

# 避難における経路・時刻・モード制御の効果に関する実証的な分析

東北大学大学院 情報科学研究科 人間社会情報科学専攻  
Infrastructure Planning Division, Graduate School of Information Sciences, Tohoku University  
空間計画科学研究室 鈴木雄也  
<http://www.plan.civil.tohoku.ac.jp/kuwahara/index.php>

## 1. 研究概要

本研究は、First-Bestな津波避難戦略における避難目的地の推定手法を提案し、また、津波避難における避難経路・避難開始時刻・避難モードの制御が総避難時間の最小化にどの程度効果があるか実証的に分析するものである。東日本大震災後、自動車利用を踏まえた津波避難計画策定の必要性が高まっている。そこで、南海トラフ地震で津波被害が想定される高知市のネットワークにおいて、最小費用流問題によるOD交通量の推定をし、また、数理計画モデルとシミュレーションモデルを用いて、避難時の経路・時刻・モード制御の有効性を実証的に確かめた。

## 2. OD交通量の推定

既往のFirst-Bestな避難戦略を求める研究では、避難者個人の避難目的地は明らかにできなかった。ある個人の適切な避難目的地を明らかにするために、First-Bestな避難戦略におけるOD交通量の推定手法を提案した。

### OD交通量の推定手法

OD交通量を推定するための4つの手法を提案した。

- ① 最小費用流問題による推定
- ② エントロピー最大化法による推定
- ③ フローに関する定式化による推定
- ④ 数理計画モデルの拡張による推定

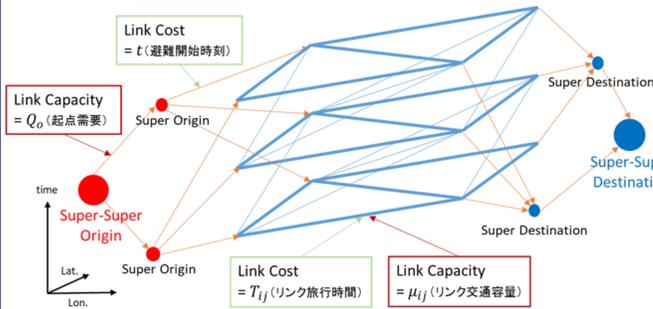


図 ①の手法に用いる3次元時空間ネットワークのイメージ

①の手法では、左のようなOne-to-Oneの3次元時空間ネットワークを作り、最小費用流問題を解くことで、OD交通量を求める。

### 高知市の中規模ネットワークへの適用実験

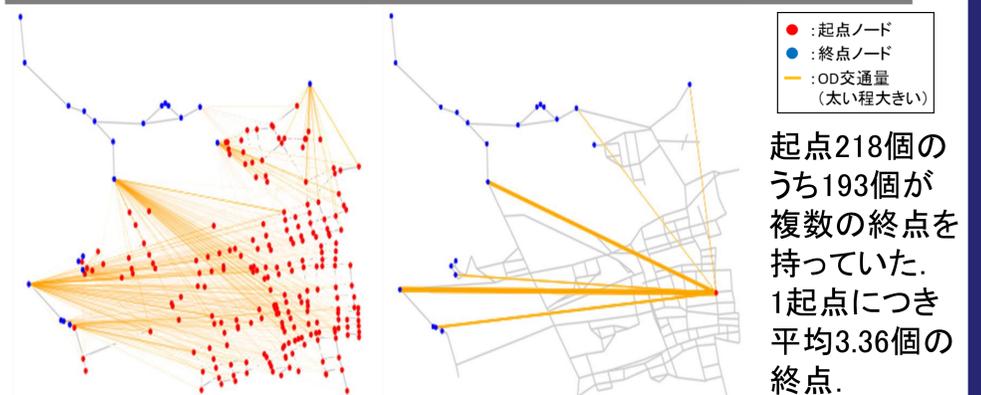


図 OD交通量推定結果 図 ある1起点に着目したOD交通量推定結果

起点218個のうち193個が複数の終点を持っていた。1起点につき平均3.36個の終点。

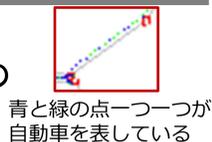
①の手法の実規模ネットワークへの適用可能性を確認した。1起点から複数の避難目的地に向かっている起点が多いことが明らかになった。

## 3. 経路・時刻・モード制御の効果の実証的な分析

避難支援策の効率的な設計・評価を支援するために、制御条件を変えた場合の避難完了時間の減少効果を調べた。待ち行列ができる制御ケースはシミュレーションモデルを用いて、待ち行列を作らない制御ケースは数理計画モデルを用いて、高知市の中規模ネットワークにおいて分析を行った。

### シミュレーションによる分析

車一台一台の挙動を再現する。待ち行列の延伸も再現可能。



青と緑の点一つ一つが自動車を表している



図 Case 0の待ち行列の様子 図 Case 1の待ち行列の様子

避難開始時刻の制御により、グリッドロック現象の抑制に一定の効果があることを確認した。

### 数理計画モデルによる分析

総避難時間が最小になるように、かつ待ち行列を作らないように避難行動を制御する。

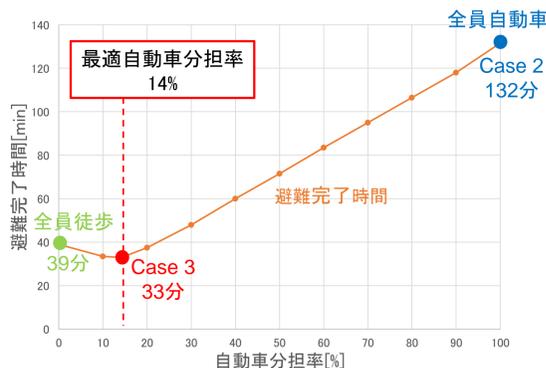


図 モードの分担率と避難完了時間の関係  
自動車避難も含めたときに避難完了時間が最小になると確認した。

### 各制御の効果の実証的分析

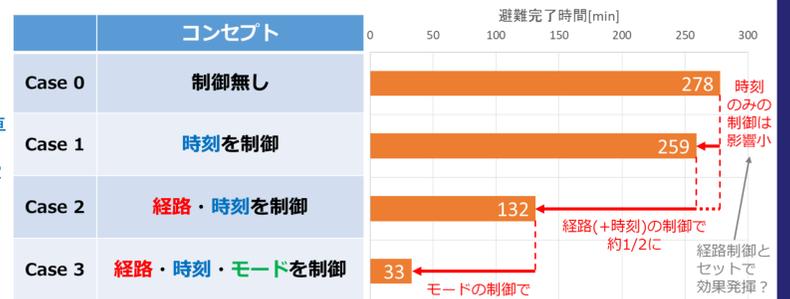


図 各制御条件における避難完了時間

避難完了時間は、時刻のみの制御ではあまり影響がなく、経路と時刻の制御で約1/2に、モードの制御を追加するとさらに約1/4に減少することが確認できた。