

RRI モデルを用いた庄内川の流出解析に関する研究

EC19067 宮里陸

1. はじめに

近年、地球温暖化による気候変動により局地的な集中豪雨等が増加傾向にあり、大規模な洪水氾濫災害が生じている。2023年の7月から8月上旬にかけて東北地方でたびたび大雨となり、7月の地域平均降水量平年比は気象庁が統計を開始した1946年以降で最大を観測した。この期間の大雨により、全国で、床上浸水および床下浸水などの住宅被害が発生した。そのため、このような大規模な浸水被害が起きる前に、河川流域で治水を考え、ある程度の浸水を許容する“流域治水”という事業が注目されている。流域治水を検討するためには、流域全体の流出過程、浸水過程を求める必要がある。そこで、本研究では「RRIモデル」を活用して実際の流量データの再現を検討する。

2. RRI について

RRIモデルとは降雨 (Rainfall) 流出 (Runoff) 氾濫 (Inundation) 解析モデルのことで、衛星情報や気象予測情報を活用した世界各地の洪水氾濫を予測する技術である。RRIモデルは、洪水予測とリスク評価を目的として ICHARM で開発された。RRIモデルは人工衛星情報の活用などデータの使用が限られた大規模流域にも適用可能なモデルとして設計されている。

2.1 RRIモデルの概要

RRIモデルの概要を以下に示す。

- ①降雨流出と洪水氾濫を一体的に解析することができる二次元解析モデル
- ②山地斜面と河道別々に取り扱う
- ③河道が存在するグリッドセルにおいては、同一セル内に斜面と河道の両方が存在すると仮定
- ④河川は、上流の流域面積を考慮して以下の関数で仮定

$$W = C_w A^{S_w}, \quad D = C_d A^{S_d}$$

ここで、A:流域面積(km²)、W:川幅 (m)、

D:水深 (m) である。

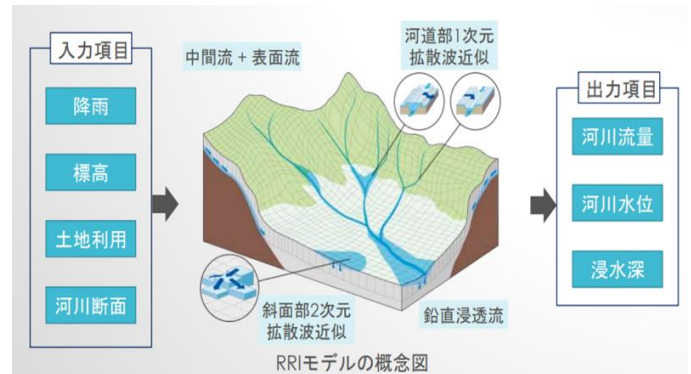


図1 RRIモデルの概念図

2.2 RRIモデルの特徴

以下にRRIモデルの4つの特徴を示す。

- ①多様な地形を一体化：一次元の河道追跡と二次の降雨流出及び洪水氾濫を一体化しているため、山地と低平地の両方を有した大規模流域に適用可能
- ②高速かつ安定的な数値アルゴリズム：地形起伏の複雑な山地域でも高速に計算できる二次元拡散波近似式の可変時間ステップアルゴリズム
- ③複雑な水文過程を表現：平野部における鉛直浸透流、山地域における側方地中流、蒸発散と土壌の乾燥による蒸発抑制、ダムや放水路などの影響を解析可能
- ④緊急対応の洪水氾濫予測モデリングを実現するツール：衛星降雨や地形情報を活用するためのツール群やマニュアル、GUI(グラフィカルユーザーインターフェース)を整備

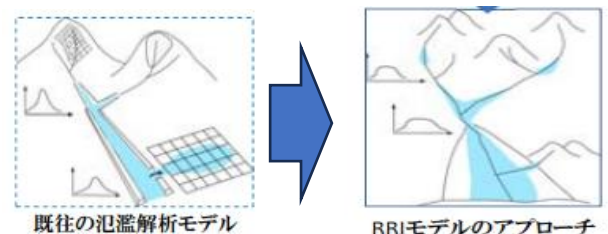


図2 RRIの特徴

3. RRI モデルで使用するデータについて

RRI モデルで使用するデータは以下の 4 つである。

- ①降雨データ (RAIN) : ここでは、「平成 20 年 8 月末豪雨」及び「平成 23 年 9 月台風 15 号」の二つを使用して解析を行う。
- ②標高データ (CON) : 標高データは、主に庄内川流域のデータを使用して解析を行う。
- ③流向データ (DIR) : 流向データとは、「Flow Direction」のことで、出力は値の範囲が 1~255 の整数ラスタで表示される。流向法は、各セルから最も急な降下傾斜となる近傍セルへの流向をモデル化するものである。

32	64	128
16		1
8	4	2

右図の場合、最も傾斜が急な下り方向が現在の処理セルの左への方向である場合、流向の値は 16 となる。

図 3 DIR の説明

- ④累積流量 (ACC) : 累積流量とは、「Flow Accumulation」のことで、各セルに流れ込む累積された流量のことである。下り勾配にある各セルに流れ込むすべてのセルのウェイトを累積することで算出される。

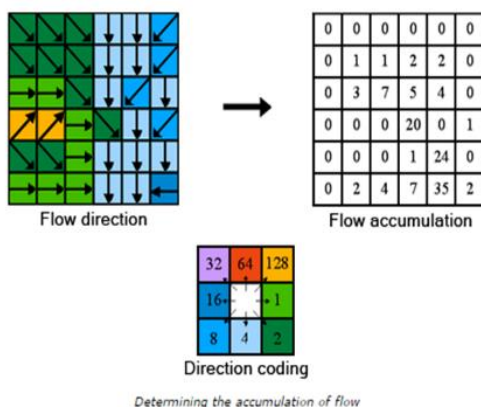


図 4 累積流量について

4. 対象とする洪水

再現を行う洪水は平成 20 年 8 月末豪雨と平成 23 年 9 月台風によるものである。それぞれの観測地点での流量を図 5 と図 6 に示す。

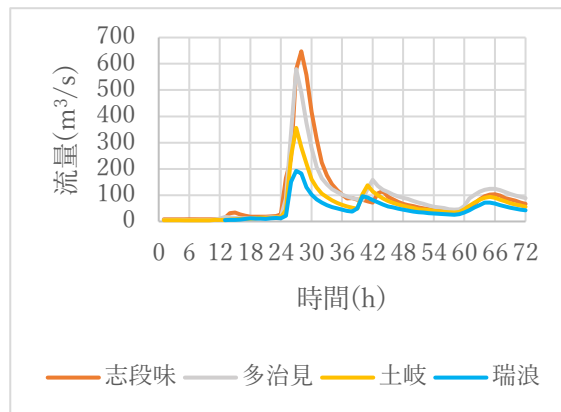


図 5 平成 20 年 8 月末豪雨の流量

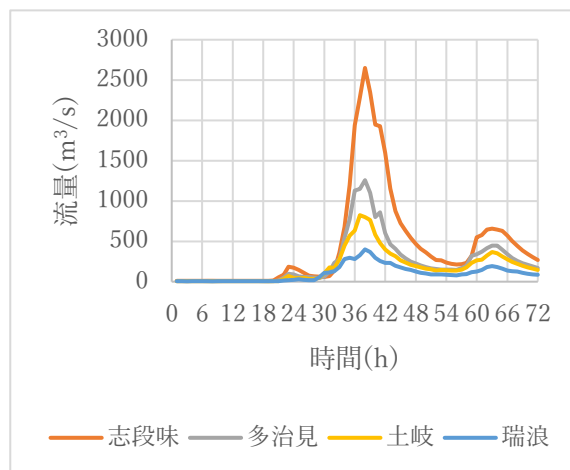


図 6 平成 23 年 9 月台風の流量データ

5. 降雨データについて

本研究では、降雨のデータとして、以下の 3 つを活用する。

「JAXA から取得したデータ (熱帯降雨観測衛星 TRMM や GPM 計画主衛星に搭載された衛星搭載降水観測レーダの情報) を活用、RAIN1」

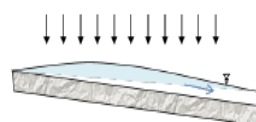
「観測値から求めた分布降雨データ (RAIN2)」

「観測値から求めた平均降雨データ (RAIN3)」

6. モデルパラメータ

RRI モデルのマニュアルより以下の 3 つの項目で計算を行う。

(A) 地表面のみ考えた場合



$k_v=0.0$ $k_a=0.0$

図 7 ケース A

(B) 地表面と地下浸透を考えた場合

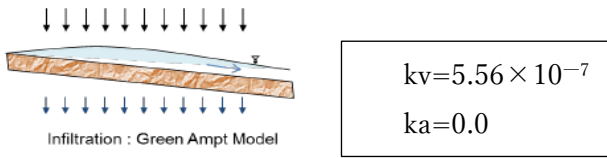


図8 ケース B

(C) 地表面と地下浸透、地上への流出を考えた場合

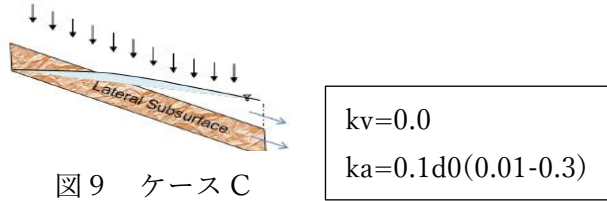


図9 ケース C

7. 計算結果

RRI モデルのパラメーター変更を行い、図で表す。本報では、RAIN1、RAIN2、RAIN3 のうち実際の分布を使用した RAIN2 の場合の結果のみ記載する。

1) 平成 20 年 8 月末豪雨

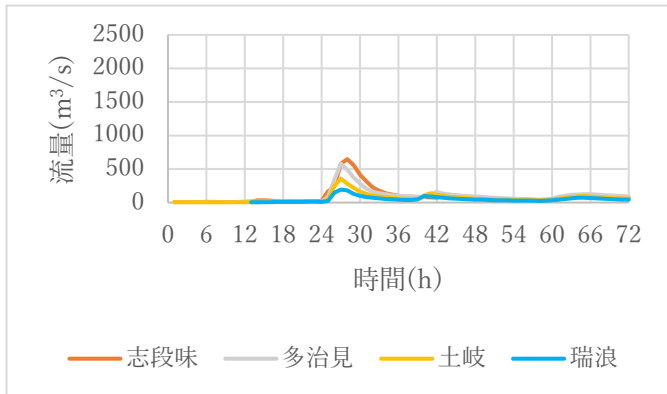


図10 平成 20 年 8 月末豪雨の流量

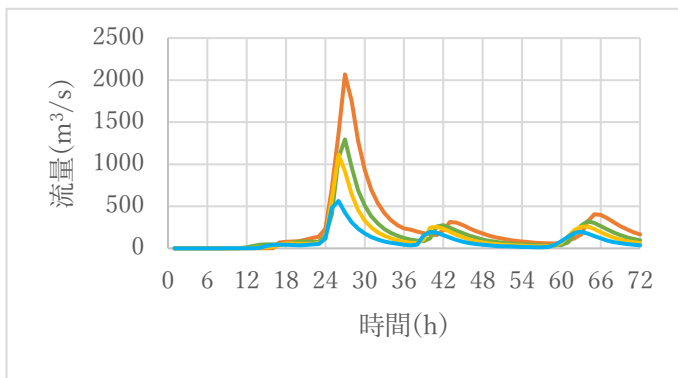


図11 ケース A

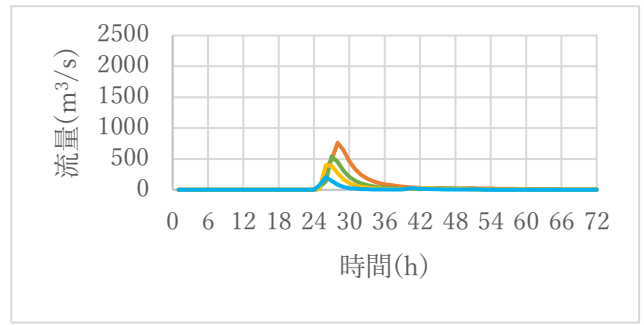


図12 ケース B

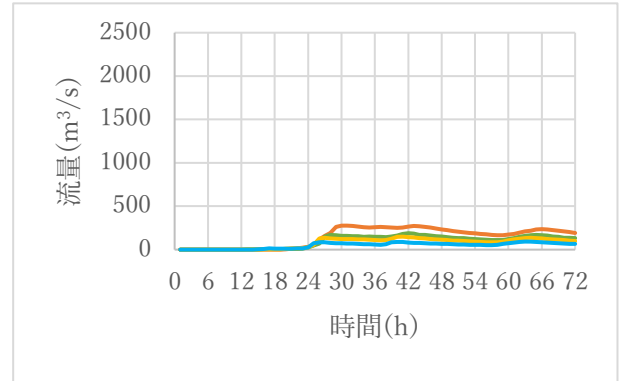


図13 ケース C

2) 平成 23 年 9 月台風

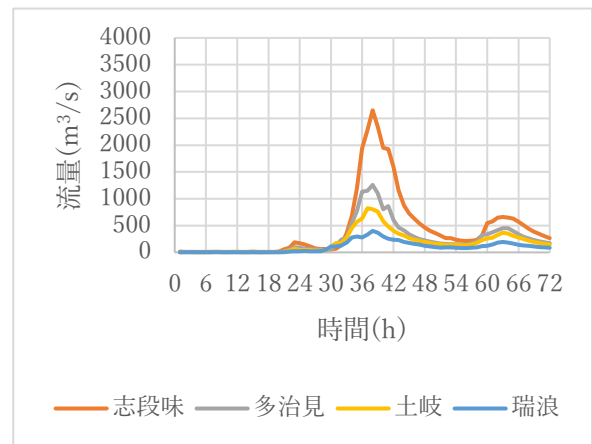


図14 平成 23 年 9 月台風の流量

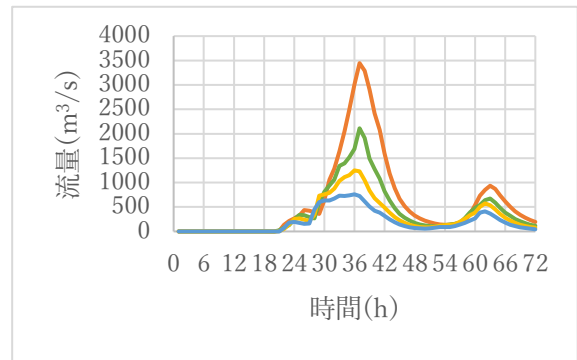


図15 ケース A

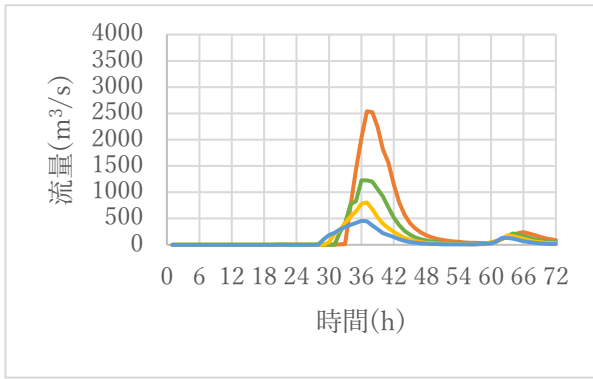


図 16 ケース B

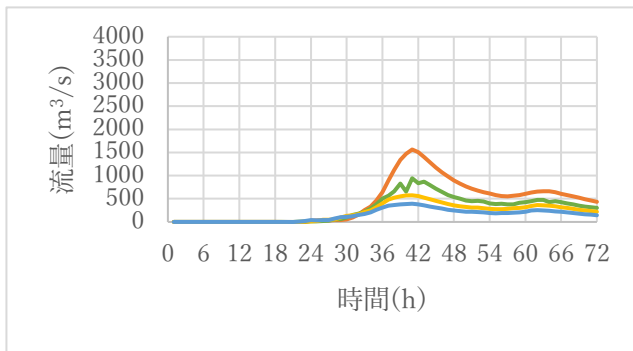


図 17 ケース C

8. 考察

1) 平成 20 年 8 月末豪雨

図 11～図 13 より、ケース A を使用した場合は、地表面のみを考えているため流量が大きくなった。ケース B を使用した場合は、地表面及び地下浸透を考えているため流量が大きく下がり、実際のデータと近い値となった。ケース C を使用した場合は、地表面、地下浸透、更に地上への流出を考えているため実際の流量に比べ、ピーク時の流量の値は小さい値となった。しかし、ケース B と比べ流量の変化具合が実際のデータと近いものとなった。よってケース B とケース C の二つについて細かいパラメーターの変更を行う必要がある。

2) 平成 23 年 9 月台風 15 号

図 15～図 17 より、ケース A とケース B を使用した場合は、上記の平成 20 年 8 月末豪雨のケース A とケース B の結果と同じ特徴を持つ結果となった。ケース C を使用した場合は、平成 20 年 8 月末豪雨

の結果と同様ケース B より流量のピークが下がり、ピークの時間に関しても少し後の時間となった。

9. おわりに

本研究では、実際の観測データを再現するには至らなかったが解析結果を近づけることはできた。この再現計算は、将来的に起こり得る豪雨や大規模な氾濫等の予測等にも活用が可能であるため、これからも検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター: rri.pdf (pwri.go.jp) (2024 年 1 月 25 日確認)
- 2) esri ArcGIS Online: 流向-ArcGIS Online | ドキュメント (2024 年 1 月 25 日確認)
- 3) esri ArcGIS Pro: 累積流量ラスタの作成の詳細-ArcGIS Pro | ドキュメント (2024 年 1 月 25 日確認)
- 4) 国土交通省 水門水質データベース: 国土交通省 水文水質データベース (river.go.jp) (2024 年 1 月 25 日確認)
- 5) 世界の雨分布速報 JAXA GLOBAL RAINFALL WATCH, GSMAP: https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm (2024 年 1 月 25 日確認)

1. 研究目的

近年、異常気象や気候変動によるゲリラ豪雨や台風による水害が多発している。例として、2018 年に生じた西日本豪雨では四国地方で 1800mm、東海地方で 1200mm を超えるなどの豪雨があり、死者 224 人、行方不明者 8 人、などの甚大な被害になった。この様な事未然に防ぐために、庄内川全域の流域治水について検討し、庄内川で水害が生じた場合のハード対策を議論する。庄内川の下流には日本三大都市の名古屋市が位置することから、名古屋市が大きな被害を受けない対策を提案する。なお、本研究では降雨流出氾濫モデル(RRI)を活用する。

2. 解析モデルと必要なデータ

RRI モデルは、流域全体を格子単位で分割する分布型モデルであり、降雨を入力して降雨流出と洪水氾濫を一体的に解析する。降雨は流域斜面に入力し、河道と斜面で水の流れを計算するとともに、両者の水のやり取りを計算するものである。必要なデータは①降雨データ、②標高データ (Conditioned DEM) ③集水ピクセル数 (Flow Accumulation) ④落下方向 (Flow Direction) の以上の4つが必要である。①降雨データは気象庁なのでまとめてある実際の雨のデータを入力することや実際に起こりえない量の雨のデータを入力することが可能である。②標高データは地盤高を表していて、下図は庄内川流域である。③集水ピクセルは累積流量を、出力ラスタの下り勾配にあるセルに流れ込むすべてのセルの累計加重として計算するもので、加重ラスタを指定しない場合は加重 1 が各セルに適用され、出力ラスタのセルの値は各セルに流れ込むセルの数になる。④落下方向は8方向の流向を整数値で表したデータである。それぞれを図 1～図 6 に示す。

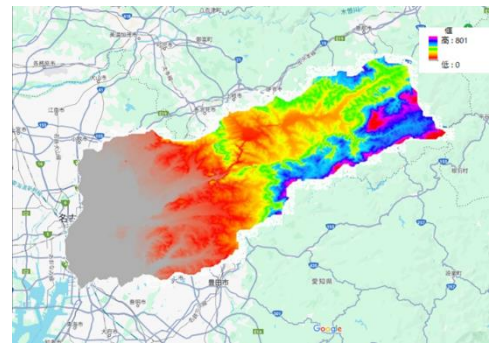


図-2 標高データ

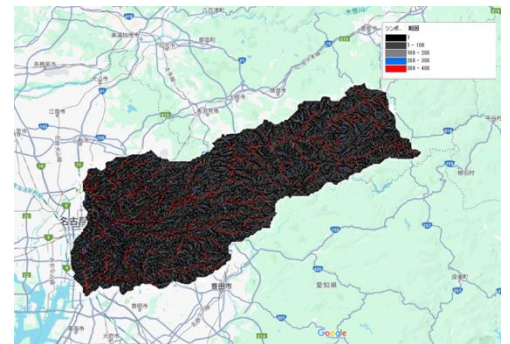


図-3 図化した集水ピクセル数データ



図-1 降雨データの表示 (全域一様降雨の例)

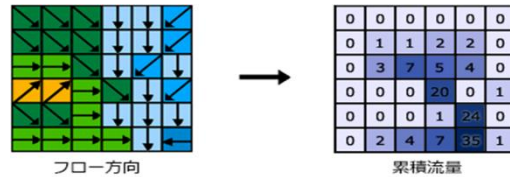


図-4 集水ピクセル説明図

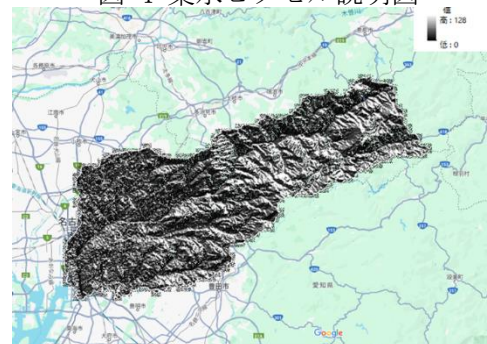


図-5 図化した落下方向データ

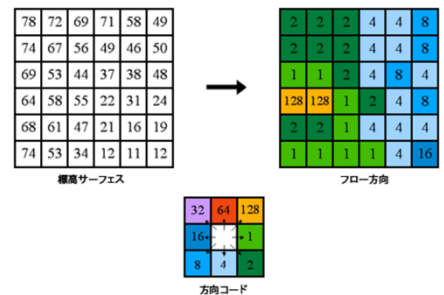


図-6 落下方向データ説明図

3. 計算領域

左岸側に大都市名古屋を持つ庄内川の流域を対象とする。計算領域を図-2に示す。

4. 計算条件

国土数値情報の土地利用詳細メッシュデータにより雨量が多い2011年9月19日から9月21日のデータによる庄内川流域の流量を算出した。また条件として、川幅と水深の数値を変えた。それによる流量の変化と最大浸水深を比較する。その他に標高データの田んぼのデータを変更し、40センチ下げた(図-8では凡例の4番が田んぼである)。田んぼの地盤を下げることにより、庄内川全域での流域治水を考え、川幅と水深が同じ条件のデータと比較する。Width4.0c-depth0.9cをcase1, Width4.0c-depth0.8c,をcase2, Width3.0c-depth0.9cをcase3, Width3.0c-depth0.8c,をcase4, Width2.0c-depth0.9cをcase5, Width2.0c-depth0.8cをcase6, Width2.0c-depth0.8cの条件で田んぼを40センチ下げたものをcase7として示した。流量の時間変化のポイントは図-7に示す。

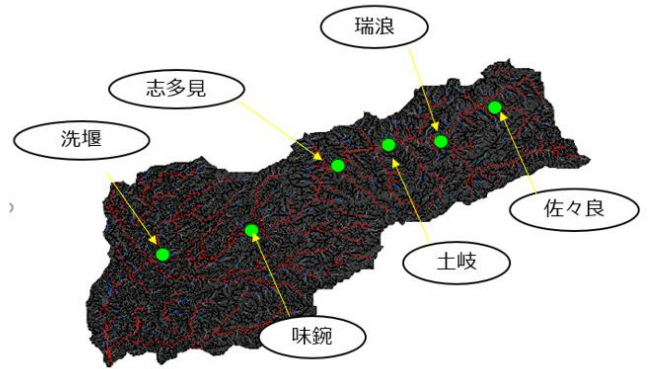


図-7 庄内川流域ポイント

Width4.0c-depth0.9cをcase1, Width4.0c-depth0.8c,をcase2, Width3.0c-depth0.9cをcase3, Width3.0c-depth0.8c,をcase4, Width2.0c-depth0.9cをcase5, Width2.0c-depth0.8cをcase6, Width2.0c-depth0.8cの条件で田んぼを40センチ下げたものをcase7として示した。流量の時間変化のポイントは図-7に示す。

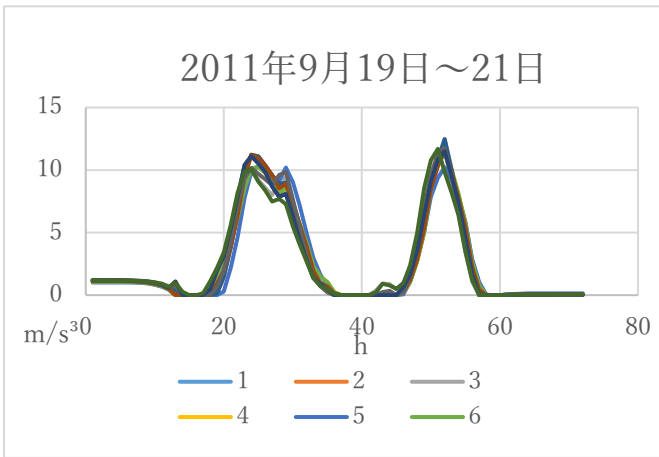


図-8 降雨データ図化

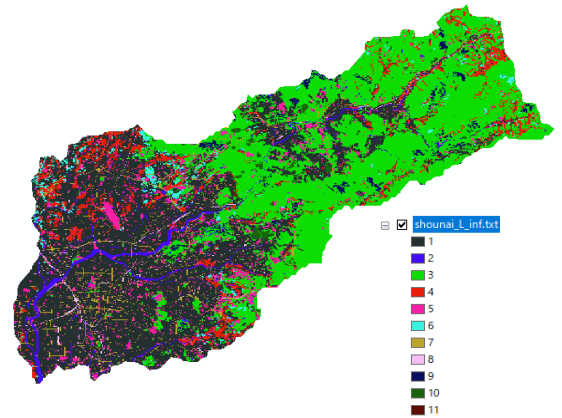


図-9 庄内川流域区分けデータ

5. 解析結果

計算結果から降雨と各場所の流量が同じような時間変化を示している。どのcaseでも味鏡、志多見、土岐、瑞浪、佐々良、洗堰の順に流量が大きくなる。川幅の変化による影響では、case1とcase5を比較するとcase1では50時間後の味鏡は1200m/s³を超えているが、case5を見ると50時間後の味鏡は1200m/s³を超えていない。この結果から川幅が小さいほど流量が減ることが分かる。河川の水深の変化による影響について、case5とcase6では、50時間後の味鏡の流量が小さくはあるが減っていることが分かる。case4とcase3も同じ様な結果になっている。このことから河川の深さ(水深)が小さいと流量が減ることが分かる。Case6とcase7の一番の大きな違いは20時間から40時間のグラフである。Case6は味鏡だと600m/s³、志多見だと400m/s³を超えない流量にも関わらず、case7では味鏡が1000m/s³、志多見では800m/s³を超えている。約2倍近くも差ができてしまった。田んぼの地盤を下げ、そこに水をため流量を抑えるはずが、流量が多くなった。

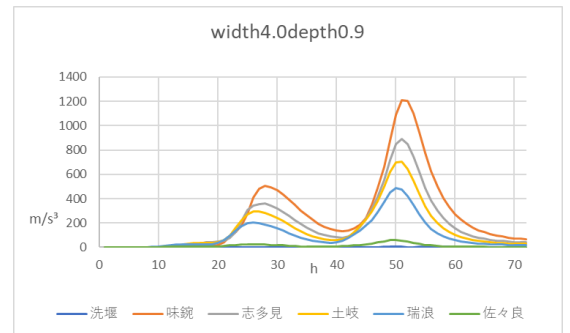


図-10 case1の流量の時間変化

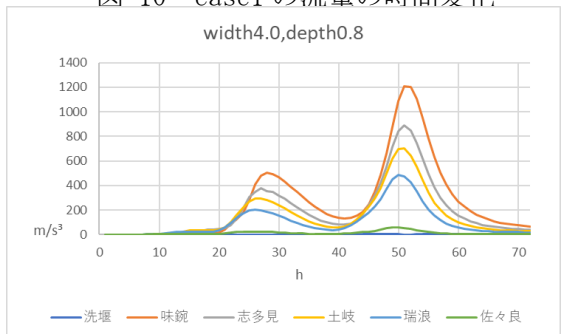


図-11 case2の流量の時間変化

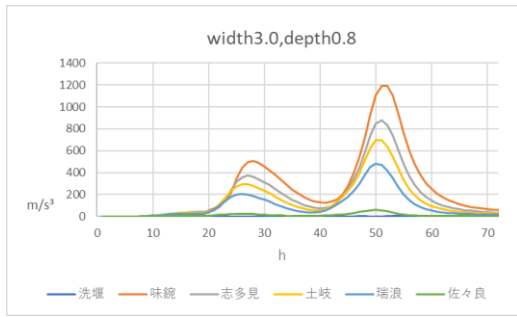


図-12 case3 の流量の時間変化

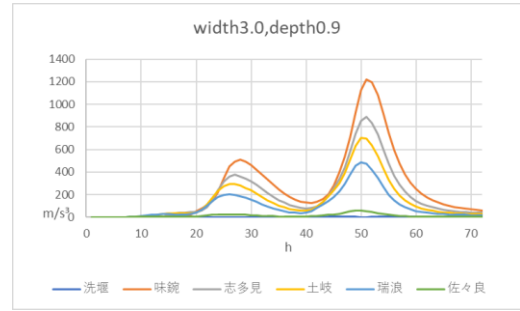


図-13 case4 の流量の時間変化

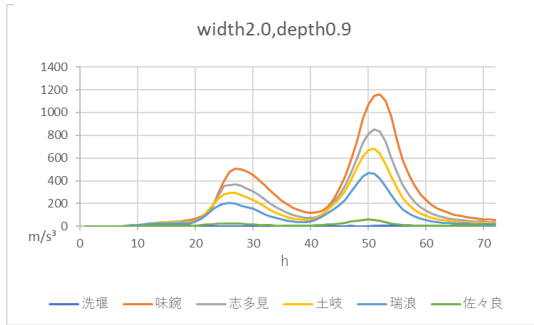


図-14 case5 の流量の時間変化

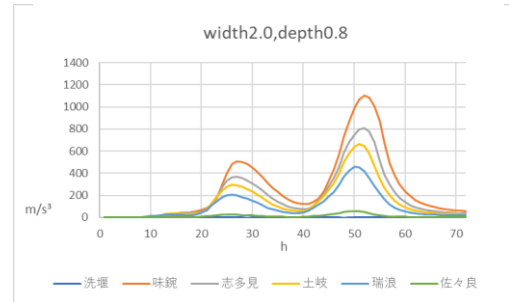


図-15 case6 の流量の時間変化

最大浸水深 では Case1,case2,case3,case4,case5,case6 を見ると名古屋付近に川の水が多く集まっている。標高データを見てみると名古屋付近の地盤高が低くなっていることから名古屋付近に川の水が集まっていると考えられる。case1, case3,case6 の川幅だけを変えた場合、川幅が狭いと川が氾濫しやすくなると結果から分かる。Case5,case6 の水深だけを変えた場合、水深を下げると川が氾濫しており、同様に case1.case2 と case3,case4 も水深が下がると水の氾濫域が広がっているの、水深が下がると水が氾濫しやすくなると結果から分かる。case6 の土岐付近では川の水が集まっていた。Case6 が一番氾濫しやすくなっていることから、ある一定の基準から上流にも川の水が集まる可能性があるかと推察できる。case7 の名古屋付近の 0.5-1 の範囲が大きく広がっている方が分かる。0.1-0.2 の範囲が 0.2-0.5 に変わっている場所もある。上流の方でも case6 と case7 と比較すると土岐付近でも case7 の浸水が深くなっている。Case7 は想定した時では case6 よりも浸水深が浅くなると考えていたが、結果はより浸水深が深くなった。

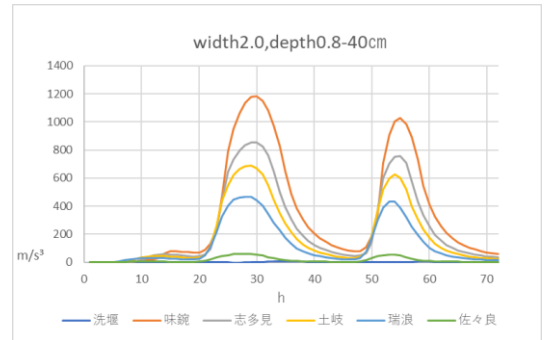


図-16 case7 の流量の時間変化

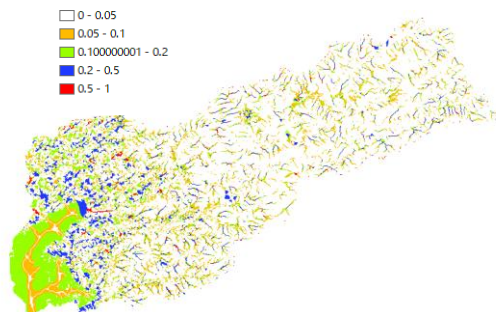


図-17 case1 の最大浸水深

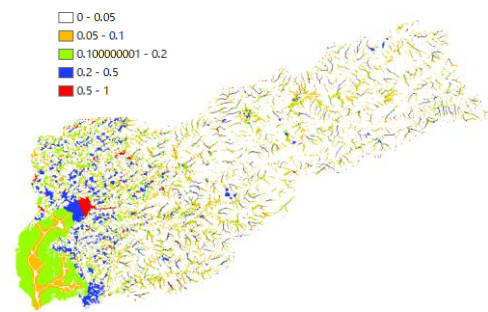


図-18 case2 の最大浸水深

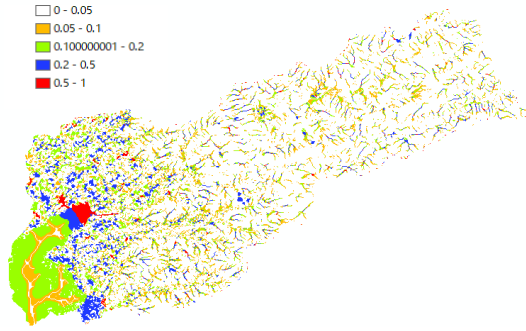


図-19 case3 の最大浸水深

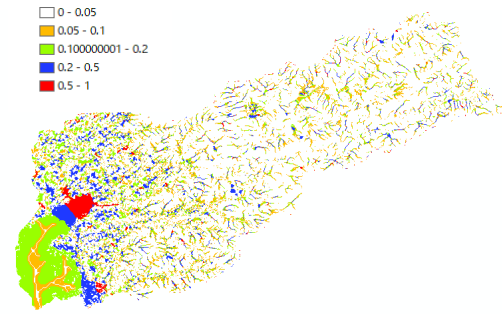


図-20 case4 の最大浸水深

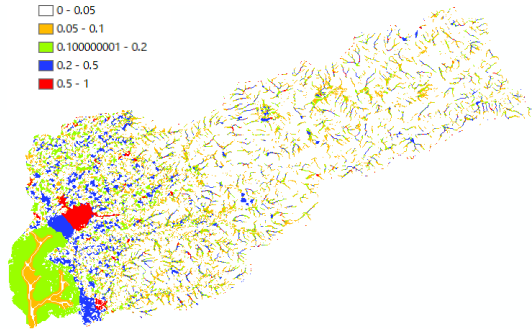


図-21 case5 の最大浸水深

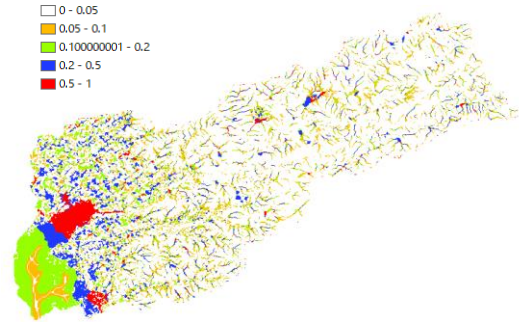


図-22 case6 の最大浸水深

6. 今後の課題について

庄内川流域で川を氾濫させて流域治水を考えたが、想定している事にならない結果となってしまった。RRI(降雨流出氾濫)モデルの使い方をより知る必要がある。

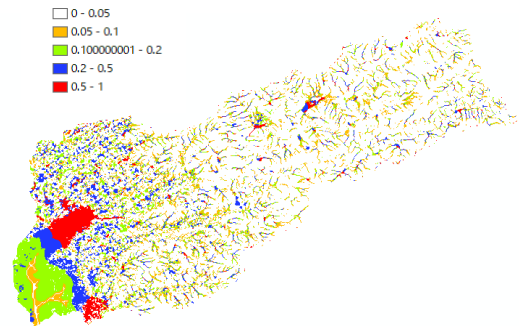


図-23 case7 の最大浸水深

参考文献

- 1) 西日本新聞. 流域治水のイメージ - 被害軽減へ「流域治水」 越水前提、全域で予防 熊本豪雨 4 カ月 - 写真・画像 (2/2)
流域治水のイメージ - 被害軽減へ「流域治水」 越水前提、全域で予防 熊本豪雨 4 カ月 - 写真・画像 (2/2) | 【西日本新聞 me】 (nishinippon.co.jp) (2024年2月29日確認)
- 2) 水文水質データベース
国土交通省 水文水質データベース (river.go.jp) (2024年2月29日確認)
- 3) GSMaP を使って RRI 用の降雨データを作成する
GSMaP を使って RRI 用の降雨データを作成する | SK ラボ.net (sk-lb.net) (2024年2月29日確認)

春日井市地蔵川流域の降雨流出に関する現地観測と数値解析

EC20015 奥山和哉

1. 研究目的

近年、ゲリラ豪雨による内水被害が多発しており、詳細な内水氾濫の発生メカニズムと対策の検討は喫緊の課題である。効果的な対策の検討のためには、都市における詳細な内水氾濫が表現できる解析モデルが必要となる。また、解析モデルを構築したとしても、その検証を十分に行うことができなければ、解析モデルの評価が難しい。従って、降雨時における都市浸水のモニタリングは非常に重要な課題である。著者らは春日井市の地蔵川・八田川流域を対象とした解析モデルを構築し、下水道のマンホールの推移を計測し、そのデータの活用と共に数値解析結果の検証を行いモデルの改善を行った。本研究では、都市における降雨時の河川流量の観測を検討し、氾濫解析の検証に有用な情報を増やすことを目的に、地蔵川が映っている動画を整理することで、画像から流速を測定する Hydro-STIV¹⁾を用いて、流速及び流量観測を検討した。さらに、得られた観測地を用いて著者らが開発している内水氾濫解析モデルの精度検証を行った。

2. 流量観測の概要

本研究では春日井市が所有している動画を活用して流速測定を行う。春日井市から情報を提供いただき、YouTube にアップされている柏井、松新、勝川の動画データを入手した。この画像の地点情報を得るために測量を行い、Hydro-STIV を用いて、2023 年 9 月 10 日 14:50~16:40 の動画情報から流速・流量を求めた。なお、この日は観測場所近くの春日井市役所において 14:40~15:10 まで降雨が観測されており、総降水量 50mm であった。



図.1 観測地点

Hydro-STIV の活用においては、以下の点を工夫した。

- ①まず、動画データを 10 分毎に区分して流速を求めた。得られた結果には、すべての測点で流下している流速値が得られる場合もあったが、一部逆流した結果もあった。対象としている河川は直線水路であり、洪水時に 1 測点だけの逆流はエラーであると判断し、その部分は周りから補正して流速を求めた。
- ②次に、10 分毎に区分した最初の 1 分を使用して流速を求めた。その場合、多くの測点で逆流が見られる点は改善されたが、一部逆流が生じていたので、その点については①と同様に周りから補正した



図.2 観測地点の様子



図.3 松新の水位変化の様子

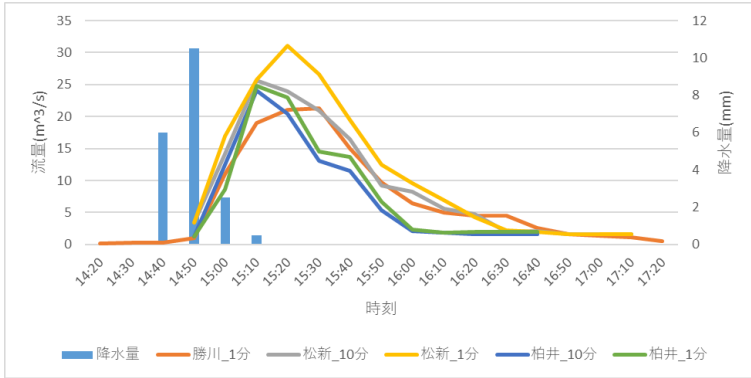


図.4 得られた流量の時間変化



図.5 計算領域, 下水道ネットワーク, 貯水槽, 排水箇所の情報

③水位については画像から目視にて設定し, 得られた流速分布の平均流速×断面積により流速を求めた. 用いた動画の様子を図.3に, 得られた流量を図.4に示す. 図.3から河川水位が大きく変化していることが分かる. また, 図.4から, 流量の時間変化が理解できる. なお, 勝川10分は多くの箇所で逆流が生じており使用できないと判断した. 柏井と松新・勝川は同一の河川であり, 観測地点も近く流量は一致するものと考えられるが, 一致は見られなかった. 松新(10分)と柏井(10分, 1分)ではピーク流量が一致した. また, ピーク流量以降の時間変化は, 柏井の10分と1分の結果, 勝川(1分)と松新(10分)の結果(遅れて松新(1分))の結果が一致した.

3. 解析結果

本研究では, 横倉ら²⁾の解析モデルを使用する. 計算領域は図.5のとおりであり, 地蔵川・八田川とその領域の地盤高, 下水道, 貯水槽, ポンプ排水などを考慮し, 降水観測地点を用いたティーセン分割を行い, 降雨を与えた. 流量の観測値と解析値を比較したものが図.6である. ここでは流出係数 0.5~0.7, 1 と変化させた結果を示しているが, 流出係数 0.5~0.7 の条件下で観測値と概ね一致した. しかし, 解析結果は観測値よりも遅れて流量の時間変化が表れており, この点は今後の検討課題である.

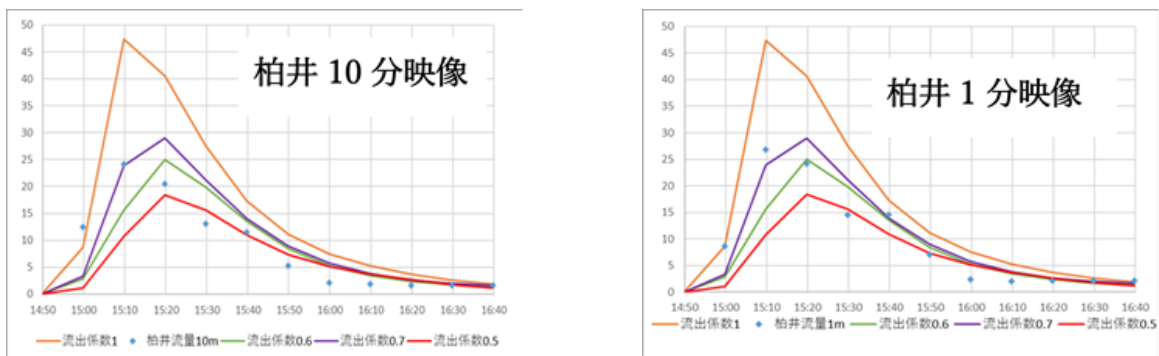
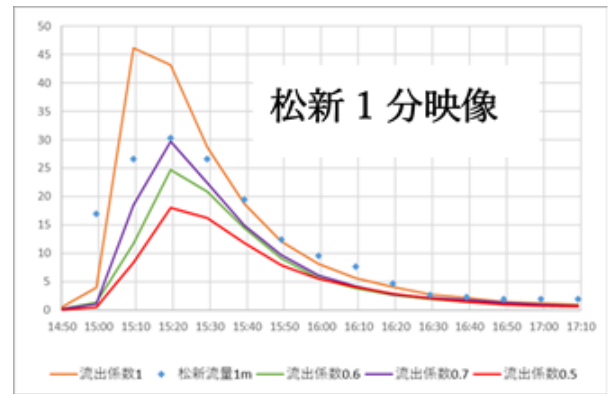
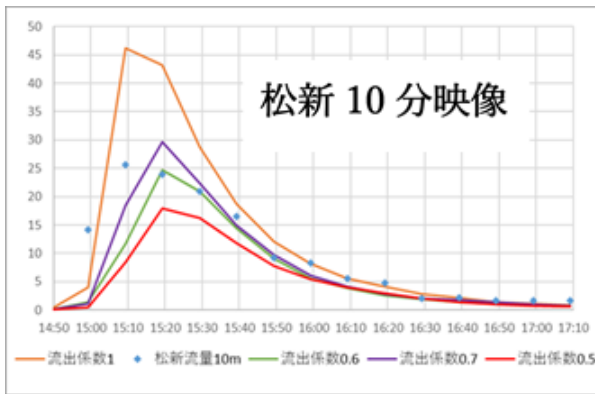


図.6 数値解析と観測値の比較(その1)



4. 考察

今回、数時間ある映像データを10分毎に区切った映像と、その10分のうち、冒頭1分のみを扱った映像でHydro-STIVの解析を行った。この2つの方法のうち、より正しい解析結果として扱うことができるのは1分の映像データの解析結果である。その根拠は、Hydro-STIVを使用する際、水位を入力する必要があるが、この水位は映像冒頭の水位に合わせているため、1分間の水位変化では解析結果に大きく影響しないが、10分間の水位変化では解析結果に大きく影響するためである。幸い、本研究では小規模の降雨であったため、解析結果に影響がなかったが、降雨状況が異なれば解析結果に大きく影響を及ぼすと考えられる。

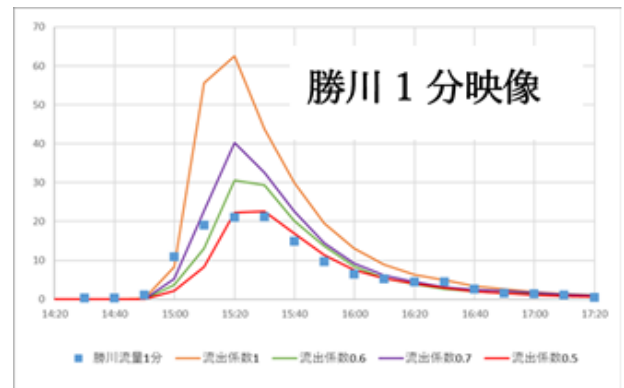


図.6 数値解析と観測値の比較(その2)



10分後
→



図.7 10分間の水位の変化

また、全体の流量比較図(図.4)の通り、松新の1分区切り映像の解析結果のピーク流量が大きく他とは異なっているのが分かる。そこで、問題の映像データを3回解析し直した(図.8)。その解析結果によると、検査線の引き方が解析結果の差を生み出している。1, 3回目は検査線が木と被さっており、解析結果もほかの映像データより大きな流量が出た。2回目の解析結果で流量を算出したところ、概ねほかのデータと流



図.8 解析結果の違い (その1)

量が一致していた。

これより、結果の均一化のためには検査線の引き方を統一する必要がある。さらに、より Hydro-STIV の有用性を確認するためには、その他の流速観測ツールと併用する必要がある。

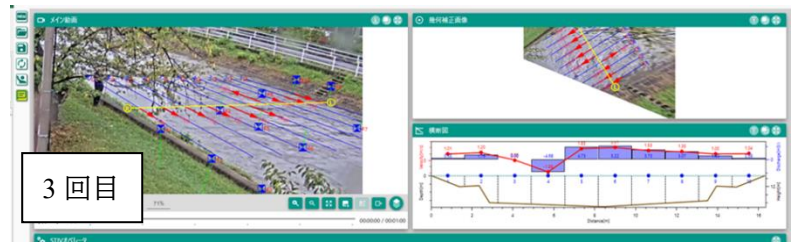


図.8 解析結果の違い(その2)

また、今回の Hydro-STIV の結果を見ると、大きく分けて 2 パターンの流量変化がみられる。1つは柏井のように流量減少が速いパターン。2つ目は松新・勝川のように緩やかに流量が減少していくパターン。この2つの違いは外部からの流量の追加によって生まれる。柏井と松新の間には下水道放出口があり、そのため柏井は流量減少が速く、松新・勝川は流量減少が遅くなった。



図.9 下水道放出口の位置

また、Hydro-STIV と数値解析の結果からこの地域における流出係数は 0.6~0.7 になると考えられる。目安として、密集市街地が 0.9, 一般市街地 0.8, 畑・原野 0.6, 水田 0.7, 山地 0.7 なので、適切な範囲内であるといえる。

一連の結果から横倉らの数値解析には十分な内水氾濫として機能するのか検討する。まず、最初に降雨時のデータが少ないため Hydro-STIV で本解析モデルの完成度を測るのが難しく、現段階では大規模なゲリラ豪雨、台風などの内水氾濫対策のツールとして使用出来るとは言えない。しかしながら、小規模の降雨の際には今回の結果から大きな相違はなく、土地の低い場所に建つ家屋の浸水被害対策程度の役目は十分に果たせると言える。

また、本研究の改善点として、カメラの位置が悪いという点が挙げられる。幾何補正によってある程度奥行きのある映像の補正はできるものの、カメラの位置的に、斜面で河川の水際が隠れたり、草木や標識等で水面がうまく映らなかったりと問題は多い。これらの問題は、河川の真上にカメラを設置することで解決できる。

5. まとめ

本研究では、都市浸水をモニタリングするために降雨時の河川の動画情報から Hydro-STIV を用いて流速及び流量測定を行った。得られた成果より流量の時間変化が把握でき、数値解析の結果からも流量係数 0.6 の解析流量と観測流量が一致した。これは、自然の残る都市を考えれば概ね妥当な結果と考える。今後は、サンプルデータを増やし、今回よりも適切な解析結果の得られるカメラの位置や検査線の引き方を検討することが課題である。

参考文献

1) 株式会社ハイドロ総合技術研究所:Hydro-STIV 操作マニュアル

https://hydrosoken.co.jp/data/img/Hydro_STIV_brochureA4_jp.pdf 最終確認(2024/1/25)

2): 横倉昌信・武田 誠・村瀬将隆：春日井市における内水氾濫解析モデルの改良とその活用の試み，土木学会論文集 B1(水工学), Vol77, No2, I_529-I_534, 2021.

春日井市の中小企業を対象とした
BCP の普及に関わる検討

EC20022 河合真誠

1. はじめに

1.1 日本の現状

近年、日本では台風や集中豪雨による水害が多発している。図1は、1年間の時間雨量50mm以上の回数を表している。1976年から1985年の年平均は226回であるが、2013年から2022年の年平均は328回と約1.5倍増加している。また、2018年の西日本豪雨、2019年の東日本台風、2020年の7月豪雨などの豪雨災害が毎年起こっており、災害が激甚化していることがわかる。春日井市では過去に、平成12年に東海豪雨、平成13年に台風15号で市内が浸水しており、水害の危険性があることが分かる。

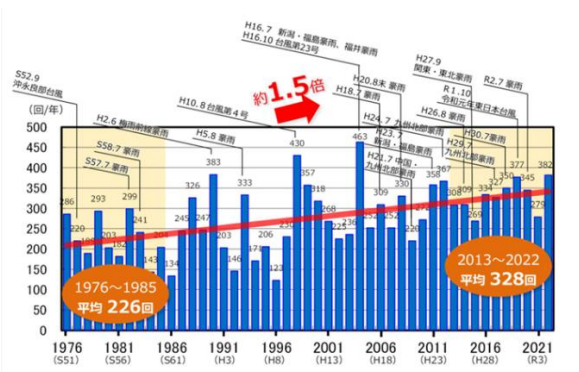


図1 1時間降水量50mm以上の年間発生回数 (5)

1.2 BCPの概要及び普及率の現状

BCPとは、Business Continuity Planの頭文字をとった言葉である。企業が自然災害などの緊急事態に遭遇した場合において、事業資産の損害を最小限にとどめつつ、中核となる事業の継続あるいは早期復旧を可能とするために、平常時に緊急時行なうべき活動や緊急時における事業継続のための方法、手段などを取り決めておく計画である。各中小企業がBCPを作成する場合には、様々な機関が出している雛形を選び使用している。ここでは本研究で使用した中小企業庁の雛形について説明する。中小企業庁のBCPの雛形は、入門コース・基本コース・中級コース・上級コースの4つのコースがある。(1) その中

の基本コースは、他のコースより取り組みやすく、運用することが十分可能である。基本コースで作成する項目は16個あり、大きく分けると5つに分けることができる。1つ目が従業員の情報、2つ目がお金に関する情報、3つ目が避難に関わる情報、4つ目が取引先の情報、5つ目が資材などの情報である。作成メリットは以下の3つだ。1つ目が、緊急事態への対応力が高まること。2つ目が、損害の最小化を図れること。3つ目が、顧客からの信頼度が高まること。これらの作成メリットがあるにもかかわらず、春日井市の中小企業の多くがBCPに興味を薄くしている。写真1は、2023年8月2日に春日井商工会議所で行われた「水防災タイムライン・BCPセミナー2023」の様子である。春日井市の総企業数11932社に対し参加した企業は11社であった。



写真1 防災タイムライン・BCPセミナー2023

1.3 本研究の目的

1.2から、春日井市の中小企業でのBCPの普及率は低いことが分かる。そのために、普及率が低い原因を見つけ解決策を検討する。さらに、解決策に基づき具体策を作成する。この具体策を元に、春日井市のBCPの普及率の向上を目指すことを目的とする。

2. 現在の課題点

春日井市のBCPの普及率が低い原因を3つ考察した。

- ① BCPの作成が難しい・複雑である
- ② BCPを作成するメリットを企業が理解していない
- ③ 春日井市が災害に強い街と企業が認識している

3. 課題の解決策

3つの課題点に対して、下に解決策とその具体的な対策を示す。

- BCPの作成を容易にする
→BCPの作成方法を、セミナーを開催して説明する。
- BCPの作成を支援する
→BCPの見本を基に、共同して作成する。
- BCPを作成するメリットの説明を行い、広めていく
→セミナーを開催し、BCPのメリットについて説明する。
- 激甚化している災害の説明を行い、危機感を持つ取り組みを行う
→セミナーで激甚化している災害について説明し、危機感を持ってもらう

以上をまとめ、3つの活動ができると考えた。1つ目がBCPの作成方法・作成メリット・激甚化している災害についてセミナーを開催し説明すること、2つ目がBCPの見本を作り、作成の手本とすること、3つ目がBCPを共同して作成することである。

4. 活動内容

3つの具体策のうち、「BCPの見本を作り、作成の手本とする」と「BCPを共同して作成する」がBCPの普及率向上に効果的と考え、4.1、4.2の活動を行った。

4.1 BCPの見本を作り、作成の手本とする

中小企業庁の基本コースの雛形を使用しBCPを作成した。必要となる情報は、想定会社を作成し使用した。

〈想定会社の情報〉

場所 春日井市
従業員数 50人から100人程度
業種 建設業
特徴 地域を水災害が発生しやすい川沿いの勝川南部地域

図2~4は作成したBCPの一部である。

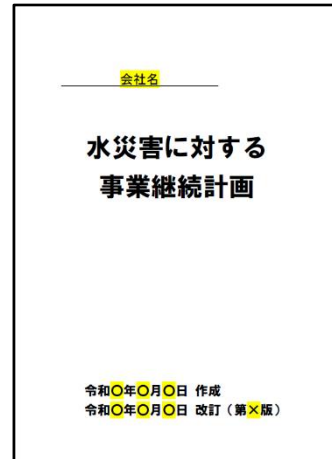


図2 BCP表紙

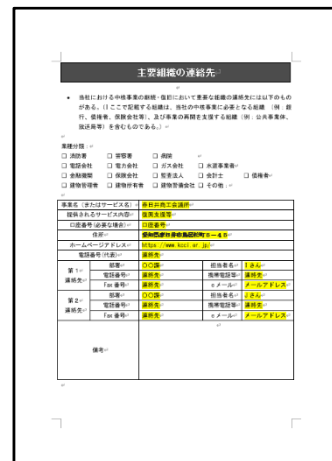


図3 BCP内容

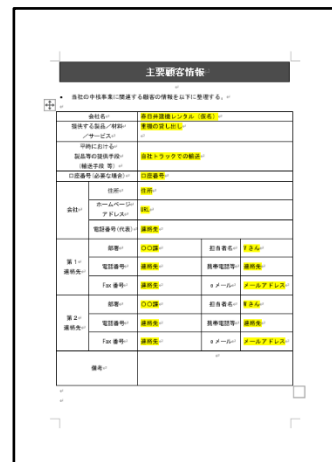


図4 BCP内容2

4.2 BCP を共同して作成する

4.1 で作成した BCP を持ち、春日井市の建設業の秋吉組を訪問した。秋吉組では、すでに BCP を作成していたため、「BCP の作成で困難だったこと」、「どうしたら BCP の普及率が向上するか」などを討論した。

〈討論内容〉

BCP を作成した理由

BCP を作ってメリットはあったか

BCP の作成する困難だった点

BCP の改善点

BCP の普及率の向上のために必要なこと



写真 2 秋吉組での討論

5. 改善点及び今後の活動

5.1 改善点

本研究を通して改善すべきと感じた点を理由とともに以下に示す。

① BCP の財務情報の記載を簡易化する

理由：BCP を実際に作成した私、秋吉組、BCP の作
アドバイスをくださった尾畑氏も財務状況の
項目を作成することができなかった。このこ
ことから BCP を作成する際の難点ということが
わかる。BCP をより強固にするためにはすべ
ての項目を作成するべきだ。また、BCP の普
及率の向上を図るためにも簡易化することで
手を付けやすくなると感じた。以上から BCP
の財務状況の記載を簡易化すべきと考える。

② BCP を作成するメリットを増やす

理由：現状作成するメリットは、「緊急事態への対
応力が高まる」、「損害の最小化を図れる」、
「顧客からの信頼度が高まる」の 3 つと少な

い。また、秋吉組との討論で業種によって作
成するメリットが薄れていることがわかつ
た。このことから作成するメリットが少ない
ことや、作成するメリットが薄いと普及率に
影響すると考えられる。以上から BCP を作成
するメリットを増やすことが必要と考えた。

③ BCP の成功例を広める

理由：本研究をしている際に BCP の成功例について
調べたが乏しく、詳しい記事を見つけること
ができなかった。そのため企業が作成する際
に、成功例が乏しいことから作成をとどまっ
ているのではないかと感じた。以上から BCP
の成功例を広めることが必要である。

5.2 今後の活動

改善点を踏まえて、BCP の普及率を向上させるた
めにすべき活動を理由とともに以下に示す。

① BCP の定期的な更新の補助をする

理由：BCP は、災害の激甚化や中核事業の更新など
から定期的な更新が必要とされている。BCP
の作成は、最近始まったばかりの活動で、
「BCP の更新が企業にとって難しい」や「更
新の目的がわからない」などの影響で更新す
る企業が 0 に近いと予想される。そのため
に、BCP の定期的な更新の補助を行いより強
固な BCP になる。以上から BCP の定期的な更
新の補助をする必要がある。

② 財務情報の記載について再度学び直し、作成方 法について説明できるようにする

理由：財務情報の記載の項目は BCP 作成の難所であ
る。そのため BCP の作成難易度が高く、普及
率に影響していると考えている。この項目を
説明ができるようになれば、作成が容易にな
り普及率が向上すると考えられる。また、こ
の項目は作成できていない企業が多いと予想
する。以上より早急に、財務情報の記載につ
いて再度学び直し、作成方法について説明で
きるようにすることが必要である。

③ BCPの基本コースから上級コースへのレベルアップ

理由：今回BCPの作成で中小企業庁の基本コースの雛形を使用した。基本コースの上には上級コースがある。この上級コースは、BCPに地域貢献活動や他社との活動などの項目があり、地域防災力の向上につながる。以上からBCPの基本コースから上級コースへのレベルアップが必要である。

④ BCPの成功例について調べ、広める

理由：BCPの成功例について調べた際、事例が乏しく、詳しい記事を見つけることができなかった。成功例が乏しいことから作成の意義を見いだせず作成をとどまっているのではないかと感じた。以上からBCPの成功例を広めることが必要である。

⑤ 防災でBCPを作るのではなく企業戦略としてBCPを作成する

理由：土木業界に限定になるが、国の機関が発注する工事にはBCPを作成している企業が受注できる可能性が高くなるシステムがある。このようなシステムの活発化や、システムを新しく作ることで、BCP作成の後押しになると考えられる。以上より、防災でBCPを作るのではなく、新しいメリットの1つ“企業戦略”としてBCPを作成することすることで、BCPの普及率の向上につながると考えられる。

⑥ 土木業界以外にも現状を調べ、共同してBCPを作成する

理由：本研究は、土木業界を対象としBCPを作成した。しかし、土木業界では災害時、インフラの復旧等に出動する。そのため、BCPの必要性が低いと感じた。しかし、製造業は作業機械のコストが高く受け入れ業者や他の業者とのつながりが他の業種より深いためBCPの必要性が高い。このようなBCPの必要性の高い業界をリストアップし、その業界にあったBCPの見本を作り共同して作成することで普及率の向上につながる。以上から、土木業界以外にも現状を調べる必要がある。

6. おわりに

本研究では、春日井市でのBCPの普及率が低い現状、BCPの内容・作成方法を知ることができた。また、実際にBCPを作成した秋吉組、尾畑氏とBCPについて討論を行なうことができた。さらに、BCPの改善点、BCPの普及率の向上のために今後行なうべきことを思案した。今後はBCPの普及率向上のために[5.2]に示した活動をすべきである。

参考文献

- 1) 中小企業庁，“中小企業BCP策定運用指針”，（参照 2023-11-21）
https://www.chusho.meti.go.jp/bcp/contents/level_c/bcpgl_01_1.html
- 2) 中小機構，“BCPのメリットまとめ”，2023-02，（参照 2023-11-21）
<https://kyoujinnka.smrj.go.jp/knowhow/merit/>
- 3) 春日井市，“事業所”，統計資料，2021-12，（参照 2023-11-21）
https://www.city.kasugai.lg.jp/res/projects/default_project/_page_/001/027/890/10_R3ziguousyo.pdf
- 4) 中小企業庁，“中小企業BCP策定運用指針”，2020-03（参照 2023-12-05）
<https://www.chusho.meti.go.jp/bcp/>
- 5) 国土交通省，“水害レポート2022”，2023-03，（参照 2024-01-01）
https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/pdf/suigai2022.pdf

中部地域の災害に関わる知識伝承の整理

EC20033 笹井丈一郎

1. はじめに

近年、日本では甚大な水害が多数発生している。また、地球温暖化の影響による豪雨災害、洪水災害、高潮災害の発生も否定できない。中部地方では10年近く大きな水害が生じていないが、近々南海トラフが起こるかもしれないなど大きな災害が起こる危険性はあるものと考えられる。

中部地方の代表的な災害として、「伊勢湾台風（1959年）」「東海豪雨（2000年）」が挙げられる。そこで、お年寄りの方々から、実際経験した災害について、ヒアリング調査をし、今の若者に災害の恐ろしさを伝承するのがいいと考えた。本研究では、中部地域の災害に関わる知識を調査し、その伝承の在り方について検討する。

なお、本研究で災害情報として挙げたものが「伊勢湾台風」「東海豪雨」であったので、その概要を以下に示す。

伊勢湾台風

1959年9月21日～27日に発生した災害。犠牲者が約5100人、負傷者約38000人という甚大な被害であった。



写真1 市街地の様子（名古屋市南区）¹⁾

東海豪雨

2000年9月11日～12日に発生した災害。犠牲者、負傷者は伊勢湾台風より少なかったが、豪雨だった

ため、浸水被害による家が倒壊する被害が多かった。約70000件の浸水被害があった。被害総額は8500億円であった。



写真2 西枇杷島町の様子²⁾

2. ヒアリング調査の概要

本研究では、春日井市役所（春日井安全アカデミー防災コースの2023年7月12日講義終了後、24名）、愛西市（2023年12月10日の第4回あいち防災リーダー会本部研修会終了後、19名）、実家（2024年2月4日、祖母とその友人4名）の合計3か所でアンケートおよびヒアリング調査を行った。

アンケート調査は以下のような項目で行った。

○氏名

○男性・女性

○年代

○どこで、どのような水害を体験しましたか？体験した水害について教えてください。（いつ、どこで、どのような原因で（例えば、庄内川が氾濫した、豪雨災害）、どのような被害でしたか？）

○体験した災害において、事前にどのようなこと（例えば、堰を作る、情報を知る、避難するなど）をしていれば、被害を受けなかった（被害が小さくできた）と思いますか？ご自由にお答えください。

3. 調査結果

図1に回答いただいた全ての方の性別を示す。また、図2に記憶にある災害の結果を示す。

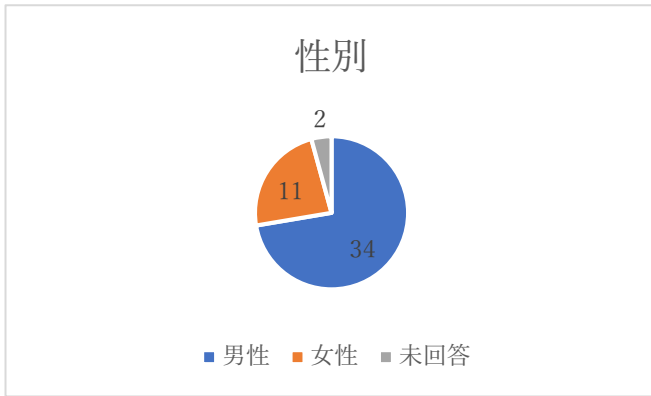


図1 性別

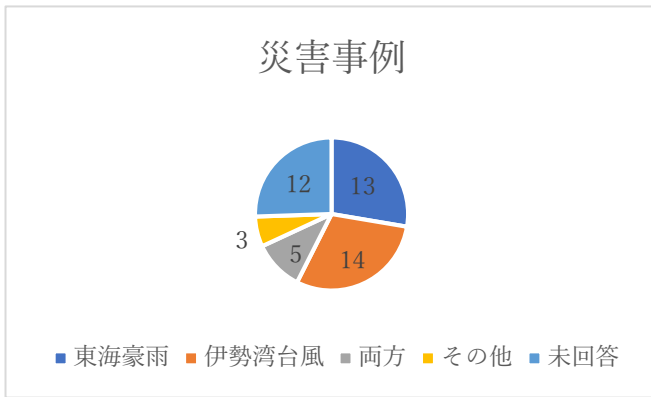


図2 災害事例

今回のアンケートでは合計47人の方々にご協力いただいた。私の想像ではもっと男性側の割合が多くなると予想していたのだが、女性にも多く回答していただいた。その中でも災害に関して詳しく勉強しているの方々（春日井市や愛西市）の意見と一般的なの方々（祖父母）の意見の違いが良く見られた。前者の方々は災害に直接関することを書いている事例が多く、後者の方々は災害への準備に関して書いている事例が多かった。印象に残る災害はやはり伊勢湾台風と東海豪雨がほとんどであった。しかし、アンケートの内容を読むと伊勢湾台風の際は幼かったので何が起きているのかよくわからなかったなどの意見が多く見られ、自主的に活動していない様子が見えた。一方、東海豪雨の際は成人していたので、何が起ったのか、どのような被害にあったのかを明確に覚えており、自主的に災害に対して活動してい

表1 アンケート結果の一例（春日井市）

男	80代	伊勢湾台風	水害：被災体験、昭和34年伊勢湾台風9月26日、被災場所：海部郡弥富町前ヶ須*海南HP近く 木曾川堤防破壊（高潮） 11月未より～12月初にて堤防仮切完了 自宅にて60～80cm浸水。2階建。2階にて仮生活。高校卒業した年。小生は名古屋市内会社の寮にて年末まで生活。12月まで毎日海面の満潮・干潮を向かえて生活。
	60代	東海豪雨	2000年9月？大曾根交差点東区東片端（勤務地）からの帰宅時、豪雨のため公共交通機関がストップPM7:00頃 上司の車で高蔵寺まで帰宅を試みるが、大曾根交差点付近浸水のため不通。勝川～19号を経由し迂回に迂回を重ね高蔵寺着PM11:45頃？ JR中央線の155号アンダーパス水没車あり、近隣の知人の車も被害多数。

表2 アンケート結果の一例（愛西市）

男	60代	伊勢湾台風・東海豪雨	堤防の越水により1m～1.5mの洪水夜に洪水となったため家に一気に入ってきた水になすすべなかった。東海豪雨、早朝から水位上昇 前川の排水ができず小垣江駅浸水。駅前の駐車場にあった車の屋根まで水が浸かっていた。
男	70代	伊勢湾台風	昭和34年9/26伊勢湾台風名古屋港区に住んでいました。当時私は小学5年生でした。台風当日には停電し情報が一切はいつてこなく、家の中で親、兄たちと雨戸を抑えたり、雨漏りなどに対応した父親が玄関の所についたら水が入ってきた。早く逃げろといわれ、外に出て名古屋競馬場（当時の）に逃げるつもりでしたが、外に出たら膝ぐらまで水が来ていた。歩くのに大変だった。逃げる途中で2階のある家の人が入ってきなさいと言われ入った。家族とともに約2週間避難生活をさせてもらった。家は1.5mくらい浸かっていた。水道は出ていたが、食べ物がなく、皆様を持ち寄ったものを分けて食べた。

表3 アンケート結果の一例（祖母の友人）

性別	年代	災害例	1. どこで、どのような体験	2. 災害において重要な情報
女性	70代	東海豪雨	被害は受けていない。雨がひどかった。	
女性	70代	東海豪雨	家が浸水し、避難した。	
女性	70代	伊勢湾台風東海豪雨の際、浸水被害にあい近くの小学校に避難した。		
女性	70代	伊勢湾台風被害は受けていない。伊勢湾台風の際は風、東海豪雨の際は雨		

た。この結果を見て、幼いときは恐ろしさを実感しているが、災害対応について何も知らないというのがわかったので、様々な災害情報を伝えることは大事と考える。

今回のアンケート調査で得たコメントの一例を表1～表3に示す。今回の調査で得られた情報をまとめると以下のようなものである。

① ボランティア活動に参加してほしい

若い世代は災害の経験が少ないので、ボランティア活動に参加して、災害に関する知識を身に付けてほしい。ボランティアは若いときに参加していないと年配の方の参加は難しい。学校の授業などで参加などできるとなお良い。

② 情報をどのように得るかが大事

今の時代、災害は機器の発達により、危険な場所がある程度予測できる。その情報を活かさない手はない。よって、せめて自分の家の周りや職場での被害が起こりそうな場所は頭の中に入れておく必要がある。

③ 近隣住民とのコミュニケーションは取っておく

近隣住民とのコミュニケーションが必要だと考えるのは、自分の周りにどんな人が住んでいるのかを頭に入れておくと、実際災害が起こった時、助けあいができると考える。

④ 他人任せで動かない

具体的な内容としては、もし避難が必要な際には、自分から積極的に行動しようということである。もし、「みんなが避難しないなら、自分もしなくても大丈夫でしょう。」という考えは持つてはいけない。

4. おわりに

本研究では、災害に関する知識伝承を意識して、住民にアンケートをとり、所有する災害情報を整理し、防災・減災に対する活用できる情報を抽出した。

本研究の成果としては、3章にまとめた4つの項目が重要と考えられ、それぞれの達成のための取り組みをどのように進めるかがつぎの課題と考える。

参考文献

- 1) 内閣府防災情報のページ、災害教訓の継承に関する専門調査会報告書 平成 20 年 3 月 (1959 伊勢湾台風) https://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/kyoukunnokeishou/rep/1959_isewan_typhoon/index.html (2024 年 2 月 6 日確認)
- 2) 庄内川河川事務所、東海豪雨 20 年、https://www.cbr.mlit.go.jp/shonai/tokai_gou_20yrs/ (2024 年 2 月 6 日確認)

巨大高潮氾濫の避難所の被害評価と広域避難対策に関する検討

EC20039 杉田 貫志

1. はじめに

近年、気候変動による豪雨の影響により大規模な浸水被害が生じている。気候変動は台風の勢力にも影響を与えるので、今後、巨大台風が発生し大きな被害が生じる危険性もある。愛知県、三重県、岐阜県は過去に伊勢湾台風の被害を受けている。伊勢湾台風後に濃尾平野の地盤沈下が生じていることもあり、さらには、前述した気候変動による台風勢力の拡大の懸念もあるので、巨大台風に伴う高潮・洪水による大規模浸水の対策を検討することは非常に重要である。この課題に対して、東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会¹⁾（以下、TNT とする）が設立され多くの検討を進めてきた。本研究では、検討会の資料を活用しながら、被害想定に関する検討と広域避難における大学機関の活用を検討する。

2. 東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会 (TNT) について

本研究では TNT の議論を参考に、巨大高潮の被害想定および対策の検討を行う。なお、TNT では被害想定としては高潮・洪水を合わせて示しているが、広域避難に対する対象エリアは高潮のみとしている。また、アメリカでは事前の広域避難が実施されているが、日本においては組織的な広域避難が実施できていない。TNT の特徴的な対策として事前の広域避難を検討している。濃尾平野は日本を代表する海拔ゼロメートル地帯であり、破堤が生じた場合は浸水が長期化する恐れがある。したがって、高所避難を実施したとしてもすぐには浸水が改善しないことが想定されることから、事前の広域避難を重視している。TNT では危機管理行動計画が策定されている。その内容として、「被害想定／タイムライン」「情報共有／水防／避難計画」「教授／応急復旧計画」が示されている。本研究では、エリア毎の危険性をより明確にするために高潮氾濫時の小中学校（通常、避難場所として使用されている）の浸水状況の検討と広域避難個所としての大規模施設（道の駅や大学など）の可能性を検討する。

3. 高潮氾濫時の小中学校の浸水状況の検討

浸水被害を具体的に可視化することを目的に、図-2 のように高潮と洪水の最大浸水深の情報²⁾と小中学校・中学校の情報³⁾を重ね合わせて、被害の様子を確認する。対象範囲は、水害リスクの高いゼロメートル地帯を有する濃尾平野を中心とするエリアとした。得られた成果をまとめたものが図-3 である。このことから、対象範囲にある全 296 校の小中学校の 96% で高潮による浸水が想定され、高潮による浸水を受ける小中学校の 90% で 0.5m 以上の浸水が想定されることが分かる。小中学校は地域の避難所として活用されることが多いので、広域避難が重要であることが改めて示された。



図-1 濃尾平野における地盤沈下の状況

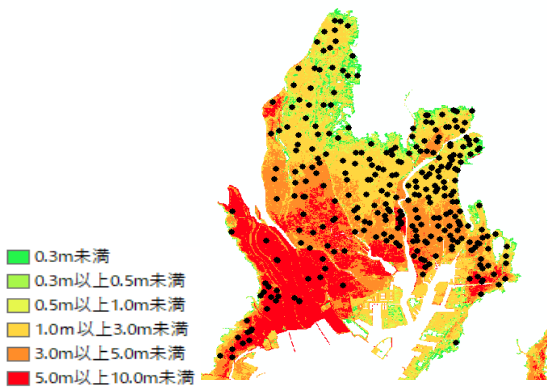
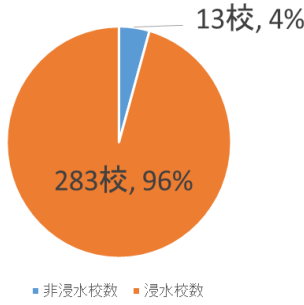


図-2 小中学校の浸水深

小中学校の浸水割合



小中学校の浸水深割合

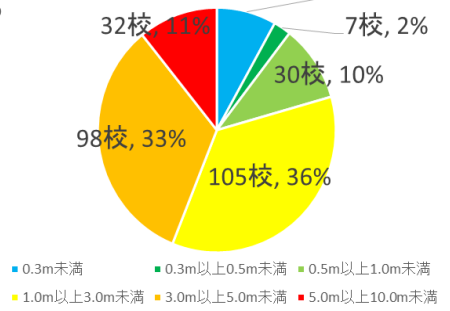


図-3 濃尾平野に位置する小中学校の高潮浸水想定

4. 排水を考慮した際の浸水深調査

排水を考慮することによって小中学校の浸水時間がどの程度になるかを知ることを目的に、図-4のように排水ブロックを設定し、ブロックごとの浸水ボリュームと地盤高のデータ⁵⁾から浸水深の変化を調査する。排水ブロックの設定とブロックごとの浸水ボリュームは、TNTから提供していただいた資料⁴⁾内のデータを参考にした。ブロックごとの浸水ボリュームは、表-1のように全ブロックで記されており、高潮浸想定シミュレーション結果における浸水深の最大包絡状態から6時間ごとの浸水ボリュームが記されている。得られた結果の一部を図-5から図-10に示す。はじめのうちは順調に浸水深が低くなっていったが、徐々に変化が緩やかになることが分かった。

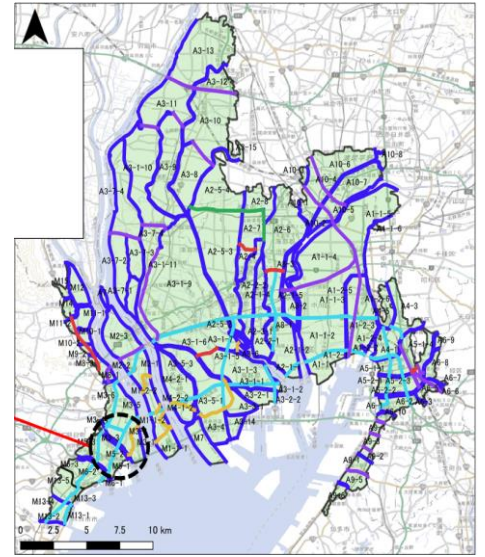


図-4 排水ブロック分割

表-1 排水ブロックごとの浸水ボリューム

排水ブロック	排水機場 施設名	排水機場による 排水の可否	浸水ボリューム (千 m^3)											
			0時間後	6時間後	12時間後	24時間後	30時間後	36時間後	42時間後	48時間後	54時間後	60時間後		
A1-1-1	宝神処理場内ポンプ場	○	16,401	5,189	3,369	2,115	1,199	1,616	847	1,316	694	1,12		
A1-1-2	当知ポンプ場	○	38,541	18,603	13,082	8,807	6,836	7,217	5,539	6,378	4,834	5,79		
A1-1-3	打出処理場内ポンプ場	○	32,465	17,018	10,645	6,001	4,650	4,548	3,536	3,783	2,934	3,24		
A1-1-4			26,492	9,046	3,431	1,158	867	761	623	603	519	51		
A1-1-5			13,228	1,622	460	239	204	188	175	168	159	15		
A1-1-6			21	3	3	3	3	3	3	3	3			
A1-2-1			82	2	0	0	0	0	0	0	0			
A1-2-2			517	197	125	78	62	58	47	52	41	4		
A1-2-3	福川口防潮水門ポンプ所	○	3,111	1,431	870	444	314	281	228	231	184	21		
A1-2-4	福川口防潮水門ポンプ所	○	13,051	5,644	3,547	1,932	1,437	1,244	1,060	1,012	882	91		
A1-2-5			8,050	3,840	2,201	909	586	412	398	287	303	28		
A1-2-6	福川口防潮水門ポンプ所	○	9,083	3,411	1,710	559	334	225	206	145	151	11		

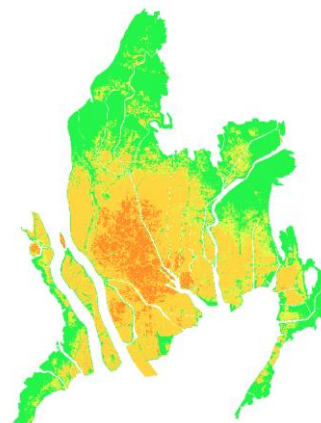
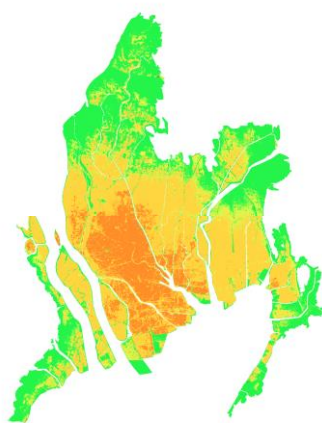
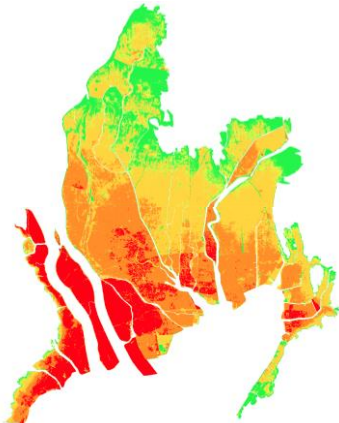


図-5 浸水状況 (0時間後) 図-6 浸水状況 (6時間後) 図-7 浸水状況 (12時間後)

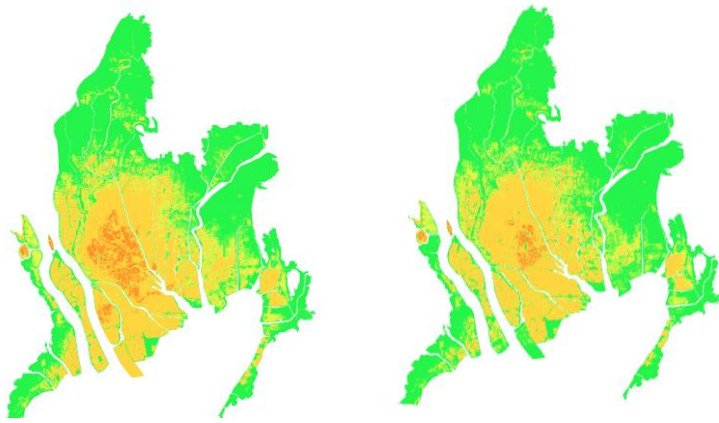


図-8 浸水状況(24時間後) 図-9 浸水状況(66時間後)

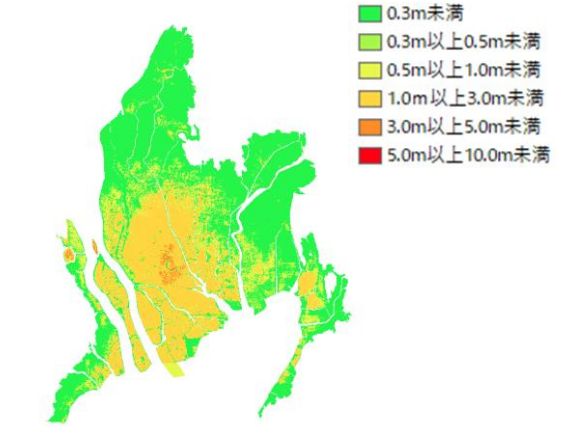


図-10 浸水状況(96時間後)

また, 得られた結果と小中学校のポイントデータを重ね合わせることで小中学校の浸水深の変化を求めた. 得られた結果から, 図-11 に示す4つの学校の浸水深の変化を図-12 から図-15 に示す. 小中学校の浸水深の変化に関しては, 地域によって浸水深の変化の仕方に特徴がみられた. 名古屋市 中川区に位置する赤星小学校では, 浸水深が右肩下がりになっていき排水が完了したのに対し, 弥富市に位置する十四山西部小学校では, 24 時間後を境に浸水深の減少が緩やかになり約 2.5m の浸水深のままであった. 一方, 三重県木曾岬町に位置する木曾岬中学校では, 浸水深が上下する結果になった. 原因としては潮位変動が影響していることが考えられる. 赤星小学校のように, 早い段階で浸水が引く小中学校は避難所として利用することができる可能性がある.

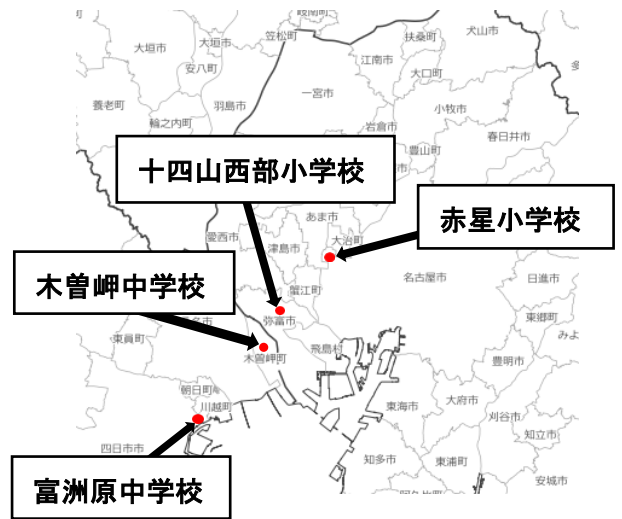


図-11 対象とした小中学校の位置

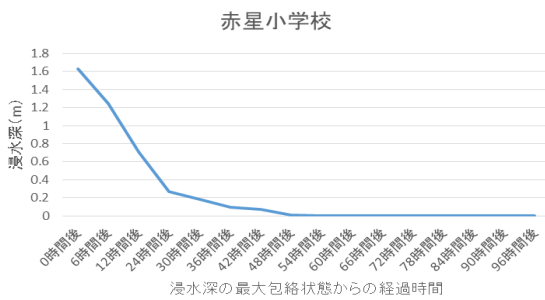


図-12 赤星小学校の浸水深変化

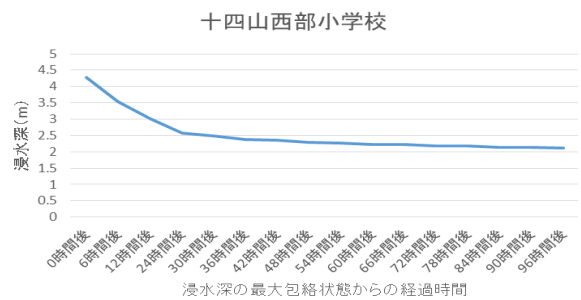


図-13 十四山西部小学校の浸水深変化

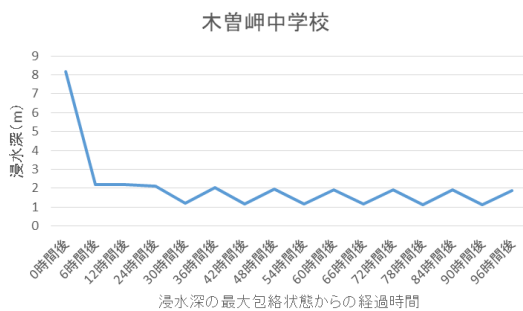


図-14 木曾岬中学校の浸水深変化

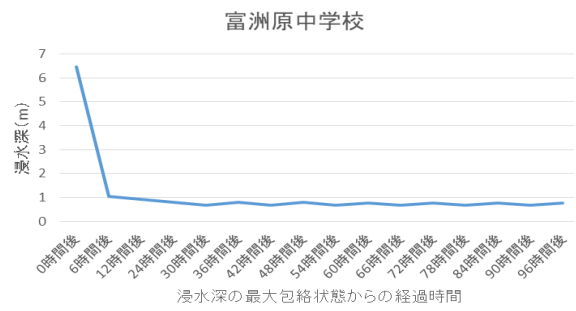


図-15 富洲原中学校の浸水深変化

5. 避難所の検討

ここでは、避難所として道の駅や大学といった大規模施設の活用を考える。広域避難所としての大規模施設の強みは、「広い敷地を有しており、ライフラインが充実している」「高潮などの被害を受けない場所に立地している場合が多い」「駐車場がある」であり、大学では「多数いる学生をボランティアに参加してもらうことで避難者のサポートができる」「訓練などでボランティアの学習・体験ができる（ボランティアの育成）」などがある。課題としては、「個々の施設や組織形態が多様なので統一的なマニュアルが作りづらい」「避難者を受け入れる準備が整っていない」などがある。また、大学では「教育研究機関としての本来の機能を維持・回復することに主眼が置かれ、避難所運営との両立が可能なのかが不鮮明」である。しかし、広域避難に対して事前に協議しておけば、課題も解決されと考えられる。さらに、地域が甚大な被害を受けている状況下で、大規模施設にも復興・復旧の役割が求められると考えられる。特に大学は学生という人的資源を有していることから、大きな役割が期待され、さらに、地域に貢献する活動を体験させることは学生教育の面からもプラスに働くものとする。

愛知県の市区町村のホームページに記載されている避難所指定されている大学を整理したものが表-2である。愛知県内で51校ある中で16校が避難所に指定されている。このことから、大学が避難所として指定されているケースは少なく、これから避難所となる大学は増える可能性があることが分かる。また、その中で広域避難場所として利用できるかの検討を行っていく必要があると考える。

6. おわりに

本研究では、TNT の情報を活用して詳細な被害想定を行うとともに、道の駅や大学を避難所として活用するメリットと課題が示された。また、排水を考えた浸水深の変化調査からは場所によって浸水が想定される小中学校でも避難所としての利用が見込めることが分かった。しかし、排水ブロックを考えた排水に関しては、浸水深の変化にほとんど影響していないことが分かったため、今後はより効率よく排水を行う方法を模索していくことが必要であることが考えられる。なお、ここでの考察は、定量的な情報が含まれていないことから実行力のある検討としては不十分であり、今後の検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 中部地方整備局：東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会ホームページ、
https://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/tokai_nederland/index.html（参照 2023-06-04）
- 2) 「国土数値情報（洪水浸水想定区域データ）」（国土交通省）(https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A31-v4_0.html)（2023年11月15日取得）
- 3) 「国土数値情報（学校データ）」（国土交通省）(https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P29-v2_0.html)（2023年11月15日取得）
- 4) 中部地方整備局：ファシリテーター会議資料 危機管理行動計画（第五版）「第11章排水・堤防復旧」参考資料、2023（参照 2023-10-20）
- 5) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス、
https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A31-v4_0.html（参照 2023-07-24）

表-2 避難所指定されている大学
(愛知県)

名古屋工業大学
愛知教育大学
名古屋文理大学
愛知学院大学
名古屋学院大学
名古屋商科大学
南山大学
日本福祉大学
愛知大学
至学館大学
中部大学
愛知淑徳大学
名古屋市立大学
中京大学
椋山女学園大学
名城大学

洪水・高潮氾濫による河川に関わる土木施設の被害について

EC20071 藤原 裕大

1. はじめに

近年、気候変動により大雨・短時間降雨の頻度・威力が増しており、さらに、台風の巨大化も懸念されることから、大規模な洪水や高潮の発生が想定される。中部地方では過去に伊勢湾台風を経験しており、巨大台風が襲来した場合の対応が東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会（以下、TNT とする）で議論されている。本研究は、大規模な洪水や高潮が中部地方で生じた場合に、河川流及び氾濫の様子、堤防・橋梁への影響を明らかにすることを目指した。さらに、現在、河川をはじめ水や土砂など水工学に係る数値シミュレーションのプラットフォームである iRIC が整備されており、多くの課題に対して適用されていることから、本研究でも活用することとした。

2. 研究対象の設定

本研究では、TNT の報告書を参考に、洪水と高潮による河川流解析と氾濫流解析を行い、河川に関わる土木施設（河川堤防・橋梁）への影響を検討した。なお、対象河川は庄内川、木曾川、揖斐川とした。洪水は計画規模と、気候変動を考慮した、計画規模の流量を 1.2 倍した場合の洪水を対象とし、高潮は伊勢湾台風と、スーパー伊勢湾台風を高潮の対象とした。本研究では、最初に庄内川で検討し、木曾川、揖斐川へと展開した。本概要では庄内川を対象とした計画規模の流量の 1.2 倍、スーパー伊勢湾台風の計算条件・検討結果を示す。また、解析は iRIC の Nays2DH（河床変動解析）と Nays2DFlood（氾濫解析）を活用して行った。

3. Nays2DH の計算条件

3.1 洪水・高潮の共通の計算条件

庄内川の河川地形情報は、庄内川河川事務所から入手し、志段味橋から庄内川河口を対象とする。

水文水質データベース¹⁾より、志段味観測所における、2021 年 9 月の流量を平均した値（ $35\text{m}^3/\text{s}$ ）を平常時流量とした。

平常時下流端水位について、下流区域は TNT の資料²⁾から庄内川河口近くの飛島村の平均満潮位（TPm） 1.35m を下流端水位として与え、上流区域は等流計算による水深を与えた。

河床材料について、庄内川河川事務所から入手した河床材料調査結果³⁾を基に粒度分布を与えた。

流量・水位については、3.2、3.3 に示す。

3.2 洪水のピーク流量について

ピーク流量について、庄内川河川事務所の河川概要⁴⁾の計画高水流量を採用した。図-1 に示す。計画高水流量では矢田川から流量が横流入しているが、iRIC 内で横流入を設定することができなかったため、矢田川からの横流入の前後で庄内川を二分割し、それぞれ計算を行った。以後矢田川の横流入前を上流区域、矢田川の横流入後を下流区域とする。

計画規模を対象としたケースでは、下流区域のピーク流量を枇杷島の計画高水流量である $4400\text{m}^3/\text{s}$ とし、上流区域のピーク流量を枇杷島の流量から矢作川の流量（ $1400\text{m}^3/\text{s}$ ）を引いた、 $3000\text{m}^3/\text{s}$ をピー

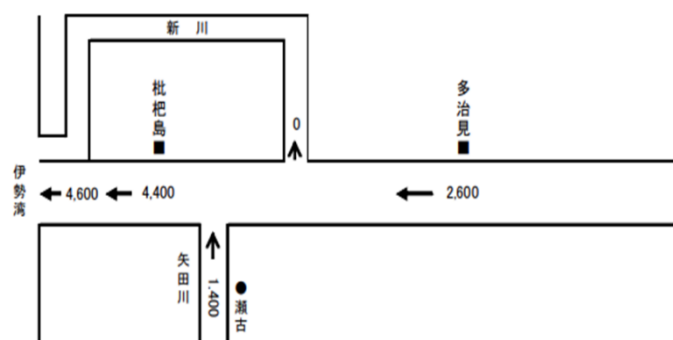


図-1 庄内川計画高水流量図⁴⁾

ク流量として計算を行い、計画規模の流量の1.2倍のケースでは、計画規模の流量を各1.2倍した流量をピーク流量として与えた。

3.3 高潮の最高高潮水位について

スーパー伊勢湾台風を対象としたケースでは、東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会の資料²⁾から庄内川河口近くの飛島村の最高高潮水位 (TPm) 6.4m を最高高潮水位時の下流端水位として与えた。

4. Nays2DH の計算結果

4.1 計画規模1.2倍流量による計算結果

本計算条件の結果をみると、庄内川下流区域の堤防の天端を浸食していることがわかり、堤防の洗堀の危険性がある。浸食部の平面図を図-2に示す。

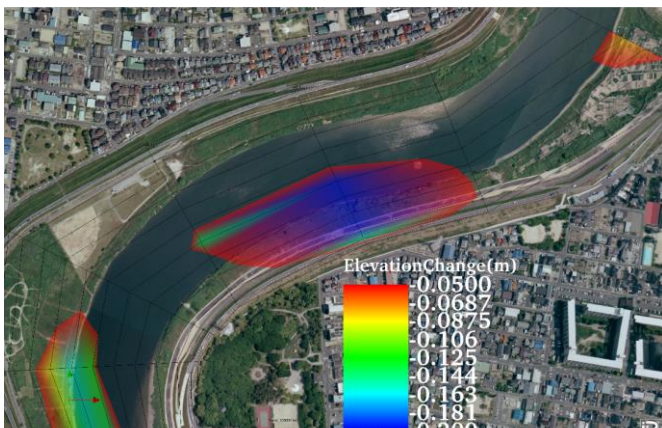


図-2 越流箇所の河床変動の様子

また、図-3、写真-1に示すように、河床変動の結果から、橋脚の部分で浸食していることがわかる。図-3に示す橋梁以外にも、3橋梁橋脚の部分で浸食することがわかり、危険な橋梁であることがわかる。

4.2 スーパー伊勢湾台風の計算条件

スーパー伊勢湾台風では、堤防の天端を浸食する部分は見られなかった。また、河床変動について浸食する部分があったが、堤防、橋梁に影響を与えないという結果となった。

5. 橋梁上部構造への影響

国土交通省中部地方整備局庄内川河川事務所⁶⁾から橋梁の桁下高の情報を入手し、4.1の計算結果から、水位の情報と桁下高を見比べ、橋梁上部構造への影

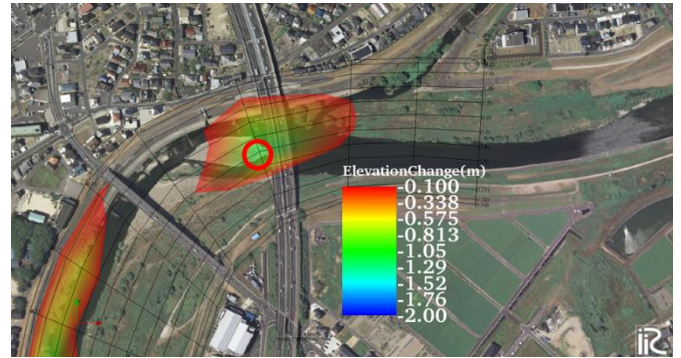


図-3 庄内川東名高速道路近くの河床変動の様子



写真-1 庄内川東名高速道路⁵⁾

響を検討する。また、水位だけでなく、流木も考慮した結果も示す。

河川中央の水位と橋梁の桁下高の値を比較する。

比較として、

- 1) 水位と桁下高の差
- 2) 水位+流木直径と桁下高の差

の2種類で検討する。流木直径は0.98m⁷⁾とした。

6. 橋梁上部構造への影響の結果

6.1 庄内川上流区域

庄内川上流区域の水位と桁下高の結果を表-1に、水位+流木と桁下高の差を表-2に示す。

水位のみでは、下志段味橋において差が0.760mとなっているが、流木を考慮すると差がなくなり、橋梁に流木が引っかかるという結果となった。洪水時、下志段味橋において、警戒する必要がある橋梁であるとなる。

6.2 庄内川下流区域

庄内川上流区域の水位と桁下高の結果を表-1に、水位+流木と桁下高の差を表-2に示す。本概要では、

表-1 上流区域における桁下高と水の差

橋梁名	桁下高 (m)	水位 (m)	差 (m)
新川中橋	13.610	11.624	1.986
ふれあい橋	14.690	12.816	1.874
庄内川水分水管橋	15.780	13.942	1.838
水分橋	15.390	14.110	1.280
勝川橋	17.220	15.275	1.945
中央本線橋梁	17.330	15.650	1.680
松川橋	19.370	16.699	2.671
庄内川大橋	20.770	17.267	3.503
吉根橋	27.920	24.743	3.177
下志段味橋	30.250	29.490	0.760
東名高速道路	30.650	29.190	1.460

表-2 上流区域における桁下高と水位+流木の差

橋梁名	桁下(m)	水位+流木直径(m)	差(m)
新川中橋	13.610	12.604	1.006
ふれあい橋	14.690	13.796	0.894
庄内川水分水管橋	15.780	14.922	0.858
水分橋	15.390	15.090	0.300
勝川橋	17.220	16.255	0.965
中央本線橋梁	17.330	16.630	0.700
松川橋	19.370	17.679	1.691
庄内川大橋	20.770	18.247	2.523
吉根橋	27.920	25.723	2.197
下志段味橋	30.250	30.470	-0.220
東名高速道路	30.650	30.170	0.480

表-3 下流区域における桁下高と水の差

橋梁名	桁下(m)	水位(m)	差(m)
一色大橋	5.320	5.917	-0.597
大当郎橋	7.210	6.441	0.769
近鉄庄内川橋梁	7.070	6.946	0.124
JR関西本線橋梁	6.100	7.001	-0.901
横井大橋	7.820	7.078	0.742
大治水管橋	8.010	8.555	-0.545
豊公橋	8.000	8.709	-0.709
新幹線橋梁	9.100	9.001	0.099
枇杷島橋梁 (東海道本線)	9.050	9.001	0.049
枇杷島橋	8.540	9.032	-0.492
名古屋鉄道橋梁	9.690	9.004	0.686
新名西橋	10.750	10.464	0.286
庄内川橋	11.960	11.111	0.849

表-4 下流区域における桁下高と水+流木の差

橋梁名	桁下(m)	水位+流木直径(m)	差(m)
一色大橋	5.320	6.897	-1.577
大当郎橋	7.210	7.421	-0.211
近鉄庄内川橋梁	7.070	7.926	-0.856
JR関西本線橋梁	6.100	7.981	-1.881
横井大橋	7.820	8.058	-0.238
大治水管橋	8.010	9.535	-1.525
豊公橋	8.000	9.689	-1.689
新幹線橋梁	9.100	9.981	-0.881
枇杷島橋梁 (東海道本線)	9.050	9.981	-0.931
枇杷島橋	8.540	10.012	-1.472
名古屋鉄道橋梁	9.690	9.984	-0.294
新名西橋	10.750	11.444	-0.694
庄内川橋	11.960	12.091	-0.131

浸食される橋梁についてのみ記載する。

水位のみでは、一色大橋、JR 関西本線橋梁など 5 橋梁危険であることがわかる。さらに、流木を考慮すると 13 橋梁に流木が引っかかるという結果となった。特に、上流側の一色大橋、当地郎橋、近鉄庄内川橋梁の 3 橋梁が危険であることがわかる。

7. Nays2DFlood を用いた氾濫解析

庄内川を対象とし、Nays2DH の結果から堤防に影響を与える点について検討する。Nays2DFlood では、格子を生成し、その点における計算を行うが、本研では、格子が大きく設定されているため、堤防が表現できていない部分がある。

7.1 氾濫解析の計算条件

計算範囲を庄内川下流区域とし、流量は、Nays2DH と同じとした。3.2 で説明しているため、省略する。

7.2 氾濫解析の計算結果

図-4 に、結果を示す。本図から、Nays2DH で天端が浸食した部分について、Nays2DFlood でも同様に越水していることがわかる。

8. 本研究で得られたその他の計算結果による知見

本研究では、庄内川において、同様に計画規模の洪水、伊勢湾台風による高潮の影響を検討した。その結果、河床変動（侵食や堆積）は見られるが、大きな様

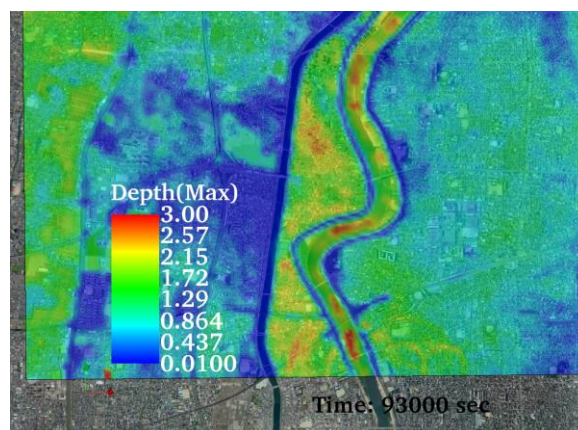
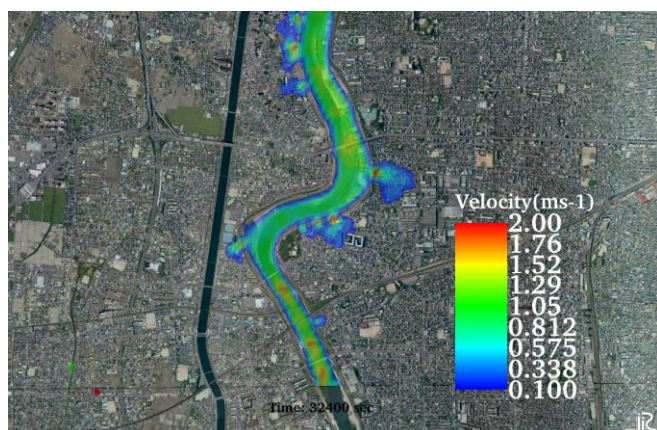


図-4 庄内川氾濫解析のシミュレーション結果 (左：越流開始時、右：最大浸水深)

子ではなく、越水は見られなかった。また、木曾川、揖斐川においては、粒径を考慮しない形で計算を実施した。その結果、計画規模 1.2 倍の場合においても大きな越流水深となる箇所はみられなかった。ただし、越流が顕著な場所は、長良川、揖斐川の背割堤箇所であることも示された。

9. まとめ

本研究では、洪水や高潮が生じた場合の河床変動、堤防の状況を検討すると共に、その氾濫の様子を検討した。Nays2DH では、堤防や橋脚を浸食する部分を発見した。また、橋梁の桁下高と水位、流木の差を求め、橋梁上部構造への影響を検討した。

堤防や橋梁について、危険な箇所がわかったため、危険な箇所を避けながら避難するルートを作成する必要がある。また、TNT の想定では、破堤場所を低平地における浸水範囲が最大となる 1 ヶ所を破堤させて、想定しているが⁸⁾、実際に破堤が起こりやすい部分についても検討する必要がある。

本研究では、研究の初期段階として計算を行った。植生やマニングの粗度係数、橋脚の表現など、さらに条件を足し、現実的な計算を行う必要がある。

参考文献・引用

- 1) 国土交通省：水門水質データベース
<http://www1.river.go.jp/> (最終アクセス 2024 年 1 月 9 日)
- 2) 国土交通省中部地方整備局：ファシリテータ会議資料 危機管理行動計画 (第五版)「第 11 章 排水・堤防復旧」参考資料, pp.10 (最終ア

- クセス 2024 年 1 月 9 日)
- 3) 国土交通省庄内川河川事務所：庄内川における河床材料調査結果 (平成 25 年度実施), pp.43-48 (最終アクセス 2024 年 1 月 9 日)
- 4) 国土交通省中部地方整備局：庄内川水系河川整備基本方針, pp.23
https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/pdf/syonai-2.pdf (最終アクセス 2024 年 1 月 9 日)
- 5) Google map
<https://maps.app.goo.gl/D5AF3dbqCgftTPcV> (最終アクセス 2024 年 1 月 22 日)
- 6) 国土交通省中部地方整備局：庄内川水系河川整備計画【大臣管理区間】, pp.附図-10
https://www.cbr.mlit.go.jp/shonai/keikaku/seibi/daijin/pdf/kasenseibi_plan.pdf (最終アクセス 2024 年 1 月 9 日)
- 7) 大隅久, 國領ひろし, 渋谷一, 香月智, 水山高久：広島庄原地区の流木調査と立木調査に関する一考察, 砂防学会研究発表会概要集, No.2012, pp.706-707, 2012 年 5 月 23 日,
http://www.koseisabo.gr.jp/report/H23/H23_5.pdf (最終アクセス 2024 年 1 月 9 日)
- 8) 国土交通省中部地方整備局：東海ネーデルラド高潮・洪水地域協議会 危機管理行動計画 (第四版), pp59
https://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/tokai_nederland/pdf/kikikanri1_01.pdf (最終アクセス 2024 年 1 月 22 日)

地下街に関わる避難シミュレーションの構築と活用に関する研究

EC20072 星元温輝

1. はじめに

近年、2019年千曲川、2020年球磨川など大規模な浸水災害が多発しており、都市域における大規模な氾濫災害の発生が懸念されている。大都市には地下鉄や地下街などの地下空間が存在し、そこへの氾濫水の流入は甚大な人的・経済的な被害を生じさせる。現在、多くの地下街では外水氾濫を対象とする浸水対策が十分でないことから、避難対策の検討が必要であり、そのための避難シミュレーションの構築が重要である。地下街・地下鉄などの地下空間を考慮した避難シミュレーションについて多くの研究者が検討を行っている。関根ら¹⁾は、地下の浸水時を対象に人の移動を表現するモデルを開発し、東京都の実際の地下街や地下鉄への適用を行い、人的被害を対象とした都市浸水の研究を行っている。川中・石垣²⁾も同様の研究を進めており、大阪を対象として、豪雨に伴う内水氾濫時の避難対策を検討している。本研究では、北村ら³⁾の研究により作成された避難シミュレーションのモデルを改良して、より現実に近い人の移動が表現できるモデルとその活用を検討する。

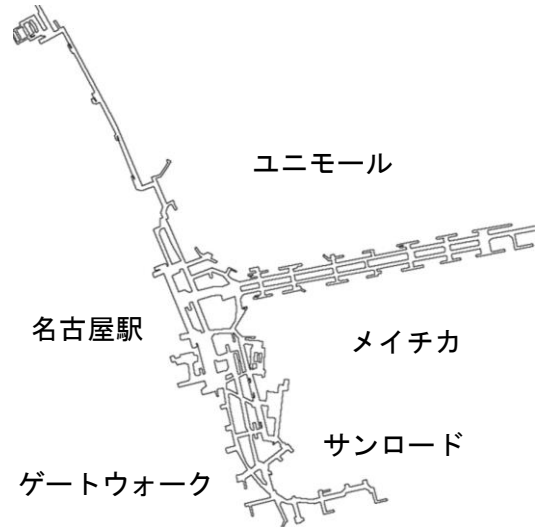
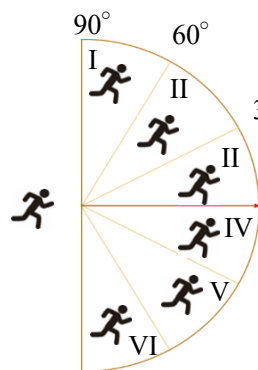


図-1 計算領域

2. 地下街の避難シミュレーションモデルの検討

2.1 モデルの説明

人の移動する方向は、出口毎に計算格子中央の出口からの距離を求め、人の現在地から出口への最短となる隣接格子の中心方向に移動することを考え、進行方向に人がいる場合には進行方向を変更することを考慮した。具体的には、進行方向の時計回りの角度 -30 度 ~ 0 度、 0 度 ~ 30 度の範囲の人の有無を確認し、両区間に人がいない場合は進行方向へ進み、片方の領域に人がいるのであれば、人がいない領域の中心方向へ進行するとした。両方に人がいる場合は、進行方向の時計回りの角度 -60 度 ~ -30 度、 30 度 ~ 60 度の領域の人の有無を確認し、両方に人がいない場合は、個人に設定された乱数を用いて進行する領域を決め、片方に人がいる場合は人がいない領域に進行するとして、該当領域の中心方向へ移動させた。両方に人がいる場合、 -90 度 ~ -60 度、 60 度 ~ 90 度の領域で同様の取り扱いを行った。さらに、すべての領域に人がいる場合、全領域の最短距離にいる人の中で最も遠い人の方向へ進むとした。



進行方向 $90 \sim 60$ 度を I, $60 \sim 30$ 度を II, $30 \sim 0$ 度を III, $0 \sim -30$ 度を IV, $-30 \sim -60$ 度を V, $-60 \sim -90$ 度を VI とする。
 第1: III, IV に誰もいない場合は進行方向へ移動する。
 第2: III, IV のどちらかに人がいれば、人がいないエリアの中央へ移動する。
 第3: III, IV の両方に人がいれば、II, V へ移動する。
 両方ともに人がいない場合は、人に乱数(0~1)を与え、0.5以下はII, 0.5より大きいとIVに移動し、片方に人がいれば、人がいないエリアの中央へ移動する。
 第4: I, VI も同様。

図-2 人の重なる回避に関するモデル化

2.2 地下街の避難シミュレーションモデルの課題と改良

北村ら¹⁾のモデルでは、対象領域を高低差のない平面として3.2m格子で表現されていた。また、出口や通路内での階段の速度の低下が考慮されていないことから、対象とする人数が多い場合でも混雑が見られず避難が完了していた。本研究では、地下街を表現する格子のサイズを3.2mから1.0mに変更し、階段部分の人の移動速度を低下させて出口付近の混雑度を示した。図-3のように出口に62か所、通路に4か所階段を設定した。さらに、回り込みなどの詳細な出口の表現と地下街通路内の階段の考慮を行った。

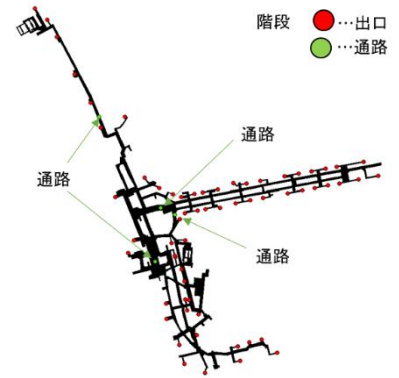


図-3 階段の位置

3. 地下街の避難シミュレーションモデルの数値実験

本研究では、人の移動に関する矛盾を改良しながらモデル開発を進めてきた。ここでは、得られたモデルを活用して、初期配置人数（ランダムに配置）、属性（成人、子供・高齢者）の違いによる避難行動、出口の場所による避難行動を検討する。1000人の初期配置例を図-4に示す。なお、成人の場合は1.0m/s、子供・老人の場合は0.6m/sの移動速度とした。また、出口、通路の階段では、移動速度が半分になるとした。

3.1 人数と時間の関係

図-5に初期配置1000人、2000人、4000人（すべて成人）の避難中の人割合（避難完了人数/初期配置人数×100）を示す。この場合、避難者は近くの出口を目指すとした。本図から、400秒（6分40秒後）をみれば、1000人2000人の場合は避難中の人はいないが、4000人の場合は8%の人が避難中であつた。また、計算時、図-6に60秒時、図-7に120秒時の初期配置1000人の平面的な避難の様子を示す。計算結果では出口付近に集合し、そこから移動速度が低下している様子がみられた。このことは、現実的な階段部分の混雑を示していると考えられる。

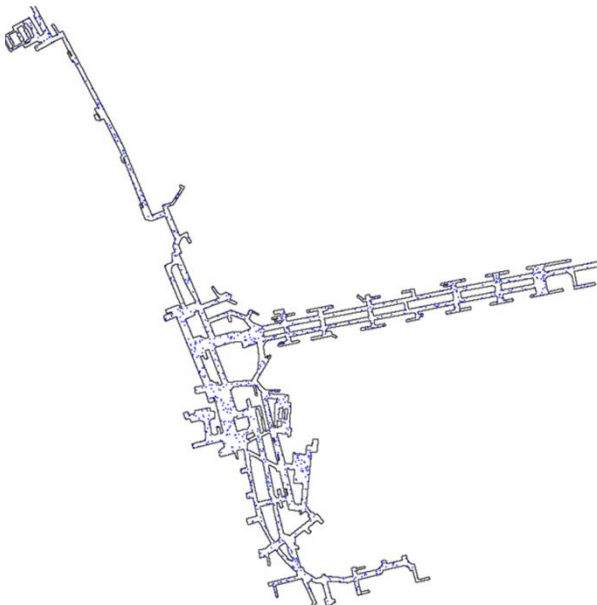


図-4 初期配置例(1000人)

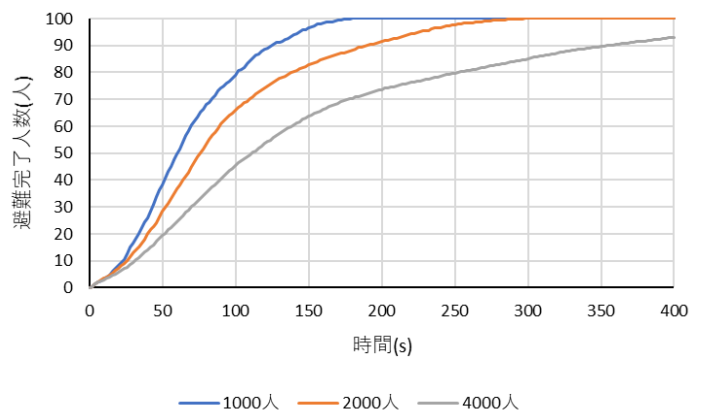


図-5 避難者数(%表記)の時間変化

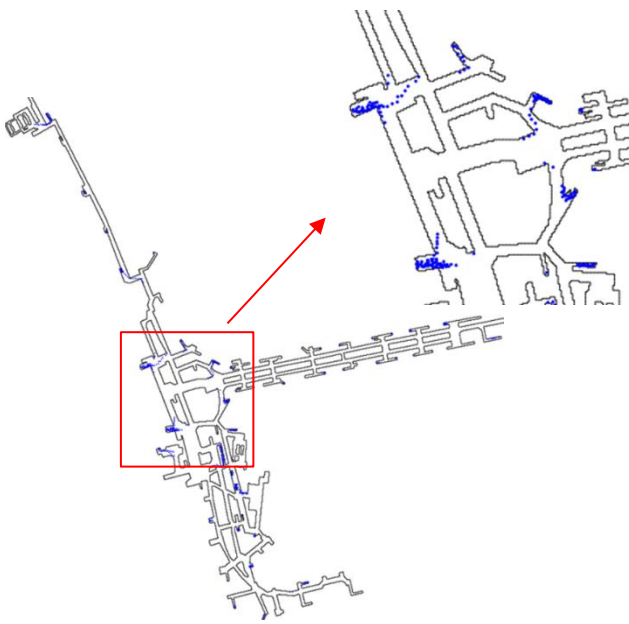


図-6 人の移動(60 秒時)

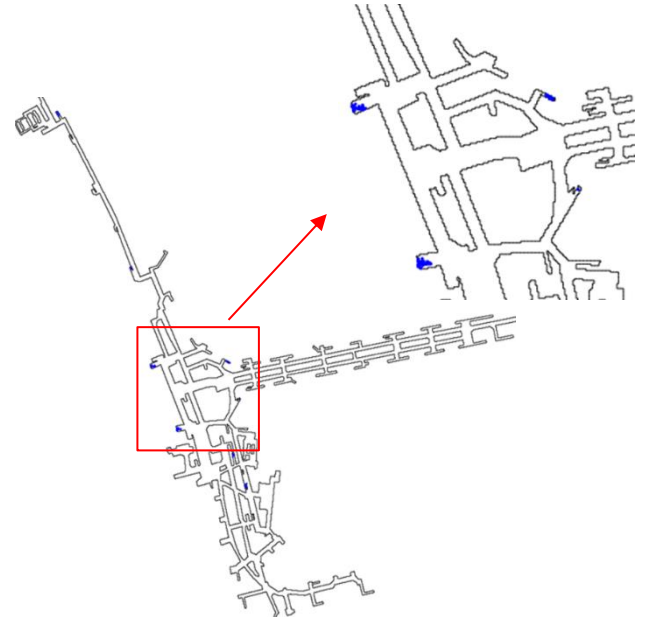


図-7 人の移動(120 秒時)

3.2 属性と時間の関係

つぎに、人の属性として、成人と子供・高齢者の割合を変化させて、避難完了の状況を考察した。初期配置 4000 人の避難者数を割合別で整理したものを図-8 に示す。また、図-9 に 60 秒時、図-10 に 120 秒時の 4000 人(子供・高齢者が 3 割, 成人 7 割)の平面的な避難の様子を示す。図-8 から、子供・高齢者の割合が多くなれば、避難時間も延びていることが分かる。例えば、避難完了人数 1000 人において、子供・高齢者が 1 割の場合と 9 割の場合で 20 秒の避難時間の差となるが、避難完了人数 3000 人においては、その避難時間の差は 50 秒になっている。また、避難の様子から出口付近の最後尾は、子ども・高齢者が多くなっている。このように、子供・高齢者が多いと避難時間も長くなる。

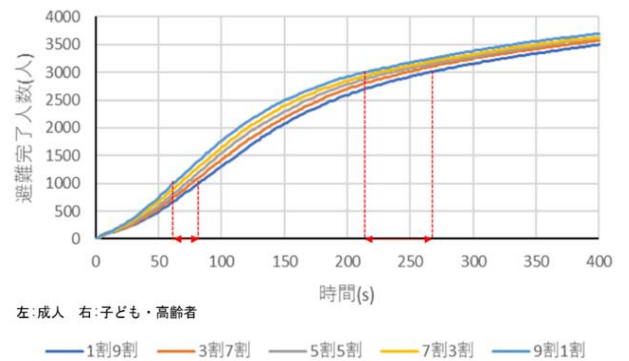


図-8 属性の違いによる避難者数(4000 人)の時間変化

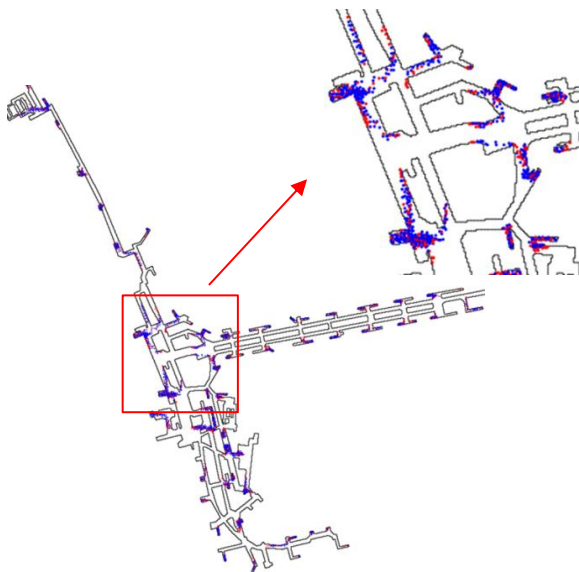


図-9 人の移動(60 秒時)

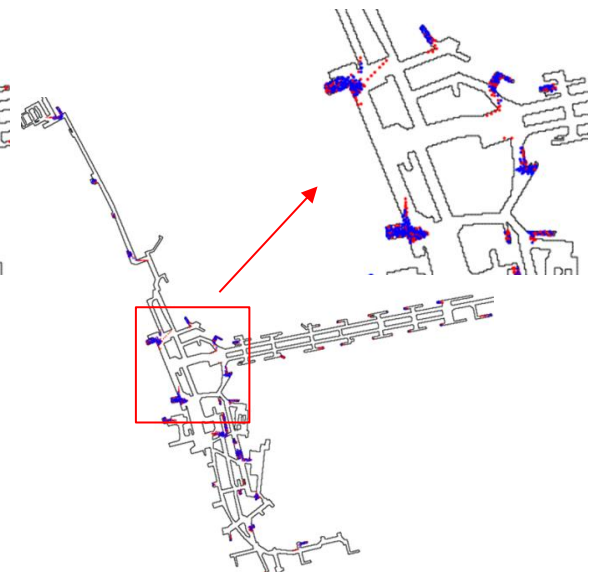


図-10 人の移動(120 秒時)

3.3 避難場所と時間の関係

最後に、初期配置 1000 人で遠くの避難所（1 か所）に移動する避難行動を検討した。また、図-11 に 120 秒時、図-12 に 240 秒時の平面的な避難の様子を示す。

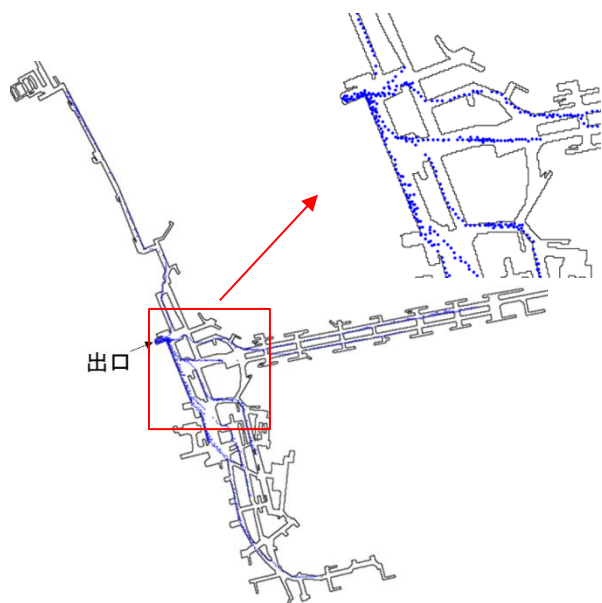


図-11 人の移動(120 秒時)

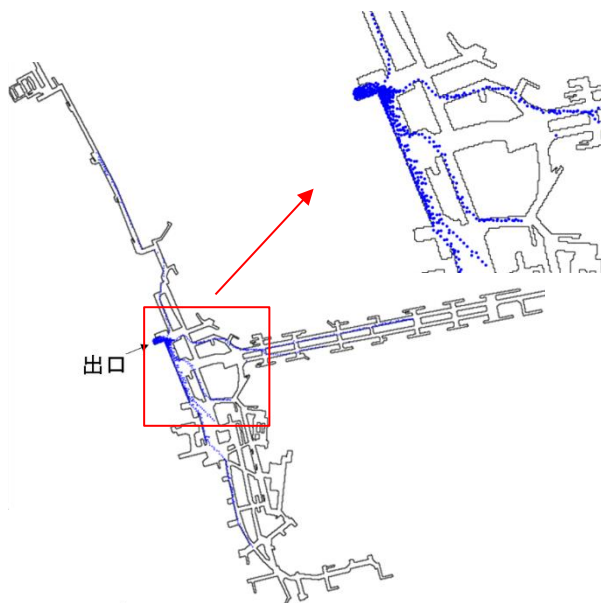


図-12 人の移動(240 秒時)

避難の様子から、遠くの場所からの避難も表現されているが、最短となる経路で進行していることから一列となる避難行動となっている。このことは実際と矛盾するものと考えられることから、再度シミュレーションモデルの検討を行いたい。

4. おわりに

本報では、名古屋駅前地下街を対象に人の移動に関するモデル開発を行い、数値実験より避難の特性を考察した。今後は混雑度を考慮したモデル開発を検討すると共に、結果の見せ方や浸水時の避難の様子についても考察を進めたい。

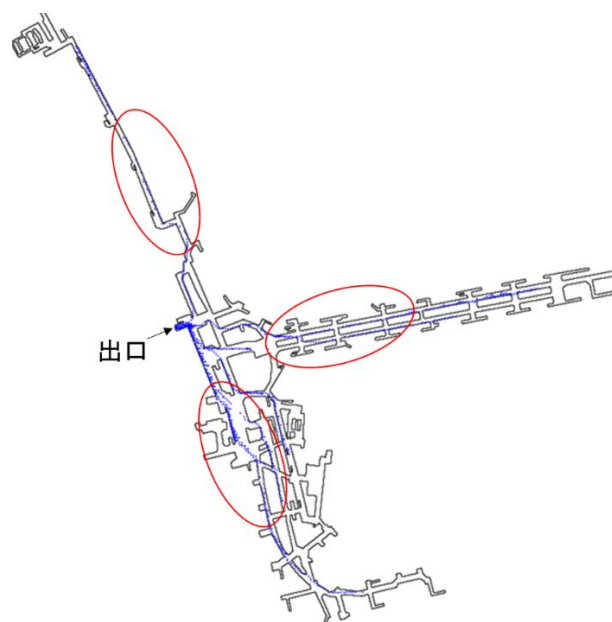


図-13 避難行動

参考文献

- 1) 関根正人, 大野龍馬: 複雑な構造をもつ地下鉄駅構内の浸水時避難行動解析と避難誘導, 土木学会論文 B1 (水工学) Vol.67, No.4, I_961-I_966, 2011.
- 2) 川中龍二, 石垣泰輔: 地下空間浸水時のアナウンスが安全避難成功率に及ぼす影響について, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第 17 巻 pp.163-168, 2012.
- 3) 北村純平, 武田 誠, 近藤寛将: 名古屋の地下街の避難シミュレーションに関する基礎的研究, 令和 4 年度土木学会中部支部研究発表会, II-54, 2023.