

災害後の人口移動から見る 復興の状況

Disaster recovery captured by people's migration patterns

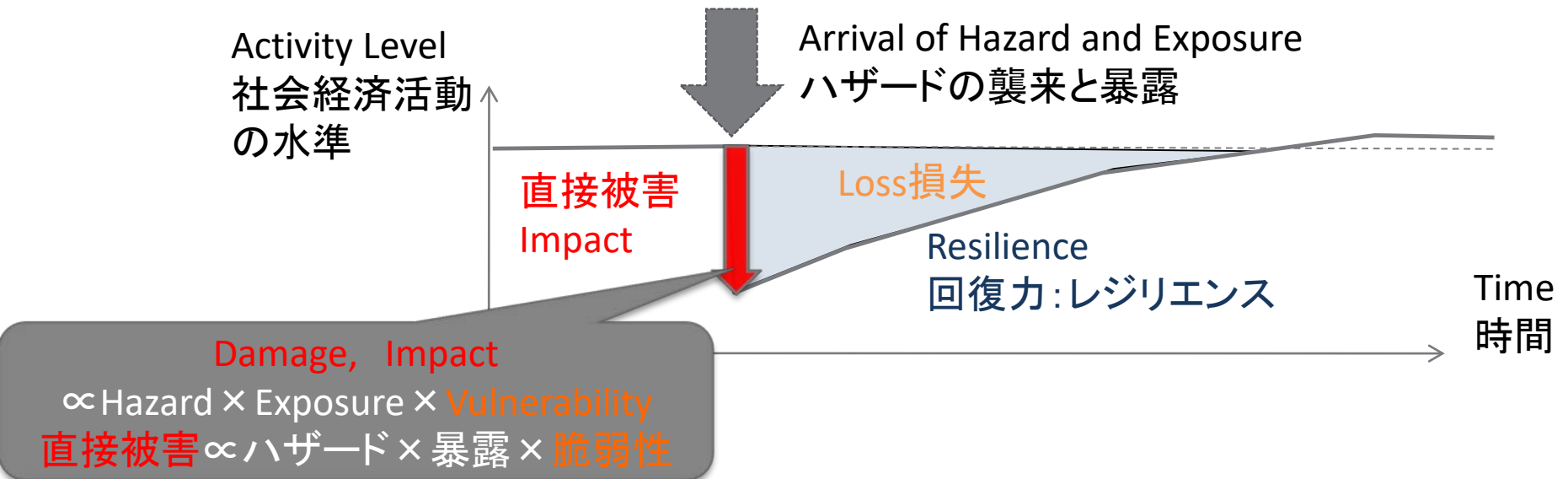
2018.3.8 RIETI BBL seminar

奥村 誠 東北大学災害科学国際研究所 教授

Makoto Okumura IRIDeS, Tohoku University

mokmr@m.tohoku.ac.jp

災害からの回復過程への関心



Prevention: 防災
Decrease Vulnerability
Building Facilities
physically stronger

Aversion: 回避
Decrease Exposure
Land-use control
Quick evacuation

Mitigation: 減災
Increase Resilience
Back-up, storage,
Response, Insurance

自然科学・工学
Natural Science,
Engineering

行動科学、都市計画
Social Science, Behavior
Science, Urban Planning

社会科学, 災害医学
Social Science,
Economics, Medical Science

災害後の人口移動から見る回復・復興の状況

- ◆ 災害からの回復と復興のプロセスについて、人口のデータから解明したい
 - 時間スケールの違う2つの話をします。
- ◆ （研究1）携帯電話GPSビックデータを用いた、人口移動の短期的分析（生活・経済活動に与えた影響の時間的推移の把握）：2016年熊本地震の例
 - 既に論文として公表しています
- ◆ （研究2）人口移動データの長期的分析（災害が地域に与えた長期的な影響の把握）：1973-2013年
 - 現在論文投稿中ですので、引用等をご遠慮ください

携帯電話GPS情報から分かる 熊本地震による行動パターンの 被災・回復過程

土木学会論文集D3 (土木計画学), Vol. 73, No. 5, I_105-I_117, 2017.
平成29年度土木計画学優秀論文賞受賞 (2017.11.4)
DOI: 10.2208/jscejipm.73.I_105

奥村 誠¹ ・ 山口 裕通² ・ 金田 穂高³ ・ 土生 恭祐⁴

¹東北大学 災害科学国際研究所

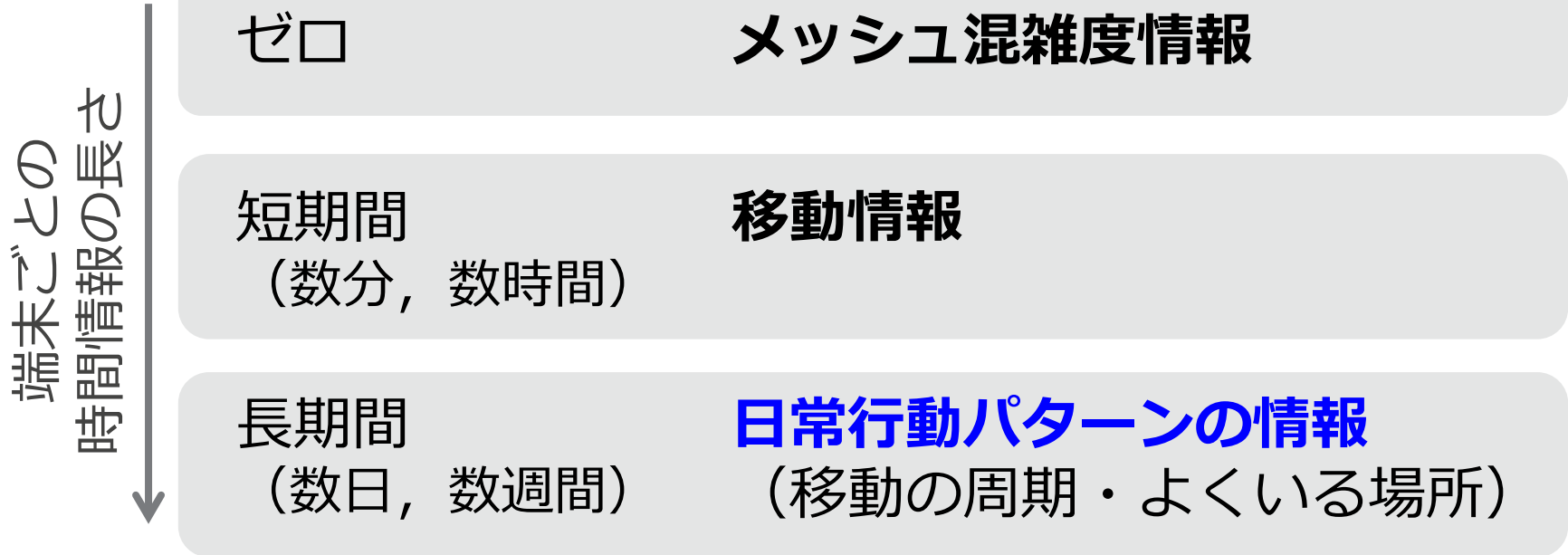
²日本学術振興会特別研究員

^{3,4}株式会社ゼンリンデータコム

本報告は、日本学術振興会科学研究費特別研究員奨励費 15J03532 の成果の一部である。また、データの取得にあたって株式会社 NTT ドコモより協力を得た。この場を借り、ご協力いただいた皆様に心より感謝いたします。

- 携帯電話位置情報データを用いると、
- 災害時にどのような情報を得られるか？
- メッシュ混雑度 （どこに人がいるか？）
 - 詳細移動情報 （避難行動の経路・速度など）
 - + “日常行動パターン”からの乖離
 - ≫ どのような行動パターンへの被災が,
 - ≫ どれだけ長く継続したか？

時間軸の視点からみた、携帯電話位置情報



災害時には、

「日常行動パターンから、どれだけ乖離しているか？」
を、定量的に把握することが可能

→ 災害の規模・影響を定量的に読み取る

利用する携帯電話位置情報データ

◆ゼンリンデータコム社の「混雑統計®」

- NTTドコモが提供する「ドコモ地図ナビ」の
オートGPS機能による位置情報データ
- 利用許諾を得た約50 - 70万人分のデータ
- 位置情報を最短5分ごとに取得

◆分析対象

- 2015/4 ~ 6（発災前）, 2016/4 ~ 6（震災時）
- 熊本県に主拠点・副拠点があり,
副拠点に30h/月以上滞在しているユーザー
（自宅位置 ≠ 勤務地位置であるユーザーのみ抽出）
→ 約3,000人で、地震時の大きなサンプル減はない

本研究向けに作成・取得したデータの概要

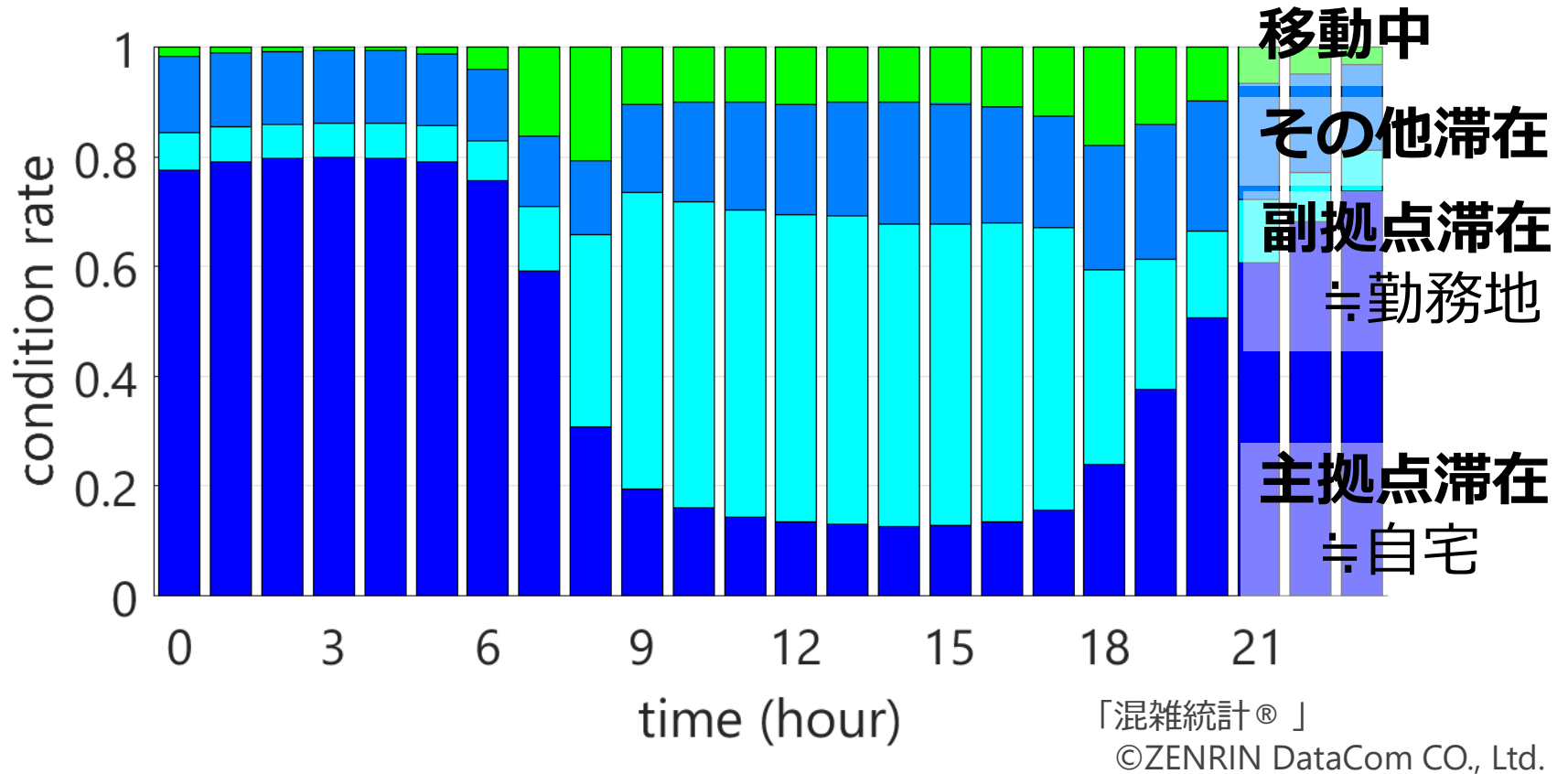
◆「行動状態」の定義・分解

- **滞在** -- 15分以上 半径300mの同心円内に留まる
 - **主拠点** -- 滞在した日数が最も多い半径300m円
 - **副拠点** -- 滞在した日数が2番目に多い半径300m円
 - **その他**
- **移動中** -- 滞在以外の状態

◆提供を受けたデータ

- 期間中の毎時00分の、行動状態4種の集計ユーザー数
 - ※ NTTドコモが非特定化・集計・秘匿化処理によって、個人を特定できないよう処理したデータ

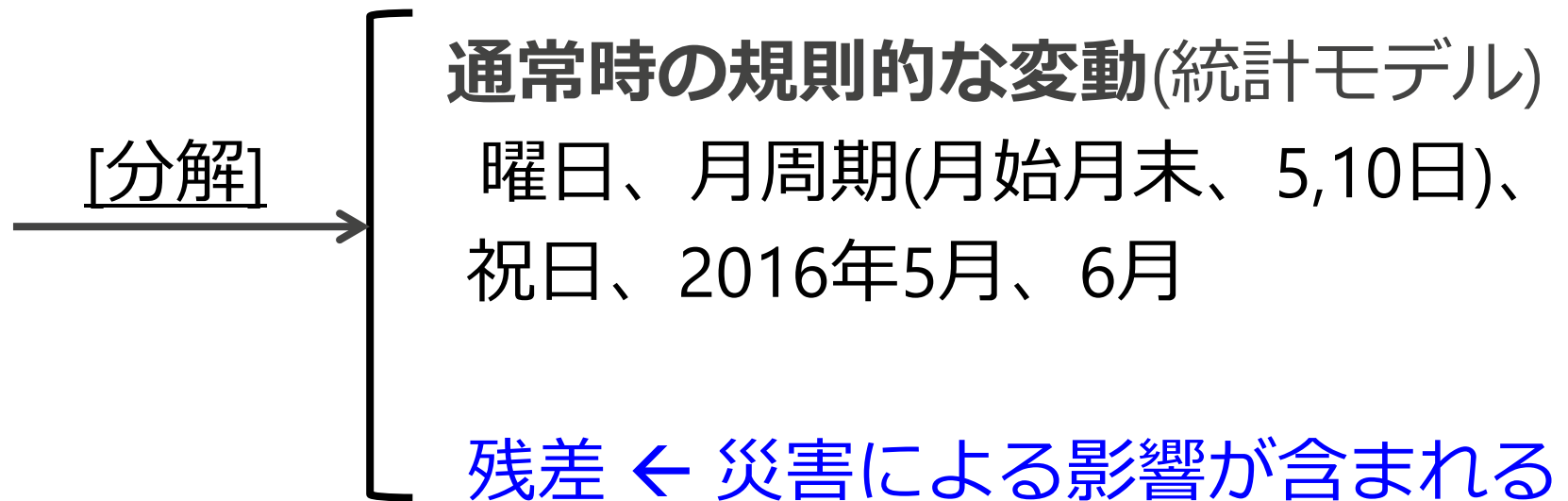
行動状態構成比の時間変動 (2015, 平日平均)



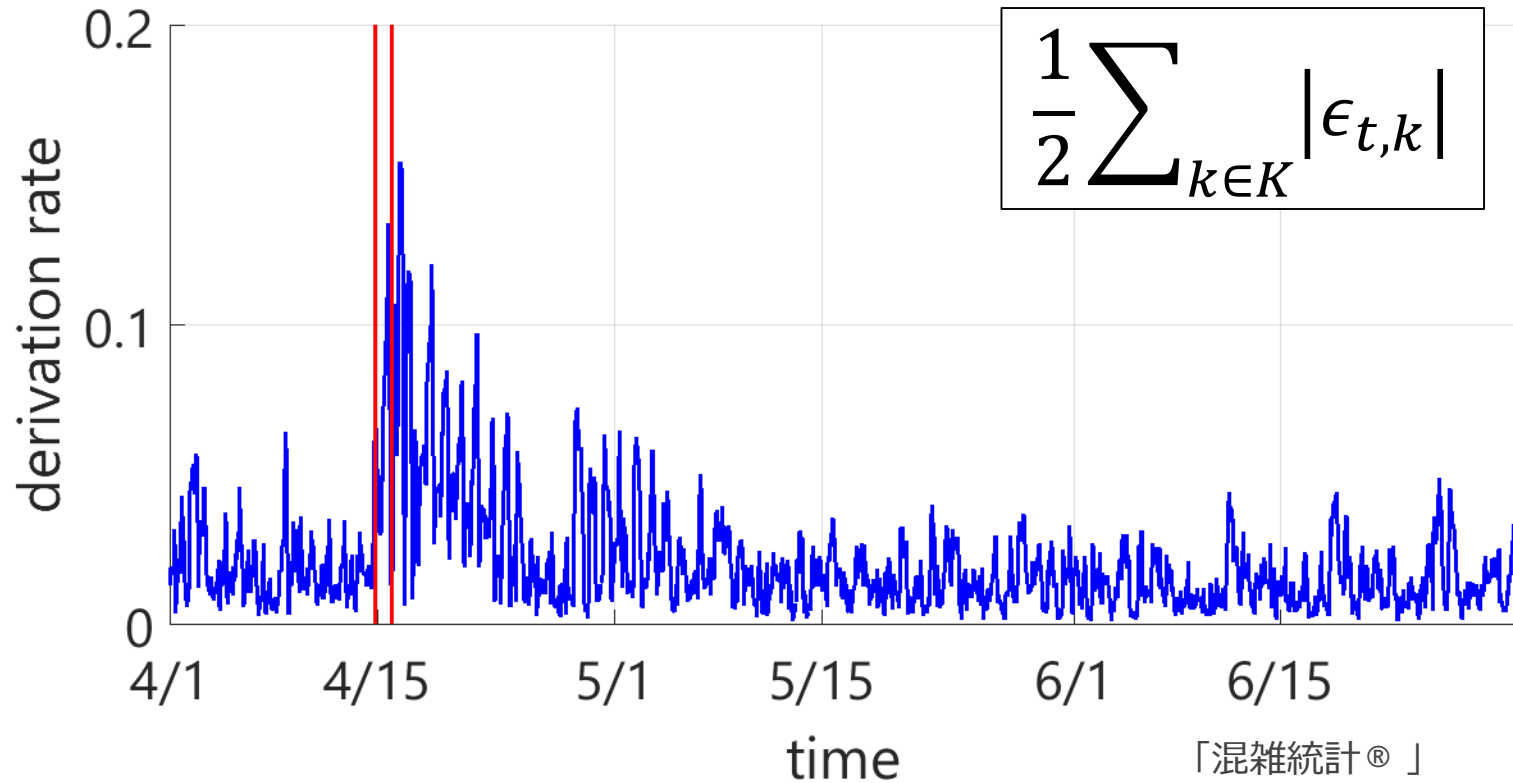
- ◆行動状態の大半が，主・副拠点での滞在
- ◆通常時は，概ね直感通りの周期的変動が得られる

「災害の影響」の抽出方法

◆観測された行動状態構成比の時間変動(時刻別)



熊本県における 残差絶対値の推移

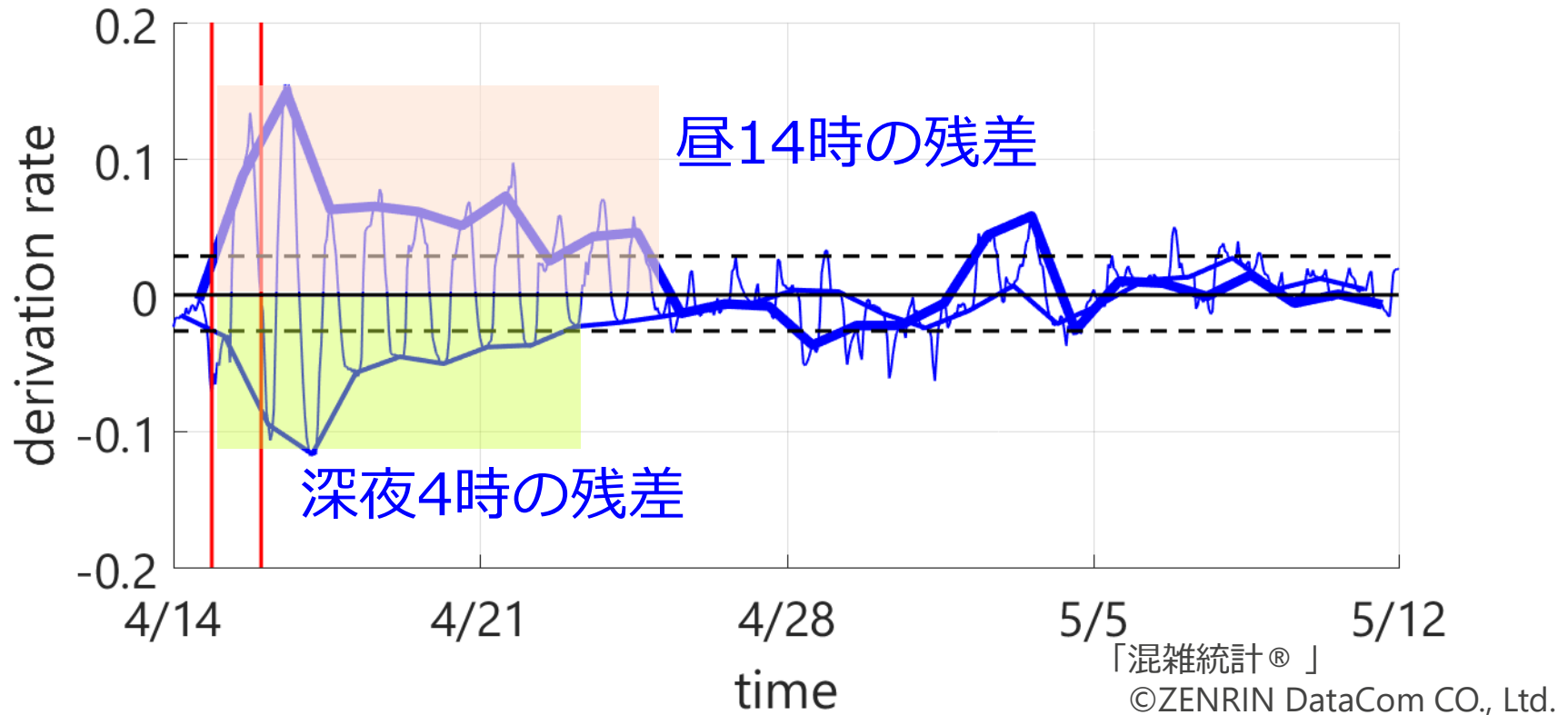


「混雑統計®」

©ZENRIN DataCom CO., Ltd.

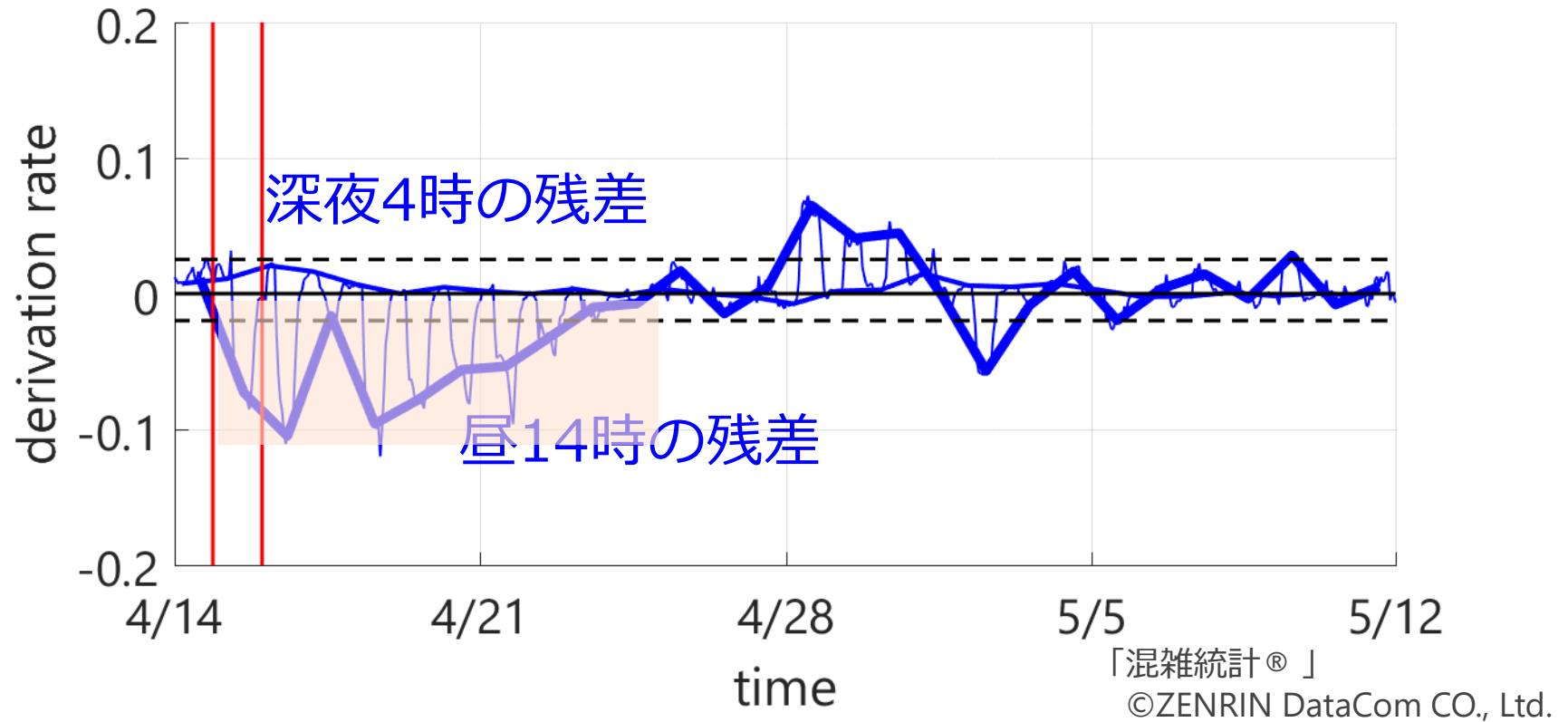
→ 熊本地震発災後に、乖離が大きい期間が10日ほど継続.

熊本県における 主拠点滞在の残差推移



- ◆ 昼間（外出できず，自宅にいた）最大15%、10日間
- ◆ 夜間（自宅滞在できず，避難した）最大12%、8日間

熊本県における 副拠点滞在の残差推移



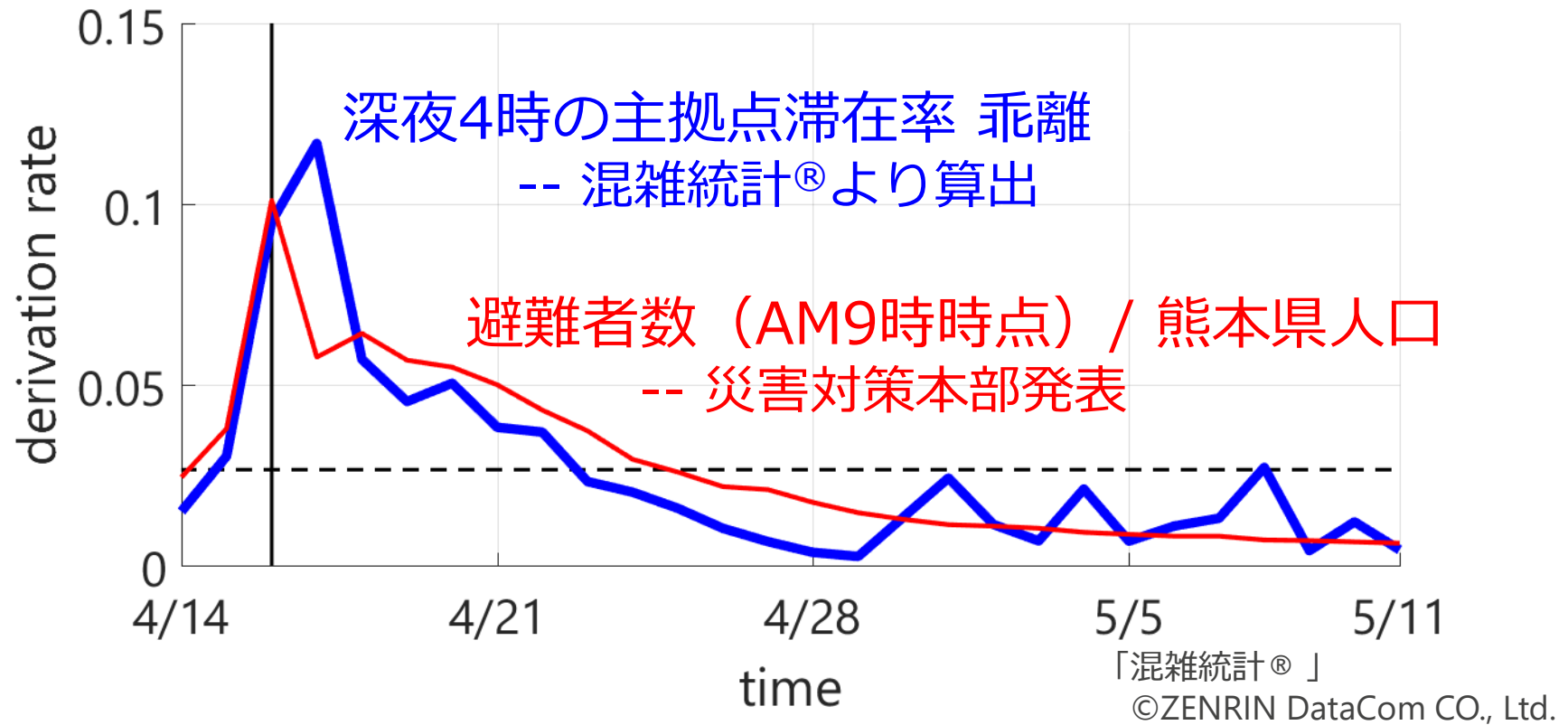
- 昼間の副拠点滞在が減少（業務行動ができなかった）
- 最大12%の乖離があり、9日間継続した。

移動パターンの視点からの熊本地震の被害

(残差 × 人口規模で、被災者数を概算)

- ◆主拠点（自宅）に夜間滞在できない被害：
最大20万人で、8日間5万人以上が継続
- ◆主拠点（自宅）から昼間に外出できない被害：
最大26万人で、10日間5万人以上が継続
→ “自宅被害”とは別の、行動変化・経済的損失

避難者数 vs. 深夜主拠点に滞在できなかった数



- 数量オーダーと推移は、概ね一致している。
- 4/17で大きく乖離。（避難所・自宅以外での滞在？）

まとめ

◆ 「災害による日常行動への影響」

を観測する方法を提案

- 携帯電話GPS位置情報から得られる,
月間で滞在日数の多い2ヶ所に着目
- それぞれの滞在構成率の時間変化から導出

◆ 熊本地震に適用：

- ≫ 自宅・勤務地滞在に対する影響の
大きさと、その回復過程がわかる
- ≫ 夜間の自宅滞在乖離の推移は、概ね避難者数に一致

本研究で作成した災害情報の特徴と発展性

- ◆元データはリアルタイムに取得している
 - 即時に避難者数（＋その場所）を割り出し、
災害時の支援・復旧活動に活用できる可能性
- ◆“回復過程”を定量的に把握することができる
 - “レジリエンス”の議論を定量的に展開する基準になる？
ex. どのような条件の場所では、回復が早かったか？
- ◆物理的な被害に依らない間接的な影響も含まれる
 - サプライチェーン等、
“災害の伝播”の影響を部分的に観測可能

本資料での引用文献・利用データ

引用文献

- 瀬戸寿一・檜山武浩・関本義秀: 平成28年熊本地震における混雑度推計, (<http://sekilab.iis.u-tokyo.ac.jp/wp-content/uploads/ZDCkumamoto160520.pdf>, last access: 2016/7/19)
- 奥村誠: 都市内災害復旧過程の時空間パターンの把握, 都市計画論文集, Vol.50, No.3, pp.402-408, 2015.
- 関本義秀, 中村敏和, 増田祐介, 金杉洋: 大規模なGPS情報をもとにした東京都市圏における震災時の行動分析, 土木計画学・研究講演集Vol.45(CD-ROM), (2012).
- Hara, Y. and Kuwahara, M.: Traffic Monitoring immediately after a major natural disaster as revealed by probe data - A case in Ishinomaki after the Great East Japan Earthquake, Transportation Research Part A, Vol.75, pp.1-15, 2015.

利用データ

- 避難者数情報: 熊本県災害対策本部: 平成28年熊本地震に係る被害状況等について (第72報), (http://www.pref.kumamoto.jp/kiji_15459.html, last access: 2016/7/25).

- 携帯電話位置情報: 混雑統計®データ

「混雑統計®」データは、NTTドコモが提供する「ドコモ地図ナビ」サービスのオートGPS機能利用者より、許諾を得た上で送信される携帯電話の位置情報を、NTTドコモが総体的かつ統計的に加工を行ったデータ。位置情報は最短5分毎に測位されるGPSデータ（緯度経度情報）であり、性別・年齢等の個人を特定する情報は含まれない。

災害が人口移動に与える影響の統計分析 －復旧プロセスの災害規模による相違の検討－

Statistical analysis of inter-prefectural migration after disasters
－ Difference of recovery process after a disaster of different size －



東北大学	災害科学国際研究所	奥村	誠
京都大学大学院	工学研究科	伊藤	航

研究の背景

日本では、地震、水害、雪害など多くの自然災害が発生する



自然災害多発国

軽微な災害

地域内の社会経済活動が
回復→広域支援は不要

深刻な災害

地域内の社会経済活動が
停滞→広域支援が必要

発生した災害がどちらに相当するのかを早期に判定
広域支援の必要性を見極める

研究の目的

日本では、地震、水害、雪害など多くの自然災害が発生する



自然災害多発国

軽微な災害

地域内の社会経済活動が回復→広域支援は不要

自県からの転出増加せず
他県からの転入減少せず
→人口減少なし

深刻な災害

地域内の社会経済活動が停滞→広域支援が必要

自県からの転出増加
他県からの転入減少
→人口減少あり

都道府県別転出入人口を用い、
過去の災害がどちらに相当するのかを区分する。



直後に把握できる災害の規模(罹災率)

統計分析の方針

都道府県別転出入人口

総務省統計局：
住民基本台帳人口移動報告
(1973-2013)

||

災害が起こらなかった場合
のパターン(標準パターン)

+

災害の影響による増減



説明

直後に把握できる
災害の規模(罹災率)

総務省統計局：自然災害統計

以上の考え方に基づき転出・転入モデルを定式化

転出モデル

転出率：期首人口のうち何人が転出したか

$$\log\left(\frac{\lambda_{j,t}}{1-\lambda_{j,t}}\right) = \alpha_j + \gamma_t + D \cdot \sigma$$

標準転出パターン

- 都道府県固有効果
 - 年次固有効果
- で説明(パネル分析)

災害の規模 × パラメータ

(パラメータの正負) = (転出の増減)

転出人口：期首人口1人1人が転出するかを選択した結果

→ 二項分布に従う

最尤法により3種類のパラメータ α , γ , σ を同時推定する

転入モデル

転入地域選択率: t年の全転出者がj県を選ぶ確率

$$\mu_{j,t} = \frac{q_{j,t} \cdot \exp(D \cdot \beta)}{\sum_{j \in J} q_{j,t} \cdot \exp(D \cdot \beta)}$$

災害の規模 × パラメータ
(パラメータ正負) = (転入の増減)

標準転入パターン

t年の県別転出者数と、直前5年間の人口移動ODデータを用いてあらかじめ予測

転入人口: 全転出者がどこに転入するかという選択の結果

→ 多項分布に従う

最尤法によってパラメータ β を推定する

災害の規模Dの分類

- 1.罹災者数を期首人口で除した罹災率を用いる
- 2.罹災率を4つの規模に分ける

罹災率		サンプル数	累積 %
災害未発生	0	296	14.35%
小	0以上 0.0001未満	857	55.89%
中	0.0001以上 0.001未満	587	84.34%
大	0.001以上 0.01未満	276	97.77%
巨大	0.01以上	47	100.00%

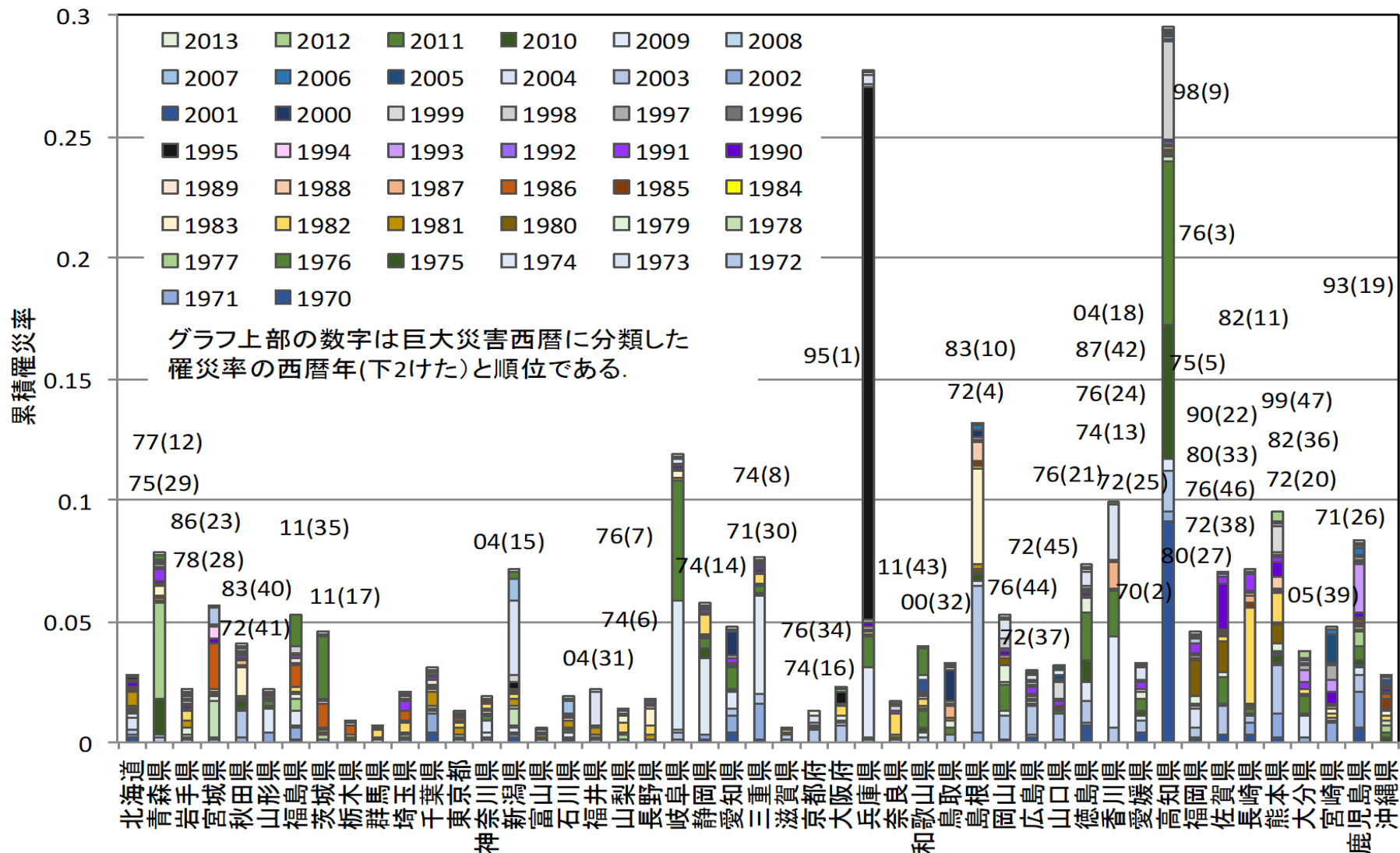
※都道府県毎, 1年の罹災率を1サンプルとする

※沖縄1970~1974年を除く 出典: 自然災害統計(1970-2013)

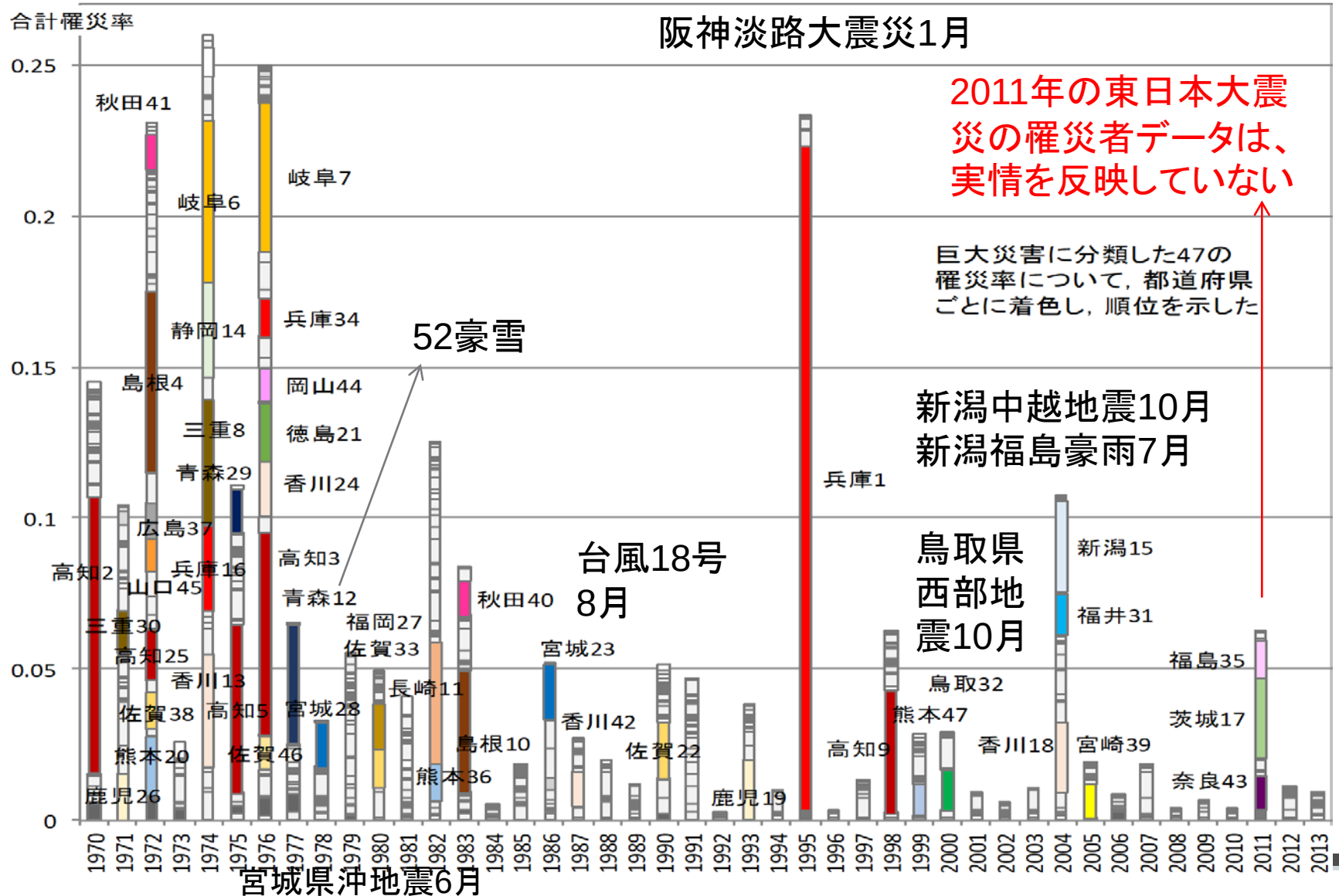
- 3年前までの罹災率を用い
災害の規模別に影響の時間遅れを考慮する
ただし, 阪神大震災, 東日本大震災の影響を除いて分析する

罹災率の空間的分布

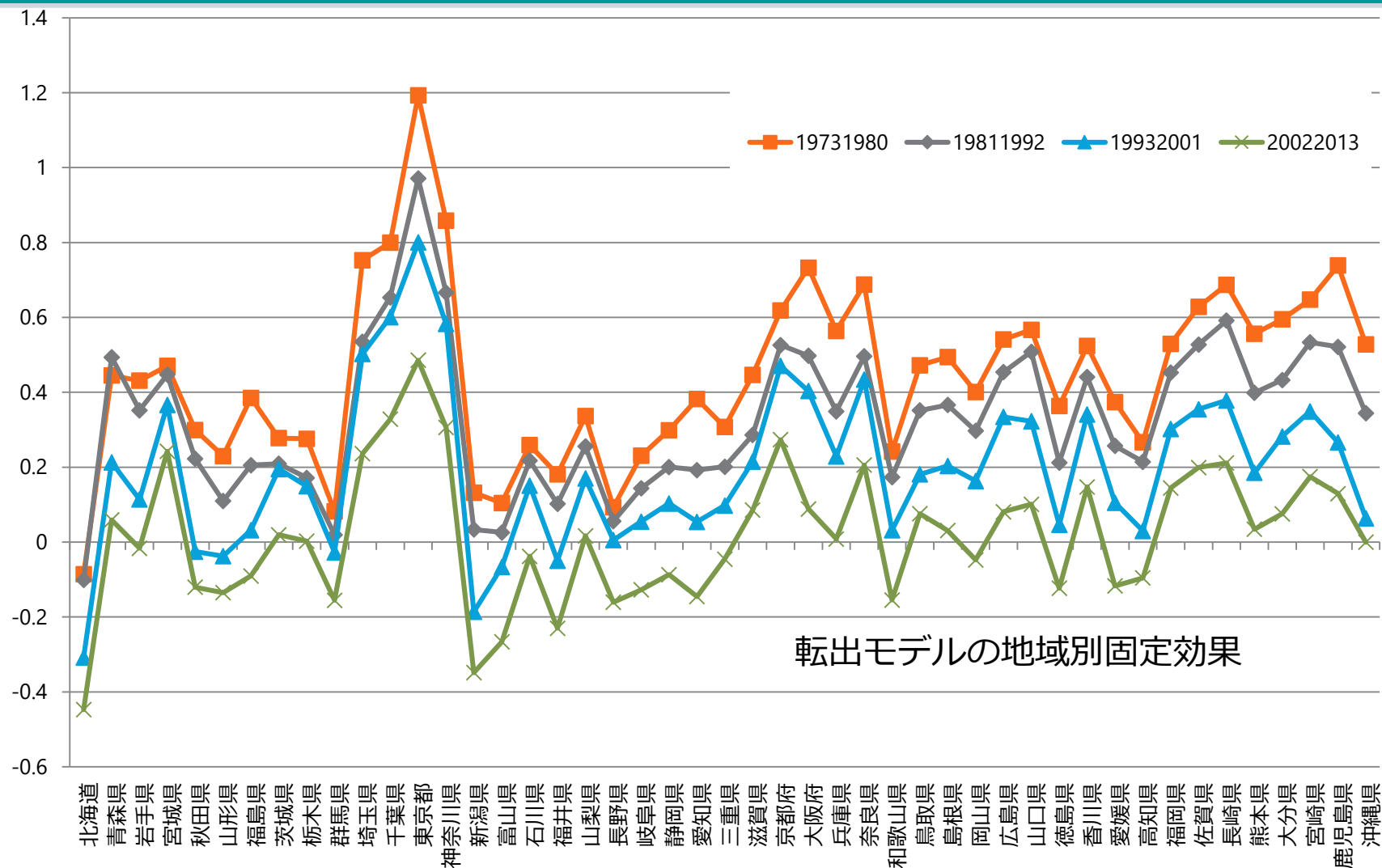
阪神淡路大震災のほかは、ほぼ豪雨を受ける西日本で大きい。(高知、島根、九州) 東海地方、新潟、東北が続く。



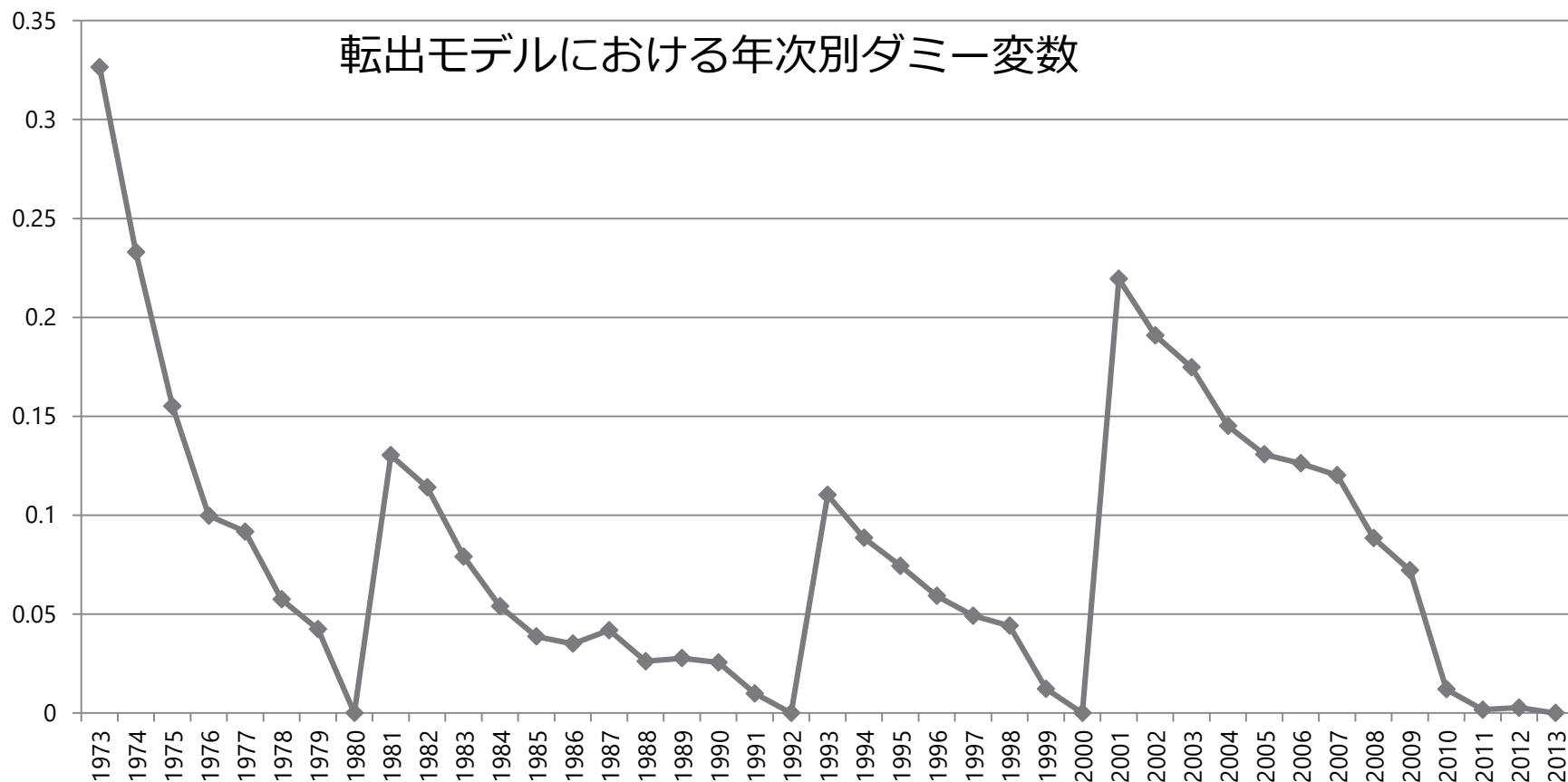
罹災率の時間分布



都道府県別の固定効果（転出モデル）

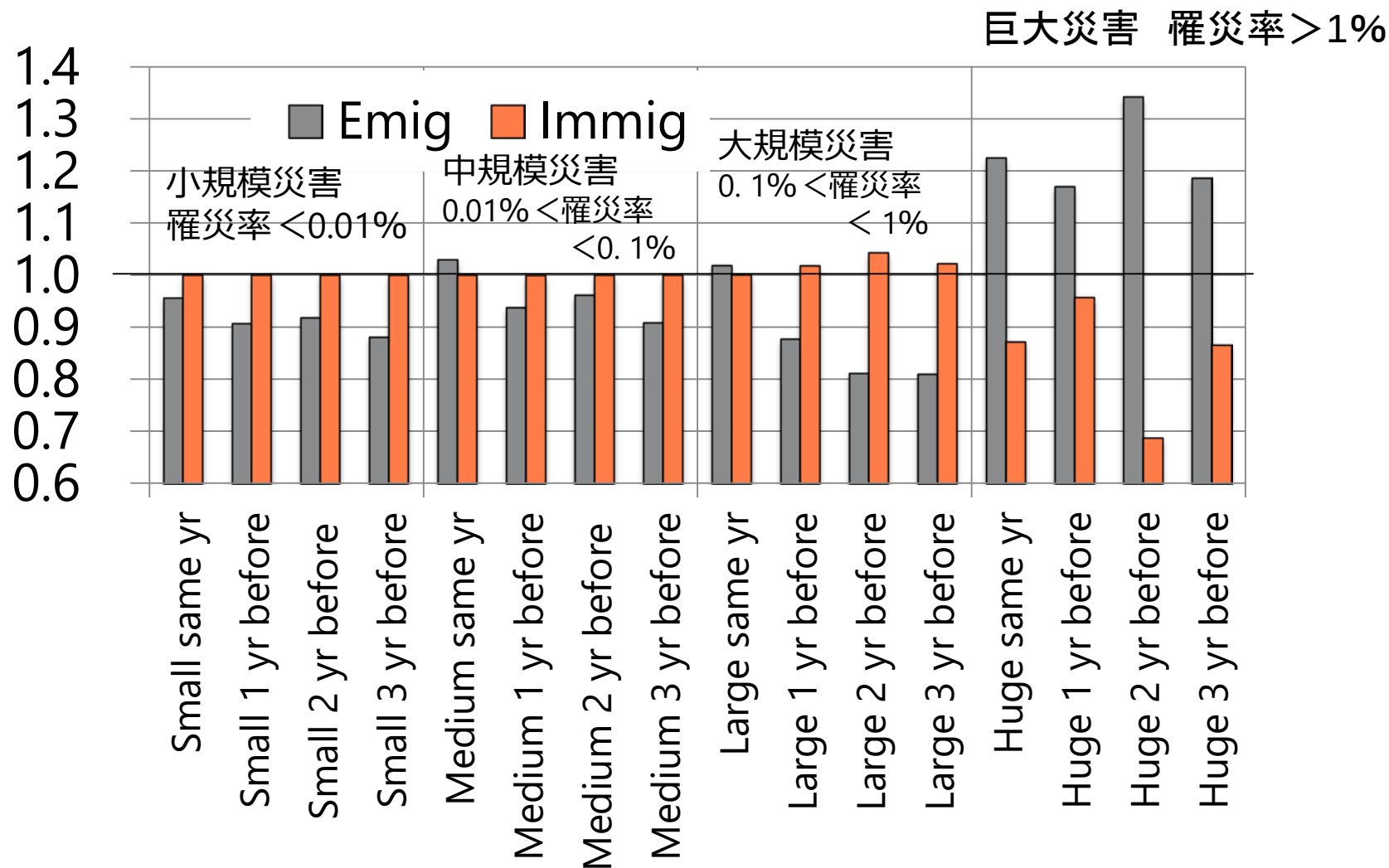


転出モデルにおける年次別固定効果



異なる地域別固定効果を導入した時期ごとに、一貫して減少している ⇒ 転出率は、経年的に一貫して低下し続けている

異なる規模の災害ごとの転出・転入への影響



本研究のまとめ

- ・ 規模の異なる災害毎に転出入への影響の違いを明らかにした

- 小・中・大規模災害（罹災率0.01未満：全体の98%）
 - ・ 当年の転出増はあっても翌年以降転出減となる
 - ・ 転入への悪影響（転入減）は起こらない

人口減少なし



広域支援は不要

- 巨大災害（罹災率0.01以上：全体の2%）
 - ・ 転出増と転入減が少なくとも3年間続く

人口減少あり



広域支援が必要

参考

- ◆ 高島正典・林春男：電力消費量時系列データを利用した復旧・復興状況の定量的把握手法—阪神・淡路大震災への適用—，自然災害科学，No 18-3，1999
- ◆ 柄谷友香・高島正典・林春男：時系列分析に基づく被災地の復興過程の定量的評価に関する考察，地域安全学会論文集，No 8，2006
- ◆ 小池司郎：東日本大震災に伴う人口移動傾向の変化—岩手・宮城・福島の県別，市町村別分析—，季刊社会保障研究，2013
- ◆ 阿部 隆：東日本大震災による東北地方の人口変動（続報），人間社会研究科紀要 第 21 号，2015
- ◆ 古橋峻・奥村誠：長期人口統計における巨大災害の影響抽出の試み，2011. 11. 25，長良川国際会議場，土木計画学研究・講演集(CD-ROM)，Vol.44，No. P25，2011
- ◆ 橋本奈保・川脇康生：東日本大震災の人口移動の要因分析，Japan NPO Research Association Discussion Papers，2015
- ◆ 久保拓弥：『データ解析のための統計モデリング入門』，岩波書店，2012