

自然災害時に適応したスマート社会構築のための避難支援システムの開発に向けた取り組み



中央大学 海岸港湾研究室 有川太郎
○坂田祐介
山本雅人

Background

3.11東日本大震災以降、ハード対策とソフト対策が一体となった津波防災・減災対策が重要となった。

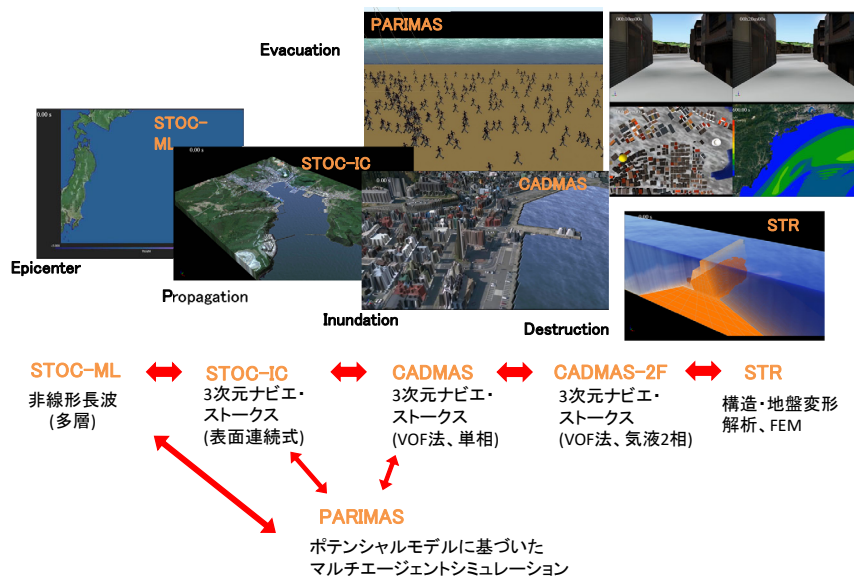
西日本豪雨をはじめとする近年の災害によって、行政の取り組みだけでは災害に対応しきれない



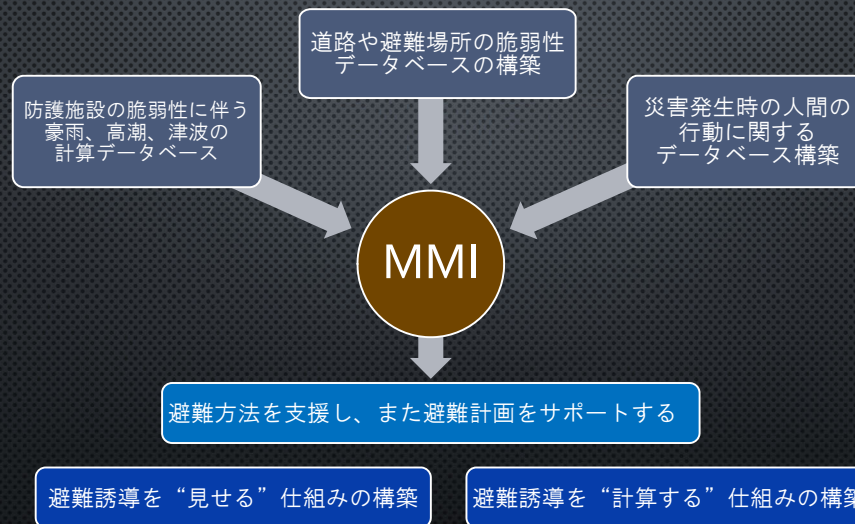
『「自らの命は自らが守る」という意識を持ち、住民等が自らの判断で避難行動をとる』

Total system of Multiscale Multiphysics Integrated simulator

有川・他(2017)



The OVERVIEW of The DECISION SUPPORT SYSTEM for EVACUATION



文部科学省：私立大学研究ブランディング事業「超スマート社会の実現に向けた沿岸都市における防災プラットフォームの開発」(2017年度～5カ年) PI:有川

南海トラフ地震の津波によって甚大な被害が予測される中土佐町を対象にドローン計測による避難行動分析を行った

【使用機体 (Phantom : DJI社製)】



【 撮影例 (撮影場所②) 】



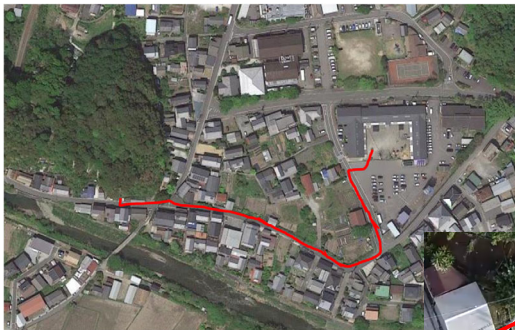
— 保育園 避難開始時の様子 —



避難者全員が保育園から出た時の様子
先頭から最後尾まで49m離れていた



— 保育園 避難行動の様子 —



子供を1人抱いて、1人手を繋いで避難した。避難速度1.06m/s



子供 大人から離れたり走ったり、自由に行動したように見られる。避難速度1.24m/s

- 避難所入口までの避難時間が最短4分 最長5分半
- 前後距離は、終始50m程離れている。
- 基本子供1人か2人に、大人1人がつき、単独行動の子供がいない

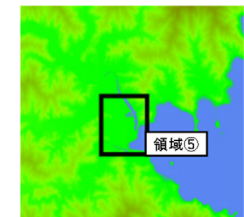
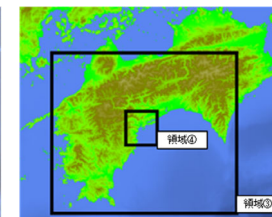
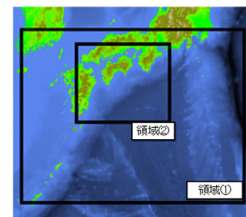
数値計算 — 計算条件 —

南海トラフ地震の津波によって甚大な被害が予測されるN地区を対象地域として避難経路手法の検討を行った。

数値計算モデル

高潮・津波シミュレータSTOC(富田ら2016)のうち、広域計算を対象とし、静水圧近似を導入したSTOC-MLを使用する。

領域名	計算格子	X格子数	Y格子数
領域①	2430m	620	440
領域②	810m	780	630
領域③	270m	750	540
領域④	90m	210	180
領域⑤	10m	165	165



数値計算 一計算条件一

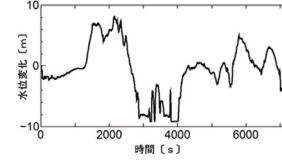
N地区を対象に内閣府の南海トラフ巨大地震のCase4を波源としたSTOC-MLの浸水計算を用いて、最短経路と津波遭遇回避経路¹⁾の避難経路選択の計算を行い、避難訓練時の避難行動との比較を行った

項目	詳細
避難経路	右図参照
避難所	9カ所(右図参照)
格子間隔	10.0 m
格子数	165×165
タイムステップ間隔	1.0 s
計算時間	7200 s
移動速度	初期速度1.0 m/sで設定
避難者数	2700人
agent配置場所	経路上にランダム
死亡判定水深	1.0 m

計算条件



避難経路と避難所位置

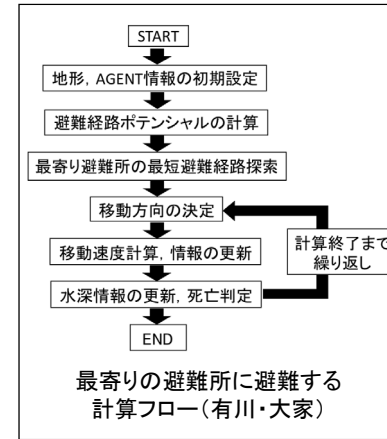


内閣府Case4の水位変化

避難者の初期の歩行速度1.0 m/sとし、避難経路上に配置した。津波避難タワー整備後を想定した津波避難タワー2基を含む9カ所を避難所に設定した。避難者の避難開始時間は、0s~2000sの間200s毎で設定を行った。

津波遭遇判定について

有川・大家(2015)が開発した最寄りの避難所に避難する手法に、本手法を組み込むことで、避難者が避難行動中に津波に遭遇する可能性がある場合、避難経路上で津波に遭遇しない避難所の中で、最も避難時間が短い避難経路を選択するようにした。



避難経路ポテンシャル計算

進入禁止セル $u_{shelter}(i, j) = -1/r(i, j)$

$u_{shelter}$: 避難経路ポテンシャル

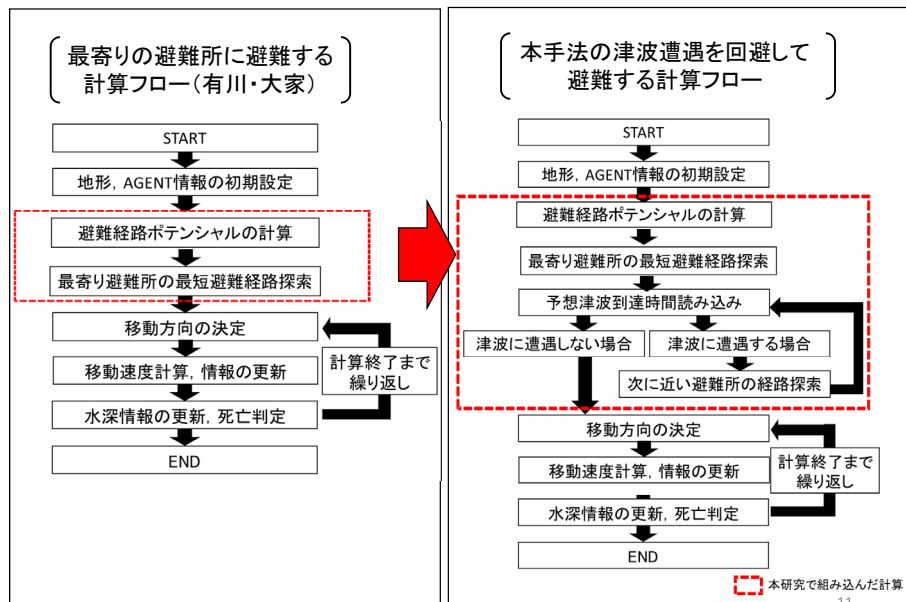
$r(i, j)$: (i, j)セルから最寄りの避難所までの最短距離

移動方向の決定

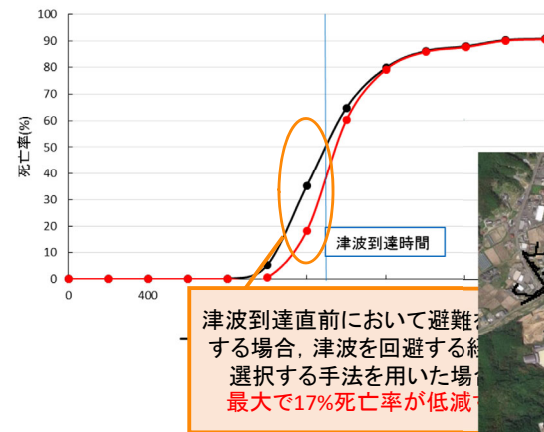
周囲8セルを探索し、ポテンシャルが最小となる方向へ移動

- エーเจントの現在地
- ポテンシャルが最小となるセル
- エーเจントの移動方向

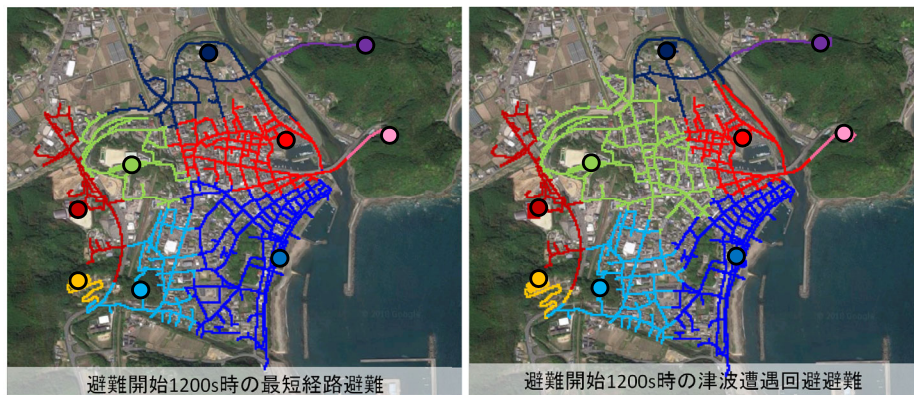
津波遭遇判定について



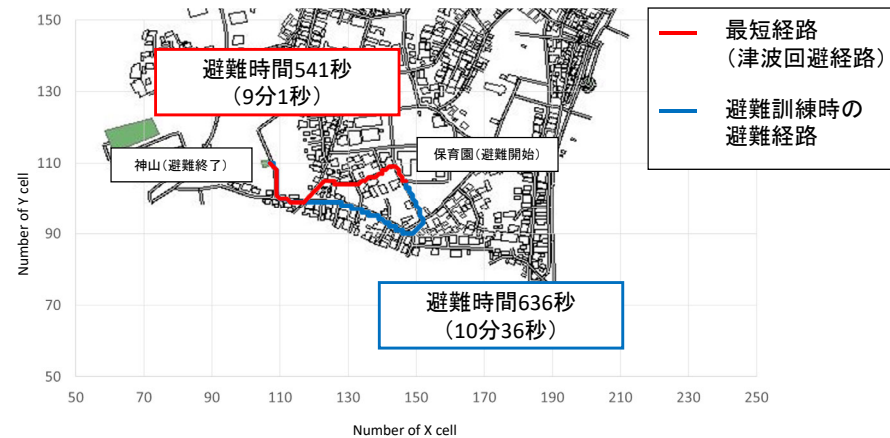
数値計算 一計算結果一



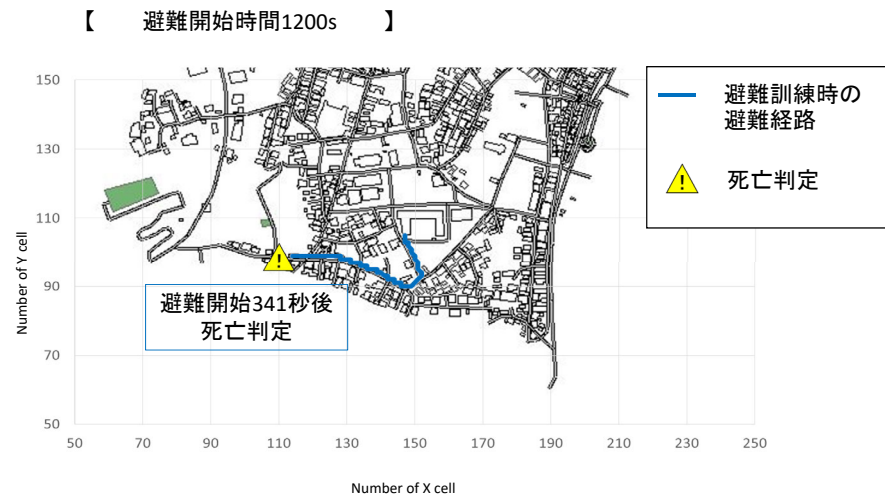
数値計算 ー計算結果ー



数値計算 ー避難訓練時の避難行動との比較ー



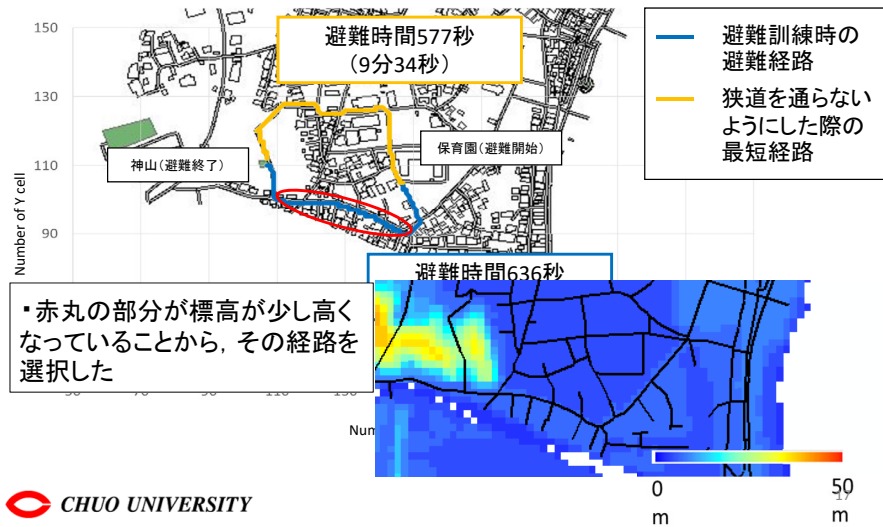
数値計算 ー避難訓練時の避難行動との比較ー



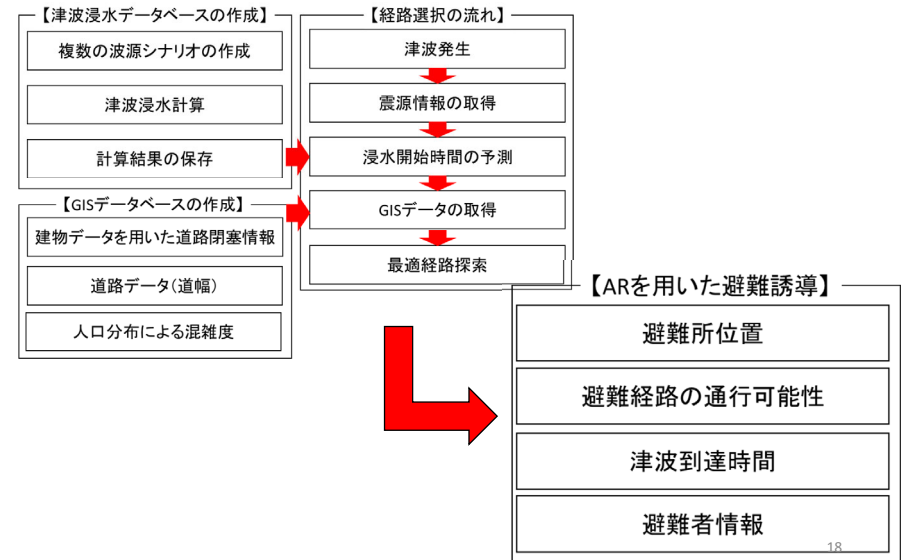
数値計算 ー避難訓練時の避難行動との比較ー



数値計算 一避難訓練時の避難行動との比較一



AR技術の避難誘導への適用



AR技術の避難誘導への適用

AR : Augmented Reality (拡張現実) ≠VR

||

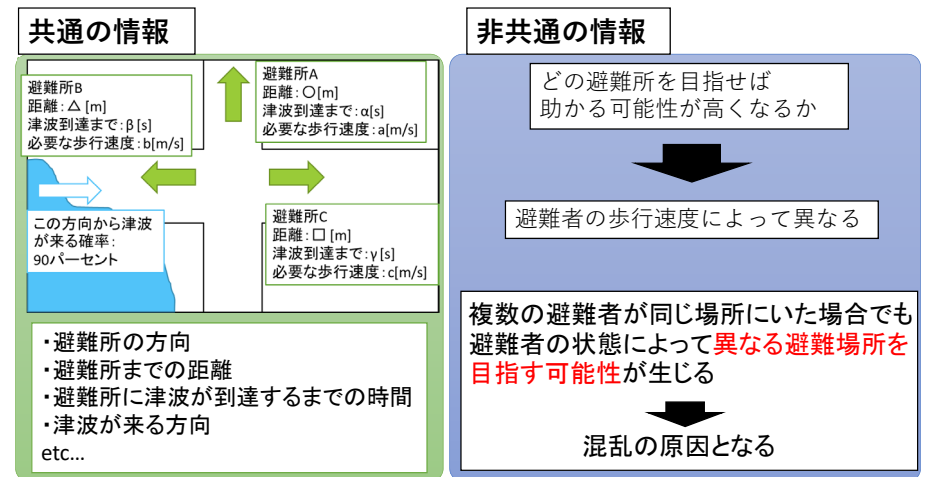
コンピュータを利用することで現実環境において人が知覚する情報を増やす技術

ARデバイス使用者の視点

外から見た動き

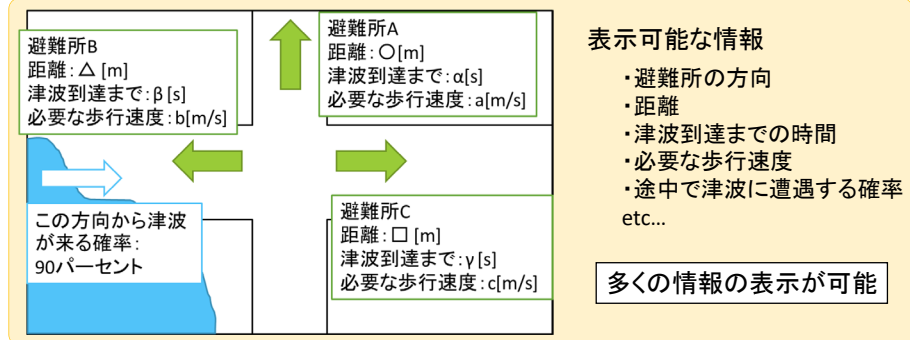


AR技術の避難誘導への適用



避難者の混乱を招かないためには、どの避難者にも共通する情報のみを表示することが必要

AR技術の避難誘導への適用



様々な情報を表示可能だが、過剰な情報の提示は避難者にとって必要な情報の伝達を妨げる可能性がある
避難者に表示する情報の取捨選択が必要

今後、避難成功率を向上させるために必要な情報のを検討
それによって避難者に**提示すべき情報の決定**を行う必要がある

21

AR技術の避難誘導への適用



避難標識の表示とともに、時系列で変化する津波猶予時間を表示した

現在の歩行速度が安全であるかどうかを判定し、避難者に示すことでより安全に避難することができる

夜間でも視認が可能

22

結論

- ・ ドローンによる避難行動分析により、住民の避難経路選択が津波来襲直前に避難を開始した場合において危険である可能性が示唆された。
- ・ 狭い道の場合、脇に新耐震基準を満たしていない古い家屋があった際道路閉塞を引き起こす可能性があるため、道幅によって重みづけを行う必要がある。
- ・ 同じ避難開始場所にいながらも避難時間にバラつきが出てしまう避難者に対してどのような避難誘導を行うかは今後の課題としたい
- ・ AR技術による避難誘導への有効可能性について確認できた

ご清聴ありがとうございました

23