

Analysis of changes in mobility behavior in Ishikawa Prefecture before and after the COVID-19 pandemic using Non-negative Matrix Factorization

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-09-10 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Harada, Kaisei, Sagae, Masahiko, Yamaguchi, Hiromichi メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00064102

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



COVID-19流行前後における 石川県内滞在者の生活行動変容分析 ～非負値行列因子分解を用いて～

人間社会環境研究科 人間社会環境研究科

原 田 魁 成

人間社会研究域 経済学経営学系

寒河江 雅 彦

理工研究域 地球社会基盤学系

山 口 裕 通

要旨

本研究では、COVID-19流行前後における石川県内に滞在する人々の生活行動変化を分析する。携帯電話の位置情報データであるモバイル空間統計を利用することで、国勢調査やパーソナルリップ調査等では把握できなかった人々のリアルタイムな行動分析が可能である。携帯電話の位置情報はデータ量が膨大なため、有益な特徴を抽出するための解析法が重要である。本稿では次元縮約に基づいた特徴抽出法である非負値行列因子分解を、石川県内における移動行動パターンの分析に適用した。分析データは、COVID-19流行前の2019年1月1日から石川県第3波期中である2021年3月8日までの798日の、それぞれ4時、14時、19時の3時点について、石川中央都市圏内4市2町(金沢市・白山市・野々市市・かほく市・内灘町・津幡町)を対象とした、500m×500mで区切られた1053メッシュ内人口データを使用とした。すなわち2394時系列(798日×3時点)×1053メッシュデータ行列を作成し、非負値行列因子分解を用いてデータ解析を行った。

分析結果として、非負値行列因子分解の基底数を3とした時、すなわち上記のデータを3次元の特徴空間に次元縮約すると、「滞在の行動(就寝)」, 「平日の外出行動(就業・就学)」, 「休日の外出行動(観光・夜間)」の基底が抽出された。いずれの基底においても、特に2020年4月から5月にかけて発生したCOVID-19の第1波流行期及び緊急事態宣言期間中に生活行動が大きく変化しており、緊急事態宣言解除後の2020年6月頃にはおおそ宣言前の水準にまで生活行動が戻っていた。しかし「平日の外出行動(就業・就学)」, 「休日の外出行動(観光・夜間)」においては、いずれも2019年の水準までには回復しておらず、依然としてCOVID-19の影響が石川県内においても見られる。

キーワード

非負値行列因子分解 COVID-19 モバイル空間統計

Analysis of changes in mobility behavior in Ishikawa
Prefecture before and after the COVID-19
pandemic using Non-negative Matrix Factorization

Division of Human and Socio-Environmental Studies
Graduate School of Human and Socio-Environmental Studies

HARADA Kaisei

Faculty of Economics and Management Institute of Human and Social Sciences

SAGAE Masahiko

Faculty of Geosciences and Civil Engineering, Institute of Science and Engineering

YAMAGUCHI Hiromichi

Abstract

We analyzed the changes in mobility in Ishikawa Prefecture before and after the COVID-19 pandemic by using location data of mobile phones. In this study, we apply Non-negative Matrix Factorization, which has a dimension reduction function, to extract features of behavioral patterns when staying in Ishikawa Prefecture from big data. The data were collected from four cities and two towns (Kanazawa, Hakusan, Nonoichi, Kahoku, Uchinada, and Tsubata) in the central Ishikawa metropolitan area at 4:00, 14:00, and 19:00, respectively, for 798 days from January 1, 2019, to March 8, 2021, during the third wave of Ishikawa Prefecture. It is a calculation of the population of four cities and two towns within a 500m mesh (1053 mesh). Therefore, we created a matrix of 2394 time series (798 days \times 3 time points) \times 1053 mesh data, and analyzed it by applying non-negative matrix factorization.

As a result of the analysis, when the number of bases of the non-negative matrix factorization was set to three, that is, when the characteristics of the above data were decomposed into three, the bases of "residential area," "weekday employment, schooling, and sightseeing," and "action in nighttime" were extracted. In all of these bases, lifestyle behaviors changed significantly, especially during the first wave of the COVID-19 pandemic, which occurred from April to May 2020, during the state of emergency, and by June 2020. After the state of emergency was lifted, lifestyle behaviors had returned to approximately the pre-declaration level. However, both "weekday employment, school attendance, and sightseeing" and "action in nighttime" have not returned to the same levels as they were during 2019, indicating that COVID-19 is still impacting Ishikawa Prefecture.

Keyword

Non-negative Matrix Factorization, COVID-19, Mobile Spatial Data

1. はじめに

2020年1月以降、新型コロナウイルス感染症（以降、COVID-19と略す）が世界中に拡大し続けている。2021年3月26日現在時点で日本の総感染者数は46.4万人¹⁾を超え、日本在住者の約1,000人に3.5人が感染している。全国的に感染者が急増した時期として、現在時点で第1波（2020年3月末～5月）、第2波（2020年7月～9月）、第3波（2020年11月～2021年3月）が観測され、特に第3波は1日最大7,949人の感染者が確認された。

一方、世界の感染者数は1.26億人を超えており、アメリカ（3,020万人）、ブラジル（1,240万人）、インド（1,190万人）等の国で感染が拡大している。

こうした世界的なパンデミックの状況下で、各地では同感染症の蔓延防止に向けた取組みが実施されている。日本では、感染者数の急激な増加とその措置として、不要不急の外出を抑制する「緊急事態宣言」¹⁾が実施された。また政府は、「新しい生活様式」の提案と推進により、日常生活様式や勤務形態の転換を促し、感染症拡大防止対策に取り組んでいる。新しい生活様式の浸透に伴い、

日本の経済活動・生活行動は大きな転換機を迎えた。本稿ではCOVID-19の感染拡大期における石川県内の滞在行動、就業・就学行動、飲食・余暇等の行動で見られる特徴的な生活行動の変化について分析する。経済活動の変化についても先行研究を基に簡単に議論する。

日本のマクロな経済活動として、四半期別における国内総生産（GDP）の伸び率は、2020年1月～3月が前年比-0.6%（年率-2.2%）、4月～6月が-8.3%（年率-29.3%）、7月～9月が5.3%（年率22.8%）、10月～12月が2.8%（年率11.7%）であった²⁾。特に7月以降は「新しい生活様式」への転換に伴う民間需要の増加及び、Go ToトラベルやGo To Eat等の政府主導型の内需拡大策により、四半期別GDPは増加傾向にあった。一方で、1年間での国内総生産の伸び率は前年比-4.8%であり、2009年のリーマンショック時の-5.7%以来のマイナスの伸び率となった。

COVID-19感染拡大期の消費経済活動として、小西（2020）³⁾では経済産業省が提供するPOSデータ⁴⁾を用いて、第1波期前後の国民の消費行動変化を分析している。表1、2より売りが増加した項目として、第1波流行期はパソコン、加工食品・主食等が、第1波流行後では、マスク含む健康関連品やエアコン・テレビ・洗濯機等の白物家電が上位を占め、「新しい生活様式」に対応した商品の需要が増加した。一方、売りが減少した項目として、第1波流行期・流行後に共通して、化粧品やファンデーションなどが上位を占め、外出自粛やマスク着用等による影響が売りの減少につながっていたことを明らかにした。

COVID-19拡大による経済的な影響は石川県^{注1)}においても見られた。不要不急の外出の制限により観光・文化施設の多くが休園・休館を余儀なくされた⁵⁾。また石川県内の経済活動の落ち込みとして、中部圏社会経済研究所⁶⁾は2020年度の実質

表1 前年同週比の販売減, 販売増ランキング [2020年4月13日～19日の週]

順位	業態	主な品目	減少率	順位	業態	主な品目	増加率
1	スーパー	ファンデーション、口紅	▲ 63.2	1	家電量販店	パソコン	50.9
2	スーパー	化粧水、乳液、クレンジング	▲ 57.1	2	ホームセンター	石鹸、ボディソープ、ヘアカラー	39.1
3	コンビニ	ファンデーション、口紅	▲ 52.8	3	ドラッグストア	加工食品	29.0
4	家電量販店	エアコン	▲ 51.4	4	ドラッグストア	主食	28.2
5	コンビニ	日焼け止め、ボディクリーム	▲ 50.0	5	ドラッグストア	調味料	27.5
6	ホームセンター	ベビー用品	▲ 43.9	6	ホームセンター	加工食品	22.6
7	ドラッグストア	ファンデーション、口紅	▲ 40.9	7	ドラッグストア	コーヒー、紅茶、緑茶	22.0
8	スーパー	日焼け止め、ボディクリーム	▲ 40.1	8	スーパー	調味料	21.1
9	ホームセンター	ファンデーション、口紅	▲ 39.5	9	スーパー	加工食品	17.2
10	コンビニ	医薬品	▲ 38.6	10	ホームセンター	調味料	16.8

出典：小西葉子(2020)「POSでみるコロナ禍の購買動向：緊急事態宣言解除後編」³⁾より引用

表2 前年同週比の販売減, 販売増ランキング [2020年6月15日～21日の週]

順位	業態	主な品目	減少率	順位	業態	主な品目	増加率
1	ホームセンター	ベビー用品	▲ 48.2	1	コンビニ	健康関連品	108.9
2	コンビニ	ファンデーション、口紅	▲ 41.5	2	スーパー	健康関連品	100.4
3	ホームセンター	ファンデーション、口紅	▲ 28.9	3	ホームセンター	健康関連品	52.9
4	スーパー	ファンデーション、口紅	▲ 23.0	4	家電量販店	エアコン	52.8
5	コンビニ	オーラルケア	▲ 22.4	5	家電量販店	カラーテレビ	39.5
6	ドラッグストア	医薬品	▲ 20.1	6	家電量販店	洗濯機	37.7
7	ドラッグストア	ファンデーション、口紅	▲ 19.4	7	ドラッグストア	健康関連品	37.4
8	コンビニ	主食	▲ 13.4	8	家電量販店	冷蔵庫	35.5
9	ホームセンター	菓子	▲ 12.8	9	ホームセンター	アルコール飲料	30.3
10	ホームセンター	嗜好品	▲ 12.1	10	ホームセンター	各種洗剤、ラッピングフィルム	25.4

出典：小西葉子(2020)「POSでみるコロナ禍の購買動向：緊急事態宣言解除後編」³⁾より引用

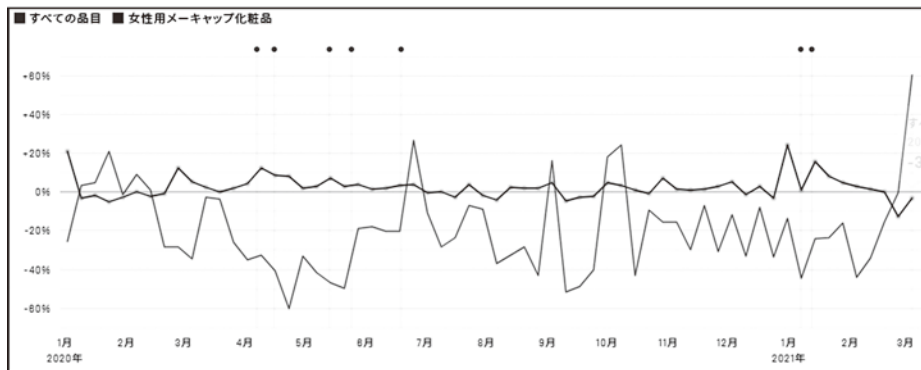


図1 石川県でのCOVID-19流行前後における女性用メーキャップ化粧品の売れ行き
出典：V-RESAS⁷⁾を基に筆者が項目を選択し、グラフを作成

経済成長率を2020年12月10日時点で前年比-6.4%と試算しており、11年ぶりのマイナス成長を予想している。

石川県における消費行動はPOSデータを集計したV-RESAS⁷⁾から確認できる^{注2)}。図1より、特に女性用メーキャップ化粧品は、石川県においても多くの週で売上げが前年比減となっており、小西(2020)による全国での傾向と類似して、外出自粛やマスク着用等に起因する売上げの減少が考察される。

COVID-19流行前後における生活行動の変化として、リアルタイムな行動を分析するためには、携帯電話から得られる位置情報データを利用する方法が考えられる。その1つに、Googleが提供する「COVID-19: コミュニティ モビリティ レポート」⁸⁾がある。これは携帯電話のロケーション履歴機能を有効化している利用者の移動傾向を、特定の目的地別かつ地域別に集計したものである。他方でNTTドコモが提供する「モバイル空間統計」⁹⁾がある。このサービスでは、年代・性別・居住地別に、1時間単位の24時間365日分、500mメッシュ単位のリアルタイムな人口滞在分布の推計値を提供している。本稿ではこれら2つの生活行動に関するデータを用いて、石川県内におけるCOVID-19流行前後の生活行動の変化を分析する。

2. 「COVID-19: コミュニティ モビリティ レポート」から見た石川県の生活行動

「COVID-19: コミュニティ モビリティ レポート」で提供されるデータでは、特定の目的地への移動傾向を分析することが出来る。ただし、集計済みのデータであり、特定の目的ごとの基準点に対する増減率のみが提供されている。

図2は、石川県を対象地域としたCOVID-19流行期における1日単位の移動行動の変化を示している。移動・滞在先として、外食サービス等を含む小売業・娯楽施設、食料品店・薬局、公園、公共交通機関のバス停・駅を表す乗換駅、職場、住宅の6つに分類されている。左軸はCOVID-19感染拡大前の2020年1月3日から2月6日の5週分における該当曜日の中央値をベースラインとした当該日の増減率(%)であり、右軸は石川県のCOVID-19感染者数(人)である。

全体の傾向として緊急事態宣言期中は不要不急の外出制限により、小売業・娯楽施設や職場、公共交通機関の駅等への移動は大きく制限され、住宅での滞在が高まっていた。また緊急事態宣言解除後の3連休や4連休の期間では、公園や小売業・娯楽施設、住宅などの移動・滞在が増加していた。石川県内感染者数が比較的沈静化した2020年9月中旬から2020年11月下旬頃までは多くのモビリティにおいてベースライン付近で推移した

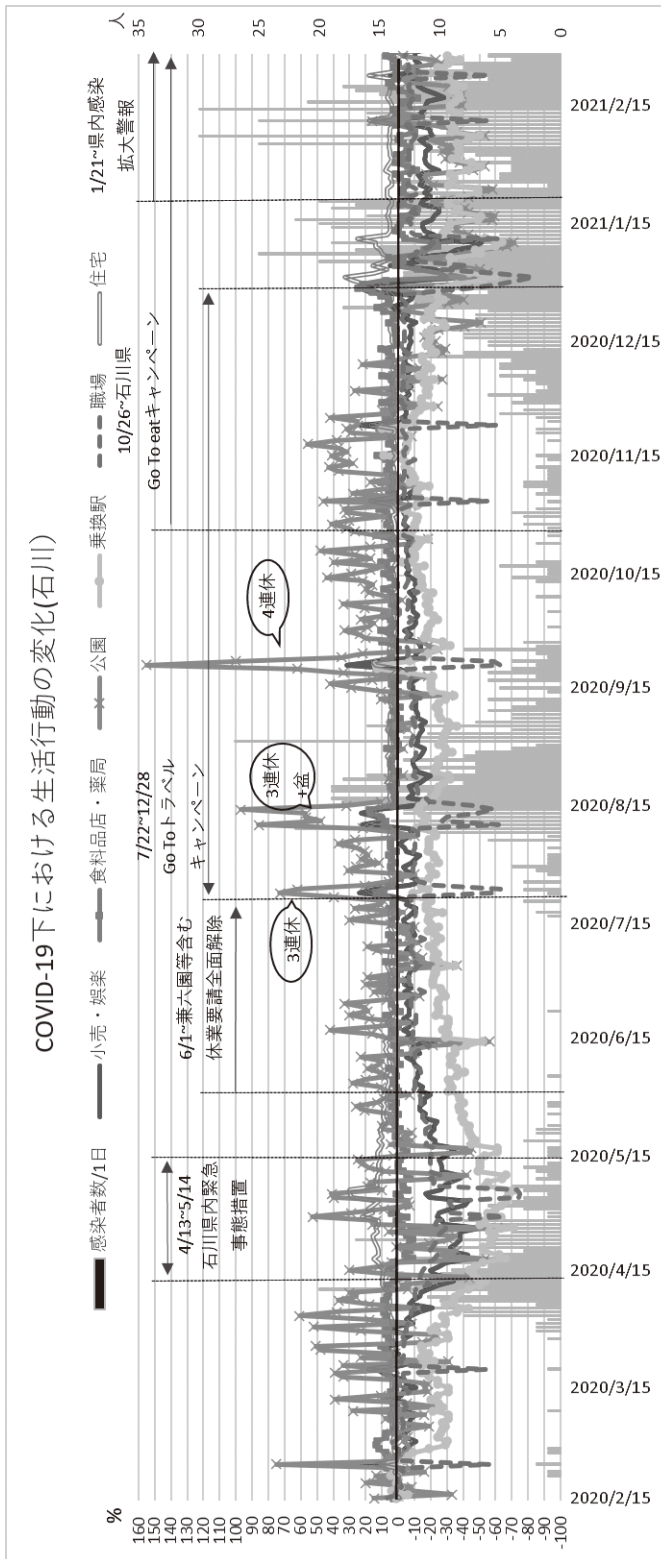


図2 COVID-19下における生活行動の変化(石川)

2020年2月15日から2021年2月28日

(左軸(折れ線グラフ):2020年1月3日から2月6日の該当曜日中央値に対する増減率(%), 右軸(棒グラフ):石川県のCOVID-19感染者数(人))

出典: Google COVID-19:コミュニティモビリティレポートより筆者作成

が、2021年1月以降の第3波においては、公共交通機関や小売・娯楽の利用が減少した。以下では個々の移動・滞在先の変化について述べる。

小売・娯楽は緊急事態宣言期間中では大幅に移動が制限され、約-40%から-20%で推移していた。解除後においてもベースラインより約-20%から-10%で推移している。連休期間中では一時的にCOVID-19感染拡大前の水準以上の利用があった。石川県内感染者数が比較的沈静化した2020年9月中旬から2020年11月下旬頃にはほぼベースライン付近で推移していたが、2021年1月以降の第3波期では約-20%で推移している。

食料品店・薬局は緊急事態宣言前にやや移動が見られたが、以降は安定した利用が行われ、ベースラインより約5%増で推移している。

公園は緊急事態宣言期間中ではベースラインを境に、約-40%から50%の範囲で大きく変動していたが、解除後はベースラインを越える日が多くなる。特に連休期間中に大きな移動が見られ、2020年9月中旬の4連休期に最大約160%の利用増加が見られた。石川県内では感染者数が比較的沈静化した2020年9月中旬から2020年11月下旬頃までは多くの日で約20%から60%増であった。第3波期前の感染者数が増加し始めた2020年12月中旬頃より利用が大きく控えられ、2021年1月以降の第3波期では、ベースラインを越えた利用はなく、最大で-71%を記録した。

乗換駅は、石川県内で初めての感染者が見られた2月末から利用者が約-20%となり、緊急事態宣言中は約-60%から-40%の減少幅で推移していた。緊急事態宣言解除後、公共交通機関の利用は約-20%で推移している。石川県内感染者数が比較的沈静化した2020年9月中旬から2020年11月下旬頃にはベースラインに近づいたが、2021年1月以降の第3波期では利用が減少し、約-60%から-40%の減少幅で推移している。

職場は石川県での感染者数が増加し始めた4月上旬頃から減少傾向を示し、緊急事態宣言期間中は約-40%から-20%、最大で-75%であった。緊急事態宣言解除後は約-10%で推移している。石

川県内感染者数が比較的沈静化した2020年9月中旬から2020年11月下旬頃はベースライン付近で推移しており、2021年1月以降の第3波期においてもベースライン付近で推移している。緊急事態宣言解除後の2020年5月14日から2021年2月28日までの「職場」は、祝日等を除き、ベースラインに対し平均-8.5%である。

住宅は緊急事態宣言期間中に約20%付近まで増加し、解除においてもベースラインよりやや高めで推移している。緊急事態宣言解除後の2020年5月14日から2021年2月28日までの「住宅」はベースラインに対し、平均5.7%増である。

「COVID-19: コミュニティ モビリティ レポート」データは、世界の各都市の移動行動データが提供されているため、様々な応用分析がなされている。日本では永田・中谷・菖蒲川(2020)¹⁰が、同データと実行再生産数を結び付け、陽性者の増加とモビリティ行動の関連性をラグ相関分析により解析している。国外では、J.Robert & S.Bravo(2020)¹¹が、同データを利用し、COVID-19流行期における鉱工業生産成長率の変化予測に用いている。移動・滞在先として6つの地点に限定されているものの、高サンプルで高精度な生活行動分析が可能なデータである。

3. 「モバイル空間統計」から見た石川県の生活行動

3.1 携帯電話の位置情報データの特性と先行事例

携帯電話の位置情報データは、メッシュ単位のリアルタイムな人口滞在・移動分析に適用可能である。一方、ビックデータの構造を持つため、有益な特徴を抽出するための分析法が求められる。携帯電話の位置情報を活用し、人々の移動実態を分析した例は複数見受けられる^{12) 13) 14) 15)}。COVID-19に関連した位置情報データの活用例として、ソフトバンクの携帯電話ユーザーから得られる位置情報データを有するAgoop¹⁶⁾では特定エリアのメッシュ人口におけるCOVID-19流行前後の人流分析を行っている。また、原田・山口・寒

河江 (2020)¹⁷⁾ では、スパース非負値行列因子分解法を用いて、COVID-19の第1波流行期と平常時との移動行動の差異を分析し、大都市への通勤・通学パターンの大幅減少や、大型連休における帰省行動の自粛などの特徴抽出に成功している。国外では、S.Woodyら(2020)¹⁸⁾ が携帯電話のGPSデータから米国におけるCOVID-19第1波の死亡者数の推定を、ベイズモデルを用いて解析している例がある。

3.2 使用データと分析方法

石川県におけるCOVID-19流行前後の生活行動の変化を捉えるため、COVID-19流行前の2019年1月1日から石川県第3波期中である2021年3月8日までの798日分の、それぞれ4時、14時、19時の3時点において、石川中央都市圏に属する4市2町(金沢市・白山市・野々市市・かほく市・内灘町・津幡町)を対象とした500m×500mメッシュ内人口(1053メッシュ)データを使用した^{注3)}。すなわち2394時系列(798日×3時点)×1053メッシュデータの行列を作成し、本稿の使用データとした。

上記で設定したデータに対し、本稿では非負値行列因子分解を用いた特徴抽出を行った。非負値行列因子分解は、観測された非負値の行列データを2つの行列の積、基底行列 H と表現行列 U に分解し、次元縮約して特徴を抽出する手法である。Lee and Seung (1999)¹⁹⁾ は非負値行列因子分解を用いて、顔画像データから目や鼻などの顔のパーツを表す特徴成分(基底行列)と正の重み成分(表現行列)の2つの行列に分解することに成功した。本稿で使用する携帯電話の位置情報データは、行列内の全ての要素がメッシュ内人口を表し、正值であるため、非負値の加法的な行列に分解する本分析手法と相性が良く、原田・寒河江(2021)¹⁴⁾ や原田・山口・寒河江(2020)¹⁷⁾ において解釈可能な移動・滞在行動パターンの特徴抽出に成功している。

本データの構造に合わせて、基底行列 H を時系列パターン、表現行列 U を属性パターンと呼

ぶ。すなわち、観測データを $Y \in \mathbb{R}_+^{n \times m}$ 、分解される行列をそれぞれ、時系列パターン $H \in \mathbb{R}_+^{n \times k}$ 、属性パターン $U \in \mathbb{R}_+^{k \times m}$ とすると

$$Y \sim HU$$

で近似される。ここで k は観測データを分解する基底数を表す。本稿において、 n は2394時系列データ、 m は1053メッシュに対応する。また、二乗誤差基準に基づく非負値行列因子分解モデル²⁰⁾ は以下で表される。

$$L = \|Y - HU\|_F^2, \quad H_{i,j} \geq 0, U_{i,j} \geq 0$$

ここで、 $\|\cdot\|_F$ はフロベニウスノルムを表す。

また、上記式を最小化する行列 H と U の最適アルゴリズムは以下のように表される。

$$H_{i,j} \leftarrow H_{i,j} \cdot \frac{(YU)_{i,j}^T}{(HUU^T)_{i,j}}$$

$$U_{i,j} \leftarrow U_{i,j} \cdot \frac{(H^T Y)_{i,j}}{(H^T H U)_{i,j}}$$

ただし、上記式は (i,j) 要素ごとの演算である。

最適アルゴリズムにおける初期値は一様分布に基づくランダムな値とした。ただし非負値行列因子分解の分析結果は初期値の変動に依存するため、異なる初期値で10回計算し、二乗誤差が最も小さい時の推定値を選択した。またアルゴリズムの収束条件は更新前後の変化率が H と U ともに 10^{-3} を下回った場合とした。基底数 k の設定について、本研究では $k=3$ とした。基底数の定量的な決定方法として、統計指標である情報量基準のAICやMDL等を使用する場合があるが、非負値行列因子分解の二乗誤差基準においてこれらが必ずしも有効に働かないことを観測している¹⁴⁾。そこで特徴の解釈を優先し、時系列パターンとして、それぞれ朝・昼・夜の3時点の特徴を抽出することを目的に、基底数を3と設定した。

また本稿では、メッシュ単位の滞在データを使用しているため、ArcGIS Pro²¹⁾を用いて、分析結果を地図上に可視化する^{注4)}。

3.3 「モバイル空間統計」から見た石川県の生活行動分析結果

以下では、2394時系列×1053メッシュデータに対し、非負値行列因子分解によって解析された3つの特徴基底について結果を示す。各基底に共通して、基底ごとに3つの図があり、それぞれ a): 時間別時系列パターンH, b): 曜日別時系列パターンH, c): 属性パターンU に対応する石川中央都市圏メッシュとしている。a)は、非負値行列因子分解による時系列パターン2394時系列データであり、横軸が2019年1月1日から2021年3月8日までの時系列、縦軸が基底別の滞在人口(人)である。また、時系列のグラフは「4時」、「14時」、「19時」の3地点に分けている。b)は、a)の時系列パターンのうち、曜日別に再集計し、1週間単位の周期性の検出を試みている。また、COVID-19流行前の2019年と2020年以降を区別している。ただし平常時の曜日別行動パターンを見るために祝日を除いて計算している。縦軸がa)と同じく基底別の滞在人口(人)を表す。c)は、非負値行列因子分解によって分解された属性パターン1053メッシュデータである。基底ごとに特徴の強いメッシュは濃いグラデーションで表される。また、グラデーションの基準値は基底ごとに異なり、対象地域色付き箇所の総和を1とするスケール調整を行っている。a), b), c)より、以降ではa)やb)の図から、COVID-19流行前後のメッシュ内滞在人口の推移を解析し、c)の図でその時系列変動の特徴を強く示す地域を解析する。これら双方の視点から、基底ごとのCOVID-19による滞在人口へ影響と、その地域の特徴を、基底数 $k=3$ に基づいた3つの基底パターンに分けて解析する。

3.3.1 「滞在の行動(就寝)」の基底

図3より、第1基底のa)を見ると、「4時」における滞在人口が最も高く、「19時」、「14時」と続いている。また、COVID-19第1波が流行し始めた2020年4月頃において、「4時」は安定的な推移を示し、「19時」及び「14時」においては対応するメッシュでの滞在人口が大幅に増加してお

り、「4時」の滞在人口に大きく近づいている。第1波流行後は、「4時」において流行前より、滞在人口がやや高めに推移し、「19時」においても流行前の15万人程度から25万人程度に滞在人口が増加し、「14時」においても10-15万人程度から、15-20万人程度に増加している。

b)を見ると、曜日別で大きな差は見られないが、2019年のCOVID-19流行前より2020年以降の流行後の滞在人口がいずれの曜日においても増加している。

c)を見ると、地域特性がわかる。具体的には泉野・有松地区や、もりの里地区、近江町市場、彦三町周辺、西金沢地区、金石地区、野々市市、内灘町役場周辺など、多くの地域の特徴が抽出されている。

これらを総じて第1基底は「滞在の行動」の基底と考察される。泉野地区は金沢市における文教地区として、人気の高い居住地区である。またもりの里は、1万人程度が通う金沢大学の最寄りの地域である。他にも野々市市は東洋経済が発表する「住みよさランキング2020」で全国1位を獲得した地域²²⁾であり、住環境が整備された地区である。また時系列パターンにおいても、「4時」で代表される就寝の特徴が突出することや、緊急事態宣言期間中に「14時」「19時」の滞在人口が増加していたことから裏打ちされる。またこれらから、石川県においては、第1波期においては外出自粛が強く行われていた。一方で、緊急事態宣言解除を機に昼夜の外出が増加し、2020年9月から2020年12月まではその傾向が続いていたが、2021年1月以降には特に「19時」において、再び居住地に滞在する傾向が見られる。

3.3.2 平日の外出行動(就業・就学)の基底

図4より、第1基底のa)を見ると、「14時」における滞在人口が最も高く、次いで「19時」が高い。「4時」の滞在人口はこれらに比べてごくわずかである。また通年を総じて、ゴールデンウィークや盆期間、正月等の長期休暇中に滞在人口が大きく減少している特徴がある。COVID-19第1波が

流行し始めた2020年4月頃において、「14時」及び「19時」の滞在人口が前年にはない減少傾向を示したが、緊急事態宣言解除頃より徐々に滞在人口が増加し、2020年6月には、緊急事態宣言前の水準までに回復している。しかし、特に「14時」において、2019年5月から7月、2019年10月から12月にかけて30万人強で推移していた滞在人口が、COVID-19第1波以降の2020年では30万人を一度も越えていない。

b)を見ると、平日のパターンが土日よりも高い。また、2019年のCOVID-19流行前の方が2020年以降の流行後の滞在人口よりいずれの曜日においても高い。

c)を見ると、金沢駅から香林坊・兼六園付近、石川県庁等の就業地、金沢工業大学・金沢星稜大学・金沢学院大学等の就学地も特徴として抽出されている。

これらを総じて第2基底は「平日の外出行動（就業・就学）」の基底と考察される。COVID-19第1波期における石川県の就業は、図2の「職場」より、県内で感染者が増加した2020年4月初め頃より職場の利用が減少し、2020年5月14日の石川県内緊急事態措置以降から回復傾向を示していたが、本基底図4 a)の14時においても類似した傾向が見られる。また図4 a)で2020年6月頃より、14時の滞在人口が大きく増加している。これは大学において6月上旬より一部の対面授業の段階的再開、校内への立ち入り制限緩和等が行われたことが一因だと考えられる。第1波流行期が沈静化した6月以降、COVID-19流行による「就業・就学」の減少量は、流行前である2019年の同期間と比較して約10%前後である（滞在人口の推移が安定している2019年6月～12月と2020年6月～12月の平日14時のみの滞在人口平均を比較すると、2019年が296,301人、2020年が263,261人であり、2020年/2019年の比率は88.8%である）。すなわち石川県の企業・教育機関において、COVID-19流行後も通勤・通学を控え、自宅等で勤務・勉学を行う者は平均約10%と考えられる。

3.3.3 「休日の外出行動（観光・夜間）」の基底

図5より、第1基底のa)を見ると、「19時」における滞在人口が最も高く、次いで「14時」が高い。「4時」の滞在人口はこれらに比べて少数である。また、COVID-19第1波の予兆が見え始めた2020年3月下旬頃において、「14時」及び「19時」の滞在人口が大幅に減少したが、緊急事態宣言解除頃より徐々に滞在人口が増加し、2020年5月末には、緊急事態宣言前の水準までに回復している。しかし、「19時」において、2019年には15万人から35万人付近で推移していた滞在人口が、COVID-19第1波以降の2020年では10万人強から25万人程度の推移にとどまっている。

b)を見ると、平日のパターンより土日が高く、平日の中でもやや金曜日が高い。また、2019年のCOVID-19流行前の方が2020年以降の流行後の滞在人口よりいずれの曜日においても高い。

c)を見ると、香林坊・片町や金沢駅・昭和町を中心に、ひがし茶屋街やし茶屋街、長町武家屋敷等も含む地域で高い特徴が抽出されている。これらを総じて第3基底は「休日の外出行動（観光・夜間）」の基底と考察される。石川県では緊急事態措置解除の翌日である2020年5月15日より、ホテルや旅館、商業施設等の休業要請を解除し、県内の主要な観光地も2020年6月1日に閉鎖が解除された。それに伴い図5 a)より、2020年5月14日以降に滞在人口が増加傾向となっている。また特に強く特徴が抽出された地域である香林坊・片町や金沢駅周辺は飲食店等が他の地区に比べて多く存在し、夜間に活気のある地域である。土日や金曜日に滞在人口が多いことも併せて、夜間の行動に関する特徴であると考察される。石川県の「休日の外出行動（観光・夜間）」人口は、第1波期以降においては安定的に推移しており、第1波期より感染者数が増加した第2波期、第3波期ではあるが、第1波期ほどの大きな自粛行動は見られない。また、第1波流行期が沈静化した6月以降において、COVID-19流行による「休日の外出行動（観光・夜間）」の減少量は、流行前である2019年の同期間と比較して、14時では約

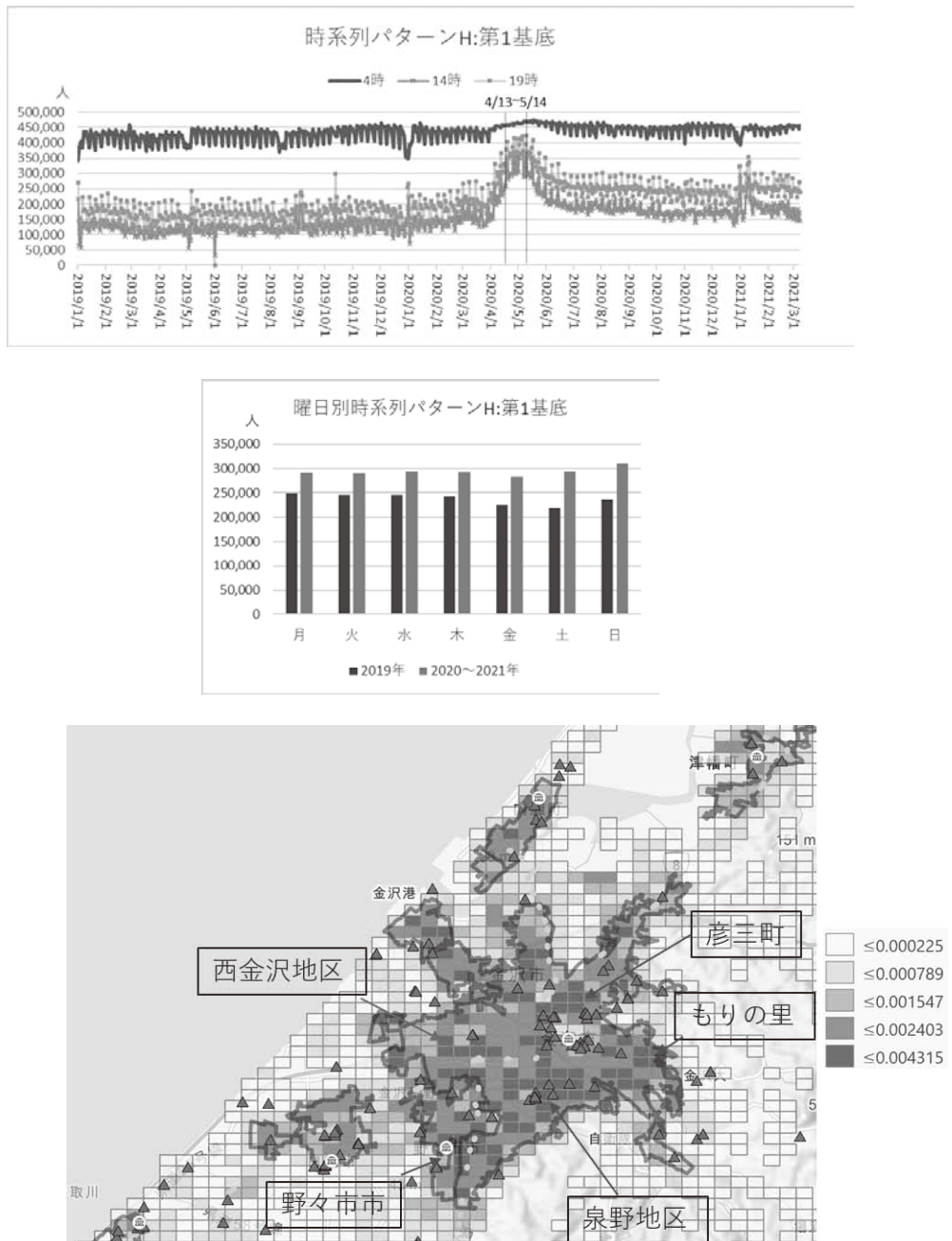


図3 第1基底の特徴(a):時間別時系列パターンH(上段図), b):曜日別時系列パターンH(中段図), c):属性パターンUに対応する石川中央都市圏メッシュ(下段図)

※本基底の特徴を強く示すメッシュほど色が濃いグラデーションとなっている。

また、図中のマークは市役所、楕円(破線)は駅、三角は美術館等の文化施設と体育館を表し、太枠はDID地区区分を表している。

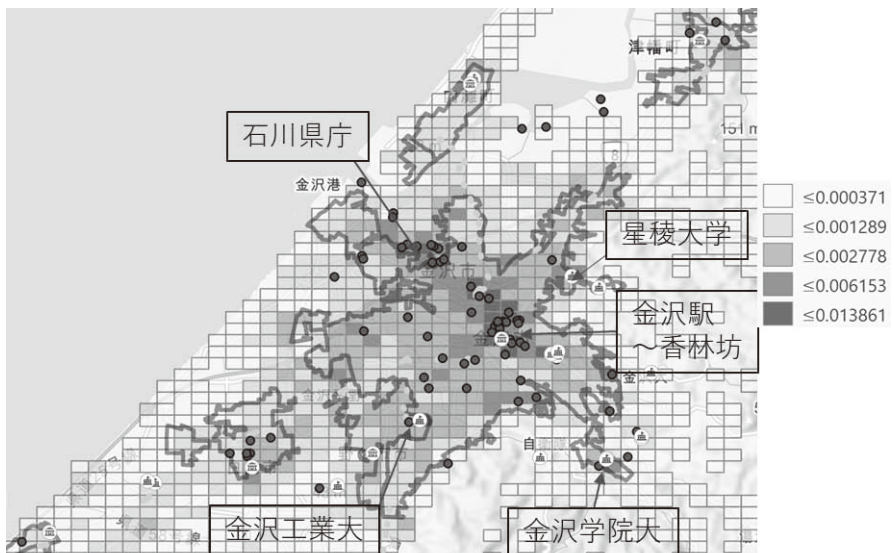
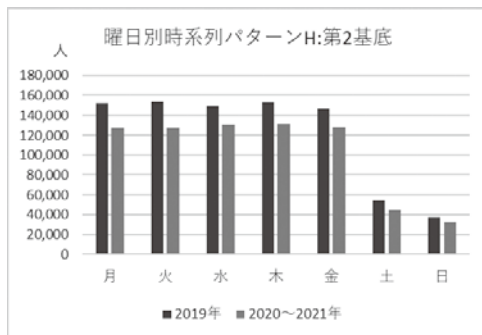
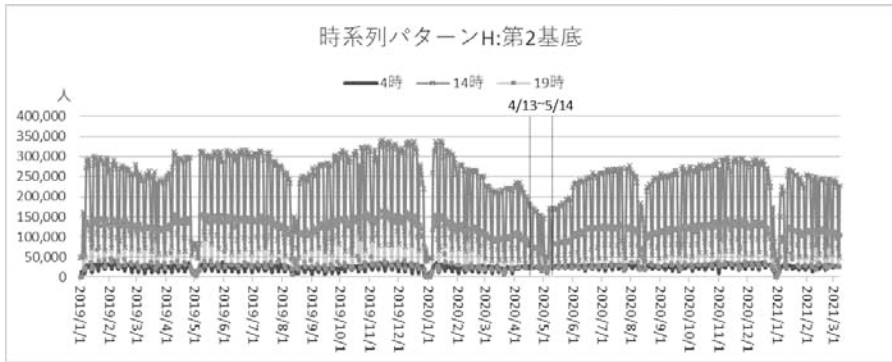


図4 第2基底の特徴(a):時間別時系列パターンH(上段図), b):曜日別時系列パターンH(中段図), c):属性パターンUに対応する石川中央都市圏メッシュ(下段図)

※本基底の特徴を強く示すメッシュほど色が濃いグラデーションとなっている。

また、図中のマークは市役所、旗付きのマークは大学、楕円(破線)は駅、丸は石川県管轄の事業所を表し、太枠はDID地区区分を表している。

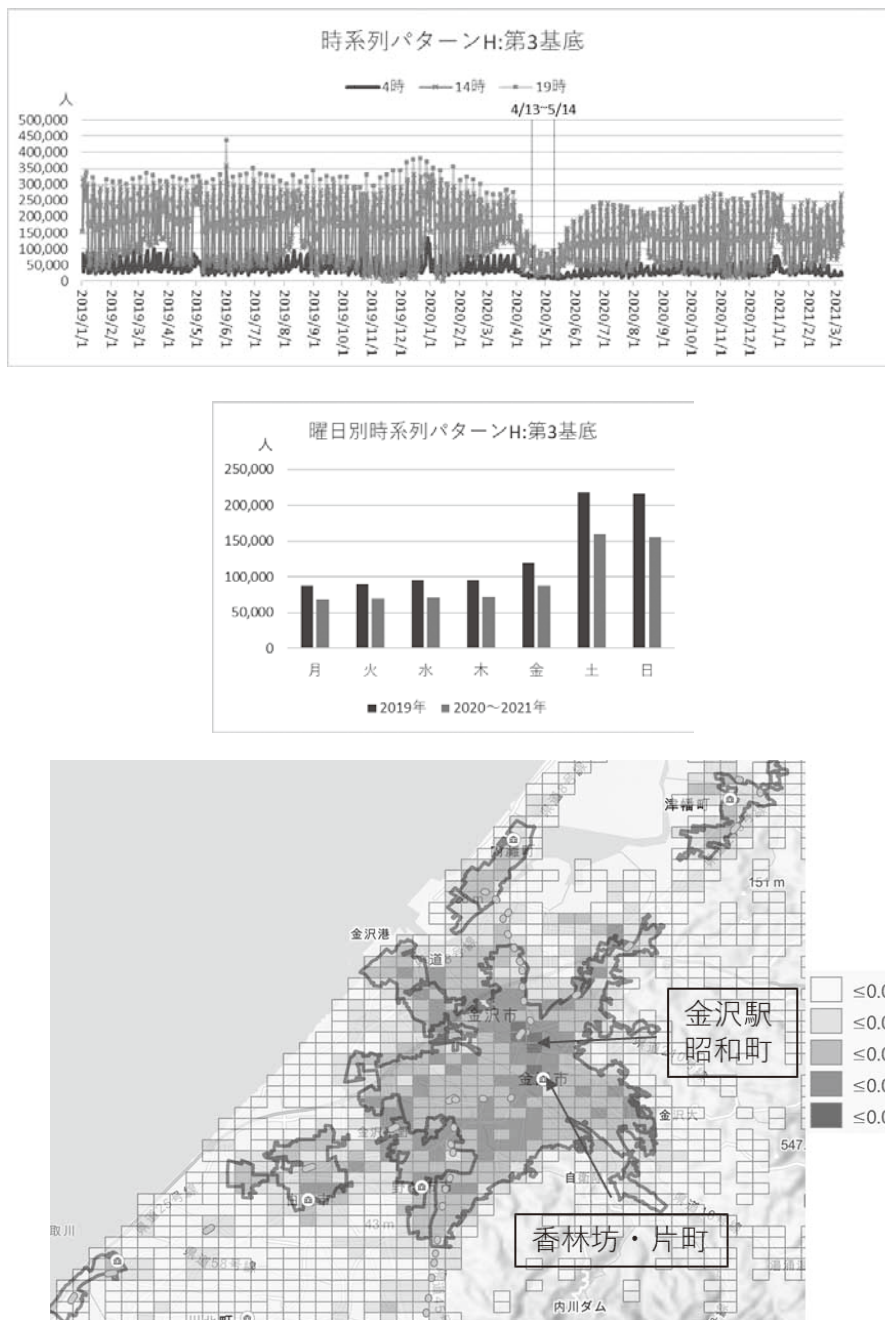


図5 第3基底の特徴(a):時間別時系列パターンH(上段図), b):曜日別時系列パターンH(中段図), c):属性パターンUに対応する石川中央都市圏メッシュ(下段図)

※本基底の特徴を強く示すメッシュほど色が濃いグラデーションとなっている。

また、図中のマークは市役所、楕円(破線)は駅を表し、太枠はDID地区区分を表している。

a)において、滞在人口が最も高い2019年6月1日「19時」は、加賀百万石まつりが行われた日である。

20%, 19時では約30%である（滞在人口の推移が安定している2019年6月～12月と2020年6月～12月の土日14時と19時の滞在人口平均を比較すると、14時において2019年同平均が279,006人、2020年同平均が229,185人であり、2020年/2019年の比率は82.1%である。また19時において2019年同平均が302,399人、2020年同平均が214,964人であり、2020年/2019年の比率は71.1%である）。COVID-19第1波流行後より、観光地等に活気が戻りつつあるものの、COVID-19流行前である2019年ほどの水準には依然として回復していないことが考えられる。

4. おわりに

本稿では、COVID-19流行前後における石川県内の生活行動の変化として、Googleが提供する「COVID-19: コミュニティ モビリティ レポート」と、モバイル空間統計に非負値行列因子分解を適用する2つの視点から分析した。同レポートでは、2020年のCOVID-19第1波期に生活行動が大きな変化が見られたが、緊急事態宣言解除後は徐々にベースライン方向に戻り、2020年9月から11月では公園を除いた多くのモビリティがベースライン付近で推移した。しかし、2021年1月以降の第3波期に再度大きな生活行動の変化が生じた。モバイル空間統計では、「滞在の行動」、「平日の外出行動（就業・就学）」、「休日の外出行動（観光・夜間）」に関連する特徴パターンを抽出し、いずれの基底においても、COVID-19第1波の影響を大きく受けた生活行動の変化が解析された。

本稿で使用した2つの分析指標によって、COVID-19による石川県への影響を網羅的に解析できた。例えば「COVID-19: コミュニティ モビリティ レポート」では、モバイル空間統計では分析困難な小売・娯楽、食料品店・薬局、乗換駅、職場、公園などの特定のスポットに対する詳細な移動行動が解析できた。一方、モバイル空間統計では、生活行動の変化をメッシュデータに基づいて空間的に捉えることができた。これらの使

用データの選択は、データの構造が異なるため、解析者の分析目的に応じた選択が望まれる。

本稿では、長期の時系列データと膨大なメッシュ人口データを有する行列データから、非負値行列因子分解を用いて、解釈できる有益な特徴が抽出されたことが挙げられる。特に本稿では、COVID-19に焦点を当て、COVID-19流行前後の、朝・昼・夜の3時点行動パターンの変化を解析することを目的に2394時系列パターンを構成したが、分析目的に応じて1時間単位の時系列データや、さらに長期間のデータに対しても分析可能である。メッシュ人口データにおいても同様に、分析対象メッシュの縮小や拡大を行うことも可能である。また、本稿では生活行動の変化を実数ベースで捉えることを目的に、メッシュ人口データをそのまま使用したが、COVID-19流行前後で大きくメッシュ人口が変化したエリアを解析する場合は、ある基準点に対する増減率を使用することでも解析できる。「COVID-19: コミュニティ モビリティ レポート」における「公園」の特徴は、モバイル空間統計の増減率データによって類似した特徴が表れると考えられる。

本稿の結果は、石川県内滞在者の大きな行動パターンの把握とCOVID-19流行期に実施した国・県・市町村の政策に対する評価、今後の第3波以降のCOVID-19流行及び類似した感染症の流行に対する政策の参考資料となりうるであろう。

追記

「モバイル空間統計」は株式会社NTTドコモの登録商標です。

【注】

注1 石川県を分析対象地域とした理由として、COVID-19第1波流行期において、人口当たりの感染者割合が全国上位であったことから、他地域に比べ外出自粛等の特徴が顕著に現れると考えられるためである。また、石川県に着目したCOVID-19

流行前後の人口動態を分析した例は、2021年3月28日時点でほとんど存在しない。

注2 V-RESASは経済産業省 BigData-STATSダッシュボード(β版)と比較して、品目の種別が細別されていることや都道府県単位で分析可能である利点が挙げられる。一方で各項目が小サンプルとなるため、売上変化率のばらつきが相対的に大きい特徴がある。またCOVID-19流行に伴う金沢市の飲食業への影響は、松浦(2020)²³⁾が分析している。

注3 使用データとする年月日の期間及び対象地域の範囲は、今回取得できた最長期間・範囲である。また、4時、14時、19時を選択した理由として、それぞれ就寝、就業・就学、夜間の活動に対応する特徴を抽出する目的で選択し、時間の区分はRESASのfrom-to分析で使用される時間区分を参考にした。

注4 GIS(Geographic Information System, 地理情報システム)によって表データを地図上にビジュアル化できる。都市計画や出店計画等にも利用される。

【参考文献】

- 1) 厚生労働省 <https://www.mhlw.go.jp/index.html> 2021年3月14日閲覧
- 2) 内閣府 国民経済計算 (GDP統計) <https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/menu.html> 2021年3月14日閲覧
- 3) 小西葉子「POSでみるコロナ禍の購買動向：緊急事態宣言解除後編」RIETI,2020 <https://www.rieti.go.jp/jp/> 2021年3月14日閲覧
- 4) 経済産業省 BigData-STATSダッシュボード(β版) <https://www.meti.go.jp/statistics/index.html> 2021年3月14日閲覧
- 5) 石川県 県有施設の開館・開園状況 <https://www.pref.ishikawa.lg.jp/kenmin/kouhou/shisetsu.html> 2021年3月15日閲覧
- 6) 中部圏社会経済研究所 https://criser.jp/bunnseki/keizai_mitoshi-h.html 2021年3月15日閲覧
- 7) V-RESAS <https://v-resas.go.jp/> 2021年3月16日閲覧
- 8) COVID-19: コミュニティ モビリティ レポート <https://www.google.com/covid19/mobility/> 2021年3月12日閲覧
- 9) NTT DOCOMO モバイル空間統計 https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/ 2021年3月20日閲覧
- 10) 永田彰平, 中谷友樹, 菖蒲川由郷, 「モバイルデバイスデータを用いたCOVID-19流行とモビリティ変化の関連の分析」, 2020年度日本地理学会秋季学術大会
- 11) James,Sampi., Charl,Jooste., "Nowcasting Economic Activity in Times of COVID-19: An Approximation from the Google Community Mobility Report", World Bank Policy Research Working Paper No. 9247, 2020
- 12) 山口裕通, 奥村誠「非負値行列因子分解による都道府県間滞在分布の年周期変動の分析」, 第56回土木計画学研究発表会・講演集, pp.23-29, 2017
- 13) Yamaguchi, H., Nakayama, S."Detection of base travel groups with different sensitivities to new high-speed rail services: Non-negative tensor decomposition approach", Transport policy, Vol. 97, pp.37-46, 2020
- 14) 原田魁成・寒河江雅彦「羽咋市におけるモバイル空間統計データによる人口流動分析～非負値行列因子分解法を用いて～」人間社会環境研究41号, pp.63-74, 2021
- 15) Graells,Garrido, E. , Caro, E. . Parra, D., "Inferring modes of transportation using mobile phone data." EPJ Data Sci. 7, 49, 2018,
- 16) 株式会社Agoop <https://www.agoop.co.jp/coronavirus/> 2021年3月20日閲覧
- 17) 原田魁成, 山口裕通, 寒河江雅彦「スペース非負値行列因子分解を用いたCOVID-19流行期の県間旅行行動の変容分析」土木学会論文集, 2020, 投稿中
- 18) Spencer,Woody. , Mauricio,Tec. , Maytal,Dahan., Kelly,Gaither., Michael,Lachmann., Spencer,J,Fox., Lauren,Ancel,Meyers., James,Scott., "Projections for first-wave COVID-19 deaths across the US using social-distancing measures derived from mobile phones", medRxiv , 2020
- 19) D, Lee, H,S,Seung., "Learning the parts of objects by non-negative matrix factorization", Nature 401, pp.788-791, 1999
- 20) 亀岡弘和「非負値行列因子分解とその音響信号

処理への応用」日本統計学会誌 第44巻 第2号,
pp.383～407, 2015

- 21) esriジャパン ArcGIS Pro
<https://www.esri.com/> 2021年3月15日閲覧
- 22) 住みよさランキング2020 東洋経済
<https://toyokeizai.net/> 2021年3月22日閲覧
- 23) V-RESAS 松浦義昭「金沢市の分析」2020年
<https://v-resas.go.jp/articles/17>
2021年4月16日閲覧