



人口分布統計を用いた北海道胆振東部地震の時間帯別帰宅困難者数の推定

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公益社団法人 土木学会 公開日: 2023-10-24 キーワード (Ja): キーワード (En): people who have difficulty returning home, mobile location information, earthquake 作成者: 後藤, 海周, 奥村, 航太, 浅田, 拓海, 有村, 幹治 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/0002000101

人口分布統計を用いた北海道胆振東部地震の 時間帯別帰宅困難者数の推定

後藤 海周¹・奥村 航太²・浅田 拓海³・有村 幹治⁴

¹学生会員 室蘭工業大学 大学院工学研究科 環境創生工学系専攻 (〒050-8585 室蘭市水元町 27-1)
E-mail: 20041033@mmm.muroran-it.ac.jp

²正会員 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3-1-34)
E-mail: okumura-k@ceri.go.jp

³正会員 室蘭工業大学助教 大学院工学研究科 もの創造系領域 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)
E-mail: asada@mmm.muroran-it.ac.jp

⁴正会員 室蘭工業大学教授 大学院工学研究科 もの創造系領域 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)
E-mail: arimura@mmm.muroran-it.ac.jp (Corresponding Author)

2019年2月21日に北海道胆振地方中東部地震の最大余震が発災した際、札幌市都心部においては公共交通の復旧を待つ人々が溢れ返った。積雪寒冷地においては冬期の発災シナリオを含めて発災タイミングの違いを考慮した帰宅困難者数の推定が緊急時の避難体制を構築するうえで必要不可欠である。従来、帰宅困難者数の推計に関しては、国勢調査とパーソントリップ調査を用いた事例が多く報告されている。しかし、各時間や遠方からの滞在人口を考慮し、各メッシュ単位における帰宅手段や活動目的別の分析はみられなかった。そこで本研究では、札幌市においてPT調査、携帯電話位置情報データ(モバイル空間統計)および各避難所や面積を用いて帰宅困難者数の推計を行い、帰宅困難者数の空間分布を可視化した。

Key Words : *people who have difficulty returning home, mobile location information, earthquake*

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、札幌市においては、震度6弱を記録した。発生時刻が早朝であり、市民の多くが自宅に滞在していたこともあり、発災後の帰宅困難者の発生に関する報道はなかった。しかし冬期である2019年2月21日21時22分に発災した北海道胆振地方中東部を震源とする最大余震では、札幌市都心部においては鉄道や地下鉄が運休となり、多数の帰宅困難者が発生した。

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などの対応が取られる。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人となっている。発災の時間帯によっては札幌市内においても大量の帰宅困難者が発生する可能性がある。また冬期においては、帰宅困難による路上での滞留は生命に関わる問題になる。したがって、発災タイミン

グの違いを考慮した帰宅困難者数と路上滞留者数の把握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。

帰宅困難者数の推定を行った研究では、主にパーソントリップ調査(以下PT調査)²⁾³⁾⁴⁾や国勢調査⁵⁾、アンケート調査⁶⁾が用いられてきた。本研究の対象都市である札幌市においては平成26年度札幌市防災会議においてPT調査を用いて帰宅困難者数が推定されている。しかしPTデータは数年に一度の更新頻度であること、また近年増大化傾向にある観光客の空間分布が反映されない等の問題がある。札幌市は観光の名所であり2018年度の観光客数は1584万6千人で、その内271万9千人は外国人観光客⁷⁾である。北海道胆振東部地震では発災が早朝だったことから旅行者の帰宅困難者は発生しなかったが、日中になってから行き場を失い帰宅困難者として都心部にあふれた⁸⁾。そのことから、観光客を含めた帰宅困難者推定を行うことも重要で課題である。

近年では、上記の問題点を補うためにデータを常に最新のもので活用することのできる携帯電話位置情報網を活用した流動人口統計(モバイル空間統計)を用いた研究

が行われている。鈴木ら¹⁰⁾は東京都を対象都市としてモバイル空間統計を用いて、年齢、性別や観光客を考慮しながら帰宅困難者を推計し評価を行っている。交通手段は徒歩移動を対象とし、市区レベルの集計にとどまっている。吉田ら¹¹⁾は名古屋市を対象都市としてモバイル空間統計と PT 調査を用いて、居住地の細分化、交通手段の推定、移動滞留判定といった推定手法を提案し、帰宅行動のシミュレーションを行い避難施設の需要評価や滞留者の帰宅抑制効果を検証している。帰宅困難者の推定の数値計算事例は 2015 年 10 月 1 日秋日の名古屋市内 500m メッシュの人口分布統計が用いられており、実際に発生した特定の災害事例については想定されておらず、また都市圏外の訪問客や複数の時間帯で推定については考慮なされていなかった。

本研究は、札幌市を対象にモバイル空間統計と PT 調査を相互補完的に用いて、交通手段や移動目的、自宅距離等を考慮して帰宅困難者数の推定を行うことを目的とする。既存研究との違いとしては、実際に発生した北海道胆振東部地震の前日の人口分布をケーススタディとして用いて時間帯別の帰宅困難者数を求めること、実際の避難施設の配置や容量、遠方からの訪問客の空間分布や宿泊施設の分布を考慮すること、また冬期において問題となる路上滞留者の発生について、詳細な時空間単位・エリアで推定し、可視化する点にある。

本研究の構成は、以下第2章において、使用したデータの概要を説明する。第3章では帰宅困難者数および路上滞留者数の算出手順を示す。第4章では帰宅困難者、路上滞留者を500mメッシュを用い距離、通勤の観点から細かく確認する。第5章では本研究の結論を述べる。

2. データの概要

本研究では、モバイル空間統計を用いて、ある地域に滞在している人数を把握し、PT調査によってその滞在中の人数の中で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(人口分布統計)

モバイル空間統計とは、NTT docomo の携帯電話位置情報網の運用データから拡大推計された人口統計であり、ある特定の日時の指定や性別、年代および調査エリアの規模などの、様々な条件で絞り込んだ情報の取得が可能である。モバイル空間統計は人口分布を把握することができる「人口分布統計」と OD 量を把握することができる「人口流動統計」の 2 種類に分けられる。なお、本研究において用いたデータは札幌市を対象とし、日時は北

海道胆振東部地震の発災前日の 2018 年 9 月 5 日の人口分布統計である。総メッシュ数は 1303 であり、メッシュは 500m の 4 次メッシュを用いた。

(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。道央都市圏 PT 調査では、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（小樽市並びに、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）と札幌市をまとめて「道央都市圏」として設定し、その範囲を対象として調査されている。また今回用いた PT 調査は 2006 年秋の平日に集計されたものである。

(3) 国勢調査(500mメッシュ別将来推計人口)

2015 年の国勢調査に基づき、国土数値情報として 2050 年までの 500m メッシュ別の将来人口の試算が行われている¹²⁾。本研究では 2020 年における 500m メッシュの推計人口を夜間人口として用いた。

(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. 帰宅困難者および路上滞留者の算出方法

(1) 帰宅困難者および路上滞留者の定義

帰宅困難者の定義はいくつか存在する。中林の研究¹³⁾では「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。また、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」と帰宅限界距離を論じており、この考え方は多くの自治体での被災想定時における、帰宅割合の算出の根拠として用いられている。

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、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、徒歩での自力での帰宅が著しく困難となる人」とする。また路上滞留者の定義を、「帰宅困難者の中で、滞在メッシュに避難施設がない人」とした。

北海道胆振東部地震では、地震発生18分後（3時25分）に大規模停電（ブラックアウト）が発生した。ブラック

アウト中、信号機が機能しない中においても自家用車を使用した移動は存在した¹⁴⁾。北海道胆振東部地震の発災は早朝だったため自家用車で移動が即座に制限されることはなかったものの、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事故等の二次災害防止のため自家用車移動が制限される可能性は十分ありえる。上記を踏まえ本研究では、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。

(2) 帰宅困難割合の算出

帰宅困難者を算出するために、最初に帰宅可能判定を行う(図-1)。これにより最終的な帰宅不可能者、すなわち路上滞留者の割合が算出される。次に居住地が道央都市圏内である場合、PT調査による移動手段から帰宅に用いられる交通手段が発災時に利用可能かに基づいて表-1のように分類し、帰宅可能な交通手段を用いているか判定した。発災時の交通手段が徒歩である場合、居住地への移動距離に基づく帰宅限界距離を用いて帰宅可能判定を行った(図-2)。なお先に述べた帰宅限界距離に応じた帰宅困難率の定義が東日本大震災を踏まえて防災会議で新しく設定し直されている(式(1))。

帰宅困難率[%]=

$$\max \left[\left(0.0218 * (\text{外出距離}[\text{km}]) \right) * 100, \quad 100 \right] \quad (1)$$

本研究の対象としている札幌市内は特に中心部において、区画が格子状となって整備されているため、マンハッタン距離(各座標の差またはその絶対値の総和)を用いて各メッシュ間の距離を算出した。また秋日を対象とするPT調査と、使用した人口分布統計のデータの日時から、夏季のものを用いて徒歩による帰宅限界を考慮した。

(3) PT調査や国勢調査と人口分布統計の相互補完

PT調査を主として用いた帰宅困難者の推計には、内在データである拡大人口や、もしくは国勢調査の滞在人口の併用によって算出されている事例が多い。このような推計の場合、ある特定のPT調査の対象範囲外からの流入人口情報を把握できないことが問題となる。また、帰宅困難者の推定時における空間解像度は、小ゾーンごとで求められていることが多いため、そのゾーン内のどのエリアにおいて路上滞留が発生しやすいのかを捉えきれないことも問題である。

そこで本研究では、人口分布統計を用いることによって、PT調査より小さい空間解像度での滞在人口を追うことや、PT調査では得られない調査対象範囲外からの

流入人口情報の把握を可能とした。ただし、人口分布統計では人々の移動手段とその目的を追うことはできない。よって、PT調査や国勢調査などを活用して、人口分布統計の情報を相互補完した。

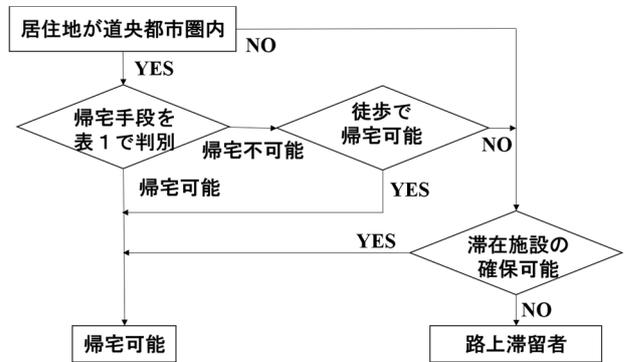


図-1 帰宅可能判定フローチャート

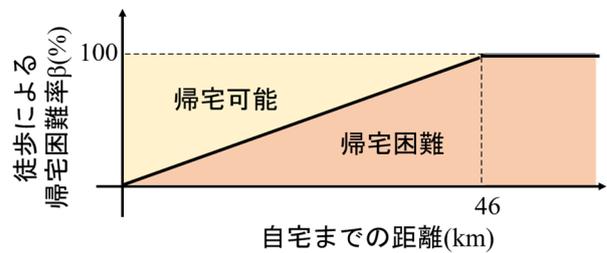


図-2 帰宅困難率

表-1 帰宅可能手段

帰宅可能	帰宅不可能
徒歩・車イス・自転車	タクシー・ハイヤー
原動機付自転車(50cc未満)	自家用バス・貸切バス
自動二輪車(50cc超過)	路線バス
軽乗用車・乗用車	市電・地下鉄・JR
貨物自動車・軽貨物車	船舶・飛行機
	その他

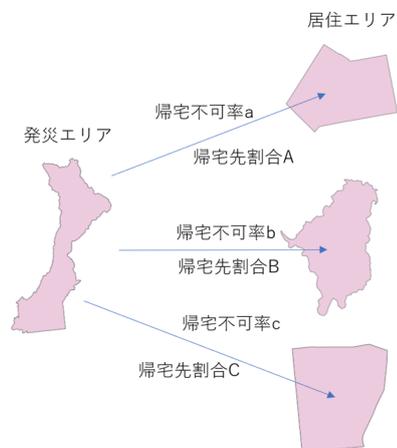


図-3 帰宅不可率と帰宅先割合

(4) 帰宅困難者の算出方法

3.(1)の定義に基づけば、居住地が道央都市圏外の滞在人口は全員が帰宅困難者となる。一方、居住地が道央都市圏内の場合、最初にPT調査から任意の時間で発災したと仮定した際の、現在地から自宅までの交通手段と推定移動距離の情報を取得した。そしてその情報から3.(2)に基づいて帰宅可能割合を求め、人口分布統計から算出した各ゾーン毎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。ただし課題として、人口分布統計とPT調査の空間解像度は500mメッシュと小ゾーンで異なることがあげられる。本研究では以下の手順を用いて、メッシュとゾーンのエリアの互換を行い、居住地が道央都市圏内である500mメッシュ人口が、PT調査から得られるゾーン間の移動を行うと仮定し、帰宅困難者数を算出した。算出手順の例を次に示す。

- PT調査のデータにおいて、仮定した発災時の各小ゾーンから居住地である小ゾーンに向かう割合と、代表交通手段から(2)に基づいて帰宅不可能（帰宅困難）割合を算出する(図-3)。
- 人口分布統計の500mメッシュ滞在人口において、属する小ゾーンを得るため、メッシュと小ゾーンの空間的交差を行う(図-4)。
- 国勢調査の500mメッシュ人口データから、PT調査の各小ゾーン内ごとに見た帰宅先の割合をメッシュに与える(図-4)。
- 各メッシュの人口分布統計人口とa)の積により帰宅困難者数を算出
- 最後に帰宅困難者数とc)の積により、その帰宅困難者が居住地ゾーンにおける帰宅先メッシュ別の帰宅困難者数を求める。

(5) 路上滞留者の算出方法

(3)で算出された帰宅困難者でも、滞在地と居住地の距離によっては徒歩での帰宅が可能である。そこで、被災時において最も危険だと考えられる路上滞留者を算出する必要がある。居住地が道央都市圏内の場合は、(2)より距離に応じた帰宅困難率と(4)の帰宅先メッシュ別帰宅困難者数の積を求めることにより、距離を考慮した帰宅困難者が算出される。一方、居住地が道央都市圏外の場合、ホテルに戻る距離であれば帰宅困難者にならない。しかし日中に発生した場合、多くの旅行者はホテルまで移動できるとは限らないうえに、道央都市圏内の人のように居住地が把握できないため全て帰宅困難者とした。そのため帰宅困難者数に関しては過大評価と思われるがホテルを避難所と同様にして計算することによって、路上滞留者の過大推計を抑える。人口分布統計はプライバシー保護の観点から、集計されたデータのうち、遠方や人口が少ない市区町村の情報は、秘匿処理によ

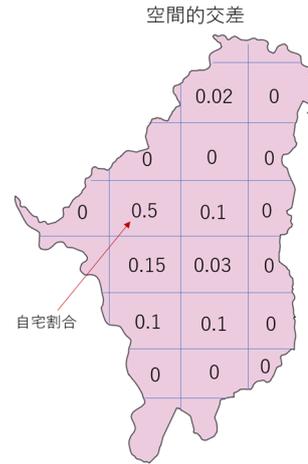


図-4 空間的交差と自宅割合

て除去される。したがって、この滞在人口の欠損を考慮して、道央都市圏外の滞在人口は、居住地属性を考慮しない滞在人口 p から道央都市圏内の滞在人口 ps を引いたものを用いた。以上から、路上滞留者 pr を下記の式で算出した。

$$pr = \{(ps * \alpha * \beta) + (p - ps)\} - w \quad (2)$$

ここで、

p : 居住地属性を考慮しない滞在人口

ps : 居住地属性が道央都市圏の人口

α : 交通帰宅困難率

β : 距離帰宅困難率

w : 避難施設への収容人口

である。

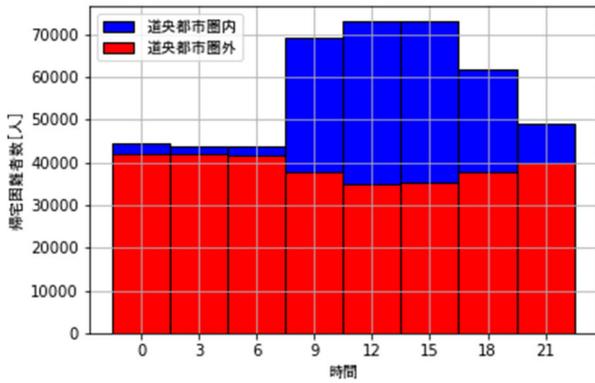
4. 推定結果

(1) 帰宅困難者数

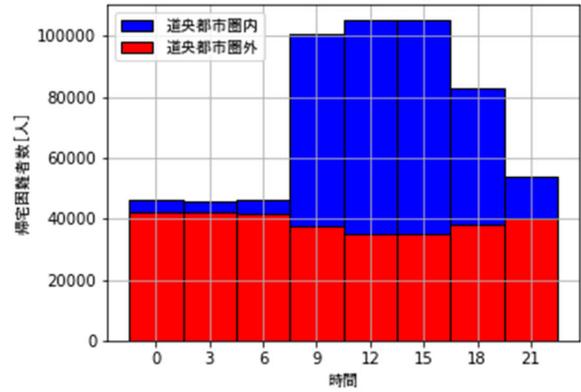
第3章の手順より、各時間帯の帰宅困難者数を算出した。各時間の帰宅困難者数を表-2に示す。各時間の推移状況を図-5に示す。また、メッシュ毎の帰宅困難者数を確認するため、最も帰宅困難者数が増える場合と最も少なくなる場合を比較した。図-5より、最も多くなるのは自家用車での移動を禁止した場合の12時であり、最も少なくなるのは自家用車での移動が可能な場合の3時である。これらの分布を図-6に示す。自家用車での移動を禁止した場合の12時の帰宅困難者数は約105,200人となった。内訳としては居住地が道央都市圏内の人数が約70,200人、道央都市圏外の人数が約35,000人である。この分布を図-6(a)に示す。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

表-2 帰宅困難者数[単位:人]

時間	居住地:道央都市圏内		通勤者:道央都市圏内		居住地:道央都市圏外	合計	
	自家用車使用可能	自家用車使用不可能	自家用車使用可能	自家用車使用不可能		自家用車使用可能	自家用車使用不可能
0:00	2317	4210	16	34	42199	44516	46409
3:00	1822	3451	16	42	42061	43883	45512
6:00	2138	4285	86	426	41722	43860	46007
9:00	31379	62775	23310	48293	37815	69194	100590
12:00	37997	70193	25604	48369	35025	73022	105218
15:00	37939	69825	25480	47711	35202	73141	105027
18:00	23974	44965	12695	24675	37894	61868	82859
21:00	9110	14114	3039	4787	39931	49041	54045

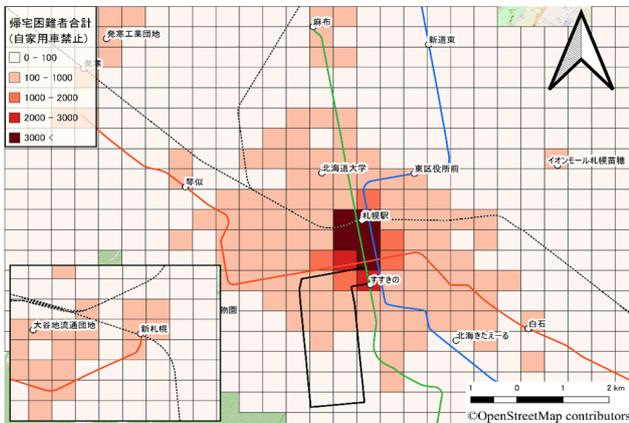


(a) 自家用車で移動可能な場合

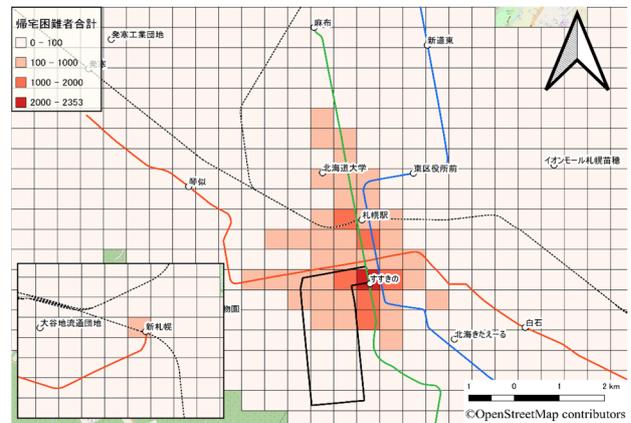


(b) 自家用車で移動を禁止した場合

図-5 帰宅困難者総数の推移



(a) 自家用車で移動を禁止した場合の12時

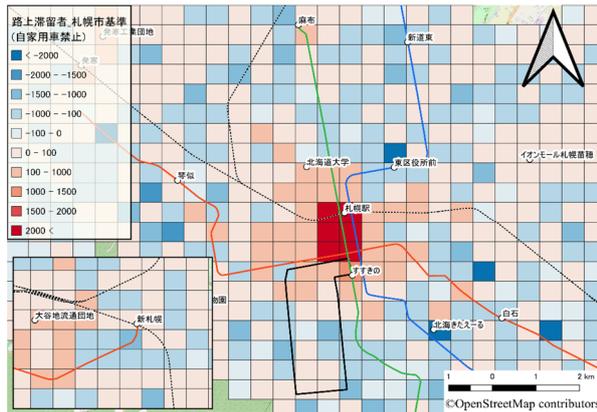


(b) 自家用車で移動可能な場合の6時

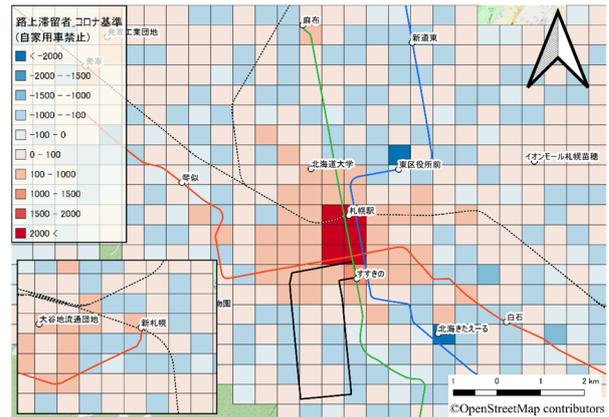
図-6 帰宅困難者数

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発生している。また帰宅困難者の中には通勤している人達も含まれる。もし企業が帰宅困難となった社員を会社に留めることができる能力がある場合、道内の帰宅困難者の約70,200人のうち約48,470人が通勤者であるため100%収容できれば帰宅困難者は21,730人まで減少する。6時の分布は図-6(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。これはホテルに宿泊する居住地が道央都市圏外の滞在人口の影響と考えられる。ただし、0,3,6時の道央都市圏外の訪問客はこの時間帯はホテルに滞在している可能性が高いため、実際は帰宅困難者になる可能性は低くなるものと考えられる。

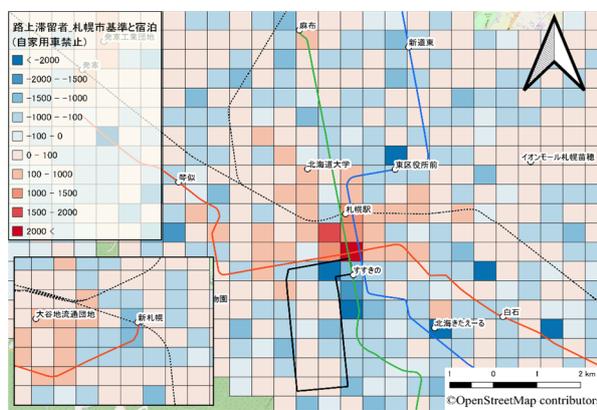


(a) 自家用車で移動を禁止した札幌市基準の12時

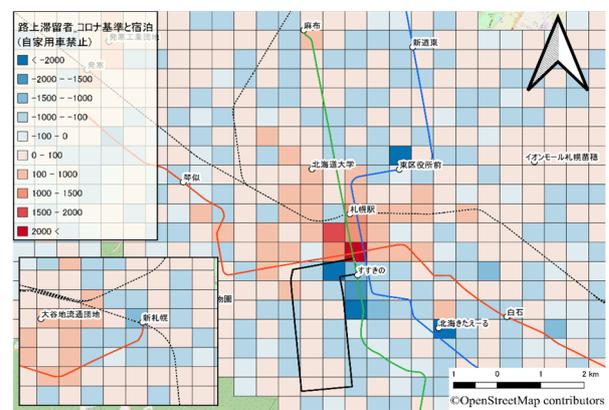


(b) 自家用車で移動を禁止したコロナ基準の12時

図-7 避難所収容後の路上滞留者



(a) 自家用車で移動を禁止した札幌市基準の12時



(b) 自家用車で移動を禁止したコロナ基準の12時

図-8 避難所と宿泊施設収容後の路上滞留者

(2) 避難施設・宿泊施設の設定

次に先ほどの帰宅困難者のメッシュに避難施設のデータを組み合わせる。避難所の1人当たりの使用面積は札幌市基準で 2.0m^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 4.0m^2 の場合(以下、コロナ基準¹⁵⁾)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口(以下、路上滞留者)の分布を図-7に示す。条件は自家用車の使用を禁止した12時のデータを用いた。図-7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。北海道胆振東部地震発災時には、多くの宿泊施設が寝具や食料の提供、ロビー等のスペースを提供をしたことにより、避難所で過ごす宿泊者は最小限に抑えられた。このことから、宿泊施設を加味した路上滞留者の算出を行った。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。先ほどの条件に宿泊施設収容人数を加味した結果を図-8に示す。合計で約43000人程収容可能で、札幌駅、すすきのや定山溪の周辺が総量の大半を占める。

(3) 考察

深夜や早朝の時間帯に発災した場合、多くの人が自宅に滞在しているため、道内都市圏内の帰宅困難者はほとんど発生しない傾向が判明した(図-5)。道央都市圏外の帰宅困難者は大きい値となったが、宿泊先ホテルに滞在可能な時間帯においては帰宅困難な状況にはならないものと考えられる。一方で、勤務時間や活動が活発になる時間帯になると帰宅困難者は多量に発生し、中心市街地以外にも分布していることが判明した。自家用車の使用が可能なパターンと不可能なパターンを比較すると帰宅困難者が最多の12時で約32,000人の差が生まれることから、災害の発生状況にもよるが、道路が通行可能な場

合は、自動車やバス等を柔軟に用いた帰宅困難者の輸送の考慮が帰宅困難者の減少に役に立つものと考えられる。表-2が示すように、帰宅困難者が多量に発生する時間帯では道央都市圏の通勤者が多く含まれていることから自宅では職場での滞在が可能であれば、帰宅困難者が最大で約48,000人減少する。また図-6(a)、図-7が示すように帰宅困難者が多量に発生する札幌駅やすすきの周辺は避難施設のみでは対処しきれない。避難先に宿泊施設を追加することによって札幌駅、すすきの周辺の路上滞留者が減少することが図-8で示された。これは災害時における個々の宿泊施設の宿泊者に対する受け入れ方針のありかた（BCP）だけではなく、都心部における宿泊施設全体で、帰宅困難者をどのように受け入れるべきか判断するための指針(DCP)に資する情報になると考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究は、実際に発生した北海道胆振東部地震の前日の人口分布をケーススタディとして札幌市を対象にモバイル空間統計とPT調査を相互補完的に用いて、交通手段や移動目的、自宅距離等、遠方からの訪問客を考慮して帰宅困難者数の推定を行った。また札幌市における避難施設と宿泊施設を用いて、冬期において問題となる路上滞留者を詳細な時空間単位・エリアで推定し可視化した。その結果、北海道胆振東部地震が活動時間帯に発生した場合、多量の帰宅困難者が発生し避難所が不足することがわかった。また宿泊施設を避難先にすることが出来れば、路上滞留者を減少させることができることを示した。

本研究の課題として、以下の点があげられる。1つ目は人口分布統計は年齢層が15~79歳と限定されていることである。このため帰宅困難者数は過少評価されている可能性がある。また人口分布統計に合わせてPT調査を15~79歳と限定しているため通勤者の割合が高く算出されている可能性がある。

2つ目は外国人訪問者数が考慮されていないことである。札幌市の2018年の外国人観光客は約271万9千人であり、毎年多くの外国人観光客が訪れている傾向にあった。従って、多数の外国人観光客が市内に滞在しているエリアにおいて、各避難所はさらに不足する傾向が考えられる。

3つ目はPT調査では把握できない移動の考慮である。人口分布統計は24時間365日取得可能なものに対して、本研究で用いたPT調査は秋季に実施された調査のため、1年の四分の一を占める冬季や、大規模イベント時の交通手段の変更が反映されていない。このことから冬季での帰宅困難者や路上滞留者を算出できない。また札幌市で

は毎年マラソンや雪祭り、ソーラン祭り等の大規模イベントが実施されている。特に雪まつりやソーラン祭りでは毎年200万人を超える来場者が訪問していることから、季節変動に応じた防災・減災対策のみならず、特定の大規模イベントに関しても防災・減災対策を個別に考える必要がある。この課題に対しては、札幌市が行った冬季交通実態調査と大規模行事の人口分布統計を用いることが考えられるが、これは今後の課題となる。

4つ目は帰宅困難者が多量に発生するメッシュから収容余力がある周囲のメッシュへ移動を考慮されていないことである。また発災時地点から自宅に向かう際の渋滞具合によっては帰宅困難者が増加する可能性があることから帰宅シミュレーションを行うことを検討している。

今後は上記の課題の解決しつつ、推定モデルの精度向上を図る予定である。

謝辞：札幌市危機管理対策室からは避難所に関する貴重な情報を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 札幌の都市交通データブック 2019, http://www.city.sapporo.jp/sogokotsu/kotsutaikei/documents/1_pdf-sam_data2019.pdf (最終閲覧日 2021/6/18)
- 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) 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.
- 4) 穴口智也, 北川剛弘, 平本健二, 田口勝則, 森田紘圭: パーソントリップ調査を活用した帰宅困難人口の推定—静岡中部都市圏を例として—, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol. 52, pp. 2222-2217, 2015.
- 5) 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」
- 6) 後岡寿成, 櫻庭雅明, 伊勢正, 高橋拓也: 避難所単位での避難者・帰宅困難者推定アルゴリズムの構築, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol. 53, pp. 2182-2188, 2016.
- 7) 廣井悠, 関谷直也, 中島良太, 藁谷峻太郎, 花原英徳: 東日本大震災における首都圏の帰宅困難者に関する社会調査, 地域安全学会論文集, No. 15, 2011.11
- 8) 2018年度の来札観光客数の状況について, 2019年度第5回定例市長記者会見資料
- 9) 北海道胆振東部地震における旅行者対応の振り返り, 札幌市総務局国際部
- 10) 鈴木俊博, 山下仁, 寺田雅之: モバイル空間統計の防災計画分野への活用, NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル, Vol. 20, No. 3, 2012.
- 11) 吉田慎也, 薄井智貴, 山本俊行, 森川高行: 流動人口統計を用いた災害時の帰宅困難者の推定, 土木学会論文集 D3, Vol. 76, No. 5, pp. I_719-I_727, 2021.
- 12) 国土数値情報: <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-mesh500h30.html> (最終閲覧日 2021/6/18)

- 13) 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.
- 14) 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），pp. 12 (最終閲覧日 2021/6/18)
- 15) 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，pp. 11, http://www.bousai.go.jp/pdf/korona_0908.pdf (最終閲覧日 2021/6/18)
- 16) 道央都市圏総合都市交通体系調査，https://www.mlit.go.jp/crd/tosiko/result/h19pdf/01_douou.pdf (最終閲覧日 2021/11/25)

(Received June 18, 2021)
(Accepted December 28, 2021)

ESTIMATION OF THE HOURLY NUMBER OF PEOPLE WHO HAVE DIFFICULTY RETURNING HOME IN THE HOKKAIDO EASTERN IBURI EARTHQUAKE BY POPULATION DISTRIBUTION STATISTICS

Kaisyu GOTO, Kota OKUMURA, Takumi ASADA and Mikiharu ARIMURA

When aftershock of the Hokkaido Eastern Iburi earthquake struck on February 21, 2019, there were a flood of people waiting for the restoration of public transportation in central Sapporo, including Sapporo Station. Estimating the number of people who have difficulty returning home, including the disaster scenario in winter, considering the difference in the timing of the disaster is indispensable for building an emergency evacuation system. Many existing studies on the estimation of the number of people who have difficulty returning home have been reported using the national census and the person trip survey (hereinafter referred to as the PT survey). However, considering the population staying at each time and from a distance, no analysis was found for each mesh unit by means of returning home or activity purpose. Therefore, in this study, we estimated the number of people who have difficulty returning home and visualized the spatial distribution of the number of people who have difficulty returning home. By using PT surveys, mobile phone location information data (mobile spatial statistics), and each evacuation center and area in Sapporo City.