

携帯電話の位置情報を用いた東京圏における 鉄道の計画運休時の滞在人口分析

佐野 拓真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 千代田区神田駿河台1-8-14）

E-mail: csta21015@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 千代田区神田駿河台1-8-14）

E-mail: kaneko.yuuichirou@nihon-u.ac.jp

本研究は東京圏において2019年9月及び10月の2回実施された鉄道の計画運休を対象に、携帯電話の位置情報を基にしたモバイル空間統計を用いて事後的に分析したものである。具体的には、計画運休後の運転再開時における鉄道駅を含む500 mメッシュ内の滞在人口を時系列的に把握し、平常時である前週の滞在人口と比較した。その結果、9月の台風15号時の計画運休では、多くの路線で運転が再開された9時台以降、郊外部のメッシュを中心に滞在人口の増加が確認された。また、10時台から12時台にかけて、滞在人口が3~4割以上増加したメッシュが多数存在しており、駅での滞留が発生していたことが推察される。一方で、10月の台風19号時の計画運休では、台風15号時のような滞在人口の大幅な増加は確認されなかったことから、駅の滞留はほとんど生じていなかったものと推察される。

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

1. はじめに

東京圏では2019年に台風上陸等の影響で9月と10月の2回鉄道の計画運休が実施されたが、このうち9月の運休では一部の路線において運転再開時に利用者が駅に集中する一方、再開時の輸送力の限界もあり、駅での入場規制が行われるなどの混乱が生じた。計画運休は利用者の安全確保上必要な措置ではあるが、運休前や運転再開時に利用者が適切な判断を行えるよう、あらかじめ情報提供の内容や時点を検討しておくことが重要である。

鉄道の計画運休については、2014年にJR西日本が最初に実施し、その後東京圏でも2018年に行われ、これらの結果を踏まえ、2019年7月に国土交通省が対応方針のとりまとめを公表するとともに、情報提供タイムラインのモデルケースを提示した。また上述の通り、2019年9月の計画運休では、運転再開に関する情報提供が課題となったことから、各鉄道事業者において対応が検討されるとともに、国土交通省の対応方針も項目が追加された。その結果として、2019年10月の計画運休の運転再開時には、大きな混乱は生じなかったとされている。

計画運休に対する社会受容性は醸成されつつあり、運休までの情報提供は概ね問題ないと思われる一方で、運転再開時の情報提供のあり方については、引き続き検討

することが重要と考えられる。そのためには、計画運休時における駅毎の状況をリアルタイムに確認する必要があるが、既存の統計調査では把握は困難である。

一方、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NITドコモのモバイル空間統計は、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（例えば金子ら¹、佐々木ら²など）。そこで本研究では、東京圏において2019年9月及び10月の2回実施された鉄道の計画運休を対象に、モバイル空間統計を用いて駅周辺の状況変化を事後的に分析する。具体的には、計画運休後の運転再開時における駅を含む500 mメッシュ内の滞在人口を時系列的に把握し、平常時との滞在人口と比較する。

2. 鉄道の計画運休に関する取り組み

国土交通省では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行っ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。この中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必要であるとの認識を示している。

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。

さらに2019年9月の台風第15号で実施された計画運休の対応について、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。

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な限り、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
○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。
○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. 計画運休後の運転再開状況

(1) 運転再開状況の把握方法

本研究では、対象地域内の各路線の計画運休後の運転再開状況について基本的に、1)国土交通省が災害時に公表している災害情報、2)鉄道事業者が発信している運行情報を用いて把握する。このうち2)は、現時点で当時の発信内容を確認可能な公式Twitterを用いる。これらの媒

体から把握可能な情報は、運転再開の予定時刻と実際の再開時刻である。運転再開予定時刻については、国土交通省の災害情報に記載の予定時刻及び鉄道事業者のTwitterに掲載された情報を用いる。

(2) 計画運休後の運転再開状況^{3),4)}

a) 2019年9月の運転再開状況 (台風15号時)

(1)で述べた方法で把握した2019年9月の台風15号時の計画運休における主な路線の運転再開状況を表-3に示す。ここで表中の運転再開予定時刻は、上述した国土交通省の災害情報 (第1報:9月9日8:00、鉄道関係は5:30現在) で運転再開欄に記載された予定時刻である。これより8時台までに運転再開した路線は少なく、多くが9時台～10時台であることがわかる。

一方、鉄道事業者による運転再開に関する情報については、JR東日本の首都圏路線を中心に「9日始発から8時頃まで運転見合わせ」という情報が前日夕方 (16:30) に提供されたが⁵⁾、他の鉄道事業者では「安全確認が終了次第、運転再開」もしくは「運転再開は未定」のように時刻を明示しての提供は行われず、鉄道事業者によって対応が分かれた。

b) 2019年10月の運転再開状況 (台風19号時)

a)と同様に、2019年10月の台風19号時の計画運休における運転再開状況を表-4に示す。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が遅れている。一方、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、「少なくとも昼頃までに運転見合わせ」もしくは「安全確認後に運転再開」と具体的な時刻を明示しない内容であった。

表-3 計画運休後の運転再開状況 (2019年9月9日)

鉄道事業者	路線名	運転再開予定時刻	運転再開時刻	鉄道事業者	路線名	運転再開予定時刻	運転再開時刻
JR東日本	山手線	公表無し	10:15	京成電鉄	全路線	公表無し	8:30～翌日始発
	東海道線	8:00	13:00	京王電鉄	他路線	公表無し	8:30
	横須賀線	8:00	14:00	井の頭線	公表無し	13:17	
	京浜東北線	8:00	11:40	小田急電鉄	全路線	6:00	9:30～10:45
	中央線	8:00	9:34	東急電鉄	全路線	公表無し	8:30
	宇都宮線	10:00	9:00	京急電鉄	全路線	公表無し	8:35～11:00
	高崎線	8:00	9:00	相模鉄道	全路線	公表無し	9:30～13:00
	常磐線	8:00	11:00	他路線	公表無し	始発	
	総武線	8:00	11:00	東京メトロ	東西線 (一部区間)	10:00	9:35
	京葉線	10:00	10:00	有楽町線 (一部区間)	8:00	7:00	
東武鉄道	埼京線	8:00	10:30	他路線	公表無し	始発	
	※他多数			都営地下鉄	新宿線 (一部区間)	公表無し	7:09
	全路線	6:00	6:23～9:05	三田線 (一部区間)	公表無し	8:10	
	他路線	計画運休実施せず		横浜市営地下鉄	全路線	公表無し	8:40
西武鉄道	多摩川線	公表無し	6:30				

表-4 計画運休後の運転再開状況 (2019年10月13日)

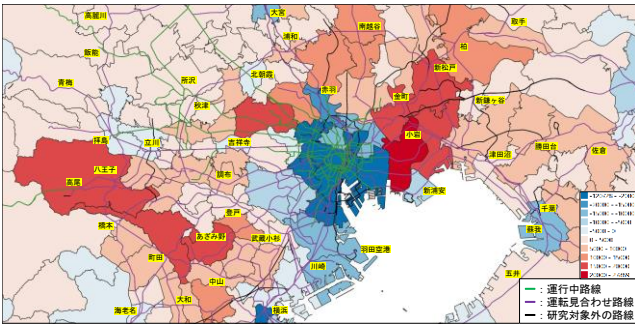
鉄道事業者	路線名	運転再開予定時刻	運転再開時刻	鉄道事業者	路線名	運転再開予定時刻	運転再開時刻
JR東日本	山手線	昼頃	8:04	東武鉄道	全路線	点検後	6:30~16:49
	東海道線	昼頃	14:00	西武鉄道	全路線	昼頃	始発~13:44
	横須賀線	昼頃	15:00	京成電鉄	全路線	安全確認後	始発
	京浜東北線	昼頃	10:30~14:30	京王電鉄	他路線	安全確認後	8:30
	中央線	昼頃	11:30		井の頭線	安全確認後	始発
	宇都宮線	昼頃	12:36	小田急電鉄	全路線	点検後	12:30
	高崎線	昼頃	13:00	東急電鉄	全路線	安全確認後	始発~8:00
	常磐線	昼頃	13:00	京急電鉄	全路線	昼頃	6:45~8:30
	総武線	昼頃	9:29~10:01	相模鉄道	全路線	安全確認後	始発~5:32
	京葉線	昼頃	11:30	東京メトロ	全路線	安全確認後	始発~7:00
	埼京線	昼頃	13:00	都営地下鉄	他路線	公表無し	始発~7:00
	※他多数			横浜市営地下鉄	全路線	安全点検後	始発

4. モバイル空間統計を用いた計画運休の分析

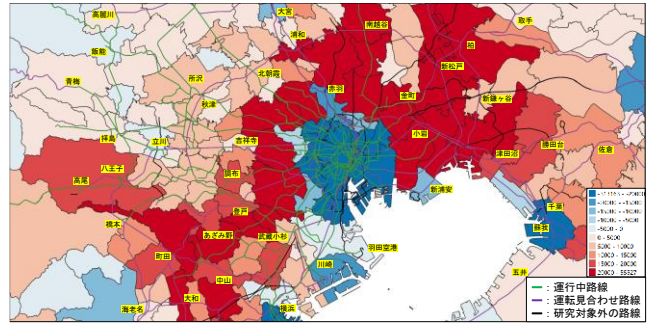
(1) モバイル空間統計の特徴

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。

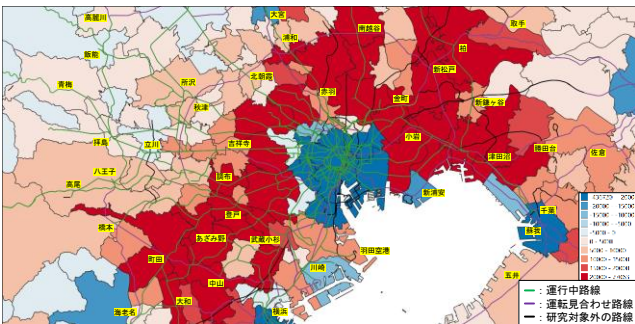
提供される人口データの最小単位は500 mメッシュであり、当該メッシュ内の人口の性別、年齢層、居住地の情報が付与される。このうち居住地については、市区町



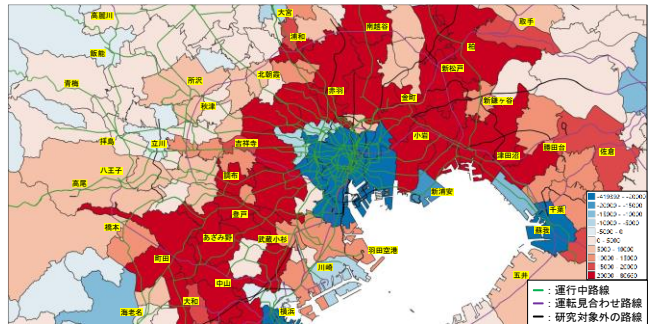
(a) 7時台 (7:00~7:59)



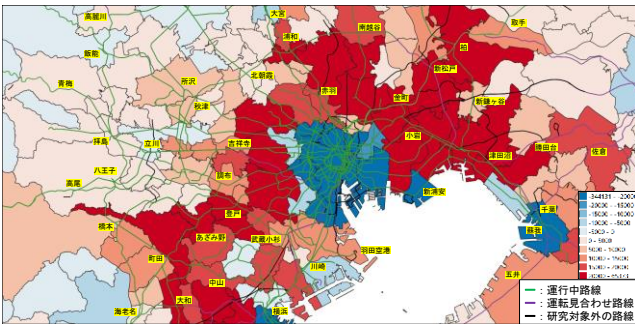
(b) 8時台 (8:00~8:59)



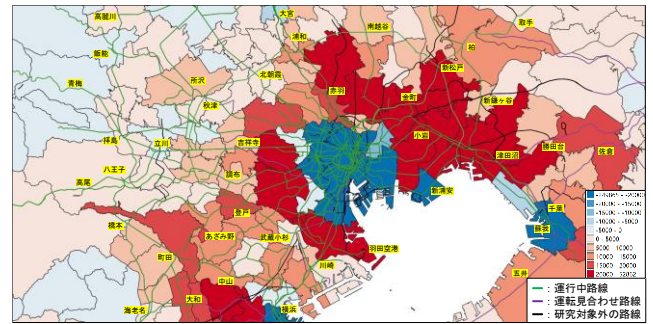
(c) 9時台 (9:00~9:59)



(d) 10時台 (10:00~10:59)



(e) 11時台 (11:00~11:59)



(f) 12時台 (12:00~12:59)

図-1 計画運休時と平常時の滞在人口の差分 (7時台~12時台・市区町村単位)

村単位で把握できる。一方、移動の際の利用交通機関や周遊行動（トリップチェーン）は把握できない。従って、本研究で用いる滞在人口についても、鉄道利用者のみを抽出したものでない点に注意が必要である。

(2) モバイル空間統計の使用範囲

本研究におけるデータの使用範囲を整理したのが表-5である。基本的な考え方は、計画運休の運転再開日と平常時として前週の同じ曜日の滞在人口を用い、同一時間帯における滞在人口の差分を算出することで、計画運休時の運転再開状況による影響を把握する。滞在人口の単位は、市区町村及び駅を含む500 mメッシュ（4次メッシュ）とする。なお、500 mメッシュ内の滞在人口には、駅の利用者だけでなく、駅周辺の居住者や従業者等も含まれる点に注意が必要である。

時間帯について、9月の計画運休の場合、運転再開が9月9日の午後以降にも及んだことや、平日であったため通勤・通学等における移動が多かったことから、4時台～15時台と広範囲に滞在人口データを取得した。ここで4時台については、当該メッシュ内の夜間人口に相当するものとして捉えることができる。

表-5 モバイル空間統計の使用範囲

台風15号時の 計画運休	・市区町村単位 ・駅を含む500m メッシュ単位	・計画運休時 2019年9月9日(月) ・平常時(前週) 2019年9月2日(月)	4時台～15時台 (1時間ごと)
台風19号時の 計画運休	・市区町村単位 ・駅を含む500m メッシュ単位	・計画運休時 2019年10月13日(日) ・平常時(前週) 2019年10月6日(日)	8時台～16時台 (2時間ごと)

(3) 分析方法

一般に計画運休後の運転再開時においては、列車の運転本数を十分確保できないことから、通勤・通学行動へ大きな影響を及ぼすものと想定される。具体的には、最寄駅や乗換駅における待ち時間の増大、改札への入場規制等に伴う駅付近での人の滞留、駅周辺の施設や自宅等での待機などが発生したことが、当時の新聞やニュース等でも報道されている。しかし、これらの情報は地域を限定したものが大半であり、東京圏全域の状況を把握できるものではない。

そこで本研究では、上述したモバイル空間統計を用いて、まず、市区町村単位の滞在人口を基に計画運休時と平常時の差分を算出し、全域的な傾向を把握する。そのうえで、駅を含む500 mメッシュ単位の滞在人口について、計画運休時と平常時の差分及び比率を算出することで、駅及び周辺での滞留状況を把握する。

(4) 台風15号の計画運休に関する分析

a) 市区町村別の滞在人口の変化

図-1 は計画運休の運転再開時（9月9日）と平常時（前週の9月2日）の市区町村別の滞在人口の差分を1時間毎に算出したものである。これより7時台では両者の差分はそれ程大きくないものの、8時台以降、東京都区部の外縁部や隣接する東京多摩部、神奈川県、埼玉県南部、千葉県西部などの郊外部を中心に平常時より滞在人口が大幅に増加しており、この傾向は12時台も一部地域を除き継続していることがわかる。

一方で、従業地である東京都心部では顕著な減少傾向がみられる。図-2 は東京都心5区（千代田区・中央区・港区・新宿区・渋谷区）の滞在人口について、平常時との比率の推移を示したものである。これより8時台から10時台にかけて千代田区、中央区、港区で平常時に比べて最大5割以上と大幅に低下していることがわかる。都心部は事業所が集積している地域であり、運転再開の遅れや駅での滞留の発生などにより、勤務先へ到達できない人が多く発生したことが推察される。なお、13時台にはいずれの区も前週の8割以上に回復しており、遅れながらも出勤した人が多いことが推察される。

以上より、地域別に滞在人口の増減が発生していることが明らかとなったが、これを集約して示したのが図-3である。これより東京都区部では平常時に比べて滞在人口が大きく減少（図では負値）しているのに対して、その他の地域ではいずれも増加（図では正値）しているこ

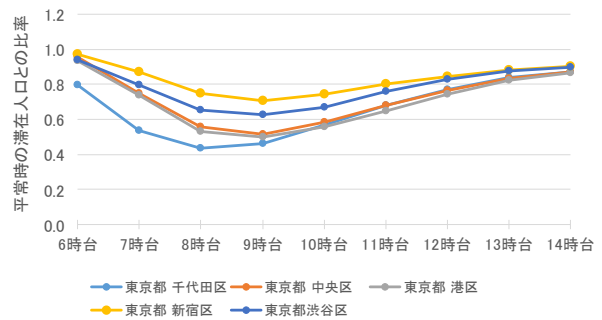


図-2 都心5区における滞在人口比率の推移

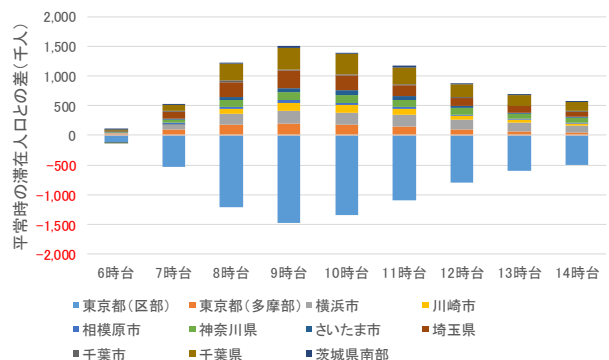


図-3 計画運休時と平常時の滞在人口の差分の時系列変化

とがわかる。この傾向は9時台をピークとして徐々に縮小しているものの、12時台でも一定の増減がみられる。

b) 駅を含む500 mメッシュ内の滞在人口の変化

図-4 は計画運休の運転再開時（9月9日）と平常時（9月2日）の駅を含む500 mメッシュ内の滞在人口の差分を1時間ごとに算出したものである。これより a)の市区町村単位の結果と同様に、郊外部の500 mメッシュを中心に滞在人口が増加しているのに対して、都心部では大半の500 mメッシュで減少していることがわかる。

時間帯別では7時台は平常時との差分は小さいものの、8時台以降は拡大傾向にあり、駅や周辺に滞留していることが推察される。また、当日の路線別の運転再開時刻（表-3 参照）との関係を見ると、運転再開が遅れた路線（JR 総武線や京浜東北線、小田急小田原線など）の駅を含むメッシュで滞在人口の増分が大きい傾向がみられる。この点については、運転再開情報の提供方法など

を含めて、今後詳細に分析を行う予定である。

なお、平常時の滞在人口との比率を算出した結果についても、概ね同様の傾向であった。

図-5 及び図-6 は上述の平常時の滞在人口との差分及び比率の分布を時間帯別に示したものである。差分については0（階級幅では-100~100），比率については1（同 0.975~1.025）が平常時と同じであり、分布が右にシフトしていると増加，左にシフトしていると減少を表している。これよりいずれも7時台では0もしくは1を中心に分布しているのに対して、8時台以降は分布が右にシフトしており、平常時に比べて多くのメッシュで滞在人口が増加傾向にあることがわかる。特に比率の分布（図-6）の9時台と10時台における階級 1.275~1.425 の相対度数が他の時間帯より高く、駅及び周辺に利用者が集中していることがうかがえる。

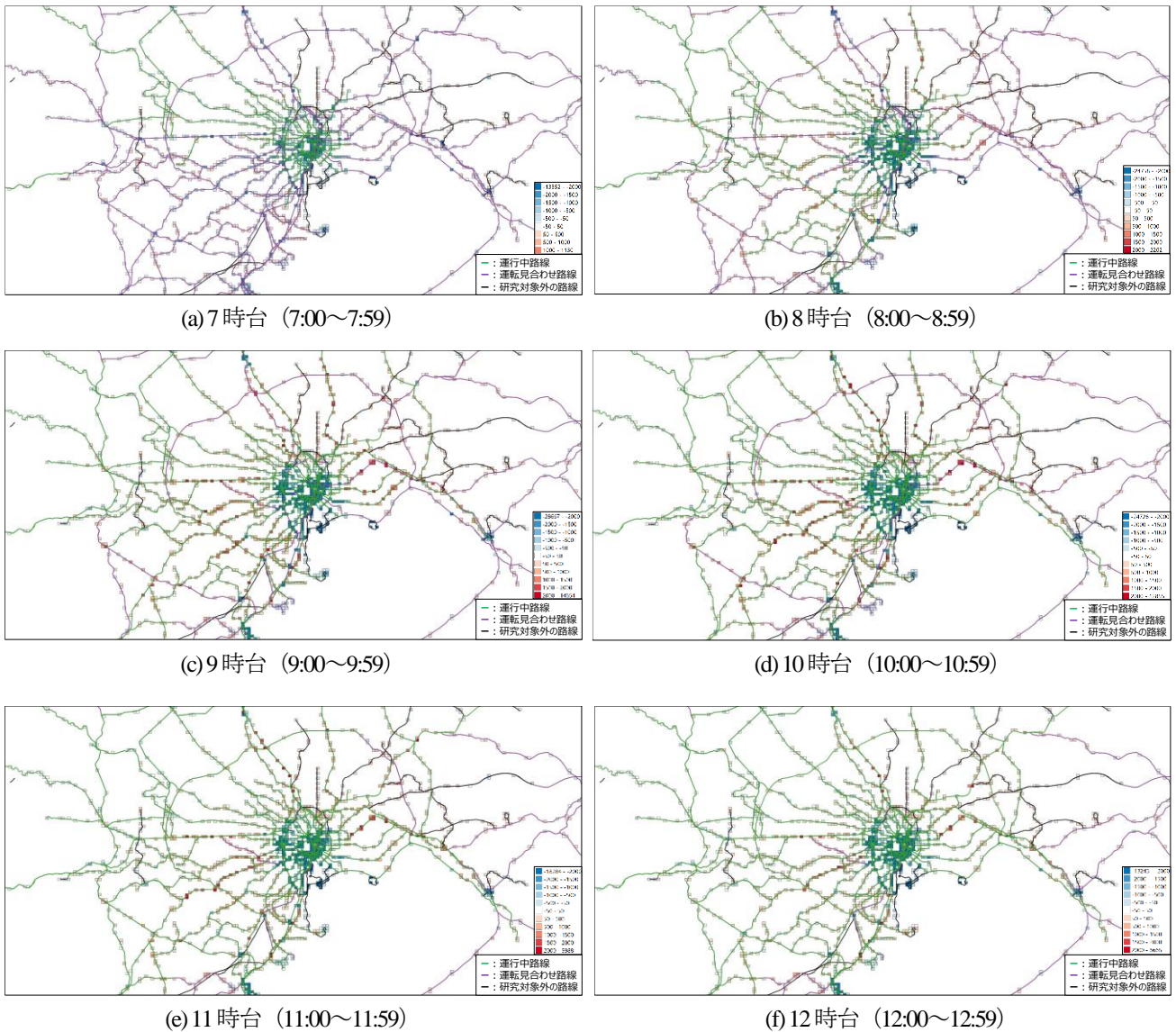


図-4 計画運休時と平常時の滞在人口の差分（7時台～12時台・駅を含む500 mメッシュ単位）

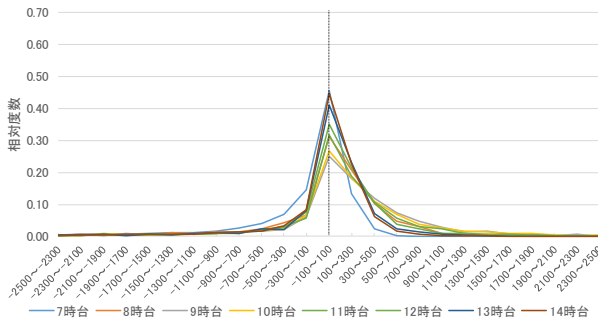


図-5 計画運休時と平常時の滞在人口の差分の分布 (駅を含む500 mメッシュ単位)

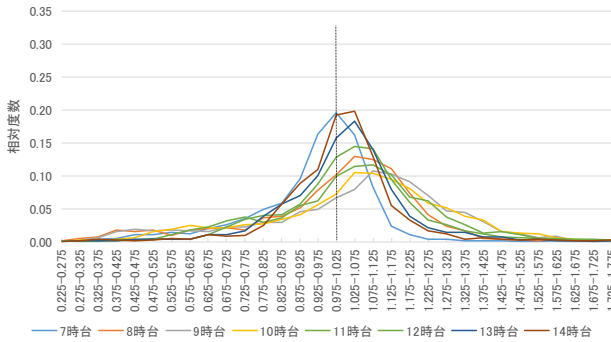


図-6 計画運休時と平常時の滞在人口の比率の分布 (駅を含む500 mメッシュ単位)

(前週の10月6日)の市区町村別の滞在人口の差分を2時間ごとに算出したものである。これより8時台では、前週との差分が小さい市区町村が多く、10時台と12時台では、郊外部の一部の市区町村を中心に滞在人口が増加している一方、都心部では減少していることがわかる。ただし、いずれも9月の台風15号時と比較して、増減幅は小さい。

図-8は地域別の滞在人口の差分の推移を示したのがある。この図からも、台風15号時(図-3)と比較して増減幅が小さいことがわかる。

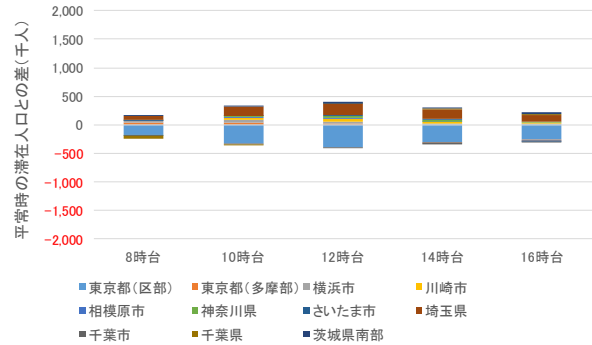


図-8 計画運休時と平常時の滞在人口の差分の時系列変化

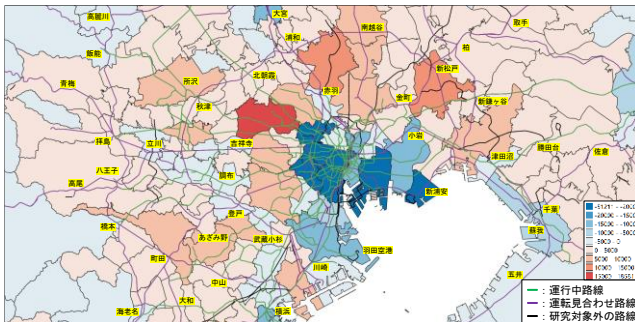
(5) 台風19号の計画運休に関する分析

a) 市区町村別の滞在人口の変化

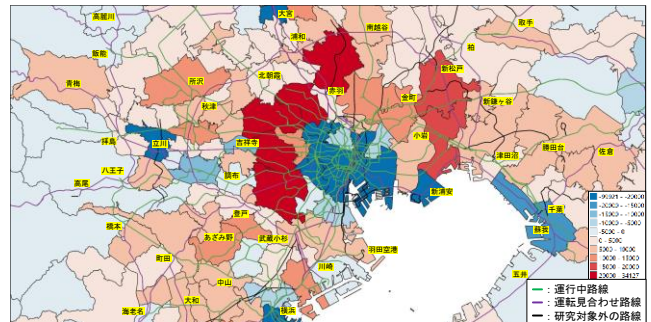
図-7は計画運休の運転再開時(10月13日)と平常時

b) 駅を含む500 mメッシュ内の滞在人口の変化

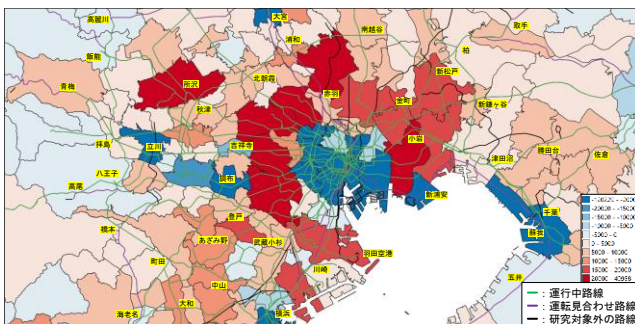
図-9は計画運休の運転再開時(10月13日)と平常時(10月6日)の駅を含む500 mメッシュ内の滞在人口の



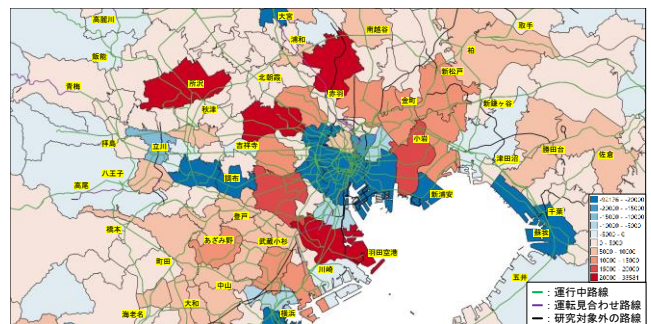
(a) 8時台 (8:00~8:59)



(b) 10時台 (10:00~10:59)



(c) 12時台 (12:00~12:59)



(d) 14時台 (14:00~14:59)

図-7 計画運休時と平常時の滞在人口の差分 (8時台~14時台・市区町村単位)

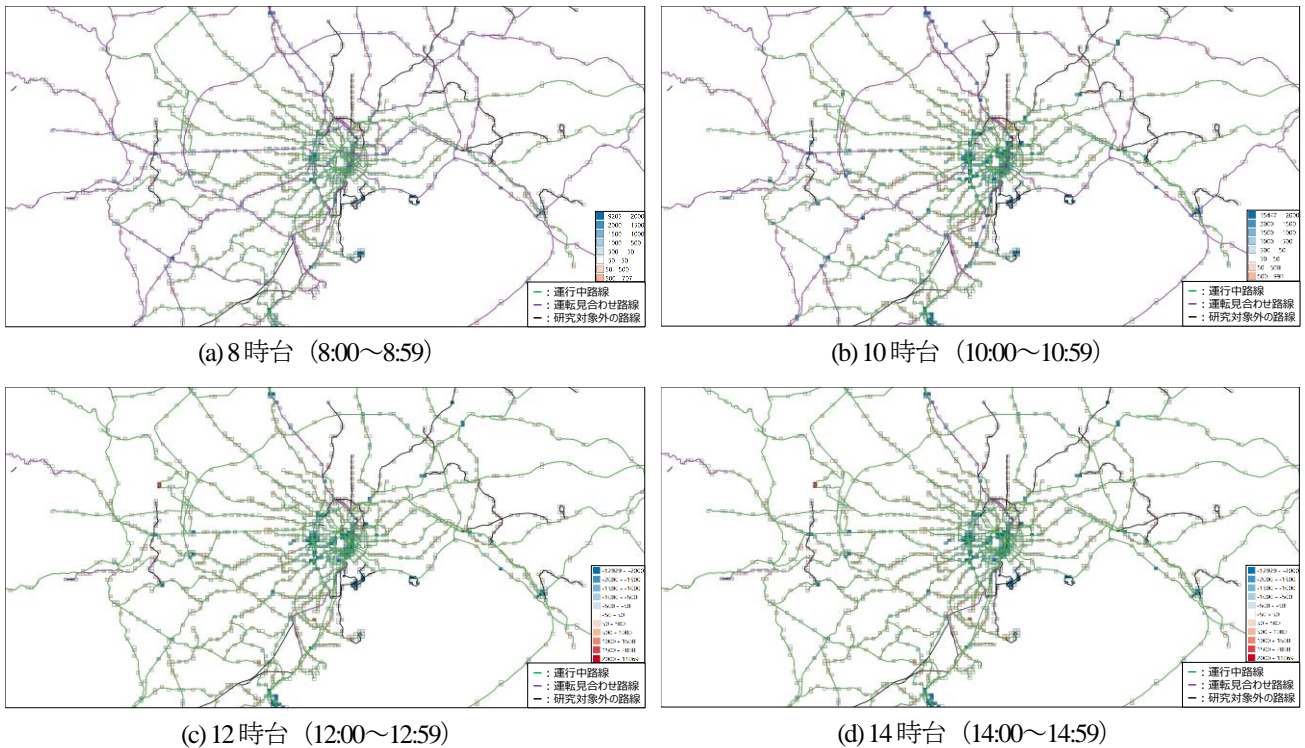


図-9 計画運休時と平常時の滞在人口の差分 (8時台～14時台・駅を含む500mメッシュ単位)

差分を示したものである。これより a)の市区町村単位の結果と同様に、全域的に滞在人口の増減が小さいことがわかる。なお、平常時との滞在人口との比率を算出した結果についても、概ね同様の傾向であった。

図-10 及び図-11 は上述の平常時の滞在人口との差分及び比率の分布を時間帯別に示したものである。差分及び比率とも、10時台～14時台ではやや右にシフトしているものの、台風15号時のような傾向はみられない。すなわち、利用者の駅への集中による混乱は生じなかったものと推察される。

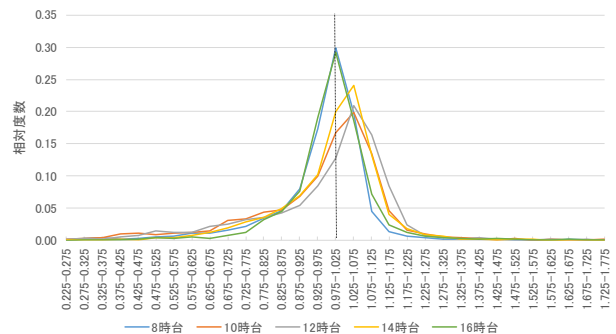


図-11 計画運休時と平常時の滞在人口の比率の分布 (駅を含む500mメッシュ単位)

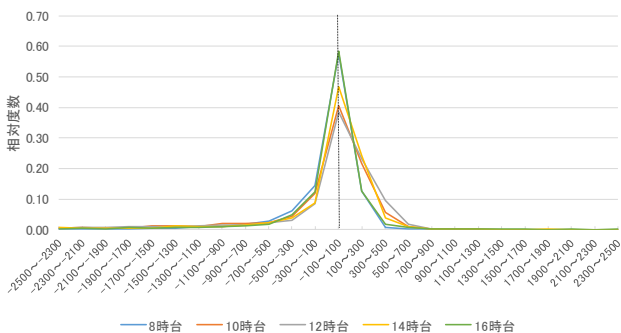


図-10 計画運休時と平常時の滞在人口の差分の分布 (駅を含む500mメッシュ単位)

5. おわりに

本研究では、東京圏において2019年9月及び10月の2回実施された鉄道の計画運休を対象に、携帯電話の位置情報を基にしたモバイル空間統計を用いて事後的に分析した。具体的には、計画運休後の運転再開時における鉄道駅を含む500mメッシュ内の滞在人口を時系列的に把握し、平常時である前週の滞在人口と比較した。その結果、9月の台風15号時の計画運休では、多くの路線で運転が再開された9時台以降、郊外部のメッシュを中心に滞在人口の増加が確認された。また、10時台から12時台にかけて、滞在人口が3～4割以上増加したメッシュが多数存

在したことから、駅及び周辺での滞留が発生していたことが推察される。一方で、10月の台風19号時の計画運休では、台風15号時のような滞在人口の大幅な増加は確認されなかったことから、駅への利用者の集中は殆ど生じていなかったものと推察される。

今後の課題として、路線単位での詳細な分析を行うこと、運転再開の時間帯や運転再開予定時刻の提供の有無と滞在人口の変化との分析を行うことが挙げられる。

参考文献

- 1) 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

- 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.
- 2) 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.
- 3) 国土交通省: 令和元年台風第 15 号による被害状況等について.
- 4) 国土交通省: 令和元年台風第 19 号による被害状況等について.
- 5) 東日本旅客鉄道株式会社: JR 東日本の取り組みについて, 運輸事業の安全に関するシンポジウム 2020 配付資料.

(2021.3.7 受付)

ANALYSIS OF POPULATION DURING PLANNED SUSPENSION OF RAILWAYS IN THE TOKYO METROPOLITAN AREA USING LOCATION INFORMATION BY MOBILE PHONE

Takuma SANO and Yuichiro KANEKO