

# モバイル空間統計を用いた札幌市における帰宅困難者数推計

Estimation of people who have difficulty returning home in the Sapporo city by using mobile spatial statistics

室蘭工業大学 建築社会基盤系学科 ○学生員 横山智貴(Tomoki Yokoyama)  
 室蘭工業大学大学院 工学研究科 学生員 後藤海周(Kaisyu Goto)  
 室蘭工業大学大学院 工学研究科 学生員 奥村航太(Kota Okumura)  
 室蘭工業大学大学院 工学研究科 正員 浅田拓海(Takumi Asada)  
 室蘭工業大学大学院 工学研究科 正員 有村幹治(Mikiharu Arimura)

## 1. はじめに

2018年9月6日3時7分に発生した北海道胆振東部地震は、マグニチュード6.7、最大震度7を観測し、札幌市においても、震度6弱を記録した。発災時刻が早朝であったため、帰宅困難者に関する報道は少なかった。しかし2019年2月21日21時22分に発生した同じく胆振地方中東部を震源地とする地震においては、札幌駅は鉄道の復旧を待つ人々で溢れ返った。

札幌市の都市交通データ<sup>1)</sup>によると、2018年度の札幌駅におけるJRの乗車人数の1日平均は99,593人、地下鉄は92,258人となっており、札幌駅は市内外を結ぶ交通の要所になっている。そのため、発災時間によっては札幌市内において大量の帰宅困難者が発生する可能性がある。また、COVID-19の影響下(以下、コロナ禍)においては避難所の収容人数が減少し帰宅困難者数の増加が懸念される。札幌市の帰宅困難者数を把握することは、発災時の避難体制を考えるうえで非常に重要である。

帰宅困難者の推計に関する既存研究において、小山ら<sup>2)</sup>は国勢調査とパーソントリップ調査(以下、PT調査)を用いて名古屋市における区ごとの帰宅困難者を目的別に推計した。また本研究で対象とする札幌市は、平成26年度札幌市防災会議でPT調査を用いて帰宅困難者数を推計している<sup>3)</sup>。このように多くの既存研究において、国勢調査やPT調査のデータが用いられた。しかし、多くの調査データはその集計が数年に1度であることや、遠方からの訪問が反映されていない問題がある。また、著者らの先行研究<sup>4)</sup>では札幌市内の滞在人口が最も多くなる時間帯の発災を仮定し、帰宅困難者数を推計した。他の先行研究<sup>5)</sup>では、発災により帰宅手段が利用不可能となった場合の徒歩による帰宅を考慮せず札幌市1kmメッシュの帰宅困難者数を推計した。しかし、発災時における徒歩の帰宅困難率の考慮や、より詳細な時空間単位での帰宅困難者推計は行われていない。

本研究の目的は、携帯電話ネットワークを用いた人口統計(以下、モバイル空間統計<sup>6)</sup>)を用いて、道外や札幌市外からの訪問に加えて徒歩の帰宅困難率を考慮した詳細な時空間単位での帰宅困難者数を推計することにある。

## 2. 使用データの概要

### 2.1 モバイル空間統計

モバイル空間統計とは、携帯電話ネットワークの仕組みを利用して作成され、様々な条件で絞り込むことがで

きる人口統計である。24時間365日におけるあるエリアに滞在している人口や、特定の2つのエリアを移動したOD量が取得でき、これらはまちづくりや防災計画に使用されている。本研究で使用したデータを表-1に示す。

### 2.2 第4回道央都市圏PT調査(平成18年)

本研究では、第4回道央都市圏PT調査を用いた。PT調査は都市圏における人の移動と手段に着目した調査である。第4回道央都市圏PT調査では札幌市を中心に通勤・通学や買い物などにより、交通面で繋がりの強い周辺地域(小樽市、石狩市、北広島市、恵庭市、千歳市、江別市、当別町、南幌町、長沼町)を「道央都市圏」として調査対象範囲に設定している。

### 2.3 国勢調査(500mメッシュ別将来推計人口)

本研究では、国土交通省より提供されている国土数値情報の2015年の国勢調査から得られた2020年における500mメッシュあたりの推計人口を用いた。

### 2.4 札幌市避難所データ

本研究では、札幌市より提供された避難所データから、各避難所の住所、収容面積のデータを用いた。収容面積は避難所で実際に避難生活を送ることができる面積であり、札幌市における収容面積の基準<sup>7)</sup>は1人当たり2.0m<sup>2</sup>となっている。また、コロナ禍である現状を踏まえた収容面積の基準<sup>8)</sup>は1人当たり4.0m<sup>2</sup>と仮定する。

## 3. 帰宅困難者の算出方法

### 3.1 帰宅困難者の定義

帰宅困難者の定義はいくつか存在する。中林<sup>9)</sup>は帰宅困難者を「15歳以上の就業就学者のうち帰宅距離が長く、通常の交通手段が破損したときに徒歩による帰宅が困難となる人」と定義しており、宮城県沖地震のデータなどから「帰宅距離10kmまでは帰宅率が100%、それ以降は1kmごとに10%帰宅困難率が高まり、20km以降は帰宅率が0%となる」という帰宅限界距離を論じている。ただし、東日本大震災を踏まえて徒歩の帰宅限界距離に応じた帰宅困難率の定義が図-1のように新しく設定し直された<sup>10)</sup>。

表-1 モバイル空間統計使用データ

4次メッシュ毎	
2018/9/5	
日時	0時, 3時, 6時, 8時, 9時 12時, 15時, 18時, 21時
居住地	市区町村
滞在エリア	4次メッシュ

したがって、本研究における帰宅困難者の定義は、「発災時に滞り場所まで公共交通機関を使用して移動しており、発災により帰宅手段としての全ての公共交通機関が運転を見合わせた際に、徒歩による自力での帰宅が著しく困難になる人」とする。

北海道胆振東部地震発災時、ブラックアウトにより信号機が機能しない中でも自家用車を使用して移動した人がいた<sup>11)</sup>。しかし、胆振東部地震の発災は早朝だったため、自家用車での移動が制限されることはなかったが、昼間の発災を仮定するとブラックアウトにより信号機が使えなくなることで自家用車の使用が交通事故などの二次災害に発展する可能性があることから、自家用車での移動が制限される可能性はありえる。これらを踏まえ、自家用車による移動が可能な場合と禁止した場合について検討を行う。

3.2 PT 調査によるモバイル空間統計の補完

帰宅困難者はPT 調査における小ゾーンごとに推定されることが多いが、そのゾーン内のどの部分で帰宅困難者が発生するのかを推定しきれないことが問題である。また、PT 調査の対象範囲外からの流入人口を把握できない問題もある。

そこで本研究では、モバイル空間統計を用いることによって、小ゾーンよりもさらに細かいメッシュ単位で帰宅困難者を推計し、PT 調査の対象範囲外からの流入人口の把握を可能にした。しかし、モバイル空間統計では移動手段や目的が把握できないためPT 調査により補完した。

3.3 帰宅困難者の算出手順

帰宅困難者数の算出手順は著者らの先行研究<sup>4)</sup>と同様であり、その流れを図-2に示す。3.1の定義に基づけば、居住地が道央都市圏外の滞り人口は全員帰宅困難者となる。居住地が道央都市圏内の滞り人口においては、PT 調査により取得した帰宅手段を表-2から発災時に利用可能かを分類し帰宅可能割合、帰宅不可能割合を算出する。また、帰宅手段が徒歩である場合に帰宅可能かどうかは図-1の徒歩の帰宅困難率を用いる。取得した各割合とモバイル空間統計から算出した各ゾーンへの帰宅人口との積を求めた。この値が帰宅困難者数となる。

4. 結果

4.1 帰宅困難者数

第3章の手順より、各時間帯の帰宅困難者数を算出した。各時間の帰宅困難者数を表-3に示す。各時間の推移状況を図-3に示す。また、メッシュ毎の帰宅困難者数を確認するため、最も帰宅困難者数が増える場合と最も少なくなる場合を比較した。図-3より、最も多くなるのは自家用車での移動を禁止した場合の12時であり、最も少なくなるのは自家用車での移動が可能な場合の6時である。これらの分布を図-4に示す。自家用車での移動を禁止した場合の12時の帰宅困難者数は約96,500人となった。内訳としては居住地が道央都市圏内の人数が約61,700人、道央都市圏外の人数が約34,800人である。この分布を図-4(a)に示す。分布より札幌駅からすすきのを中心に帰宅困難者が多く発生している。自家用車での移動ができないことから札幌市郊外にも広く帰宅困難者が

$$\text{帰宅困難率}[\%] = \max[(0.0218 \times (\text{外出距離}[\text{km}]))^2, 100]$$

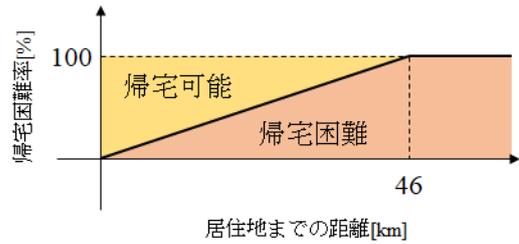


図-1 徒歩の帰宅困難率

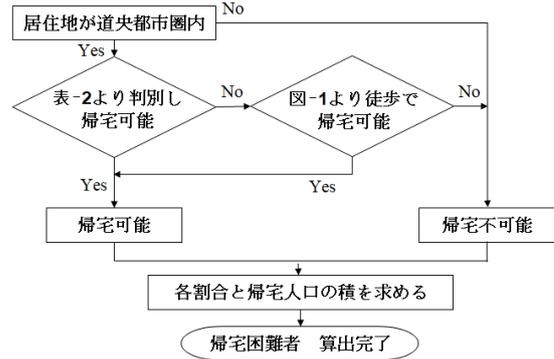


図-2 帰宅困難者数算出フローチャート

表-2 帰宅可能手段

帰宅可能	帰宅不可能
徒歩・車いす・自転車	タクシー・ハイヤー
原動機付自転車(50cc以下)	自家用バス・貸し切りバス
自動二輪車(51cc以上)	路線バス
軽乗用車・乗用車	市電・地下鉄・JR
軽貨物車・貨物自動車	船舶・航空機
	その他

表-3 帰宅困難者数[単位: 人]

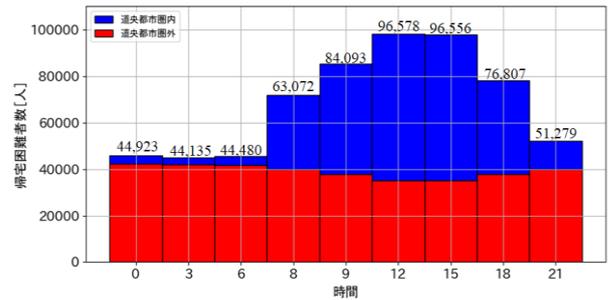
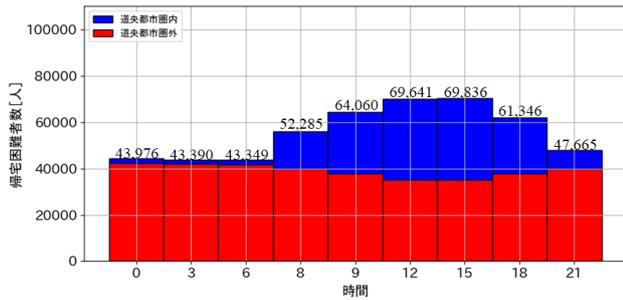
時間	居住地: 道央都市圏内		居住地: 道央都市圏外
	自家用車使用可能	自家用車使用禁止	
00:00	1,788	2,735	42,188
03:00	1,341	2,086	42,049
06:00	1,631	2,762	41,718
08:00	12,450	23,237	39,835
09:00	26,267	46,300	37,793
12:00	34,806	61,743	34,835
15:00	34,807	61,527	35,029
18:00	23,493	38,954	37,853
21:00	7,743	11,357	39,922

発生している。6時の分布は図-4(b)である。札幌駅からすすきのを中心として全体的に帰宅困難者が減少した。また、札幌市郊外においても帰宅困難者が減少した。しかし、依然としてすすきのを含むメッシュでは帰宅困難者が多く発生している。これは居住地が道央都市圏外の人口において、ホテルに宿泊している影響があると考えられる。

4.2 帰宅困難者の収容

(I)避難所

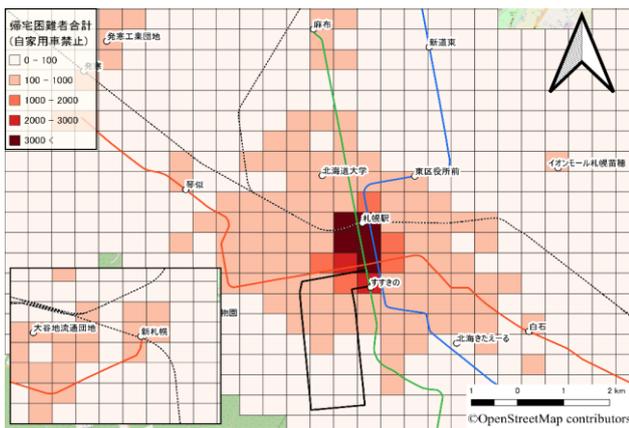
4.1より札幌駅を中心としたメッシュに多くの帰宅困難者が出るのが問題である。そこで、避難所の収容面積を加味した帰宅困難者の算出を行う。避難所の1人当た



(a) 自家用車での移動が可能な場合

(b) 自家用車での移動を禁止した場合

図-3 帰宅困難者総数の推移



(a) 自家用車での移動を禁止した場合の12時



(b) 自家用車での移動が可能な場合の6時

図-4 帰宅困難者数

りの使用面積は札幌市基準で $2.0\text{m}^2$ である。また、コロナ禍の現状を踏まえ1人当たりの使用面積を $4.0\text{m}^2$ の場合(以下、コロナ基準)も考慮する。各メッシュの帰宅困難者数から札幌市基準、コロナ基準における避難所の収容人数を引いた値、即ち各避難所の容量を超える人(以下、路上滞留者)の分布を図-5に示す。時間帯は4.1に基づき自家用車の使用を禁止した12時のデータを用いた。札幌市基準における路上滞留者は約47,600人、コロナ基準における路上滞留者は約48,800人となり、コロナ禍により路上滞留者が約1,200人増加している。図-5より札幌駅からすすきの間で路上滞留者が多く出ている。札幌市郊外においても路上滞留者が多少発生するが、近くに避難所容量の余剰がある避難所を含むメッシュが多く存在するので収容できる可能性が高い。そこで、問題である主に札幌駅付近の路上滞留者を解消するために、4.2(2)では宿泊施設を加味した路上滞留者の算出を行う。

**(2) 宿泊施設**

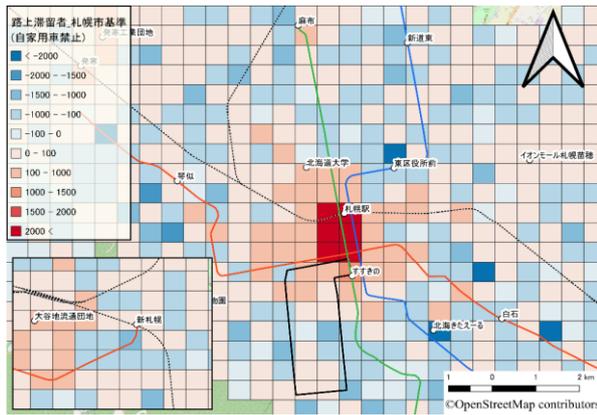
国土交通省より提供されている国土数値情報の宿泊容量メッシュを用いて、避難所に加えて宿泊施設が帰宅困難者の受け入れを行う場合の路上滞留者を推計する。使用データは4.2(1)と同様に自家用車の移動を禁止した場合の12時を用いた。宿泊施設収容人数を加味したものを図-6に示す。宿泊施設が受け入れを行うことで、札幌駅からすすきの間の路上滞留者が大きく減少した。宿泊施設収容人数を札幌市基準の避難所収容人数に加味した場

合、路上滞留者は約29,400人、コロナ基準の避難所収容人数に加味した場合は約30,600人となった。宿泊施設が帰宅困難者を受け入れることで、両基準において約18,200人路上滞留者が減少した。しかし、路上滞留者が出るメッシュは多く存在する。したがって、現状では帰宅困難者を収容する避難所や宿泊施設は足りていない。

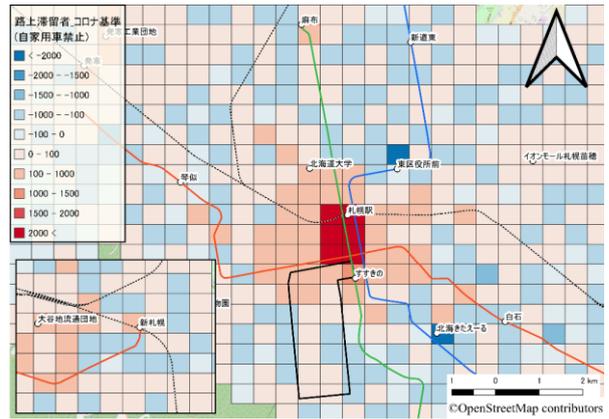
**5. おわりに**

本研究ではモバイル空間統計とPT調査を用いることで、道外や道央都市圏外からの訪問を考慮した帰宅困難者数を算出した。また、札幌市提供の「札幌市避難所データ」を用いて、コロナ禍を加味して路上滞留者を算出し、それぞれの分布を図示することで、避難所や宿泊施設が不足している結果が得られた。

ただし、本研究は以下の課題がある。1つ目は訪日外国人が含まれていない。「札幌市観光統計データ」より札幌市の2019年度の外国人宿泊者数は約242万3千人であり、外国人観光客が多く滞在している。したがって、発災時に避難所や宿泊施設が不足し路上滞留者が増加することが予想される。2つ目は路上滞留者について冬期を考慮していない。使用したPT調査は10、11月に行われたもので、冬期の人の移動を把握することが難しく、本研究では胆振東部地震前日である9月5日の帰宅困難者および路上滞留者を算出している。3つ目は宿泊施設を加味した結果は過小評価である。本研究では宿泊施設

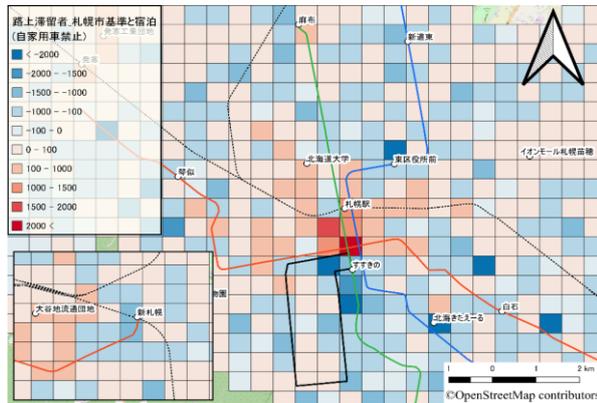


(a) 自家用車での移動を禁止した札幌市基準の12時

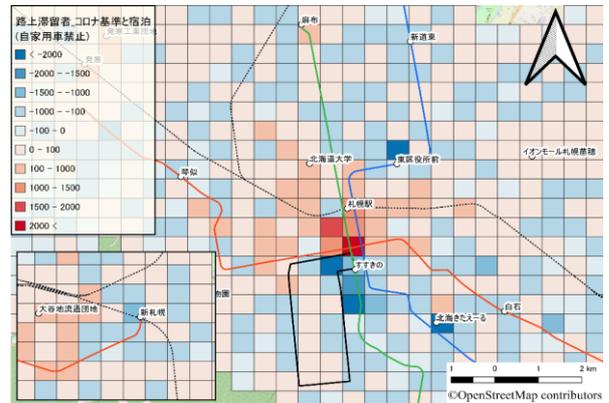


(b) 自家用車での移動を禁止したコロナ基準の12時

図-5 避難所収容後の路上滞留者



(a) 自家用車での移動を禁止した札幌市基準の12時



(b) 自家用車での移動を禁止したコロナ基準の12時

図-6 避難所と宿泊施設収容後の路上滞留者

収容人数の最大値を用いることで路上滞留者が減少する結果となった。しかし、発災により全ての宿泊施設が運営を行うとは限らず、また既に宿泊者が滞在していた場合はその分収容人数が減少する。そのため路上滞留者が推計結果よりも多くなる可能性がある。4つ目はコロナ禍のモバイル空間統計データを用いた推計を行っていない。本研究では避難所の1人当たりの使用面積を変えることでコロナ禍の推計を行った。しかし、厳密なコロナ禍の路上滞留者を算出するには、本研究で用いたデータよりも滞在人口が少なくなるコロナ禍におけるデータを用いる必要がある。

本研究の今後の発展として、外国人訪問や冬期の発災による帰宅困難者、路上滞留者を考慮することでより正確な推計ができるだろう。

### 参考文献

- 1) 「札幌の都市交通データブック」, p47, p55  
[https://www.city.sapporo.jp/sogokotsu/kotsutaikei/documents/1\\_pdfsam\\_data2019.pdf](https://www.city.sapporo.jp/sogokotsu/kotsutaikei/documents/1_pdfsam_data2019.pdf) (最終閲覧日 2020/12/21)
- 2) 小山真紀, 岡田成幸: 名古屋市における帰宅困難者推計と中区事業所アンケート調査, 地域安全学会論文集 No.13, 2010
- 3) 平成26年度札幌市防災会議: 「帰宅困難者数の推計について」, 議案第1号, 資料1-4

- 4) 後藤海周, 奥村航太, 有村幹治, 浅田拓海: 携帯位置情報を用いた札幌市における帰宅困難者推定, 第62回土木計画学研究・講演集, 2020
- 5) 中村夏実, 奥村航太, 有村幹治: モバイル空間統計を用いた札幌市における帰宅困難者数の試算, 令和元年度論文報告集 第76号 部門D, 2020
- 6) NTTdocomo: 「モバイル空間統計」  
<https://mobaku.jp/about/> (最終閲覧日 2020/12/21)
- 7) 札幌市: 「避難所運営マニュアル」, p18  
[https://www.city.sapporo.jp/kikikanri/documents/hinanjyo\\_uncimanual.pdf](https://www.city.sapporo.jp/kikikanri/documents/hinanjyo_uncimanual.pdf)  
 (最終閲覧日 2020/12/21)
- 8) 「新型コロナウイルス感染症対策に配慮した避難所開設・運営訓練ガイドライン(第2版)について」, p11  
[http://www.bousai.go.jp/pdf/korona\\_0908.pdf](http://www.bousai.go.jp/pdf/korona_0908.pdf)  
 (最終閲覧日 2020/12/21)
- 9) 中林一樹: 地震災害に起因する帰宅困難者の想定手法の検討, 総合都市研究, 第47号, 1992
- 10) 「南海トラフ巨大地震の被害想定項目及び手法の概要」, p12  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku\\_wg/pdf/4\\_sanko.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/4_sanko.pdf)  
 (最終閲覧日 2020/12/21)
- 11) 北海道開発局: 「胆振東部地震 分析状況報告」, p12 (最終閲覧日 2020/12/21)