

モバイル空間統計を用いた COVID-19感染拡大時における建物用途別 都市内活動水準の時系列分析：札幌市の事例

高田 光太¹・浅田 拓海²・有村 幹治³

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: 21041042@mmm.muroran-it.ac.jp

² 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

³ 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)

COVID-19 の感染拡大に伴い人々の行動は大きく変容した。長きに亘る外出自粛は経済に甚大な影響を与えた。COVID-19 の感染拡大抑止策は感染拡大防止と経済活動回復に向けた取り組みをバランスよく取り入れることが求められるだろう。そのためには、都市空間の特性に着目した各種の人々の活動量を把握することが重要である。そこで本研究では、札幌市を対象に都市計画基礎調査とモバイル空間統計データを用いて、滞在する建物用途別の滞在人口の変化量を因子分析により把握する。また、クラスター分析を行い、各因子の都市空間分布特性を確認する。これにより COVID-19 とその対応策が都市空間における人々の活動に及ぼした影響を解明する。

Key Words: Mobile population data , Building classification , Urban activity level , COVID-19

1. はじめに

COVID-19感染症は2019年末から急速に世界中に広がり、21世紀における最も危険なパンデミックの一つとなった。2021年9月中旬までに、感染者の総数は2億3千万人以上に達し、470万人以上の命が奪われた¹⁾。COVID-19感染症が拡大した2020年度には、日本国内においては感染拡大防止と経済活動回復のための施策が並行して実施された。具体的には感染拡大防止策として緊急事態宣言や酒類提供地域での飲食店休業要請が挙げられる。また、経済活動回復策としてはGo To トラベル事業、Go To Eat キャンペーン事業が挙げられる。これらの施策はコミュニティ間の接触頻度を低下させ、かつ経済を回復させるために行われたが、施策の評価において詳細な都市構造と活動量の関係性を把握するまでに至っていない。

今後の施策の意思決定のためには、過去の施策の実行時期に都市に及ぼされた影響を時空間的に把握し、日常生活に与えた行動変容パターンを解析することが不可欠である。都市空間という比較的大きなスケールで、施策による人々の行動変容への影響を評価する場面において

は、都市内活動量を集約的に把握できる指標が必要である。これによって施策が都市空間に与えた影響を整理し、適切なインパクトを想定したうえで、今後の活動量増減に関わる制約や緩和を実施する事が求められている。

2. 既存研究の整理と本研究の位置づけ

パンデミック下における都市活動量の変化を把握するためにビッグデータを活用した様々な研究が行われている。著者らは先行研究²⁾において、モバイル空間統計データ³⁾を用いて滞在人口増減率の時系列推移を、感染拡大防止策、経済活動回復策の実施時期と共に整理した。都市活動量を集約的に把握した既存研究として、Hara et al.⁴⁾はモバイル空間統計データを用いて旅行行動の時系列変化の指標を作成し、日本全国の旅行行動、県間移動、人口密度指数と各種宣言との時系列的な関係性を把握した。赤塚ら⁵⁾はモバイル空間統計データに因子分析を適用し、得られた因子を4次メッシュ産業別従業者数データとの相関を用いて解釈し、差分データを重回帰分析す

ることで因子毎の時系列変化を把握している。

本研究では、まず、Hara et al.の最小移動仮定におけるトリップ数の考え方により、札幌市における都市活動量の時系列推移を確認した。次に、赤塚らの因子分析の手法を援用し、札幌市において都市の活動量減少に関わる特徴量を抽出する。ここでは、課題として挙げられていた行列データの中身の改善を図るべく、2年分のモバイル空間統計データからCOVID-19感染拡大前後を比較して、活動量の減少率が最も高い週、すなわち特徴量が最も現れていると推測される週において因子分析を適用する。また、得られた因子の解釈に都市計画基礎調査の建物用途別延床面積を用いる。加えて本研究では、活動量変化の時空間特性の集約的把握を実現するために、因子得点を利用したクラスター分析を行い、各因子の都市空間分布を確認する。さらに、緊急事態宣言が発令された前後の週に同手法を適用し、札幌市内の第一回緊急事態宣言前後の時期における行動変容の時空間特性を把握する。

3. データの概要

本研究で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

モバイル空間統計データとはドコモ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24時間、365日の滞在人口が取得可能な人口統計データである。「性別」「年代」「居住エリア」「国・地域」などの属性を付与することもできるが、本研究では日付、時間、メッシュ、滞在人口のみを含むデータを使用する。また、集計エリアの単位は500mメッシュとし、2019年、2020年の第2週から第52週（2019年1月7日から12月22日及び2020年1月6日から12月20日）のデータを週毎に表-1の集計条件で使用する。なお、欠損値を1つでも含むメッシュは除外し、札幌市1238メッシュを対象とした。

(2) 都市計画基礎調査

都市計画基礎調査データ⁹とは、都市計画法に基づいて、都市の現況及び将来の見通しを定期的に把握する為の調査である。本研究では、2019年札幌市の都市計画基礎調査から建物用途別延床面積を使用した。建物用途分類は34区分に分けられた小分類を採用し、それらを独自に設定した分析のための8分類(表-2)に集約し、メッシュごとに8分類毎の建物用途別延床面積の合計値を算出した。

表-1 モバイル空間統計の集計条件

期間	分類	曜日
2019年及び2020年 第2週～ 第51週	平日	月・火・水・木・金 (平日の祝日を除く)
	休日	土・日 (平日の祝日を含む)

表-2 建物用途小分類と8分類の対応

本研究における 8分類	都市計画基礎調査 建物用途小分類	建物数
1 住居施設	専用住宅	395,051
	共同住宅	
	一般店舗併用住宅	
	飲食店併用住宅	
	事務所併用住宅 作業所併用住宅	
2 専用商業施設	業務施設	8,674
	集合販売施設	
	宿泊施設	
3 店舗娯楽施設	専用店舗施設	5,738
	興業施設	
	遊技施設	
	スポーツ施設	
4 風俗娯楽施設	風俗営業施設	128
5 官公署施設	地方国家施設	612
	自治体施設	
6 文教施設	教育施設	2,622
	研究施設	
	文化施設	
	宗教施設	
	記念施設	
7 厚生施設	医療施設	3,375
	運動施設	
	社会福祉施設	
	厚生施設	
8 都市工場農業施設	農業施設	8,132
	漁業施設	
	通信施設	
	運輸倉庫施設	
	重化学工業施設	
	軽工業施設	
	サービス工業施設	
	家内工業施設	
供給処理施設		

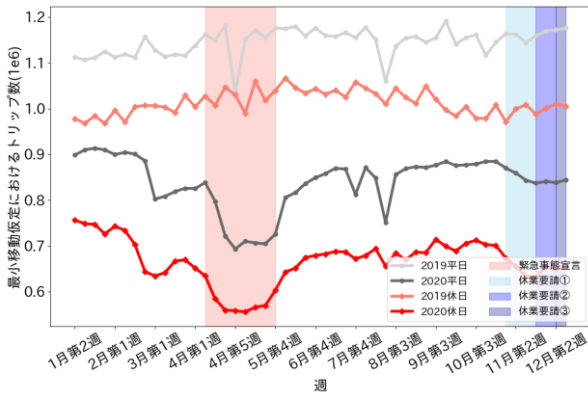


図-1 最小移動仮定におけるトリップ数の時系列推移

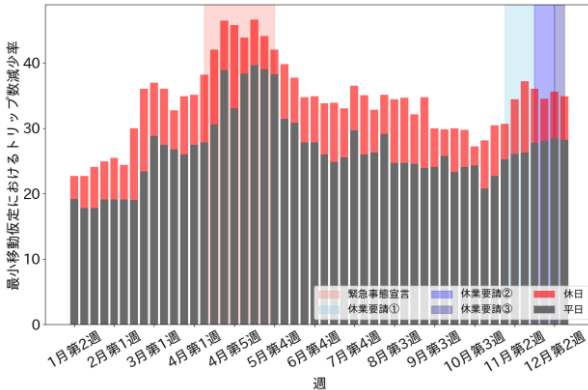


図-2 最小移動仮定におけるトリップ数減少率の時系列推移

4. 都市活動量の時系列推移

札幌市における都市活動水準を年間を通して把握する為、まずHara. et al.により提案された最小移動仮定のもとのトリップ数⁶⁾の増減と、減少率の年間推移を確認する。最小移動仮定とは、あるエリア*i*における時刻*t*のトリップ数を、連続する2時点間の絶対値差分の平均の総和と仮定するものである(式(1))。2年間で対応する週の差分データを用いた減少率を導入することで、ゴールデンウィークやお盆といった連休や、季節性の活動量増減の影響を排除し、各週の活動量変化を比較する事が可能である。2019年、2020年の平休日別最小移動仮定におけるトリップ数の週平均値の推移を図-1に示す。また、図-2には最小移動仮定におけるトリップ数減少率の推移を示す。

$$D_t = \sum_{i=1}^{I=1238} \sum_{t=0}^{23} \sum_{t \in I} \frac{|x_{i,t} - x_{i,t+1}|}{2} \quad (1)$$

年間の傾向として、トリップ数の減少率には2つのピークがみられる。1つは4月第2週付近での大きな減少率の増加、もう1つは、10月第4週から11月第3週にかけての減少率の増加である。行政の施策と重ねて考察すると、1つ目のピークは緊急事態宣言であり、2つ目のピークはすすきの地区への休業要請である。

表-3 平日休日別の各因子の因子負荷量

時刻	平日			休日		
	昼間の減少	夜間の減少	深夜の減少	昼間の減少	夜間の減少	深夜の減少
0	-0.2	0.4	0.8	-0.2	0.2	1.0
100	-0.2	0.3	0.9	-0.2	0.1	1.0
200	-0.1	0.2	0.9	-0.1	0.1	1.0
300	0.0	0.1	1.0	0.0	0.0	1.0
400	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
500	0.1	-0.1	1.0	0.1	-0.1	1.0
600	0.1	-0.1	1.0	0.2	-0.1	0.9
700	0.2	-0.1	0.9	0.3	-0.1	0.8
800	0.8	-0.1	0.4	0.5	-0.1	0.7
900	1.0	-0.1	0.1	0.7	-0.1	0.5
1000	1.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.2
1100	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1200	1.0	0.0	-0.1	1.0	0.0	0.0
1300	1.0	0.0	-0.1	1.0	0.1	0.0
1400	1.0	0.0	-0.1	0.9	0.2	-0.1
1500	1.0	0.0	-0.1	0.8	0.4	-0.1
1600	1.0	0.1	-0.1	0.7	0.5	-0.1
1700	1.0	0.1	-0.1	0.5	0.7	-0.2
1800	0.8	0.3	0.0	0.4	0.7	-0.1
1900	0.7	0.4	0.1	0.2	0.9	0.0
2000	0.5	0.5	0.3	0.1	0.8	0.2
2100	0.2	0.6	0.4	0.0	0.7	0.5
2200	0.0	0.6	0.6	-0.1	0.5	0.7
2300	-0.1	0.5	0.7	0.0	0.2	0.9

表-4 各因子と建物用途別延床面積の相関係数

建物用途 8分類	平日			休日		
	昼間の減少	夜間の減少	深夜の減少	昼間の減少	夜間の減少	深夜の減少
住居	-0.1	-0.1	0.1	0.1	-0.1	-0.1
専用商業	0.9	0.5	0.6	0.6	0.5	0.9
店舗娯楽	0.5	0.7	0.6	0.7	0.5	0.5
風俗娯楽	0.2	0.8	0.7	0.8	0.5	0.2
官公署	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
文教	0.3	0.0	0.2	0.1	0.1	0.2
厚生	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
都工農	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2

5. 都市活動変化の時空間分解

(1) 都市活動把握の考え方

現在用いられている混雑統計の指標は、あるエリアの都市活動量を特定の施設で代表させたり、もしくは集約したりして、空間的に一様でない活動量の大小を表現しきれていない。また、時間帯を固定していることが多く、時系列変動を集約的に表現するに至っていない。本章では、赤塚らの先行研究から因子分析の手法を援用し、札幌市における都市活動変化の時空間分解を行う。

(2) 都市活動変化の分析方法

都市活動量の時系列推移を確認し、5月第3週が最も減少率が高かったことから、2020年5月第3週が「COVID-19流行後」の都市活動量減少に関わる特徴量をよく含むと捉え、因子分析の対象とする。因子分析に用いる行列データは、平日休日それぞれの「COVID-19流行前滞在人口」と「COVID-19流行後滞在人口」の差分をとった

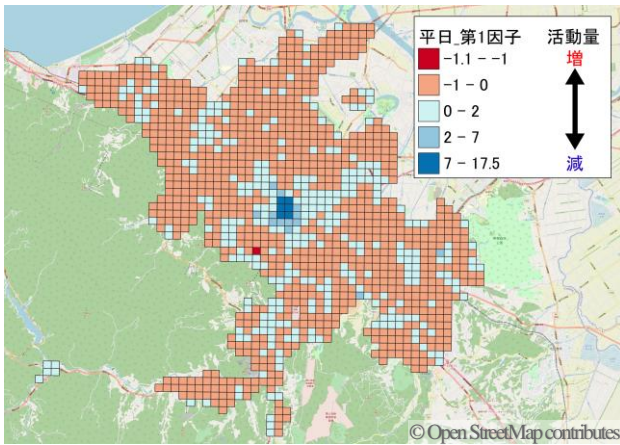


図3 「平日昼間の人出の減少」因子得点分布

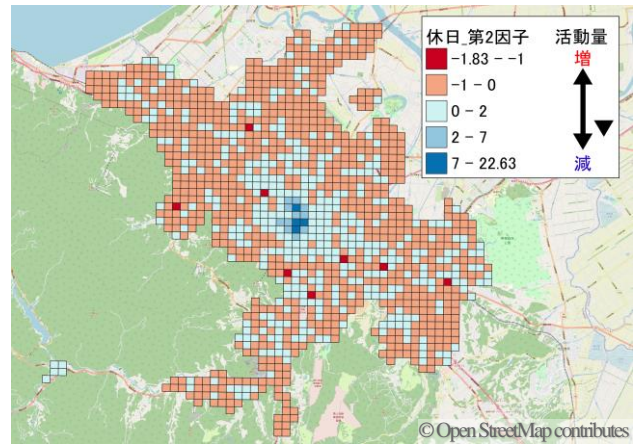


図6 「休日昼間の人出の減少」因子得点分布

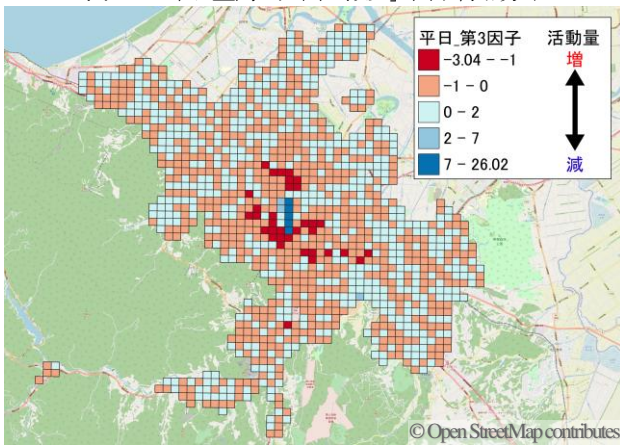


図4 「平日夜間の人出の減少」因子得点分布

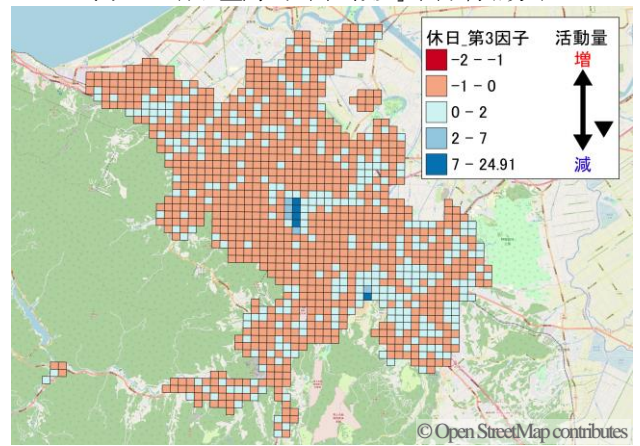


図7 「休日夜間の人出の減少」因子得点分布

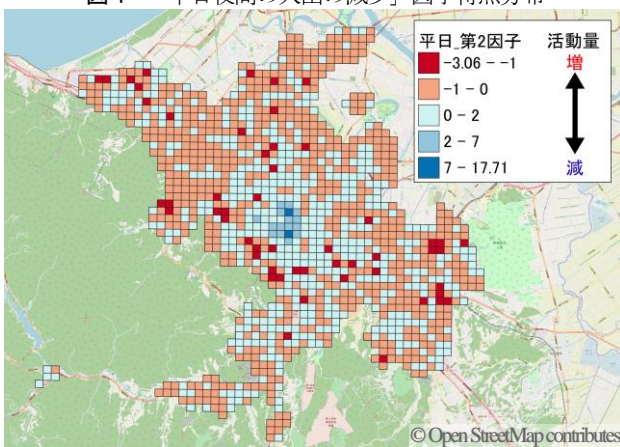


図5 「平日深夜の人出の減少」因子得点分布

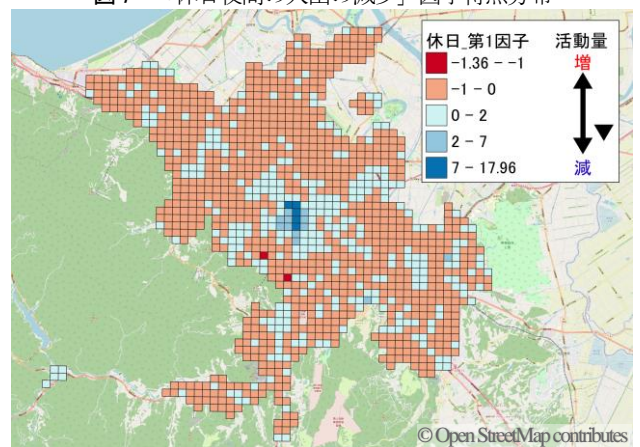


図8 「休日深夜の人出の減少」因子得点分布

(1238メッシュ) × (24時点) の行列データである。尚、因子の解釈を容易にする為、因子軸にプロマックス回転を行い、因子数の決定には既存研究⁷⁾を参考に、対角SMC並行分析を用いた。上記の検討から因子数を3と決定した。

(3) 札幌市における因子分析の結果

得られた平日休日別の3因子の因子負荷量を表-3に示す。因子負荷量の時間分布から、それぞれ平日休日別に各因子に対して「昼間の人出の減少」「夜間の人出の減少」「深夜の人出の減少」と名付けた。平日休日の因子

負荷量の分布の違いについて、休日の方が昼間活動の開始時間が遅く、終了時間が早い。また、休日の方が、夜間の人出の減少の因子をよく抽出している。データの背後にある滞在人口変化のパターンをさらに考察する。

図-3から図-8において、平日休日別の3因子における因子得点を示す。また、表-4において各因子の因子得点の分布と建物用途8分類の分布との相関係数を示す。図-3より、平日の「昼間の人出の減少」においては、オフィス街を含む中心市街地において活動量の減少がみられ、建物用途8分類では専門商業施設との強い相関、及び店舗娯楽施設、官公署施設、文教施設との相関がみられた。

図-4より、平日の「夜間の人出の減少」においては、繁華街を含むエリアで活動量の減少が見られ、店舗娯楽施設、風俗娯楽施設との強い相関及び、住居施設との負の相関がみられた。図-5より、平日の「深夜の人出の減少」は、郊外から中心市街地に向かって同心円状に活動量減少が波及し、風俗娯楽施設、店舗娯楽施設、専用商業施設との相関がみられる。図-6より、休日の「昼間の人出の減少」においては、平日と比較して、官公署施設、文教施設との相関が低くなっており、店舗娯楽施設、風俗娯楽施設と活動量減少の相関が高くなっている。図-7より、休日の「夜間の人出の減少」においては、繁華街の活動量の減少が専用商業施設、店舗娯楽施設、風俗娯楽施設と相関をもって表現されている。図-8より、休日の「深夜の人出の減少」においては、中心市街地、郊外の大規模量販店を筆頭に、専用商業施設との強い相関、店舗娯楽施設との相関がみられる。

6. 都市活動量変化の時空間特性の集約的把握

(1) 時空間特性の集約の必要性

因子分析の結果、都市活動量の時間帯別変化パターンを、平日休日別の3因子に大別した。また各因子毎に因子得点と建物用途別延床面積との相関を確認した。これにより、都市空間の活動量変化を断面的にとらえることができた。しかしながら、今後の施策の意思決定のための分析という原点に立ち返るとき、メッシュ1つに対して6つの因子と8種の相関を確認する事は煩雑である。また、因子分析に用いた斜行回転の特性上、因子間に相関関係を認めている。今回の分析においても、各因子間に平均して0.55の相関があった。活動量の減少量に関して、時空間的に同様の傾向を示すエリアがあることが推測される。これらを一元的に把握する為、時空間特性を集約する必要がある。人流パターンに類似性があるメッシュを集約的に把握する為、因子得点の空間分布に着目して、クラスター分析を行う。クラスター分析は平日休日別の3因子からなる計6因子の因子得点を用い、非階層型クラスターリング手法であるk-means法により行う。クラスター数は変数の集約を目的とする為、検討の結果4つに設定した。

(2) 札幌市におけるクラスター分析の結果

分析結果の空間分布を図-9に、クラスター内の因子別因子得点の平均値を表-5に示す。クラスター1は平日夜間、平日深夜、及び休日昼間で活動量の減少が顕著であるエリアを集約している。空間分布を確認すると、すすきの地区を含む繁華街が該当する。クラスター2は平日

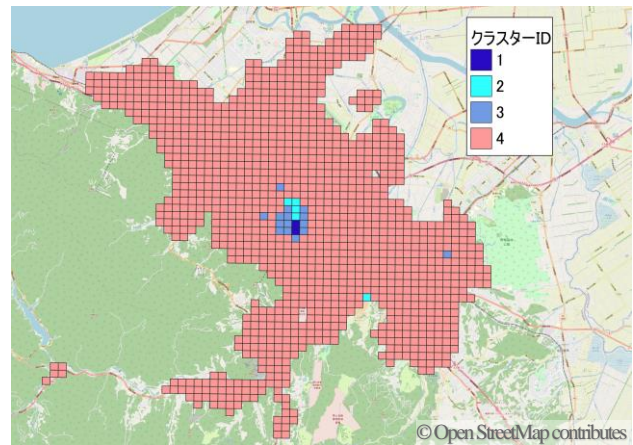


図9 因子得点を用いたクラスター分析の結果

表-5 クラスターにおける各因子の因子得点の平均値

	1	2	3	4
平日昼間	4.7	11.7	3.3	-0.1
平日夜間	19.4	6.3	-0.6	-0.1
平日深夜	17.1	4.1	3.2	-0.1
休日昼間	20.2	4.4	2.8	-0.1
休日夜間	11.0	11.2	0.7	-0.1
休日深夜	5.2	12.5	2.8	-0.1

昼間及び休日夜間、休日深夜に活動量が減少しているエリアを集約している。市内の分布においては、さっぽろ駅、大通り地区を含むオフィス街、また、札幌ドームを含むエリアが該当する。クラスター3は全時間帯において活動量の減少が見られるエリアを集約している。市内の分布を確認すると、官公署施設を含む中心市街地、新さっぽろ駅周辺の副都心エリアが該当する。クラスター4では集約したエリアの因子得点の平均値が、全時間帯で負となった。すなわち、活動量の微増エリアを集約している。エリアの分布は住居施設を多く含む非中心地域となった。これらより、札幌市全域を俯瞰すると、繁華街を含む中心市街地では平日夜間及び休日昼間において顕著に活動量が減少している事、オフィスを含む中心市街地では平日昼間及び休日夜間、深夜において活動量が減少している事、住居施設を多く含む非中心市街地においては全時間帯で活動量が微増した、もしくはあまり変化していないことが把握できる。

7. 施策前後の活動量変化の時空間分布

(1) 対象施策と分析の諸条件の決定

本章では行動変容に関わる施策実行前後での都市における活動量の変化を観測する。対象施策は2020年において人々の行動変容に大きな影響を及ぼした第1回緊急事

態宣言（2020年4月17日開始）とする。分析対象週の検討について、前章では、最も特徴量が抽出できるように2019年と2020年の最小移動仮定におけるトリップ数減少率が一番高い週を因子分析に適用した。しかし、都市活動に制約を与える施策は前年度との活動量の減少率とは関係なく、実行時点での感染者数増加を受けて、感染拡大を抑えるために実施される。故に、施策によって人流がどのように変動したかを比較するためには、宣言前後の変化量を分析に用いることが適切である。また、分析対象とする週は施策の周知期間を十分に考慮する必要がある。そこで、宣言開始の2週間前である3月第4週、及び宣言開始の2週間後である4月第4週とを分析対象週とした。因子分析において抽出する因子数は対角SMC並行分析の結果、2因子と決定し、クラスター数は前章と同様に4つとした。

(2) 施策前後の変化量を用いた因子分析の結果

得られた平日休日別の2因子の因子負荷量を表-6に示す。因子負荷量の時間分布から、それぞれ平日休日別に各因子に対して「昼間の人出の減少」「夜間の人出の減少」と名付けた。平日休日の因子負荷量の分布について、2019年との比較時よりも平日休日の差異が少ない。宣言前にすでに行動変容が生じており、行動パターンが単調化していることが推測される。休日の方が昼間活動の開始時間が遅く、終了時間が早いことは同様である。

図-10から図-13において、平日休日別の2因子における因子得点を示す。また、表-7において各因子の因子得点の分布と建物用途8分類の分布との相関係数を示す。図-10より、平日の「昼間の人出の減少」においては、オフィス街を含むエリアで活動量の減少が見られ、専用商業施設との非常に高い相関と、店舗娯楽施設との高い相関がみられた。図-11より、平日の「夜間の人出の減少」においては、繁華街及び、幹線道路を含むエリアで活動量の減少が見られ、風俗娯楽施設との非常に高い相関と、店舗娯楽施設との高い相関がみられた。図-12より、休日の「昼間の人出の減少」においては、2019年との比較時の休日の「夜間の人出の減少」因子と比べ、活動量の減少エリアが少なくなっており、宣言前にすでに活動量が減少していたことが推測される。図-13より、休日の「夜間の人出の減少」においては、繁華街を含むエリアで活動量の減少が見られ、専用商業施設との非常に高い相関及び、店舗娯楽施設での相関がみられる。

(3) 施策前後の変化量を用いたクラスター分析の結果

分析結果の空間分布を図-14に、クラスター内の因子別因子得点の平均値を表-5に示す。クラスター1は平日と休日の「夜間の人出の減少」因子が支配的なエリアで

表-6 平日休日別の各因子の因子負荷量

時刻	平日		休日	
	昼間の減少	夜間の減少	昼間の減少	夜間の減少
0	-0.1	1.0	-0.1	1.0
100	-0.2	1.1	-0.2	1.1
200	-0.2	1.1	-0.1	1.1
300	-0.2	1.1	-0.2	1.1
400	-0.1	1.0	-0.1	1.1
500	-0.1	1.0	-0.1	1.0
600	0.1	0.9	0.0	0.9
700	0.4	0.6	0.2	0.8
800	0.8	0.2	0.4	0.6
900	1.0	0.0	0.7	0.3
1000	1.0	-0.1	1.0	0.0
1100	1.1	-0.1	1.1	-0.1
1200	1.1	-0.1	1.1	-0.1
1300	1.1	-0.1	1.1	-0.1
1400	1.0	-0.1	1.1	-0.1
1500	1.0	-0.1	1.1	-0.1
1600	1.0	-0.1	1.0	-0.1
1700	1.0	0.0	1.0	0.0
1800	0.9	0.1	0.9	0.2
1900	0.8	0.3	0.7	0.4
2000	0.6	0.5	0.5	0.6
2100	0.3	0.7	0.3	0.8
2200	0.2	0.9	0.1	0.9
2300	0.0	0.9	0.0	1.0

表-7 各因子と建物用途別延床面積の相関係数

建物用途 8分類	平日		休日	
	昼間の減少	夜間の減少	昼間の減少	夜間の減少
住居	-0.1	-0.1	-0.1	0.0
専用商業	0.9	0.5	0.8	0.5
店舗娯楽	0.6	0.7	0.7	0.7
風俗娯楽	0.3	0.9	0.4	0.9
官公署	0.3	0.1	0.2	0.1
文教	0.2	0.0	0.1	0.0
厚生	0.0	0.0	0.0	0.0
都工農	0.2	0.1	0.2	0.1

ある。すすきの地区を含む繁華街エリアが該当する。クラスター2は平日と休日の「昼間の人出の減少」因子が支配的なエリアである。さっぽろ駅、大通り駅を含むオフィス街が該当する。クラスター3は全時間帯での減少傾向が見られるエリアが集約されている。官公署を含む中心街や、新さっぽろ駅を含む副都心エリアが該当する。クラスター4は因子得点の平均値が負となることから、

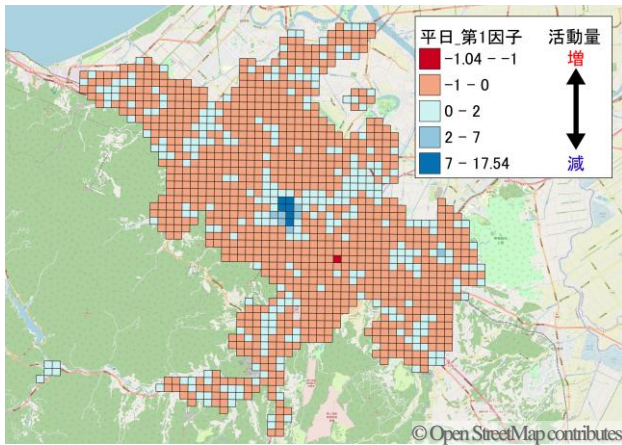


図 10 「平日昼間の人出の減少」 因子得点分布

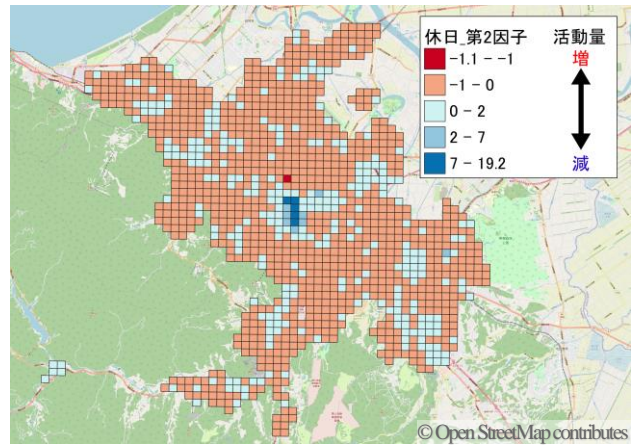


図 12 「休日昼間の人出の減少」 因子得点分布

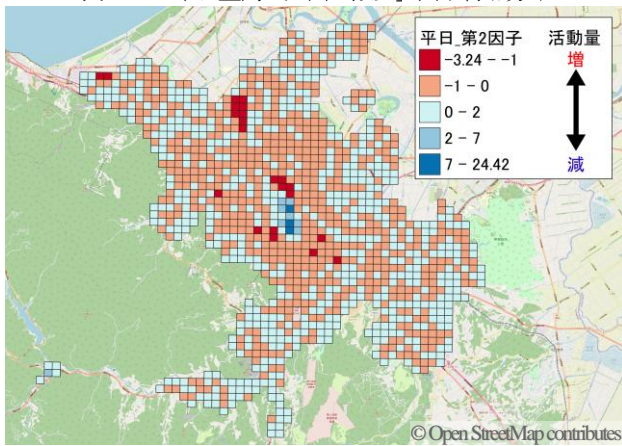


図 11 「平日夜間の人出の減少」 因子得点分布

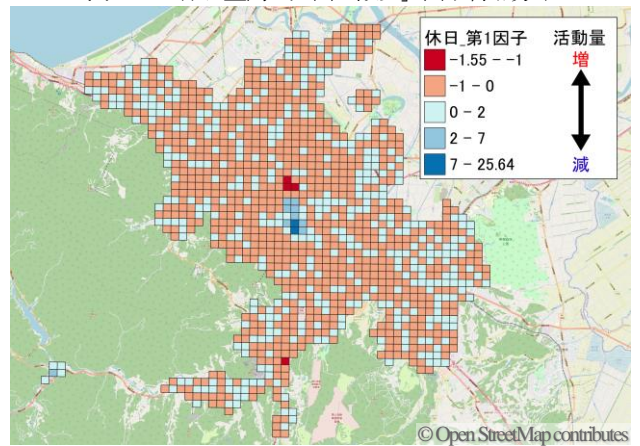


図 13 「休日夜間の人出の減少」 因子得点分布

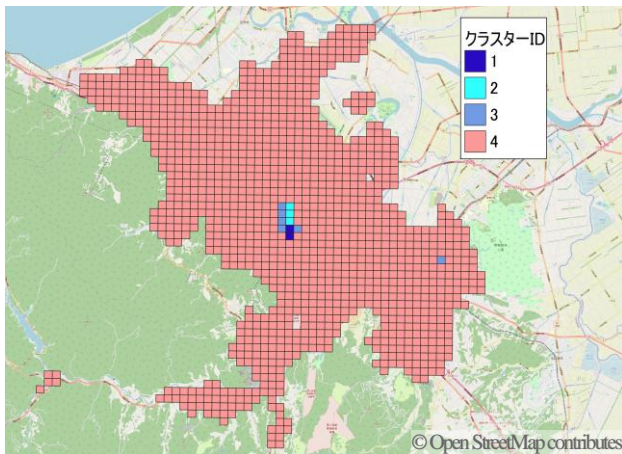


図 14 因子得点を用いたクラスター分析の結果

表-8 クラスターにおける各因子の因子得点の平均値

	1	2	3	4
平日昼間	6.5	17.1	4.6	-0.1
平日夜間	21.6	5.1	2.6	-0.1
休日昼間	9.0	16.4	3.9	-0.1
休日夜間	22.9	4.1	2.6	-0.1

活動量が変化しない、もしくは微増したエリアが集約されている。中心市街地を除く多くのエリアがクラスター4に該当する。

(4) 時空間特性の集約的把握結果のまとめ

最小移動仮定によるトリップ数の減少率、分析対象週を変更し空間特性を集約した2つの図(図-4及び図-6)から、宣言により、より都市活動量の減少が進んだエリアが把握できる。また、宣言前にすでに都市活動量が減少しており、宣言による都市活動量の減少が少なかったエリアが推測できる。具体的には札幌市では、第1回緊急事態宣言により、オフィス街と繁華街を含む中心市街地において、より活動量が減少した。また、北海道大学を含むエリア、官公署施設を含む中心市街地エリア、札幌ドームを含むエリアにおいては、すでに活動量が減少しており、宣言による行動変容への影響が少なかったことが推測される。

8. おわりに

本研究では、札幌市を対象として、都市活動量の時系列解析及び、集約的把握において既存の手法を援用し、対象期間及び滞在者の滞在目的を推測するデータセット

の工夫をおこなったうえでの分析を行った。さらに、クラスター分析による時空間特性の集約的把握を行い、施策が実行された時期の行動変容を考察した。これらから施策が都市空間に与えた影響の空間分布を表現した。本研究の課題として、因子得点と建物用途との相関分析では、エリアに内在する建物用途別延床面積の総量の値を用いていることから、必ずしも当該施設での活動量の減少を表しているわけではないことに注意が必要である。今後の展望として、別の施策の実行時期における空間特性を集約し比較したり、別の都市で同様の分析を行い、異なる都市間で都市活動量の減少における空間分布構造を比較することが挙げられる。

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) Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU): n.d COVID-19 Dashboard [WWW Document],

- <https://coronavirus.jhu.edu/> (閲覧日：2021年10月1日).
- 2) 石川玲衣, 奥村航太, 浅田拓海, 有村幹治, COVID-19 感染拡大時のモバイル空間統計を用いた道内人口動態の把握, 第23回土木学会北海道支部年次技術研究発表大会
- 3) NTT docomo モバイル空間統計公式サイト, <https://mobaku.jp/>, (閲覧日：2021年10月1日).
- 4) Hara, Y. and Yamaguchi, H.: Japanese travel behavior trends and change under COVID-19 state-of emergency declaration: Nationwide observation by mobile phone location data, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Vol.9, 100288, 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, 第63回土木計画学研究発表会・講演集
- 6) 国土交通省, 都市計画基礎調査実施要領, <https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/kisotyousa001.html> (閲覧日：2021年10月1日).
- 7) 堀啓造, 因子分析における因子数決定法 - 並行分析を中心にして -, 香川大学経済論叢 第 77 卷 第 4 号抜刷 2005年3月

(??)

TIME-SERIES ANALYSIS OF URBAN ACTIVITY LEVELS BY BUILDING USE WHEN COVID-19 INFECTION SPREADS USING MOBILE SPATIAL STATISTICS: CASE STUDY OF SAPPORO CITY

Kota TAKATA, Takumi ASADA and Mikiharu ARIMURA

The spread of COVID-19 has led to significant changes in people's behavior. In order to curb the spread of COVID-19, it is necessary to balance efforts to prevent the spread of the disease and to restore economic activity. For this purpose, it is important to understand the amount of activity of various types of people focusing on the characteristics of urban space. In this study, we use factor analysis to determine the amount of change in the number of people staying in each type of building, using the Basic Survey on Urban Planning and mobile spatial statistics data for Sapporo City. In addition, we will conduct cluster analysis to confirm the urban spatial distribution characteristics of each factor. In this way, we will elucidate the effects of COVID-19 and its countermeasures on people's activities in urban space.