

時系列人口分布データによる 災害情報に対する人の行動分析

銭谷 直樹¹・山口 裕通²・奥村 誠³・中山 晶一郎⁴

¹学生会員 金沢大学大学院 自然科学研究科 (〒 920-1192 金沢市角間町)

²正会員 金沢大学助教 理工研究域地球社会基盤学系 (〒 920-1192 金沢市角間町)

E-mail: hyamaguchi@se.kanazawa-u.ac.jp

³正会員 東北大学教授 災害科学国際研究所 (〒 980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 S-502)

E-mail: makoto.okumura.b6@tohoku.ac.jp

⁴正会員 金沢大学教授 理工研究域地球社会基盤学系 (〒 920-1192 金沢市角間町)

E-mail: nakayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

日本では近年、災害化する異常気象が多発している。低頻度で発生する災害に対して、行政や公共交通機関などが避難勧告、緊急速報メール、将来時点の交通情報などの様々な災害情報が発信されている。しかしこれらの災害情報が発信されたときの人の移動行動の変化を定量的に分析した研究は現在ほぼないのが現状である。そこで本研究では既存研究を参考に時系列混合ガウスモデルを構築し、そのモデルを実災害時の時系列データに適用した。過去に発生した災害を例に、携帯電話位置情報データから人の移動行動の変化を統計的に推計した。その結果、以下の2点が明らかになった：1つ目は、人は行政の発表に対してもあまり危険回避行動をとらない。2つ目は、いくつかの条件の下では大きく行動を変える可能性がある。これらの成果はより効果的なソフト対策の検討に重要な示唆を与えるものである。

Key Words: *disaste related information, mobaile phone locatiuon date, human behavior during a disaste*

1. はじめに

近年、日本は災害化する異常気象・大規模豪雨が多発している。例えば、平成 29 年 7 月九州北部豪雨、平成 30 年 7 月豪雨などである。

このような状況を踏まえ、国土交通省では平成 27 年 1 月に「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」¹⁾を打ち出した。ここでは、「比較的発生頻度の高い降雨等」に対しては施設によって防御することを基本とするが、それを超える降雨等に対しては、ある程度の被害が発生しても「少なくとも命を守り、社会経済に対して壊滅的な被害が発生しない」ことを目標としている。低頻度で発生する最大クラスの大雨等に対して、施設によるハード対策だけで守り切る戦略は、財政的にも社会環境・自然環境の面からも現実的ではない。そのため従来のような「防災」だけの取り組みだけではなく「減災」も必要となってくる。

「減災」の代表的なものとしては、避難勧告、大雨特別警報や将来時点の交通情報などの様々な災害関連情報の発信による避難誘導が挙げられる。災害発生時における迅速な災害関連情報の伝達は、災害が迫りくる不安の中で避難者が効率よく非難する一助となり、自然災害の人的被害を軽減するために有効と考えられる。

他の減災対策として計画運休が挙げられる。計画運

休は鉄道などの公共交通機関が、悪天候で運行への影響が予測される場合に、あらかじめ告知した上で運休を実施するものである。JR 西日本が 2014 年 10 月、台風 19 号の接近に備え、公共交通機関で初めて大規模に実施した²⁾。それ以降、他の私鉄、JR 各社も大規模台風の接近に際して実施している。近年頻発している災害化する豪雨に対して、列車の立ち往生などによる混乱の防止や乗客の安全確保に有効な対策として注目を集めている。

しかしこのように災害関連情報の配信や計画運休が実施されているが、その災害時の人の移動行動を定量的に分析した研究は現在ほぼないのが現状である。災害時の人の移動行動のような動的に変化する事象の分析を行うことにより、災害時の人々の移動の実態を捉えられ、災害関連情報、計画運休の効果測定など、防災計画の高度化に寄与することができる。

そのような常に流動する災害時の人の動きを分析するには、高頻度で人の移動行動を把握することのできる人の位置情報データが必要である。近年、人の移動行動を捉えることのできるモバイル空間統計などの携帯電話位置情報データが登場した。モバイル空間統計は携帯電話の基地局との通信情報を活用して推計される携帯電話利用者の位置情報であり、このデータを統計的な推定によりエリア内における 1 時間ごとの滞在

人口を推計して算出することが可能である³⁾。

以上の問題意識から、本研究はこのモバイル空間統計を用いて、豪雨時に人々はどのような移動行動をしたのか、という疑問に答えることを目的とする。

2. 本研究の位置づけ

本章では、従来型の人の移動行動データとその研究、災害時の人の移動行動に関する研究をそれぞれ整理したうえで、本研究の位置づけを述べる。

これまでの種々の行政の移動行動に関連する計画策定には、主に国勢調査とパーソントリップ調査のデータが利用されてきた。国勢調査は日本に住んでいるすべての人及び世帯を対象とする最も基本的な人口統計調査で、国勢調査から得られる基礎情報は将来に向けた様々な施策を立案・推進するために国や地方公共団体の地域の振興、住みよい街づくり、防災対策など、政治・行政において利用されることはもとより、民間企業や研究機関でも広く利用されている。一方で、パーソントリップ調査（PT 調査）は、「都市圏内での人の移動」に着目した調査であり、ある人の平日の1日の動きを調査した上で、それぞれの移動（トリップ）の鉄道や自動車、徒歩といった交通手段情報を取得している。そして、これらを集計してODペア・リンクごとの交通手段分担率や交通量などを調べている。そして、PT調査から把握される、都市圏における複雑で多様な交通実態を用いて、将来時点における交通状態を予測し、円滑な都市機能を確保するためのインフラ整備の検討を行っている。

しかし、これら2つの調査は調査期間の間隔が長く、人口の流動の実態を、常に反映できているとは言い難いという課題がある。さらに、いずれも通常時の人の移動行動に留まっており、災害時に人がダイナミックに移動する行動実態を把握することは不可能である。

本研究で利用するモバイル空間統計に関する既往研究では、モバイル空間統計そのものの活用の将来性を検討したもの（寺田，2014；松原，2017）^{4),5)}、日夜間の滞在人口変化を分析し、各地区の特性評価を行う手法を検討・提案したもの（渋川ら，2018）⁶⁾ などがある。

近年、ほぼ全国範囲で継続的かつ1時間単位という細かい時間間隔という、空間的にも細かい人口情報を把握することができるモバイル端末の位置情報データの活用が進みつつある。しかし、このデータを活用して「災害時の異常行動」を明らかにする方法論は、まだ十分に確立されていない状態である。そこで本論では、携帯電話位置情報を活用することで、これまでの研究ではほとんど実施することが不可能であった、災害時の人の移動行動の実態を定量的に把握するモデルを提

案する。そのうえで通常時と災害時における人の移動行動の差異を、実際の災害を例に取り上げ分析する。

3. 本研究で利用する人口分布データ

ドコモの携帯電話ネットワークは、ドコモが管理する各基地局のエリア毎に所在する携帯電話を周期的に把握している。モバイル空間統計とは、各基地局が管轄するエリア内のNTTドコモの携帯電話台数から、都市における人口分布を推計したものである。モバイル空間統計は人口分布、性別・年齢階層別人口構成、地域間の移動人口からなる。推計対象となる空間的な範囲は、携帯電話のサービスエリアとほぼ等しい。また、モバイル空間統計はおおよそ1時間毎で継続的にデータを取得している。

モバイル空間統計は、その仕組み上、いくつかの留意点がある。まず各基地局のエリア単位で把握される運用データが基礎となるため、メッシュデータの空間解像度は基地局の密度（数百m～数千m間隔）に依存する。また推計対象とする人口の範囲は携帯電話の利用人口に依存する。そのため、真の滞在人口とモバイル空間統計により推計された人口の間には誤差が生じる。またプライバシーの保護に十分に留意する必要がある。モバイル空間統計は(1)人口統計の作成に不要な電話番号の様な個人を識別できる情報を運用データから除去する「非識別化処理」、(2)性別・年代別などの属性別に携帯電話の台数を数え、ドコモの携帯電話の普及率を加味し人口推計を行う「集計処理」、(3)推計人口のなかで少ない人口を除去する「秘匿処理」の三段階の手順で作成される。このような手順により、個人を特定することはできないように配慮されている⁷⁾。

4. 時系列混合ガウスモデルによる異常変動の検知

(1) モデルのアイデア

本研究では、モバイル空間統計データによる人口推移情報を、災害がない「通常時」と「災害時」に比較・分離することで、災害関連情報配信下における人の移動行動を定量的に推測する方法を提示する。

本研究では、任意エリア内における人の移動行動の時系列推移について分析する。ここで、この移動行動の時間変動パターンは、大きく2つに分解できると考えモデルを構築する。1つ目の時間変動パターンは、人の移動行動パターンとして通常時で頻繁に起こっていると推測できる移動行動による滞在人口の時間変動である。これを「通常変動」と呼ぶ。この変動は、ある一定の周期的な時間変動のパターンを持つと考えられ

る。2つ目は、通常時で起きる可能性が非常に低い移動パターンによる人口の時間変動である。これを「異常変動」と呼ぶ。例えば、大規模な災害が発生すると、避難や支援のために、普段とは異なる人の移動パターンが発生し、人口の時間推移も通常時と大きく異なる推移を示すことが予想される。本研究では、混合ガウスモデルをベースとした方法によって、人の移動行動の時間変動情報を「通常変動」と、災害時などに発生する「異常変動」に分離する。そして各時間において「その時間が異常であるか」を判断しながら、モバイル空間統計データによる時間変動の観測データを分析していく。

(2) モデルの定式化

モバイル空間統計データによって得られる、 a 地点の d 日・ h 時台の人口推計値 $y_{a,d,h}$ が得られる確率 $P(y_{a,d,h})$ は、異常時分布と通常時分布から得られる確率を合算したものとして、以下のように考える：

$$P(y_{a,d,h}) = \alpha_n f(y_{a,d,h} | \mu_{n,(a,d,h)}, \sigma_{n,a}) + \alpha_e f(y_{a,d,h} | \mu_{e,a}, \sigma_{e,a}) \quad (1)$$

$$\alpha_n + \alpha_e = 1$$

ここで、関数 $f(y|\mu, \sigma)$ は、平均 μ 、標準偏差 σ の正規分布の確率密度関数とする。つまり、推計人口 $y_{a,d,h}$ が観測する確率は、平均 $\mu_{n,(a,d,h)}$ ・標準偏差 $\sigma_{n,a}$ の正規分布と、平均 $\mu_{e,a}$ ・標準偏差 $\sigma_{e,a}$ の正規分布から得られるものと仮定している。そして、 (α_n, α_e) は二つの分布の混合割合であり、以下式を満たす。

$$\begin{aligned} \alpha_n + \alpha_e &= 1, \\ \alpha_n &\geq 0, \\ \alpha_e &\geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

前者の正規分布（以降では、これを「通常時分布」とよぶ）は、平均値が日時 (d, h) ごとに変化すると考える。これは、通勤・通学や買い物行動といった規則的な移動行動による、日常的な人口分布パターンの周期的な変化を表現するものであり、以下のような線形モデルで表現されるとする：

$$\mu_{n,(a,d,h)} = \sum_{w \in W} m_{w,d} x_{a,w,h} \quad (3)$$

ここで、 $W = \{ \text{平日, 土曜日, 日曜日} \}$ であり、 $m_{w,d}$ は d 日が曜日グループ w に含まれる場合は 1、それ以外の場合は 0 となる変数である。つまり、平日・土曜日・日曜日ごとに、それぞれ同じ時間帯 h には同じ平均値 $m_{w,d} x_{a,w,h}$ となるような周期的なパターンを仮定している。そして、通常時の標準偏差は時間的に一定で、 $\sigma_{n,a}$ とする。

一方で、後者の正規分布（以降では、これを「異常時分布」とよぶ）は、平均値はどの期間でも一定であ

ると仮定している。これは、災害時などによって、通常時の規則性から大きく外れたときの状況を想定しており、このような場合は災害の程度・発生時間などに応じてとりうる人口分布の値は大きく異なり、本研究で扱う半年程度のデータではほとんど規則性を特定できないことによる仮定である。そして、その結果として、標準偏差 $\sigma_{e,a}$ は大きいことが想定される。

(3) パラメータ推定方法

以上のモデルを仮定したうえで、モバイル空間統計データによる観測値 $y_{a,d,h}$ を用いて、未知パラメータ $x_{a,w,h}, \mu_{e,a}, \sigma_{n,a}, \sigma_{e,a}, \alpha_n, \alpha_e$ を最尤推定法により推定する。ここでは、地点 a ごとに以下の最適化問題を解く：

$$\max_{(d,h) \in (D \times H)} \sum \ln P(y_{a,d,h} | \mathbf{x}_a, \mu_{e,a}, \sigma_a, \alpha_a) \quad (4)$$

この最適化には、通常の混合ガウスモデルに適用されるアルゴリズムと同様の EM アルゴリズムで解くことができる。

5. 分析対象とする災害情報と状況の概要

本稿では、「豪雨時に災害情報あるいは公共交通に関連する情報発信があったが、大規模な洪水がなかった事象」として、以下の 4 事象・3 箇所を分析対象として人口分布変化の分析を実施する。

(1) 広島県三次市（江の川水系）

1つ目の分析対象は、2017年7月5日から2017年6日にかけての、広島県三次市の人口分布推移である。

このとき、対馬海峡付近に停滞した梅雨前線めがけて暖かく非常に湿った空気が流れ込んだ影響などにより、九州北部地方で記録的な降水となった⁸⁾。三次河川国道事務所が管理する江の川水系馬洗川においては、7月5日6時40分に「氾濫警戒情報」が出された。さらに住民避難の目安となる氾濫危険水位を超過したため、広島地方気象台と中国地方整備局が共同で7月5日、午前8時50分に「氾濫危険情報」を発表した。また平成29年5月1日から中国地方整備局管内の国管理河川13水系で始まった緊急速報メールが、全国の国管理河川で初めて実施され、8:57に三次市全域に発令された⁸⁾。

本研究では、図-1のメッシュ推計人口を対象に分析を行う。このメッシュは、三次駅・市役所などがあり通勤者・通学者数が多く朝の時間帯に流入が多いエリアである。そして、同時に浸水想定区域に含まれる地域であり、氾濫警戒時にはとくに注意や避難行動を要する地域である。

このエリアの分析を実施するに際して、通常時の人

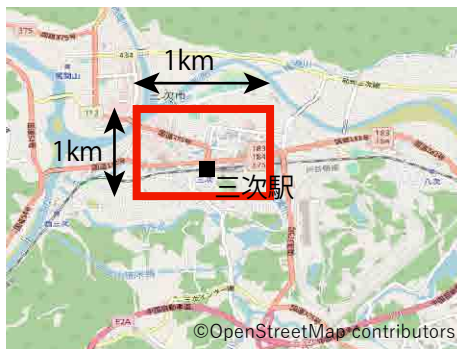


図-1 三次の分析対象エリア

口分布推移も把握する必要がある。そこで、災害を含む特殊なイベントなどが無い約1か月間の期間のデータを併用して上述のモデルのパラメータを推定する。具体的には、2017年6月1日～2017年6月30日と2017年7月5日の対象メッシュの1時間ごとの推計人口を用いて分析を行う。

(2) 石川県小松市（梯川水系）

2つ目の分析対象は、2017年8月台風5号が接近した際の石川県小松市の人口分布推移である。

石川県小松市では2017年8月8日から9日にかけて、台風5号の影響により石川県内では大雨となった。金沢河川国道事務所が管理する手取川・梯川においても氾濫注意水位を超過する出水となった。この豪雨により、小松市において13,745人に対して「避難勧告」が発令された⁹⁾。さらに住民避難の目安となる氾濫危険水位を超過したため、金沢地方気象台と北陸地方整備局が共同で「氾濫危険情報」を発表した。また「緊急速報メール」も午前10時30分に発信された。

本研究では、図-2のメッシュ推計人口を対象に分析を行う。このメッシュは、三次市の対象メッシュと同様に、小松駅・市役所などがあり通勤者・通学者数が多く朝の時間帯に流入が多く、同時に浸水想定区域に含まれる地域である。分析対象期間としては、通常時の人口分布推移も把握するために、2017年5月29日～2017年6月25日と2017年8月8日のデータを用いた。

(3) 大阪府大阪市

3,4番目の分析対象は、平成30年7月豪雨時と2018年台風21号時の大阪府大阪市の人口分布推移である。

まず前者の推移は、2018年6月28日から7月8日にかけて西日本を中心に台風7号および梅雨前線等の影響により、全国的に広い範囲で豪雨となった（平成30年7月豪雨）。大阪府では、能勢で降り始めからの総雨量が498ミリを観測、7月の月降水量第1位を上回る大雨となった。ただし、このとき大阪市では、この

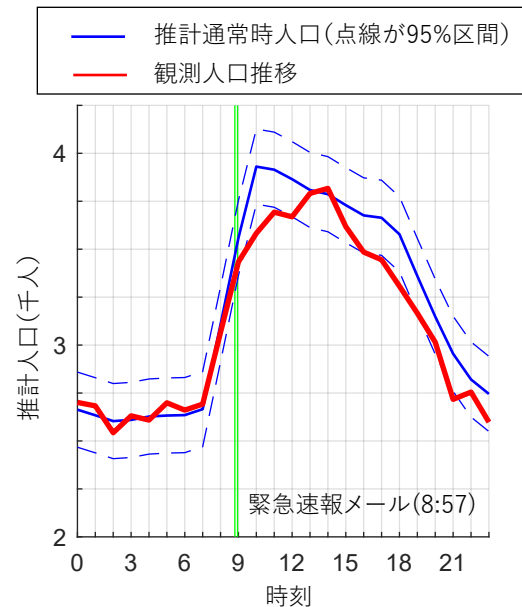


図-3 三次市対象ゾーンの人口推移（2017.7.5）

大雨の影響による災害関連情報などの発令はなかったが、一部を除いてJRをはじめとする公共交通の多くが運休となり、日常的な移動に大きな影響がある状態であった。

つぎに、後者の推移は以下のとおりである。2018年8月25日にマーシャル諸島近海で発生した台風21号は、9月4日に「非常に強い」勢力で日本に上陸、近畿地方を中心に被害を出した。大阪市は台風の直撃が予想されたため、JR西日本は9月4日に大阪都市圏の鉄道をほぼ全面的に運休する判断を前日に決定する、「計画運休」を実施した。JR西日本は9月3日の早朝より、自社のツイッターアカウント等を通じて、9月4日の列車運休情報をツイートするなど、情報発信を実施した。なお、結果としては、当日には国管理河川に関わる避難勧告及び避難指示（緊急）、避難情報などの災害関連情報は発令されなかった。

本研究では、大阪市全域の推計人口を対象に分析を行う。大阪市は、三次市や小松市の対象メッシュと同様に、通勤者・通学者数による朝の時間帯の流入が多いゾーンであると考えられ、大雨・計画運休情報に対する人々の反応を分析する。分析対象期間としては、通常時の人口分布推移も把握するために、2018年4月1日～2018年9月30日のデータを用いた。

6. 災害事象時の人口推移

(1) 緊急速報メール・避難勧告下での推移（三次市・小松市）

まず、緊急速報メールと避難勧告下での滞在人口推移を見ていこう。



図-2 小松市の分析対象エリア

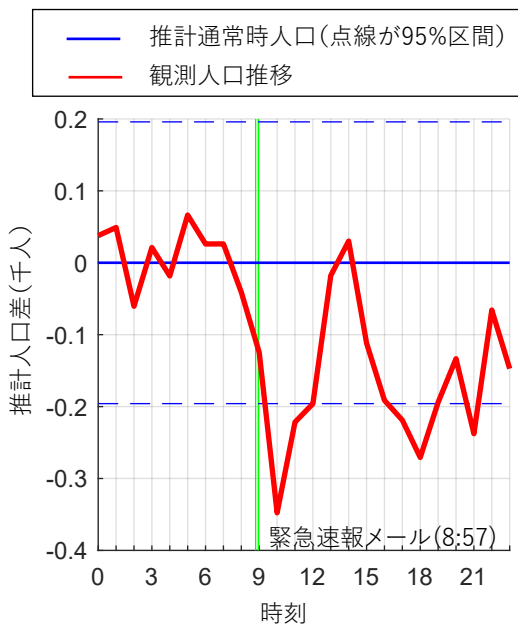


図-4 三次市対象ゾーンの人口推移 通常時平均値との差 (2017.7.5)

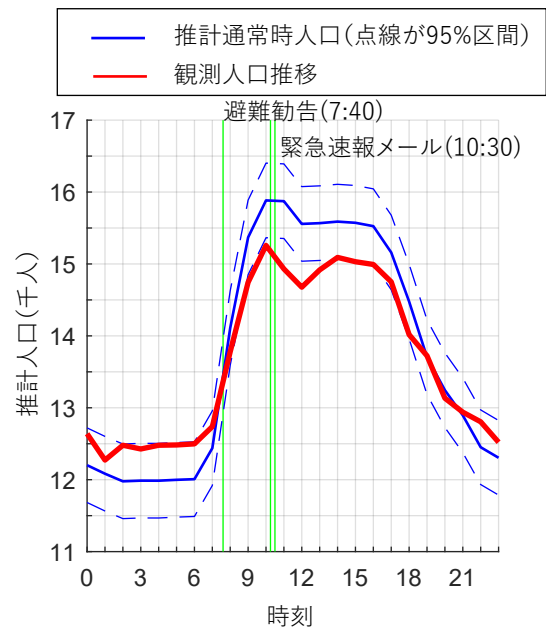


図-5 小松市対象ゾーンの人口推移 (2017.8.8)

図-3 は三次市の中心部エリアの通常時人口推移と、2017年7月5日の推移を示したものである。縦軸はエリア内の滞在人口、横軸は時刻を表す。青の実線は、時系列混合ガウスモデルを用いて推計した通常時分布の平均値と95%区間を示し、赤線は豪雨当日のモバイル空間統計データより得られた滞在人口量の推計値を表す。緑の線は豪雨当日に災害関連情報が発信された時刻を示す。また、図-4は、通常時の平均値(図-3の青の実線)との差をとったものである。

これらの図から、三次市の中心部の人口推移として、以下のようなパターンが読み取れる。午前8時50分に氾濫危険水位を超過し、緊急速報メールが午前8時57分に配信された。その後350人程度、有意に滞在人数

が少ない時間があったものの、通常時とほとんど人口が変わらないことが分かる。

また、このエリアは三次市の中心部であり、青線の通常時人口推移をみると分かるように、通勤・通学などにより朝に滞在人口が増加する場所である。図-3をみると、豪雨であった2017年7月5日も、通常時と同じように朝7時から人口増加があったことが確認できる。つまり、この豪雨かつ結果的に避難勧告・緊急速報メールが流された状況下においても、他のエリアから浸水想定区域内にある通勤・通学先への行動を、大半の人が通常通り実施していることを意味している。

この三次市で観測されたような推移は、三次市特有のものなのだろうか?この疑問に答えるために、同じような状態であった小松市の観測変化を見ていこう。図-

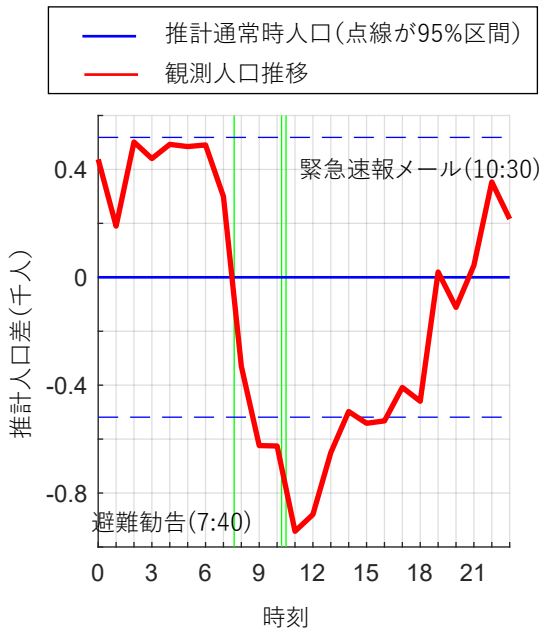


図-6 小松市対象ゾーンの人口推移 通常時平均値との差 (2017.8.8)

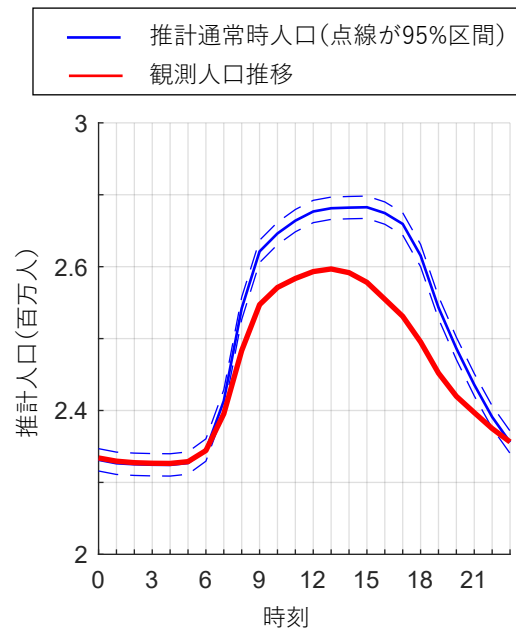


図-7 大阪市の人口推移 (2018.7.6)

5 は小松市の中心部エリアの通常時人口推移と、2017年8月8日の推移を示したものである。また、図-6は、通常時の平均値との差をとったものである。小松市においても、午前中の通勤時間帯に、避難勧告と緊急速報メールが発信されている。

まず、図-6から通常平均値との差をみると、避難勧告・緊急速報メール後は有意に滞在人口が少ないことがわかる。ピーク時には、通常時推計値より滞在人口が940人少ない状態であった。

一方で、図-5の滞在人口の推移をみると、三次市のケースと同様に、通勤・通学時間帯の滞在人口増加が小松でも観測されたことが分かる。このエリアでは、おおよそ深夜から昼のピーク時間にかけて3500人分滞在人口が増加するが、そのうちの2500人以上は通常通り流入している。とくに、小松市のケースでは避難勧告は7:40と比較的早い時間に出ていたにもかかわらず、浸水想定区域内への移動行動を通常通り実施した人が70%以上を占めていた。

(2) 公共交通途絶・計画運休下での推移 (大阪市)

つぎに、大阪市の観測結果を考察していこう。このケースでは、三次市や小松市と異なり、浸水想定区域に限定した分析ではなく、さらに避難勧告・緊急速報メールなどの切迫した事態ではなかった。しかし、三次市・小松市よりはるかに多くの滞在人口減少が観測される。

まず、図-7から2018年7月6日の推移をみると、昼間時間帯の滞在人口が有意に小さくなっていることが分かる。図-9から、通常時と比較して最大25万人も

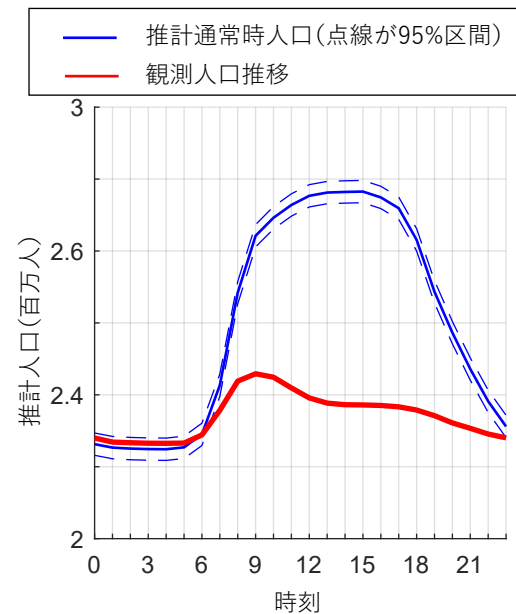


図-8 大阪市の人口推移 (2018.9.4)

大阪市内滞在人数が減少している。これは、鉄道などの公共交通機関が運休したために、通勤・通学行動をとれなくなった影響と推測できる。つまり、物理的に通常時に移動行動が不可能になったために、滞在人口が大きく減少している。一方で、三次市・小松市については、公共交通シェアが少なく大半が各自の自家用車で移動しており、各自の判断で移動が決定できる結果、上述のように災害情報が発信されている時に浸水想定区域に流入する行動をとっていると考えられる。

そして、「計画運休」を実施した2018年9月4日の推

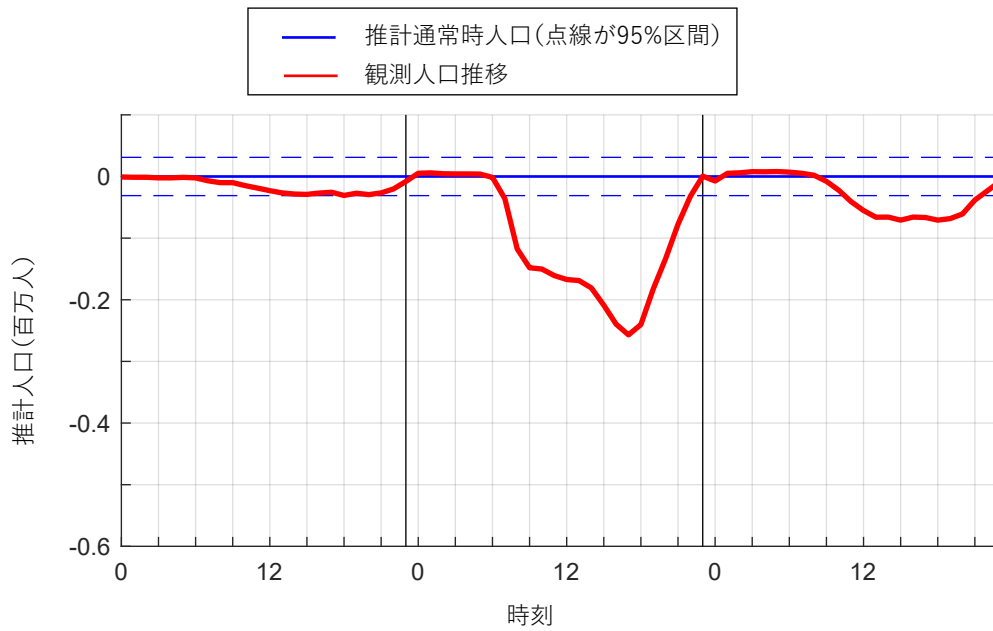


図-9 大阪市の人口推移 通常時平均値との差 (2018.7.5-2018.7.7)

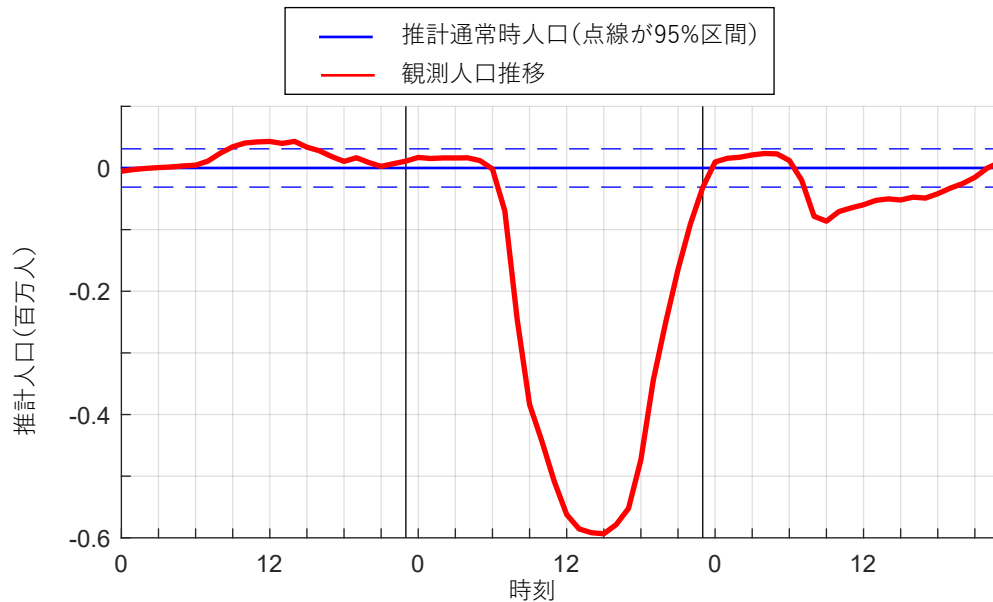


図-10 大阪市の人口推移 通常時平均値との差 (2018.9.3-2018.9.5)

移(図-8)をみると、2018年9月4日よりさらに滞在人口が通常時より減っていることが分かる。この日は、深夜時間からの増加分(昼間の他市町村からの流入分)が20万人程度であり、通常時の1/4以下にすぎない。その結果として、大阪市内に滞在していた人数は、最大で60万人も通常時より少なかった(図-10)。つまり、「計画運休」を実施した日には、逐次的に運休を決定した2018年7月6日と比較して、より多くの人が大阪市内への移動と滞在をあきらめたことがわかる。

つぎに、「計画運休」の結果として予想される、スケジュール調整の影響を見ていこう。2018年9月4日の

計画運休では、前日にJRの在来線が運休することがすでに決定されており、当日の用務を別の時間に振り替えて実施するなどの対応が可能であった。このような対応がされた場合、影響を受けた日の前日か翌日に通常より滞在人数が多くなるとよそうされる。図-10から、前日と翌日の滞在人数の変化をみると、前日の昼の時間帯に(5%有意水準で)有意に滞在人口の増加があったことが分かる。しかし、この量は2018年9月4日の減少分と比較すると、ごくわずかにすぎない。つまり、「計画運休」による、時間の振替をごく一部確認できたものの、大阪市内での滞在時間を調整した分は多くな

いことが定量的に明らかになった。この時の行動の内訳（自宅で業務を実施した人が多いか？）など野より詳細な情報は、滞在記録データで特定することはほとんど困難であり、アンケート調査などが必須となる。

7. おわりに

本論では、携帯電話の運用データによる推計人口分布である「モバイル空間統計」を用いて、災害時の滞在人口の時系列推移から、災害時の人の移動行動の把握を試みた。具体的には、通常と異常を判断しつつ、災害などがなかった場合の人口推移を推計するモデルとして、時系列混合ガウスモデルを提案して、4事例に適用を行った。

まず、避難勧告・緊急速報メールのもとの人々の行動を、石川県小松市と広島県三次市のデータから分析するした。その結果、避難勧告・緊急速報メールが発信された状態においても、浸水想定区域に流入する量は通常時とほとんど変わらないことを明らかにした。つまり、多くの人が、避難勧告・緊急速報メールに対して危険回避行動をとっていないことが明らかになった。

つぎに、豪雨時の大阪市の人口推移を分析した結果、鉄道の運休があった状態では滞在人口の増加が通常時より小さいことが分かった。この割合は、より深刻な状態であった、小松市・三次市よりもはるかに大きいものであった。さらに、「計画運休」を実施した場合には、さらに流入量が減少したことを明らかにした。一方で、「計画運休」であったことから、スケジュール変更をし前日の滞在人口が有意に増加するといった変化も観測できた。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金・若手研究(B)17K14736、文部科学省卓越研究員事業、東北大学災害科学国際研究所共同研究助成として支援を受けた研究による成果の一部です。また、本研究を進めるにあたって、都市河川防災寄付講座のシンポジウム・防災計画研究会において、多くの有意義なアドバイスをいただいた。この場を借り、皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) 国土交通省: 新たなステージに対応した防災・減災のあり方, <http://www.mlit.go.jp/common/001066501.pdf>

- (last access: 2019.10.04), 2015.
- 2) 産経 WEST: JR西の「事前予告」運休に賛否…「見逃し三振より空振り三振」 平日の対応に課題も (14.10.2014), <https://www.sankei.com/west/news/141014/wst1410140035-n1.html> (last access: 2019.10.04).
- 3) NTT ドコモ: 緊急速報「エリアメール」を提供開始-携帯電話で「緊急地震速報」が受信可能に, (2019.02.01) https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/page/071126_00.html (last access: 2019.10.04).
- 4) 寺田雅之: モバイル空間統計: 携帯電話ネットワークを活用した人口推計技術とその応用, 土木計画学研究・講演集, vol.58, 2018. (CD-ROM)
- 5) 松原徳和: モバイル空間統計による動態人口把握観光防災, 帰宅困難者対策の観点から, 情報管理 vol.60 no.7, 10.2017.
- 6) 渋川剛史・十河孝介・服部楓・森本章倫: 携帯電話基地局データを活用した地区特性評価手法の検討～昼夜間人口変動に着目した評価～, 土木計画学研究発表会・講演集, vol. 58, 2018. (CD-ROM)
- 7) NTT ドコモ: モバイル空間統計 https://www.nttdocomo.co.jp/biz/service/spatial_statistics/ (last access: 2019.10.04).
- 8) 内閣府: 平成 29 年 7 月九州北部豪雨の被害状況, 2017, http://www.bousai.go.jp/fusuigai/kyusyu_hinan/pdf/daiikai/siryu2.pdf (last access: 2019.10.04).
- 9) 金沢河川国道事務所: 梯川において観測史上 5 番目の規模の洪水に対し, 河道拡幅・赤瀬ダム操作の連携により氾濫被害を防止～平成 29 年 8 月 8 日発生 [台風 5 号] 手取川・梯川出水の国・県の対応～, 2017, <http://www.hrr.mlit.go.jp/press/2017/10/171027kanazawa-1.pdf> (last access: 2019.10.04).

(2019. 10. 4 受付)

QUANTITATIVE ANALYSIS OF BEHAVIOUR UNDER DISASTER RELATED INFORMATION BY TIME-SERIES POPULATION DATA

Naoki ZENIYA, Hiromichi YAMAGUCHI, Makoto OKUMURA and Shoichiro NAKAYAMA