

# 学習型モニタリング・交通流動予測に基づく 観光渋滞マネジメントについての研究開発

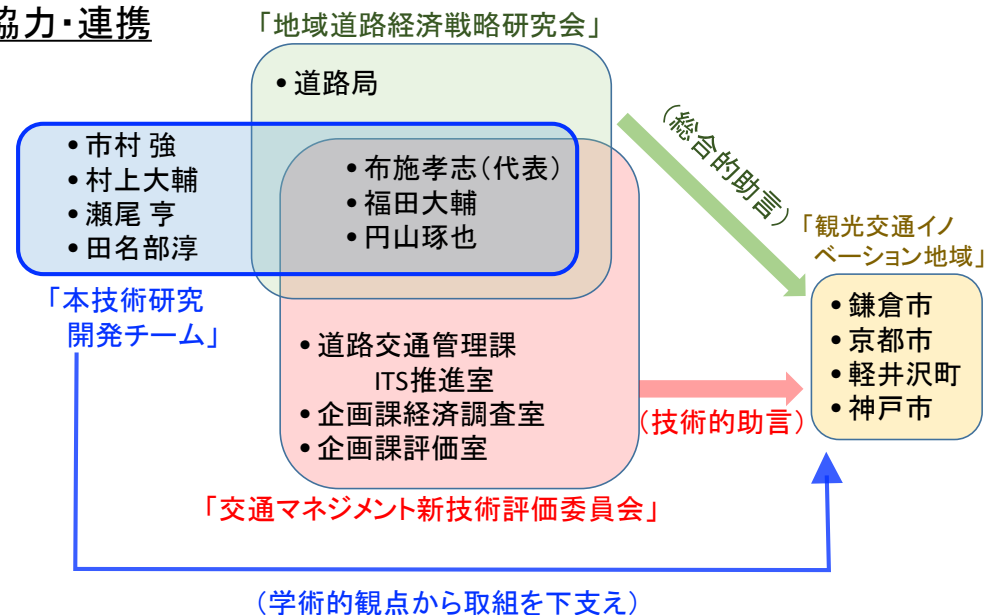
## 1. 研究概要

- **学習型の交通状態モニタリング手法・交通流動予測手法**、および両者の統合手法によるエリア内の交通流動を改善するための**適応型交通需要マネジメント**に関する研究・技術開発
- 観光交通イノベーション地域等での試行を通じた実効性の高い渋滞対策等の検討に資する知見の提供
- テーマ1：学習型モニタリングシステムの構築  
 定点型/移動型観測による車・人の認識手法の開発，学習による環境への対応，挙動モデルとの統合
- テーマ2：交通流動予測システムの構築  
 車・人の交通流動・渋滞発生 of 機械学習型予測モデル開発，リアルタイム情報による短期予測への拡張，日常・非日常への対応
- テーマ3：モニタリング・予測に基づくエリア内の交通流動マネジメントスキームの構築  
 適応型エリア内交通流動マネジメント手法の開発，制度/技術的制約を考慮したエリア課金水準等の次善ルールの提案
- **テーマ間連携のためのプラットフォーム構築**：社会実装へ向けた検証

## 2. 体制

	研究者(所属・役職)／専門分野
テーマ1	布施孝志(東京大・教授)[代表] ／[主査] 空間情報学・機械学習
	市村強(東京大・教授) ／計算機科学・人工知能
テーマ2	福田大輔(東工大・准教授) ／[主査] 交通行動分析・統計分析
	村上大輔(統数研・助教) ／統計モデリング・機械学習
テーマ3	円山琢也(熊本大・准教授) ／[主査] 交通ネットワークフロー分析
	瀬尾亨(東工大・研究員)／交通流解析
実践検証	田名部淳(地域未来研究所・室長) ／交通ビッグデータ解析・システム構築

### 協力・連携



### 3. 本年度の研究成果

### テーマ1:学習型モニタリングシステムの構築

#### ➤ 対象の特定

- ① 定点カメラ画像 (車・人) ⇒ カメラ観測範囲内の個別車両・人物の軌跡推定
- ② GNSS+Wi-fiデータ (人) ⇒ メッシュごとの滞在人数と隣接メッシュへの移動割合
- ③ 衛星画像 (車) ⇒ リンクごとの交通量・速度・密度 (※超小型衛星を想定)

データ同化に基づく統一  
アプローチによるモデル開発  
の可能性の確認

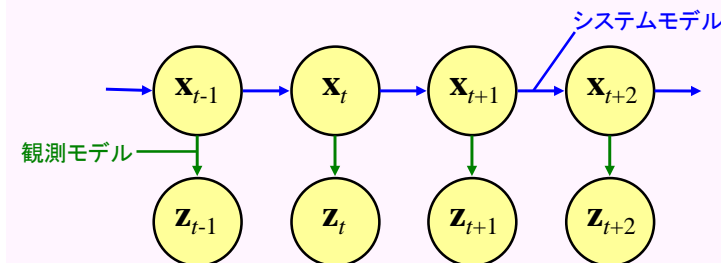
#### ① 定点カメラ画像

従来の課題：初期値設定 (検出) ・観測モデル

⇒ 畳み込みニューラルネットワーク (CNN) + 転移学習

パーティクルフィルタによる非線形性への対応

鎌倉 (観光交通イノベーション地域) 設置の定点カメラの実データに適用



車両認識モデルに基づく  
車両確率 (鎌倉)

人物認識モデルに基づく  
人物確率



Car: 0.987804  
Negative: 0.012196

Human: 0.97454268  
Negative: 0.02545738

#### ② GNSS+Wi-fiデータ (メッシュ単位)

GNSS (携帯GPS) : 移動軌跡が取得可能, 少サンプル数

Wi-fi : 移動軌跡が取得困難, 多サンプル数

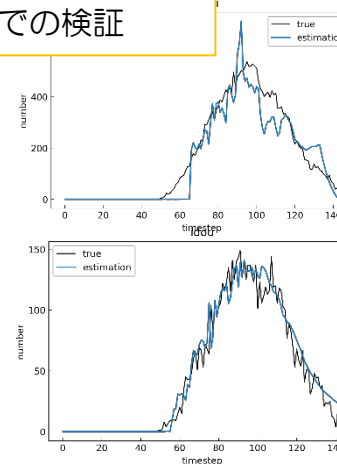
⇒ 滞在人数・隣接メッシュへの移動割合の同時推定モデル

システムモデル : メッシュごとの保存則

状態ベクトル : 高次元 ⇒ カルマンフィルタ : 安定した推定可能

シミュレーション  
での検証

鎌倉の実データ  
への適用



#### ③ 超小型衛星画像

超小型衛星 : 空間分解能が1~3m程度

⇒ 個別車両の認識・追跡は困難

⇒ 道路上における密度推定

画像 → 車両密度

: CNNによるモデル開発

適用 : 今後の超小型衛星を想定して

シミュレーション画像により検証

# 3. 本年度の研究成果 テーマ2:交通流動予測システムの構築

## 短期渋滞・混雑予測に利用可能なデータ特性の整理

過去の交通状態履歴+直近のリアルタイム観測データ ⇒ 短期交通状態予測 (目標: 15~30分先)  
 インプット: 鎌倉への主要流入道路での定点カメラからの交通量・区間旅行時間等  
 アウトプット: 鎌倉中心部の渋滞(車), 混雑(人)  
 教師データ: 中心部に設置のカメラ・GNSS・Wi-fiデータ  
 その他利用可能データ: 降水量, 市内で開催される主要イベントの有無, 交通事故等

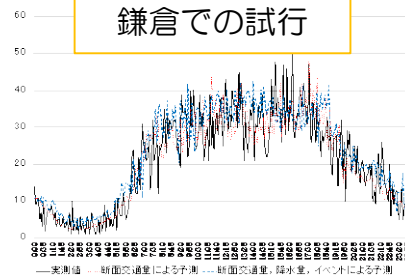
インプット・  
アウトプット  
イメージ



## 交通流動予測の基礎モデルの検討および鎌倉データでの試行

時系列データ ⇒ 長・短期記憶 (Long-Short Term Memory: LSTM) モデル  
 ✓ 過去状況の短長期的影響 (交通状態の時系列依存性) の考慮  
 ✓ 多様な情報の効率的な活用 (データ圧縮, 特徴情報の効率的抽出)  
 ⇒ 長期間(>1年)の面的データを用いた学習(季節・曜日・時間変動特性等の考慮),  
 自動車交通+歩行者や公共交通等の考慮, イベント等の影響の考慮  
 過去交通量+降水量データ+イベント有無 ⇒ 将来交通量予測

鎌倉での試行

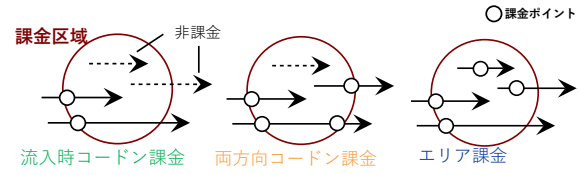


# テーマ3: モニタリング・予測に基づくエリア内の交通流動マネジメントスキームの構築

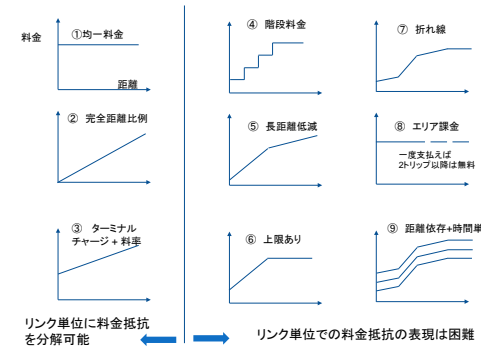
## エリア内課金の特徴整理

古典的エリア内課金の特徴整理 ⇒ 発展型のエリア内課金例: 二重コードン/エリア課金, コードン内走行距離比例課金  
 コードン内距離比例課金 (シンガポールで検討中): 非加法性料金としての整理  
 距離依存・走行時間単位コードン課金 ⇒ 距離依存の折れ線と単位走行時間あたりの課金額の組み合わせ最適化問題  
 制約条件: 非加法料金を考慮した確率的利用者均衡配分 ⇒ 所与のコードン領域に対しての次善課金

古典的エリア内  
課金の特徴整理



課金時	流入時コードン課金	両方向コードン課金	エリア課金
課金額の時間変化	流入時のみ課金 課金額時間変化可能	流出時にも課金 課金額時間変化可能	日単位で課金 日単位一律
効果の特性	タ方の渋滞緩和効果が限定的な可能性	時間帯別の料金設定でタ方の渋滞緩和効果の可能性あり	ピーク時渋滞の緩和効果限定的な可能性
その他特性	流入リンク別の料金変化も可能		エリア内外間の回避時間増加の可能性



非加法性料金  
としての整理

リンク単位に料金抵抗を分解可能 ← → リンク単位での料金抵抗の表現は困難

### 3. 本年度の研究成果

#### テーマ間連携のためのプラットフォーム構築

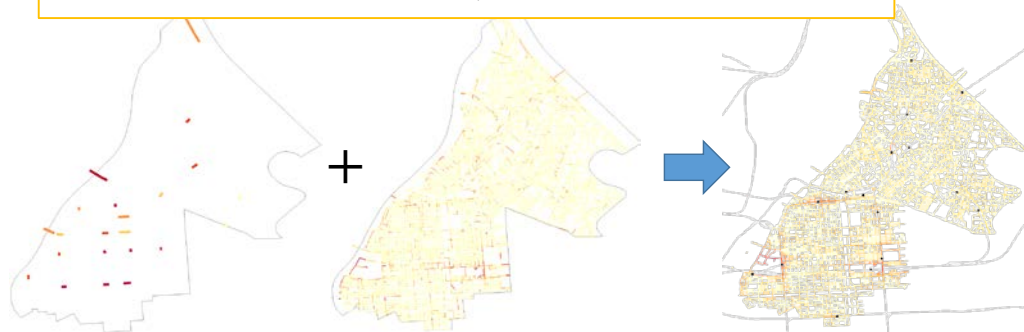
##### 異種情報を融合した交通状態補間手法の開発

センサ観測情報＋社会経済情報＋基盤GIS情報の有用性

⇒ 情報融合補間：高質低頻度＋低質高頻度データ融合モデルの開発

空間統計モデル：大域変動＋局所変動（空間相関を考慮）＋ノイズ

トラフィックカウンタ＋携帯GPSを用いたモデル推定



##### 解析基盤プラットフォームの開発

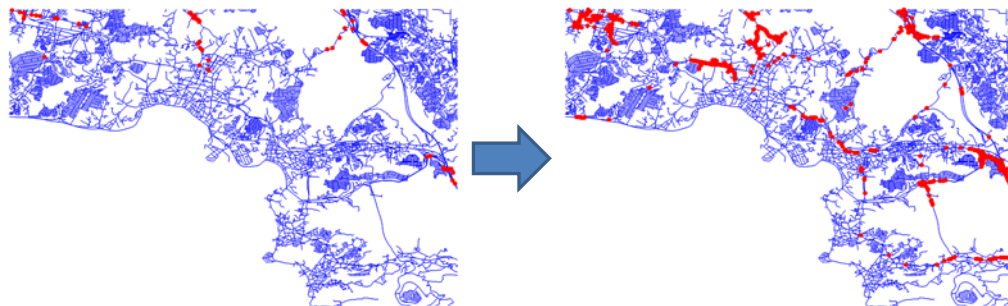
ノード・リンク情報から数値解析用データセットの自動生成

観測・予測・補間情報から、個別車両の行動等の逆推定

限定的な観測情報から、エリア内の車両挙動の予測を行う

シミュレーション（順解析）部分の実装

順解析による車両挙動のシミュレーション実行例



### 4. 今後の見込み

#### テーマ1：学習型モニタリングシステム

- システムモデルの改良
  - ✓ 交通流動予測モデルとの連携
- 人数の同時推定手法への拡張（定点カメラ）
- より精度の高い軌跡情報の推定手法の構築
- 学習型高解像度化手法による個別車両認識（超小型衛星画像）
- 衛星画像とプローブデータを組み合わせた広域交通状態推定手法の構築

#### テーマ2：交通流動予測システム

- 学習データの検討
- 入力データとなる説明変数等のモデル改良
- 学習型モニタリング手法により得られるデータの活用方法
- 推定の時間解像度・予測範囲に関する検討
- 日常/非日常を考慮した予測システム拡張

#### テーマ3：交通流動マネジメントスキーム

- コードン領域の最適設計＋課金関数の最適化
- 動的課金
- 現実政策への対応の考慮
- モニタリング・短期予測に基づく課金変更についての可能性の検討

#### テーマ間連携のためのプラットフォーム

- 異種情報を融合した交通状態補間手法：モデルの精緻化
- 解析基盤プラットフォーム：データ同化の組み込み，人工知能的な推定等，計算実効性を考慮した拡張