤字	現状維持	公表不明
豊橋鉄道	1925年	路電	180円	180円	公表無	現状維持	306万人
京福電気鉄道	1910年	路電	220円	220円	赤字	現状維持	100万人
京阪電気鉄道	1912年	路電	240円	170円	赤字	現状維持	1400万人
阪堺電気鉄道	1900年	LRT	210円	210円	公表無	現状維持	780万人
岡山電気鉄道	1912年	LRT	140円	100円	赤字	延伸検討中	351万人
広島電鉄	1912年	LRT	270円	190円	赤字	路変更検討中	3780万人
とさでん交通	1904年	LRT	480円	130円	赤字	現状維持	550万人
伊予鉄道	1911年	LRT	180円	160円	公表無	延伸検討中	734万人
長崎電気鉄道	1915年	LRT	130円	130円	赤字	現状維持	1670万人
熊本市交通局	1924年	LRT	170円	170円	赤字	延伸検討中	1109万人
鹿児島市交通局	1914年	LRT	170円	170円	赤字	延伸検討中	1100万人
関東グリーンバス	2007年	BRT	380円	170円	公表無	現状維持	114万人
茨城交通	2013年	BRT	440円	150円	公表無	現状維持	71万人
東日本旅客鉄道	2012年	BRT	860円	150円	公表無	現状維持	72万人
JR/JS関東	1944年	BRT	880円	180円	公表無	現状維持	47万人
名古屋市交通局	2001年	BRT	250円	200円	赤字	現状維持	447万人
新潟交通	1943年	BRT	***	***	***	***	***
名古屋市交通局	1922年	BRT	***	***	***	***	***
岐阜乗合自動車	1943年	BRT	***	***	***	***	***
大阪高速電気鉄道	2017年	BRT	***	***	***	***	***
西鉄バス・福岡市	1908年	BRT	***	***	***	***	***

はない。BRTについては専用道路線と一般道路の混在路線があり、複雑な経路路線、乗り入れの為調査対象外とする(*は調査不可)。運営している路面交通は、西日本で多く運営されており、西日本で路面電車が都市の主な重要交通機関となっている。LRT化では国内では72%がLRT化をしている。今後LRT化をしない路面交通は5箇所のうち3箇所である。現時点で路面電車、LRTの経営状況をみると、赤字運営の企業が全体の12%の為、まだ路面交通の必要性は充分であると考察する。

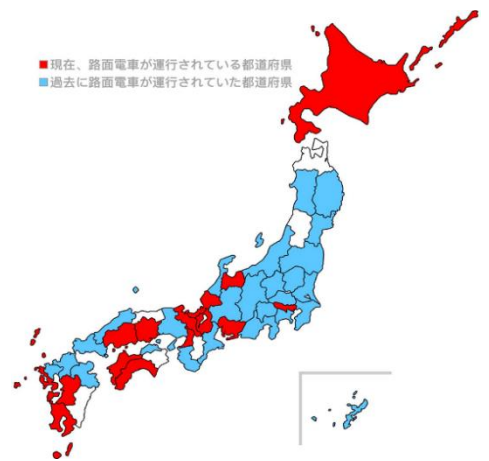


図-4 運営中・廃止の日本分布図(2020)

5. 廃止された路面交通の把握

廃止された路面交通は全国で66箇所の地点で廃止されている。廃止企業は、15箇所で地方自治体が運営し、残りの51箇所では企業が運営されていた。廃止された路面交通は、全て路面電車である。

廃止された要因は大きく分けて戦争中(1920~1950年)の時期とモータリゼーション時代と新交通誕生時代への突入(1970年~)が要因である。戦争中(1920~1950年)では、資材不足、戦争被災などによる経営難、モータリ

表-2 廃止された路面交通一覧(2020年)

会社	会社の存続	形式	廃止年	廃線理由	代替交通	会社	会社の存続	形式	廃止年	廃線理由	代替交通
旭川電気鉄道	運営中	路電	1973年	バス転換	バス	豊橋鉄道	運営中	路電	1973年	一部利用客減少	無し
札幌市交通局	運営中	路電	1974年	一部地下鉄転換	地下鉄	名古屋鉄道	運営中	路電	1962年	バス転換	バス
札幌市企業局	廃業	路電	1933年	バス転換	バス	名古屋市交通局	運営中	路電	1974年	地下鉄転換	地下鉄
登別温泉電気鉄道	運営中	路電	1933年	温泉街廃業	無し	岩村電気鉄道	合併	路電	1935年	国鉄線開通	鉄道
函館市交通局	運営中	路電	1993年	一部バス転換	バス	富山地方鉄道	運営中	路電	1980年	一部利用客減少	無し
大沼電鉄	合併	路電	1952年	バス転換	バス	北陸鉄道	運営中	路電	1971年	バス転換	無し
花巻電鉄	合併	路電	1972年	バス転換	バス	桑名電気鉄道	廃業	路電	1944年	不要不急線	無し
松島電気鉄道	合併	路電	1944年	利用客減少	無し	三重交通	運営中	路電	1961年	バス転換	バス
秋田市交通局	廃止	路電	1966年	バス転換	バス	京都市交通局	運営中	路電	1978年	一部地下鉄転換	地下鉄
仙台市交通局	運営中	路電	1976年	地下鉄転換	地下鉄	大阪市交通局	運営中	路電	1969年	一部地下鉄転換	地下鉄
秋保電鉄	合併	路電	1961年	バス転換	バス	阪急電鉄	運営中	路電	1949年	鉄道転換	鉄道
福島交通	運営中	路電	1971年	バス転換	バス	南海電気鉄道	運営中	路電	1980年	地下鉄転換	地下鉄
塩原電車	廃業	路電	1936年	バス転換	バス	阪神電気鉄道	運営中	路電	1975年	バス転換	バス
東武鉄道	運営中	路電	1968年	バス転換	バス	神戸市交通局	運営中	路電	1971年	鉄道転換	鉄道
東京電機営業鉄道	合併	路電	1934年	バス転換	バス	搭客鉄道	合併	路電	1934年	国鉄線開通	鉄道
本庄電気鉄道	廃業	路電	1933年	国鉄線開通	鉄道	岡山電気鉄道	運営中	路電	1968年	都市計画による変更	バス
茨城交通	運営中	路電	1966年	バス転換	バス	松山電気鉄道	合併	路電	1948年	一部合併による縮小	無し
常南電気鉄道	合併	路電	1938年	バス転換	バス	土佐電気鉄道	運営中	路電	1954年	一部バス転換	バス
西武鉄道	運営中	路電	1941年	国鉄線開通	鉄道	米子電気鉄道	合併	路電	1938年	バス転換	バス
成宗電気鉄道	運営中	路電	1944年	バス転換	バス	呉市交通局	運営中	路電	1967年	バス転換	バス
東急電鉄	運営中	路電	1972年	地下鉄転換	地下鉄	岩国電気鉄道	廃業	路電	1929年	国鉄線開通	鉄道
東急急行電鉄	運営中	路電	1969年	一部地下鉄転換	地下鉄	山陽電気鉄道	運営中	路電	1975年	バス転換	バス
武蔵中央電気鉄道	合併	路電	1939年	鉄道転換	鉄道	高松平電気鉄道	運営中	路電	1957年	都市計画による変更	バス
横浜市交通局	運営中	路電	1969年	バス転換	バス	琴平参宮電鉄	合併	路電	1972年	バス転換	バス
海岸電気鉄道	合併	路電	1937年	鉄道転換	鉄道	西日本鉄道	運営中	路電	2000年	バス転換	バス
箱根登山鉄道	運営中	路電	1972年	国鉄線開通	鉄道	北九州市交通局	運営中	路電	1975年	モレール転換	モレール
新潟交通	運営中	路電	1999年	バス転換	バス	筑後鉄道	廃業	路電	1929年	国鉄整備	無し
山梨交通	運営中	路電	1962年	バス転換	バス	佐賀電気鉄道	廃業	路電	1937年	バス転換	バス
松本電気鉄道	運営中	路電	1964年	バス転換	バス	肥前電気鉄道	合併	路電	1931年	バス転換	バス
上田温泉電気鉄道	運営中	路電	1963年	バス転換	バス	熊本市交通局	運営中	路電	1972年	一部河川整備	無し
伊豆箱根鉄道	運営中	路電	1963年	バス転換	バス	大分交通	運営中	路電	1972年	バス転換	バス
静岡鉄道	運営中	路電	1975年	バス転換	バス	鹿児島市交通局	運営中	路電	1985年	一部バス転換	バス
						沖縄電気	廃業	路電	1933年	バス転換	バス

ゼーション時代と新交通誕生時代の突入（1970年～）では、自動車、バス、地下鉄の普及による代替交通の発展による廃止である。主にバス転換による廃止であると考察する。

6. 現存する路面交通に分析

6.1 新車両導入率と運賃のグラフによる分析

新型車両の導入、LRT化による設備投資に伴って投資維持費用の増額になり、運賃の増額が行われているのかまたは、それ以外の理由があるのか新型車両導入率と運賃によるグラフ化を行い、分析する

（BRTは対象外とする）。グラフ化した後、それぞれの路面交通のまとまりでグループ分けし、どういう特性があるか分析を行う。

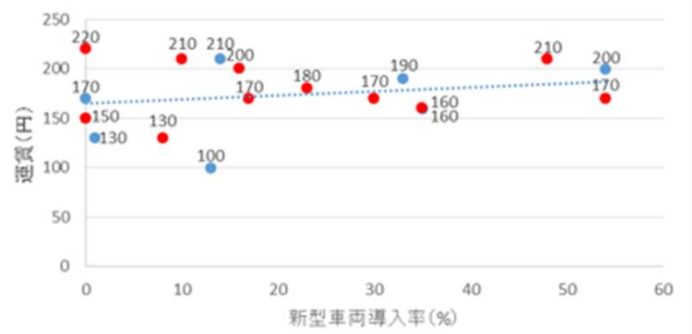


図-5 新車両導入率と運賃による分布図(2020年)

6.2 新車両導入率と運賃のグループ分けによる分析

図3のようにグループ1から4まで分けることとする（赤点は定額制運賃、青点は距離制運賃とする）。

グループ1では、旧型車両による観光特化や財務状況による見送り、または低床式車両の導入、LRT化を行わないと考察する。グループ2では、試験的な低床式車両の導入、LRT化を行っているかと考察する。グループ3では、財務状況により徐々に低床式車両の導入、LRT化を行っているかと考察する。

グループ4では、運営企業と自治体の資金、開発援助による低床式車両の導入、LRT化を行っているかと考察する。

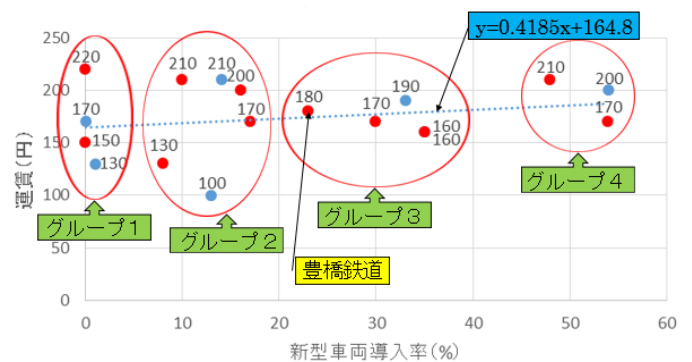


図-6 グループ分けによる分布図

7. 路面交通の現地調査

7.1 現地調査前に

6.2の新車両導入率と運賃のグループ分けによる分析の全グループから代表グループ2つ決め、各1社までを選び、選んだグループの特徴、分析の類似性を現地調査する（新型コロナウイルスの影響により出来る限り、近距離の地域での調査とする）。実際に乗車し、現状の低床式車両の導入具合、LRT化の進行具合を調査する。今回はグループ3の豊橋鉄道（愛知県）、グループ4の富山地方鉄道（富山県）の選定とする（グループ1は東急電鉄、グループ2は熊本市交通局とし、企業間い合わせによる調査とする）。選定理由としては、富山県、愛知県に定額制運賃、ほぼ同人口の為、それに合わせ定額制の地域の選定とする。

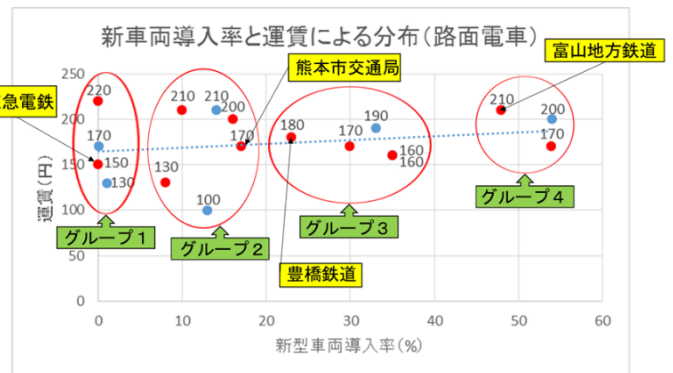


図-7 グループ分けによる代表企業選定図

7.2 現地調査後

現地調査は、豊橋鉄道では2020年10月22日、富山地方鉄道では2020年10月24日に行った。

グループ3の豊橋鉄道は、新型車両導入率については、試験的な導入のみであり、資金余力あるが新設備・施設の投資資金慎重的で旧型車両の車内サービス設備投資が主である。料金については、設備投資の少なさに対して少し高めな運賃設定である。グループ4の富山地方鉄道は、新型車両導入率については、徐々に増備、または増備計画中であり、資金余力ある為新設備・施設の投資資金前向きである。料金については、設備投資、運営距離、乗降客数に見合った適度な低運賃設定である。グループ2の熊本市交通局は、新型車両導入率については、徐々に増備、または増備計画中であるが財務状況が少し苦しい為、見極めながらの投資である。料金については、設備投資、運営距離、乗降客数に見合った適度な低運賃設定である。



図-8 現地調査を行った地域の現地写真（左：豊橋鉄道、右：富山地方鉄道）

（グループ1の東急電鉄は問い合わせた所回答拒否の為、調査不可）。



図-9 問い合わせ調査を行った地域の写真（左：東急電鉄、右：熊本市交通局）

8.まとめ

全国的に見て、路面交通の投資は積極的である。しかし新型車両導入率はLRT導入が進んでいる企業でも60%も進んでいない。LRT化が行われていない所では、自治体と企業の連携を強化し、地元住民の説明会を積極的に行い、路面交通の認知度を上げ、投資していくことが大切である。運賃は全国平均で見ると174円が平均であり、これについては比較的に利用できる手ごろな低運賃設定が来ているのでこのまま維持出来れば、次第に路面電車の認知度と良さが分かる人が増加すると考察する。距離制と定額制で考えても距離制の運賃は廃止にし、少し割高になってしまうが区間制にすべきだと考察する。なぜなら定額制にすることにより、利用者にとって分かり易く、整理券販売機設備等の簡素化による維持費削減が行うことが可能だからである。これは熊本市交通局の問い合わせ調査から分かった事である。なので距離運賃を定額制運賃に変更し、利用者側への負担、維持費削減を行うことで路面電車の魅力を高めることができる。ただし、LRTがいくら良いものであっても、その街の利用者が必要としなければ無意味である。利用者のニーズによって計画的なLRT化と運賃設定、運行路線、運行頻度また、街とLRTが伴に魅力を高めることが出来れば路面電車は今後十分に存続可能だと考察する。

参考文献

- 1) 道路：LRT(次世代型路面電車システム)の導入支援 - 国土交通省
https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/lrt/lrt_index.html (参照 2020-05-24)
- 2) 紹介(ライトレールトランジット 身近な都市交通 LRT(Light Rail Transit) - 国土交通省
<http://www.jtpa.or.jp/contents/lrt/index.html> (参照 2020-05-24)
- 3) 名古屋市:新たな路面公共交通システムの導入検討 (市政情報) - 名古屋市
www.city.nagoya.jp/jutakutoshi/page/0000089453.html (参照 2020-05-18)

位置情報ゲームの効果と弊害に関する研究

EC17007 井上元

1. 研究の背景と目的

現在、情報化社会が進む中、GPS 機能を使用した位置情報ゲームが普及しつつある。2016 年 7 月日、株式会社ポケモンと開発元であるアメリカの企業のナイアンティック社が共同開発したポケモン GO がリリースされ、社会現象を起こすほどの大ブームとなった。また、位置情報ゲームの特徴であるストを生かし、知名度の低いランドマークが注目を浴びるようになり、地域活性化に繋がっている。

本研究では、位置情報ゲームについて、どのような効果があるのか調査していく。また、弊害である。ながらスマホによる事故について調査し、ソフト面およびハード面の対策についても追及する。

2. 研究方法

本研究は約 10 ヶ月の期間で行う。初めの 2 ヶ月間はインターネットを用いて研究内容の大まかな情報収集を行い、位置情報ゲームの種類、特徴、制作会社など研究に必要な大まかな情報を調べ、グラフや表にまとめる。その後の 4 ヶ月間は代表的な位置情報ゲームを 3 つ挙げ、スポットの名称、位置関係を朝宮公園付近、名古屋、犬山、勝川を対象に現地調査を行った。残りの 4 ヶ月間は、「ながらスマホ」による事故を中部大学のホームページにある外部データベースを用い、中日・東京新聞の記事から情報収集しつつ、研究論文としての結論をまとめる。

3. 位置情報ゲームに関する基本的な整理

1) 位置情報ゲームの特徴

現在リリースされている位置情報ゲームは街のランドマークを利用してスポットを設けている。スポットとは、ある一定の範囲に入るとスポットの効果が得られ、その効果はゲームによって異なる。基本的にはゲーム内アイテムが手に入り、スポットの効果を得るほどゲームを有利に進められるようになっている。

2) 位置情報ゲームの種類と効果

表-1 各ゲームの名称

アイドルマスターモバイル エリアゲーム	しろつく
AllenSweeper	くにつく
ララこれ	みんなのシムシティ
お土産っど	Foursquare Swarm
くるくる神戸	ドリームオーナー
エキッシュ	ジコ駐
ピクタント フロンティア	まちつく!
はてなココ	ケータイ園遊会合戦
ロケタッチ	犬わんグランプリ
Ingress	携帯戦国列伝
まちクエスト	しらべる
ステーションメモリス!	コロニーな生活
パズドラレーダー	キミとポケと魔法のタネ
Pok e mon GO	ココ釣りマスター
おぞ松さん序	みんなでサッカーワールドカップ編～
妖怪ウォッチ ワールド	恐竜ドミニオン
ドラゴンクエストウォーク	ニッポン城めぐり
パルパッター	おやさいV
Zoie	市町村制開
トレスごタウン	チクタクテク
TSUBAKA+	マップラス+お/ジョ
ロイと魔法の森~Prologue	ゴーストバスターズ
Ash Tale 風の大陸	温泉むすめ
逃走中	見つけて! 三国志
奴隸区-The RPG-	はい!こちら本コ屋台です。
テクテクライフ	LINE BLEACH
ピトちゃんたーず	テトリーモンスターズ
アニマルランランド	八百萬クエスト
ぼくのダイノ	競争者

表-2 各視点ごとの全体の割合

各ゲームの強み	個数(58個)	全体の中で占める割合
お城・駅	9	16%
シミュレーション	8	14%
キャラクター	19	33%
情報共有	8	14%

今までリリースされた位置情報ゲームを上図のようにまとめた。調べた結果位置情報ゲームは全てで58個のゲームがあり、中にはサービス終了したゲームや現在も人気のゲームも存在している。その中でどのようなゲームがあるのか5つの視点から分析した。全国各地のお城、駅、釣り場をスポットとしたゲームは全体の16%、シュミレーションゲームとして特化したものは全体の14%、キャラクター、コンテンツ力を強みとしたゲームは全体の33%、4つ目は情報共有を目的としたゲームは14%となった。結果、割合が高いのはキャラクターやコンテンツ力のあるゲームが多いことが分かった。

3) 位置情報ゲームの制作会社について

位置情報ゲームの制作会社を調べた結果、制作会社は全てで40社あり、この中でも株式会社コロプラが位置情報ゲームに特化していることがわかった。株式会社コロプラについて調べた結果、他の制作会社より優秀なクリエイターが多い、1つあたりのゲームの開発費用が多いため必然的にゲームのクオリティが高くユーザが多いことが分かった。

表 - 3 制作会社一覧

ケイブ	ライン
パドソン	ナイアンティック
フォースクエア(アメリカ)	Libit, Inc
frayden	funspire, Inc
NEMOSTUDIO(韓国)	株式会社カークアンドリバー
mixi	株式会社MIRAIRE
Mapion	curiosity株式会社
モバイルgoo	日本XL
WinWinリッチマン	チームテック
コロプラ	リアルワールドゲームス株式会社
アイアウト	株式会社リコム
パドソン	株式会社Small game Japan
WinWinリッチマン	株式会社エディア
コロプラ	ソニービジュアルエンターテインメント
ユーエム・サクシード, idea canvas	株式会社エディア
バンダイナムコ	INCAEMENTP CORP
ランド・ホー	株式会社シグナルトーク
レイ・フロンティア	株式会社トイロシック
Gigi	ガンホー
はねび	エイベックスビクター

4. 位置情報ゲームのスポット設定に関する現地調査

1) 調査方法



図 - 1 朝宮公園周辺



図 - 2 勝川駅周辺



図 - 3 名古屋駅周辺



図 - 4 犬山城下町周辺

現地調査対象地域は図 - 1～図 - 4にあるように朝宮公園（予備調査）、勝川駅周辺、名古屋駅周辺、犬山城下町を対象地域とした。理由は街の機能が異なる3つの街（郊外、都心、城下町）を調査することによって、スポットにどのような差があるのか調査していく。



図 - 5



図 - 6

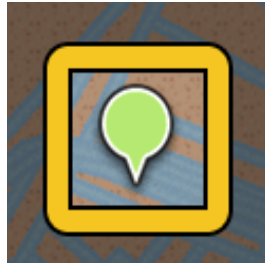


図 - 7



図 - 8 プロット例

調査した位置情報ゲームはポケモン GO、ドラゴンクエストウォーク、妖怪ウォッチワールドを調査の対象とした。対象とした理由は、各ゲームが異なる制作会社選ぶことによって、スポットが同じ配置にならないようにするためである。またプレイ人口の多いことや知名度が高いがも追加条件とした。

調査方法は写真 1~3 から順番にポケモン GO、ドラゴンクエストウォーク、妖怪ウォッチワールドのスポットを写真 4 のようにプロットしスポットの名称も記録した。ドラゴンクエストウォークについては名称がないので、スポットの配置の特徴を記録した。

2) 調査結果

表 - 4 妖怪ウォッチワールド結果

妖怪	神社・寺	お店	公園	会社	ホテル	モニュメ	その他	合計
犬山	2	7	1	3	1	1	7	22
	9%	32%	5%	14%	5%	5%	32%	100%
名古屋	0	19	1	1	8	2	9	40
	0%	48%	3%	3%	20%	5%	23%	100%
勝川	0	5	0	2	1	0	0	8
	0%	63%	0%	25%	13%	0%	0%	100%
朝宮	0	4	0	1	0	0	0	5
	0%	80%	0%	20%	0%	0%	0%	100%

表 - 5 ポケモン GO 結果

ポケ GO	神社・寺	お店	公園	会社	ホテル	モニュメ	その他	合計
犬山	19	6	0	0	2	8	20	55
	35%	11%	0%	0%	4%	15%	36%	100%
名古屋	2	17	1	2	1	20	25	68
	3%	25%	1%	3%	1%	29%	37%	100%
勝川	1	2	11	0	0	1	10	25
	4%	8%	44%	0%	0%	4%	40%	100%
朝宮	0	0	9	0	0	9	4	22
	0%	0%	41%	0%	0%	41%	18%	100%

スポットの名称を記録した結果、神社、お店、公園、会社、ホテル、モニュメント、その他（看板等）に分けられた。妖怪ウォッチワールドはどの地域も会社、ホテル、お店の割合が高い傾向にある。一方、ポケモン GO は各地域の街にあったランドマークにスポットを配置していることが分かった。例えば、犬山は神社、名古屋はモニュメント（ロータリー付近）、勝川駅、朝宮公園周辺は公園が多い傾向にある。また各ゲームで共通しているものは、地域によってスポット数の地域格差があることが分かった。一方、ドラゴンクエストウォークの特徴は、スポットがランドマークに配置されておらず、中途半端な配置となっていた。また、他のゲームよりスポットの数が多く、地域によってスポット数の地域格差はあまりないと感じた。

3) まちづくり効果の観点からのまとめ

今回調査したキャラクターを用いた位置情報ゲームはコンテンツ力があるので、幅広い年齢層がプレイされ、SNS を通して無名の土地が注目を浴びることが多い。過去の効果について横浜市が地域活性化の政策としてポケモン GO を利用し、他の地域よりゲームを有利に進めれるイベントを開催した。結果、約 200 万人を集客し周辺の商業施設などにも大きな経済効果を得た。他に鳥取県も同じような政策を行っている。内容は鳥取砂丘でもプレイをするとゲームを有利に進めれるものだ、この政策も効果があり、周辺の施設等の経済効果が大きく得た。ポケモン GO 以外にも地域活性化が期待できるゲームもあるが、キャラクター、コンテンツ力のあるゲームが地域活性化に期待できると感じた。

5. 位置情報ゲームの弊害に関する調査

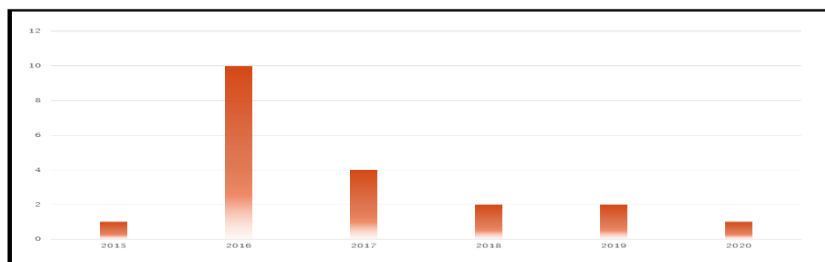


図-9 ながらスマホによる年別事故推移

交通事故の発生場所	件数
直線道路	7
駅のホーム	3
歩道	2
横断歩道	2
交差点	1
高速道路	1
インターチェンジ	1

図-10 主な事故現場

位置情報ゲームの弊害は「ながらスマホ」による事故である。外部データをもとに調査した。結果、「ながらスマホ」の事故件数は全てで20件あり、図-9のように年別の事故件数を記録した、20件のうち17件は交通事故であることが分かり、図-10のような事故が発生した現場と件数も記録した。この調査結果から分かることは、2016年にポケモンGOがリリースされたので事故の件数が伸びていると考えられる。

3) 位置情報ゲームの弊害対策

位置情報ゲームの対策については一定の速度になるとアプリから警告通知をし、歩きスマホの多いところでの注意喚起の放送の強化が必要だと考えられる。現在でも車や自転車に乗りながらプレイする人は多いため、写真-11のように通知が来るようになっており、今後の事故減少に期待できる。またショッピングモールや商店街などの人の通行量が多いところは「ながらスマホ」による接触を避けるため店内放送が必要だと考えられる。



図-11 プレイ制限の通知

6. まとめ

大まかに4パターンの種類のゲームがあり、コンテンツ力のあるキャラクターを用いたゲームは比較的に人気傾向があることが分かった。その人気傾向のあるゲームから3つ選びスポットの調査をした結果、各ゲームには基盤となっているものがそれぞれ違っており、現地調査を行った地域によっても差があることが分かった。また、ポケモンGOだけは街にあったランドマークをスポットにしていることが分かり、比較的に他のゲームよりまちづくりに寄り添ったゲームだと感じた。事故の弊害については、「ながらスマホ」について問題を取り上げ、外部データベースを用いて調査を行った。結果、2016年にリリースされたポケモンGOの影響で「ながらスマホ」をする人が増加し、死亡事故が多く見られた。それに対して世間の声が厳しくなり、2019年12月から「ながらスマホ」の罰則が厳しくなったことが分かった。

現在でも「ながらスマホ」をする人は多く、社会問題となっている。危険性を伝えるには、どのような対策をしていけば良いのか考える必要がある。

参考文献

- 1) どこまでが「歩きスマホ」? <https://kagakumag.com/car/?id=14766> (2020/11/23 取得)
- 2) コロプラの強み <https://nikkan-spa.jp/36700> (2020/5/11 取得)
- 3) 位置情報ゲームの種類 <https://m-s-y.com/app/ranking/gps-games/> (2020/5/11 取得)
- 4) ポケモンGOで地域おこし <https://freeconsultant.jp/column/c156> (2020/7/6 取得)
- 5) イングレスで地域おこし <https://www.ashita-lab.jp/special/5578/> (2020/7/6 取得)

どんぐりひろばの現状把握と効果検証

EC17009 大川 航太郎

1. 研究目的と背景

名古屋市には、幼児向けの小規模な遊び場として子ども青少年局が運営しているどんぐりひろば（以下、各項目の最初以外はひろばと記載）というものがある。設置当時、名古屋市で子供の数に対して遊び場が少なかったことから市の中心部などに多く設置された。しかし現在は、少子高齢化に伴う利用者の減少やひろばの日常管理の不十分などの課題が存在している。そのため、ひろばの存在に疑問の声が出ている。本研究では、どんぐりひろばの現状把握を行った上で今後の在り方について考えていく。

2. 研究の方法

本研究は、資料がインターネットや書籍では得られる情報が少ないため現地調査を中心に行っていく。まず、4月から6月中旬まで名古屋市役所のHPからどんぐりひろばの基本的な情報と所在地を調べる。6月下旬から9月で現地調査用の調査票を作成し現地調査を行っていく。調査が終わったのち、収集したデータを10月に分析し特徴や課題を探し出しグラフや表にし、現状の様子をまとめる。11月に市役所の担当者の方にヒアリング調査を実施し市の見解を聞く。12月から1月にそれらをまとめてひろばの今後の在り方について考えていく。

3. どんぐりひろばに関する基本的な整理

どんぐりひろばとは、1967年に名古屋市が幼児の健全な育成を目的に市内の各地に設置したもので、合計381個存在し住宅地だけでなく中区など中心区にも多く確認できる。¹⁾一部のひろばは、民間の土地を開放して使用しているものも存在（約3割程度）し、管理は市、民間の土地問わず全て地域で行っている。¹⁾管理者は除草などの日常的な管理を行わなければならない。¹⁾行政は砂場、低鉄棒、ベンチ、標識・看板などの設備が設置可能であるが、遊具はこの2種類しか設置できず他は全て寄付で設置となる。¹⁾ひろばの設置条件は遊び場として安全に使える、面積が30平方メートル以上700平方メートル未満である、などが存在する。¹⁾利用については、有効活用としてごみ収集場所、花壇の設置などが実施可能であるが、球技ができないことになっており管理者はその周知に努める義務もある。¹⁾また、民間の土地の場合はひろばとして開放中は固定資産税及び都市計画税が免除される。¹⁾

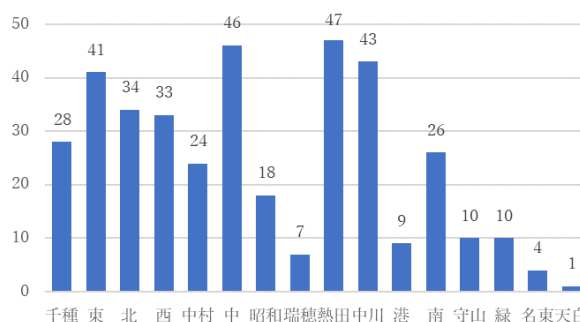


図1 各区のどんぐりひろばの数

4. どんぐりひろばの現地調査

4.1 調査の方法

まず、調査するどんぐりひろばを選定する。今回は、市の中心部と郊外、歴史の長い区と歴史が浅い区と比較していくことを考え千種区、中区、中村区、名東区の4区の合計102個のひろばを調査していく。所在地は、名古屋市のHPに記載されているためこれらの情報を基に地図に場所を記す。²⁾³⁾その後、近隣のひろばの下見を行い、現状をある程度把握した後に現地調査を実施する。現地調査では、面積・土地形状、遊具、設備などの内部状況と周辺環境などの外部状況を調査し予め用意した調査票に詳細を書き記し、内外の状況

を撮影する。

4.2 調査結果

1) 面積・土地

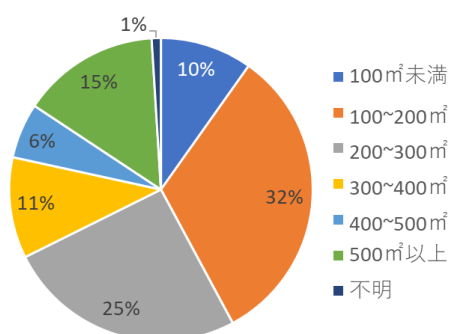


図2 どんぐりひろばの面積の割合

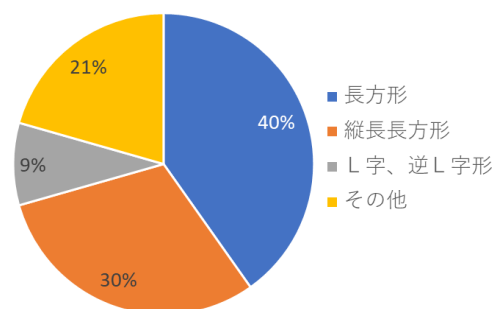


図3 どんぐりひろばの土地形状の割合

どんぐりひろばは、100~300平方メートルの面積を有するものが多く確認できた。基本的に狭い土地のひろばが多く500平方メートル以上の土地は少数で、一般的な都市公園や児童公園ぐらいの面積のひろばは少なく一軒家ぐらいの面積を有するひろばが大半を占めていることが判明した。一方で、100平方メートル未満の狭い面積のひろばが10%ほど確認できた。ひろばの面積の最低基準は30平方メートルでありそれ以上の広さではあったが、幼児が遊びことを想定しても十分とは言い難い広さであった。

土地形状は分析の結果、長方形の形状のひろばが最も多く確認でき、それに続いて縦に長い形状のひろば(写真1)が2番目に多く30%という結果となり、その他の台形やL字型などの独特な形状のものは合計で20%程度という結果となった。面積が狭いひろばの形状が独特の場合、それらが顕著に表れることが確認できた。



写真1 縦に長いタイプのどんぐりひろば
(千種区南どんぐりひろば)

2) 遊具



写真2 どんぐりひろばの規格化された遊具
(千種区わかくさどんぐりひろば)

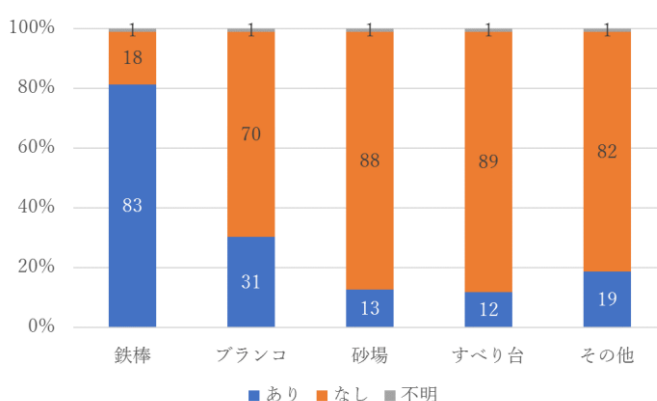


図4 どんぐりひろばの遊具の状況

遊具は、鉄棒、ブランコ、砂場、すべり台が一定数確認できた。ほとんどのひろばで鉄棒が確認でき100平方メートル未満の狭いひろばでも確認できた。また、一部の遊具は、幼児向けのデザイン(写真2)にする、遊具の高さを低くするなど幼児に配慮した設計が施されていた。印象的であったのは、市が設置できる遊び用施設である砂場の設置率が少なかったことで全体の1割程度しか確認できなかった。全体的に鉄棒以外の遊具の設置率が少なく種類も豊富とは言えないため幼児が遊ぶ遊具が限られてしまっていた。

3) 設備

設備は、黄色い柵（どんぐりひろばの規格化された柵）、倉庫、ベンチが一定数確認できた。全体的に面積が小さいひろばが多くを占めることもあり、遊具と同様で数や種類が少ないことが特徴であった。ベンチの設置率が低いことが特徴的で、一部の地域ではベンチでの寝泊まりが問題視され撤去したひろばがあり、その周囲や地区ではベンチを設置しているひろばが少ないことが確認できた。こうした地域独自の課題も確認できた。また、ひろばに隣接している建物専用の出入口を設置しているひろばが全体の3割程度確認された。そのため、ひろばの管理者が近隣に住んでいると考えられる。

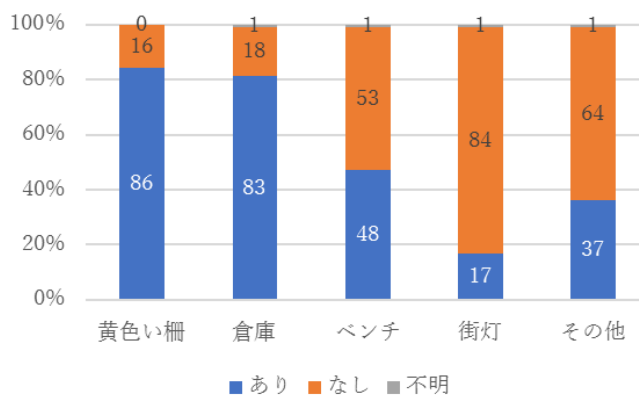


図5 どんぐりひろばの設備の状況

4) 周辺建物

どんぐりひろばの周辺は住宅街となっているため民家やマンション、アパートなどの住居が多く存在した。一部の地域では店舗や中小企業が存在していた地域もあったが、住宅街の中に1、2軒あるのみでオフィス街や繁華街などにひろばはほとんど確認されなかった。そのため、周囲の道路も国道や県道を可能な限り避けているようであった。

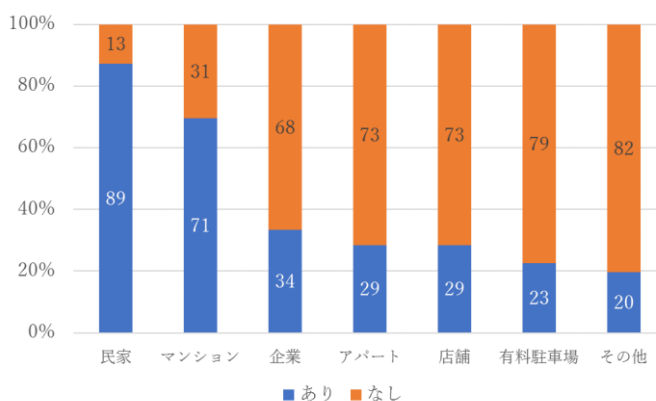


図6 どんぐりひろばの周辺建物の状況

4.3 どんぐりひろばの特徴と課題に関するまとめ

どんぐりひろばの特徴は、まず数が多いことである。区や地域によっては多数のひろばが確認され、それらが住宅街の中に存在するため身近な存在であると感じた。掲示板やごみ捨て場などが設置されているものも確認され幼児の遊び場以外でも利用されていることが判明した。中心区と郊外、区の歴史での違いは、名東区の一部のひろばが児童用施設として利用していたものが確認された。その他に違いは確認できなかった。

課題点は、遊び場や休憩場としての規模や設備が不十分なひろばが多いことである。面積が一般の公園より狭いものが多いため幼児以外が遊ぶには適していないと考えられる。遊具や設備に関しては、数が少なく遊び場や休憩の用途でも利用するには不十分であった。また、日々の管理面にも問題が確認され灌木などの植栽の手入れや除草がされていないひろばが存在し見栄えが悪くなっているものも確認された。ひろばには、形状がL字、縦に長い長方形など独特なものもあり、除草がされていない場合は内部の状況が外から分かりにくくなるなど防犯面にも疑問があった。利用者は、今回の調査では27人確認され大半が大人であり休憩目的での利用が目立った。遊具を利用している人はほとんど確認できなかった。

5. 名古屋市役所ヒアリング調査

インターネットや現地調査では不明だった内容や調査結果の結果を行政の方に確認することを目的に名古屋子ども青少年局の担当者へヒアリング調査を実施した。予め市役所の担当者に電話でアポイントを取ったうえで現地調査の結果と質問内容を事前にメールで送った。調査当日は名古屋市役所に直接伺い会話内容

を録音しつつヒアリング調査を実施した。

表1 市役所へのヒアリング調査結果

	質問	回答
1	どんぐりひろばの詳細な認識	内外の詳細なデータはなし、地域によって役割は様々、遊具はほとんど寄附
2	始めた経緯	区画整理で余った土地を利用、都市公園が少ない
3	設置申請者の属性	地域で申し込み、子供のための遊び場確保や税金免除の目的もあり
4	利用者、利用形態の変化	地域の人が主に利用で変化はなし、利用形態は地域によって様々（ごみ置き場、植栽など）、利用者自体少ない
5	管理者からの要望	草刈り・遊具の新設（いずれもお断り）
6	市役所担当者としての考え	必要性が薄れている、地域の有効活用は問題なし、用途を広め目的を変更したい
7	どんぐりひろばの増減、新設・廃止の変化	図7参照

6. まとめ

現在ではどんぐりひろばを本来の目的で運用しても効果が発揮できないと結論付けた。管理や少子高齢化などの理由に加えて、ひろばの設置基準が低いため面積、遊具、周辺環境、管理具合などがバラバラであり地域ごとの環境や事情に合わせることが困難であることが主な理由である。そのため、子ども青少年局がひろばの運営を行うのではなく各区や

地域などが運営を行い、各ひろばの環境や事情に合わせて運用を実施していくべきであると考えた。その上で、ひろばを廃止するか現状維持を保つか内部の改革を行った上で利用するかのいずれかに分けるべきである。廃止は、管理が整っていないひろばが対象となる。このようなひろばは、廃止し別の用途で利用していけば良いと考えた。例えば、駐車場や防災用の倉庫として使う案がある。現状維持は、ひろばの改革を行わず各区や地域で運営を行っていく。現状で一般の公園としてのレベルに達しているものが対象となる。これらは、このまま地域用の公園などとして活用していき、幼児や児童用の遊び場や休憩場、面積が広い場所では青少年たちの遊び場など地域に合わせていけば良いと考えた。改革は、遊び場としての基準には達していないが廃止するほどのレベルではないものが対象となる。例として挙げるならば小規模な植物公園のような施設としての活用がある。見栄えの良い植栽を設置しひろばによっては一部のスペースのみ子供向けの遊具を設置するなどしてより多くの世代の方が楽しめる場所にしていくなどが良いと考えた。

参考文献

- 1) 暮らしの情報：“どんぐりひろば”，名古屋市，<https://www.city.nagoya.jp/kurashi/category/8-14-3-6-0-0-0-0-0-0.html>，（参照 2020-6-24）
- 2) 福岡清彦：なごやの町名，名古屋市中区役所，pp.786-791，1992年
- 3) 名古屋市中区役所：中区の町名，名古屋市計画局，pp.13-21，1976年3月31日

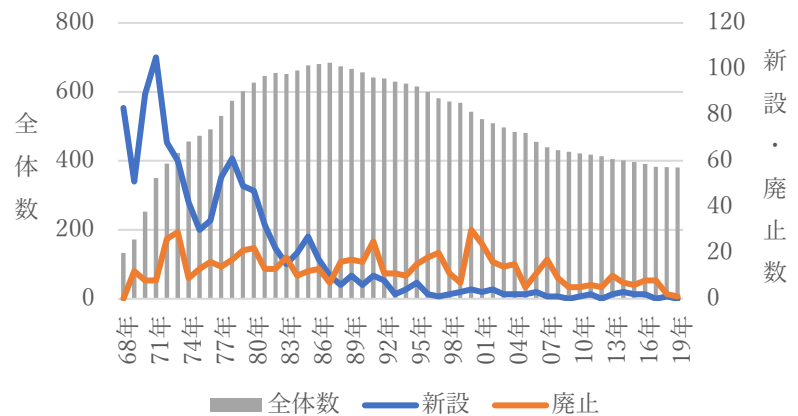


図7 どんぐりひろばの新設・廃止と全体数の増減

東日本大震災の伝承施設に関する研究

EC17017 川村 倫太郎

1. 研究の目的

東日本大震災発生後、災害遺構・災害伝承施設を観光資源とし、被災の記憶や教訓を後世に伝えようとする動きが強まった。しかし、災害遺構を保存するにあたり被災地域の住民と話し合いをした上で決定しなければならない。理由として、被災地域の住民にとって災害遺構は、震災当時を思い出してしまう負の遺産だからである。そこでこの研究では、議論のあった災害遺構から、どのような方法で和解し保存または撤去されたのか、また、今でも議論されている災害遺構について今後どのような対策をとり解決していくのかを明らかにする。

2. 研究の方法

インターネットを使用し、震災により発生した東日本にある災害遺構を中心に、議論内容や死者・生存者数、現在の整備状況等大まかな情報収集を行い、表や図を使いまとめる。インターネット上では分からないことを中心に、地方公共団体にメールで確認する（新型コロナウイルスの影響で来客対応不可なため）。また現地調査として、災害遺構・災害伝承施設の見学や復興状況、当時の被災状況や災害遺構に対してどう思っているのか等を聞くためにヒアリング調査等を行う。

3. 災害伝承施設に関する基本的な整理

災害伝承施設とは大震災から得られた実情と教訓を伝承する施設のことである。また、災害遺構とは震災によって壊れた建物など、被災の記憶や教訓を後世に伝える建造物のことである。災害遺構と災害伝承施設の意味はほとんど同じである。国土交通省では震災伝承施設として扱われている。

4. 災害遺構の保存の是非に関する文献調査

4.1 調査対象の決定

震災により発生した東日本にある災害遺構の中から、文献調査にて死者・生存者数の記述のあったものを表-1で示す。死者・生存者数は震災発生当時、その施設内もしくは敷地内にいた人数を含めている。例として大川小学校の当時の全校児童数は108人であるが校庭にいたのは78人であるため、教職員11人と合わせて89人が全体の人数となっている。表-1より、全体の人数における死者の割合が大きい災害遺構は撤去される傾向にあり、死者数を出していない、もしくは少ない災害遺構は保存される傾向にある。また、災害遺構に関する議論が開かれており、死者数の多い災害遺構ほど長期にわたり議論されている傾向にある。しかし死者数を多く出してしまった大川小学校は保存されており、南三陸町防災対策庁

表-1 各災害関連施設における死者・生存者数

災害遺構・災害伝承施設	生存者数 (人)	死者数 (人)	全体の人数 (人)	全体の人数における死者の割合	保存の有無
荒浜小学校	320	0	320	0.0%	○
※南三陸町防災対策庁舎	10	43	53	81.1%	△ (県有化)
大槌町旧役場庁舎	15	40	55	72.7%	×
鶴住居地区防災センター	34	207	241	85.9%	×
※大川小学校	5	84	89	94.4%	○
門脇小学校	280	7	287	2.4%	○
旧女川交番	2	0	2	0.0%	○
旧陸前高田市役所	127	111	238	46.6%	×
陸前高田ユースホステル	0	0	0	0.0%	○
旧気仙中学校	93	0	93	0.0%	○
気仙沼向洋高等学校	220	0	220	0.0%	○
野蒜小学校	322	18	340	5.3%	○
アクアマリンふくしま	80	0	80	0.0%	○

参考：※で示したものは調査対象にしたものである

出典：国土交通省の震災伝承施設一覧から死者数等の被災者に関する記述のあるものを地方公共団体のホームページ等を参考・確認し筆者が作成

舎は今でも議論が行われている。よって真相を調査するため、調査対象を大川小学校と南三陸町防災対策庁舎にする。

4.2 復興庁の取り組み

復興庁は、災害遺構の保存に向けた調査に対し復興交付金等により支援を行っている。災害遺構の所在する市町村において、復興まちづくりとの関連性、維持管理費を含めた適切な費用負担、住民・関係者間の合意が明記されたものに対し、条件付きで復興交付金が支援される。また、復興交付金が必要な大型の復旧整備の大まかな完了等の理由により、2020年度をもって復興庁の支援である復興交付金が廃止される。

5. 被災地観光に関する文献調査

復興のまちづくり計画として、災害遺構・災害伝承施設を観光資源とし観光客を招き入れ復興地の活性化を図っている。その中の一つである被災地観光ツアーに着眼した。被災地観光ツアーとは、バスガイドの方や語り部の方が各災害関連施設にて、震災当時や復興状況等お話ししてくれるというものである。他にも、旅館の協力の基、女将の方が災害当時のお話をしてくれるものや語り部の方を車に乗せ被災地を観光するものもある。また、ツアーを計画した旅行会社の中には、ツアー料金の一部を復興支援金に充てており、復興地の活性化につながっている。被災地観光ツアーでよく紹介されている災害関連施設を調査するため表-2と図-1にまとめた。

表-2 被災地観光ツアー数

事業者名	所在地	被災地復興ツアー数
一般社団法人 東北観光推進機構	宮城県	2
株式会社 キッズワールド	東京都	1
Japan Wonder Travel	東京都	2
株式会社 旅コレクション	神奈川県	1
公益財団法人 さんりく基金 三陸DMOセンター	岩手県	11
みちのりトラベル東北	岩手県	3
計		20

図-1 より、被災地復興ツアーで一番紹介されているのは、東日本大震災津波伝承館であった。東日本大震災津波伝承館を含む高田松原津波復興祈念公園の敷地内には、海外でも知られている奇跡の一本松がある。

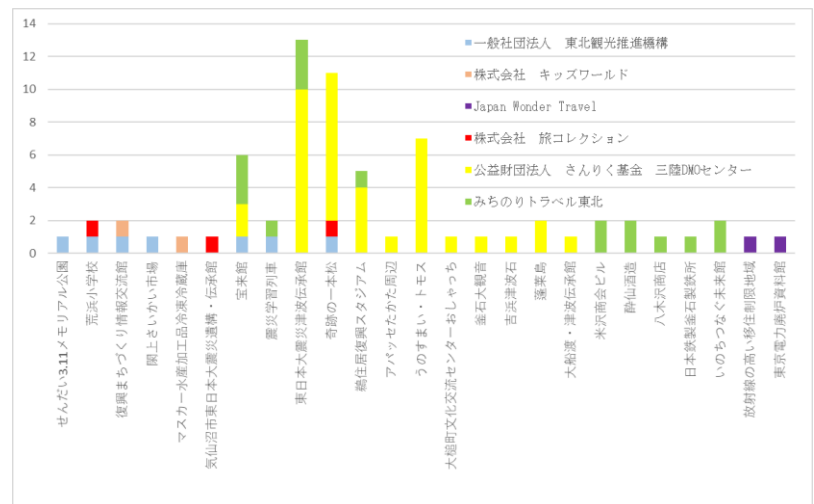


図-1 被災地復興ツアーの行き先一覧

出典：ツアーを企画している事業者のホームページを参考に筆者が作成

6. 災害伝承施設の現地調査

2020年10月21日(水)から10月23日(金)に現地調査に行った。調査対象である大川小学校と南三陸町防災対策庁舎に行き、また東日本大震災津波伝承館と大川小学校と同じ市内にある門脇小学校も見学した。現地の様子や整備状況等の確認やヒアリング調査、地方公共団体へのインタビュー調査を行った。

6.1 大川小学校

大川小学校(写真-1)は宮城県石巻市にあり、アーチを描くモダンな校舎で2階建ての低い建物であった。震災当時には78人の児童と11人の教職員がいたと言われており、津波により74人の児童と10人の教職員が亡くなってしまった。校舎にすることが安全であると判断した教職員だったが、津波



写真-1 大川小学校(筆者撮影)

到達時間の1分前によく避難を始めた。しかし、山ではなく川に向かい津波に襲われてしまった。これが、大川小学校の悲劇といわれている。災害遺構として保存することに対して議論されていたが、大川小学校の卒業生や生き残った児童が「未来に語り継ぐため、校舎を残してほしい」と、地元住民で作る「大川地区復興協議会」で訴え、保存へのきっかけとなった。また、2019年には遺族の方が損害賠償を県と市に払うよう訴訟を起こし、約14億3600万円の支払いを行った。現在は整備工事が行われており、2021年3月19日（金）に工事が完了する予定である。調査として、石巻市役所にメールでインタビュー調査を行った。災害遺構の保存までの道のりや今後の方針等を石巻市役所に確認した。表-3にインタビュー調査結果をまとめた。

表-3 石巻市役所のインタビュー調査結果

質問内容	回答内容
・災害遺構の保存に至るまでのお話について	<ul style="list-style-type: none"> ・2014年1月「石巻市震災伝承に関するアンケート」を実施。市民（無作為抽出）、市立中学校・高校の学生を対象とし調査の結果、震災遺構の候補として門脇小学校が一番多く挙げられ、大川小学校を揚げる意見もあった。その後、大川地区復興協議会からの要望や石巻市震災伝承検討委員会からの提言等受け、2015年6月に「石巻市震災遺構調整会議」を設置。災害遺構を保存した時の、課題整理や整備状況、維持管理費用等の検討・調整を行った。 ・2015年11月「石巻市における震災伝承とその方法に関するアンケート」を実施。（調査結果は表-4より） ・2015年12月、大川地区復興協議会から保存の要望を受け、意見交換会を実施。 ・2016年7月、有識者、地域住民、NPO、行政によって構成される「震災遺構検討会議（大川小学校）」を設置。保存の在り方について検討し、震災遺構整備方針を制定。 ・議論や会議を重ねることで、震災遺構として保存する意義の明確化やメリットデメリットの整理等、多角的な視点から検討・判断が出来た結果として、保存が決定した。
・災害遺構の保存に反対した住民に対する配慮	<ul style="list-style-type: none"> ・保存決定以降も、保存に反対した住民やご遺族の関係者の方から意見を聴き整備を行っている。例として、植樹により道路側から校舎がなるべく見えにくい遮る設計にしている。
・石巻市にある災害遺構の整備費用の総額	<ul style="list-style-type: none"> ・大川小学校 約4.5億円 ・門脇小学校 約10億円
・復興庁による正気費用の支援対象	<ul style="list-style-type: none"> ・門脇小学校を対象とした。
・災害遺構に対する石巻市役所の立場について	<ul style="list-style-type: none"> ・市は住民や関係者等の多様な意見を調整しながらまとめる立場であり、集約した意見の他、行財政運営の課題や地域の実情、様々な要素を総合的に判断し、責任を持って保存することを決定している。
・今後の保存整備について（財政の使い道）	<ul style="list-style-type: none"> ・施設利用料金の徴収、官民連携による運営手法により維持管理経費の削減に努める。
・災害遺構保存に伴ったインフラ整備について	<ul style="list-style-type: none"> ・大川小学校北側を走る県道釜谷大須雄勝線は、災害復旧工事が行われている。また、大川小学校周辺一帯は、非可住区域と指定されており、新たなインフラ整備の計画はない。

調査結果より、災害遺構を保存するまで多くの議論・会議を重ねて決定したことが分かった。また表-4より、被害の大きかった大川地区では、災害遺構の保存に対して反対する割合が大きいことが分かった（2015年時）。市役所は地域住民や関係者の意見を取り入れ、集中と選択をした上で保存を決定している。災害遺構を保存するには、地域住民のある程度の賛同が必要となる。

6.2 門脇小学校

門脇小学校（写真-2）は大川小学校と同じ宮城県石巻市の災害遺構である。震災当時には、学校にいた児童230人は避難訓練通り、校舎裏にある日和山に避難して無事だった。また、校庭に避難していた住民約50人は津波の接近で校舎に逃げ込み7人の方が亡くなった。1階で火災が発生し、校庭に出ることはできなかったため、2階から校舎裏の斜面に教壇を渡して橋とし、日和山に脱出した。この校舎は災害遺構として一部保存された。現在は整備工事が行われており、2021年3月31日（水）に工事が完了する予定である。

現地調査では、現在の状況を確認した。校舎は火災が発生していたため、コンクリートの剥離が目立っていた。校舎の両サイドには、お墓が建っていた。また、一部保存ということで、保存区間以外は撤去されていた。近くに、かどのわき中央公園が整備されており、公園内にある丘の高さは津波の高さを示していた。

表-4 災害遺構保存に対する調査結果

	石巻市民	大川地区住民
解体する	37.20%	54.40%
一部保存する	32.10%	20.40%
全部保存する	28.30%	24.60%

出典：石巻市役所のメール回答から筆者作成



写真-2 門脇小学校（筆者撮影）

6.3 南三陸町防災対策庁舎

南三陸町防災対策庁舎（写真-3）は宮城県南三陸町にあり、津波により鉄骨を残した災害遺構である。津波の高さは約 14mであり、防災庁舎の高さ（12m）を超えていた。震災時には 53 人の方が防災庁舎の中におり、助かったのはわずか 10 名である。災害遺構として保存するか撤去するか決まっておらず、議論・会議が繰り返される中、2015 年 12 月に南三陸町のものであった防災庁舎を宮城県が県有化することが決定した。県有化の期間は 2031 年までであり、県の許可が得られないと撤去できない状態となった。2020 年 10 月 13 日（火）に南三陸町震災復興祈念公園が全体開園し、防災庁舎を含み整備が完了した。2020 年 10 月 22 日（木）に現地調査としてヒアリング調査を行い、調査結果を表-5 にまとめた。



写真-3 南三陸町防災対策庁舎
(筆者撮影)

表-5 南三陸町防災対策庁舎におけるヒアリング調査結果

調査時刻	年齢	出身地	性別	訪問回数	災害当時の様子について（岩手・宮城・福島出身の方のみ）	災害遺構を見に来た理由について（岩手・宮城・福島出身以外の方のみ）	災害遺構として残されることに対してどう思っていますか
佐々木さん	10時17分	65歳	南三陸町	女	たくさん	避難所まで4~5kmあり、津波を見ることなく避難した。家は流されてしまった。	あつていいと思う。忘れてはいけないから。また、追悼の場として慰霊碑も必要だと思う。
佐藤さん	10時30分	19歳	埼玉県	男	1回		観光で来た。あつていいと思う。知らない人からすると、災害の恐ろしさを知ることが出来るから。
佐藤さん	10時35分	54歳	南三陸町	女	たくさん	大きな被害だと思わず、はじめは避難しなかった。津波が来て裏山に逃げて危機一髪助かった。	賛成である。議論に出席し、投票で賛成した。ただ反対派も多い。
村上さん	10時53分	59歳	石巻市	男	2回	仕事の会議中で、立っていられないくらいの地震だった。停電し、町中の信号機が止まっていた。また、雪も降っていた。	遺族の方の気持ちを考えると残すべきか微妙である。公共のものなら良いが、私有のものは駄目だと思う。
大熊さん	11時09分	75歳	埼玉県	男	1回		テレビで見えた。一度、奇跡の一本松を見に行った時に通ったことがあり、訪問した。外部の人間からすると残すとか撤去するとか口出しにくい。亡くなった方からすると生きた証になるから残してほしいと思うし、生き延びた方からすると思い出してしまうから撤去してほしいと思う。
加藤さん	11時19分	32歳	神奈川県	男	1回		仕事のついでで来た。良いと思う。ただ、立場によると思う。知らない人間からすると何とも言えない。
匿名	11時28分	一	岩手県	男	1回	職場にいて、すぐ揺れていた。	良いと思う。遺族のことを考えると反対する。難しい問題だから、多数決で決める方がいいと思う。
佐藤さん (観光案内所の方)	11時42分	23歳	南三陸町	女	たくさん	中学1年生のところで、教員が生徒に津波を見せないように配慮した。被害状況を見たのは次の日だった。家族は無事だが家族の職場は流されてしまった。	個人的には賛成である。災害があったことを忘れてほしくないから。ただ、遺族や知人に亡くなった方がいたら考え方は変わっていたと思う。

ヒアリング調査の結果、災害遺構の保存に反対している人はいなかった。また、立場（例：亡くなった方のいる遺族の方と家族が全員無事だった方）によって意見が変わってくるという意見も多かった。地元以外の方々は、地元の意見を参考にしてほしいという意見で、地元の方々は、亡くなった方のいる遺族の意見を尊重してほしいという意見を持っていた。よって、災害遺構を保存するためには、特に亡くなった方のいる遺族の方の意見を聞き、話し合いを重ねた上で保存の決定を行う必要がある。

7. まとめ

災害遺構の保存撤去に関する議論は住民の意向が大きく左右していることが分かった。特に、亡くなった方のいる遺族の方の意見は尊重しなければいけない。地域住民の意見を統一するために、災害発生前から地方公共団体の協力の基、地域住民主催で災害遺構の保存撤去に関する議論を行う必要がある。しかし、どの建物が災害遺構となるか想定するのは難しい。よって話し合いの場では、事例の三陸海岸の災害遺構の保存撤去に至るまでの経緯を話した上で、災害遺構として保存するか撤去するかを決め、今後の方針を決めるべきである。そうすることで、震災が発生し災害遺構の保存撤去に関する議論が行われても、円滑に進むことになる。

参考文献

- 1) 震災伝承施設一覧（国土交通省）：
<http://www.thr.mlit.go.jp/sinsaidensyou/sisetsu/facility/index.html>（参照 2020-05-05）。
- 2) 復興庁ホームページ：<https://www.reconstruction.go.jp/>（参照 2020-11-08）。

2020 年度卒業研究論文概要

クラシック音楽に親しむまちづくりに関する研究

EC17029 曾我 康太

1. 研究目的

この研究ではクラシック音楽によるまちづくりを行っている地域について調査を行う。クラシック音楽はヨーロッパ方面ではその存在が定着しているが、日本での定着はまだみだである。その中でクラシック音楽に力を入れている地域ではまちづくりが行えているのか、どのようなまちづくりができるのか調査を行う。

2. 研究方法

研究方法としては、日本で音楽のまちづくりを行っている地域についてインターネットを使用し、調査を行う。その中でも特に音楽のまちづくりに力を入れていると感じた地域に焦点を当てて調査を行う。

3. 全国における音楽のまちづくりの状況

3-1 音楽に力を入れている地域の基本情報

全国でクラシック音楽によるまちづくりが行われている地域はインターネットを使用し、調査したところ全部で九つあった。しかし、実際に力を入れて取り組んでいる地域は九つの中でもさらに少ないということが読み取れた。

表—1 音楽に力を入れている地域

	都道府県	市町村	キャッチフレーズ	施設	楽団	イベント	主催
No.1	静岡県	浜松市	「音楽のまち」から「音楽の都へ」	浜松市市民音楽ホール	浜松交響楽団	浜松交際ピアノコンクール	浜松市、浜松市文化振興財団
				アクトシティ浜松大中ホール		静岡国際オペラコンクール	静岡県、静岡県教育委員会、浜松市、静岡文化芸術大学、静岡国際オペラコンクール実行委員会
						浜松世界青少年合唱祭	浜松市・浜松市教育委員会、浜松市文化振興財団、浜松観光コンベンションビューロー
						浜松吹奏楽大会	浜松市文化振興財団
No.2	神奈川県	川崎市	音楽のまち・かわさき	ミューザ川崎シンフォニーホール	川崎市民交響楽団	フェスタサマーミュージア	川崎市、ミューザ川崎シンフォニーホール
No.3	東京都	調布市	-	調布市グリーンホール	調布フィルハーモニー管弦楽団	調布国際音楽祭	調布市、公益財団法人調布市文化・コミュニティ振興財団
No.4	愛知県	岩倉市	音楽のあるまちづくり	-	岩倉ジュニアオーケストラ	市民音楽祭	-
No.5	長野県	松本市	音楽とスポーツ	松本市音楽文化ホール	松本交響楽団	セイジ・オザワ 松本フェスティバル	サイトウ・キネン財団、セイジ・オザワ 松本フェスティバル
No.6	埼玉県	所沢市	音楽のあるまちづくり	所沢市民文化センター	所沢フィルハーモニー管弦楽団	-	-
No.7	大阪府	豊中市	音楽あふれるまち	豊中市立文化芸術センター	日本センチュリー交響楽団	豊中まちなかクラシック	豊中市
No.8	島根県	松江市	クラシック音楽によるまちづくり	松江市総合文化センターフラパホール	山陰フィルハーモニー管弦楽団	-	-
No.9	京都府	京丹後市	NPO法人音楽のまちづくり	峰山地域公民館	-	-	-



写真—1 浜松市

3-2 音楽に力を入れている地域の施設情報

クラシックの演奏を行う上で必要な要素の一つがコンサートホールである。コンサートホールには大きく二つに分けるとシューボックス型とヴィンヤード型に分けられる。コンサートホールでは音がきれいに聞こえるように座席数が少なくしているなどの工夫がされており、中でもクラシックを行うホールでは残響時間に特に気を使っている。

4. 浜松市の音楽のまちづくりに関する基本的な整理

4-1 浜松市の基本情報

浜松市ではどのような活動やイベントを行っているのかを浜松市のホームページなどから調査を行った。浜松市は「楽器のまち」から文化面での発展を目指し、1981年から「音楽のまちづくり」を掲げ、国際的なコンクールや芸術性豊かな公演など質の高い事業をはじめ、音楽を通じた国内外の交流事業、アクトシティ浜松や楽器博物館などの文化施設の開設、アクトシティ音楽院の創設、そして、市民自らが参加し、創り出す様々な文化事業など国際レベルから市民レベルに至るまで、数多くの施策を続けてきた。浜松市では音楽に関する色々なイベントを執り行っており、その中でも特に力を入れていると感じられたのは三年に一回行われている浜松国際ピアノコンクールである。また、ユネスコ創造都市ネットワークの音楽分野に日本で唯一加盟しているといった国際的な交流も行っている。浜松市が「楽器のまち」と呼ばれていた理由は、日本の三大楽器メーカー（ヤマハ株式会社、株式会社河合楽器製作所、ローランド株式会社）が全て集まり、他の中堅楽器メーカーや、各種楽器部品の工場が集まっていたためである。

表一 2 音楽に力を入れている地域の施設情報

	都道府県	市町村	施設名	座席数	残響時間	ホール種類	イベント
No.1	静岡県	浜松市	浜松市市民音楽ホール	1429	-	シューボックス	-
			アクトシティ浜松大ホール	2336	約1.4~1.7秒	シューボックス	ライブコンサート、定期演奏会、オーケストラコンサート、音楽コンクール、ミュージカル、バレエ
No.2	神奈川県	川崎市	ミュージア川崎シンフォニーホール	1997	約2秒	ヴァンヤード	ライブコンサート、定期演奏会、オーケストラコンサート、サマーミュージア
No.3	東京都	調布市	調布市グリーンホール(大ホール)	1307	-	シューボックス	ライブコンサート、ミュージカル、調布国際音楽祭
No.4	愛知県	岩倉市	-	-	-	-	-
No.5	長野県	松本市	松本市音楽文化ホール	693	約2秒	シューボックス	ライブコンサート、新人演奏会、オーケストラコンサート
No.6	埼玉県	所沢市	所沢市民文化センター ミューズアークホール	2002	約2~2.2秒	シューボックス	ライブコンサート、オーケストラコンサート
No.7	大阪府	豊中市	豊中市立文化芸術センター	1344	-	シューボックス	オーケストラコンサート、ライブコンサート
No.8	島根県	松江市	松江市総合文化センター プラバホール	808	約14~2.2秒	シューボックス	ライブコンサート、オーケストラコンサート、定期演奏会、合唱コンサート
No.9	京都府	京丹後市	峰山地域公民館	-	-	-	-

4-2 浜松国際ピアノコンクール

浜松国際ピアノコンクールは、1991年に浜松市制 80周年を記念して、楽器と音楽のまちとしての歴史と伝統を元に国際的文化事業としてスタートし、以後三年毎に開催している。このピアノコンクールを開く趣旨は世界を目指している多くの若いピアニストに日頃の研鑽の成果を披露する場の提供と彼らの育成、世界の音楽文化の振興、国際交流の推進を目的となっている。

4-3 ユネスコ創造都市ネットワーク

ユネスコ創造都市ネットワークは、チャールズ・ランドリーが1995年に発表した「Creative city」を、2004年にユネスコが採用したプロジェクトのひとつ。文学・映画・音楽・クラフト&フォークアート・デザイン・メディアアート・食文化の創造産業七分野から、世界でも特色ある都市を認定するものであり、浜松市は2014年にユネスコ創造都市ネットワークに加盟した。また、浜松市が加盟できたのは国際的な音楽事業の実績、活発な市民活動、人材育成の成果が認められたからと考える。

5. 浜松市の総合計画における音楽のまちづくりの変遷

浜松市では1981年の総合計画から音楽のまちづくりに取り組んでおり、総合計画では1981年から2014年までに表一2のような変遷が見られた。内容はホームページに載っているものが最新しかなかったため浜松市役所の方に音楽のまちづくりを始めた第二次浜松市総合計画からの最新までの内容を確認させてもらった。音楽のまちづくりを始めた第二次浜松市総合計画から最新の第二次総合計画までにどのような変遷があった

のかを調べたところ初期の方では浜松音楽祭の開催や市民会館の整備など音楽のまちづくりを行うための基盤になるものがメインになっていた。次は浜松市民に音楽のまちづくりを定着されるために地域音楽教室や浜松プロムナードコンサートを行い、その次は国際的な交流を始めることと市民に音楽に触れる機会をさらに与えるというように徐々に音楽のまちづくりになるようになっており、最新の総合計画では国際的な音楽文化の発信や人材育成、施設整備を行っている。このように初期と最新の総合計画では音楽のまちづくりの基盤になるものから音楽のまちづくりをさらに発展させていくための内容に変わっている。

表-3 浜松市総合計画

計画名	計画期間	音楽のまちづくりに関する記述
第2次浜松市総合計画	1956～1960	”音楽のまち”として浜松音楽祭を開催する。また、発表の場、鑑賞の場として野外音楽堂の建設と市民会館の整備を進めるとともに、文化ホールの建設を進める。
第3次浜松市総合計画	1961～1965	市民一人ひとりが音楽に親しみ、ふれあい、憩う音楽の街づくりを目指し、浜松音楽祭、地域音楽教室、浜松プロムナードコンサートなどを開催する。
第3次浜松市総合計画新基本計画	1991～1995	音楽のまちづくりを推進するため、浜松音楽祭や浜松プロムナードコンサートの開催をはじめ、国際ピアノコンクールや世界吹奏楽大会などの国際レベルの音楽イベントの開催、さらには音楽月間の推進など、市民一人ひとりが音楽に親しみ、ふれあう機会の創出に努める。また、地域音楽教室の開催をはじめ、余裕教室の開放など音楽練習の場の整備を進め地域に音楽の輪を広げるとともに、音楽振興財団を設立し、音楽団体や人材を育てるなど地域音楽文化の一層の振興を図る。さらに、音楽を通じた幅広い交流を目指し、海外との音楽文化交流を推進する。
第4次浜松市総合計画	1996～2010	世界に誇る音楽文化振興拠点として、地域レベルから国際レベルに至る音楽文化交流や音楽イベントを展開し、新しい音楽文化や様々な音楽産業が生まれ育つ都市づくりを進める。
第1次浜松市総合計画	2007～2014	「音楽のまち」からステップアップし、人々が音楽の豊かさや楽しさを求めて集まる「音楽の都」浜松を確立していくためには、本市ならではの内発的で魅力的な音楽文化を創造し、発信していくことが必要です。このため、今後も浜松国際ピアノコンクールやアクティビティ音楽院事業など、様々な音楽イベントや育成事業を開催し、市民が多様な音楽に触れる機会を提供するとともに、市民の主体的な創造活動を促進する環境整備を進めます。また、和の音楽をはじめ、浜松まつりの激練りのリズムや外国人市民が奏でる音楽など、市民の中に息づく音楽文化を大切に、浜松ならではの個性的で新しい文化を創造・発信します。
第2次浜松市総合計画	2011～2014	浜松国際ピアノコンクールをはじめとする国際的な音楽文化の発信や国内外の都市との音楽文化交流を進めます。また、子どもたちが文化芸術に親しみ、体験する機会を積極的に設け、文化を身近に感じる環境づくりに努めるとともに、浜松アクティビティ音楽院による質の高い人材育成により、将来の音楽文化を支える人材を創造します。さらに、既存建物の活用をはじめ、文化施設の整備を通して、市民主体の文化芸術活動の拠点を創出し、創造的な人材が活躍できる環境を整え、「音楽の都」に向けたまちづくりを進めます。

6. 浜松市における現地調査

浜松市での現地調査では最初に浜松市役所に行き、市民部創造都市・文化振興課の方々に浜松市での取り組みについての分からないことについてインタビューを行った。そして企画調整部企画課の方々に第二次浜松市総合計画から最新の第二次浜松市総合計画について見せて頂いた。インタビューでは主に音楽のまちづくりやユネスコ創造都市ネットワーク、浜松国際ピアノコンクールの内容を確認した(表-3)。他には浜松市が楽器のまちと呼ばれるきっかけとなった一つのヤマハ株式会社のイノベーションロードでの見学や楽器実物資料3300点と世界中の楽器を展示している浜松市楽器博物館の見学、浜松駅周辺で音楽に関するものがないかを調査を行った。



写真-2 浜松市役所

7. まとめ

表-4 浜松市役所インタビュー内容

浜松市ではヤマハ、河合楽器、ローランドなどの楽器メーカーが浜松市にあったことから楽器のまちと呼ばれていたが、浜松市が1981年に音楽のまちづくりの推進を掲げたことで音楽のまちづくりが始まった。また、音楽のまちづくりを始めたことにより、浜松国際ピアノコンクールやユネスコ創造都市ネットワークに加盟などのことが行われている。クラシック音楽でのまちづくりの知名度が低い理由として、日本ではクラシックがあまり定着していないため音楽のまちづくりを行っているにも関わらず知名度が低いのではないかと考える。浜松市では音楽のまちづくりだけでなく

質問内容	質問内容の回答
楽器のまちから音楽のまちになったきっかけ	浜松はヤマハ、カワイ、ローランドなどの企業が本社を置く世界的な楽器産業の集積地であり、楽器そして音楽に関わる技術や人材が、浜松ならではの都市資源となっている。こうした楽器産業の集積を背景に、1981年第二次浜松市総合計画基本計画で「音楽のまちづくり」を掲げ、音楽文化振興に関わる事業を積極的に推進することになった。
ユネスコ認定までの苦労はあったのか	2011年3月に創造都市ネットワーク加盟申請書を提出した後、ユネスコが財政困難のため創造都市ネットワークの再検討が行われ、候補都市の評価が一時中断となった。そのため、最初の提出から加盟まで3年以上かかっている。
ユネスコ認定後の目に見えた効果(例:海外からの観光客が増えたなど)	ユネスコ創造都市ネットワークに加盟したことで、国内・海外や分野を問わず加盟各都市とのネットワーク連携事業を行うことができるようになった。それにより、市内のアーティストが、浜松での活動に誇りをもって活動ができるようになったと考える。
世界的なコンクールが実現した要因は何か	1991年に浜松市制80周年を記念して、楽器と音楽のまちとして歴史と伝統を誇るにふさわしい国際的文化事業としてスタートしたもの。また、ヤマハやカワイなどのメーカーからの支援や楽器の整備のしやすさ、練習のしやすさなどと考えられる。
中心となった人物や団体はあったのか	浜松市、社団法人日本演奏連盟、第一回浜松国際ピアノコンクール組織委員会(浜松市、浜松商工会議所、ヤマハ株式会社、株式会社河合楽器製作所、財団法人浜松コンベンションビューロー、財団法人浜松市文化協会、及び財団法人浜松交響楽団)である。担当者の私見では、当時の市長である栗原勝氏やヤマハ、カワイなどの楽器メーカー、浜松交響楽団など日本国内のコンクールのマネジメントを行っている人たちが中核になったとされている。
ピアノコンクールはなぜ一回目から30か国の応募があったのか	募集要項は三か国語(日本語、英語、仏語)にて作成している。海外の配布先としては、アジア・アメリカ・オセアニア・ヨーロッパ各地の在外公館、音楽関係機関団体、音楽学校及び音楽大学、ピアニストコンクール審査員、音楽関係出版社があげられる。担当者の私見では広報努力によるところが大きいと考える。また、一回目から有名な審査員を呼ぶことできたことも大きいと考える。
ピアノコンクールの応募年齢の設定がなぜ変化しているのか	根拠となる資料は残ってなかったが担当者の私見としては、下限年齢の撤廃(第四回～)、上限年齢の拡大(第八回～)と一貫して緩和の方向であることから、実行委員会において、より多くの若者に機会を与えるという考え方が議論され、応募年齢の設定に反映されたものと推測する。審査委員長の意向により原石発掘のための大会にするためや完成されたピアニストを発掘するためといった意図により変化したと考える。
コンクールを続けてきて、運営上の課題は変化してきているのか	予算の確保や出演者の確保といった課題となる場合もあるが、その中でも、色々なコンクールがある中で浜松国際ピアノコンクールで優勝などの結果を残した人が今後の活躍やキャリアのためのきっかけとなるようにするため特典などの他のコンクールとの差別化を考え、次へと繋げることが課題である。
コンクールの存在は地域住民に浸透しているのか	担当者の私見では、第十回の際は、予選から1500人以上が来客し、本選や入賞者演奏披露に関しては、大ホールが満員御礼であること等から、市民の本事業への関心の高さを伺えるものとする。また、市民のほとんどからは認知されていると考える。
コンクールの成果が地域に還元されることはあるのか	担当の私見では第一回より入賞者ツアーを行っていること、第十回は優勝者ツアーを全国18公演実施していることなどから、事業の成果を、浜松市民はもちろん、全国に広く発信するものとなっていると考える。また、浜松市民に対しては、借しも本選に届かなかった出演者の演奏会を市内の学校等で実施しており、質の高い音楽を気軽に楽しむ機会を提供することをもって還元しているものとする。

他にも産業経済や環境・エネルギーなどにも力を入れており、クラシック音楽だけではまちづくりを行えていないことがわかる。しかし、浜松市が行っている色々な分野の中でもクラシック音楽によるまちづくりはユネスコ創造都市ネットワークに加盟などといった国際的な交流を持つ重要な分野になっていると考えられる。

クラシック音楽だけでまちづくりを行う場合には、その地域でクラシック音楽を広めるための活動や普段から身近に感じさせるための対策をし、地域でクラシック音楽自体の知名度を上げるための取り組みをすることで成り立つのではないかと考える。また、ヨーロッパ方面ではクラシック音楽が定着していることから、クラシック音楽が定着していない日本人にクラシック音楽の魅力を教えてくれる人に来てもらうことでクラシック音楽の知名度を上げ、それにより海外との交流も深める。そして、海外からその地域に来てもらえるようにすることで国際的な交流ができるようなまちを目指すのがいいのではないかと考える。

参考文献

- 1) 高木恒一、浜松市における「音楽のまちづくり」の展開、グローバル都市研究、10号、pp13-20、2017年：[file:///C:/Users/Owner/Downloads/AA12323534_10_03%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Owner/Downloads/AA12323534_10_03%20(1).pdf)(参照 2020-7-23)
- 2) 浜松市ホームページ：<https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/bunka/intro/mc/index.html>(参照 2020-7-30)
- 3) 浜松市 ユネスコ創造都市ネットワークモニタリングレポート、2018年11月：https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/bunka/documents/hamamatsu_monitoring_report_2018_jp.pdf(参照 2020-7-30)
- 4) Creative City Hamamatsu 創造都市・浜松：<http://www.creative-hamamatsu.jp/uccn/>(参照 2020-8-3)

観光地の口コミ評価のテキストマイニング分析

EC17055 山下虎太郎

1. 研究の目的

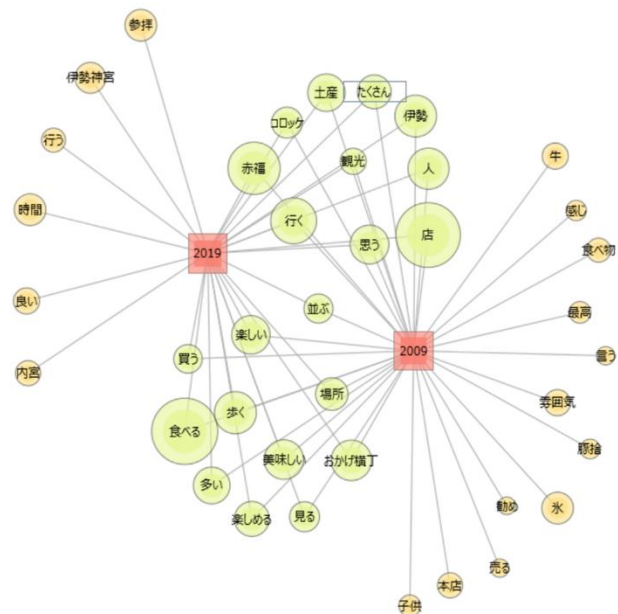
古い町並みを利用した食べ歩き系観光スポットは今非常に知名度を上げている。そこでその観光スポットにどのような特徴があり、お客さんからどのような評価を受けているのかを細かく調べようと考えた。観光地の分析だけでなく、観光地の分析にテキストマイニングというソフトが有効であることを証明することもこの研究の目的である。

2. 研究の方法

4つの食べ歩き系観光スポットを調査対象とする。1つ目は三重県のおかげ横丁、2つ目は石川県のひがし茶屋街、3つ目は岐阜県の高山三町、最後に愛知県の犬山城下町である。じゃらんの観光地の口コミを引用して、KH Coderのテキストマイニング分析をし、観光地ごとにどのような単語がどのくらいの頻度で使われているかを調べる。分析によって出た結果を見て、観光地ごとにどのような特徴や課題があるかを調べる。また、分析結果をまとめたものを市役所の方に見せに行き、意見交換し、研究の参考にさせていただく。



図一1 おかげ横丁抽出後リスト



図一2 おかげ横丁共起ネットワーク(語と年代)

分析結果の例は上図のようなものである。図1の抽出後リストは、単語がどれだけ頻繁に使われているのかをランキング形式にしたものである。上位にある単語に着目すれば、地域ごとに何が好まれているか、何が目立っているかを感覚的に把握できる。図2の共起ネットワークは、単語が共通に出現する関係(共起関係)を円と線で表示した図である。どんな単語が同じコメント内に出現しやすいかが感覚的に把握できて、一つ一つの文書を読んでいく方法とは一味違った解釈やひらめきを呼び込むことができる。この図2の場合、昔と今で出現する単語の違いを感覚的に把握できる。

3. 観光地の口コミ評価とテキストマイニング分析

じゃらんという国内の旅行情報が掲載されているサイトの中に口コミ評価というものがある。口コミというのは、観光地を訪れた経験があるお客様による、その観光地の雰囲気やスタッフの顧客態度などの評判に関する噂である。インターネットの発達で口コミ評価の影響力は大きくなった。口コミ評価を分析に使うことによってお客さま目線で観光地を評価することができるのがこの研究のメリットである。また、テキストマイニングというのは文章情報に含まれているある傾向や相関関係などを発見し、分析するソフトのことである。観光地の口コミ評価の文章を大量にピックアップして、その文章をテキストマイニング分析することで観光地ごとの特徴や課題を感覚的に調べることができる。また、コンコーダンスという単語ごとに着目することで詳しく調べることができる。

4. 観光地間の口コミ評価の比較分析

(1)抽出後リストの比較



表1 抽出後リストによる比較

	おかげ横丁	高山三町	ひがし茶屋街	犬山城下町
外国人観光客	×	○	×	×
昔ながらの町並み	○	○	○	○
有名な食べ物	○赤福	○飛騨牛寿司	○金箔アイス	×
隣接スポットの有無	○伊勢神宮	×	×	○犬山城
お土産	○赤福、伊勢うどん	×	×	×
食べ歩き	○	○	○	○

図3 高山抽出後リスト

「外国人」という単語が多くみられたのは高山三町だけで、高山は外国人観光客が多いことがわかる。昔ながらの町並みは、どのスポットも多く出てきた単語であり、「昔ながら」を売りにしていることがわかる。有名な食べ物では犬山城下町以外は代表的な食べ物があるが、犬山城下町はパッとする食べ物がないことがわかる。隣接スポットはおかげ横丁、犬山城下町に存在する。どちらも伊勢神宮を参拝するついでや、犬山城に訪れるついでに遊びに行く人も多い。隣接スポットの存在が集客に深く関わっている。お土産で有名なのはおかげ横丁の赤福や伊勢うどんが定番だが、ほかの3つは定番のものはない。食べ歩きはすべてに共通してお客様から満足を得ている。

(2)性別による比較

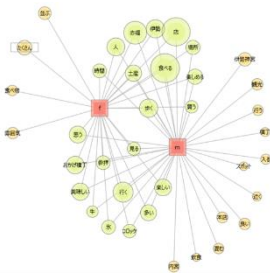


表2 性別による比較

	おかげ横丁	高山三町	ひがし茶屋街	犬山城下町
男	・参拝を好む	・お酒やお寿司などの食を好む	・古い町並みを感じながら食事をすることを好む	・昔ながらの町並みの雰囲気を楽しむ
女	・食べ歩きを好む	・町並みの写真撮影を好む ・周辺スポットにも注目している	・着物をレンタルして和の空間を楽しむ ・カフェやお茶屋などでゆっくり過ごすことを好む	・SNS映えやカフェを好む

図4 おかげ横丁性別

おかげ横丁では、男性は伊勢神宮の参拝に着目していて、女性は食べ歩きに注目する傾向にある。これは非常にわかりやすく分かれていた。高山では、男性は食やお酒を好むのに対し、女性は写真撮影や周遊スポットにも注目していることがわかる。ひがし茶屋街では、男性は食べ歩きを好み、女性は、カフェやお茶屋などで着物を着ながら和の空間を楽しむ傾向にある。犬山城下町では、男性は古い建物や歴史などを含めた町並みを好み女性はSNS映えやカフェを好む傾向にある。性別で比較することで両者の目的の共通点や相違点を把握することができる。

(3)世代による比較

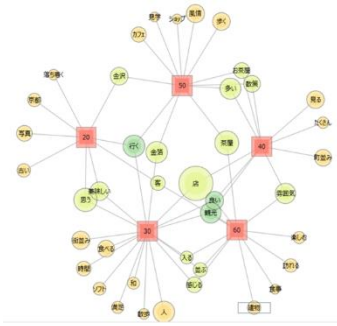


図5 ひがし茶屋街年代

高山や犬山城下町では、お年寄りが古い町並みの写真撮影を楽しんでいて、若者の SNS 映えに近い楽しみ方をしていることが分かる。全体的に若者は食べ歩きを好み、お年寄りはカフェでゆっくり、お土産などのショッピング、そして写真撮影をする傾向がある。

表3 世代による比較

	おかげ横丁	高山三町	ひがし茶屋街	犬山城下町
若い世代 (10~30代)	<ul style="list-style-type: none"> 食べ歩きを好む 牛串、赤福水 	<ul style="list-style-type: none"> 古い町並みの風情を楽しむ 長い時間滞在して楽しむ 	<ul style="list-style-type: none"> 散歩したり写真を撮ったりして楽しむ 	<ul style="list-style-type: none"> 古い町並みに関心がある フルーツや五平餅など食べ歩きも好む
中間世代 (40.50代)	<ul style="list-style-type: none"> 参拝を好む 	<ul style="list-style-type: none"> 町の雰囲気や食べ歩きを楽しむ 	<ul style="list-style-type: none"> カフェでゆっくりしたり、ショッピングしたりする 	<ul style="list-style-type: none"> 犬山城に関心がある 散歩するのにちょうどいい広さ 駐車場の場所に不満
お年寄り (60代~)	<ul style="list-style-type: none"> 食べ歩きやお土産を買ったりすることを好む 赤福餅、松坂牛 	<ul style="list-style-type: none"> 写真を撮って楽しむ 客の混雑、マナーに不満 	<ul style="list-style-type: none"> 古い建物に風情を感じる 食事を楽しむ 	<ul style="list-style-type: none"> 昭和を思い出す 写真撮影を楽しむ

(4)星による比較

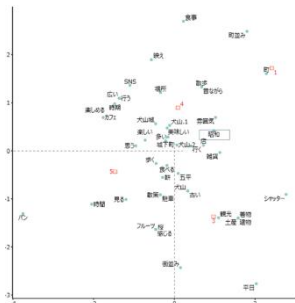


図6 犬山城下町 対応分析 星

どの観光地でも高評価では食べ歩きや町の雰囲気が目立っていた。また、若い女性が着物をレンタルして和の空間を楽しむことで高評価を付ける傾向がある。低評価に着目すると観光地ごとの課題が見えてくる。目立っていた単語は駐車場だ。駐車場の場所や広さに関する不満が多かった。低評価に着目することは、課題発見につながるからテキストマイニングで非常に武器になる要素であると感じた。

表4 星による比較

	おかげ横丁	高山三町	ひがし茶屋街	犬山城下町
高評価	<ul style="list-style-type: none"> 食べ歩き 伊勢神宮 	<ul style="list-style-type: none"> 古い町並み、散策、飛騨牛などの食べ歩きを連想させる言葉が多い 	<ul style="list-style-type: none"> 着物のレンタル 町の雰囲気 	<ul style="list-style-type: none"> 食べ歩き 犬山城の景色
低評価	<ul style="list-style-type: none"> 駐車場の場所がわかりにくい 人混みで多くの人がふらふらするから歩くスペースがない 	<ul style="list-style-type: none"> 人混みだと町並みの写真が撮れない →早朝に行くと撮れない 	<ul style="list-style-type: none"> 17時にほとんどの店が閉まってしまふ 	<ul style="list-style-type: none"> 何を売りにしているのかわからない 駐車場が少ない 駐車場が遠い

5. 犬山城下町における口コミ評価の詳細分析

犬山城下町の口コミ 387 件を用いて分析した。時期区分を 2008~2014 年、2015~2017、2018~2020 年と 3 つに分け犬山に重点を絞った。右図からでもわかるように昔は古い町並みが武器であったが、今はフルーツや着物などで SNS 映えする時代へ変化している。右図の対応分析では時期区分ごとのざっくりとした特徴をつかむことができる。性別による違いでは、男性が歴史や古い建物に興味があるのは変わらないが、時代とともに城下町が SNS 映えするようになり、そこに女性客が満足している様子であった。星の評価による違いからは、年月がたつごとに徐々にカフェやお土産屋さんなどの店が増え、今では着物をレンタルして楽しむこともできることがわかる。昔ながらのものはそのまま、新しいものを取り入れることによって楽しみ方の幅広がったことがわかる。

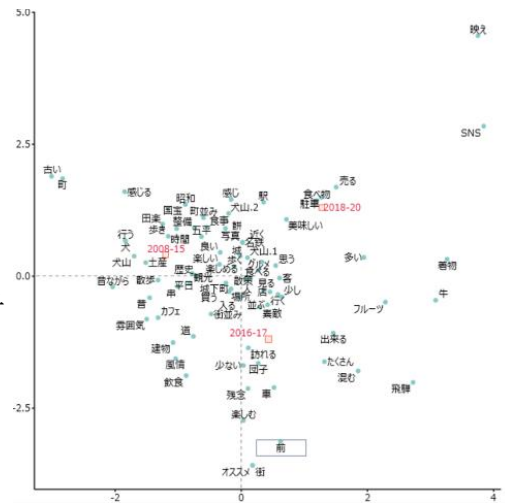


図7 犬山城下町時期比較

6. 犬山市観光担当部局へのヒアリング調査

表5 犬山市観光担当部局へのヒアリング調査結果まとめ

分析結果	役員の方々の意見
現在は食べ歩き街	✖ 食べ歩きより犬山城を筆頭に古い町並みを楽しむ場所だと思っていた。
何を売りにしているのかわからない	○ 辛辣だけ得的を得ている
女性が着物やフルーツなどでSNS映えを狙いながら楽しめる場所	○ 近くに住んでいる若い女の子が何度も訪れるイメージ。 そのような若い子たちにたくさんお金を使ってもらうような努力をしなければならない
完全に歩行者天国ではないから車に気を付けなければいけない	✖ 2007年から歩行者天国のキャンペーンをやっているが、思っているほど評価されていない印象
散歩するのにちょうどよい広さ	✖ 狭い、営業時間短いなどの意見があったと思った。
駐車場が遠い	○ 2017年から400台停めれる第二駐車場ができたが、城下町まで徒歩10分ほどかかるから少し距離はある

2020年11月5日の15時~16時、犬山市役所でヒアリング調査を行った。テキストマイニングのプレゼンテーションをして市役所の方から意見・感想をいただいた。その後、市役所の方々とテキストマイニングを実際を使って様々な分析を行い、単語ごとに着目し、コンコーダンスを行いながら議論した。ヒアリング調査の目的は、犬山城下町の分析の内容が正しいか判断してもらうことと、テキストマイニングの有効性を確かめることである。上の図では分析結果に対しての市役所の方々の意見をまとめたものである。私が分析した結果はある程度市役所



図8 ヒアリング調査の様子

の方々の感覚と合っていたが、市役所の方々の感覚と分析で出た結果に少しずれが生じる部分もあった。観光担当の方からしたら歩行者天国の事業が始まってからはプラスの評価を受けているイメージだが、分析結果では不満の意見がいくつか見られた。テキストマイニングを使うことによって観光客側の感覚の元々把握している部分は改めて実感することができ、ずれが生じる部分からは今後の課題が見える。人間と機械での差によってできる新しい意見は案外人間が気づかない部分かもしれないから把握すべきである。

7. まとめ

テキストマイニングを利用して観光地を分析した結果と市役所の役員の方々の感覚がほとんど一致していた。ずれ部分もあったが、人間が気づかない情報が得られるテキストマイニング分析は観光地分析に有効な手段といえる。膨大なテキストデータから情報を得られるため、ただ単に人が読むだけでは全体を把握して傾向を把握することは困難であり、テキストマイニングを用いることでしか得られない発見的な知識が得られる。ネット社会が進行している今、インターネット上にある情報はそのままでは埋もれてしまい、次から次へと新たな生み出される情報に流されてしまう。テキストマイニングを用いることで、これまで見逃していた情報を抽出・分析し、顧客のニーズや市場動向を見つけ出すことができる。

参考文献

- ・じゃらん 口コミ https://www.jalan.net/kankou/spt_23215ad2150016837/kuchikomi/(参照 2020-5/20)
- ・KH Coder <http://kncoder.net/>(参照 2020-5/20)

マンガ、アニメを核にしたまちづくりに関する研究

EC17057 山田 瑠人

1. 目的・背景

現在、日本が国内の人気にとどまらず世界に誇る文化としてマンガ、アニメが浸透している。マンガ、アニメの集客効果を見込んだまちづくりも多く行われている。そこで、マンガ、アニメによって主に観光面において街がどのような発展を遂げているのかまた、どのような課題を抱えているのかを現在日本にある事例をまとめ、今後アニメ、マンガを核にしたまちづくりをする際にどのようにすれば大きな効果を得られるのかまた、現在の事例の課題をどう克服したまちづくりを進めればよいのかを研究した。

2. 研究方法

インターネットを使用しマンガ、アニメのミュージアムや記念館を活用してまちづくりを行っている街を調べた事例をまとめ、その中で作品ロード等の参考になりそうなものをまとめて Google アースを活用しマップを作り、さらにそのまちのアニメ、マンガを活用したまちづくりを進めている自治体にヒアリング調査を行った。これらの事からどのようなかを考えてまちづくりをすべきかを考察することにした。

3. マンガ、アニメを活用した全国のまちづくりの状況

現在、日本全国で様々なアニメ、マンガが題材の記念館やミュージアムがある中で主なものとその施設が街とどのように連携しているのかを簡素にまとめたのが表-1である。

施設ごとに様々な街とのかかわり方があり中には横浜アンパンマンミュージアムや宝塚手塚治虫記念館のように街との連携がほとんど見られず今回の研究とは関係性の薄いものもあり、そういった点も含め各施設をどのような形で街づくりに生かしているのかを表-2のように分類分けをしてまとめた。

表-1 全国のアニメ、マンガ施設と街との連携

キャラクター施設	街との連携
三鷹の森ジブリ美術館	緑を守りたいという宮崎駿の思いと井之頭公園の思いが合致して作られたというはけいがあるが、街と連携して大きなイベントするなどの事はない。
藤子・F・不二雄ミュージアム	川崎市が設置者ということもあり積極的に取り組んでおり、協賛企業として小学館ドラえもんルーム、朝日新聞社、小田急電鉄、パナソニック、ビックカメラ、LINE GAMEがある。また、ミュージアムの開館に伴って川崎市交通局と東急バスの向ヶ丘遊園停留所が、藤子・F・不二雄ミュージアム停留所に改名され小田急小田原線登戸駅と向ヶ丘遊園駅のと列車接近モレディーが藤子・F・不二雄作品のアニメ主題歌となった。
横浜アンパンマンミュージアム	モールを中心として街の発展に貢献しているが街と連携ということとはよくはない
水木しげる記念館	水木しげるロードという商店街とのコラボレーションした全長800mの商店街があり、グググの鬼太郎のキャラクターのオブジェや水木しげるが描く妖怪の世界観が商店街にちりばめられており観光名所として広く知られているため、商店街の各店舗や施設との集合体となっている。
こち亀と葛飾区	「こち亀葛飾区亀有公園前派出所」の舞台となった葛飾区やJR亀有駅と作品が協力キャラクターの銅像が街に建てられている。銅像の除幕式には当時の首相であった麻生太郎閣内閣総理大臣も出席するなど社会的認知も高い
青山剛昌ふるさと館	「コナンに会えるまち」として青山剛昌ふるさと館、コナンの家米花商店街、コナン駅とも呼ばれる。JR由良駅から青山剛昌ふるさと館までのコナン通り名探偵コナンキャラクターのブロンズ像やレリーフなどを整備し、全国からコナンファンが訪れる
長谷川町子美術館	板新町から長谷川町子美術館までの通りは通称「サザエさん通り」と呼ばれ沿道にはサザエさん一家の銅像は立ち並んでいる。また、サザエさん通りにはサザエさんを採るなどの面白い仕掛けなどもあり国民的アニメであるサザエさんの楽しみを最大限生かした街づくりをしている
浜中町モンキーパンチコレクション	ルパン三世通りというものがあり、浜中町露多布エリアには北海道浜中町出身のモンキーパンチ作品「ルパン三世」でおなじみのキャラクターのオリジナルサインが町中にあり、散歩しながらキャラクターのサインを探しを楽しむことができる。また、ルパングッズを買うことができる店舗や、浜中町内のJR駅に写真撮影にぴったりな等身大パネルや巨大ポスターがありファンが全国から訪れる。
石ノ森萬画館	石巻市は石ノ森章太郎の出身地ではないが、石ノ森が少年がたつて自転車で三時間かけて石巻市の岡田劇場に通い漫画化につなげる感性を養ったことから市民有志が「漫画で町おこし」を思いつき数々の漫画家にオファーを出しそれにとたえの形で石ノ森章太郎が協力し町おこしが実現した。
赤塚不二夫会館	青柳市周辺の商店街は形相の雰囲気がある映画看板で街おこしすることをモットーとしており、映画看板の仕事をしてきたことがある赤塚不二夫は白羽の矢を立て赤塚不二夫会館を開館して町おこしを図った。
水見市潮風ギャラリー	水見市は藤子不二雄Aの出身地であり、特に生家ある光前寺と、その隣元の水見市商店街付近には「忍者ハットリくんからくり時計」や「まんがロード」など多くの関連作品が存在することから平成27年度から「水見市藤子不二雄A漫画ワールド」と総称することとなった。
永井豪記念館	永井豪の出身地である輪島市に整備した永井豪記念館はにぎわいある街づくりを進めることを目的として作られた。外観は周囲の景観に合わせた和風の趣となっているが一歩中に入ると全く違った世界観が広がっている。
宝塚手塚治虫記念館	連携はあまりしていない

表-2のように各施設を分類分けしたところ完全に商業重視で活動を行っている施設ではまちづくりという観点において関連は薄く、駅と連携しているものや沿道に銅像を設置しているもの、作品の空間を再現したものがまちづくりという観点では適しておりそのなかでも特にまちづくりに有効に作用

表-2 アニメ、マンガまちづくりの分類分け

商業重視系	空間再現系	銅像系	駅との連携をしている
<ul style="list-style-type: none"> 三鷹の森ジブリ美術館 横浜アンパンマンミュージアム 宝塚手塚治虫記念館 	<ul style="list-style-type: none"> 三鷹の森ジブリ美術館 赤塚不二夫記念館 水見市潮風ギャラリー 藤子・F・不二雄ミュージアム こち亀と葛飾区 	<ul style="list-style-type: none"> 水木しげる記念館 藤子・F・不二雄ミュージアム 三鷹の森ジブリ美術館 横浜アンパンマンミュージアム こち亀と葛飾区 青山剛昌ふるさと館 浜中町モンキーパンチ美術館 石ノ森萬画館 水見市潮風ギャラリー 永井豪漫画作品 	<ul style="list-style-type: none"> 三鷹の森ジブリ美術館 藤子・F・不二雄ミュージアム こち亀と葛飾区 青山剛昌ふるさと館 浜中町モンキーパンチ美術館

している施設を選定した所、表2の中でも銅像系、空間再現系、街と連携しているものでは各自治体で沿道を整備している。これを沿道整備と称し4. 以降の研究ではコロナウイルスの影響により現地調査ができなかったため Google earth により沿道整備を確認できたものに絞って進めていく。

4. マンガ、アニメを活用した沿道整備の比較分析



図-1 コナンに会える街マップ



図-2 水木しげるロードマップ



図-3 潮風ギャラリーマップ



図-4 石ノ森まんがロードマップ



図-5 サザエさん通りマップ



図-6 水島新司漫画ストリートマップ

図-1 から図-6 は各自治体がアニメ、マンガを活用した沿道整備のマップを自治体が公表しているイラストマップ等を参考にしつつ、Google アースでまちを見渡してまとめたものである。すべての沿道整備に共通している特徴として主となる沿道に各作品のキャラクターのオブジェやパネル等がちりばめられており、街に訪れただけでも作品を感じられる沿道になっている。その一方で各沿道整備に異なった特徴も見られ、コナンに会える街、水木しげるロード、サザエさん通り、石巻まんがロードでは駅から記念館までの道標の役割としてオブジェをちりばめられているが水島新司漫画ストリートにはオブジェ以外の施設ほとんどなく、訪れた作品のファンが写真の撮影を楽しむことを目的としたオブジェの設置をしている。氷見市まんがロードは作品の舞台となった地もあることからその場所にオブジェを設置することで作品の空間を再現している。その他にもオブジェと商店街の時計台を活用したパレードを定刻に実施するなどの。他では見られない特徴的な沿道整備を行っている。以上のような特徴やオブジェの数などの情報をまとめたものが表-3 である

表-3 アニメ、マンガ、沿道整備まとめ

	コナンに会える街	水木しげるロード	サザエさん通り	氷見市まんがロード	石巻まんがロード	水島新司漫画ストリート
所在地	鳥取県東伯郡北栄町由良宿	鳥取県境港市	東京都桜新町	富山県氷見市	宮城県石巻市	新潟県新潟市
長さ	約1.4km コナン通りとしてJR由良駅から青山剛昌ふるさと館の約1.4kmにわたってコナン大橋やキャラクターの銅像、名探偵コナンの世界観を再現した空間がある。	約800m 境港駅から水木しげる記念館までの約800mにわたって続く妖怪の道として妖怪ブロンズ像が飾られていたり、壁画や妖怪神社などのスポットもある。	約400m 桜新町駅から長谷川町子美術館まで続く約400mサザエさん通りに並ぶ店にはサザエさんキャラクターの壁画や等身大パネルがある	約2.4km 氷見市比美町から中央町にわたる約2.4kmの商店街のまんがロードのあちこちに忍者ハットリくんなど、立体モニュメントになった藤子不二雄A先生のキャラクターに会える	約1km 石巻駅から石ノ森萬画館まで続く約1km道には石ノ森作品のキャラクター像が道しるべのように展示されている	約180m 新潟市古町通5番町商店街の約180mにわたって7体の水島作品のキャラクター像が飾られている
オブジェの数	銅像17体 カラーオブジェ7体	妖怪オブジェ177体	銅像12体	8種16体のモニュメント	17体のモニュメント	7体
開始年	2007年開始	1993年水木しげる記念館の開館と同時に開始	1985年開始	2007年潮風ギャラリー会館 2007年漫画ワールド開始	2001年萬画館開館と同時にまんがロードも開始	2002年開始
記念館、博物館	青山剛昌ふるさと館	水木しげる記念館	長谷川町子美術館	氷見市潮風ギャラリー	石ノ森萬画館	無
タイアップ事業	<ul style="list-style-type: none"> 鳥取空港ではトリックアートやコスチュームの試着の他コナン図書がある。 JR由良駅はコナン駅と名付けられるほどコナンのラッピング列車やイラストなどのコラボレーションが多くされている 	<ul style="list-style-type: none"> JR境港がラッピング車両の運行 水木しげるロード内の境港郵便局を水木しげるロード郵便局に改称 聴岐汽船の鬼太郎フェリーが就航 境港駅前交番の愛称を鬼太郎交番とする 米子空港が愛称米子鬼太郎空港を機内アナウンスでも使用 	<ul style="list-style-type: none"> フジテレビと毎年夏に連動イベントを開催している 桜新町商店街主催で毎年7月にサザエさん祭りが行われる 	<ul style="list-style-type: none"> JR氷見線では「忍者ハットリくん列車」や観光列車「べるもんた」は走っている 	<ul style="list-style-type: none"> 石巻市と東日本旅客鉄道の共同事業により、仙台線で2003年から、石ノ森作品のキャラクターが描かれた205系電車「マンガタンライナー」を運営している 街づくりまんぼうからの要望により石巻駅舎は改装され、壁面や屋根、コインロッカー、ガラス窓にイラストが描かれている 石巻駅駅長のアイデアでキャラクターで彩られた喫茶店が開店されている 	無
マップ			無			無

5. まちづくり実施主体へのアンケート調査

4. で調査した沿道整備の実施主体にアンケート調査の依頼をしたところ、水木しげるロード及びコナンに会える街の実施主体から回答をいただけたため、表—4 にまとめた。

表—4 アンケート調査の結果まとめ

	水木しげるロード	コナンに会える街
まちづくりに活用した狙い	昭和から平成になった際に郊外型スーパーの出店が始まり、水産関係諸施設が移転したことも重なってシャッター街となっていた境港駅近くの商店街に人を呼ぶことがねらいであった	マンガ「名探偵コナン」の作者・青山剛昌先生の生まれ育った地である北栄町において、青山先生にスポットをあて、青山作品の世界を解き明かし、青山剛昌ファンをはじめ、ここを訪れる人々に彼の作品を通し、青山先生の魅力や人となりを紹介することがねらいであった。
観光客の変化	完成後年々観光客が増えていき、2010年には水木しげる夫妻を扱ったNHK連続ドラマ「ゲゲゲの女房」の影響もあり、372万人が訪れた。 2018年には1年にわたる改修工事が終わってリニューアルオープンをしたこと、車道が片側1車線ずつあったのを一方通行にして両側の歩道を広げたこと、ライトアップをして影絵を出したことで、それまでにほとんど夜に来なかったお客さんが増加した	平成9年に「コナンに会える街」としての活動をスタートし始めて徐々に人気を博していき、平成19年に青山剛昌ふるさと館が開館し、毎年7万人から9万人前後の人が訪れ平成26年以降右肩上がりで見込客が増えていき現在では16万人以上もの人が訪れている。また、そのうち海外からも1万7000にのいじょうのひとが訪れている。
以前のまちのコンセプト	境港は漁業の町として昔から栄えているため日本海の新鮮な海産物を食べることができ、夏はマグロ、冬はカニというふうに通年の幸を求めて観光客は今も昔も来ている。 その他に1997年に境港市で「山陰・夢みなと博覧会」が開かれ、その時のテーマにもなった近隣諸国（ロシア、中国、韓国）との環日本海交流を通して、物流や国際交流などに力を入れている。	栄町は当時も現在も農業のまちとして知られている。代表的な産物に関しては「大栄西瓜」、「砂丘ぶどう」、「砂丘長いも」、「らっきょう」などがあり、以前のまちづくりに関しては農業振興を軸としたまちづくりを行っていた。 現在も北栄町は農業が盛んなため、「名探偵コナン」を活かしたまちづくりと同じく農業振興は継続して行っている。
実現までの課題	当初は水木しげるロードに妖怪ブロンズ像を置くことに地元の人達はただでさえ寂れている所に怖いお化けの物は置けないという理由で反対をしていた。しかし、市役所の方が商店街の人達に何度も説得をして店の前にブロンズ像を置かせてもらうようになり、やがて珍しさからブロンズ像のそばにあるお店にお客が来るようになったことで近くにブロンズ像がないお店の方から市側にブロンズ像を置いてもらうようお願いするようになった。	町の観光地化に難色を示す方々がいたことが課題であったが、観光地化の事業について詳しく説明をし理解を得ると共にまちづくりの提案を受け入れ、事業に反映することによって課題を克服した。また、沿道整備については、県との協議を綿密に行い、安全に配慮した整備事業を行っている。

6. まとめ

マンガ、アニメを活用したまちづくりは様々な形を用いて全国各地で実施されており、どの形のものでもある程度の観光地化の効果が見込めた。しかし、発展を遂げていく中でより大きな効果を得られた場所ではさらなる発展を遂げている。沿道整備を行っている場所ではそのまちが作品の空間を再現しているなど作品のファンだけではなく、家族連れや旅行客などの観光地としても楽しむことのできる空間となっており、まちづくりとして観光地にするには有効な手段である。沿道整備を行っている実施主体へのアンケート調査では実現には住民の反対もあり理解を得ることが必須の条件であるということが共通していた。

7. 参考文献

- 鳥取で『名探偵コナン』に会える！マンガとアニメの世界に浸ろう
<https://www.google.co.jp/amp/s/matcha-jp.com/jp/5431%3famp=true> (参照 2020 - 6 - 19)
- 北栄町観光協会 HP
<https://www.hokuei-kankou.jp> (参照 2020 - 6 - 19)

謎解きまち歩きゲームに関する研究

EC17058 山本慶哉

1. 研究の目的

近年、全国的にリアル謎解きゲームが行われている。商業施設の中でおこなっているものもあるが、今の研究はまちあるきにつながる謎解きまち歩きゲームに注目しておこなう。謎解きまち歩きゲームを行うことによって集客効果と経済効果はどのくらいあるのか、また、謎解きまち歩きゲームをなぜ行おうとしたのかを実際に行っている自治体や施設に調査をおこない、どういった流れで謎解きまち歩きゲームが行われているのかを理解し、今後地域活性化するための謎解きまち歩きゲームに必要な要点を押さえていくことを目的とする。

2. 研究の方法

最初にネットでどのようなリアル謎解きゲームがあるのかを東海地方に絞ってリストアップする。その中で気になったところにヒアリング調査や現地調査をおこなうことによって自治体側の意見や考えを聞き出し制作者側の視点にも立つことが出来るようにする。

3. 謎解きまち歩きゲームに関する基本的な整理

そもそもリアル謎解きゲームとは参加者自らが主人公となって、渡された資料などを元に謎解きやミッションをクリアしていくゲームである。こういったリアル謎解きゲームを行うメリットとしては、普段行かないようなところにもリアル謎解きゲームを目的に訪れ集客につながりリピーターを獲得できる可能性が出てくる。また、こういったリアル謎解きゲームはSNSなどで話題になりやすいこともあり行う地域の宣伝にも大きく貢献することが出来る。商業施設は参加料金がかかることが多いが、自治体や中小企業が行う場合は参加料金がかからない場合が多い。基本的には制作会社に委託し、自治体側と制作会社側が協力して謎解きまち歩きゲームを作っていく形になる。



図-1 リアル謎解きゲームの例

4. 東海地方の最近の謎解きまち歩きゲームの比較分析

東海地方で行われたリアル謎解きゲームを16個リストアップした。右の円グラフは16個のリアル謎解きゲームの委託した制作会社の内訳である。割合が多いのはエフェックスとタカラッシュの二つである、しかしタカラッシュは商業施設に委託されていることが多いので今回の研究では自治体に委託されていることが多いエフェックスに注目していくことにする。また、この中でまち歩きにつながりがありそうな岐阜県美濃市と愛知県岡崎市と愛知県岡崎市がおこなっている3つの謎解きまち歩きゲームに注目していくことにする。エフェックスと合わせて合計4つにヒアリング調査を行っていくことにする。

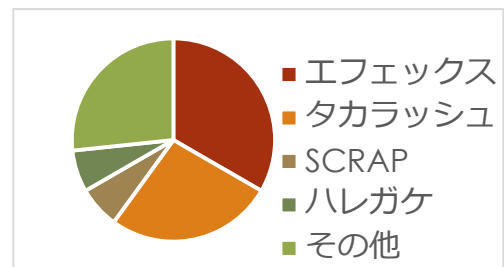


図-2 制作会社の内訳

表-1 東海地方のリアル謎解きゲーム一覧

企画名	場所	料金	所要時間	移動範囲	主催者	委託先	開催期間
明治探偵GAME	愛知県犬山市	300~1200円	4時間程度	徒歩	明治村	タカラッシュ!	2020年3月7日~2020年8月30日
地下迷宮に眠る謎	愛知県名古屋市	2300円	5時間程度	地下鉄	名古屋市交通局	SCRAP	2020年2月20日~2020年8月30日
人魚姫の大冒険	愛知県名古屋市	無料	2時間程度	徒歩	金城ふ頭来訪促進実行委員会	エフェックス	2019/12/21日~2020年3月22日
謎解きまのまち	岐阜県美濃市	無料	4時間程度	徒歩	美濃商工会議所	無し	2019年11月2日~2020年2月24日
どうぶつ仲間を探せ	愛知県西尾市	無料	2時間程度	徒歩	愛知こどもの国	無し	2019年10月5日~2019年12月8日
戦国宝探しin東美濃の山城	岐阜県可児市、恵那市、中津川市	無料	4時間程度	車	岐阜県観光連盟	無し	2019年10月4日~2019年12月25日
mozoリアル謎解きゲーム	愛知県名古屋市	無料	1.5時間程度	徒歩	mozoワンダーシティ	エフェックス	2019年8月14日~2019年8月18日
「名探偵 森の妖精たち」	愛知県長久手市	500円	2時間程度	徒歩	愛知県都市整備協会	NAZO×NAZO劇団	2019年7月27日~2020年3月31日
~幻の兜を手に入れろ!~	愛知県岡崎市	700円	1.5時間程度	徒歩	岡崎パブリックサービス	エフェックス	2019年7月13日~2019年10月27日
「大冒険ラリーハント」	愛知県犬山市	650円	1.5時間程度	徒歩	リトルワールド	タカラッシュ!	2019年7月13日~
~読み解け! 古代からのメッセージ~	愛知県名古屋市	500円	2時間程度	徒歩	しだみ古墳群ミュージアム	エフェックス	2019年7月13日~2019年9月29日
太田川駅前リアル謎解きゲーム	愛知県東海市太田川駅周辺	300円	2時間程度	徒歩	まちづくり東海	エフェックス	2019年7月12日~2019年10月14日
レイトン ミステリー探偵社	愛知県名古屋市	1500円	1.5時間程度	徒歩	セガエンタテインメント	タカラッシュ!	2019年6月27日~2020年2月29日
トレジャーストーン探偵団	岐阜県各務原市	500円	1時間程度	徒歩	オアシスパーク	無し	2019年4月13日~
謎の地下帝国 シュリエの秘密	岐阜県美濃加茂市	800円	2時間程度	徒歩	ぎふ清流里山公園	無し	2018年4月8日~2020年3月31日
リトルシェフ~不思議なレシピの謎~	愛知県犬山市	1000円	2時間程度	徒歩	リトルワールド	タカラッシュ!	2017年9月16日~

5. まち歩き系ゲームの実施主体へのヒアリング調査

1) 主催者団体

ヒアリング調査の結果、気になったことが3つあった。一つ目は美濃商工会議所が独自に工夫に工夫したQRコードを利用してスマホと連動しおこない、アンケートもスマホでおこなったところである。現在コロナ禍に日本は置かれているため、こういったスマホ上での謎解きは今後主流になっていくのではないかと感じた。二つ目はまちづくり東海が独自に工夫しているLINEでヒントを見ることが出来るというところである。こういった形にすれば今後のイベントの情報をLINEから宣伝できるため一度きりではなく、今後も来てもらえるように情報を発信することができるため何回もきてもらう非常にいい手段であると感じた。三つ目は美濃商工会議所の集客効果と経済効果である。5000人を目標としており実際には7951人と予想していた集客効果の1.5倍であった。この結果から運営している自治体の想像よりリアル謎解きゲームに需要があり、人を集めるための有効な手段であるという証明になるだろうと感じた。

表-2 ヒアリング調査の結果

質問内容	美濃商工会議所	愛知県岡崎市	まちづくり東海
きっかけ	元々アプリを制作しており、そのアプリを使って美濃のみどころを伝えるために謎解きゲームと絡めて活動することにした	元々平成24年から家康館の入館の促進を目的とした園内の謎解きゲームをおこなっていた。しかし、参加者が減ってきたので大幅な見直しをして平成28年から岡崎公園リアル謎解きゲームを開催した。	まちに人を呼び込むための手段として人気のある謎解きゲームを取り入れることにした。また、出題パネルを街中に点在させ、周遊させることによりまちのPRにつながる謎解きゲームをおこなうことになった
制作会社の選び方	アプリ制作の際に共同で開発をおこなっていたところを選んだ	今までで3社の制作会社に委託している。最初は元々関わりがあったところに委託し、それからは他の謎解きの実績や予算などで選んだ	周辺地域で謎解きゲームを多くおこなっており実績があり、内容もよかったため
独自に工夫したところ	QRを利用してスマホと連動して謎解きゲームをおこなった。コロナ対策としてアンケートもスマホでおこない、景品も直接渡すのではなく郵送で送ることにしている	岡崎公園で活動している武将隊を活用したイベントになるようにしている。全職員が問題が解けないお客様に解説できるようにレクチャーをおこなった	クリアした人たちが感想を記入できるノートを設置し、意見を取り入れやすくした。謎解きのヒントをLINEで見れるようにすることで登録者を増やし、今後のイベント発信に役立てるようにした。
料金	無料	700円	300円
集客効果と経済効果	5000人を目標としていて7951人集客した。経済効果は300~400万ほどだった	謎解きゲームを見直したことにより参加者は増加し、謎解きゲームにより滞在時間が増加したので売店や駐車場による経済効果があった	周辺店舗との連携で参加者にお店で使えるクーポンを発行したおかげで売店で買い物してくれる人が増えて経済効果があった
今後の取り組みや課題	リアルでなく現在より広域なマップ上の見どころやお店等にQRコードを配置し、読み込むと店舗ビデオと謎を流し解いていく等の「バーチャル謎解きまのまち」などを開催し、リアルへの興味を高める。	毎年参加されるリピーターも満足できるような問題の作成と毎年開催していることもあり、マンネリ化を防ぐため、ストーリーの面などで工夫を行ってきたい	より一層地域連携ができるとよい

2) ゲーム制作会社

エフェックスに対しておこなったヒアリング調査の中で三つの質問を表にした。謎解きを絡めてまちのいろいろなところに誘導して地域活性化の課題解決に役立てるといのはとてもいい考えだと感じた。年々増加

傾向にあるというのはリアル謎解きゲームがメジャーになってきており、人気のあるコンテンツである証明だと感じた。

年々増加傾向にあるというのはリアル謎解きゲームがメジャーになってきており、人気のあるコンテンツである証明だと感じた。委託されてからの流れはだいたい3～4ヶ月程度で行われるということがわかった。

表-3 エフェックスへのヒアリング調査

きっかけ	体験型のイベント企画を模索するうち、「謎解き」の存在を知り、地域活性化などの課題解決に役立てると感じたため
年間謎解きゲームをどのくらいおこなうのか	約20～30件程度で年々増加傾向にある
委託されてからの流れ	1. 実施目的、ターゲットなどについてヒアリング
	2. 正式受注後、全体構成の概要作成
	3. 構成承認後、メインビジュアル、謎の内容作成
	4. 解答用紙、問題用紙のデザイン、印刷
	5. 納品、必要があれば設営

6. 現地調査



図-3 リアル謎解きゲームのルート

令和2年10月29日に美濃商工会議所に訪れた。はじめに商工会議所の中で当時のリアル謎解きゲームの資料を元にどこのお店がチェックポイントになっており、どういう順番でまわってもらうようにしたのかを聞き、その情報で作ったのが上の図である。その後に商工会議所の人に同行していただき実際にこのルート通りに美濃のまちを歩いた。その際に新たに工夫したところを聞くことが出来た。一つ目は広告宣伝費を0円にしているということである。その代わりに販促用品にお金をまわしており景品を豪華にしているということである。二つ目はチェックポイントは飲食店に多く設置したということである。食べ歩きができる商品があるところにチェックポイントを設置することによ



図-4 スタート地点



図-5 チェックポイント

り、謎解きゲームで寄ったついでになにかを買っていこうという気持ちにさせるためである。三つ目は店の中に入らないと謎解きできないものを店の外からでもできるようにしたということである。これはコロナ対策で密にならないようにするためである。

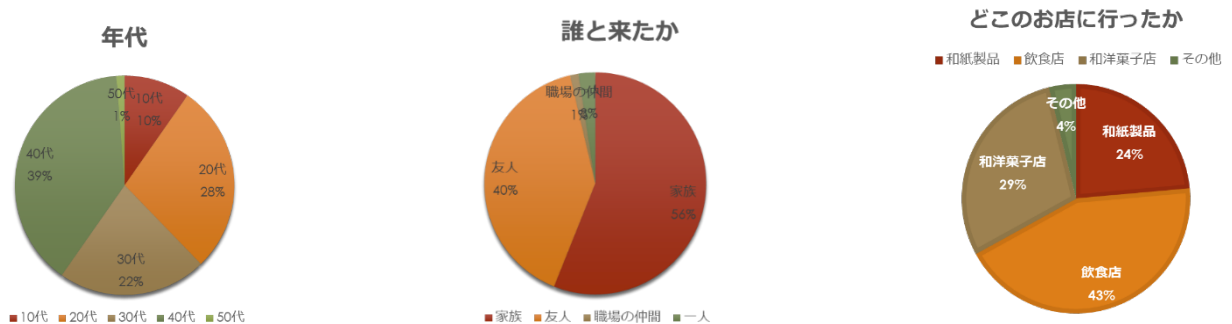


図-6 美濃商工会議所がおこなったアンケート結果

上の三つの図は美濃商工会議所が実際におこなったアンケート結果である。これらの結果を見ていくと一つの図の年代は均等に分かれている。これは二つ目の図で家族で訪れた人が一番多いとわかっているので家族で訪れたことにより若い人から年配の方まで様々な年代のがきたのではないかと推測することができる。どのお店に行っただかというアンケート結果は美濃商工会議所の考え通りに飲食店がほぼ半数を占めていた。この結果から食べ歩きながらリアル謎解きゲームをしてもらうことができたのではないかと推測できる。また、美濃で有名な和紙製品も4分の1程度の割合がある。これはリアル謎解きゲームを行うことによってそのまちの有名なものを知ってもらい、手にとって頂くきっかけとして有効な手段ということがわかる。

7. 全体のまとめ

今回謎解きまち歩きゲームについて研究することによって実際に謎解きまち歩きゲームができるまでの自治体と制作会社がどのような流れでおこなっていくのかということもわかった。基本的に施設内でおこなう場合とまちを歩きながらおこなう二つのパターンがあり施設内でおこなう場合では地域活性化に繋がらないため今回はまちを歩きながらおこなう方に注目しておこなった。主催者が予想しているより集客効果と経済効果があったということもあり謎解きまち歩きゲームは今人を集めるために有効な手段だということがわかった。地域活性化に繋がる謎解きまち歩きゲームには二つの要点があるとわかった。一つ目は普段いかないようなところに誘導するということである。謎解きまち歩きゲームを行わなくても人が来る場所でおこなっても地域活性化には繋がりがづらいのでチェックポイントがあるという謎解きまち歩きゲームの特徴を利用して上手く人が集まりづらいところに誘導することにより地域活性化に繋がるだろう。二つ目はお店や商店街と連携することである。謎解きまち歩きゲームの参加料金だけではその地域の利益には大きく貢献できないのでリアル謎解きゲームに参加すると商店街で使えるクーポンを発行している自治体も効果があったといっているのをそのようにお店や商店街を巻き込んで謎解きまち歩きゲームを行うことが地域活性化に繋がるだろう。今後の課題としては謎解きまち歩きゲームは実際にそのまちに訪れないと参加することができないのでいかにSNSを上手く使って宣伝するかということが挙げられる。また、現在日本はコロナ禍に置かれているため、密にならないようにどのように謎解きまち歩きゲームをおこなうかということである。これらの課題を達成しつつ二つの要点を満たすことにより今後も謎解きまち歩きゲームは発展していくだろう。

参考文献

1. 東海（愛知・岐阜・三重）の謎解き、宝探しイベント

<https://houcyoumanabu.com/toukainazotoki/>（参照 2020-06-12）

鉄筋コンクリート柱の繰り返し復元力特性モデルの構築に関する研究

EC17028 杉山 風雅

1. 研究目的

これまで、鉄筋コンクリート (RC) 柱のポストピーク時の変形挙動に関する研究^{例えば, 1), 2), 3)}が進められているが、その変形挙動を精度良く簡潔に予測する方法は確立されていない。それゆえ、本研究では一定軸力下で RC 柱が一方方向繰り返し外力を受けた場合の変形挙動を予測するための復元力特性モデルを構築する。

2. 一方方向荷重実験の概要

RC 柱の繰り返し復元力特性モデルを構築するため、「荷重パターン」・「コンクリート強度」・「横拘束筋間隔」を要因とした一方方向荷重実験データを用いた。以下に、実験概要³⁾を述べる。

2.1 実験供試体

実験に用いた供試体の形状と配筋の詳細を図-1 に示す。供試体は断面 200×200mm、柱有効高さ 1,000mm、せん断スパン比 5 の曲げ破壊先行型 RC 柱である。軸方向鉄筋には D10 (SD295A) を 8 本、横拘束筋には D6 (SD295A) を柱基部 2D 区間 (D:柱幅) において間隔 (s) = 35, 50, 65, 90, 105, 120, 150mm の 7 パターンで配筋してある。柱のコンクリートの設計基準強度は 20, 40, 60MPa の 3 パターンである。

2.2 荷重方法

写真-1 に示す荷重装置により RC 柱に軸力を作用させつつ、柱頂部に水平変位を与え、荷重実験を実施した。軸力の大きさは累加軸耐力の 5 % (およそ 45.5~59.5kN) とし、軸力荷重後、後述の荷重パターンに基づき変位制御により繰り返し水平荷重を作用させた。

2.3 荷重パターン

本節では、実験で設定した荷重パターンについて述べる。図-2 に示すような 2 種類の荷重パターンを対象とした。図中の横軸は繰り返し回数、縦軸は水平変位 δ を降伏変位 δ_y で除して無次元化したものである。降伏変位 δ_y は供試体の軸方向筋が降伏 (降伏ひずみ $\epsilon_y = 2,000\mu$) した際の水平変位である。具体的な荷重パターン (変位の与え方) を以下に示す。

- 1) 低変位レベルから大变位レベルにかけての繰り返し漸増荷重 (荷重パターン 1)

変位 0 mm \rightarrow $\pm 1 \delta_y$ (1 または 2 サイクル) \rightarrow $\pm 2 \delta_y$ (1 または 2 サイクル) \rightarrow $\pm 4 \delta_y$ (2 サイクル) \rightarrow $\pm 8 \delta_y$ (1 サイクル) \rightarrow $\pm 16 \delta_y$ (1 サイクル) \rightarrow 荷重 0 kN になるまで一方方向荷重する。
- 2) 中変位レベルから大变位レベルにかけての繰り返し漸増荷重 (荷重パターン 2)

変位 0 mm \rightarrow $\pm 4 \delta_y$ (2 サイクル) \rightarrow $\pm 8 \delta_y$ (2 サイクル) \rightarrow $\pm 12 \delta_y$ (1 または 2 サイクル) \rightarrow 荷重 0 kN になるまで一方方向荷重する。

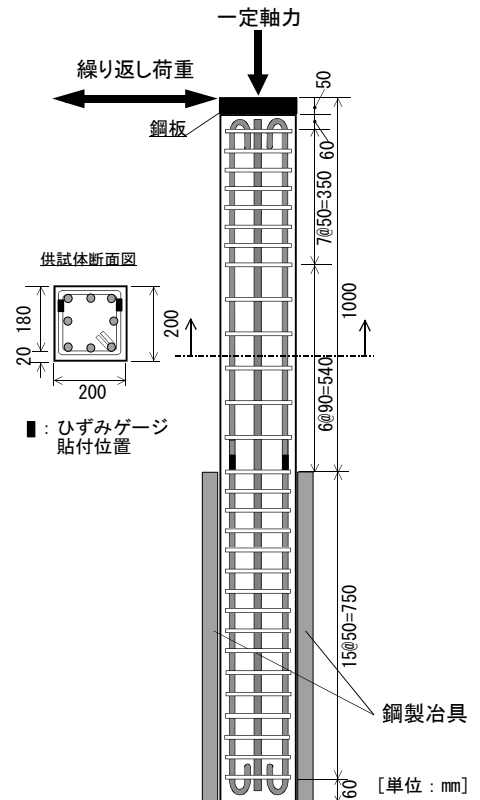


図-1 供試体配筋図



写真-1 荷重装置

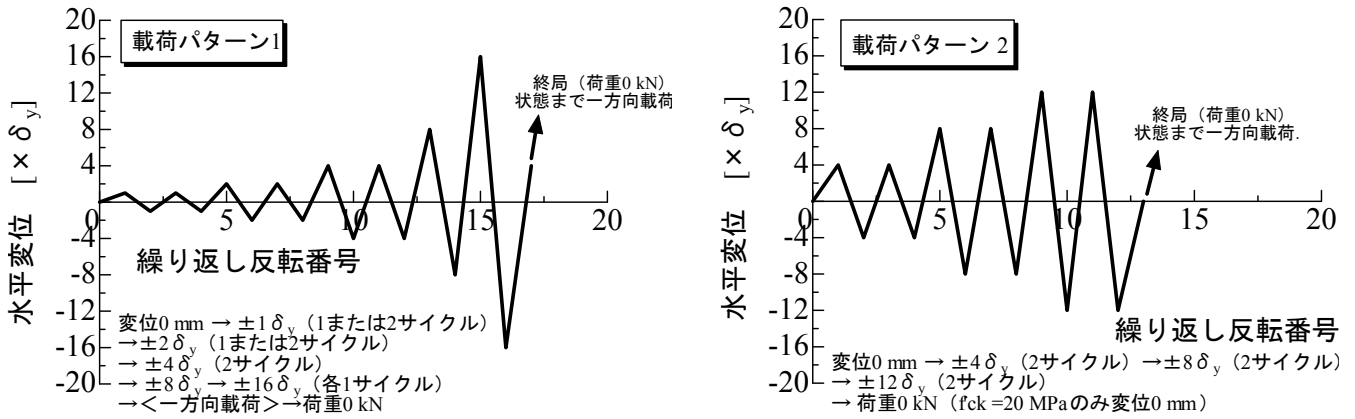


図-2 荷重パターン

3. 実験結果

図-3 および図-4 に水平荷重-水平変位曲線の一例を示す。図-3 では横拘束筋間隔が異なる曲線，図-4 ではコンクリート強度が異なる場合の曲線の比較をしている。また，それぞれの実線はパターン 1，破線はパターン 2 の曲線を示す。横拘束筋間隔の違いによる各柱の最大荷重には大きな差異は認められないが（図-3 参照），コンクリート強度が大きい場合には柱の最大荷重が大きくなる（図-4 参照）。

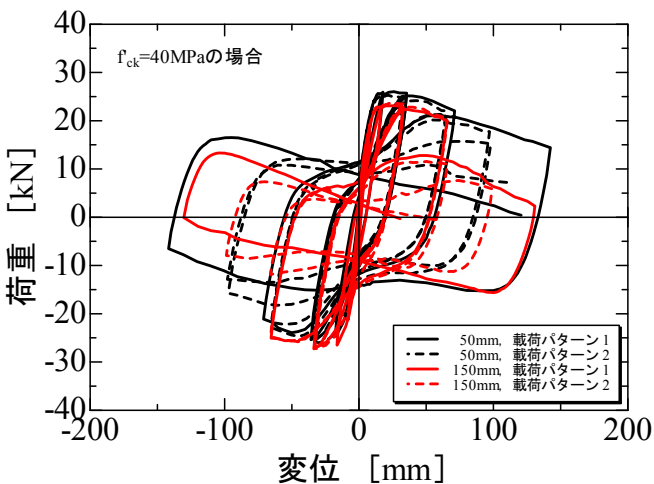


図-3 横拘束筋間隔が異なる荷重-変位曲線

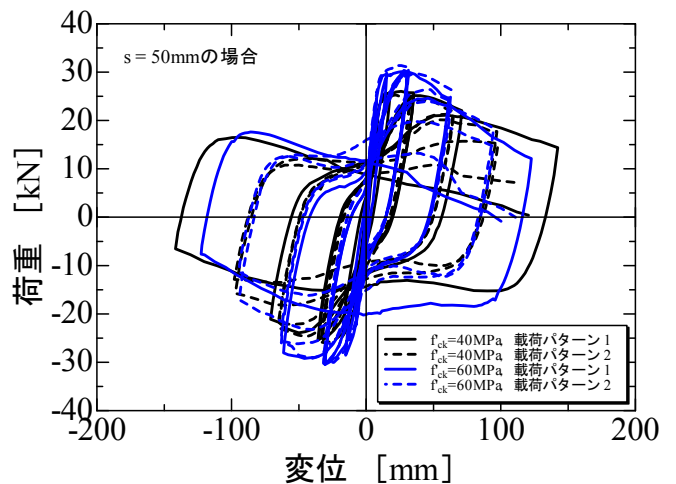


図-4 コンクリート強度が異なる荷重-変位曲線

4. 復元力特性モデルの構築

4.1 強度-変位曲線³⁾

水平荷重-水平変位曲線（例えば，図-5）を除荷点（図中の○印）と再載荷点（図中の●印）で切断し，除荷点-再載荷点間の曲線を第一象限に描いたものを強度-変位曲線（分解曲線とも称する）と定義する（図-6 参照）。例えば，図-6 中の曲線①は，図-5 中の除荷点①から再載荷点②までの曲線を除荷点①を原点として第一象限に描いたものである。加えて，強度-変位曲線群に付随する，限界曲線とヒンジ曲線を以下に説明する。

1) 限界曲線

荷重の影響（損傷）を受けていない強度-変位曲線（分解曲線）を限界曲線とする。限界曲線は分解曲線群を包絡するような曲線である。図-7 中に赤線で限界曲線の概略を示す。図中の黒線は分解曲線群の例である。

2) 塑性ヒンジ曲線

過度の繰り返し荷重を受け，RC 柱基部のコンクリートの抵抗力がなくなった状態の強度-変位曲線をヒンジ曲線と称する。図-7 中に青線でヒンジ曲線の概略を示す。ヒンジ曲線の下降部分はヒンジ勾配（荷重軸力/柱高さ）を有する直線となる。限界曲線と強度-変位曲線群の下降部分もヒンジ曲線と同じ勾配で低下する。

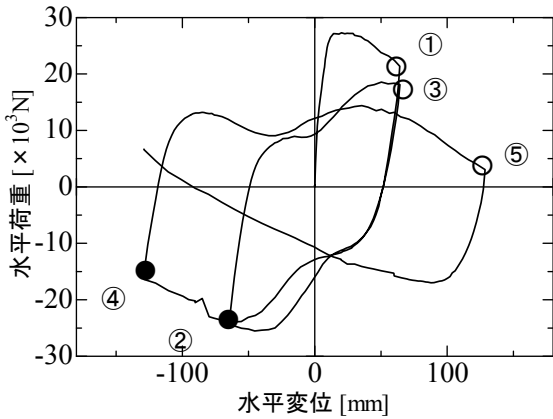


図-5 荷重-変位曲線

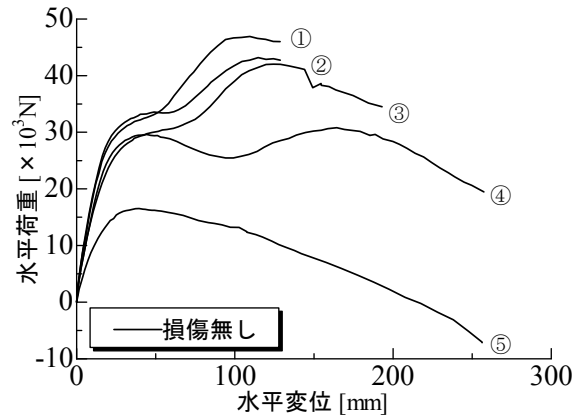


図-6 強度-変位曲線(分解曲線)

4.2 復元力特性モデルの提案

本節では、復元力特性モデルのプロセスを以下に述べる。

1) 強度-変位曲線(分解曲線)群の作成

実験から得られた荷重-変位曲線を(除荷～再載荷)曲線、(再載荷～除荷)曲線に分解し、除荷点または再載荷点を原点とし第1象限に強度-変位曲線(例えば、図-7中の曲線①および曲線②)として統合する。ここで、変位と荷重は正值とする。なお、荷重-変位曲線の初期曲線(原点から最初に除荷するまでの曲線)は強度-変位曲線群に含めない。

2) ヒンジ勾配の設定

載荷軸力を柱高さで除した値をヒンジ勾配として定める。

3) 限界曲線および塑性ヒンジ曲線の設定

分解曲線群を内包し、ヒンジ勾配で下降する曲線を限界曲線とする。塑性化した柱の耐力曲線を塑性ヒンジ曲線とする。

4) 補間法による強度-変位曲線の予測

限界曲線および分解曲線群を用いて任意の載荷経路に対する強度-変位曲線を以下に説明する補間法により予測する。補間法のイメージを図-8に示す。累積吸収エネルギー、変位幅などの

状態量 E_1 、 E_3 に付随する分解曲線を図中を実線で示す。 $E_1 < E_2 < E_3$ の条件下で、任意状態量 E_2 に付随する曲線は、比例配分などの補間法により求める(図-8中の破線)。例えば、同一変位での荷重値、さらに E_1 、 E_2 、 E_3 の値を基に比例配分により補間することも一策である。

5) 予測する荷重-変位曲線の作成

上記の補間法により求めた強度-変位曲線を順次繋げることにより、予測すべき荷重-変位曲線を作成していく。除荷曲線に相当する場合には、強度-変位曲線を反転させて繋げる。

4.3 予測結果

本節では、荷重-変位曲線の面積である累積吸収エネルギー、供試体が過去に受けた最大の変位幅を状態量として強度-変位曲線の予測を試みた。図-9に累積吸収エネルギーに基づいた予測結果、図-10に変位幅に基づいた予測結果を示す。図中、実線は予測曲線、破線は実験曲線である。両状態量に基づいた予測結果とも $\pm 8 \delta_y$ 区間(図中の変位 $\pm 60\text{mm}$ 区間)までは実験値と概ね一致したが、累積吸収エネルギーによる予測結果では $\pm 16 \delta_y$ 区間(図中の $\pm 130\text{mm}$ 区間)の実験曲線と大きな差が生じた。 $-8 \delta_y$ から $+16 \delta_y$ までの再載荷曲線(変位が -60mm から 130mm までの曲線)の後半でずれが生じ、それが $\pm 16 \delta_y$ 区間の結果に影響している。

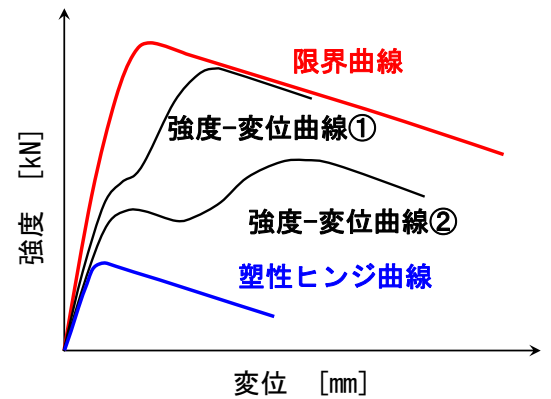


図-7 限界曲線とヒンジ曲線

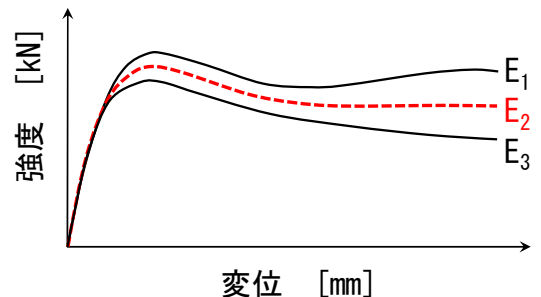


図-8 補間法のイメージ(破線)

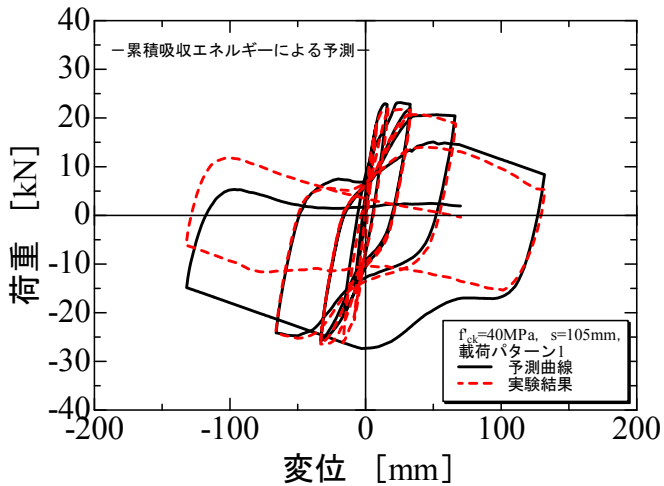


図-9 累積吸収エネルギーに基づく予測結果

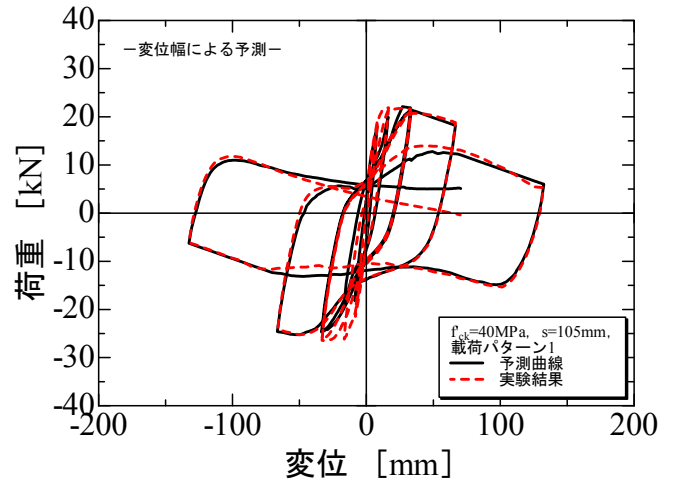


図-10 変位幅に基づく予測結果

4.4 モデルの検証

コンクリート強度および横拘束筋間隔が異なる場合の実験データに対して、変位幅量に基づくモデルの検証を行なった。図-11 および図-12 にその一例を示す。両ケースとも概ね精度の良い予測結果が得られた。

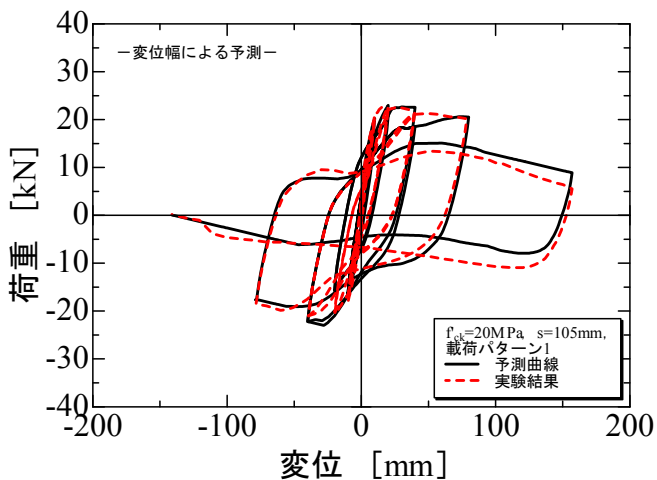


図-11 コンクリート強度を変化させた予測結果

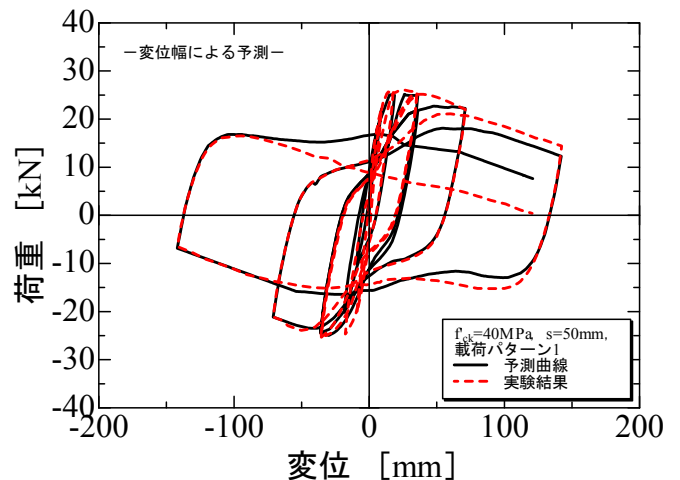


図-12 横拘束筋間隔を変化させた予測結果

5. 結論

- 1) 累積吸収エネルギーよりも、RC柱が過去に受けた最大の変位幅に基づいた予測の方が実験値に近い。
- 2) ポストピークまでの予測は精度が良いが、大変位レベルでの予測は実験値との差が大きくなった。
- 3) 復元力特性モデルを概ね策定することができたが、定量的な検討（ルール作り）が今後の課題となる。

謝辞

部門創成 B から卒業研究に至るまでご指導いただいた水野英二教授と、これまで私生活を支えていただいた家族に感謝します。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会編：コンクリート構造物のポストピーク挙動評価と設計への応用, 2013.
- 2) 木村秀樹・高津比呂人・石川裕次・武田浩：鋼繊維を混入した高強度コンクリート RC 柱に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.25, No.2, pp.235-240, 2003.7.
- 3) 亀田好洋・鈴木森晶・水野英二：ポストピーク領域における鉄筋コンクリート柱の繰り返し耐荷特性に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol33, No.2, pp.199-204, 2011.

実大擁壁の耐震性能確認実験

EC17005 石田 悠樹

1. 研究背景

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震や、2016年4月16日に発生した熊本地震では大規模な地震が起こった。大規模な地震が起こると、宅地擁壁の倒壊などの被害が多く報告されている(写真1(a)および(b)参照)^{1),2)}。宅地擁壁に用いられる擁壁は間知ブロック擁壁、空石積み擁壁、鉄筋コンクリート擁壁、増積み擁壁があるが、間知ブロック擁壁、空石積み擁壁は数多く存在しているため被害が多い³⁾。既存の宅地擁壁には、間知石を使用したブロック積み擁壁が数多く存在し、築数十年経過した擁壁も珍しくない。間知石や間知ブロックを使用した擁壁の設計方法は経験に基づく設計法⁴⁾や試行くさび法しか用いられてないため、他の擁壁に比べ、耐震補強技術が多く提案されていない。耐震補強技術などを発展させるために振動台を用いた模型実験は行われているが、実大規模の実験を行った事例は少ない。また、擁壁の老朽化判定には目視点検調査しかなされていないのが現状である。そのため本研究では、築数十年経過したブロック積み擁壁の耐震性能について確認する。



(a) 仙台 (b) 熊本

写真1 擁壁被害の様子^{1),2)}

2. 研究目的

原位置載荷実験を行い、築数十年経過したブロック積み擁壁を対象とし、擁壁の地震時の耐震性能を確認することを目的とする。

3. 研究対象

試験体は、UR高蔵寺団地横に設置されたブロック積みの擁壁である。擁壁をワイヤーソーでおおむね2mの幅に切断し実験を行う。擁壁高は約2~2.5mで谷積み擁壁である。



写真2 下見の様子

4. 地盤調査

前述したように周辺の地盤状況によって擁壁の構造が異なる。また、背面土の土質が擁壁に影響を与える可能性があるため、事前調査として、擁壁背面の地盤調査のため現地地盤調査と切土盛土の境界調査を行う。赤線部が試験体のある擁壁である。



図2 現在の試験場所の地形図

4.1. 切盛境界調査

実験を行う場所は、重ねるハザードマップによると盛土部分とそうでない部分があることが分かった。そこで国土交通省の大規模盛土造成地マップ⁵⁾の作成方法に倣い新旧地形図を用いて、縦方向をA-A'断面(黄線)とし、横方向をB-B'断面(赤線)として国土地理院の1888~1898年の地形図と現在の地形図の等高線を比べ、どこが盛土部分かを調査した。図3に調査断面の場所の図を示す。

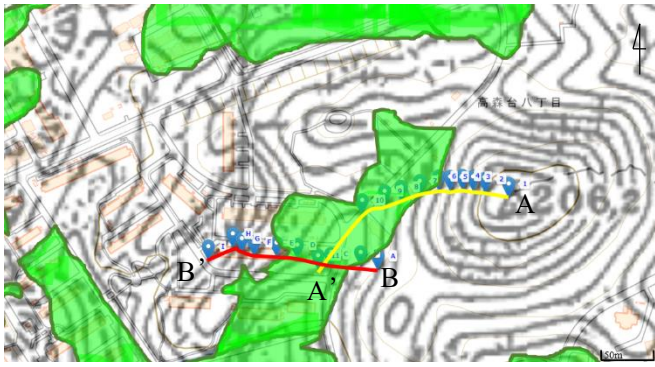


図3 調査断面の場所

A-A'断面では地点1~5までが盛土であり地点5~11までが切土という結果が出た。図4に結果を示す。

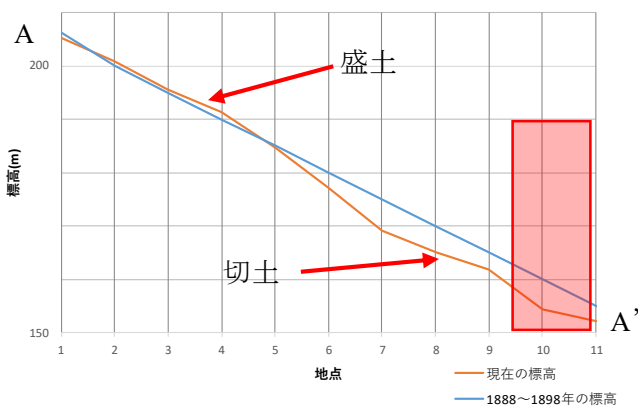


図4 1888~1898年と現在の標高の比較

B-B'断面では地点AからHが切土で、地点H-Iが盛土であると結果が出た。図5に結果を示す。

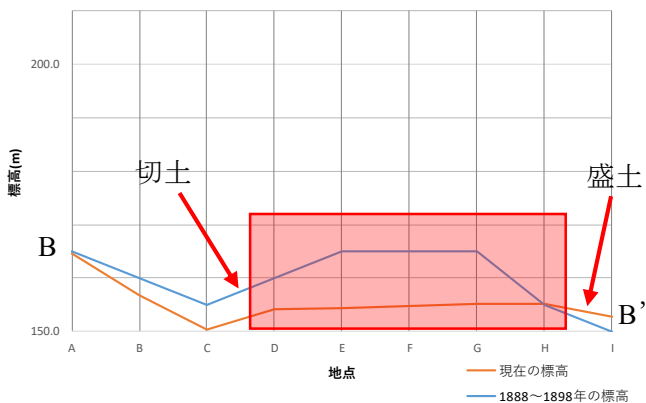


図5 1888~1898年と現在の標高の比較

2つの結果から大規模盛土造成地マップでは盛土と評価がされていても実際には切土である可能性がでた。

4.2. SWS試験・簡易動的コーン貫入試験

擁壁背面の土質の調査を行うため、スウェーデン式サウンディング試験⁶⁾(以下「SWS試験」と称す)と簡易動的コーン貫入試験⁶⁾(以下「簡易貫入試験」と

称す)を行う。また、地形図を使った切盛境界調査より地点を限定して切土盛土の判定ができる可能性があるため、2つの試験を行う。SWS試験と簡易貫入試験時には水や地下水は確認されず、排水自体に問題は無く正常に作用していたと想定される。試験実施位置を図6に示す。

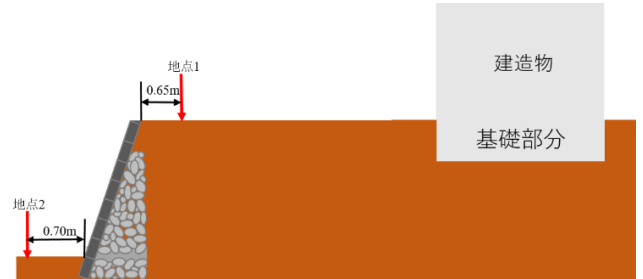


図6 簡易貫入試験・SWS試験実施位置図

地点1では、基礎部分を入れるために掘削を行ったため、地表50~60cm付近のN値とNd値が低くなる結果となった。地点1での試験結果を図7に示す。

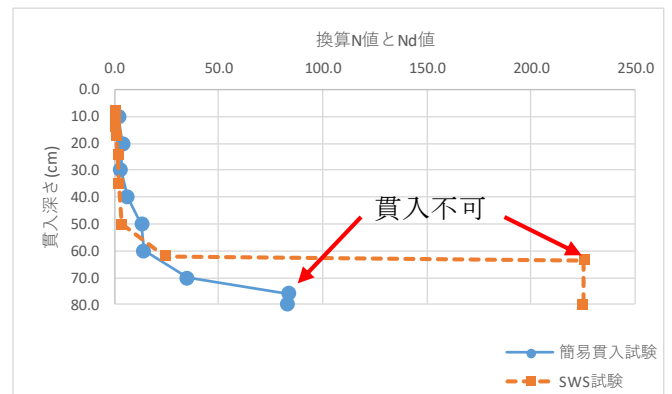


図7 地点1での結果

擁壁裏である地点2では、側溝が設置されていたため、地表付近はN値とNd値が低く、盛土を行っている可能性が高いと想定される。それ以降はN値とNd値が高いため切土の可能性はある。地点2での試験結果を図8に示す。

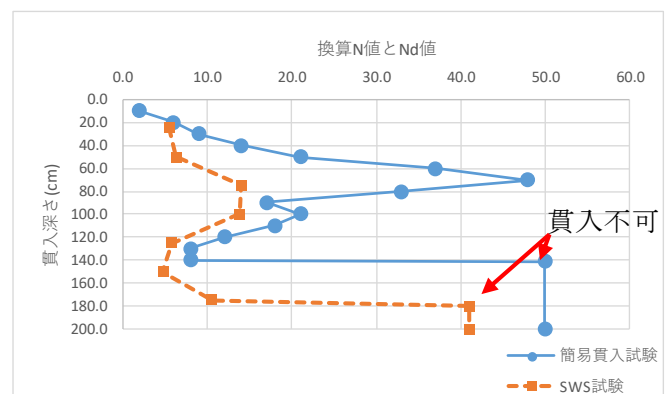


図8 地点2での結果

5. 地震時の擁壁の安全照査

右城の⁷⁾擁壁の設計法と計算例に示される、物部・岡部式の岡部の方法を用いて、主働土圧の計算を行った。設計水平震度 k_h は擁壁工指針の式⁴⁾を用いて算定し 0.16 として安全照査を行った。設計水平震度は式(1)を用いた。設計水平震度の算定には地域補正係数 C_z と設計水平震度の標準値 k_{h0} が用いられる。地域別の補正係数を表 1 に示す。設計水平震度 k_{h0} は地盤の特性値 T_G によって決まる。 T_G は地盤調査の結果から算出すると 0.2 以下となったため、I種地盤としてレベル 2 地震動の数値を用いて k_h を求めた。表 2 に設計水平震度の標準値 k_{h0} を示す。

表 1 地域別補正係数

地域区分	地域別補正係数 C_z
A 地区	1.0
B 地区	0.85
C 地区	0.7

表 2 設計水平震度の標準値 k_{h0}

地盤種別 (地盤の特性値)	I種地盤 ($T_G < 0.2$)	II種地盤 ($0.2 \leq T_G < 0.6$)	III種地盤 ($0.6 \leq T_G$)
レベル 1 地震動	0.12	0.15	0.18
レベル 2 地震動	0.16	0.20	0.24

$$k_h = C_z \cdot k_{h0} \quad (1)$$

次に主働土圧を求める。計算条件として地盤調査の結果、 N 値から換算される内部摩擦角 ϕ が 40° であったため、 ϕ を 40° とした。また、土の単位体積重量 γ は 16kN/m^3 とし土圧を計算した。なお、粘着力 c は考慮せず、主働土圧は式(2)を主働土圧係数には式(3)を用いて計算を行った。

$$P_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_A k_h W \quad (2)$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \alpha \cos(\alpha + \theta + \delta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta - \theta)}{\cos(\alpha + \theta + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right\}^2} \quad (3)$$

主働土圧計算を行い、転倒・滑動・沈下の安全照査をおこなった結果以下の通りとなった。

転倒に関しての安全照査では常時ではすべて安全であるとの評価がされた。しかし、地震時ではすべての場合で安全でないとの評価がされた。転倒の安全照査の結果を表 1 に示す。

表 3 転倒の安全照査

ϕ	転倒	
	常時	地震時
30	NG	NG
35	OK	NG
40	OK	NG
45	OK	NG
50	OK	NG

滑動の安全照査では、関しては常時では安全でないとの評価がされたが、地震時ではすべて安全であると評価がされた。滑動の安全照査の結果を表 2 に示す。

表 4 滑動の安全照査

ϕ	滑動	
	常時	地震時
30	NG	OK
35	NG	OK
40	NG	OK
45	NG	OK
50	NG	OK

沈下の安全照査では常時、地震時ともに安全であると評価がされた。考えられる理由として地盤の許容鉛直支持力が大きいこと沈下が起きないとされるためである。沈下の安全照査の結果を表 3 に示す。

表 5 沈下の安全照査

ϕ	沈下	
	常時	地震時
30	OK	OK
35	OK	OK
40	OK	OK
45	OK	OK
50	OK	OK

安全照査の結果から載荷実験の際、滑動は起こるが沈下は起こらないと評価された。しかし、実験現場の擁壁は目視調査の結果、沈下と滑動は見られなかったため載荷実験では滑動と沈下は起こらないと推定される。

6. 実験方法

載荷試験を行う前に、従来から行われている目視による擁壁調査を行い、劣化状況を確認した後に載

荷試験を行う。載荷試験のイメージ図を図 12 に示す。

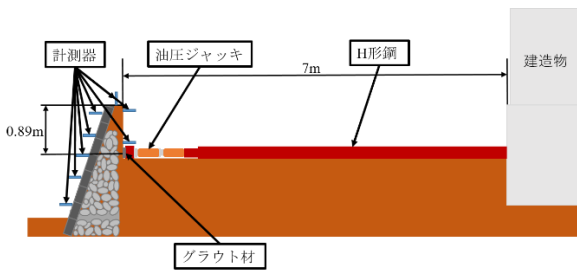


図 12 実験イメージ

擁壁裏を深さ 0.89m、距離 7m を掘削し、建造物の基礎を反力として油圧ジャッキを設置し加力を行う。加力サイクルは地震時の擁壁の安全照査により 20kN までに滑動と転倒のおそれがあるため 2kN ずつの繰り返し載荷を行い擁壁の状況を細かく確認を行う。またそれ以降は 10kN ずつの連続載荷を行い擁壁の状況を確認しながら耐力低下まで連続載荷を行った。

7. 実験結果

載荷実験の結果、試験体擁壁は 2kN から 20kN まで擁壁に目視での変化は起こらず、99.2kN 載荷したところで荷重が低下し、荷重が 43kN まで減少した。その後擁壁頂部の水平変位が 8.35mm まで載荷を行った。しかし転倒の可能性を考え、擁壁前面の変位計を取り外し水平変位が 25mm を超えるまで再度載荷を行ったが荷重は 35kN をピークにそれ以上は上がらず除荷し試験を終了した。荷重を除荷した後、擁壁頂部水平変位の残留変位量は 1.62mm であった。図 13 に荷重変位量曲線を示す。

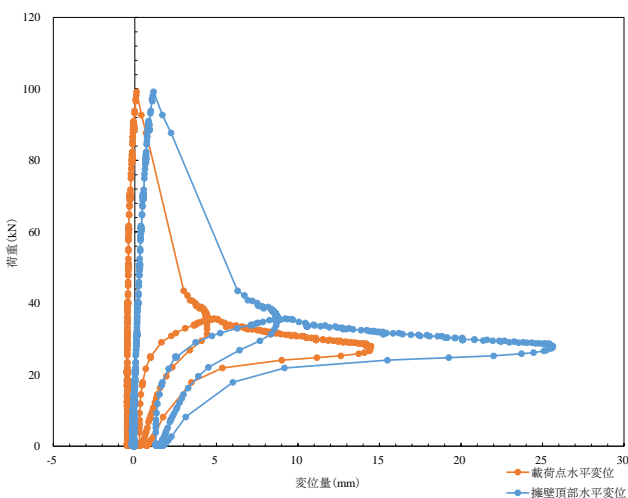


図 13 荷重変位関係

8. 結論

間知石と裏込めコンクリートの接合部に不良など

がなくても破壊に対する弱点部分であった。また、擁壁断面の欠損や打ち継ぎ目、打設不良などがあると擁壁の耐力は低下することが確認された。築数十年が経過し劣化が進んでいると思われる擁壁でも日頃からのメンテナンスや目視調査により地震時の耐力は確保されることが確認された。

謝辞

本研究にあたり、UR 都市開発機構の近藤氏には用地の提供をしていただきました。福田組の齋藤氏、システム計測の中里氏、石和田氏、長谷川氏には実験が円滑に進むようご配慮いただきました。国土技術対策総合研究所の柏氏、ベターリビングの菅谷氏には技術的な面でご指導いただきました。ありがとうございました。

【参考文献】

- 1) 東日本大震災合同調査報告書編集委員会：東日本大震災合同調査報告書 建築編 5. 一般社団法人 日本建築学会編，丸善出版，pp157, 2015.
- 2) 株式会社環境地質サービス：“平成 28 年熊本地震と益城町のひな壇造成地”，株式会社環境地質サービス，2016-05-01.
<https://www.kankyo-cs.co.jp/?p=249>.(参照 2020-09-08).
- 3) 五味 晃大，山田 雅一，塩入 志緒里，関根 さやか：2016 年熊本地震による益城町における擁壁被害調査，平成 28 年度 日本大学理工学部 学術講演会予稿集，B-70，pp.174-175，2016.
- 4) 公益社団法人 日本道路協会：道路土工 擁壁工指針(平成 24 年度版)，丸善出版，P168~169，2012.
- 5) 国土交通省：“大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン及び同解説について—大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン及び同解説—第 1 編 変動予測調査編”，国土交通省，2015-05，
https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_tobou_tk_000015.html，(参照 2020-11-22).
- 6) 公益社団法人 地盤工学会：地盤調査の方法と解説—二分冊の 1—，丸善出版，P317~335，2013.
- 7) 右城 猛：擁壁工指針に基づいた目からウロコ 擁壁の設計法と計算例，理工図書，P44~45，P274~282，2014.

杭の先端形状及び根固め液が極限支持力に与える影響

EC17010 大西 隆文

1.研究背景

軟弱地盤の上に構造物を建てると、沈下、傾斜の被害を受ける可能性がある。その沈下の被害を低減する対策として既製杭工法がある。しかし、杭工法の中の埋め込み杭工では、掘削したところにセメントミルクと杭を置き換えるため汚水、汚泥等の産業廃棄物が出てきてしまう。汚水の処理、処分については飯塚ら¹⁾が研究をしたが、産業廃棄物の量が増えれば、産業廃棄物の処理に限界を迎えると考えた。持続可能な開発を達成するためには、杭 1 本当たりの支持力を大きくし産業廃棄物を減らす必要がある。

2.研究目的

本研究の目的は、杭の 1 本当たりの支持力を大きくし杭の施工本数を減らし、産業廃棄物を減らす事である。正田ら^{2),3)}の研究では、杭の形状を変えることにより、ストレート杭よりも支持力を得る事ができる結果がある。この事から、杭の先端形状を変えることでも、杭 1 本当たりの支持力が大きくなる可能性があると考えられる。そこで、本研究では杭の支持力を大きくするために、杭の先端形状のみ変更することによる支持力への影響を把握した。

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、地盤を 3 次元でモデル化し数値解析を行うことで極限支持力を求める。

4.ストレート杭と節杭の支持力性能

杭の先端形状を変えることで、支持力が大きくなる可能性があるため、杭先端に溝を設け支持力に対する影響を把握する。

4.1.解析条件

本研究では、杭長 10m とし杭先端から 0.7m 分をモデル化している。土被り圧は等分布荷重として地盤全体に載荷する。地盤の水平長さは、杭頭部中心から 28.875m、鉛直長さは、29.050m に設定した。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。図 1 に 3 次元モデル、図 2 に本研究で対象とする節杭の断面図、表 1 に解析条件を示す。

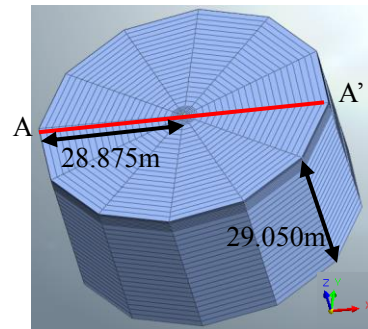


図 1 3次元モデル

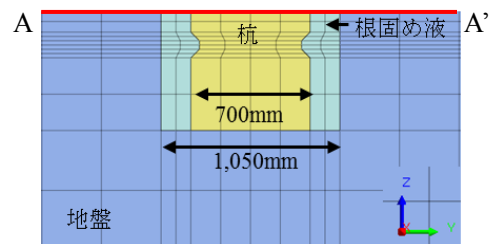


図 2 3次元モデルの断面図

表 1 解析条件

重力加速度 (m/sec ²)	9.80665
上載圧部分の載荷荷重 (kN/m ²)	186
強制変位の最大(m)	0.2

杭の支持力は、杭頭部を剛体連結し杭頭部中心に強制変位を加え、その時の反力を支持力とした。極限支持力は岡原ら⁴⁾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、本研究でも杭径の 10%沈下した時の支持力を極限支持力とした。

4.2.材料パラメータ

杭、根固め液、地盤の一部の材料パラメータは過去の事例⁵⁾を基に決定した。弾性係数 E と内部摩擦角 ϕ の 2 つの値は、道路橋示法書に記載されている式と大崎式⁶⁾によって決定した(式(1)及び(2)参照)。杭、根固め液、地盤の材料モデルは Mohr-Coulomb である。

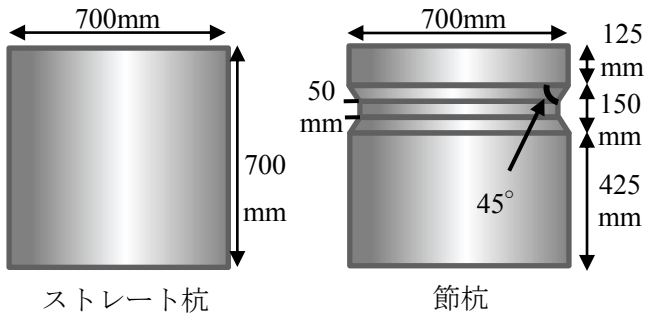
$$E=2,800N \quad \dots(1)$$

$$\phi = \sqrt{20N} + 15 \quad \dots(2)$$

ここで、 N : N 値である。

4.3. ストレート杭と節杭のモデル化

図 3 にストレート杭と節杭の先端形状のイメージ図、図 4 に根固め液と地盤のイメージ図を示す。



ストレート杭

節杭

図 3 先端形状イメージ図

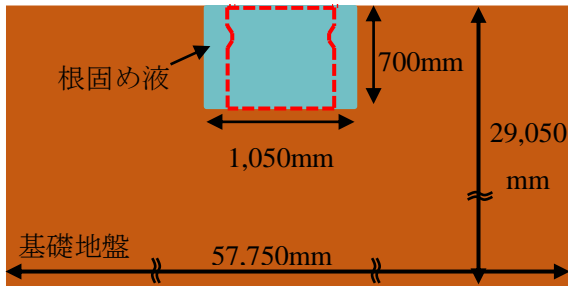


図 4 根固め液と地盤イメージ図

4.4. 解析結果及び考察

図 5 にストレート杭と節杭の「荷重~変位」関係を比較したものを示す。

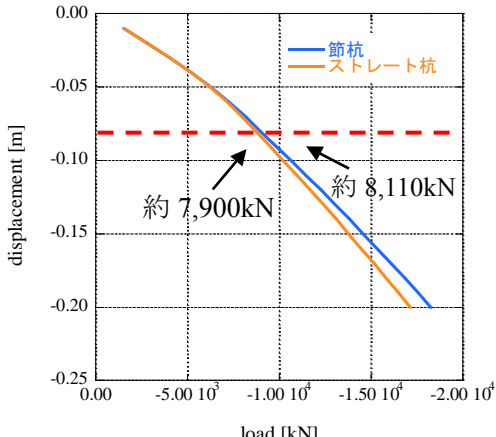


図 5 「荷重~変位」関係

それぞれの極限支持力を比較すると、節杭はストレート杭よりも極限支持力が 2%増加した。よって、節杭の溝部分は支持力に影響があると考えられる。

5. 杭の先端形状の検討

節杭の溝は支持力に影響があることがわかったが、溝のどの部分の影響が大きいか把握できていない。そのため、次に溝幅と溝角度の検討を行う。

5.1. 節杭の溝幅が支持力に与える影響

図 3 の節杭を基準として溝幅だけを 100mm、150mm 及び 200mm に変更する。図 6 に節杭の溝幅を変更したイメージ図を示す。

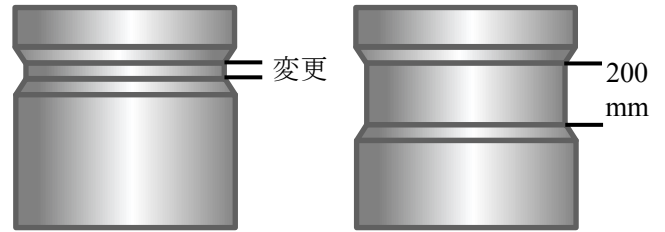


図 6 溝幅変更イメージ図

5.2. 節杭の溝角度が支持力に与える影響

図 3 の節杭を基準として溝角度だけを 0°、30° 及び 50° に変更する。図 7 に節杭の溝角度を変更したイメージ図を示す。

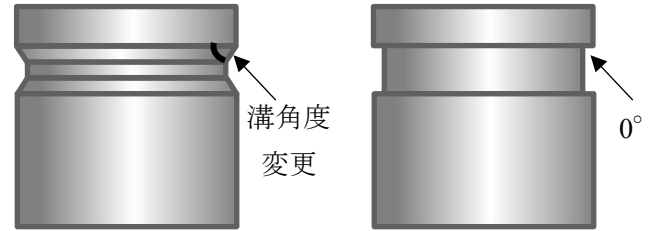


図 7 溝角度変更イメージ図

5.3. 解析結果及び考察

以下に節杭の溝幅と溝角度の解析結果を示す。

5.3.1. 節杭の溝幅の検討

図 8 に溝幅 50mm、100mm、150mm、200mm の「荷重~変位」関係を比較したもの、図 9 に「極限支持力~溝幅」関係を示す。

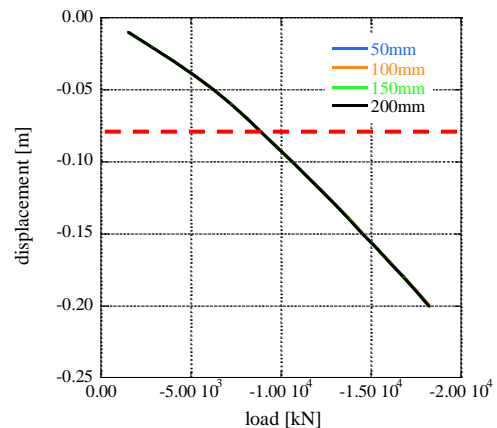


図 8 「荷重~変位」関係

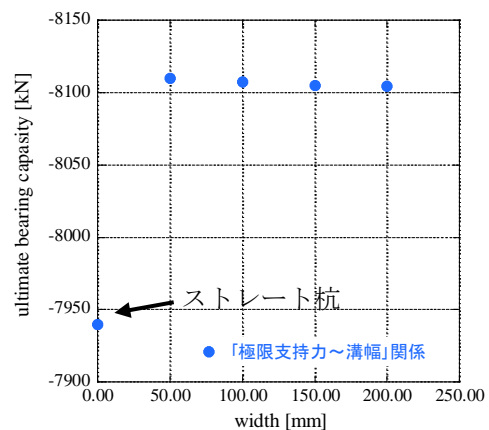


図 9 「極限支持力~溝幅」関係

図 8 の結果より、節杭の溝幅をそれぞれ 50mm、100mm、150mm、200mm に変更したときの「荷重~変位」関係の挙動及び最終荷重は、どのケースも同様の結果を示した。また、図 9 の結果より、極限支持力の差はあまり見られないが、溝幅を広げていくにつれて極限支持力が小さくなっていることが分かる。この結果から、節杭の溝幅を広くすると極限支持力が小さくなるが、極限支持力に与える影響は極めて小さいと考えられる。

5.3.2.節杭の溝角度の検討

図 10 に溝角度 0°、30°、45°、50° の「荷重~変位」関係を比較した結果を示し、図 11 にそれぞれの溝角度における「極限支持力~溝角度」関係の結果を示す。

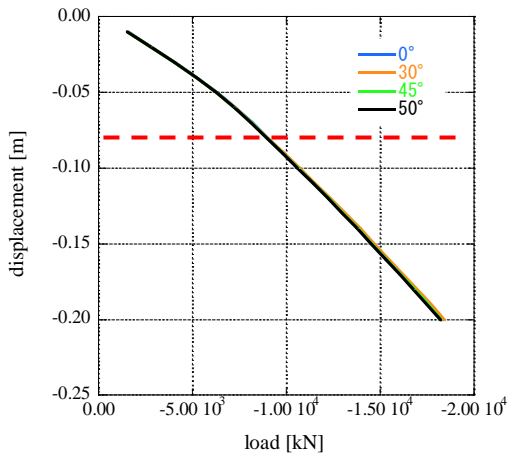


図 10 「荷重~変位」関係

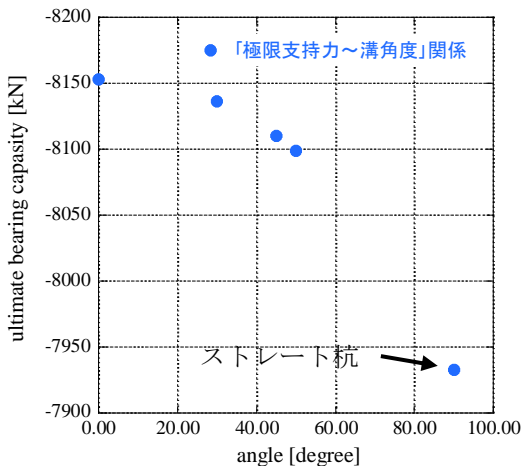


図 11 「極限支持力~溝角度」関係

節杭の溝角度を変更したときの「荷重~変位」関係の挙動は、変位量 0.07m あたりは同じ様な挙動を描いたが、変位量 0.07m を超えたあたりから溝角度 30° が大きくなることがわかった。図 11 の結果より、溝角度を大きくしていくと極限支持力が小さくなることがわかった。この結果から、節杭の溝角度が極限

支持力に与える影響は大きいと考えられる。

6.杭先端と基礎地盤との距離が支持力に与える影響

杭の形状に関する検討では、溝幅が支持力に与える影響は小さく、溝角度が支持力に与える影響は大きいことが分かった。そのため、次の検討では杭の形状ではなく、杭先端以外の条件と支持力の関係について把握した。基礎地盤の検討として、 N 値を変更し、根固め液の検討として、根固め液の大きさ(離間距離)を変化させた。これまでと同様の整理として支持力及び「荷重~変位」関係の挙動に与える影響を検討した。

6.1.解析条件

根固め液上部に杭径 700mm の杭があるものと考え、根固め液上部 700mm を剛体連結した。剛体連結をした部分の中心に強制変位を鉛直下向きに 0.2m 加えた。その時に強制変位を加えた点で発現した反力を支持力とする。また、極限支持力は杭の形状を検討した時と同じように、剛体連結した部分が杭径の 10%沈下した時の支持力を極限支持力とした。

杭先端から基礎地盤までの離間距離の検討として、離間距離をそれぞれ 0mm、420mm、840mm、1,050mm、1,400mm、1,750mm に変更し検討した。また、地盤の N 値の検討は、 N 値 30 と N 値 60 に変更し検討した。図 12 に根固め液と地盤イメージ図を示す。

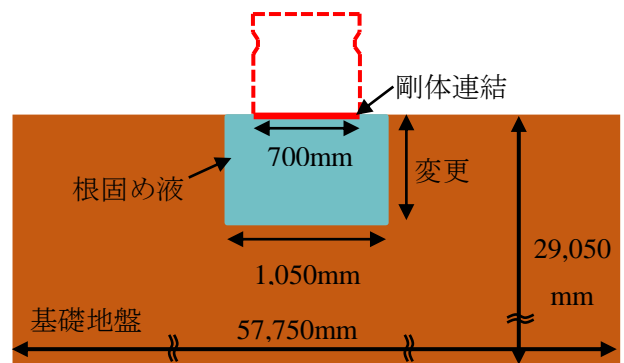


図 12 根固め液と地盤イメージ図

6.2.材料パラメータ

材料パラメータは杭の形状の検討で用いた道路橋示法書に記載されている式と大崎式⁶⁾で算出し、 N 値 30 の場合、弾性係数 84,000(kN/m²)、内部摩擦角 39(deg)、 N 値 60 の場合弾性係数 168,000(kN/m²)、内部摩擦角 44(deg)を用いた。

6.3.解析結果

図 13 に N 値 30 の時の「荷重~変位」関係を比較した結果、図 14 に N 値 60 の時の「荷重~変位」関係を

比較した結果、図 15 に「極限支持力~離間距離」関係を比較した結果を示す。

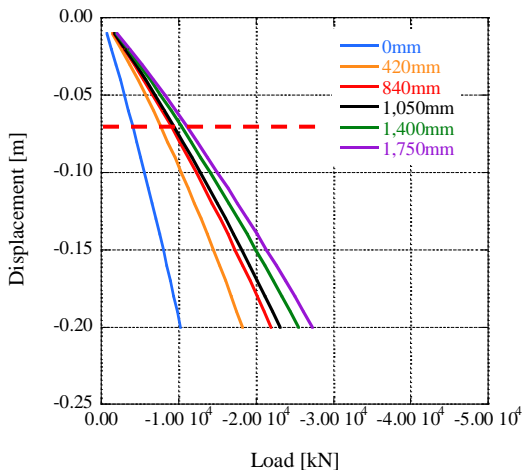


図 13 「荷重~変位」関係 N 値 30

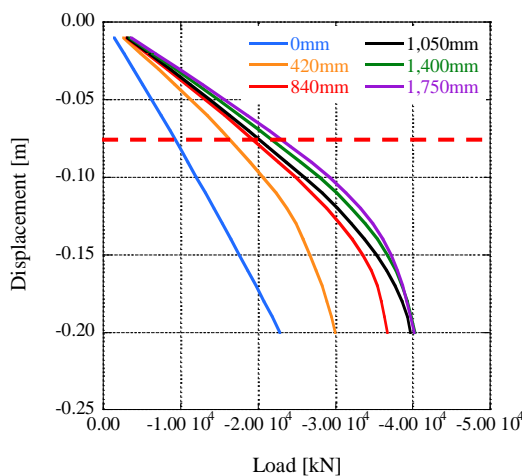


図 14 「荷重~変位」関係 N 値 60

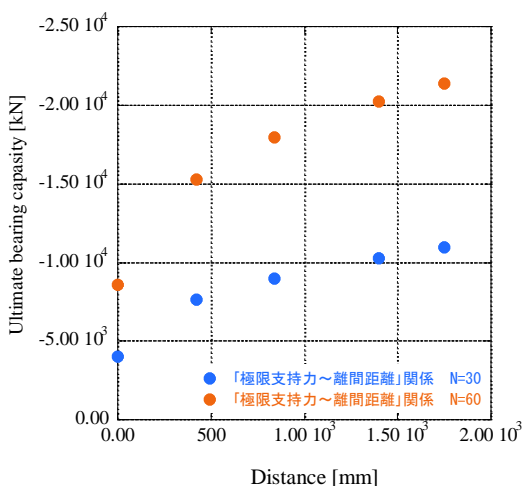


図 15 「極限支持力~離間距離」関係

N 値 30 の地盤の場合と N 値 60 の場合のどちらとも、杭先端から基礎地盤までの離間距離が離れるほど支持力も大きくなった。図 14 の N 値 60 の時の「荷重~変位」関係には、折れ点を確認することができる。離間距離 1,050mm、1,400mm、1,750mm の時の「荷重~変位」曲線は、ほぼ同じ荷重のところで折れ点が存

在する事から、この折れ点は根固め液が塑性したためにできた折れ点と考えられる。

7. 結論

本研究で得られた結論を以下に述べる。

- (1) ストレート杭と節杭を比較すると、節杭の極限支持力がストレート杭よりも約 2% 増加している。この結果から杭の先端形状を変更する事によって、杭の極限支持力に影響を与える。
- (2) 節杭の溝幅が極限支持力に与える影響は極めて小さいが、節杭の溝幅を広くするほど極限支持力は小さくなる可能性がある。
- (3) 節杭の溝角度は極限支持力に影響を与える。加えて、溝角度が直角になるほど極限支持力は大きくなる。
- (4) 根固め液の大きさ及び基礎地盤が与える影響による検討を行った結果、基礎地盤 N 値 30 の場合と N 値 60 の場合の両方とも、杭先端と基礎地盤の離間距離が離れるほど支持力が大きくなることがわかった。また、基礎地盤の N 値が大きくなることでも支持力が大きくなる。

謝辞

本研究の解析を行うにあたり、丸門建設の皆様にご意見等をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 飯塚芳雄, 橋本修左: 建設工事から発生する汚水の処理・処分について, 粉体工学会誌, 第 15 巻, 第 5 号, p.283-291, 1978.
- 2) 正田大輔, 河端俊典, 内田一徳, 今井正幸: 部分拡幅杭の鉛直載荷支持機構, 農業土木学会論文集, No.241, pp.79-85, 2006.
- 3) 正田大輔, 河端俊典, 内田一徳: 部分拡幅杭の鉛直極限支持力の算定, 農業土木学会論文集, No.256, pp1-8, 2008.
- 4) 岡原美知夫, 中谷昌一, 田口敬二, 松井謙二: 軸方向押し込み力に対する杭の支持特性に関する研究, 土木学会論文集, 第 418 号, 1990.
- 5) 藤澤竜輝: 既製コンクリート杭の根固め部が極限支持力に与える影響, 2019 年度中部大学, 卒業論文, 2019.
- 6) 一般社団法人日本建築学会: 建築基礎構造設計指針第 3 版, 丸善出版株式会社, pp.30.2019.

低コスト調査解析による切盛土境界面の可視化

EC17012 小川 東登

1. 研究背景

東北地方太平洋沖地震や熊本地震などの大地震により、大規模な盛土造成地のすべりや宅地擁壁の崩壊といった被害が生じている。日本は全体の7割が山地であり切土や盛土によって造られた宅地が多く存在するため地震により盛土造成地への同様の被害が全国で起こる可能性があるといえる。地面内の盛土がどのように存在しているか確認する術として、ボーリング試験やスウェーデン式サウンディング試験（SWS 試験）、表面波探査法があげられる。表面波探査法であればボーリング試験や SWS 試験等の方法よりも広範囲を測定でき、大規模な盛土造成地の測定を行う事に向いている。表面波探査法であれば地面内の様子を面状に推定することが出来、盛土の存在を可視化させやすいと考えた。また可視化して地下状況を得ることで、対策工事の過不足を減らし工期短縮・工費節約へとつながると考えた。

2. 研究目的

表面波探査法を用いて中部大学内の盛土工事が施されたと思われる箇所の調査を行う。中部大学内にも盛土や擁壁が多く存在し、実際に擁壁の変形や道路のひび割れ、沈下による陥没¹⁾²⁾（写真1、写真2参照）といった小規模な変状が認められたため、表面波探査を行い地下状況（盛土の存在）を確認する。また小規模な盛土でも表面波探査で捉える事ができるのか（ある程度の精度を持った結果が得られるか）を調べる、解析結果から切盛土境界を見つけ可視化する。また表面波探査が他の調査法に比べどれだけコストや期間に違いがあるか確かめる。

写真1 変状様子¹⁾写真2 変状様子²⁾

3. 調査地について

今回研究対象にしたのは中部大学内にある切盛土施工を行ったと思われる斜面を持つ範囲である。盛土造成地は地震による被害が多く、中でも谷埋め盛土部、切盛境界部は切土部に比べ被害が多くなるため、小規模な切盛土があることが選定理由となる。本研究では今昔マップを用い中部大学内にある調査可能な谷埋め地を調べ、実際に現地で調査が可能かを判断し3地点8測線を選定した。図1では等高線を、図2では測定範囲を表している。また調査は埋設管や調査環境（芝生や舗装道路、人通りの多さなど）も考え調査日や調査測線の調整を行った。

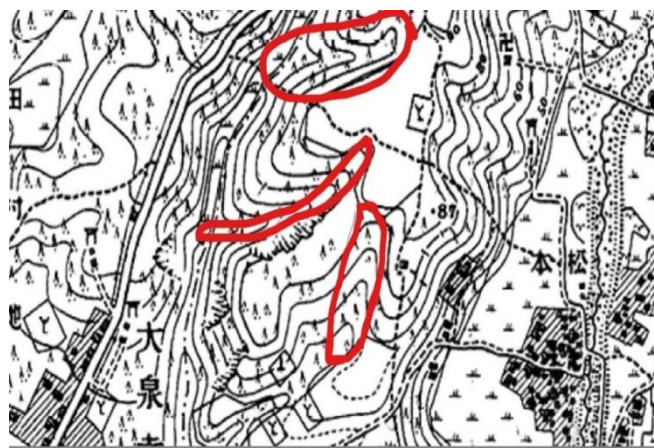


図1 等高線（1888年～1889年）



図2 調査範囲

4.表面波探査

表面波探査法は物理探査の1つである。本研究では盛土境界を見つけることを大きな狙いにし調査を行った。本研究では時間の面で調査時に大きな問題となっていた受振器（ジオフォン）の取り付けの手間と時間を減らすため、一つのベルトにすべての受振器を固定配列し再設置を容易にしたランドストリーマー³⁾（写真3参照）を用いて測点移動時⁴⁾（写真4参照）の移動時間の短縮を行っている。

使用器具紹介

かけや 受振器（ジオフォン 4.5Hz） 制御 PC
ランドストリーマー アスファルトピン 台車（計測車） 蛍光チョーク メジャー



写真3 ランドストリーマー 写真4 牽引の様子

5. 研究方法

本研究の流れは現地の測量、新旧重ね合わせ図の作成⁵⁾（写真5参照）、現地での表面波探査、結果からの考察と大きく分けられる。以下は本研究の手順である。

1. 現地の写真の撮影、ひび割れや陥没といった被害の確認、調査を行う範囲を決める。
2. 盛土の存在を知るために新旧重ね合わせ図（断面図）を作成する。今昔マップ、等高線、航空写真等を活用し、過去と現在の標高を図化し比較する。同一点の過去の標高と現在の標高との差より切盛土施工部を予想。
3. 調査時に測点の標高を出すため、現地で測量を行い標高の基準点を作成する。
4. 表面波探査にて現地の調査を行う。対象の8測線を計測し、後日基準点から標高を測量、測線の始点終点の標高を測量する。測量後測点の座標を計算する。
5. データ解析結果と新旧重ね合わせ図より切盛土の存在を確認しデータの可視化を図る。
6. 簡易実験を通し切盛土境界面が地震時（振動時）どのように地表面へ影響を及ぼすか調べる。

本研究で行った表面波探査はかけやを使い地面に

人工振動を1測点ごとに伝えていく⁶⁾（写真6参照）方法である。メジャーで測線を計測後始点を設置⁷⁾（写真7参照）し受振器を設置後に起振する。人口振動発生時に地面表層に表面波（レイリー波）が伝わり受振器はこれを認識し制御PC⁷⁾（写真7参照）へデータを伝える。データは制御PC内に記録され1回の記録ごとに波形を確認する。またノイズやオーバーフローが確認された場合1測点ごとのやり直しを行う事ができる。

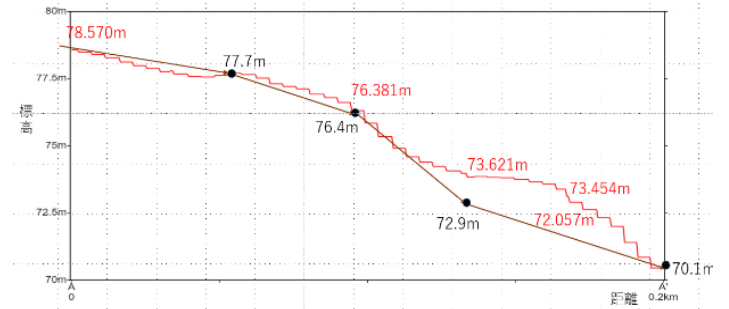


写真5 新旧重ね合わせ図例（直線は過去の標高を表し、赤線は最近の標高を表す。）



写真6 調査様子

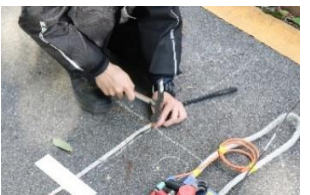


写真7 始点打ち込み

6.結果とまとめ

本調査には約13時間（1.5日）をかけ、総測線長はおよそ600mに及んだ。精度よく情報が得られる深度は10m~15mほどであるため調査面積としては約6000m²~9000m²となり非常に広範囲の調査を行うことができた。解析結果は以下の図のように表される。調査前に作成した断面予想図と比較しおおよそ同じ形であることが読み取れた。また深度の深い場所、取得した測線の端のデータは精度が悪くなっていくことが分かった（図の両端が斜めに切り取られているのはそのためである）。埋設物の影響を受けたと思われる結果も含まれており、盛土境界面を完全に読み取るには至らなかった。下図は3測線の中で図が見やすく表されたため解析結果図と断面予想図とをリンクさせ比較した。盛土をしたと予測した場所にわずかではあったが柔らかい層が確認できた。またすりついていると予測した場所は解析結果図で

は硬い層として表された。深度 10m ほどまでなら精度よく結果を得られると考えていたが、深度 5m を超えたあたりから断面予想図ではとらえられなかった構造が表れた、精度の低下もしくは誤差から生じた可能性も考えられる。

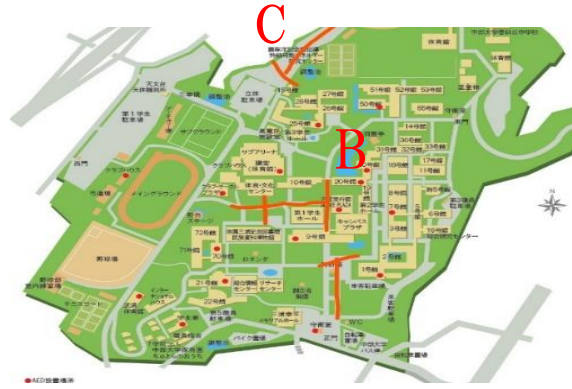


図3 測線位置

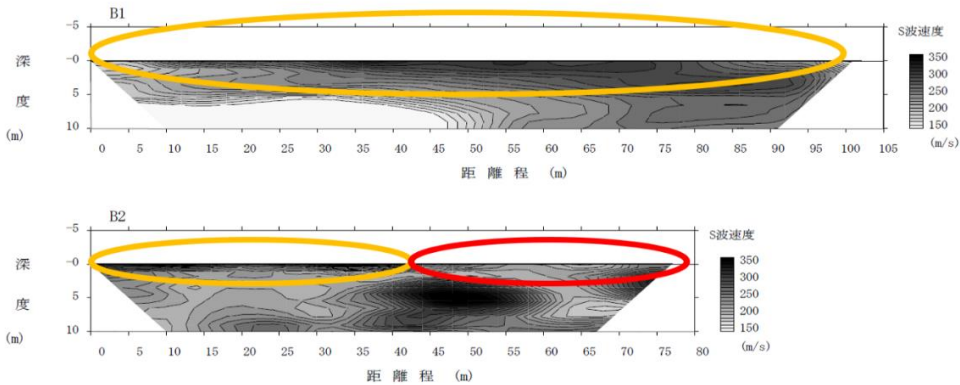


図4 解析図例

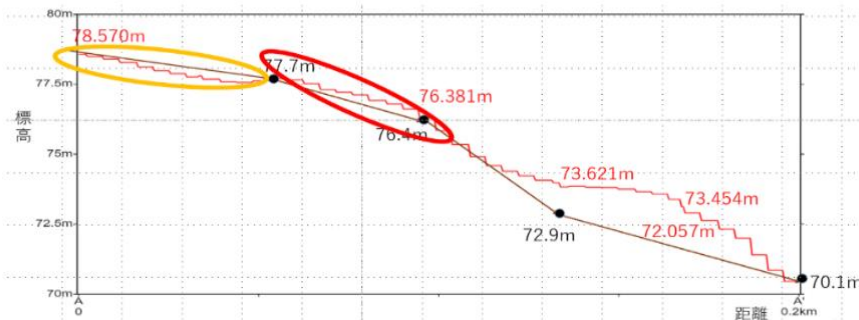


図5 解析図と同じ測線の断面予想図（黄枠が硬い部分、赤枠が柔らかい部分を表す）

測点付近で行ったボーリング試験の結果より地盤は N 値 50 を超えるほどの固さであることが分かった。 V_s (m/s) に変換 ($80 \times N$ 値^{1/3} より) し、 V_s が 295 であった。これを超えれば地盤の固さと言える。解析図の黄色枠では $V_s=300$ を超えることが表層で確認できたため地盤だと予測。また赤枠内は V_s 150~200 程度であり柔らかいため盛土が施されたと予測した。下図の断面予想図は解析結果図と同じ測線 B のものであり、黄枠赤枠はおおよそリンクしている。測線 B では地盤の高さと盛土の予測が調査結果と同じであった。下図は別の測線（測線 C）のデータだがこちらの測線では断面予想図とは違った解析結果図となった。地盤の高さこそ断面予想図と同じでありリンクさせて比べることができたが盛土の有無は断面予想図とわずかに重なる部分があったが位置や盛土の大きさなど予想図とは差があり、正確な結果とはいえない測線であった。

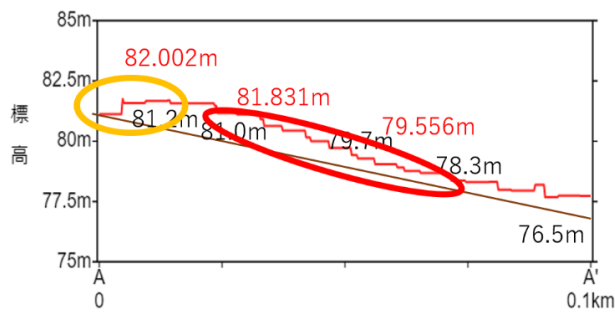


図6 断面予想図測線 C

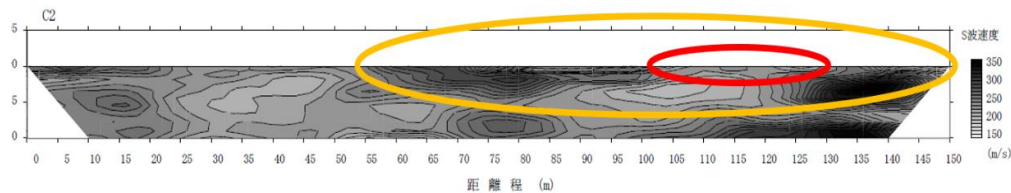


図7 盛土の予想位置と結果に違いが出た解析結果図

7.考察

本研究では、対象にした学校内斜面にある切盛土施工部を表面波探査により調査を行った。現地では舗装道路、ブロック床、芝生といった様々な地表状態であったが表面波探査を行う事が出来た。解析結果と過去の航空写真、等高線より作成した断面図とを比較し切盛土の存在を確認できた。また表面波探査法により小規模な切盛土を対象にした調査を行い、切盛土の存在を確認できることが分かった。測線によっては断面予想図との差が大きいものも確認できた。本研究の表面波探査法では、調査におよそ1日半を要した。しかし測定を約6000m²もの範囲行えることが分かった。他の調査法（sws試験やsds試験）と比べ時間に対し広範囲の測定ができたと言える。ランドストリーマー用いて測定を行えば時間の短縮につながり人件費、工費の節約にも繋がっていきと想定される。またボーリング調査と表面波探査を比べると表面波探査の方が安価であった。さらに地表面から深度15mほどに限られるが地面内部の情報を面状で表すことができ、データを目に見える形で得ることが出来たため研究目的の一つである対策工事の過不足を抑えやすくなるとも考えられる。しかしSDS試験やボーリング調査のように地面内の材質を直接確かめる事が出来ないため、SDS試験ある

いはボーリング試験と組み合わせ調査を行う必要がある。他の調査法と組み合わせることにより信頼できるデータを得られることが分かった。

8.今後の予定

簡単な土層を作成し、振動が切盛土施工部へどのような影響を及ぼすか実験を行い結果より考察を行う。

参考文献

- 1) 林宏一, 平出務, 飯場正紀, 稲崎富士, 高橋広人: 表面波探査と微動アレー探査による石川県穴水町中心部の地盤構造調査 物理探査, 第61巻, 第6号, PP.483-498, 2008.
- 2) 森友宏, 風間基樹, 佐藤慎吾: 日本大震災における仙台市の大規模造成宅地の地震被害調査 5つの造成地における全域踏査, 地盤工学ジャーナル, 第9巻, 第2号, PP.233-253, 2014.
- 3) 林宏一, 稲崎富士, 田沢教, 松林弘智: 河川堤防調査におけるS波ランドストリーマー反射法地震探査および表面波探査の適用例 物理探査学会学術講演会講演論文集, 第106回, PP. 115-121.
- 4) 谷謙二. “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)”. 今昔マップ on the web. 2020-12-1. <http://ktgis.net/ktmapw/>

気泡混入したセメント改良剤の施工性向上メカニズムと改良強度に関する研究

EC17015 川岸朱沙

1.研究背景

我が国は、7割が山地を占め人々が生活しやすい平野は僅かである。古くからの生活の場として利用されている平野部の区域は、比較的安定した地盤であり、開発する空間的余裕が少ない。よって、都市開発などを行おうとした場合、軟弱地盤といわれる区域への大型施設などを構築する必要がある。

その際、中間的な位置に支持層がある場合や、液化化しそうな砂地盤が厚い場合などは、近年、地盤安定処理工法を採用することが多くなった。安定処理工法は、比較的地表近くの改良が主体であったが、近年、より深い位置まで改良することができる中層改良法が開発されるようになった。基本的には砂と改良剤と水などを攪拌して改良地盤を構築することが多い。その際の問題として、改良剤の有効な配合や施工性にかかわる摩擦力の低減に着目する必要があるが生じてきた。

2.研究目的

地盤改良では、改良材に何らの「添加物」を加え、配合することで地耐力向上や施工性などの改善につなげることを検討している。

本研究では、改良地盤構築にかかわる「土質特性」と「改良剤等の配合」並びに、施工性向上要因の把握を目的とする。

3.研究方法

本研究では施工が可能であり、一定の強度が得られる配合を検討するため、**図1**のような行程で行う。

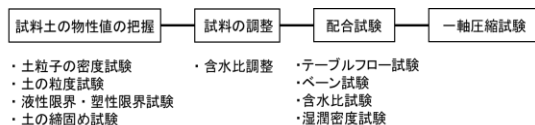


図1 本研究のフロー図

3.1 試料土の物性値の把握

本研究では、試料土として均質な特性が得られる山砂を使用した。実験を行う前に物理特性を把握するための試験を実施し、結果を表1に示す。また、

供試体作成時の密度を一定にするためにタッピング法による締固め試験を行った。**(図2参照)**

表1 山砂の物理特性一覧

物理試験	含水比W(%)	21.7
	土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.612
	液性塑性限界(%)	NP
	60% 粒径D60 (mm)	0.145
	30% 粒径D30 (mm)	0.003
	FC (0.075mm以下) (%)	7.1

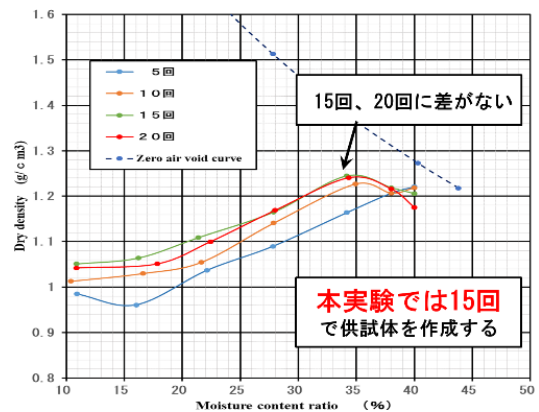


図2 締固め曲線 (タッピング法)

3.2 試料の調整

本研究では、容易に土中の水分量を把握できる「土壌水分計」を用いて含水量を把握する事とし、「土+水」、「土+水+気泡」の2種材料を用いて実験した。結果を**図3**、**図4**に示す。いずれの材料も含水比上昇に伴い、電気抵抗値も上昇することが分かる。ただし、「土+水」に比べ「土+水+気泡」は抵抗値の上昇がゆるやかで、一部消泡の影響を受けているように見られる。

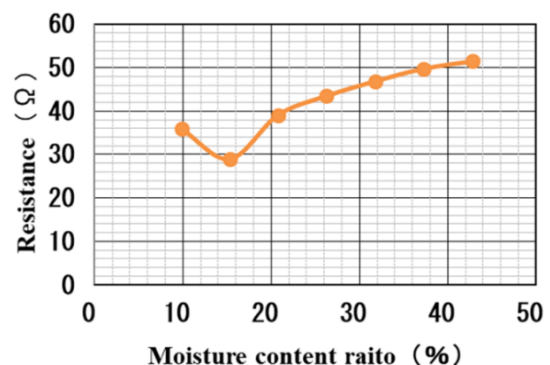


図3 抵抗値と含水比の関係

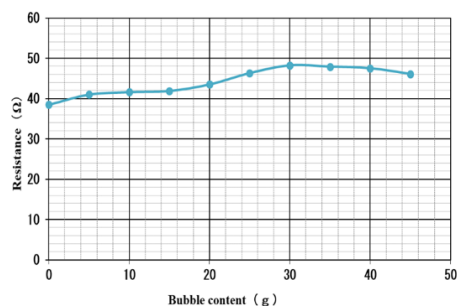


図4 抵抗値と泡含有量の関係

3.3 配合試験

配合実験では、作成した試料土の流動性を計るためのテーブルフロー試験、攪拌機械に作用する摩擦抵抗を想定するためにせん断強さを計るベーン試験を行った。各試験の目安はフロー値 120 mm、せん断強さ 2kN/m²とし、配合管理を行う。

また、施工性向上のために混入する気泡の消泡を確認するために、改良直後、30分後、60分後に湿潤密度を測定する気泡消泡試験を行う。

表2には施工実績より求められた配合を記す。本研究では、水セメント比(以降、W/Cと表記)を60%、70%、80%として供試体を作成した。

表2 実験配合条件

改良材の種類	添加量 (kg/m ³)	W/C (%)	試料土 (g)	改良材 (g)	水 (g)	気泡 (g)
高炉セメントB種	150	60	2500	291	175	7.8
		70	2500	290	203	7.7
		80	2500	287	230	7.7

3.4 気泡消泡試験

供試体の作成後の消泡による供試体密度特性を把握するために、土、水、セメント、泡を混合した試料土を一定の条件として5cm×10cmのモールドに3層15回で締固めた供試体を作成し、その質量を供試体作成直後、30分後、60分後に測定し、湿潤密度を確かめる。時間が経過するほど、消泡現象により、空隙が減少することで体積変化が起き、湿潤密度が上がる事が分かる。ただし、土中水が大きい含水比21%では、体積変化は少ない。(図5参照)

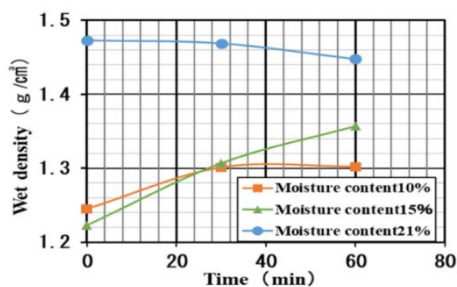


図5 消泡試験結果

3.5 一軸圧縮試験

一軸圧縮試験では、CBR試験機を使用する。配合比を変更しながら所定の強度が得られるように行う。供試体作成では、直径5cm、高さ10cmのモールドを使用し、3層15回で締固め、円柱供試体を作成する。供試体作成後、非乾燥室内養生する。

4.実験結果

〈テーブルフロー試験〉

図6のテーブルフロー値の結果から、時間が経過するにつれてフロー値が下がる傾向が見られる。W/C=60%では流動化が見られなかった。70%では攪拌直後から軟質で流動性が確認でき、80%では攪拌直後から逸水が見受けられ、流動化が阻害された。

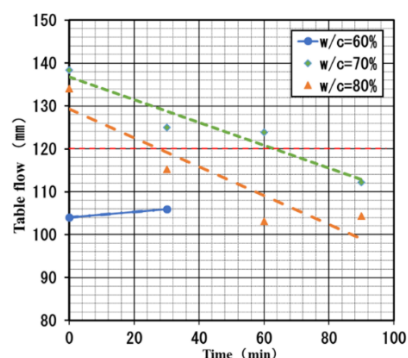


図6 フロー値と時間の関係

〈ベーン試験〉

図7のベーン試験の結果から W/C=80%では時間が経過するにつれて摩擦抵抗が大きくなっていく傾向が見られる。逸水と気泡減少による影響が関係しており、時間経過により施工しにくくなる事が分かった。W/C=60%では、試料攪拌直後から水分量が少なかったことがせん断抵抗に影響していると思われる。結果からも摩擦力が大きく施工が困難になると考えられる。したがって、テーブルフロー試験とベーン試験の結果から W/C=70%の配合が施工するうえで適切であると考えられる。

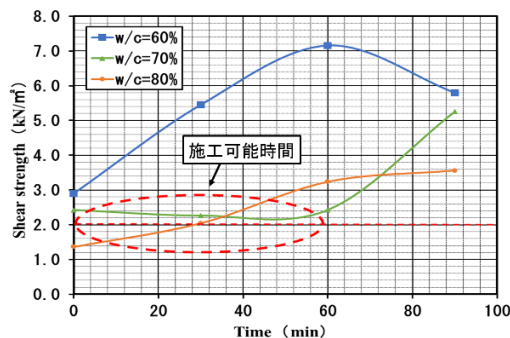


図7 せん断強さと時間の関係

〈一軸圧縮試験〉

図8～図13に供試体7日間強度、14日強度の一軸圧縮試験の結果を示す。W/C=60%、70%では応力-ひずみ曲線の形や経過時間ごとの強度の推移にばらつきが大きく見られた。この原因として、供試体(写真1参照)から供試体変状が確認できることから、改良土を構成する土粒子・土中水・気泡・改良剤の相互作用によって一様な供した作成ができなかったことが想定できる。供試体の中の水が気泡の影響により、全体に逃げられなかったために空隙が生じたのではないかと考える。特に、W/C=60%では空隙が上部に多く表れていたことから、供試体の上下で強度の分布があり、均一性に欠けていたと考えられる。また、試料攪拌後の放置時間にセメントの固化が始まっていたことも影響の一つとして考えられる。また、一軸圧縮試験結果より、7日養生後と14日養生後の強度増加は極端に増加しているとは言い難いため、改良強度検討では7日強度で可能と考えられる。

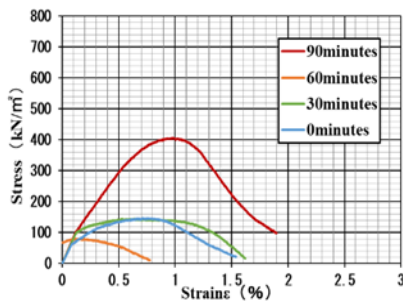


図8 W/C=60% (7日強度)

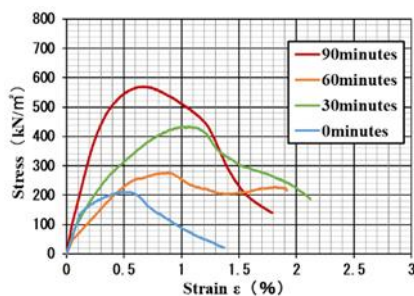


図9 W/C=70% (7日強度)

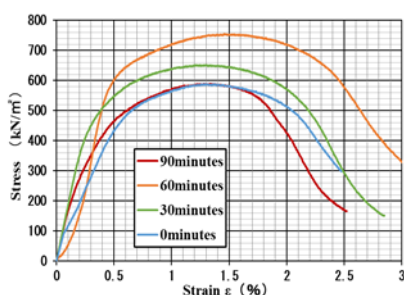


図10 W/C=80% (7日強度)

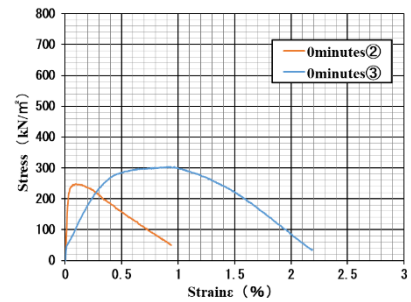


図11 W/C=60% (14日強度)

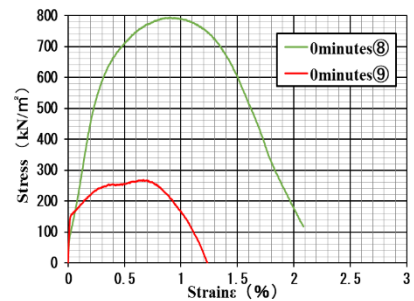


図12 W/C=70% (14日強度)

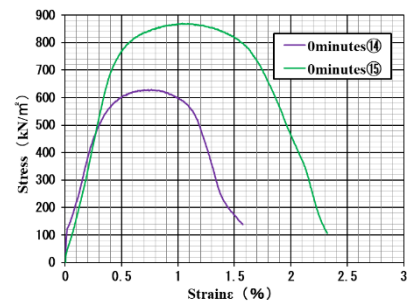


図13 W/C=80% (14日強度)

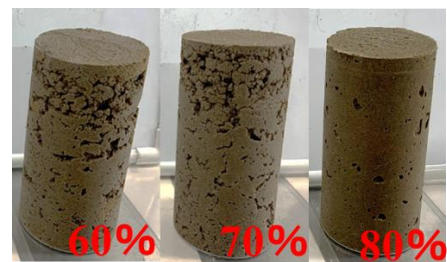


写真1 供試体 (7日強度)

5.ブリージング試験

配合実験、一軸圧縮試験より、供試体の養生時間経過で、改良土中を移動する土中水や気泡が供試体上部に劣化部を形成することが分かった。このため、今回の研究では、改良土中の土中水・気泡の移動について把握することにした。

5.1 珪砂7号物理試験

試験土として使用している山砂では採取した箇所によって、含水比や細粒分の違いがあることが分かった。再現性のある実験が難しいため、珪砂7号に

変更するため、物理試験を行った。(表 3 参照)

表 3 珪砂 7 号の物理試験結果

物理試験	土粒子密度 (g/cm ³)	2.640
	液性塑性限界 (%)	NP
	60% 粒径 D ₆₀ (mm)	0.145
	30% 粒径 D ₃₀ (mm)	0.003
	FC (0.075mm 以下) (%)	2.2

5.2 実験方法

セメント系改良材のブリージング試験などに用いられる φ5cm のポリエチレン製の袋にそれぞれ 10cm、20cm、30cm、40cm の高さなるように改良土を入れる。入れた際の、ブリージング量・供試体上部特性にどのような変化があるかを観察し、把握する。また、湿潤密度により沈下量をスケールで測定する。養生後、改良体を切り出し、供試体 (直径 5cm×高さ 10cm) を作成する。供試体場所 (上中下) における湿潤密度と一軸圧縮強度を測定する。

(写真 2 参照)



写真 2 ブリージング試験

5.3 実験結果

結果より (表 4、図 14 参照) 供試体の場所(上部と下部) により強度の違いが見られた。また、当初関係性が見られると予測した密度と強度には相関性が見られなかった。

気泡有無で比較すると気泡を添加した方が場所による強度の差が少ないことが分かった。よって、気泡を入れた場合には強度における不均一性をなくすことができると思われる。

表 4 ブリージング試験内訳

番号	供試体	幅 (cm)	高さ (cm)	質量 (g)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	強度 (kN/m ²)
①	40cm 上	5.12	9.8	381.281	201.667	1.891	382
②	40cm 下	5.12	9.8	385.646	201.667	1.912	1036
③	30cm 下	5.16	9.7	390.382	202.741	1.926	604
④	20cm 中	5.10	9.8	379.147	200.095	1.895	815
⑤	30cm 中 (泡)	5.13	9.9	371.737	204.522	1.818	722
⑥	40cm 上 (泡)	5.11	9.1	336.991	186.532	1.807	542
⑦	40cm 下 (泡)	5.10	9.6	372.802	196.011	1.902	777

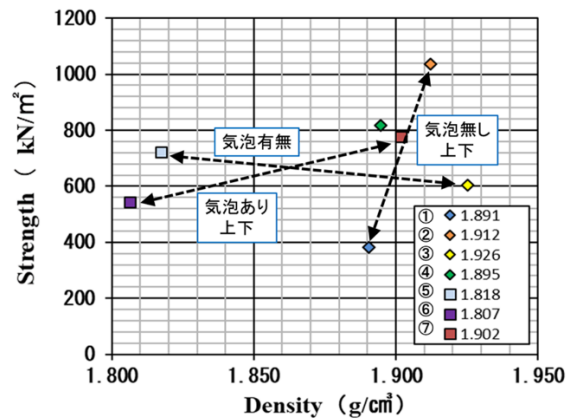


図 14 強度と密度の関係

6. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

<一軸圧縮強度について>

- W/C が小さいと流動性が少ないことが分かったことから、気泡の効果は全体の水分量と関係があると考えられる。また、供試体の空隙により、上下で強度の分布が生じた。原因として気泡の影響があると考えられる。
- W/C=60%では、フロー試験などから所定の基準値が得られず、施工性に必要な流動性が確保できないことが分かった。W/C=70%、80%では気泡の効果で必要な流動性を確保していることが分かった。しかし、80%では、同条件では、フロー試験等で逸水現象が観察された。このため、3 ケースの中では、70%が気泡の効果を引き出せていたと思われる。

<ブリージング試験について>

- 圧縮試験用供試体の上部がブリージング水・気泡によって未固結～弱固結状態にあり、圧縮強度に影響したことが判明した。

<長尺供試体における攪拌性能と強度について>

- 気泡を配合することで、施工性に関わる流動性を向上させ、改良材等の不均一分布性をなくす効果があると思われることが分かった。

謝辞

本研究を行うにあたり、加藤建設の皆様にご協力頂きました。深く感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 林泰弘, 鈴木敦巳: 気泡セメント改良土の一軸圧縮強度への影響因子, 土木学会論文集, No. 638, pp.353-362, 1999.

1. 研究背景

わが国の大都市は平野部に多く存在するため、土地利用を目的としたインフラ整備などの建設工事が必要となる。平野部は河川に位置し、粒径の細かい土粒子で水を多く含む地盤のため、建設残土は細粒分主体で高含水状態の軟弱土が多いと考えられる。そのため、そこで発生する建設残土(写真-1 参照)は、水分を多く含んでおり、再利用が難しい。さらに、建設残土を運搬するためには乾燥させる必要がある。しかし、それらの土の乾燥には工期、処理ヤード、要求品質等を考慮して適切な計画をしなければならないと、国土交通省が通達している²⁾。



写真-1 地盤改良時の発生土¹⁾

2. 研究目的

日比らの研究³⁾ではマイクロ波を用いた建設残土の強制乾燥を行い、土の含水比を低下させる事を目的とした。建設残土を乾燥させるために、マイクロ波を用いることで、処分場の縮小化、建設残土の乾燥時間短縮、また化学物質を入れないことにより、産業廃棄物の減少が期待できる。本研究では日比らの行なった研究を COMSOL Multiphysics⁴⁾という数値解析を用いることにより小規模であった実験を大規模での実験想定を可能にする。

3. 研究方法

本研究では、日比らが行なった強制乾燥実験の問題点である質量による加熱効率、乾燥変化を解明す

るため COMSOL Multiphysics による数値解析を行なう。そのため、強熱乾燥実験の装置である半導体型空洞共振器(写真-2 参照)の特性である、電磁解析、共振解析を行なう。



写真-2 半導体型空洞共振器

3.1 マイクロ波

マイクロ波とは電波の一つであり、身近で一般的に知られている用途は電子レンジである。携帯電話や Global Positioning System (GPS)、地デジ等の通信にもマイクロ波が使用されている。マイクロ波加熱の特徴として、一般に急速(迅速)加熱、選択加熱の二つが挙げられる。建設残土の含水比を低下させることを目的としているため、対象試料をマイクロ波の特徴を利用して、作用を受けやすい水分のみを効率的かつ迅速に加熱することができる電場加熱を利用していく。

3.2 COMSOL Multiphysics

COMSOL Multiphysics とは音響・対流/拡散・電磁気学・流体力学(CFD)⁵⁾・伝熱・構造力学等の解析が行なう事ができ、本研究では電磁気学の電磁解析、共振解析を駆使する。

3.2.1 電磁解析

電磁解析は導波管にマイクロ波を照射した際起こる電磁界の大きさ、向き、分布を図-1のように可視化する。それにより、効率良く照射されているのかを確認できる。また、この解析ではポート面を自由に選択でき、多数の面から入出力ができるうえ、導波管の

サイズや入力パワーも設定でき、実験でできなかった大規模想定の実験解析も可能にする。

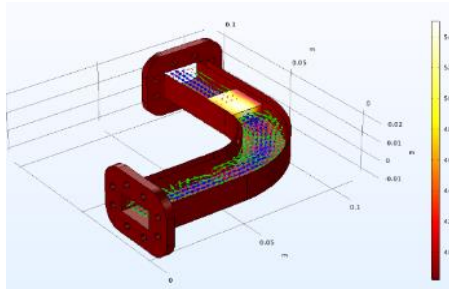


図-1 電磁界解析

3.2.2 共振解析

共振とは、物体固有の固有振動数に周波数を合わせより振動を大きくする現象のことである。共振解析ではパラメータに誘電率、透磁率、電気伝導率の3つをプロットすることにより、半導体型空洞共振器の内部で起こっている電磁波の流れを解析し、収束していく部分を図-2のように可視化させる。

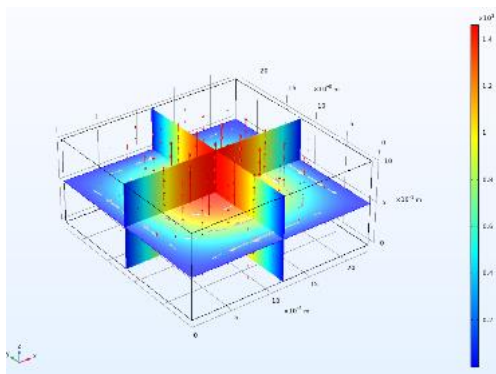


図-2 共振解析

4. 結果

解析ソフトが本研究に適しているのか、簡易的な半導体型空洞共振器（高さ：54.4cm，幅：108.8cm，奥行き：22.05cm）の解析を行なった。解析結果、図-3の全体図のように赤の分布している部分は電場強さが大きい点であり、青の分布している部分は小さい点である。図-4の側面から見た分布では電場最大値(数式-1)の位置が同様であることを確認できた。このことから本研究のモデルにおける解析可能ということが検証できた。

$$\text{管内波長 } \lambda = 14.7 \text{ (cm)}$$

$$\vec{E}_{max} = \frac{(2n-1)}{4} \lambda \text{ (cm)} \quad \text{(数式-1)}$$

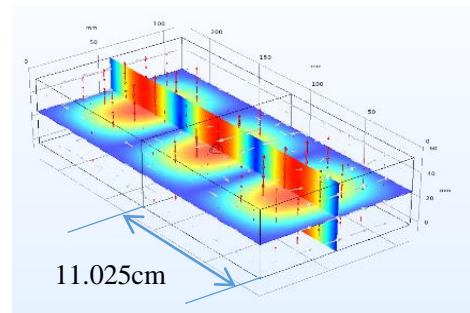


図-3 電磁解析 全体図

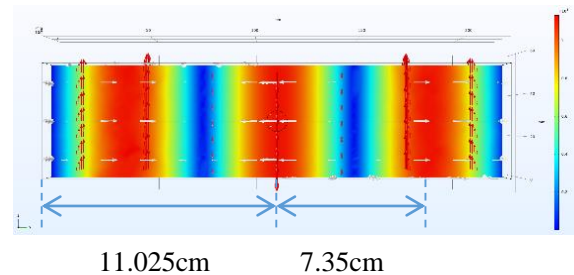


図-4 電磁解析 側面図

5. 結論

電磁解析による簡易的なモデルを解析することができることから規模を拡大化することが可能である。また、より実験を再現化するため共振解析を行なうことを視野に入れる。

【参考文献】

- 1) オデッサ・テクノス株式会社，建設泥土とは，地盤改良工事，
URL:<https://www.odessat.co.jp/service/service01/constructionsledge>, (参照 2020/11/24) ,
- 2) 国土交通省, 建設リサイクル推進施策, 通達・基準・マニュアル, 建設泥土再生利用技術基準, 2010.
- 3) マイクロ波基礎知識 | ミクロ電子株式会社 (microdenshi.co.jp),
<https://www.microdenshi.co.jp/microwave/>, (参照 2020/12/21),
- 4) はじめての COMSOL Multiphysics®,
https://kesco.co.jp/download/hajimete-no-COMSOL_v55.pdf, (参照 2020/11/24),
- 5) KESCO COMSOL Multiphasic,
<https://kesco.co.jp/service/comsol/multiphysics/>, (参照 2020/12/15),

盛土造成地における液状化被害が既存住宅に及ぼす影響

EC17022 近藤 佑紀

1 研究背景

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の浦安市では、埋め立てられた平坦地での地盤液状化被害が確認された¹⁾(写真-1 (a)参照)。そのため、この地震後、平坦地における地盤液状化対策や研究は数多くされてきた²⁾。一方、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³⁾(写真-1 (b)参照)。この地震では、傾斜地に造成された盛土が地盤液状化を起し地盤流動による甚大な被害が報告された。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。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。



(a) 平坦地 (b) 盛土造成地

写真-1 地盤液状化による被害

2 目的

地盤液状化と傾斜地(盛土造成地)の2つを同時に検討した既往の研究はないため、本研究では地盤液状化と傾斜地の複合災害を対象とする。

盛土造成地では、斜面の崩落を防ぐために擁壁が用いられる。中でも2m未満の擁壁が多く用いられている。五味ら⁴⁾が実施した熊本地震における擁壁被害調査によると2m未満の擁壁はそれ以上のものと比較し、地震による被害が多いことが分かっている。2mを超える擁壁は工作物として構造計算及び建築確認がされており、安全性が担保されている。しかし、2m未満の擁壁は建築基準法による確認申請が不要なため構造計算が省略されている可能性があり、被害が多いと考えた。そこで、本研究では確認申請の必

要のない擁壁を用いた盛土造成地での地盤液状化時の住宅及び、擁壁周辺の危険要因分析を行う。その結果より有効な対策を提案することを目的とする。

3 研究手法

液状化時の住宅沈下および地盤の変形を確認するために、水平方向に加振可能な電気油圧サーボ方式の加振装置と両面をアクリルとした剛土槽(内寸：幅1,200mm×奥行き300mm×高さ450mm)を組み合わせた振動台実験装置(写真-2参照)を使用し、1/60スケールの平面ひずみ条件で模型振動台実験を行う。図-1に土槽内概要図を示す。実験では、液状化時の住宅沈下や地盤変化を確認することができるように土槽に小型カメラを設置する。また、地盤の変形を確認する手段としてアルミ製のリベットを剛土槽の前面に貼り、動画解析ソフト(写真-3参照)により地盤の変位・加速度を把握する。地盤材料は珪砂6号とし、水中落下法で盛土・斜面部を作成した。地山となる基礎地盤はソイルセメントを用いた。

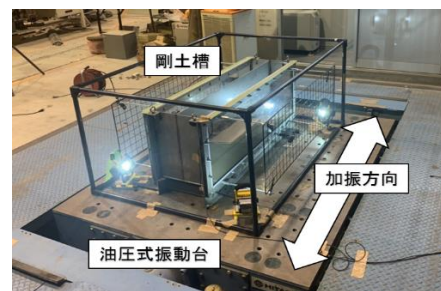


写真-2 実験装置

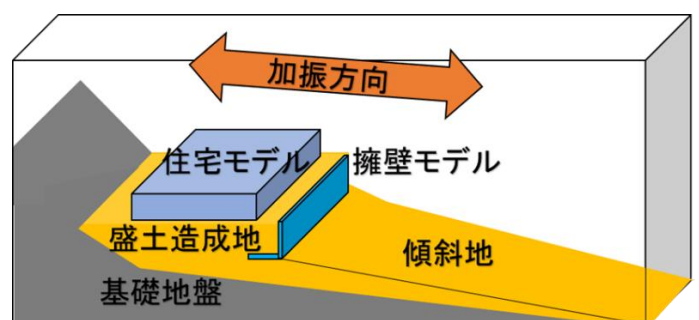


図-1 土槽内概要図

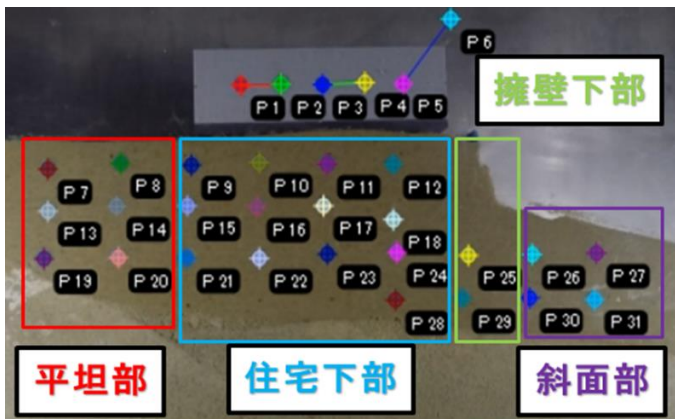
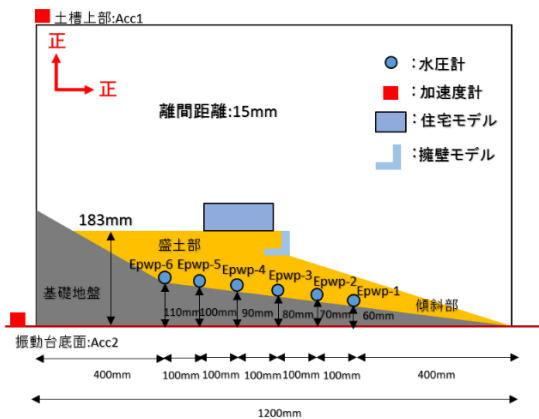
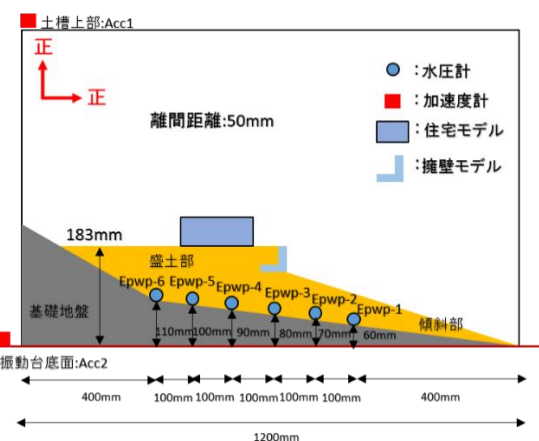


写真-3 動画解析



(a) ケース 1, 3, 5, 7



(b) ケース 2, 4, 6, 8

図-4 計測器設置状況

3.1 検討ケース

本実験では、住宅と擁壁の離間距離を検討するケースと地震動で検討するケースの計4ケースを実施した。ケース5~8は安間ら⁵⁾が実施したものである。住宅と擁壁の離間距離は15mm(実規模:1m)、50mm(実規模:3m)の2ケース検討した。地震動は6弱のプレート境界型の地震と震度6強の直下型の地震を想定した2ケースを検討した。表-1に検討ケース、図-2,3に地震動波形、図-4に計測器設置状況を示す。

表-1 各ケースの詳細

	離間距離	地震動波形	震度(気象庁)	相対密度
ケース1	15mm	図-1 参照	震度6弱	50.0%
ケース2	50mm	図-1 参照	震度6弱	56.0%
ケース3	15mm	図-2 参照	震度6強	50.0%
ケース4	50mm	図-2 参照	震度6強	56.0%
ケース5 ⁵⁾	15mm	図-1 参照	震度6弱	58.0%
ケース6 ⁵⁾	50mm	図-1 参照	震度6弱	55.0%
ケース7 ⁵⁾	15mm	図-2 参照	震度6強	58.0%
ケース8 ⁵⁾	50mm	図-2 参照	震度6強	55.0%

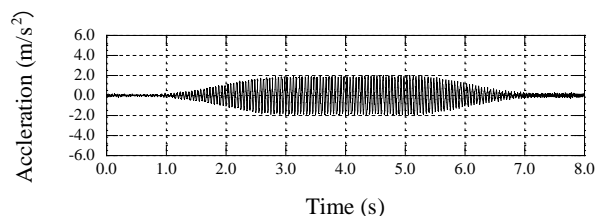


図-2 ケース 1, 2, 5, 6 加速度の時刻歴

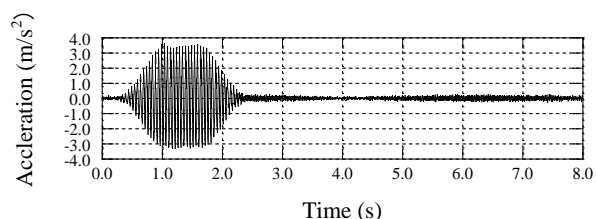


図-3 ケース 3, 4, 7, 8 加速度の時刻歴

3.2 住宅・擁壁モデル

対象住宅は木造二階立てのべた基礎住宅とする。木造二階立て住宅の設置圧を荷重指針から15kPaに設定した後、相似則を考慮し、この住宅を板厚5mmの塩化ビニル製の容器と荷重調整用のアルミプレートでモデル化する。実規模スケールで想定した住宅の接地圧15kPaについて相似則を考慮し、モデルスケールでは0.25kPaとなるように5mm厚のアルミプレートを1枚入れ調整し設計した。また、住宅の前面に動画解析によって住宅の沈下量、水平移動量を測定するためにマーカーを貼付した。マーカーは住宅模型の位置によっての沈下を違い求めるために5点設けた。

擁壁は名古屋市宅造用L型擁壁⁶⁾を参考として1/60スケールにしたアルミ製の擁壁(立て壁:40mm、底板:40mm、厚さ:3mm)を使用する。根入深さは10mmに設定する。宅造法⁷⁾より常時、地震時の転倒・滑動・基礎地盤の支持力に対する安全照査を行い、全ての条件で満足している。住宅・擁壁モデルの詳細を写真-4に示す。

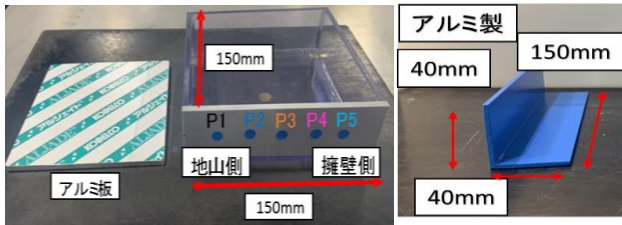


写真-4 住宅モデルと擁壁モデル

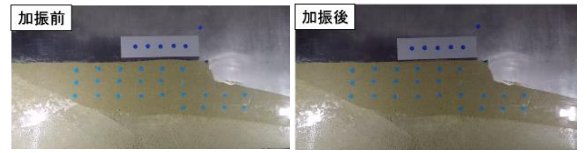


写真-5 加振前後の住宅模型

4 結果

ケース 1 とケース 2 では地盤、住宅及び擁壁の沈下や傾斜などは確認されなかった。

ケース 3 で得られた過剰間隙水圧の時刻歴を図-5 に、住宅沈下量と住宅水平移動量を図-6、写真-5 に加振前後の住宅模型の写真に示す。図-5 の結果より、加振から 0.80 秒地点で過剰間隙水圧が有効上載圧に達しており、液状化していることが分かる。図-6 より、液状化が起きた後に住宅は沈下を始め、2.6 秒後には P1 は 1.2mm、P5 は 1.4mm 沈下した。水平移動量は 3.3mm であった。

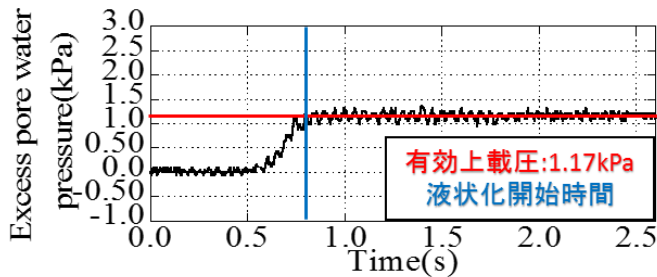


図-5 過剰間隙水圧の時刻歴

ケース 4 で得られた過剰間隙水圧の時刻歴を図-7 に、住宅沈下量と住宅水平移動量を図-8、写真-6 に加振前後の住宅模型の写真に示す。図-7 の結果より、0.80 秒地点で過剰間隙水圧が有効上載圧に達しており、液状化していることが分かる。図-8 より、液状化を起した後に住宅は沈下を始め、2.6 秒後には 1.3mm 沈下した。水平移動量は 3.1mm であった。

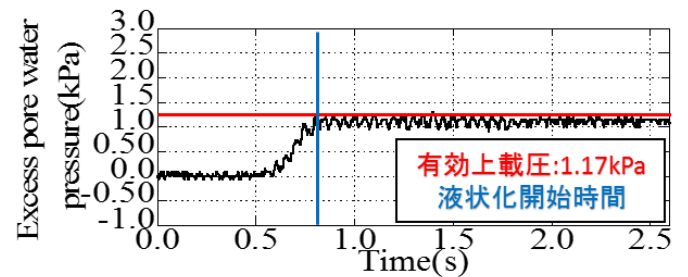
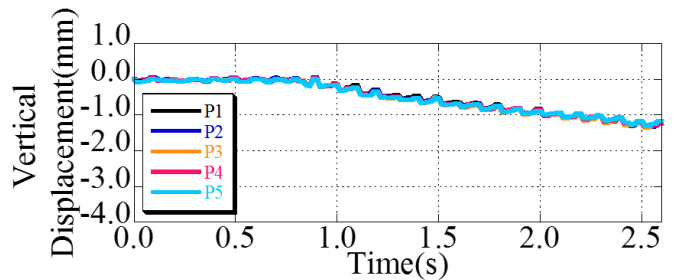
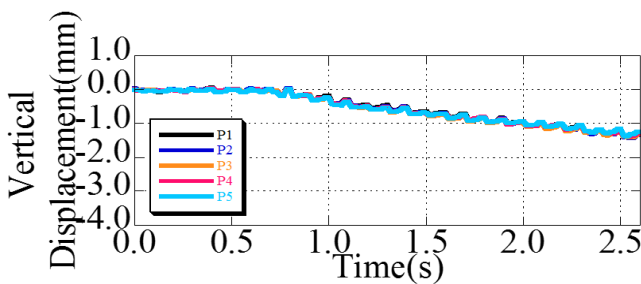


図-7 過剰間隙水圧の時刻歴



(a) 住宅沈下量



(b) 住宅水平移動量 P1~P5 の平均

図-8 ケース 4

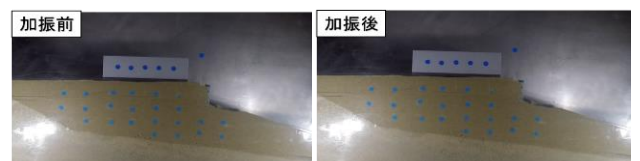
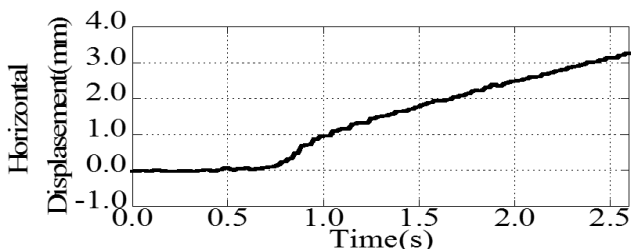


写真-6 加振前後の住宅模型



(b) 住宅水平移動量 P1~P5 の平均

図-6 ケース 3

5 考察

ケース 1,2 の結果より, 対象住宅から離れた地域で発生した震度 6 弱の地震では傾斜地に建てられた盛土造成地で被害が起こらないことが分かった。安間らの実施した実験と同じ条件で同じ実験を行い, 同じ結果を得られたことから再現性があると言える。

ケース 3 とケース 4 の比較をする。図-9 にケース 3 の住宅挙動と擁壁挙動及び地盤変位の概要図, 図-10 にケース 4 の住宅挙動と擁壁挙動及び地盤変位の概要図を示す。図-9, 図-10 より, ケース 3 では地盤全体が斜面側へ水平移動し側方流動を起こしているが, ケース 4 では擁壁周辺地盤のみが斜面方向に水平移動している。離間距離が近いと住宅が不同沈下を起こすことが分かった。

ケース 3 とケース 5 の比較をする。図-11 にケース 3 の住宅挙動と擁壁挙動の概要図, 図-12 にケース 5 の住宅挙動と擁壁挙動の概要図⁵⁾を示す。図-11, 図-12 より, ケース 3 とケース 5 の住宅の傾斜向きが異なる。要因は擁壁下部地盤が緩いと住宅下部地盤と住宅と供に側方流動を起こすが擁壁下部を締め固めることで住宅下部地盤と住宅の水平移動を抑制することができる考えた。

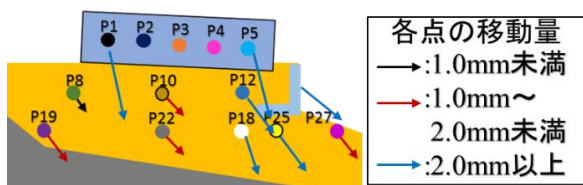


図-9 ケース 3 住宅挙動と擁壁挙動
及び地盤変位の概要図

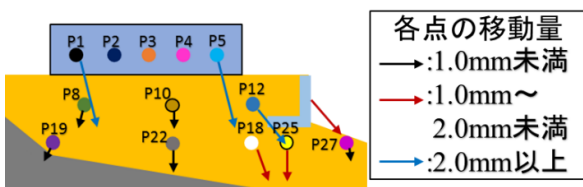


図-10 ケース 4 住宅挙動と擁壁挙動
及び地盤変位の概要図

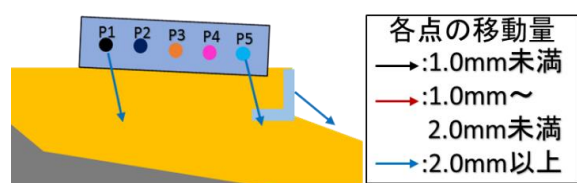


図-11 ケース 3 住宅挙動と擁壁挙動の概要図

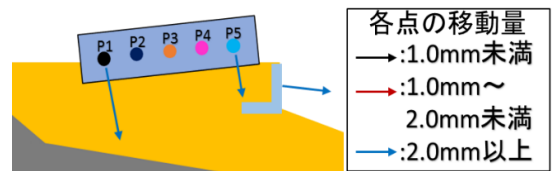


図-12 ケース 5 住宅挙動と擁壁挙動の概要図⁵⁾

6 結論

住宅と擁壁の離間距離が近いと住宅が不同沈下を起こし, 擁壁下部地盤が緩いと住宅ごと側方流動を起こす(図-13 参照)。

住宅の沈下量を抑制するためには住宅下部の対策をすることが有効であると考えられる。そのため, 住宅下部の地盤改良や住宅下部に杭基礎を設置することで被害を敬遠できる可能性がある。

住宅の水平移動量を抑制するためには擁壁下部の対策をすることであると考えられる。そのため, 擁壁下部の地盤改良や擁壁下部に杭を設置することが有効であると考えられる。

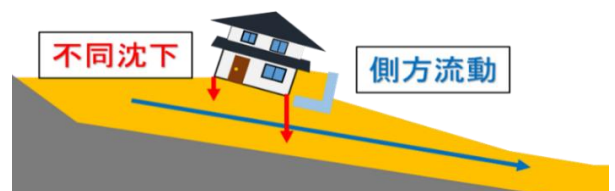


図-13 住宅被害の概要図

【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) 芹川 由布子ら: 既設戸建住宅を対象とした丸太を用いた液状化対策工法に関する基礎的研究, 地震工学論文集第 35 巻, 2016 年 72 巻 4 号 pp. 489-495, 2016.
- 3) 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.
- 4) 五味 晃大ら: 2016 年熊本地震による益城町における擁壁被害調査, 平成 28 年度 日本大学理工学部 学術講演会予稿集, B-70, pp.174-175, 2016.
- 5) 安間 匡志ら: 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), pp.555-556, 2020.
<https://www.city.koka.lg.jp/secure/12026/jyuunisyou2.pdf>, (参照 2019-12-15)
- 6) 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.
- 7) 甲賀市: 開発行為に関する基準, “第 12 章 擁壁に関する基準”, 2013.