

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～

西堀 泰英¹・巖 先鏞²・佐々木 邦明³・加藤 秀樹⁴・豊木 博泰⁵

¹正会員 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1)

E-mail: yasuhide.nishihori@oit.ac.jp

²非会員 東京大学空間情報科学研究センター (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5)

E-mail: eomsunyong@csis.u-tokyo.ac.jp

³正会員 早稲田大学創造理工学部社会環境工学科 (〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1)

E-mail: sasaki.k@waseda.jp

⁴正会員 公益財団法人豊田都市交通研究所 (〒471-0024 愛知県豊田市元城町 3-17 元城庁舎西棟 4F)

E-mail: h_kato@ttri.or.jp

⁵非会員 山梨大学大学院総合研究部工学域電気電子情報工学系 (〒400-8510 山梨県甲府市武田 4-4-37)

E-mail: toyoki@yamanashi.ac.jp

本研究では、COVID-19の感染拡大が豊田市中心市街地の人出等に及ぼした影響を複数のデータを用いて分析し、感染対策（介入）別の影響や、時間帯の違いから見た活動別の影響、使用データの違いによる影響の差の分析などを行った。分析には、500mメッシュ別の滞留人口（モバイル空間統計(r)）、歩行者通行量、駐車場利用実態、Wi-Fiパケットセンサー（WPS）データを用いた。

その結果主に以下の点が明らかとなった。1)様々な対策の中でも緊急事態宣言1回目の影響が特に大きい。2)その後の対策では時間帯により影響に差があり、12時台は比較的小さく18時台や20時台は比較的大きいことから、影響を受ける行動にも違いが認められた。3)介入による影響の大きさはデータで差があり、影響の大きい順に、駐車場利用実態、歩行者通行量、WPS、モバイル空間統計の順となった。

Key Words : covid-19, visitor, city center, bayesian structural time series model, intervention

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の感染拡大は、私たちの生活に大きな影響をもたらした。イベントの中止、学校の休校、市民への外出自粛、店舗の営業時間短縮などが要請された。都市部の繁華街や駅周辺における人出の状況に関心が高まり、その増減が日々報道されることが日常化した。

このような人出の把握は、IoT技術の発展や関連する設備投資により交通に関する様々なデータを収集・蓄積することができ、それらの解析技術が発展したことで可能となった。コロナ禍における交通ビッグデータの活用状況については松島¹⁾が詳しく整理している。

交通の状況を継続的に捉えるデータには様々な種類がある。宇野ら²⁾は、交通量感知器データ、ETC2.0プロー

ブデータ、携帯電話データ、アプリデータ、GNSSデータ、Wi-Fiパケットセンサーデータを用いて京都市における観光流動把握に取り組んでいる。宇野らが整理するように、それぞれのデータには長所もあれば課題もある。当然ながら、データによって捉える対象が異なる。それらの違いを踏まえ、得られた結果を解釈することはデータを活用する上で重要である。筆者らは、駐車場利用実態と歩行者通行量など複数のデータを組み合わせて分析することで、単独のデータでは得られない知見が得られることを確認している³⁾。

これまで、COVID-19感染拡大を抑えるため様々な対策が行われた。それらが都市の人出に及ぼした影響を把握することは、今後の対策検討に資することが期待される。そこで本研究では、これらの交通に関する多様なデータを活用してCOVID-19感染拡大を防ぐための行われ

た対策による影響を把握し、データの種類により把握できることの違いを明らかにすることを目的とする。

2. 方法

(1) 分析対象地域

本研究の対象地域は、行政、民間、研究機関等により交通に関する様々なデータが収集・蓄積されている愛知県豊田市の中心市街地とする。ここでの中心市街地は、豊田市中心市街地活性化基本計画で定める範囲とする。

豊田市の中心市街地では、様々な主体により交通に関するデータ収集が行われている。まず、豊田市役所により2008年から歩行者通行量の常時観測が継続的に行われている。これは、中心市街地の20か所（2021年3月時点）において、カメラによる自動計測装置（パロッキー）で年間を通して常時観測しているものである。また、中心市街地に所在する駐車場を管理する豊田まちづくり株式会社は、駐車場の利用実態を収集している。さらに、著者らは、2019年9月にWi-Fiパケットセンサー（以下、WPS）を設置し、継続的にデータを収集している。

(2) 使用データ

本研究では、前項で記載した各種データに加えて、株式会社NTTドコモ（以下、NTTドコモ）の携帯基地局データから生成される「モバイル空間統計(r)（分布統計）^{補注①}」のデータを用いて豊田市中心市街地における人出等の変化を分析する。

本研究で使用する各種データの特徴を表-1に整理する。各データの取得範囲やセンサーの設置地点を図-1に示す。

歩行者通行量の自動計測装置は、対象地域における人の流動把握を意識した配置がなされている。すなわち、中心市街地の中心に位置する名鉄豊田市駅等の鉄道駅を中心として放射方向に行き来する人の流動を捉えるよう配置されている。WPSは、歩行者通行量の自動計測装置に近い位置に設置するとともに、中心市街地縁辺部の主要施設にも設置している。

ここで「人出」について説明を加える。人出とは「人が多く出てそこに集まること」（デジタル大辞泉）とある。本研究で使用する歩行者通行量、駐車場利用実態、

WPSデータは、主に中心市街地に出てきて歩行したり駐車場を利用する人々を捉えたものであり、人出と呼ぶことに支障はないと考える。一方モバイル空間統計（分布統計）のデータにはメッシュ内に居住し外出しなかった人口も含まれるため、人出と呼ぶことは誤解を招くかもしれない。本研究では、使用するデータ全体について言及する際は人出等とし、個別のデータについて言及する際は人出や滞留人口等と使い分ける。

(3) 分析方法

COVID-19感染拡大を抑えるため、政府や自治体により様々な対策が実施された。本研究では、それらの対策が人出等にどのような影響を及ぼしたのかを分析し、使用するデータ等による影響の差についても考察する。以降では、各種対策の実施や解除が人出等に及ぼした影響を分析するが、対策実施や対策解除を「介入」と呼ぶ。

a) 分析対象とする介入

分析対象とする介入は、表-2に示す10種類とする。豊田市中心市街地に影響があると考えられる全国を対象とするものや愛知県独自の介入を選んだ。これらは、NHKの特設サイトにある「時系列ニュース 詳細版」⁴の情報や、愛知県HPの「県民・事業者の皆さまへのメ

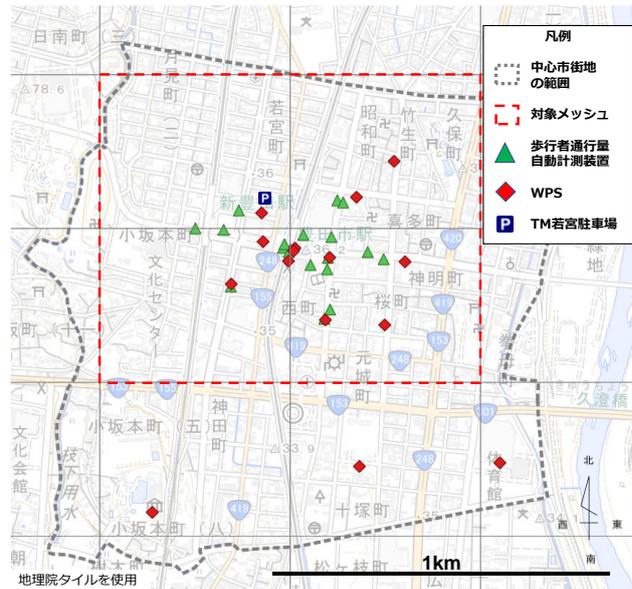


図-1 各データの取得範囲・センサー設置位置等

表-1 使用するデータと特徴

名称：略称	特徴	分析対象期間	本研究で使用する範囲
モバイル空間統計（分布統計）：mss	500mメッシュ単位での時間帯別・年齢階層別人口の推計値 メッシュ内の人口を面的に把握	2019年1月1日～ 2021年1月31日	中心市街地に重なる対象メッシュの範囲
歩行者通行量：par	地点別に時間帯別・方向別の歩行者通行量 各地点における局所的な歩行者通行量を把握	2019年1月1日～ 2021年1月31日	中心市街地内に位置する20地点
駐車場利用実態：pkg	時間帯別入庫台数	2019年1月1日～ 2021年1月31日	中心市街地内で利用が最も多いTM若宮駐車場
Wi-Fiパケットセンサー(WPS)データ ^{補注②} ：wps	移動履歴が把握可能 Wi-Fiの電波が届く範囲（範囲は設置条件により異なる）の端末数を把握。歩行者だけでなく自動車を利用する人の端末も含む	2019年9月18日～ 2021年1月31日	中心市街地内に設置した16地点 時間別ユニーク台数を使用

ッセージ（緊急事態宣言等）」⁵⁾の情報をもとに整理した。

介入前の約1か月間または前の介入までの期間を「介入前期間」、介入期間中または介入後約1か月間または次の介入までの期間を「介入後期間」とする。それぞれの介入における介入前後の期間の設定を図-2に示す。

なお、上のように分析対象とする介入を設定したが、介入そのものによる直接的な影響だけでなく、その時期に行われた他の対策や、社会の雰囲気変化等による影響も含まれることに留意が必要である。

b) 分析対象とする時間帯

中心市街地での人々の活動は、時間帯によって異なる。時間帯別に分析を行うことで、活動ごとの影響の度合いを把握することができる。時間帯別データの予備的な分析結果等を踏まえ、分析対象とする時間帯と想定する活動は、7時台（通勤通学）、12時台（日中の活動）、18時台（帰宅）、20時台（夜の飲食）の4種類とした。なお、駐車場入庫台数は、1時間値では量が少ないため、時間帯別入庫台数分布を考慮し、6,7,8時台の合計を7時台、19,20時台の合計を20時台とした。

c) 分析に用いる手法

本研究では、基礎集計と時系列分析の2つの方法で介入が人出等に及ぼした影響を分析する。

まず、基礎的な集計により介入前後の変化の傾向を確認する。本研究で使用する4種類のデータの内、WPSデータを除く3種類は2019年1月からのデータを利用できる。そこで、感染拡大前後を大きく2区分し、2019年を感染拡大前、2020年以降を感染拡大後とする。感染拡大後に介入が行われた前後の変化（増減比）を求め、感染拡大前（2019年）の同期間の変化と比較する。これにより季節的な影響を考慮する。

さらに、介入による影響に統計的に有意な効果があるかを確認するため、時系列分析の状態空間モデルにより介入がない状況を推計し、観測値と推計値を比較して影響を評価する。季節変動の影響を除くために感染拡大後の値を1年前の同曜日の値で階差をとった値を用いる。

時系列分析には、状態空間モデルの中でもシンプルなローカルレベルモデルを用いる。状態モデルは式(1)における状態誤差が累積してランダムウォークとして状態が変化する。観測モデル（式(2)）は、状態モデルに正規分布に従う観測誤差（ホワイトノイズ）が加わった値として最終的な推計値が出力される構造となっている⁹⁾。

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \omega_t \quad \omega_t \sim Normal(0, \sigma_\omega^2) \tag{1}$$

$$y_t = \mu_t + v_t \quad v_t \sim Normal(0, \sigma_v^2) \tag{2}$$

表-2 分析対象とする介入（2021年1月末まで）

日付	名称	概要
2020/2/1	厚労省 デマ等に対して冷静な対応呼びかけ	デマや中傷の広がりに対して冷静な対応を呼びかけ 介入の直接的効果よりも社会の雰囲気変化の影響が大きい
2020/3/2	全国の小中高校臨時休校	
2020/3/28	基本的対処方針決定	3密の集まり自粛要請、人が集まる施設での対策徹底
2020/4/15	全国に緊急事態宣言	愛知県も宣言対象に
2020/5/14	緊急事態宣言 39 県で解除	愛知県も解除
2020/8/6	愛知県独自の緊急事態宣言 2 回目	不要不急の行動自粛等要請
2020/8/24	愛知県独自の緊急事態宣言解除	
2020/11/29	愛知県一部飲食店時間短縮営業要請	対象は名古屋市中心部（錦、栄地区）
2020/12/18	愛知県全県に飲食店時間短縮営業要請	
2021/1/14	11 都府県に緊急事態宣言	愛知県も宣言対象に

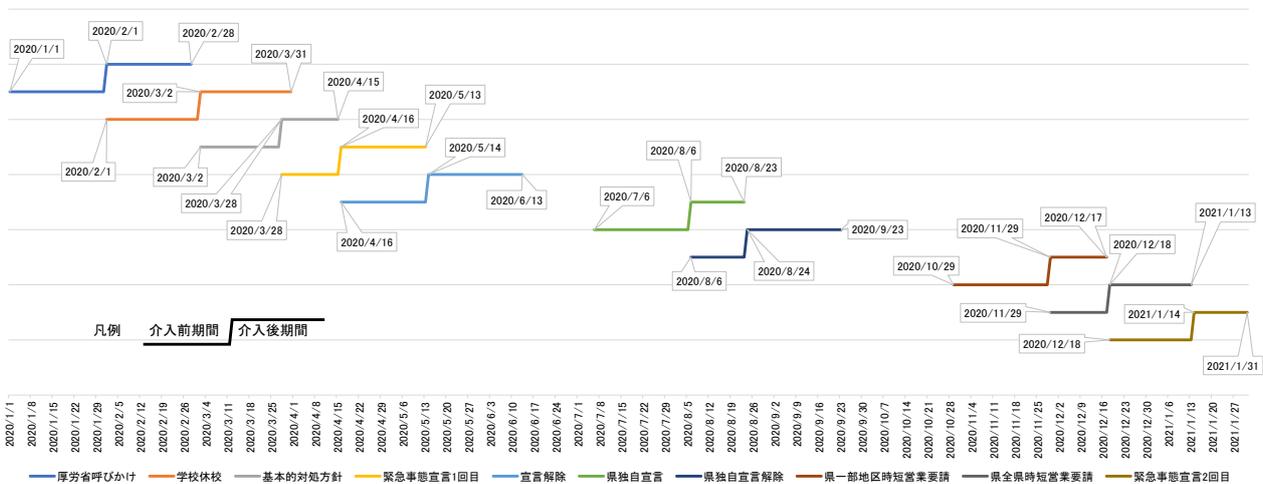


図-2 各介入における介入前後の期間の設定状況

ここで、 μ : 状態、 y : 観測値、 ω : 状態誤差、 v : 観測誤差を表す。

本研究では、状態空間モデルの中でも短期間の将来予測を重視するベイズ構造時系列モデル (bsts) を用いる。これまでにCOVID-19の影響分析にbstsを適用した事例は、Hu, et. Al⁷⁾, Campedelli, et. Al⁸⁾, Perles-Ribes, et. Al⁹⁾など複数存在する。分析にはRのCausalImpactパッケージを使用した。

3. 結果

(1) 2019年からの推移の確認

それぞれのデータについて、2019年からの推移を確認したところ、中心市街地の東側に位置する豊田スタジアムにおいてサッカーやラグビーの試合が開催される日において観測値が平常時の2倍以上となることが確認された。そのほか、祭りや花火大会、台風襲来日には平常と異なる観測値となっていた。

これらのデータは、介入による影響を分析する際のノイズとなる可能性がある。そこで、当該日の値を特異値と考え、前後の週の同曜日の値の平均値で置き換えた。この方法で作成した各データの18時台における2019年からの推移を図-3に示す。以降では、この特異値を調整したデータを用いて分析を行う。

(2) 基礎集計による分析結果

前述した考え方で集計した観測値の介入前後期間の平均値について介入前後の比 (介入後÷介入前-1) を算出した結果を図-4に示す。図中にも記載しているが、wpsは2019年9月に観測を開始したため「県独自宣言解除」以前の2019年前後比の値がない。

a) 介入別の影響

全体的な傾向としては、「緊急事態宣言1回目」の影響が特に大きい。この時期は大型連休と重なり特に7時台において2019年前後比でも減少する傾向がみられるが、2020年はそれを大きく超える減少となっている。「宣言解除」後の回復度合いも著しく大きい。ただし、宣言前の水準に回復しても前年同時期の水準には戻っていない。

「県独自宣言」は、お盆の時期に重なるため2019年前後比においても減少することが多いが、2020年前後比の減少は2019年前後比を上回る場合が多い。「県全県時短営業要請」は年末年始の時期に重なり、「県独自宣言」と同じ傾向にある。

「緊急事態宣言2回目」は、1回目の宣言時の傾向と異なり、時間帯によって変化の大きさが異なる。以降では時間帯 (活動) 別の影響について確認する。

b) 時間帯 (活動) 別の影響

通勤通学の移動を多く含むと想定する7時台は、学校休校やテレワーク浸透の影響を受けやすい時間帯である。「学校休校」による減少割合が「厚労省呼びかけ」や「基本的対処方針」と比べて大きい。通学目的の移動がなくなった影響を反映している可能性がある。「県全域時短営業要請」は減少する一方、「緊急事態宣言2回目」は増加する傾向がみられる。2019年前後比も同様の傾向を示していることから、介入だけでなく年末年始の影響を受けていると言える。

日中の活動 (例えば昼食や業務、買い物等) を多く含むと想定する12時台は、「緊急事態宣言1回目」と「宣言解除」までの介入の影響は、他の時間帯と同様である。しかし、その後の変化の幅は比較的小さい。その後の介入が日中の活動に及ぼす影響は限定的であることがわかる。1回目の緊急事態宣言が解除された後、日中の活動が受ける影響が小さくなった理由は、不要不急の外出に

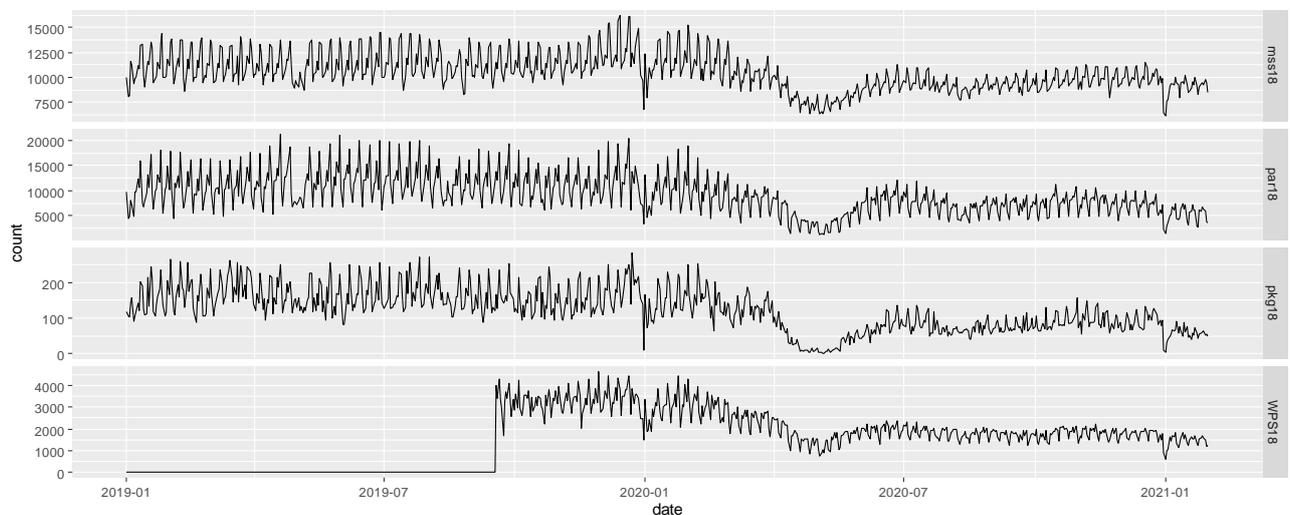


図-3 2019年1月1日から2021年1月31日までの変動 (特異値調整後, 18時台の値)

対する考え方が変化している可能性がある。

帰宅の移動を多く含むと想定する18時台と、夜の飲食や帰宅を多く含むと想定する20時台は、時間帯が近いこともあり、介入による影響は類似の傾向となっている。これらの時間帯は、他の時間帯と比べて影響が大きい傾向にある。これは、テレワーク浸透や不要不急の外出自粛、飲食業に対する営業自粛の影響が多重に表れているものと考えられる。

これらの時間帯の「厚労省呼びかけ」や「学校休校」では、2019年前後比は増える傾向にあるが、2020年前後比では減少傾向にある。この頃からコロナの影響が表れていたことがわかる。また、「県一部地区時短営業要請」でも、2019年前後比は増える傾向にあるが、2020年前後比は減少している。この介入は名古屋都心の飲食店を対象にしたものであった。特に駐車場入庫台数 (pkg) の減少が大きいことから考えると、名古屋都心の飲食店に

P&Rで出かける交通が減少した可能性があるが、断定するにはさらに詳細なデータを用いた分析が必要である。

「緊急事態宣言2回目」は1回目の宣言解除以降、最も大きく減少しており、特に20時台で影響が大きい。飲食業に対する夜間営業自粛の影響が表れているものと考えられる。

c) 使用データ別の影響

使用データ別の影響の大きさは、時間帯や介入の種類によって異なるものの、全体的な傾向としては、影響の大きい順に、駐車場利用実態 (pkg) 、歩行者通行量 (par) 、WPS (wps) 、モバイル空間統計 (分布統計) (mss) となる。このように影響に違いが生じるのは、データの観測対象が異なることに起因する。

駐車場利用実態は、中心市街地内のひとつの駐車場の入庫台数そのものであり、自動車利用者以外の他のデータが紛れ込むことや、観測誤差が発生しにくい。また、

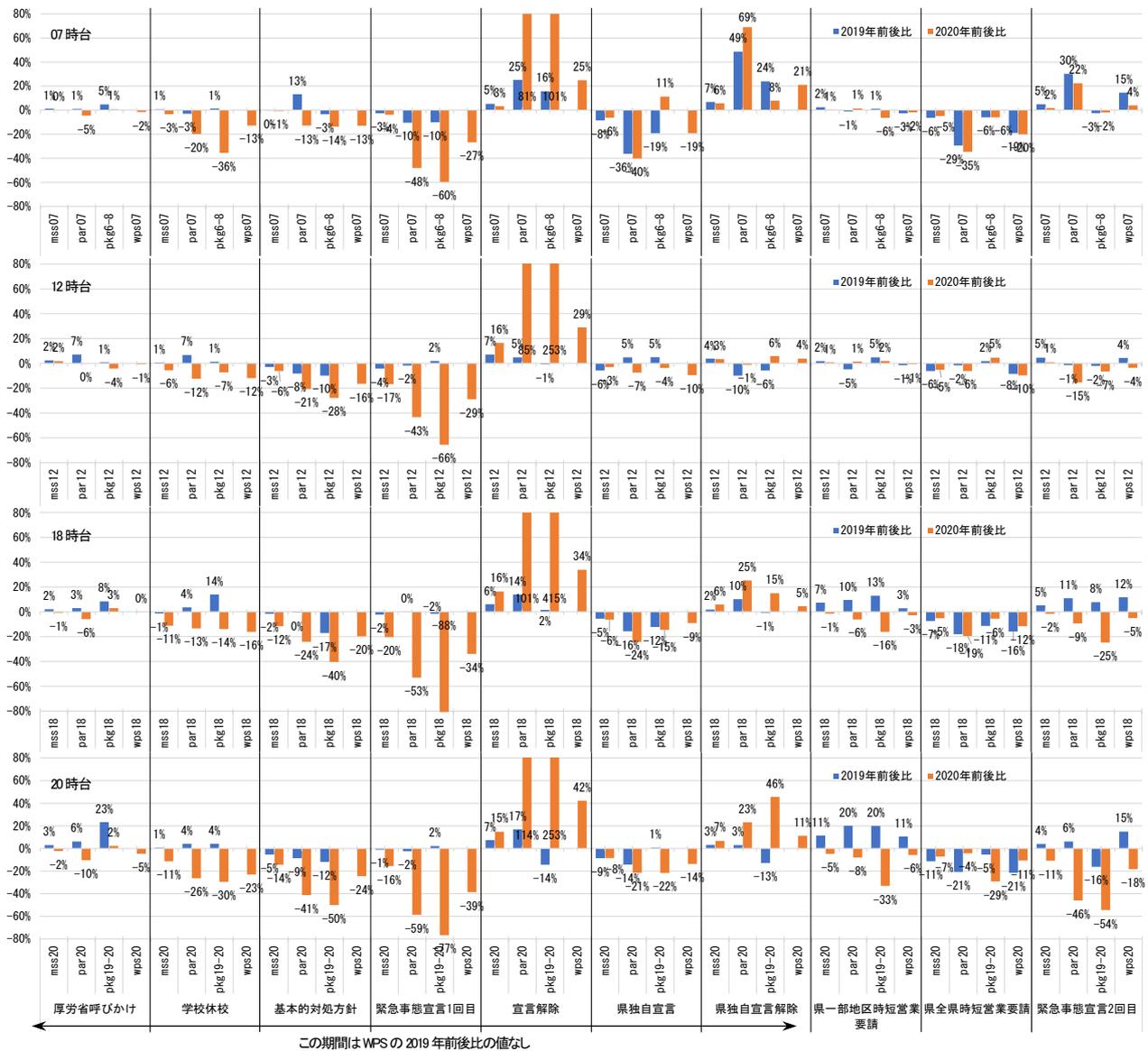


図-3 介入前後における各データの平均値の比率 (介入後期間÷介入前期間 - 1) ※pkgの時間帯は他と異なる場合がある

他のデータと比べて量が桁小さいことも特徴としてあげられる。

歩行者通行量は、中心市街地内の20地点の歩行者通行量であり、地点により異なる様々な人々の活動をとらえたデータと解釈できる。様々な人々の活動には、通勤通学、夜の飲食などの中心市街地に来訪した人の活動や、中心市街地及び周辺に居住する人の活動も含まれる。

WPSは、歩行者通行量の自動観測機周辺や、中心市街地内の施設に設置しており、歩行者通行量と同様に様々な人々の活動を捉えたデータと解釈できる。加えて、WPSは歩行者だけでなく、自動車でもWPS設置場所付近を通過する端末も捉えている。

モバイル空間統計（分布統計）は、中心市街地の中でも特に商業業務施設が集積する地区に重なる4つの500mメッシュを対象に滞留人口を集計したものである。中心市街地の滞留人口を面的に捉えることができる。一方、前述のように外出しない人口も含まれる。研究対象地域である豊田市中心市街地のような地方都市の中心部は、大都市と比べて繁華街の範囲が狭く、夜間人口も多いと考えられる。特に地方都市を対象に本データを用いて分析をする際は、こうした点に配慮することが求められる。

それぞれのデータが捉える量の違いも考慮することが求められる。駐車場利用実態は入庫台数であるが、1度入庫した車両はしばらくの間駐車され、すぐに出庫することは多くないだろう。そのため1台の車が1時間のうちに複数回カウントされることも多くないだろう。

歩行者通行量は、計測器付近を通過する人をカウントする。同一人物であっても、通過した回数分カウントする。また、中心市街地に滞在せずに通過するだけの人も滞在し続ける人も、いずれも1人とカウントする。

WPSデータは様々な集計の仕方が可能であるが、本研究ではセンサーが検知したユニーク端末数を1時間毎に集計している。歩行者通行量との違いは、複数時間滞在しセンサーに検知されれば各時間に1人とカウントされる。

モバイル空間統計（分布統計）は、その他のデータと異なり、滞在時間を加味した量をとらえている。1時間

のうちに1人が60分滞在すると1人とカウントし、1人が30分滞在すると0.5人とカウントする。

これらの違いは、豊田市のように中心市街地にある駅を利用して中心市街地の外側と行き来する人が多い都市では考慮が求められる。つまり、例えば通勤や通学のために駅周辺を多くの人が行き来するが、それらの大部分は通過するだけで滞留する人は多くない。歩行者通行量は通過する人ひとり一人をカウントするが、モバイル空間統計では滞留した時間を加味した量としてカウントされる。今回の分析結果では、モバイル空間統計のデータが受けている影響が大きくない結果となったが、ここで整理したデータが捉える量が異なっていることも関係している。

(3) 時系列分析の結果

時系列分析では、季節変動の影響を除くため、介入前後期間のデータを1年前の同期間（同曜日）で階差を取った値を用いる。

介入前のデータを用いて、ベイズ構造時系列モデル（bsts）により介入がなかったと仮定したときの変動を推計する。得られた推計値と介入後の観測値を比較し、介入の影響（効果）を評価する。統計的有意性の判定は、CausalImpactパッケージで得られるPosterior tail-area probabilityを用いて行う。

前年同時期との階差を用いた介入前後の比較では、介入の影響を直感的に理解するのが容易ではない。ここではbstsにより得られた介入がないと仮定したときの推計値と観測値の差を絶対効果（Absolute effect）とし、絶対効果と介入前期間の観測値との比率により影響の大きさを確認する。

これらの結果を表-3に示す。有意判定は表に示した数値に対するものではないことに注意が必要である。以降では前節と同様の手順で考察を行う。

a) 介入別の影響

基礎集計の分析で確認した傾向と同様の結果が多くの介入で確認できる。一方、「県独自宣言」や「県全県時短営業要請」の介入で、増加する傾向がみられる。これ

表-3 絶対効果と介入前期間の観測値の比および階差の推計値と観測値の差に対する統計的有意性の判定結果

	厚労省呼びかけ	学校休校	基本的対処方針	緊急事態宣言1回目	宣言解除	県独自宣言	県独自宣言解除	県一部地区時短営業要請	県全県時短営業要請	緊急事態宣言2回目
mss07	▼0.8%	▼4.2% **	▼0.1%	▼1.2% +	▼2.1%	2.5% **	▼1.2%	▼1.8% *	1.7% **	▼3.2% +
par07	▼5.6% *	▼16.3% **	▼31.4% **	▼31.1% *	10.4%	12.7% *	▼2.9%	3.8%	3.3% +	▼21.3% +
pkg6-8	▼8.8%	▼34.0% **	▼3.9%	▼37.9% **	17.9%	39.2% **	▼32.3% *	▼4.1%	11.5%	0.5%
mss12	▼1.0%	▼6.3% **	▼2.9% *	▼12.5% **	7.1% *	3.5% *	▼1.5%	▼0.7%	1.7% *	▼3.7%
par12	▼7.4% **	▼20.1% **	▼9.2% *	▼41.3% **	71.0% **	▼10.8% **	15.2% *	8.6% +	▼3.5%	▼12.3% +
pkg12	▼5.2% *	▼8.5% **	▼17.1% **	▼70.1% **	252.5% **	▼4.8%	12.0% **	▼3.9%	1.4%	▼4.9%
mss18	▼2.7% **	▼10.2% **	▼9.6% **	▼17.3% **	7.6% *	3.6% *	1.8%	▼11.5% **	6.1% **	▼6.1% +
par18	▼8.9% **	▼17.4% **	▼24.8% **	▼52.5% **	52.8% *	6.8% +	3.9%	▼22.2% **	12.6% *	▼23.4% *
pkg18	▼5.8% +	▼29.9% **	▼15.6% **	▼82.4% **	410.8% **	18.1% *	13.2% +	▼41.0% **	17.1% +	▼35.0% *
mss20	▼4.7% **	▼14.2% **	▼8.8% **	▼16.7% **	6.7% +	5.8% **	0.6%	▼20.0% **	12.0% **	▼14.4% *
par20	▼10.3% **	▼18.2% **	▼28.5% **	▼52.8% **	35.3% *	11.3% *	9.4% +	▼26.3% **	23.5% **	▼23.6% +
pkg19-20	▼12.7% **	▼48.9% **	▼21.9% *	▼76.7% **	251.3% *	2.6%	34.0% *	▼40.4% **	11.6%	▼37.8% *

注 ▼は負を表す。**: p<0.01, *: p<0.05, +: p<0.1。数値は「階差の推計値と観測値の差」と「介入前期間の観測値」の比、有意判定は階差の推計値と観測値の差に対するもの

は、前年との階差を取ったことが関係している。すなわち、これらの介入時期と重なるお盆や年末年始は、感染拡大前の2019年は多くの人が帰省や行楽のために遠出をしたために中心市街地内に来訪する人が減ったが、感染拡大後はそうした移動が自粛された結果、この期間の減少幅が小さくなったことが影響している。

「緊急事態宣言1回目」でも大型連休が重なっており同様の現象がみられたが、そうした影響よりも介入による減少幅が大きいため減少している。前年との階差を取る際はこうした点に注意が必要である。

b) 時間帯（活動）別の影響

7時台と12時台と比べると、18時台と20時台のほうが統計的に有意な差が認められる場合が多い。前節でも述べたように、前者は通勤通学やそれに伴う昼食、あるいは住民の買い物等の移動と考えられ、特に1回目の宣言解除後は不要不急の活動に対する考え方が変化するなどして影響は小さい。一方後者は帰宅、飲食業の営業自粛等が多重に影響し、現在でも5人以上の会食の自粛が要請されているためと考えられる。

c) 使用データ別の影響

モバイル空間統計は、統計的に有意な差が認められる場合が比較的少ない。これは、前節でも考察したデータの特性が関係しているためと考えられる。一方、モバイル空間統計が比較的大きな影響を受けている場合がある。特に顕著なのは「県全県時短営業要請」であり、モバイル空間統計の有意確率が高い（ p 値が低い）。これは、この介入が年末年始と重なる期間に出されたもので、帰省や行楽のために遠出をする人が感染拡大後は減少し、その影響が滞留人口に現れているものと考えられる。

各データの絶対効果と介入前期間の観測値の比の大きさは、基礎集計で確認したのと類似の傾向にある。

4. おわりに

本研究では、COVID-19の感染拡大が豊田市中心市街地の人出等に及ぼした影響を複数のデータを用いて分析を行い、感染対策として取られた介入別の影響の分析や、時間帯別の影響の違いから活動別の影響の分析、用いるデータの違いによる影響の差の分析などを行った。

本研究の結果得られた主な知見を以下に整理する。

- 分析対象とした介入のうち、「緊急事態宣言1回目」の影響が特に大きいことを確認した。また、日中の活動では緊急事態宣言1回目解除の後に行われた介入の影響が小さく、時間帯によって影響が異なることも確認した。
- 18時台や20時台は他の時間帯と比べて影響が大きい傾向にある。これは、テレワーク浸透、不要不急の外出自粛、飲食業に対する営業自粛が多重に影響

しているためと考えられる。

- データの違いによる介入により受ける影響の大きさは、影響の大きい順に、駐車場利用実態、歩行者通行量、WPS、モバイル空間統計の順となった。このようになった背景には、捉えている対象が異なることに加えて、データが捉える量の違いも関係していると考えられる。
- 季節変動を除くため1年前の同期間との階差を取ったデータに対してbstsを適用し、介入による影響を分析した結果、緊急事態宣言1回目をはじめとする多くの介入で、統計的に有意な効果が認められた。一方、お盆や年末年始などコロナ前に帰省や行楽などで中心市街地から人が減少時期と重なる介入は、特異な結果が得られたことから、1年前との階差を取って分析する際は留意が必要である。

今後の課題として次のことが挙げられる。まず、今回の分析では時間帯別の総量の変化の分析を行ったが、モバイル空間統計の年齢階層別人口やWPSデータから得られる来訪頻度や滞在時間などのデータも活用し、変化の内訳を明らかにすることで変化の実態をより詳細に記述することが求められる。これにより本研究では時間帯で特徴付けた活動の種類をより詳細に把握できれば、感染症に対応した中心市街地のあり方の検討にも活用できる可能性がある。

また、分析に使用したデータを可能な範囲で引き続き取得し続け、2回目宣言解除後の推移など継続的なモニタリングを行い、中心市街地の人出等にどのような変化が生じているのかを把握することが求められる。

最後に、中心市街地における人出等の変化は、各種の介入によるだけでなく、人々の意識の変化によってもたらされる。人出等の変化と人の意識の変化を関連付けた分析や考察が求められる。

謝辞：本研究で使用した各データは、株式会社ドコモ・インサイトマーケティング、豊田市産業部商業観光課、豊田まちづくり株式会社よりご提供いただいた。本研究の一部は、科研費（20K14856）の助成により行われた。ここに記し、心より感謝を申し上げる。

補注

- (1) 「モバイル空間統計」は株式会社 NTT ドコモの登録商標である。
- (2) WPS データは、端末のアドレスをランダム化していないグローバルアドレスの端末を対象としている。2020年9月頃からグローバルアドレスの件数が急増する現象が認められた。そのままでは分析に使用できないため、本研究ではベンダ不明のアドレスを除くとともに、時系列の変動傾向がほかのベンダと異なる傾向を持つアドレス等を除外して分析に用いた。

参考文献

- 1) 松島敏和：コロナ禍において交通ビッグデータがどのように使われたか？，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.62，CD-ROM，2020.
- 2) 宇野伸宏，西田純二，倉内文孝，Schmocker, Jan-Dirk, 中村俊之，嶋本寛，杉浦聡志，木村優介：さまざまなビッグデータを活用した京都市における観光流動把握の取組み，交通工学，Vol.55，No.4，2020.
- 3) 西堀泰英，巖先鏞：中心市街地における駐車場利用実態データを活用した利用者の活動分析，交通工学論文集特集号 B，Vol.6，No.2，2020.
- 4) NHK ホームページ：特設サイト 新型コロナウイルス 時系列ニュース 詳細版，<https://www3.nhk.or.jp/news/special/coronavirus/chronology/>，2021.3.5 最終閲覧.
- 5) 愛知県ホームページ：愛知県新型コロナウイルス感染症対策サイト 県民・事業者の皆様へのメッセージ（緊急事態宣言等），<https://www.pref.aichi.jp/site/covid19-aichi/covid19-aichi.html>，2021.3.5 最終閲覧.
- 6) 馬場真哉：R と Stan ではじめる ベイズ統計モデリングによるデータ分析入門，講談社，2019.
- 7) Hu, S., and Chen, P.: Who left riding transit? Examining socioeconomic disparities in the impact of COVID-19 on ridership, *Transportation Research Part D*, Vol. 90, DOI: 10.1016/j.trd.2020.1026542021.
- 8) Campedelli, G. M., Aziani, A., and Favarin, S.: Exploring the Immediate Effects of COVID-19 Containment Policies on Crime: an Empirical Analysis of the Short-Term Aftermath in Los Angeles, *American Journal of Criminal Justice*, DOI: 10.1007/s12103-020-09578-6, 2021.
- 9) Perles-Ribes, J. F., Ramón-Rodríguez, A. B., Jesús-Such-Devesa, M., and Aranda-Cuellar, P.: The Immediate Impact of Covid19 on Tourism Employment in Spain: Debunking the Myth of Job Precariousness?, *Tourism Planning & Development*, DOI: 10.1080/21568316.2021.1886163, 2021.

(2021.3.? 受付)

ANALYSIS ON CHANGES IN HUMAN MOBILITY DUE TO COVID-19
MEASURES USING VARIOUS DATA
- FOCUCED ON DOWNTOWN OF LOCAL CITY -

Yasuhide NISHIHORI, Sunyong EOM, Kuniaki SASAKI, Hideki KATO and Hiroyasu TOYOKI