

Hydro-STIV による現地観測

EC19015 大熊 真魁

1. はじめに

近年、河川に関わる災害が多発している。河川の流速が早いと、強大なエネルギーを持った流れが流下するため、河川の洗堀、浸食により堤防が決壊する恐れがある。河川の流速が遅いと滞留が生じる。長時間滞留すると流入した汚濁負荷は蓄積され、植物プランクトンなどによる内部生産の増加によって水質悪化が生じる。このように多くの河川にかかわる多くの課題解決のためには流速を知ることが重要となる。しかし、実際に流速を測る際に、河川に入り手作業で測る機会が多く、水深が深い河川や流速が早い河川では事故につながる恐れがある。

そこで、Hydro-STIV を使用し、安全に現地観測を行うことができるのではないかと考えた。また、電磁流速計、Hydro-STIV など、それぞれの流速計の違いによって流速値がどのように表現されるか検討する。

2. 研究目的

本研究では、Hydro-STIV がどのような場所、条件で観測できるかを明らかにする。さらに流速計の比較によって Hydro-STIV の能力や精度を理解することで、今後現地観測を行ううえで役立つ研究資料を整理する。

3. 流速計の計測原理

3.1 Hydro-STIV

STIV (Space Time Image Velocimetry) は、動画像を用いた非接触の流速画像計測手法である。STIV 手法は大きく、①事前測量した標定点と計測水位を用いた幾何補正変換、②設定した検査線上での表面流速算出の 2STEP で構成されている。①は STIV に限らず、動画像を用いた主な河川流速計測手法で共通して行われる処理である。②が STIV 特有の部分であり、図 1 に概要を示す。STIV では流速を得たい動画像中の水面に検査線を設定する。検査線は流れを測定したい向きに沿って 通常は主流方向に沿って設定する。図 1 の黄色線が検査線の例で、赤四角は表面波紋等の特徴的な輝度値を表している。時空間画像 (STI Space Time Image) は検査線上の輝度値を時間方向に並べることで生成され、特徴的な輝度値の流速に応じた軌跡を得ることができる。実際には検査線上の特徴的な輝度値は 1 つではないため、STI 上には右図のような縞パターンが形成される。縞パターンの傾きは流速に応じて変動するため、STI の縞パターンの傾き Φ 、検査線の長さ (m)、計測時間から、検査線位置における表面流速を算出することができる。

4. Hydro-STIV の使用方法

実際に取った動画をソフト内で選択し、標定点を手動で選択する。次に水位を入力し、幾何補正を実行する。測量値に大きな誤差があると幾何補正をすることができな

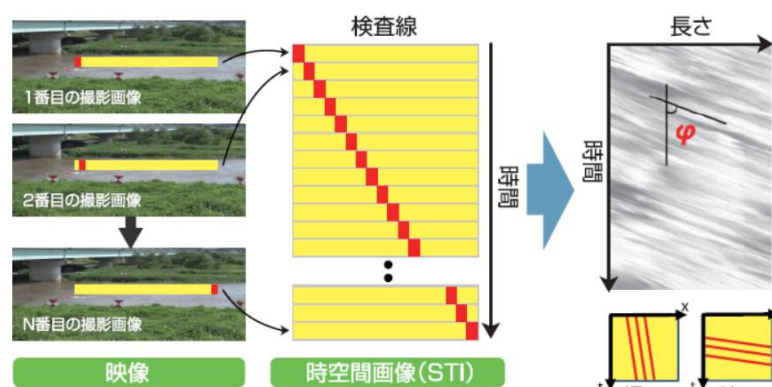


図 1 Hydro-STIV 概要

いので注意する。Excel で作成した横断データファイルを読み込み、手動で側線を決める。側線を決めるときに河川の流速の流れと垂直に側線を置くことで、正しく流速測定ができる。次に STI 作成のため検査線を設定し、解析が完了すると自動で解析結果画面が表示され解析した結果が、流速ベクトルやグラフ等によって可視化され確認することができる。



図2 解析の様子

5. 現地観測

5.1 第1回現地観測

2022年11月12日に内津川において Hydro-STIV を用いた観測を行った。図3は第1回観測場所を示す。計測の様子を写真1、測量結果を表1、Hydro-STIV を用いた結果を表2に示す。表3には電磁流量計で得られた情報を示している。表1の測量結果は、写真2を用いたGPS測量により得た。

結果を比較すると、Hydro-STIV による値と電磁流速計の値に差が生じていた。これは対象とする河川が非常に浅く、流速も遅かったため、このような結果になったものと考えられる。

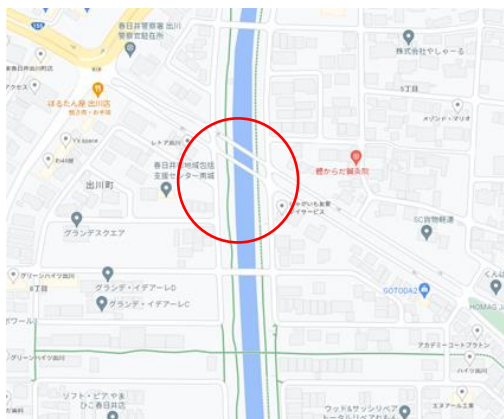


図3 第1回観測場所

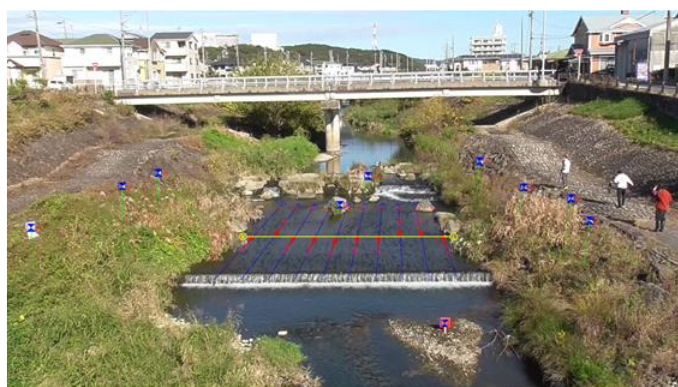


写真1 第1回カメラ設置場所

表1 第1回測量結果

点	x観測値	y観測値	標高EL
1	-81647.951	-13477.115	33.552
2	-81643.56	-13476.803	33.727
3	-81638.258	-13477.983	33.416
4	-81629.885	-13479.243	33.877
5	-81649.397	-13498.669	33.564
6	-81638.503	-13499.349	33.682
7	-81633.214	-13499.066	33.789
8	-81654.481	-13483.082	31.637
9	-81636.715	-13487.733	32.252
10	-81628.898	-13486.515	32.827
		水位	31.821



写真2 GNSS 受信機

表2 第1回 Hydro-STIV の結果

横断位置 (m)	正面撮影	右から撮影
0.5	0.037	-0.012
1.5	-0.072	0.031
2.5	-0.027	-0.032
3.5	0.041	0.024
4.5	0.045	-0.016
5.5	0.612	0.025
6.5	0.286	0.248
7.5	0.095	0.284
8.5	-0.383	0.18
9.5	0.032	0.466

表3 第1回電磁流速計の結果

中央				
vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)	
0.467	0.15	197.1	19.81	
0.48	0.15	200.1	19.81	
0.44	0.16	202.2	19.81	
0.475	0.15	202.1	19.81	
0.47	0.16	200.5	19.81	
中央 右岸				
vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)	
0.538	0.19	204.9	19.81	
0.529	0.19	203	19.81	
0.518	0.19	205.6	19.81	
0.521	0.19	206	19.81	
0.532	0.19	204.8	19.81	
中央 左岸				
vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)	
0.674	0.15	177.9	19.8	
0.63	0.15	165.6	19.8	
0.586	0.15	175.2	19.8	
0.585	0.15	175.1	19.81	
0.572	0.15	175.3	19.81	
平均	vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)
中央左岸	0.609	0.15	173.82	19.81
中央	0.466	0.15	200.4	19.81
中央右岸	0.528	0.19	204.86	19.81

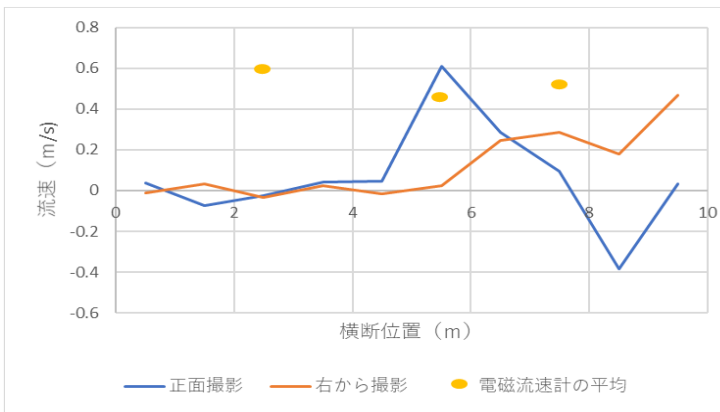


図4 第1回流速結果グラフ

5.2 第2回現地観測

2023年1月12日に土岐川において Hydro-STIV を用いた現地観測を行った。計測の様子を写真3に、観測場所を図5に、電磁流速計で得られた流速値を表4に、測量結果を表5に、Hydro-STIV で得られた流速値を表6を図6に示す。表4の測量結果は、1回目同様、写真2のGNSSを用いたGPS測量により得た。

表5は撮影の仕方を変え流速を解析しており、①は川の流れと垂直に側線を配置したもの、②は直線に側線を配置したもの、③は斜めから撮影した動画に側線を配置したものである。図-6 に得られた流速値の比較を示す。本図から川の流れと垂直に側線を配置することで信頼できる値が得られることが分かる。しかし、負値の場所は、課題として残った。

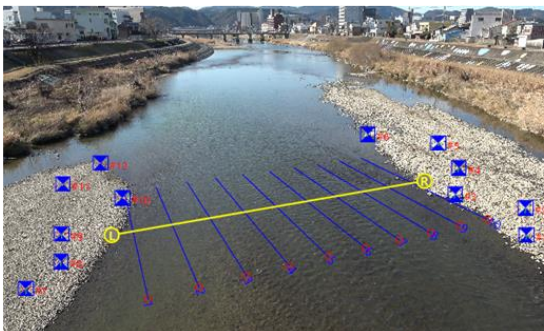


写真3 中央付近での観測結果



図5 第2回観測場所

表4 電磁流速計の結果

中央 (左岸から11m)				
vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)	
0.927	0.2	209.5	4.53	
0.927	0.2	214	4.53	
0.902	0.2	221.2	4.53	
中央 右岸				
vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)	
1.03	0.19	218.2	4.53	
1.008	0.19	221.2	4.53	
1.026	0.18	220.3	4.53	
中央 左岸				
vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)	
0.751	0.19	204.2	4.63	
0.685	0.22	192.1	4.63	
0.715	0.22	198.5	4.63	
表面 平均				
vel (m/s)	Dep (m)	Dir (°)	Tnp (°C)	
中央左岸	0.717	0.22	198.3 4.53	
中央	0.919	0.2	214.9 4.53	
中央右岸	1.021	0.18	219.9 4.53	

表5 第2回測量結果

点	x観測値	y観測値	標高EL
1	-73536.441	-3077.203	91.889
2	-73536.26	-3081.412	91.975
3	-73540.766	-3082.178	91.944
4	-73540.974	-3088.653	92.019
5	-73543.588	-3096.99	91.956
6	-73551.272	-3097.822	91.933
7	-73557.839	-3062.036	91.926
8	-73558.55	-3064.439	91.87
9	-73561.154	-3066.631	91.866
10	-73562.499	-3072.7	91.695
11	-73568.604	-3072.894	91.811
12	-73570.636	-3078.45	91.608
		水位	91.594

表6 Hydro-STIVの結果

横断点番号	①m/s	②m/s	③m/s
1	0.016	-0.088	0.013
2	0.523	0.064	-0.02
3	0.09	-0.342	-0.019
4	-0.598	-0.234	-0.019
5	0.277	-0.202	0.017
6	1.067	-0.283	0.348
7	0.877	-0.132	-0.135
8	0.702	0.324	-0.283
9	0.286	-0.255	0.114
10	-0.014	0.033	0.034

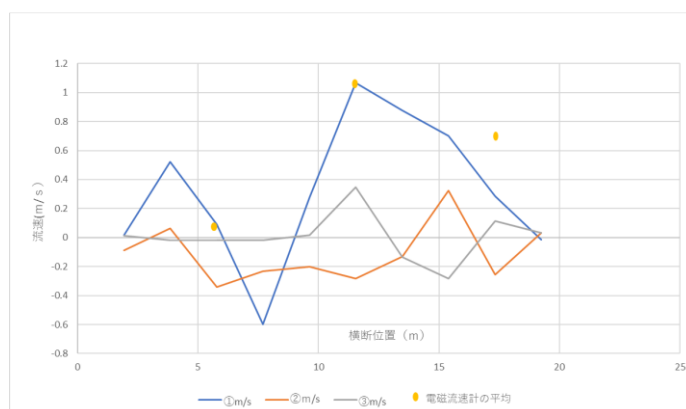


図6 第2回流速結果のグラフ

6. おわりに

本研究では、Hydro-STIV の使用方法、また、現地観測により得られた Hydro-STIV の流速結果によって利点、欠点について確認することができた。今後は、荒天時の観測や雨の降った翌日などに観測を行うことでより Hydro-STIV の利便性を確認できると考える。

Hydro-STIV を利用して観測するには、河川の水深がある程度深く（岩が水面から出ない程度）流速が早くないと測ることができない。また、動画撮影で川幅全体、標定点が映らないと流速を測れない。しかし、今までの流速計では、実際に河川に入る必要があるが、Hydro-STIV を利用すれば実際に入らず流速を測ることができ、現地観測時の事故を無くすことができると考える。また、幾何補正内であればどここの場所も一つの動画で広範囲の測定ができ、作業の効率化につながると考える。標定点とカメラさえあれば流速を測ることができる特性があるので、標定点を堤防天端などの高めに設定し、カメラを設置すれば急な豪雨などによる災害時に、流速変化をいち早く計測できる。Hydro-STIV の使用は今後水害問題に重要になってくると考える。

卒業研究にあたり、武田誠教授にご指導いただきました。厚く感謝を申し上げます。また研究を進める上で教育技術員の橋詰朋幸様、研究室のメンバーにも感謝の意を表します。ありがとうございました。

参考文献

- 1) 株式会社ハイドロ総合技術研究所 : <https://hydrosoken.co.jp/service/hydrostiv.php> (2023/1/12 確認)
- 2) Google Maps : <https://www.google.co.jp/maps/@35.336327,137.1326041,16z> (2023/1/12 確認)

名古屋の地下街の避難シミュレーションに関する基礎的研究

EC19028 北村純平

1. はじめに

近年、2019年千曲川、2020年球磨川など大規模な浸水災害が多発しており、都市域における大規模な氾濫災害の発生が懸念されている。大都市には地下鉄や地下街などの地下空間が存在し、そこへの氾濫水の流入は甚大な人的・経済的な被害を生じさせる。現在、多くの地下街では外水氾濫を対象とする浸水対策が十分でないことから、避難対策の検討が必要であり、そのための避難シミュレーションの構築が重要とされている。本研究では、松井ら¹⁾により作成された避難シミュレーションのモデルを名古屋駅前地下街に適用し、人の避難行動と照らし合わせて矛盾点が無いかを確認しながらモデルの改良を行った。

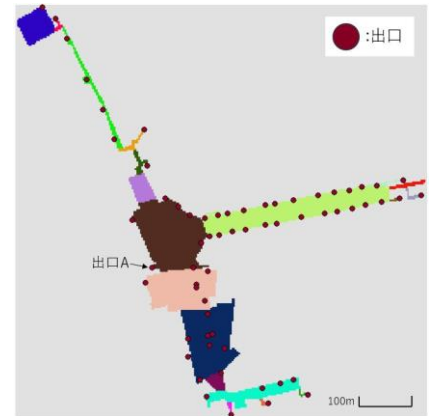


図 1 エリアと出口

2. 地下街の避難シミュレーションモデルの検討

2.1 モデルの説明

人の移動する方向は、A 出口などの目標の方向と、B 出口毎に計算格子中央の出口からの距離を求め、人の現在地から出口への最短となる隣接格子の中心方向の2つを考えた。また、エリア毎に番号を付けて、出口があるエリアに人が来たら A の方法で出口に向かい、別のエリアから出口へ向かう場合に、次に進むエリア情報、次のエリアへの目標となる格子位置情報を与えて、そこへ移動するようにした。また、A の方法で目的地へ向かう人が壁の中に入ってしまった場合、B の方法で再度移動を計算することで壁の中へ移動しないよう工夫した。さらに、人の重なりを修正する方法として、①進行方向に人がいる場合には速度を落とすこと、②進行方向を変更することを考慮した。具体的には、進行方向の時計回りの角度-15度~0度、0度~15度の範囲の人の有無を確認し、両区間に人がいない場合は進行方向へ進み、片方の領域に人がいるのであれば、人がいない領域の中心方向へ進行するとした。また、両方に人がいる場合は、進行方向の時計回りの角度-30度~-15度、15度~30度の領域の人の有無を確認し、両方に人がいない場合は、個人に設定された乱数を用いて進行する領域を決め、片方に人がいる場合は人がいない領域を進行する領域として、該当領域の中心方向へ移動するとした。なお、すべての領域に人がいる場合は、全領域の最短距離にいる人の中で最も遠い人の方向へと進むとする。

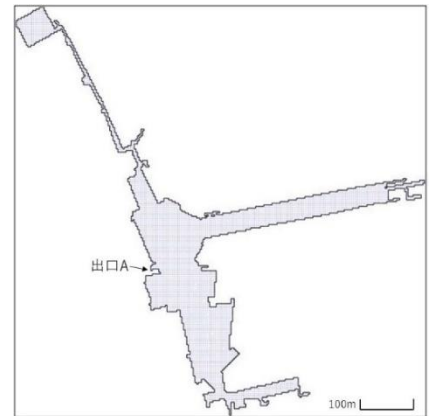
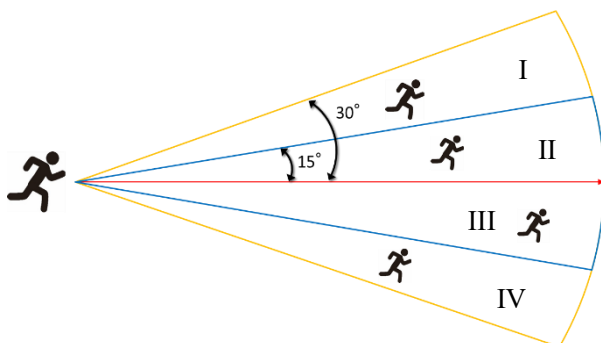


図 2 初期配置 1



進行方向-30° ~ -15° を I、-15° ~ 0° を II、0° ~ 15° を III、15° ~ 30° を IV とする。
 第 1 : II,III に誰もいない場合は進行方向へ移動する。
 第 2 : II,III のどちらかに人がいれば、人がいないエリアの中央へ移動する。
 第 3 : II,III の両方に人がいれば、I,IV へ移動する。両方ともに人がいない場合は、人に乱数(0~1)を与え、0.5 以下は IV、0.5 より大きいと I に移動し、片方に人がいれば、人がいないエリアの中央へ移動する。

図 3 人の重なりの回避に関わるモデル化

2.2 シミュレーションモデルの課題と修正

このモデルを名古屋駅前地下街に適応した。対象領域を高低差のない平面として、3.2m格子で表現し、その中央に人を配置した。また、図1のように63個の出口を設定し、19のエリアに分け、計算に用いる接続情報を作成した。図2のように格子中央に人を配置し、出口Aに移動する解析を行った。人の移動速度は1.0m/sとした。結果には、遠くのエリアから移動する様子が見られたが、図4に示すように、接続箇所(例えば、丸の箇所)を境に直線で移動する様子が見られた。これは、人の現在地に一番近い接続格子に移動するようモデル化していることに起因していると考えた。そこで、出口までの距離が短くなる接続格子に向かうよう修正を行ったものが図5の結果である。本図から領域を越える箇所でも滑らかな人の移動を示している。ただし、多くの人々が最短距離のルートに集まっている様子もみられる。そこで、接続領域の最短の目標格子に人が集中せず、領域において平均的な移動をするように、目標とする格子に人数の上限(エリアにいる人数の平均値)を付けて計算した結果が図6である。本図から、領域Bの人の移動は広がっていることから、最短距離に集中しない人の移動を示すことができたが、CやDの箇所では最短距離への人の集中がみられる。次に、図7のように周辺出口の距離が最短となる格子へ移動するモデル化を行った。その結果を図8に示す。人が集まる通路があるものの人の分散や最短距離の移動はできているように見える。図9のように出口があるエリアではBの方法、無いエリアではAの方法というように移動方法を変えた。計算結果を図10に示す。人の広がりや曲がり始める位置などおおよそ自然な動きになっていると考える。次に、計算する順番を変えた。従来は図11のように初期配置において左下から上に向かって番号を付け計算していたが、図12のように出口や接続格子に近いものから番号を付け計算した。結果を図13に示す。図10と比較すると人の広がりが小さくなった。図の効果が見られた。この広がりを大きくするため、接続格子を通過する人数の上限を半分とした。結果を図14に示す。人の広がりはあったが蛇行して進んでいるように見られた。これは、接続格子に近い人は最短格子へ向かい、そこが上限になれば次の最短格子に移るので、結果として蛇行する人の動きになったと考える。

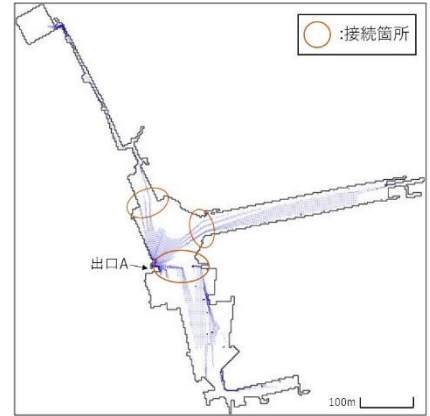


図4 人の移動1(1分後)

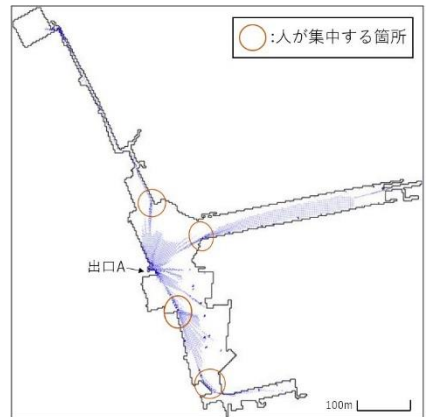


図5 人の移動2(1分後)

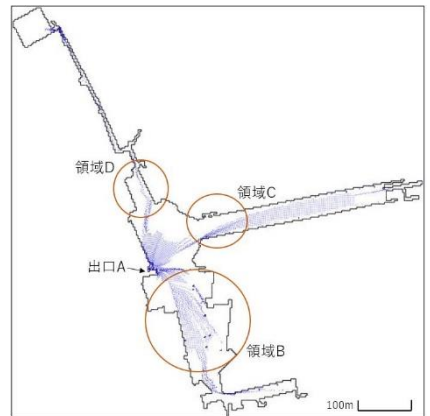


図6 人の移動3(1分後)

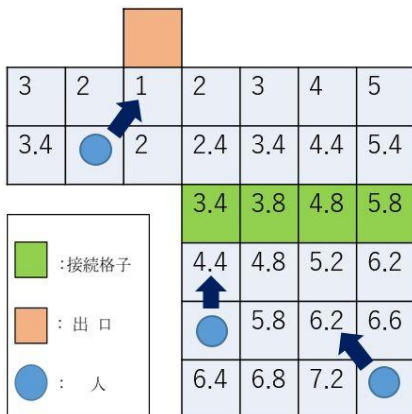


図7 移動方法1(格子1mの場合)

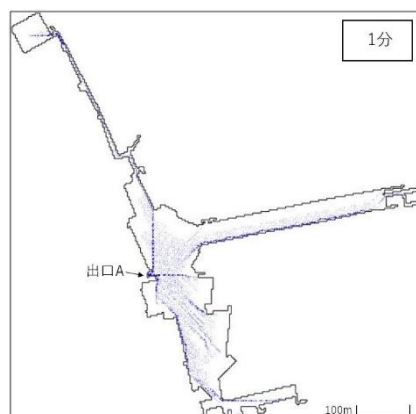


図8 人の移動4

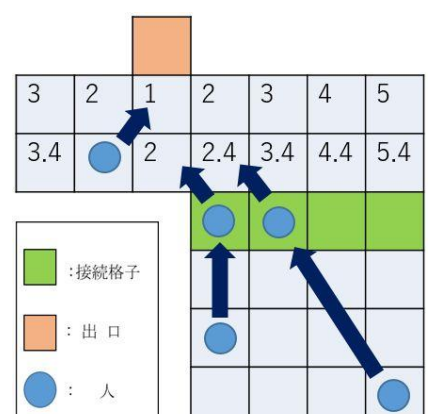


図9 移動方法2(格子1mの場合)

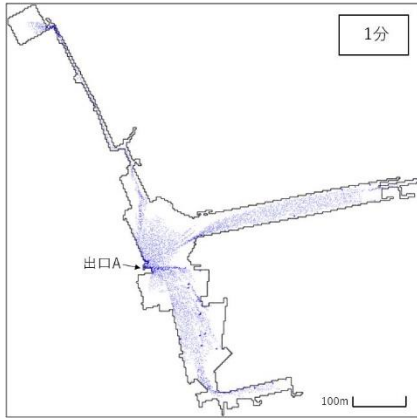


図 10 人の移動 5

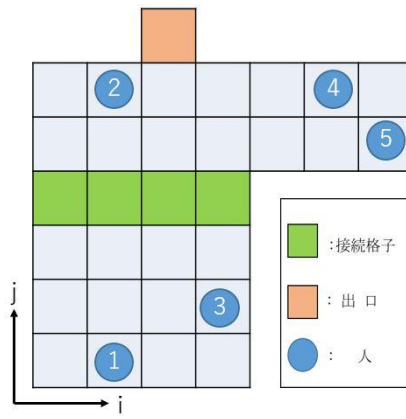


図 11 計算順番 1

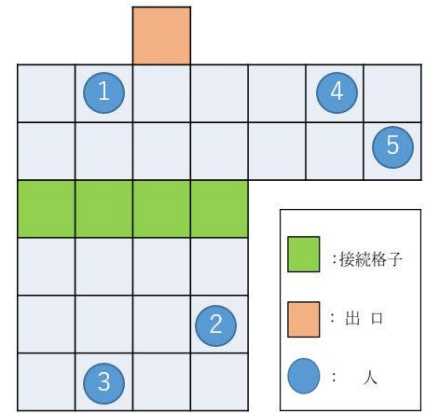


図 12 計算順番 2

2.3 通路を考慮した人の移動
次に, 通路を移動する場合を考える. これまでの検討より, 移動方法 1 と移動方法 2 を用いて, 計算順は計算順番 2 を使用した. 初期配置を図 15 に示す. 移動方法 1 の結果を図 16, 移動方法 2 の結果を図 17 に示す. 両図より, 例えば領域 a と領域 b に違いがある. 図 17 の領域 a では人が壁に向かって移動し, くぼみに人がたまっている. また, 領域 b では, 極端に壁に沿って移動している. その点で図 16 では, 壁の引っ掛かりが少なく最短距離で移動出来ていると考える.

2.4 モデルの活用

作成したモデルを活用することで, 現在地から指定した出口までの避難に要する時間や最短距離を求めることができる. また, 非常時だけでなく平時の交通シミュレーションとしての機能も持つ. 通路がある条件の中で作成したモデルを比較し, 移動方法 1 が最も自然な人の動きができていると考える. このモデルを利用して, 避難にかかる時間と人数を計測した. はじめに人に速度差を出すと避難時間に差があるかを調べた. 人は図 18 のようにランダムに配置し, 最も近くの出口

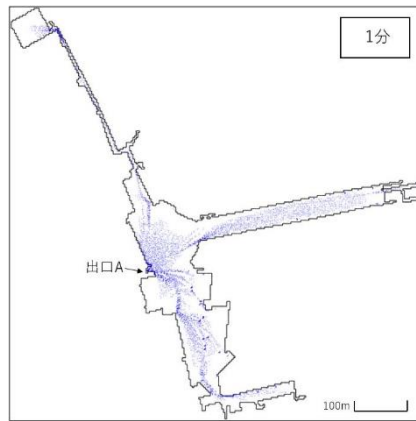


図 13 人の移動 6

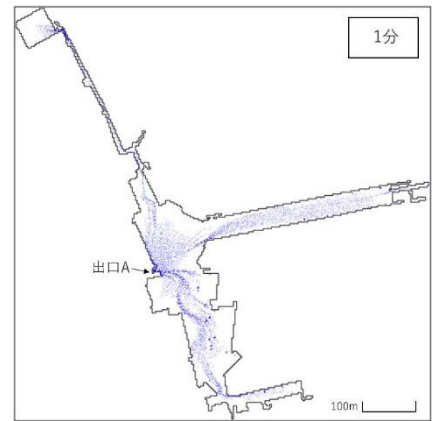


図 14 人の移動 7

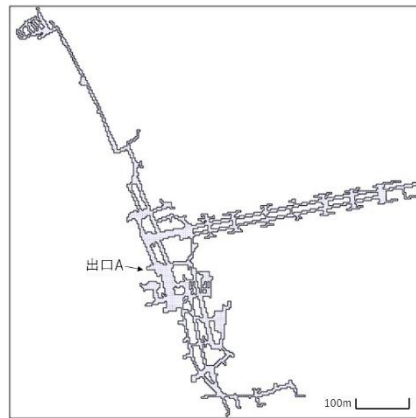


図 15 初期配置 2

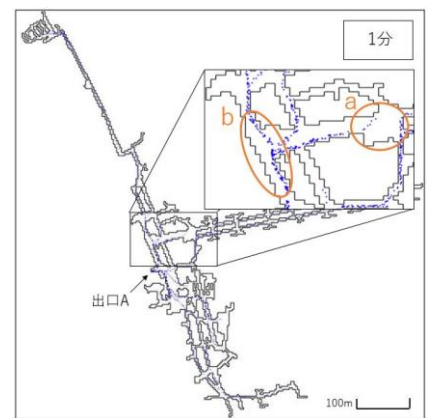


図 16 人の移動 8

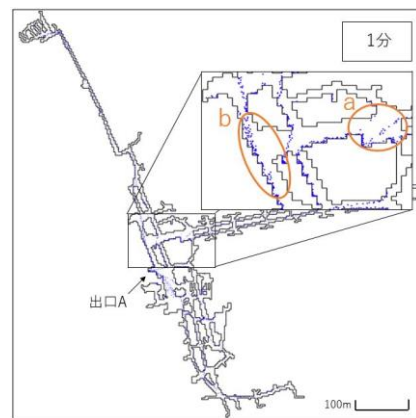


図 17 人の移動 9

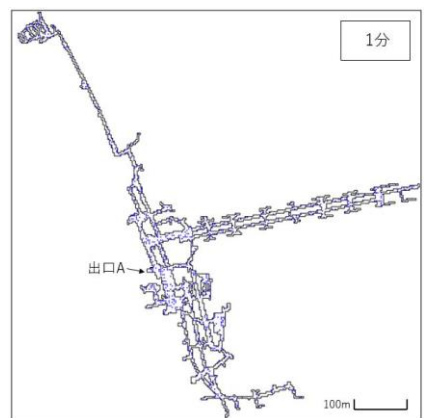


図 18 初期配置 3

へ移動させた。速度は成人 1.0m/s, 子ども・高齢者 0.6m/s とした。子ども・高齢者割合別の避難完了人数と時間の関係を図 19 に示す。本図より高齢者割合が多くなるほど避難に遅れが出ていることが分かる。実際に歩行が遅い方がいると後ろにいる人の速度も下がるため、再現ができていないと考える。次に、最も近くの出口へ移動, 子ども・高齢者の割合 4 割という条件で人数別の避難成功割合と時間の関係図 20 に示す。人が増加すると避難にかかる時間が増える予想していたが, 図より数値に大きな変化は見られなかった。これは, 人が出口(階段)に到達した時点で計算から外しているため, 出口付近で人が詰まるということがないからだと考える。

3 つの入口から入り, 3 つの出口から出る人の移動を計算した。入口 A, B, C から 6 割, 2 割, 2 割の人が入り, 出口 A, B, C から 6 割, 2 割, 2 割の人が出るとし, 時間毎に流入の総数を決めて, 6 時間の計算を行った。結果を図 22 に示す。計算結果には, 人の移動の流れや人が密になる様子が示された。また, 同じ条件で 4 割の人が子ども・高齢者であるとした計算を行った。結果を, 図 23 に示す。図 22 と比較するときちんと速度に差が出ており, 移動にかかる時間が多くなっていることがみられた。

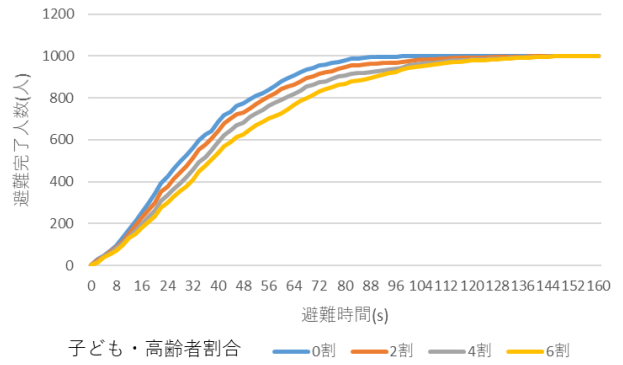


図 19 時間経過での避難成功者数

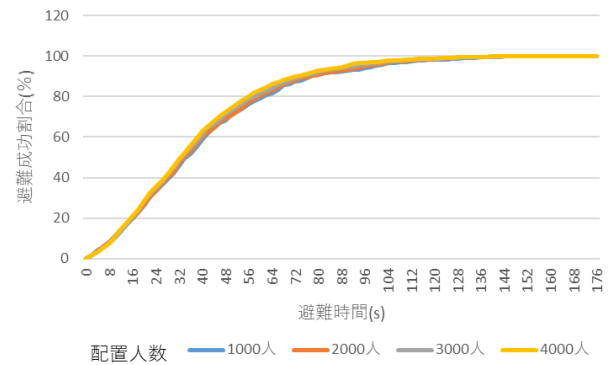


図 20 時間経過での避難成功者割合

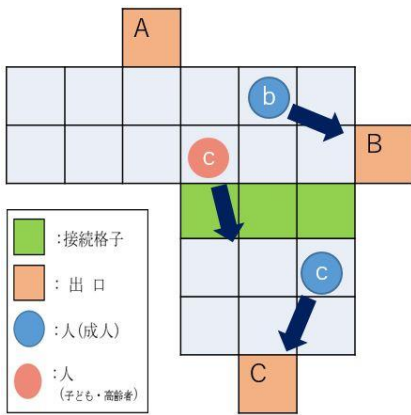


図 21 移動方法 3

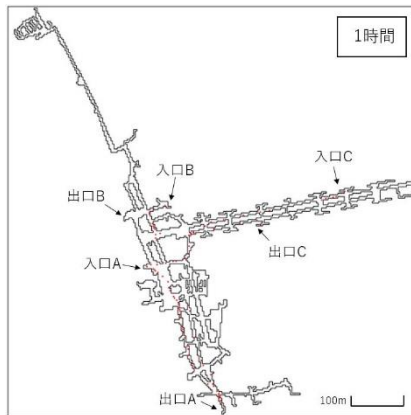


図 22 人の移動 10

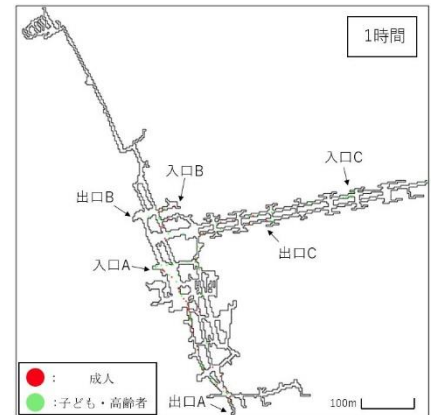


図 23 人の移動 11

3. おわりに

本報では, 地下街を対象に人の移動に関するモデル開発を行っている。今後は, 避難シミュレーションモデルの改良と避難シミュレーションによる種々の検討の 2 点を行う予定である。その後, 改良したモデルを活用して, 地下浸水時の避難について考察したいと考えている。

参考文献

- 1) 松井 柁輝, 武田 誠: 地下街の避難シミュレーションに関する基礎的研究, 令和 3 年度土木学会中部支部研究発表会, II-18, 2022.

1. はじめに

近年の異常気象に伴う内水氾濫や大規模な外水氾濫が生じた場合、地下街は甚大な被害が生じる可能性がある。本研究では名古屋駅の各地下街の現地調査・ヒヤリングを行うことでその地下街の現状と特徴を理解する。また、外水氾濫が起きた際の水の流れる方向と名古屋駅への到達時間を災害のシミュレーションで調査する。それらを踏まえて、災害に遭遇した際の避難方法や観光客などの人の誘導方法、店舗の従業員のとるべき行動を検討していく。



写真1 災害対策訓練の様子

2. ヒヤリング調査

エスカ株式会社成澤氏の協力で地下街の現状と課題についてのヒヤリングを実施した。地下街は消防法や道路法で管理されており、避難のための情報を出すとしても看板や広告を道に出せず、名古屋市の交通局や土木局に許可を得なければならない。

地下街の災害は3つがある。地震対策としては発生した際に地下の安全を確保し、地下で火災やガス漏れがあった場合や地上が安全ならば地上・屋外へ避難させる。火災対策としては今も検討しているがとにかく地上へ逃げるのが安全だとされている。消防と企業（中村消防署と東邦ガスなど）が協力してガス漏れなどの対処訓練を実施している。水害対策としては内水氾濫と外水氾濫の2種類で内容は異なる。内水氾濫の対策としては基本的に止水板（50cm程度）と土嚢を用意して地下に浸水するのを防ぐ。外水氾濫の対策としては地上に避難させることとなっている。特に庄内川からの氾濫が想定されているので、高い建物が多い

JR側に逃げることを推奨している。シミュレーションにて庄内川が破堤した場合、3時間で浸水し始めて5時間後には被害が出る浸水となることが確認できているので名古屋市のホームページの情報（タイムライン）を意識して浸水前に危機管理局から2段階で情報が発信される。

3. エスカ地下街における避難時間の調査

名古屋駅のエスカ地下街にて災害発生時、避難経路と時間を調べる。また、防災センターから一番遠いE10まで歩いて到達時間を計測する。避難経路・時間計測は図2の位置に人を1人ずつ配置する。定位置で

- | | | |
|-----|-------|--------------------------|
| 1回目 | 待機 | →「浸水発生！どこでもいいので逃げてください！」 |
| 2回目 | 自由に行動 | →「浸水発生！JR側に逃げてください！」 |
| 3回目 | 待機 | →「浸水発生！JR側に逃げてください！」 |
| 4回目 | 自由に行動 | →「浸水発生！どこでもいいので逃げてください！」 |

図1 最初の指示と連絡の種類の順番

待機か自由に行動かを指示する。計測者から災害発生と避難する方向の連絡を送る。タイマーを押す。連絡に従って避難が完了したら、各々が計測者に連絡する。タイマーを止める。避難ルートマップに記入する。これを合計4回行う。連絡手段としては「浸水発生！どこでもいいので地上に逃げてください！（内水氾濫を想定して行う。火災の状況と近似しているので火災と内水氾濫時のデータとして計測する。）」と「浸水発生！JR側に逃げてください！（外水氾濫を想定して計測する。）」のうちの一つを連絡する。最初の指示と連絡の種類は図1の順番で実施する。

表1 避難時間

	11月24日		11月28日	
	A	B	C	D
①	1:40	0:34	1:01	1:04
②	2:53	1:41	2:13	1:31
③	2:55	2:14	1:02	2:00
④	2:03	1:06	1:18	0:52

次に止水板を持って行く時間の計測では防災センターからE10まで歩き、移動時間を計測する。



図2 避難時間計測のマップ

表2 止水板を持って行く時間

	11月24日		11月28日	
	A	B	C	D
時間	3:18	3:08	3:09	3:18

結果としては、避難時間が表1のようになり、避難経路は図10、図11、図12、図13のようになった。図10より、その場で待機した状態のJR側の通路への避難



図3 Aの避難経路



図4 Bの避難経路



図5 Cの避難経路



図6 Dの避難経路

難はすぐに見つけることができないので時間がかかってしまうことが分かった。図11、図12、図13の避難経路からは通路が近くにあることやJR側の通路がすぐに見つかる場所にあることで、避難しやすいことが分かった。図10のAの位置付近は誘導が必要なのではないかと考える。止水板を防災センターからE10まで持っていく時間については表2のように3分10秒ほどで到着することができると分かった。内水氾濫の際の止水板を消火器などのように身近な場所に配置して店舗の従業員に設置してもらうことで止水対応にかかる時間が短縮するのではないかと考える。

4. 破堤に伴う浸水情報の整理

国土交通省の浸水ナビを用いて矢田川と庄内川の破堤時の浸水の流れと到達時間を調査する。破堤対象の場所は図7の①から⑩を調査する。結果としては名古屋駅までの浸水到達時間は表3の通りである。図8では破堤場所から名古屋駅までの浸水状況を時間ごとに表している。紙面の都合上、すべてを記載できないので⑤のみを示す。

庄内川からの浸水について、①が破堤した場合は破堤場所から浸水方向は南なので名古屋駅に到達しないが西区から越水した水が南西に流れて名古屋駅に到達する。②が破堤した場合は東に流れて名古屋駅に到達する。③が破堤した場合は東に流れて名古屋駅に到達する。しかし、名駅より東側に浸水しない。④が破堤した場合は東南東に流れて名古屋駅に到達する。⑤が破堤した場合は南南西に流れて名古屋駅に到達する。

矢田川からの浸水について、⑥が破堤した場合は南南西に流れて名古屋駅に到達する。⑦が破堤した場合は南南西に流れて名古屋駅に到達する。⑧が破堤した場合は南西に流れて名古屋駅に到達する。⑨が破堤した場合は南西に流れて名古屋駅に到達する。⑩が破堤した場合は南西に流れて名古屋駅に到達する。

①から⑤の浸水状況から、庄内川は下流の下側の堤防が破堤が起こると西区から越水などで浸水被害が発生して水が南下して流れるが破堤から名古屋駅に到達する時間が1日以上あるので非常に余裕をもった避難行動ができると考える。しかし、ほとんどの場合は破堤場所から名



図7 破堤の対象場所 左：庄内川 右：矢田川

表3 名古屋駅までの到達時間

①	②	③	④	⑤
46時間20分	9時間21分	8時間21分	3時間56分	5時間44分
⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
8時間46分	9時間10分	8時間43分	14時間9分	17時間11分

古屋駅に流れていくので到達時間が早い。そのため、迅速な避難行動が必要だと考える。矢田川は北側から名古屋駅に流れていく。しかし、栄や名古屋城などの高い位置にある場所を避けて名古屋駅へ流れるので到達時間は庄内川からの到達時間より遅くなるので余裕をもって避難行動ができると考える。

5. 現地調査による地下街の特徴と浸水対策の整理

名古屋駅周辺の地下街の現地調査を実施した。エスカ地下街は「名古屋めし」などの観光客向けの店がエスカの北側に集中している。また、地下街中央の名古屋駅側の入り口付近にはお土産を販売する店舗が多いため、観光客向けのエリアとなっている。地下街中央から南側にかけて定食などの飲食店が立ち並ぶ。他にもファッション系の店舗や薬局などサービス関連のエリアが中央から北側にかけて立ち並ぶ。電光掲示板が設置されていたので災害時に避難誘導・アナウンスができるととても便利になるのではないかと考える。

ルーセントアベニューは名古屋ルーセントタワーとの地下通路として使われている。浸水対策として地上の出入り口がガラス張りで浸水できないようになっている。メイチカは名駅地下街と名駅東地下街に分かれている。名駅地下街は地下鉄東山線乗り場の近くにある北側に定食などの飲食店がある。さらにそこから南のサンロードや名鉄名古屋駅までの通路の両端には食べ歩き用の出店やお土産販売店の店舗が立ち並ぶ。地下鉄と名鉄を結ぶ通路なので日常的に利用している人向けの店舗配置になっている。名駅東地下街には薬局や不動産などが建ち並び、ミッドランドスクエアにつながる通路となっている。

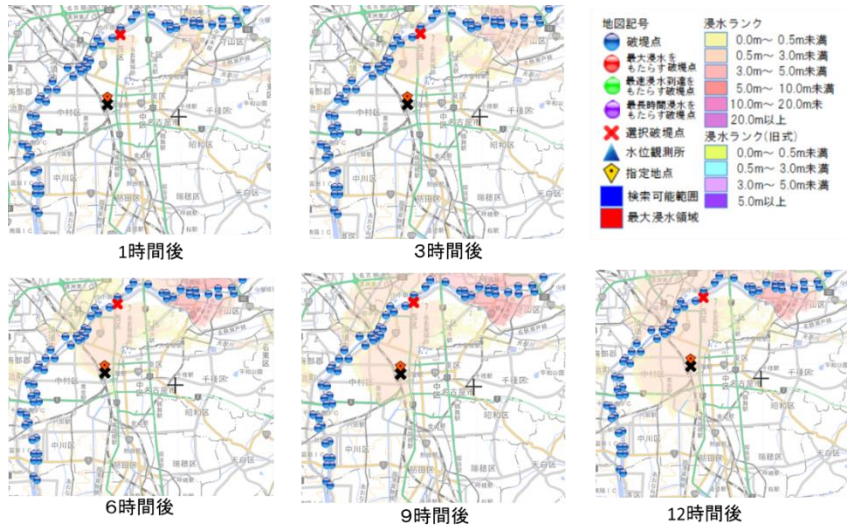


図8 ⑤の破堤後の時間ごとの浸水状況



図9 エスカ

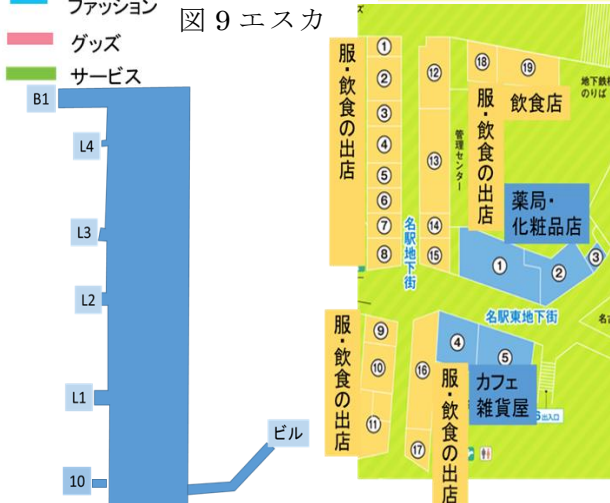


図10 ルーセントアベニュー

図11メイチカ

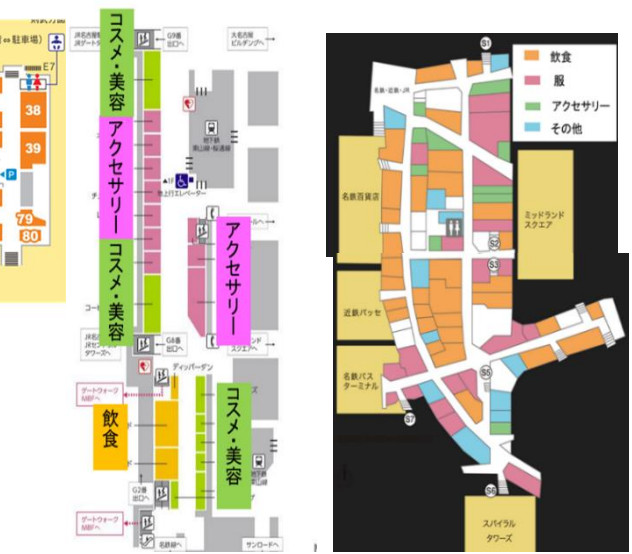


図12 ゲートウォーク 図13 サンロード



図14 キタチカ・ミヤコ地下街

ゲートウォークは道幅が広く、飲食店が少ない。地下鉄・名鉄・地上通路をつないでいる地下街なので人通りが激しい。サンロードは東西の通路で店舗の種類が異なる。西側の通路には食べ歩きの出店や衣服などの店舗が多い。東側の通路は店内に入れる店舗が多く、定食やカフェなどが立ち並ぶ。東西両端にビルがあり地下街と直結している通路が多い。また、地上通路に扉やシャッターがあり、さらには止水板を設置できるようになっている。キタチカとミヤコ地下街はささしまライブの方向への地下通路の役割と考えると夏の気温が高い日に利用できるのもとても便利なのではないかと考える。通路にはビルと直結している場所や扉と止水板で浸水を防ぐ場所がある。

ユニモールは名古屋駅から国際センター駅までをつなぐ地下街である。地下鉄からユニモールに行こうとすると下り階段があるので東側の地下街の中でも低い位置に存在する。両駅の間エリアに飲食店が集中している。また、国際センター駅付近には ATM やジムなどのサービス関連のエリアが存在する。地下街には観光客が集まる場所や日常的に利用する人が利用しやすいような店舗配置になっている場所があることが分かった。エスカは観光客が多い地下街なので浸水が始まる前に従業員の声かけによる避難誘導が重要になると考える。ルーセントアベニューとゲートウォーク、メイチカは通路のような地下街になっており、近くのビルと直結したり、地上に出るとビルがあるので浸水発生時にはそのビルに避難することが適切だと考える。サンロードとキタチカ・ミヤコ地下街はビルに直結している通路と直結していない通路があり、そこから浸水が発生するので避難先の通路を事前に決定してその通路に避難することが重要だと考える。ユニモールは名古屋駅側にいるならば名古屋駅の方に避難してもよいが、そうでない場合、外水氾濫の場合はビルと直結している通路か、地上に出て歩道経由でビルに避難させる。内水氾濫の場合はビルと直結している B2、B3、B6 の通路に避難させる。

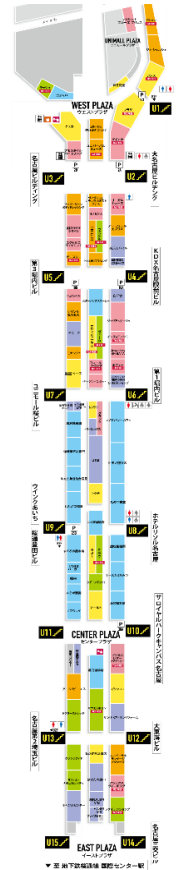


図15 ユニモール

6. おわりに

エスカは観光客が利用しやすい地下街であり、観光客は避難先が分からないのでアナウンスや店舗の従業員の呼びかけが重要になる。また、内水氾濫の際の止水板を身近な場所に配置して店舗の従業員に設置してもらうことで止水対応にかかる時間が短縮できる。ユニモールやサンロードは地上に出ると高い建物が存在するので浸水被害を受ける前にそこへ避難することが大切である。そのため、ビルを管理している企業と避難先として利用してもよいかを交渉することが重要だと考える。今後、リニア中央新幹線の開通で将来的に観光客が増えて今より大勢の人が地下街を利用することになるので地下街にはビルへの接続場所もあり、そこは避難先として有効である。また、店舗の従業員の声かけなどの行動がより大事になると考える。

参考資料

- 1) 東京大学 UTokyo BiblioPlaza 知られざる地下街 歴史・魅力・防災、ちかあるきのススメ 廣井悠、地下街減災研究会 https://www.u-tokyo.ac.jp/biblioplaza/ja/D_00040.html (2023年1月20日確認)
- 2) 浸水ナビ 国土交通省 <https://suiboumap.gsi.go.jp> (2023年1月20日確認)
- 3) 名駅データブック2018 名古屋駅周辺地域 調査・分析と展望 株式会社電通 名鉄コミュニケーションズ https://www.dm-c.co.jp/themes/dmc/doc/dmc_meieki_data_book_ol_180807.pdf (2023年1月20日確認)
- 4) 利用者意識からみた地下街のあり方に関する研究 名古屋駅地区について 谷本 道子・中山 智草・杉山 尚美 名古屋女子大学紀要 第50号(家・自) pp.93-100、2004 https://nagoya-wu.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=1621&file_id=22&file_no=1 (2023年1月20日確認)

庄内川の支川流域に関わる河川合流部の調査と治水安全度の検討

EC19039 近藤 類

1. はじめに

近年、甚大化する豪雨・洪水災害の対応のために流域治水が提唱され、その実施に対して議論が進められている。流域治水の効果的な実施のためには、川と町との関わりを再度検討して、課題や特徴を見出すことが重要と考える。そこで、庄内川流域を対象に支川流域の調査を行った。特に河川の合流箇所の特徴について考察する。また、近年の区画整理事業によって、以前は遊水的に使用されていた場所が宅地開発され、住宅地として整備されている。その箇所のひとつに春日井市熊野町牛毛地区がある。このような地域における水害対策は特に慎重に検討する必要がある。そこで、本研究では、庄内川の支川流域の水理特性と庄内川と支川（内津川）との合流部の浸水を検討し、その対策について考察することを研究目的とする。

2. 庄内川領域を対象とした現地調査

本研究では、5つの河川（矢田川、八田川、妻木川、肥田川、小里川）の調査を行った。ここでは、平野部にある支川の中でも合流箇所の特徴に焦点を当てて、矢田川と八田川の様子を中心に検討する。

2.1 矢田川(調査日 2022年9月26日)

殆どが平野部を流れる川幅の広い河川であり、中下流部に宅地が多くあり、庄内川に合流する箇所では大型のマンションが多く見られた。

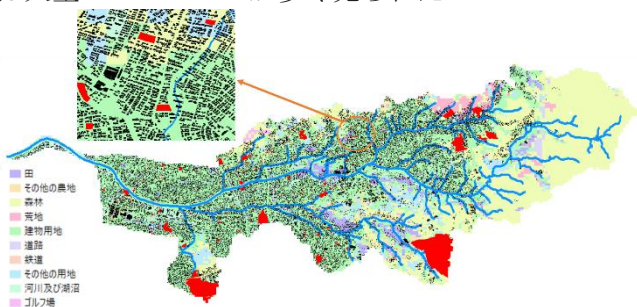


図-1 矢田川流域の土地利用

2.2 八田川(調査日: 2022年10月17日)

上流に田畑が広がっており、この田畑が遊水地の役割を担っていると考えられる。また、支川と支支川との合流部に公園が設けられており、その前後には落差工や流速を抑えるブロックが設置されていた。ハザードマップでの浸水域は広く、中下流までの河川沿いは宅地化されていた。今回の調査で、八田川では合流地点を公園として活用している点は特徴的であった。これは、土地区画整理が始まる時に作られたものと考えられ洪水対策として合流地点に公園を整備して、遊水池的機能を確保することは流域治水を考える上で非常に重要な点と考える。

3 GISを用いた情報の整理

GISを用いて、現地調査で確認した箇所の整理を行う。GISデータは、国土地理院¹⁾、国土数値情報²⁾から取得している。3.1と3.2では土地利用に着目して整理する。3.3と3.4では公園に着目して整理を行う。

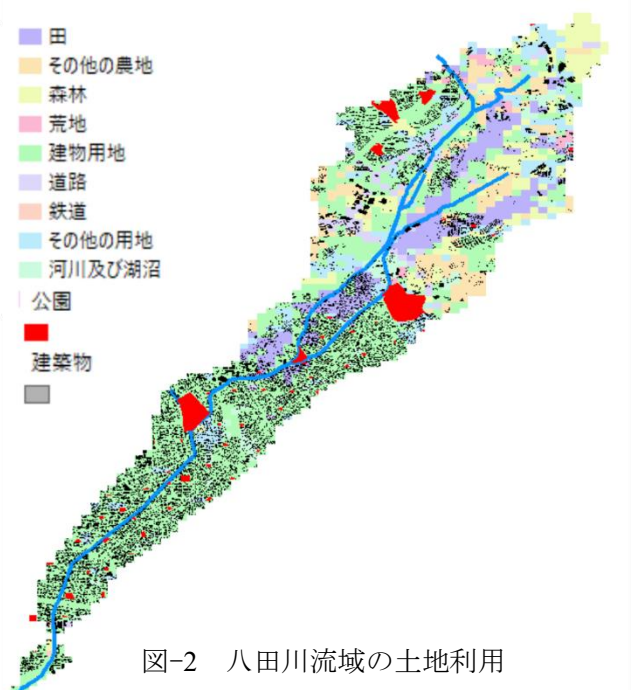


図-2 八田川流域の土地利用

3.1 矢田川流域における土地利用

矢田川の上流部が山間部になっている一方で中下流部は、宅地化されているため図-3のようなグラフになったといえる。上流では森林の割合が大きいいため流木による外水氾濫が懸念されるが、川幅が広いため起こる可能性は低いと考える。中下流部の宅地化されている川沿いでは、堤防が築堤構造になっているが、宅地は盛り土されていて浸水被害を抑える工夫がされていた。

3.2 八田川流域における土地利用

八田川の特徴としては、森林が少なく田畑の割合が高い。第2章でも示したように、中下流部の川沿いは宅地化されており、ハザードマップでの浸水域は広がっている。さらに、川幅が狭いこと、下流部では堤防が築堤構造になっていることから、下流で外水氾濫が発生した場合、甚大な被害が起きる可能性が非常に高いといえる。そのため、治水対策が必要であるがハード面での改善は厳しくソフト面での対策が必要と考える。

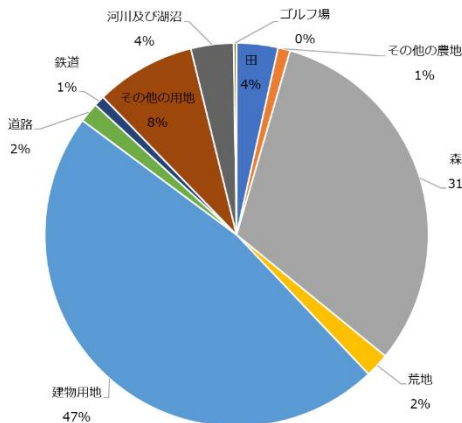


図-3 矢田川土地利用の割合

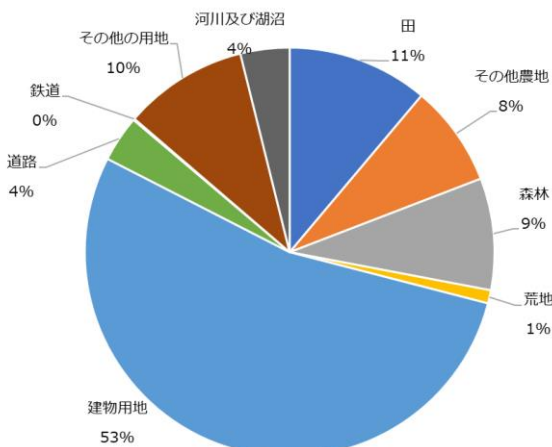


図-4 八田川土地利用の割合

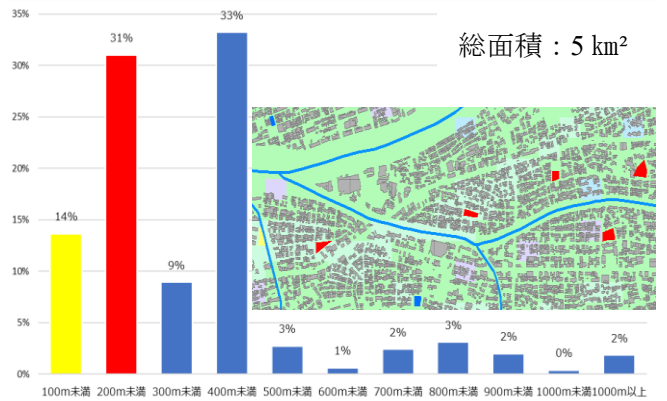


図-5 矢田川流域の距離ごとの公園の面積の割合

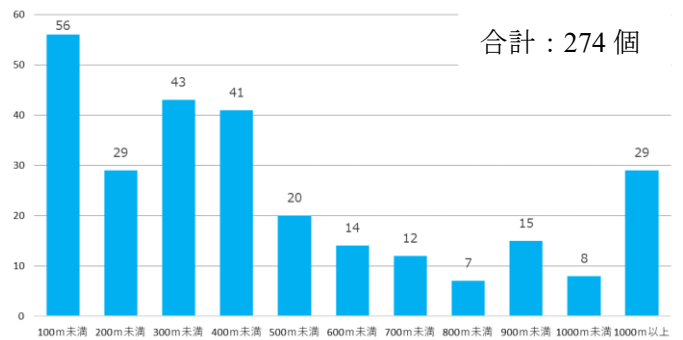


図-6 矢田川流域の距離ごとの公園の個数

3.3 矢田川流域の公園

矢田川の図-5、図-6に河川との距離ごとの公園の総面積と個数を示す。距離は川から公園までを直線で測った際の距離を示す。矢田流域の公園は総面積がかなりあり個数的にも多い。総面積で見た場合、100～200m、300～400mが大きいことが分かる。個数で見た場合、半分以上が400m未満の位置にあることが分かる。ここから考えられることは、100m未満の公園は個数的には多いが総面積が小さいことが特徴的である。これは200～300m未満も同様である。一方で、川からの距離が100～200m未満の公園は、個数で見れば100m未満の半分程度であるが総面積は倍以上あることが分かるため川沿いではなく少し離れた位置に公園があることが確認できる。公園が遊水池的な役割を担うことが考えられるが、名古屋市では地下貯留施設があるため、浸水が起きた際には地下に流すことも考えられる。

3.4 八田川流域の公園

図-7と図-8に河川との距離ごとの公園の総面積と個数を示す。また、距離は川から公園までを直線で測った際の距離を示す。八田川流域の公園は、面積、個数ともに矢田川流域の公園より少ない。これは流域面積の影響も大きいと考える。八田川流域の

公園の個数は、八田川から 200m 未満の距離の公園の数が 31 個と全体の約半分あり、面積では川から 100m 未満の値が全体の半分以上を占める。図-7 を見ると、公園の面積が 100m 未満と 200m 未満では 50%の差がある。100m 未満というのは川沿いにある公園であるため川に隣接する公園は、遊水池的役割を担うことができる。これは、八田川流域の最大の特徴である。現地調査を行っていても川沿いや支川と支支川の合流部に公園があるなど特徴を確認することができた。この公園は、土地区画整理事業を行う際に造られたと考える。名古屋市は、地下貯留施設が設置され公園の遊水池的な役割が少ないが八田川沿いでは調整池や地下貯留施設がないため、公園の遊水池的な役割が大きくこの点が特徴であると考ええる。今回、現地調査を行った 5 つの河川で支川と支支川の合流部に公園が設置されていたのは八田川だけだった。流域治水において、遊水池機能を持つ公園が重要な役割を担う。それが、河川合流部にすることは、全体の治水対策の向上につながると考える。八田川の事例は多くの地域で参考になると考えるが、今後は、水理計算を用いて効果を定量的に評価する必要がある。

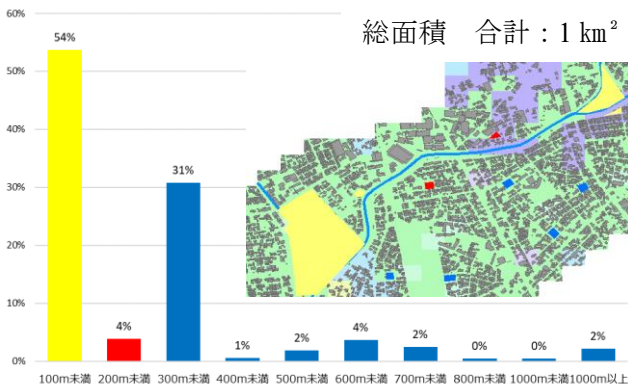


図-7 八田川流域の距離ごとの公園の面積の割合

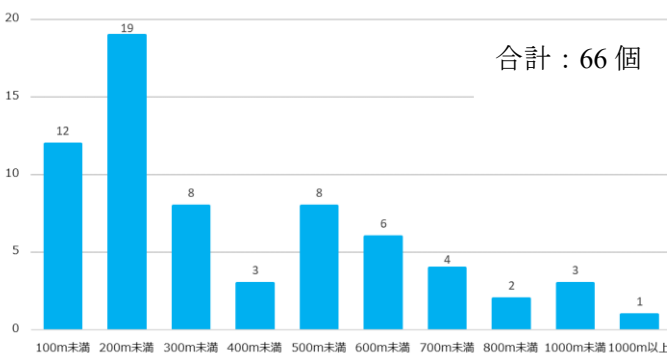


図-8 八田川流域の距離ごとの公園の個数

4 春日井市熊野町牛毛地区における内水氾濫の浸水の数値解析

庄内川と八田川の合流部など本線と支川の合流部は公園を設置することが難しいと考える。宅地化されている区域において遊水池を確保することは非常に重要なことである。

4.1 解析モデル

降雨を対象とした内水氾濫解析を実施する。解析はデカルト格子の平面二次元不定流モデル(図-9)を用い、領域を 10m 格子で表現し、そこに降雨を与えた。また、下水道などの排水は、簡易的に計画規模の降雨量に相当する浸水深が減少するものとした。

4.2 解析条件

降雨時間は 1 時間降らせ、それ以降は降らせていない。10 分ごとに出力し 3 時間まで出力した。用いた降雨量は時間雨量 153mm, 100mm, 63mm である。153 mm は、日本において時間最大降雨量であったため使用した。100 mm は、近年の降雨の傾向としてあり得る値を使用した。63 mm は、現在、建設中の熊野桜佐ポンプ場の排水能力と同等の値を使用した。下水道能力の正確な値がわからないため、時間排水は 63mm, 40mm, 0mm と仮定した。時間排出量の値は、現在、建設中の熊野桜佐ポンプ場の排水能力が 63 mm であるためその値を使用した。40 mm, 0 mm は仮定した値である。表 1 に示す 9 通りの計算条件を定めた。

氾濫域

デカルト座標による平面二次元不定流モデル

$$\text{連続式} : \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = r - v_o$$

$$x \text{ 方向の運動量方程式} : \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} + \frac{\partial vM}{\partial y}$$

$$= -gh \frac{\partial (Z_G + h)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\epsilon_x \frac{\partial M}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\epsilon_y \frac{\partial M}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{bx}}{\rho}$$

$$\tau_{bx} = \rho g n^2 M \sqrt{u^2 + v^2} / h^{4/3}$$

$$y \text{ 方向の運動量方程式} : \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial uN}{\partial x} + \frac{\partial vN}{\partial y}$$

$$= -gh \frac{\partial (Z_G + h)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\epsilon_x \frac{\partial N}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\epsilon_y \frac{\partial N}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho}$$

$$\tau_{by} = \rho g n^2 N \sqrt{u^2 + v^2} / h^{4/3}$$

x, y : それぞれのデカルト座標系による

平面座標値(xは東方向を正、yを北方を正)

t : 時間、h : 水深、u, v : x, y 方向の流速、

M, N : x, y 方向の流量フラックス (M=uh, N=vh/A)

z : 地盤高、g : 重力加速度、

τ_{bx} τ_{by} : 底面せん断力の x, y 方向成分、 ρ : 水の密度

図-9 平面二次元不定流モデル

表-1 解析条件

		時間排水量		
		0mm	40mm	63mm
時間降雨量	63mm	caseA1	caseA2	caseA3
	100mm	caseB1	caseB2	caseB3
	153mm	caseC1	caseC2	caseC3

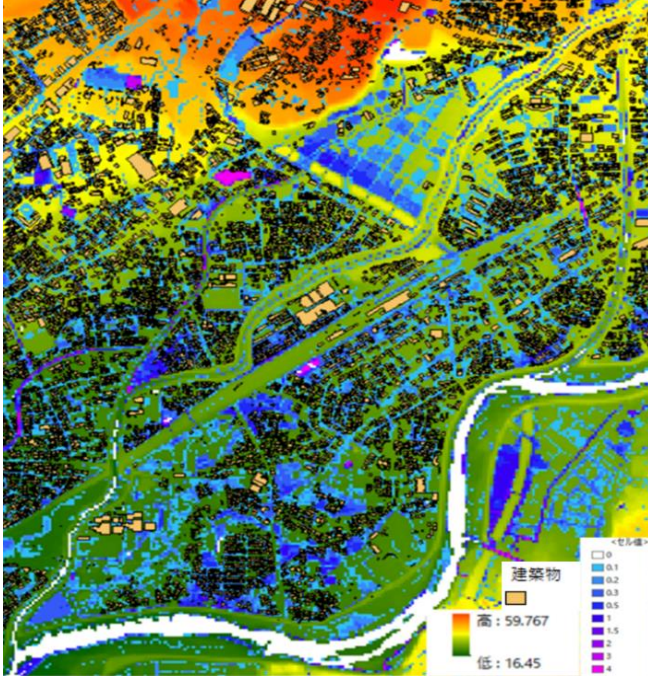


図-10 case C3 の最大浸水深の分布

時間降雨量 153mm/h, 時間排水量 63mm/h の場合

4.3 解析結果と考察

図-10 に case C3 の解析結果 (最大浸水深) を示す。なお、本図には地盤高、建物も記している。図-10 より、道路に沿って浸水が存在することが分かる。また、下水道の排水があったとしても、それ以上の降雨量がある場合は、浸水域が広がっていることも分かる。しかし、得られた浸水深は 0.5m 程度であり、人命を亡くすほどの甚大な被害とは言えない。したがって、下水道整備を十分に行うことで、流域内で生じる内水氾濫には対応できるものと考えられる。住民の方々とお話する機会があり、解析結果を見て、「過去にあった外水氾濫の浸水被害と同じだ」との意見から解析の妥当性があるといえる。

4.4 外水氾濫についての検討

この地域のそばを庄内川が流れてるため、庄内川破堤に伴う浸水 (外水氾濫) が発生した場合を考える。図-11 は、国土交通省にある浸水ナビ³⁾の熊野町で庄内川を点-1 の位置で破堤させた際の 3 時間後の図である。図-11 から、点 2 での最大浸水深は 4m



図-11 外水氾濫浸水想定図

を超える。被害は甚大なものになることが容易に想像できる。したがって、対象地域は外水氾濫に対しては避難対策などの人命を守る対策を整備し、地域防災力向上を検討する必要がある。

5 結論

以下に、得られた成果を示す。

- (1) 矢田川は川幅が広く、高水敷が確保されていた。八田川は川幅が狭いため、河川の合流部や川沿いに公園を設置し、遊水地的役割を担っていた。区画整理事業の一環で造られており、流域治水を考えるうえで参考になる。今後は、水理計算を用いて定量的評価が必要である。
- (2) 矢田川、八田川の中下流の宅地化されている場所では、堤防が築堤構造になっていることが確認できた。これは甚大な被害を起こすことが想像できるため、ソフト対策を検討する必要がある。
- (3) 熊野町牛毛地区の解析において、内水氾濫では大きな被害は生じない結果となり、解析結果の妥当性も確認できた。外水氾濫に対しては、避難などのソフト対策を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 国土数値情報ダウンロードサービス,
URL : <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
(2022年11月25日確認)
- 2) 国土地理院, URL : <https://www.gsi.go.jp/>
(2022年11月15日確認)
- 3) 国土交通省 : 浸水ナビ,
URL : <https://suiboumap.gsi.go.jp/>
(2022年11月25日確認)

春日井市における内水氾濫とそのリードタイム水防災に関する検討

EC19042 須賀俊介

1. はじめに

近年、全国各地で台風による大雨やゲリラ豪雨による災害が増加しており、甚大な被害に見舞われている。愛知県春日井市でも平成 23 年 9 月に発生した台風 15 号による大雨の影響により床上 214 棟、床下 183 棟、避難者数 618 人と莫大な被害を受けた過去がある。このように台風による内水氾濫被害は身近なものとなっているため、内水氾濫の対策を行うことは近い将来非常に重要なことである。そのためには、内水氾濫と表現する数値解析モデルが重要なツールとなる。数値解析モデルの精度向上とその活用法の検討は大事な研究テーマである。また、浸水対策の 1 つに事業継続計画(BCP: Business Continuity Plan)の作成と運用がある。これは災害による被害を受けた場合の企業活動の継続を検討したものである。浸水災害の場合、被災までのリードタイムがあることから、その時間を上手に利用して浸水被害の軽減を図るタイムライン水防災が重要となる。したがって、内水氾濫を対象としたタイムラインを意識した BCP 作成とその普及は重要な研究テーマとなる。

2. 対象地区と研究目的

春日井市勝川・南部地区は、鳥居松段丘、庄内川および地蔵川、八田川に囲まれており、2000 年の東海豪雨、2011 年の台風 19 号に伴う豪雨時において浸水被害を受けている。一方、この地域には春日井市を代表する企業も多く集積している。仮に庄内川破堤や豪雨に伴う浸水被害が生じた場合、大きな経済被害が想定されることから、タイムライン水防災の充実が望まれる。令和 3 年 10 月に、春日井市、春日井商工会議所、中部大学、環境防災総合政策研究機構が参加し、経済産業省中部経済産業局、国土交通省中部地方整備局庄内川河川事務所、愛知県尾張建設事務所がオブザーバー参加となる「春日井勝川・南部地区タイムライン水防研究会」が設立された。本研究会の目的は、春日井市勝川・南部地区の水防災情報共有連携に関する研究（事業）を行うことにより、事業者・企業、地域の防災力向上を図ることとしている。地震に関する BCP は作成していても、水害に関する BCP は作成していないことも多く、さらに中小企業の多くは BCP が作成できていない。水害発生にはリードタイムがあり、減災のためには、タイムライン水防災の取り組みが重要である。外水氾濫に比べ、内水氾濫はリードタイムが短く、浸水件数が多い。本研究では、内水氾濫を対象にタイムライン水防災と、災害時に他社と情報共有する仕組みについて検討する。

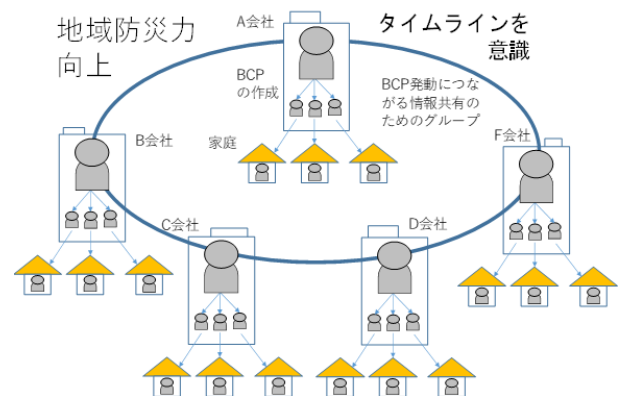


図 1 タイムライン水防災のイメージ

3. 内水氾濫による数値解析の検討

企業におけるタイムライン水防災を検討するために、対象地域の内水氾濫の様子を考察する。数値解析には、横倉らの内水氾濫解析モデルを用いる。解析を始めてから 1 時間後に設定降雨を 2 時間降らせる条件で 6 時間の解析を作った。図 2 は解析内での降雨状況のグラフとなり、10 分ごとに降雨を出力している。設定降雨

をそれぞれ 80mm/h, 147mm/h とし, 春日井市商工会議所主催の BCP セミナーに参加した企業 A 社から H 社の場所を対象に, 時間経過による浸水深を調べる. 解析に使う計算領域および地盤高を図 3 に示す. 設定降雨 80mm/h と 147mm/h の最大浸水深を図 4, 図 5 に示す. 図 4 の結果より, 浸水深 30cm を超える地域があり, 一般的な自動車のエンジンが止まる恐れがある高さとしてされている. また, 図 5 の結果より, 浸水深 50cm を超える地域が広がり始め, 床上浸水の恐れがある高さまで浸水した. 解析結果より, 設定降雨 80mm/h, 147mm/h の企業別浸水深を図 6, 図 7 に示す. 図 6 の結果より, E 社の最大浸水深は 70cm を超える結果となった. E 社の周辺地域は地盤が少し下がっているということが 70mm を超える浸水深の原因だと考えられる. 70cm の浸水被害が出ると, 床上浸水の可能性だけでなく, 従業員が逃げることも困難になってくる. また, 時間経過に着目してみると, H 社が雨を降らせたタイミングと同時に浸水し始めているため内水氾濫による浸水被害ではリードタイムが短いということがわかる. 図 7 の結果より, B 社, E 社, F 社, G 社, H 社の企業より 30cm 以上の浸水深が出た. 浸水深 30cm は一般的な自動車のマフラーの位置に相当するため, エンジンをかけることが困難となる. また, 浸水深が一番深いところで E 社の 1.1m となり, 事業継続や復旧が困難となる可能性や, 人的被害に関わる浸水深となってくる. また, どの企業でも浸水するまでの時間は短い.

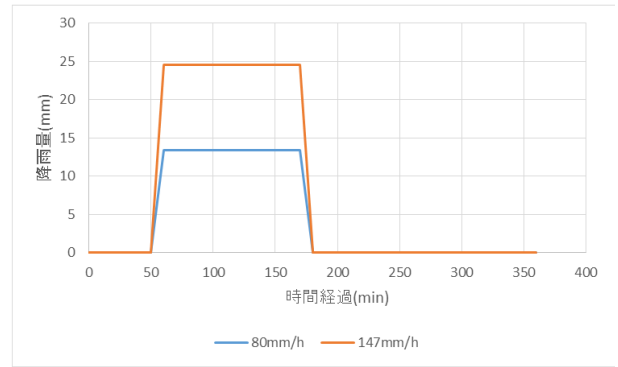


図 2 解析内での降雨状況

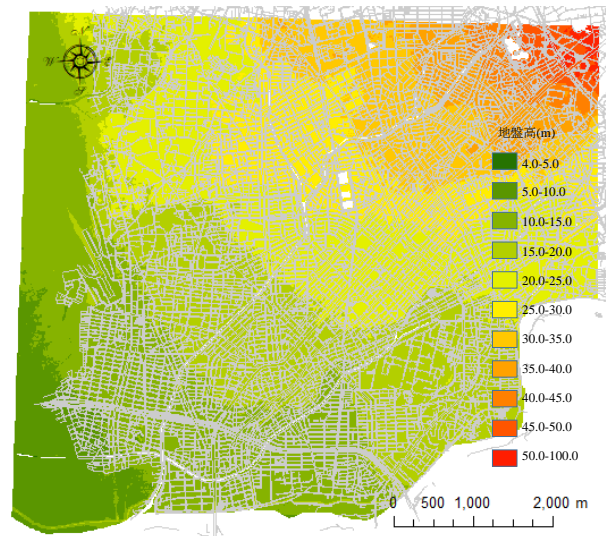


図 3 計算領域および地盤高

4. リードタイムを考慮したタイムライン水防災

解析結果の浸水深を元にリードタイムを考慮したタイムライン水防災を作成した. 国土技術研究センターの資料を参考に想定される被害とその対応²⁾を示したものが表 1 である. 対象となる会社は E 社と H 社で製造業を想定して作成する. 設定降雨は最悪の事態を想定して, 147mm/h とし, E 社と H 社の浸水深を図 7 に示す. ゲリラ豪雨の発生は 1 時間前に予測する. 想定される被害とその対応を事前に行っていた場合のタイムライン水防災を作成する.

表 2 は設定降雨 147mm/h のタイムライン水防災を示している. あくまで想定の為, ゲリラ豪雨発生から浸水被害が出るまでに表 2 の行動をすべて行うことは出来ない可能性もある. しかし浸水被害が出るまでにする優先事項を決めておくことで短い時間を効率よく動くことが出来るのではないかと考えた. 床上浸水による電子機器や商品の水没, 自動車の浸水が想定されるため, 物品と自動車の移動を最優先事項とした. 他県の企業に業務提携をしておくことや, 土のうや止水板の設置方法を理解するなど, 事前に対策を行う事で, 水害時に短い時間で幅広い対策がとれる. また, 最悪の事態として設定降雨 147mm/h のタイムライン水防災を考えたため, 想定していた災害の規模が小さくなれば, 他にできることが増えると考えられる.

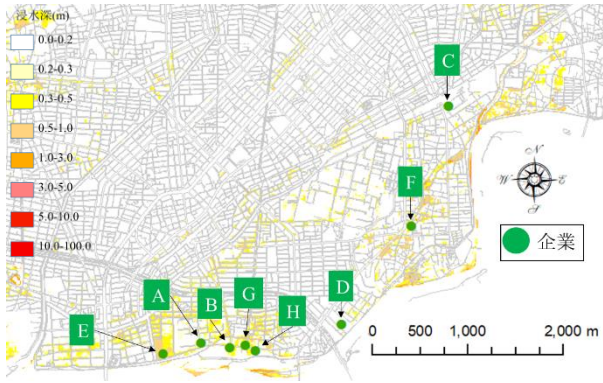


図3 設定降雨 80mm の最大浸水深

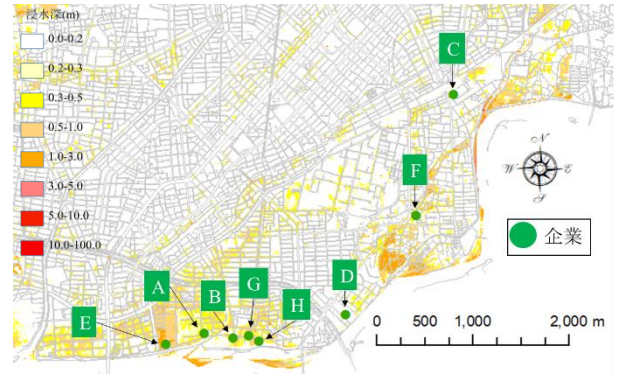


図4 設定降雨 147mm の最大浸水深

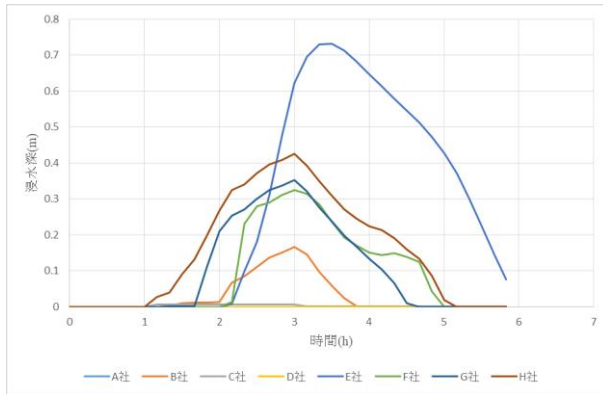


図5 設定降雨 80mm の企業別浸水深

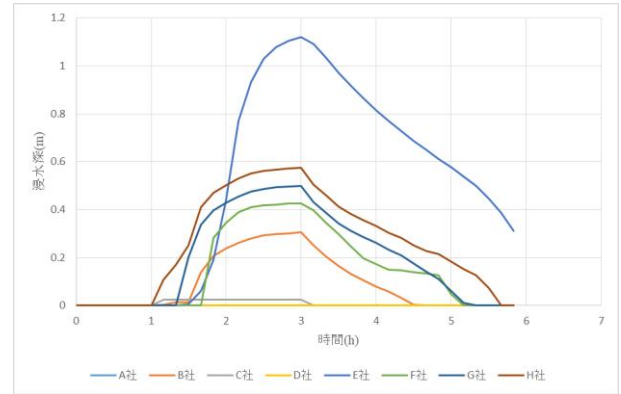


図6 設定降雨 147mm の企業別浸水深

表1 想定される被害とその対応²⁾

ソフト対策	ハード対策		
想定される被害		対応・対策項目	対応時期
顧客や従業員の 逃げ遅れ		気象情報、洪水予報等の情報の収集先の整理	事前
		営業停止、避難開始の判断基準の決定	事前
		避難所、避難ルート、避難誘導體制の決定	事前
社屋、工場への浸水		土のう等の準備、設置方法の周知	事前、事中
		止水板、防水扉等の整備/床、敷地の高上げ	事前
		建物の上階に拠点を設置/地下室の内開き扉化	事前
		物を2階以上に移動させる	事前、事中
サーバー等電子機器の 浸水による 重要なデータの消失		電子データ、重要書類の上階保管	事前
		電子データのクラウド上への保存	事前、事中
		パソコン、サーバー等の上階設置	事前
電気設備への浸水に よる停電（電源喪失）		非常電源装置、自家発電機の導入	事前
		配電盤や受電設備の耐水化、高所設置	事前
交通機関の停止、 人員の不足		従業員の緊急連絡網の作成	事前
		従業員の参集ルールの決定	事前、事中
		従業員の役割分担の決定	事前、事中
通信網の輻輳、途絶		複数の通信手段の確保	事前
		MCA無線、衛星電話等の配備	事前
運転資金・ 復旧資金の不足		保険、共済等への加入	事前
		融資制度の活用	事後

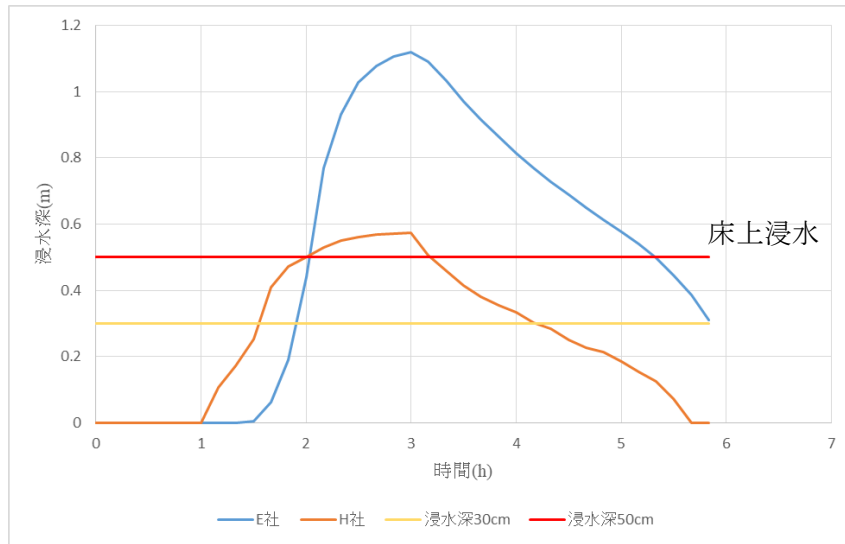


図7 設定降雨 147mm の E 社と H 社の浸水深

表2 設定降雨 147mm のタイムライン水防災

時間経過	水害規模	E社	H社
0:00	ゲリラ豪雨発生を予測	商品の移動 電子機器の移動 自動車の移動	商品の移動 電子機器の移動 自動車の移動
1:00	ゲリラ豪雨発生 時間降雨量147mm	近くの企業と連絡を取って情報共有	
		提携している会社に連絡 土のう、止水板の設置 施錠の確認	提携している会社に連絡 土のう、止水板の設置 施錠の確認
1:30	H社浸水深30cm	H社から浸水情報を受ける	近くの企業に浸水情報を送る
	E社浸水深30cm	会社の2階などに避難	会社の2階などに避難
2:00	E社, H社浸水深50cm	近くの企業に浸水情報を送る	
		予備電源の確認	予備電源の確認
3:00	E社, H社最大浸水深		
5:30		被害確認後, 事業再開に向けて動く	

5. おわりに

本研究では、春日井市において内水氾濫が発生することを想定した数値解析を行い、その結果よりリードタイムを意識したタイムライン水防災を作成した。内水氾濫による水害は、発生からのリードタイムが短いため、事前の準備が重要となる。タイムライン水防災は水害時、常に最悪の事態を想定して動かなくてはならない。空振り覚悟で行動することで災害に強い企業となり、企業のブランド力強化にも繋がる。また、定期的にセミナーを開くことで他の企業との交流を深め、近くの企業と情報共有する機会を設ける。その結果、タイムライン水防災を行うにあたって、地域で協力することにより強い防災や減災を見込める。この情報を家族に伝達することで、家庭における防災意識が向上し、地域全体の防災力に繋がる。

参考文献

- 1) 横倉昌信・武田誠・村瀬将隆：春日井における内水氾濫解析モデルの改善とその活用の試み，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol. 77, No. 2, I_529-I_534, 2021
- 2)一般財団法人国土技術研究センター：https://www.jice.or.jp/bcp (最終アクセス 2022-01-21)

庄内川における流域治水に関する研究

EC19073 山内 まこ

1. はじめに

近年、気候変動により大雨・短時間降雨の頻度・威力が増しており、河川のみでは水を流しきれない可能性が大きくなっている。そのため、水を流域で蓄え、ある程度の浸水を許容する”流域治水”が注目されている。流域治水には田んぼダムや遊水地などの活用が挙げられる。しかし、これらに関して定量的な評価は十分ではないのが現状である。流域治水の治水機能や水理の定量的な指標を増やすためにも、一度流域について見直す必要があると考える。本研究では、過去の豪雨災害から流域規模で生じる水害の特徴を整理し、それを基に図1に示す庄内川流域の現地調査を行うことで、庄内川流域における大規模水害の危険性を調査する。

2. 過去の流域規模の水害

2-1. 対象とする水害

2017年九州北部豪雨、2018年西日本豪雨、2019年台風19号災害の3つを対象とし、流域規模で生じる水害の要因を中心に整理する。なお、参考資料として、土木学会のホームページ²⁾にある災害報告書を活用する。



図1 庄内川流域図¹⁾

2-2. 流域規模の水害の特徴

整理したいずれの災害も、合流部の氾濫、流木が橋梁に捕捉されることによる氾濫が多く見られた。合流部はその殆どが支川側での氾濫で、その中でも本川の水位が上昇したことによる背水の影響が多い。また、水門や樋門の排水不良の影響でも氾濫が発生していた。もうひとつの原因である流木については、流路断面の小さい橋梁に多く引っかかる傾向があった。元々の構造から断面が小さい橋梁の他に、土砂堆積や植生によって流路断面が一部埋まっている橋梁も存在した。この場合、本来なら十分に流しきれない流量でも水位が上がりやすく、被害に発展する可能性がある。また、上流部が山間部かつ崩れやすい花崗岩類の分布地帯であった場合、斜面崩壊が発生しやすく、流木が多くなる。そして、扇状地の扇頂部など急勾配から緩勾配に変わる地点や、相対的に勾配が緩い地点で橋梁に捕捉されているものも多く存在した。その一例として、土木学会²⁾の九州北部豪雨災害調査報告書での被害箇所をgoogle mapの航空写真に写した画像を図2に示す。

3. 庄内川流域の現地調査

庄内川河川整備基本方針³⁾内の地形区分図(図3)、地質図(図4)を参考に、矢田川・妻木川・肥田川・八



図2 災害発生箇所²⁾

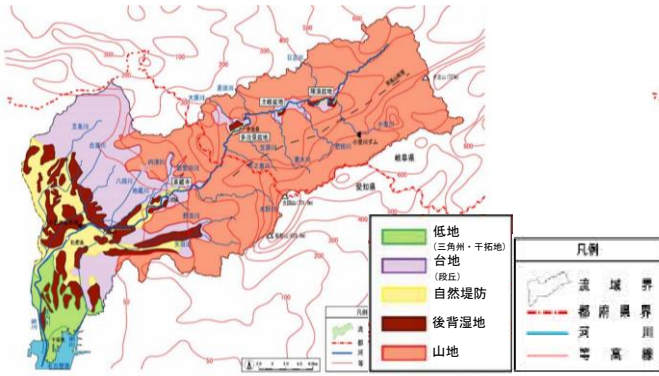


図3 地形区分図³⁾

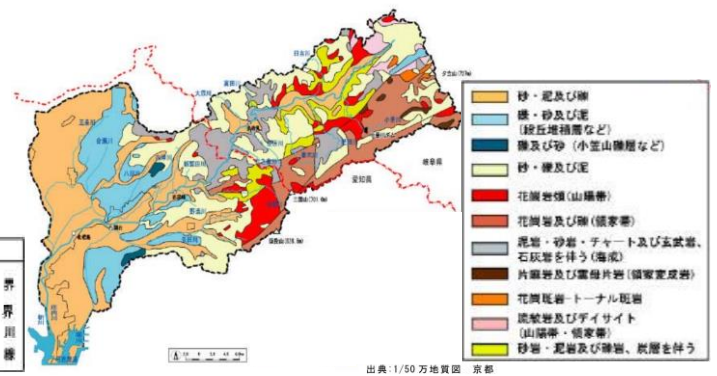


図4 地質図³⁾



写真1 一部が埋没した橋梁(妻木川)



写真2 合流部の公園



写真3 湾曲部外岸側のブロック

田川・小里川の5つの河川を調査対象とした。調査対象の5つの河川を図1内に赤丸で示す。

ものも存在するため、仮に流木が発生したとしても、斜面崩壊同様上流部で完結すると考えられる。

3-1. 矢田川 調査日：2022年9月26日

殆どが平野を流れる河川であり、全体的に広い河川敷を持っている。また、矢田川上流やその支川は掘り込み河川であった。八田川にもこの傾向が見られたが、矢田川の方が顕著である。堤防が無ければ豪雨時に水が流れ込みやすく、流量次第で溢れやすくなるものと想定される。

3-3. 八田川 調査日：2022年10月17日

上流部に田畑が広がっており、この田畑が遊水地の役割を担っていると考えられる。また、支川との合流部に公園が設けられており(写真2)、その前後には落差工や流速を抑えるブロックが設置されていた。しかし、ハザードマップでの浸水域は広がっており、下～中流までの河川沿いは殆どが宅地で余白がないのが課題である。

3-2. 妻木川・肥田川 調査日：2022年10月3日

どちらも中～上流が山間部を流れる河川である。また、土砂や植生によって水路断面が一部埋没している橋梁が複数見られた(写真1)。肥田川は河川沿いが宅地か田畑かで堤防の違いが見られ、水を田畑に流そうとしているように感じた。実際、一部例外はあるもののハザードマップの浸水域と田畑が概ね一致する。それに対して妻木川では、宅地が浸水域となっている場所も多くみられた。

3-4. 小里川 調査日：2022年11月2日

多くが山間部を流れる河川で、湾曲部が多いのが特徴である。落差工やブロックは他の河川でも見られたが、小里川では湾曲部の外岸側にのみブロックが設置されている場所がいくつか存在した(写真3)。また、上流には小里川ダムが存在する。ダムの放流によって被害を受けた事例もあるが、ダムがあることで安全は確保され、流木被害も少なくなるように感じる。

また、肥田川の上流部は山間部であるものの、河川と山の距離は少し離れている。そのため、斜面崩壊などの被害はこの地域内である程度完結し、下流へ流出しないと想定する。さらに、上流部の橋には小さな

現地調査により得られた流域の特徴を整理したものを、図4に示す。

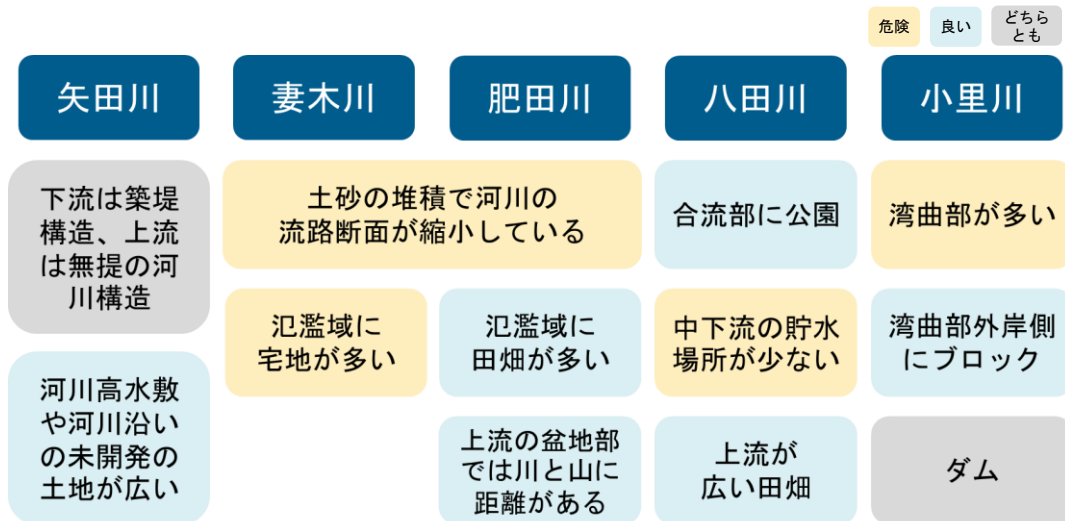


図4 流域の特徴の整理

4. GISによる特徴の可視化・数値化

現地調査で得られた流域の特徴を、流域治水の具体的な案の検討や定量的な考察を行うための基礎資料とするため、GISを用いて各流域の特徴の可視化・数値化を行った。紙面の都合上、ここでは一部のみを記す。

4-1. 矢田川

中～上流域にかけての河川沿いに田んぼや農業用地が多く存在しており、その多くがハザードマップの浸水域と一致している。しかし、田んぼのない合流部付近や湾曲部における田んぼの対岸側では、宅地が浸水域となっている場所も見られた。また、土砂災害警戒区域はわずかなため、現地調査で得た特徴も踏まえ、流木の危険性は少ないと考えられる。

4-2. 妻木川

建築物の多くが下～中流域の低平地に存在しており、下～中流域には田んぼが少ない。また、都市公園は河川沿いに存在するものも多い。しかし、中流域の公園は土砂災害警戒区域と重なる部分があり、土砂災害の要因となる危険性も考えられる。

4-3. 肥田川

妻木川と比べて田んぼが広く、河川沿いに存在するものも多いが、中流域に存在する建物用地には田んぼが存在していない。この地域は、現地調査にて河川沿いが宅地であり、堤防がみられた地域である。田

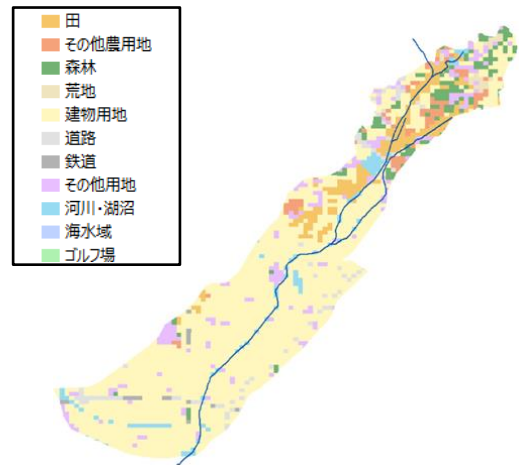


図5 八田川流域内の土地利用の様子

んぼがないこと、流域内の他の地域と比較して建築物の密度が高くなっていることから、水を一時的に溜めておく場所の確保が難しく、地域を守るために堤防に違いが見られたと想定する。また、都市公園は中流域にのみいくつか存在しているため、この地域にとって重要な遊水地となっていると考察する。

4-4. 八田川

下流から上流まで平野が続いており、上流部に田んぼが広がっている。現地調査で得た情報通り、田んぼが存在する上流域を除いた下～中流域の殆どが建築物で埋まっているため、浸水対策を行うための土地の余白が少ないことが懸念される(図5)。しかし、都市公園は下～中流域に均等に存在し、河川沿いにも存在する。また、土砂災害の危険性は極めて少ないため、流木の危険性も小さいものと考えられる。

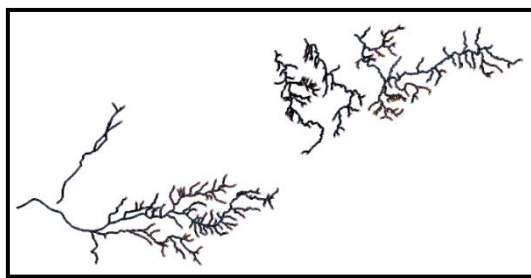


図6 河川沿いに作成したポイント

4-5. 小里川

下流域の湾曲部周辺には田んぼが存在しており、危険性の高い湾曲部付近を避けた場所に建築物が集中している様子がみられた。また、下流の地域は周囲の約3分の1が山間部に囲まれており、土砂災害が集中しやすい印象を受けた。上流・下流問わず都市公園は存在しなかった。

4-6. 河床標高の数値化

これまでの調査で得られたのは山間部等の地形情報であり、河床の標高は不明瞭であったため、GISを使用して大まかな河床標高の数値を取得した(図6)。

河床標高の様子から、八田川以外の4つの河川には急勾配が存在していることが分かった。そのうち、妻木川と肥田川を図7、図8に示す。急勾配の位置をGISのデータと比較したところ、小里川の急勾配は小里川ダムを示しているが、他の急勾配は、居住区と山間部の切り替わる場所や、居住区と居住区の間が存在した。これらから、山間部で土砂災害が発生した場合、流れてきた土砂や流木が居住区の入り口辺りで堆積し、被害につながる危険性が高いと想定できる。このことから、急勾配の上流部に堰を設けることで流域治水としての安全度が高まると考える。

5. おわりに

本研究では、過去の流域規模の水害での特徴を踏まえて支川流域の調査を行った。また、GISでの支川流域の様子や各地域のハザードマップを併せて調査することで、より明瞭に支川流域の特徴が整理できた。調査の中で、妻木川・肥田川における橋梁の土砂堆積など、流域ごとの課題点を発見した。それと同時に、湾曲部の多い小里川では湾曲部外岸側にのみ流速を抑えるブロックが設置されており、田畑の殆ど

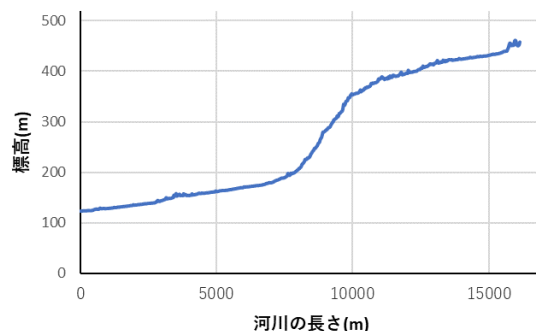


図7 妻木川の河床標高



図8 肥田川の河床標高

が上流部に位置し、宅地の多い八田川では支川との合流部に公園が設けられているなど、その流域ならではの対策も確認することができた。

支川流域ごとに違いが見られたことから、急勾配になる地点の上流側に堰を設けて水を溜められるようにするなど、流域の特徴に合わせた治水対策が必要であると考えます。

本研究では、流域治水の案を提案するための基礎資料を作成した。今後は、流域治水に関する提案に対して、解析や具体的な考察による検討を行い、より実用的で効果的な提案を行う必要がある。

参考文献・引用

- 1) 国土交通省中部地方整備局庄内川河川事務所：流域図、<https://www.cbr.mlit.go.jp/shonai/tanto/ryuiki/> (最終アクセス 2023年1月6日)
- 2) 土木学会社会支援部：土木学会社会支援部門、<https://committees.jsce.or.jp/report/> (最終アクセス 2023年1月7日)
- 3) 国土交通省：河川整備基本方針 庄内川水系流域及び河川の概要、https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/pdf/syonai-5.pdf (最終アクセス 2023年1月7日)

建物配置に関する庄内川流域の調査について

EC19078 山田大稀

1. はじめに

近年、地球温暖化による気候変動から引き起こされる大雨や台風の影響で水災害が頻発している。そのなかでも都市部では多様な建造物や下水道などの都市施設により、浸水状況に影響を与えることが考えられる。アスファルト塗装された場所が多い都市部では、雨水を浸透させる能力が低く、時間雨量 50mm を超える激しい雨が降ると、下水道などの排水処理能力を超えた雨水が地上に溢れ出すことで建物への浸水被害をもたらす。さらに近年では流域規模の水害も多発しており、流域治水の重要性が唱えられている。

流域治水の考え方の中で建物配置やピロティ式などの建物様式は非常に重要といえる。集水域から氾濫域にかけての町全体の中で、これまでの人の住み方や建物の工夫を調査することで、災害対策の現状を把握できる。本研究では庄内川水系を小流域で分け建物の配置・様式について調査した。

対象流域は矢田川、八田川、妻木川、肥田川、小里川の 5 つである。GIS での整理は妻木川・肥田川流域に注目して実施した。

2. 庄内川流域を対象とした現地調査

2.1 現地調査の方法

本研究では、庄内川流域を現地調査することで、人の住み方（建物の配置や様式）を調査し、住宅に関する古人の知恵、現状の対策を整理することを行った。現地調査の方法としては、Google マップや洪水浸水想定区域図を利用して、事前に対象河川の調査箇所を決定する。その後実際に現地で調査を行う。

2.2 調査河川の所在地と調査日程

対象河川は庄内川下流の支流である八田川、谷田川、上流の支流である妻木川、肥田川、小里川の 5 つとなった。所在地は図 1、図 2 に示す。



図 1 庄内川流域下流部¹⁾

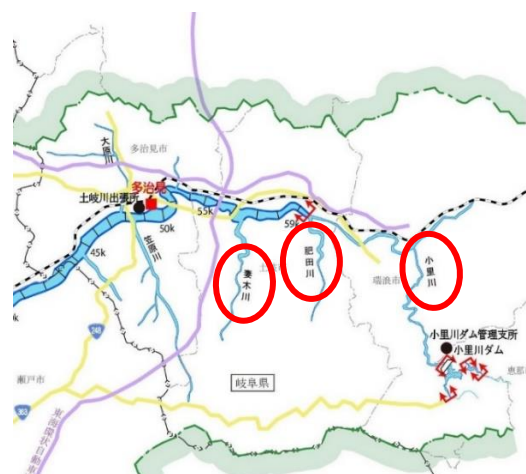


図 2 庄内川流域上流部¹⁾

2.3 調査結果

2.3.1 矢田川・八田川（下流部河川）

（調査日：2022 年 9 月 26 日、2022 年 10 月 17 日）

庄内川下流部に位置する 2 つの支流河川で現地調査を行った結果、以下のことが明らかになった。

矢田川下流域の堤防付近はマンションなどの高層建築物（写真 1）が多く存在している。上流に向かうほど、嵩上げが施されている住宅が増加しているが下流域は住宅の水害に対する工夫は特にはみられない。

河川堤防に関しては、下流部は築堤構造がほとんどであったが、上流に向かうほど掘込構造の堤防が存在する。



写真1 堤防付近の高層建築物（矢田川）



写真2 ピロティ式の住宅（小里川）

2.3.2 妻木川・肥田川・八田川（上流部河川）

（調査日：2022年10月3日、2022年11月2日）

庄内川上流部に位置する3つの支流河川で現地調査を行った結果、以下のことが明らかになった。

下流部の河川では見られなかった住宅の一階部分に駐車場を設置したピロティ式の住宅（写真2）が点在していた。上流に向かうほど、嵩上げが施されている住宅が増加している。堤防は掘込化されていた。

2.4 考察

調査の結果よりや下流域にくらべ上流域ではピロティ式の住宅や嵩上げされた住宅が多く、水害に対する住宅の工夫や住み方の知恵が色濃く残っている。上流域は掘込構造の堤防がほとんどで河川の付近に田んぼや畑などの開けたスペースがある部分もあった。水が溢れるということを前提として考え、下流で水害を起こさないためにも、あえて一度上流部で水を溢れさせ水をためるといった柔軟な考え方も有効的だと考える。

3. GISを用いた情報の整理

本研究では、ハザードマップや治水地形分類図をもとにGIS建物データと結び付け、河川流域の建物配置の現状についてまとめたものである。今回は現地調査で対象とした妻木川を研究対象とする。

3.1 治水地形分類図を基にした情報整理

治水地形分類図²⁾は、治水対策を進めることを目的に、国・都道府県が管理する河川の流域のうち主に平野部を対象として、扇状地、自然堤防、旧河道、後背湿地などの詳細な地形分類及び堤防などの河川工作物等を表示している。

この治水地形分類図から土地の成り立ちを理解でき、そこから起こりうる水害や地震災害などに対する自然災害リスクを推定することが可能となる。妻木川合流部付近の地形治水分類図を図3に示す。

土岐川との合流部付近の河川流域は氾濫平野が多くを占めている。氾濫平野は堤防決壊・越流による洪水氾濫の他、内水氾濫も起きやすい。一度河川氾濫が起これば平野部に一気に氾濫水が広がることが予想できる。氾濫時には、現地調査により妻木川は掘込構造であることが確認できた。掘込構造は比較的水位が下がる時間が早く比較的高い地域から水が引いていき下流へと水が流れる。よって最終的には合流部付近に水が溜まることも想定できる。

建物配置を把握するため、GISにより、治水地形分類図に建物の重心をポイントデータとして表したものを図4に示す。建物配置に着目すると、標高の低い氾濫平野や扇状地、段丘面に建物が集中している。河川氾濫が起きた際には平野に浸水が広がりほとんどの建物で住宅への被害が出る。そして、旧河道の上に住宅があることも確認できる。旧河道は周囲の氾濫平野より1~2m程度低いいため、現在も地表水が集まりやすく、またわずかな降雨でも浸水しやすい。また、軟弱地盤のため、地震動による液状化などの被害に注意が必要となる。

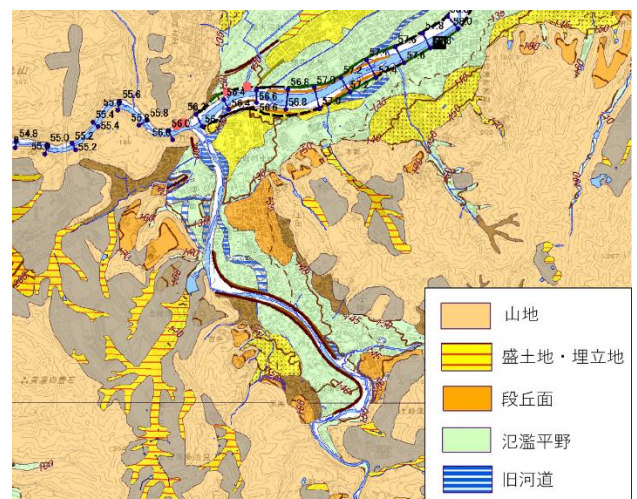


図3 妻木川治水地形分類図²⁾

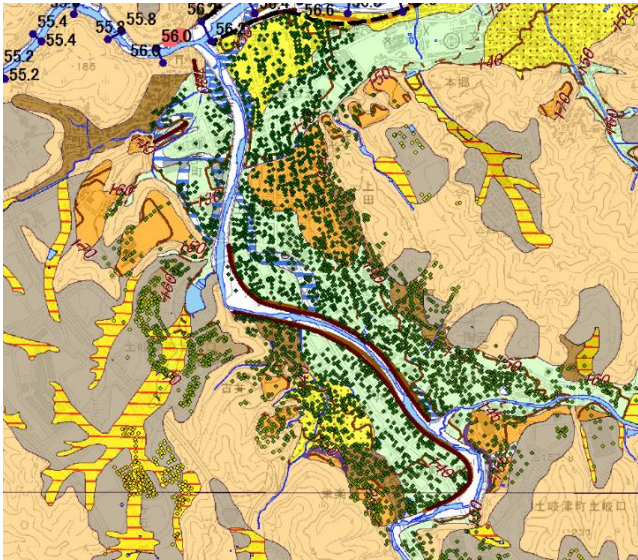


図4 治水地形分類図(建築物重心ポイントデータ)

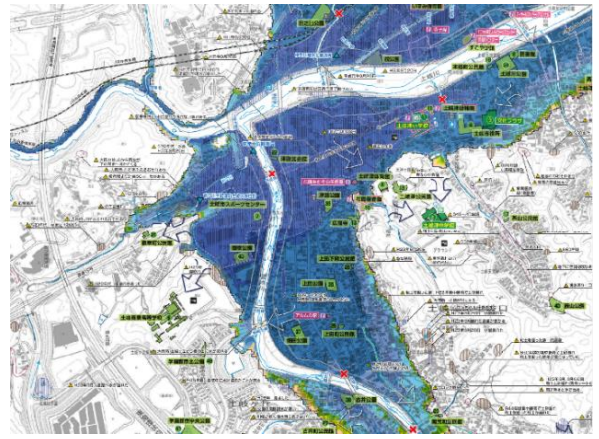


図5 土岐市ハザードマップ(妻木川合流部)³⁾

3.2 ハザードマップを基にした情報整理

ハザードマップを基にした情報整理では治水地形分類図を用いた調査を行った妻木川と同じ庄内川上流の支流である肥田川を比較しながら情報を整理した。

3.2.1 妻木川流域

今回の研究では、「土岐市洪水・土砂災害ハザードマップ」³⁾を利用した。このハザードマップの洪水浸水想定区域、水害危険情報図は想定しうる最大規模の洪水を基に国、県が示した区域を表示している。

図5は河川合流部のものである。合流部付近のハザードマップを見ると、治水地形分類図の氾濫平野の部分で広い範囲での浸水の可能性がある。そして河川が大きく湾曲している部分でも大きな浸水が確認できる。中流部では、標高が高いこともあり、合流部に比べ浸水した際の水深は低くなる。しかし、河川が大きく湾曲している部分は合流部付近の下流域と同じように大きな浸水となる。

GISによりハザードマップ上に建物の重心をポイントデータとして示したものを図6に示す。同様に中流部の建物重心ポイントデータを示したものを図7に示す。妻木川付近に多くの建物があることがわかるが、ほとんどの建物がハザードマップの洪水浸水想定区域に属している。合流部付近に建物が密集していることが分かり、洪水が起きた際には最も大きな被害が出ることが予測できる。しかし、中流部は平野を避け、山地付近の高所に建物がある。これは水害を考え建物配置を意識した結果であると考えられる。

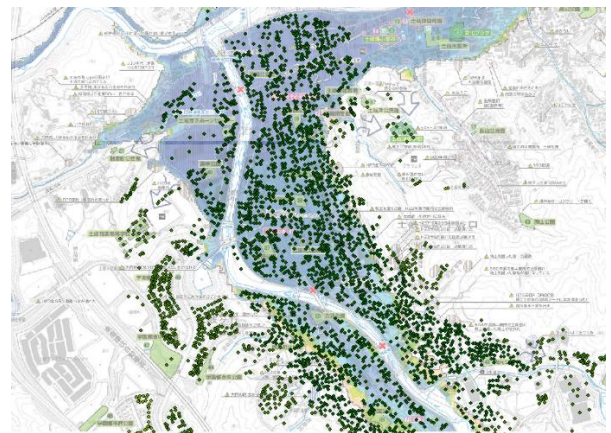


図6 合流部付近建物重心ポイントデータ

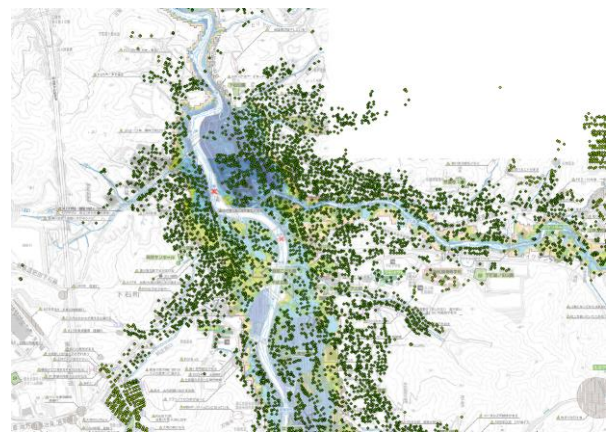


図7 中流部付近建物重心ポイントデータ

3.2.2 肥田川流域

妻木川と同様のことが肥田川流域でもいえるのだろうかと考え、肥田川流域でもハザードマップを基にGISによる調査を行った。肥田川流域でも同様に「土岐市洪水・土砂災害ハザードマップ」を利用した。図8は河川合流部のものである。



図8 肥田川合流部建物重心ポイントデータ

肥田川流域でも合流部付近は都市化が進んでおり建物が多くあることが確認できる。妻木川流域では河川付近に集中していた建物が肥田川流域では山側の高所へと分散していると感じる。中流域でも同じことがいえる。これは高地ではなく合流部付近、河川付近の低地が発展していったため、住民が低地に暮らすようになっていった結果であると考え。次項ではもう一度妻木川流域に現地調査に向かい建物の古さ・形式について調査し、この考察の確証を得ることとした。

3.2.3 妻木川現地調査

合流部付近はこの地域の中心地域ということもあり流域に比べ建物が密集している地域が多くあった。湾曲部の浸水深度が深い地域の住宅は古い住宅、比較的新しい住宅ともに嵩上げ(写真 3)やピロティ式などの工夫が見られた。中流域に比べ新しい住宅が多くあった。中流域は、山地付近の高所では建物が密集していたが、河川付近は建物が分散され畑や空き地などの開けたスペースが多くなった。合流部付近ほどではないがピロティ式住宅も確認された。新しい住宅はほとんどない。

現地調査の結果、合流部の河川付近は人々の生活の中心地として地域の中で最も発展していた。調査前は新しい住宅の水害対策は乏しいものだと考えていたが、ほとんどが嵩上げなどの工夫が施されており、住民・地域での水害に対する意識を強く感じた。中流域は河川付近ではなく、山地付近の高所に建物が密集していた。上流になるほど河川が細い分、水害が起こった時の水の流れは速くなる。建物被害は下流部よりも大きくなるのではないだろうか。このようなことから昔の人々は山側の高所での暮らしを選択したのではないかと考える。



写真3 嵩上げされた住宅

4. まとめ

現地調査によって下流部の支流、上流部の支流でそれぞれの建物の特徴があることが分かった。築堤構造の堤防がある下流部では排水能力が低く内水氾濫の危険性がある。矢田川の下流部では河川付近にマンションなどの高層建築物が立ち並んでいた。住宅や、高層建築物が浸水にどのような影響を及ぼすのかも重要な課題となる。上流部の支流では下流部とは異なり、水害対策の施された住宅が点在していた。そのほかにも古い建物が多くみられ、河川湾曲部から住宅を離して配置するなどの、外水氾濫を意識した建物配置や建物様式の工夫が色濃く見られた。

そして、GIS データと治水地形分類図、ハザードマップを比較してデータを整理することで住宅配置の現状が把握できた。山間地に作られた都市では建物が低地に作られるのは仕方ない。しかし、ハザードマップや治水地形分類図を見るとほとんどの建物が浸水想定区域に属している。住宅の配置の変更や住宅一つ一つの嵩上げというのはハード面の対策としてはとても難しい。町全体で減災に向けての対策を見出すのが今後の課題になってくるだろう。

参考文献

- 1) 国土交通省：水管理・国土保全
https://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/jiten/nihon_kawa/0508_shonai/0508_shonai_00.html
 (2022年1月22日確認)
- 2) 国土地理院：治水地形分類図
<https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/bousaichiri41045.html>
 (2022年1月17日確認)
- 3) 土岐市：洪水・土砂災害ハザードマップ
<https://www.city.toki.lg.jp/docs/16333.html>
 (2022年1月11日確認)

春日井市における外水氾濫とそのリードタイム水防災に関する検討

EC19083 米津大志

1. はじめに

近年、日本では台風や集中豪雨による水害が多発している。また、近年の気候変動の影響により、雨の降り方が激しくなり、越水・破堤による外水氾濫が起きる可能性もゼロではない。現在では、洪水対策や貯水池の整備などにより、都市の治水安全度は向上してきている。しかし、治水安全度は向上してきたものの、近年の気候変動による影響は凄まじいものがあり、今後も水害のリスクをゼロにすることは困難である。そのため、災害による被害を最小限に抑える「減災」が重要視されてきている。減災に関連するものとして、災害が発生した場合に企業の事業リスクをなるべく小さくし、できるだけ早く事業を復旧する備えである、事業継続計画(BCP: Business Continuity Plan)がある。水害は地震災害などとは違い、被害が出るまで時間があるので対策を立てることができる。被害が生じる前の河川状況、降雨状況を踏まえて減災対策を取るものがタイムラインであり、水防災にも反映されるべき思想である。庄内川の洪水に伴う外水氾濫が起きた時に被害を抑え事業を再開するためのリードタイムを意識したタイムライン水防災作成とその普及の方法を検討する。

2. 春日井市勝川・南部地区

本研究では、春日井市勝川・南部地区を対象とする。この地区は、2000年の東海豪雨、2011年の台風19号に伴う豪雨より浸水被害を受けている。一方、春日井市を代表する企業も多く集積している。仮に庄内川破堤や豪雨に伴う浸水が生じた場合、大きな経済被害が想定されることから、企業活動の復興に関わるタイムライン水防災の充実が望まれる。企業においてタイムライン水防災が設定できた段階で、その発動のための仕組みも重要と考える。発動のために緩やかな連携組織を作り、災害発生時期に、情報交換を行うことで、各会社のタイムライン水防災発動に寄与することを想定している。さらに、その危険情報を、従業員の家族などにも伝達してもらうことで、地域の防災力を向上させることを想定している。

3. 浸水被害に関わる数値解析的検討

企業におけるタイムライン水防災を検討するために、対象地域の外水氾濫の様子を考察する。計算には、横倉ら¹⁾の都市内水氾濫解析モデルを用い、都市地表面、下水道、河川(地藏川と八田川)の流れを対象とする。計算には、流入の境界条件として、庄内川ハザードマップの情報参考に、破堤箇所近くの浸水深の時間変化

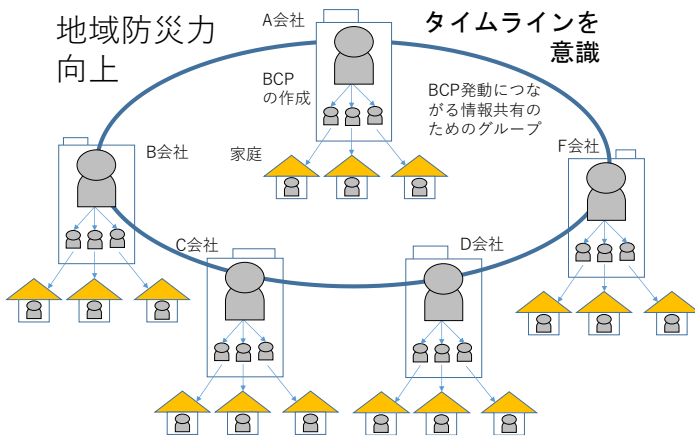


図-1 タイムライン水防災のイメージ



図-2 春日井勝川・南部地区

を与えた。図-3 に最大浸水深の分布を示す。本図から、庄内川の破堤により、春日井市内に水が流入し、2m を超える浸水深が生じることが示された。氾濫水の広がり傾向は公開されているハザードマップ(浸水ナビ²⁾)と同様であった。また、計算結果から得られる 0.5m (床上浸水の目安) 以上となる時間を図-4 に示す。本図から破堤箇所に近いところは 30 分以内に、多くの地域は 1.5 時間以内に床上浸水となることが分かる。さらに、図-3 に示した会社と道路の浸水深の時間分変化を図-5 に示した。本図から、多くの会社が 1.5 時間以内に 1m 以上の浸水を受けている。外水氾濫の場合、河川水位が高くなり破堤が生じるまでの時間も含めて、浸水被害を受けるまでの時間が減災対策に活用できる。しかし、会社から逃げる場合には道路を活用する必要があるが、図-6 に示すように、道路の浸水時間は会社よりも早く、避難するときに逃げ遅れることが考えられる。破堤後 3 時間後のマンホール内の地盤から水面までの距離を色分けした図を図-7 に示す。マンホールの排水が追い付かず、水が噴き出している様子が分かる。

4. リードタイムを意識したタイムライン水防災

解析結果と平成 23 年台風の 15 号の洪水時の時間雨量と河川水位を元にリードタイムを意識したタイムライン水防災を作成した。図-7 に対象とした時間雨量と河川水位を示す。また、表-1 に国土技術研究センター HP を参考に作成した想定される被害とその対応を示す。表-1 で作成した想定される被害とその対応を参考に、リードタイムを意識したタイムライン水防災を表-2 に示す。誰が行うか、いつやるかを明確にした。なお、テレビの情報やインターネットの情報(国土交通省や気象庁のホームページ)をもとに、行動を決定することとする。

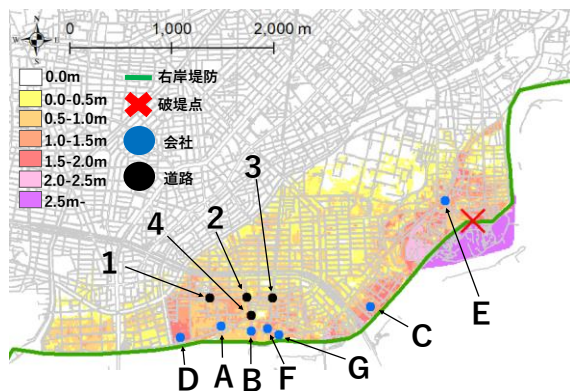


図-3 最大浸水深の分布

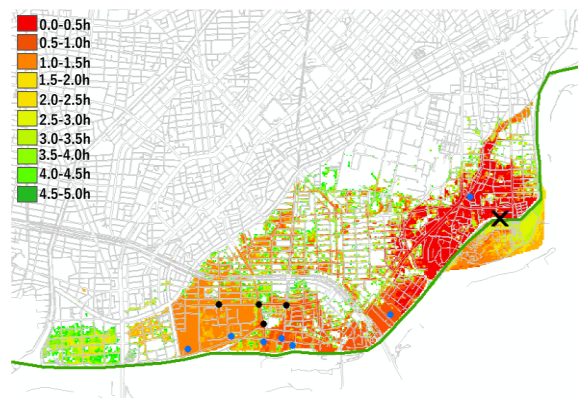


図-4 浸水深が 0.5m となる破堤からの時間

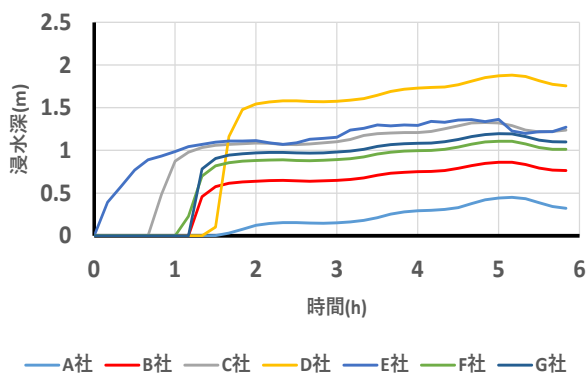


図-5 会社における浸水深の時間変化

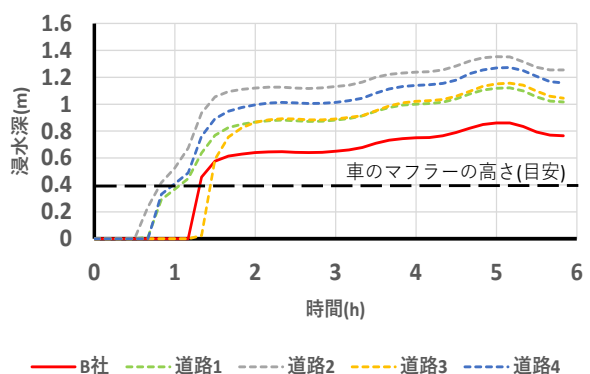


図-6 B社と道路の浸水深の時間変化

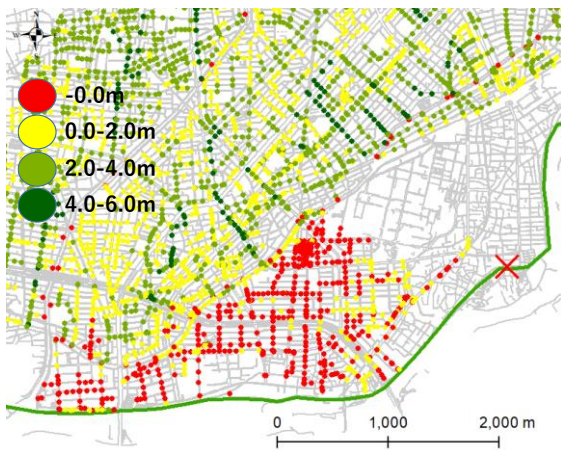


図-7 破堤後 3 時間後の地盤から水面までの距離

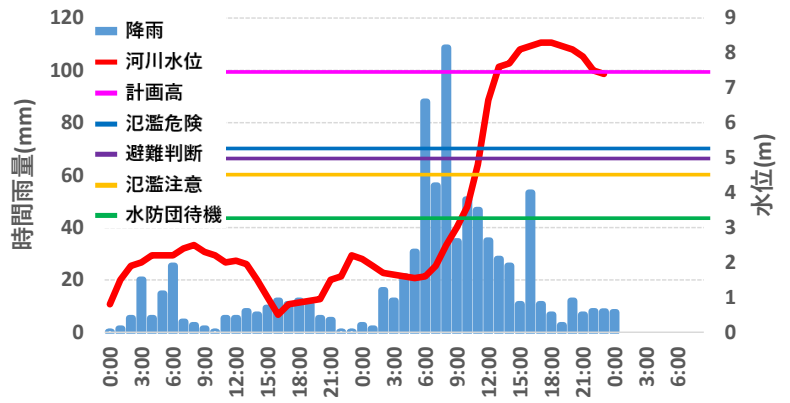


図-8 時間雨量と河川水位

表-1 想定される被害とその対応

想定される被害	対応・対策項目		対応時期
	ソフト対策	ハード対策	
顧客や従業員の逃げ遅れ	気象情報、洪水予報等の情報の収集先の整理		事前
	営業停止、避難開始の判断基準の決定		事前
	避難所、避難ルート、避難誘導體制の決定		事前
社屋、工場への浸水	土のう等の準備、設置方法の周知		事前、事中
	止水板、防水扉等の整備/床、敷地の高上げ		事前
	建物の上階に拠点を設置/地下室の内開き扉化		事前
	代替拠点の整備、他社との協定		事前
サーバー等電子機器の浸水による重要なデータの消失	電子データ、重要書類の上階保管		事前
	電子データのクラウド上への保存		事前、事中
	パソコン、サーバー等の上階設置		事前
危険物の流出等の二次災害	配管の弁やマンホールを閉鎖		事中
	水と触れると危険な物品については、高所へ移動、水密性のある区画で保管		事前
電気設備への浸水による停電（電源喪失）	非常電源装置、自家発電機の導入		事前
	配電盤や受電設備の耐水化、高所設置		事前
交通機関の停止、人員の不足	従業員の緊急連絡網の作成		事前
	従業員の参集ルールの決定		事前、事中
	従業員の役割分担の決定		事前、事中
通信網の輻輳、途絶	複数の通信手段の確保		事前
	MCA無線、衛星電話等の配備		事前
拠点の被災、中枢機能の停止	災害対策本部の設置手順の決定		事前、事中
	自社内の拠点の多重化・分散化		事前
	在宅勤務、サテライトオフィスの整備		事前
物流の停止	在庫、仕入先の確保		事前、事後
	代替仕入先の決定		事前、事後
	OEM、アウトソーシング、相互支援協定の締結		事前
	顧客連絡先リストの作成		事前
運転資金・復旧資金の不足	保険、共済、デリバティブ等への加入		事前
	融資制度の活用		事後

表-2 警戒レベル3の時のBCP

月 日	時間	河川水位	気象情報/氾濫状況	企業の活動(製造業)	企業の活動(飲食店)	公共	
9/8 (月)	21:00		マリファナ諸島付近で台風発生	情報収集を常に行う(社長、担当者)			
9/14(日)	12:00 (-129hr)		早期警戒注意情報発表	タイムライン水防災の動きを確認(全員)			
9/15(月)	14:00 (-91hr)		台風説明会(1回目)	会社内で台風情報共有、発動を決定(社長、担当者)		TVニュースで台風接近に伴う注意喚起	
	15:30 (-89.5hr)			周辺、連携先の会社(系列店)に連絡し、今後の動きについて共有する(担当者)			
9/16(火)	14:00 (-57hr)		大雨に関する気象情報	提携している会社(系列店)に今後の動きについて共有する(担当者)			
			台風説明会(2回目)				
9/17(水)	11:00 (-46hr)			連携先への代替生産委託(社長、周辺の会社との情報共有(担当者))	系列店への連絡(社長、周辺の会社との情報共有(担当者))		
	13:00 (-44hr)			事前にショッピングモールと提携し、社用車を避難させる(事前に役割を決めておき、分担)			
	14:00 (-43hr)			サーバーを複数の場所に作っておき、データを移す(事前に役割を決めておき、分担)			
	15:00 (-42hr)			水が入ってこないように建物の窓や扉の施錠の確認する(事前に役割を決めておき、分担)			
	16:00 (-41hr)			金型を2階以上へ移動させる(全員)	系列店へ食材移動(従業員)		
	16:00 (-41hr)		大雨注意報	商品を2階以上へ避難させる(全員)		鉄道各社9月18日から計画運休を発表	
	17:00 (-40hr)			社員全員帰宅	早めの閉店、帰宅		
	18:00 (-39hr)			緊急記者会見		TVニュースで自主的避難、早期の避難を呼びかけ	
9/18 (木)	6:00 (-9hr)		大雨洪水暴風警報発表				
	9:00 (-5hr)			常に台風・河川情報を確認(社長、幹部)しつつ、優先順位の高い業務を行う(全員) 優先順位の高い業務は、製造業は納期が迫っているもの 飲食店は、営業とする			
	10:00 (-5hr)		水防固待機				
	11:00 (-4hr)		記録的短時間大雨警報情報 庄内川氾濫注意情報				国道19号線勝川アンダーパス閉鎖
	12:00 (-3hr)		土砂災害警戒情報(春日井市) 大雨・暴風特別警報				
	13:00 (-2hr)		避難判断	従業員高所避難	ガスの元栓など閉める(担当者) 閉店し、避難		
	14:00 (-1hr)		氾濫危険 庄内川避難判断水位			県道犬山線、水分橋通行止め	
	15:00 (0hr)		計画高 上条グラウンド付近 右岸堤防破壊				
	15:30 (+0.5hr)		庄内川氾濫発生情報			道路冠水通行危険	
	16:00 (+1hr)		庄内川破壊による 浸水域拡大			変電所浸水により停電	
19:00 (+4hr)					有線・携帯電話ともに不通 水道・ガスの供給停止 愛知県に対し、 自衛隊派遣要請		
9/19(金) ~	0:00 (+9hr) 9:00 (+18hr) ~			被害確認後、事業再開に向けて動く	ライフラインが復旧した時に、 営業できるよう復旧作業を行う	高速道路、電車始発から 全面運休	

5. おわりに

庄内川からの越水による外水氾濫が起きた時の被害想定を数値解析により推測した。また、その結果や集めた情報をもとに、リードタイムを意識したタイムライン水防災を作成した。しかし、会社の規模や業種、立地にもよって対応が異なるので、会社ごとに対策を考えることが必要である。タイムライン水防災を発動させるほどではないと判断してしまうと何も対策ができず、水害の特徴であるリードタイムを生かして減災することができないことので、空振りでも発動する事が重要である。通常業務が忙しくてタイムライン水防災を作成する時間がない企業が多いことが、セミナーを通して分かった。作成しようと思っても、水害が身近なものでないため、起きないだろうと後回しにしてしまうだろう。しかし、タイムライン水防災作成時に連携企業・工場を持つことで、技術共有や市場拡大し、企業価値を向上させた事例がある。このように、減災だけでなく、企業価値を向上させるメリットがあることを広めれば普及していくものと考えられる。

参考文献

- 1) 横倉昌信・武田 誠・村瀬将隆：春日井市における内水氾濫解析モデルの改善とその活用の試み、土木学会論文集 B1(水工学)、 Vol. 77、 No. 2、 I_529-I_534、 2021
- 2) 国土交通省：浸水ナビ <https://suiboumap.gsi.go.jp/> (2023/1/11 確認)
- 3) 国土技術研究センターHP <https://www.jice.or.jp/bcp> (2023/1/11 確認)