

論文 携帯電話基地局データを用いた東京圏における大雪時の帰宅行動に関する分析

佐野 拓真¹・北山 千裕²・金子 雄一郎³・武藤 智義⁴

¹学生会員 日本大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)
E-mail: csta21015@g.nihon-u.ac.jp

²正会員 元 日本大学理工学部土木工学科学部生 (現 株式会社建設技術研究所)

³正会員 日本大学教授 理工学部土木工学科 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)
E-mail: kaneko.yuuichirou@nihon-u.ac.jp (Corresponding Author)

⁴正会員 日本大学理工学部客員研究員 (社会システム株式会社)
(〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿 1-20-22)
E-mail: t_muto@crp.co.jp

本研究では東京圏を対象に、携帯電話の基地局データを基にしたモバイル空間統計を用いて2018年1月22日の大雪時における滞在人口の推移を把握した。その結果、大雪警報が発令された14時30分以降、東京都心部などの従業地では滞在人口が平常時より減少し、中でも都心5区では16時台から18時台にかけて大幅に減少した。滞在人口の減少程度は滞在先から居住地までの距離帯で異なり、距離が長いほど早い時間帯に帰宅を開始していることが分かった。また、既存の交通需要分析手法を用いて、帰宅時間帯と駅の利用者数との関係を把握するシミュレーションを行った結果、警報発令後に逐次帰宅した場合でも、3時間程度と限られた時間内での帰宅では駅への利用者の集中は回避できず、より早い時間帯から帰宅を開始することが重要であることが確認された。

Key Words: train operation disorder, urban railway, mobile spatial statistics

1. はじめに

2018年1月22日(月)から23日(火)にかけて発生した関東地方における大雪では、帰宅する鉄道利用者が短時間に駅に集中したことから、一部のターミナル駅で入場規制が行われるなど混乱が生じたことが報道されている¹⁾。この原因の一つとして、気象庁や企業等が早めの帰宅を促したことが挙げられているが、大雪当日における人の移動の時空間分布については明らかにされていない。降積雪時における駅構内の鉄道利用者の滞留問題は、2016年の交通政策審議会の答申²⁾においても指摘されていたところであり、混乱回避策を検討するうえでも、鉄道利用者の帰宅行動の実態把握は重要である。

これまで異常時の帰宅行動に関する研究は多く行われているが、大半が大規模地震発生時の行動を対象としている。例えば下原ら³⁾は、地震発生後に鉄道が比較的早期に運行を再開するという状況を想定し、アンケートにより帰宅行動の意識調査を行い、徒歩のみならず鉄道利

用も考慮した選択モデルを構築している。また西山ら⁴⁾は、震災発生後の首都圏の鉄道における駅滞留者の過剰発生を抑制する方策について、時空間ネットワーク配分を用いて検討を行っている。

このような大規模地震に対して、台風や大雪などの気象災害は一定の精度での予測が行われていることから、事前の対応が可能な点で地震発生時とは異なるものと考えられる。廣井⁵⁾は、2012年4月の爆弾低気圧到来時における首都圏通勤・通学者の帰宅行動に関する質問紙調査を実施して、当日の帰宅行動や企業の指示や情報入手の状況に関する実態を把握し、今後の帰宅困難者対策のあり方について検討を行っている。

一方で近年のICTの進展にともない、交通分野においてもビッグデータの活用環境が整備されつつある。このうち携帯電話の位置情報を基にした人口統計データは、任意の期間や時間帯、地域の滞在人口を把握できることから、災害時の広域的な人の滞在や移動の可視化の手段として有用性が高く、交通対策の検討に活用できること

が示されている(金子ら⁴⁾, 佐々木・秦⁵⁾, 金子・中川⁶⁾など)。

以上を踏まえ本研究では, 東京圏を対象に, 携帯電話の基地局データを基にしたモバイル空間統計を用いて, 大雪当日の滞在人口の推移を把握するとともに, 大雪時の帰宅行動の特性を明らかにする。そのうえで, 滞留の抑制に関する知見を得ることを目的として, 既存の交通需要分析手法を用いて, 帰宅時間帯と駅の利用者数との関係を把握するシミュレーションを行う。

2. 2018年1月22日~23日の大雪の概況

本研究で対象としている2018年1月22日から23日の大雪は, 本州の南海上に低気圧が通過したこと起因するもので, 2014年2月以来4年ぶりに, 東京で20cmを超える積雪を観測した。この大雪への備えとして, 前日の1月21日に国土交通省・気象庁が大雪に対する緊急発表を行っている。具体的には, 関東甲信地方や東北地方では, 22日昼頃から23日朝にかけて太平洋側を中心に広い範囲で雪が降り, 東京23区など普段雪の少ない平野部を含めて大雪となるおそれがあることから, 不要不急の外出を控えるようお願いするなどの内容である。22日当日には, 午前10時に気象庁が早めの帰宅を呼びかけており, 14時30分に東京都に大雪警報が発令されている。

また, 鉄道については, 22日14時に, JR東日本が大半の路線で運転本数を減らすことを発表し, 民鉄各社も特急運休や運行本数削減を決定している。さらに16時頃には, 東急田園都市線渋谷駅や西武池袋線池袋駅などで, 混雑による入場規制が実施されている^{注1)}。

この大雪にともなう帰宅行動について, (株)ウェザーニューズが自社アプリの関東地方のユーザー3,003人を対象に実施した簡易なアンケート調査によると, 勤務先から指示があって早退した人が29%, 自ら早退した人が12%, 気持ち早めもしくは普段通り帰宅した人が39%であり, 全体の約4割が早めに帰宅していたことが示されている^{注2)}。

3. 分析に使用するデータの概要

(1) モバイル空間統計の特長

本研究で用いるモバイル空間統計は, NTT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人口の統計情報である。具体的には携帯電話の運用データを基に, 都道府県別・年齢層別の携帯電話契約率を考慮して実際に存在した人口(本研究では滞在人口と呼称)を

推計するものであり, 全国の1時間ごとの人口分布を24時間365日把握可能である。ここで1時間単位とは, 例えば12時台の場合は12:00~12:59の間に滞在した人数となるが, あるサンプルが時間帯を跨いで移動した場合, 基本的には各々の時間帯における滞在時間に基づいて按分される。

また, 携帯電話の契約情報より推計された居住地エリア(市区町村単位)が付与されており, 滞在地と合わせることで, 滞在地-居住地間の人口(いわゆるODパターン)を把握することが可能となる。

なお, モバイル空間統計の再現性に関して, 著者らの研究⁷⁾において, 国勢調査の従業人口との比較を行っている。具体的には, 平成27年国勢調査の市区町村別常住地-従業・通学地人口と2020年1月時点のモバイル空間統計の居住地-滞在人口とを比較した結果(いずれも市区町村内々は除く), 両者の乖離は小さく, 相関係数が0.98と高いことが示されている。

(2) モバイル空間統計の使用範囲

本研究では, 大雪時と平常時の同一時間帯における滞在人口の差分や比率を算出することで, 早期の帰宅開始による人口分布の変化を把握する。ここで滞在人口については, 大雪時は2018年1月22日, 平常時は前週の1月15日及び後週の1月29日のデータを用いる。なお, 1月15日と1月29日の値を比較したところ, 両者の乖離はきわめて小さかったことから, 以降の分析では1月15日のデータを使用する。

また, 時間帯は10時台, 12時台, 14時台から23時台の12時間帯であり, 対象地域は東京都市圏パーソントリップ調査と同じ東京圏(268市区町村)とする。

4. モバイル空間統計を用いた滞在人口の分析

(1) 東京圏における大雪時の滞在人口の動向

ここではまず, 東京圏における大雪時の滞在人口の動向を把握する。図-1は, 平常時(1月15日)に対する大雪時(1月22日)の滞在人口の比率の推移を, 市区町村別に示したものである。赤系の色は比率が1以上, すなわち大雪時の滞在人口が多く, 青系の色は1未満, すなわち大雪時の滞在人口が少ないことを表しており, 濃淡は変化の程度を示している。

これより東京圏全域でみると, 気象庁が早めの帰宅を呼びかけた10時台ではほとんど変化はなく, 12時台でも変化は小さいが, 東京都に大雪警報が発令された14時台以降(警報発令は14時30分), 多くの市区町村で滞在人口が平常時より増加しており, その傾向は19時台まで継続している。一方で, 東京都心部をはじめ, 横

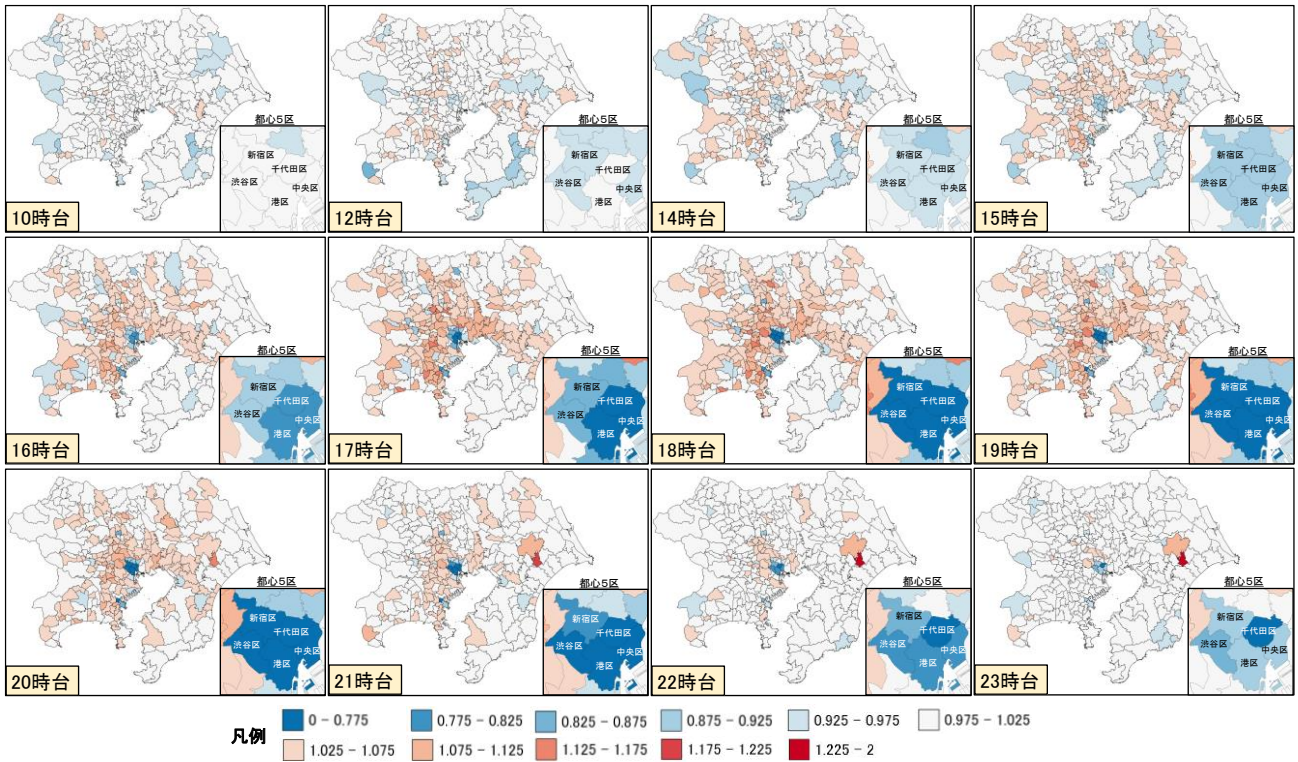


図-1 平常時に対する大雪時の滞在人口の比率 (市区町村別)

浜, さいたま, 千葉の中心部等の従業地では, 14 時台以降, 滞在人口が平常時より減少している. なお, 成田市及び隣接する芝山町で 21 時以降に滞在人口の比率が増大しているが, これは成田空港が大雪により滑走路が閉鎖されたことで, 多数の旅客が空港施設等に留まったためと推測される (空港内施設の滞在人数については, 報道では約 9,900 人されている^{注3)}).

以上のような大雪時における滞在人口の変化を地域別に集約して示したものが図-2である. これより東京都区部のうち都心5区 (千代田区, 中央区, 港区, 新宿区, 渋谷区) では, 14 時台以降 18 時台にかけて減少幅が大きくなっている. すなわち, 時間の経過とともに都心5区の滞者が平常時に比べて少なくなっており, 普段より早く帰宅する人が多かったことがうかがえる.

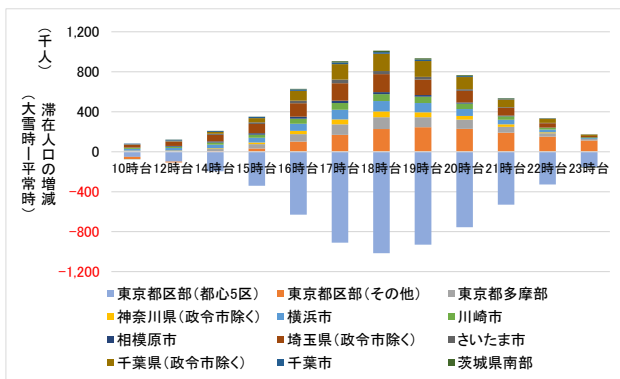


図-2 平常時と大雪時の地域別別滞在人口の増減

また図-3 は, 特に変化が大きい 14 時台~17 時台における平常時と大雪時の滞在人口の散布図を示したものである. これより滞在人口規模が大きい (50 万人以上) 自治体で, 時間の経過とともに両者の乖離が拡大しており, 特に事業所が集積し, 昼夜間人口比率が高い都心5区において, 平常時に比べて滞在人口が大幅に減少していることが分かる. なお, これらの都心5区の滞在人口の変化については, 以降で詳しくみていく.

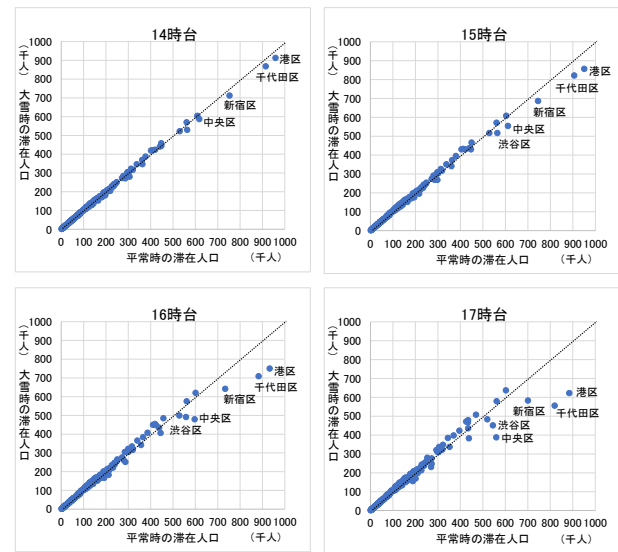


図-3 平常時と大雪時の市区町村別滞在人口の関係 (14時台~17時台)

(2) 東京都心5区における滞在人口の動向

次に、東京都心5区における滞在人口の動向を把握する。図4は、平常時及び大雪時の滞在人口の推移について、当日の12時台を基準とした場合の各時間帯の滞在人口の割合（滞在人口率）を示したものである。数値が小さくなるほど、滞在人口が減少していることを表している。なお、各区の滞在人口には自区を居住地とする人口が含まれており、この中には自宅滞存者も一定割合存在するものと考えられることから、ここでは自区居住者人口については、一律除外している。

これより平常時の人口滞在率は16時台まで概ね100%であり、17時台以降減少しているのに対して、大雪時は15時台以降減少しており、特に16時台から18時台にかけて減少幅が大きく、より早い時間帯に帰宅を開始する人が多かったことがうかがえる。なお、上述の傾向は千代田区、中央区、港区の都心3区に比べて新宿区、渋谷区の方が多少緩やかである。例えば、17時台の滞在人口率は、都心3区が60%前後であるのに対して、新宿区、渋谷区は70%前後とやや高い水準である。

(3) 滞在地・居住地間の距離帯別の分析

これまで述べてきた通り、大雪時には帰宅開始の時間帯が早まったが、勤務先等の滞在地から自宅までが遠い人ほど、鉄道の運休や遅延等のリスクが高まることから、より早く帰宅を開始することが想定される。2章で述べ

た通り、モバイル空間統計では携帯電話の契約時の登録住所情報を基にした居住地エリアを市町村単位で把握可能である。

本研究ではこの情報を用いて、都心5区を対象に滞在地-居住地の行列表（OD表）を作成し、これを距離帯別に区分して比較を行う。2地点間の距離は便宜上市区町村の役所間とし、緯度・経度を基に球面上の大円距離を計算する方法を用いて算出する^{注4}。また、距離帯は、10km圏内、20km圏内、30km圏内、40km圏内、50km圏内、50km圏外の6区分とする。

以上の手順に従い、平常時と大雪時の距離帯別の滞在

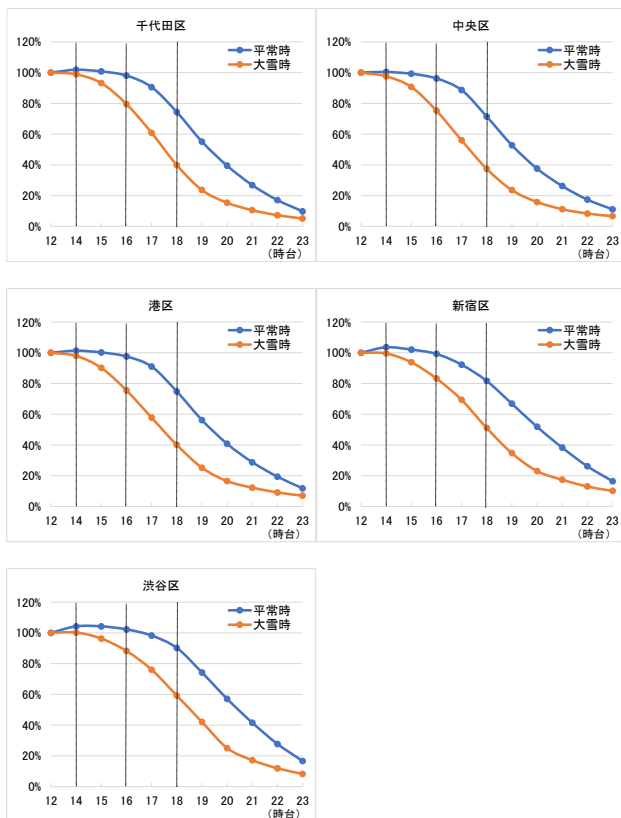


図4 平常時及び大雪時の滞在人口率の推移

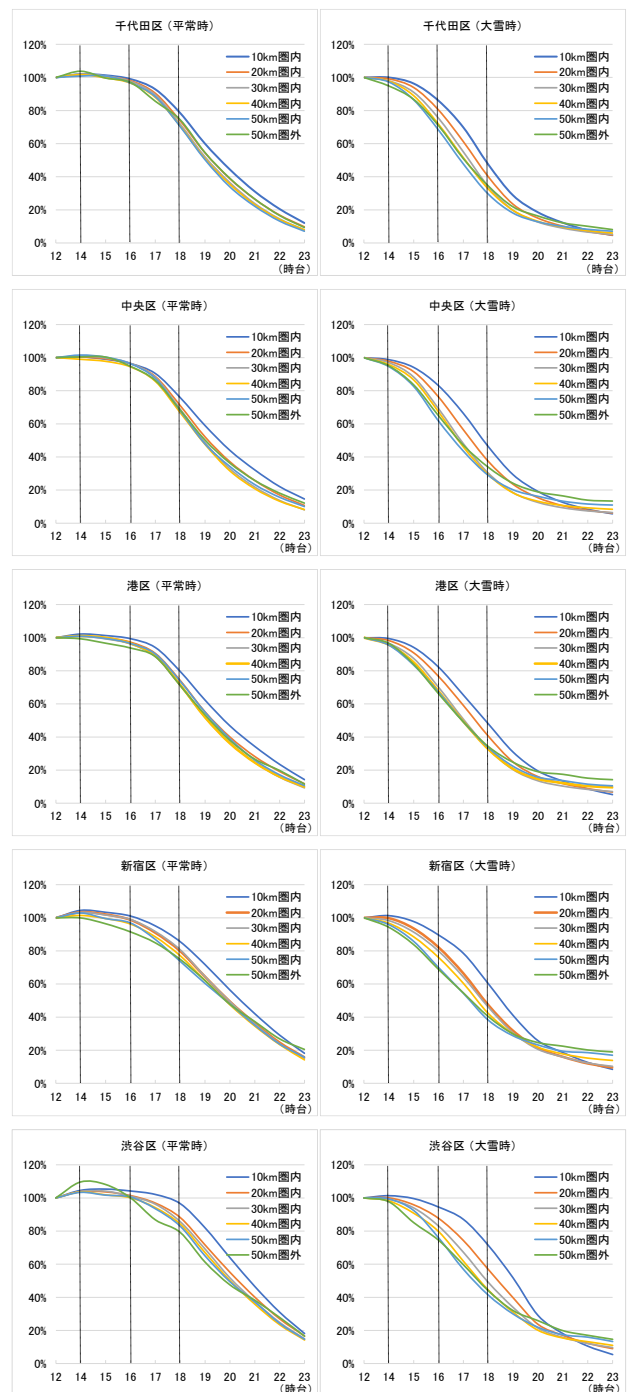


図5 平常時及び大雪時の距離帯別滞在人口率の推移

人口率を算定した結果を図-5に示す。これより平常時では、距離帯別で滞在人口率の変化に大きな差異はみられないのに対して、大雪時では、10km圏内~20km圏内では距離が長いほど曲線が下方向へシフト、すわなち滞在人口率の低下が大きい傾向がみられる。また、30km圏以遠では、距離帯間の差異に規則性は確認できないものの、全体として滞在人口率の低下は大きい。

以上の結果より、大雪時における帰宅行動については、滞在先から居住地までの距離が長い人ほど、早めに帰宅を開始するという特性があるものと推察されるものの、両者の因果関係までは特定できていない。この点については、今後の課題としたい。

5. 帰宅行動に関するシミュレーション

前章まで、モバイル空間統計を用いて大雪当日の帰宅行動の実態を把握した。一方で1章で述べた通り、大雪時には複数の駅で入場規制やそれに伴う滞留が発生したことが報告されている。このような滞留を抑制する方策を検討するためには、帰宅行動と駅の利用状況との関係を定量的に把握することが重要である。

そこで本章では、滞留の抑制に関する知見を得ることを目的として、既存の交通需要分析手法を用いて、帰宅時間帯の違いが駅の利用者数へ及ぼす影響を分析するシミュレーションを行う。

(1) シミュレーションの方法

- 本研究では、次の手順でシミュレーションを行う。
- (手順1) 帰宅行動に関するケースを複数設定する。
 - (手順2) モバイル空間統計の滞在人口データから時間帯別の帰宅OD表(起点:滞在地, 終点:居住地)を作成する。
 - (手順3) 設定したケースごとに交通需要分析を行い、各駅の利用者数を推計する。

なお、交通需要分析は東京圏全体を対象に行うが、ケースごとの駅利用者の推計結果の比較分析は、実際に滞留が発生した都心のターミナル駅である渋谷駅と池袋駅に着目して行うこととする。以上の比較結果をもとに、滞留を抑制する方策に関する知見を得る。

(2) ケースの設定

- 帰宅行動に関するケースでは、次の通り設定する。
- ケース0: 平常時(2018年1月15日)
 - ケース1: 大雪時(2018年1月22日)
 - ケース2-1: 一斉帰宅(15時台)
 - ケース2-2: 逐次帰宅(15時台~17時台)
- ここで、ケース0は平常時、ケース1は大雪時であり、

2つのケースの駅利用者数の差分をとることで、大雪時における駅の利用状況を推察する。また、ケース2は帰宅行動に関する仮定のケースであり、ケース2-1は大雪警報発令後の15時台に一斉帰宅した場合、ケース2-2は15時台から17時台にかけて逐次帰宅した場合である。逐次帰宅に関しては、4章の結果を踏まえ、滞在先から居住地までの距離が長い人ほど、早めに帰宅するよう設定する。

(3) 時間帯別の帰宅OD表の作成方法

上述した通り、モバイル空間統計は携帯電話契約時の登録住所情報を基にした居住地エリアを市区町村単位で把握可能であることから、市区町村単位での滞在地~居住地の人口をOD表として整理し、次に示す方法で時間帯別の帰宅OD表を作成する。

まずケース0(平常時)とケース1(大雪時)について、モバイル空間統計の1時間帯ごとの滞在人口の変化をもとに作成する。具体的には、時間帯 t の滞在人口 P_t と次の時間帯 $t+1$ の滞在人口 P_{t+1} の差分を求め($P_t - P_{t+1}$)、これが正值の場合、帰宅したものと見做して時間帯 t の帰宅OD表に計上する。

次にケース2-1(一斉帰宅)について、15時台に一斉帰宅するという場合であり、15時台の滞在人口を帰宅OD表とする。ケース2-2(逐次帰宅)は、15時台から17時台の3時間帯に跨って帰宅した場合であり、15時台のOD表を3等分して15時台~17時台のOD表を作成する。3等分にあたっては、時間帯間で帰宅者数に大きな差が生じないこと、上述した通り、滞在先から居住地までの距離が長い人ほど、早めに帰宅する傾向を反映させることの2点に留意して、20km以上のODを15時台、10km以上20km未満のODを16時台、10km未満のODを17時台に設定した。

なお、いずれのケースも東京圏の市区町村間の移動を対象とし、自市区町村内の移動は対象外とする。

(4) 交通需要分析手法

(3)で作成した時間帯別の帰宅OD表をもとに各駅の利用者数を推計するため、交通需要分析を行う。本研究では、2016年の交通政策審議会答申第198号(以下198号答申)で用いられた鉄道需要分析手法に基づいて、交通機関別交通量及び鉄道経路別交通量の推計を行い、駅利用者数を推計する。計算の流れは図-6に示す通りである。198号答申の鉄道需要分析における交通機関別交通量の推計には非集計ロジットモデルが、鉄道経路別交通量の推計には構造化プロビットモデルが適用されている。これらのモデルとパラメータなどの詳細については、「鉄道需要分析手法に関するテクニカルレポート」^{注5)}に記載されているため、ここではシミュレーション用として、

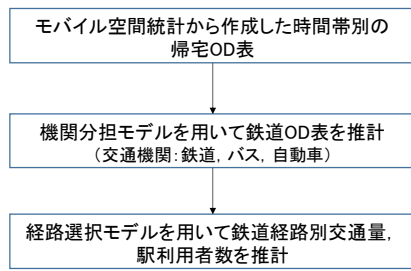


図-6 交通需要分析の流れ

本研究で新たに設定した内容を中心に説明する。

分析の単位について、198号答申の鉄道需要分析では、パーソントリップ調査の計画基本ゾーンを細分化した小ゾーン単位としているが、モバイル空間統計から作成した帰宅OD表は市区町村単位であることから、現況のODパターンで按分した。

また、交通機関別交通量の推計は終日単位で行うとともに、各交通機関のサービス水準は夕方ピーク時間帯の値とした。そのうえで、推計した鉄道利用OD表をモバイル空間統計より作成した時間帯別OD表の時間帯別比率で割り振り、1時間帯の鉄道利用OD表を作成した。なお、鉄道経路別交通量の推計にあたっては、駅利用者数の推移を詳細に把握するため、2分割して30分単位のOD表を配分している。

鉄道経路別交通量の推計における各経路のサービス水準は17～21時台は夕方ピーク時間帯の値、その他の時間帯はオフピーク時間帯の値とした。なお、駅利用者数の集計の際には、30分単位でのOD表の出発時刻は中間にあたる15分と45分として、利用経路の各駅の通過時刻を算出し、1時間帯別の駅利用者数を集計した。

機関分担モデルと経路選択モデルの帰宅目的のパラメータについては、198号答申の需要分析と同様、通勤目的（非高齢）を適用した。

(5) シミュレーション結果

以上の手順、方法で実施したシミュレーションについて、渋谷駅と池袋駅の結果を述べる。なお、各ケースの駅の利用者数は、ケース0（平常時）の15時台の利用者数を1とした比率で表記している。

a) 渋谷駅

渋谷駅における東急田園都市線の利用者数の推移を図-7に示す。ここでの利用者数は、自駅乗車もしくは他線からの乗り換え乗車を対象としており、改札を通過しない相互直通運転先の東京メトロ半蔵門線からの利用者は除外している。

まずケース1（大雪時）について、ケース0（平常時）と比較すると、15時台～18時台にかけて増加しており、特に16時台、17時台の増加が大きい。平常時に比べて16時台が2.5倍（=5/2）、17時台が2.3倍（=7/3）であり、

利用者の集中が生じていたことが示唆される。

次にケース2-1（一斉帰宅）について、ケース0（平常時）と比較すると、15時台が28倍（=28/1）と大幅に増加しており、同じくケース0（平常時）のピーク時間帯（20時台）と比較しても2.8倍（=28/10）であり、容量を大幅に超過する水準である。なお、今回の検討では駅及び列車の容量制限を設定していないが、実際には各ゾーンの最寄り駅で利用者が集中し、入場規制等が実施されるものと考えられる。

さらにケース2-2（逐次帰宅）についても、ケース0（平常時）と比較して16時台が9.0倍（=18/2）、17時台が6.7倍（=20/3）と高い水準であり、ピーク時間帯（20時台）と比較しても超過している。

b) 池袋駅

池袋駅における西武池袋線の利用者数の推移を図-8に示す。各ケースの傾向は、a)渋谷駅と同様である。まずケース1（大雪時）について、ケース0（平常時）と比較すると16時台、17時台の増加が大きく、平常時に比べて16時台が2.5倍（=5/2）、17時台が2.0倍（=6/3）であり、渋谷駅と同様に利用者の集中が生じていたことがうかがえる。

次にケース2-1（一斉帰宅）について、ケース0（平常

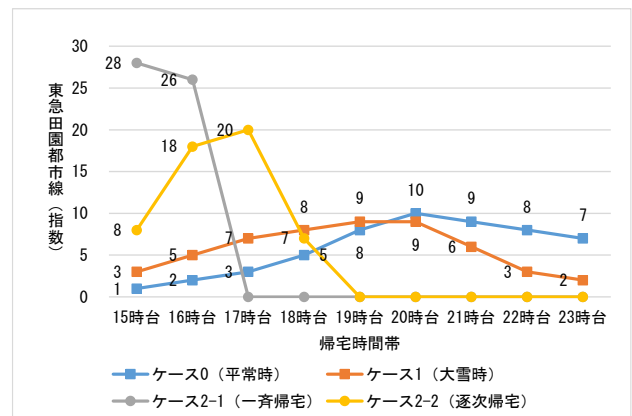


図-7 渋谷駅の利用者数の推移 (東急田園都市線・乗車)

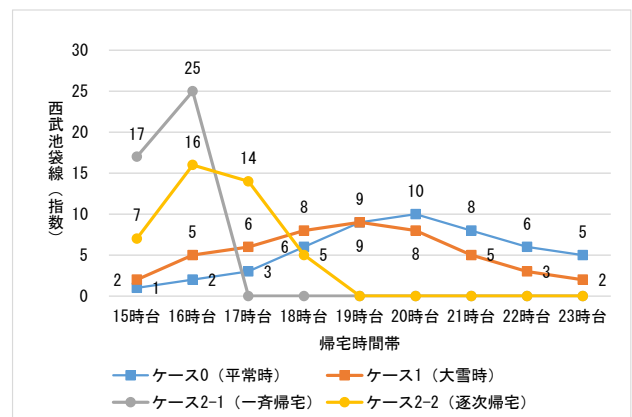


図-8 池袋駅の利用者数の推移 (西武池袋線・乗車)

時)と比較すると、15時台が17倍(=17/1)と大幅に増加しており、同じくケース0(平常時)のピーク時間帯(20時台)と比較しても2.5倍(=25/10)であり、容量を大幅に超過する水準である。

さらにケース2-2(逐次帰宅)についても、ケース0(平常時)と比較して16時台が8.0倍(=16/2)、17時台が4.7倍(=14/3)と高い水準であり、ピーク時間帯(20時台)と比較しても超過している。

c) 考察

以上の2つの駅の結果について、まずケース2-1(一斉帰宅)は、帰宅行動に対して制限を設けなかった場合における駅への集中状況を示したものであり、平常時のピーク時間帯と比較して大幅に超過することが確認された。また、ケース2-2(逐次帰宅)は、ケース1(大雪時)と15時台に帰宅開始という点では類似性があるものの、ケース1が18時台以降の時間帯でも帰宅がみられるのに対して、ケース2-2はすべての滞在者が15時台~17時台に帰宅するという設定であることから、駅の利用者数が大幅に多くなっている。すなわち逐次帰宅について、3時間程度の限られた時間内では、駅への利用者の集中は回避できないことを意味しており、午前中などより早い時間帯から帰宅を開始することや、可能な限り出勤を抑制することで移動量を減少させることが重要であることが確認された。

6. おわりに

本研究では東京圏を対象に、携帯電話の基地局データを基にしたモバイル空間統計を用いて、2018年1月の大雪時における滞在人口の推移を把握した。その結果、大雪警報が発令された14時30分以降、多くの市区町村で滞在人口が平常時より増加する一方、東京都心部などの従業地では平常時より減少する傾向がみられ、特に都心5区では16時台から18時台にかけて減少幅が大きかったこと、滞在人口の減少傾向は滞在先から居住地までの距離帯によって異なり、距離が長いほど早い時間帯に帰宅を開始している特性があることが分かった。

また、既存の交通需要分析手法を用いて、帰宅時間帯と駅の利用者数との関係を把握するシミュレーションを行った結果、警報発令後に逐次帰宅した場合でも、3時間程度と限られた時間内での帰宅では駅への利用者の集中は回避できず、より早い時間帯から帰宅を開始することが重要であることが確認された。

最後に今後の課題として、駅での利用者の滞留を抑制するための具体的な方策について検討を行うこと、コロナ下での在宅勤務を中心としたテレワークの普及拡大を踏まえ、大雪等の異常気象時における出勤抑制の可能性

を把握することが挙げられる。

NOTES

- 注1) 日本経済新聞：大雪、早めの帰宅が混乱拡大一駅に殺到・入場規制—(2018年1月25日)。
<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO26141020V20C18A1CC1000/> (最終閲覧日 2021年10月18日)
- 注2) 交通政策審議会：東京圏における今後の都市鉄道のあり方について(答申), 2016.
- 注3) (株)ウェザーニューズ：1月22日、南岸低気圧に伴う関東地方の大雪, 2018.
<https://jp.weathernews.com/news/21459/> (最終閲覧日 2021年10月18日)
- 注4) 三浦英俊：緯度経度を用いた3つの距離計算方法、オペレーションズリサーチ, 2015年12月号, pp.701-705, 2015.
- 注5) 交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会東京圏における今後の都市鉄道のあり方に関する小委員会需要評価・分析・推計手法ワーキング・グループ：鉄道需要分析手法に関するテクニカルレポート, 2016.
<https://www.mlit.go.jp/common/001138608.pdf> (最終閲覧日 2021年10月18日)

REFERENCES

- 1) 下原祥平, 渡邊泰史, 島崎敏一, 金子雄一郎：地震発生時における東京都内滞在者の帰宅行動モデル, 社会技術研究論文集, Vol.7, pp.45-53, 2010. [Shimohara, S., Watanabe, Y., Shimazaki, T. and Kaneko, Y.: Behavior model for return home after devastating earthquake in the Tokyo metropolitan area, *Sociotechnica*, Vol.7, pp.45-5, 2010.]
- 2) 西山直輝, 室町泰徳：震災発生後の首都圏鉄道における駅滞留者の過剰発生を抑制する方策に関する研究, 都市計画論文集, Vol.50, No.3, pp.352-357, 2015. [Nishiyama, N. and Muromachi, Y.: Control of excessive people staying in railway station in Tokyo metropolitan area after a large earthquake, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, Vol.50, No.3, pp.352-357, 2015.]
- 3) 廣井悠：2012年4月3日爆弾低気圧到来時における首都圏通勤・通学者の帰宅行動に関する質問紙調査, 日本建築学会計画系論文集, 80(714), pp.1853-1861, 2015. [Hiroi, Y.: Questionnaire survey concerning stranded commuters in metropolitan areas by the approach of bomb cyclone on april 3, 2012, *Journal of Architecture and Planning*, Volume 80 Issue 714, p.1853-1861, 2015.]
- 4) 金子辰也, 神戸大輝, 浅田拓海, 有村幹治：交通ビ

- ッグデータを用いた平成 28 年台風 10 号道路ネットワーク被害に関する基礎的分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.55, 2017.
- 5) 佐々木邦明, 秦康範: 2014 年関東大雪時の山梨県内の状況とその後の復旧における課題, 土木計画学研究・講演集, Vol.55, 2017. [Sasaki, K. and Hada, Y.: The problems on the stuck traffic and the recovery in Yamanashi at the heavy snow of Kanto area in 2014, *Proceedings of Infrastructure Planning*, Vol.55, 2017.]
- 6) 金子雄一郎, 中川拓朗: モバイル空間統計を用いた都市鉄道の輸送障害による影響の時空間的把握, 鉄道工学シンポジウム論文集, 第 22 号, pp.91-97, 2018. [Kaneko, Y. and Nakagawa, T.: Spatiotemporal analysis of the impact of train operation disorder using mobile space statistics, *Journal of Railway Engineering*, No.22, pp.91-97, 2018.]
- 7) 武藤智義, 金子雄一郎: モバイル空間統計を用いた新型コロナウイルス感染拡大以降の在宅勤務の実施状況の推定—東京圏を対象とした分析—, 土木計画学研究・講演集, Vol.64, 2021. [Muto, T. and Kaneko, Y.: Analysis of covid-19 expansion and telework implementation using mobile spatial statistics in the Tokyo metropolitan area, *Proceedings of Infrastructure Planning*, Vol.64, 2021.]

(Received April 1, 2022)

(Accepted June 3, 2022)

ANALYSIS OF HOMECOMING BEHAVIOR DURING HEAVY SNOWFALL USING MOBILE PHONE BASE STATION DATA IN TOKYO METROPOLITAN AREA

Takuma SANO, Chihiro KITAYAMA, Yuichiro KANEKO and Tomoyoshi MUTO

The purpose of this study is to analyze the transition of the staying population during heavy snowfall in the Tokyo area in January 2018 using mobile spatial statistics based on the location information of mobile phones. As a result of the analysis, after 14:00 when the heavy snow warning was issued, the population increased in many municipalities compared to normal times, while it decreased in work areas such as central Tokyo compared to normal times. In particular, in the 5 central wards of Tokyo, the population decreased significantly from 16:00 to 18:00. Furthermore, it was found that those who had a long distance from their place of stay to their place of residence started returning home early. In addition, a simulation was conducted using the existing traffic demand analysis method to understand relationship between the time of returning home and the number of station users. As a result, it was confirmed that it is important to start returning home earlier because it is unavoidable for users to concentrate on the station when returning home sequentially after the heavy snow warning is issued.