

長距離旅行行動の時系列変動における，異常変動の抽出方法の提案

金沢大学 学生会員 ○大村暁子

金沢大学 正会員 山口裕通

金沢大学 正会員 中山晶一朗

東京工業大学 正会員 福田大輔

1. はじめに

近年，我が国では大規模災害や異常気象が多発している．このような災害時には，通常とは異なる人の移動行動が起きる．交通機能はこのような異常行動にも対応することが求められる．災害にも対応可能な交通機能を考えるために，我が国の過去の災害時にどのような異常行動が発生したのかを明確化する必要がある．

近年は，携帯電話位置情報データなどの，大サンプルかつ広範囲，時間的継続性にすぐれた位置情報などのデータが利用可能になりつつある．このデータを用いることで，災害時を含む長距離移動行動の長期間の時間変動を把握することが可能である．池田ら(2017)¹⁾では，上述の携帯電話位置情報データの1つであるモバイル空間統計を用いて，異常時の人の行動を分析できることを確認している．しかし，この研究では，観測された数値をそのまま利用して避難者数やボランティア人数を推察にとどまっている．通常時の時間変動と区別して異常時の人の行動を抜き出すためには，避難所の位置情報のような追加情報が必要である．

一方で，通常時の人間の移動行動には，時間的に規則的・周期的な変動が大きいという特徴がある．例として，お盆やお正月，ゴールデンウィーク(GW)などの長期休暇には長距離旅行行動が多いことや，ビジネス流動のパターンは平日に多いことなどが挙げられる．そのため長期間の時間変動を分析し，周期的・規則的な変動を理解・分離することで，時間変動データのみから，より精度の高い災害時の異常変動を抽出することができる可能性が高い．

そこで，本研究では，周期変動・休暇パターンモデルと L1 ノルム最小化法を用いて，位置情報の時系列変動データから，周期的・規則的な変動を除去し

て異常変動を抽出する方法を提案する．そして，携帯電話位置情報による長距離旅行データに適用し，熊本県のデータに適用することで，2016年4月の熊本地震における異常変動の把握を行う．

2. 長距離旅行行動の異常変動の抽出方法

(1) 利用データ：モバイル空間統計

本研究では，ドコモインサイトマーケティング社が販売するモバイル空間統計による居住地・滞在地表データを用いる．このデータは，約7千万台ものNTTドコモの携帯電話の運用情報を用いて，属性別人口分布を推計したものである．本研究では，熊本県居住地の13時の人口滞在分布表データを用いる．期間は熊本地震(EQ)を含む2014年3月1日から2016年8月31日まで(D)を対象とする．以降ではこのデータによる人口推計値を $q_{j,d}$ と記す．このうち， j は滞在地ゾーン， d は日付を意味する．

(2) L1 ノルム最小化による異常変動抽出方法

本研究では，観測値 $q_{j,d}$ は式(1)のように表現されると考える．

$$q_{j,d} = \mathbf{X}_{year,j,y(d)} + \mathbf{X}_{week,j,w(d)} + h(\mathbf{X}_{holiday,j}) + e_{j,d} \quad (1)$$

つまり，観測の人口推計値 $q_{j,d}$ は，365日周期の成分 $\mathbf{X}_{year,j,y(d)}$ と7日周期の成分 $\mathbf{X}_{week,j,w(d)}$ と祝日連休項 $h(\mathbf{X}_{holiday,j})$ と異常変動分の $e_{j,d}$ の和である，と考える．祝日連休項 $h_{j,d}$ については連休の長さに応じた関数であり，このとき， $y(d)$ は日付 d の月・日を， $w(d)$ は曜日を示す関数であり，それぞれ365日，7日ごとに同じ値となる．

本研究では，周期的変動成分である， $\mathbf{X}_{week,j}$ と $\mathbf{X}_{year,j}$ を式(2)の異常変動成分のL1 ノルム最小化から推定することを通じて，異常変動を抽出する．

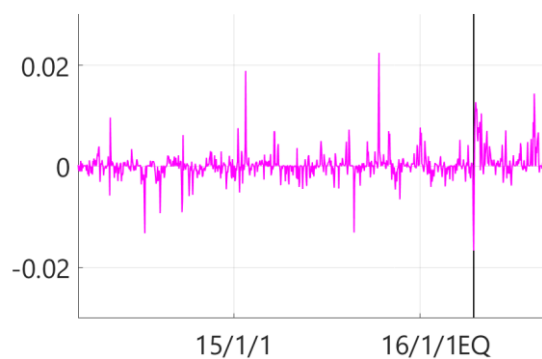


図-1 熊本県の旅行率における異常変動

$$\min_{\{X_{week,j}, X_{year,j}, X_{holiday}\}} \sum_{d \in D} |e_{j,d}| \quad (2)$$

なお, L1 最小化を用いることで“ほとんどの日付”で e が 0 に近い値となるように推定され, 異常変動が発生したごく少数の日付の影響をあまり受けずに通常時の周期的・規則的変動を示す X が推定される。

3. 熊本地震時の異常変動

図-1 は, 熊本県居住者の旅行割合でデータから得られた異常変動値 $e_{j,d}$ である。この図から, 2 年半の期間中に熊本地震時を含めていくつか大きな乖離(異常変動)があることが分かる。

つぎに, 熊本県居住者から福岡県滞在人数と大分県滞在人口滞在分布の異常変動を抽出し, 地震発災直後の部分を示したものが図-2 である。図-2 を見ると, 熊本地震による影響は, 福岡県滞在と大分県滞在で大きく異なる時系列変動になっていることが分かる。福岡滞在人数は地震発災直後に 1 万人近く減少し, その直後には逆転し 2 週間ほど通常時より多い状態が継続している。これは地震直後には交通ネットワークが一時的に遮断され, 福岡県への移動が困難になり, 滞在人数が大幅に減少したと推察される。しかし, すぐに交通機能が回復した後は通常時よりも 1 万人も多い熊本居住者が福岡県に滞在するようになり, 2 週間をかけてこの人数は徐々に通常時と同じ量に戻っている。

一方で, 大分滞在人数は地震発災直後には大きな変化はないが, ゴールデンウィークにおいて大きく減少していることが分かる。これは, 大分県への幹線

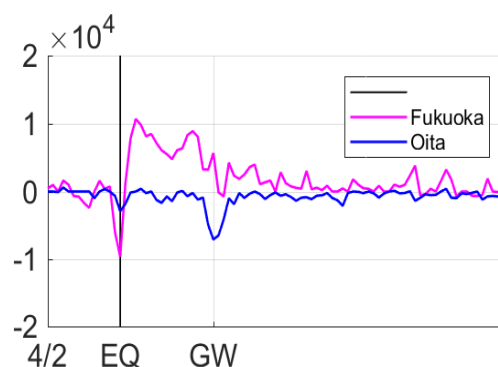


図-2 熊本居住者・福岡滞在人数と大分滞在人数の異常変動

道路である国道 57 号線の長期的途絶による影響の結果, 大分方面への観光行動が大きく阻害されたと推察できる。

4. おわりに

本研究では, 時系列滞在分布データから異常変動を抽出する方法を提案し, 熊本地震への適用を行った。その結果, 福岡県での滞在増加, 交通機能途絶の影響を明らかにすることができた。これらの情報は, 災害時に交通ネットワークが求められる機能を示すものであり, 災害対策における有益な情報であると考えられる。

謝辞: 本研究は, 科学研究費補助金・基盤研究(B) 26289171 (代表: 石田東生), 若手研究(B) 17K14736 (代表: 山口裕通) 支援を受けて行われた。この場を借り, ご協力いただいた皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) 池田 大造, 渋谷 大介, 今井 龍一, 太田 勝也, 金井 翔哉, 新階 寛恭, 円山 琢也: 携帯電話網の運用データに基づく人口統計を用いた熊本地震における避難者およびボランティアの行動に関する考察, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol. 55, 2017