

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

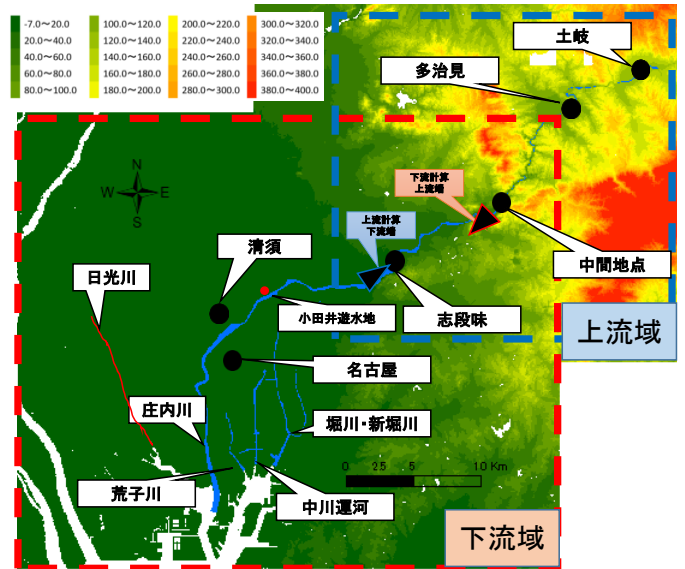


図-1 計算領域

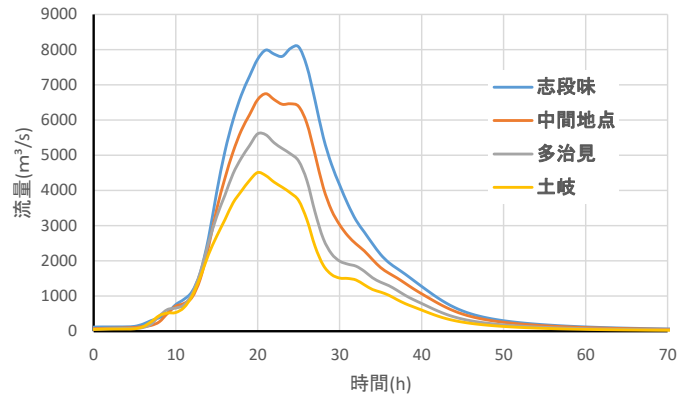


図-2 立川・田中らによる庄内川上流の流量¹⁾

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

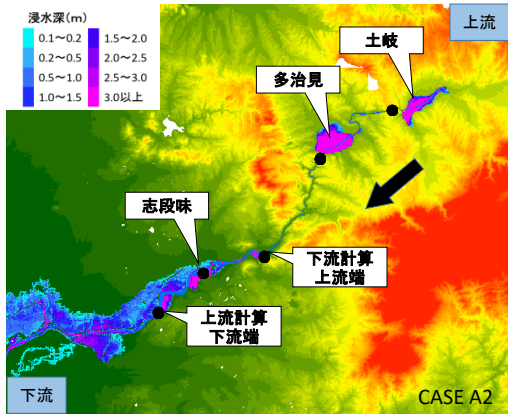


図-3 最大浸水深の分布(CASE A2) (上流域)

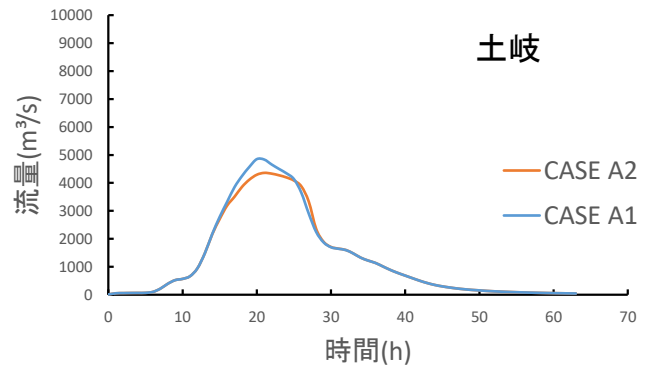


図-4 土岐の流量の時間変化

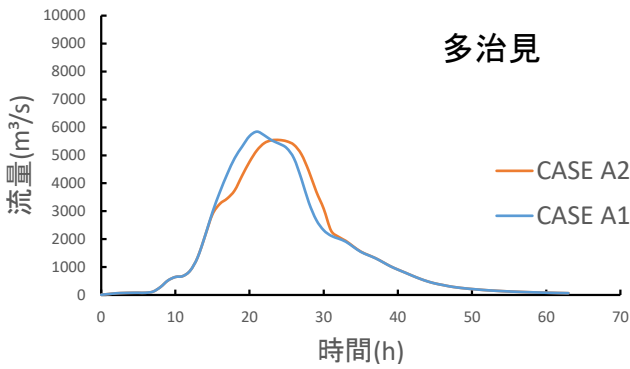


図-5 多治見の流量の時間変化

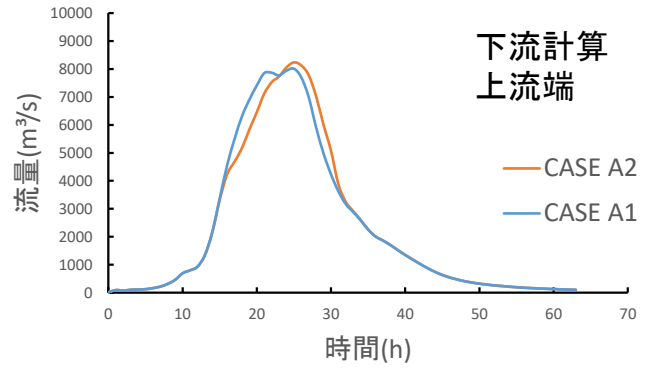


図-6 下流計算上流端の流量の時間変化

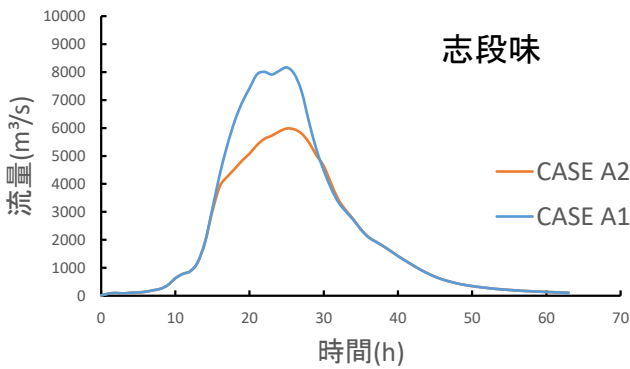


図-7 志段味の流量の時間変化

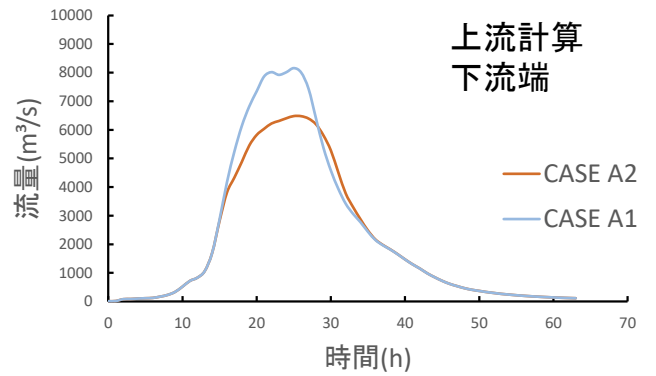


図-8 上流計算下流端の流量の時間変化

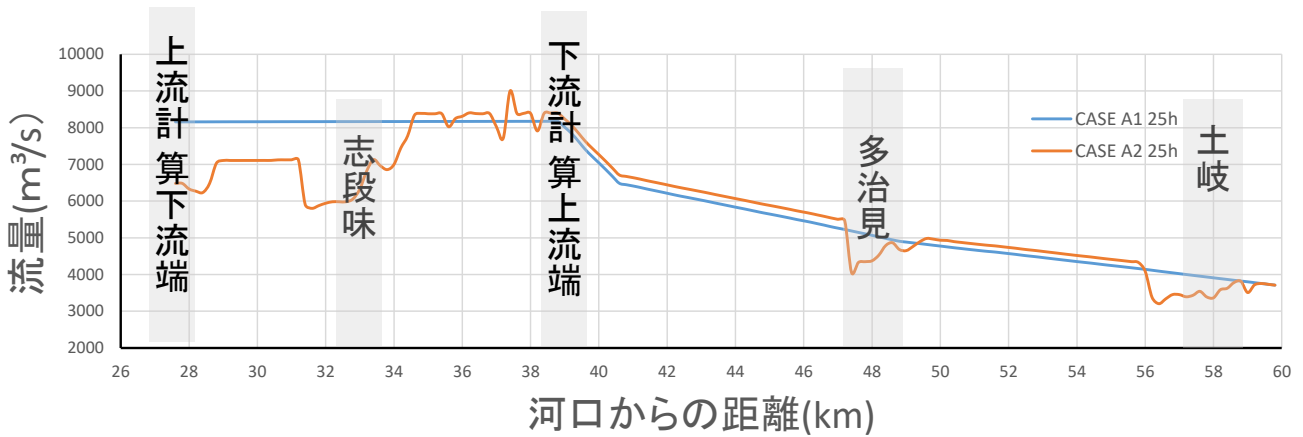


図-9 河川流量縦断分布

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

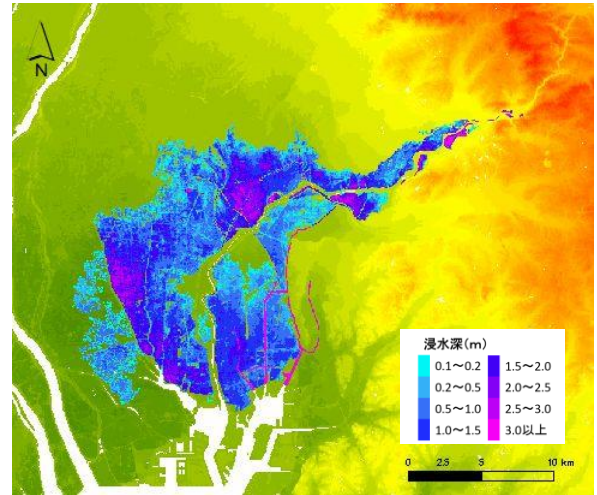


図-10 最大浸水深の分布 (CASE A2) (下流域)

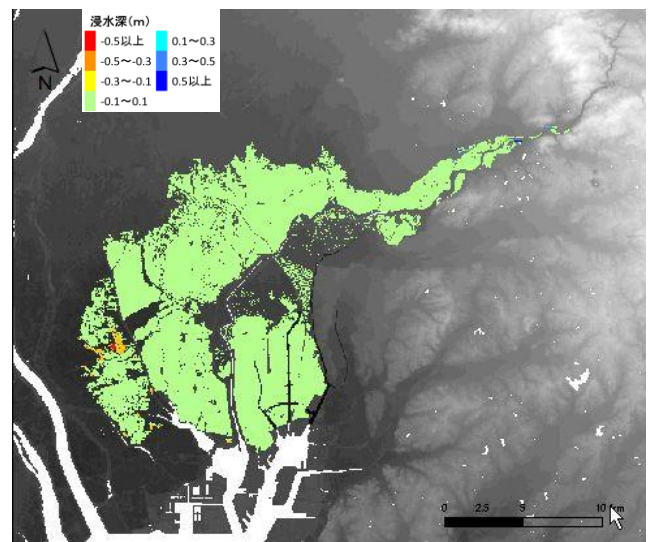


図-11 最大浸水深の差 (CASE A)

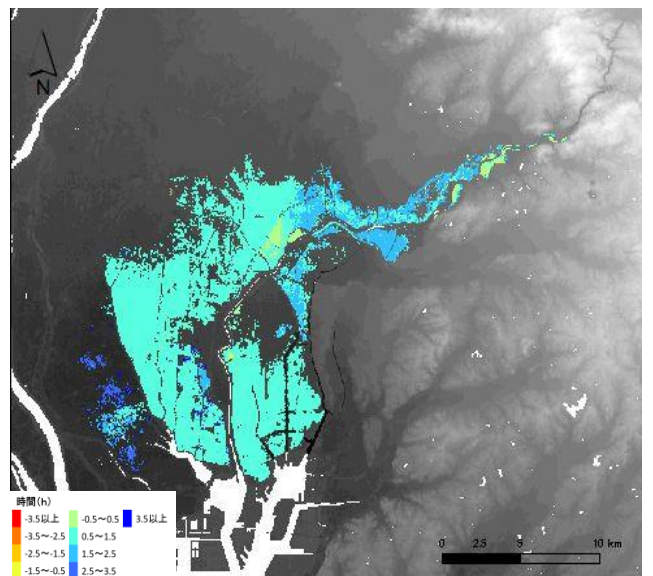


図-12 0.5m 以上の浸水到達時間 (CASE A)

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、

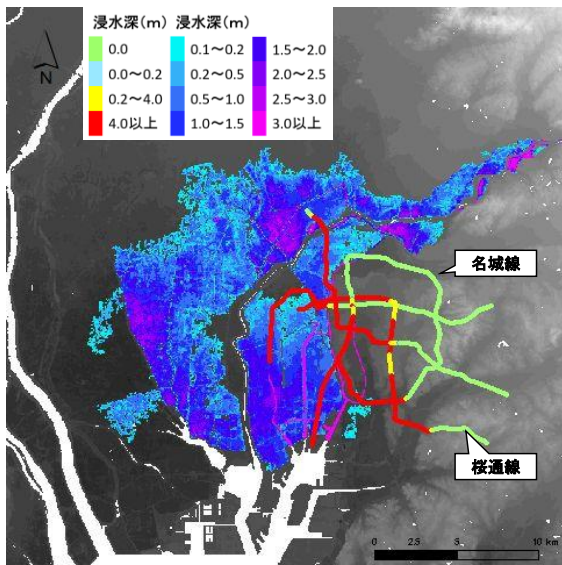


図-13 地下鉄の浸水 (CASE A2) (破堤あり)

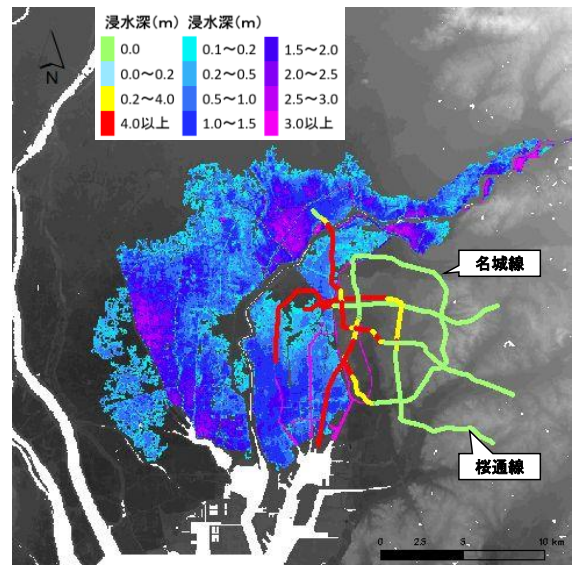


図-14 地下鉄の浸水 (CASE A1) (破堤なし)

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。

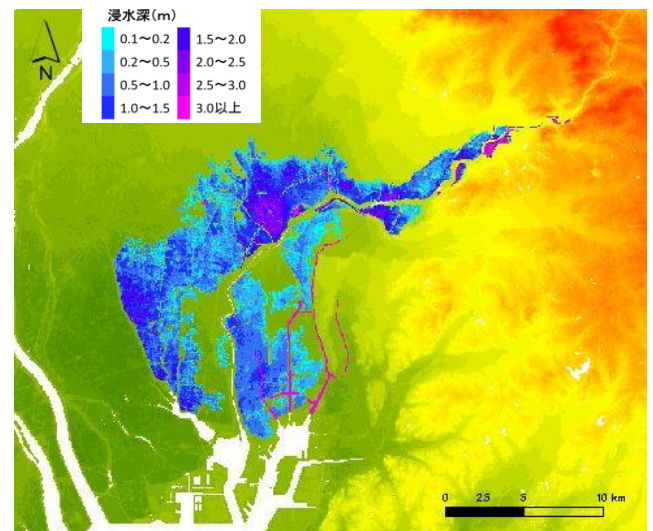


図-15 最大浸水深の分布 (CASE A2) (ピーク時間短縮)

- ・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57.5km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)

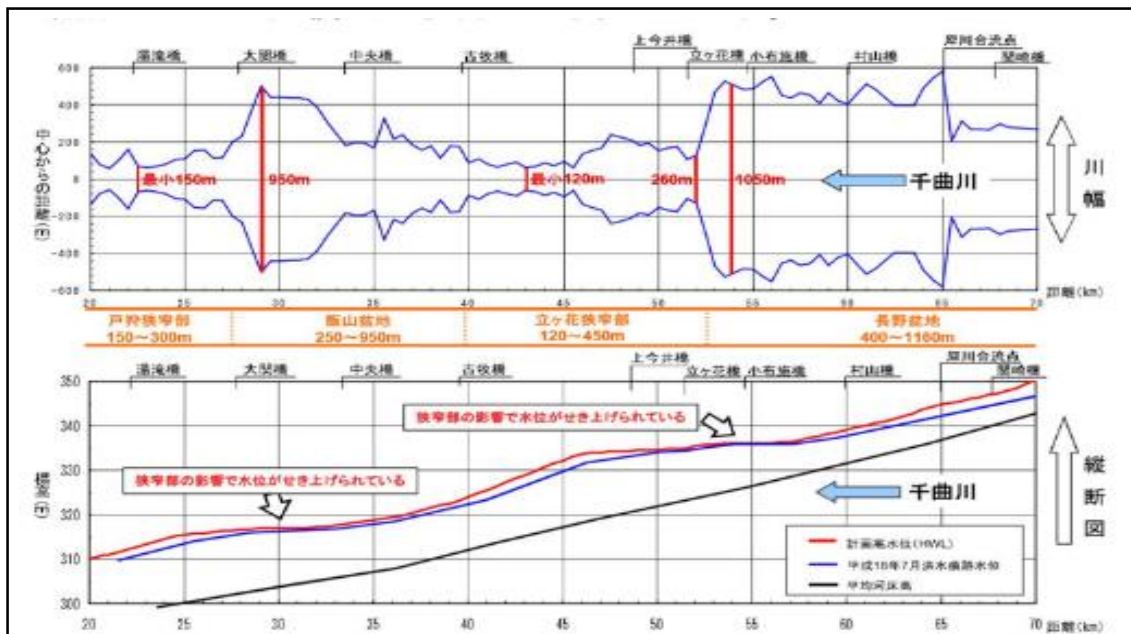


図1 千曲川の川幅と水位縦断面図2)

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。

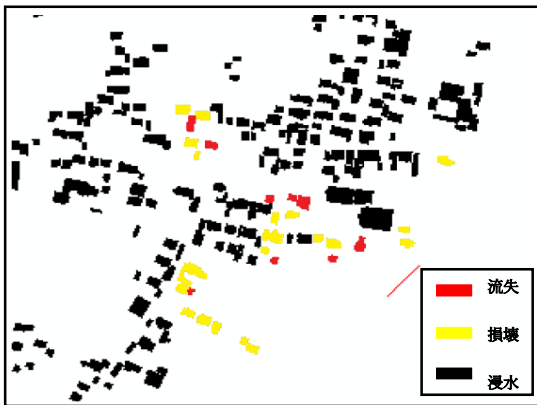


図2 千曲川破堤による被害

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。

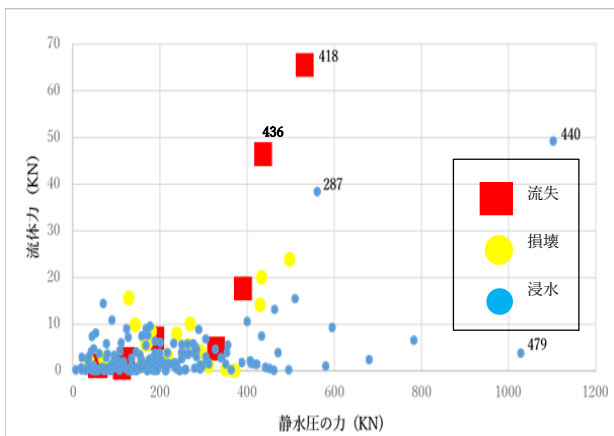


図3 流体力と静水圧の力の建物被害との関係

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。

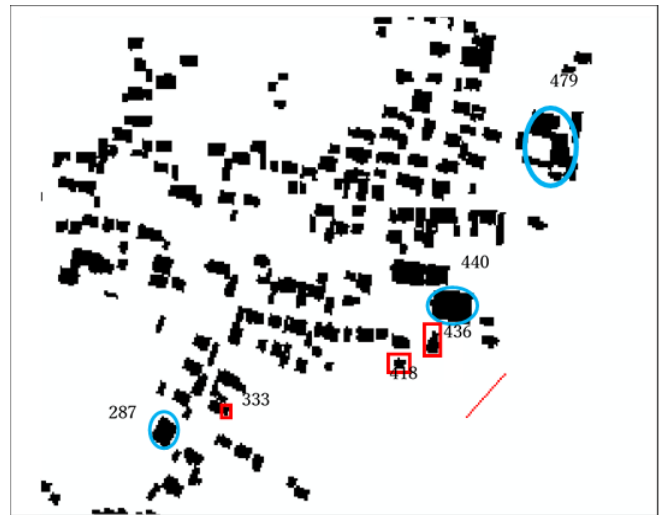


図4 計算結果による考察図

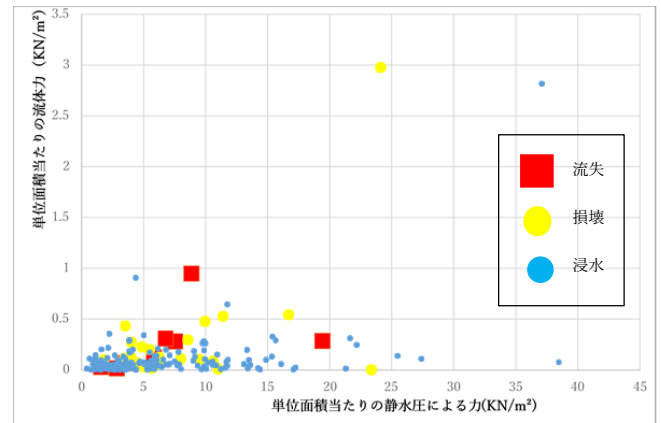


図5 単位面積当たりの流体力と静水圧による力の建物被害との関係

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。

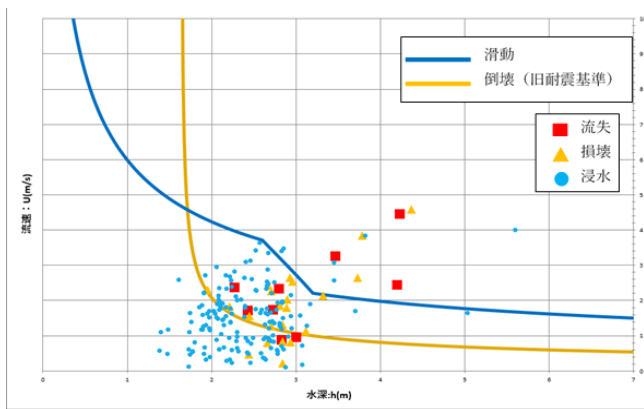


図6 滑動・倒壊（旧耐震基準）の結果

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。

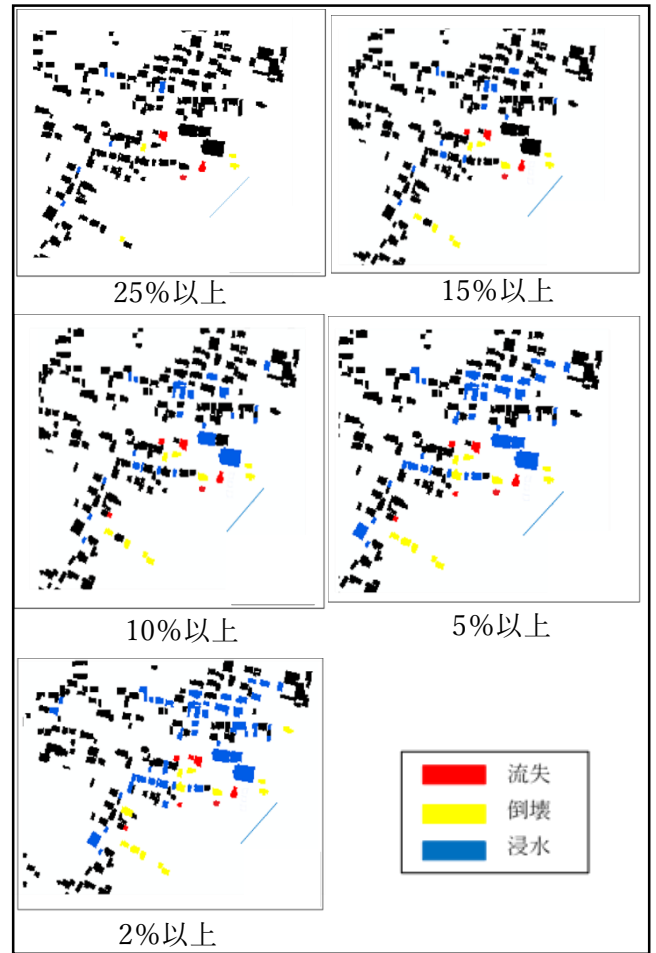


図7 5パターンの結果

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。

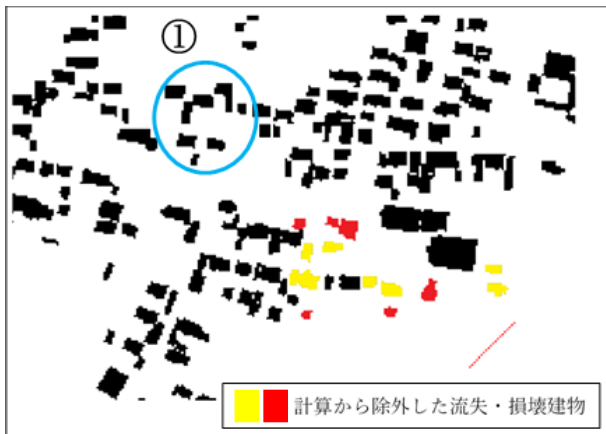


図8 破堤箇所近傍の流失・損壊建物

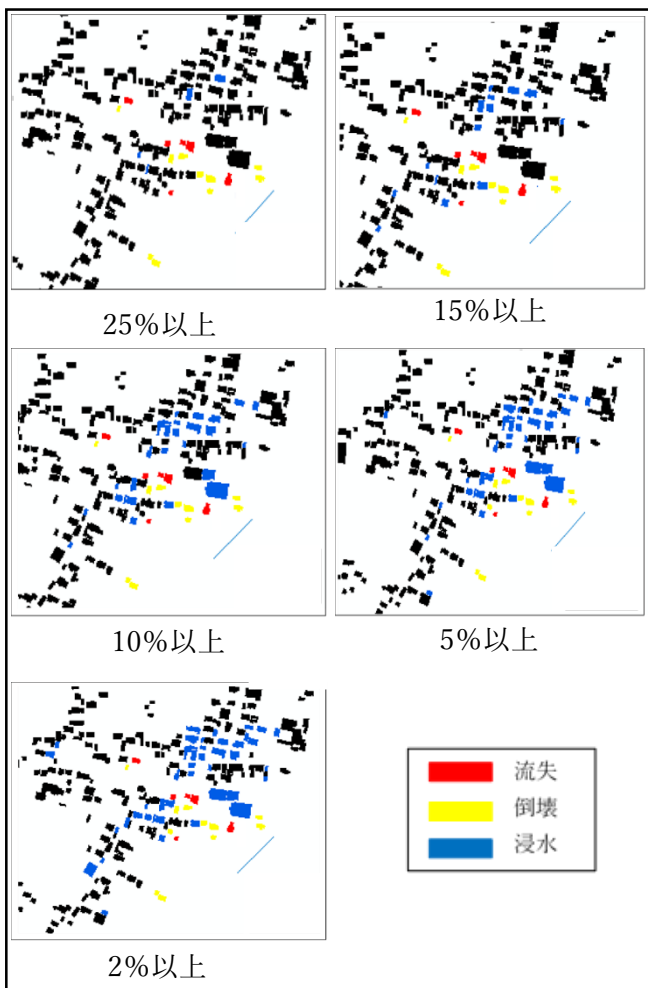


図9 建物を考慮した5パターンの結果

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。

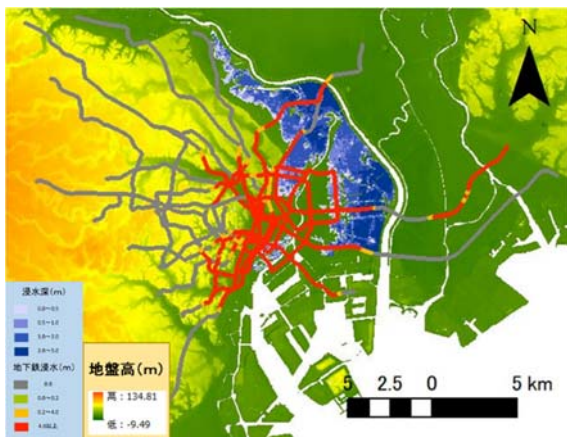


図1 過去の山本研究結果

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。

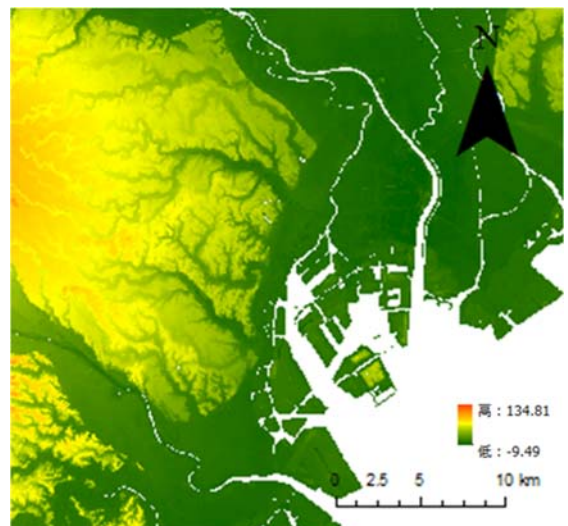


図2 修正前の計算領域

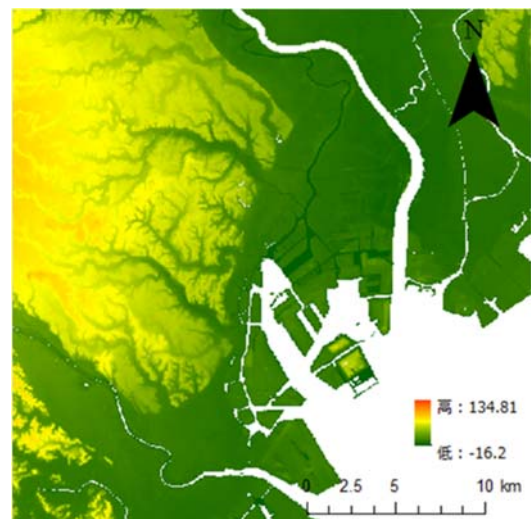


図3 修正後の計算領域

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。

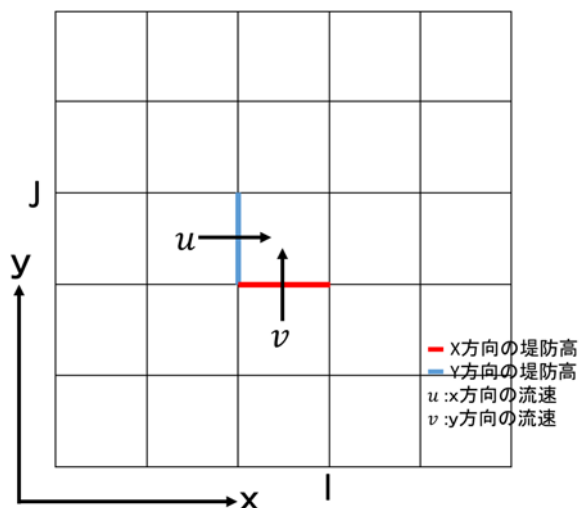


図4 本研究の堤防モデル

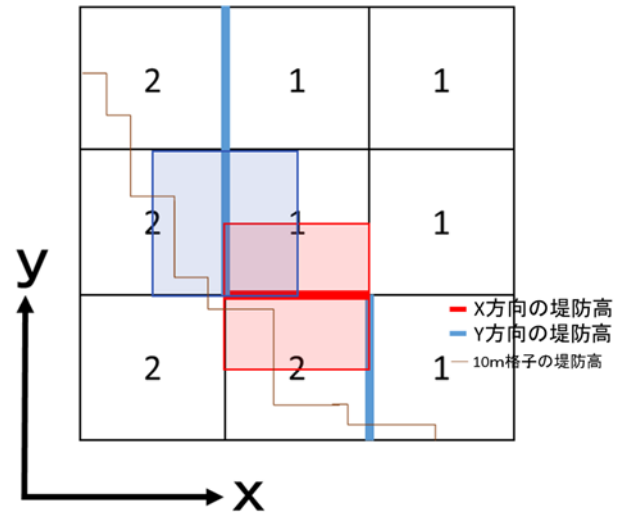


図5 海岸沿いの堤防モデル

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

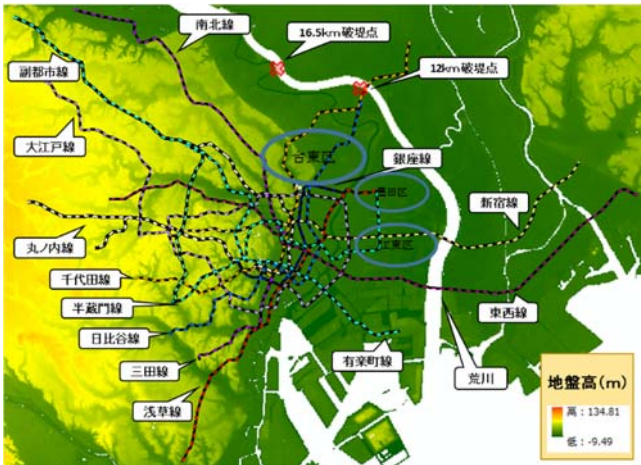


図6 陸・海上の堤防モデル

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

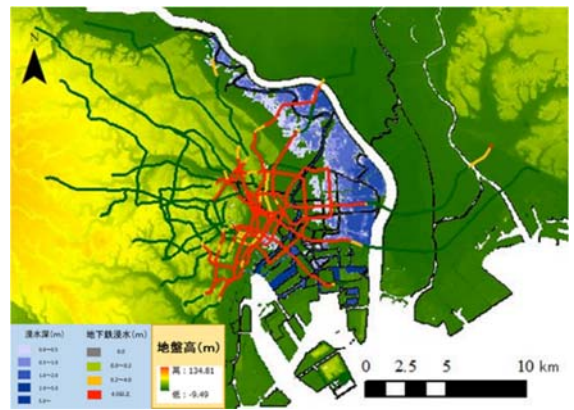


図7 破堤地点が12kmのCASE2の最大浸水深

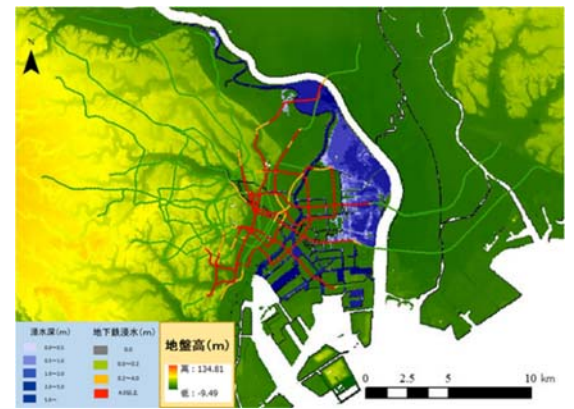


図8 破堤地点が12kmのCASE3の最大浸水深

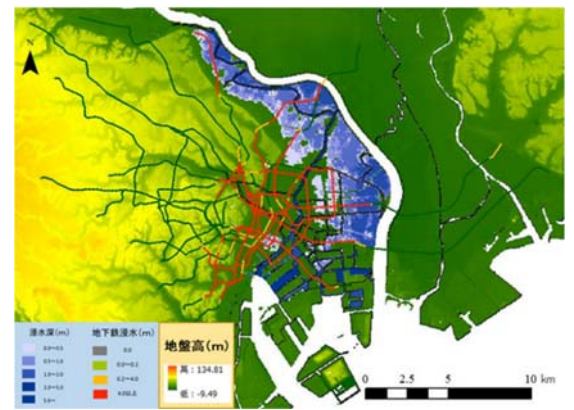


図9 破堤地点が16.5kmのCASE2の最大浸水深

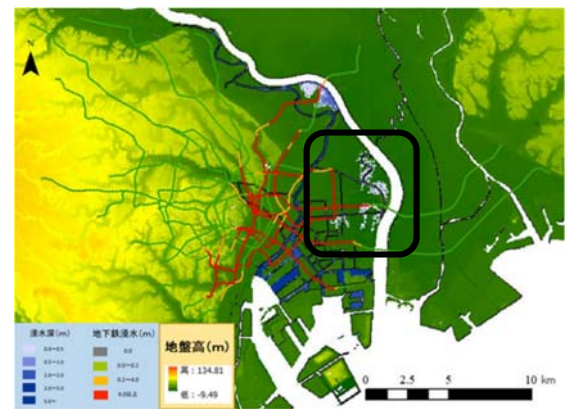


図10 破堤地点が16.5kmのCASE3の最大浸水深

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。

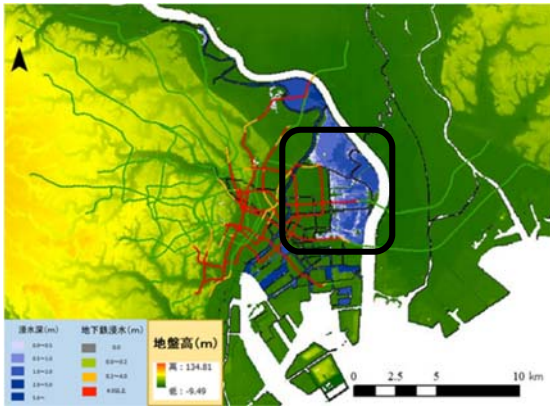


図 11 破堤地点が 12km の CASE4 の最大浸水深

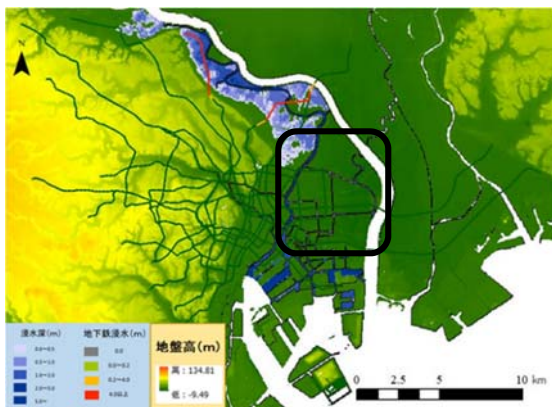


図 12 破堤地点が 16.5km の CASE4 の最大浸水深

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

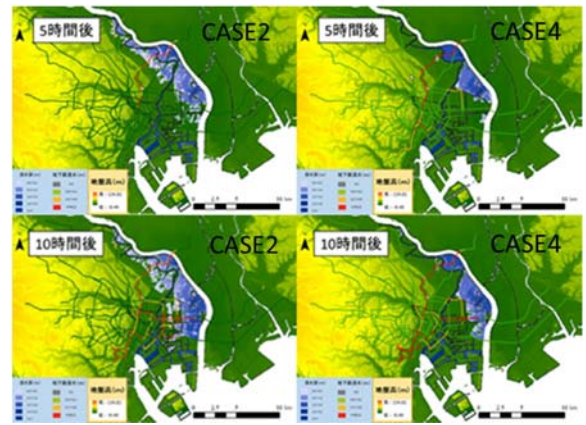


図 13 12km 地点時間変化

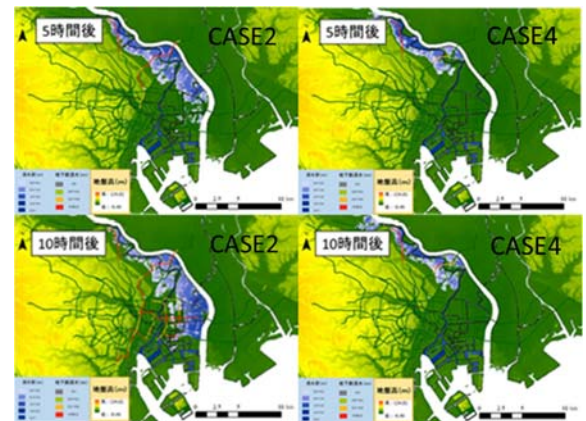


図 14 12km 地点の 10 時間後

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

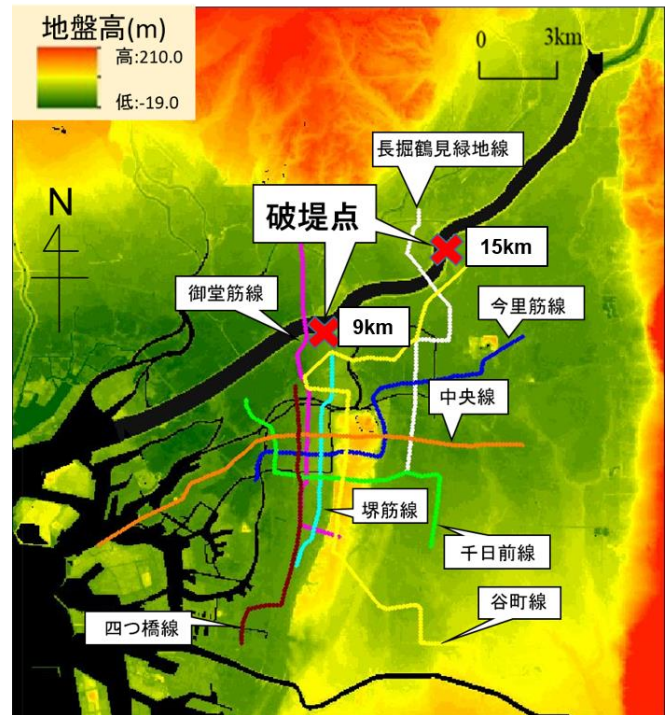


図-1 計算領域図

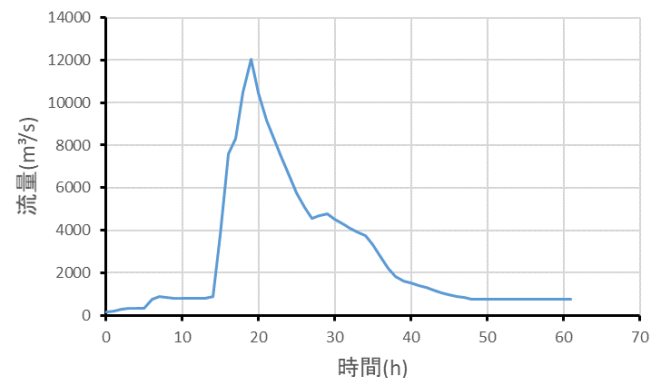


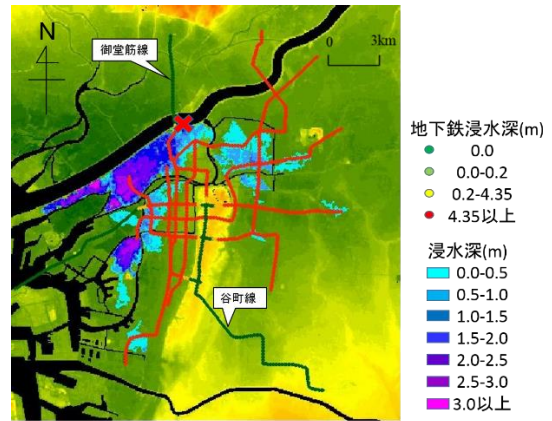
図-2 計算条件

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

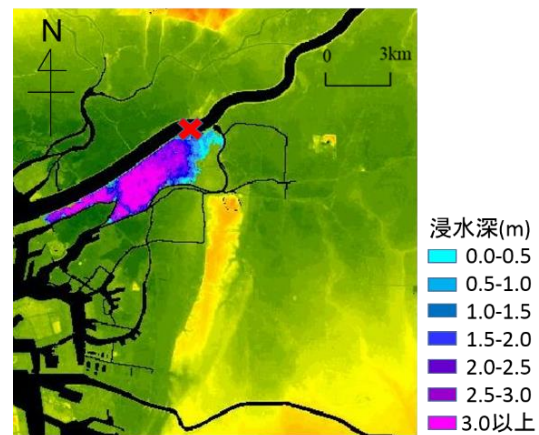
が分かる。浸水の広がる範囲において河口から 9km 地点で破堤させた場合と比較すると、河口から 15km 地点で破堤させた場合の浸水の広がる範囲の方が広いことが分かる。しかし、破堤点付近の浸水深は河口から 9km 地点で破堤させたときの方が深いことから、破堤点付近の危険度は河口から 9km 地点で破堤させたときの方が高いと考えられる。

4.2 各地下鉄駅の最大流入・流出流量

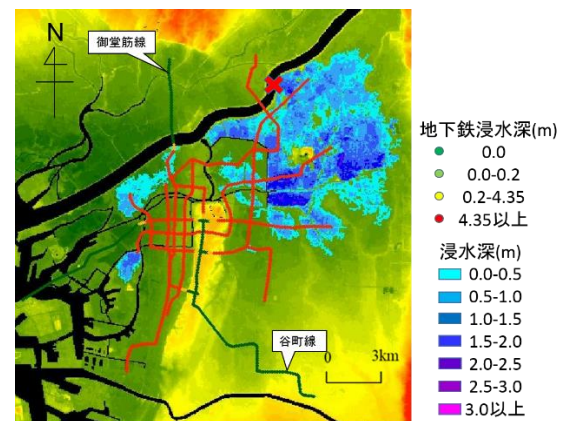
図-4 に駅の流入・流出流量の時間変化、図-5 に駅の最大となる流入・流出流量を示す。正值が流入を示し、負値が流出を示す。負値の場合は、駅から氾濫が広がることを意味する。図-4 の河口から 9km 地点で破堤させた場合、千日前線の野田阪神駅と四つ橋線の西梅田駅では、堤防が破堤してから約 1 時間後に水が流入していることが分かる。長堀鶴見緑地線の大正駅では 7 時間後、長堀鶴見緑地線の蒲生四丁目駅では 11 時間後に水が流出していることから地下からの水の流出による被害は、駅によって時間のズレがあることが分かる。また、野田阪神駅では水が一度流入してから約 5 時間後に流出していることが分かる。これ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、



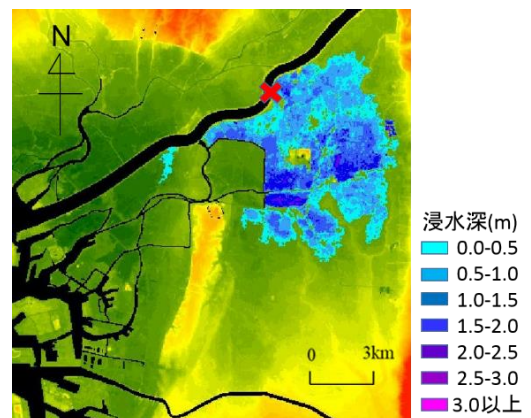
河口から 9km 地点で破堤させたとき (地下空間有)



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。

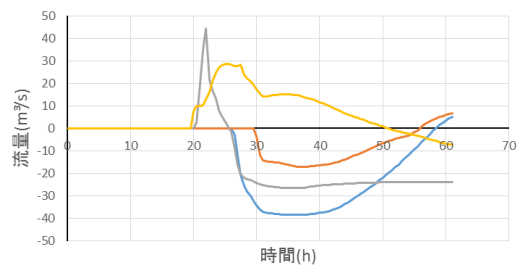
4.3 水深が基準の高さに達する時間

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

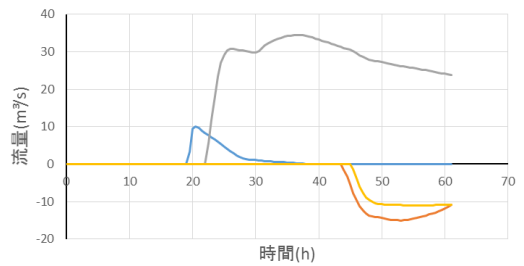
本研究では、先行研究で行った小河川と堤防を考慮した浸水解析に加え、地下鉄駅の最大流入・流出流量、水深が基準の高さに達する時間について、破堤箇所を淀川河口から9km地点と15km地点、の2種類の解析を行った。

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



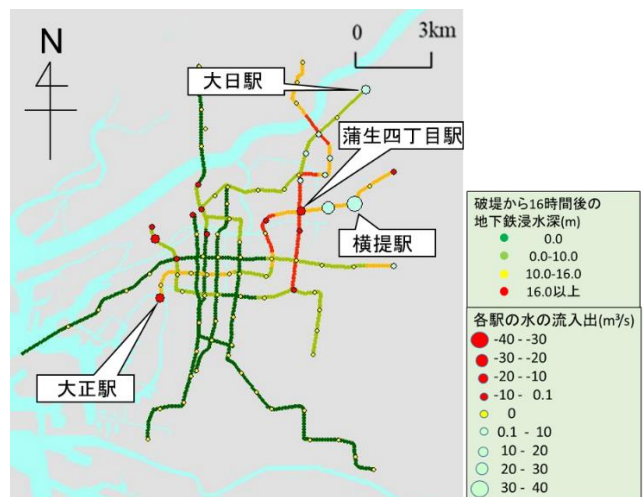
— 大日駅 — 蒲生四丁目駅 — 横提駅 — 大正駅

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

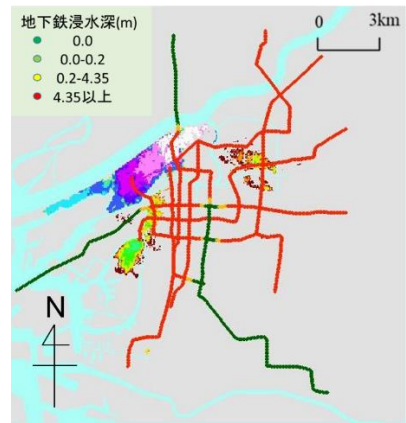
図-5 地下鉄駅の最大となる流入・流出流量

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．

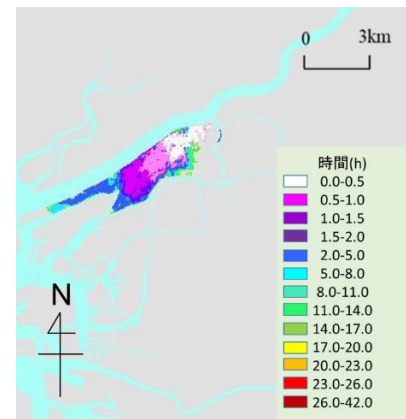
これらより，地下鉄駅の最大流入・流出流量，水位が基準の高さに達する時の時間による浸水について解析を行うことで，浸水の特徴をより明らかにすることができたと考えられる．

参考文献

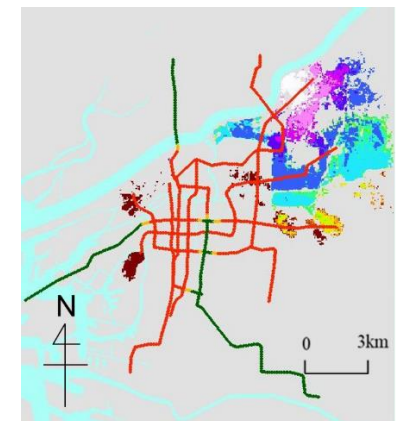
- 1) 土田拓輝, 武田 誠, 村瀬将隆, 佐藤大介, 松尾直規：小河川を考慮した大阪の都市浸水解析の検討, 令和元年度土木学会中部支部研究発表会, II-51, 2020.
- 2) 濱口舜, 石垣泰輔, 尾崎平, 戸田圭一：記録的水災害に対する大規模地下空間の浸水脆弱性に関する検討, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol. 72, No. 4, I_1363-I_1368, 2016.
- 3) 村瀬将隆, 中島勇介, 武田誠, 川池健司, 松尾直規：地下鉄を考慮した名古屋と大阪の大規模浸水解析, 土木学会論文集B1(水工学) Vol. 73, No. 4, I_1441-I_1446, 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/kakonosai.html>
 (2021年1月25日確認)



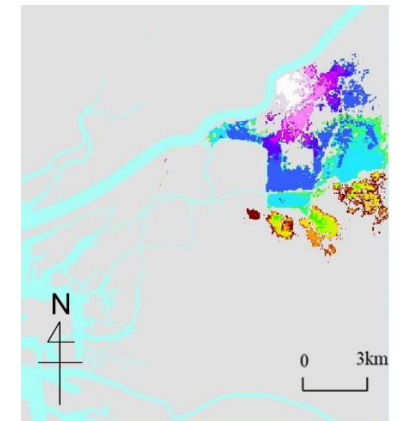
河口から 9km 地点で破堤させたとき (地下空間有)



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。

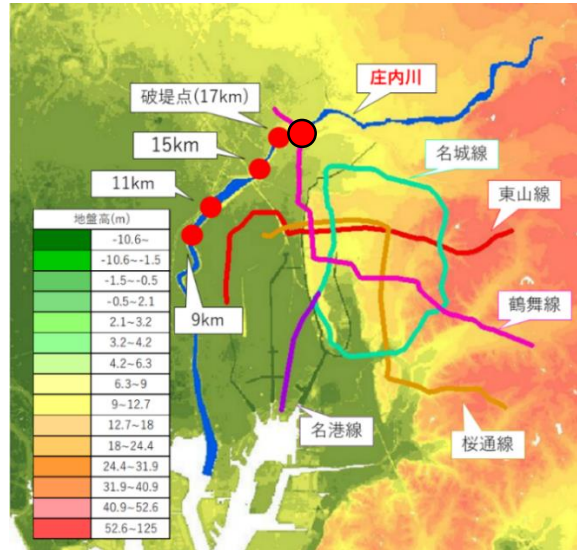


図-1 計算領域

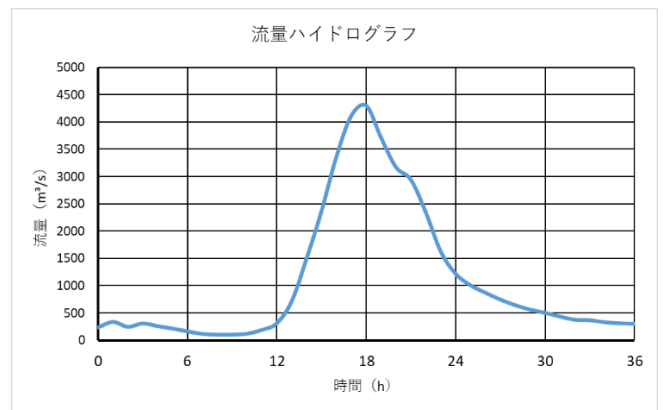


図-2 庄内川の流量ハイドログラフ

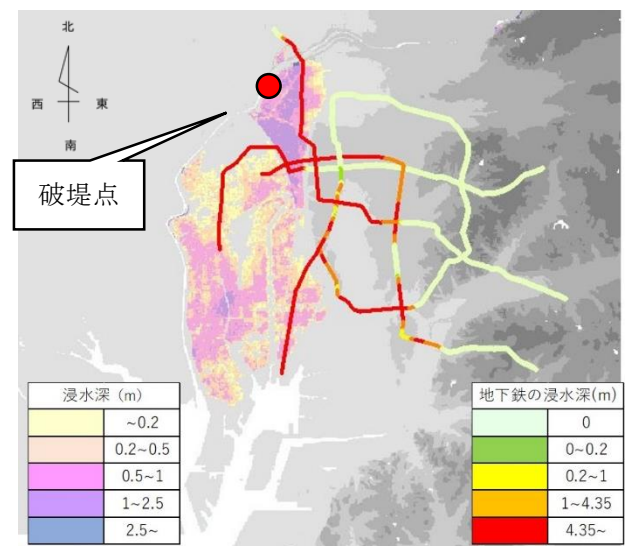


図-3 最大浸水深と計算終了時の地下浸水(17 km地点破堤)

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。

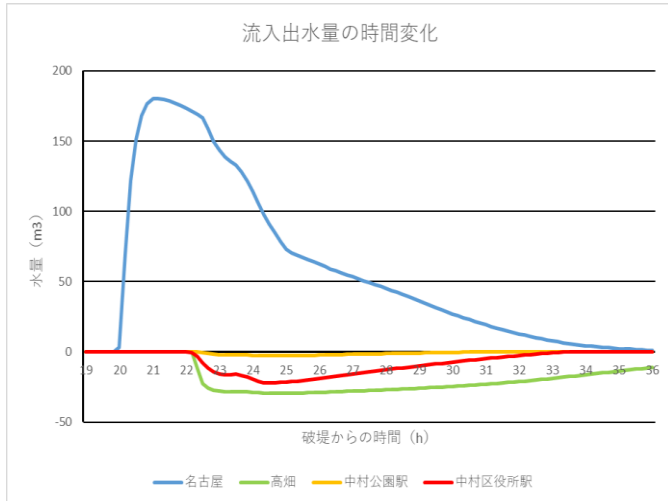


図-4 駅からの流入出流量グラフ

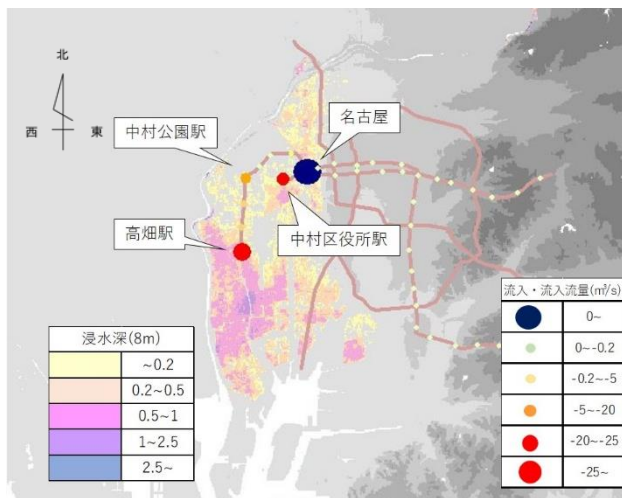


図-5 浸水深と駅の流入・流出流量 (破堤から 6 時間後)

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

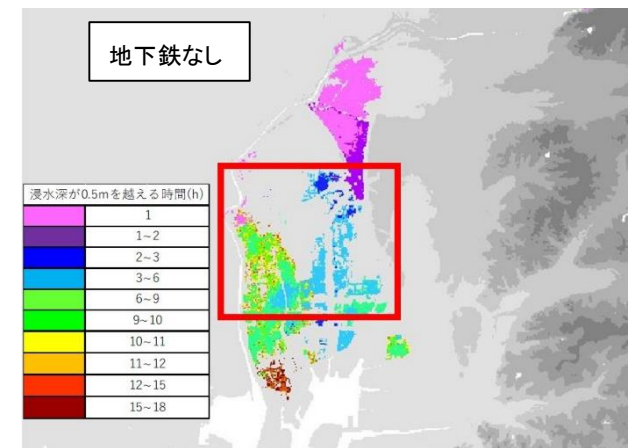
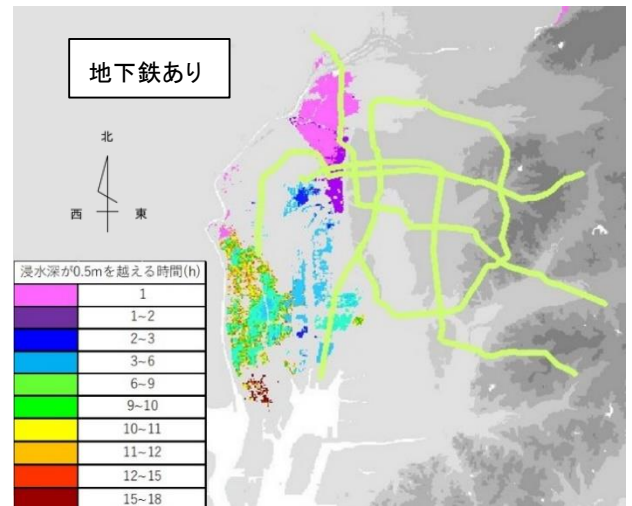


図-6 地下鉄の有無による浸水深 0.5m の到達時間

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。

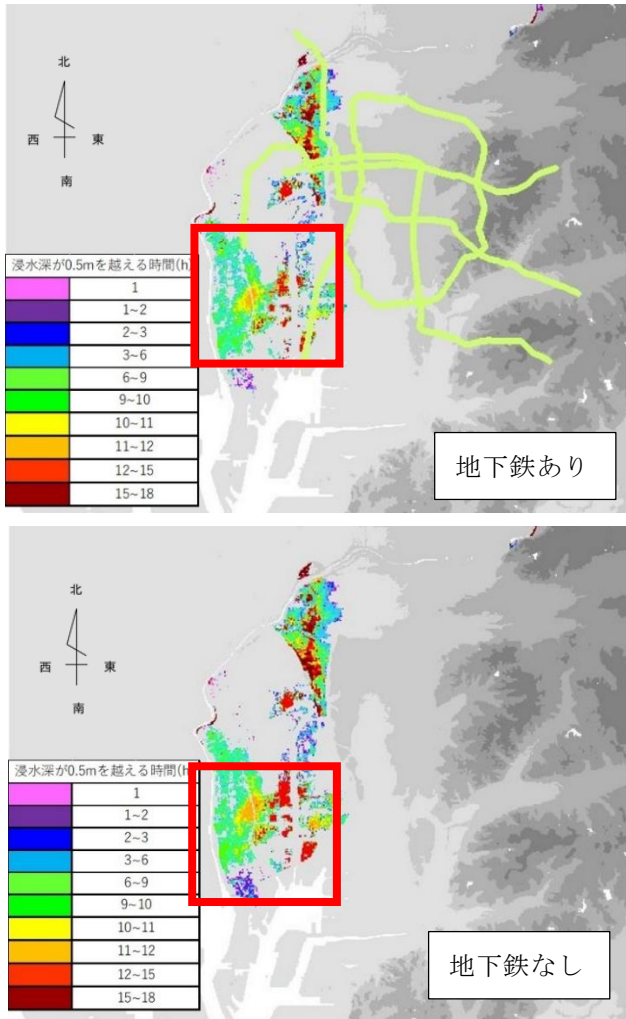


図-7 地下鉄の有無による浸水深 0.5m の継続時間

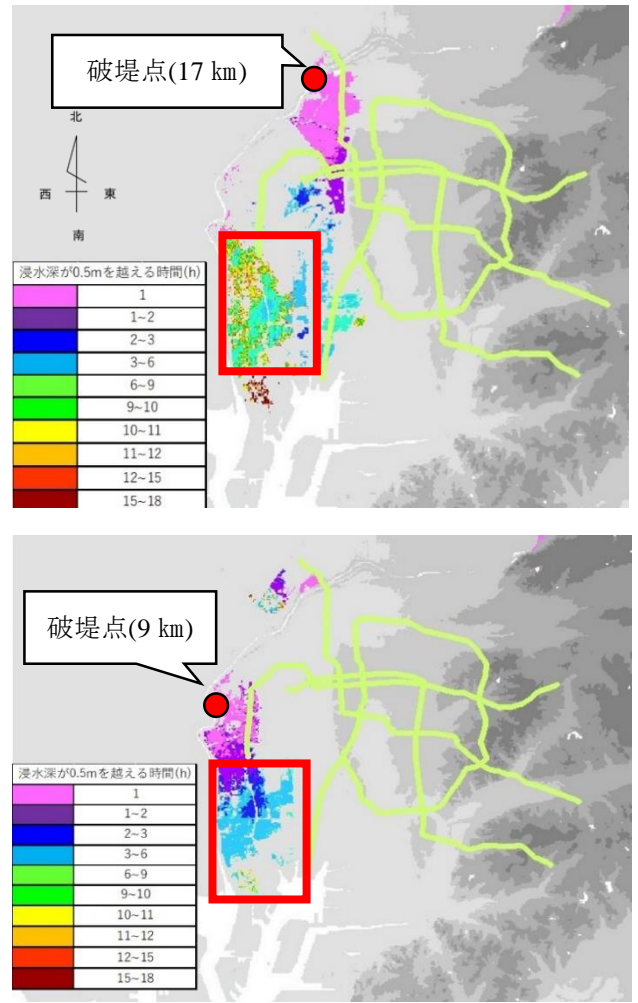


図-9 破堤箇所の違いによる浸水深 0.5m の到達時間

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。

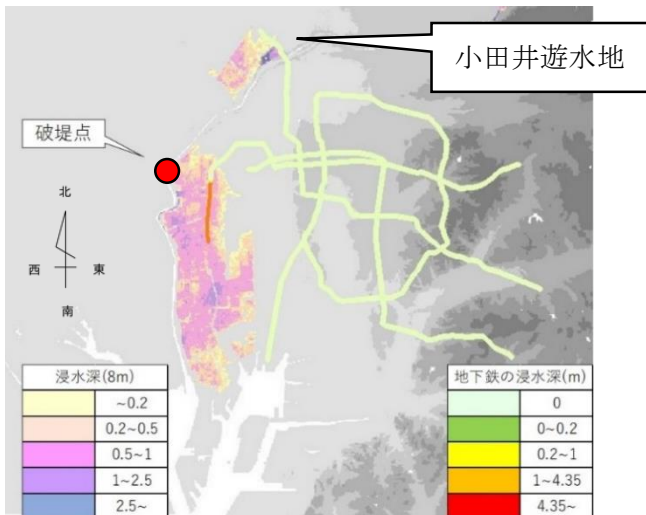


図-8 最大浸水深と計算終了時の地下浸水(9 km地点破堤)

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

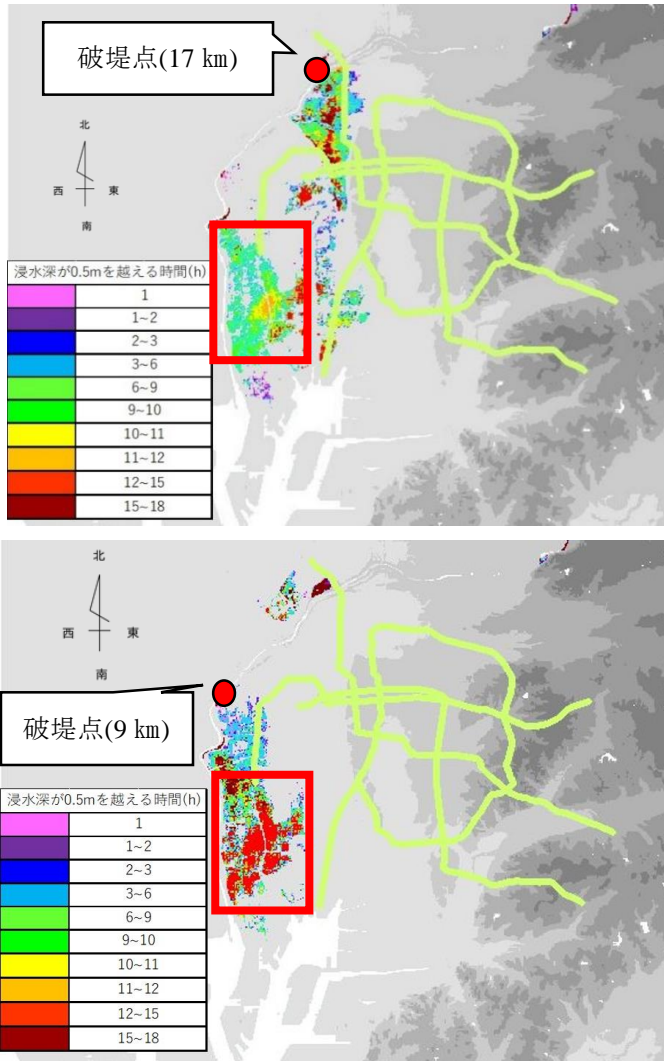


図-10 破堤箇所の違いによる浸水深 0.5m の継続時間

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

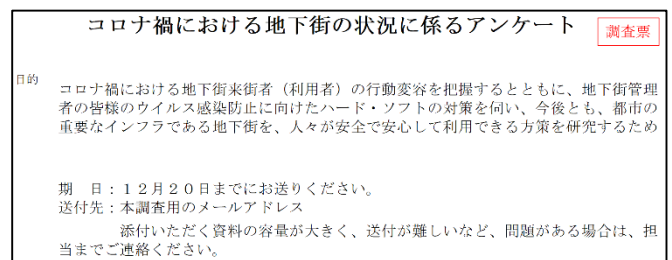


図-1 アンケートの一部

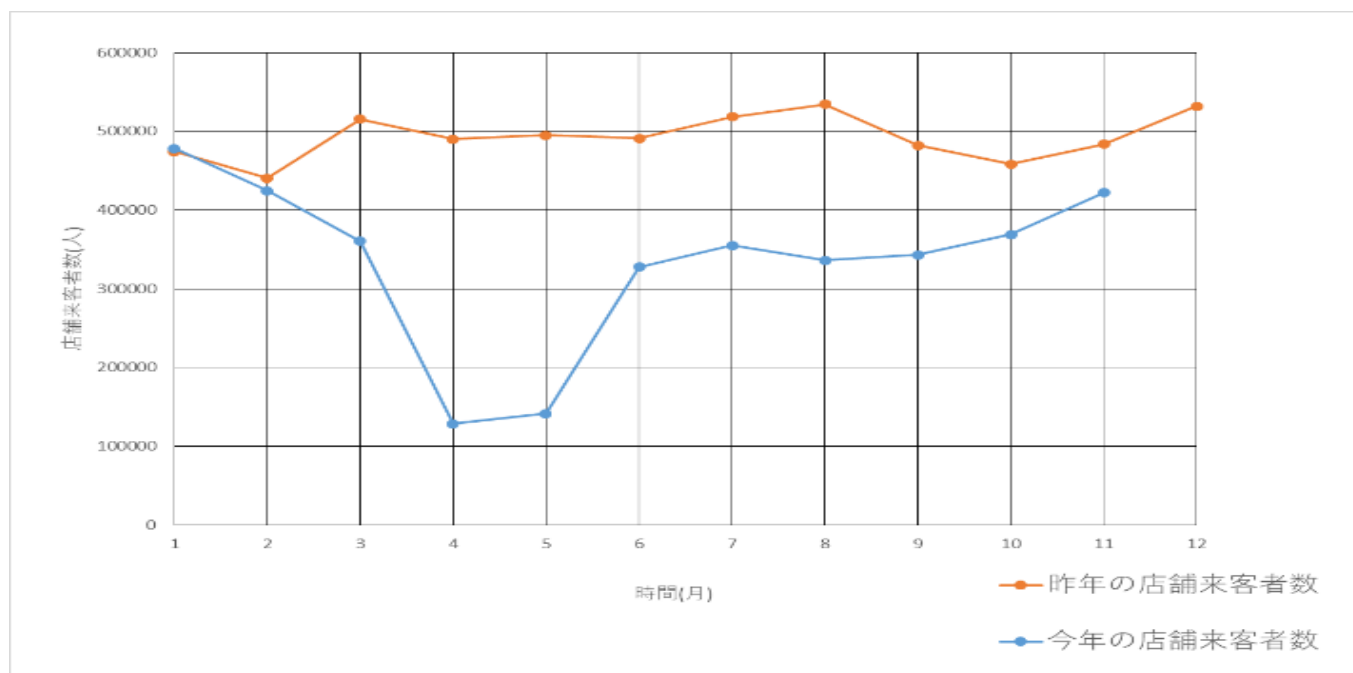


図-2 店舗来客者数の変化

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。

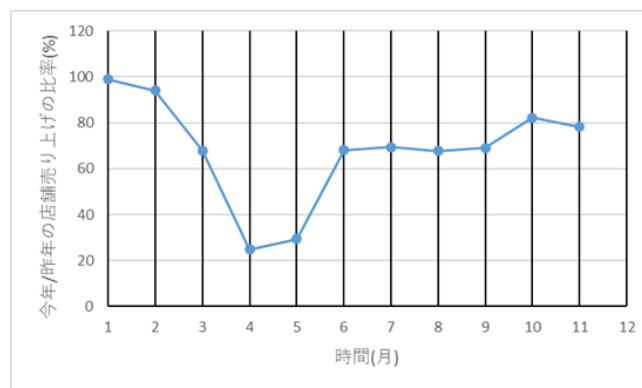


図-3 店舗売上げの比率

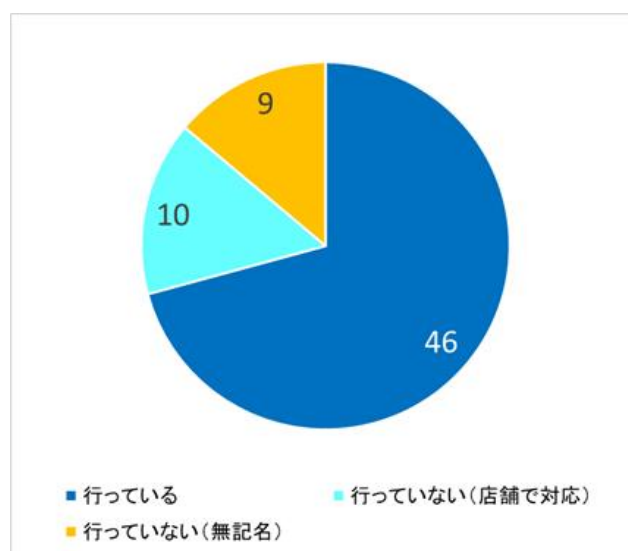


図-4 消毒の有無

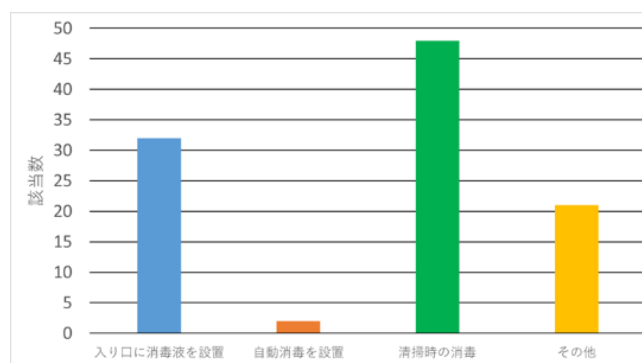


図-5 消毒方法

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この考えを持っ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。

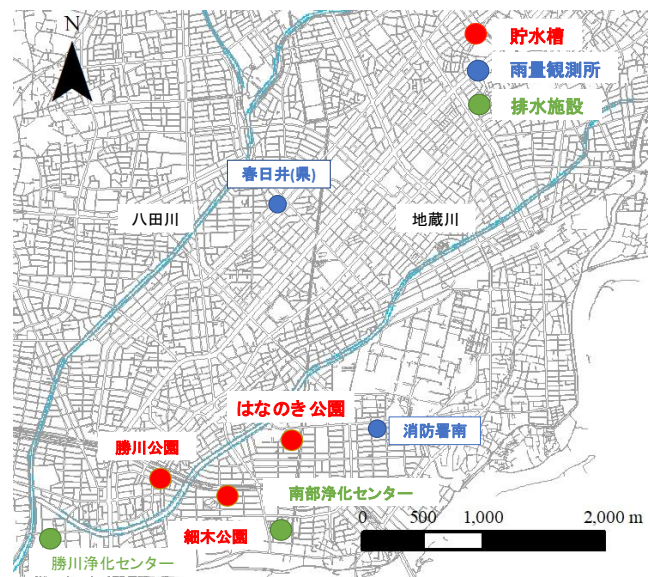


図-1 排水施設と貯水槽

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.

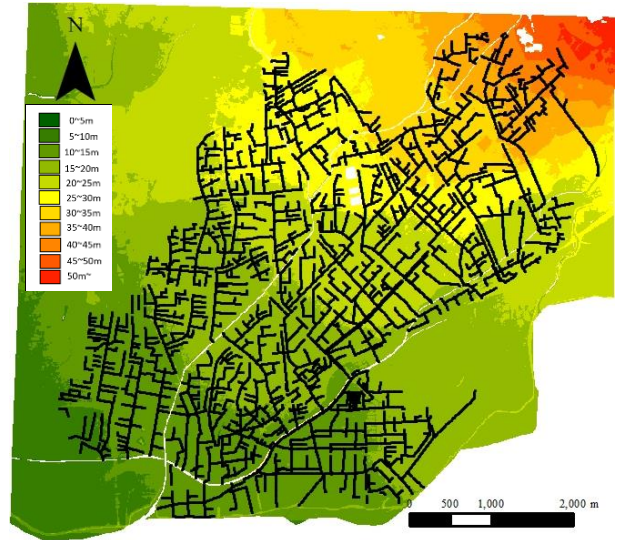


図-4 計算領域と下水道ネットワーク

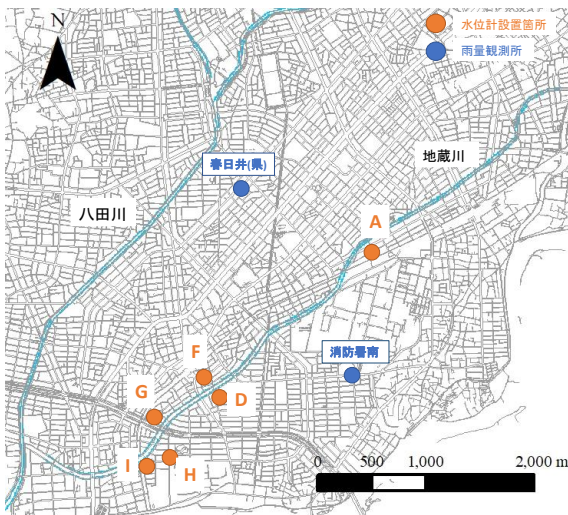


図-2 観測箇所と雨量観測所



図-3 水位計

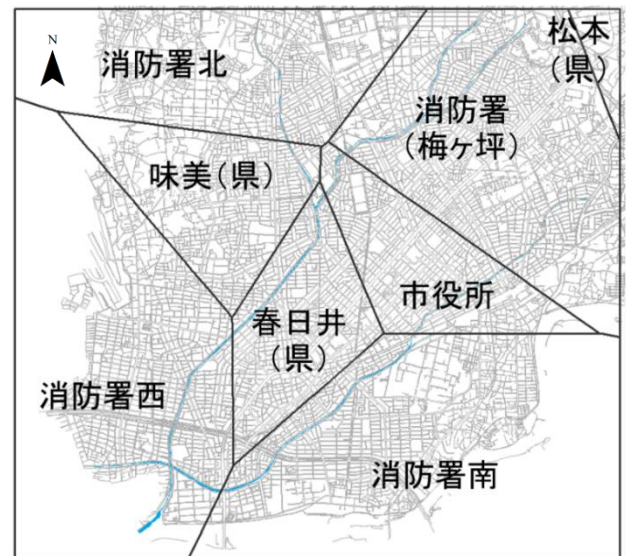


図-5 ティーセン法を用いて区分した計算領域と雨量観測所

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.

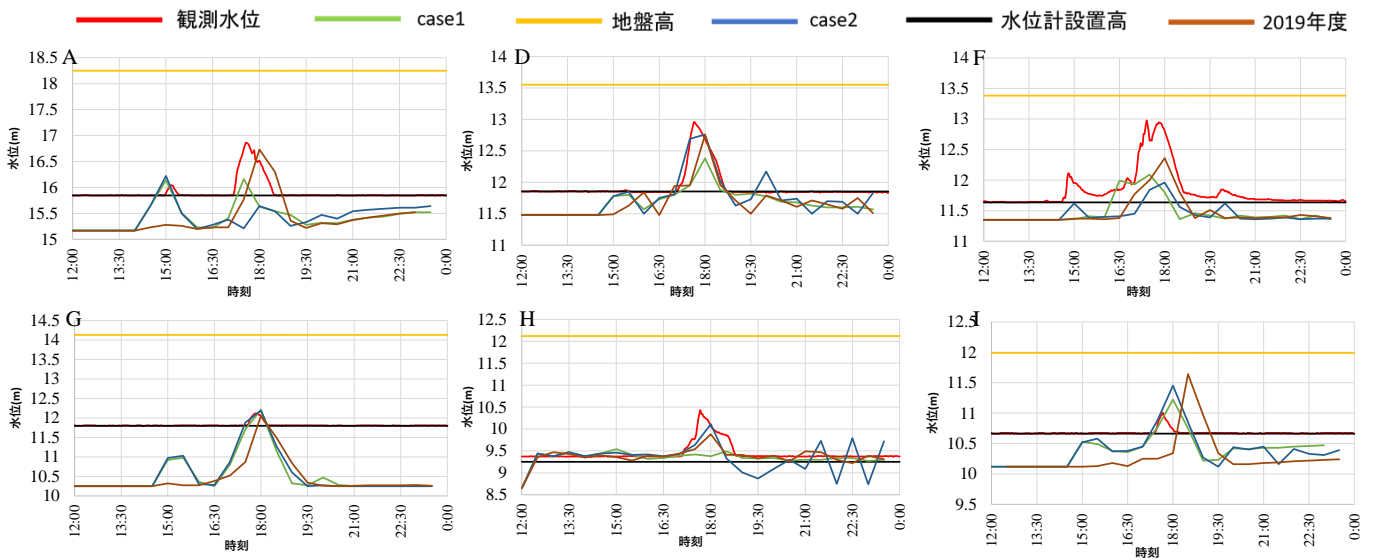


図-6 2017年7月4日解析結果

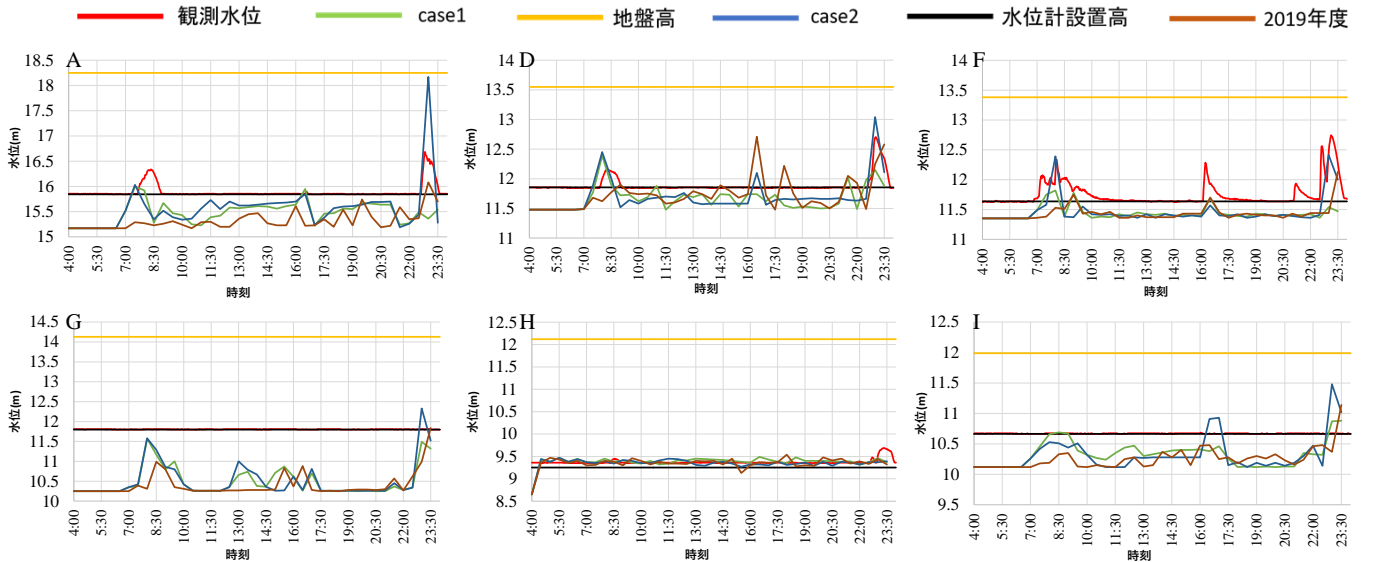


図-7 2017年8月18日解析結果

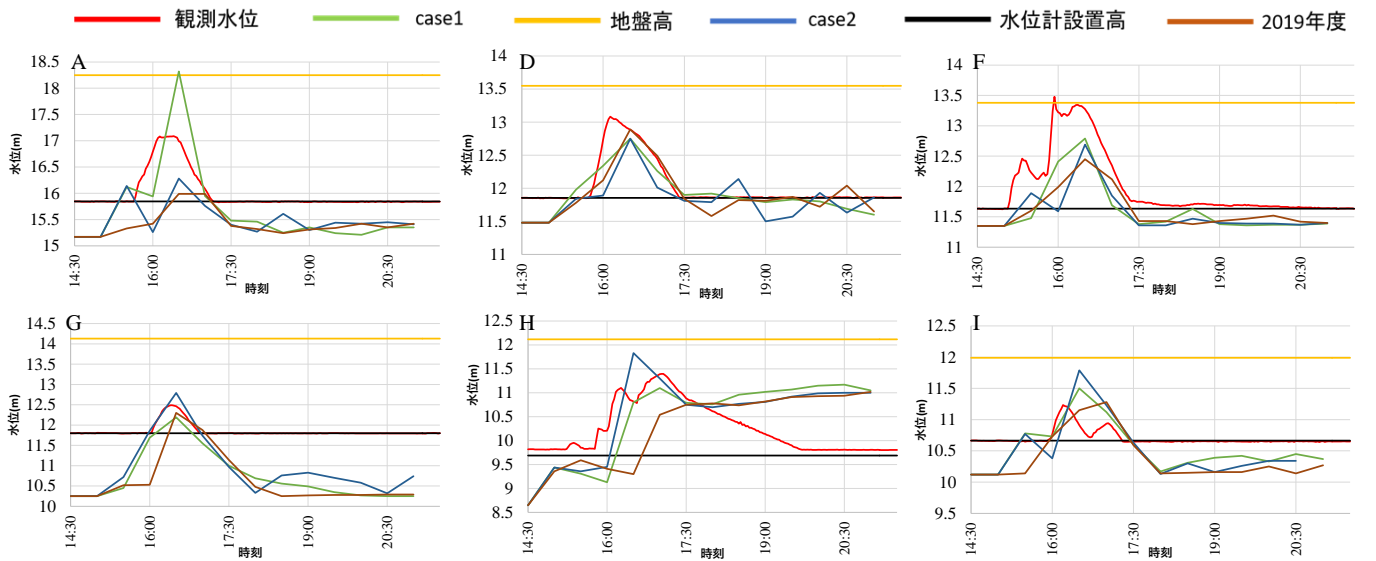


図-8 2018年8月12日解析結果

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

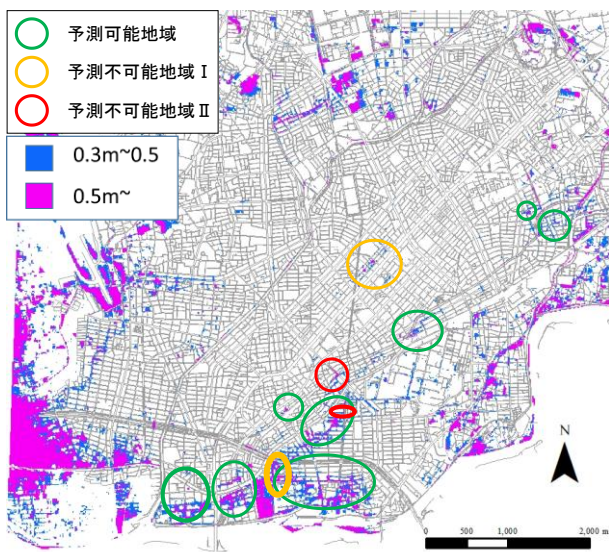


図-9 浸水予測地域

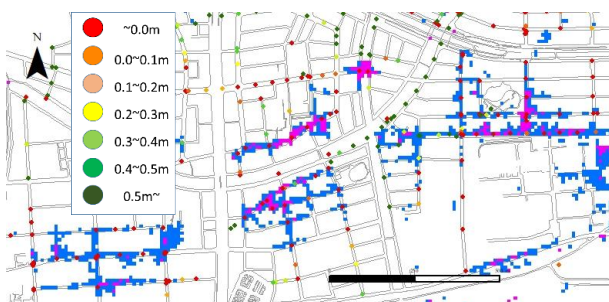


図-10 拡大図

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