

東京圏の鉄道路線網における運休区間の発生 による方面・エリア別の影響分析

田中 義章¹・山下 守人²・遠藤 俊宏³

¹正会員 (独) 鉄道・運輸機構 東京支社 計画部 調査第一課 (〒105-0011 東京都港区芝公園2-4-1)
E-mail: tanaka.yos-4rk3@jrtr.go.jp

²正会員 (独) 鉄道・運輸機構 東京支社 計画部 調査第一課 (〒105-0011 東京都港区芝公園2-4-1)

³非会員 (独) 鉄道・運輸機構 東京支社 計画部 調査第一課 (〒105-0011 東京都港区芝公園 2-4-1)

日本の都市鉄道は、都市の機能を支える「都市の装置」としての役割を果たしている。特に東京圏の都市鉄道は、我が国の中枢機能を支える基盤であり、強靱性が求められている。また、相互直通運転化等により利便性の向上が図られ、ネットワークとして一体化が進んだ結果、鉄道事業者や路線単位だけでは地域や鉄道に関する事象や課題を捉えきれなくなっている。そのため、鉄道ネットワークの形状や利用者の動向を踏まえた一定規模のエリア単位で、東京圏の都市鉄道の脆弱性等を捉える評価・分析を行っていくことが重要と考える。

本稿では、東京圏の都市鉄道で運行障害が発生し運休となった場合について、旅客流動の変化を分析できる需要分析システムを用いてエリア別に影響分析を行い、方面別の評価を行った。

Key Words : Tokyo metropolitan area, railway network, direction, area, impact analysis of inoperative section

1. はじめに

日本の都市鉄道は、都市の機能を支える「都市の装置」としての役割を果たしており、地域社会や地域住民、利用者など、広く社会経済に様々な効果・影響を及ぼしている。特に、東京圏は我が国の政治、行政、経済の中枢機能が集積している中で鉄道の輸送機関分担率が平成21年度には約6割を占めるなど¹⁾、都市鉄道は日々の生活や経済活動にとってなくてはならない存在となっている。

東京圏の都市鉄道は、路線整備の進展や、相互直通運転化が進められてきた結果、世界的にみても稠密なものとなり、相当程度充実してきた。一方、その複雑なネットワークは、ひとたび遅延や運休が発生すると様々な周辺路線に影響が波及する事態にもなっている。また、過去には地震や降雪等の災害時に、鉄道利用者が駅等に滞留した事象が発生したほか、近い将来には首都直下地震が発生するとの予測もあり、災害対策の重要性が増している状況にある。以上を踏まえ、平成28年4月に答申された「東京圏における今後の都市鉄道のあり方について」(以下、198号答申)では、東京圏の都市鉄道が目指すべき姿の一つとして、信頼性や強靱性が求められる

とされた。そのため、今後の都市鉄道においては、そのような観点からの評価が必要と考える。特に、東京圏の都市鉄道では、短時間の遅延が慢性的に発生しているほか、人身事故や信号故障等といった突発的な障害により30分超の遅延が1ヶ月(平日20日間)あたり1回以上発生している路線が10路線ある²⁾などといった状況を踏まえると、震災等の災害時だけでなく、突発的な障害も含めたネットワーク評価が重要であると考えられる。

また、東京圏の都市鉄道に関する事象について、従来は鉄道事業者単位や路線単位、行政界単位での整理が主であった。しかし、相互直通運転等により都市鉄道ネットワークとして一体化が進んだ状況においては、従来の路線単位等では鉄道に関する事象を表現しきれなくなっており、今後は、一定規模のエリア単位でネットワークを考慮して事象を捉えていくことが重要と考える。

そこで、本研究では、東京圏の都市鉄道で、自然災害等によって終日に渡って運休となった場合と、突発的な運行障害が発生し一時的に運休となった場合について、運行障害時の旅客流動の変化を分析できる需要分析システムを用いてエリア単位で影響分析を行い、ネットワークの脆弱性等について方面別での評価を行った。

2. 評価手法の概要

(1) 運行障害による鉄道ネットワークへの影響分析に関する既存研究

運行障害による鉄道ネットワークへの影響を分析・評価する研究については、これまでも報告がなされている。例えば、金子ら^{3,4)}、中川ら^{5,6)}によって、東京圏の都市鉄道ネットワークの脆弱性評価がなされている。そのほかにも、藤生ら⁷⁾、高田ら⁸⁾、角田ら⁹⁾、樽田ら¹⁰⁾が、運行障害時の損失時間の推定に着目した研究を、佐野ら¹¹⁾、竹木ら¹²⁾、堀江ら¹³⁾が、運行再開方法に関する研究を、高田ら¹⁴⁾、武藤¹⁵⁾、最首¹⁶⁾が、運行障害時の情報提供や乗客の経路選択行動を分析した研究を、金子ら^{17,18)}が、鉄道代替バスの輸送方策を検討した研究を、それぞれ行ってきたことが報告されている。

(2) 本研究で用いる運行障害時の旅客流動の変化を分析できる需要分析システム

運行障害時の最大の問題は、車両内や駅構内において極めて激しい混雑が発生し、列車に乗車できない状況が発生する等、混雑に起因する問題である。そのため、乗車できない区間の発生を分析できるとともに、それに伴う旅客の行動変化を考慮できる分析手法が必要となる。そこで、木村ら¹⁹⁾、山下ら²⁰⁾、石野ら^{21,22)}、山下ら²³⁾は、運行障害時の鉄道旅客の選択行動について、ある一定の仮定を置いた上で、運行障害時の旅客流動の変化を分析できる需要分析システムの研究・開発を行った。その結果、路線の輸送力を考慮し、一定の混雑率以上になった区間は乗車できなくなるという事象や運行の復旧過程を考慮した需要分析を可能とする等、これまでの課題を解決する分析・評価手法を構築するに至っている。

本研究は、上記研究で構築された需要分析システムを活用することにした。その概要について、以下に述べる。

a) 終日運休ケース

自然災害等により不通区間における運休が終日に及ぶ状況を想定したケースである。従来の需要予測手法では終日のOD表の分配は一括して一度だけしか行わないが、この従来の需要予測手法により「終日運休ケース」の検討を実施した場合、経路変更を余儀無くされる利用者が周辺路線に集中し、特にあまり大きなキャパシティを持たない並行路線では許容量を大きく上回るような混雑率(300%を超えるような混雑率)となってしまう、実態と大きくかけ離れてしまう点が問題となった。そこで、混雑により乗車できない状況を考慮するため、終日のOD表を分割し分配を行う「分割配分法」を採用することにより、ある路線に利用者が集中し非現実的な混雑率が発生してしまう現象を解消した。なお、本研究では、混雑率250%を上限値として設定している。分割配分法に

よる鉄道経路配分のフロー図を図-1に示す。

- 1) 終日OD表の $\alpha\%$ となる分割OD表作成
- 2) 1)の分割OD表を経路配分
- 3) 混雑率が250%を超過する区間を乗車不可とし新しいアクセス駅を再選択

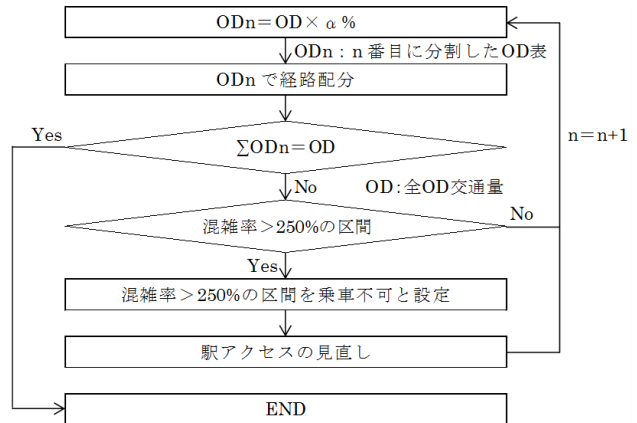


図-1 終日運休ケースの鉄道経路配分(分割配分法)のフロー

b) 一時運休ケース

人身事故や信号故障等により一時的に運休となるが、段階的に回復し、数時間で復旧する状況を想定したケースである。従来の需要予測手法では終日単位で実施しているため、一時的な運休の影響を分析することが困難であった。そこで、パーソントリップ調査に基づき、終日単位の交通量を時間帯別に区分したOD表を作成し、時間帯毎に需要予測を実施することにより、時間帯毎に状況が変化する場合の分析を可能にした。この時間帯別需要予測に用いるOD表作成のフロー図を図-2に示す。

- 1) パーソントリップ調査結果に基づき終日単位のOD表を1時間単位毎に分割し、暫定版の時間帯別交通量データを作成
- 2) 一時運休状況を加味したネットワークに順に経路配分
- 3) 混雑率が250%を超過した場合、別経路を選択するか、次の時間帯では乗れることを期待して次の時間帯に繰越す
- 4) 上記により確定した時間帯別OD表を用いて時間帯別の需要予測を実施

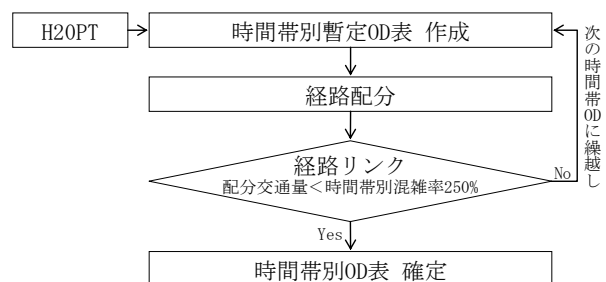


図-2 一時運休ケースの時間帯別OD表作成のフロー

(3) 評価指標

評価指標についても、前節で述べた先行研究で整理されている。これら先行研究では、運行障害時における鉄道路線網の影響をより適切に評価するため、「規模」、「影響の範囲」、「鉄道サービスに与える影響」、「社会経済的影響」に対応した各種の定量的な指標を設定しており、社会経済的影響を測る指標として、一般化費用を用いていることが特徴の一つとして挙げられる。なお、上記以外にも、金子ら³⁴⁾、中川ら⁶⁾、佐野ら¹⁰⁾の研究でも、運行障害時を想定した需要分析を行って一般化費用の変化量を推定した指標を扱っており、一般化費用を用いて影響を測る研究が進められてきた。

本研究では、社会経済的影響を測るマクロ的指標として、一般化費用を用いた「ネットワーク影響度」という指標を提案する。ネットワーク影響度の定義は次式の通りである。ネットワーク影響度により、運行障害時がネットワークに与えるインパクトを大まかに把握することが可能になるとともに、複数のケース間で比較を行う場合には、各ケースにおける影響度合いの差をみることにも役立つ指標である。

$$\text{ネットワーク影響度} = \frac{\text{障害時の一般化費用}}{\text{通常時の一般化費用}}$$

本研究では、上記のマクロ的指標と、問題が発生している箇所や影響を受ける旅客を具体的に把握するためのいくつかのミクロ的指標を用いて、運行障害時の影響評価を行った。用いた評価指標を表-1に整理する。なお、ミクロ的指標にある「混雑による乗車制限区間」とは、前節で述べた混雑により乗車できない状況にある駅間のことであり、本研究では、鉄道経路配分時に混雑率が250%を超過し乗車不可設定となった駅間数とした。

表-1 運行障害による影響の評価指標

マクロ的指標	ミクロ的指標
・ネットワーク影響度	<ul style="list-style-type: none"> ・ピーク時駅間混雑率 ・駅別乗降客数、乗換人員 ・混雑による乗車制限区間 ・駅勢圏の変化 ・鉄道経路影響人員1人当たり一般化費用増加量

3. 評価エリアの設定

1章で述べた通り、ネットワークとして一体化が進んだ東京圏の都市鉄道において、影響の波及を考慮した評価を行うにあたっては、従来の路線単位等ではない、一定規模のエリア単位で事象を捉えていくことが重要と考える。しかし、評価対象範囲として、行政区画単位ではなくネットワーク形状や利用者目線で東京圏を一定規模

のエリア単位に分割して評価・分析を行った研究は、筆者の知る限り存在しなかった。そこで、筆者ら²⁴⁾、植田ら²⁵⁾は、鉄道ネットワークの形状や利用者の動向を踏まえたエリア分けの手法を検討、東京圏をいくつかの方面・エリアに分割し、鉄道利用状況、鉄道サービス水準、運行障害状況、災害リスクなどの東京圏の地域や鉄道に関する現状について分析を行った。本研究は、この過程を踏まえ、上記研究で検討した評価エリアを用いて分析を行うことにした。その概要について、以下に述べる。

(1) 評価の対象範囲

東京駅を中心とした半径50km圏内の1都4県（東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県南部）を対象範囲とする。

(2) エリアの分割手法の概要

東京圏の都市鉄道は、山手線内においては非常に路線密度が高く郊外にいくほど路線密度が低い、そして、郊外には、都心と郊外を結ぶ放射状路線とそれらを結ぶ環状路線がある等の特徴を有する。また、東京圏では、過去国鉄時代に東海道、中央、東北、常磐、総武の5路線（以下、5路線と呼ぶ）を対象とした輸送力増強投資、所謂5方面作戦が展開されたことにより、5路線が鉄道路線網の骨格とすべき存在となっている。

以上を踏まえ、東京圏の駅、鉄道リンク、ゾーンそれぞれを5路線を軸とした各方面（以下、5方面と呼ぶ）に分割する。所要時間やアクセス圏に着目して、民鉄線も含めて範囲設定を行う。各ゾーンからの駅アクセスは、大都市交通センサデータをを用いて検討を行う。

さらに、各方面における都心と郊外の違いなども分析するため、東京圏の外環状路線である武蔵野線、198号答申の中で新規プロジェクト路線の1つとして挙げられている区部周辺部環状公共交通（以下、区部環状線）、内環状路線の山手線、これら3線を境界として環状帯による分割を行う。対象範囲のうち武蔵野線より外側を域内、武蔵野線と区部環状線の間を武蔵野線内、区部環状線と山手線の間を区部環状線内と呼ぶ。山手線の内側は路線が密なこと、及び多くの放射状路線が山手線の駅をターミナルとしていることを踏まえ、山手線内は5方面に属さない独立したエリアとする。なお、ゾーンについては、アクセス状況から複数方面に属すると整理した箇所がある。

対象範囲及び対象エリア設定の結果を図-3及び表-2に示す。駅数及び路線延長は、5方面とも域内が最も大きく、駅数は5方面とも武蔵野線内が最も少ない。5方面の武蔵野線内を比較すると、東海道線方面や中央線方面は路線延長に対する駅数が比較的多いが、東北線方面は比較的少ない。

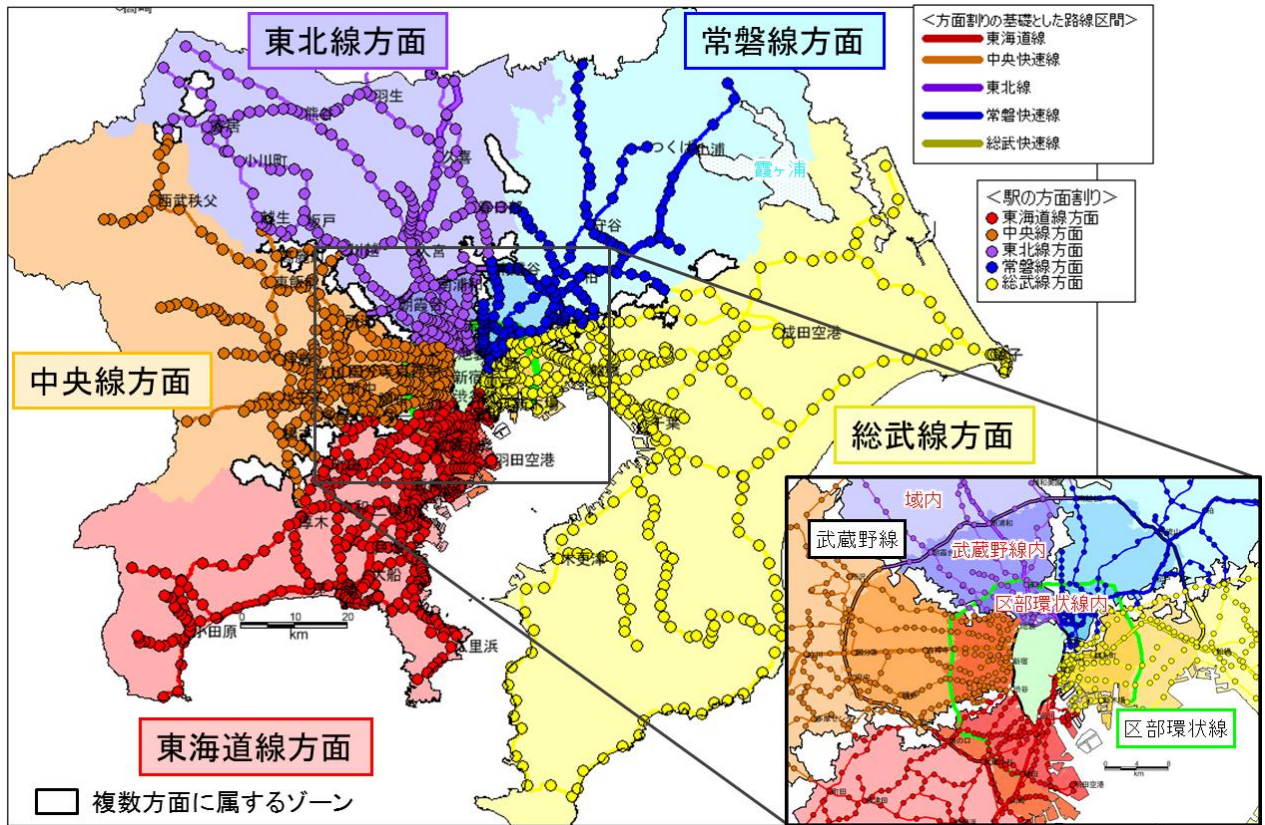


図-3 5方面エリア図

表-2 本研究におけるエリアの設定結果

方面	エリア			
	A. 域内 (駅数 / 路線延長)	B. 武蔵野線内 (駅数 / 路線延長)	C. 区部環状内 (駅数 / 路線延長)	山手線内 (駅数 / 路線延長)
1 東海道線方面	289 駅 / 608.8 km	29 駅 / 49.5 km	94 駅 / 149.8 km	113 駅 / 265.3 km (5方面エリア対象外)
2 中央線方面	164 駅 / 371.6 km	69 駅 / 117.7 km	78 駅 / 105.3 km	
3 東北線方面	141 駅 / 430.6 km	31 駅 / 101.3 km	39 駅 / 52.2 km	
4 常磐線方面	78 駅 / 220.1 km	30 駅 / 77.2 km	41 駅 / 63.6 km	
5 総武線方面	255 駅 / 836.0 km	33 駅 / 70.9 km	65 駅 / 106.7 km	

4. 運行障害における方面別の評価

(1) 需要予測の設定条件

需要予測の設定条件は、山下²³⁾で用いられたものと同様とし、推計対象年次は平成22年とした。

(2) 運行障害の設定条件

運行障害による影響を分析するためのケーススタディ路線は、東京圏の鉄道路線網の骨格というべき存在であり、評価エリアの設定の際にも軸にした5路線とした。運行障害が発生する地点は、区部環状線の内側及び武蔵野線（または南武線）の内側の2ケースを考え、設定した。なお、現実に折返し運転が可能な駅の配置上、一部方面では2ケースとも不通区間が同一となる。以上の方針の下設定した条件を表-3に整理する。

終日運休ケースの場合は、表-3に記載の不通区間が終日運休とした。一時運休ケースの場合は、運行障害発生

後1時間は障害を受けた路線全線で運休、1時間～2時間後は障害区間の前後で折返し可能な駅まで運行し、2時間後以降全線復旧するという流れとし、障害発生時刻は7時とした。また、終日運休ケース、一時運休ケースとも、障害路線に並行して走る緩行線等の路線がある場合、その並行路線は運行可能と設定した。なお、通常時から差分により影響を測るため、障害のない通常時の需要予測も合わせて実施した。（ケース名はN00とした）

表-3 ケーススタディの設定条件

方面	障害路線	障害地点	不通区間	不通区間距離 (km)	障害ケース名	
					終日	時間帯
東海道線方面	東海道線	①南武線の内側	品川～横浜	22.0	A10	a10
		②区部環状線の内側	品川～横浜	22.0		
中央線方面	中央線 (快速)	①武蔵野線の内側	武蔵小金井～国分寺	2.3	B10	b10
		②区部環状線の内側	新宿～武蔵小金井	18.8		
東北線方面	東北本線	①武蔵野線の内側	上野～大宮	36.7	C10	c10
		②区部環状線の内側	上野～大宮	36.7		
常磐線方面 (快速)	常磐線 (快速)	①武蔵野線の内側	松戸～我孫子	15.6	D10	d10
		②区部環状線の内側	上野～松戸	17.9		
総武線方面 (快速)	総武線 (快速)	①武蔵野線の内側	東京～津田沼	26.7	E10	e10
		②区部環状線の内側	東京～津田沼	26.7		

注) 不通区間は、終日運休ケース及び一時運休ケースの8時台の状況

(3) 終日運休ケースのネットワーク影響度の比較

終日運休ケースのネットワーク影響度の結果を表-4に示す。障害地点が中央線方面（区部環状線内側）のケース（ケースB20）でネットワーク影響度が1.010（東京圏全体の旅客の一般化費用を1.0%程度悪化させる結果）と最も大きく、運行障害による影響が比較的大きいとの結果となった。これは、中央線（快速）の中野→新宿間のピーク時通過人員が東京圏内で最大²⁶⁾であることから、運行障害により多くの旅客が影響を受けるためと推察される。一方、東海道線方面や総武線方面については、それほど大きな影響は出ない結果となった。

次節に、各方面の分析結果を整理する。

表-4 終日運休ケースのネットワーク影響度

障害発生方面 ケース番号	東海道線		中央線		東北線		常磐線		総武線
	A10	B10	B20	C10	D10	D20	E10		
東京圏全体	1.001	1.007	1.010	1.003	1.005	1.004	1.001		
影響を受ける方面・エリア	山手線内	1.002	1.004	1.008	1.003	1.005	1.004	1.001	
	区部環状線内	1.002	1.002	1.004	1.002	1.003	1.002	1.001	
	東海道線方面	1.005	1.002	1.003	1.001	1.001	1.001	1.001	
	武蔵野線内	1.004	1.000	1.001	1.000	1.000	1.000	1.001	
	区内								
	中央線方面	1.000	1.008	1.015	1.002	1.002	1.002	1.000	
	区部環状線内	1.000	1.038	1.069	1.000	1.001	1.001	1.000	
	武蔵野線内	1.000	1.035	1.032	1.000	1.000	1.000	1.000	
	区内								
	東北線方面	1.000	1.000	1.001	1.006	1.003	1.004	1.000	
	区部環状線内	1.000	1.000	1.001	1.007	1.001	1.001	1.000	
	武蔵野線内	1.000	1.000	1.000	1.024	1.000	1.000	1.000	
区内									
常磐線方面	1.001	1.002	1.003	1.005	1.009	1.012	1.000		
区部環状線内	1.000	1.000	1.000	1.000	1.013	1.022	1.000		
武蔵野線内	1.000	1.000	1.000	1.000	1.004	1.037	1.000		
区内									
総武線方面	1.002	1.003	1.005	1.004	1.004	1.003	1.003		
区部環状線内	1.001	1.001	1.002	1.001	1.002	1.003	1.002		
武蔵野線内	1.001	1.001	1.000	1.000	1.001	1.001	1.000		
区内	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001	1.001	1.006		

注) 方面・エリア別の網掛けは各ケースの最大値を示す

(4) 終日運休ケースの方面別の評価

a) 東海道線方面

マクロ的指標について、東京圏全体のネットワーク影響度の値は1.001となった。これは、5方面の中で最も低い値となっている。東海道線方面が5方面の中でもネットワークが稠密であり、また都心へ向かう場合など、どの経路を利用しても所要時間に大きな差がないことが理由と推察される。また、方面・エリア別の値は東海道線方面の武蔵野線内で最も高く1.005となっている。都心の反対側の常磐線、総武線方面で若干の悪化がみられるが、隣接する中央線方面のネットワーク影響度は悪化していないことから、運行障害の影響としては当該方面内で概ね収まっているものと評価する。（図-4）

ミクロ的指標について、ピーク時混雑率は、方面・エリア単位のピーク時平均混雑率では最大でも144%であり、エリア全体でみるとそれほど大きな混雑とはなっていないが、乗車制限区間が東海道線方面の武蔵野線内で1区間（京浜東北線（川崎～蒲田間））発生しているほか、横須賀線（武蔵小杉～西大井間）で233%まで増加するなど、運休区間の近傍では局所的に混雑状況が悪化する様子が確認できる。また、乗換人員は、大船駅で4.4万人増加し通常の124%となっている。他には、横浜駅で4.3万人増（104%）、大崎駅で2.3万人増（136%）となっているが、2万人以上の増加した駅はこの3駅に留

まっている。乗車制限区間の結果と合わせて考えると、ネットワークとして終日運休となる運行障害時におけるリダンダンシーが高い方面であると考えられる。（図-5）

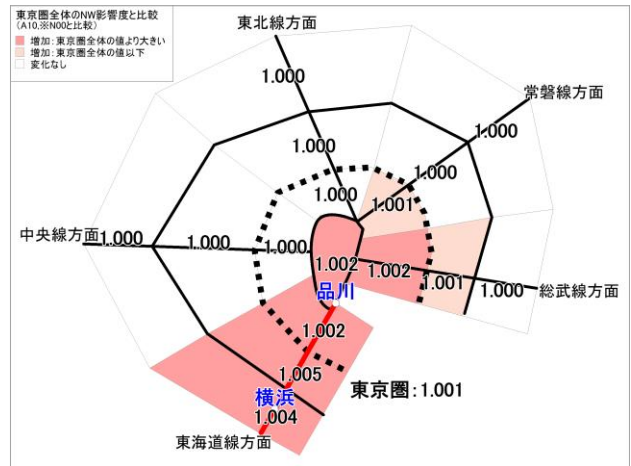


図-4 ネットワーク影響度 (AI0)

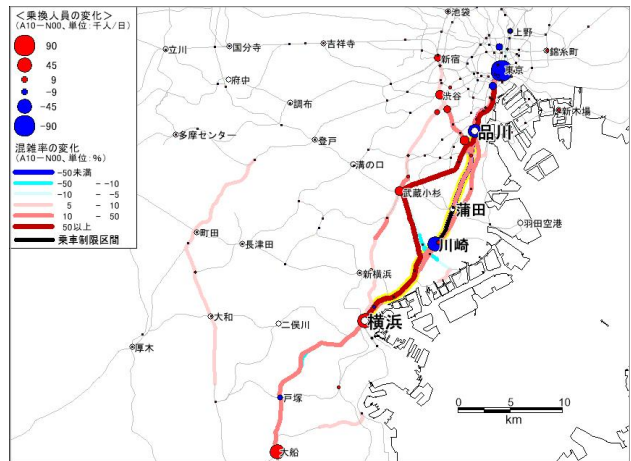


図-5 混雑率と乗換人員の変化 (AI0)

b) 中央線方面

マクロ的指標について、東京圏全体のネットワーク影響度の値は、武蔵小金井～国分寺間が不通になった場合（ケースB10）で1.007、新宿～武蔵小金井間が不通になった場合（ケースB20）で1.010となった。ケースB20は、5方面の中で最も高い値となっている。前節に記載の通り、中央線（快速）の中野→新宿間のピーク時通過人員が東京圏内で最大となっており、新宿～武蔵小金井間に当該区間が含まれることから、多くの旅客が影響を受けるためと推察される。なお、ケースB10がケースB20より値が小さくなった理由としては、乗換駅における旅客増がケースB10はケースB20に比べ小さい、すなわち、ケースB10の方が経路変更を行う旅客が少ないことが挙げられる。ケースB10において経路変更が必要となるのは、国分寺駅よりも以西からの旅客であり、ケースB20に比べ需要規模は小さいためである。ケースB20につい

て、方面・エリア別のネットワーク影響度は中央線方面の武蔵野線内で最も高く1.069となっている。また、隣接する東海道線方面や東北線方面も値が悪くなっており、運行障害の影響を当該方面内で収めきれていない。なお、同じく不通区間がある中央線方面の区部環状線内は1.015と、武蔵野線内と比較すると影響が小さい。これは、中央線方面の武蔵野線内については、緩行線が並走していない三鷹～武蔵小金井間に通常アクセスする利用者が経路変更したことによる影響が大きい、区部環状線内については、三鷹～新宿間が緩行線のみとなり利便性が低下したものの、緩行線には乗車制限区間が発生せず、利用者のアクセス駅の変更が少なくて済んだためと考えられる。(図-6)

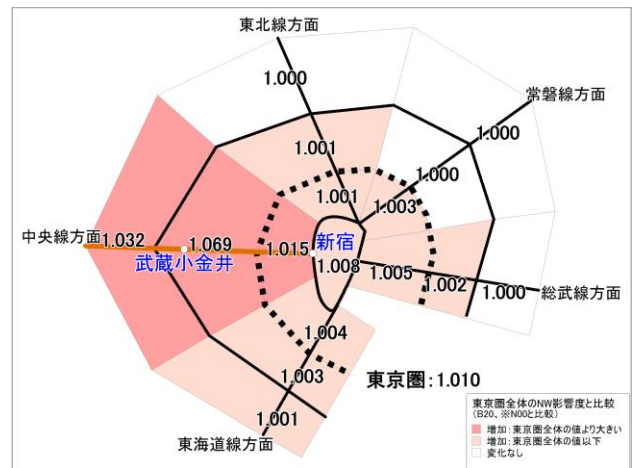


図-6 ネットワーク影響度 (B20)

ミクロ的指標について、ケースB20は、ピーク時混雑率、乗車制限区間数、乗換客数、一般化費用の各指標で、他のケースと比べて大きい値を示した。不通区間が生じると、南武線、武蔵野線を経由し他の放射状路線に旅客が流れる変化が生じるため、南武線、武蔵野線の混雑率が高くなるとともに、放射状路線である京王線、小田急線、西武新宿線の混雑率も上昇する。特に、方面・エリア単位のピーク時平均混雑率が区部環状線内、武蔵野線内で150%を越える状況となっている。また、乗車制限区間も南武線を中心に7区間(武蔵野線内3区間、城内4区間)発生している。同時にこれらの接続駅での乗換旅客数も増加する。今回の研究では、各駅の容量までは把握していないが、駅の混雑が悪化する状況となっている。(図-7)

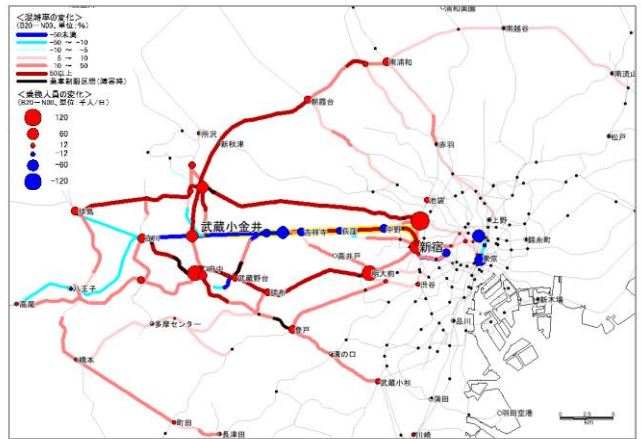


図-7 混雑率と乗換人員の変化 (B20)

表-5 武蔵野線の接続駅における乗換人員の変化

		(単位: 千人/日)				
武蔵野線駅名	乗換路線	N00	B10	B20	B10-N00	B20-N00
府中本町	南武線	69	96	106	28	38
西国分寺	中央線	119	144	185	25	67
新秋津	西武池袋線(秋津)	58	60	61	2	3
南浦和	京浜東北線	166	192	202	26	36
北朝霞	東武東上線(朝霞台)	110	129	138	19	29
武蔵浦和	埼京線	90	103	105	12	15
東川口	埼玉高速鉄道	22	22	22	0	0
新松戸	常磐各駅線	98	99	100	2	3
南越谷	伊勢崎線	95	96	97	1	2
南流山	TX	40	41	41	0	1
新八柱	新京成線	32	32	32	0	1
西船橋	総武線、東西線	286	288	290	2	4
東松戸	北総線	25	26	26	0	1

注) 網掛けは20千人/日以上増加した箇所を示す

なお、中央線運行障害時の迂回先として、遠方の東武東上線や京浜東北線等の混雑率も上昇しているのに対して、比較的近傍の西武池袋線は断面交通量がそれほど増加せず、混雑率が微増止まりとなっている。これは、新秋津駅と秋津駅との乗換抵抗が大きく影響している。両駅間のピーク時移動時間は6.2~8.4分²⁷⁾となっており、また、都心方面に向かう所要時間としても東武東上線等と比べても優位とならないことから、このような結果になったと考える。なお、乗換客数の変化をみても、新秋津駅は、北朝霞駅(東武東上線乗換駅)や南浦和駅(京浜東北線乗換駅)と比べて変化量が小さいことが確認できる。(表-5)

また、駅勢圏の変化では、方面・エリア別のアクセス距離が、ケースB20の中央線方面の武蔵野線内で0.07km増加した。府中駅(0.40km増)や調布駅(0.32km増)等のアクセス距離が伸びていることから、緩行線が並走していない三鷹～武蔵小金井間に通常アクセスする利用者が経路変更したことによる影響と考えられる。(表-6)

さらに、影響人員も、全ての終日運休ケースの中で最も多く、区部環状線内、武蔵野線内、城内の多くの駅間、駅で混雑状況が悪化する各結果を踏まえると、総合的に

表-6 終日運休ケースのアクセス距離の変化

		(単位: km)								
方面	エリア	基本			障害					
		N00	A10	B10	B20	C10	D10	D20	E10	
山手線内	区部環状線内	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	
	城内	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	
東海道線	武蔵野線内	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	
	城内	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	
中央線	区部環状線内	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	
	武蔵野線内	1.01	1.01	1.03	1.08	1.01	1.01	1.01	1.01	
東北線	区部環状線内	1.44	1.44	1.45	1.45	1.44	1.44	1.44	1.44	
	武蔵野線内	0.76	0.76	0.76	0.76	0.77	0.76	0.76	0.76	
常磐線	区部環状線内	1.19	1.19	1.19	1.19	1.20	1.19	1.19	1.19	
	武蔵野線内	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	
総武線	区部環状線内	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.82	0.80	
	武蔵野線内	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	
区内	区部環状線内	1.86	1.86	1.86	1.86	1.86	1.84	1.84	1.86	
	武蔵野線内	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	
区内	区部環状線内	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.08	1.07	
	武蔵野線内	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.61	1.61	1.60	

注) 方面・エリア別の網掛けは0.05km以上増加した箇所を示す

みて、ネットワークとして障害時における影響が最も大きい方面であるとする。(表-7)

表-7 終日運休ケースの影響人員

障害発生方面 ケース番号	東海道線		中央線		東北線		常磐線		総武線
	A10	B10	B20	C10	D10	D20	E10	E10	
東京圏全体	498	755	1,302	716	515	738	618		
影響を受ける方面・エリア	山手線内	89	98	191	117	89	145	94	
	区部環状線内	52	26	52	35	25	45	45	
	武蔵野線内	51	4	7	3	2	4	6	
	域内	232	12	25	11	5	10	31	
	東海道線方面								
	区部環状線内	8	70	217	34	18	32	15	
	武蔵野線内	4	198	415	8	4	8	5	
	域内	6	301	298	6	2	4	4	
	中央線方面								
	区部環状線内	3	4	11	42	8	18	4	
武蔵野線内	2	4	9	50	4	7	3		
域内	3	5	13	349	3	10	4		
東北線方面									
区部環状線内	8	7	14	29	25	101	11		
武蔵野線内	2	2	4	3	36	94	7		
域内	3	1	3	4	261	216	11		
常磐線方面									
区部環状線内	46	32	59	56	38	59	152		
武蔵野線内	5	4	8	4	6	15	45		
域内	3	3	7	3	13	21	206		

注) 方面・エリア別の網掛けは各ケースの最大値を示す

c) 東北線方面

マクロ的指標について、東京圏全体のネットワーク影響度の値は1.003となった。方面・エリア別のネットワーク影響度は東北線方面の域内で最も高く1.024となっている。なお、隣接する中央線方面と常磐線方面の区部環状線内のネットワーク影響度を比較すると、常磐線方

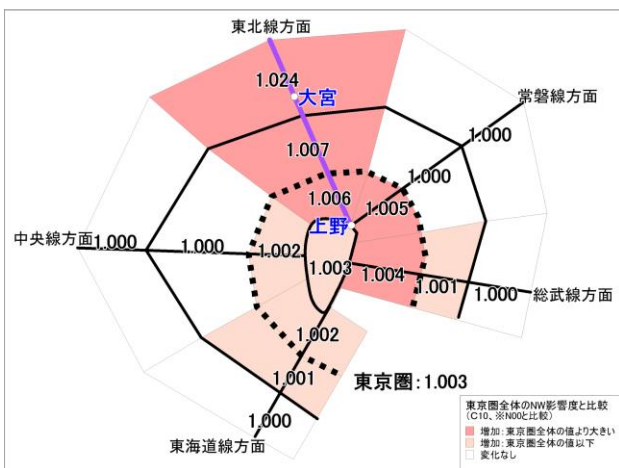


図-8 ネットワーク影響度 (C10)

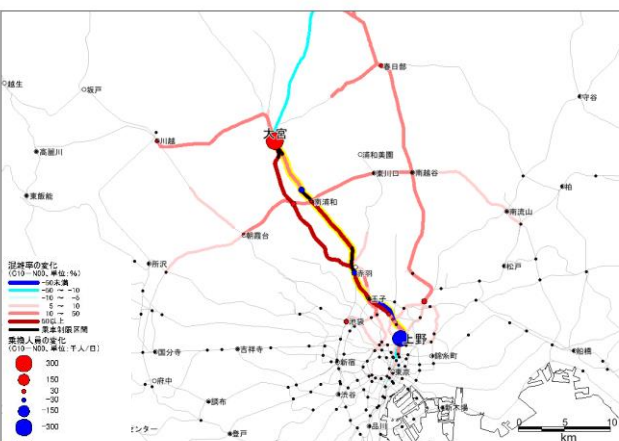


図-9 混雑率と乗換人員の変化 (C10)

面の方が悪化していることから、隣接への影響としては常磐線方面の方に波及しやすい環境にあると評価する。

(図-8)

ミクロ的指標について、ピーク時混雑率は、方面・エリア単位のピーク時平均混雑率では最大でも134%であり、エリア全体で見るとそれほど大きな混雑とはなっていないが、乗車制限区間が、障害路線に並行する京浜東北線や埼京線で4区間(武蔵野線内1区間, 域内3区間)発生しているほか、この2路線は他の区間でも混雑率が50pt以上増加するなど、運休区間の近傍では局所的に混雑状況が悪化する様子が確認できる。なお、周辺の放射状路線としては、東武伊勢崎線や東武東上線もあるが、東武伊勢崎線で多少混雑率が上昇しているものの、まだ両路線の輸送力には余裕がある状態である。そのため、速達性の向上や、情報提供等による迂回行動の促しなど、これらの路線へ旅客が迂回しやすい環境を整えることで、ネットワークの耐性を高めることができると考えられる。また、乗換人員は、大宮駅で32.0万人増加し通常の190%となっている。この32.0万人の増加は、全てのケースにおける最大値となっており、大宮駅の乗換対策が重要であると考えられる。(図-9)

d) 常磐線方面

マクロ的指標について、東京圏全体のネットワーク影響度の値は、松戸～我孫子間が不通になった場合(ケースD10)で1.005、上野～松戸間が不通になった場合(ケースD20)で1.004となった。都心から離れた区間が不通のケースD10の方が影響が大きい理由としては、常磐線方面は、我孫子から郊外では環状路線が乏しく、迂回行動が取りにくい環境にあるためと推察される。ケースD10について、方面・エリア別のネットワーク影響度は常磐線方面の域内で最も高く1.084となっている。これは、全ての終日運休ケースの中で最も悪い値である。要因としては、上記の通り、域内から迂回行動が取りにくいネットワーク構造となっていることが挙げられる。一方、ケースD20は、ケースD10と比較して域内の値は下がるが、区部環状線内、武蔵野線内の値は悪化する。(図-10)

ミクロ的指標について、ピーク時混雑率は、方面・エリア単位のピーク時平均混雑率では最大でもケースD10、ケースD20ともに130%台であり、エリア全体で見るとそれほど大きな混雑とはなっていないが、乗車制限区間が、ケースD10で14区間(区部環状線内2区間, 武蔵野線内2区間, 域内10区間)、ケースD20で5区間(区部環状線内3区間, 武蔵野線内2区間)発生している。ケースD10では、千代田線の我孫子～松戸間だけでなく成田線等で乗車制限区間が発生している。これは、常磐線やつくばエクスプレスにおいて乗車制限区間が発生すること

により、都心方面へ向かいたい旅客が一旦成田方面へ向かい都心を目指すという経路に転換することにより、成田線の混雑率が高まっているものと考えられる。なお、このような経路変更は現実的には考えにくく、実際には外出を控える等の行動が想定されるが、外出を控えた場合の社会的損失を計測する手法が現時点で確立されていないため、通常時と同様に外出し移動による一般化費用の増大を代替値として用いることにしている。また、両ケースともに、つくばエクスプレス（北千住～六町間）が乗車制限区間となっており、つくばエクスプレスの負荷を軽減する対策が必要と考えられる。（図-11）

影響人員でみると、中央線方面での運行障害より規模は小さいが、鉄道経路影響人員1人当たり一般化費用増加量の値が高く、運行障害の影響を受ける利用者にとっては影響が大きいものと評価する。なお、値としては、東海道線方面の武蔵野線内が最大値となるが、表-7にある通り、当該エリアの影響人員は少ない。常磐線方面は、迂回行動が取りにくいネットワーク構造となっており、総合的にみて、ネットワークとして終日運休となる運行障害に対して脆弱な方面であると考えられる。（表-8）

表-8 終日運休ケースの鉄道経路影響人員1人当たり一般化費用増加量

		(単位:円/影響人員)								
		東海道線		中央線		東北線		常磐線		総武線
障害発生方面	ケース番号	A10	B10	B20	C10	D10	D20	E10		
東京圏全体		270	877	744	460	954	461	161		
影響を受ける方面・エリア	山手線内	285	682	649	446	821	441	116		
	東海道線方面	272	667	602	555	860	456	172		
	武蔵野線内	219	938	876	630	1,198	659	303		
	区内	286	523	470	559	1,150	487	378		
	中央線方面	61	754	454	364	714	408	21		
	武蔵野線内	72	1,070	941	277	914	402	0		
	区内	0	914	858	120	874	240	1		
	東北線方面	197	224	246	306	871	465	0		
	武蔵野線内	154	255	190	469	882	299	0		
	区内	98	277	217	468	820	104	0		
	常磐線方面	251	649	537	468	994	328	37		
	武蔵野線内	227	224	251	191	873	554	88		
区内	227	121	160	115	1,046	551	69			
総武線方面	327	804	756	633	971	449	170			
武蔵野線内	303	673	600	457	850	461	97			
区内	259	420	384	224	586	316	184			

注) 方面・エリア別の網掛けは各ケースの最大値を示す

e) 総武線方面

マクロ的指標について、東京圏全体のネットワーク影響度の値は1.001となった。これは、5方面の中で東海道線方面と並び最も低い値となっている。総武線方面から都心へ向かう場合、運休区間の並行路線が複数（京成線、総武線（緩行）、都営新宿線、東西線、京葉線）あり、迂回先の選択肢が多いことが理由と考えられる。方面・エリア別のネットワーク影響度は総武線方面の域内で最も高く1.006となっている。なお、隣接する常磐線方面のネットワーク影響度は悪化していないことから、運行障害の影響としては当該方面内で概ね収まっているものと評価する。（図-12）

ミクロ的指標について、ピーク時混雑率は、方面・エリア単位のピーク時平均混雑率では最大でも144%であり、エリア全体でみるとそれほど大きな混雑とはなっていないが、乗車制限区間が総武線方面の区部環状線内で3区間（総武線（緩行）（平井～両国間））発生するなど、運休区間の近傍では局所的に混雑状況が悪化する様子が確認できる。ただ、乗車制限区間位置としては都心寄りでは他路線が近くにあること、また、乗車制限区間数も3区間と少ないことから、障害時におけるリダンダンシーは比較的高い方面であると考えられる。（図-13）

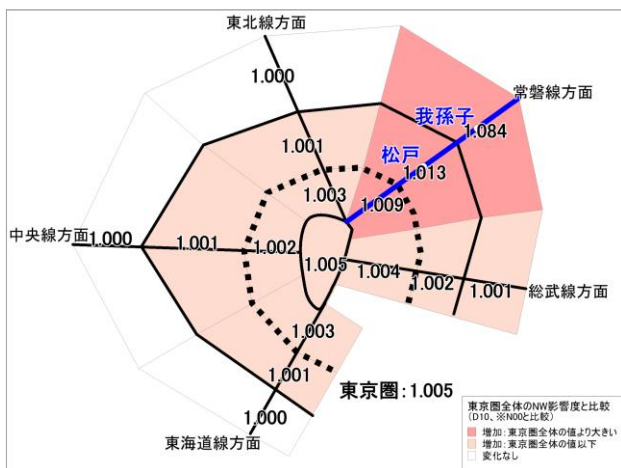


図-10 ネットワーク影響度 (D10)

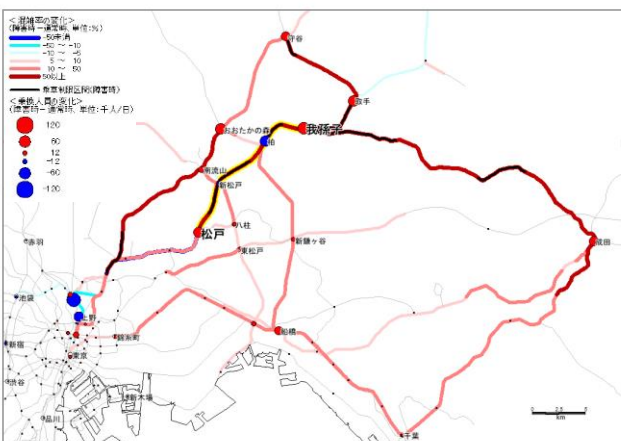


図-11 混雑率と乗換人員の変化 (D10)

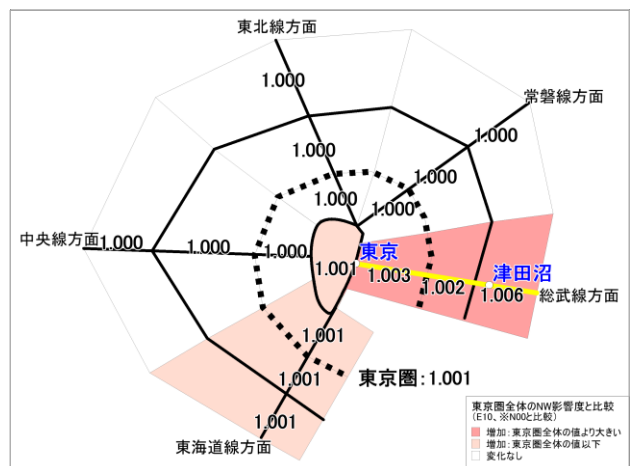


図-12 ネットワーク影響度 (E10)

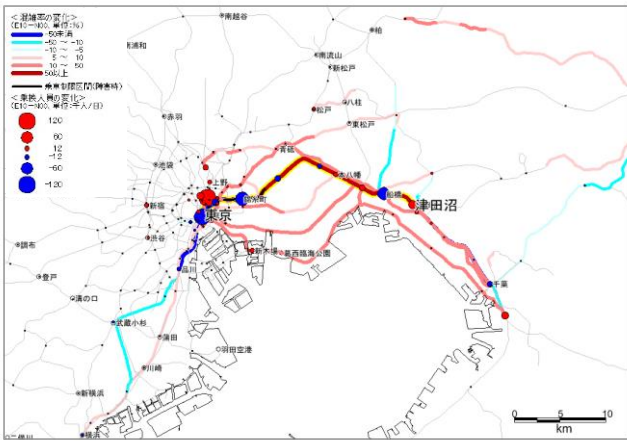


図-13 混雑率と乗換人員の変化 (E10)

影響人員でみると、他方面での運行障害と規模は同等であるが、鉄道経路影響人員1人当たり一般化費用増加量の値が5方面の中で最も低く、その方面・エリアに属する利用者にとっては影響が比較的小さいものと評価できる。このことから、障害時におけるリダンダンシーは比較的高い方面であると考えられる。(表-7,8)

(5) 一時運休ケースのネットワーク影響度の比較

一時運休ケースのネットワーク影響度の結果を表-9に示す。終日運休ケースと同様、障害地点が中央線方面(区部環状線内側)のケース(ケースB20)でネットワーク影響度が1.015と最も大きく、運行障害による影響が比較的大きいとの結果となった。しかし、終日運休ケースではあまり影響が出なかった東海道線方面や総武線方面でも、時間帯によっては値が大きくなっており、一時運休ケースの条件で分析すると、ある程度影響がある結果となった。

次節に、各方面の分析結果を整理する。

(6) 一時運休ケースの方面別の評価

a) 東海道線方面

マクロ的指標について、東京圏全体のネットワーク影響度の値は1.010となり、終日運休ケースと比べて、ネットワーク影響度が悪化した。要因としては、運休の設定条件の違いが1つあると推察する。終日運休ケースの場合は、不通区間が品川～横浜間であり、当該区間の代替路線は多いことから運休の影響を最小限に抑えられる。しかし、一時運休ケースの場合は、7時台で東海道線が全線不通となる設定となっており、横浜以西の代替路線が乏しい地域などで運休の影響を大きく受けるためと考えられる。方面・エリア別のネットワーク影響度は東海道線方面の域内の値が最も高いことから、上記考察が導ける。さらに時間帯別にみると、8時台のネットワーク影響度は東海道線方面の武蔵野線内で1.059と悪化傾向が出ているが、9時台での最大値が東海道線方面の区

部環状線内の1.009であり、他方面と比較して運行障害の影響が早期に収束する傾向がある。(図-14)

ミクロ的指標について、方面・エリア単位の8時台の平均混雑率は、最大でも東海道線方面の武蔵野線内の129%となっており、それほど大きな混雑は発生していないが、乗車制限区間が15区間(区部環状線内4区間、武蔵野線内1区間、域内10区間)発生している。このことから、乗車できず駅で滞留している旅客が多く発生することが確認できる。なお、乗車制限区間が中央線方面に属する区間でも発生していることから、終日運休ケースのと比べて影響が広域に波及していると考えられる。

(図-15)

鉄道経路影響人員1人当たり一般化費用増加量は、東海道線方面の域内が870円/人と比較的高いが、内訳をみると、影響人員が全ての一時運休ケースの中で最も高い値となっており、このことを踏まえると、東海道線方面の域内における影響はかなり高いものと考えられる。これは、純粋に旅客が多く、乗車制限区間も多いことに加え、迂回先となる小田急小田原線への迂回経路が藤沢以西では輸送力の低い相模線に限られるためと推察される。

(表-10, 11)

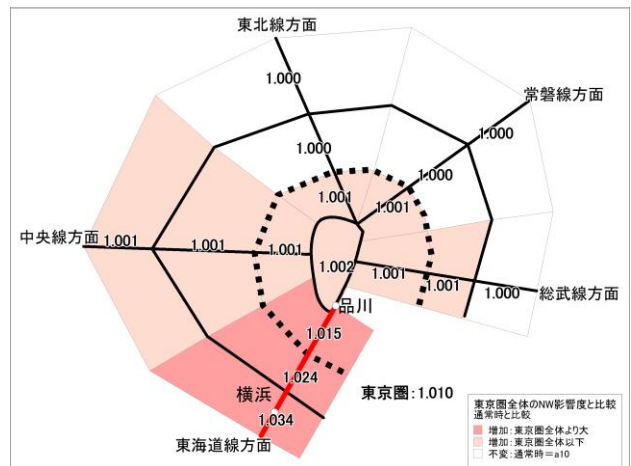


図-14 ネットワーク影響度 (a10)

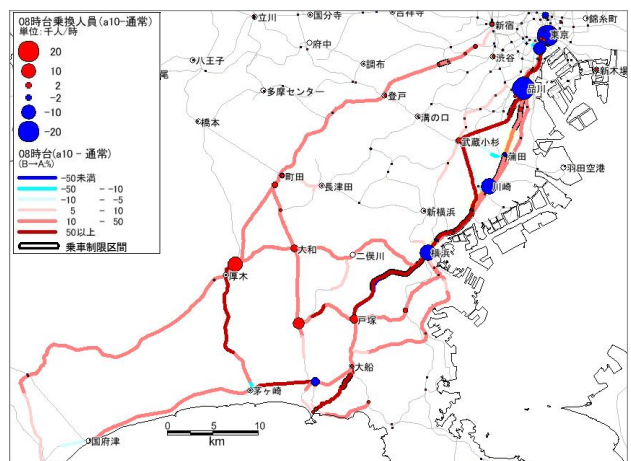


図-15 8時台の都心方面への混雑率と乗換人員の変化 (a10)

表-9 一時運休ケースのネットワーク影響度

障害発生方面		東海道線方面	中央線方面	東北線方面	常磐線方面		総武線方面				
ケース番号		a10	b10	b20	c10	d10	d20	e10			
東京圏全体	6時台	6時台	1.016	1.019	1.021	1.010	1.011	1.010	1.007		
		7時台	1.009	1.013	1.016	1.006	1.003	1.003	1.003		
		8時台	1.010	1.010	1.013	1.011	1.007	1.009	1.016		
		9時台	1.002	1.004	1.005	1.004	1.002	1.007	1.008		
		6~9時計	1.010	1.013	1.015	1.008	1.006	1.006	1.007		
	方面・エリア別	6時台	東海道線方面	山手線内	1.011	1.023	1.031	1.007	1.010	1.012	1.004
				区部環状線内	1.007	1.010	1.013	1.002	1.003	1.004	1.004
				武蔵野線内	1.013	1.005	1.005	1.001	1.003	1.004	1.004
			域内	1.056	1.004	1.005	1.001	1.000	1.001	1.002	
			中央線方面	区部環状線内	1.005	1.030	1.035	1.001	1.003	1.004	1.001
				武蔵野線内	1.002	1.052	1.062	1.000	1.002	1.002	1.000
				域内	1.001	1.079	1.082	1.000	1.000	1.001	1.000
			東北線方面	区部環状線内	1.004	1.008	1.009	1.008	1.007	1.008	1.001
				武蔵野線内	1.001	1.009	1.009	1.010	1.002	1.002	1.000
				域内	1.001	1.004	1.004	1.069	1.001	1.001	1.000
			常磐線方面	区部環状線内	1.005	1.010	1.011	1.007	1.009	1.008	1.002
				武蔵野線内	1.002	1.006	1.006	1.002	1.017	1.020	1.002
				域内	1.001	1.003	1.003	1.001	1.137	1.124	1.003
			総武線方面	区部環状線内	1.007	1.011	1.013	1.005	1.004	1.005	1.010
				武蔵野線内	1.003	1.008	1.009	1.002	1.004	1.004	1.009
域内		1.001		1.003	1.003	1.000	1.005	1.004	1.043		
7時台		東海道線方面	山手線内	1.002	1.005	1.007	1.001	1.001	1.002	1.001	
			区部環状線内	1.002	1.002	1.002	1.000	1.000	1.000	1.000	
			武蔵野線内	1.013	1.002	1.002	1.000	1.000	1.000	1.000	
		域内	1.035	1.002	1.002	1.000	1.000	1.000	1.000		
	中央線方面	区部環状線内	1.000	1.009	1.014	1.000	1.000	1.000	1.000		
		武蔵野線内	1.000	1.068	1.109	1.000	1.000	1.000	1.000		
		域内	1.001	1.049	1.048	1.000	1.000	1.000	1.000		
	東北線方面	区部環状線内	1.000	1.001	1.002	1.002	1.000	1.001	1.000		
		武蔵野線内	1.000	1.003	1.003	1.000	1.000	1.000	1.000		
		域内	1.000	1.001	1.001	1.053	1.000	1.000	1.000		
	常磐線方面	区部環状線内	1.000	1.001	1.002	1.001	1.000	1.000	1.000		
		武蔵野線内	1.000	1.001	1.001	1.002	1.001	1.000	1.000		
		域内	1.000	1.000	1.000	1.001	1.057	1.052	1.000		
	総武線方面	区部環状線内	1.001	1.002	1.002	1.001	1.000	1.000	1.016		
		武蔵野線内	1.000	1.001	1.001	1.000	1.001	1.000	1.001		
域内		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.027			
8時台	東海道線方面	山手線内	1.001	1.003	1.004	1.001	1.001	1.001	1.001		
		区部環状線内	1.042	1.001	1.001	1.000	1.000	1.000	1.000		
		武蔵野線内	1.059	1.000	1.001	1.000	1.000	1.000	1.000		
	域内	1.024	1.001	1.001	1.000	1.000	1.000	1.000			
	中央線方面	区部環状線内	1.000	1.016	1.018	1.001	1.000	1.000	1.000		
		武蔵野線内	1.000	1.061	1.088	1.000	1.000	1.000	1.000		
		域内	1.000	1.038	1.038	1.000	1.000	1.000	1.000		
	東北線方面	区部環状線内	1.000	1.000	1.001	1.121	1.000	1.000	1.000		
		武蔵野線内	1.000	1.001	1.001	1.044	1.000	1.000	1.000		
		域内	1.000	1.000	1.000	1.055	1.000	1.000	1.000		
	常磐線方面	区部環状線内	1.000	1.001	1.001	1.001	1.084	1.085	1.008		
		武蔵野線内	1.000	1.000	1.000	1.009	1.066	1.146	1.015		
		域内	1.000	1.000	1.000	1.001	1.046	1.026	1.000		
	総武線方面	区部環状線内	1.000	1.001	1.002	1.000	1.001	1.001	1.165		
		武蔵野線内	1.000	1.000	1.000	1.000	1.002	1.020	1.105		
域内		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.038			
9時台	東海道線方面	山手線内	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
		区部環状線内	1.009	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
		武蔵野線内	1.005	1.002	1.002	1.000	1.000	1.000	1.000		
	域内	1.006	1.003	1.003	1.000	1.000	1.000	1.000			
	中央線方面	区部環状線内	1.001	1.007	1.007	1.000	1.000	1.000	1.000		
		武蔵野線内	1.004	1.035	1.040	1.000	1.000	1.000	1.000		
		域内	1.001	1.011	1.013	1.000	1.000	1.000	1.000		
	東北線方面	区部環状線内	1.000	1.000	1.000	1.042	1.000	1.000	1.000		
		武蔵野線内	1.000	1.000	1.000	1.033	1.000	1.000	1.000		
		域内	1.000	1.000	1.000	1.018	1.000	1.000	1.000		
	常磐線方面	区部環状線内	1.000	1.000	1.000	1.001	1.011	1.047	1.002		
		武蔵野線内	1.000	1.000	1.000	1.001	1.053	1.140	1.013		
		域内	1.000	1.000	1.000	1.000	1.003	1.034	1.000		
	総武線方面	区部環状線内	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.067		
		武蔵野線内	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001	1.014	1.088		
域内		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001	1.005			
6~9時計	東海道線方面	山手線内	1.002	1.006	1.007	1.002	1.002	1.002	1.001		
		区部環状線内	1.015	1.002	1.003	1.000	1.001	1.001	1.001		
		武蔵野線内	1.024	1.002	1.002	1.000	1.001	1.001	1.001		
	域内	1.034	1.002	1.002	1.000	1.000	1.000	1.001			
	中央線方面	区部環状線内	1.001	1.014	1.018	1.001	1.001	1.001	1.000		
		武蔵野線内	1.001	1.061	1.090	1.000	1.000	1.000	1.000		
		域内	1.001	1.051	1.051	1.000	1.000	1.000	1.000		
	東北線方面	区部環状線内	1.001	1.002	1.003	1.039	1.001	1.002	1.000		
		武蔵野線内	1.000	1.003	1.003	1.016	1.000	1.000	1.000		
		域内	1.000	1.002	1.002	1.055	1.000	1.000	1.000		
	常磐線方面	区部環状線内	1.001	1.002	1.003	1.002	1.025	1.029	1.003		
		武蔵野線内	1.000	1.002	1.002	1.003	1.023	1.049	1.005		
		域内	1.000	1.001	1.001	1.001	1.070	1.062	1.001		
	総武線方面	区部環状線内	1.001	1.003	1.003	1.001	1.001	1.001	1.065		
		武蔵野線内	1.001	1.002	1.002	1.000	1.002	1.007	1.036		
域内		1.000	1.001	1.001	1.000	1.001	1.001	1.032			

注) 方面・エリア別の網掛けは値が 1.100 以上となった箇所を示す

表-10 一時運休ケースの鉄道経路影響人員1人当たり一般化費用増加量

		(円/影響人員)						
方面	エリア	a10	b10	b20	c10	d10	d20	e10
東京圏計		865	768	871	845	882	934	922
山手線内		541	630	727	541	805	803	334
東海道線	区部環状線内	1,399	504	618	440	741	760	460
	武蔵野線内	805	323	348	451	927	995	490
	域内	870	385	396	499	498	549	466
中央線	区部環状線内	612	511	530	341	763	861	316
	武蔵野線内	362	862	1,129	248	634	760	223
	域内	288	966	971	166	747	892	300
東北線	区部環状線内	556	488	564	1,527	553	613	268
	武蔵野線内	455	681	689	657	393	423	298
	域内	457	570	546	879	195	119	273
常磐線	区部環状線内	460	387	445	283	1,059	1,007	564
	武蔵野線内	417	373	390	385	760	1,364	890
	域内	563	381	402	232	959	859	311
総武線	区部環状線内	605	402	464	605	490	484	2,072
	武蔵野線内	494	290	331	534	347	1,015	1,130
	域内	502	163	199	677	430	345	624

表-11 一時運休ケースの影響人員

		(千人)						
方面	エリア	a10	b10	b20	c10	d10	d20	e10
東京圏計		452	633	681	353	246	261	311
山手線内		6	12	14	4	3	4	4
東海道線	区部環状線内	21	10	11	2	2	2	3
	武蔵野線内	26	5	6	1	1	1	2
	域内	374	55	56	3	2	2	12
中央線	区部環状線内	4	61	73	4	2	2	2
	武蔵野線内	5	218	246	2	2	2	1
	域内	8	222	221	2	1	1	1
東北線	区部環状線内	1	4	4	24	2	3	1
	武蔵野線内	1	9	9	46	2	2	0
	域内	1	12	13	245	5	6	1
常磐線	区部環状線内	2	6	6	7	22	28	5
	武蔵野線内	1	6	6	13	44	52	8
	域内	1	4	4	8	150	149	5
総武線	区部環状線内	4	11	12	3	4	4	52
	武蔵野線内	2	9	10	1	7	11	48
	域内	2	12	12	1	12	13	182

b) 中央線方面

マクロ的指標について、東京圏全体のネットワーク影響度の値は、中央線方面の武蔵野線内で運行障害が発生し8時台は武蔵小金井～国分寺間が不通になる場合（ケースb10）で1.013、新宿～武蔵小金井間が不通になる場合（ケースb20）で1.015となった。ケースb20は、5方面の中で最も高い値となっている。要因としては、終日運休ケースと同様、中央線（快速）のピーク時通過人員の多さによるものと推察される。ケースb20について、方面・エリア別のネットワーク影響度は中央線方面の武蔵野線内で1.090となっている。さらに時間帯別にみると、7時台のネットワーク影響度は中央線方面の武蔵野線内で1.109とかなりの悪化傾向が出ている。7時台の値、及び、6～9時の合計の値としては、最も悪い結果である。域内の6時台、及び、武蔵野線内の7～8時台の値が高く、距離帯と時間から推察するに、都心方面に通勤する旅客が影響を受けているものと考えられる。また、全ての方面で値が悪くなっており、運行障害の影響を当該方面内で収められていない。さらに、中央線方面の域内の値が、終日運休ケースと比べて悪化している。この要因としては、一時運休ケースの場合、7時台は高尾までの全線で運休となる設定のため、終日運休ケースと違い、武蔵小金井以西の中央線にアクセスする旅客も経路変更を強いられる影響によるものと考えられる。（図-16）

ミクロ的指標について、ケースb20は、平均混雑率、乗車制限区間数、乗換客数、一般化費用の各指標で、他のケースと比べて大きい値を示した。不通区間が生じると、南武線、武蔵野線、八高線等の環状路線を經由し他の放射状路線に旅客が流れる変化が生じるため、環状路線の混雑率が高くなるとともに、放射状路線である京王線、小田急線、西武新宿線の混雑率も上昇する。同時にこれらの接続駅での乗換旅客数が増加し、駅の混雑が激しくなる。特に方面・エリア単位の8時台の平均混雑率が中央線方面の区部環状線内で152%、武蔵野線内で160%となり、乗車制限区間も27区間（区部環状線内2区間、武蔵野線内8区間、域内17区間）発生している。これらに関連する駅では乗車できない旅客で混雑する状況が発生するものと推察されるとともに、一時的に不通区間が発生した時にネットワークではカバーしきれていないことが伺える。また、南武線は9時台でも6区間が乗車制限区間となっており、運行障害による影響の解消に時間がかかる様子が確認できる。乗車制限区間に環状路線が多く含まれていることを踏まえると、環状方向への移手段の確保が課題の一つと考えられる。（図-17, 18）

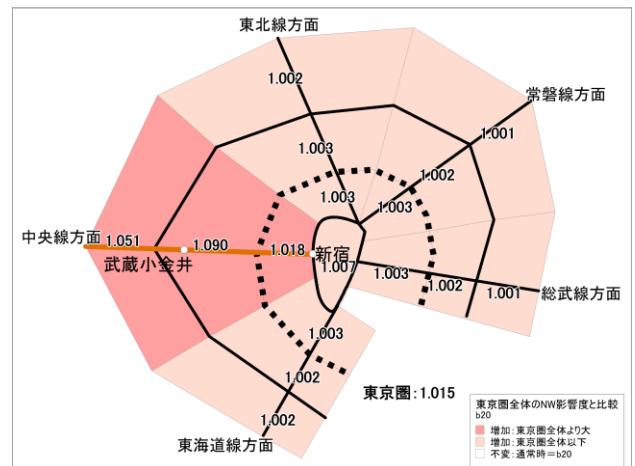


図-16 ネットワーク影響度 (b20)

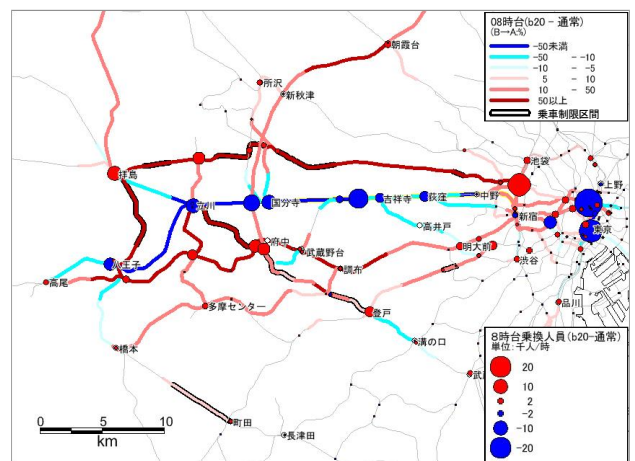


図-17 8時台の都心方面への混雑率と乗換人員の変化 (b20)

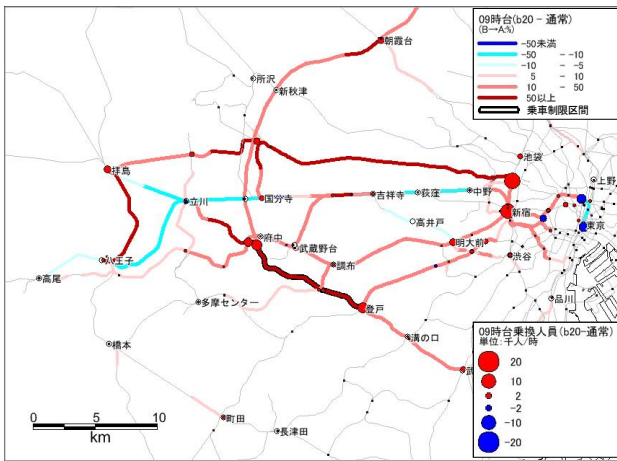


図-18 9時台の都心方面への混雑率と乗換人員の変化 (b20)

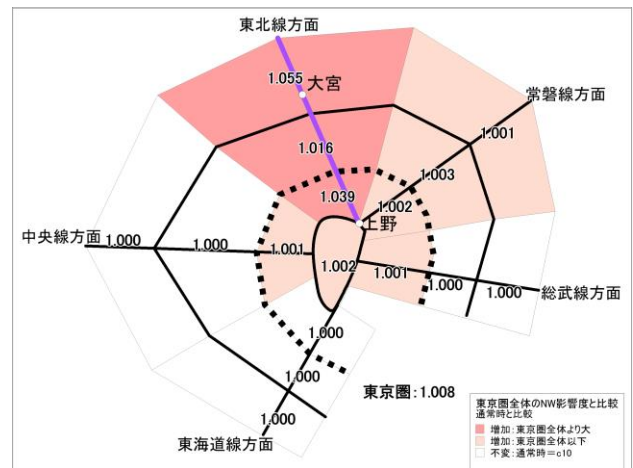


図-19 ネットワーク影響度 (c10)

c) 東北線方面

マクロ的指標について、東京圏全体のネットワーク影響度の値は1.008となった。方面・エリア別のネットワーク影響度は東北線方面の域内で1.055となっている。さらに時間帯別にみると、8時台のネットワーク影響度は東北線方面の区部環状線内で1.121とかなりの悪化傾向が出ている。(図-19)

ミクロ的指標について、8時台の平均混雑率は、京浜東北線、埼京線、湘南新宿ライン、埼玉新都市交通などで大きく上昇、方面・エリア単位では、東北線方面の区部環状線内で159%となり、乗車制限区間も23区間(区部環状線内2区間、武蔵野線内6区間、域内15区間)発生している。また、常磐線方面の区部環状線内で153%となった。一時運休ケースで他方面の混雑率が150%を超えたのはケースc10のみであり、影響が他のエリアまで波及している様子が確認された。8時台の乗換人員は、大宮駅で4.0万人増加し通常の195%と、駅部で混雑状況が悪化する様子が確認できる。他には、迂回経路上になる北千住駅で0.7万人増(110%)、春日部駅で0.6万人増(160%)となっている。なお、東武アーバンパークライン、東武伊勢崎線、日比谷線の混雑率が非常に上昇していることから、大宮駅から東武アーバンパークラインに乗換え上記の経路で都心へ向かう経路変更が行われていることが確認できるが、一方で、西側に位置する東武東上線の混雑率はほとんど変化しておらず、西側では経路変更があまり起きていないことが確認された。この傾向は、終日運休ケースも同様であり、このことから、迂回路線の整備のほか、JR線から東武東上線方面へ轉移しやすいネットワークにすることで、状況を改善できる可能性があると考えられる。(図-20)

また、東北線方面の区部環状線内は、影響人員は少ないものの、鉄道経路影響人員1人当たり一般化費用増加量が1,527円/人とかなり高くなっている。このことから、乗車制限区間の多い域内だけでなく、区部環状線内に対

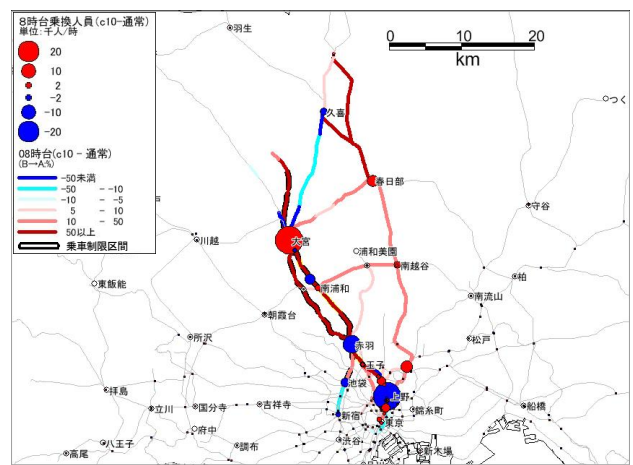


図-20 8時台の都心方面への混雑率と乗換人員の変化 (c10)

する改善も検討が必要と考える。(表-10, 11)

d) 常磐線方面

マクロ的指標について、東京圏全体のネットワーク影響度の値は、常磐線方面の武蔵野線内で運行障害が発生し、8時台は松戸～我孫子間が不通になる場合(ケースd10)、上野～松戸間が不通になる場合(ケースd20)ともに1.006となった。これは、5方面の中で最も低い値となっている。ケースd10について、方面・エリア別のネットワーク影響度は常磐線方面の域内で1.070となっている。他の常磐線方面エリアと比べて、域内に対する影響の高さがうかがえる。さらに時間帯別にみると、6時台のネットワーク影響度は常磐線方面の域内で1.137とかなりの悪化傾向が出ており、6時台の値としては、最も悪い結果である。筆者らの報告²⁴⁾によると、常磐線方面は鉄道で通勤する人の多くが23区内に通う人であるため、域内からの通勤距離が長い傾向にあることが示されており、運行障害の影響を大きく受けたものと推察される。なお、ケースd20では、常磐線方面の武蔵野線内で、8時台に1.146、9時台に1.140と、2時間に渡ってかなり高

い値となることが確認された。(図-21)

ミクロ的指標について、ケースd10は、方面・エリア単位の8時台の平均混雑率は常磐線方面の区部環状線内、武蔵野線内で140%となっている。また、乗車制限区間は、常磐線や千代田線で計8区間(区部環状線内3区間、武蔵野線内2区間、城内3区間)発生しているが、8時台乗車制限区間数としては5方面で最も少ない。なお、終日運休ケース時同様、迂回する旅客でつくばエクスプレスの混雑率もかなり上昇するが、一時運休ケースの場合は乗車制限区間にはならなかった。また、終日運休ケースで起きたような成田線回りの迂回行動までには至らない結果となった。(図-22)

影響人員でみると、終日運休ケースと同様に、影響人員は小さいが、鉄道経路影響人員1人当たり一般化費用増加量の値が高く、運行障害の影響を受ける利用者にとっては影響が大きいものと評価する。(表-10,11)

一時運休ケースと終日運休ケースの結果から、常磐線方面は、ネットワークとして運行障害に対して脆弱ではあるものの、1~2時間程度の障害に対しては、比較的耐えることができる方面と推察される。

e) 総武線方面

マクロ的指標について、東京圏全体のネットワーク影響度の値は1.007となった。方面・エリア別のネットワーク影響度は総武線方面の区部環状線内で1.065となっている。さらに時間帯別にみると、8時台のネットワーク影響度は総武線方面の区部環状線内で1.165となっている。これは、全てのエリア別・時間帯別の値の中で最も悪い結果である。総武線方面の区部環状線内は、環状方向の路線が乏しい上に、8時台でも依然として東京~津田沼間が不通となっていることから、離れた駅へアクセスするか、9時台の再開まで待つしかいないため、影響が大きく出たものと推察される。(図-23)

ミクロ的指標について、方面・エリア単位の8時台の平均混雑率は総武線方面の武蔵野線内で150%となった。また、乗車制限区間は12区間(区部環状線内6区間、武蔵野線内2区間、城内4区間)発生している。このことから、乗車できず駅で滞留している旅客が多く発生することが確認できる。なお、東武アーバンパークラインと北総線の混雑率の変化をみると、通常時に北総線から東武アーバンパークラインを経由して総武線に流れていた旅

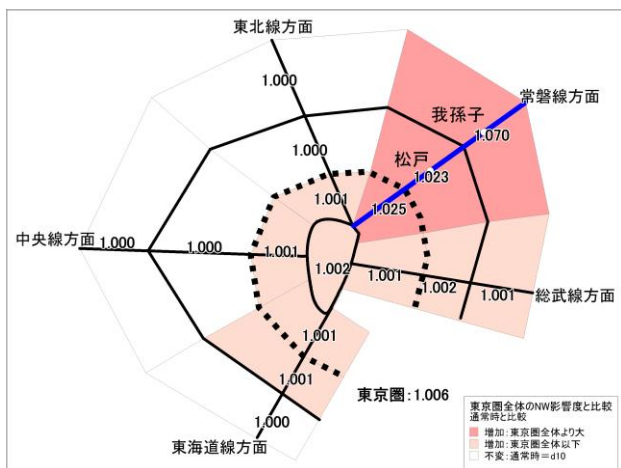


図-21 ネットワーク影響度 (d10)

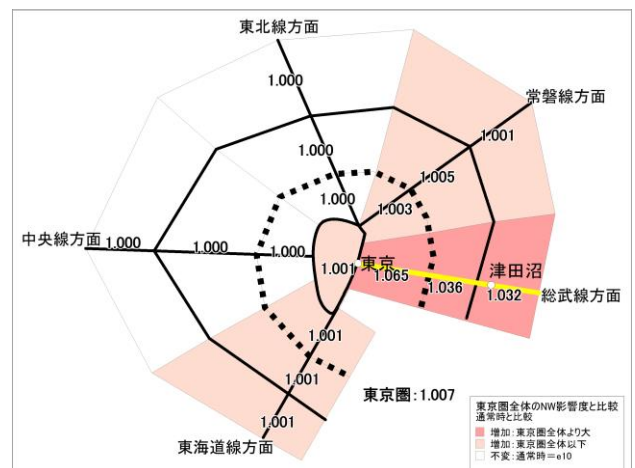


図-23 ネットワーク影響度 (e10)

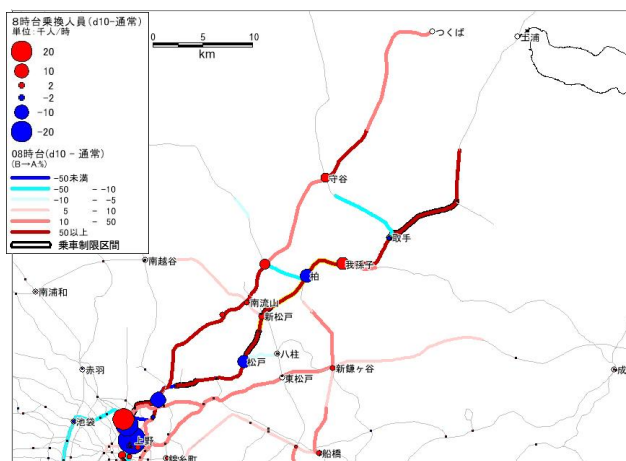


図-22 8時台の都心方面への混雑率と乗換人員の変化 (d10)

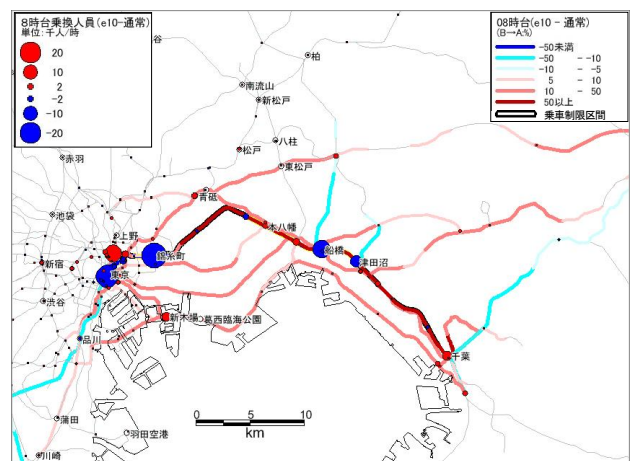


図-24 8時台の都心方面への混雑率と乗換人員の変化 (e10)

客が、そのまま北総線で都心に向かうような流動変化になることが確認できる。通常時に北総線から東武アーバンパークラインを経由して総武線で都心に向かうような流動が起きている理由としては、目的地との位置関係によるほか、運賃等の鉄道サービスレベルが関係しているものと思われる。(図-24)

鉄道経路影響人員1人当たり一般化費用増加量は、総武線方面の区部環状線内で2,072円/人となった。これは、方面・エリア別で最も高い結果である。ネットワーク影響度の考察と同様、総武線方面の区部環状線内は環状方向の路線が乏しいことから、東京～津田沼間が不通となった場合に、運行再開まで待つ旅客が多数発生することが原因である。運休区間の並行路線が複数(京成線、総武線(緩行)、都営新宿線、東西線、京葉線)あることを考えると、放射状路線間を結節するような環状方向への移動手段の確保が重要な方面であると考えられる。さらには、自宅を出発する際に運行状況が把握できれば、アクセス駅を変更し並行路線へ転移することも可能であること、出発前から運休が分かって経路判断する終日運休ケースのネットワーク影響度が一時運休ケースと比べてかなり低いことと合わせて考えると、5方面の中でも特に運行障害に関する情報提供が重要な方面であると考えられる。(表-10, 11)

5. おわりに

本研究では、東京圏の都市鉄道で、自然災害等によって終日に渡って運休となった場合と、突発的な運行障害が発生し一時的に運休となった場合について、運行障害時の旅客流動の変化を分析できる需要分析システムを用いて方面・エリア単位で影響分析を行い、方面別での評価を行った。その結果、終日運休ケースと一時運休ケースそれぞれについて、各方面での運休区間の発生による影響の違いを方面・エリア毎に定量的に示すことができ、方面別での評価結果を示すことができた。以上より、本研究にて方面別にネットワークの強靭性・脆弱性等の一端を把握することができたと考えており、また、得られた知見は、東京圏の都市活動を支える強靭な鉄道ネットワークの構築に資するものと捉えている。

さらに、今回用いた運行障害時の旅客流動の変化を分析できる需要分析システムやネットワーク影響度等の評価指標、方面・エリア別の評価・分析手法について、広域かつ稠密な東京圏鉄道路線網における影響を測る手法の一つとして、有用であることが示されたものと考えている。なお、今回は、東京圏全体をみるとの視点で5路線を軸にエリア設定を行ったが、調査・検討の目的に合わせてエリア設定を行うことが可能であり、路線や行政単位によらない評価の一手法として、今回の方面・エリア

別の分析手法が活用できればと考えている。

今後は、本研究の分析結果から運行障害時の影響緩和を図る改善施策について検討し、ケーススタディとして影響緩和効果を分析することを考えている。これにより、手法の妥当性や、東京圏の都市活動を支える強靭な鉄道ネットワークの構築に資する知見について更に積み上げていきたいと考えている。これらの研究が、東京圏の都市鉄道ネットワークの更なる改善、そして、東京圏の更なる発展に繋がることを期待する。

参考文献

- 1) 運輸総合研究所：数字でみる鉄道 2017, pp.24, 2016.
- 2) 国土交通省：東京圏(対象路線 45 路線の路線別)における 1ヶ月(平日 20 日間)当たりの遅延証明書発行日数状況(平成 28 年度), 2017
- 3) 金子雄一郎, 栗原彰, 井上真志：東京圏の鉄道ネットワークを対象とした脆弱性評価, 土木計画学研究発表会, 第 47 回, 2013.
- 4) 金子雄一郎, 佐野在人, 横山茂樹, 井上真志：災害対策のための鉄道の運転状況に基づく OD 間接続性評価システムの構築, 土木学会論文集 F6(安全問題), Vol.70, No.2, pp. I_99-I_106, 2014.
- 5) 中川拓朗, 金子雄一郎, 横山茂樹, 井上真志：首都直下地震を想定した都市鉄道ネットワークの脆弱性評価, 土木学会年次学術講演会, 第 71 回, pp.39-40, 2016.
- 6) 中川拓朗, 金子雄一郎, 横山茂樹, 井上真志：複数リンクの途絶を考慮した都市鉄道ネットワークの脆弱性評価, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.73, No.5, pp.I_809-I_818, 2017.
- 7) 藤生慎, 吉澤智幸, 高田和幸：首都圏における鉄道事故の発生と運行停止時間の確率分布の推定, 土木学会第 59 回 年次学術講演会, CD-ROM, 2004.
- 8) 高田和幸, 吉澤智幸：鉄道事故に伴う旅客の損失時間の推計手法に関する研究, 土木計画学研究・論文集 Vol. 22, pp. 863-868, 2005.
- 9) 角田史記, 加藤学, 大塚理恵子, 助田浩子, 大関一博：交通系 IC カードを利用した鉄道運行障害時の影響を定量化する方法の研究, 情報処理学会論文誌 データベース Vol.6, No.3, pp.187-196, 2013.
- 10) 樽田真人, 菱沼千明：鉄道運行障害時の乗換案内法の提案, 情報処理学会創立 50 周年記念全国大会, pp.5-159-5-160, 2010.
- 11) 佐野在人, 金子雄一郎：東京圏における鉄道の折り返し運転の実態把握と評価方法の検討, 鉄道工学シンポジウム論文集, 第 19 号, pp.185-192, 2015.
- 12) 竹木祥太, 荒井幸代：相互乗り入れ路線内の遅延損失最小化に向けた折り返し運転開始の決定法, 第 31 回人工知能学会全国大会, 4pages, 2017.
- 13) 堀江 岳, 関谷聡大, 金子雄一郎：公式 Twitter に基づく都市鉄道の運転見合わせの発生状況と情報提供の実態分析, 土木学会論文集 F3(土木情報学), Vol.71, No.2, pp.II_28-II_33, 2015.
- 14) 高田和幸, 小林蘭美：鉄道運行障害発生時の乗客の選択行動に関する分析, 土木計画学研究・論文集 Vol.25, No.3, pp.763-768, 2008.
- 15) 武藤雅威：運転再開時の旅客予測手法の開発, 鉄道総研報告, Vol.22, No.6, Jun.2008.

- 16) 最首博之：都市鉄道の輸送トラブル発生時の対応に関する研究, 運輸政策研究 Vol.17, No.2, pp.53-56, 2014.
- 17) 金子雄一郎, 佐野在人, 室井寿明：東京圏を対象とした大規模震災時における鉄道代替バスの輸送方策に関する研究, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol.71, No.2, p.I_199-I_204, 2015.
- 18) 金子雄一郎, 芦田佳輝：鉄道の運転見合わせ時における路線バスへの振替輸送の実態分析, 交通工学論文集 (特集号), 第 2 巻 2 号, p.A_65-A_74, 2016.
- 19) 木村悠一郎, 落合弘明, 三浦秀一：都市鉄道ネットワークの評価に関する一考察, 鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL) 講演論文集, 第 17 回, 2010.
- 20) 山下守人, 伊藤真, 三浦秀一：東京圏の都市鉄道ネットワーク評価に関する一考察, 鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL) 講演論文集, 第 19 回, 2012.
- 21) 石野朝哉, 三浦秀一, 室田雅樹, 山下守人：都市鉄道の運行トラブル時の路線網評価に関する検討, 鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL) 講演論文集, 第 21 回, 2014.
- 22) 石野朝哉, 三浦秀一, 室田雅樹, 山下守人：都市鉄道の定量的な路線網評価に関する検討, 鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL) 講演論文集, 第 22 回, pp. "2710-1"- "2710-2", 2015.
- 23) 山下良久, 山下守人, 石野朝哉, 小田千尋, 千田雪子：突発的な運行障害時における旅客の行動変化を考慮した需要分析システムの構築, 土木計画学研究発表会, 第 51 回, 2015.
- 24) 田中義章, 三浦秀一, 伊藤真, 植田綱基：東京圏における方面・エリア別の鉄道路線網の現状分析, 土木計画学研究発表会, 第 55 回, 2017.
- 25) 植田綱基, 田中義章, 三浦秀一, 室田雅樹：東京圏の鉄道ネットワークに関する方面・エリア別の現状分析, 鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL) 講演論文集, 第 24 回, 2017.
- 26) 運輸総合研究所：平成 26 年度都市交通年報, pp.184-189, 2017.
- 27) 国土交通省：平成 27 年大都市交通センサス首都圏報告書, pp.216, 2017

(2018.7.27 受付)

IMPACT ANALYSIS BY EACH DIRECTION AND AREA DUE TO OCCURRENCE OF INOPERATIVE SECTION ON RAILWAY NETWORK IN THE TOKYO METROPOLITAN AREA

Yoshiaki TANAKA, Morito YAMASHITA and Toshihiro ENDOU

The urban railroad in Japan has a role as “the urban device” that sustains an urban function such as mass transit. Especially the urban railroad in the Tokyo metropolitan area is foundation that supports the central function of our country, and required toughness. Furthermore, convenience has been improved by such as mutual direct operation, and the urban railroad has become unified as a network. As a result, it has become hard to address phenomena and problems by each railroad company and a route basis. Therefore, it is important to evaluate and analyze the vulnerability of urban railroad in the Tokyo metropolitan area on a certain scale area based on the shape of railroad network and user's trend.

In this paper, supposing that suspension of service occurs on railroad network in the Tokyo metropolitan area, we conduct impact analysis by each area and evaluate by each direction using the demand analysis system which can analyzes the changes in passenger flow.