

携帯電話人口統計を用いた大地震時における帰宅困難者の推定

工藤遼・大佛俊泰

People with Difficulty Returning Home after a Large Earthquake Estimated by Using Demographic Statistics of Mobilephone Users

Ryo KUDO and Toshihiro OSARAGI

Abstract: The number of people who have difficulty returning home after a large earthquake depends largely on the spatiotemporal distribution of people in cities. However, the limitation of available spatiotemporal data has been a major issue in the research on people with difficulty returning home. In this paper, we construct a method to estimate the spatiotemporal distribution of people with detailed attributes, which is necessary to estimate people's decision making and behavior after a large earthquake. More specifically, we combine the detailed-attribute information obtained from Person Trip Survey data with Mobile Spatial Statistics data. We also perform simulations and demonstrate the spatiotemporal characteristics of people who have difficulty returning home.

Keywords: モバイル空間統計 (Mobile Spatial Statistics), パーソントリップ調査 (Person Trip Survey), 大地震 (large earthquake), 帰宅困難者 (people with difficulty returning home), 徒歩移動者 (people traveling on foot)

1. はじめに

大地震時における帰宅困難者¹⁾の様相は都市内滞留者の時空間分布に大きく依存する。しかし、利用可能な時空間データの制約が帰宅困難者に関する研究において大きな障害となっている。近年、携帯電話人口統計など任意の日時の人口データが入手可能となり、帰宅困難者の推定に活用する試みがなされている。

携帯電話人口統計を活用した帰宅困難者シミュレーションに関する研究として、川岸・瀧澤(2017)は大阪市全域で、モバイル空間統計²⁾を用いて徒歩帰宅行動モデルを構築し、大規模な混乱が生じる可能性のある地点を示している。一方、廣井ら(2016)は東日本大震災(2011)時における首都圏滞在者の移動データを利用して、避難シミュレーションを実行し、帰宅困難者が一斉に帰宅す

ると、車だけでなく歩行者レベルの移動でも、大混乱が生じることを示している。ただし、徒歩帰宅者の施設選択行動や、帰宅困難者支援関連施設³⁾の混雑度等については議論されていない。

本研究では、モバイル空間統計で得られる任意の日時の人口データに、パーソントリップ調査データ(PTデータ)⁴⁾から得られる属性情報を付与することで統合データを構築し、大地震時における人々の移動や施設選択行動を推定することのできる徒歩帰宅シミュレーション(大佛・中曾根, 2017)を実行することで、帰宅困難者の時空間特性について考察する。

2. モバイル空間統計とPTデータを用いたシミュレーションのための統合データ構築

2.1 統合データ構築の流れ

モバイル空間統計では、個人情報保護の観点から、メッシュあたりの人口が少ない場合に秘匿処理⁵⁾が施されている。そのため、複数の属性(性別・年齢階層、居住地)を組み合わせ

工藤遼 〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1

東京工業大学 環境・社会理工学院

建築学系 大佛研究室

Email: kudo.r.ac@m.titech.ac.jp

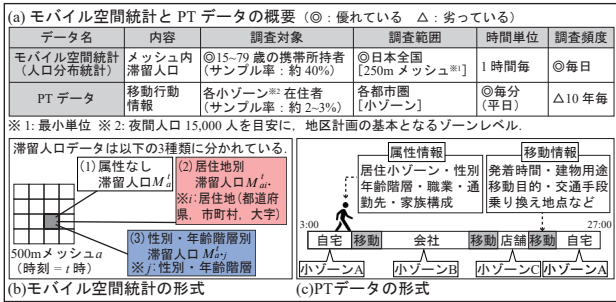


図-1 モバイル空間統計とPTデータの概要

データを得ることは難しい(図-1(b)). そこで、単一の属性情報を持つデータを組み合わせ、情報補完を行う。さらに、職業、家族構成等の属性情報に関しては、PTデータを用いて補完し、シミュレーション実行時に必要となる統合データを構築する(図-2)。

2.2 居住地別滞留人口の推定

国勢調査の夜間人口を用いて、モバイル空間統計の秘匿人口を復元し、居住大字別滞留人口 M_{ao}^t [人] を推定する(図-3)。

2.3 居住地別・性別・年齢階層別滞留人口の推定

居住大字別滞留人口 M_{ao}^t と性別・年齢階層別滞留人口 M_{aj}^t [人]、および、PTデータに基づく滞留者割合 P_{aj}^t を制約条件として、エントロピー最大化法を適用する。これにより、居住地別・性別・年齢階層別滞留人口 M_{aj}^t [人] を推定する(図-4)。

2.4 属性情報の補完

滞留場所・居住地・性別・年齢階層をキーにして、シミュレーションに必要な属性情報をPTデータを用いて補完する(図-5)。

3. 大地震時における帰宅困難者の推定

3.1 シミュレーションの概要

第2章で構築した統合データから、自宅・滞留場所・帰宅経路を推定し⁶⁾、行動意思モデル(大佛, 2016)を組み込んだ徒歩帰宅シミュレーションを実行する。平日・休日(各3日)の14時発災を想定し、図-6(c)に示す範囲内の滞留者を分析対象とする。

モバイル空間統計から得られる滞留人口の分布

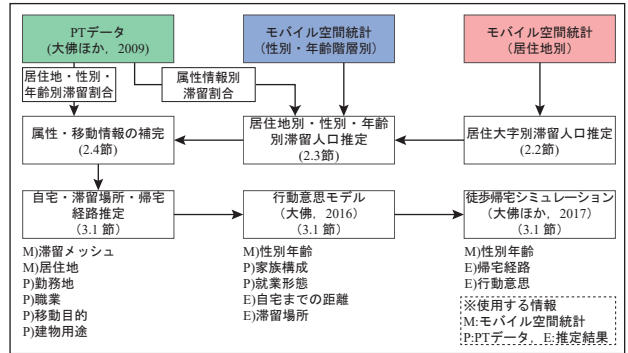


図-2 データ構築とシミュレーションの流れ

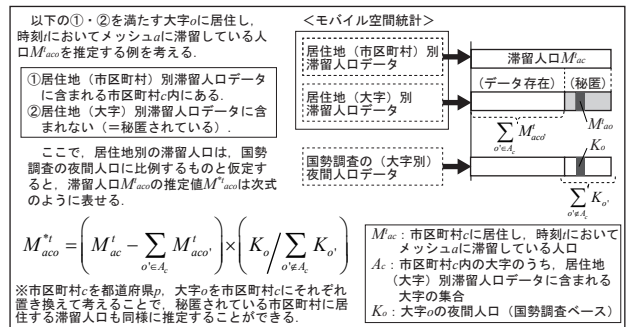


図-3 居住大字別滞留人口の推定方法

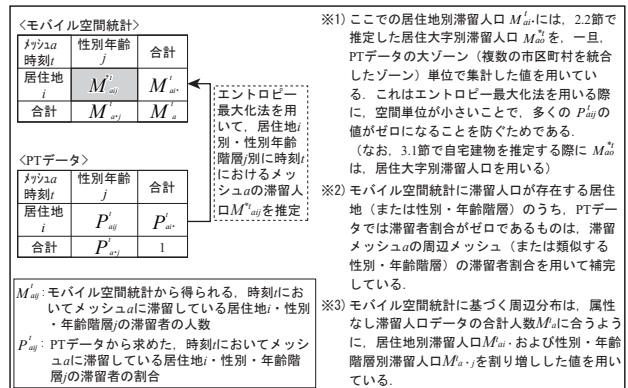


図-4 居住地別・性別・年齢階層別滞留人口の推定方法

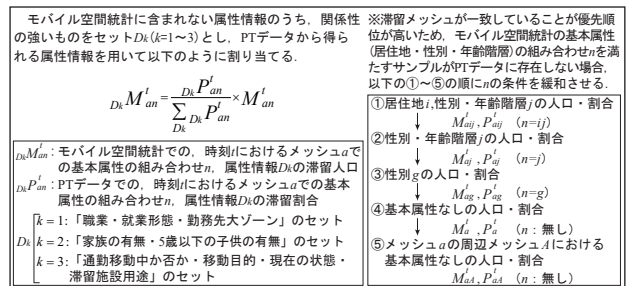


図-5 属性情報の補完方法

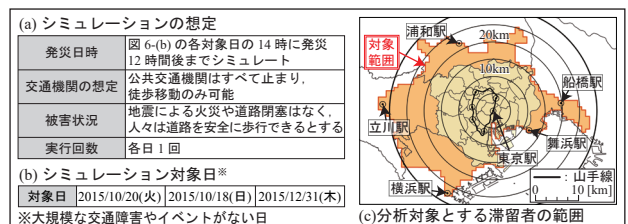


図-6 シミュレーションの想定

を見ると (図-7(a), (b)), 平日は休日より滞留者が多く, さらに, 都心に集中していることが分かる。

3.2 行動意思別・自宅までの距離別の滞留者数

休日は平日に比べて, 自宅近辺で被災する滞留者が多い (図-8(a)~(c)). さらに, 休日には発災後に帰宅する人の割合が相対的に高く (図-8(d)), 特に都心部で平日よりも高い割合を示している (図-8(e), (f)).

3.3 混雑度の推定結果

①一時滞在施設

一時滞在施設は, 平日よりも休日に発災した場合の混雑度が高い。これは, 休日は私用で都心に滞在している人の多くが, 自宅にも通勤・通学先にも向かえず駅や一時滞在施設に集まるためである (図-9(a)). 混雑度は都心から離れるにつれて低くなる傾向にあるが, 東京駅から10~14km付近では, 帰宅途中に移動断念する人が多いものの施設密度が低いため, 混雑度は高くなる (図-9(b)). 発災12時間後の一時滞在施設における混雑度の空間分布を見ても, 都心から離れた施設で, 平日よりも休日の混雑度が高いことが分かる (図-9(c)).

②帰宅支援ステーション

休日には, 私用で都心に滞留しており発災直後から行動を開始する人が多いため, トイレの混雑度や休憩者数は, 平日よりも休日の方が早くピークに達する (図-10(a), (b)). 一方, 平日は通勤・通学先に滞在している人が分散して帰宅するため, 休日よりもピークは低いが, 逓減はゆるやかである。また, 発災から1時間30分後における, 休憩者数の空間分布を見ると, 平日よりも休日の方が休憩者数が多い地点が, 広範囲に分布している (図-10(c)). これらの結果は, 休日における発災後の迅速な徒歩帰宅者対策の必要性を示唆している。

③道路滞留者

道路滞留者は, 平日よりも休日に発災した場合の方が多く (図-11(a)). また, 距離帯別に見ると, 帰宅途中に移動断念する人が多

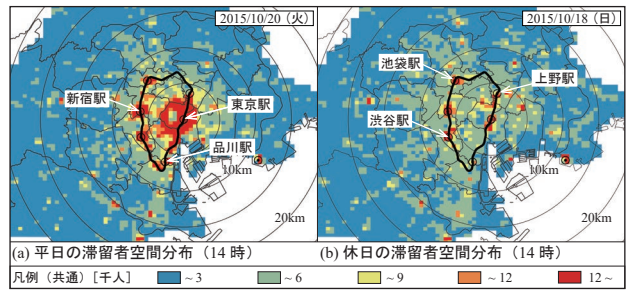


図-7 モバイル空間統計から得られる滞留人口の空間分布 (秘匿なし)

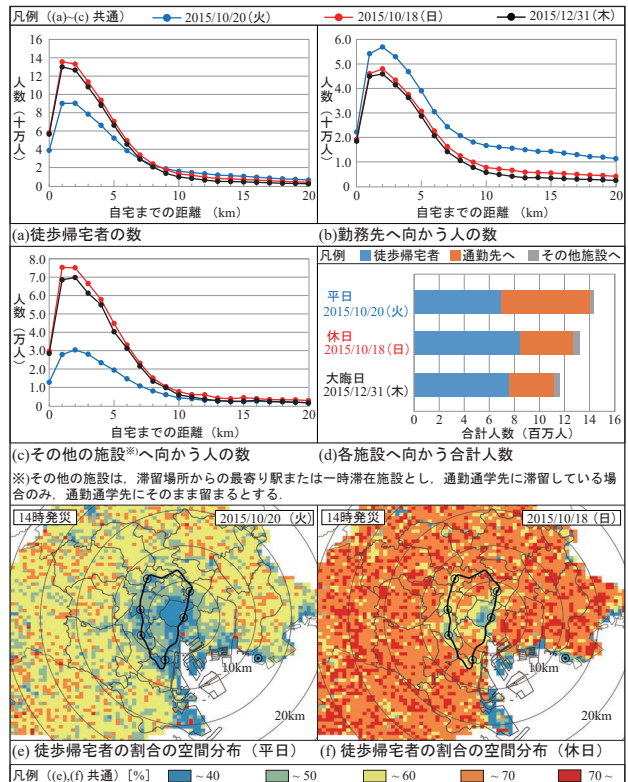


図-8 行動意思別・自宅までの距離別の人数

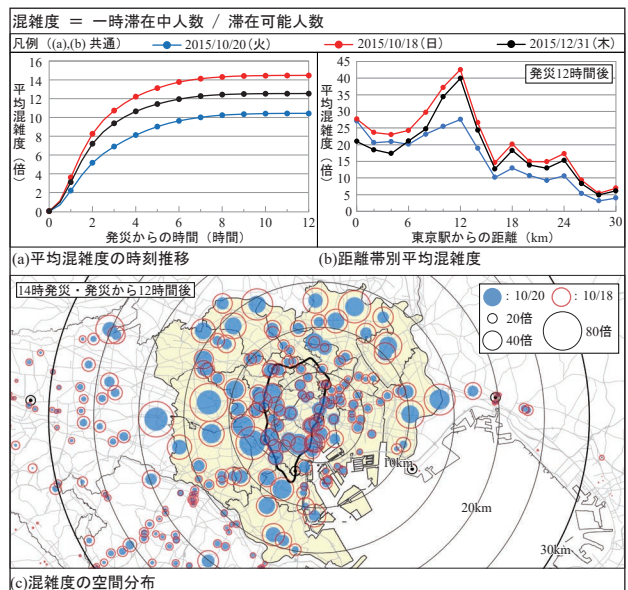


図-9 一時滞在施設の混雑度推定結果

く、東京駅から10～14km付近で最も多くなる(図-11(b))。道路滞留者線密度(道路100mあたりの滞留者数)の空間分布を見ると、平日・休日ともに都心から各方面へ向かう主要幹線道路の、東京駅から10～15km付近で高い(図-11(c), (d))。

④ 鉄道駅

鉄道駅の平均滞留者数は、平日よりも休日の方が多(図-12(a))。空間分布を見ると、山手線沿線の大規模鉄道駅、特に池袋駅・新宿駅・渋谷駅で多(図-12(c))。また、これら大規模鉄道駅に接続する鉄道沿線でも多くなる。これらの駅に着目すると、平日・休日ともに、発災から1～3時間後に滞留者数はピークを迎えるが、休日の方が2倍程度多。特に大井町駅では、ピーク時においては10倍程度になる(図-12(b))。このことは、都心部だけでなく、大規模鉄道駅に繋がる鉄道沿線の駅周辺における、対策の重要性も示している。

4. まとめ

本稿では、モバイル空間統計とPTデータを用いて、大地震時における徒歩帰宅シミュレーションに必要な統合データを構築した。また、平日・休日(各3日)における発災後の行動や滞留、さらに、滞留場所、帰宅困難者対策施設の混雑度について考察した。

謝辞

本稿は、JSPS 科研費 17H00843 の助成による研究成果の一部である。本稿は、伊原隼人(東京工業大学大学生:研究当時)の卒業論文をもとに筆者らの責任において取りまとめたものである。

注

- 1) 本稿では、発災12時間後に自宅に帰宅できない人を「帰宅困難者」とする。
- 2) 株式会社NTTドコモが提供する、携帯電話ネットワークを利用して携帯電話台数を集計した値に、NTTドコモの携帯電話普及率を乗算することで推計した人口統計データ。また、「モバイル空間統計」は株式会社NTTドコモの登録商標である。
- 3) 本稿では、一時滞在施設・帰宅支援ステーション・鉄道駅を指す。
- 4) 東京都市圏交通計画協議会が提供する、「どのような人」が、「いつ」、「どのような目的」で、「どのような交通手段」で、「どこからどこへ」移動したかについて、アンケート形式で調査したデータ。本稿では、平成20年東京都市圏パーソントリップ調査を用いた。
- 5) 個人情報保護の観点から、集計結果に少数エリアの数値を含めないようにする処理。
- 6) 推定には、株式会社ZENRINが提供する、詳細な属性情報(建物名、延べ床面積、建物用途)を有する建物ポイントデータ(平成27年度版)と全国デジタル道路地図データベース標準(第3.0版)を用いている。

参考文献

- 川岸裕・瀧澤重志(2017):大地震時を想定した大阪府からの一斉徒歩帰宅シミュレーション, 都市防災研究論文集, 4, 7-13.
- 廣井悠・大森高樹・新海仁(2016):大都市避難シミュレーションの構築と混雑危険度の提案, 日本地震工学会論文集, 16, 5, 111-126.
- 大佛俊泰・中曾根翼(2017):徒歩帰宅者シミュレーションに基づく大地震発生時における帰宅困難者対策施設の混雑度分析, 日本建築学会計画系論文集, 82, 741, 2897-2905.
- 大佛俊泰・島田廉(2009):平日と休日における都市内滞留者の時空間分布推定と地震被害想定への応用, 日本建築学会計画系論文集, 74, 635, 145-152.
- 大佛俊泰(2016):東京都帰宅困難者対策条例を考慮した徒歩帰宅者数の推定, 日本建築学会計画系論文集, 81, 721, 705-711.

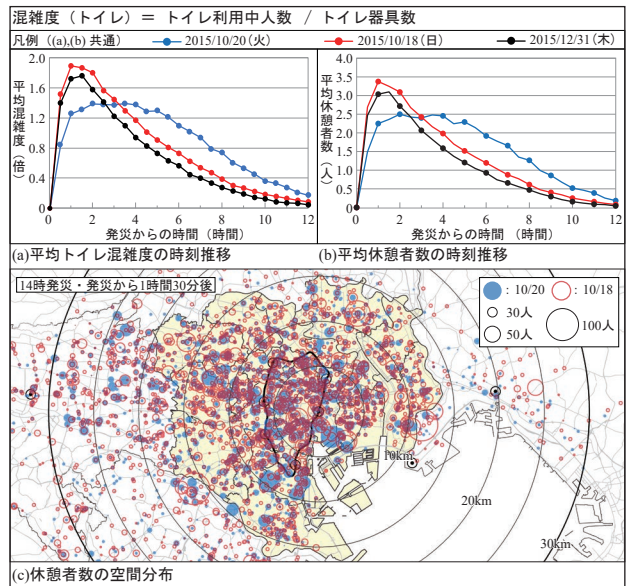


図-10 帰宅支援ステーションに関する推定結果

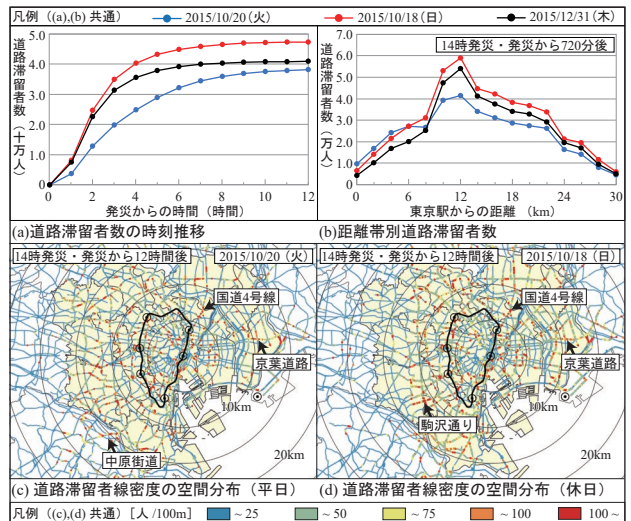


図-11 道路滞留者に関する推定結果

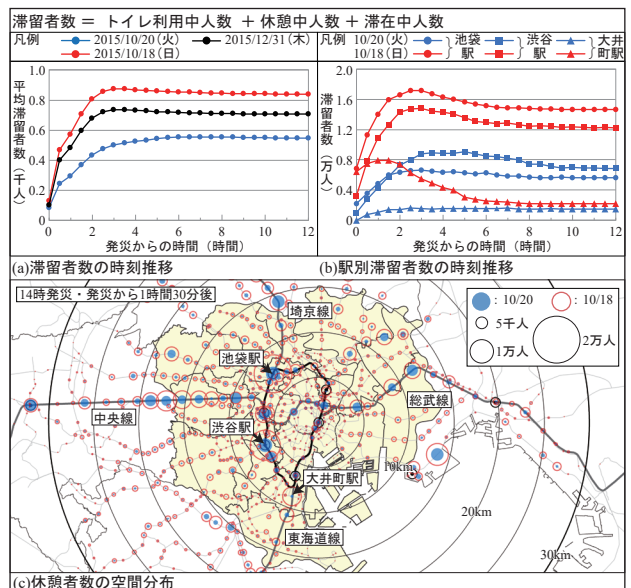


図-12 鉄道駅の滞留者数の推定結果