モバイル空間統計を用いた自然災害時における滞在人口分析と都市鉄道の運行状況との関係

佐谷　一樹[1]・金子　雄一郎[2]

[1]学生会員　日本大学大学院理工学研究科博士前期課程土木工学専攻
（〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14）
E-mail: cska22008@g.nihon-u.ac.jp

[2]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)

近年自然災害が激甚化・頻発化しており，都市鉄道の運行にも支障をきたしている．台風や大雨，大雪が予想される場合，被害の未然防止の観点から事前に周知したうえで一定時間運転を休止する計画運休が導入されつつある．本研究は携帯電話の位置情報に基づく人口流動データであるモバイル空間統計を用いて，東京圏において 2018 年及び 2019 年に実施された 3 回の計画運休前後の滞在人口の推移を把握するとともに，列車の運行状況との関係を考察した．その結果，計画運休の実施前は，運休した曜日や時間帯は異なるものの，いずれも帰宅困難者の発生などの混乱は生じていないことが示唆された．一方，計画運休の実施後は，運転再開が平日であった 2 回の計画運休でオフィスが集積する都心部の滞在人口が平常時と比較して減少しており，通勤行動に支障が生じていたことが示唆された．

Key Words: *planned suspension, location information by mobile phone, urban railway*

1. はじめに

近年自然災害が激甚化・頻発化しており，都市鉄道の運行にも支障をきたしている．具体的には地震，台風や大雨，大雪などにより列車の運転見合わせや遅れが発生し，鉄道利用者へ多大な影響を及ぼしている．このうち台風や大雨，大雪が予想される場合，被害の未然防止の観点から事前に周知したうえで一定時間運転を見合わせる計画運休が導入されつつある[1)]．

鉄道の計画運休に関しては，運転の見合わせ時と再開時において，利用者の行動判断に資する情報提供が不可欠であるとともに，外出自粛やテレワーク利用などにより需要そのものを抑制する取組も有効である．このような対策を実施するためには，列車の運行状況と利用者の動向との関係を把握することが重要である．

そこで本研究では，携帯電話の位置情報に基づく人口流動データであるモバイル空間統計の分布統計を用いて，東京圏において2018年の台風24号時，2019年の台風15号時及び19号時に実施された3回の鉄道の計画運休前後の滞在人口の推移を把握するとともに，列車の運行状況との関係を考察する．

2. 大都市圏における鉄道の計画運休の経緯と本研究の位置づけ

大都市圏における鉄道の大規模な計画運休については，2014年10月に台風19号が近畿地方に接近した際にJR西日本が実施した運休が初めての事例とされている[1)]．同社では，安全最優先の観点，及び駅間での列車の長時間停車等の防止と台風通過後のスムーズな運転再開の観点から，事前に周知した上で全面運休するという考えの下，10月13日16時頃から京阪神エリアの在来線全路線を運休している．このときは台風の影響が予想より小さく，大手民鉄の路線は運転を継続していたことから，計画運休に対して賛否があったが，その後，国土交通省においても検討を開始している．その契機となったのは，2017年10月22日に発生した南海本線男里川橋梁における列車脱線事故，及び2018年1月11日に，JR東日本信越線で発生した大雪により列車が駅間停車し，運転再開までに約15時間半を要した事象である[1)]．

具体的な検討としては，2018年9月の台風21号及び24号の襲来に備えて鉄道事業者が実施した計画運休の対応について，鉄道の計画運休に関する検討会議を開催して

当日の対応の検証を行うとともに，計画運休の実施や運転再開にあたっての安全確認，利用者への情報提供に係る中間取りまとめを2018年10月に公表している．このなかで計画運休について，列車の駅間停車や駅での混乱防止等の安全確保の観点から，路線の特性に応じて必要であるとの認識を示している．また，鉄道が計画運休を実施することにより，早期帰宅の促進や不要不急の外出の抑制，イベントの休止や早期切り上げなど，社会の安全を確保する役割も果たしていることも必要性の一つとして挙げられている．

一方，引き続きの検討課題であった利用者等への情報提供の内容・タイミング・方法，計画運休の際の振替輸送のあり方，地方自治体への情報提供の仕方について，鉄道事業者等と行った検討結果を踏まえ，2019年7月に**表-1**に示すような計画運休実施時の鉄道事業者等における対応内容を取りまとめている．このなかで鉄道事業者に対して，情報提供のタイムラインを作成することを求めている．

さらに，2019年9月の台風15号時の計画運休において，運転再開時に駅に利用者が集中し，大きな混乱が発生したことを踏まえ，再度検討会議を開催して検証を行い，取りまとめを更新している．このうち利用者への情報提供に関わる部分を**表-2**に示す．具体的な内容としては，運転再開時には利用者が駅に集中する一方，列車本数は十分確保されていないことから，駅での入場規制等の混乱が発生することが想定されるため，例として，利用者に来駅時間を遅らせるよう呼びかけるとともに，運転再開後ある程度列車本数が確保できてから再開を発表することや，ある程度の列車本数が確保できる時間を再開時間として発表することなど，情報提供の工夫の必要性が述べられている．

以上の通り計画運休に関しては，実施のたびに国や鉄道事業者が課題を抽出して対策を講じてきているが，その効果や影響について定量的な分析は行われてきているとは言えない．後述する通り，東京圏ではこれまで 3 回計画運休が実施されているが，運休前後における鉄道利用者の広域的な流動については十分把握されていない．著者ら[2]は，2019 年 9 月及び 10 月の 2 回の計画運休の運転再開時を対象に，携帯電話の位置情報に基づく人口統計を用いて駅を含む 500m メッシュ内の人口変化を把握しているが，計画運休前の人口流動は把握されておらず，分析対象は駅周辺に限定されている．また，2018 年台風 24 号時の計画運休は分析対象となっていない．

そこで本研究では，東京圏における過去 3 回の計画運休の実施前後を対象に，500m メッシュ単位の滞在人口データを用いて人口流動を時系列に把握し，鉄道の運行状況との関係を考察するとともに，国や鉄道事業者による取組に関して事後的な検証を行う．

表-1　鉄道の計画運休の実施についての取りまとめ
（2019年7月2日公表）

（1）利用者等への情報提供の内容・タイミング・方法
・利用者等に対して前広に多様な手段及び多言語で情報提供を行う．
・計画運休の可能性についての前広な情報提供を実施するとともに，計画運休を実施する場合や運行再開時には，利用者等が適切な行動を選択できるようできる限り，具体的な情報提供を適切なタイミングで行う．
（2）計画運休の際の振替輸送のあり方
・振替輸送実施の有無については，輸送力等の様々な事情を踏まえて決定されるもの．
・実施する場合・実施しない場合のいずれにおいても，情報提供を行う．
（3）地方自治体への情報提供の仕方等
・平素から沿線の地方自治体との間で情報提供・連絡体制を確立するよう努める．
（4）情報提供タイムラインの作成
・（1）～（3）を踏まえて，モデルケースを参考に各鉄道事業者において情報提供タイムラインをあらかじめ作成しておく．

表-2　鉄道の計画運休の実施についての取りまとめ
（2019年10月11日更新）

利用者等への情報提供
〇運転再開は，台風通過後の被害の状況やその後の安全確認作業等に大きく依存し，その見込みを示すことが困難な場合が多いことを踏まえ，利用者等に対しては，被害の具体的な状況や点検・復旧作業の進捗状況などをきめ細かく情報提供し，利用者自らが行動を選択できるような情報発信に努めることが重要である．
〇運転再開時には，利用者が駅に集中する一方，列車本数は十分に確保されていないことから駅での入場規制等の混乱が発生することが想定されるため，例えば，
・利用者に来駅時間を遅らせていただくよう呼びかけること
・運転再開後ある程度列車本数が確保できてから再開を発表すること
・ある程度の列車本数が確保できる時間を再開時間として発表すること
など，路線の状況に応じた情報提供に工夫する必要がある．

3. 分析対象地域と使用するデータ

(1) 分析対象地域

本研究では東京圏を対象に，計画運休時における滞在人口の変化の分析を行う．分析対象の圏域は，東京都市圏パーソントリップ調査と同じ東京都・神奈川県・埼玉県・千葉県・茨城県南部とする．また，対象の計画運休は，①2018 年 9 月の台風 24 号時，②2019 年 9 月の台風 15 号時，③2019 年 10 月の台風 19 号時の 3 事例とする．

(2) 分析に使用するデータ

分析に使用するデータは，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モバイル空間統計の分布統計である．分布統計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．

滞在人口の単位は 500m メッシュであり，東京圏全体で 64,177 メッシュとなる．時間帯は 1 時間単位（0 時～

23 時）である．なお，本研究は鉄道利用者の行動を主対象としていることから，以降の分析では，第 6 回東京都市圏パーソントリップ調査において鉄道の分担率が 20%以上の市区町村内のメッシュを対象とする．

4. 計画運休前後の列車の運行状況

(1) 列車の運行状況に関する情報

計画運休に関わる情報提供や運転休止及び再開の状況に関して網羅的に整理された公表資料は，著者の知る限り存在しない．そこで本研究では，著者らの既往研究 [2]，鉄道事業者がセミナー等で発表した資料や関連文献，報道記事等を基に，当時の状況を概観する[注 1)]．

(2) 2018 年台風 24 号時の運行状況

まず運休について，JR 東日本は 9 月 30 日（日）の 12 時 15 分に，同日 20 時頃から全線での運転見合わせを発表している．また大手民鉄では，西武鉄道が 16 時に 20 時以降の本数削減と 22 時以降の運転見合わせを発表し，小田急電鉄は 18 時に，京王電鉄が 19 時 45 分にそれぞれ 22 時以降の運休を発表し，小田急は 23 時 13 分，京王は 23 時 32 分に全列車の運転を終了している．東急電鉄は他社よりやや遅く，21 時 30 分に終電時刻の繰り上げを発表し，23 時 53 分に運転を終了している．一方，東武鉄道，京成電鉄，京急電鉄は，安全上の問題がなかったとして，特急など一部列車を除き終電まで運行を継続している．このように鉄道事業者における運休への対応は異なっていたことがわかる．

次に運転再開について，JR 東日本は 10 月 1 日（月）4 時に，始発から全線での運転見合わせを発表しているが，再開時間については言及していない．他の鉄道事業者の運転再開に関する詳細な情報は得られなかったが，国土交通省の災害情報[注 2)]によると，1 日（月）6 時の時点で大半の路線で点検中となっている．実際に朝の通勤時間帯には，各線で暴風による障害物などの影響で運休やダイヤの乱れが多発したことが報じられている．

(3) 2019 年台風 15 号時の運行状況

まず運休について，JR 東日本は 9 月 6 日（金）に千葉支社管内で 8 日（日）夜から 9 日（月）朝にかけて運転見合わせの可能性があると発表し，8 日（日）12 時に首都圏各線区において 9 日（月）始発から運転を見合わせることを，16 時 30 分に 9 日（月）始発から 8 時頃 まで運転を見合わせるとともに，運転再開までさらに時間を要する可能性があることを発表している．大手民鉄では，小田急電鉄，東急電鉄，京急電鉄が 9 日（月）始発からの運転見合わせを発表している．

次に運転再開について，8 時台までに運転を開始した路線は少なく，多くが 9 時台から 10 時台，もしくは 11 時台以降である．鉄道事業者による運転再開情報については上述した通り，JR 東日本では 8 日（日）に，首都圏線区を対象に 9 日（月）始発から 8 時頃まで運転を見合わせることを発表しているものの，他の鉄道事業者では運転再開は未定，もしくは安全確認が終了次第運転再開のような形での情報提供であり，事業者によって対応が分かれた．

(4) 2019 年台風 19 号時の運行状況

まず運休について，JR 東日本は 10 月 10 日（木）に，12 日（土）～13 日（日）に首都圏の在来線の運転を見合わせる計画運休を実施する可能性があることを発表している．また大手民鉄では，西武鉄道は 12 日（土）正午ごろから全線で運転を見合わせる可能性があることを，小田急電鉄は 12 日（土）～13 日（日）午前中まで運転本数の削減や計画運休を行うことと発表している．

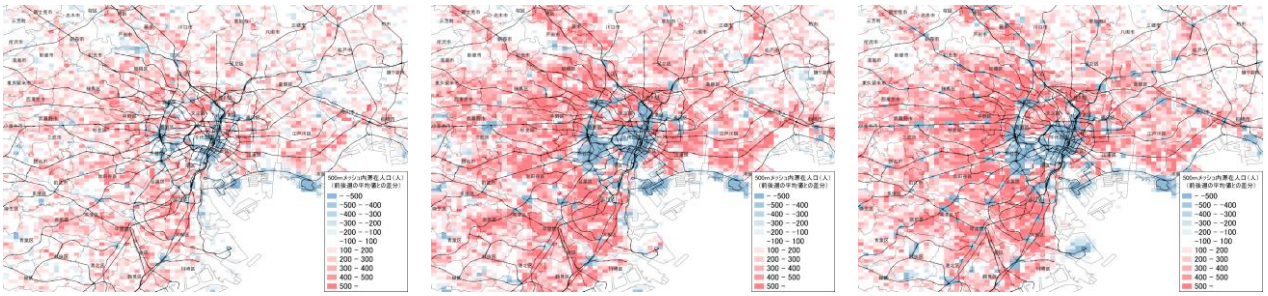
その後，JR 東日本は 10 月 11 日（金）に，翌 12 日（土）13 時ごろまでに首都圏の在来線の運転を順次取りやめ，運転再開は早くても 13 日（日）昼過ぎになる見込みであることを発表し，大手民鉄でも同様に，12 日（土）昼頃には運転を見合わせることを発表している．すなわち，鉄道事業者からは運休の前日に情報提供が行われていたことがわかる．

次に運転再開については，13 日（日）の始発から 7 時台までに運転再開した路線は比較的多く，その他路線も概ね 10 時台までに再開しているが，台風の影響が大きかった一部の路線では運転再開の遅れが発生している．鉄道事業者による運転再開に関する情報提供は，2 章で述べた国土交通省の方針に基づき，具体的な時刻は明示せず，昼頃まで運転見合わせのように運転再開後にある程度の列車本数が確保できる時間を幅をもった形で提供されている．

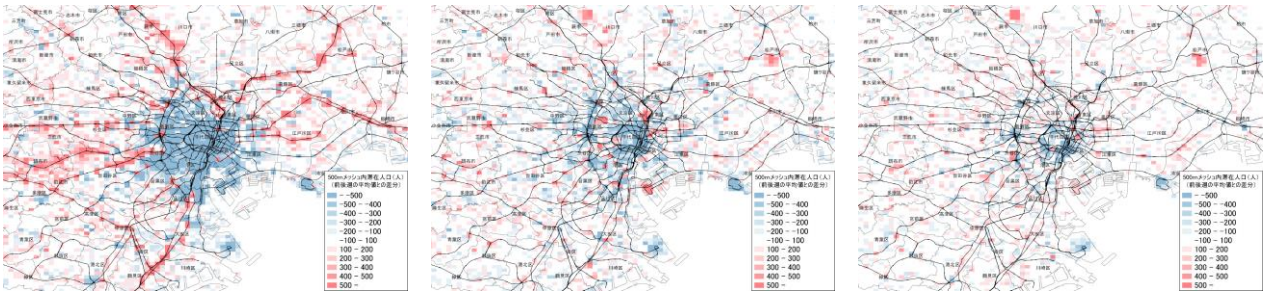
5. 計画運休前後の滞在人口の推移

(1) 2018 年台風 24 号時の滞在人口の推移

まず計画運休期間を含む 9 月 30 日（日）と 10 月 1 日（月）の各時間帯における滞在人口の推移を把握する．**図-1** は，計画運休時と平常時の滞在人口の差分を時系列に示したのものである．平常時の滞在人口は，計画運休前後週の同じ曜日の平均（日曜 : 9 月 23 日（日）と 10 月 7 日（日），月曜 : 9 月 25 日（火）と 10 月 9 日（火）（いずれも月曜は祝日のため））として算出した．なお，紙幅の制約上，本論文では 9 時台，15 時台，21 時台の分布を示す．



(a) 9 月 30 日（日）9 時台　(b) 9 月 30 日（日）15 時台　(c) 9 月 30 日（日）21 時台



(d) 10 月 1 日（月）9 時台　(e) 10 月 1 日（月）15 時台　(f) 9 月 30 日（日）21 時台

図-1　計画運休時と平常時の滞在人口の差分（2018 年台風 24 号時，500m メッシュ単位）

これより 9 月 30 日（日）について，9 時台は平常時との差は小さいが，これはまだ本格的な活動時間帯でないためと考えられる．15 時台は東京都心部を中心に減少し（図中の青色部分），郊外部で大幅に増加している（図中の赤色部分）．21 時台は都心・副都心で減少，郊外部で増加という状況が継続しており，平常時より帰宅時間が早まったことが推測される．

翌 10 月 1 日（月）について，9 時台は都心部で平常時より減少，郊外部で増加しているが，これは 4. (2)で述べた通り，多くの路線で運転再開の遅れが発生したことで，鉄道での出勤を見合わせる，もしくは駅付近で待機している人が発生していたためと推測される．その後，昼頃までに運転が再開されたことから，15 時台は平常時と比較して大きな差はなく，21 時台はほとんど差が生じていない．

次に 500m メッシュ内の滞在人口の時系列推移を把握する．**図-2** は，昼間時の滞在人口が多い地区を対象に，計画運休が実施されるまでの人口の推移を示したものである．具体的には，平常時の 14 時台の滞在人口が 10,000 人以上かつ 4 時台の滞在人口との差分が 7,000 人以上のメッシュ（東京都心部，横浜・さいたま・千葉の中心部など）の滞在人口の平均を算出し，その推移を 1 時間ごとに示したものである．なお，参考として上述のメッシュの平常時の夜間時人口（4 時台）及び昼間時人口（14 時台）（いずれも対象メッシュの人口の平均）を図上に記載している．また，**図-3** はこれを日別に表示したものである．

これより 9 月 30 日（日）について，計画運休の実施を発表した 12 時以降に滞在人口は減少に転じ，運休が開催される 20 時頃までに平常時の夜間時人口の水準まで低下していることがわかる．すなわち対象メッシュにおいては，帰宅困難な状況は生じていなかったものと推測される．また，**図-1** より 15 時台で東京都心部（新宿，渋谷，池袋など）や周辺の商業集積地区の滞在人口が減少しているが，台風 24 号時には百貨店や飲食店などが閉店時間を早めたことが関係しているものと考えられる．このことは 2.で述べたように，鉄道の計画運休が早期帰宅を促すなどの社会の安全を確保する役割を果たしたことを示唆しているものと言える．

翌 10 月 1 日（月）午前における滞在人口の増加傾向は，同じ平日の 9 月 28 日（金）と比較してやや緩やかであるが（**図-3** 参照），上述の通り多くの路線で運転再開が遅れたことで，都心部における出社時間が後ろにシフトしたためと推測される．

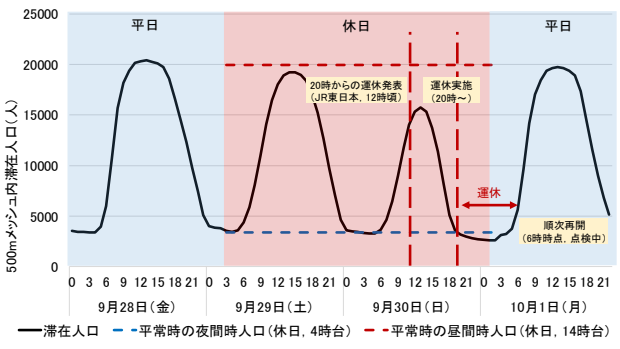


図-2　2018 年台風 24 号時の計画運休前後の滞在人口の推移
（昼間時の滞在人口が多いメッシュの平均）

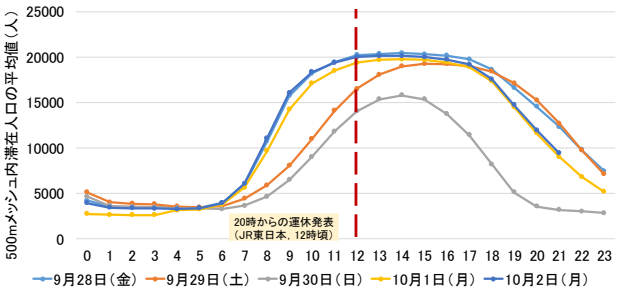


図-3　計画運休前後の滞在人口の推移（日別）
（昼間時の滞在人口が多いメッシュの平均）

(2)　2019 年台風 15 号時の滞在人口の推移

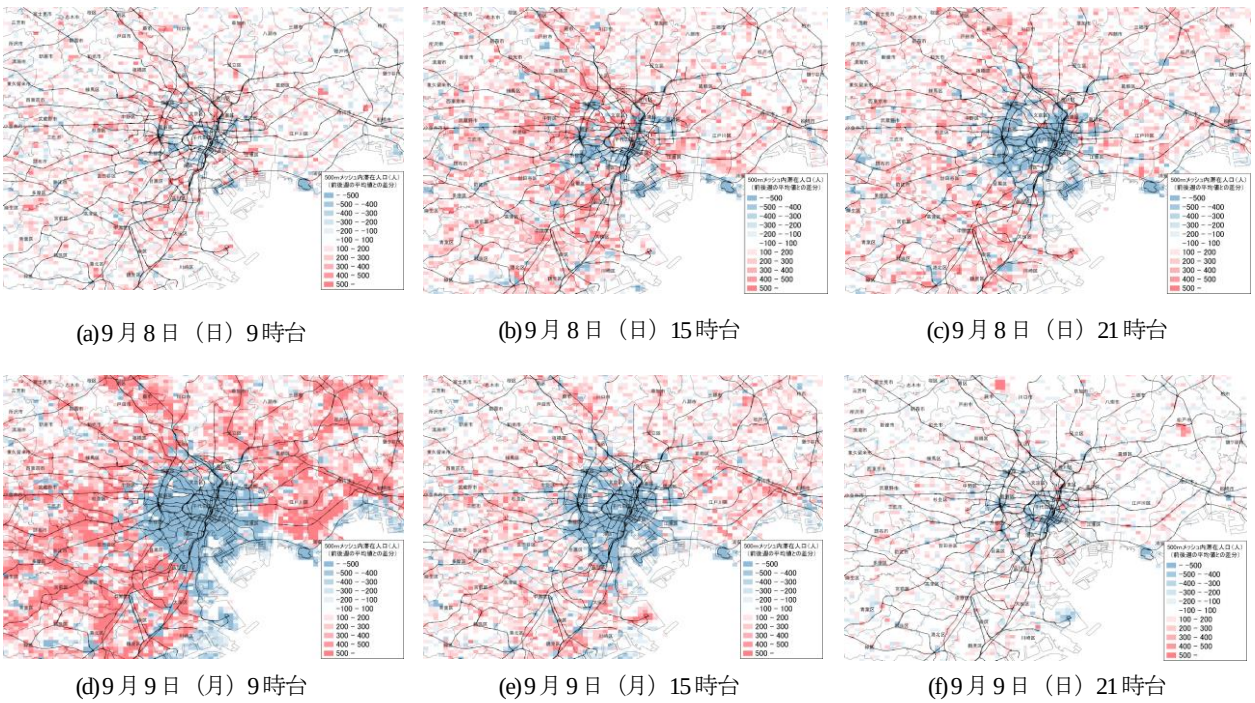
まず計画運休期間を含む 9 月 8 日（日）と 9 月 9 日（月）の各時間帯における滞在人口の推移を把握する．**図-4** は，計画運休時と平常時の滞在人口の差分を時系列に示したものである．平常時の滞在人口は，計画運休前後週の同じ曜日の平均（日曜：9 月 1 日（日）と 9 月 15 日（日），月曜：9 月 2 日（月）と 9 月 17 日（火）（16 日（月）は祝日のため））として算出した．

これより 9 月 8 日（日）について，9 時台は平常時との差は小さいが，これはまだ本格的な活動時間帯でないためと考えられる．15 時台は東京都心部を中心に減少し（図中の青色部分），郊外部で増加している（図中の赤色部分）．21 時台は都心部で減少メッシュが増加し，郊外部で増加という状況が継続しており，平常時より帰宅時間が早まったことが推測される．以上の結果について，2018 年 9 月の台風 24 号時と比較して，平常時との差が全体的に小さくなっているが，これは 4. (3)で述べた通り，多くの路線での計画運休の実施が 9 日（月）の始発からであったことが関係しているものと考えられる．

翌 9 月 9 日（月）について，9 時台は東京都心部で平常時より大幅に減少，郊外部で大幅に増加しているが，これは 4. (3)で述べた通り，多くの路線で運転再開が大幅に遅れたことで，自宅で待機する，もしくは駅構内及び周辺で滞留する人が多数発生していたためと推測される．その後，9 日（月）昼頃までに運転が再開されたものの，15 時台でも都心部で減少，郊外部で増加の傾向が継続していることから，出社を見送った人が一定数存在したものと考えられる．なお，21 時台は平常時との差はほとんどない．

次に 500m メッシュ内の滞在人口の時系列推移を把握する．**図-5** は(1)と同様に，昼間時の滞在人口が多い地区を対象に，計画運休が実施されるまでの人口の推移を示したものである．また，**図-6** はこれを日別に表示したものである．これより 9 月 8 日（日）昼間時間帯の人口は平常時と比較してやや少ない状況であるが，これは上述した通り，多くの路線での計画運休の実施が翌 9 日（月）の始発からであったことから，外出が抑制されることはなかったためと推測される．

翌 9 月 9 日（月）午前における滞在人口の増加傾向は，同じ平日の 9 月 6 日（金）と比較して非常に緩やかであり，12 時以降も平常時の水準に達していない（**図-6** 参照）．これは上述の通り，多くの路線で運転の再開が遅れたことで，出社できなかった，もしく出社時間が後ろにシフトしたためと推測される．



(a)9 月 8 日（日）9 時台　(b)9 月 8 日（日）15 時台　(c)9 月 8 日（日）21 時台

(d)9 月 9 日（月）9 時台　(e)9 月 9 日（月）15 時台　(f)9 月 9 日（日）21 時台

図-4　計画運休時と平常時の滞在人口の差分（2019 年台風 15 号時，500m メッシュ単位）

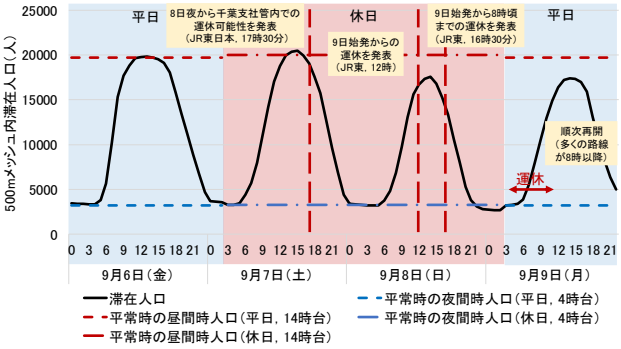


図-5　2019 年台風 15 号時の計画運休前後の滞在人口の推移（昼間時の滞在人口が多いメッシュの平均）

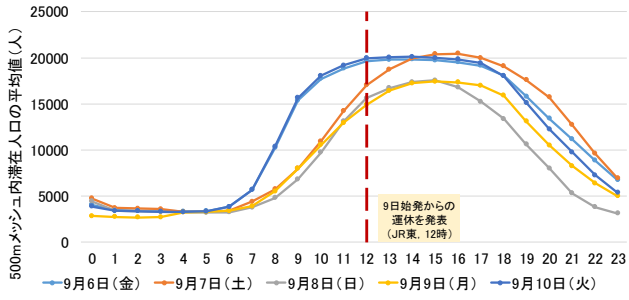


図-6　計画運休前後の滞在人口の推移（日別）（昼間時の滞在人口が多いメッシュの平均）

(3)　2019 年台風 19 号時の滞在人口の推移

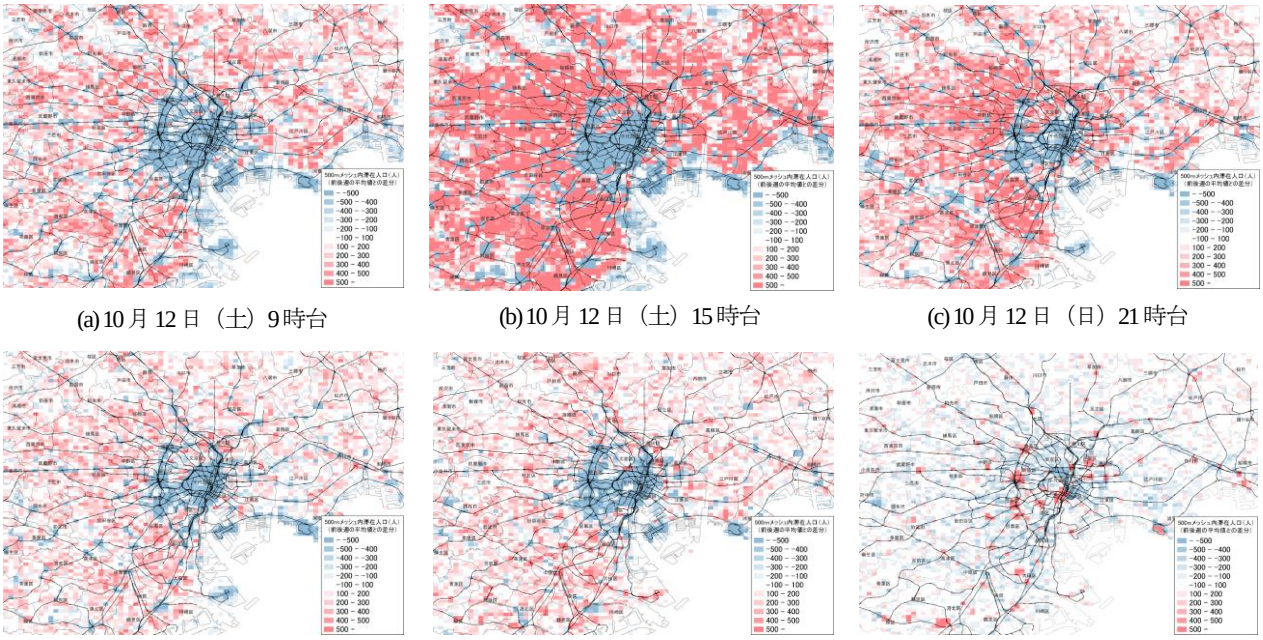
まず計画運休期間を含む 10 月 12 日（土）と 10 月 13 日（月）の各時間帯における滞在人口の推移を把握する．**図-7** は，計画運休時と平常時の滞在人口の差分を時系列に示したものである．平常時の滞在人口は，前後の同じ曜日の平均（土曜：10 月 5 日（土）と 10 月 19 日（土），日曜：10 月 6 日（日）と 10 月 20 日（日））として算出した．

これより 10 月 12 日（土）について，9 時台は東京都心部を中心に減少し，郊外部で増加している．これは **4.(4)** で述べた通り，多くの路線で昼過ぎより計画運休が実施されたことで，外出を控える人が多かったためと考えられ，活動時間帯である 15 時台はこの傾向が顕著である．21 時台も計画運休が継続していたことから，同様の傾向がみられる．

翌 10 月 13 日（日）について，9 時台は都心部で平常時よりやや減少，郊外部でやや増加しているが，その傾向は 15 時台も概ね同様である．JR 東日本など一部の路線を除き午前の時点で運転を再開したものの，台風通過直後でもあり，平常時の日曜に比べて外出する人が少なかったものと推測される．

次に 500m メッシュ内の滞在人口の時系列推移を把握する．**図-8** は(1)と同様に，昼間時間帯の滞在人口が多い地区を対象に，計画運休が実施されるまでの人口の推移を示したものである．また，**図-9** はこれを日別に表示したものである．これより 10 月 12 日（土）の滞在人口はほぼ平常時の夜間時人口（4 時台）と同じ水準であり，来訪者がほとんど存在しなかったことが示唆される．

翌 10 月 13 日（日）の滞在人口は，全体的に平常時の休日より低い水準で推移しており，特に午前中はその傾向が強い．台風通過直後であることから，外出を控える傾向であったことが示唆される．



(a) 10 月 12 日（土）9 時台　(b) 10 月 12 日（土）15 時台　(c) 10 月 12 日（日）21 時台

(d) 10 月 13 日（日）9 時台　(e) 10 月 13 日（日）15 時台　(f) 10 月 13 日（日）21 時台

図-7　計画運休時と平常時の滞在人口の差分（2019 年台風 19 号時，500m メッシュ単位）

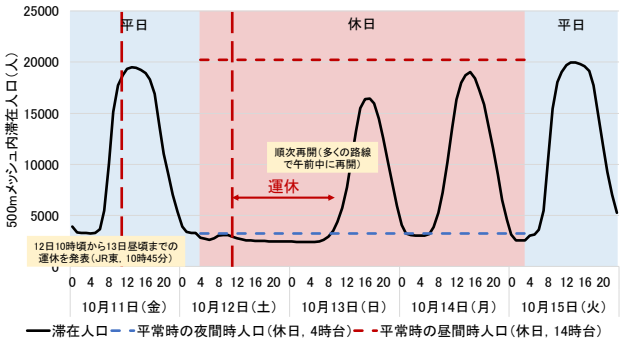


図-8　2019 年台風 19 号時計画運休前後の滞在人口の推移
（昼間時の滞在人口が多いメッシュの平均）

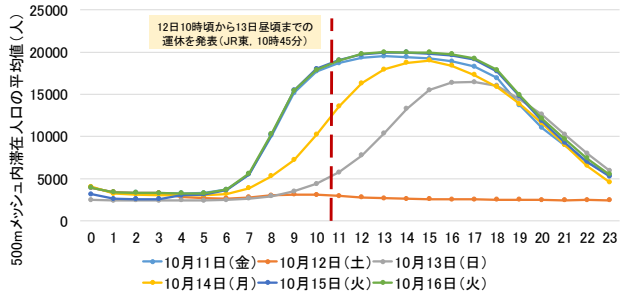


図-9　計画運休前後の滞在人口の推移（日別）
（昼間時の滞在人口が多いメッシュの平均）

(4)　分析結果のまとめ

過去に東京圏で実施された 3 回の計画運休を対象に，モバイル空間統計を用いて分析を行った結果を整理すると次の通りである．

2018 年 9 月の台風 24 号時の計画運休は，東京圏で初めて実施された事例であるが，運休の発表は当日 12 時過ぎと運休の約 8 時間前であり，鉄道利用者への周知までの時間が短かったことは後に課題となった．このとき都心部の滞在人口は，運休開始の時間帯（20 時台以降）には概ね夜間時人口（4 時台）の水準まで減少しており，帰宅困難な状況は生じていなかったものと推測される．

2019 年 9 月の台風 15 号時の計画運休は，2.で述べた通り，2018 年台風 24 号時の対応や課題を踏まえて 2019 年 7 月に国土交通省が最終取りまとめを発表するとともに，鉄道事業者へ情報提供タイムラインの作成を求めており，それを受けて実施したものである．実際に運休の発表が 24 時間前に行われ，かつ多くの路線で始発から運転を見合わせていたことから，前日の都心部の滞在人口は平常時の休日より少ない状況であり，混乱は生じなかったと推測される．ただし，運転再開が遅れたことから，都心部の滞在人口は大幅に減少する一方で，郊外部の滞在人口は大幅に増加しており，自宅での待機や駅周辺での滞留が広範囲に生じたものと推測される．

2019 年 10 月の台風 19 号時の計画運休は，9 月の台風 15 号時と同様，運休の発表が 24 時間前に行われ，かつ多くの路線で午前中から運転見合わせとなったことから，都心部及び郊外部の滞在人口は夜間人口とほぼ同水準であり，外出が抑制されたものと推測される．運転再開時については，台風 15 号時の教訓を踏まえて情報提供の方法を改善したことや，午前中を中心に外出を控える傾向がみられたことから，駅周辺での滞留など大きな混乱は生じなかったものと考えられる．

(5)　計画運休の留意点と今後の課題

(4)で整理した結果を踏まえ，東京圏での計画運休の留意点と課題について述べる．まず計画運休の実施前については，モバイル空間統計の滞在人口の推移を見る限り，帰宅困難者の発生などの大きな混乱は生じていない．これには鉄道事業者が国土交通省の要請に基づき情報提供タイムラインを作成し，事前の周知を強化したことや，計画運休に対する社会的な理解が醸成されてきたことが関係しているものと考えられる．

ただし，過去 3 回の計画運休における運転見合わせは，いずれも利用者が相対的に少ない土休日もしくは平日早朝に開始されている．今後利用者が多い平日の日中から夕方にかけて計画運休を実施するような場合，帰宅困難者の発生の抑制が図られるか，必ずしも確証を得られているわけではない．

この点に関して，計画運休の対象ではなかったものの，2018 年 1 月 22 日～23 日の関東地方の大雪では，22 日の 14 時 30 分に東京地方に大雪警報が発令され，企業等において従業員に早期帰宅を促したことや，降雪による列車の遅れが発生したことにより，一部のターミナル駅の改札で入場制限を行うなどの混乱が生じたことが報告されている[注 3)]．このように情報提供のタイミングは利用者の行動へ影響を及ぼすことから，例えば通勤での鉄道利用者を対象に，情報提供や運休開始のタイミングに応じた出社の有無や帰宅時間の選択などの行動を把握する意識調査を行うことは，一定の有用性があるものと考えられる．

次に計画運休の実施後については，2019 年 9 月の台風 15 号時の計画運休において，運転再開の際に利用者が駅へ集中して大きな混乱が発生したことから，国土交通省が取りまとめを更新し，これを受けた 10 月の計画運休では，鉄道事業者が運転再開に関する情報の提供方法を工夫したことや，外出を控える傾向がみられたことで，駅周辺での滞留などの大きな混乱は生じなかったものと考えられる．

ただし，平日と比較して利用者数が少ない休日であったことから，通勤・通学が主体の平日の場合，混乱発生の抑制が図られるか確証が得られているわけではない．運転再開に関する情報提供と鉄道利用者の行動に関して，引き続きの検討が必要であるとともに，テレワークの利用

などにより需要そのものを抑制する取組の促進も重要な課題であると考えられる.

6. おわりに

本研究では，携帯電話の位置情報に基づく人口流動データであるモバイル空間統計を用いて，東京圏において2018年の台風24号時，2019年の台風15号時及び19号時に実施された3回の鉄道の計画運休前後の滞在人口の推移を把握するとともに，列車の運行状況との関係を考察した．その結果， 計画運休の実施前については，運休となる曜日や時間帯は3回とも異なるものの，都心部の滞在人口が運休開始までに平常時の夜間人口の水準まで減少していることから，帰宅困難者の発生などの大きな混乱は生じていないことが示唆された.

また，計画運休の実施後については，運転再開が平日であった2018年台風24号時と2019年台風15号時の2回の計画運休で，都心部の滞在人口が大幅に減少する一方，郊外部の滞在人口が大幅に増加しており，通勤行動に支障が生じ，自宅での待機や駅周辺での滞留が発生していたことが示唆された.

最後に今後の課題として，本文中でも述べた通り，鉄道利用者が多い平日における計画運休に関する知見を得るために，利用者を対象に，情報提供や運休開始のタイミング別に出社の有無や帰宅時間の選択などの行動を把握する意識調査を行うことが挙げられる.

謝辞：本研究の一部は，東北大学災害科学国際研究所の2023年度災害レジデンス共創プロジェクト研究の助成を受けて実施したものである．記して謝意を表します.

NOTES

注1) 2018年台風24号時の計画運休に関しては日本経済新聞（2018年10月1日），朝日新聞デジタル（2018年10月1日），東洋経済ONLINE（2018年10月1日），NHKくらし解説（2018年10月11日），2019年9月の台風 15 号時の計画運休に関しては日本経済新聞（2019年9月8日），2019年10月の台風19号時の計画運休に関しては日本経済新聞（2019 年 10 月 10 日，10月11日，10月12日）にそれぞれ記載された情報を参照している．また，鉄道事業者の対応として，一般財団法人運輸総合研究所が2021年4月に開催した第70回運輸政策セミナー「自然災害に対応する計画運休の意義と課題～利用者の理解に向けて～」における発表資料を参照している．
https://www.jttri.or.jp/events/2021/semi70.html（最終閲覧日 2023年10月12日）

注2) 国土交通省：台風第 24 号による被害状況について（第1報：平成30年10月1日6:00現在）．
https://www.mlit.go.jp/common/001256126.pdf（最終閲覧日 2023年10月12日）

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 2023年10月12日）

REFERENCES

1) 河原吉秀：自然災害と鉄道－鉄道における新たな防災・減災対策「計画運休」について－，国際交通安全学会誌，Vol.45，No.2，pp.6-17，2020．[Kawahara, Y.: Natural disasters and railways: “planned service suspension” as a new method of disaster prevention and reduction for railways, *IATSS Review*, Volume 45, Issue 2, pp.6-17, 2020.]

2) 佐野拓真，金子雄一郎：携帯電話基地局データを用いた鉄道の計画運休の運転再開時における滞在人口の時空間分析－東京圏を対象として－，土木学会論文集，Vol.79，No.8，22-00192，2023.[Sano, T. and Kaneko, Y.: Spatio-temporal analysis of population during planned suspension of urban railways using mobile spatial statistics in Tokyo metropolitan area, *Japanese Journal of JSCE*, Volume 79, Issue 8, Article ID: 22-00192, 2023.]

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE RESIDENT POPULATION AND URBAN RAILWAY OPERATION STATUS DURING BAD WEATHER USING MOBILE SPATIAL STATISTICS

Kazuki SATANI and Yuichiro KANEKO