

身近な水害にどう備えるか？

中部大学 武田 誠

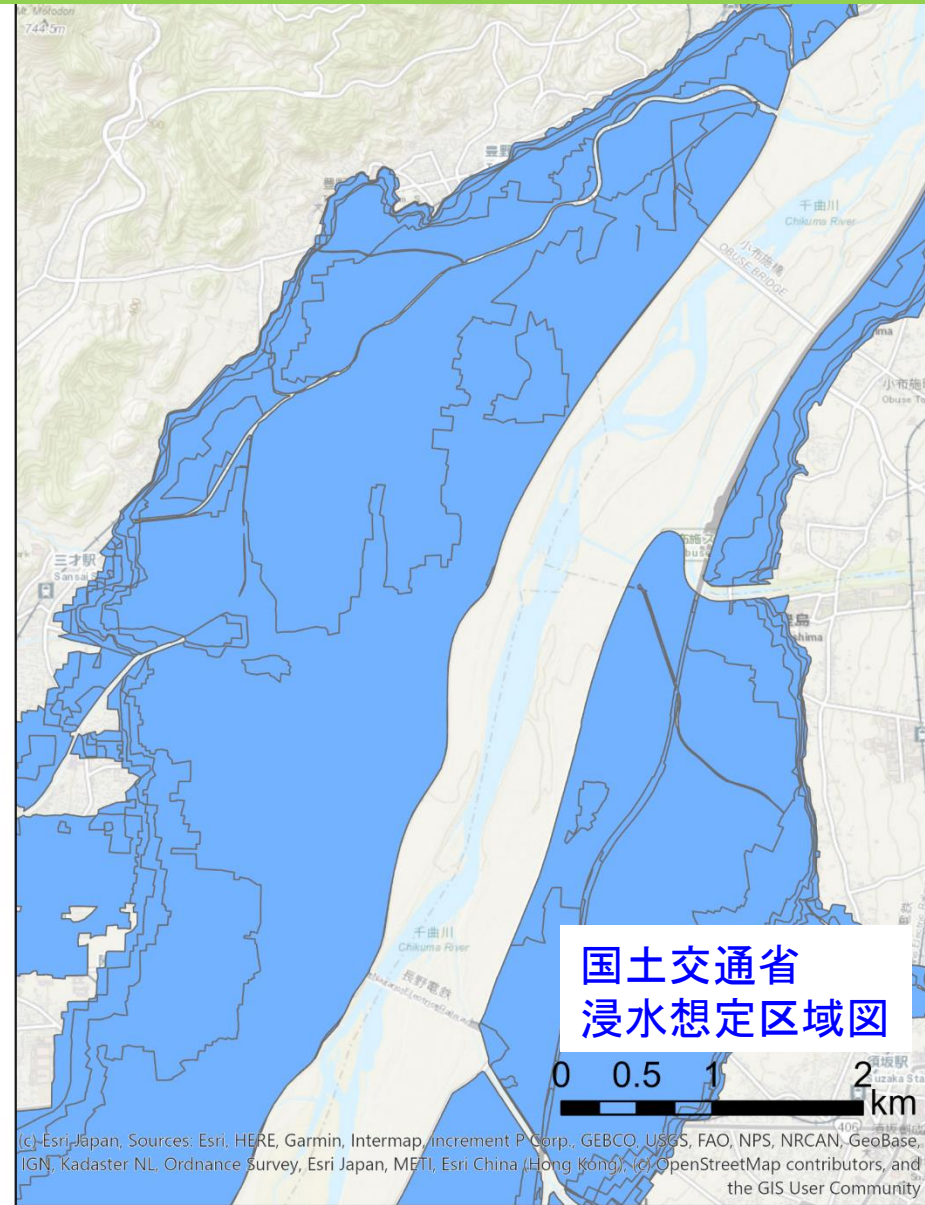


CHUBU UNIVERSITY

本日の話題提供

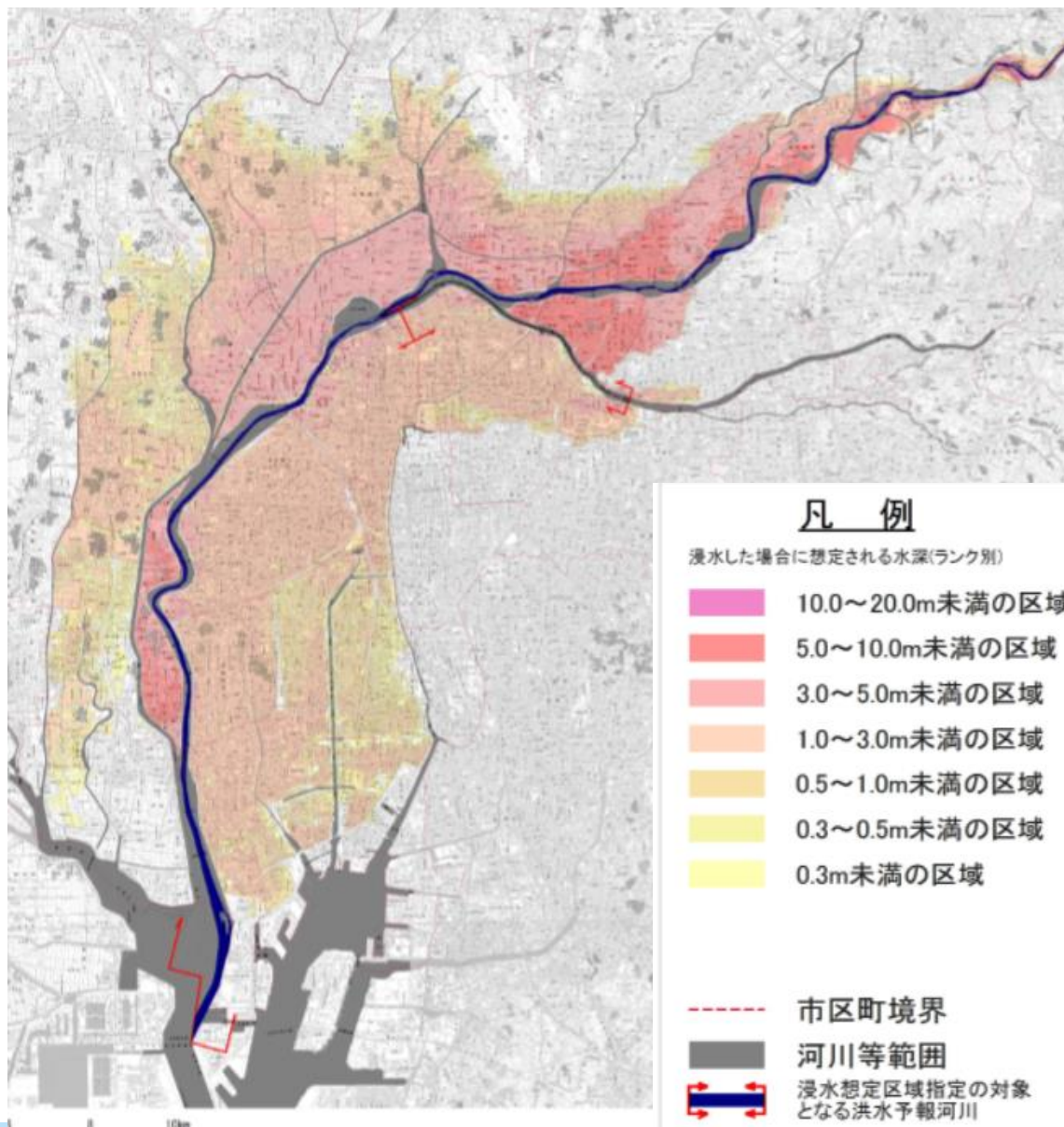
- 都市浸水・地下空間の浸水
- 中部大学のある春日井市の水災害
- 巨大洪水・巨大台風に対する備え

千曲川



庄内川洪水浸水想定 区域図 (想定最大規模)

1000年に1回程度の
洪水を想定



■ 研究背景

都市で大規模浸水が生じた場合、どのような課題があるか？

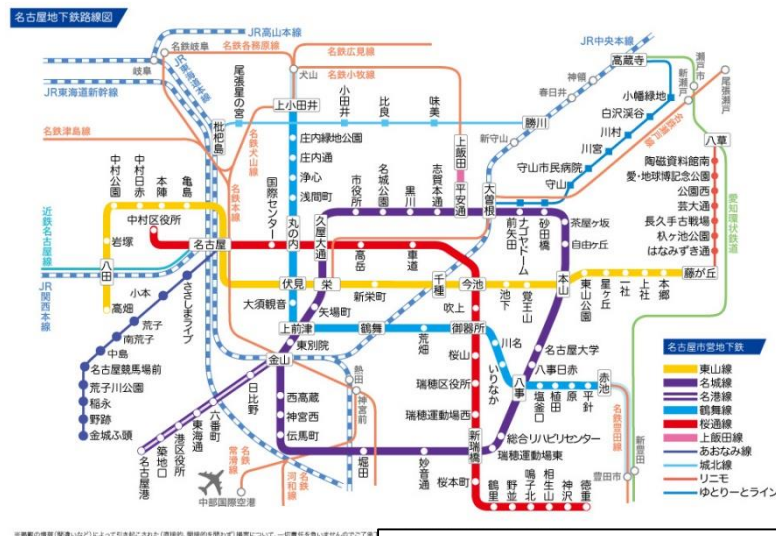
地下鉄・地下街の危険性は？



Nagoya Station



Nagoya underground shopping center



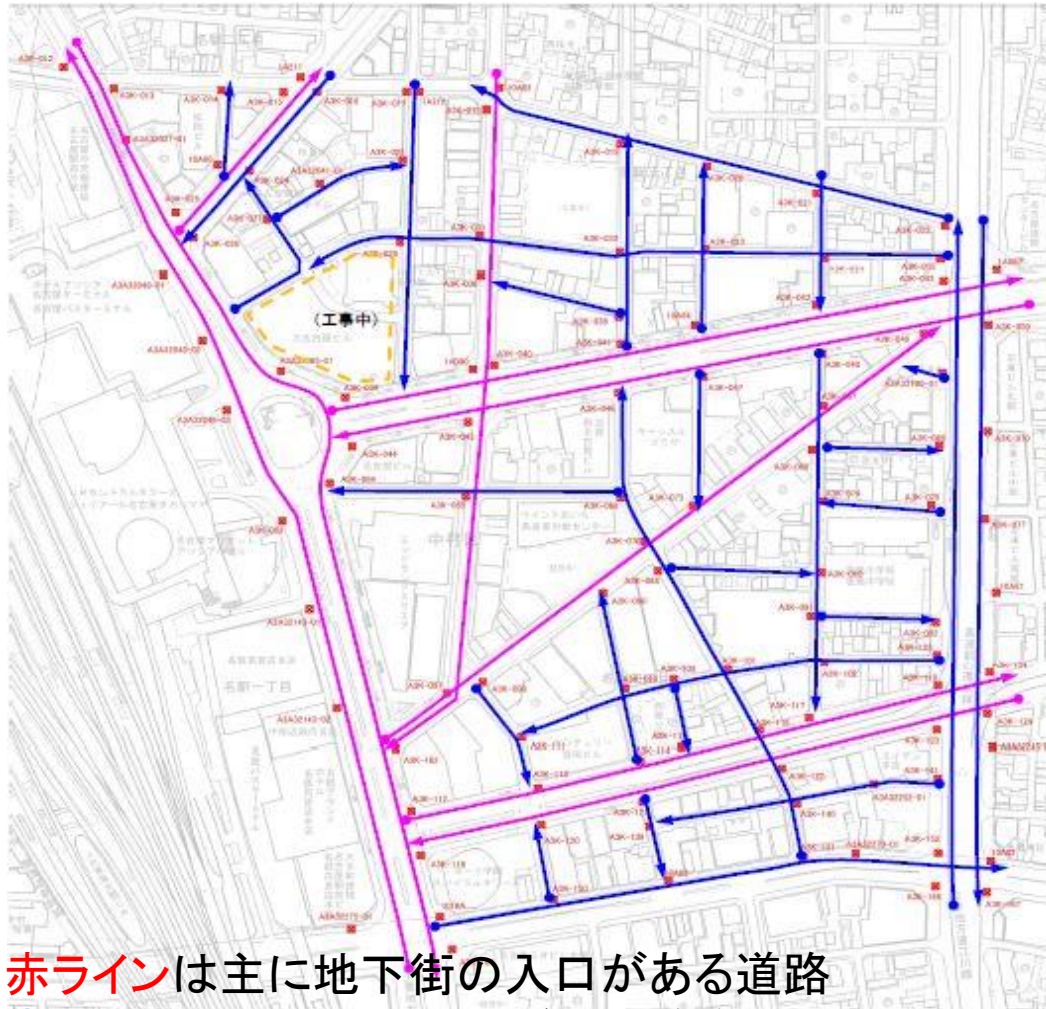
Subway line

(YAHOO!japan map)

都市空間の測量(地下空間の入口を対象)

株式会社テイコクとの共同研究

名古屋駅前を測量

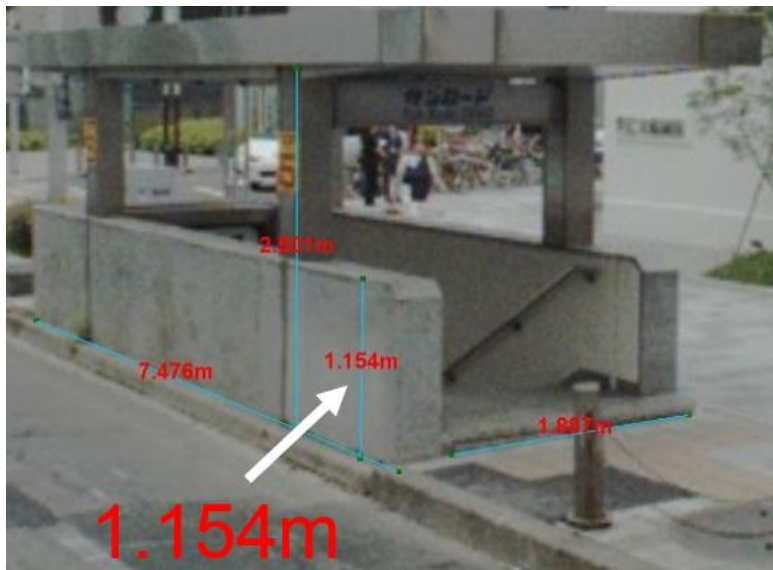


赤ラインは主に地下街の入口がある道路
青ラインは地下街の入口がない道路

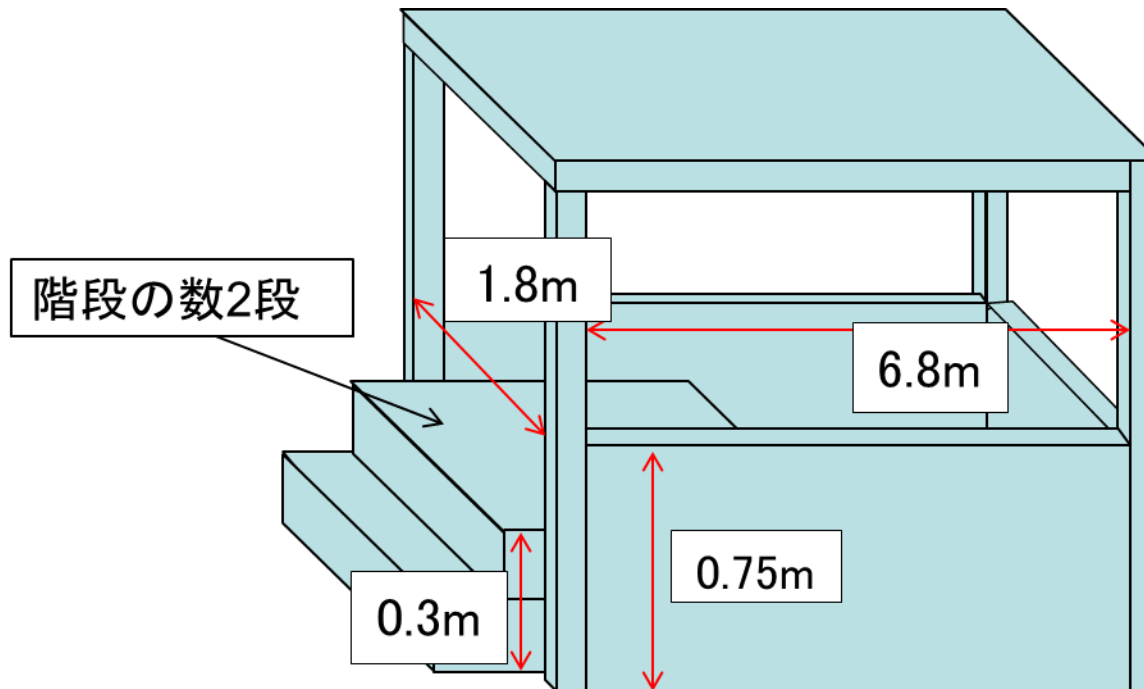


移動式3次元計測システム(車両にデジタルカメラ等の計測器を搭載した機器)を用いて、名古屋駅前のコースを通行し、移動体測量を行った。

地下街入口の情報



	幅(m)	側壁の高さ(m)	奥行(m)	段(個)
平均値	1.8	0.91	7.3	2
最頻値	1.8	0.75	6.8	2
最大値	3.0	2.45	15.5	3
最小値	1.0	0.55	5.0	1



一番多いタイプの地下街入口

内水氾濫

Hazard map of Nagoya (豪雨)



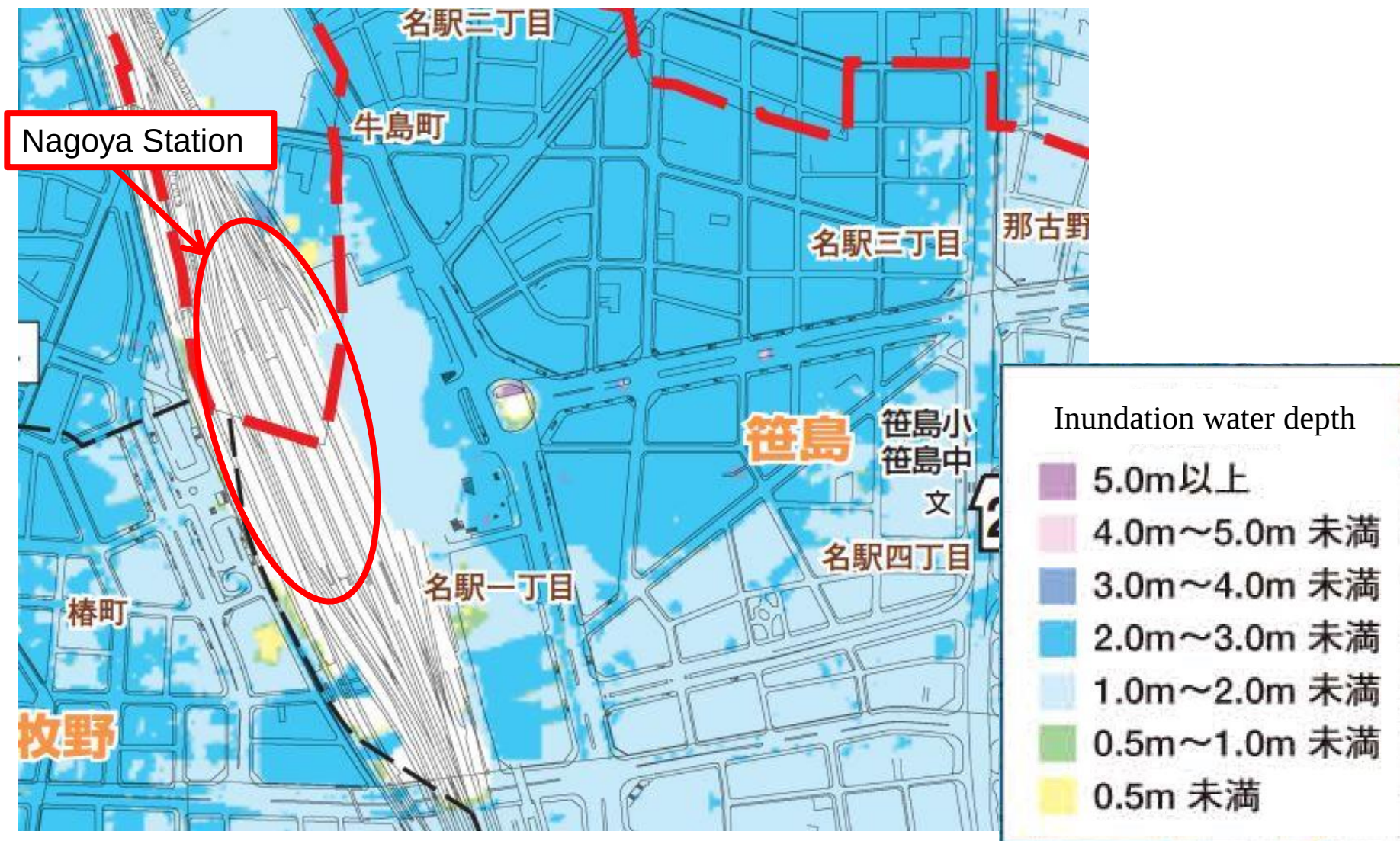
止水板

Inundation water depth

5.0m以上
4.0m～5.0m 未満
3.0m～4.0m 未満
2.0m～3.0m 未満
1.0m～2.0m 未満
0.5m～1.0m 未満
0.2m～0.5m 未満
0.2m 未満 (道路冠水程度)

外水氾濫

Hazard map of Nagoya (洪水)



仮に、大規模浸水が発生すれば、氾濫水は地下空間へ流入する

研究の目的

庄内川の洪水破堤を想定した大規模浸水において、

- 氾濫水は地下空間へ流入するか？
- 地下鉄において、どれくらい氾濫水が広がるか？
- 地下空間を考慮した浸水の特徴は？

■ 数値解析法

統合型氾濫解析モデル

- 河川: 1次元不定流モデル
- 都市域: 平面2次元不定流モデル
- 地下空間:

地下街・地下鉄駅: 1ボックス 連続式

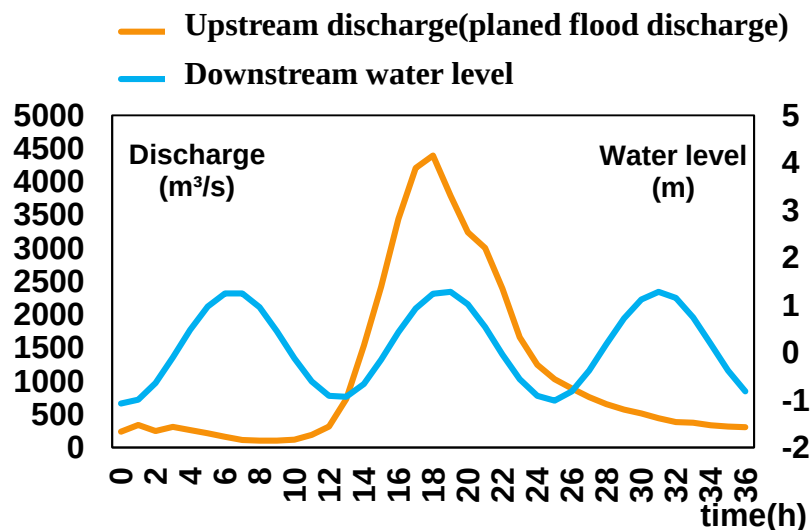
地下鉄線路: 1次元不定流モデル(スロットモデル)

■ 計算条件

仮定：洪水peak時に堤防が破堤する

◆ 上流：流量

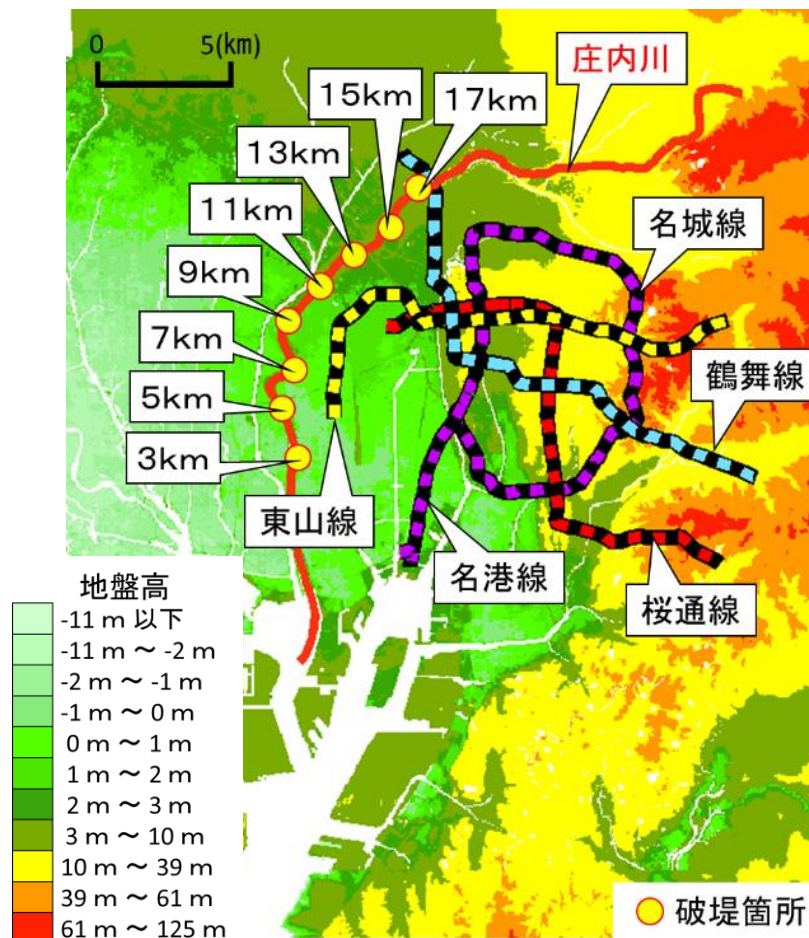
◆ 下流：水位



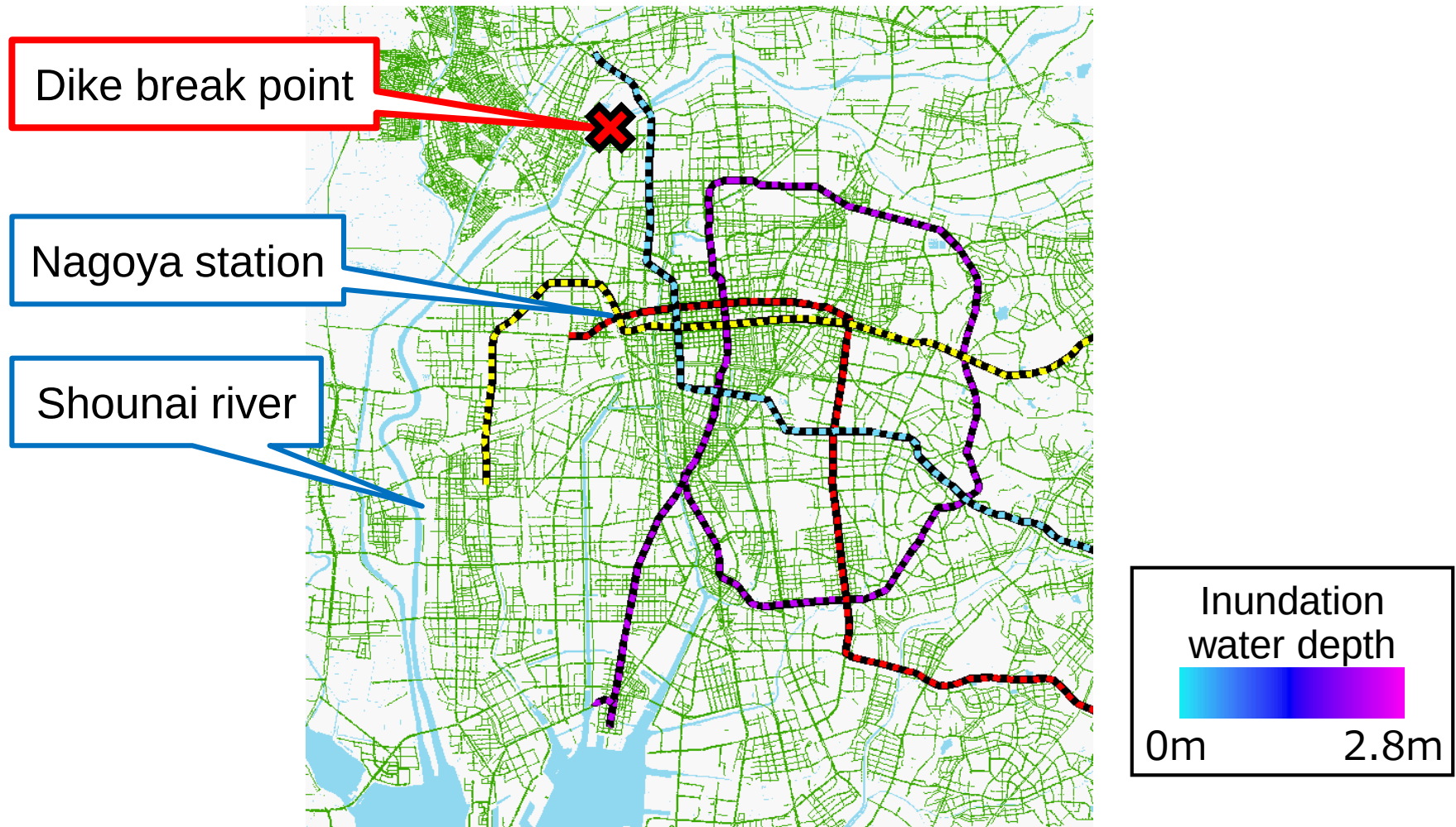
◆ 破堤時間：19h

◆ 破堤箇所：3km～19km 地点,左岸
(距離：河口から)

◆ 破堤幅：100m



■ 計算結果(浸水深の分布)

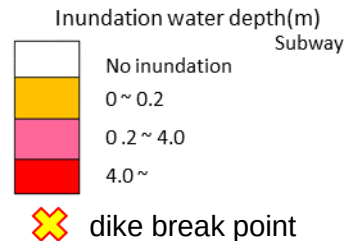
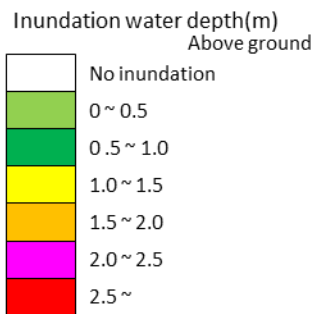
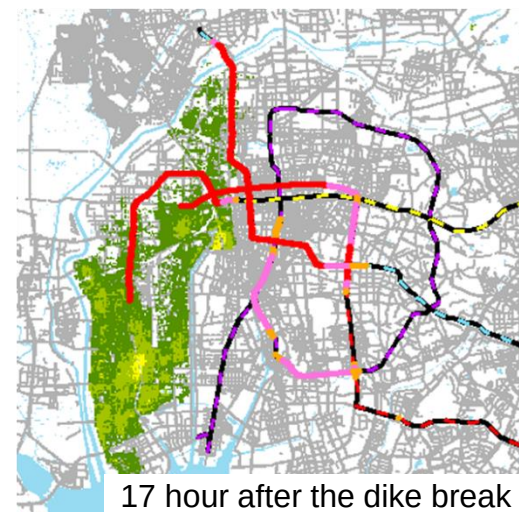
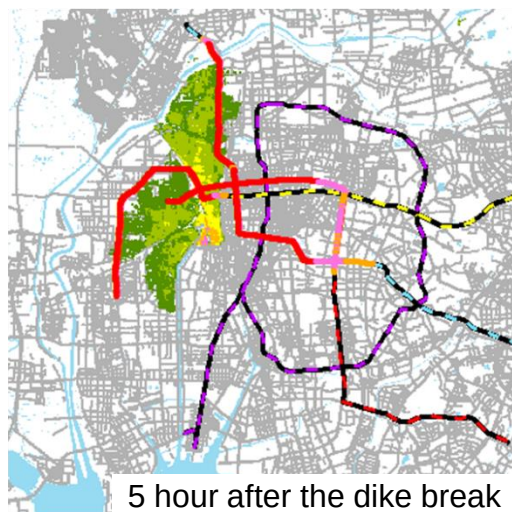
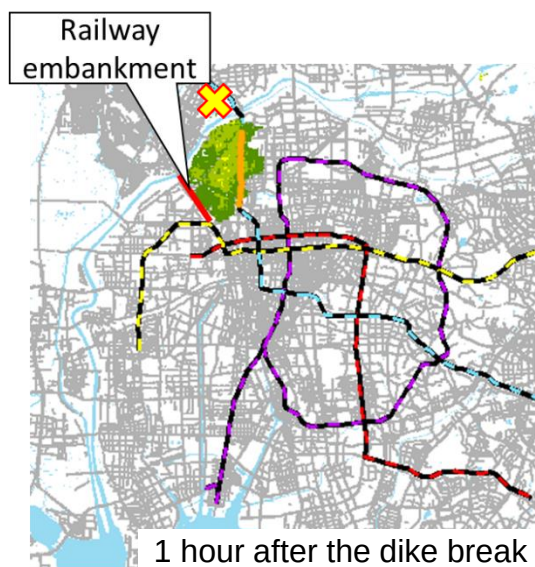


■ 計算結果

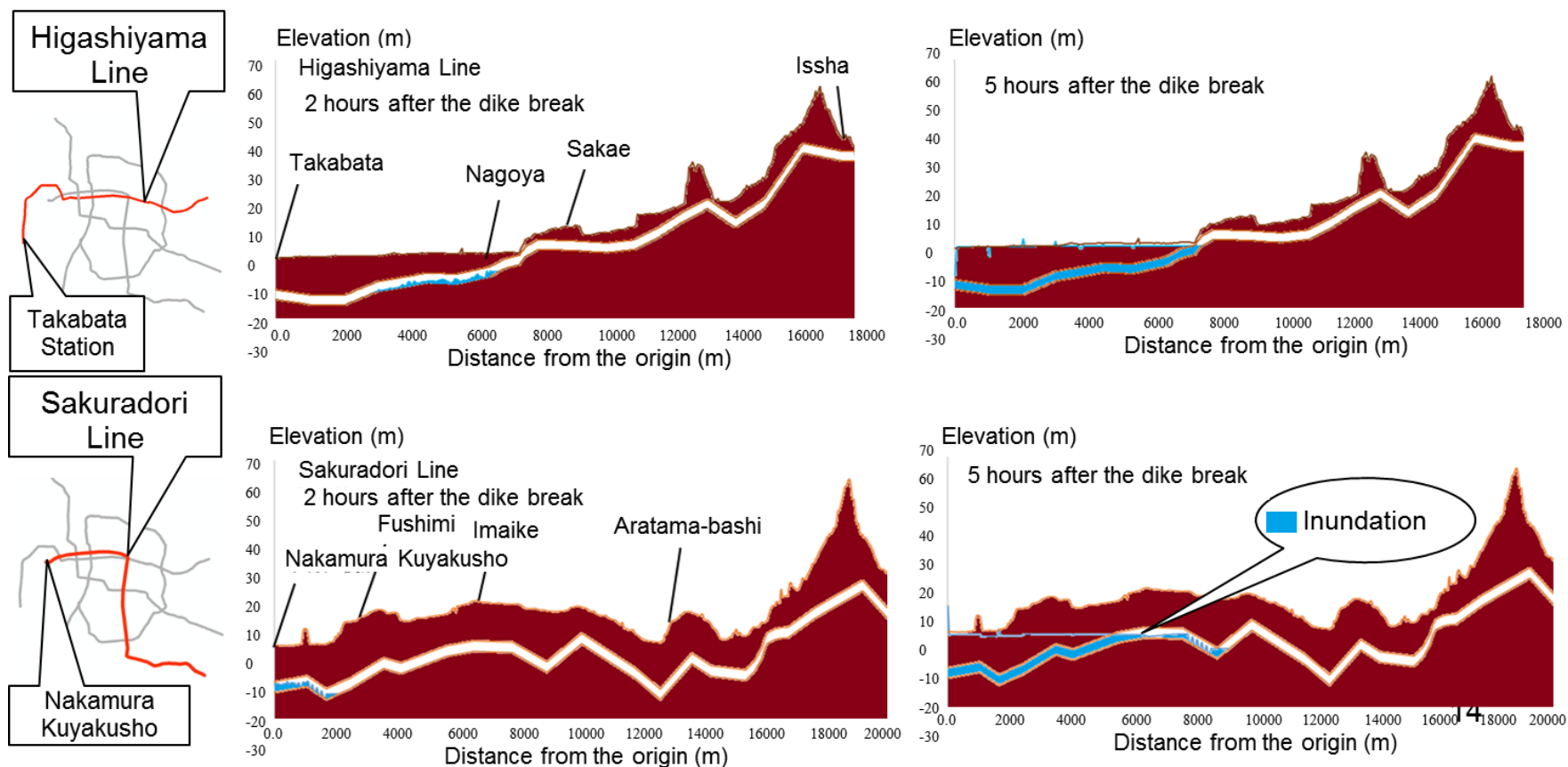
・地下鉄の浸水の様子

➤ 氾濫水は地下空間へ流入するか？

→ 流入する



■ 計算結果 地下鉄の浸水の様子(縦断)



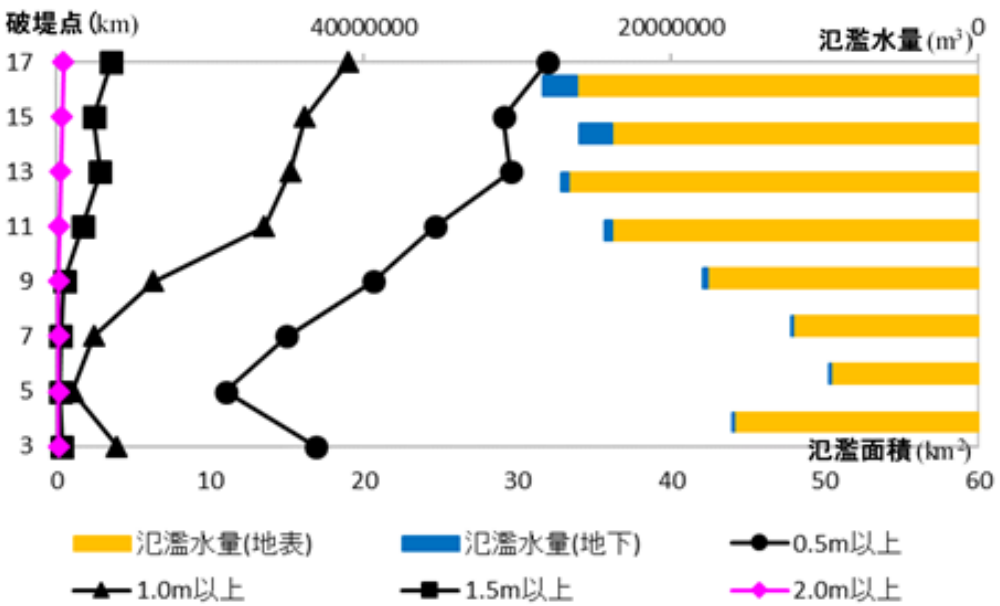
➤ 地下鉄において、どれくらい氾濫水が広がるか？

→名古屋の西側に広がる、東側は高台で広がらない。



破堤箇所によって、地上と地下の浸水の様子は異なる。

鉄道線路が水路となって浸水が生じる。



36時間後の水量(m³)の様子
・+が地下へ流入する水量
・-が地下から流出する水量(青枠)

破堤箇所 水量(m³)

	高畑	中村公園	岩塚	亀島	中村日赤	本陣	名古屋	浅間町	浄心	八田	中村区役所	庄内通
3km	142566. 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5km	35166. 98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7km	94628. 33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9km	258410. 48	205. 91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11km	463726. 17	58007. 54	5725. 57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13km	471594. 2	13534. 34	1. 08	4225. 03	1938. 68	2. 45	-	-	-	-	-	-
15km	-1252937	-82485. 17	-40758. 16	-27171. 98	-	-	4382090	16524. 98	39458. 31	-45284. 39	-698845. 98	-
17km	-1273574	-91096. 65	-43894. 95	-38153. 71	-	-	4497787	30017. 36	125107. 2	-48653. 02	-769279. 48	715. 8

		10 ⁶ ~		10 ⁴ ~10 ⁶		~10 ⁴
--	--	-------------------	--	----------------------------------	--	------------------

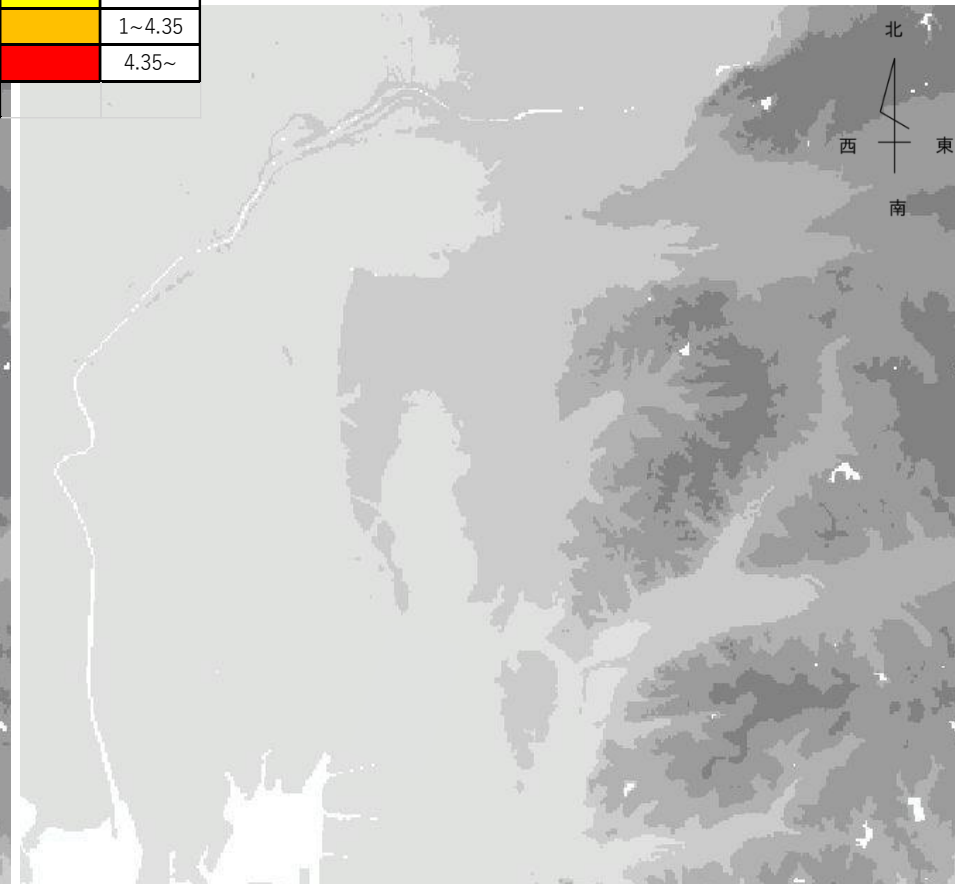
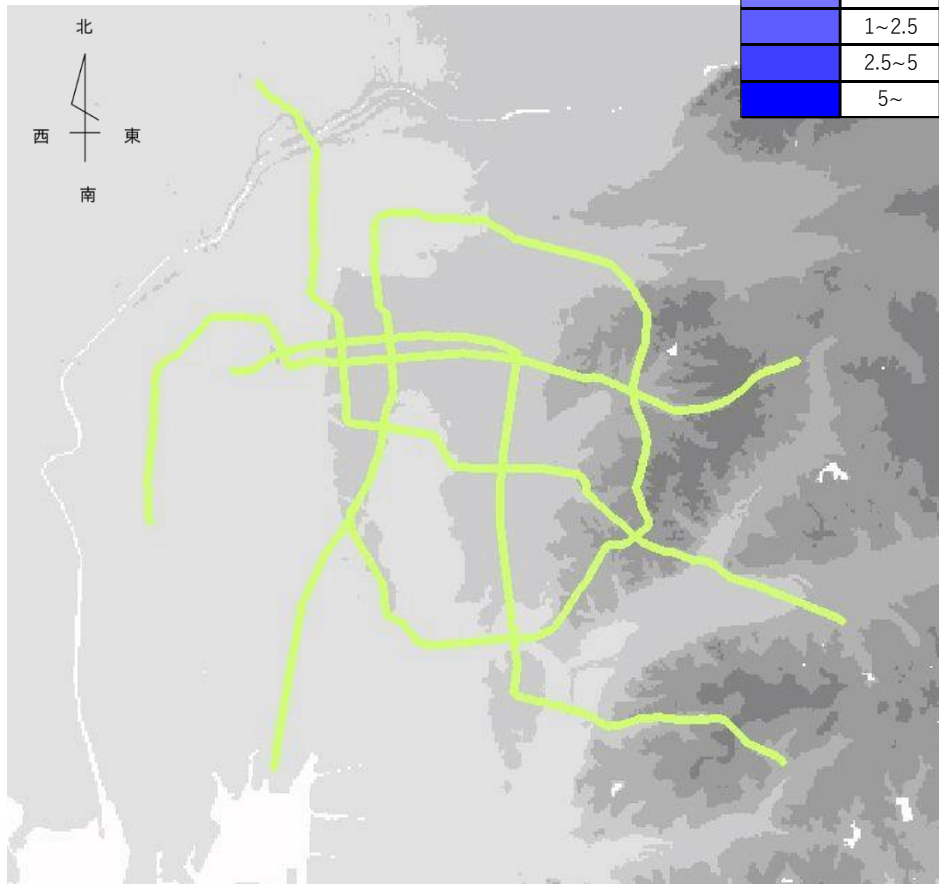
■ 浸水の時間変化の比較

19時間

地下鉄あり

地下鉄なし

地上浸水深 (m)		地下浸水深 (m)	
	0~0.025		0
	0.025~0.5		0.01~0.25
	0.5~1		0.25~1
	1~2.5		1~4.35
	2.5~5		4.35~
	5~		



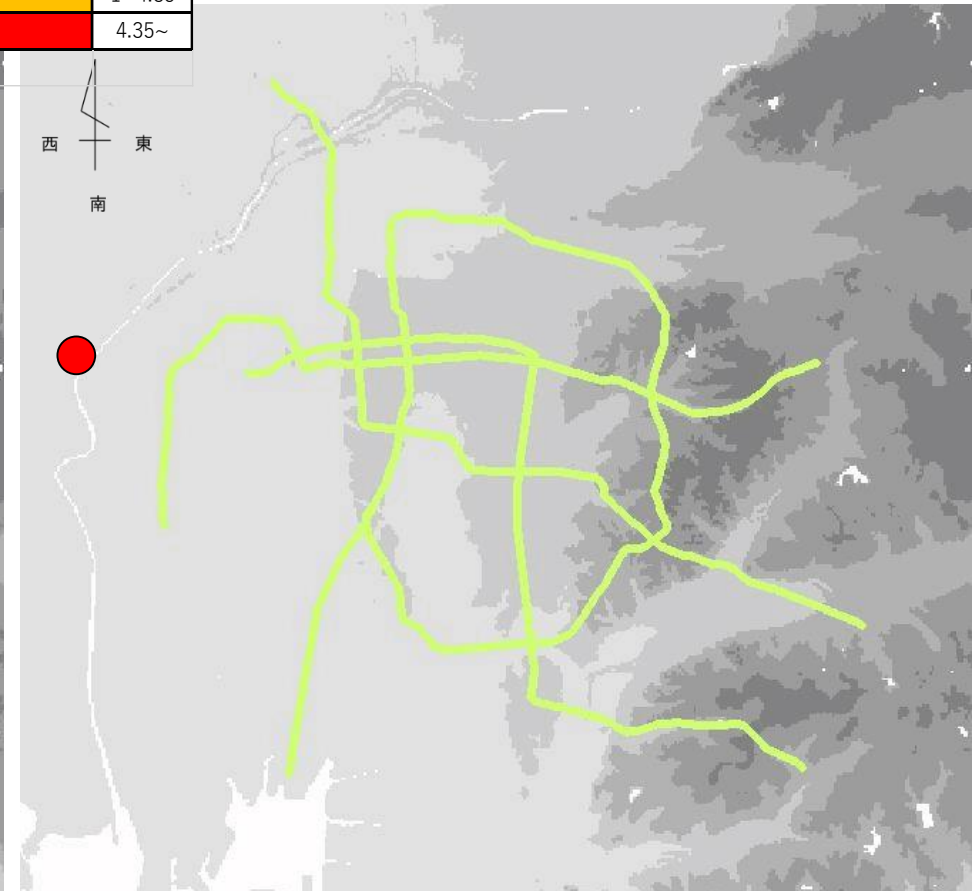
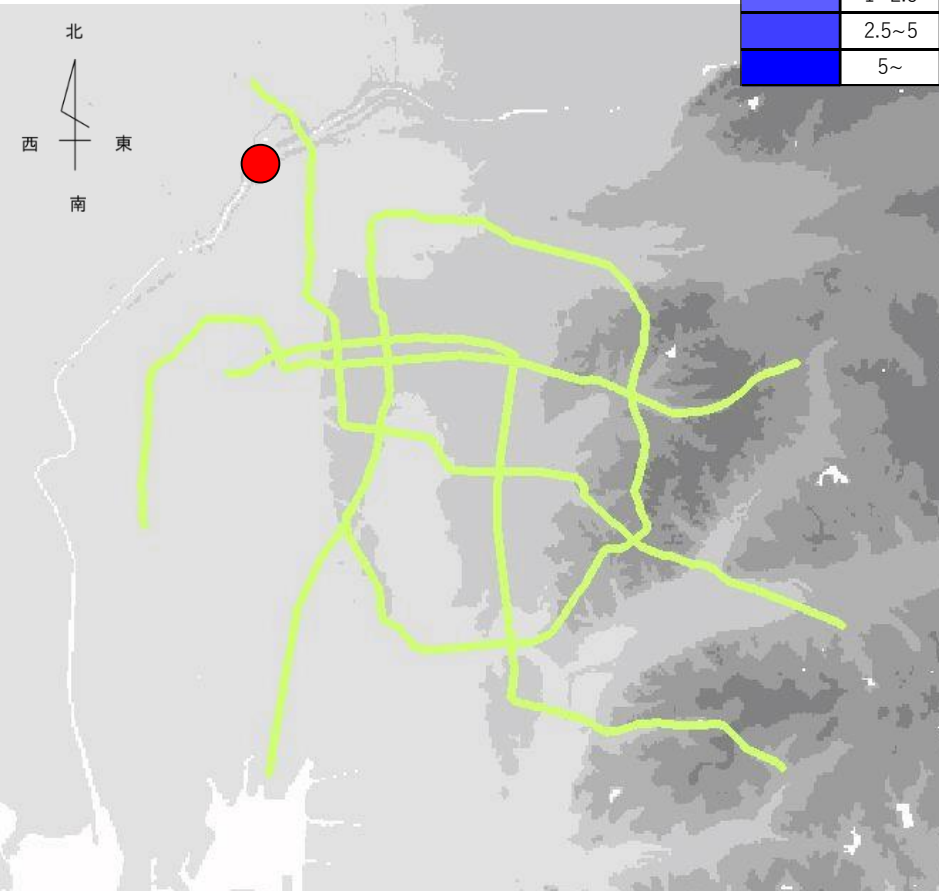
■ 浸水の破堤箇所の変化の比較

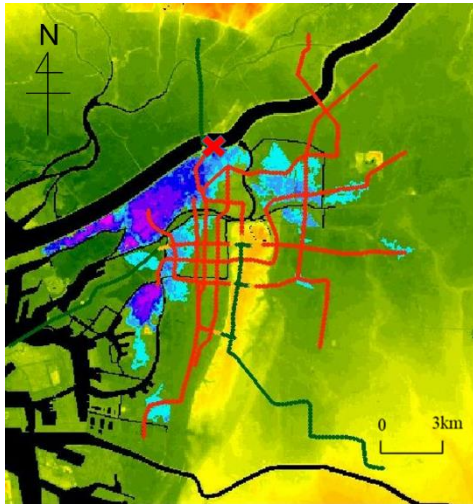
19時間

地上浸水深 (m)		地下浸水深 (m)	
	0~0.025		0
	0.025~0.5		0.01~0.25
	0.5~1		0.25~1
	1~2.5		1~4.35
	2.5~5		4.35~
	5~		

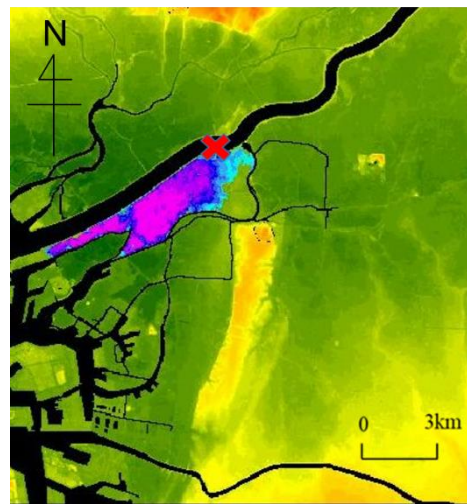
破堤地点17km

破堤地点9km

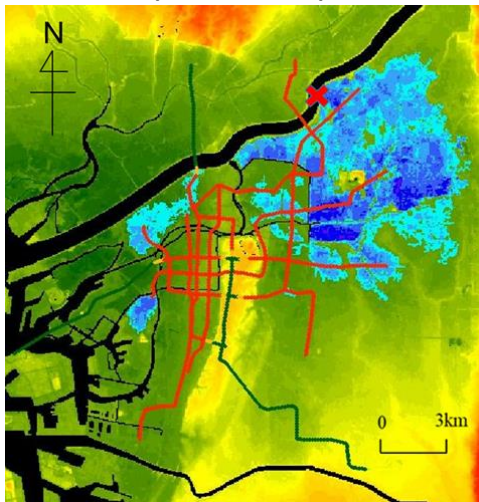




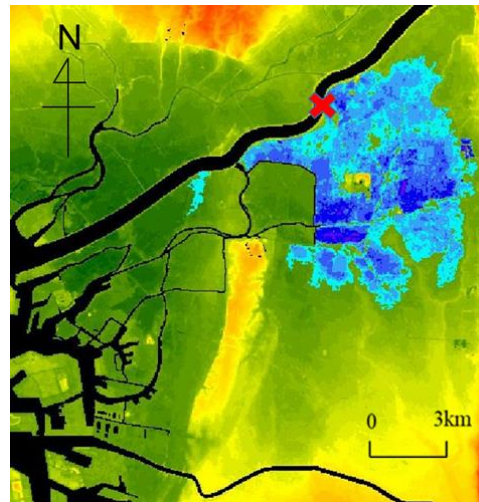
河口から9km地点で破堤させた場合
(地下空間有)



河口から9km地点で破堤させた場合
(地下空間無)



河口から15km地点で破堤させた場合
(地下空間有)



河口から15km地点で破堤させた場合
(地下空間無)

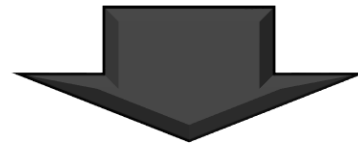
- ・浸水範囲が河口から15km地点で破堤させた時の方が広い
 - ・浸水が飛び地になっている
 - ・御堂筋線と谷町線以外の路線において、地下鉄トンネルの高さ4.35mを越え、満水になっている
 - ・地下鉄駅からの吹き出しにより、浸水が広域に及んでいる
- ✓ 地下空間が水没する状況が生じており、危険である。
- ✓ 地域によって、地上の浸水に与える地下空間の影響が異なる。

■ 研究背景

大都市で発生した場合，甚大な被害を被る可能性大

→地下空間は浸水被害に脆弱

→1日平均10万人以上の来街を誇る地下街が全国で18か所



避難を考える際に重要となる情報は・・・

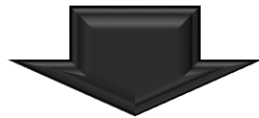
- 破堤から地下街浸水までの時間
- 浸水する入口の順番
- 階段を利用できなくなるまでの時間
- 浸水過程

上記の情報を示す

■ 研究手順

Model A : 地下鉄を考慮した氾濫解析モデル

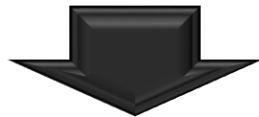
各格子の時間あたりの水深・流速データ



地下街の各入口における水深

Model B : 地下街の浸水解析

地下街における各階段・領域の水深・流速



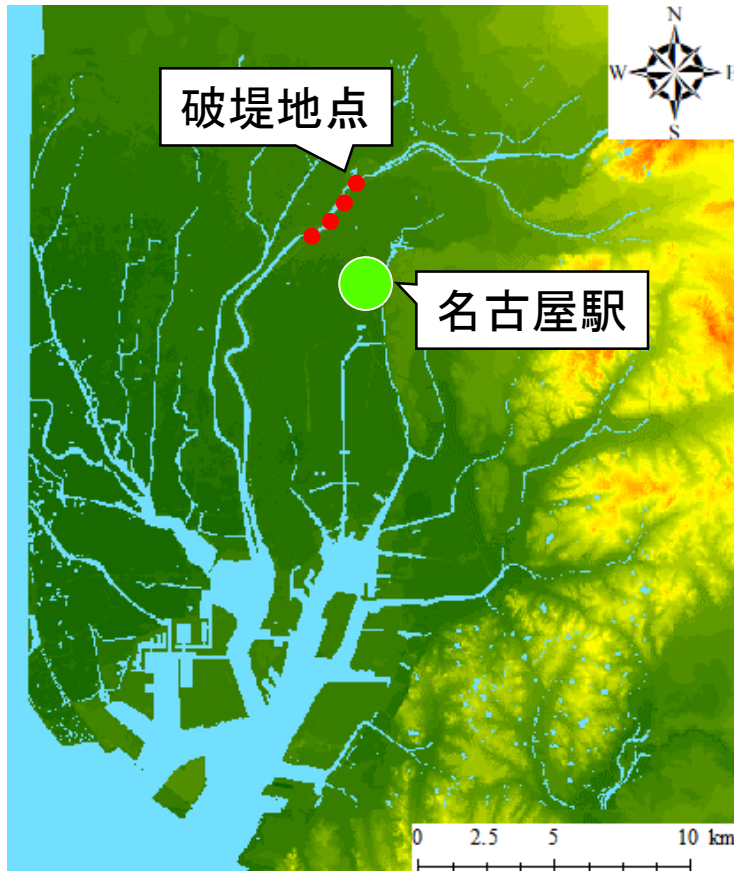
水深・流速から「避難困難度」

避難に必要な情報など

破堤地点を変更し
様子を比較

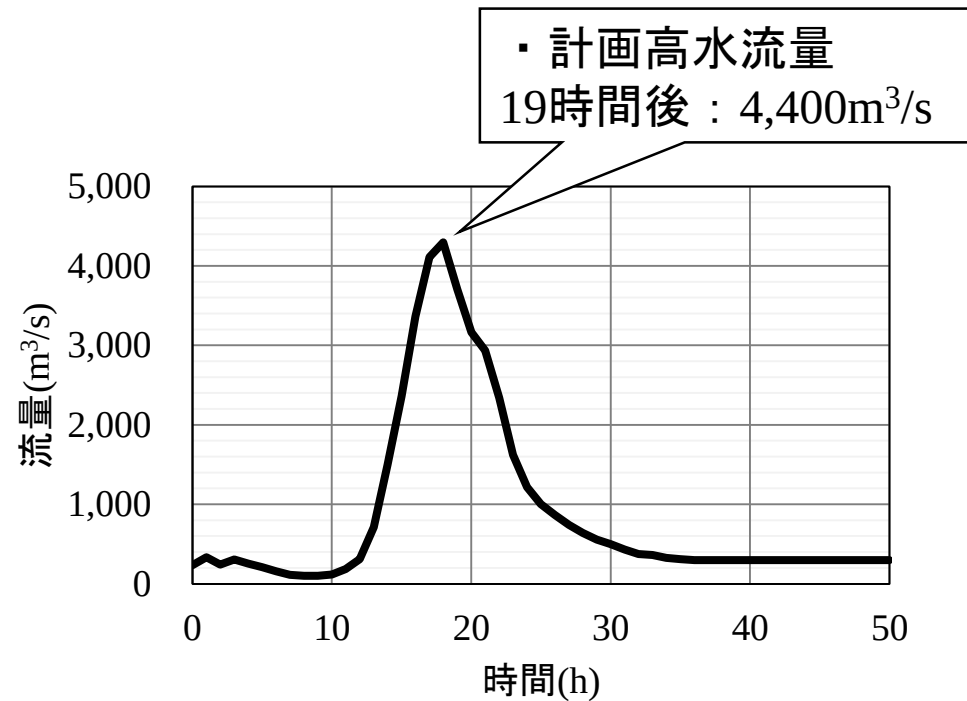
■ Model A : 解析条件

★計算領域・境界条件



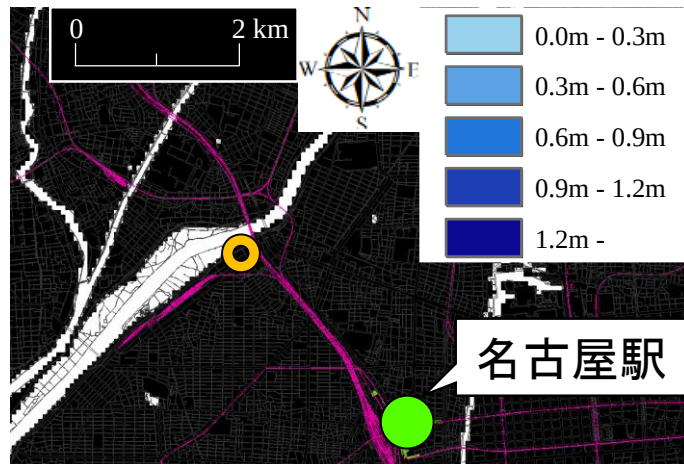
Model A の計算領域

計 算 格 子	50m × 50m
対 象 河 川	庄内川
破 綻 地 点	14km, 15km, 16km, 17km の左岸側堤防

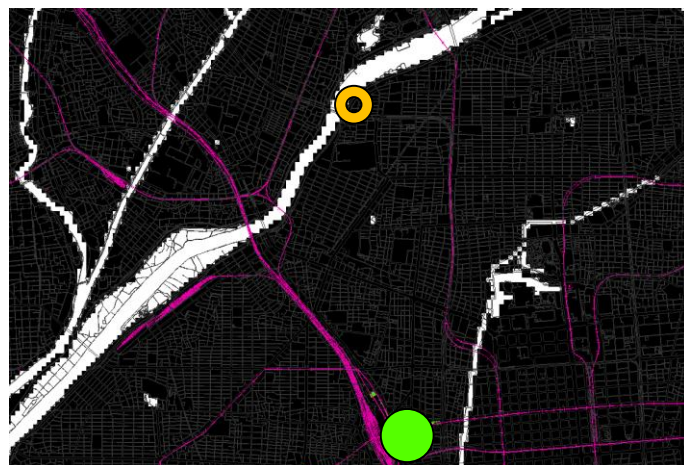


流量ハイドログラフ

■ 結果：地上の氾濫過程



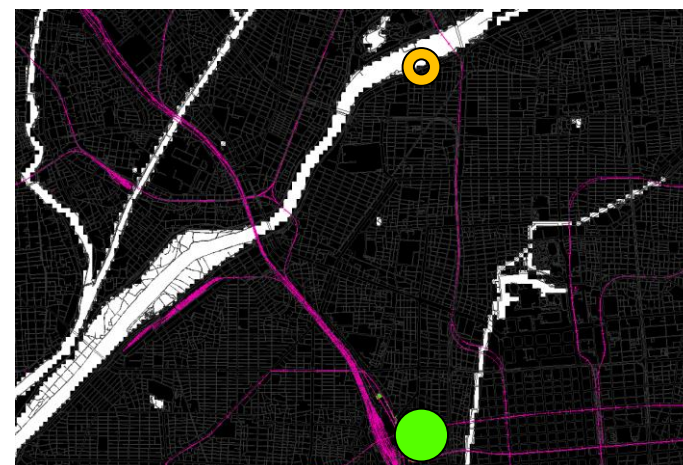
破堤地点14km



破堤地点16km

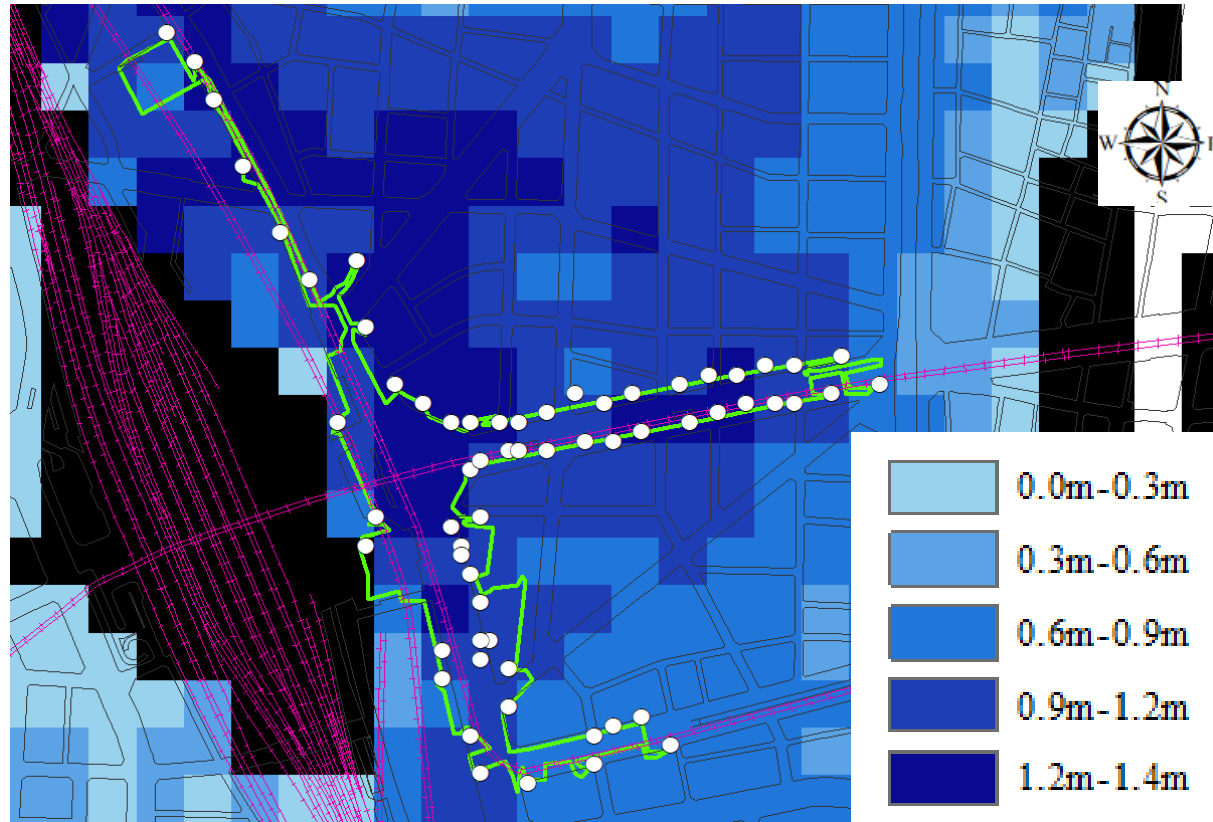


破堤地点15km



破堤地点17km

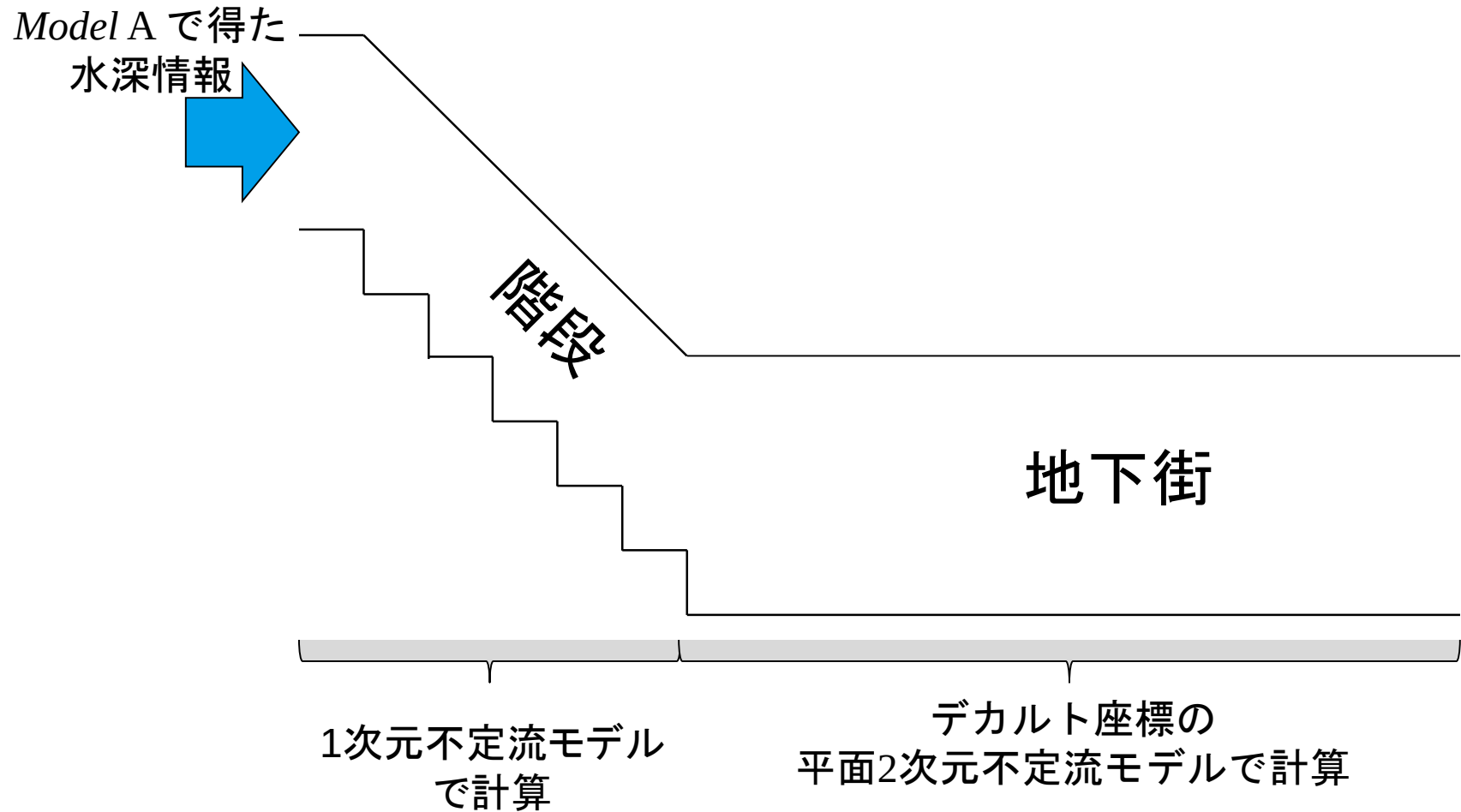
■ 結果：地上の氾濫過程



破堤地点16kmにおける地下街周辺の最大浸水深

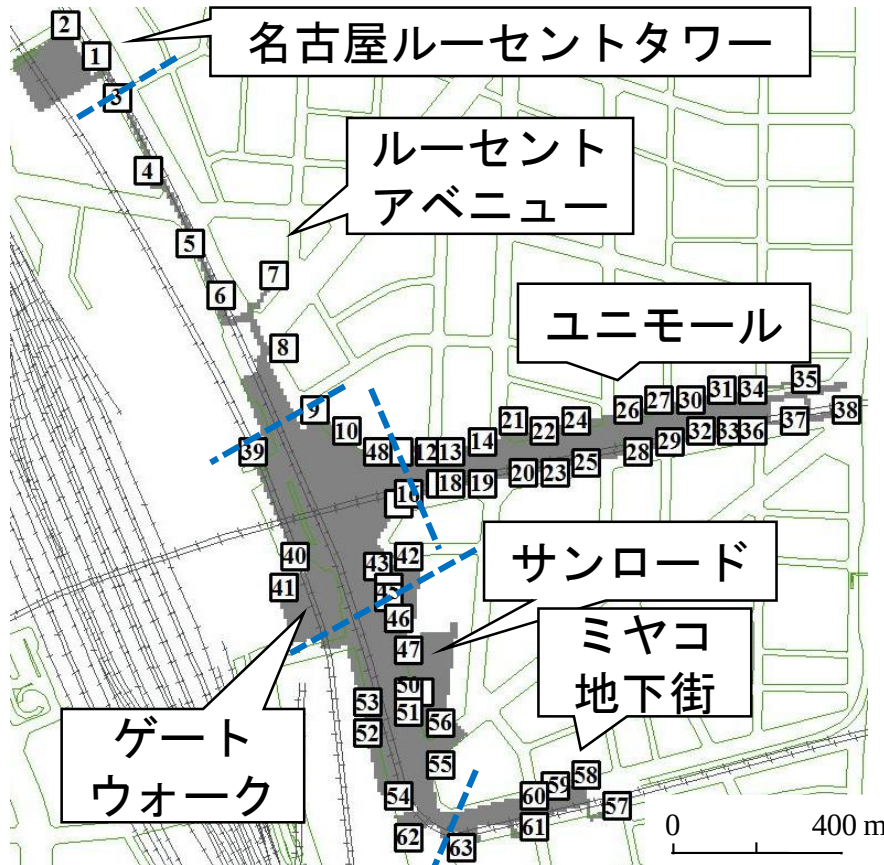
外水氾濫の場合，地下街に大規模浸水が発生

■ Model B : 解析モデル



■ Model B : 解析条件

★ 計算領域



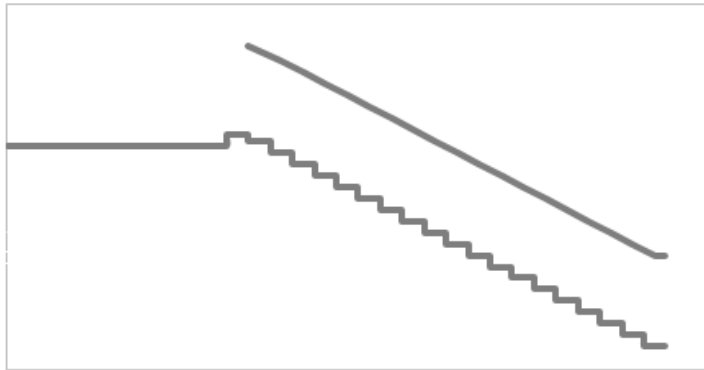
Model B の計算領域と入口番号

計算格子	3.2m × 3.2m
境界条件	Model A で得た各入り口の水深
解析条件	◆ 地下街内の地盤は一定 ◆ 階段の形状は「直階段」 ◆ 吹抜け等は非考慮 ◆ 店舗や壁は非考慮 ◆ 地下鉄駅への流出は非考慮

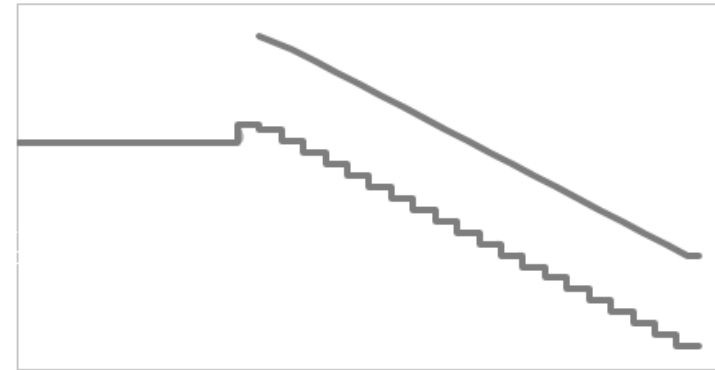
■ 結果(階段の浸水過程)

破堤から 50 分

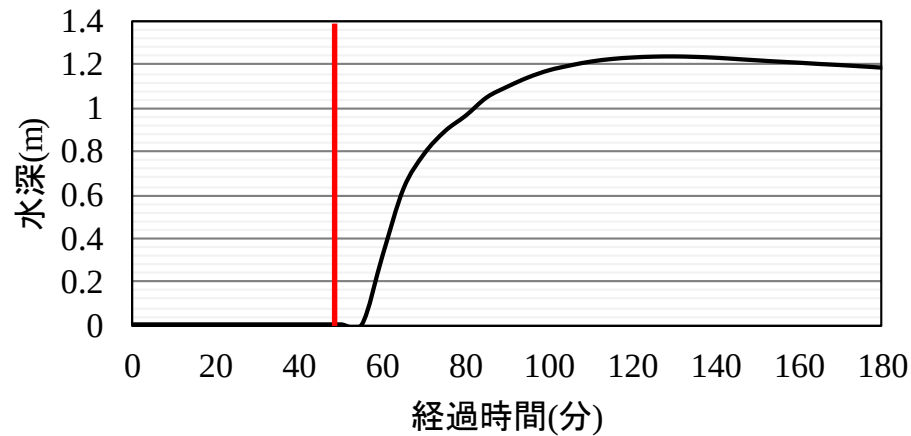
入り口"1"



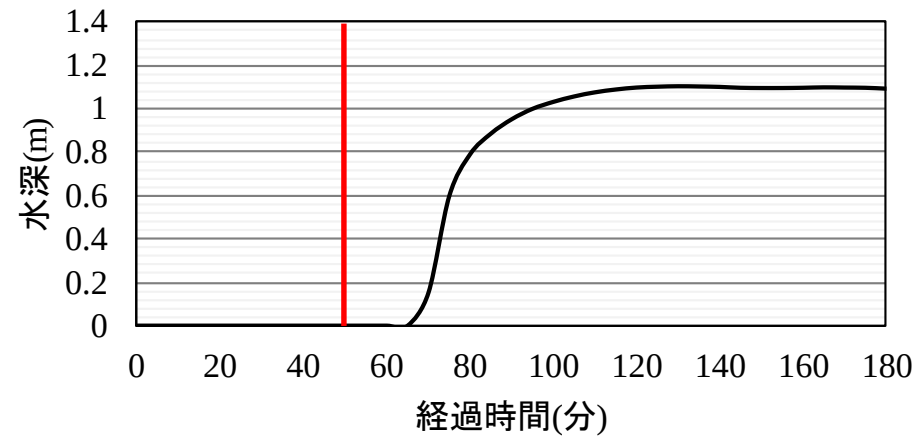
入り口"22"



16km破堤時の入口[1]における浸水模様

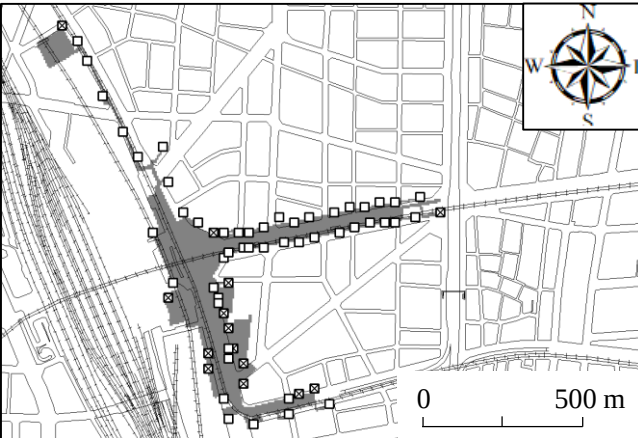


16km破堤時の入口[22]における浸水模様

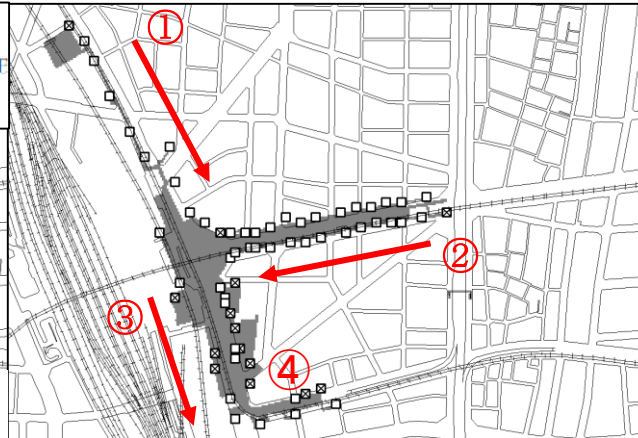


■ 結果：地下街の浸水過程

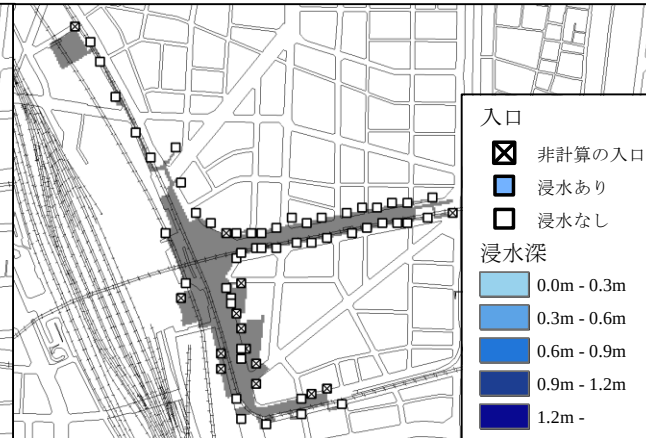
破堤から 50 分



15km破堤時の地下街浸水

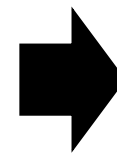


16km破堤時の地下街浸水



17km破堤時の地下街浸水

①名古屋ルーセントタワー
ー地下通路



②ユニモール
③サンロード



④ミヤコ地下街

庄内川の破堤による避難は・・・

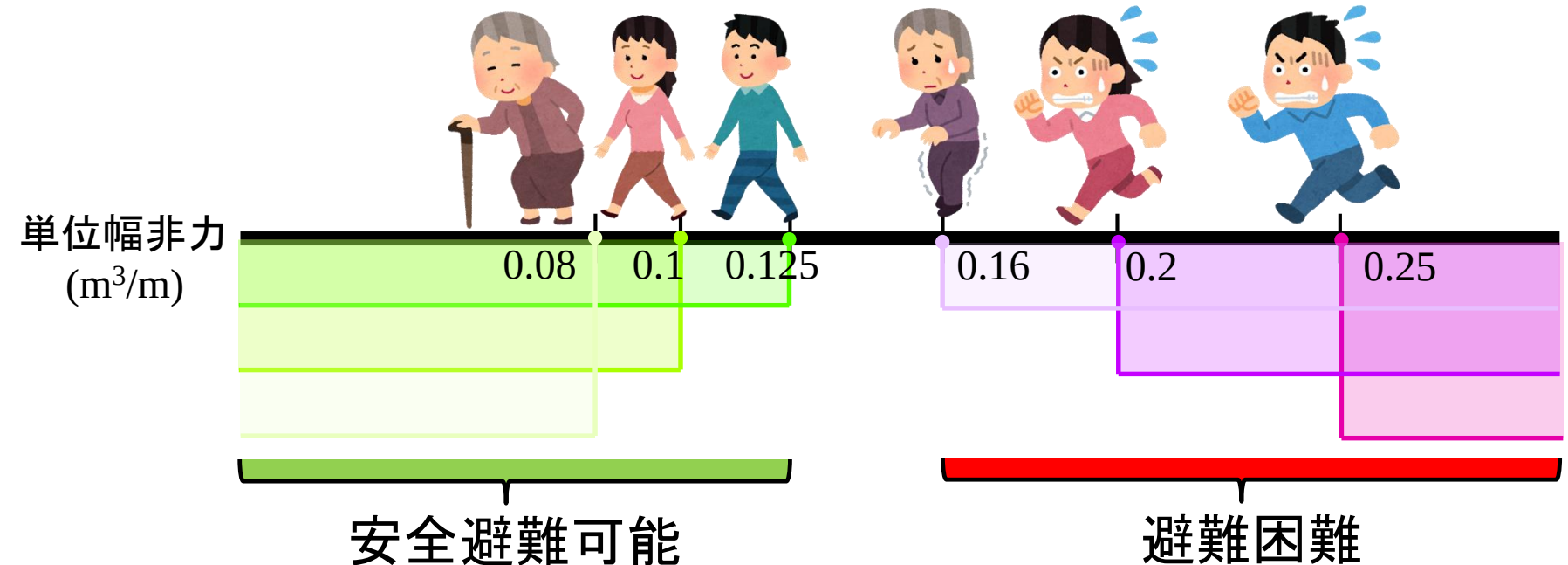
ミヤコ地下街方面へ

■ 避難困難度指標

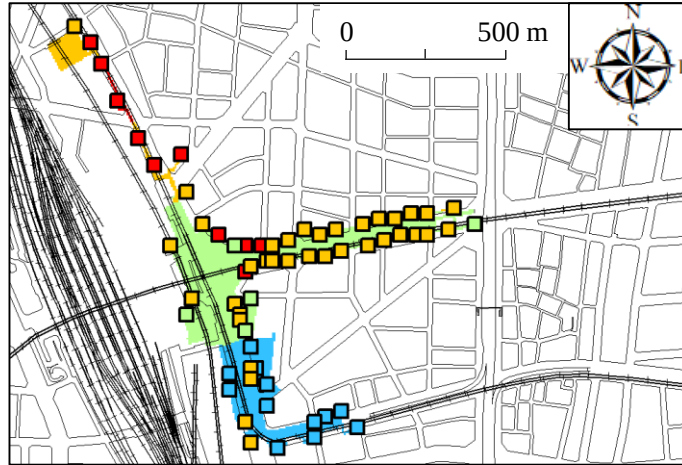
避難困難度指標に単位幅非力を採用

$$\text{単位幅比力}(\text{m}^3/\text{m}) = \frac{u^2 \cdot h}{g} + \frac{h^2}{2}$$

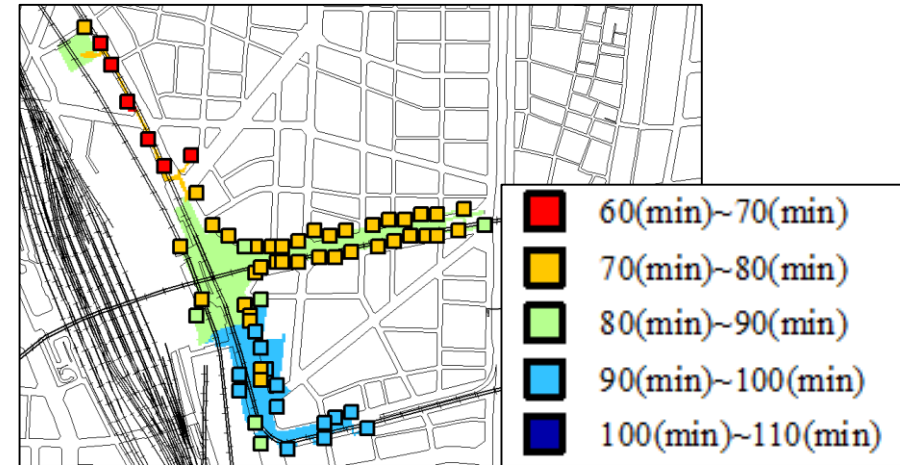
項 目	数値
成人男性避難困難	0.25
成人女性・高齢男性避難困難	0.2
高齢女性避難困難	0.16
成人男性安全避難	0.125
成人女性・高齢男性安全避難	0.1
高齢女性安全避難	0.08



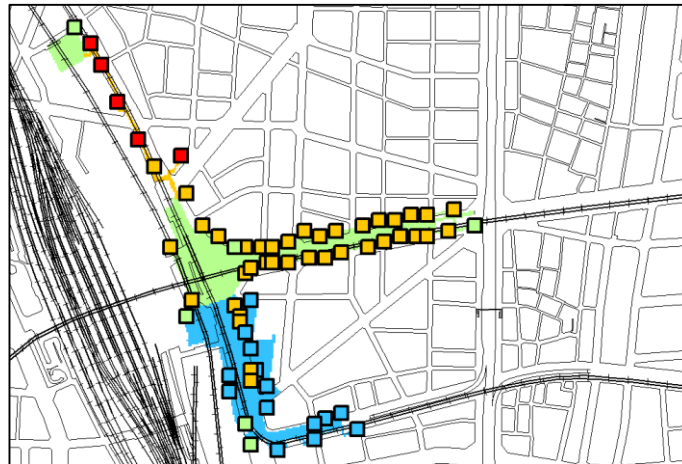
■ 結果：16km破堤時の避難困難度までの時間



高齢女性避難困難に達する時間



高齢男性・成人女性避難困難に達する時間



成人男性避難困難度に達する時間

年齢・性別によって避難困難
度に大きな差はない

■ 結果(地下街：階段)

破堤箇所	浸水開始 時間	避難困難 (最短)	避難不能 (全階段)	避難可能時間 (浸水開始時間－避難不能)
14km	90分			
15km	55分	60分	100分	45分
16km	60分	64分	98分	38分
17km	60分	68分	102分	42分

○避難困難(最短)

→いずれかの階段における単位幅比力が
高齢女性避難困難($0.16\text{m}^3/\text{m}$)に達した時間

○避難不能(全階段)

→全ての階段における単位幅比力が
高齢女性避難困難($0.16\text{m}^3/\text{m}$)に達した時間

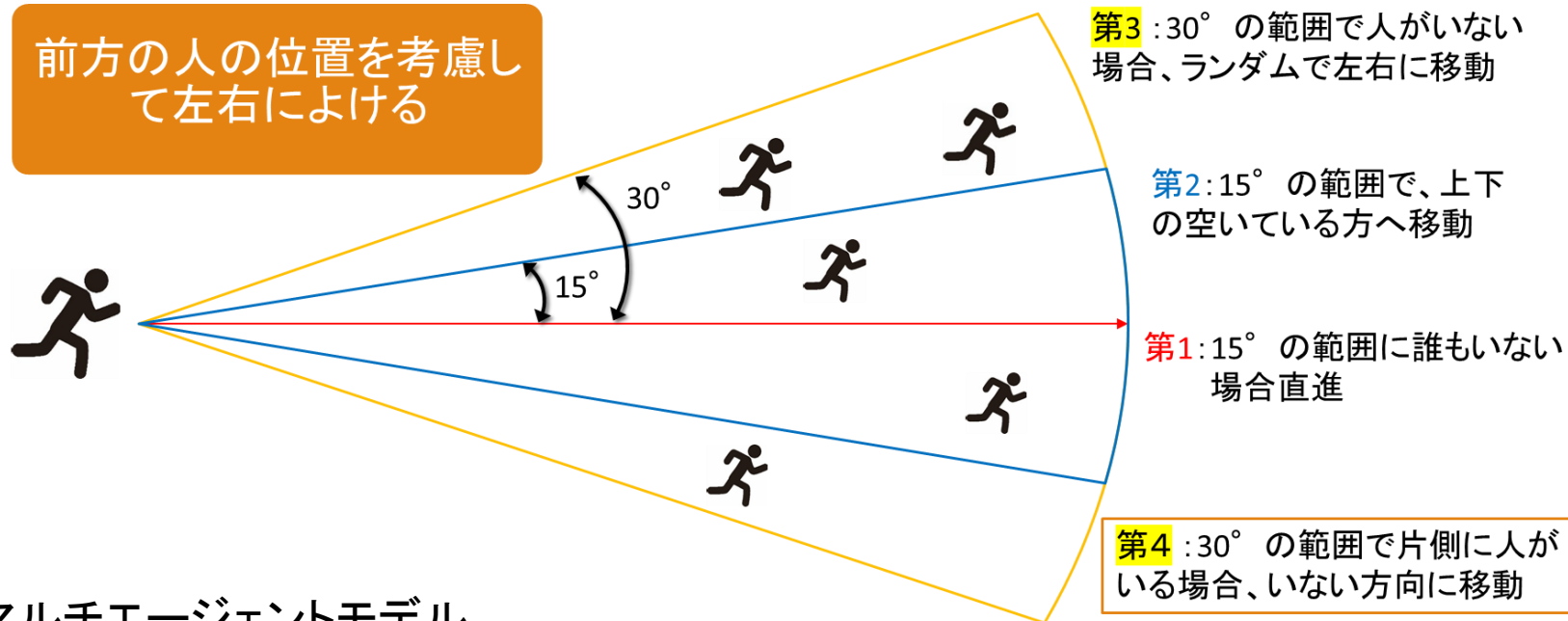
■ 結果(地下街：階段)

破堤箇所	浸水開始 時間	避難困難 (最短)	避難不能 (全階段)	避難可能時間 (浸水開始時間ー避難不能)
14km	90分			
15km	55分	60分	100分	45分
16km	60分	64分	98分	38分
17km	60分	68分	102分	42分

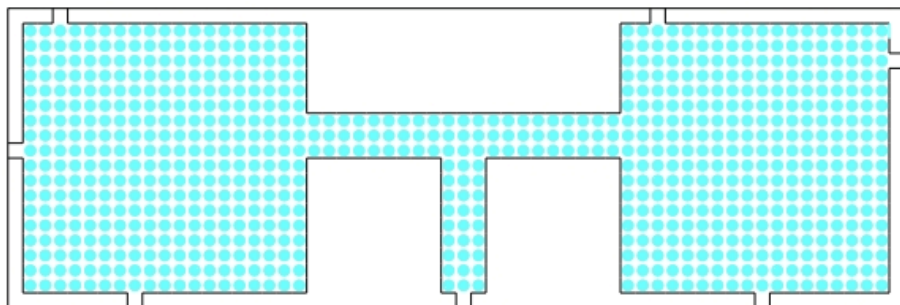
- 破堤箇所が河口から14km地点である場合、甚大な被害は生じない可能性が高い
- 破堤箇所が河口から15km地点である場合、**破堤から55分で浸水**が始まる.
- 破堤箇所が河口から16km地点である場合、**浸水から38分後に高齢女性は避難不能**となる.

浸水が生じる前に避難する必要がある。⇒避難シミュレーションは非常に重要

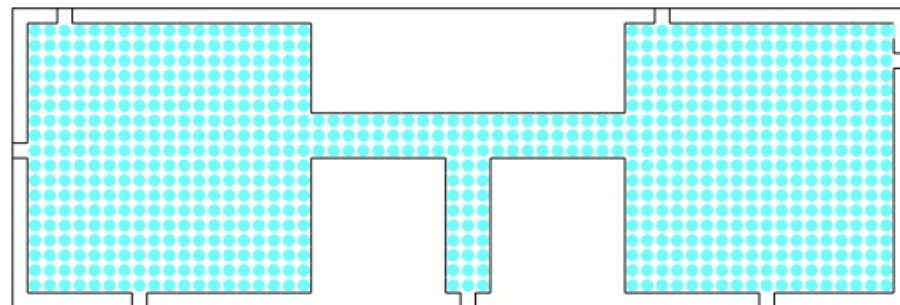
前方の人の位置を考慮して左右によける



マルチエージェントモデル



ひとの重なり有り



人の重なり無し

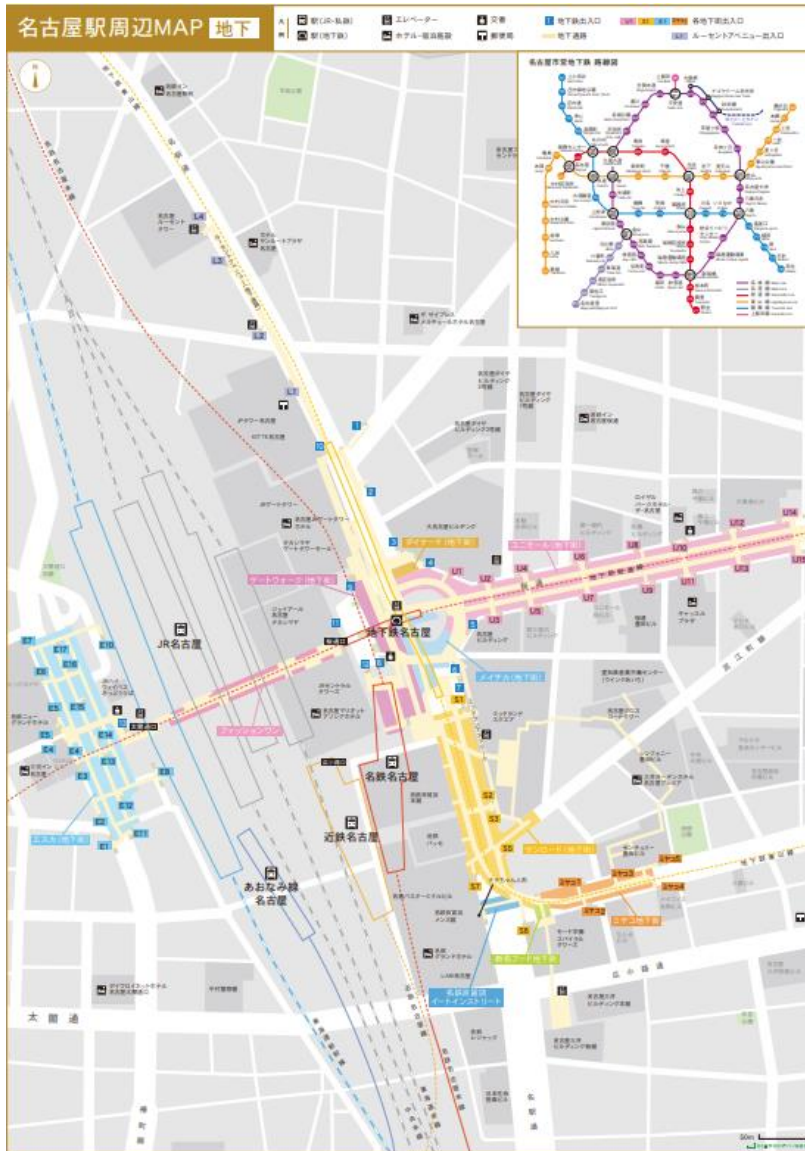
名古屋駅前の地下街に適用

人数割合

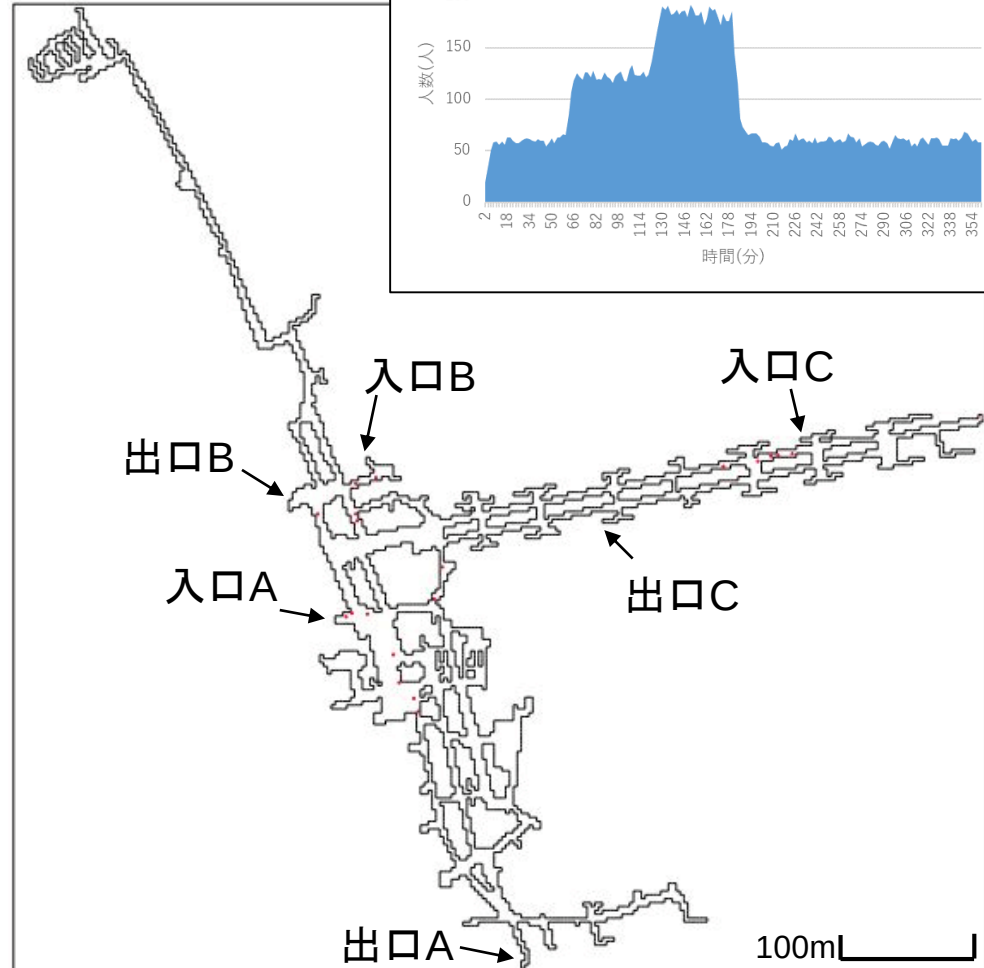
入口 A:6割 B:2割 C:2割

出口 A:6割 B:2割 C:2割

出入口を増やすことで平時の人の移動が再現可能



成人のみ



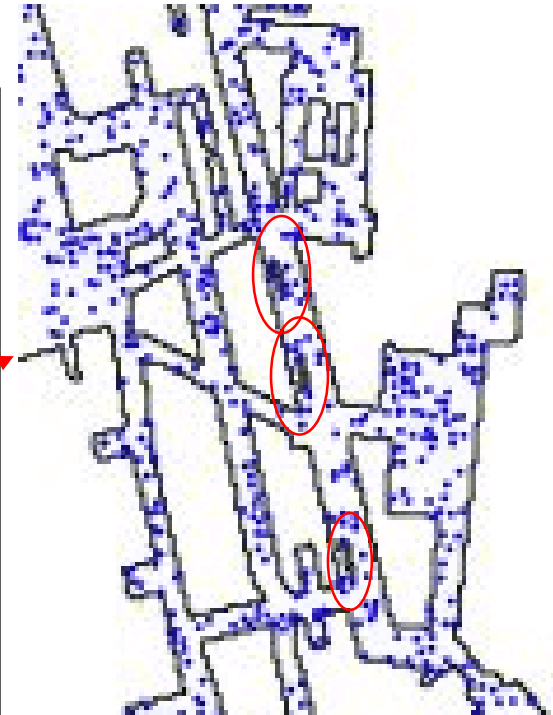
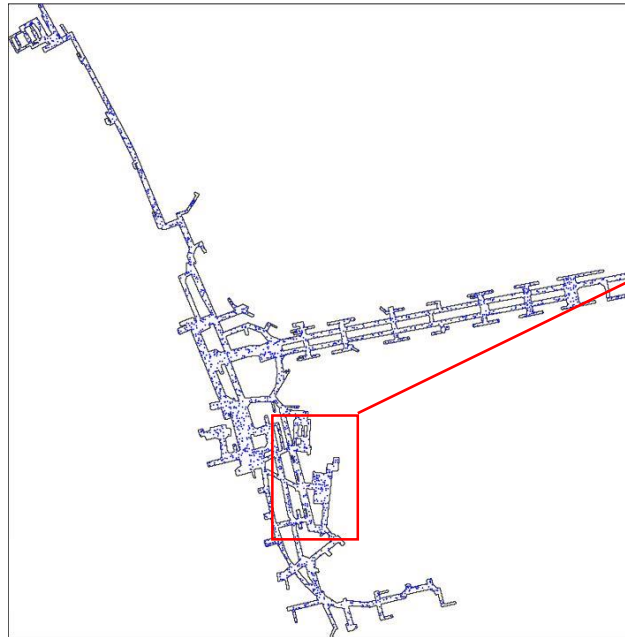
避難シミュレーション

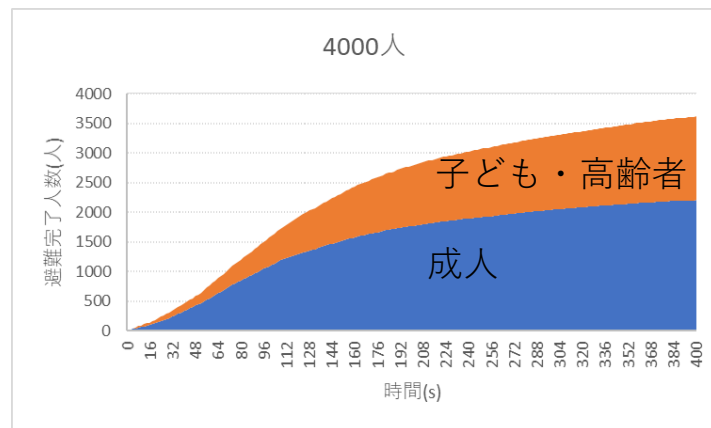
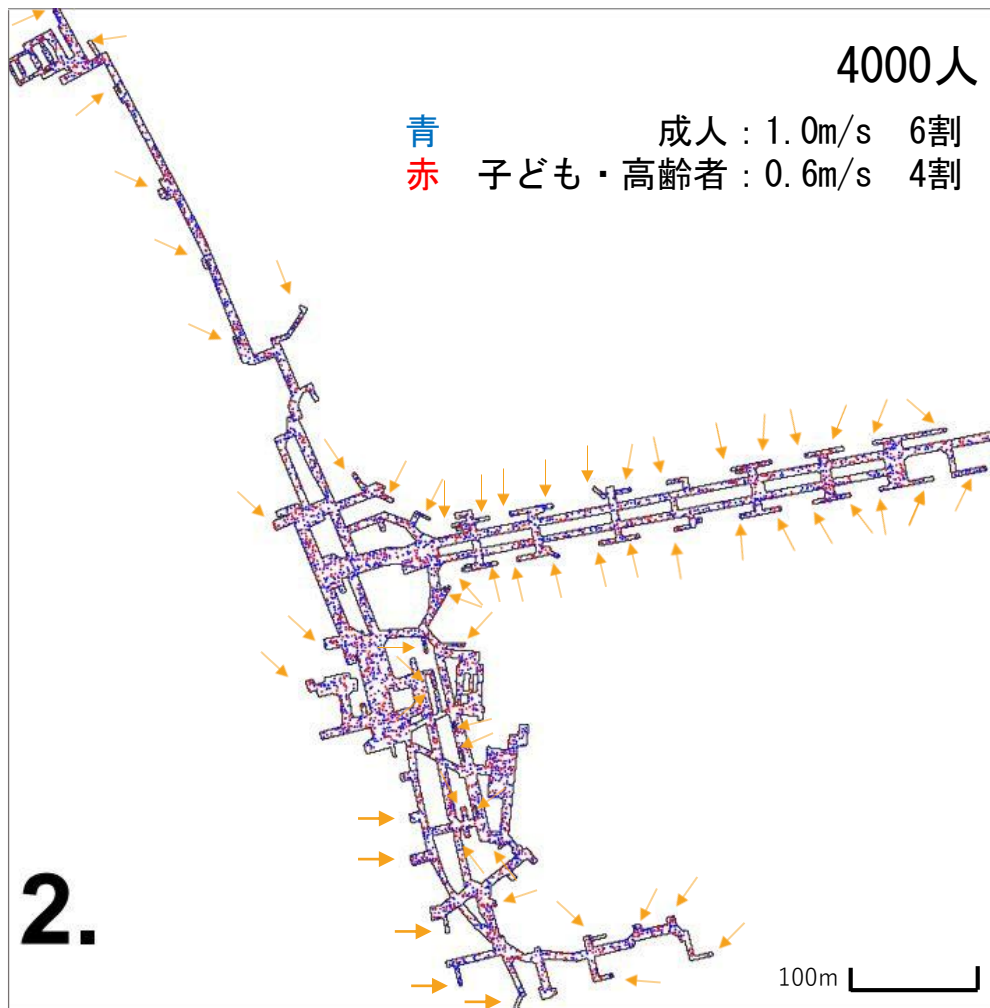
マルチエージェントモデル

- ・ 平面的であるため通路内にある階段は側面に壁を設置

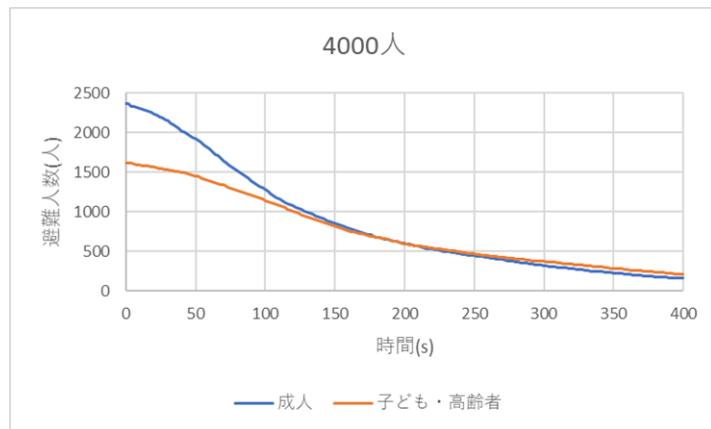


名古屋駅地下街の階段





3636人(成人2223人、子ども・高齢者1413人)
避難が完了した



都市浸水の正しい評価と対策

- 東京メトロは、ハザードマップを意識して、浸水対策を実施している。
- 危険性の認識と避難意識の涵養

地下空間に着目すれば、

地下街・地下鉄駅から見た、危険な堤防の場所の把握

- 特定された堤防の強化
- 破堤の予測、水位による避難情報の発信

都市から見た、地下街・地下鉄駅の防災面の活用

- 東日本大震災、阪神淡路大震災では極端な被害は無い
- 雨に濡れない空間。安全／危険な状況が混在
- 帰宅困難者、避難所など、災害時の活用

正しく恐れ、備える