

都市鉄道の大規模なダイヤ乱れからの復旧に関する研究

永岡 修¹・日比野 直彦²・森地 茂³・家田 仁⁴・富井 規雄⁵

¹学生会員 政策研究大学院大学 大学院政策研究科 (〒106-8677 東京都港区六本木7-22-1)

E-mail:mjd14207@grips.ac.jp

²正会員 政策研究大学院大学准教授 大学院政策研究科 (〒106-8677 東京都港区六本木7-22-1)

E-mail:hibino@grips.ac.jp

³名誉会員 政策研究大学院大学教授 大学院政策研究科 (〒106-8677 東京都港区六本木7-22-1)

E-mail:smorichi.pl@grips.ac.jp

⁴フェロー会員 政策研究大学院大学教授 大学院政策研究科 (〒106-8677 東京都港区六本木7-22-1)

E-mail:ieda@civil.t.u-tokyo.ac.jp

⁵非会員 千葉工業大学教授 情報科学部情報工学科 (〒275-0016 千葉県習志野市津田沼2-17-1)

E-mail:tomii@cs.it-chiba.ac.jp

東京圏の都市鉄道は相互直通運転、高頻度運転などにより、緻密な鉄道システムを構築している反面、ひとたび大規模なダイヤ乱れが発生すると、影響は長時間かつ広範囲に波及し、サービスレベルを低下させている。本研究では、人身事故による大規模なダイヤ乱れについての運転整理手法や運行実績の比較から違いを明らかにし、ダイヤ乱れからの早期復旧の実現に向けての礎となる複数の実績の横断的な比較分析の重要性を示すことを目的とする。運転事故等整理表の分析、インタビュー調査、列車運行実績データの分析、遅延証明書の分析の結果、事業者別の発生件数と最大遅延時間の関係、事業者別の運転整理手法の違い、同一路線での事象別の増延発生箇所の共通点や相違点、ネットワーク上の近接路線別での遅延発生状況の違いについて明らかにした。

Key Words : train operation disorder, train delay, actual result operation data, interview

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

東京圏の都市鉄道は、相互直通運転、高頻度運転などにより、緻密な都市鉄道システムを構築している。これらの施策は大きな成果を上げた一方で、ひとたび輸送トラブルにより大規模なダイヤが乱れが発生すると、影響は長時間かつ広範囲に波及し、サービスレベルを低下させている。また、東京圏における輸送トラブルの発生件数は鉄道運転事故、輸送障害ともに増加傾向にある。2012年度の輸送トラブルは1,129件で、これは一日当たり約3.1件起こっていることとなる¹⁾。このように輸送トラブルによる社会への影響は年々大きくなっており、輸送トラブル対策は東京圏における今後の都市鉄道の交通政策を議論する上で重要な課題として位置付けられている。

大規模なダイヤ乱れの発生時には、列車を円滑に運行させ、なるべく利用者に迷惑をかけないようにするため

に運転整理が実施されるが、各事業者の指令員の個別の経験に因るところが大きく、最適な手法は未だ確立されていない²⁾。そのため、個々の事象に対して個別に実施されている運転整理について、事業者別、路線別、同一路線での事象別などにより、複数の実績を横断的に比較分析していくことが重要であると考えられる。そこで、本研究では、発生頻度が高い人身事故による大規模なダイヤ乱れについての運転整理手法や運行実績の比較から違いを明らかにすることで、ダイヤ乱れからの早期復旧の実現に向けての礎となる複数の実績の横断的な比較分析の重要性を示すことを目的とする。具体的には、運転事故等整理表を用いた事業者別の発生件数と最大遅延時間の比較、鉄道事業者へのインタビューによる運転整理手法の比較、列車運行実績データを用いた同一路線での事象別の増延発生箇所の比較、遅延証明書を用いたネットワーク上の近接路線別の遅延発生状況の比較を行い、共通点や相違点を明らかにする。

(2) 既往研究のレビューと本研究の位置付け

都市鉄道の大規模なダイヤ乱れに関する研究は、旅客の迂回行動に着目した分析、運転整理支援システムの開発、運転整理の実態把握などが過去に行われている。

大規模なダイヤ乱れ時の旅客の迂回行動に着目した分析としては、角田ら³⁾は、交通系ICカードのデータを利用して、各区間、各時間帯の利用者群の所要時間を集約して解析している。明星ら⁴⁾は、自動改札機データより輸送障害時の迂回率を推定し、発駅基準の時間帯別ODデータを予測する手法を提案している。関松ら⁵⁾は、一年分の列車運行実績データ、応荷重データ、輸送トラブルの概況を基に、運転再開前後の断面通過人数の予測モデルを構築している。土屋ら⁶⁾は、ダイヤ乱れ時における各目的駅までの推定所要時間に基づき各駅別の迂回の適否を判定するシステムを開発している。

大規模なダイヤ乱れに対する運転整理支援システムの開発としては、井上ら⁷⁾は、計画ダイヤ・実績ダイヤ・利用者の利用状況を基に、車両・乗務員運用とも結合した上で、大規模なダイヤ乱れ発生時の列車走行実績から未来の列車ダイヤを予測し、運転整理を支援するシステムを開発している。

大規模なダイヤ乱れ時の運転整理の実態把握としては、山村ら⁸⁾は、列車ダイヤの頑健性を向上させるために、列車運行実績データから日常的に発生する遅延を可視化するツールを開発している。最首ら⁹⁾は、復旧に時間を要する輸送トラブル発生時の対応について、折り返し運転に着目して事業者横断的に整理している。

しかしながら、大規模なダイヤ乱れからの復旧に関する研究のうち、特に発生頻度が高い人身事故発生時の列車運行に着目した実態把握が十分になされているとは言えない。そこで、本研究を人身事故に着目した複数の実績データの分析と事業者へのインタビューを基に、横断的に比較分析する実証研究と位置付ける。

2. 分析データの概要と用語の定義

(1) 分析データの概要

本研究の分析に用いるデータは、運転事故等整理表、列車運行実績データ、遅延証明書である。それぞれの特徴を以下に述べる。

運転事故等整理表は、鉄道事故等報告規則に基づき、鉄道運転事故（列車衝突事故・列車脱線事故・列車火災事故・踏切障害事故・鉄道人身障害事故・鉄道物損事故）が発生したものや、輸送障害（鉄道による輸送に障害を生じた事態であって、鉄道運転事故以外のもの）のうち列車を運休させたもの、30分以上旅客列車を遅延させたもの、一時間以上旅客列車以外を遅延させたものについ

て、事業者から国に報告された資料を各年度ごとに取りまとめたものである。発生日時・発生場所・原因・運休本数・遅延本数・最大遅延時間などが記載されている。

列車運行実績データは、各列車・各駅の実績到着・発車時刻を記録したデータである。軌道回路の在線実績情報と、指令室の運行管理システムが保持するダイヤ情報により演算され、運行管理システム内に記録される。

遅延証明書は、鉄道の遅延を公式に証明する目的で事業者がweb上で発行する証明書である。路線・時間帯ごとに最大遅延時間が掲載される。掲載の仕方は事業者別に異なり、5分刻みや10分刻みなどの切り上げた数値を掲載する事業者が多い。

(2) 用語の定義

本研究では、次のように用語の定義を行う。「人身事故」とは、鉄道運転事故と輸送障害のうち、原因が線路内立入り・ホームから転落・自殺のものとする。「着遅延」とは、ある駅における実績到着時間から計画到着時間を引いた値とする。「発遅延」とは、ある駅における実績出発時間から計画出発時間を引いた値とする。「遅延」とは、着遅延と発遅延の総称とする。「停車増延」とは、ある駅における実績停車時間から計画停車時間を引いた値とする。「走行増延」とは、ある駅間における実績走行時間から計画走行時間を引いた値とする。「増延」とは停車増延と走行増延の総称とする。「最大遅延時間」とはダイヤ上で最も大きな遅延とする。ただし、事業者によって終着駅での最大値としたり、各駅・駅間の遅延のうちの最大値とするなどの違いがある。「運転再開」とは、事象発生箇所において、列車が運転を再開することとする。「ダイヤ平復」とは、20分以上遅延している列車が最後に終着駅に到着した時間とする。「列車ダイヤ図」とは、横軸を時間、縦軸を駅として、列車の出発時間と到着時間を直線で結んだ折れ線群で構成される図とする。「スジ」とは、列車ダイヤ図の中で列車の動きを表す一本の折れ線とする。「スジの付け替え」とは遅延した列車を運休にし、別の列車番号に充当することで遅延を無くす運転整理手法とする。

3. 運転事故等整理表の分析

(1) 分析方法

2008～2012年度の運転事故等整理表を対象とする。分析対象を東京圏に路線を持つ9事業者とし（以下、A～I）、原因が「人身事故」であるものを表-1のように抽出する。発生件数、最大遅延時間の一年度分の合計を事業者別・原因別に算出し、当該年度の列車走行距離で除す。結果を事業者別・原因別・年度別に比較する。

(2) 分析結果

事業者別の列車走行百万キロあたりの発生件数の年度合計を図-1に示す。項目別では、多くの事業者で自殺の割合が他よりも大きい。事業者別では、HとIが他と比較して自殺の数値が小さい。年度別では、突出して増減する年がいくつか見られるものの、5年間通してみると大きな変動は見られない。次に、列車走行百万キロあたりの最大遅延時間の年度合計を図-2に示す。図-1と概ね同様の傾向が読み取れる。そこで、事業者別の列車走行百万キロあたりの発生件数の年度合計と最大遅延時間の年度合計の関係を確認した結果を図-3に示す。両者の相関係数は0.93で、強い正の相関が読み取れる。

(3) 考察

列車走行百万キロあたりの事業者別の発生件数の年度合計と最大遅延時間の年度合計に強い正の相関が見られたことから、各事業者の運転整理の結果の一部について、列車走行距離を加味した上で共通の傾向が見られることが明らかになった。また、一般に最大遅延時間は主に運転再開時間と運転再開後の増延で構成される。これらを踏まえると、各事業者の運転再開時間を短くする取組みや、正の増延を極力発生させない取組みの根底には、ダイヤ乱れからの復旧に向けた一つの共通の考え方があると考えられる。

休・特発によるスジの付替を実施する場合と、旅客数が減るラッシュ時間帯が終わってから運休によるスジの付替を実施する場合とで差が見られた。

(3) 考察

事業者別の取組みの組合せが全事業者とも異なることから、各事業者の運転整理に対する取組みが複雑な組合せで成立していることが明らかになった。そのため、大規模なダイヤ乱れがもたらす社会影響を軽減するために、ある事業者の優れた取組みの一部だけを取り出して他の事業者への水平展開を検討するのは難しい。前述した社風・車両数・車庫の位置・要員・線路設備などの背景も包括した上での議論が必要であると考えられる。

表-1 分析対象の事象

鉄道人身 障害事故	→	線路内立入り ホームから転落 上記以外	鉄道係員 車両	部内		
	→	踏切障害 事故			土木施設	
	→	その他	輸送障害		電気施設	
			競合脱線		競合脱線	
			鉄道外		→	線路内立入り 自殺
						上記以外
	→	自然災害	→		災害	

(凡例) 対象 対象外

5. インタビュー調査

(1) 調査方法

人身事故により大規模なダイヤ乱れが発生した際の取組みについて、A~Iの9事業者、19人の運輸系職員にインタビュー調査を行う。なお、運転整理については、既往の研究で手法について詳述されていること、状況に応じて複雑に手法を組合せて用いること、手法の選択は社風・車両数・車庫の位置・要員・線路設備などに依存することなど²⁾を踏まえ、各事業者の主要な路線についての運行管理方法、早期運転再開、計画ダイヤへの復旧の取組みに内容を絞ってインタビューを行う。

(2) 調査結果

インタビュー調査の結果について表-2と表-3に示す。各事業者の運行管理方法、運転再開までの取組み、ダイヤ復旧方法に明らかな違いが見られる。個別の運転整理の事例については、他路線との相互直通路線における路線を跨ぐ列車の路線の特性に応じた行先変更、支線の在線頻度が少ない場合の本線区間の回送運転、待避設備の活用などの運転整理で工夫している事例が明らかになった。また、ダイヤ平復のために運転再開後速やかに運

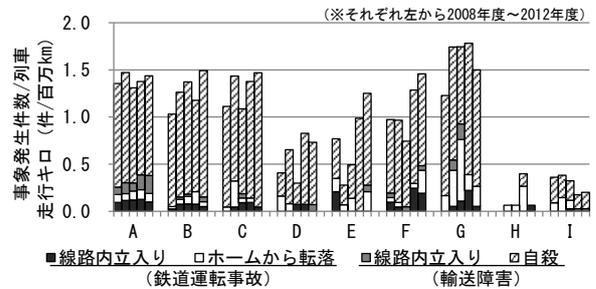


図-1 列車走行百万キロあたり発生件数の年度合計

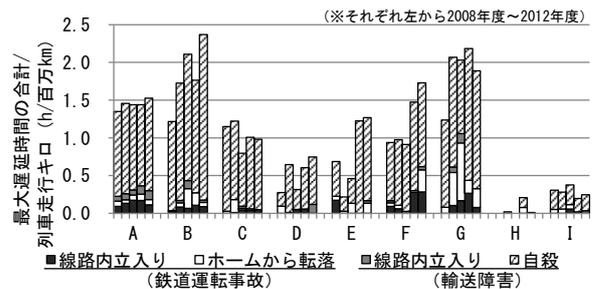


図-2 列車走行百万キロあたり最大遅延時間の年度合計

6. 列車運行実績データの分析

(1) 分析方法

延長約80km, 全46駅の路線で2012年度に人身事故が発生した日のデータを表-4に示し, 分析対象とする。

a) 正の増延とダイヤ平復に着目したデータの明示

既往の研究として, 日常的に発生している小規模なダイヤ乱れを視覚化したツールとして富井ら⁸⁾によるクロマティックダイヤ図があり, 遅延・増延について遅延ダイヤ図・増延ダイヤ図・三次元ダイヤ図にて, スジの着色やバブルサイズによって表現される。クロマティックダイヤ図の考え方を参考に, 人身事故による大規模なダイヤ乱れを対象とした可視化の方法を図-4に示す。表-5に示す朝ラッシュに発生した4日分について, 正の走行増延・正の停車増延・始発時と終着時における遅延をバブルサイズで視覚的に明示する。なお, スジの着色や, 負の増延・遅延の表示はできていない。また, 正の増延・遅延ともに事象発生直後の表示サイズが相対的に大きくなるため, 過度な重なりを回避するために, 上り線と下り線を分けて表現する。これにより, 事象が発生してからダイヤ平復までの正の増延の発生の仕方, 大きな遅れが解消する時間帯について明らかにする。

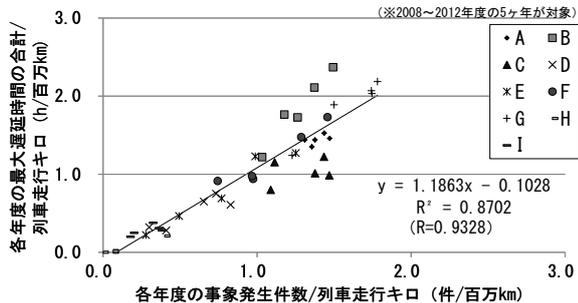


図-3 列車走行百万キロあたり発生件数の年度合計と列車走行百万キロあたり最大遅延時間の年度合計の関係

表-2 事業者別の対応

		A	B	C	D	E	F	G	H	I			
運行方法管理	運行管理方法(平常時)(※)	A	A	A	A	A	A	A	M	A			
	運行管理方法(異常時)(※)	A	A	A	A	M	A	M	M	A			
早期再開運転	建築限界点検後、警察による現場検証実施前に運転再開	○	×	○	○	×	×	×	○	○			
	運転を継続させながらの警察による現場検証	○	○	○	○	×	○	×	○	○			
計画ダイヤへの復旧	スジの付替	途中駅にて復旧	同方向	区間運休	車両交換無し	○	×	○	○	○	×	○	○
			逆方向	区間運休	車両交換あり	○	×	×	○	○	○	×	○
	始発駅にて復旧	逆方向	全運休	区間運休	車両交換無し	○	○	○	○	○	○	○	○
			全運休	区間運休	車両交換あり	○	○	○	○	○	○	○	○

(※): 主要な路線についての回答

A: 列車の進路制御をコンピューターで自動で行う

M: 列車の進路制御を信号扱い所で手動で行う

○: 実施することがある

×: ほとんど実施しない

b) 運転再開時間・ダイヤ平復時間の関係の明示

分析対象期間の全ての人身事故について, 事象発生時間と運転再開時間・ダイヤ平復時間の関係の発生時間帯による違いについて明らかにする。

c) 正の増延・着遅延・列車到着回数による比較

列車運行実績データから読み取れるデータを用いて, 表-5に示す4日分の人身事故について, 事象発生からダイヤ平復までを含む始発から14時までの各駅での正の停車増延の合計, 各駅間での正の走行増延の合計, 各駅での着遅延の合計, 各駅での列車到着回数の合計を算出し, 各駅・駅間の傾向について事象別に比較する。

d) 利用者の不満足に繋がる項目による比較

路線全体で利用者の不満足に繋がると考えられる項目について, 表-5に示す4日分を俯瞰することを試みる。事象発生からダイヤ平復までを含む始発から14時までの全駅での正の停車増延の合計, 全駅間での正の走行増延の合計, 全駅での着遅延の合計, 全駅での列車到着回数の逆数の合計, 運転再開時間, ダイヤ平復時間を算出し整理する。単位の異なるそれぞれの値を相互に比較するために, 4日分の数値を母集団とし平均値0, 標準偏差1となるように標準化を行う。それぞれの値の大小関係について事象別に比較する。

表-3 運転整理の事例

場所	状況	対応事例
北に2路線, 南に2路線接続している接続駅	北の路線から大きく遅れた列車が入ってくる場合	相対的に回復の早い南の路線に行き先を変更する
支線に車庫が接続している路線	ダイヤが大幅に乱れた場合	車庫を活用し, 支線での折返し運転を行い, 本線のダイヤ回復を早める
運行管理システムを採用している路線	1分以上の遅延が発生した場合	一部を信号扱い所での手動制御として運転整理を行う
待避駅を複数有する路線	ダイヤが大幅に乱れた場合	待避線に各駅停車を留置し, 全列車を各駅に停車させる運行を行う
路線全体を信号扱い所で手動制御している路線	小規模以上の遅延が発生した場合	事象発生後直ちに特発・運休を用いて, 遅延の拡大を防止する
路線全体を運行管理システムで自動制御している路線	ダイヤが大幅に乱れた場合	ラッシュが終わった頃を見計らって, 運休をかけてスジを付け替える

表-4 分析データ

対象路線	延長約80km 全46駅 ラッシュ時は各駅停車 日中は一部の駅通過運転 11~13駅で同一社線の乗り入れ路線あり 別社線との相互直通運転は未実施
期間	2012年4月1日~2013年3月31日
対象事象	人身事故
始発点駅(折返し駅)	1駅 6駅 11駅 13駅 15駅 17駅 36駅 37駅 41駅 46駅

表-5 分析対象の事象

発生日時	発生箇所	事故等種類	原因
4/27 8:40頃	30駅構内	輸送障害	自殺
7/24 7:32頃	3駅~4駅間	輸送障害	自殺
9/11 8:32頃	17駅~18駅間	輸送障害	自殺
2/18 7:52頃	29駅構内	人身障害事故	ホームから転落

(2) 分析結果

a) 正の増延とダイヤ平復に着目したデータの明示

4日分の事象について可視化した結果を図-5から図-8に示す。事象発生直後、多くの駅で正の停車増延が発生しており、一部の駅では正の走行増延も発生している。また、運転再開後、一度正の走行増延が発生すると後続の複数の列車においても正の走行増延が発生しており、特に16~17駅間では全日において発生している。運転再開後は始発時点で大きく遅れたままの列車が多く、路線端部の1駅では概ね10時30分頃まで、6駅・11駅・15駅・36駅・41駅などの路線端部ではない始発駅では遅い場合で13時頃まで遅れたままとなっている。路線端部の46駅に大きく遅れたまま列車が到着しなくなるのは概ね11~13時頃である。

b) 運転再開時間・ダイヤ平復時間の関係の明示

事象発生時間と運転再開時間・ダイヤ平復時間の関係を図-9に示す。運転再開までの時間は時間帯に関わらず1時間程度である。また、ダイヤ平復時間は朝ラッシュで最大で5時間程度かかり、次いで夕ラッシュ、それ以外の時間帯の順で大きな値となる傾向にある。

c) 正の増延・着遅延・列車到着回数による比較

まず、4日分の事象について各駅の正の停車増延の合計を図-10に示す。際立ったピークは無いものの、5駅、11駅、16駅、21駅、23駅、29駅、31駅、35駅、40駅、45駅に小さなピークが読み取れる。5駅、16駅、35駅、40駅、45駅はそれぞれ次の駅が折返し実施駅となっている。次に、各駅間の正の走行増延合計を図-11に示す。16駅~17駅間にピークが発生していることが読み取れる。17駅は2面3線の折返し実施駅となっている。さらに、各駅の着遅延の合計を図-12に示す。2駅から36駅までは着遅延は増加する。37駅から41駅まで増加し、42駅において大幅に減少する。43駅から46駅までは増加する。36駅・42駅の次の37駅・43駅は折返し実施駅となっている。

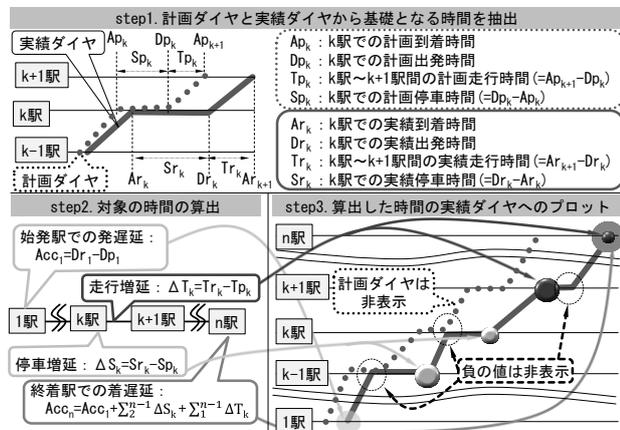


図-4 各駅・駅間での増延と始終端での遅延の可視化

そして、各駅の列車到着回数を図-13に示す。各日を比較すると、1~46駅にわたり10~15回程度の差が生じている。特に、12~13駅は特に顕著で最大30回程度の差がある。12~13駅は同一社線の乗り入れ区間となっている。

d) 利用者の不満足に繋がる項目による比較

4日分の事象について正の停車増延、正の走行増延、着遅延、列車到着回数の逆数、運転再開時間、ダイヤ平復時間の合計をそれぞれの項目別に標準化して比較した結果を図-14に示す。この図は内側よりも外側の方が利用者の不満足に繋がることを示している。7/24は運転再開時間が大きいものの、他の数値が他の日と比較して小さいことや、逆に4/27は運転再開時間やダイヤ平復時間が小さいものの、他の数値が他の日と同程度以上となっていることが読み取れる。

(3) 考察

正の増延発生箇所は終点駅・折返し実施駅の手前の箇所が多かったことから、乗降や発車準備に時間がかかることで、前の列車が進入できず増延が発生したものと考えられる。また、大きく遅れた列車が無くなる時間帯

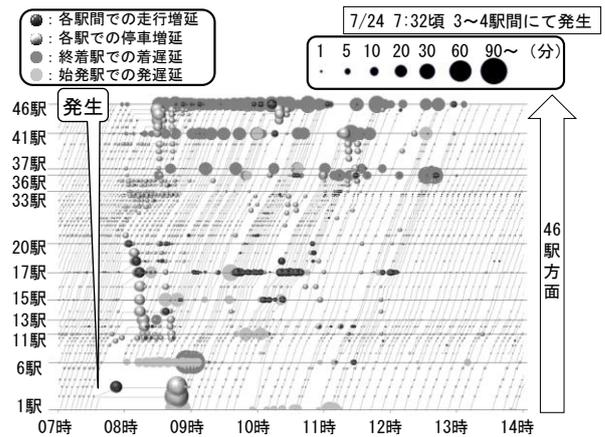


図-5 列車運行実績データの可視化結果 (7:32頃発生)

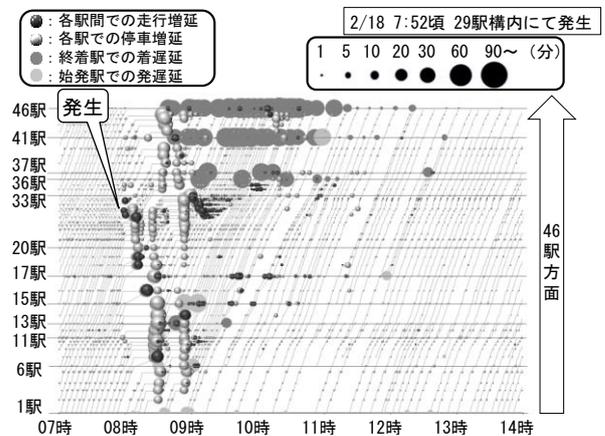


図-6 列車運行実績データの可視化結果 (7:52頃発生)

が11~13時頃であることから、事象発生直後からしばらくの間は輸送力を維持するために運休を発生させずに運行させていたことが考えられる。

利用者の不満足に繋がる項目の比較では、全項目とも小さい値をとる日が無いことや、運転再開時間は小さいものの、正の増延の合計が大きい日があった。原因としては、運転再開後といえども朝ラッシュの旅客の輸送を行う輸送力を確保するためには、運休を発生させられないためであると考えられる。これは、遅れたまま発車する始発列車があることから裏付けられる。これより、実現すべき運転整理について、利用者が不満に感じるポイントを一つの数値のみで議論するのではなく、複数の数値を用いた複合的な議論が必要である。つまり、総遅延時間や、最大遅延時間を最小化するという事業者目線での運転整理では無く、利用者目線による運転整理が重要であると考えられる。なお、本研究では各箇所でどの程度遅れが増加しているかに着目し、正の増延のみを対象としたが、負の増延を対象外としたため、計画ダイヤが備える遅れに対する余裕も含めた増延についての議論はできていない。

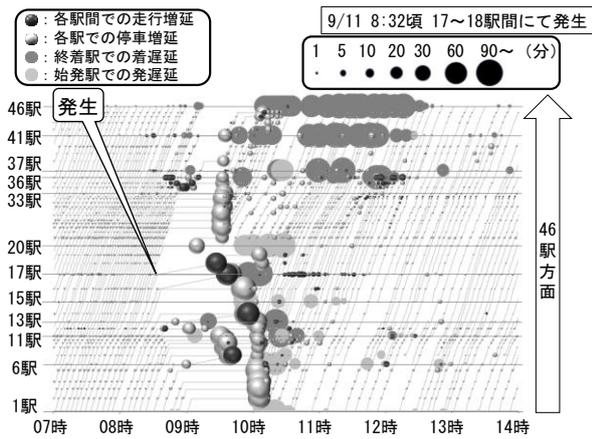


図-7 列車運行実績データの可視化結果 (8:32頃発生)

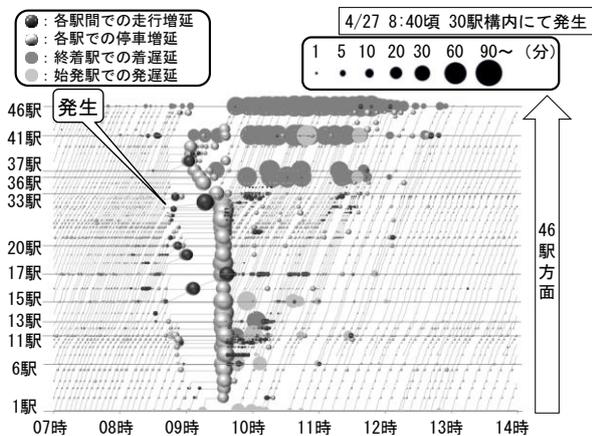


図-8 列車運行実績データの可視化結果 (8:40頃発生)

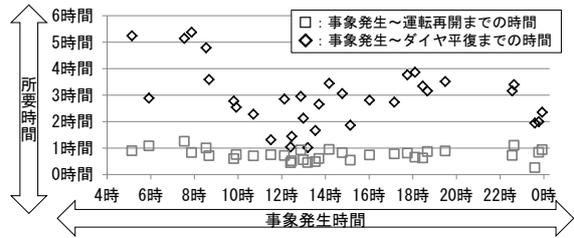


図-9 運転再開時間とダイヤ平復時間の関係

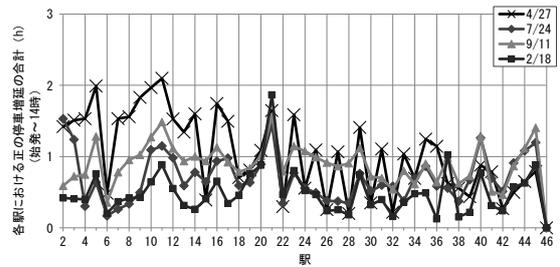


図-10 各駅における正の停車増延の合計

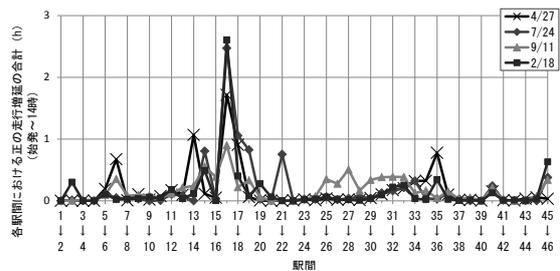


図-11 各駅間における正の走行増延の合計

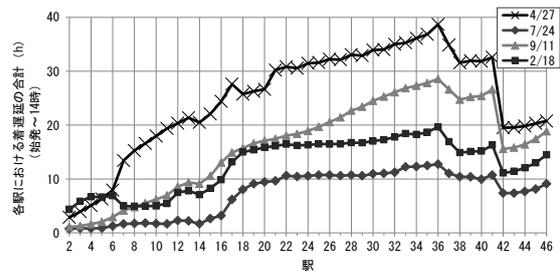


図-12 各駅における着遅延の合計

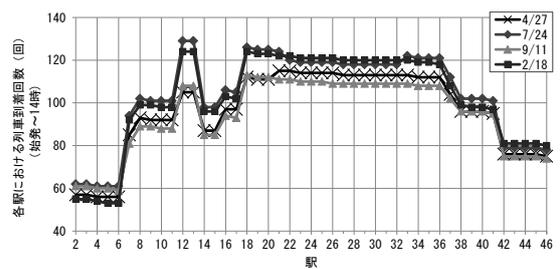


図-13 各駅における列車到着回数

7. 遅延証明書の分析

(1) 分析方法

2012年度の土日祝を除いた252日間、5路線、3事業者のデータを対象とする。各路線の位置関係を図-15に示す。この路線群は、郊外と都心を結ぶ路線群で近接して、一つの路線で人身事故が発生した場合に、その他の路線が振替輸送先として事業者から直ちに案内される。6章で対象とした表-5の4日分について、近接路線の遅延証明書の記載時間を比較する。また、60分以上と記載された数日分を除いた上で、記載時間の切り上げ前の値として考えられる最大値と最小値についてそれぞれの平均値を算出する。算出された平均値と記載時間を比較する。

(2) 分析結果

各路線4日分の遅延証明書の記載時間と平均値を図-16に示す。路線間の記載時間の大小関係に着目すると、9/11と2/18では同一社線1・2よりも別社線1・2は最大遅延時間が小さい。一方で、4/27と7/24では同一社線1・2は別社線1よりも最大遅延時間が小さい。事象に応じて、各路線の最大遅延時間の大小関係が異なる。次に、記載時間の大きさに着目すると、同一社線では最大60分以上の遅延が発生している一方で、別社線においては最大20分程度の遅延が発生している。さらに、別社線において平均値と記載時間の関係に着目すると、4日分のうち別社線1では4日全てで平均値以上の遅延となり、別社線2では2日分が平均値を上回り2日分が平均値以下となる。

(3) 考察

当該線で事象が発生した際に、近接路線において記載時間が平均値を上回る日があった。これは、同一社線では、当該線での負傷者の救出や現場検証などの安全確保のために列車運行を一時的に止めたことが主に考えられ、別社線では、当該線や同一社線からの振替輸送による旅客の受け入れによる混雑により、乗降に時間を要したことが考えられる。また、別社線で記載時間が平均値を上回る一方で、同一社線で記載時間が平均値を下回る日があった。これは、列車運行を止めずに済んだ同一社線と比較して、多大な旅客が別社線へ流入し、混雑による遅延が発生したことが考えられる。そのため、振替輸送を受け入れる路線が複数ある場合の旅客への案内については、各路線の輸送力に応じた案内を行う必要があると考えられる。ただし、日常的に発生しているドア挟まりや急病人対応が近接路線における遅れの主な原因になっている可能性もあり、より詳細な分析を行うためには、各路線の列車運行実績データや、自動改札機データ・旅客の所在を示すGPSデータなどのデータから推定可能であろう旅客行動などを検証する必要があると考えられる。

8. おわりに

(1) 結論

本研究は、大規模なダイヤ乱れのうち、特に発生頻度の高い人身事故が発生原因となっている事象を対象とし、ダイヤ乱れが発生してから復旧するまでの運転整理手法や複数の運行実績の横断的な比較分析を行った。

事業者別の発生件数と最大遅延時間の比較では、事業者別の列車走行百万キロあたりの発生件数と最大遅延時間に強い正の相関があることを明らかにし、遅延の縮小に向けた事業者横断での議論の一助となることを示した。インタビュー調査に基づく事業者別の運転整理手法の

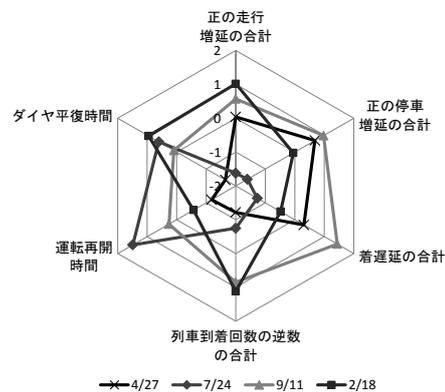


図-14 利用者の不満足に繋がる項目の比較

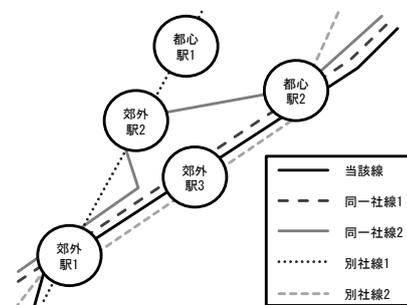


図-15 遅延証明書の分析対象路線

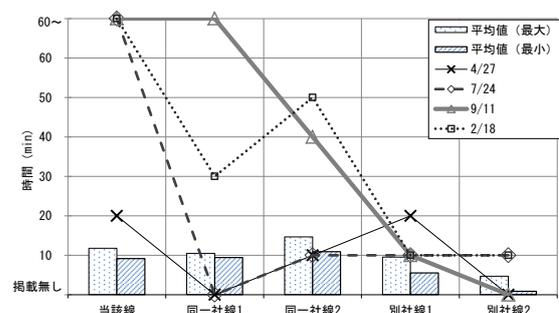


図-16 遅延証明書の分析結果

比較では、運行管理手法、早期運転再開、計画ダイヤへの復旧の仕方に事業者別の違いがあることを明らかにした。さらに、大規模なダイヤ乱れがもたらす社会影響を軽減するために、ある事業者の優れた取組みの一部だけを取り出して他の事業者への水平展開を検討するのでは無く、社風・車両数・車庫の位置・要員・線路設備などの背景も包括した上での議論が必要であることを示した。

同一路線の事象別の比較では、正の停車増延・正の走行増延・始末端駅での遅延に着目し、方向別の可視化を行い、複数の事象を比較することで、増延の発生しやすい箇所、ダイヤ平復時間などの事象間の共通点を明らかにした。また、利用者の不満足に繋がる項目を事象別に比較し、それぞれの数値が単一の傾向を示さないことを明らかにし、総遅延時間や、最大遅延時間を最小化するという事業者目線での運転整理では無く、利用者目線による運転整理が重要と考えられることを示した。

ネットワーク上の近接路線別の遅延発生状況の比較では、近接路線での遅延時間が一年度の平均値を上回る日があることを明らかにし、同一社線では主に安全確保のために列車運行を止めたこと、別社線では振替輸送による旅客の受け入れがもたらす混雑による遅延が考えられることを示した。また、近接路線間の遅延時間に差があることを明らかにし、振替輸送先が複数ある場合には、各路線の輸送力を勘案した旅客案内の重要性を示した。

これらの事実を明らかにしたことにより、東京圏における今後の都市鉄道の交通政策を議論する上で重要な課題として位置付けられている輸送トラブル対策の基礎として、複数の運転整理の実績の横断的な比較分析の重要性について示した。

(2) 今後の課題

路線別の違いをより明確にするために、本研究で対象とした路線の他に、別社線と相互直通運転を行う路線の運行実績データを用いて比較を行うことで、路線の特徴に応じたダイヤ乱れの見える化・解消案の提案に繋げていくことが重要であると考えられる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、東日本旅客鉄道株式会社、東武鉄道株式会社、西武鉄道株式会社、京成電鉄株式会社、京王電鉄株式会社、小田急電鉄株式会社、東京急行電鉄株式会社、京浜急行電鉄株式会社、東京地下鉄株式会社にはインタビュー調査へのご協力など多大なご支援をいただいた。また、本研究は科学研究費(25420536)の助成を受けて実施したものである。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省：「関東運輸局管内における鉄軌道事故等の発生状況」, 2013.
(https://www.tb.mlit.go.jp/kanto/tetudou/tetudou_anzen/date/jikohassei_25_2.pdf)
- 2) 電気学会・鉄道における運行計画・運行管理業務高度化に関する調査専門委員会：鉄道ダイヤ回復の技術, pp1-212, オーム社, 2010.
- 3) 角田史記ら：交通系 IC カードを利用した鉄道輸送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 6(3), pp187-196, 2013.
- 4) 明星秀一, 杉山陽一, 松原広：ダイヤ乱れ時の運転再開後の旅客流動予測手法, 鉄道総研報告, Vol.27, No.2, pp29-34, 2013.
- 5) 関松武俊, 平井力：運行実績・乗車率データを活用したダイヤ乱れ時の旅客流動分析手法, 鉄道総研報告, Vol.27, No.9, pp35-40, 2013.
- 6) 土屋隆司ら：列車ダイヤ乱れ時における経路選択支援システムとその受容性評価, 情報処理学会誌, 49(2), pp868-880, 2008.
- 7) 井上健造ら：運転整理システムの開発, JR EAST Technical Review, NO.20, pp59-61, 2007.
- 8) 山村明義ら：首都圏稠密運転路線における遅延改善策の検証, J-Rail2012, 第 19 回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集, pp381-384, 2012.
- 9) 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.16, No.2, pp96-99, 2013.
- 10) 富井規雄ら：利用者の不満を最小にする列車運転整理アルゴリズム, 情報処理学会論文誌, 数理モデル化と応用 46(SIG_2(TOM_11)), pp 26-38, 2005.

(2015. 4. 24 受付)

A STUDY ON RECOVERY OF LONG-TERM URBAN TRAIN OPERATION DISORDER

Osamu NAGAOKA, Naohiko HIBINO, Shigeru MORICHI, Hitoshi IEDA and Norio TOMII

The purpose of this study is clarification of the urban train operation from the beginning of prolonged service disruptions to the end of it due to the injury accident under mutual direct and high frequency operation in Tokyo metropolitan area. This study clarifies that the relationship between the number of accidents and maximum delay for each company, the examples of specific train operation arrangement technique, the similarities and differences of delay increase points among accident cases that happened in the same line and how much delay occurred in the lines close to the accident line.