

# 帰宅困難者の推定のための流動人口統計の詳細化 —携帯電話基地局データの利活用—

吉田 慎也<sup>†</sup> 薄井 智貴<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>名古屋大学大学院環境学研究科 〒464-8603 名古屋市千種区不老町

<sup>‡</sup>名古屋大学大学院経済学研究科 〒464-8603 名古屋市千種区不老町

E-mail: <sup>†</sup> yoshida.shinya@a.mbox.nagoya-u.ac.jp, <sup>‡</sup> tomo.usui@nagoya-u.jp

キーワード 流動人口統計, 帰宅困難者推定, 時空間内挿

## Detailed floating population statistics for estimate of the Disaster victim unable to go home —Utilization of Mobile spatial statistics—

Shinya YOSHIDA<sup>†</sup> and Tomotaka USUI<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8603 Japan

<sup>‡</sup> Graduate School of Economics, Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8603 Japan

E-mail: <sup>†</sup> yoshida.shinya@a.mbox.nagoya-u.ac.jp, <sup>‡</sup> tomo.usui@nagoya-u.jp

**Keywords** Floating population statistics, Estimate of the Disaster victim unable to go home, Spatiotemporal interpolation

### 1. はじめに

政府の地震調査委員会により、東海・東南海・南海トラフ地震の発生確率が10年以内で20~30%と発表され、防災・減災対策の効果的な推進が急務となっている。中でも、大規模地震発生時に、路上や駅周辺に膨大な数の帰宅困難者が集中し、二次災害の発生や救命・救助活動等の妨げになることが懸念されている。愛知県の地震等被害予測調査報告書<sup>1)</sup>によると、震災当日中の帰宅困難者は愛知県全体で約86~93万人と想定されており、平成27年3月には「愛知県帰宅困難者対策実施要領」を策定し、帰宅困難者対策の検討を推進している。しかし、その対策のベースとなる地震発生時の各地域の詳細な帰宅困難者数の推計には、アンケート調査によるものや、10年に1度、秋の1日に実施される交通行動調査であるパーソントリップ(以降、PT)調査、5年に一度の国勢調査等の統計データが用いているが、ベースとなるデータが数年に一度のものであり、自由行動や季節動向、通過人口、観光・イベント来訪者、訪日外国人などの昨今の変動性の高い流動は考慮できておらず、より現実に即した帰宅困難者数を推計し、対策を講じる必要がある。

本研究では、ここ数年のビッグデータ普及にともない登場した、「人口分布統計データ」を用いて、震災発生時刻以降の、メッシュ・リンク毎の時間帯・曜日・交

通手段別の帰宅困難者数を動的に推計可能なシミュレータの構築を最終目標としている。従来の帰宅困難者の主な推計は、PTデータから居住地、勤務地、自由行動トリップのOD(起終点)を抽出し、その流入用量を用いたシミュレーションにより市区町村毎の滞留者数を算出していた(例えば石川ら<sup>2)</sup>)。しかし、PTデータは、限定されたPT調査実施都市の、低頻度かつ限られた1日のみの交通行動データであるため、データの“鮮度と量”という点において問題が生じる。また、現状のシミュレータは、分析対象となるOD配分と経路選択の計算コストが非常に高いため、膨大なメモリや計算時間がかかり、動的なシミュレーションが困難であるという“実現性”の問題がある。一方、「人口分布統計データ」は、主要携帯電話会社が提供する全国人口カバー率99.9%の携帯電話基地局データをもとに滞留人口を推定し、指定されたエリア(メッシュ)内の滞留者数を1時間毎に集計した流動人数で、メッシュ内に滞留する性別・年代別・居住エリア別に総人数を把握することはできるが、滞留者と移動者の区別、及び交通手段や移動先・目的、個人IDなどは一切不明で、また年代別データにおいても携帯電話契約者である15~79歳のサンプルしか含まれていないという課題がある。人口分布統計データの課題に対しては、村上ら<sup>3)</sup>や、川岸・瀧澤ら<sup>4)</sup>に代表される流動人口データを用いた帰宅困難者推計の研究において徒歩移動者

を対象とした市区レベルの集計を前提とし、被災時の交通状況や周辺被災状況、避難時の交通手段等を加味しない簡易的な推計を行っているが、前述の課題により、推計滞留人数に大きな誤差が生じる可能性は高い。

そこで、本稿では、被災時の交通状況や移動交通手段を考慮した、町丁目レベルの詳細な時間帯別滞留人口を推計することを目指し、まずは、町丁目レベルの時間帯別滞留人口の推計手法を検討した結果について報告する。ただし、帰宅交通手段については、既往研究同様、徒歩のみによる帰宅を仮定し、その他の交通手段については、今後の課題とする。

## 2. 人口分布統計データの概要

今回用いた人口分布統計データは、株式会社 NTT ドコモが提供する携帯電話ネットワークの基地局運用データをもとに、エリア毎の時間帯別滞留人口を推定した「モバイル空間統計」である。モバイル空間統計は、各基地局エリアで観測された個人の携帯ネットワーク基地局接続情報から、個人識別性を除去し、携帯電話の普及率を加味して集計、秘匿処理したもので、図-1に示す手順により作成されている。今回利用したデータの概要を表-1に示す。データは、2015年10月1日の名古屋市内500mメッシュの24区分(24時間分)で、合計1,406メッシュ内に滞留する総人数を、性別・年代別・居住地エリア別に把握することが可能である。ただし、滞留者と移動者の区別、及び交通手段、移動の目的、個人IDなどは一切不明で、また、前述の通りサンプルの年齢による偏りの問題もある。データ内の居住地エリアは市区レベルのものであり、名古屋市内16区分が記載されている。

表-1 モバイル空間統計データの概要

項目	内容
エリア	名古屋市内 500m メッシュ 例)523646872
日付・曜日	日時・曜日 例)2015/10/01
時間帯	24 区分 (1 時間単位での集計) 例)14 時
属性データ	性別 例)男性, 女性 年代 (10 歳階) 例)30 代 居住地 (市区レベル) 例)名古屋市中区, 名古屋市名東区 滞留人口 (人)

## 3. 帰宅困難者 OD の居住地レベルの細分化

本研究における帰宅困難者推定手法を説明する。推定手法のフローを図-2に示す。

まず、先述の人口分布統計データを用いて OD データを作成する。人口分布統計は任意の時間帯における滞留位置(メッシュ)を把握できるが、滞留人口がこれからどこへ移動するのか、或いはどこからやって来たのかといった目的地は把握できない。そのため、現滞留位置から移動終点までの OD を何らかの手法で推定する必要がある。本研究では、平日昼 12 時に震災が発生し、人々はすぐに自宅に向かい始めると仮定し、O(移動起点)は 2015 年 10 月 1 日 12 時時点での滞留メッシュの中心点、D(移動終点、つまりは居住地・自宅)は各滞留メッシュの居住エリアとし、シミュレーションを行う。ただし、人口分布統計データに含まれる居住地エリアは市区レベルの情報しか含まれておらず、市区の中心点を移動終点にすることは現実的とは思えない。本研究では、より詳細な町丁目レベルで滞留者を推定するため、住宅地図データを用いた居住地の細分化を試みた。データの細分化にあたっては、秋山ら<sup>5)</sup>の研究にある住宅地図を用いた空間的精細化手法を参考にした。まず、名古屋市内の住宅地図データの建物ポリゴン属性情報から、建物属性が「住宅」のものポリゴンを抽出する。次に、抽出したポリゴンから各住宅の延べ床面積を算出し、それを町丁目毎に集計し、名古屋市内各区で住宅の総延べ床面積に対する町丁目ごとの総延べ床面積の割合を算出する。この割合を用いて、時間帯別人口分布統計データの居住エリア属性に細分化した町丁目レベルの居住地をランダムに割り当て、これを本研究で用い OD(移動終点、つまり自宅)データとする。

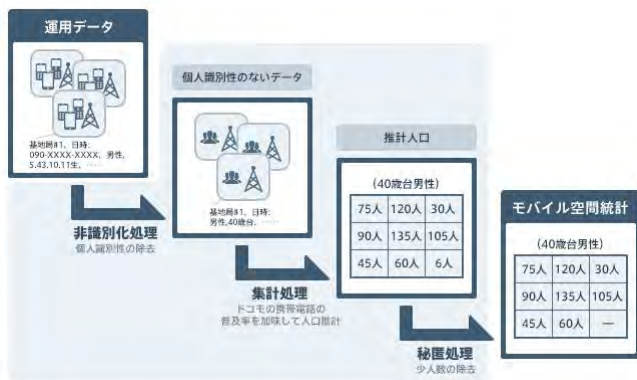


図-1 モバイル空間統計の作成手順

(出典：NTT DoCoMo ホームページ)

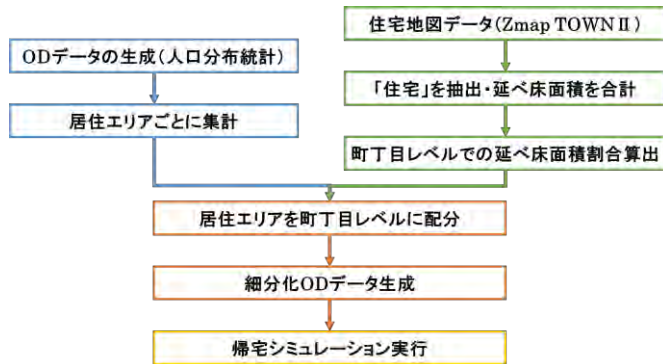


図-2 帰宅困難者推定手法フロー

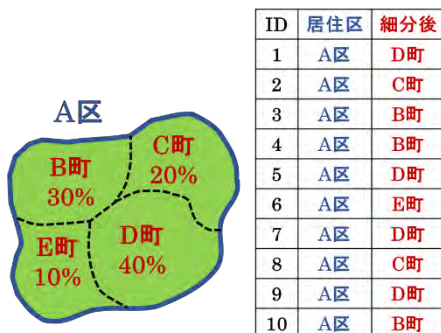


図-3 OD細分化の概念図

OD細分化の概念図を図-3に示す。例えばA区ではB~E町における総延べ床面積の割合は左図のようになっているとすると、細分化後の居住エリアは図内の右表のように割り当てられる。

#### 4. ODデータの時空間内挿と流動人口の推定

次に、細分化したODデータを用いて帰宅困難者推定シミュレーションと滞留人数の推定を行う。本研究では、発災時に対象地域内にいる全員が徒歩で一斉に帰宅を開始し、道路ネットワーク上を通過して帰宅すると仮定している。このとき、ODデータからは起点の位置と時刻、終点の位置しか把握できず、移動途中にどの経路を何時頃通るのかは把握できないため、任意の時間帯にどこにどのくらいの人が集積しているか推定する必要がある。そこで、本研究では時空間内挿法を用いたシミュレーションを行うこととした。

時空間内挿法の概念図を図-4に示す。震災時に人々は道路上を通り、時速5km/hの一定速度で最短経路にて自宅に向かうと仮定し、まず、OD間を道路ネットワーク上でDijkstra法により最短経路を探索し、5分毎の位置と時刻を求める。それを名古屋市全メッシュに滞在するODに適用し、全データの内挿結果を時間帯毎にメッシュで集計し、メッシュ内滞在人数を推定する。なお、時空間内挿の詳細についてはSekimoto et al.<sup>6)</sup>の論文を参考にされたい。



図-4 時空間内挿法の概念図

#### 5. 時間帯毎の帰宅困難者推定結果と考察

推計結果を図-5から図-11に示す。

従来の推定手法では図-5のように市区レベルでの帰宅困難者の推定であったが、本研究で用いた手法により、図-6~11のように500mメッシュレベルでの推定が可能となった。これにより、地域メッシュ毎のより詳細な人口分布を把握することができ、人口が集中するとみられる地域を事前に予測することが可能となる。

推定結果について詳細に見ていく。図-6の13時では昭和区の県道56号線(飯田街道)沿いや、熱田区の国道19号線沿い、守山区の県道15・202号線沿いといった幹線道路で人口が集中していることが分かる。これらの道路は名古屋市を南北や東西に結んでおり、各エリアからの帰宅者が同一の道路ネットワークを利用していることが要因して考えられる。図-7の14時における推定人口分布では、全体的な人口は減少しており、図-8の15時時点では名古屋市中心部のほとんどで帰宅途中の人は見られない。その後、図-9の16時では帰宅者の集中が収束する傾向が見られ、図-10の17時時点ではほとんどの人が帰宅し終えている。このことから、多くの人が1~2時間程度で帰宅し終えることが推察される。

ここで、守山区に着目して考察する。図-11に守山区付近の時間帯別の人口分布推定を示す。区内の県道15・202号線は区内を横断する幹線道路であることから、13時で一時的な人口集中が発生し、その後徐々に収束している。このような、局所的な人口集中を抑制するため、帰宅経路の分散や経路上に一時避難施設に設けるといった検討が必要であると考えられる。

(500m メッシュ)

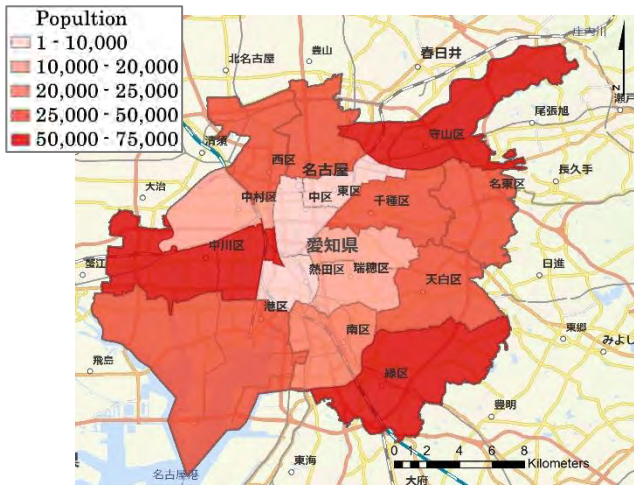


図-5 従来手法による 13 時における  
帰宅途中の人口分布の推定結果  
(区レベル)

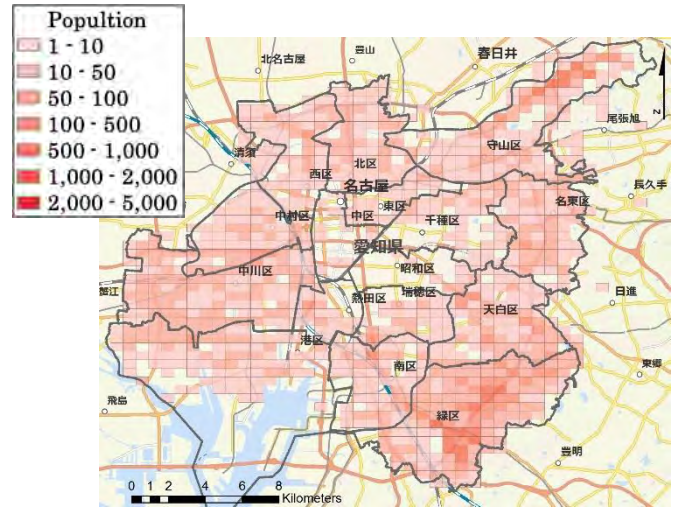


図-8 15 時における帰宅途中の人口分布の推定結果  
(500m メッシュ)

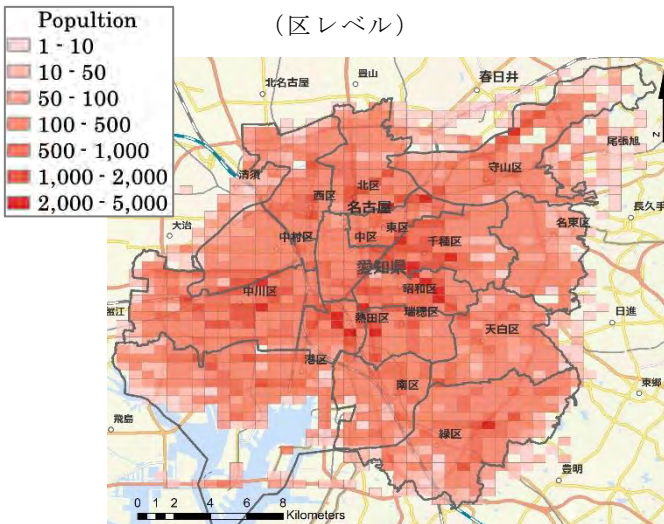


図-6 13 時における帰宅途中の人口分布の推定結果  
(500m メッシュ)

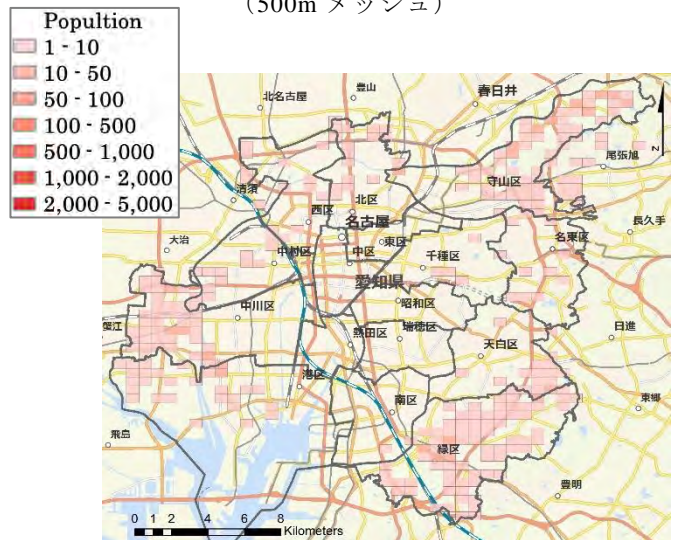


図-9 16 時における帰宅途中の人口分布の推定結果  
(500m メッシュ)

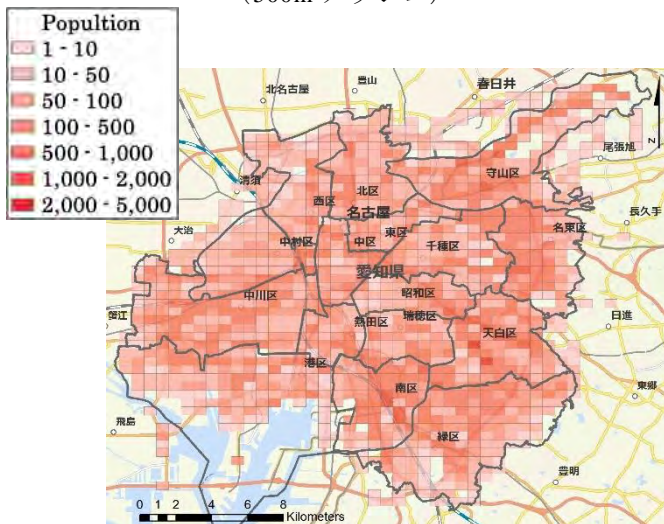


図-7 14 時における帰宅途中の人口分布の推定結果

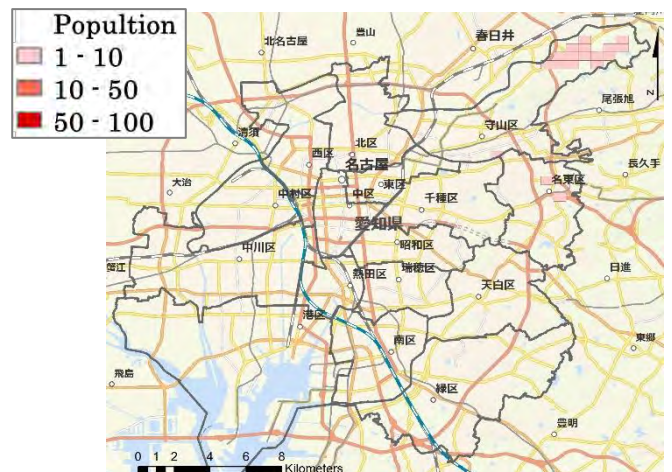


図-10 17 時における帰宅途中の人口分布の推定結果

(500m メッシュ)

## 6. まとめと今後の課題

本研究では、人口分布統計を用いた OD データの細分化手法の提案と、細分化した OD データを用いた徒歩移動による帰宅困難者推定を行った。その結果、従来よりも詳細な地域レベルでの分析が行えることが確認できた。今後は、道路リンクレベルでの推定や帰宅距離（時間）と帰宅交通手段、その際の交通状況を考慮したシミュレータの開発、名古屋市外在住者の影響についても考慮し、推定結果の妥当性と合わせて検討していきたいと考えている。

### 謝 辞

本研究は、東京大学空間情報科学研究センターとの「空間データ利用を伴う共同研究」、及び文科省リーディング大学院教育の一環として実施したものである。また、データ提供にあたって、東京大学の金杉洋先生には多大なる協力を頂いた。ここに感謝致します。

### 文 献

- [1] 愛知県：愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予想調査報告書，2014.3.
- [2] 石川瞬，山本俊行，金森亮：大規模災害時における自動車の利用可能性を考慮した帰宅断念者数の推計，土木学会論文集 D3, Vol. 68, No. 5, pp. I\_903-I\_908, 2012.
- [3] 村上正浩，他 3 名：モバイル空間統計を活用した滞留者・帰宅困難者数の推定と具体的対策の検討，日本建築学会大会学術講演便概集，pp.893-894, 2011.
- [4] 川岸裕，瀧澤重志：大地震時を想定した大阪市からの一斉徒歩帰宅シミュレーション，日本建築学会大会学術講演便概集，pp.27-28, 2017.
- [5] 秋山祐樹，金杉洋，関本義秀，柴崎亮介：住宅地図データを用いた人々の時刻別空間位置の精細化，第 32 回交通工学研究発表会，2012.
- [6] Sekimoto, Y., Shibasaki, R., Kanasugi, H., Usui, T. and Shimazaki, Y. : PFLOW: Reconstruction of people flow by recycling large-scale fragmentary social survey data, IEEE Pervasive Computing, Vol.10, No.4, 2011.

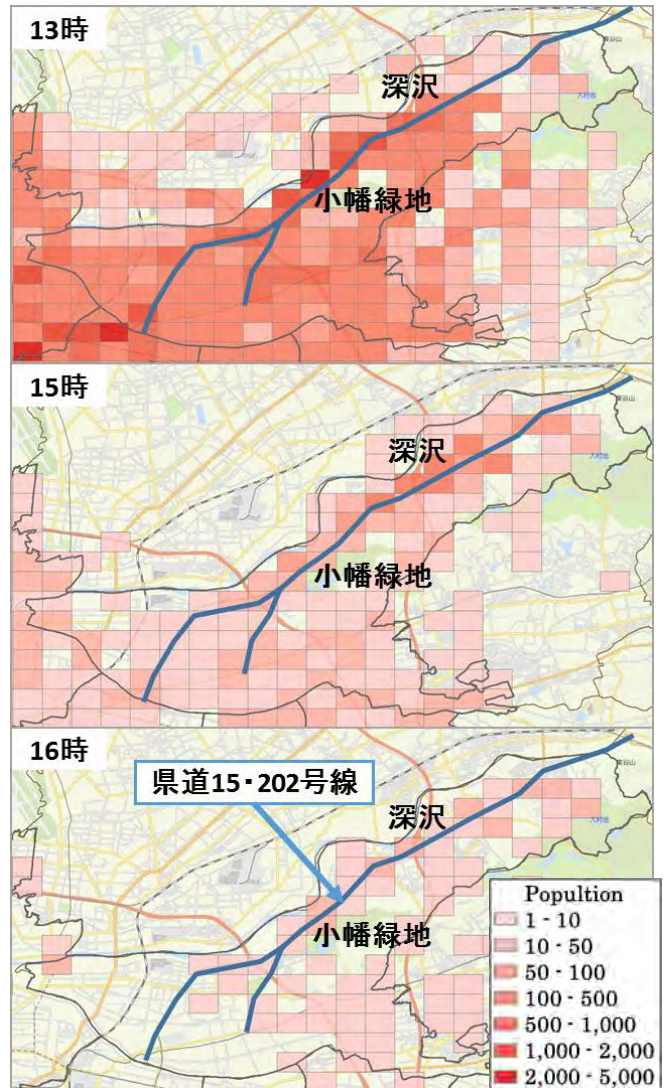


図-11 守山区付近の 13・15・16 時における帰宅途中の人口分布の比較（500m メッシュ）