

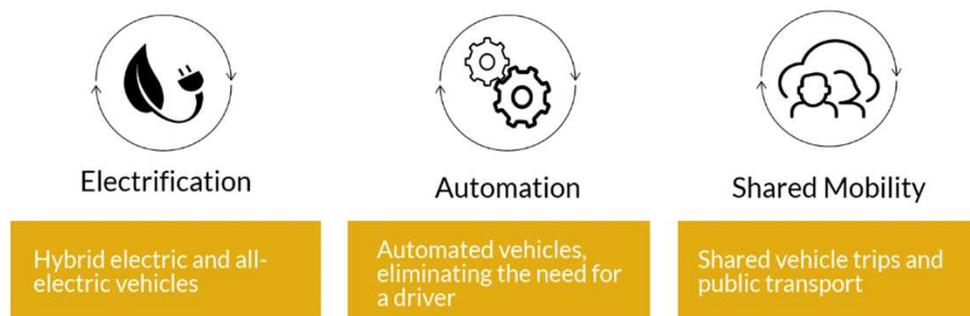
# 近未来交通システム導入時の道路空間再配分 に関する数理モデル研究

---

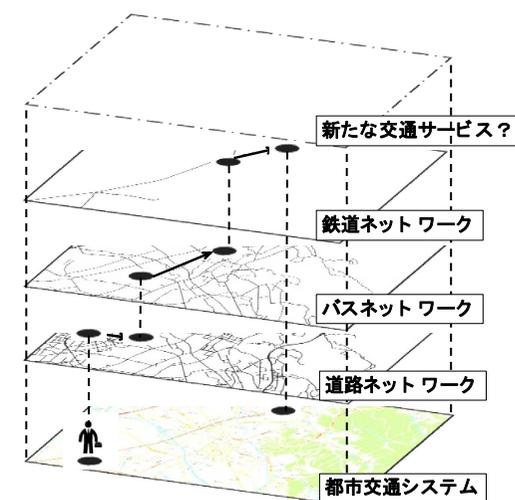
助成研究者：東京大学 教授 福田大輔

共同研究者：金沢大学 研究協力員 壇辻貴生

- 自動運転や電気自動車などの新たな技術や、シェアリングなどの新たなモビリティによって、人々の移動形態は大きく変化することが予想される
- 近未来交通システムにおいては、そうした変化に対応するため、既存の道路空間の再構築し、効率的な都市交通システムの設計・運用していく必要がある
- 本研究では、近未来交通システムを念頭に**大規模ネットワークでも適用可能な道路空間再配分手法の開発**を目指す



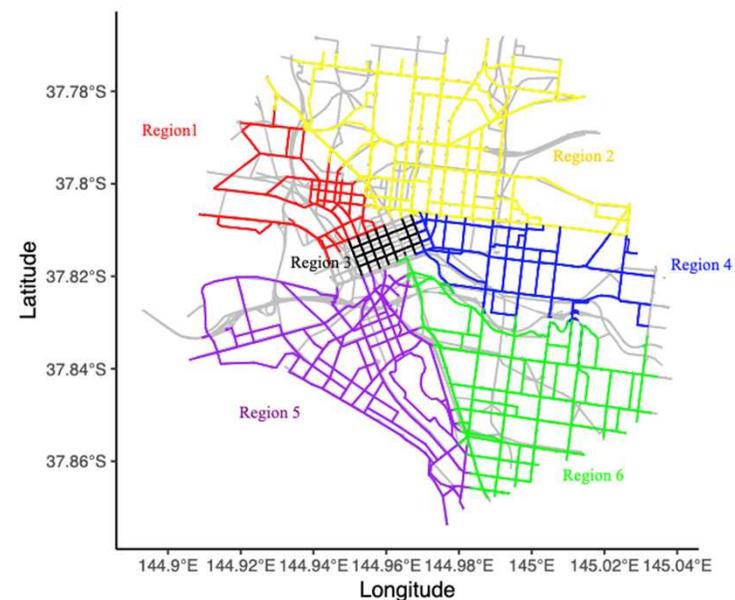
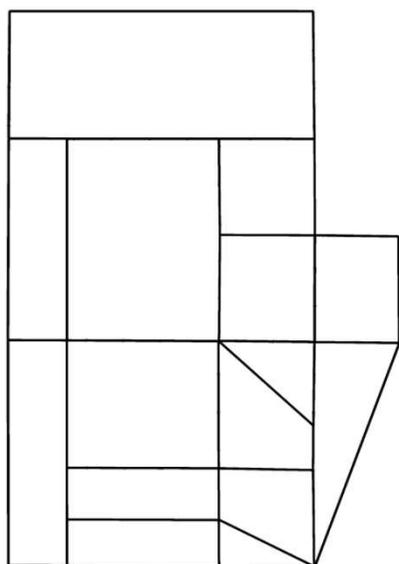
(出典：ITS, UC Davis)



- 専用レーンの最適配置問題を考えた場合、ネットワークの規模に依って**指数関数的に配置の組み合わせ数が増大**する

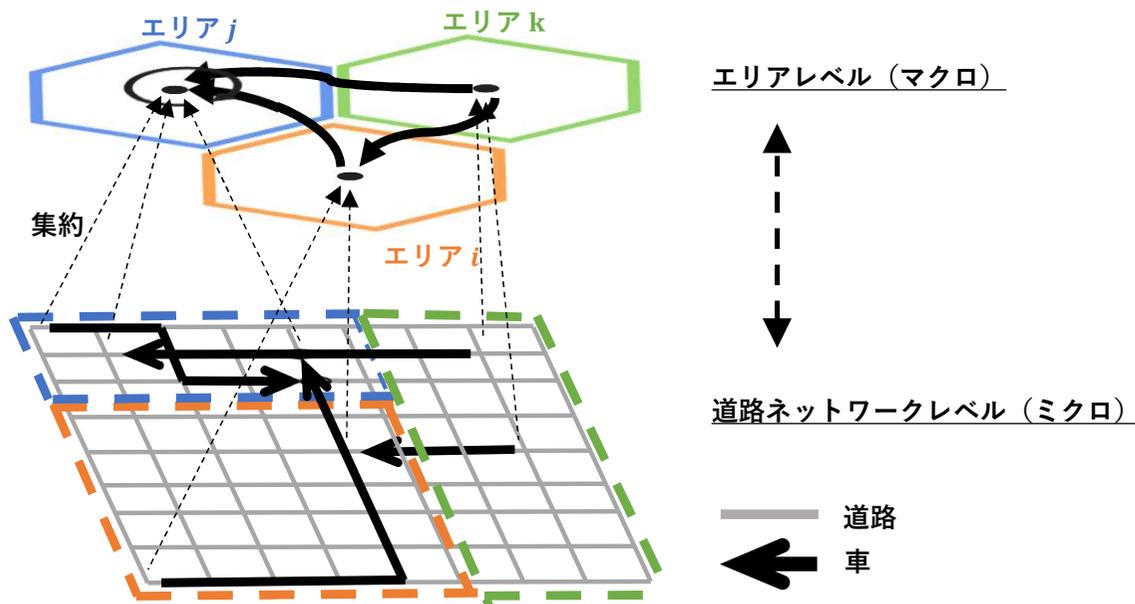
例) 各リンクに配置するか否かの2通り存在：100リンクでも $2^{100}$ 通り

- 局所的な施策は却って交通渋滞を悪化させてしまう可能性も指摘\*されており、対象エリア全体で最適配置問題を考える必要がある



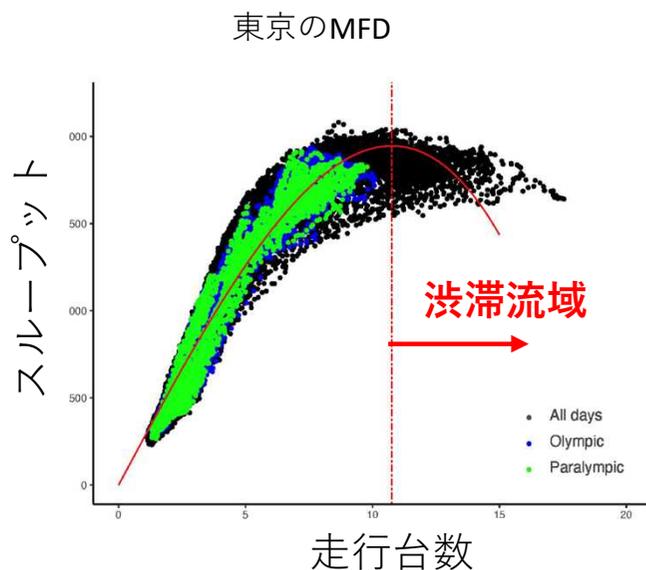
\* Beojone, C. V., & Geroliminis, N. (2021) Transportation research part C: emerging technologies, 124, 102890.

- 膨大な組み合わせの候補を交通モデルを用いて減らせないか？
  - それぞれのスケールの交通モデルには利点と欠点がある
- それぞれの欠点を補うように異なるスケールの交通モデルを融合する手法を開発し、大規模ネットワークでも適用可能な計算効率の高い道路空間再配分手法の開発

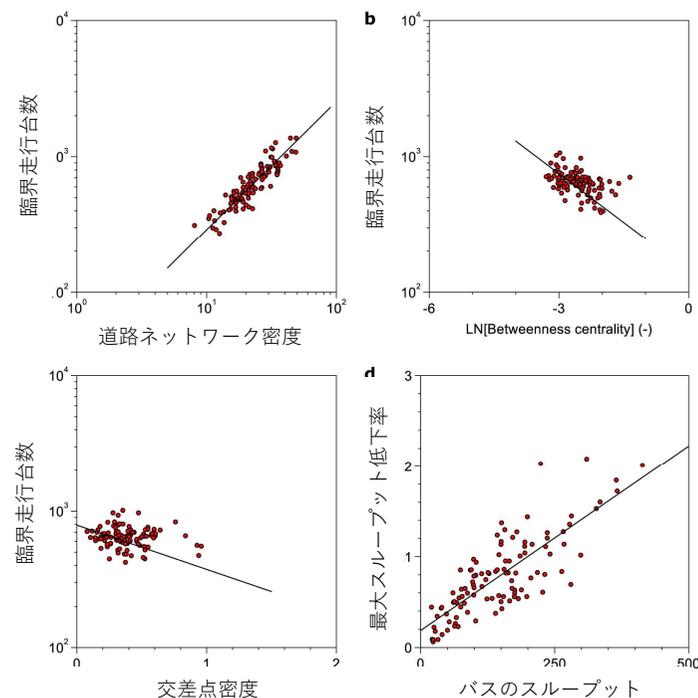


	空間解像度	計算効率
マクロモデル	×	○ (数秒)
ミクロモデル	○	× (数十分～数時間)

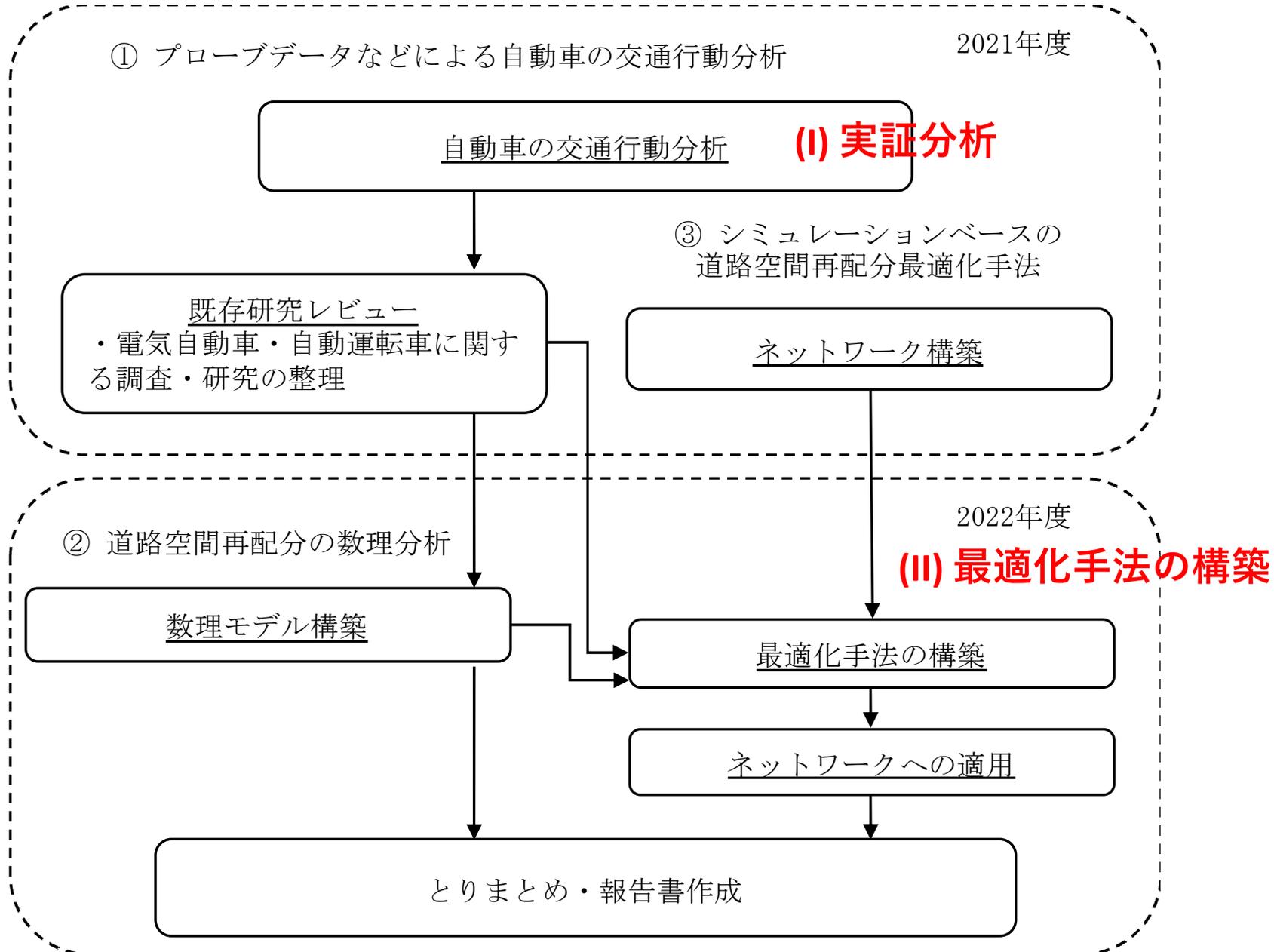
- Macroscopic Fundamental Diagram (MFD) と呼ばれる道路交通システムの動的な性能評価が可能な手法を用いる
  - 道路交通システム全体の時間帯別スループットと車両走行台数を関係付ける
  - 道路空間を構成する各要素とMFDとの関係性も近年徐々に明らかになってきており、エリア全体の道路空間再配分を検討する上でも有用なツールと考える



(出典：Dantsuji and Yamaguchi, 2023に加筆)



(出典：Loder et al., 2019 に加筆)



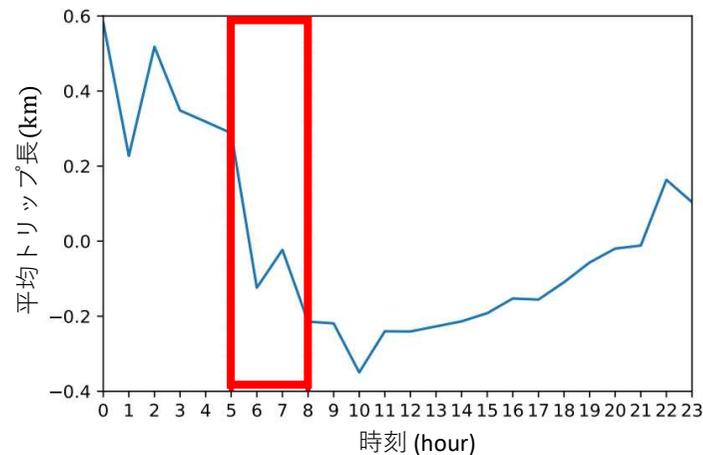
## ■ ミクロとマクロの関連性に関する実証分析

- ETC2.0データを用いて金沢都市圏を対象に分析
- マクロモデルとミクロモデルの間に不整合が出る可能性を示唆

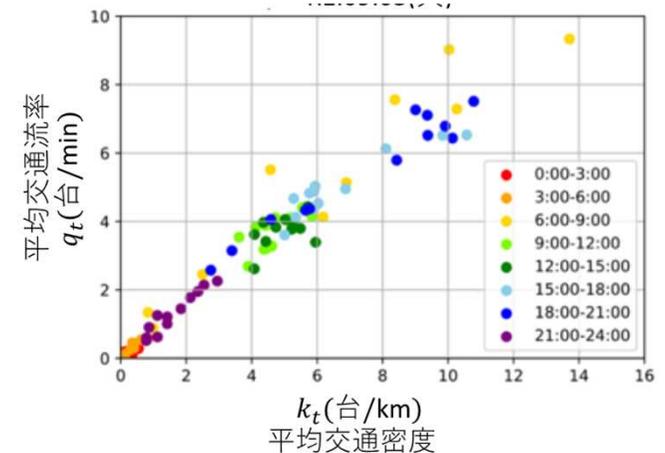


金沢都市圏 (約20km<sup>2</sup>)

### ミクロレベルの交通行動

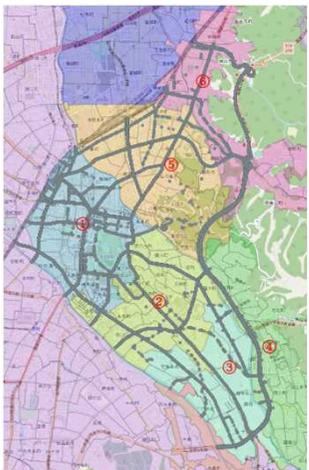
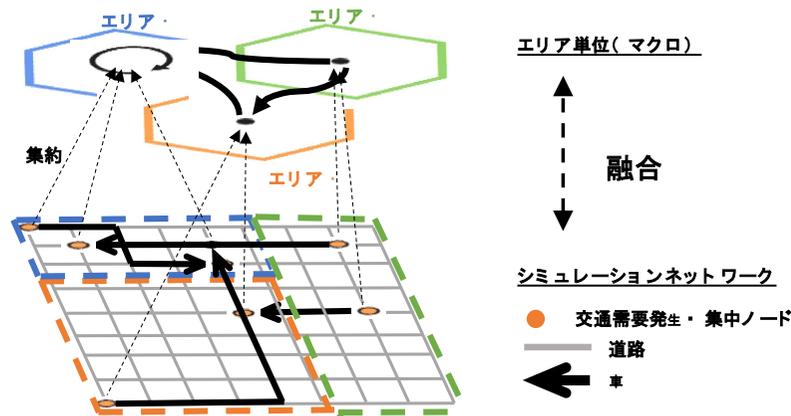


### マクロレベルの交通流ダイナミクス

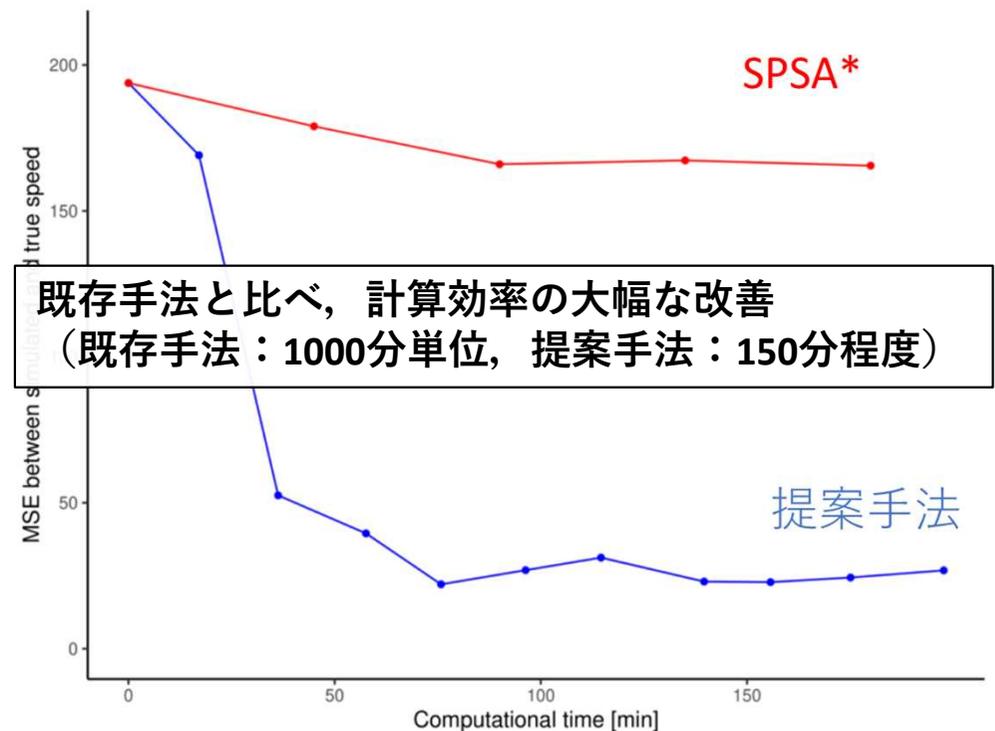


## ■ ミクロとマクロの交通モデルを融合する手法開発

- マクロモデルで最適化して、ミクロモデルにも整合する最適化手法を構築
- 金沢都市圏を対象に交通需要推計を例に検証し、高い計算効率を示した



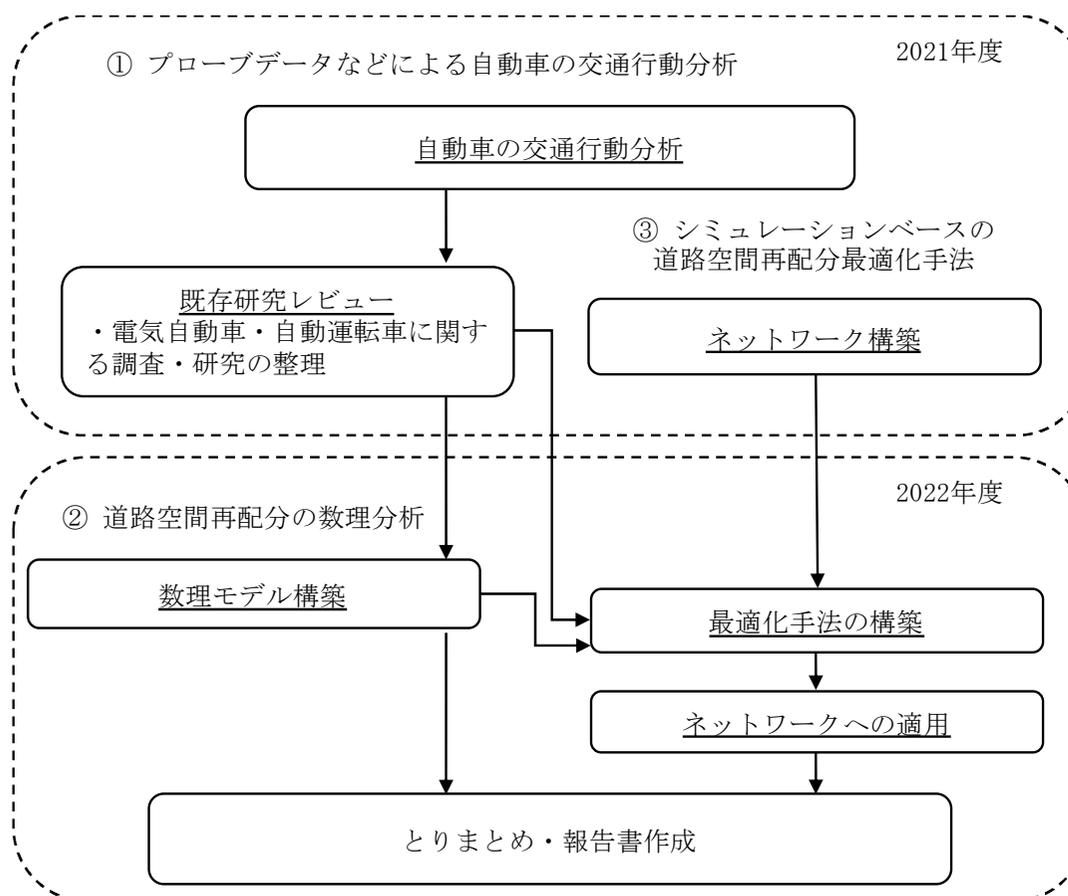
金沢都市圏 (2042リンク, 1195ノード)



\* Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation

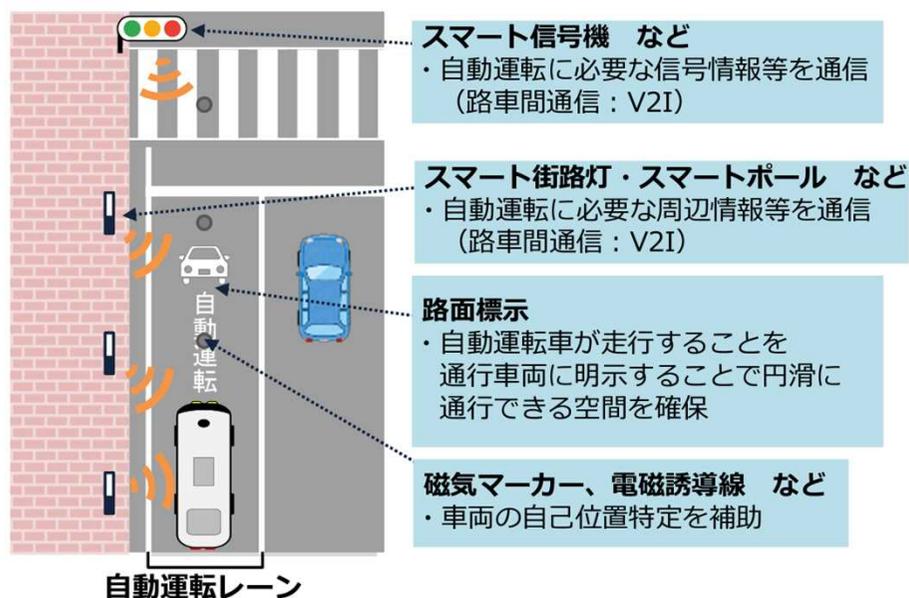
## ■ 道路空間再配分に関する最適化手法開発

- マクロモデルでの道路空間再配分の数理モデルを構築
- 初年度開発したマイクロ-マクロ整合手法を用いた最適化手法開発

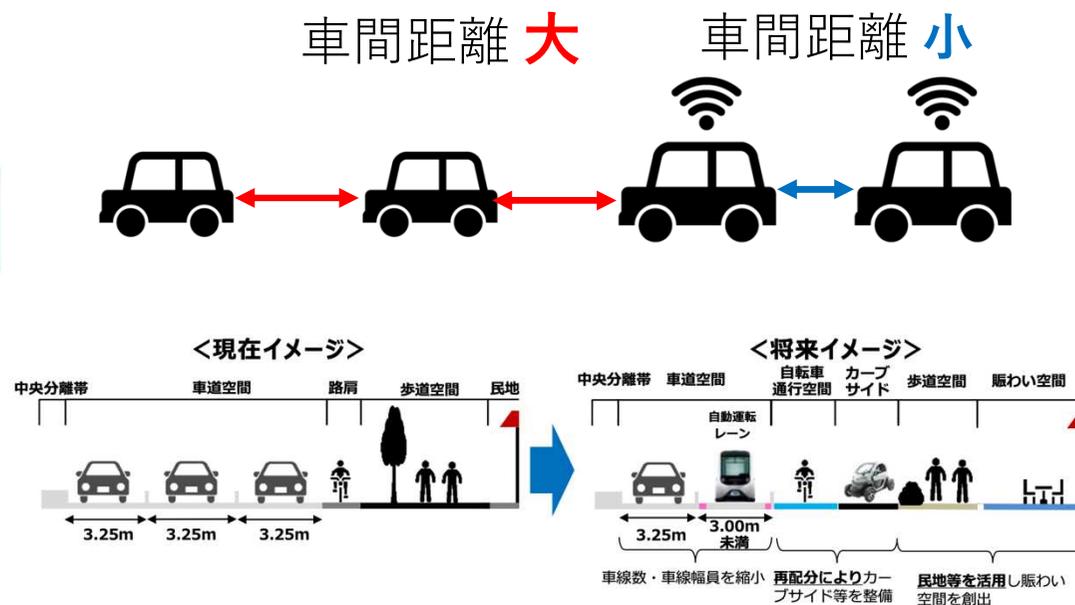


## ■ 東京都では、自動運転社会を見据えた都市づくりのあり方を検討

- 自動運転専用レーンの整備
  - ✓ 高密度な追従走行：交通容量の増加による渋滞解消
  - ✓ 安定走行：幅員縮小による道路空間再配分で賑わい空間の創出



【自動運転専用レーンのイメージ】

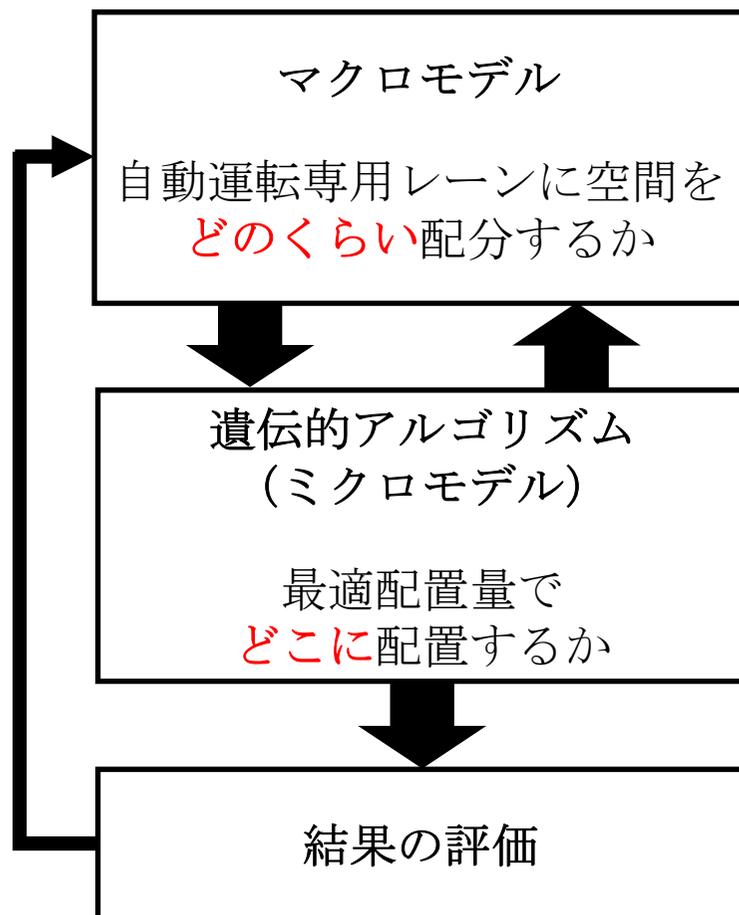


【道路空間の再配分イメージ (片側断面)】

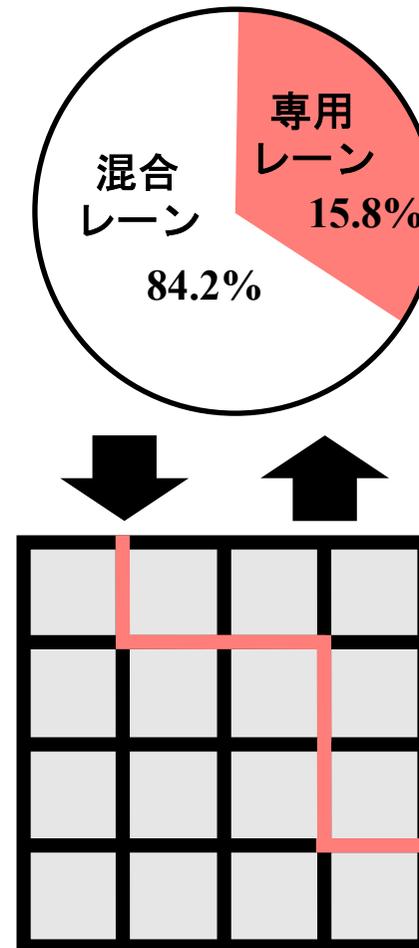
- 
- 専用レーン配置の過多もしくは過少は渋滞の原因にもなり得る
    - 自動運転車の普及率が低い場合の専用レーンの過多
      - 専用レーンの配置は**一般交通の交通容量低下**につながる
    - 自動運転車の普及率が高い場合の専用レーンの過少
      - 混合レーンでの自動運転車混入は**混合レーンの交通容量低下**につながる
  
  - 普及率に応じた、自動運転専用レーン配置量・配置場所を決定する手法が必要

- ミクロ-マクロ整合手法，マクロモデルの数理モデル，及び，遺伝的アルゴリズムを組み合わせることで，組み合わせ数を減らす手法を開発

<アルゴリズムのステップ>



<視覚的イメージ(例)>



配分量が与件になり  
組み合わせ候補の削減

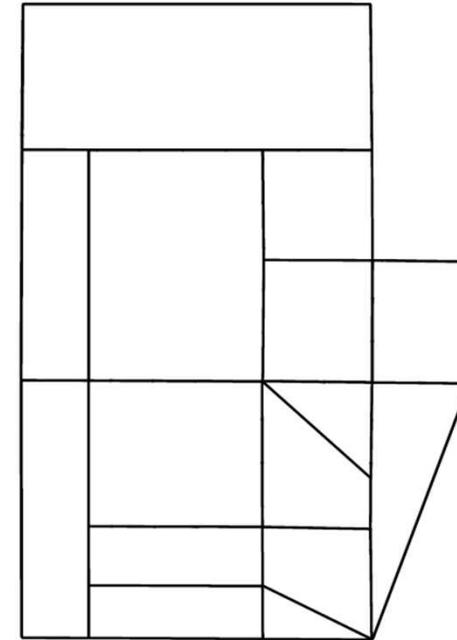
## ■ Sioux-Fall networkを用いて提案手法の検証

- Sioux-fall network
  - ✓ 148リンク, 100ノード
  - ✓ 対象時間：AM7:00～AM8:00
  - ✓ 自動運転車普及率：20%
- 複数車線のうち1車線を専用レーン
- 目的関数：総走行距離最大化
- ミクロ交通流シミュレータ：Aimsun

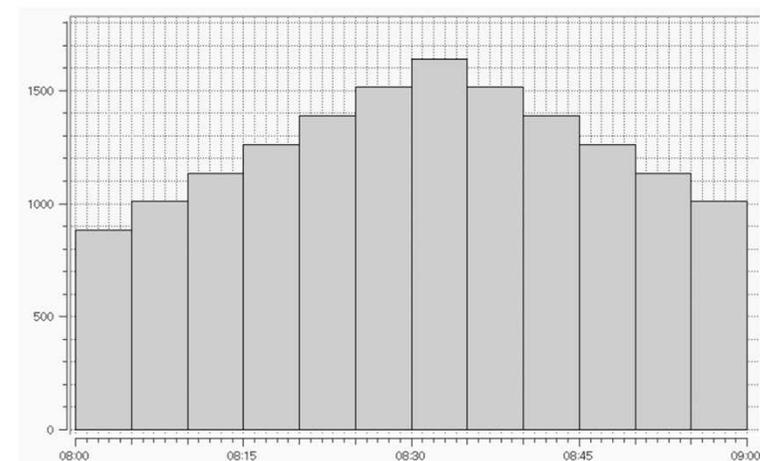
## ■ 比較手法

- 混雑しているリンクから順に配置
- 混雑していないリンクから順に配置

## ネットワーク

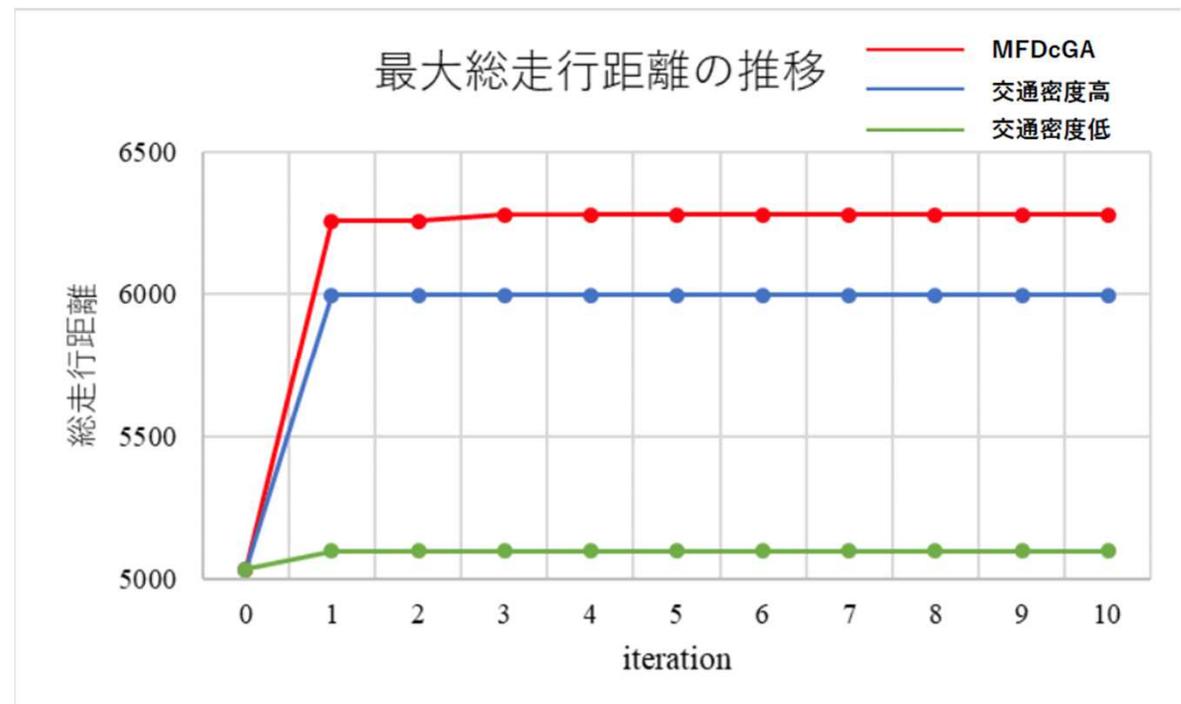
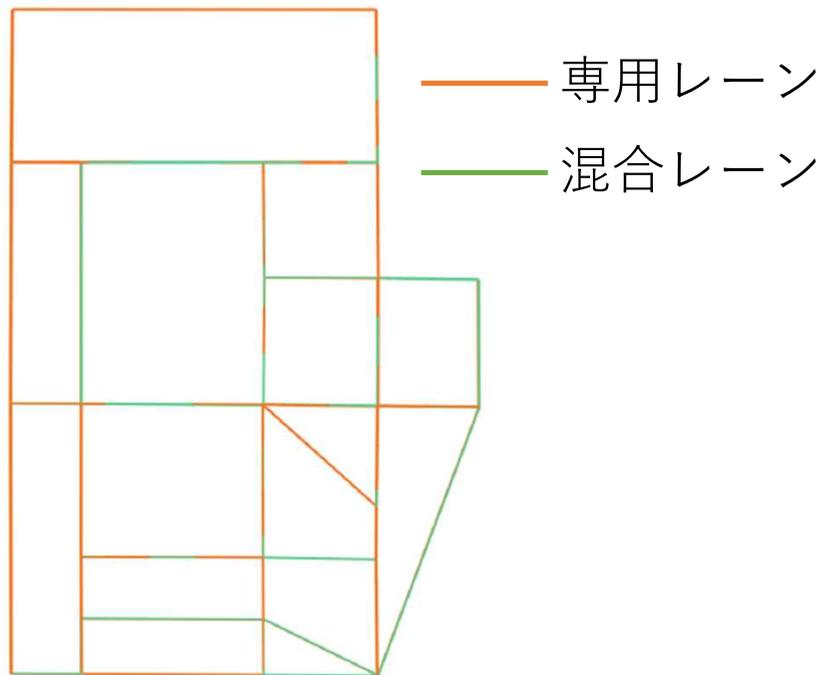


## 交通需要パターン



## ■ 10回の繰り返し計算まで実行

- 自動運転専用レーンの最適割合：27%
  - レーン長が長いリンクに専用レーンが配置される傾向
- 少ない繰り返し計算で良い解が得られた
  - Iteration 1で大幅な改善
  - Iteration 3まで軽微な改善



## ■ 大規模ネットワークを対象としたネットワークデザイン手法を開発

- 交通モデルと遺伝的アルゴリズムの組み合わせで計算効率の高い手法を開発
- 数値計算例を通じて少ない繰り返し計算で良い解を得られることを確認

## ■ 今後の展開

- 提案手法の頑健性の検証 (e.g., より大規模なネットワークでの検証)
- 感度分析の実施 (e.g., 異なる自動運転車の普及率での検証)

## ■ 大規模ネットワークでも適用可能な道路空間再配分の最適化手法を開発

- 高い計算効率（既存手法：1000分単位，提案手法：150分程度）
- 拡張可能性

✓ 対象政策課題：バス専用レーン，HOVレーン 等

✓ 評価：持続可能性や安全性 等

