

COVID-19 感染拡大時における 建物種別滞在人口の変化

佐藤 陽介¹・石川 玲衣²・浅田 拓海³・有村 幹治⁴

¹ 学生会員 室蘭工業大学 工学部建築社会基盤系学科 (〒050-8585 室蘭市水元町 27-1)
E-mail: 18021056@mmm.muroran-it.ac.jp

² 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: 20041003@mmm.muroran-it.ac.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

COVID-19 感染症の拡大に伴い、日本国内では感染拡大防止施策と経済回復を見込む施策が並行して進められている。今後の適切な施策を決定するうえで、これまでの施策による都市における施設別の滞在人口の変化を把握することは重要である。

本研究では札幌市を対象地区とし、モバイル空間統計と都市計画基礎調査を用いて重回帰分析を行うことにより、中分類と小分類の建物用途分類がモバイル空間統計のメッシュ滞在人口に与える、平日・休日別の時系列的影響を推定した。その結果、特に滞在人口の減少が大きい施設には、緊急事態宣言期間や北海道警戒ステージ3移行時に休業要請、営業時短要請が行われており、COVID-19 施策の影響の大きさが明らかになった。

Key Words: COVID-19, Mobile spatial statistics, Building classification

1. はじめに

新型コロナウイルス（以下、COVID-19）感染症の拡大に伴い、日本国内では外出自粛要請等の感染拡大防止施策と、Go To トラベル事業やイベント開催制限緩和等の経済回復を見込む施策が並行して進められており、これらの施策により人々の行動は大きく変容している。この人々の行動の変容による滞在人口の変化は業種により異なる。また、感染リスクが高まる行動や場面が明らかになっており、これまでのクラスターは特に飲食店での発生件数が多い傾向にある¹⁾。この情報を活用し、感染リスクの高い場所への人の移動を制限することは感染拡大を抑えることにつながる。

以上のことから、今後の適切な感染拡大防止と経済再生の両立を目指した施策を決定するうえで、これまでの施策による、都市における施設別の滞在人口の変化を把握することは重要である。

2. 先行研究レビューと本研究の目的

COVID-19 感染拡大と人の行動変容に関する先行研究には以下のものがある。

石川ら²⁾は、モバイル空間統計による 500 m メッシュ滞在人口と都市計画基礎調査の建物データを活用し、目的変数をメッシュ滞在人口、説明変数を建物用途別延床面積として 7 分類の建物用途分類毎に重回帰分析を行い、北海道地方都市における建物用途分類がメッシュ滞在人口に与えた時系列的影響を評価した。西堀ら³⁾は、中心市街地を対象に複数のデータ（モバイル空間統計、歩行者通行量、駐車場利用実態、Wi-Fi パケットセンサーデータ）を用いてベイズ構造時系列モデルにより分析し、感染対策の影響や得られた結果と引用した意識調査データの整合性、使用データの違いによる影響の差について明らかにした。赤塚ら⁴⁾はモバイル空間統計データから得られる滞在時間変化量を因子分析し、さらに分類された都市活動変化の時系列変化を重回帰分析により求めている。大森ら⁵⁾は、モバイル空間統計を用いて Causal Impact と呼ばれるトレンドや曜日効果を状態空間モデルの枠組みで考慮できる因果推論法により、COVID-19 施策が商業集積地に与えた影響を推計している。以上のように、モバイル空間統計を用いて COVID-19 感染拡大による人の行動変容を分析する研究は数多く行われている。しかし、建物種別を細分化した小施設単位での影響の推定や平日、

休日を分け影響を比較する研究は少ない。

そこで本研究では、札幌市において平日、休日に分割し重回帰分析を行うことにより、まず中分類（7分類）の建物用途分類がモバイル空間統計のメッシュ滞在人口に与える時系列的影響を推定し、COVID-19 感染拡大の影響が大きい中分類の建物用途分類を明らかにする。次に小分類（34分類）に細分化した建物用途分類がメッシュ滞在人口に与える影響を推定し、影響が大きい中分類に含まれる小分類に対しより詳細に分析する。これにより、平日、休日それぞれにおいて COVID-19 感染拡大の影響が大きい建物種別中分類のうちどの小分類が特に影響を受けたかを明らかにする。

3. 使用データと分析対象都市の概要

本研究では、札幌市におけるモバイル空間統計の時間帯別滞在人口と都市計画基礎調査の建物用途別延床面積を集計し活用した。以下に使用データと分析対象都市の概要を示す。

3.1 使用データ

1) モバイル空間統計

モバイル空間統計とは、NTT Docomo の携帯電話ネットワークの運用データから拡大推計された人口統計である、特定のエリアに滞在する人口を 24 時間 365 日、性別、年代、居住地を含む様々な条件のもとでの情報の取得が可能である。本研究では COVID-19 感染拡大前の 2019 年 1 月 1 日から 2021 年 3 月 31 日までを集計期間とし、粒度は 500 m メッシュ、居住地等の属性は考慮しない総人口データを活用した。

2) 都市計画基礎調査データ

都市計画基礎調査とは、人口、産業、土地利用、建物、交通などのデータを記録し、都市計画の運用を行うための基礎となるものである。建物利用状況の項目では個々の建物に関する属性がまとめられている。本研究では、札幌市の平成 31 年度版の都市計画基礎調査を使用した。建物用途分類に関しては都市計画基礎調査実施要領の建物用途分類表に則り、表-1 に示す中分類（7分類）と小分類（34分類）にまとめた。これを該当するメッシュ番号： m と置いた場合、メッシュ毎の各建物用途分類別の延床面積を合計した建物用途別延床面積 $x_{(n,m)}$ を集計した。

表-1 本研究における建物用途分類の集約対応

中分類（7分類）	小分類（34分類）	コード	主な該当施設						
官公署施設	地方国家施設	A01	裁判所	税務署	開発局	営林署			
	自治体施設	A02	道庁	市役所	役所	警察署	支庁		
専用商業施設	業務施設	B11	銀行	会社	事務所	自動車	農機具	農協	建設業
	集合販売施設	B12	百貨店	マーケット					
	宿泊施設	B13	ホテル	旅館	モーテル風	モーテル			
店舗娯楽施設	興業施設	C21	映画館	劇場	競馬場	競輪場			
	風俗営業施設	C22	料理店	キャバレー	ソープ	サウナ	ナイトクラブ	ダンスホール	
	遊戯施設	C23	券売所	カラオケ	パチンコ	マーじゃん			
	スポーツ施設	C24	ボーリング場	スケート場	水泳場	ゴルフ練習場	パティンクセンター		
	専用店舗施設	D31	卸売業	小売業	風呂	飲食店	喫茶店		
住居施設	専用住宅	E41							
	共同住宅	E42	公営						
	一般店舗併用住宅	E43	風呂	一般	理髪店	工芸店	写真屋	新聞	自転車
	事務所併用住宅	E44	洋裁	ソロバン	書道塾	学習塾			
	飲食店併用住宅	E45							
	作業所併用住宅	E46							
文教施設	教育施設	F51	幼稚園	小、中学校	高校	高専	専門	短大、大学	養成所
	研究施設	F52	研究所	試験場					
	文化施設	F53	図書館	博物館	公民館	会館			
	宗教施設	F54	神社	寺	教会				
	記念施設	F55	国宝	重要	国指定	道指定	市指定	町指定	
厚生施設	医療施設	G61	国立	私立	町立	個人	試験場	保健所	針・灸・あん摩
	運動施設	G62	体育館	競技場	スタンド				
	社会福祉施設	G63	保育所	老人ホーム	母子寮	障害者ホーム	少年院	老人福祉センター	児童厚生施設
	厚生施設	G64							
都市工場農業施設	重化学工業施設	H71							
	軽工業施設	H72							
	サービス工業施設	H73							
	家内工業施設	H74	自動車修理工場						
	供給処理施設	I81	ガソリンs						
	運輸倉庫施設	I82							
	通信施設	I83	郵便局	電話局	放送局	中継所			
	農業施設	J91	養畜舎	農協倉庫	乾燥場	酪農場	温室		
	漁業施設	J92	養魚場						

表-2 札幌市の主な COVID-19 施策

年月日	措置・対策等
2020/ 2/28~ 3/ 19	道独自の新型コロナウイルス緊急事態宣言
2020/ 4/ 8~ 4/ 16	集中対策期間
2020/ 4/17~ 5/22	第一回緊急事態宣言
	生活の維持に必要な場合を除き、外出自粛を要請 生活必需品の小売販売関係以外の商業施設、遊興 施等の休業要請
2020/ 7/22~2021/ 1/31	Go To トラベル期間
2020/10/28~11/ 6	集中対策期間（警戒ステージ2）
2020/11/ 7~11/16	集中対策期間（警戒ステージ3）
2020/11/ 7~11/27	すすきの地区の接待を伴う飲食店、酒類の提供を 行う飲食店・カラオケ店への営業時短要請
2020/11/17~11/27	集中対策期間（警戒ステージ4）
2020/11/24~12/15	札幌市を目的地とする場合、 Go To トラベルの割引の対象から除外
2020/11/28~12/25	札幌市内の接待を伴う飲食店への休業、 すすきの地区の酒類提供を行う飲食店・カラオケ 店への営業時間短縮要請
2021/ 3/ 7	集中対策期間を終了

3.2 分析対象都市の概要

本研究の対象都市である札幌市は、人口 190 万人を超える政令指定都市である。表-2 に示すように札幌市においても営業時間短縮やイベント開催の制限等の感染防止対策が行われたため、COVID-19 感染拡大の影響は大きく、人々の移動が変化していると考えられる⁷⁾。

4. 分析手法

本研究では、説明変数の建物用途別延床面積 $x_{(n,m)}$ 、目的変数を日時: t とおいたときのメッシュ滞在人口 $P_{(t,m)}$ として、重回帰分析を行った。説明変数の偏回帰係数を比較するため標準化を行った。日時 t は 2019 年 1 月 1 日から 2021 年 3 月 31 日の 0 時から 3 時間毎に抽出した。ただし本研究では、平日と休日を区分けし、また昼間と夜間の人の移動を確認するため、12 時と 21 時に着目する。分析結果から得られた式(1)より、それぞれの係数がどの程度 $P_{(t,m)}$ に影響を与えているのかを評価する。

$$P_{(t,m)} = \alpha_{(t,m)} + \sum_{n \in N} \beta_{(n,m)} x_{(n,m)} + e_{(t,m)} \quad (1)$$

$$e_{(t,m)} \sim \text{Normal}(0, \sigma_{t,m}^2)$$

この手法を用いて、まず説明変数である建物用途分類を中分類（7 分類）: n とし全体の人の移動を確認する。その結果より、COVID-19 感染拡大の影響が大きい分類を推察する。次に建物用途分類を小分類（34 分類）: n とし分析を行い、中分類で影響度が大きい分類に含まれる分類を取り出し確認する。

5. 分析結果

5.1 精度検証

精度検証には決定係数 R^2 と t 検定を用いた。

表-3 決定係数の平均値

建物用途分類	日付	時間	平均値	標準偏差
中分類（7分類）	平日	12時	0.8940	0.0300
		21時	0.8940	0.0300
	休日	12時	0.8650	0.0330
		21時	0.8651	0.0330
小分類（34分類）	平日	12時	0.9190	0.0312
		21時	0.9190	0.0312
	休日	12時	0.9004	0.0295
		21時	0.9005	0.0295

決定係数 R^2 は、モバイル空間統計から得られた時間帯別滞在人口の実測値と式(1)から得られた時間帯別滞在人口の予測値の相関より求めた。決定係数 R^2 の結果を表-3 に示す。結果より、決定係数はすべての項目で高い結果になった。しかし、34 分類については説明変数が多く、過学習や多重共線性の影響懸念されることを留意する必要がある。

t 検定については、図-1、図-2、図-3 の標準化偏回帰係数の推移のグラフにおいて p 値が 0.05 以上の箇所を点線で表すことで、信頼できる箇所を明らかにしている。

5.2 滞在人口の変化

1) 中分類の標準化偏回帰係数の推移

図-1 に建物用途分類を中分類（7 分類）としたときの標準化偏回帰係数の推移を示す。この図より、建物用途中分類がメッシュ滞在人口に与える時系列的影響を評価する。

まず 12 時の平日と休日に着目する。どちらも緊急事態宣言期間時において、標準化偏回帰係数の値は住居施設では増加し、専用商業施設では減少した。さらに、専用商業施設の値の減少は平日よりも休日でも大きいことも確認できる。このことから、緊急事態宣言が発令されたことによる専用商業施設の休業や人々の外出自粛の影響が読み取れる。その影響は休日の方が大きい。また、緊急事態宣言期間終了後は、緊急事態宣言期間時よりも標準化偏回帰係数の値は住居施設では減少し、専用商業施設は増加するものの元の値には戻っていない。よって、緊急事態宣言期間終了後も引き続き自粛傾向が読みとれる。

次に 21 時の平日と休日に着目する。どちらも同様に変化がみられ、緊急事態宣言期間において標準化偏回帰係数の値は住居施設では増加し、専用商業施設、店舗娯楽施設では減少している。また、緊急事態宣言期間終了後はこの傾向が弱まるものの、北海道警戒ステージが 3 に引き上げられた後は住居施設の値は増加し、店舗娯楽施設は減少している。このことから、緊急事態宣言期間が発令されたことによる専用商業施設、店舗娯楽施設の営業時短や休業、人々の外出自粛の影響は大きく、北海道警戒ステージが 3 に引き上げられた後は店舗娯楽施設において自粛の影響が大きいことが読み取れる。

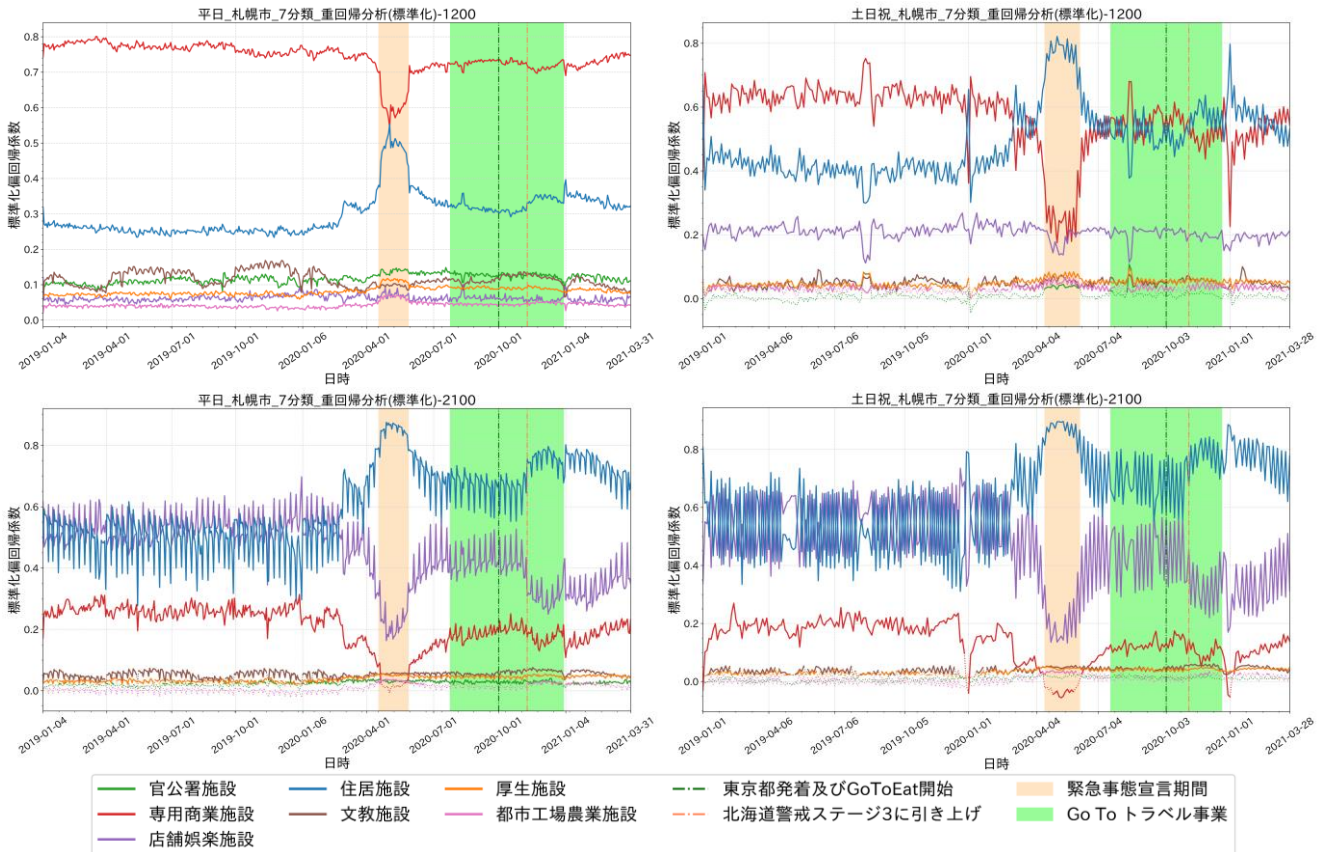


図-1 建物用途中分類（7分類）の標準化偏回帰係数の推移（上：12時，下：21時，左：平日，右：休日）

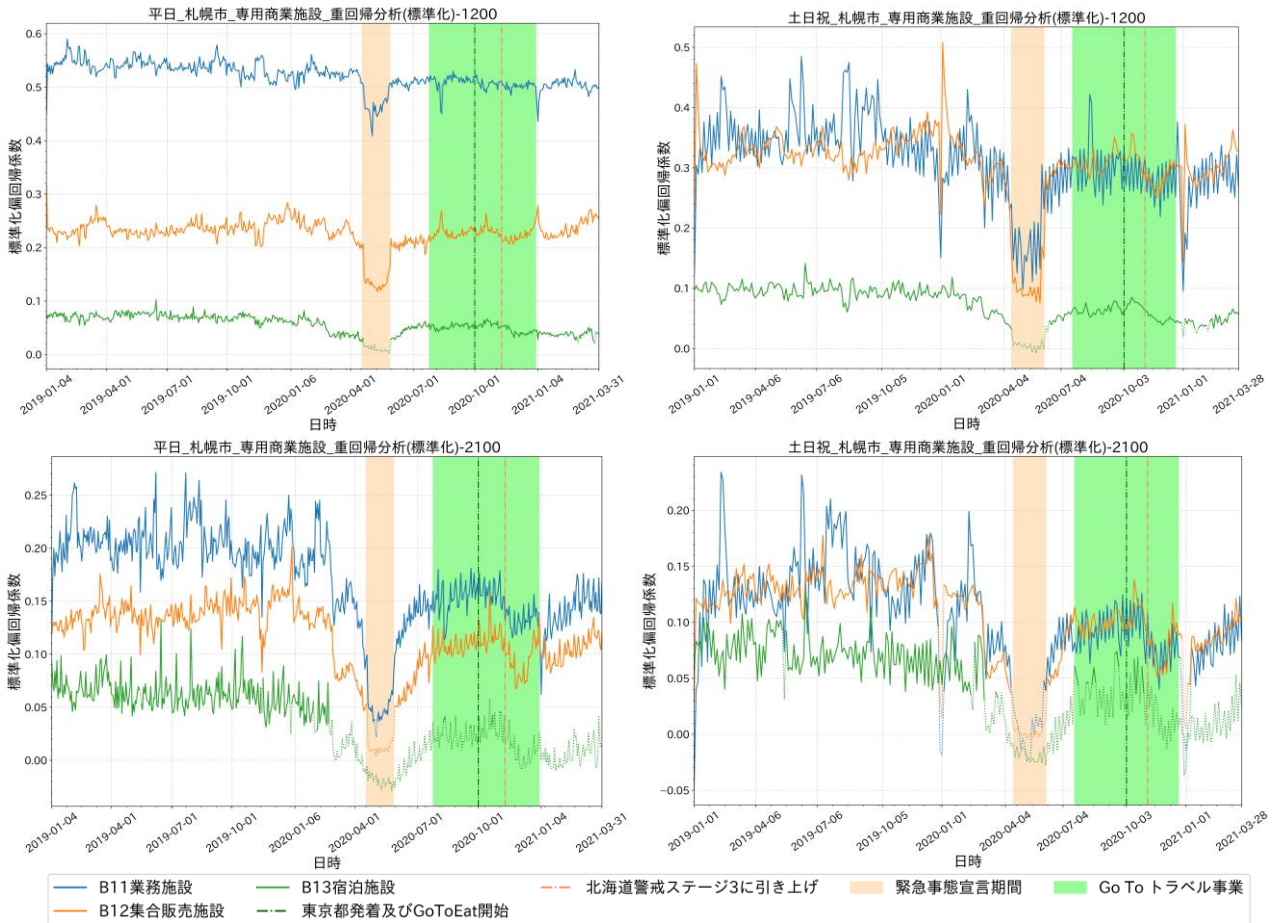


図-2 建物用途用小分類（34分類）のうち、専用商業施設に含まれる施設の標準化偏回帰係数の推移（上：12時，下：21時，左：平日，右：休日）

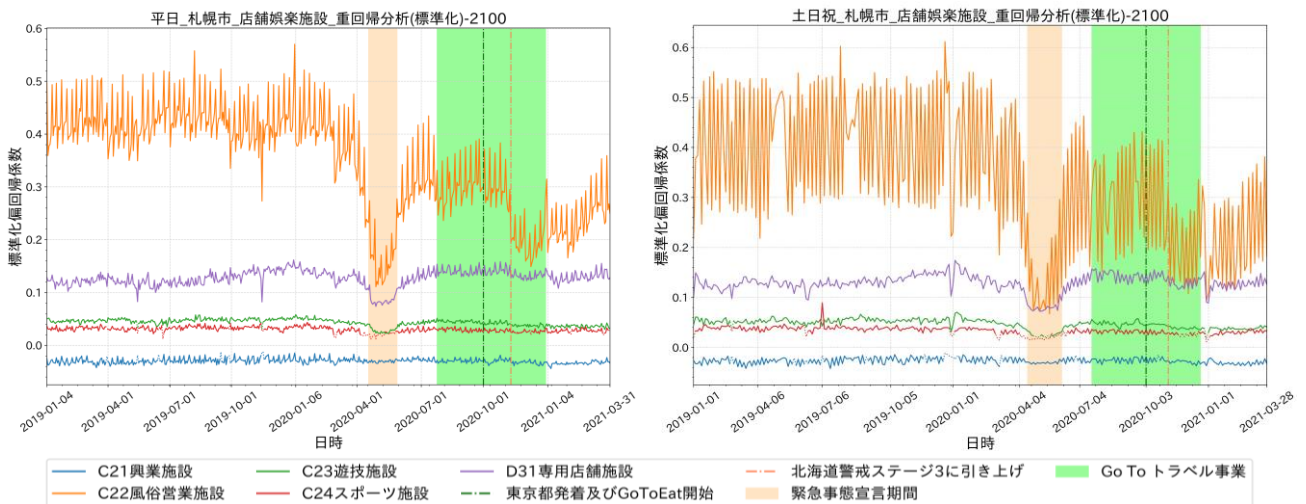


図-3 建物用途用小分類（34分類）のうち、店舗娯楽施設に含まれる施設の標準化偏回帰係数の推移（21時，左：平日，右：休日）

2) 小分類の標準化偏回帰係数の推移

建物用途中分類において、特に減少傾向の見られた12時の専用商業施設、21時の専用商業施設、店舗娯楽施設について、該当する施設を小分類から抽出し、その偏回帰係数の推移を図-2、図-3に示す。これらの図より、COVID-19の影響が大きい分類をさらに細分化し、特にどの施設が影響を受けていたか推察する。

まず、図-2の12時における専用商業施設に含まれる施設の標準化偏回帰係数の推移に注目する。平日では緊急事態宣言期間において、業務施設、集合販売施設、宿泊施設のすべての値が減少しているが、業務施設の減少割合は他の施設に比べ小さい。このことから、平日の12時では業務施設より集合販売施設、宿泊施設への移動の自粛の傾向が強いことがわかる。休日では緊急事態宣言期間において、3つすべての施設が同様に減少しており、自粛の影響が同程度であったことが読み取れる。

次に、図-2の21時における専用商業施設に含まれる施設の標準化偏回帰係数の推移に注目する。平日、休日ともに同様の変化を示しており、緊急事態宣言期間、北海道警戒ステージ3に引き上げた後において、業務施設、集合販売施設、宿泊施設のすべての値が減少しているが、宿泊の減少割合は他の施設に比べ大きい。このことから、21時において業務施設、集合販売施設より宿泊施設への移動の自粛の傾向が強いことがわかる。しかし、宿泊施設のグラフはp値が0.05以上の区間を多く含んでいるため、有意な差が得られておらず、手法の改良が必要である。

最後に、図-3の21時における店舗娯楽施設に含まれる施設の標準化偏回帰係数の推移に注目する。平日、休日ともに同様の変化を示しており、緊急事態宣言期間において、風俗営業施設、専用店舗施設、遊技施設の値が減少しているが、風俗営業施設の減少割合は専用店舗施設、遊技施設よりも大きい。さらに、北海道警戒ステージ3に引き上げられた後は

風俗営業施設のみが大きく減少している、このことから、緊急事態宣言期間においては風俗営業施設、専用店舗施設、遊技施設への自粛傾向がみられるが風俗営業施設のこの傾向は特に強く、北海道警戒ステージ3に引き上げられた後については、風俗営業施設のみに自粛の影響がみられる。これは、緊急事態宣言期間の風俗営業施設、遊技施設、生活必需品の小売関係以外の店舗への休業要請や北海道警戒ステージ3以降、11月7日～11月27日の期間のすすきの地区の接待を伴う飲食店への営業時短要請、11月28日から12月25日の期間の札幌市内全域の接待を伴う飲食店への休業要請によるものと考えられる。

6. おわりに

本研究では札幌市を対象地区とし、平日、休日を分け、中分類と小分類の建物用途分類がモバイル空間統計のメッシュ滞在人口に与える時系列的影響を推定した。その結果、COVID-19感染拡大による滞在人口の減少の大きい建物用途分類が平日、休日別に小分類単位で明らかになった。さらに、特に滞在人口の減少が大きい施設には、緊急事態宣言期間や北海道警戒ステージ3移行時に休業要請、営業時短要請が行われており、COVID-19施策の影響が強く見られた。これらの情報は今後の適切なCOVID-19施策、経済的支援の決定に重要であると考えられる。

本研究の課題として、説明変数を建物用途分類の小分類（34分類）にした際の予測精度に懸念があること挙げられる。今後は重回帰分析だけでなく、説明変数を多く取り入れた場合も予測精度を保つことができるElastic Netを用いて都市における詳細な滞在人口の変化を推察したい。

謝辞：本研究は土木学会土木計画学研究委員会 COVID-19 対応モバイル空間統計分析チームの取り組みの一つである。使用した国内人口分布統計（リアルタイム版）モバイル空間統計®は Docomo Insight Marketing,INC から提供を受けた。ここに記して深謝の意を表する。

参考文献

- 1) 新型コロナウイルス感染症対策分科会（第 19 回），<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/ful/bunkakai/corona19.pdf>, 2022. 3. 5 最終閲覧
- 2) 石川玲衣, 浅田拓海, 有村幹治：モバイル空間統計を活用した COVID-19 感染拡大時の建物種別人口動態変化：北海道地方都市のケース，土木計画学研究・講演集, Vol. 64, 2021.
- 3) 西堀泰英, 巖先鏞, 佐々木邦明, 加藤秀樹：交通ビッグデータを用いた地方都市中心市街地の人出等に対する COVID-19 感染拡大防止対策の影響分析，都市計画論文集, Vol56 No.3, 2021.
- 4) 西堀泰英, 巖先鏞, 佐々木邦明, 加藤秀樹, 豊木博泰：多様なデータを用いた COVID-19 の対策による人出等の変化分析～地方都市の中心市街地を対象として～，土木計画学研究・講演集 Vol. 63,2021.
- 5) 赤塚昌哉, 奥村誠：モバイル空間統計データによる都市活動水準の時系列分析，土木計画学研究・講演集, Vol. 63,2021.
- 6) 大森優希, 瀬谷創：携帯位置情報データを用いた Causal Impact による COVID-19 の影響の検証，土木計画学研究・講演集, Vol. 64,2021.
- 7) 北海道：これまでの主な対策等，<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/covid-19/koronasengen.html>, 2022.3.5 最終閲覧

Change in population staying by building type during the spread of COVID-19 infection

Yosuke SATO, Rei ISHIKAWA, Takumi ASADA and Mikiharu ARIMURA