

# 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

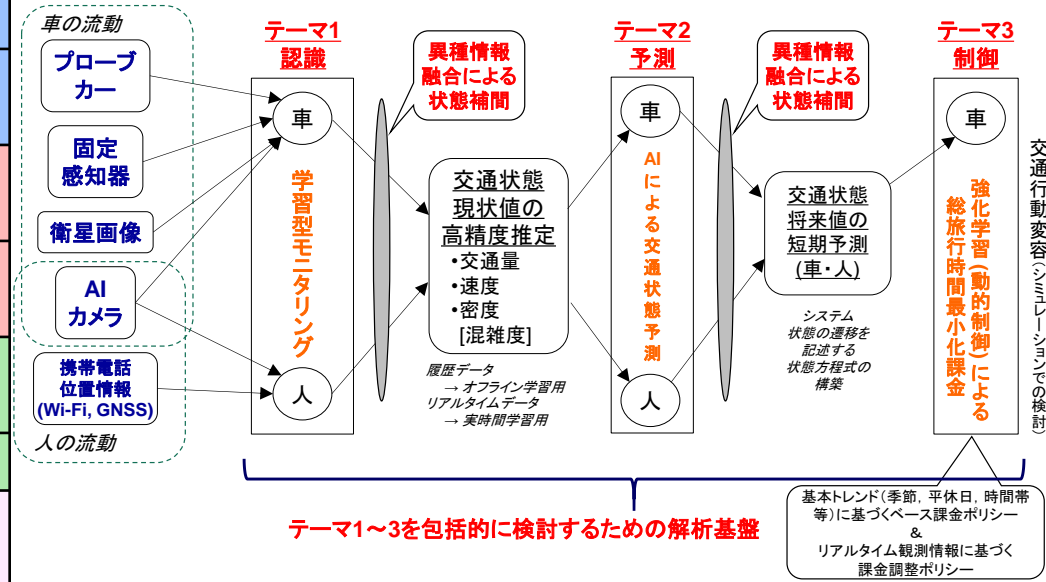
## 1. 研究概要

- **学習型の交通状態モニタリング手法・交通状態予測手法**, 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
  - 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: 交通状態予測システムの構築  
 車・人の交通状態・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基盤技術の開発**

## 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] ／全体総括, [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(東京大・助教)／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

## 3. 1年目中間評価指摘事項への対応 : 研究の全体像の再構成



# 4. 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

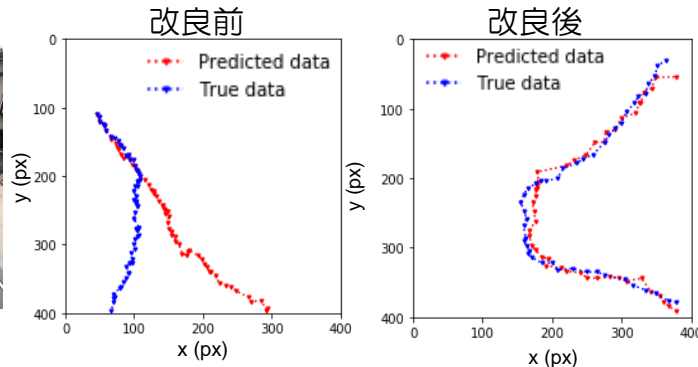
- ① **定点カメラ画像** (車・人) ⇒ カメラ観測範囲内の個別車両・人物の交通量・軌跡推定
- ② **GNSS+Wi-fiデータ** (人) ⇒ メッシュごとの滞在人数と隣接メッシュへの移動割合
- ③ **衛星画像** (車) ⇒ リンクごとの交通量・密度 (※超小型衛星を想定)

### ① 定点カメラ画像

- 長時間の画像 (8箇所, 3ヶ月分) への適用と精度検証 (車)
  - 断面交通量, 速度, 混雑度 (画面内車両占有率)
- 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: 誤差10%程度の認識率を確認
- 人物の追跡手法の改良: PHDフィルタのモンテカルロ実装

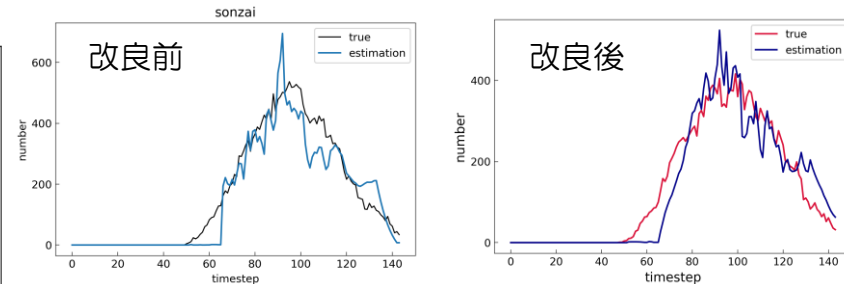
提案モデルに基づく  
車両認識 (鎌倉)

PHDフィルタによる人物追跡



### 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
- 人口変動のトレンドの導入によるモデル改良
  - ⇒ 滞在人数推定精度の向上
- 機械学習の導入可能性の検討

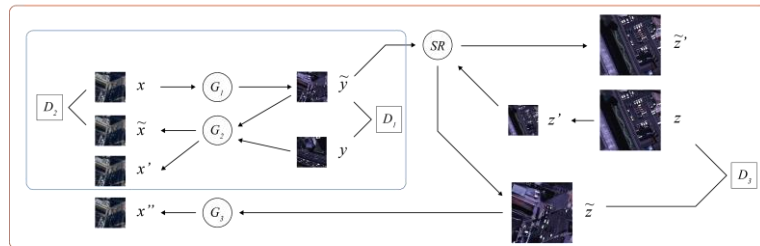


トレンド項導入有無の滞在人数推定精度の比較

### ③ 超小型衛星画像

超小型衛星: 空間分解能が1~3m程度 ⇒ 学習型高解像度化・高精度化手法の開発

- Generative Adversarial Nets (GAN): 航空写真と衛星画像による混合学習 ⇒ 画質評価指標における大幅な画質向上



航空写真と衛星画像の混合学習による高解像度・高画質化

$$\tilde{x} = G_2(y) \quad \tilde{y} = G_1(x) \quad x' = G_3(\tilde{y}) \quad \tilde{z} = SR(G_4(x)) \quad z' = SR(z)$$



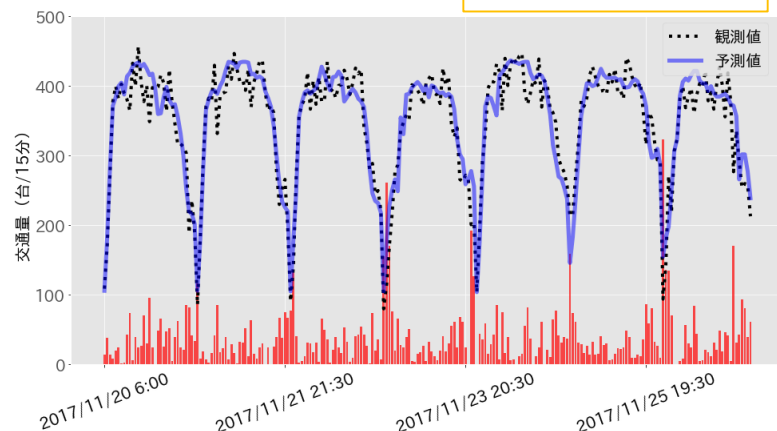
## 4. 本年度の研究成果

### テーマ2: 交通状態予測システムの構築

#### 交通状態予測に必要な入力データの検討

- 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：30～90分先）
- インプット：各地点の平均交通量の相関分析等の基礎集計の再確認  
断面交通量データ+リンク平均速度データ（ETC2.0）  
→ 次年度は、固定カメラによるモニタリング結果を利用予定
- アウトプット：鎌倉中心部の渋滞（車）
- その他利用データ：降水量，市内で開催される主要イベントの有無 等

提案モデルによる  
予測結果と誤差率  
(60分先予測)



#### 交通状態予測モデルの構築

- 時系列データ ⇒ LSTM (Long-Short Term Memory) 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）⇒ 下り交通量において十分な精度 ⇔ 上り交通量における精度に課題
- 降水量・イベントの影響評価，季節性の考慮

### 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

#### トレンド・ベースのベース課金

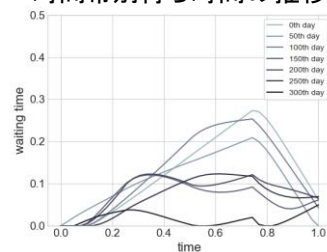
- 交通量データからの交通パターンのクラスタリング+時系列クラスタリング（DTW法）による365日の分類の検討
  - カレンダー情報等（季節，平休日，天気）による道路交通量の変化パターンを把握
- ⇒ 平休日，季節，天気変動に伴う結果の変化を試算可能 ⇒ ベース課金の傾向把握が可能

最適課金の達成

#### トライ&エラーによる課金調整 [観測・予測結果に基づき時間帯別課金額を決定]

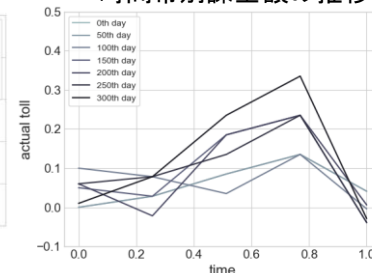
- ラッシュアワー混雑の対策として理論上有効  
強化学習でのトライ&エラー手法による最適課金の達成（潜在情報不要）
- 行動空間：時間帯別の課金額の増減値  
状態空間：時間帯別の到着流率  
報酬：総待ち時間の変化量  
学習法：Q learning +  $\epsilon$ -greedy
- 200日程度で最適課金を達成し，渋滞を減少させた  
時間価値，早着コスト，希望到着時刻が変化しても，最適課金を達成

時間帯別待ち時間の推移



待ち時間がすべての時間帯で  
おおむね単調に減少

時間帯別課金額の推移



課金額が三角形型の  
最適課金に近づく

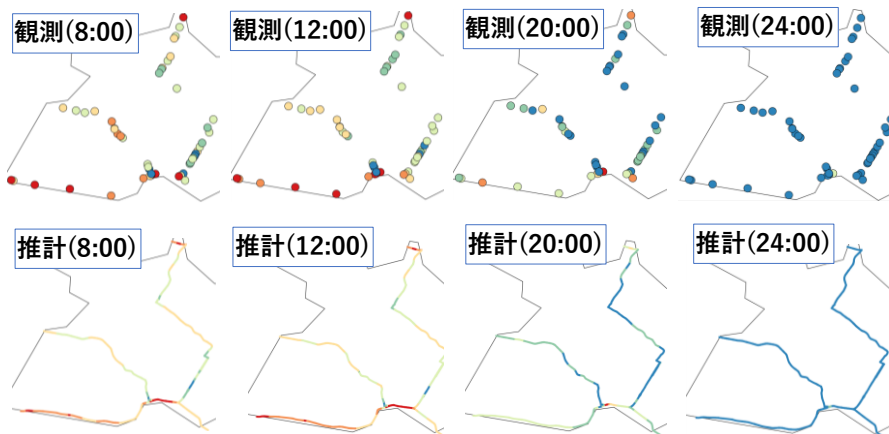
## 4. 本年度の研究成果

### テーマ間連携のための基盤技術の開発

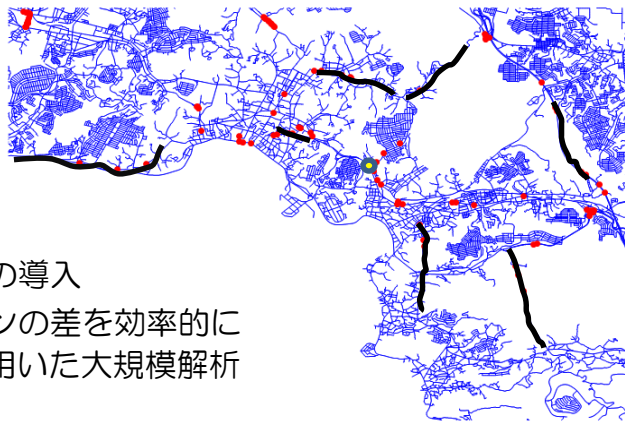
#### 異種情報を融合した交通状態補間手法の開発

- テーマ1, 2での特性が異なる情報の融合・未観測地点の情報補間が必要
- 動的時空間モデルによる任意地点・時点の交通状態補間  
交通量 ~ 一般化双曲線分布 (状態量)  
状態量 =  $\sum$  説明変数  $\times$  回帰係数 + ノイズ  
(回帰係数・残差モデルで空間相関を考慮)  
⇒ 既存モデルのからの大幅な精度向上：高精度補間を達成
- 非ガウス度, 歪度パラメータ, 回帰係数等の総合的な分析

鎌倉の  
実データ  
への適用



大規模最適化計算に基づく  
交通内部状態推定



#### 解析基盤の開発

- シミュレータへのデータ同化の導入
- 観測データとシミュレーションの差を効率的に解消するために、深層学習を用いた大規模解析に基づく最適化手法の開発

## 5. 今後の見込み

### テーマ1：学習型モニタリングシステム

- システムの高速化
- パラメータ自動設定手法の検討
- GNSS・Wi-fiデータからの滞在・移動人数の機械学習手法の構築 (含パラメータ推定)
- 高解像度・高画質画像からの個別車両認識
- 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

- モニタリングの分析結果を用いた予測
- 交通量・速度同時推定モデルの構築
- 欠損値に対応したモデルの拡張
- テーマ3において利用される予測情報の要件に基づく時間解像度・予測範囲に関する検討

### テーマ3：交通流動マネジメントスキーム

- ベース課金：鎌倉における適用, 鎌倉ネットワークでの交通モデル構築の有無
- 時間帯別の混雑トレンドの応用可能性
- トライ&エラーによる課金調整：より精緻な調整可能性の検討
- モニタリング・予測に基づくスキームの検討

### テーマ間連携のための基盤技術の開発

- 異種情報を融合した交通状態補間手法：シミュレーションとの同化, 交通流メカニズムの導入
- 解析基盤：非線形性を強めた現実的な問題設定における大規模最適化