

# 空間的な燃料不足実態の推定と 携帯電話位置データによる検証

2014年6月27日 金曜フォーラム

東北大学災害科学国際研究所

人間・社会対応研究部門被災地支援研究分野

奥村 誠

[mokmr@m.tohoku.ac.jp](mailto:mokmr@m.tohoku.ac.jp)

## 3.11発災後、深刻なガソリン不足が発生

- 広範囲：東北～関東地方
- 長期間：東北地方では約一カ月間

## 東北地域の交通・物流への多大な影響

- 太平洋沿岸（津波被災地）
    - 救援活動や緊急支援物資供給に対する大きな障害
  - 内陸部（e.g. 仙台都市圏）
    - 通勤が困難に（多くの社会経済活動が長期停止/停滞）
    - 物流機能の低下（製造業のサプライチェーン問題の一因）
- ⇒ 多大な経済的損失が発生





# 本日の話題

## 東北大学震災ロジスティック調査団の活動

- 全国の精油所・油槽所から東北地方までの広域的輸送の実態
  - － 港湾流通データの収集など
    - ・ 東北大学情報科学研究科 赤松隆教授
- 東北地方市町村別の供給実態の推定
  - － 市町村へのガソリン配分モデルの作成と計算
    - ・ 東北大学情報科学研究科 赤松隆教授
    - ・ 災害研奥村研究室博士後期課程 山口裕通
- 燃料不足の、人々の生活への影響の検証
  - － 携帯電話位置情報データ(仙台市域3~4月)
    - ・ 災害研 奥村誠教授



## 石油燃料の製油施設、輸送施設の被災

- 太平洋側の輸送施設、仙台製油所および関東の製油所の被災  
⇒ 被災しなかった、西日本・日本海側からの転送が必要に

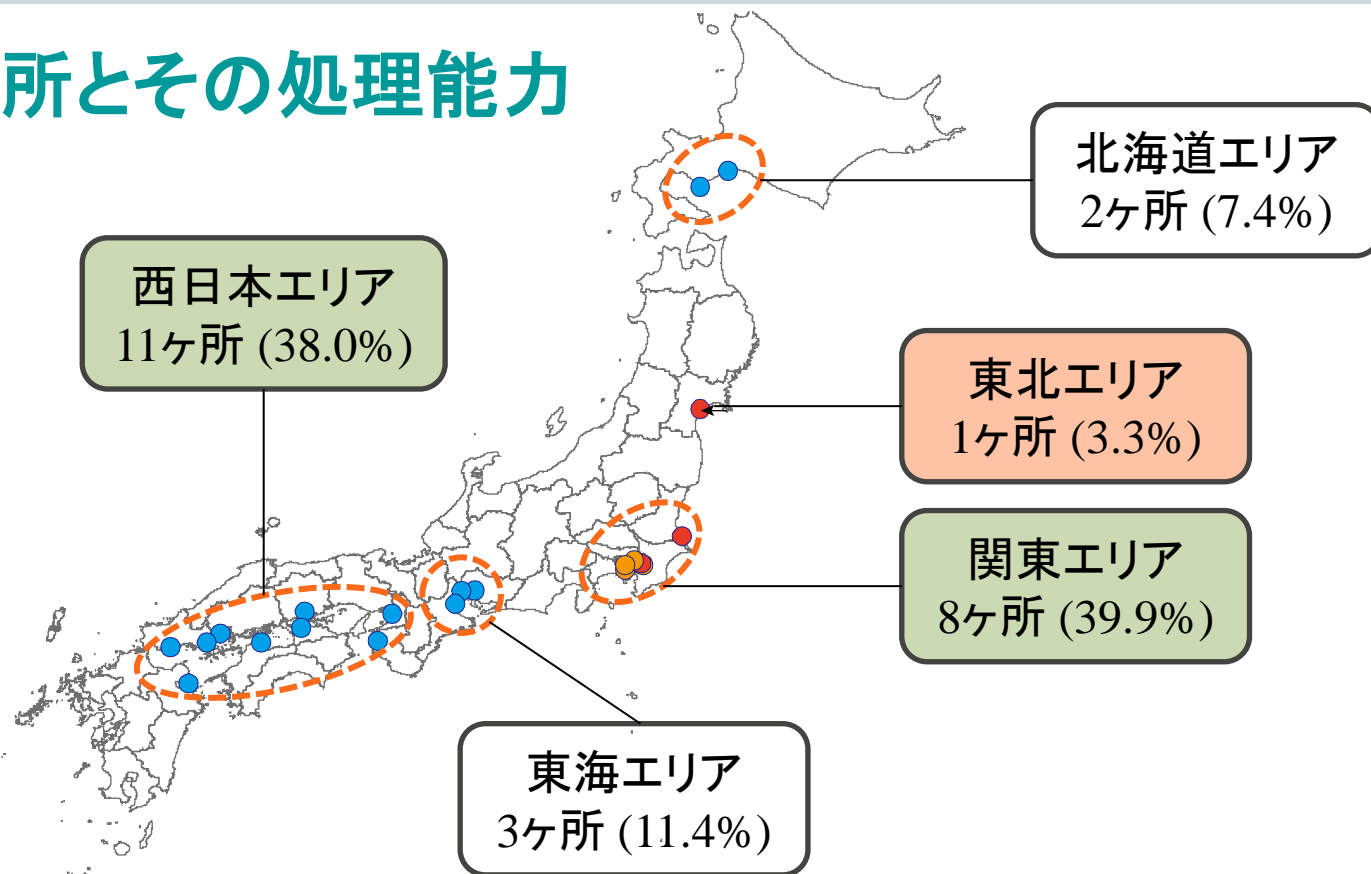
## 被災状況に応じたガソリン輸送数量/パターンの調整に失敗

- 太平洋側港湾の再開(震災後3週目以降)まで、東北地域全体への供給量は全く不十分であった  
⇒ 圧倒的な供給不足

## 2週間の供給不足により待機需要が大きく積みあがった

- 待機需要の解消に発災後1ヵ月を要した
- その間に5.4日分(平常時換算)の需要が消失した  
⇒ ガソリン不足の長期化、莫大な経済損失

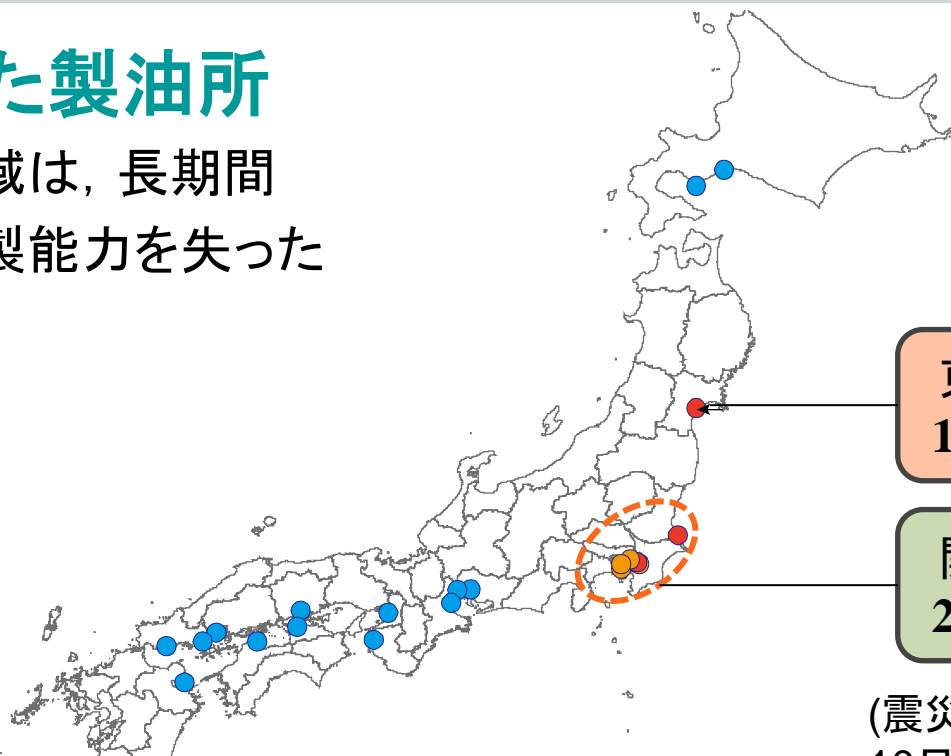
## 日本の製油所とその処理能力



- 関東と西日本エリアに集中
- 東北エリアは仙台製油所一箇所のみ

## 稼働停止した製油所

- 東北地域は、長期間  
原油精製能力を失った



## 日本全体での供給能力

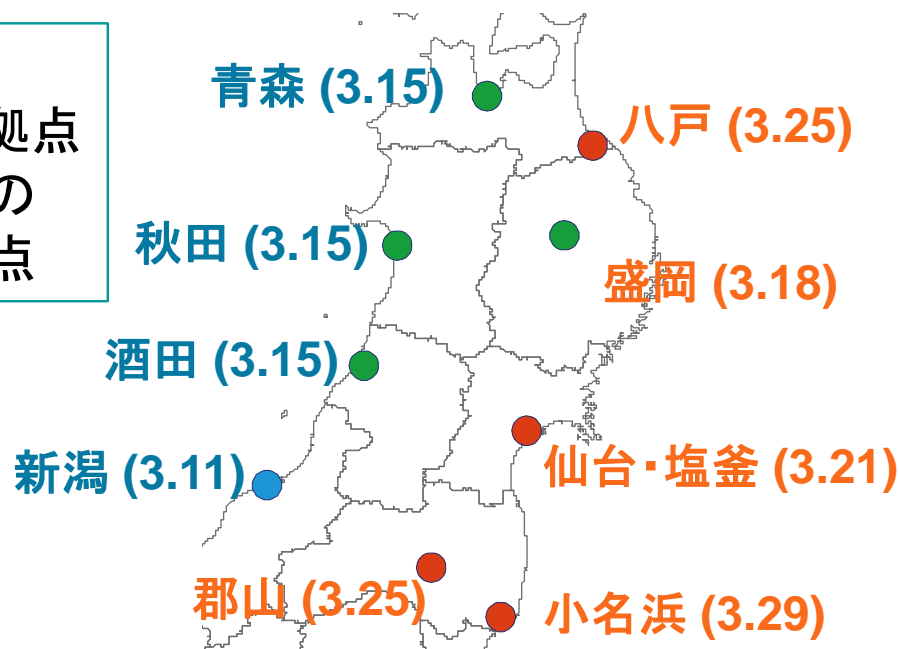
- 稼働停止した製油所の供給能力シェア: 約10%
- 震災前の日本全体の製油所稼働率: 約80%

⇒ 供給余力はあるが、他地域から東北へ転送する必要

## 発災後の東北地域油槽所の被害状況

油槽所:

- ・ 貯蔵, 流通拠点
- ・ 船舶等からの積み替え拠点



( )内は入荷再開日

3.11~3.14: (新潟を除く)全油槽所で入荷不可.

3.15~3.20: 太平洋側の油槽所は入荷不可.

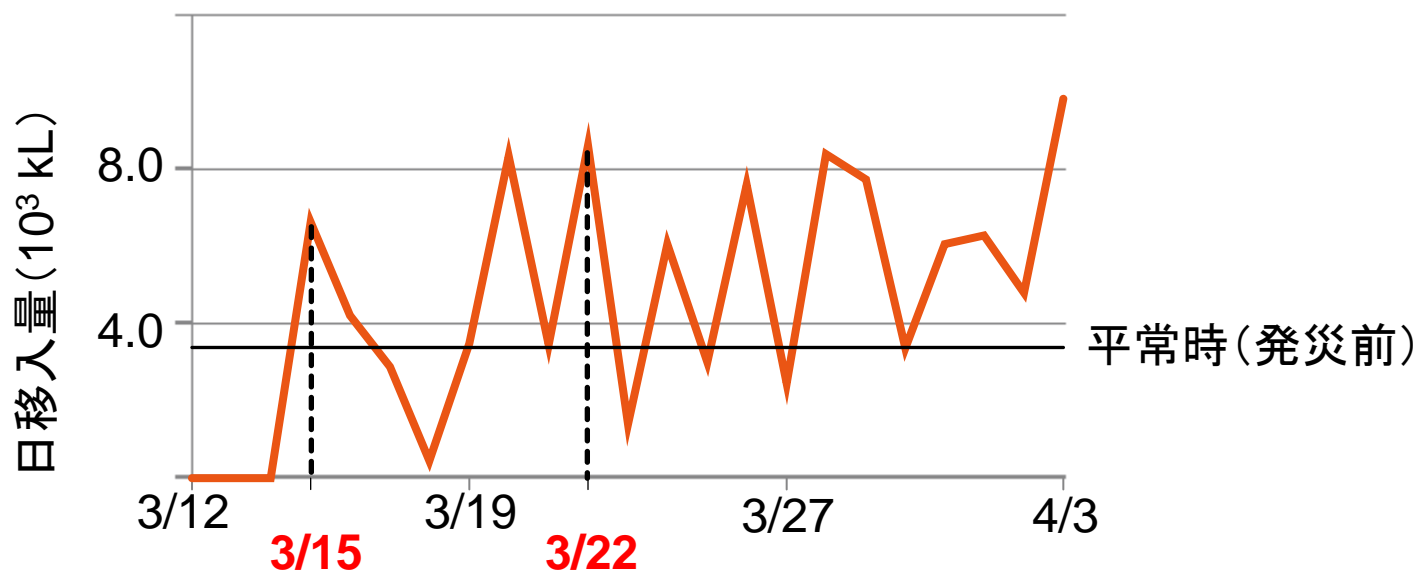
日本海側のみ入荷可能.

3.21~: 太平洋側の油槽所も徐々に復旧.



# 日本海側3港湾へのガソリン輸送実績

日本海側3港湾への移入量:



# 3.11後の東北地域の供給実績

## 各エリア製油所から東北地域への石油製品輸送量

(発災前後1ヶ月間の比較)

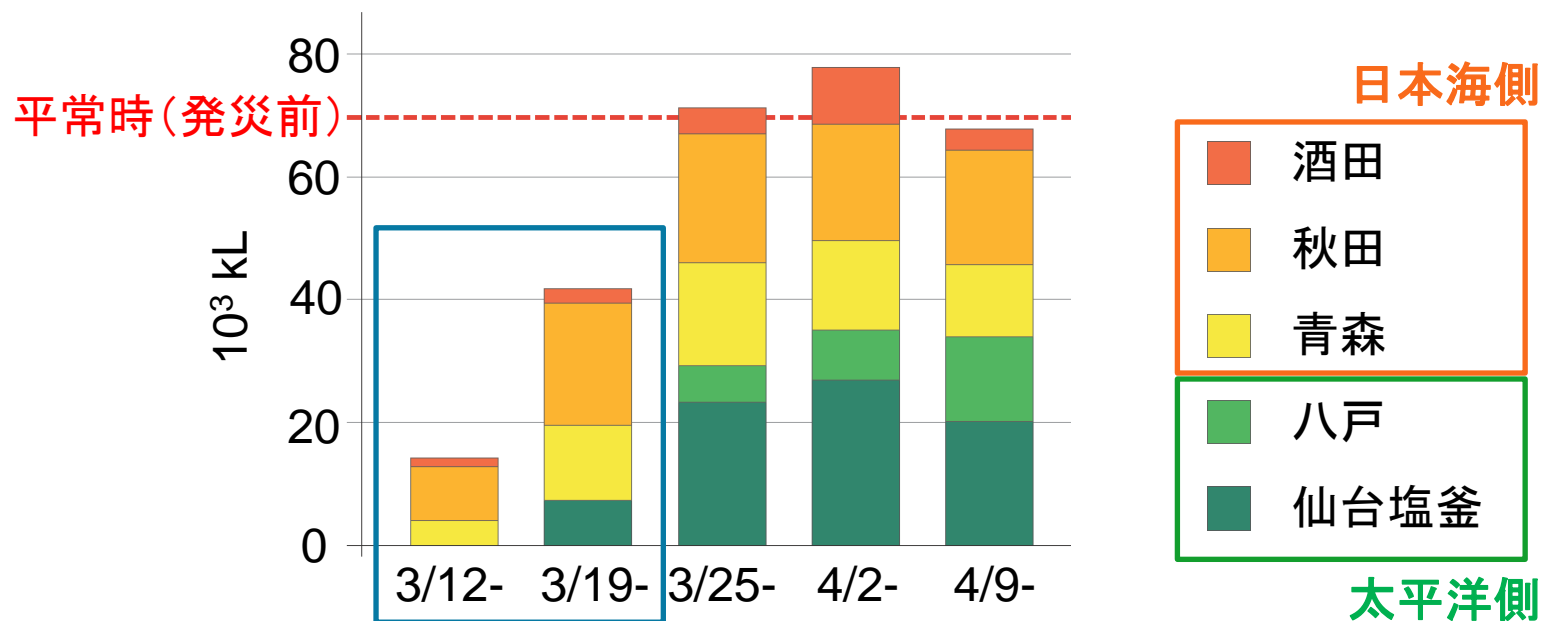
	北海道	関東	東海	西日本	その他	Total
発災前	84	145	7	9	12	257
発災後	132	53	15	19	1	219
増減量	+48	-92	+8	+10	-11	-38

(単位: 10<sup>3</sup>kL)

- 東北地域全体への輸送量は発災前の約4/5に減少
- 関東からは約1/3に減少, 北海道からは大きく増加

# 3.11後の東北地域の供給実績

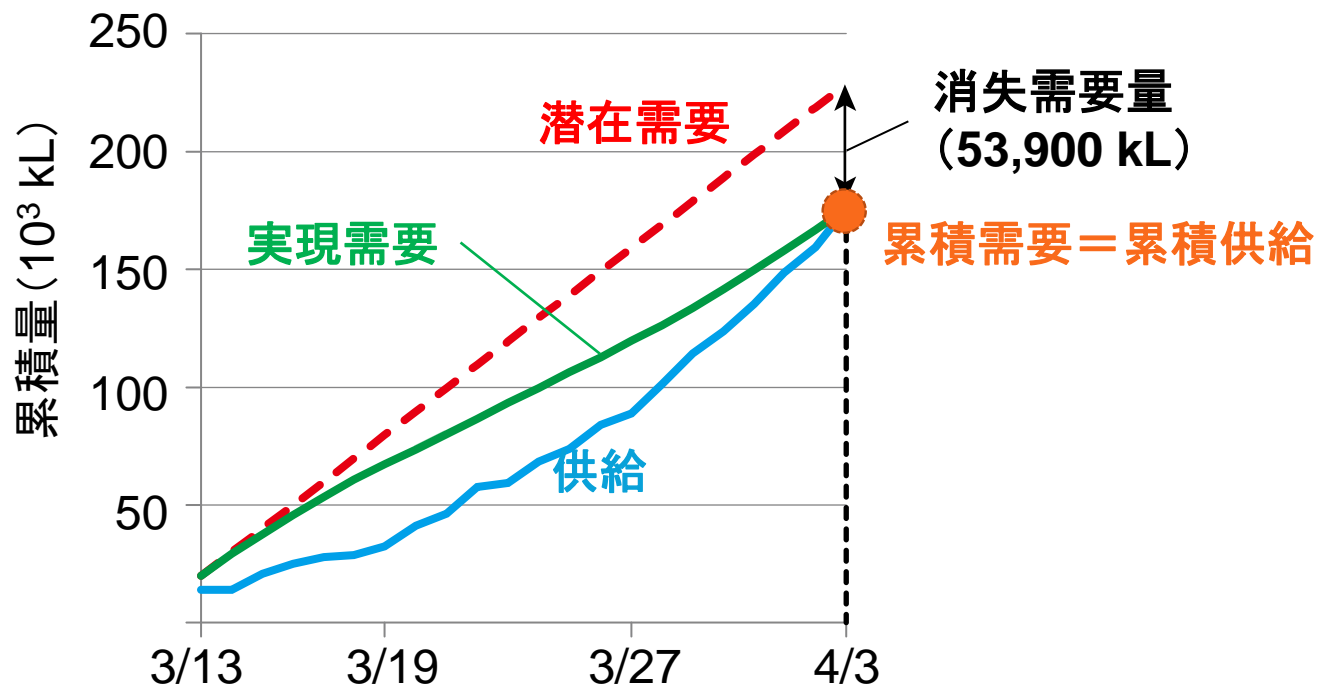
## 東北地域の油槽所へのガソリン入荷量(週毎)の推移



— 発災後2週間の東北地域への輸送量は平常需要の約1/3

⇒ 東北地域への供給は、太平洋側港湾の再開(震災後3週目以降)まで全く不十分であった

ガソリン不足解消日を4月3日とすると



– 消失需要量は潜在需要(平常時換算)5.4日分

⇒ 東北全体で、約1週間分の社会・経済活動に相当する経済的価値が失われた

## 市町村ごとの需給ギャップを推計

### ガソリン配分モデル

- 各油槽所から各市町村への日毎のガソリン配分をモデル化
- 輸送業者は、「需給ギャップの市町村格差を埋めつつ費用を最小化」を目的とする、と仮定
  - 凸計画問題として定式化, MATLABソルバーで求解

### 需給ギャップの時空間分布

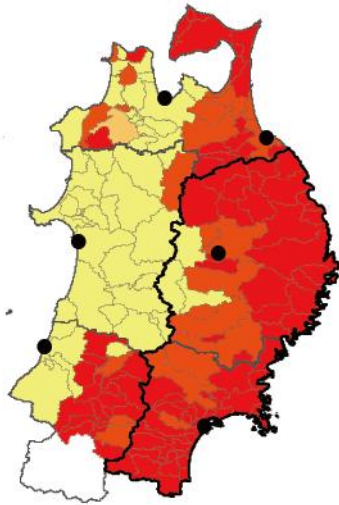
- 各時点における市町村のガソリン需給ギャップを供給率で表す:

$$\text{供給率} = \frac{\text{累積供給量}}{\text{累積実現需要量}}$$

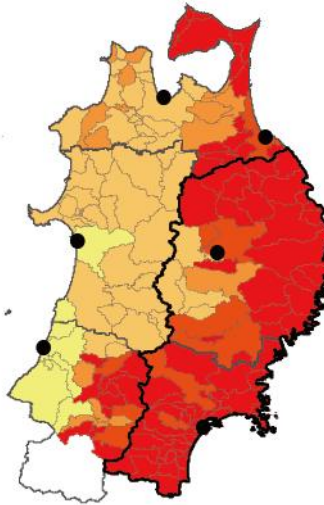
- 以降で、最初の3週間の代表的な時点の推計結果を示す

# 市町村別の需給ギャップの変化

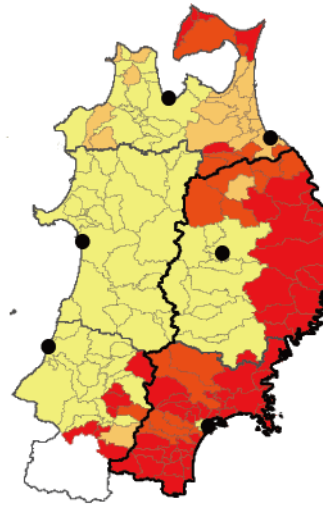
3/15



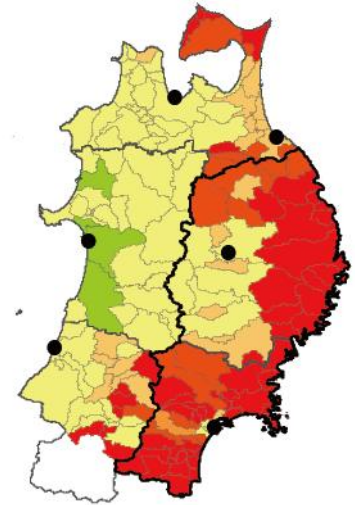
3/18



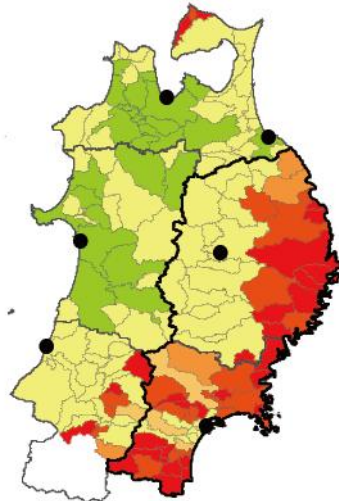
3/22



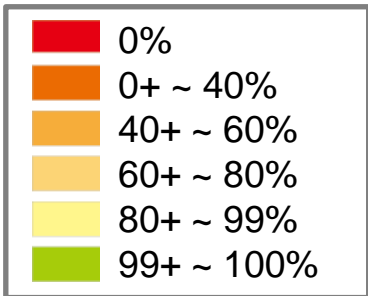
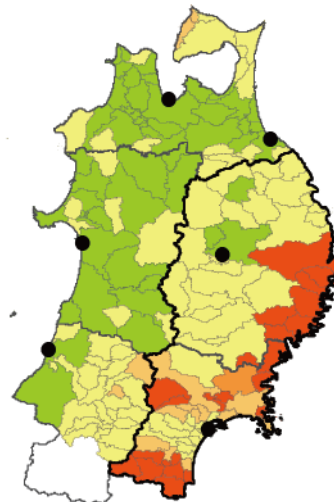
3/25



3/29



4/1



仙台市周辺では  
4/1に需給ギャップ  
がほぼ解消した。

# 仙台市携帯GPSデータの解析

奥村 誠 東北大学災害科学国際研究所

[mokmr@m.tohoku.ac.jp](mailto:mokmr@m.tohoku.ac.jp)

ブンポン 健人 東北大学大学院工学研究科

地域計画科学研究室M2

# 人口分布データの活用

- モビリティ低下 → 行先が変化
  - 人口分布が平常時とは変化

発災前後の中長期間の人口分布データを分析し、モビリティ低下の影響を把握したい

人口分布データとして…

- 1時間毎のメッシュ人口データ
  - NTTドコモ社が採取する位置情報(約80万端末の携帯電話GPSから採取したもの)に対して
  - ゼンリンデータコム社(蓄積・運用を受託)が個人情報に抵触しないように加工・集計



# メッシュ人口データ定義と本研究での使用範囲

## ■ 各端末の時々刻々の座標データを用いて...

- ① 自宅メッシュの推定(前月の座標履歴から)
- ② データ拡大(実県人口と一致するように)
- ③ 1時間毎のメッシュ人口を, そのメッシュから自宅までの距離に応じて集計(=メッシュ人口データ)

## ■ 本研究の対象範囲

- 1辺 $\div$ 250m(4分の1地域メッシュ)に分割した
- 宮城県仙台市の $M=12904$ メッシュにおける
- 2011/3/1~4/30の61日間の1時間毎のメッシュ人口データ

どのくらいモビリティが低下したのか(定量的把握)

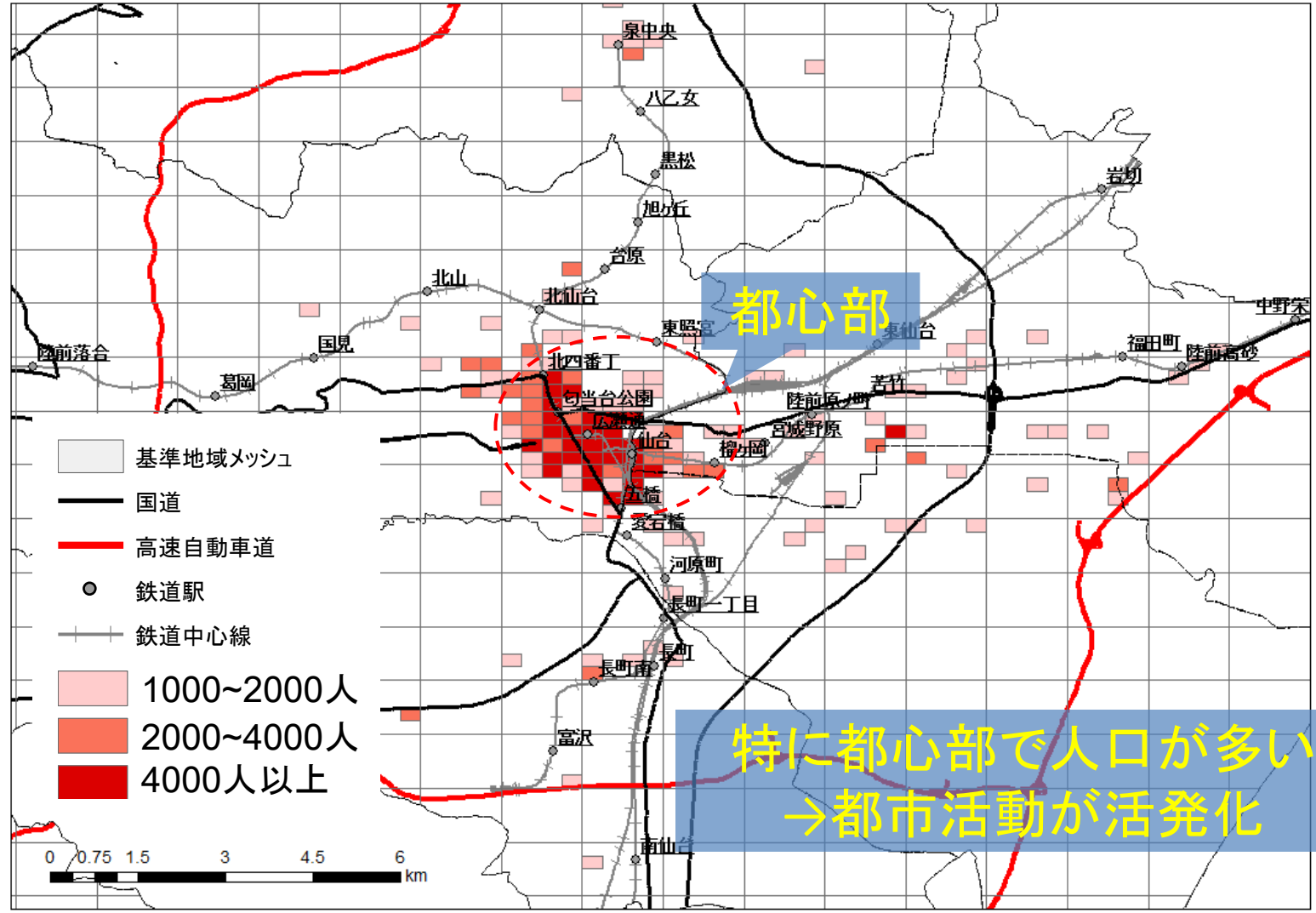
→ その結果, 人口分布がどのように空間的に変化したのか

# 平常時の人口分布の概観

3/1-3/10の平日の分布の平均値

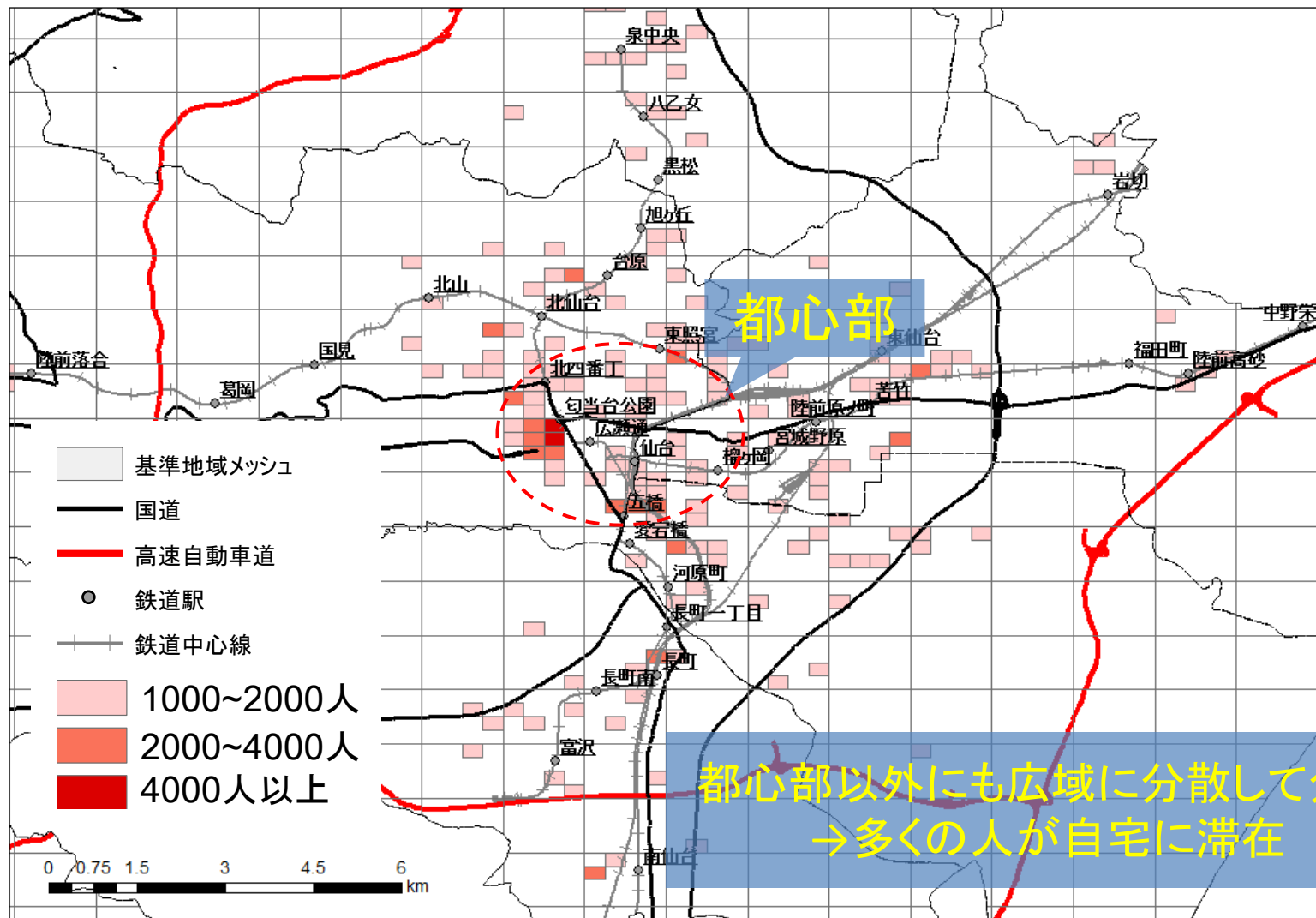
- ◆【早朝】: 2時
- ◆【昼間】: 14時
- ◆【夕方】: 18時

# 【昼間14時(Q<sub>t=14</sub>)】

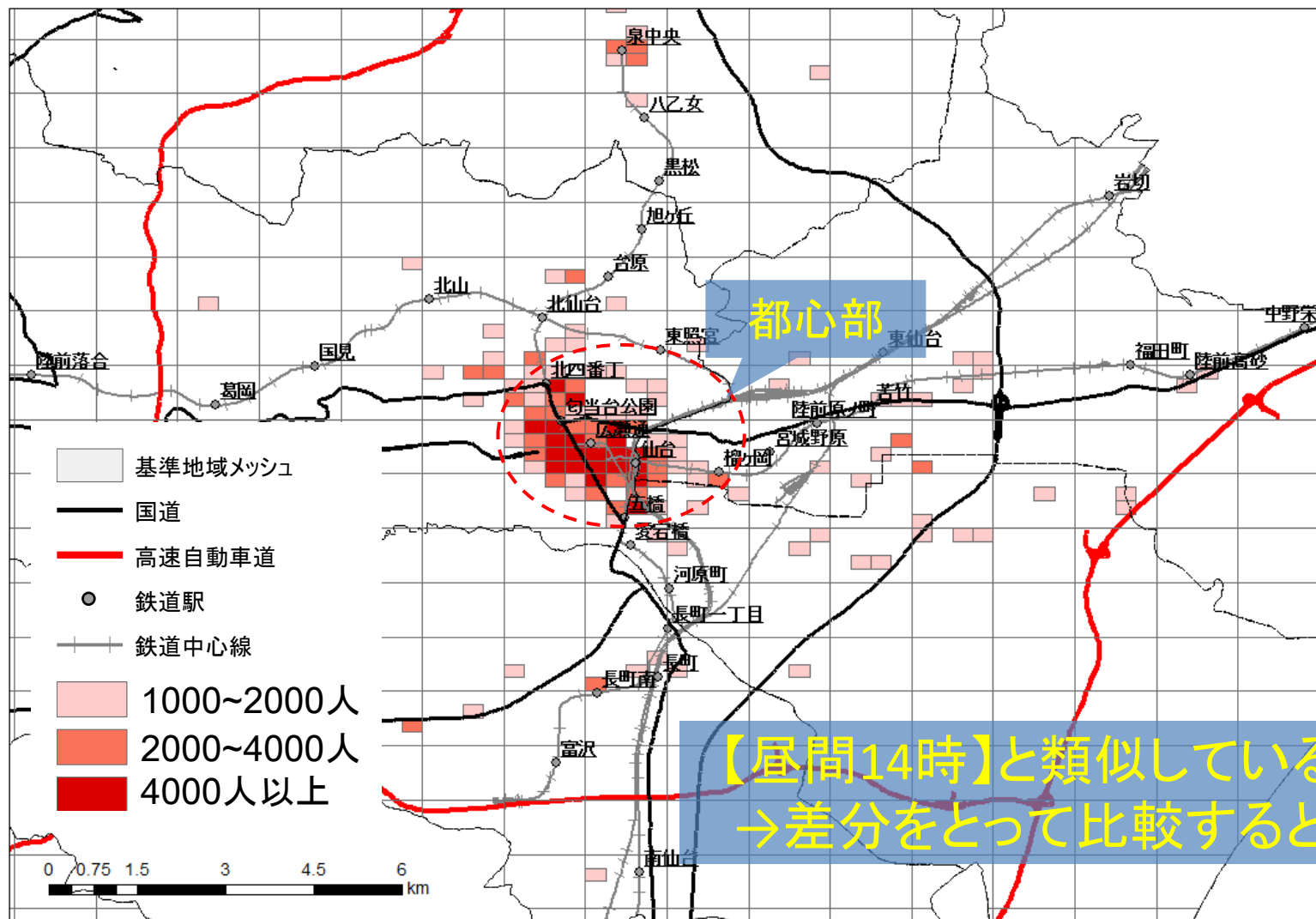


# 【早朝2時 (Q<sub>t=2</sub>)】

注)各メッシュの人口は、  
100万人×人口比率分布として表示

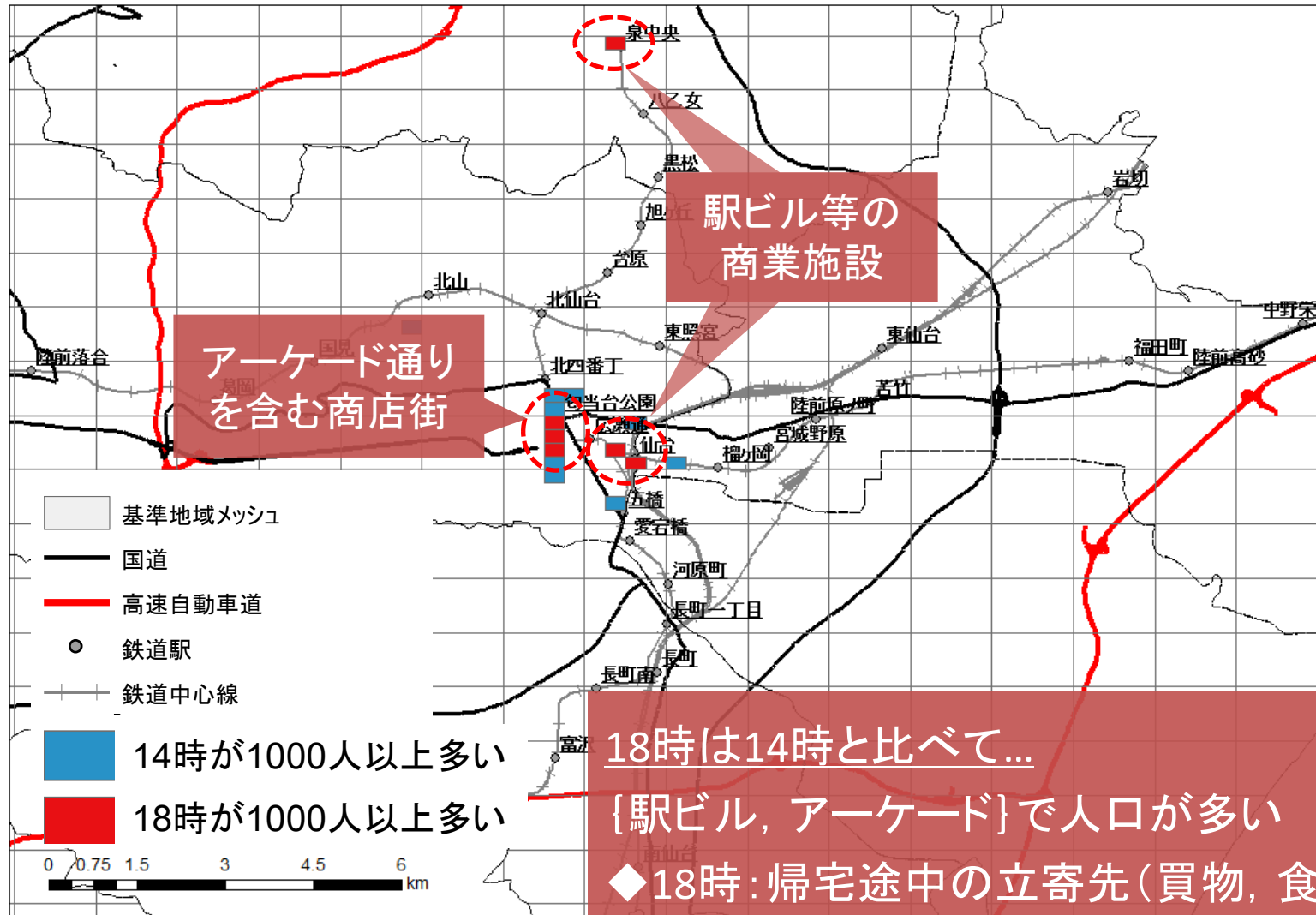


# 【夕方18時 ( $Q_{t=18}$ )】



比較:

# 【夕方18時(Q<sub>t=18</sub>)】-【昼間14時(Q<sub>t=14</sub>)】



アーケード通りを含む商店街

駅ビル等の商業施設

# 時間帯毎の平常時分布の解釈

- 早朝：郊外に広域に分散して分布
  - 2時：多くの人が自宅に滞在している分布
- 昼間：様々な用事で都心部に人口が集中
  - 14時：都市活動が活発に行われている分布
- 夕方：仙台駅・一番町アーケードなどに集中
  - 18時：都心部に人口集中しているが、14時とは異なり、帰宅中の立寄り先（買物、食事）を表す分布

# 発災後人口分布(14時)の分析

◆ 発災後(3/14-4/30)の分布を平常時の分布の混合したものとする

目的変数: 発災後

{日付d, 時間帯t=14}  
の人口比率分布:

$P_{d,t=14}$

説明変数: 平常時

平常時の時間帯Tの人口比率分布

【昼間】  
T=14時

【早朝】  
T=2時

【夕方】  
T=18時

$$P_{d,t=14} = \alpha_{a,(d,t=14)} Q_{T \in \text{昼間}} + \alpha_{b,(d,t=14)} Q_{T \in \text{早朝}} + \alpha_{c,(d,t=14)} Q_{T \in \text{夕方}}$$

制約条件:  $\alpha_{a,(d,t)} + \alpha_{b,(d,t)} + \alpha_{c,(d,t)} = 1$      $\alpha_{a,(d,t)}, \alpha_{b,(d,t)}, \alpha_{c,(d,t)} \geq 0$

【昼間】の係数が大 → 平常時と同じ行動

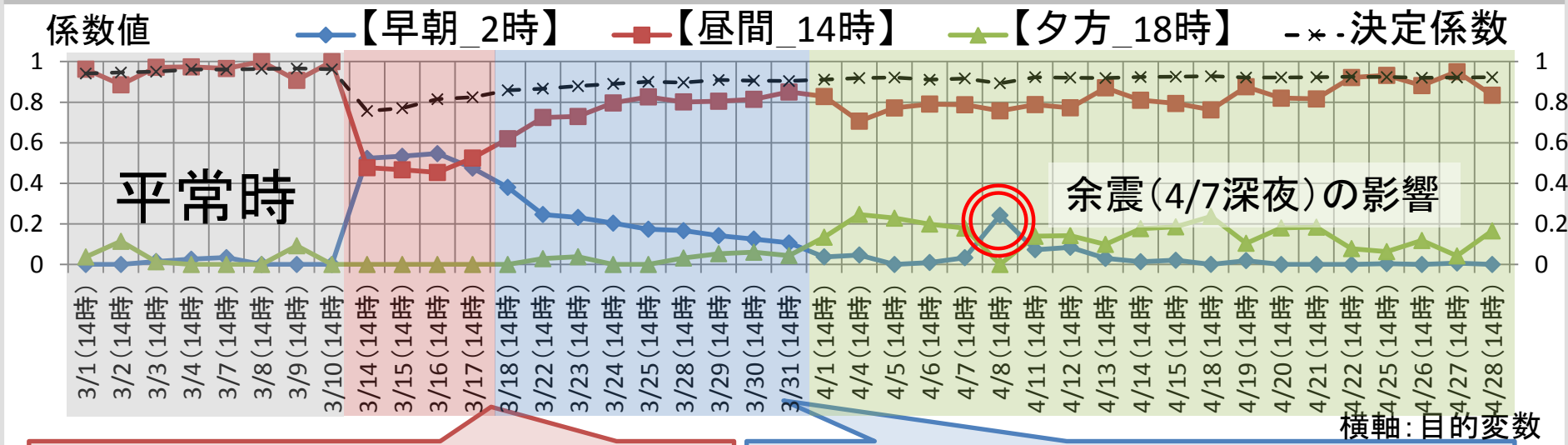
【早朝】の係数が大 → 自宅から動けない

各日付で計算し、  
係数の推移を比較

## モビリティ低下の回復程度を定量的に把握できる



# 発災後人口分布(14時)のモビリティ回復過程



**低下期(3/14-3/17);**  
**【昼間14時】の係数≒0.5**  
 残り50%は【深夜2時】の分布に近い  
 ⇒モビリティ低下し, 自宅に留まる

**回復期(3/18-3/31);**  
**【昼間14時】の係数:0.5~0.8**  
 ⇒平常時通りの行動を取れる人の割合が約80%まで回復

**その後(4/1-4/28);【昼間14時】の係数≒0.8**  
 3月末:【深夜2時】分布に近かった人 → 4月以降:【夕方18時】分布に変わる  
 ⇒4月になるとほぼモビリティは回復するが, 約20%の人は平常時の「帰宅途中の立寄り先」に相当する場所に滞在している

回復時期は一致している。

■ モビリティ低下の定量的把握(14時)

～どのくらいモビリティが低下したのか～

- 発災翌週では人口の約50%のモビリティが落ちた
- 3月末までに、約80%は平常時分布に回復した

■ ガソリン需給バランスの回復時期に一致

- 震災後の港湾石油輸送データと市町村への配分率推定モデルに基づき、東北地方各市町村の需給バランスを推定した。
- 仙台市への供給回復時期は4月1日ごろ
- GPS携帯電話位置データに基づく仙台市内の人口の動きの変化を分析した。
- その回復時期も4月1日ごろで、一致した。

ご清聴，ありがとうございました