

大規模地震災害後における 鉄道の運行再開のタイミングに関する一考察

高田 和幸¹・藤生 慎²・小野村 広平³

¹正会員 東京電機大学准教授 理工学部建築・都市環境学系（〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂）
E-mail: takada@g.dendai.ac.jp

²正会員 東京大学大学院学際情報学府学際情報学専攻（〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1）
E-mail: fujiu@iis.u-tokyo.ac.jp

³学生会員 東京電機大学大学院デザイン工学専攻（〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂）
E-mail: 12rmk07@ms.dendai.ac.jp

2011年3月11日14時46分頃に発生した東北地方太平洋沖地震では首都圏でも震度5強の揺れに見舞われ、交通システムが麻痺し多くの鉄道利用者が不便を被った。また、鉄道利用者は運行が再開すると駅に集中し、安全な鉄道輸送を阻害することとなった。このように、大規模な鉄道運行の停止から再開をする際には、適切なタイミングが肝要であることが問題となった。そこで、本研究では、東北地方太平洋沖地震時の運行再開実態を踏まえて、運行再開可能区間の提案、運行再開シナリオの提案、運行再開シミュレーションを通じて、今後発生が想定されている大規模地震災害後における鉄道の運行再開のタイミングについて議論する。

Key Words : railway restarting, railway operation, railway system, large-scale earthquake disaster

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、では、首都圏では最大で震度5強の揺れに見舞われた。鉄道は一定規模以上の地震動に見舞われると線路や鉄道構造物の点検のため、運行を一時中止することになっている。そのため震災発生後は首都圏全体で鉄道の輸送機能が麻痺し、鉄道利用者の多数が帰宅困難者となった。帰宅困難者の中には、駅構内や緊急避難場所で鉄道の運行再開を待つものが多数いた（図-1）。

震災当日の鉄道の運行状況は下記の通りである。JR東日本は、安全確認の必要性から翌日まで運行中止を早々に宣言した。一方、私鉄と東京メトロは、安全点検を順次実施し、安全確認が取れた路線から運行を開始した。なお、路線の安全確認に要した時間は最長で18時間であった。

また当日の鉄道運行再開の際には、鉄道事業者間での運行再開のタイミングのずれや、路線形態の制約などから運行区間で輸送力が不足するなどの問題が発生した。また被災地内で鉄道の運行再開を待つ帰宅困難者が大量に発生した。

今後発生が想定されている首都直下地震や東海・東南

海・南海地震で首都圏の高密度な鉄道システムが被災した際には、この点検に要する時間は、数時間から数十時間、最悪の場合には数日を要することが予想される。

そこで本研究では、東北地方太平洋地震時の首都圏の鉄道事業者の運行実態を明らかにし、今後の震災に備えて、適切な運行再開のあり方を検討することとした。



図-1 帰宅困難者（JR横濱駅）

表-1 運行再開状況

事業者名	線名	区間等	営業キロ	運転再開日	時刻	事業者名	線名	区間等	営業キロ	運転再開日	時刻
JR東日本	東北線	上野～大宮	26.7	3/12	13:48	東京急行電鉄	本線	豊島寺～品川	1.2	3/13	4:57
	常磐線	上野～柏	29.1	3/12	7:58		空堀線	北千住～品川	25.6	3/12	5:02
	常磐線	綾瀬～北柏	21.5	3/12	8:59		大船橋線	京成川崎～小島新町	6.5	3/12	5:18
	武蔵野線	府中本町～南総線	77.2	3/12	10:36		本線	横濱～西谷	4.5	3/12	5:07
	総武本線	東京～稲毛	35.9	3/12	7:54		横濱線	横濱～西谷	6.9	3/11	21:41
	総武中央線	三鷹～府中本町～稲毛	58.9	3/12	8:34		鶴巻線	浅草～西谷	14.3	3/11	20:40
	京浜線	東京～稲毛海岸	35.3	3/12	14:00		丸の内線	北千住～中野～西谷	27.4	3/11	23:00
	埼京線	大崎～大宮	36.9	3/12	7:00		日比谷線	北千住～南千住	2.1	3/12	8:43
	山手線	大崎～大塚	34.5	3/12	8:00		有楽町線	南千住～上野	3.2	3/12	1:09
	中央線	東京～国立	34.5	3/12	7:36		丸の内線	上野～中目黒	15.0	3/11	23:32
	湘南新線	追分～大宮	22.6	4/4	5:16		東武東上線	中野～高田馬場	3.9	3/12	6:55
	横須賀線	東京～横浜	31.7	3/13	8:21		東武東上線	高田馬場～妙典	22.9	3/11	23:08
	東海線	東京～横浜	28.8	3/12	7:59		東武東上線	妙典～西船橋	4.0	3/12	6:55
	南武線	川崎～横浜	31.6	3/12	7:32		東武東上線	北船橋～練馬	2.1	3/12	9:40
	鶴見線	鶴見～新町～海芝浦～大塚	9.7	3/13	5:44		東武東上線	練馬～北千住	2.5	3/12	9:35
横濱線	東横線川～長津田	17.9	3/12	7:00	千代田線	北千住～大塚	9.9	3/11	22:55		
京浜東北線	大宮～東京～横浜	69.1	3/12	8:56	東武東上線	大塚～長春湯	6.6	3/11	22:35		
種彦線	横浜～石川町	3.8	3/12	19:09	東武東上線	長春湯～代々木上原	3.1	3/12	6:35		
伊勢崎線	横濱～北千住	7.1	3/12	16:10	東武東上線	代々木上原～池袋	11.5	3/12	5:00		
東武鉄道	東武東上線	北千住～大塚	24.0	3/12	8:57	東武東上線	池袋～新大塚	18.8	3/11	22:15	
	野田線	稲形～稲	12.0	3/12	9:45	東武東上線	池袋～丸の内	6.0	3/11	22:57	
	亀戸線	稲形～稲	10.8	3/12	8:40	東武東上線	丸の内～押上	10.1	3/11	20:40	
	亀戸線	亀戸～亀戸	3.4	3/12	13:00	東武東上線	目黒～白金高輪	2.3	3/11	23:13	
	大塚線	西新井～大塚	1.0	3/12	13:00	東武東上線	白金高輪～赤羽岩淵	19.0	3/11	21:20	
	東上本線	池袋～ふじみ野	24.2	3/12	5:54	東武東上線	小竹向原～池袋	3.2	3/12	20:10	
	池袋線	池袋～所沢	24.8	3/11	21:55	東武東上線	池袋～池袋	8.9	3/12	0:00	
	新宿線	西武新宿～所沢	28.9	3/11	21:55	東武東上線	京成津田沼～松戸	26.5	3/12	6:00	
	有楽町線	小塚～小川	2.7	3/11	22:00	東武東上線	松戸～八潮	15.6	3/12	9:10	
	東武東上線	練馬～西葛西	1.0	3/11	21:57	東武東上線	八潮～西山おおたかの森	10.9	3/12	12:26	
西武鉄道	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	西山おおたかの森～新大塚	3.5	3/13	8:30	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	新大塚～池袋	16.2	3/11	21:20	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	3.1	3/12	5:16	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	1.7	3/12	0:35	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	22.5	3/11	21:15	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	23.5	3/11	21:58	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	40.7	3/11	20:40	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	21.4	3/11	23:15	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	13.0	3/11	23:20	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	5.7	3/11	16:20	
京成電鉄	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	17.8	3/12	5:00	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	16.2	3/12	6:10	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	14.6	3/11	21:20	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	4.9	3/11	6:22	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	7.3	3/12	7:43	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	17.8	3/12	4:58	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋	4.1	3/11	22:43	
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
京王電鉄	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
東急電鉄	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				
	池袋線	池袋～池袋	3.8	3/12	6:40	東武東上線	池袋～池袋				

※ 計画遅延の影響がある。

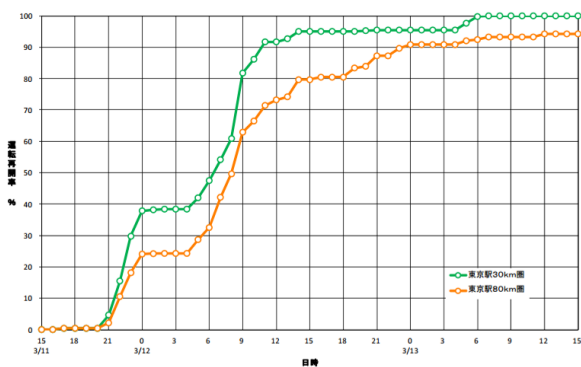


図-2 運行再開再開率の推移

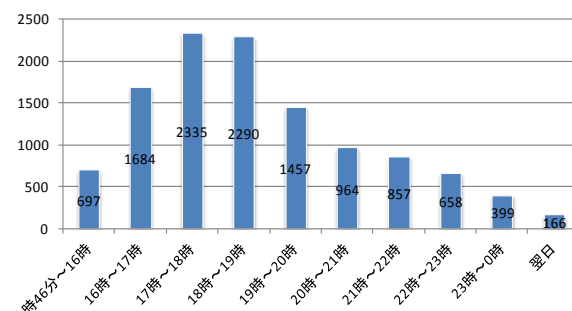


図-3 移動開始時刻の分布

2. 帰宅困難者の移動開始時刻に関する分析

2.1 首都圏の鉄道の運行再開状況について

震災発生直後より、首都圏においては鉄道が安全の確認のため全線に渡り運行が休止された。安全確認に長時間を要したため、鉄道通勤者に多大な影響が及んだ。首都圏における鉄道路線毎の運行再開状況および運行再開率を表-1、図-2に示す¹⁾、²⁾。

都営大江戸線が20時40分と早期に運行を再開し、次いで東京メトロ、西武鉄道、東急電鉄や京王電鉄などでも早期に運行が再開された。またその一方でJRや東武鉄道などでは翌日以降に運行を再開しており、鉄道事業者間で差があったことが確認できる。

2.2 帰宅困難者の移動開始時刻について

筆者らが実施したアンケート調査³⁾を帰宅困難者の移動開始時刻について集計した結果を図-3に示す。図より17時から19時の間に移動を開始した者が多いことが見て取れる。図-3に示されている通り、19時の段階では鉄道は全く再開されていないことから、この時間帯に移動を開始した者は、鉄道以外の手段を用いていたと判断することができる。

次に、性別・年代・配偶者有無・子供の有無といった個人属性と移動開始時刻との関係を調べた。図-4は、配偶者・子供有無と移動開始時刻との関係を示した図であ

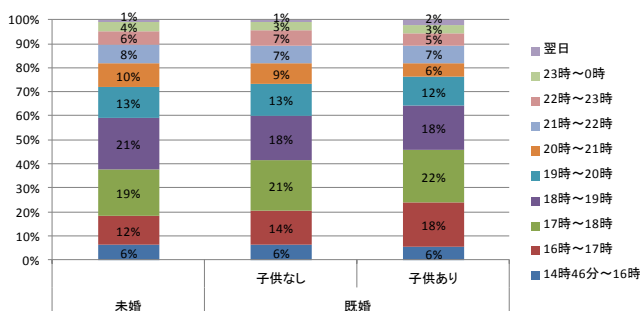


図-4 未既婚・子供有無と移動開始時刻との関係

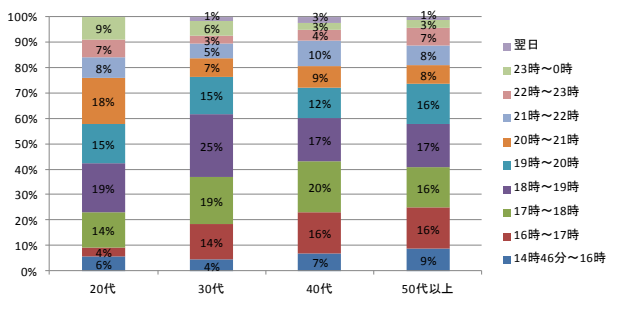


図-5 年代と移動開始時刻の関係（男性）

る。配偶者有無と移動開始時刻との関連性に顕著な差は見受けられなかった。一方、子供有無に関しては、子供がいる方が早い段階で移動を開始している傾向が見受け

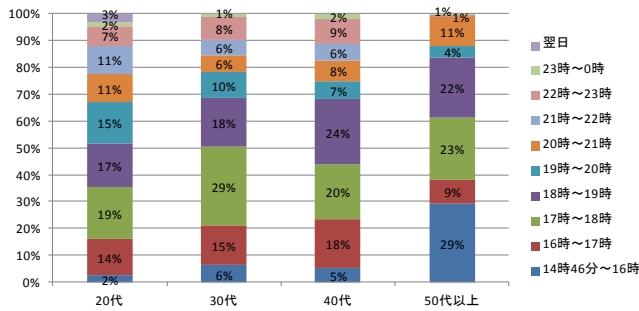


図-6 年代と移動開始時刻の関係 (女性)

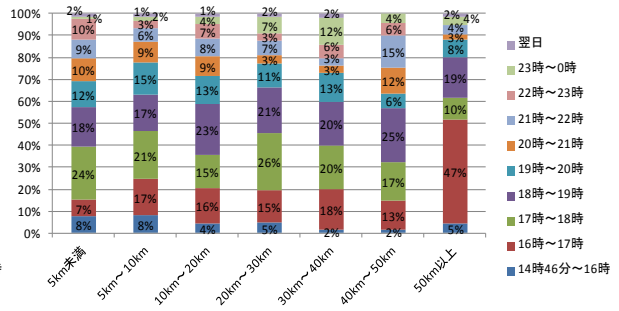


図-7 自宅までの距離と移動開始時刻との関係

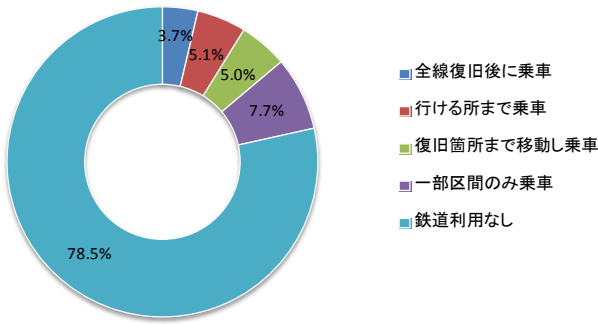


図-8 鉄道利用形態の割合

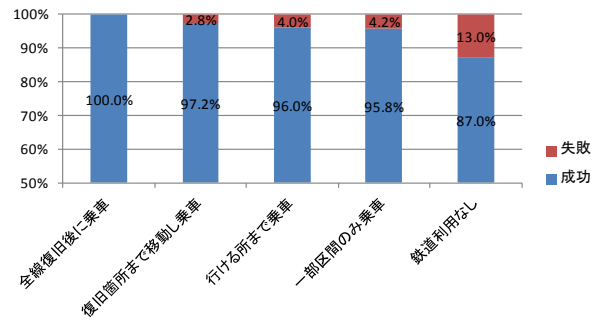


図-9 鉄道利用形態別の帰宅成否割合

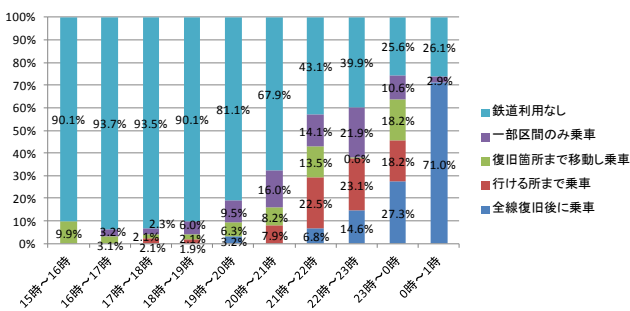


図-10 移動開始時刻別の鉄道利用形態

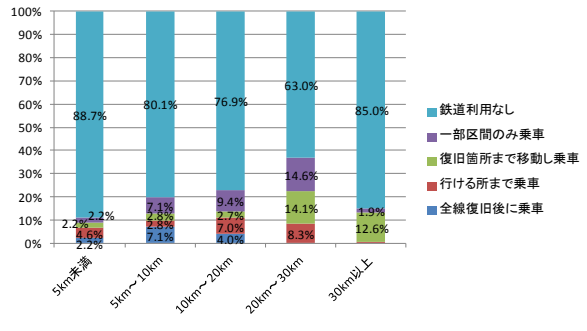


図-11 自宅までの距離帯別の鉄道利用形態

られた。

年代と移動開始時刻との関係を性別毎に集計した結果を図-5と図-6に示す。性別に関わらず、年代が上がるにつれて早い時間帯に移動を開始している傾向が見受けられる。男性と女性の移動開始時刻を比較すると、女性よりも男性の方が全体的に早い時間帯に移動していることが明らかとなった。特に、50代以上の男性のほとんどが21時まで移動を開始していた。この結果から、男性の方が、積極的に移動をはじめていたことが示唆される。自宅までの距離と移動開始時刻との関係を図-7に示す。なお自宅の住所が不明であった際は「通勤に用いている自宅の最寄り駅」、また「移動開始場所」の住所が不明であった際は「通勤時の降車駅」を代用して距離を算定した。どの距離帯においても比較的早い時刻に移動を開始していた。

21時まで鉄道が運転を再開していないことから、自宅までの距離が相当遠くても、鉄道の再開を待たずに移動

を開始していたと推察される。なお自宅までの距離が短い人ほど、14時46分から16時までの地震発生直後に移動を開始していることも見て取れる。

3. 鉄道利用形態に関する分析

3.1 分析の概要

前章の分析において、相当数の帰宅困難者が、鉄道の運行再開を待たずに移動を開始していたことが明らかとなった。一方、21時以降、東京メトロを中心に順次鉄道の運行が再開され、鉄道を用いてより安全に帰宅した者もいたと考えられる。そこで本章では、鉄道の運転再開の状況と帰宅開始時刻との関連性について分析した。なお帰宅のパターンを「帰宅に用いる全路線の運転が再開を待って鉄道を利用」「行ける所まで鉄道を利用」「運転再開路線の駅まで移動し、その後、鉄道で移動」「運

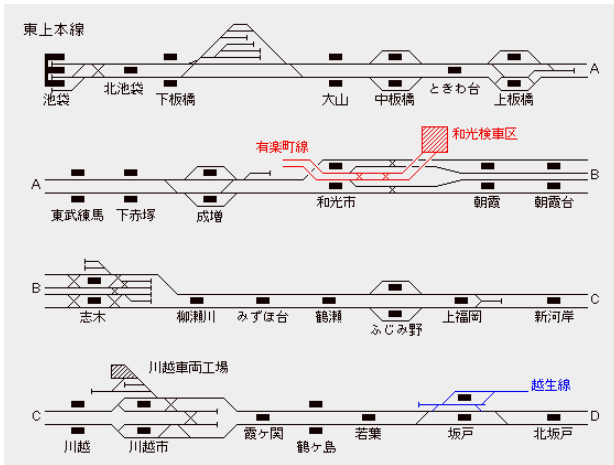


図-12 配線図（東武東上線）

転再開路線の駅まで移動して一部区間のみ鉄道で移動し、その後、鉄道以外の交通手段で移動「鉄道を全く利用せずに移動」の5つに分類した。

3.2 鉄道運転の再開状況と鉄道利用形態との関係

鉄道の運行再開状況と鉄道利用形態との関係を集計分析した。図-8に示す通り8割近くの者が、全く鉄道を利用せずに帰宅していた。また、鉄道の再開を待たずに移動を開始した者が9割以上に昇ることも明らかとなった。

鉄道利用形態と帰宅の成否との関係を図-9に記す。全体的に帰宅成功率は高いが、鉄道を全く利用しないで移動した際の帰宅成功率が最も低く、さらに一部の区間だけを鉄道で移動した際にも、途中で帰宅を諦めている者がいたことが明らかとなった。このことより、帰宅が困難になった際は、被災地内で滞留し、その後安全が確認されてから移動を開始するこの有効性が確認されたと言える。

次に鉄道の運行再開状況と移動開始時刻との関係を調べた。図-10に示す通り、移動を開始した時刻が遅いほど、鉄道の利用割合が高まり、23時を過ぎた頃にはおよそ四分の一の者が、全線鉄道を用いて移動できていたことが明らかとなった。最後に、自宅までの距離と鉄道利用形態との関係を調べた。図-11に示す通り、自宅まで20km以上の離れていた者は、利用する路線で運転が再開される前に移動を開始していたことが明らかとなった。本来、長距離の移動が必要な者ほど滞留する必要性が高いにも関わらず、今回の地震発生による帰宅困難においては、自宅までの移動距離が長距離であった者ほど、無理に移動を開始していた可能性がある。

4. 運行再開可能区間の検討

東北地方太平洋沖地震後の安全点検は、多くの路線で

全線点検を行い、すべての区間の安全が確保されてから運行が再開された。しかし、全線点検が終了するまで運行再開を待たずに運行再開が可能な区間が存在することが考えられる。つまり、折り返し設備や渡り線が存在する区間では運行を再開できた可能性がある。そこで、本研究では、配線図（図-12）をもとにして点検終了後、順次運転を再開することが可能と考えられる区間を提案する。

5. 運行再開シミュレーション分析

大規模な地震災害後に鉄道が運行を停止した際、混乱が生じないように運行再開のパターンを明らかにすることを目的として、4章での検討を踏まえ、運行再開タイミングの複数のシナリオ（例えば、2つの事業者が連携を取った場合、すべての事業者が連携を取らずに運行を再開した場合など）を想定する。シミュレーション分析を通じてシナリオを評価し、大規模地震災害後の首都圏の鉄道システムの運行再開のあり方を提案する。

6. まとめ

近い将来、発生が想定されている首都直下地震をはじめとして、東海・東南海・南海地震でも東京は甚大な被害が予想されている。首都圏の鉄道システムが大きなダメージを受け、長時間の運行停止と莫大な数の帰宅困難者の発生が懸念される。そこで、首都圏の市民の移動の足を支える交通システムの運行再開のタイミングは安全輸送・安定輸送の観点から重要な検討事項である。

参考文献

- 1) 国土交通省鉄道局：大規模地震発生時における首都圏鉄道の運転再開のあり方に関する協議会，資料，平成23年4月20日。
- 2) 国土交通省鉄道局：大規模地震発生時における首都圏鉄道の運転再開のあり方に関する協議会，報告書（概要），平成24年2月15日。
- 3) 杉山茂樹，藤生慎，高田和幸：東北地方太平洋沖地震における首都圏の帰宅困難者の行動特性分析，第31回地震工学研究発表会