

－災害レジリエンス共創にむけたデジタル・トランスフォーメーション－

【災害情報キュレーション研究領域】

# 津波避難交通の エージェントベースシミュレーション

東北大学 災害科学国際研究所

災害人文社会研究部門

レジリエンス計画研究分野

(地域・交通計画, 避難計画)

堀合 紳弥

# 災害情報キュレーション研究領域について

領域長：奥村 誠 教授 (レジリエンス計画研究分野)

## 「キュレーション」

美術館の学芸員が数ある美術品の中からテーマに沿って選定、  
展示品の**意義**や**魅力**を**理解しやすくする**仕事のこと

本研究領域では、

災害デジタルツインから生み出される膨大な情報の中から、

- ・ コミュニティや社会が**とるべき行動の選択**につながるような**情報**を**選択・整理**して、
- ・ **活用**していく**方法** を研究。

社会の構造特性と内在する行動特性の理解をベースに、

- ・ 災害の**社会現象**としての**変化過程のモデル化**
- ・ 災害**対応策**の**列挙と整理**
- ・ 集合知構築のための**What-if分析結果の意味解釈** を担当。

# 津波避難時の交通渋滞問題

津波避難計画において、

15年前の東日本大震災以前から原則徒歩避難(車避難の禁止)一方で、

東日本大震災での被災実態や千島・日本海溝地震想定を受け、沿岸自治体では避難計画の見直しが急務  
(整備した避難タワーが使えない、徒歩避難では間に合わない住民・地域など)



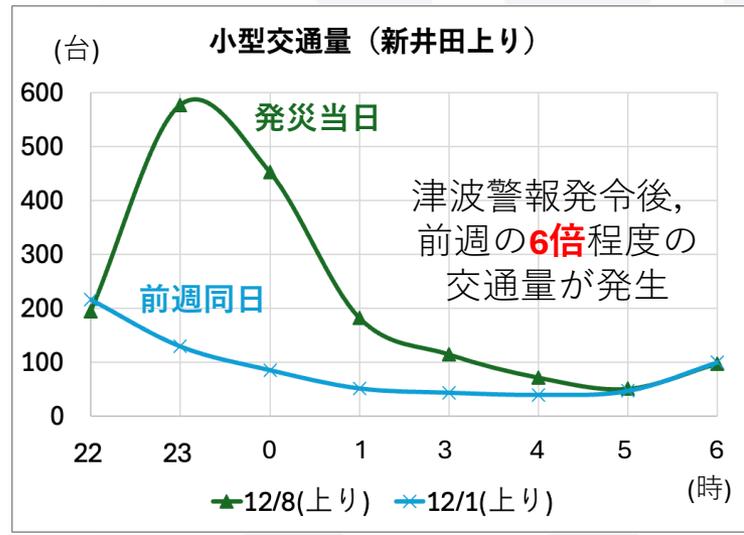
## “やむを得ない場合”の車避難を容認する自治体の増加

しかし、**現実問題**として、  
2016年12月福島県沖地震  
2022年 3月 //  
**避難渋滞**が発生



2024年 1月 能登半島地震  
2025年 7月 カムチャツカ半島地震  
12月 青森県東方沖地震

やはり**避難渋滞**が発生  
⇒住民は歩くより車の方が早いと考える？  
地方では**車は貴重な財産**だから守りたい？



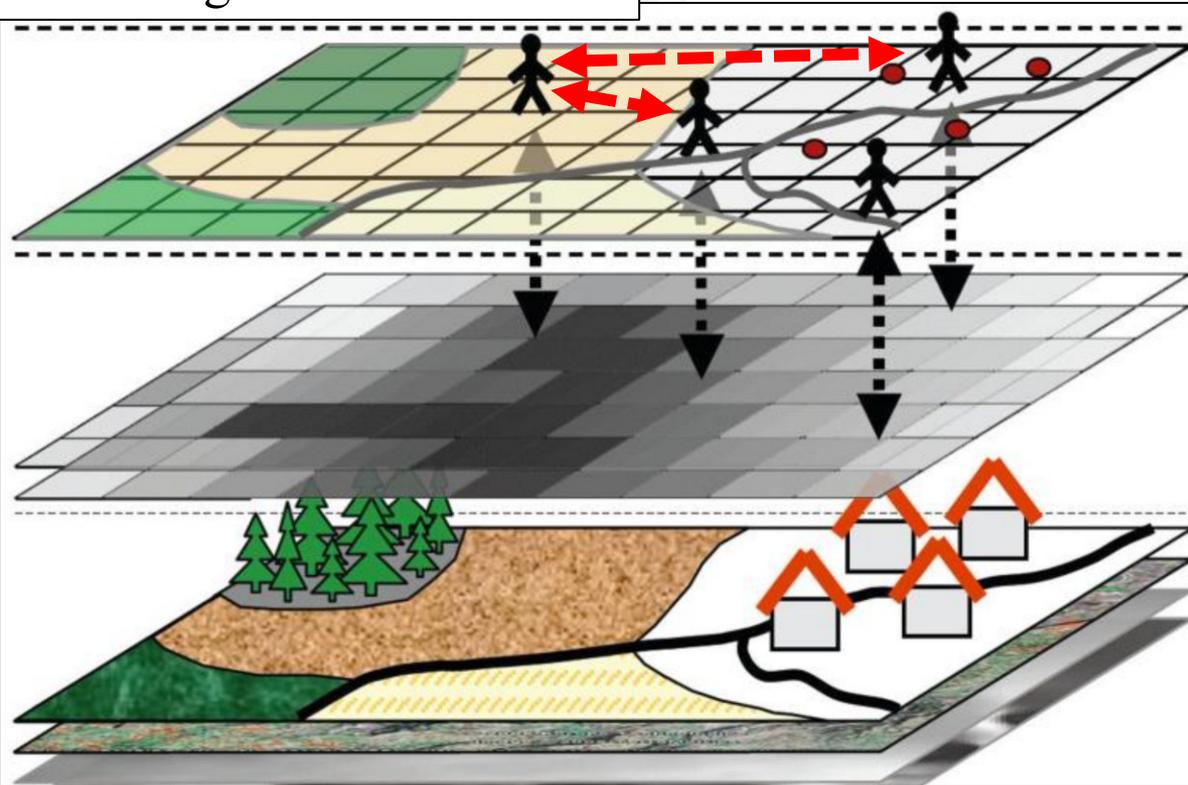
\*国土交通省：道路データビューア(R45新井田上り)

# エージェントベースシミュレーション(ABS)とは？

ひとりひとりの振る舞いを  
設定できるシステム。  
社会現象(人流や交通流, 空間解析)  
様々な研究に適用。

**自立性**：ルールに従い個別に行動  
**環境相互性**：周囲の環境や状況を認知  
相互に影響を与える

Multi-Agent-based model\*



**地理情報**

- ・建物位置
- ・道路ネットワーク
- ・居住人口配置
- ・地形や標高 など



**災害情報**

- ・津波遡上, 浸水
- ・河川洪水, 氾濫 など



**現実世界**

- ・現実社会, 地域 など

防災計画・避難計画  
策定時の手助け？

PC上で仮想的に再現  
**デジタルツイン**の基本

\*Yang, L.E.; Hoffmann, P.; Scheffran, J.; Rhe, S.; Fischereit, J.; Gasser, I. An Agent-Based Modeling Framework for Simulating Human Exposure to Environmental Stresses in Urban Areas. Urban Sci. 2018, 2, 36. <https://doi.org/10.3390/urbansci2020036>

# ABSを用いた津波避難交通シミュレーション

例えば、

地区の避難訓練には限られた人しか参加してくれない。  
全体が避難した時のことを確かめたいのに...

そんな時に、

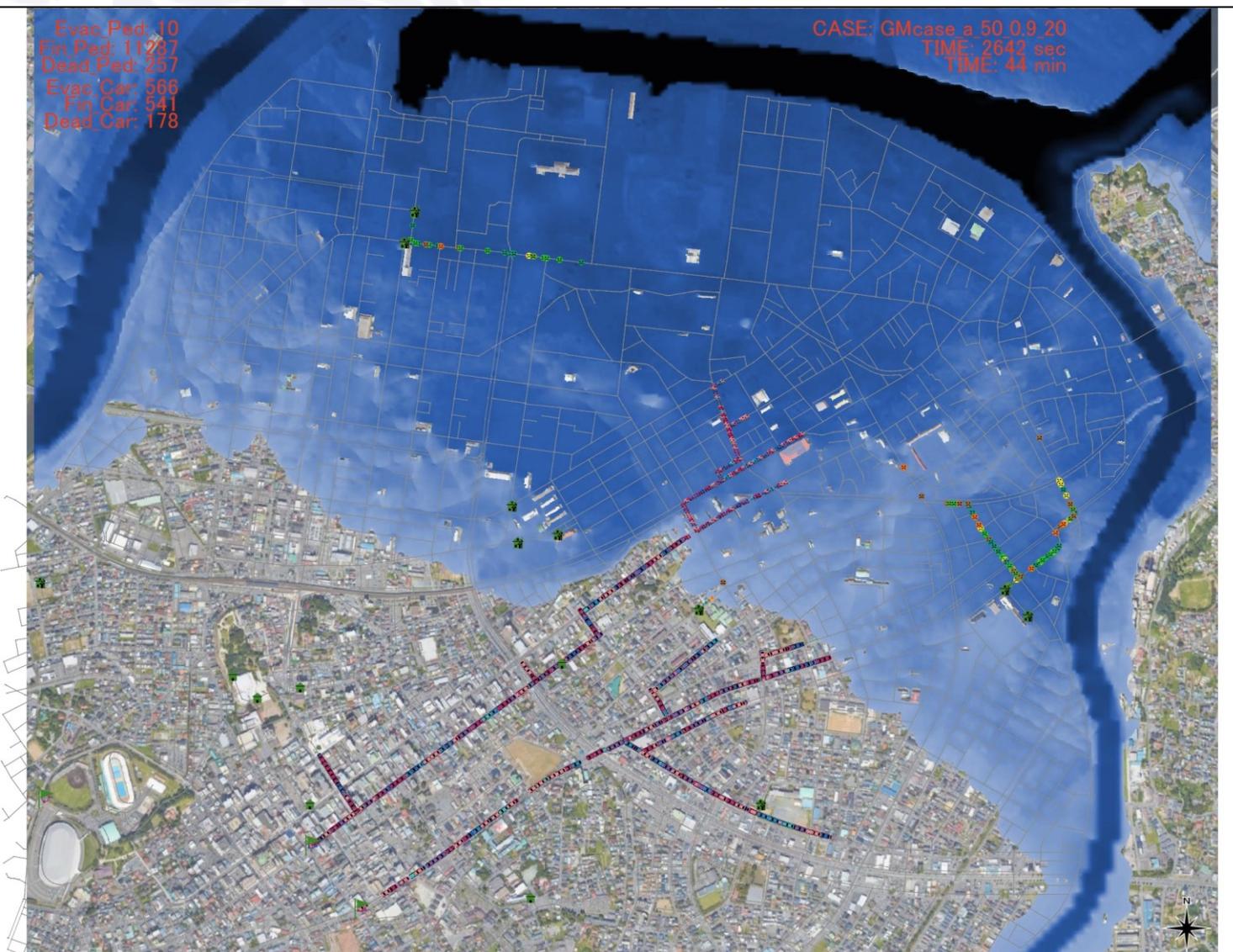
パソコン上で地域の“**道路**”と“**住民**”を**再現**  
**仮想的**に**避難**させてみる



現実社会ではテストできない**大規模**な**行動評価**が可能

50人が1万人に、20台を1000台に、  
**じいちゃん・ばあちゃんから孫**の代まで一斉に試せる！  
疲れないので、いつでも。何度でも。

# ABSを用いた津波避難交通シミュレーション



一人ひとり  
一台一台  
個別の情報を  
時間毎に取得可能

- ・ 現在位置
- ・ 速度, 加速度
- ・ 相手はだれ?
- ・ 相手の速度は?

個別の詳細な  
情報が得られる



**多すぎる情報量**

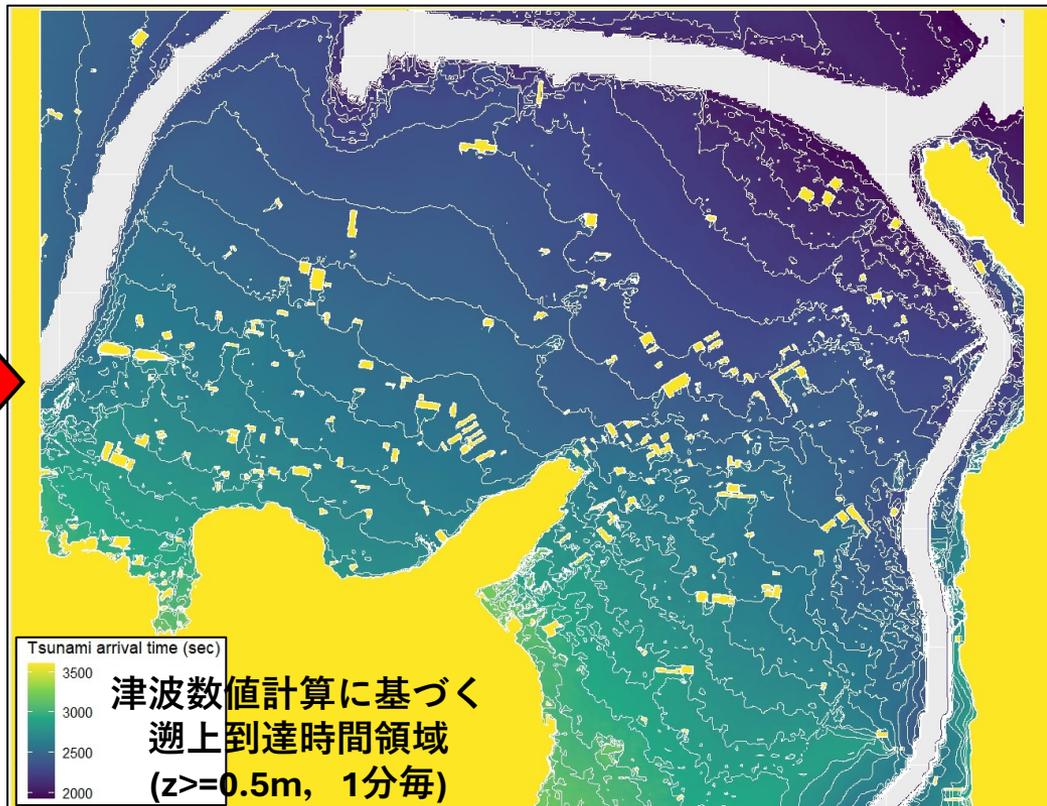
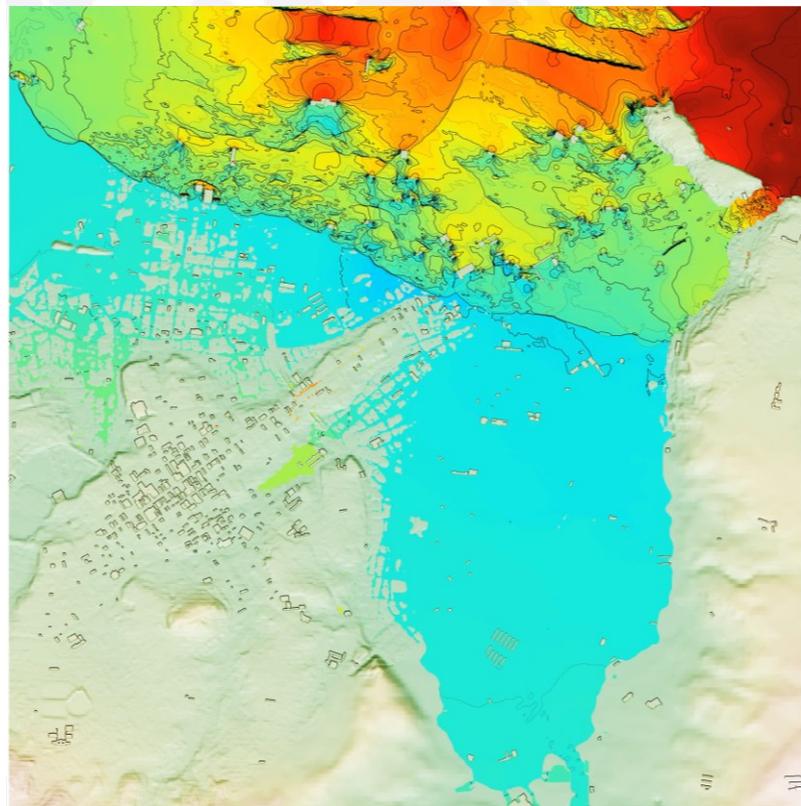
どこで?

何が起きている?

少し分かりにくい...

**キュレーション**が  
必要!

# 交通工学的手法を用いた危険性の整理



日本海溝モデルを用いて  
津波数値シミュレーション\*を実施。  
日本海溝地震が発生した場合の、  
八戸市に津波が到達・遡上する際の  
浸水時刻と浸水深を計算

津波シミュレーションから到達時間領域算出  
各時間領域に**存在**する避難車両台数を集計  
浸水区域外到達域(黄色)から海岸方向へ**累積**  
↓  
沿岸部から内陸部に向けて、どの程度の車が  
**動いているのか？止まっているか？**

\*尾崎壮一, 古里春花, 堀合紳弥, 野島和也, 田中聖三, 高瀬慎介: 構造物を考慮した八戸市における津波遡上解析, 日本計算工学会計算工学講演会論文集, Vol.29,2024.

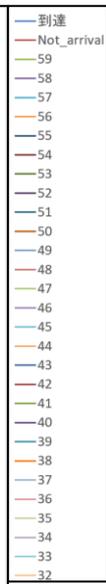
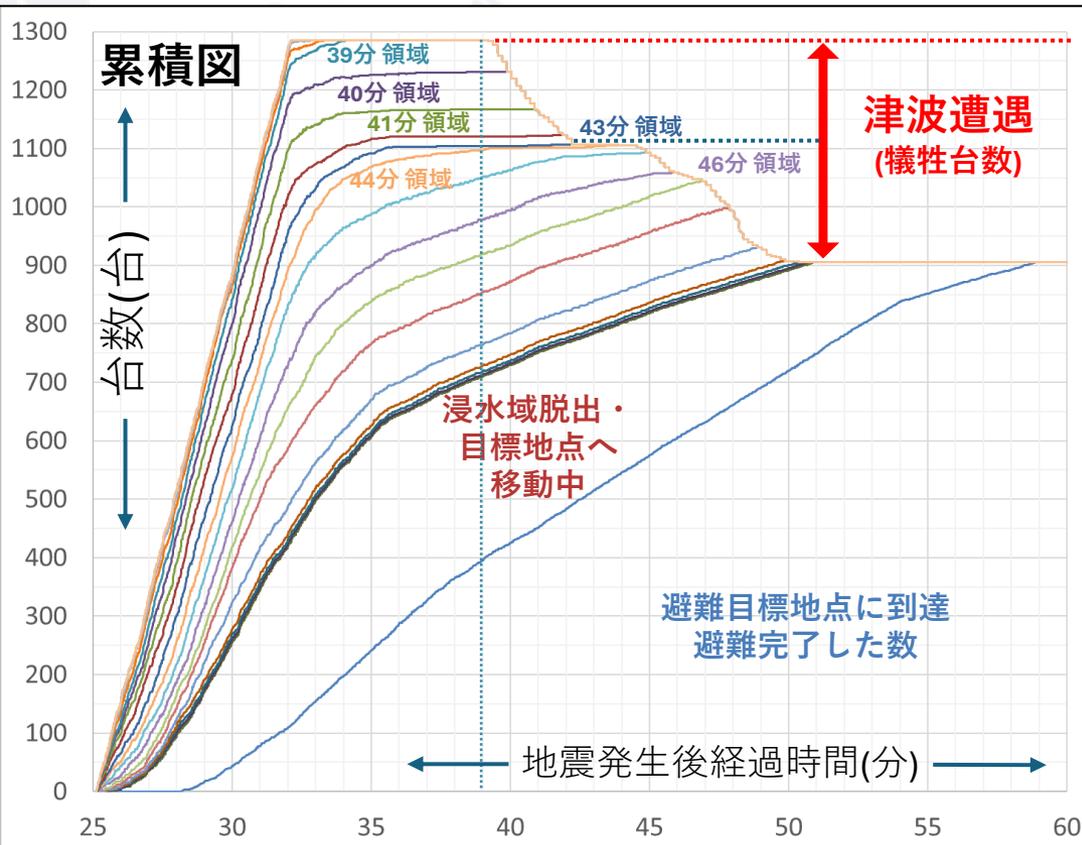
# 交通工学的手法を用いた危険性の整理

## 【交通量累積図】

地点を通過した車両台数を時間的に積み上げ表した図  
(渋滞や遅れ時間の把握)

急勾配⇒通過交通量が多い  
緩勾配⇒通過交通量が少ない

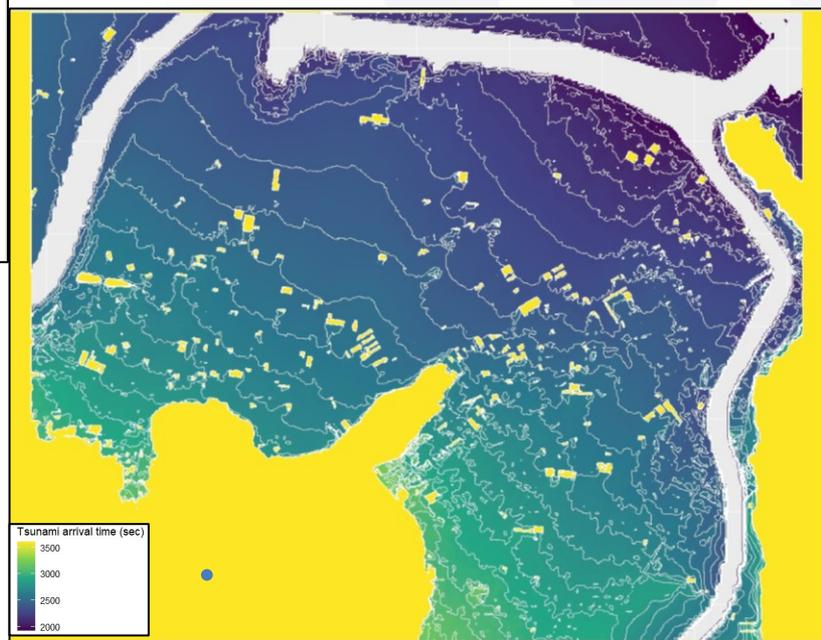
この図から  
道路容量、ボトルネックの把握  
遡上到達時間毎の領域(浸水深  $x \geq 0.5m$ )



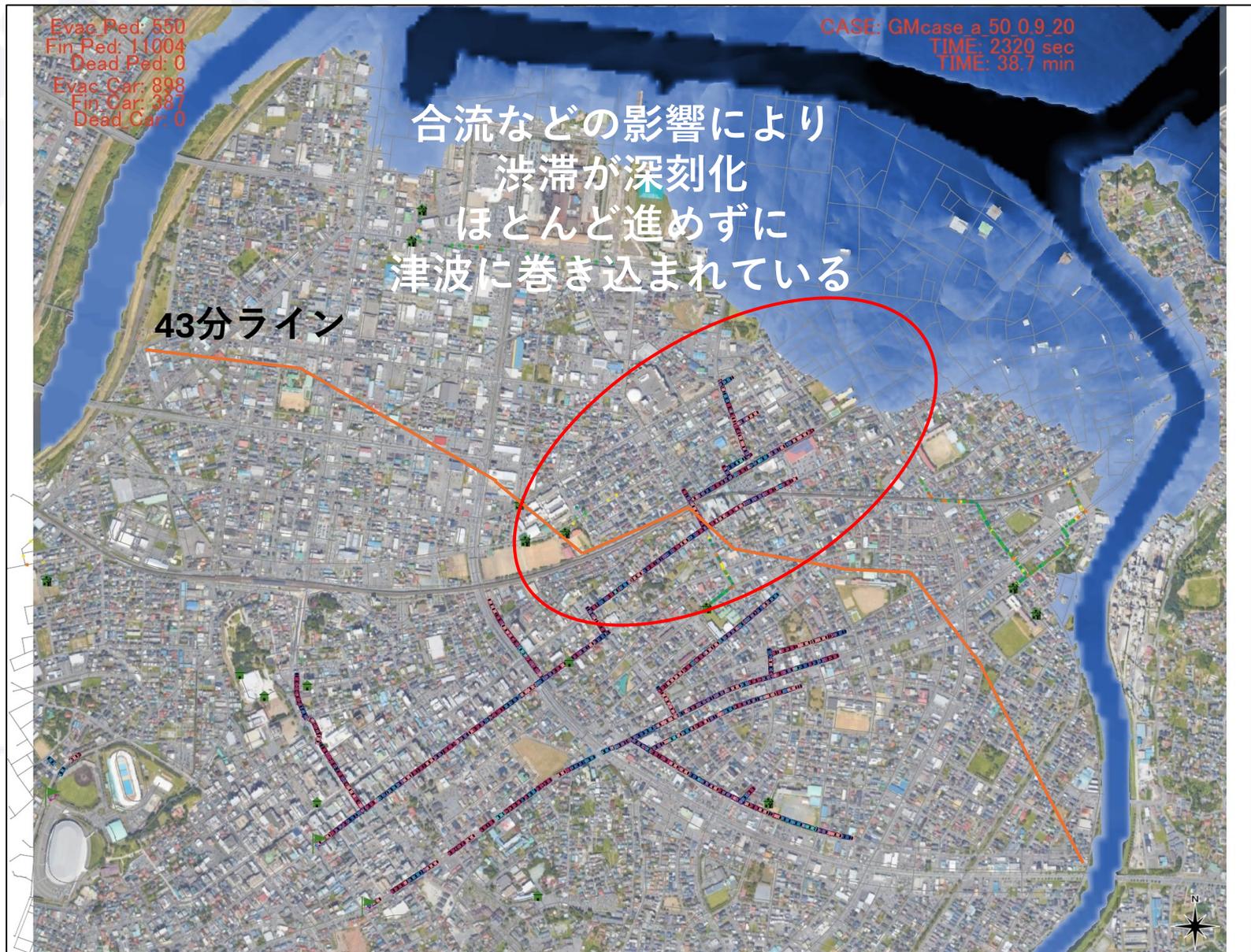
## 遡上到達時間毎の交通量累積図(上図)

- ・ 43～39分領域では**横ばい**  
(横ばい = 前後の増減なし⇒車両の動きなく渋滞状態)
- ・ 44分～到達地点領域では**右肩上がり**  
(海側から内陸側の領域に進行できている)

着目すべき問題点(43分ライン)を**キューレーション**！



# キュレーション結果の確認



# まとめと展望

エージェントベースシミュレーションによって、

- ・ 実社会では実現が難しい大規模な津波避難行動をPC上の仮想空間において再現し、繰り返しテストできる

**歩行者同士，車両同士，歩行者対車両**の接近による影響を考慮  
⇒ 細かいレベルでの避難行動をチェックできる

さらに、

交通工学的手法を用いることで、

**どの時間に、どこで、どのくらい**の交通量が発生し、

**動けない状態**かどうか？が把握可能(**キューレーション**)

⇒ 解決しなければならない**問題箇所**の**特定**につながる

未来の防災に向けて、

“**観測された交通量情報**”と“**計算技術**(ABS・最適化)”を活用し、

津波避難交通の**あり方**や**実行可能性**の評価へ展開

⇒ 今後の**津波犠牲者**の**低減**につながることを期待

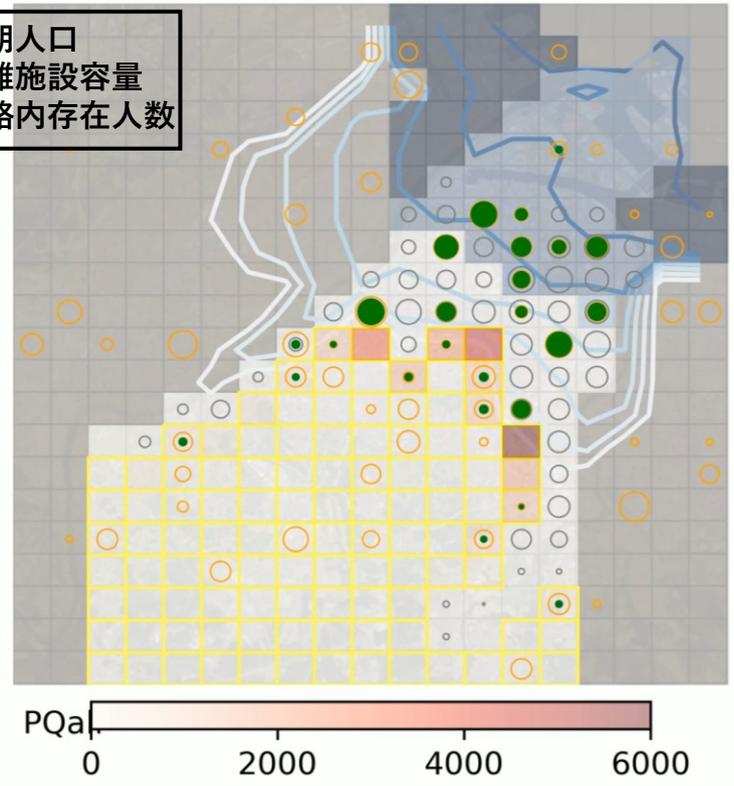
# 数理最適化・シミュレーションによる避難計画モデル構築にむけて

## “誘導方法を考える”

数理最適化(応用数学)による  
メッシュベース避難最適化モデル

0\_7004d  
t=41 POPRisk(t):9.02 /人

- 初期人口
- 避難施設容量
- 道路内存在人数



限られた道路容量を最大限生かし、  
地域全体の安全性を高めるには  
どこへ、どのように誘導すべきか？

## “デジタルツイン”

マルチエージェントシステムによる  
エージェントベース避難交通シミュレーション



行動が異なる一人ひとり、一台一台が、  
道路の繋がりの上で一斉に避難すると  
どうなるか？何が起きるか？