

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

Trial calculation the number of stranded people using mobile spatial statistics: case study of Sapporo city area

室蘭工業大学 建築社会基盤系学科 ○学生員 中村夏実 (Nakamura Natsumi)
室蘭工業大学大学院 工学研究科 学生員 奥村航太 (Okumura Kota)
室蘭工業大学大学院 工学研究科 正員 有村幹治 (Arimura Mikiharu)

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ではマグニチュード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。発生時刻が早朝だったこともあり帰宅困難者に関する報道は目立たなかった。しかし2019年2月21日21時22分と同じく胆振地方中東部を震源地とする地震が発生した際には, 札幌駅は鉄道の復旧を待つ人で溢れ返った。一般的に地震等の災害時, 鉄道事業者は揺れの大きさに応じて速度規制や運転見合わせを行うことが定められている。札幌市の都市交通データ¹⁾によると, 2017年度の札幌駅における鉄道の乗車人数の1日平均はJRが99,436人, 地下鉄が57,038人となっており, 多くの人々が利用している。その為, 発災の時間帯によっては札幌市内でも大量の帰宅困難者が発生する可能性がある。北海道最大の都市である札幌市の帰宅困難者数を把握しておくことは, 緊急時の避難体制を構築するうえで必要不可欠である。

帰宅困難者数の推計に関する既存研究としては, 小山²⁾は国勢調査とパーソントリップ調査(以下, PT調査)³⁾を用いて名古屋市の区毎の帰宅困難者数を目的別に推計している。また本研究で対象とする札幌市においてはPT調査を用いて帰宅困難者数の推計を行っている⁴⁾。このように既存研究では, 国勢調査やPT調査を用いた推計が多くみられる。しかし, これらの研究で使用されるデータはある年数毎の集計であることや, 遠方からの訪問客が反映されていないことなどが課題である。そこで本研究では, NTTdocomoが提供するモバイル空間統計⁵⁾を用いることで, 道外や札幌市外からの訪問客を考慮して任意の日付・時間帯での帰宅困難者数を試算することを目的とする。

2. 使用データ

本研究ではモバイル空間統計データを用いてある地域に滞在している人数を把握し, PT調査によって帰宅が困難となる人の割合(以下, 帰宅困難率)を算出した。使用したデータの概要を以下に示す。

(1) モバイル空間統計

モバイル空間統計とは, NTTdocomoの携帯電話ネットワークの仕組みを使用して作成される新たな人口統計である。具体的には, 24時間365日における日本全国のあるエリアに滞在している15歳から89歳までの人口(以下, 滞人口)や, ある時間幅の中で2つのエリア間を移動したOD量を推計したものが挙げられる。

本研究で使用した滞人口の時期, 滞在エリア, 居住

地の区分を表-1に示す。

(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。札幌市では, 通勤・通学や買い物など交通面でつながりの強い札幌市周辺の地域(小樽市, 江別市, 千歳市, 恵庭市, 北広島市, 石狩市, 当別町, 南幌町, 長沼町)を「道央都市圏」として調査対象範囲を設定している。

(3) 国土数値情報 宿泊容量メッシュ⁶⁾

国土数値情報ダウンロードサービスより, 宿泊容量メッシュを利用した。3次メッシュ単位で宿泊施設の種類の収容人数, 客室数が示されている。本研究の宿泊施設の収容人数は国土数値情報による収容人数とした。

(4) 札幌市避難所データ⁷⁾

札幌市より提供された各避難所の住所, 収容面積のデータを使用した。収容面積は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人数の基準は1人当たり2.0m²となっている。

3. 帰宅困難者数の算出方法

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。小林(1992)⁸⁾は, 「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著しく困難となる人」と定義している。小林は宮城県沖地震など各種避難・帰宅行動データなどから, 「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おり, 多くの自治体での被害想定における帰宅割合の根拠として用いられている。

本研究では, 北海道胆振東部地震発災時に, 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で移動をした人がいた⁹⁾という事実を踏まえ, 発災時に自家用車での移動は可能であると仮定する。したがって, 本研究での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利用して移動しており, 全ての公共交通機関が運転を見合わせた際に自力での帰宅が著しく困難となる人」とする。

表-1 滞人口の使用データ

	区毎	3次メッシュ毎
時期	2018/8/30-2018/9/5	2016/10/19
時間帯	0時, 3時, 6時, 9時, 12時, 15時, 18時, 21時	3時, 8時, 12時, 17時
滞在エリア	市町村区	3次メッシュ
居住地	市町村区	市町村区

3.2 帰宅困難者数の算出手順

帰宅困難者の算出手順を図-1に示す。なお居住地において、フローチャート内の「区内」とは試算対象の区内、「札幌市内」とは対象区外かつ札幌市内、「道央都市圏」とは札幌市外かつ道央都市圏内、「道央都市圏外」とは道央都市圏外かつ道内までを指す。また帰宅可能として選択したPT調査による移動手段を表-2に示す。

4. 結果

4.1 札幌市区毎

札幌市区毎の試算では帰宅する人が多いと予想される18時の滞在人口を用いた。

(1) 帰宅困難者数

使用データの時期中で帰宅困難者数が多かったのは、平日が2018年8月31日（金）、休日が2018年9月1日（土）であった。札幌市内における帰宅困難者数の平均

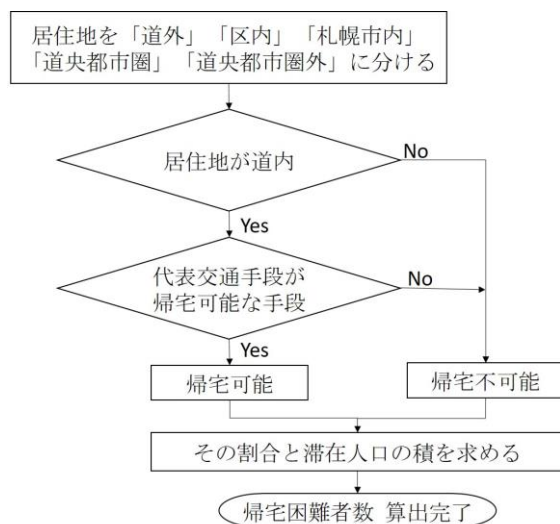


図-1 帰宅困難者数算出フローチャート

表-2 帰宅可能手段

(a) 夏期		(b) 冬期	
分類	1	分類	1
1	徒歩	1	徒歩
2	車イス	2	車イス
3	自転車	3	自転車
4	原動機付き自転車 (50cc以下)	4	原動機付き自転車 (50cc以下)
5	自動二輪車 (50ccを超える)	5	自動二輪車 (50ccを超える)
6	タクシー・ハイヤー	6	タクシー・ハイヤー
7	軽乗用車	7	軽乗用車
8	乗用車	8	乗用車
9	軽貨物車	9	軽貨物車
10	貨物自動車 (ライトバンを含む)	10	貨物自動車 (ライトバンを含む)
11	自家用バス・貸切バス (送迎バスを含む)	11	自家用バス・貸切バス (送迎バスを含む)
12	路線バス	12	路線バス
13	市電	13	市電
14	地下鉄	14	地下鉄
15	JR	15	JR
16	船舶	16	船舶
17	航空機	17	航空機
18	その他	18	その他

※ 黄色背景の項目を帰宅可能手段とする。

と2日間の帰宅困難者数を表-3に示す。

帰宅可能な交通手段の違いにより、帰宅困難者数は冬期が夏期よりも約150,000人多くなるとの結果が得られた。また休日よりも平日の方が帰宅困難者数は多い。札幌市の対象区外を居住地とする人の帰宅困難者数が大きく減っていることから、平日の場合は通勤や通学で中央区に人が集中しているが、休日はその移動がないためであると考えられる。一方で、休日は道外や札幌市外といった遠方を居住地とする帰宅困難者が増加する。平日と休日では帰宅困難者の属性が異なることがわかる。

(2) 帰宅困難者の収容

以上のことから問題が顕著となるのは夏期よりも冬期である。そこで本研究では、冬期を対象に分析を進める。帰宅困難者の収容施設に関しては、①「市内の各避難所と札幌駅前通地下歩行空間¹⁰⁾」及び、②「①に加えて宿泊施設」とした。札幌駅前通地下歩行空間（以下、地下歩行空間）は歩行空間12mとその両端に憩いの空間が4mずつ広がる、幅員20m延長520mの空間である。収容面積は以下の式で算出した。

（地下歩行空間収容面積）＝（憩いの空間）4m×2×0.7
ここで、0.7は有効率¹¹⁾70%のことである。収容人数は、札幌市基準と避難所の国際基準であるスフィア基準¹²⁾を用いて算出した。1人当たりの面積は札幌市基準で2.0m²、スフィア基準で3.5m²である。

① 市内の各避難所と地下歩行空間

札幌市基準では南区、清田区において全員が避難可能であった。中央区では避難所の容量を超える人（以下、路上滞留者）が200,000人以上に及ぶ。さらに図-2(b)からわかるように、スフィア基準での収容を考えると、路上滞留者がいない区は無くなった。以上より冬期平日に発災した場合、各避難所では身動きが取りづらい状況となることや、避難所に入れなかった路上滞留者が市内にあふれることが予想される。（図-2）

② ①に加えて宿泊施設

次に①に加えて市内の宿泊施設が帰宅困難者の受け入れを行うことができた場合の路上滞留者数を図-3に示す。札幌市基準では、路上滞留者が出なかった南区、清田区に加え、豊平区も同様となった。スフィア基準では、路上滞留者が確認されない区はなかったが、札幌市基準より路上滞留者数が減少することがわかる。宿泊施設への受け入れ態勢が整えば、路上滞留者を最

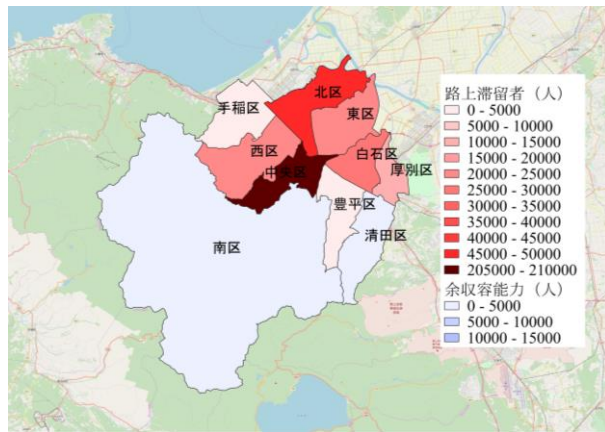
表-3 札幌市の帰宅困難者推計人数（単位：人）

(a) 夏期

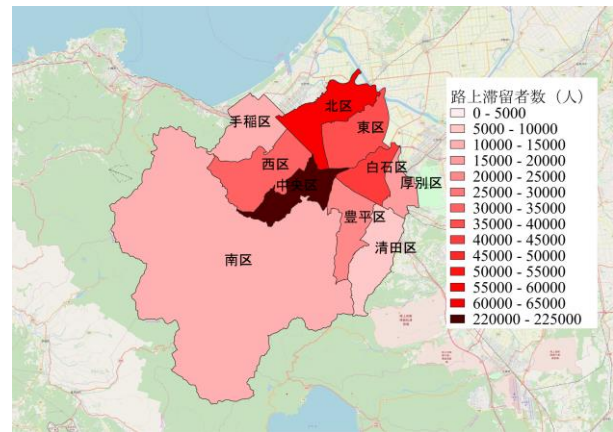
	道外	市外	区外	区内	総計	
2018/8/31（金）	28,410	37,454	264,547	160,114	490,525	
2018/9/1（土）	30,382	45,396	198,430	165,657	439,865	
平均	平日	28,220	33,490	239,159	163,189	464,058
	休日	28,153	39,627	172,580	170,009	410,368

(b) 冬期

	道外	市外	区外	区内	総計	
2018/8/31（金）	28,410	38,096	266,833	305,851	639,190	
2018/9/1（土）	30,382	45,982	200,206	317,786	594,356	
平均	平日	28,220	34,068	241,257	312,174	615,719
	休日	28,153	40,161	174,143	326,586	569,041

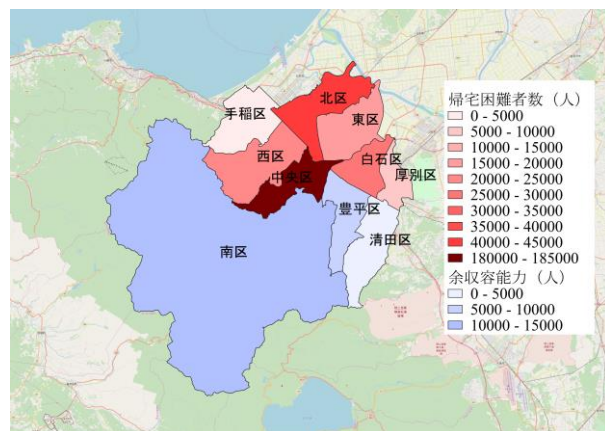


(a) 札幌市基準

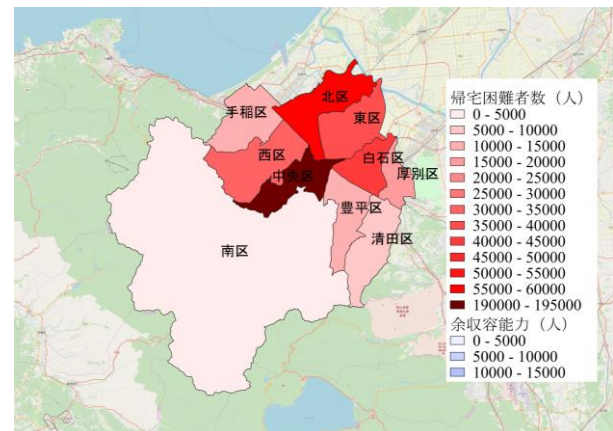


(b) スフィア基準

図-2 避難所に収容後の路上滞留者数



(a) 札幌市基準



(b) スフィア基準

図-3 宿泊施設に収容後の路上滞留者数

大で約 38,000 人減少させられることがわかる。

4.2 札幌市内 3 次メッシュ毎

3 次メッシュ毎の試算では、帰宅する人が多いと予想される 17 時の滞人口を用いた。

(1) 帰宅困難者数

3 次メッシュ毎の夏期と冬期での帰宅困難者数を図-4 に示す。区毎と同様に冬期の方が夏期よりも帰宅困難者数が多い。特に顕著として現れたのは札幌駅の周辺で、大谷地駅、新さっぽろ駅、手稲駅、澄川駅の周辺でも帰宅困難者数が多い傾向である。

(2) 帰宅困難者の収容

3 次メッシュにおいても区毎と同様に冬期を対象に分析を進める。収容施設に関しては、収容能力が最も小さい①「スフィア基準での避難所と地下歩行空間」及び、最も大きい②「札幌市基準での避難所と地下歩行空間、宿泊施設」とした。

① スフィア基準での避難所と地下歩行空間

避難所と地下歩行空間に収容すると中央区においても路上滞留者がいなくなるメッシュもある。しかし、札幌駅周辺は帰宅困難者数が非常に多かったこともあり、収容後も依然として路上滞留者が多い。また学校などの収容能力の高い避難所が存在するメッシュは路

上滞留者数がその周辺のメッシュに比べて少なくなることがわかる。(図-5)

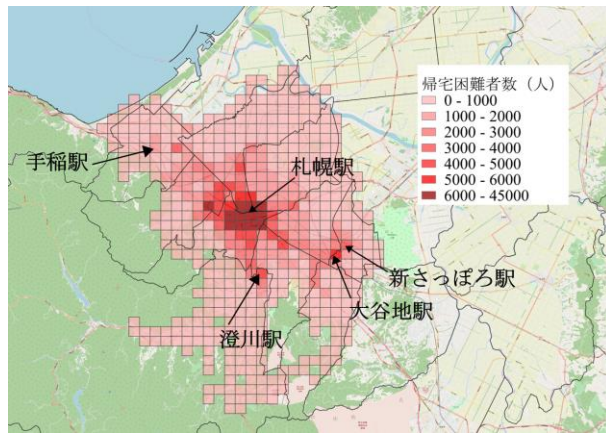
② 札幌市基準での避難所と地下歩行空間、宿泊施設

帰宅困難者を宿泊施設へ収容することによって路上滞留者の減少が大きくみられるメッシュもある。特に、札幌駅の南側の地域はもともと路上滞留者が多い地域であったが、減少していることがわかる(図-6)。しかし、全体的に発生する帰宅困難者に対して収容施設が不足していることがわかる。冬期の札幌市は積雪があり気温も低いいため、このような状況に対応できるように十分な避難施設を今後確保していく必要があるといえる。

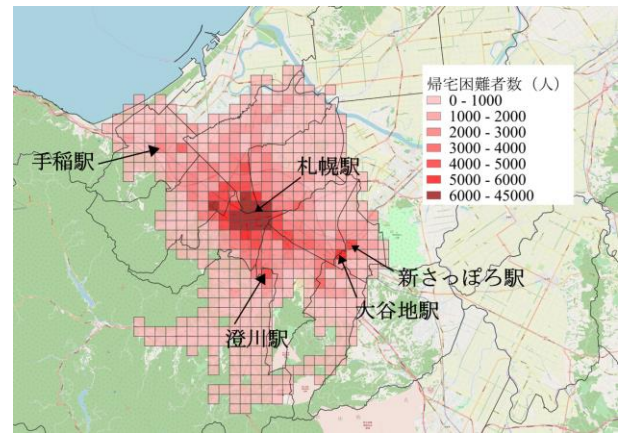
5. おわりに

本研究はモバイル空間統計を用いることにより、札幌市遠方からの訪問客を考慮した場合の帰宅困難者数と避難所や宿泊施設の収容能力を考慮した際の路上滞留者数について試算した。また、双方の基準を比較することにより、札幌市では避難生活を送る上で十分な広さを確保するには避難所が不足しているという結果が得られた。

ただし、本研究の試算は以下の理由により過小評価であると考えられる。



(a) 夏期



(b) 冬期

図-4 3次メッシュ毎帰宅困難者数

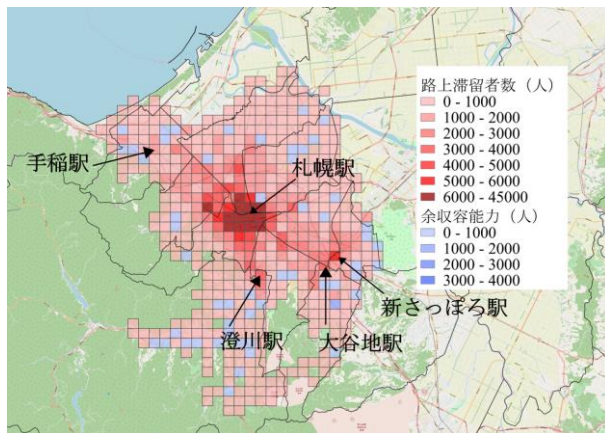


図-5 避難所収容後の路上滞留者数（スフィア基準）

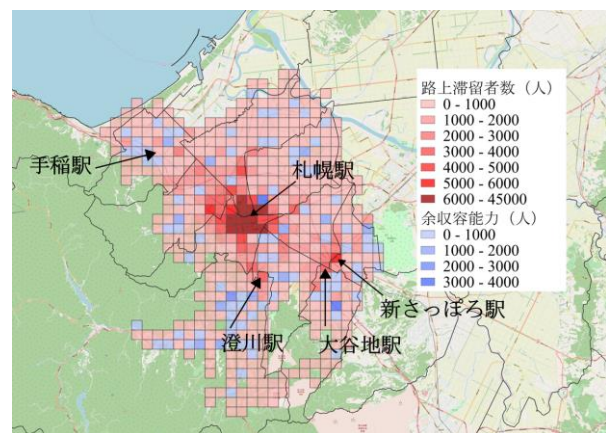


図-6 宿泊施設収容後の路上滞留者数（札幌市基準）

- ① 発災後に自動車が使用でき、自家用車で到着地へ向かった人すべてが帰宅すると仮定しているが、実際には全数が帰宅を試みるとは限らない。
- ② 外国人訪問者数が考慮されていない。札幌市の2019年度上期の外国人観光客は約127万4千人¹³⁾であり、毎年多くの外国人観光客が訪れている。従って、多数の外国人観光客が市内に滞在しているため、各避難所、宿泊施設はさらに不足することが考えられる。
- ③ 宿泊施設が機能しない可能性がある。すべての宿泊施設が発災時に運営をするとは限らず、また、既に宿泊者が滞在していた場合はその分収容可能人数は減少することになる。

本研究の今後の発展としては、外国人訪問客を考慮することや、労働者の帰宅困難についてオフィスに戻ることを考慮することなどが挙げられる。以上によって、より正確な推計ができると考えられる。

参考文献

- 1) 「札幌の都市交通データブック 2018」
- 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, 2010.11

- 3) 第4回道央都市圏 PT 調査概要
<http://www.city.sapporo.jp/sogokotsu/shisaku/pt/>,
閲覧日 2019/12
- 4) 平成26年度札幌市防災会議
資料1-4「帰宅困難者の推計について」
- 5) モバイル空間統計概要
<https://mobaku.jp/service/> 閲覧日 2019/12
- 6) 国土数値情報 宿泊容量メッシュ
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> 閲覧日 2019/12
- 7) 札幌市より提供
- 8) 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
- 9) 北海道開発局: 胆振東部地震 分析状況報告 (平成30年9月21日)
- 10) 札幌駅前通地下歩行空間概要
<https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/stn/genzainojigyo/eki/maechika/about.html> 閲覧日 2019/12
- 11) 国土交通省: 「ハザードマップ作成の手引き」
- 12) スフィアハンドブック 2018 日本語版
「7.避難所および避難先の居住地」
- 13) 札幌市観光統計データ
<https://www.city.sapporo.jp/keizai/kanko/statistics/statistics.html> 閲覧日 2019/12