

居住地・性年代分布を考慮した任意地区・時間帯における帰社・帰宅困難者数の推計方法

Estimation of stranded people from home and workplace at any given district and timing, considering gender and age distribution

相川 隆太郎*

Ryutaro AIKAWA

*地域計画学/レジリエンス計画研究室（指導教員：奥村誠 教授）

帰宅困難者問題を考えるうえで、帰宅困難者のうち勤務先や就学先にも戻れない「帰社・帰宅困難者」の数を推計することが重要であると考えられる。本研究では、モバイル空間統計データとパーソントリップ調査データとを組み合わせ、発災時に準リアルタイムで任意の時間帯・地区における帰社・帰宅困難者数を推計する手法を開発する。

Key Words: 帰宅困難者問題、帰社・帰宅困難者、モバイル空間統計データ、IPF法

1. はじめに

災害発生時の主要な問題として帰宅困難者問題が関心を集め、多くの研究が行われている。近年即時性と抽出率が高いモバイル空間統計データ(以下、モバ空データ)の登場により、任意時間帯・地区における帰宅困難者数を把握できるようになった。

一方、内閣府が策定した帰宅困難者対策のガイドライン¹⁾では一斉帰宅の抑制を基本原則として企業等に従業員などの施設内待機を呼び掛けており、勤務先からも遠いなどの「帰社困難性」を有する、「帰社・帰宅困難者」を把握することが必要となる。しかしこの「帰社困難性」は、モバ空データからは把握できない。

本研究では、モバ空データに基づく帰宅困難人口分布を、さらにパーソントリップ調査データ(以下、PTデータ)から得た帰社困難性によって分割することで、発災時に準リアルタイムで任意の地区・時間帯における帰社・帰宅困難者数を推計する手法を開発する。なお工藤・大佛²⁾は本研究と同様のアイデア・手順で帰宅困難者の属性分解を提案しているが、徒歩シミュレーションのためのデータ準備という位置付けであり、災害後に得られる即時性の高いモバ空データを活かすという視点はない。

2. 帰社困難性による分割の考え方

(1) 帰社困難性を判定するための属性

指定された地区・時間帯における帰宅困難者数は、滞在者の居住地によって決定される。さらにこの帰宅困難者の帰社困難性も、居住地分布との従属関係が強いと考えられる。また、例えば高齢者は非就業者が多く帰社困難性が高くなりやすいというように、帰社困難性は性年代とも強く関連している。そこで、本研究ではモバ空データの人口分布に対して帰社困難性の判定をするために、居住地と性年代の属性を用いることとし、その同時分布を「分割因子分布」と呼ぶ。幸い、居住地も性年代もモバ空データ・PTデータに共通して得られる属性である。

(2) 分割因子分布のIPF法を用いた作成

モバ空データから居住地分布と性年代分布は得られるものの、分割因子分布である居住地・性年代の同時分布は分からず。そこで、居住地-性年代間の従属関係を他データから借用し、IPF法を利用してこの同時分布を作成する。

IPF法とは、初期の多次元配列の持つ属性間の相関を保ちながら複数の制約条件と整合する配列を推計する手法である。初期配列にPTデータ上の居住地・性年代分布、制約条件にモバ空の居住地分布と性年代分布を用いIPF法を利用して、指定された地区・時間帯における分割因子分布を求める。

IPF法の推計精度を低下させる主要原因に0セル問題がある。初期配列に0セルが含まれていると、いかなる拡大係数を乗じても度数が0のままであり、推計精度を低下させる。本問題を防ぐため、初期配列としてPT分布における0セルを非0値で置き換えたものを用いる。

3. 帰社・帰宅困難者数の推計手順

本手法は2章で挙げたIPF法を中心として、大きく3段階で構成する。まず事前の準備として、図1の①から③に示すように、PTデータから指定メッシュ・時間帯における滞在者を集計しておく。発災後には、最新のデータを用いて④でIPF計算より分割因子分布を生成する。そして⑤・⑥で分割因子分布をPTデータ上の帰社困難性割合で分割し、帰社・帰宅困難者数を推計する。以降最新データが入手される度に④～⑥の手順を繰り返す。

① PTトリップデータを集計

- 対象ゾーン・時間帯での滞在を抜き出し
- 滞在時間15分未満は切り捨て
- 居住地・性年代・帰社困難性別に集計



② ゾーン→メッシュ変換

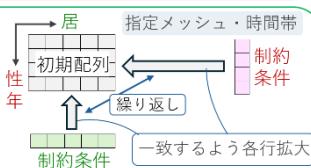
- PTの地区単位はゾーン、モバ空の地区単位は4次メッシュ
- 面積按分で指定時間帯・メッシュの居住地・性年代・帰社困難性別分布へ変換

③0セルを置換

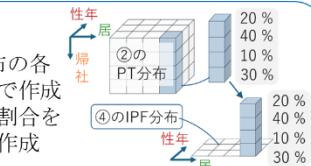
- 1) ②で作成したPT分布を帰社困難性方向に合計し居・性年分布にする
 - 2) 1)の周辺分布と性年周辺分布から居・性年の積分布を作成
 - 3) 同時分布の最大値が、1)の居・性年分布の非0セル最小値の半分になるよう正規化し、0セルを正規化済同時分布の値で置換
- ※工藤ら²⁾では非0セルと同じ重みの周辺分布の積分布で置換している

④IPF法による分割因子

- ・初期配列は、③で作成した居住地・性年代分布
- ・制約条件は、モバ空による居住地分布と性年代分布

**⑤帰社困難性で分割**

- ・④で作成した居・性年IPF分布の各居・年カテゴリについて、②で作成したPT分布における帰社困難割合を乗じて、居・年・帰社分布を作成

**⑥居住地・帰社困難性分布を作成**

- ・⑤で作成した居・性年・帰社分布を性年代方向に合計した居・帰社分布から、帰社・帰宅困難者数が推計できる。

図1 本手法の手順

4. 計算例による本手法の有効性の確認**(1) 計算例の設定**

モバ空データとPTデータが得られる時期に大きな災害が発生した事例がないため、ここでは平常時のデータに基づく計算例を用いて、本手法の有効性を確認する。第5回仙台都市圏PT調査データの平日トリップデータと、モバ空データの2020年10月における平日平均値を用いた計算例を示す。

対象地区の例として仙台都心の7メッシュを、対象時間帯の例として2・6・10・14・18・22時台を採用した。

属性は以下のようにカテゴリ分けする。居住地は仙台市5行政区と都市圏内の仙台市外北部／南部の計7個、性年代はモバ空が対象とする15～79歳を10歳階級に分け性で分割した計14個、帰社困難性は勤務地が対象メッシュ内／外の有職者、就学先が対象メッシュ内／外の就学者、非有職者または就学者の計5個である。これらに基づき、「居住地が仙台市外」の人々のうちの「勤務地／就学先が対象メッシュ外の就業者と就学者、または非就業・就学者」を、帰社・帰宅困難者と呼ぶ。

(2) 本推計結果の特徴

図2は、14時における各対象地区の帰社・帰宅困難者数の推計結果を図示したものである。また図3はメッシュ7102における、対象時間帯に推計した帰社・帰宅困難者数と、モバ空データの居住地分布から得た帰宅困難者数とを表したものである。図2・3から、地区・時間帯ごとに帰宅困難者と帰社・帰宅困難者の分布形状が大きく異なることが分かる。これより本手法が、単にモバ空データから得られる帰社困難数に対して時間や地区を考慮せず帰社困難率を乗じるよりも、帰社困難率の時間・地区による差異を考慮できることが確認できた。

(3) 性年代分布を考慮した効果の考察

ここで分割因子として性年代を用いず、居住地のみで行った場合を「比較手法」と呼ぶ。具体的にはモバ空

の居住地分布にPT分布の該当する居住地カテゴリにおける帰社困難割合を直接掛けて、居住地・帰社困難性分布を作成した。その結果を図2の中に付記している。

これらを比較すると本研究手法は比較手法よりも帰社・帰宅困難者数が少なく推計されている。これは、PTデータ上で帰社困難割合の高い高齢世代に対し、IPF計算では低い拡大率が付与され、全体として帰社・帰宅困難者数が少なく算出されたことによる。なおこの拡大率の低さは、PT調査の抽出率が他世代よりも高いことに由来する。

以上のように、本手法で性年代も分割因子として考慮したこと、PTデータの抽出率の偏りの影響を抑えられていることが確認できた。

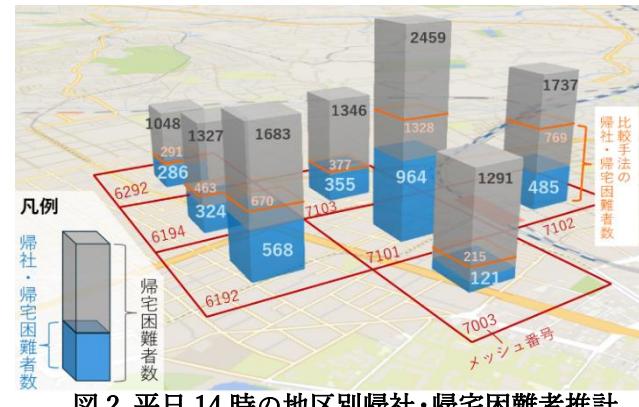


図2 平日 14 時の地区別帰社・帰宅困難者推計

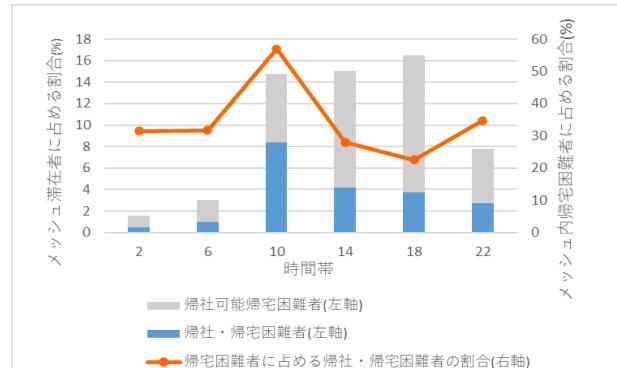


図3 メッシュ 7102 における時間帯別の帰社・帰宅困難者数の推計値

5. おわりに

本研究では、準リアルタイムで任意時間帯・地区における帰社・帰宅困難者数の推計を行う手法を開発した。今後の課題として、モバ空データの更新による推計値の変化の様子の確認を行うことが望まれる。またPT調査では考慮されていない大規模イベント等により街が通常の状況ではないときの推計や、都市圏外在住者を考慮することも課題である。

参考文献

- 1) 内閣府(防災担当)：大規模地震の発生に伴う帰宅困難者対策のガイドライン、2024.
- 2) 工藤遼、大佛俊泰：携帯電話人口統計を用いた大地震における帰宅困難者の推定、2019. 地理情報学会講演論文集, D-3-3.

(2025年2月4日提出)