

「e-サイエンスに向けた革新的アルゴリズム基盤」
第2回シンポジウム (2011年11月22日)

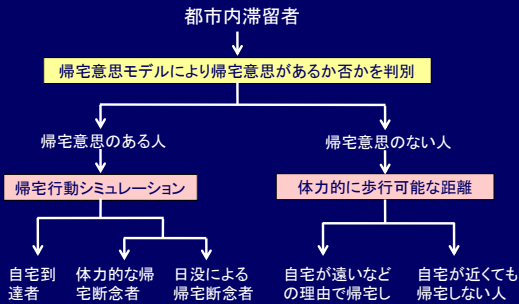
都市内滞留者・移動者の時空間分布推定と
大地震を想定した人間行動シミュレーション

東京工業大学大学院情報環境学専攻
大佛俊泰

本日のアウトライン

- ✓ 東日本大震災当日の首都圏における徒歩帰宅者
- ✓ 時空間分析の必要性
- ✓ 鉄道利用者の時空間分布推定
- ✓ 自動車利用者の時空間分布推定
- ✓ まとめ(お願い)

帰宅行動シミュレーションの流れ



道路の混雑状況



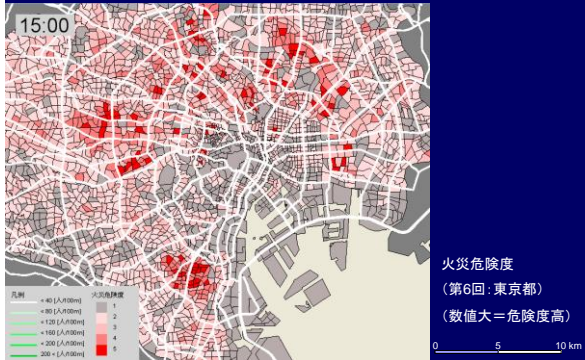
群集事故の事例

ベラルーシ(1999年)	40人死亡
ヨハネスブルク(2001年)	40人死亡
バクダッド(2005年)	647人死亡
マハラシュトラ(2005年)	300人死亡
メッカ巡礼(2006年)	340人死亡
マニラ(2006年)	60人死亡
京都駅(1934年)	77人死亡
新潟弥彦神社(1956年)	124人死亡
横浜フライヤーズ(1960年)	12人死亡
明石・歩道橋(2001年)	11人死亡

帰宅断念者の時空間分布



火災危険度と徒歩帰宅者



本日のアウトライン

- ✓東日本大震災当日の首都圏における徒歩帰宅者
- ✓時空間分析の必要性
- ✓鉄道利用者の時空間分布推定
- ✓自動車利用者の時空間分布推定
- ✓まとめ(お願い)

都市内滞留者・移動者の時空間分布

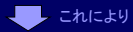
従来の大地震被害想定やシミュレーション分析では
静的な無属性の人口分布を仮定してきた(夜間・昼間人口)



属性情報を有する滞留者・移動者の動的な変化
(時空間分布)を前提とした分析が必要



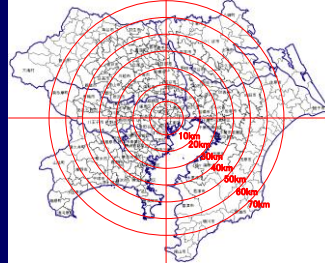
どのような人が(年齢・性別などの属性)、いつ(時刻)、
どこで(場所)、何をしているか(目的)を推定する方法



今まで見落としていた課題・問題点の発見と検討
きめの細かい地域防災計画の立案

東京都市圏パーソントリップ調査(PTデータ)

<調査対象地域>



<調査時期等>

平成10年10月~12月(火~木)
5歳以上の約3,300万人を対象
有効サンプル数:883,044
標本率:2.68%

<調査内容>

個人属性(性,年齢,職業...)
発着地,発着時刻,移動目的,
移動手段,所要時間

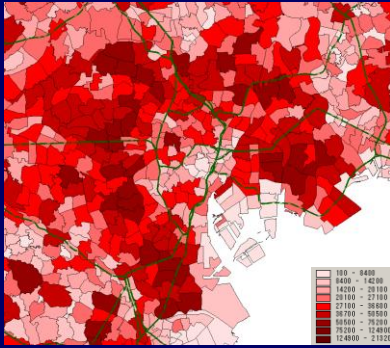
東京都区部における町丁目界



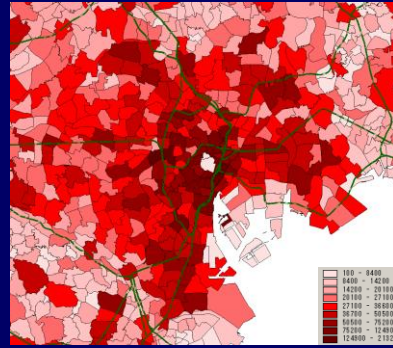
パーソントリップ調査(PTデータ)の小ゾーン



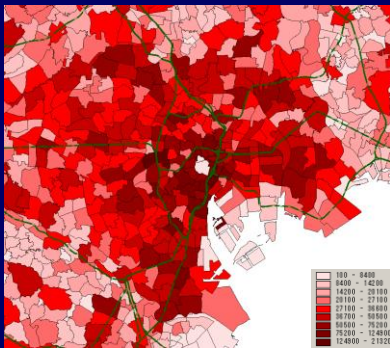
小ゾーン内の施設内滞留者数 (07:00)



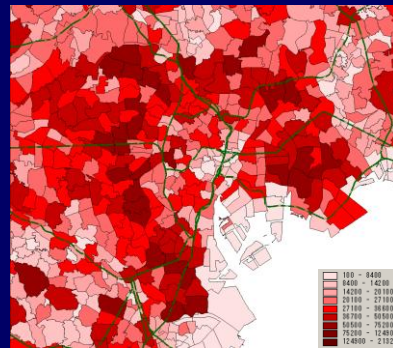
小ゾーン内の施設内滞留者数 (12:00)



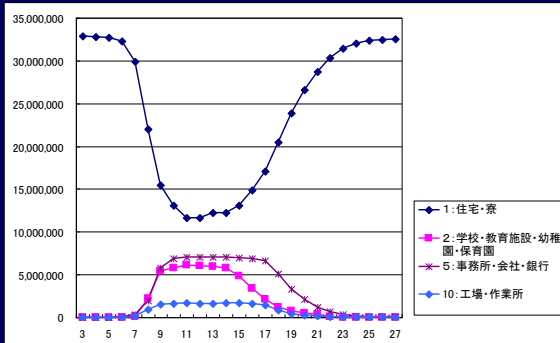
小ゾーン内の施設内滞留者数 (17:00)



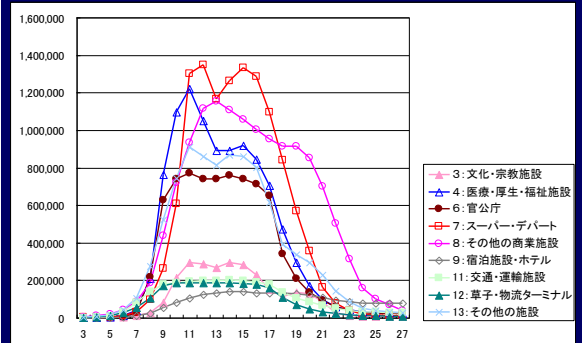
小ゾーン内の施設内滞留者数 (22:00)



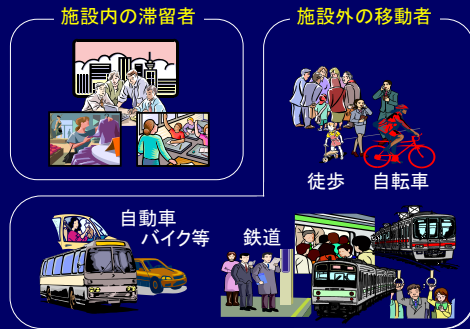
施設内滞留者数の時刻変動(1)



施設内滞留者数の時刻変動(2)



都市内滞留者・移動者の分類



滞留者・移動者の時空間分布推定モデル

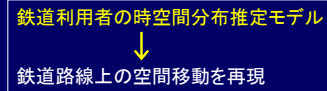
1. 屋内の滞留者
2. 屋外の滞留者・移動者
3. 鉄道利用による移動者
4. 自動車利用による移動者
5. 休日の滞留者・移動者の時空間分布

本日のアウトライン

- ✓ 東日本大震災当日の首都圏における徒歩帰宅者
- ✓ 時空間分析の必要性
- ✓ 鉄道利用者の時空間分布推定
- ✓ 自動車利用者の時空間分布推定
- ✓ まとめ(お願い)

鉄道利用者の時空間分布推定

東京都市圏パーソントリップ調査(PTデータ)より
鉄道トリップの発駅・着駅の位置・時刻を抽出



↓

任意の時刻における鉄道利用者の位置を推定

↓

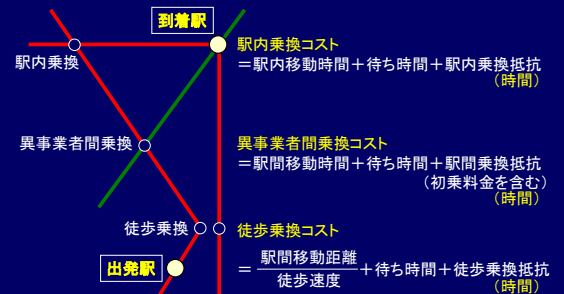
防災計画立案のための基礎情報を提供

鉄道利用者の時空間分布推定

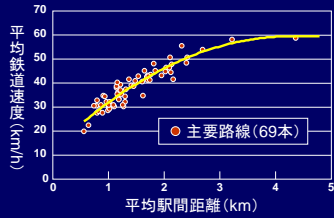
どのように鉄道路線上の空間移動を再現するか？

- ↓
- モデルの基本仮定:
「鉄道利用者は移動時間の最小化を図っている」
- ↓
- ダイクストラ法などを用いて推定

鉄道利用者の時空間分布推定モデル



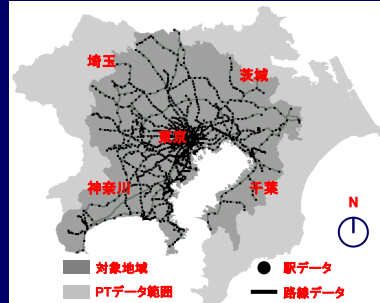
鉄道利用者の時空間分布推定モデル



$$\text{移動時間(コスト)} = \frac{\text{移動距離}}{\text{鉄道速度}}$$

駅間移動のウェイト

対象地域とモデルの推定



数値地図2500 (駅データ・路線データ) → 98.2%のトリップをカバーする空間範囲

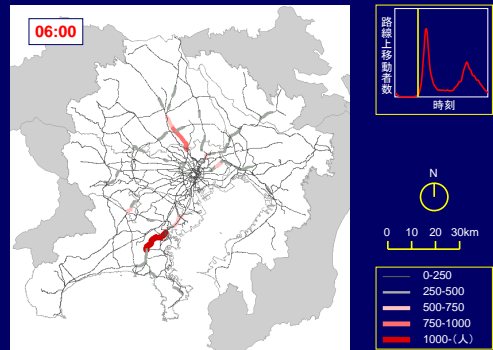
対象地域とモデルの推定

大都市交通センサス定期券利用者の移動経路

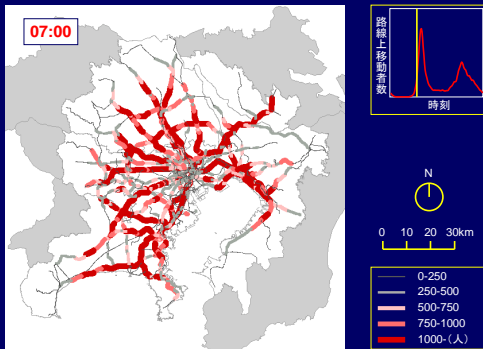
一致率が最大となるようにパラメータ(4個)を探索的に推定(勾配法)

乗り換えを伴うトリップについて
 サンプルベース: 約92.9%
 利用者数ベース: 約94.0%
 平均移動時間誤差: 約3.5分

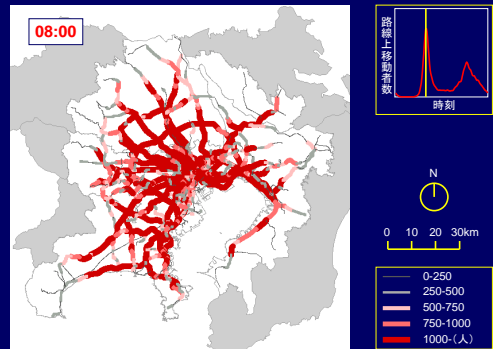
鉄道利用者数の時空間変動

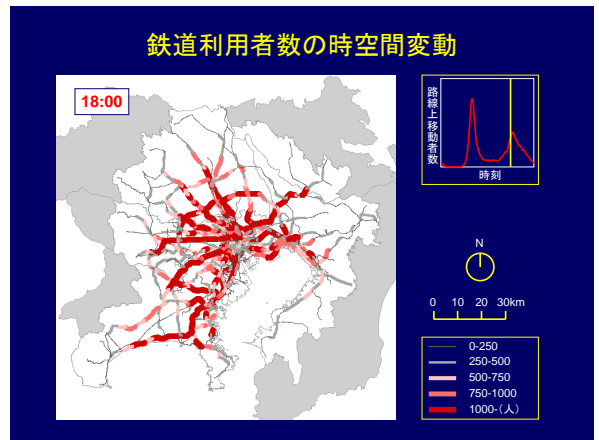
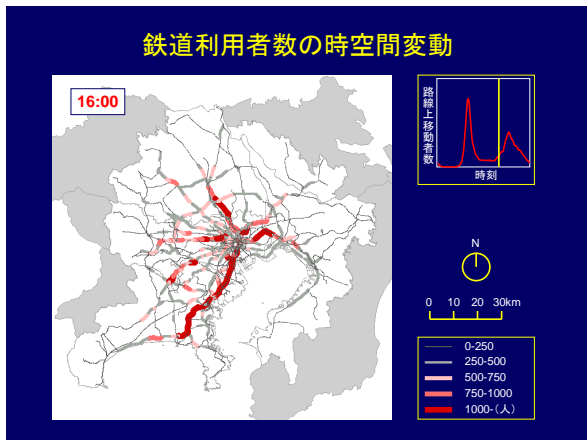
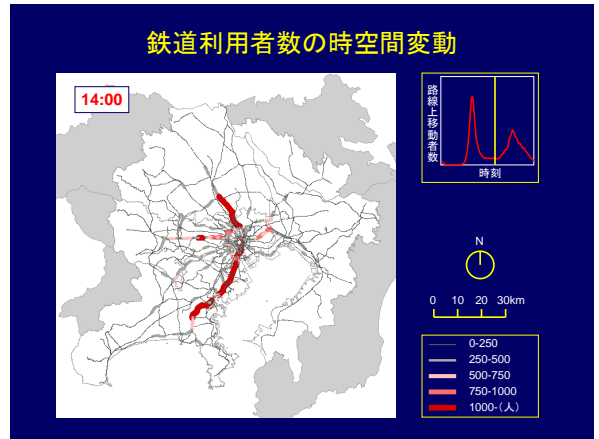
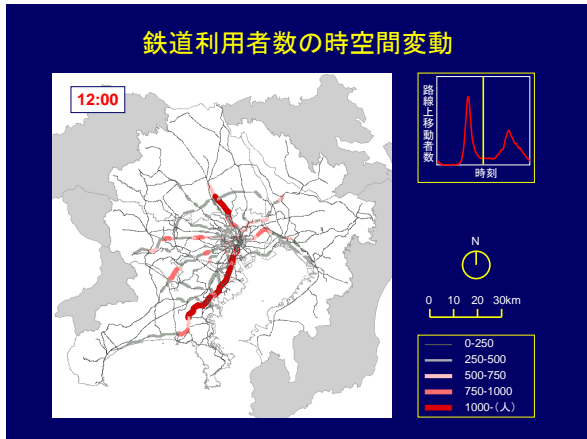
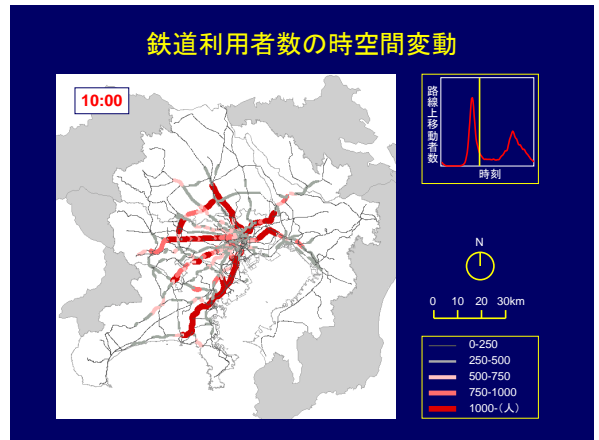
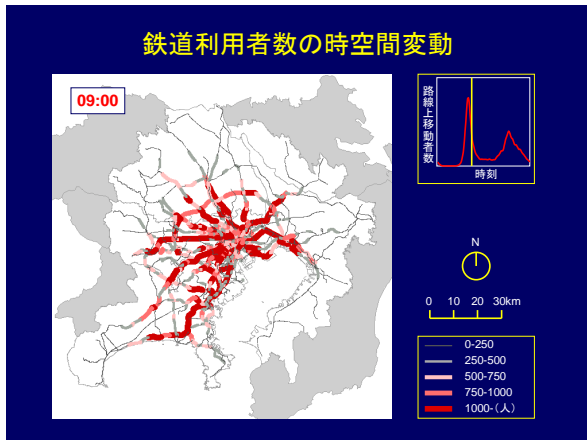


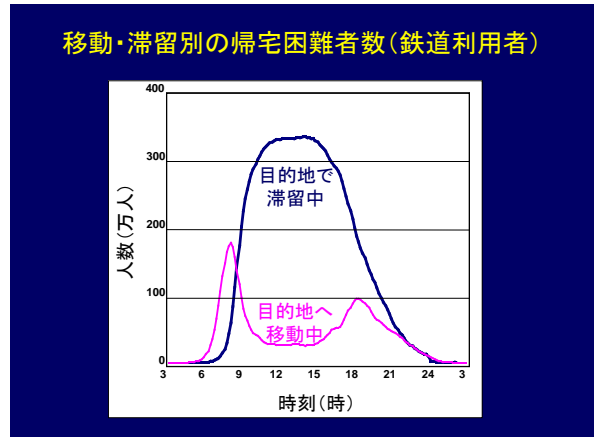
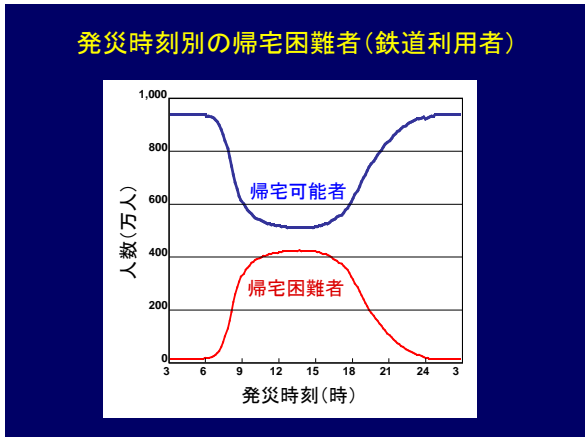
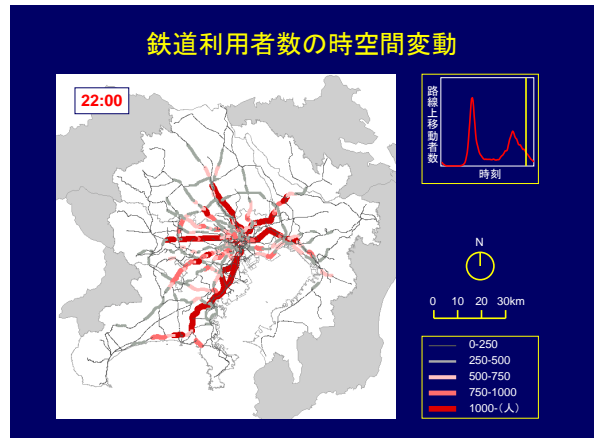
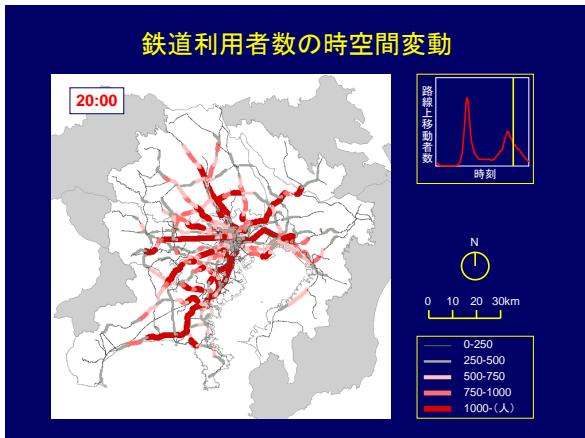
鉄道利用者数の時空間変動



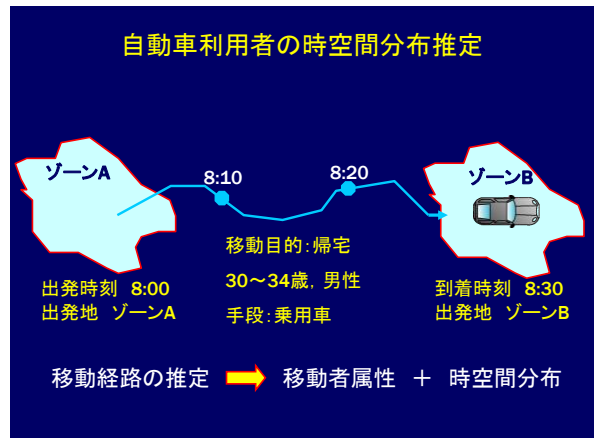
鉄道利用者数の時空間変動







- ### 本日のアウトライン
- ✓ 東日本大震災当日の首都圏における徒歩帰宅者
 - ✓ 時空間分析の必要性
 - ✓ 鉄道利用者の時空間分布推定
 - ✓ 自動車利用者の時空間分布推定
 - ✓ まとめ(お願い)



推定方法の概要

- ① ゾーン間移動の情報を地点間移動情報に変換
- ② 道路速度の設定方法
- ③ 道路混雑を考慮する工夫
- ④ 計算時間の短縮方法
- ⑤ 推定精度の検証
- ⑥ 時刻・位置情報を得る

ゾーン間の移動情報を・・・
ポイント間の移動情報に置き換える

ゾーン間移動を地点間移動に

PTデータから得られる位置情報・・・出発・到着地点の含まれるゾーン

↓

出発・到着ゾーンから出発・到着地点へ変換

↓

出発・到着ゾーン内からランダムに選ばれたノードをそれぞれ出発地点・到着地点に

推定方法の概要

- ① ゾーン間移動の情報を地点間移動情報に変換
- ② 道路速度の設定方法
- ③ 道路混雑を考慮する工夫
- ④ 計算時間の短縮方法
- ⑤ 推定精度の検証
- ⑥ 時刻・位置情報を得る

道路速度の設定方法

移動コスト(=道のり/速度)が最小となる経路

経路A	道のり: 5(km)	速度: 50(km/h)	通過時間: 5(km)/50(km/h)= 6分
経路B	道のり: 4(km)	速度: 30(km/h)	通過時間: 4(km)/30(km/h)= 8分

道路速度の設定方法

- ① 初期コスト(距離 / 道路法定速度)を設定
- ② 主要道路(768箇所)における終日断面交通量を集計
- ③ 交通センサス(観測値)との差異を算出
- ④ 道路単位に移動速度を変化させる

道路速度の設定方法

道路A: 推定交通量 ≥ 交通センサスの交通量

道路Aの速度を下げる → 移動速度の遅い道路Aが経路として選択されにくくなる

→ 道路Aの交通量が減少

道路速度の設定方法

道路B: 推定交通量 < 交通センサスの交通量

道路Bの速度を上げる → 移動速度の速い道路Bが経路として選択されやすくなる
→ 道路Bの交通量が増加

推定方法の概要

- ①ゾーン間移動の情報を地点間移動情報に変換
- ②道路速度の設定方法
- ③道路混雑を考慮する工夫
- ④計算時間の短縮方法
- ⑤推定精度の検証
- ⑥時刻・位置情報を得る

道路速度の設定方法

時刻別・車線方向別の最大交通量
1時間あたりの推定交通量 > 1時間あたりの最大交通量 (交通センサスデータ)

→ 道路速度を下げる

道路混雑を考慮するための工夫

移動コスト = 道のり / 速度

- ① 道路の上り・下り
- ② 時刻

別々に速度を調整し道路混雑を考慮

道路混雑を考慮するための工夫

上り・下りの速度を区別した道路データの作成方法

道路ネットワークを2セット構成
各レイヤは互いに異なる方向に一方通行とする
交差点でレイヤ間で移動可能(コストは0)

道路混雑を考慮するための工夫

交通台数 × 10⁴

1	0:00~
2	7:20~
3	8:10~
4	9:20~
5	11:10~
6	13:20~
7	15:20~
8	17:00~
9	18:10~
10	19:40~

PTデータ全範囲から時刻別自動車交通量を求める
累計交通量が等しくなるように、時刻を10区分に分類

推定方法の概要

- ①ゾーン間移動の情報を地点間移動情報に変換
- ②道路速度の設定方法
- ③道路混雑を考慮する工夫
- ④計算時間の短縮方法
- ⑤推定精度の検証
- ⑥時刻・位置情報を得る



計算時間の短縮方法



移動距離が短い場合

細街路を含めて計算
ただし細街路の速度は一律20km/h

計算時間の短縮方法



移動距離が長く、道路が密な場合

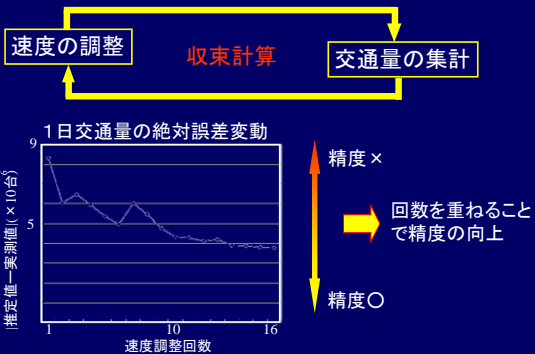
発着地点と主要道路間は細街路を利用
その他は主要道路のみで計算

推定精度の検証

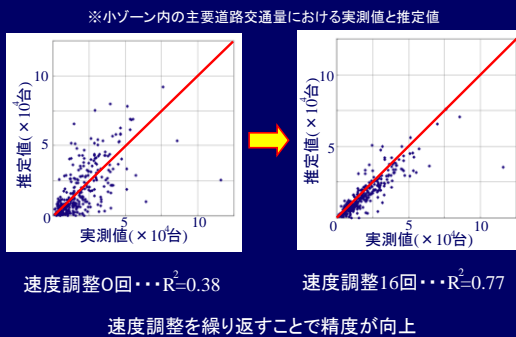
- ①ゾーン間移動の情報を地点間移動情報に変換
- ②道路速度の設定方法
- ③道路混雑を考慮する工夫
- ④計算時間の短縮方法
- ⑤推定精度の検証
- ⑥時刻・位置情報を得る

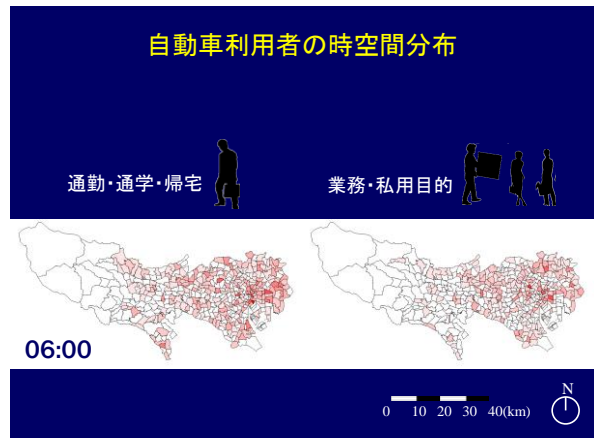
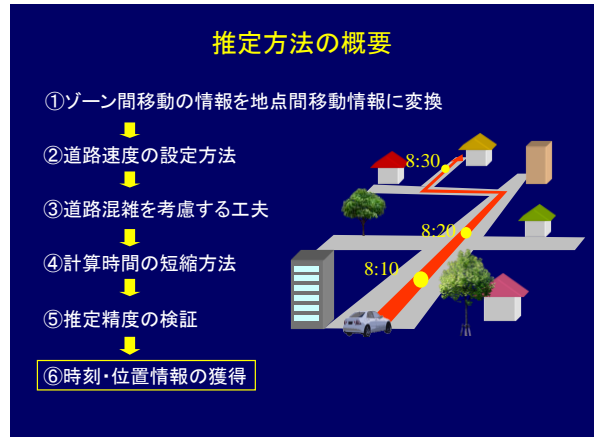
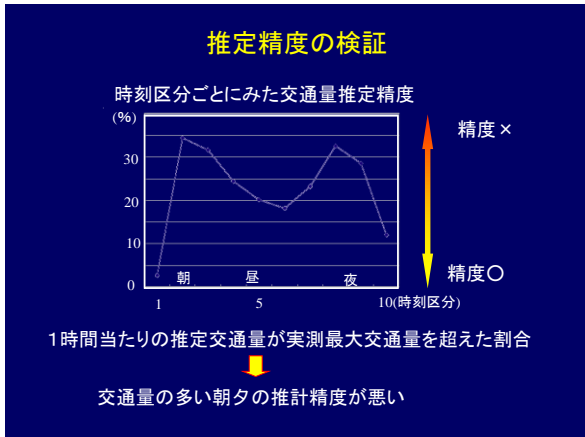
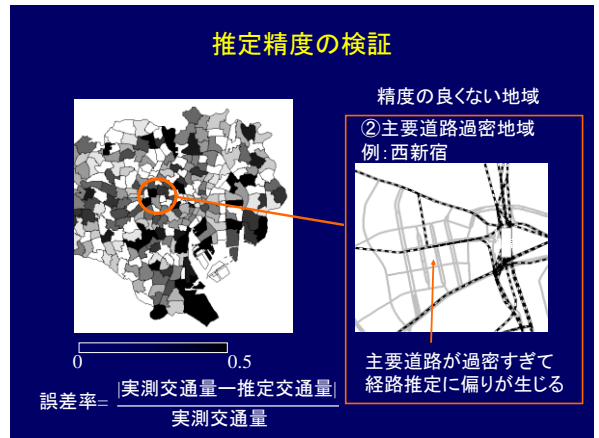
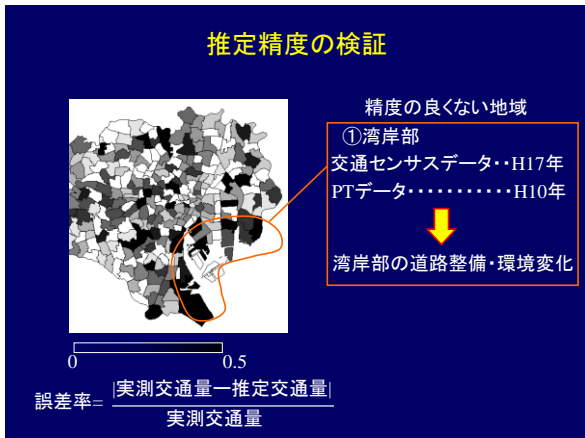


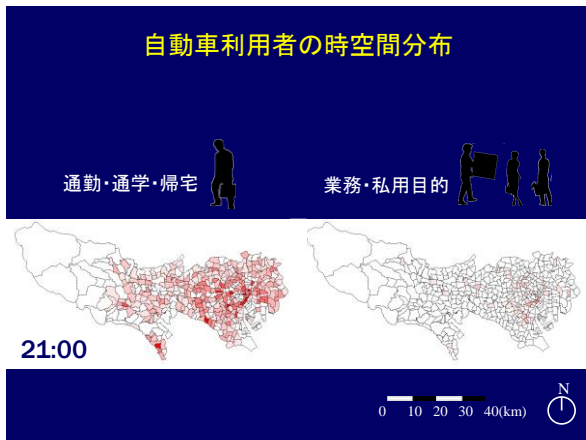
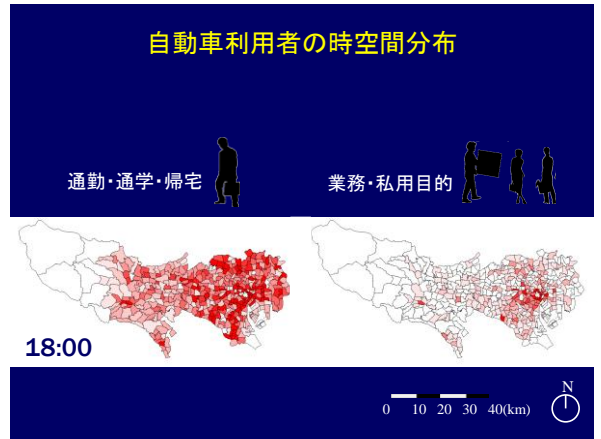
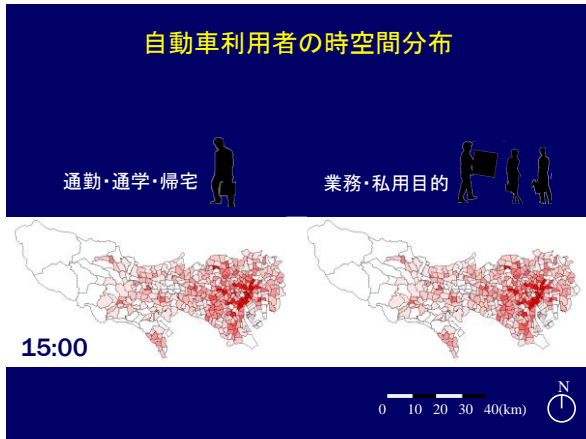
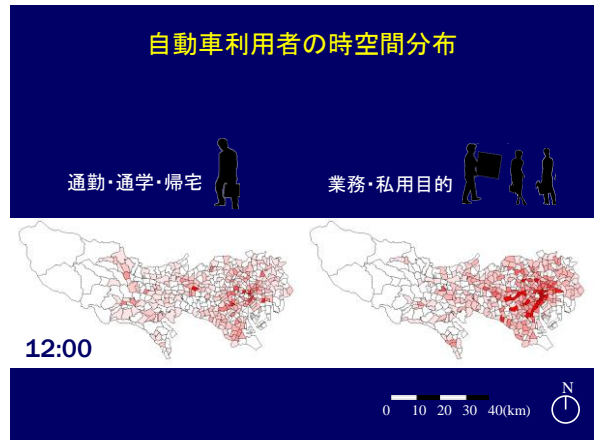
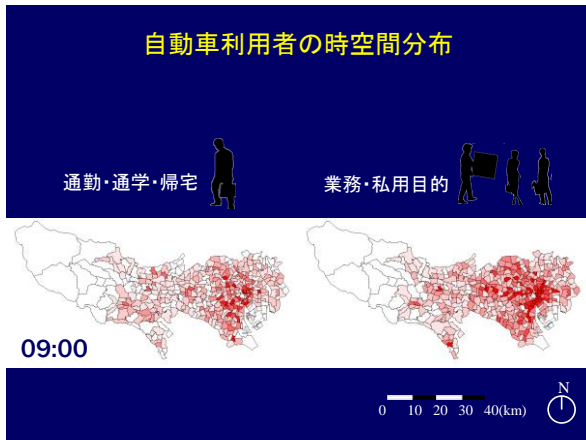
推定精度の検証



推定精度の検証







まとめ(お願い)

大規模ネットワーク空間における発着地点が既知の移動体の時空間分布を推定する効率的なアルゴリズムが欲しい!

↓

- ✓ 移動体の経路はネットワークの状態に依存する
- ✓ ネットワークの状態は移動体の経路に依存する
- ✓ 局所の状態がネットワーク空間全体に影響する(局所最適化では限界がある)
- ✓ パラメータ数が膨大である

ご意見/ご質問: osaragi@mei.titech.ac.jp