

# 東京メトロ東西線の混雑および 列車遅延の現状と解消に向けた対策

久保田 淳<sup>1</sup>・日比野 直彦<sup>2</sup>・仮屋崎 圭司<sup>3</sup>

<sup>1</sup>非会員 政策研究大学院大学 (〒106-8677 東京都港区六本木七丁目22-1)

E-mail:mjd17402@grips.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 政策研究大学院大学准教授 (〒106-8677 東京都港区六本木七丁目22-1)

E-mail:hibino@grips.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構

東京圏の都市鉄道のラッシュ時間帯における混雑, 列車遅延は社会問題となっている。東京メトロ東西線は東京圏において最も混雑し, 列車遅延が常態化しているため, 抜本的な対策として, 混雑緩和や輸送改善施策に取り組んでおり, 乗降時間短縮による遅延防止を図るとともに, 将来の列車増発を検討している。しかしながら, 沿線旅客の増加やホームドアの全駅設置など, 当初想定していなかった要因により, 列車本数を増加させた場合, 最悪更なる混雑や遅延が懸念される。本研究では, 東西線を対象とし, 現在の問題点の整理と対策後に潜む問題点を明らかにし, 今後の混雑緩和, 列車遅延の解消に向けた具体的な施策の提案を行う。また, 定量的評価のために, 快速運転区間や途中駅始発がある路線に対応した列車運行モデルの構築と列車遅延の現況再現を行う。

**Key Words :** Tokyo Metro Tozai Line, Congestion, Train delay, Train Operation Simulation Model

## 1. はじめに

### (1) 本研究の背景と目的

東京圏の都市鉄道は, 通勤や通学, 日常生活における基幹的な交通手段として重要な役割を担っており, 今日に至るまで広域的なネットワークの形成や輸送サービスの向上が図られてきた。近年, より質の高い鉄道ネットワークを構築していく観点から, 高頻度運行, 相互直通運転等が実施されている。しかしながら, これらは利便性の向上をもたらした一方で, 朝のラッシュ時間帯における慢性的な列車遅延, 輸送障害により発生した列車遅延の広域的な連鎖といった問題等を発生させている。また, 列車遅延だけではなく, 都市鉄道は混雑も非常に厳しく, 未だに混雑率100%を超える路線が存在している。利用者は混雑した状況の中, 乗り降りや読めない到着時間を考慮した行動を強いられている。このような状況の中, 東京メトロ東西線 (以下, 「東西線」という。) は, 2016年度の国土交通省の統計資料「東京圏における主要区間の混雑率」において199% (木場→門前仲町) という最混雑路線となっており社会問題として認識されている。都市鉄道の混雑と遅延に関しては, 現在までに多くの研究がなされてきており, 主に利用者の経路選択, 駅

における旅客流動, 運行ダイヤの最適化, 列車運行と旅客行動のシミュレーションに関する研究などがある。しかしながら, これらの研究の多くは列車の車内または駅構内の混雑緩和の視点から利用者便益やボトルネックの発見について論じられてきたものであり, 列車遅延の現状分析と具体的な解決策に関して定量的に論じられたものは少ない。

本研究では, 以下の4点を目的とする。1) 東京圏において最も混雑し, 列車遅延が慢性化している東西線を対象とし, 現在の問題点の整理と現在実施されている対策後に潜む問題点を明らかにする。2) 対象路線における今後の混雑緩和, 列車遅延の解消に向けた具体的な施策の提案を試みる。3) 施策の定量的評価のために, 快速運転区間や途中駅始発が複数ある路線に対応した列車運行シミュレーションモデルを構築する。4) シミュレーション結果に基づく実施時の課題や今後すべき取り組みを示す。

## 2. 既往研究のレビュー

### (1) 列車遅延を考慮した旅客行動分析と列車運行に関する研究

### a) 列車遅延と旅客行動分析に関する研究

列車遅延による利用者の出発時刻選択行動に関する研究としては、金子ら<sup>1)</sup>が、利用者の認知と行動への影響についてアンケート調査を実施し、到着余裕時間の影響要因と遅延対策の効果を分析している。加藤ら<sup>2)</sup>は、出発時刻選択モデルを用いてスケジュール変動の費用を推定し、利用者の列車の待ち時間に対する意識限界を推定している。また、横山ら<sup>3)</sup>は鉄道利用者が移動に際して見積もる余裕時間を推計する手法を提案し、所要時間の不確実性下での出発時刻選択行動を分析している。輸送障害時における利用者の経路選択行動に関する研究については、武藤<sup>4)</sup>が、輸送障害等により一時的な列車運転見合わせ後の運転再開時において、利用者の経路選択行動の変化を推計する手法を提案している。土屋ら<sup>5)</sup>は、ダイヤ乱れ時における各目的地までの所要時間を推定し、経路選択の適否を判定するシステムを開発している。また、角田ら<sup>6)</sup>は、SuicaやPASMOに代表される交通系ICカードのデータを活用し、輸送障害時の利用者不便益を定量化する手法を提案している。明星ら<sup>7)</sup>は、自動改札データより輸送障害時における迂回率を推定し、時間帯別交通量の推計方法を提案している。一方で、利用者行動が列車遅延に及ぼす影響に関する研究として、北山ら<sup>8)</sup>は映像データを用いて、駅停車時分の増加の要因となる利用者行動について整理をしている。また、列車遅延発生時は列車の駅到着間隔に乱れが生じるため、ホーム上や階段、コンコース等において通常以上に利用者が滞留する可能性がある。駅構内の旅客流動については、山下ら<sup>9)</sup>は、鉄道駅構内における歩行者の横断挙動を分析し、横断意思決定のプロセスを把握することで実データに基づく歩行者挙動特性を取り入れた歩行者シミュレーションモデルへの可能性を提案している。

### b) 列車遅延と列車運行に関する研究

列車遅延と列車運行に関する研究については、宮崎ら<sup>10)</sup>は、列車遅延の路線別特性を踏まえて、山手線において計画ダイヤより早く列車を出発させる早発の効果を分析している。仮屋崎ら<sup>11, 12)</sup>は、実績データを基に都市鉄道の列車遅延の発生要因を利用者混雑と線路上の列車混雑に分類し、列車遅延の拡大抑制に列車運行の改善の必要性を指摘している。日比野ら<sup>13)</sup>は、実績データに基づき、混乱した際の列車運行を視覚化し、列車の深刻な遅延について、線路の状況や継続時間などの要因による差異を分析している。

## (2) 列車遅延の現象分析及び再現に関する研究

### a) 列車遅延のシミュレーションモデルに関する研究

交通流のシミュレーションモデルに関する研究は、自動車交通の分野で盛んに取り組みられてきた。セルオートマトンモデルは、数値計算に適していることから、コン

ピューターの性能の向上に伴い、数多くの研究が行われてきた。列車遅延の現象についてシミュレーションモデルを用いて分析を行っている事例としては、岩倉ら<sup>14, 15)</sup>、稲木ら<sup>16)</sup>は駅での利用者行動と駅間の列車運行挙動とをマルチエージェントモデルを用いて推定し、遅延の発生及び波及の現象を再現するシミュレーションの構築を提案している。遅延の現象解明に焦点をあてた研究は、仮屋崎ら<sup>17, 18)</sup>が、列車運行の実績データを用いて定量的な現象把握を試みており、それを基に、列車の運行挙動を再現するシミュレーションモデルが構築されている。

## (3) 時間及びネットワークの信頼性に関する研究

### a) 時間信頼性に関する研究

時間信頼性の研究は、主に道路交通の分野において研究が進展している。鉄道の分野においては、岩倉ら<sup>19)</sup>が、道路交通における時間信頼性価値の推計方法について、都市鉄道の列車遅延の経済評価への適用可能性を示し、列車遅延対策の便益計測を行っている。

### b) ダイヤの頑健性と運転整理に関する研究

ダイヤの頑健性と運転整理の研究は、列車遅延に対する利用者意識の変化や相互直通運転による影響範囲の拡大等から、列車遅延の影響を広域化させないことを重要視している。山村ら<sup>20, 21)</sup>は、東京メトロ東西線を対象に、路線の遅延状況をダイアグラム図に投影して可視化し、遅延の実態把握から事業者が実施した遅延対策の効果を定量的に検証している。

## (4) 本研究の位置づけ

東京圏の鉄道における混雑・列車遅延は未だに解消されていない。東西線においては、抜本的な対策として、混雑緩和や輸送改善施策に取り組んでおり、乗降時間短縮による遅延防止を図るとともに、将来の列車増発を検討している。一方で、沿線旅客の増加やホームドアの全駅設置など、当初想定していなかった要因により、列車を増発させた場合、最悪更なる混雑や遅延が起こることが懸念される。これに対応する具体的な施策を提案するためには、対象路線の実績データを踏まえた遅延現象の実態把握および現状分析が必要であり、どの程度効果があるのかを定量的に把握することが必要である。以上より、本研究では、東西線における今後の混雑緩和、列車遅延の解消に向けた具体的な施策の提案を行う。施策の定量的評価のため、仮屋崎<sup>22)</sup>が開発した実際の信号コードを反映させるシミュレーションモデルを、快速運転区間や途中駅始発がある路線に対応した列車運行モデルへ改良し、列車運行挙動の動的分析に基づく遅延の現況再現と、シミュレーション結果に基づく実施時の課題や今後すべき取り組みを示すことにより、実績データを用いた実証研究として、また分析結果に基づいた具体的な対応

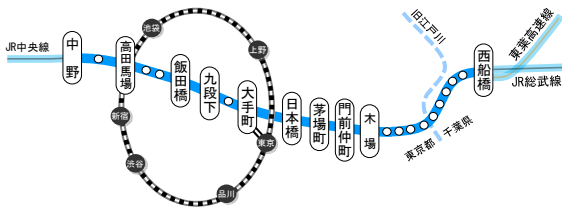


図-1 東西線路線図

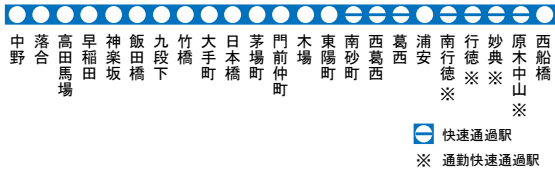


図-2 東西線全駅一覧

策の提案といった政策研究として位置づける。

### 3. 東西線の概要

#### (1) 東西線の現状

東西線は、1969年に中野～西船橋間が全線開業した。東京メトロが保有する9路線の中で最も営業キロが長い路線(30.8km)であり、中野駅においてはJR中央線と、西船橋駅においてはJR総武線および東葉高速線と相互直通運転を実施している。東西線の路線図と全駅一覧を図-1および図-2に示す。2000年の運輸政策審議会(現在の「交通政策審議会」)答申第19号において、「都市鉄道の混雑率を2015年までに180%以内にするをを目指す」と定められ、同答申に基づく輸送改善施策として、茅場町・門前仲町・木場・東陽町・南砂町・九段下～飯田橋といった各駅の改良工事やワイドドア車両の導入を進めるとともに、ダイヤ改正やホーム整理要員の増員等を行うなど、ハードとソフトの両面から混雑率の低減が試みられている。しかしながら、東京都東部や千葉県内の東西線沿線の開発による沿線人口の増加や、近年の安全に対する社会的な関心の高まりからホームドアの全駅設置など、東西線を取り巻く環境の変化により、混雑・遅延が更に厳しさを増すことが懸念される。

#### (2) 東西線の問題点

##### a) 高頻度運行に伴う遅延回復の遅れ

図-3に、中野方面の始発から11時までの実績ダイヤグラム(2017年5月運行実績データ)を示す。遅れの発生した列車が次駅以降における乗客の増加により、乗降時間が増加しさらに遅れが拡大する事象や、先行列車の時間調整、優等列車の追い越し待ちによる遅れの拡大につ

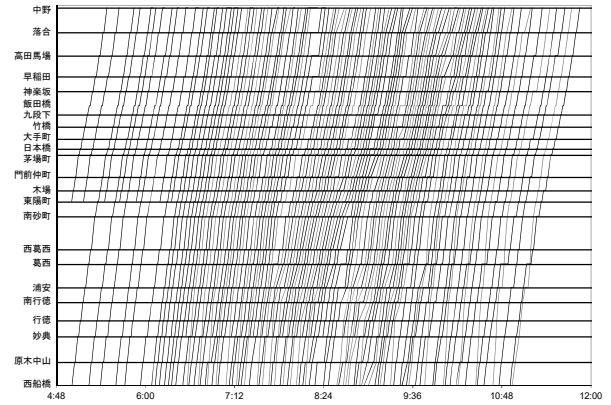


図-3 実績ダイヤグラム図

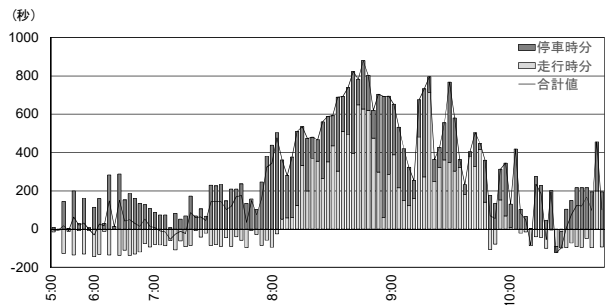


図-4 列車別のダイヤに対する遅延時間の構成(実績)

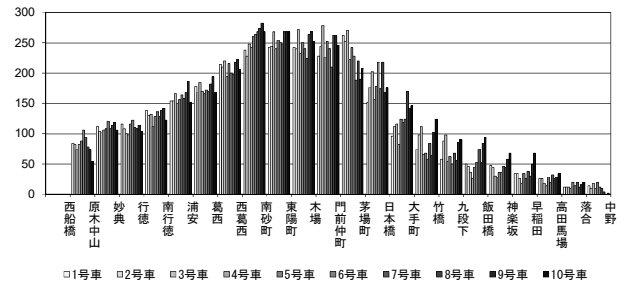


図-5 車両別混雑指標(1)

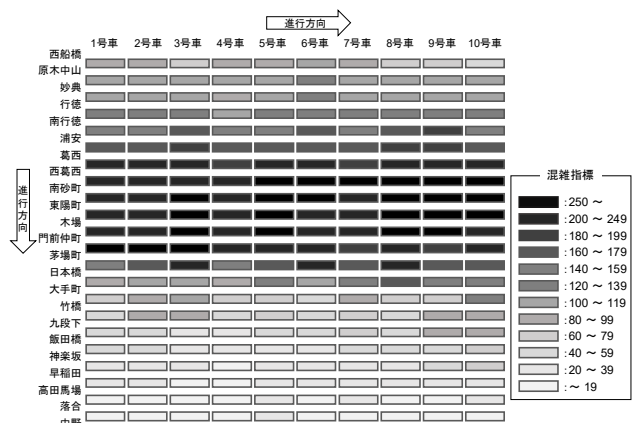


図-6 車両別混雑指標(2)

いては、駅停車時分の増加が要因であることが知られている。高頻度運行下では駅停車時分の増加が、直ちに



後続列車の駅間走行速度の低下を誘引し、遅延の影響が後続列車へ波及する。ダイヤグラム図では線の傾きが緩やかになっていることが読み取れる。また、東西線は27本/時の高頻度運行を実施しているため、駅間での走行時分の増加は後続列車で回復することが難しく、その区間の走行時分の増加量として引き継がれる。さらに走行時分が増加するとその影響は後続列車へ次々と伝播し、次の駅間へと波及する。一方で、先行列車が後続の遅れのため、間隔調整により、新たな遅延が発生する場合もある。このため、列車遅延の影響は、要因となった列車から次の区間だけでなく、前の区間においてもその影響が波及することとなる。その結果、運行する列車間隔の乱れにより、ダイヤで計画された単位時間当たりの列車本数を運行できず、輸送力の低下が生じる場合もある。

### b) 停車時分と走行時分による遅延の拡大

運行間隔に余裕があるオフピーク時間帯では、駅で発生した停車時分の遅れを駅間の走行時分が吸収することによって遅延は抑えられている。しかし、ラッシュ時間帯の高頻度運行下では、停車時分の遅れを走行時分で回復できなくなり、遅延が発生し拡大していく。図-4に、2017年5月の運行実績データに基づく大手町駅到着時（西船橋駅～大手町駅）の列車別のダイヤに対する遅延時間の構成を示す。始発から7:10頃までは駅間走行時分が負の値となっており、停車時分の正の増加量と相殺されて、大手町駅での遅延は発生していないことが読み取れる。また、運行間隔が短くなるラッシュ時間帯では、走行時分の増加量が負から正へと推移しており、これによって、ダイヤ上で7:25過ぎの列車から徐々に遅延が発生している。8:00頃の列車で停車時分の増加はピークを迎え、8:05以降の列車から走行時分は増加に転じている。走行時分の増加量がピークとなる時間帯に大手町駅での遅延も最大となり、その後、ダイヤ上で設定された列車の運行間隔が広がると、直ちに走行時分の増加が解消されるとともに、遅延も回復している。

### c) 特定車両への旅客の集中

2017年5月の応荷重データ(西船橋 7:40 発, 中野 8:48 着)を基に作成した各駅における車両別混雑指標を図-5および図-6に示す。これは、中野方面の列車の1編成内における乗車状況と偏りを示す指標である。浦安駅から大手町駅までの車内状況は非常に高い混雑を示している。一方で、車両によって混雑に偏りがあることがわかる。これは、乗り換えや出入口に近い特定車両の車両に旅客が集中していることを示している。列車は最後のドアが閉じるまで出発できないため、旅客が集中している車両は停車時分が延び、遅延拡大の要因になる。

## (3) 改良後の問題点

### a) 沿線旅客の増加による駅混雑

図-7に年度別1日平均乗車人員の推移を示す。東西線の利用者数は増加している。特に、東京都東部および千葉県内の東西線沿線の開発により、沿線住民の利用者も増加傾向である。

### b) ホームドア全駅設置による停車時分の増加

近年、安全に対する社会的な関心の高まりからホームドアの整備が進んでいる。東西線は優先駅6駅（竹橋駅・九段下駅・飯田橋駅・神楽坂駅・早稲田駅・高田馬場駅）を2019年度までに設置し、その他の駅も2025年度までに整備する計画である。図-8に九段下駅のワイドドアホームドア設置状況を示す。ホームドア設置の負の側面として、駅停車時分の増加が挙げられる。国土交通省の資料<sup>23)</sup>によるとホームドアの設置により、駅停車時分が1駅あたり数秒増加するといわれており、東西線では1駅あたり5秒程度延びることが想定される。路線全体では2分程度となり、列車1本分の輸送力減少に相当する。

### c) 列車本数増加による走行時分の増加

東西線の輸送改善施策は、将来の列車本数の増発を目的としたものである。図-9に縦軸を距離、横軸を時間とし、現在と1本増発後のダイヤのイメージを示す。遅延が発生すると走行時分が延びるため、ダイヤが台形へ変

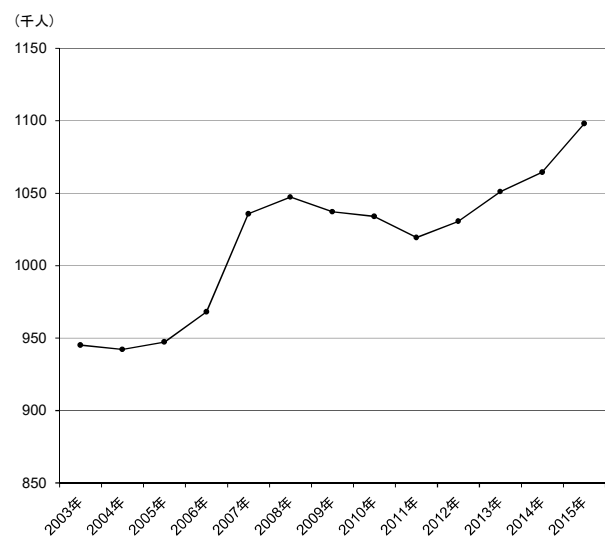


図-7 年度別1日平均乗車人員の推移

(出典：東京都統計年鑑)



図-8 ワイドドア対応ホームドア設置状況

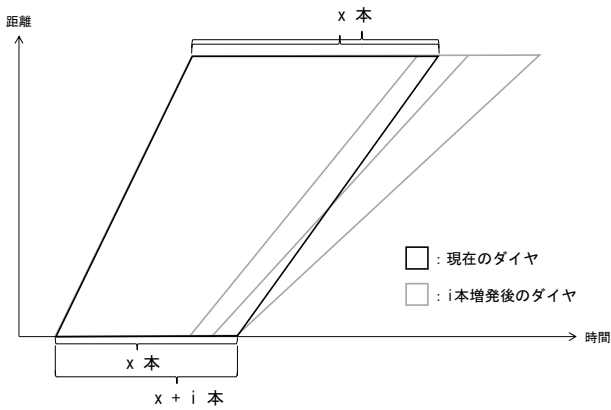


図-9 現在と i 本増発後のダイヤのイメージ

化していく。2つのダイヤを比較すると、i本増発後は列車間隔が狭くなるため、団子運転を誘発し、列車遅延がより後続列車へ伝播しやすくなることで台形が大きく変形する。いつも通りの時間に列車が到着しないことによって、利用者はより早い時間帯の列車へ乗車する行動も考えられるため、混雑が増す可能性がある。

#### 4. 都市鉄道における混雑・遅延に対する取り組み

##### (1) 鉄道事業者の取り組みと期待されている効果

表-1に鉄道事業者の取り組みと期待される効果の一覧を示す。運輸総合研究所の資料<sup>24)</sup>では、都市鉄道における混雑・遅延を解消するための取り組みの効果を、車内の混雑、線路の混雑、駅の混雑、列車の遅延などに分類している。車内の混雑については、複々線化、新線建設、平面交差解消、交互発着等による運行本数の増加、編成

数の増加、車両の大型化が実施されており、有効であるといえる。線路の混雑については、複々線化、新線建設、相互発着による駅間の渋滞解消が実施されており、有効であるといえる。駅の混雑については、ホーム増設や階段等増設、コンコース改良などが実施されており、有効であるといえる。列車の遅延については、交互発着や異常対応として折り返し施設の整備による遅延の吸収、ホーム増設などによる乗客分散と乗降時間の短縮が実施されており、有効であるといえる。

東西線においても各社で実施されている施策については取り組んでおり、現状の問題に対してハードとソフトの両面から対策が進められている。一方で、東西線輸送改善施策の多くは現在施工中であり、整備効果についての評価はできないが、これまで述べてきた通り、東西線を取り巻く環境は変化しているため、今後も混雑・遅延に対する更なる取り組みの検討を進める必要があると考える。

##### (2) 今後の更なる対応策の検討

前述での知見を踏まえて、実現性の視点から更なる対応策の検討を行う。

##### a) 旅客乗降および列車運行に関する対応策

ホームドアの開閉に要する操作時間は、駅停車時分の増加に繋がるため、安全を担保した上で可能な限り短縮すべきである。列車の到着時および出発時は低速であることから、列車の運行は車両ドアの開閉で確認し、車両ドアとホームドアの同時開閉が有効であると考えられる。また、車両の乗降客の交錯を出来るだけ回避し、旅客の捌け時間を短縮するため、副都心線渋谷駅や丸ノ内線霞ヶ関駅などと同様に、ホーム上の整列乗車において、車

表-1 各社の取り組みと期待される効果

タイプ	分類	取り組み	事例	車内混雑	線路混雑	駅の混雑	踏切混雑	列車遅延	輸送障害	東西線での実施状況
ハード	線路改良	複々線化	小田急小田原線、東武伊勢崎線、東急東横線、東急田園都市線など	○	○			○		
		新線建設	グリーンライン、上野東京ラインなど	○	○	○		○		
		平面交差解消	JR池袋駅、東京メトロ小竹向原～千川など		○					
		連立立体交差事業	JR中央線、小田急小田原線など				○			
	駅改良	交互発着	東西線南砂町駅など		○	○			○	○
		ホーム増設	大江戸線勝どき駅など				○		○	○
		階段等増設	東京メトロ豊洲駅、新宿三丁目駅など				○		○	○
		ホーム上支障物撤去	東武東上線朝霞台駅など				○		○	
		コンコース改良	東西線木場駅など				○			○
		折り返し施設	東西線九段下駅など					○	○	○
	車両改良	ホームドア	東急目黒線、東京メトロ南北線など						○	○
		編成数の増加	東急東横線、目黒線、大井町線など	○		○				
		幅広車両の導入	JR山手線、中央線など	○						○
		車両大型化	京王井の頭線など	○						
車両性能向上		JRなど		○			○		○	
ソフト	信号改良	信号改良	東急田園都市線、北総線など		○			○		
	ダイヤ	ダイヤの改良	東急田園都市線など	○	○			○	○	
	情報発信	アプリ、ポスター	JR東日本、東京メトロ、東急電鉄など	○		○		○	○	
	インセンティブ	キャンペーン	東西線早起きキャンペーン、田園都市線早起き応援キャンペーンなど	○		○		○	○	

両扉の両側に列を配置するのではなく、階段位置等の利用者動線を考慮し、片側に配置することも簡易的であるが混乱の軽減になり得る。乗降客が多い門前仲町駅～大手町駅において有効であると考えられる。

安定した列車運行を行っていくためには、駅の改良が不可欠となるが、空間的な制約が多く、抜本的な対策の実行が困難な駅が多い。しかしながら、全ての駅では不可能でも、改良可能な駅のみホーム延伸を行うことで11両編成の列車を運行させ、輸送力増強を図ることも考えられる。

#### b) 運転設備に関する対応策

JR東日本が仙石線や埼京線で導入している移動閉そくは、固定閉そくと比較して駅間の列車走行の柔軟性が向上し、列車間隔の縮小による運行本数の増加が見込める。しかしながら、列車間隔の縮小は列車遅延の発生・拡大と相反関係にあることから、今以上に列車遅延の問題が顕在化する可能性もある。

#### c) 情報提供に関する対応策

現在、アプリ等により列車の在線位置の情報を提供するサービスが開始されている。今後はさらに旅客の目に留まりやすいコンコースやホーム上のデジタルサイネージにて後続列車の混雑状況等の詳細な情報の提供を行うことで、より一層の分散乗車が期待され、列車遅延の改善に寄与すると考える。

## 5. 列車運行シミュレーション

### (1) 列車運行シミュレーションの概要

列車遅延現象の再現及び遅延対策の検討に用いる分析システムとして、本研究では、仮屋崎<sup>22)</sup>が開発したセルオートマトンによる列車運行モデルを用いる。現実の線路閉そく区間と同様にセルを分割することにより、列車運行状態を再現している。列車の運行間隔は閉そく方式に基づき、閉そく区間長と列車走行速度から決まる発着時間と、駅別に設定される停車時間の合計値によって決定される。列車運行モデルを次の式(1a)、(1b)に示す。

$$Running\ Time_{i,a} = f(Signalling\ Design_p, Train\ Schedule_p, Dwell\ Time_{i,a-1}) \quad (1a)$$

$$Arriving\ Time_{i,a} = f\left(\sum_{i=1}^n Dwell\ Time_{i,a}, \sum_{i=1}^n Running\ Time_{i,a}\right) \quad (1b)$$

Running Time<sub>i,a</sub>: 駅 i-1 から駅 i 間の列車 a の走行時間

Arriving Time<sub>i,a</sub>: 駅 i における列車 a の到着時間

Signalling Design<sub>p</sub>: 路線 p の信号システムと閉そく

Train Schedule<sub>p</sub>: 路線 p の運行ダイヤ

Dwell Time<sub>i,a</sub>: 駅 i における列車 a の停車時間

### a) モデルの改良点

元々のモデルは、東急田園都市線の二子玉川駅から渋谷駅を対象区間としており、また、通勤ラッシュ時間帯の関係から運行形態についても普通・準急の各駅区間が対象である。したがって、東西線における遅延の現況再現を行うため、以下の3点について改良を行う。1) 東西線信号コード表から閉そく区間長や閉そくの移動速度を修正する。2) 列車の加減速を考慮した各閉そくの移動時間を算出する。3) 途中駅始発、快速列車の追い越しを反映する。

### (2) 使用データとアウトプット

計画ダイヤ、信号コード表を入力データとし、先行列車による後続列車への速度制限を信号コード表に基づき動的に変化させることで列車運行を再現する。列車運行シミュレーションモデルのアウトプットとして、駅間別、列車別に、駅間の運転時間及び運転速度を出力する。

## 6. シミュレーション結果

### (1) シミュレーションと計画ダイヤの比較

シミュレーションの駅停車時分と駅間走行時分から計画ダイヤの値を除いた遅延量の合計を図-10に示す。シミュレーションの結果、8:00 頃から9:30 頃にかけて600～800 秒の遅延が発生したのち、一旦収束し、9:50 頃に再び遅延が発生し、10:13 を除き収束していく結果を得た。走行時分に着目すると、8:00 台から徐々に遅延量が増え、9:30 頃から9:50 頃に発生する収束を除くと、9:00 台前半のピークから徐々に遅延が収束していく様子を読み取れる。

### (2) シミュレーションと実績の比較

図-11に、シミュレーションによる推定値と駅停車時分の設定に使用した平日の運行実績データとの比較を示す。シミュレーションの推定結果は、実績値に比べ遅延量にブレがあるものの、ピークサイドを除き実績値に沿うような結果となっており、定常的に発生する平均的な遅延現象を再現している。また、適用した駅別列車別の停車時分は、駆け込み乗車等の特異値は考慮していない。したがって、本シミュレーションの推定結果は、当該路線において、突発的な要因による列車遅延が発生しない場合においても、定常的に5～10分程度の遅延時間が発生していることを示している。本研究は、列車遅延対策の効果計測を目的とするものではなく、列車遅延の再現および新たな対策の提案と実施時の課題や今後すべき取り組みを示すことを目的としていることから、算出される



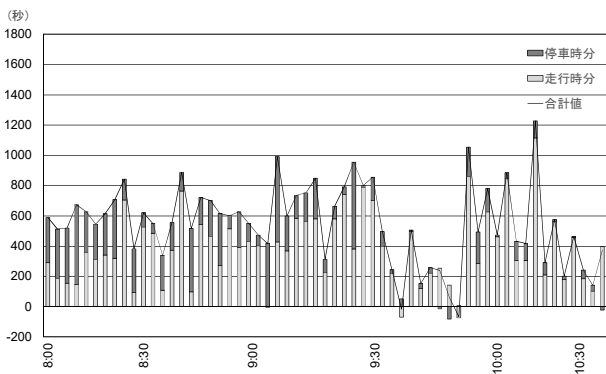


図-10 列車別のダイヤに対する遅延時間の構成 (シミュレーション)

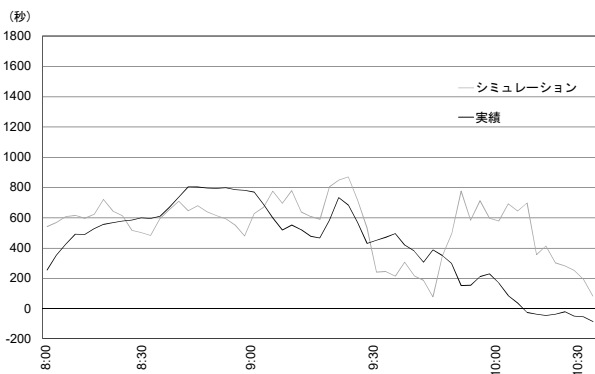


図-11 シミュレーションと実績の比較 (走行時分と停車時分の合計値)

数値ではなく、算出される遅延現象と対策による変化の傾向が重要であるため、本モデルは本研究の目的を達成するために十分である。施策のシミュレーション結果については、算出された数値について、その様な変化を引き起こした要因および変化点を考察することとする。

## 7. おわりに

### (1) 結論

本研究では、東京圏において最も混雑し、列車遅延が多発している東西線を対象とし、現在の問題点および既に決定している対策後の問題点を明らかにするとともに、対象路線における今後の混雑緩和、列車遅延の抑制に向けた具体的な施策の提案を試みた。施策の定量的評価のため、快速運転区間や途中駅始発が複数ある路線に対応した列車運行シミュレーションモデルを構築し、列車運行挙動の動的分析に基づく遅延の現況再現を行い、以下の点を明らかにした。

第一に、東京メトロ東西線の現在の問題を明示した。中野方面の列車は浦安駅から大手町駅まで個別にみると非常に激しい混雑と、車両間で乗車状況に偏りがある。

また、大手町駅では5～10分程度の遅延が定常的に発生している。第二に、現在実施中の対策に加え、更なる対策の必要性を指摘した。沿線開発による旅客の増加やホームドアの全駅設置により列車増発時の遅延状況の悪化が懸念される。第三に、現在行われている施策の整理と東西線への適用の検討と提案を行った。車両ドアとホームドアの同時開閉やデジタルサイネージを用いた遅延状況の情報提供などである。第四に、東西線への適用のためにシミュレーションモデルの改良を行い、途中駅始発や快速列車を再現した。

### (2) 今後の課題

シミュレーションの再現性向上を行うとともに、施策の検討とシミュレーション分析を進めている。分析結果については当日発表することとする。

**謝辞：**本研究を進めるにあたり、東京地下鉄株式会社には、データをご提供いただくとともに、数多くのご助言をいただいた。また列車運行シミュレーションモデルの改良にあたり、鉄道建設・運輸施設整備支援機構の仮屋崎圭司氏より数多くのご協力及びご助言をいただいた。ここに感謝の意を表する。

### 参考文献

- 1) 金子雄一郎, 曾山禎彦, 加藤浩徳: 都市鉄道の遅延に対する利用者の認知状況と交通行動への影響—東京圏を対象として—, 運輸政策研究, Vol.14, No.2, pp.26-33, 2011.
- 2) 加藤浩徳, 家田仁, 小野田恵一: MNLに基づく出発時刻選択行動モデルを用いた通勤鉄道利用者の列車待ち時間に対する意識限界に関する実証的分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.23, pp.523-530, 2003.
- 3) 横山茂樹, 高田和幸: 所要時間不確実性下における出発時刻決定行動に関する分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.41, 2010.
- 4) 武藤雅威: 運転再開時における旅客数の予測手法の開発, 鉄道総研報告, Vol.22, No.6, pp.17-22, 2008.
- 5) 土屋隆司, 杉山陽一, 山内香奈, 藤浪浩平, 有澤理一郎, 中川剛志: 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, Vol.49, No.2, pp.868-88, 2008.
- 6) 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, 情報処理学会誌, Vol.6, No.3, pp.187-196, 2013.
- 7) 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, pp.29-34, 2013.
- 8) 北山由奈, 日比野直彦, 森地茂, 家田仁: 鉄道駅におけ

- る列車遅延に影響を及ぼす列車乗降行動に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, 2015.
- 9) 山下良久, 関口岳史, 内山久雄: 鉄道駅構内の歩行者空間における交差現象に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.23, pp.489-495, 2006.
  - 10) 宮崎一浩, 日比野直彦, 森地茂: 路線の特性に着目した都市鉄道における列車遅延分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.70, No.5, pp.477-486, 2014.
  - 11) 仮屋崎圭司, 日比野直彦, 森地茂: 都市鉄道の列車遅延の拡大メカニズムに関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, pp.871-879, 2010.
  - 12) 仮屋崎圭司: 都市鉄道の列車遅延の拡大メカニズムに関する研究, 運輸政策研究, Vol.13, No.1, pp.57-64, 2010.
  - 13) Hibino, N., Nagaoka, O., Morichi, S., Ieda, H. and Tomii, N.: Recovery measure of disruption in train operation in Tokyo Metropolitan Area, *Transportation Research Procedia*, Vol.25, pp.4370-4380, 2017.
  - 14) 岩倉成志, 上松苑, 高橋郁人, 辻井隆伸: 高頻度運行下での都市鉄道を対象とした遅延連鎖シミュレーションシステムの開発, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.67, No.5, pp.879-886, 2011.
  - 15) 岩倉成志, 高橋郁人, 森地茂: 都市鉄道の遅延連鎖予測のためのエージェントシミュレーション, 運輸政策研究, Vol.15, No.4, pp.31-40, 2013.
  - 16) 稲木達哉, 富井規雄: 駅ホーム上の旅客流動のマルチエージェントによるシミュレーション, 鉄道技術連合シンポジウム講演論文集, pp.507-510, 2010.
  - 17) Kariyazaki, K., Hibino, N. and Morichi, S.: Simulation Analysis of Train Operation to Recover Knock-on Delay under High-Frequency Intervals, *Case Studies on Transport Policy*, Vol.3, Issue1, pp.92-98, 2015.
  - 18) Kariyazaki, K., Hibino, N. and Morichi, S.: Simulation Model for Estimating Train Operation to Recover Knock-on Delay Earlier, *Asian Transport Studies*, Vol.2, No.3, pp.284-294, 2013.
  - 19) 岩倉成志, 日比野直彦, 仮屋崎圭司, 福田大輔, 森地茂, 川村孝太郎, 角田隆太, 富田拓未: 都市鉄道の列車遅延対策の定量的評価, 土木計画学研究・講演集, Vol.47, CD-ROM, 2013.
  - 20) 山村明義, 足立茂章, 牛田頁平, 富井規雄: 首都圏稠密運転路線における遅延改善策の検証, 第19回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集, No.12-79, 2012.
  - 21) 山村明義, 牛田頁平, 足立茂章, 富井規雄: 首都圏稠密運転路線における遅延改善策東京地下鉄東西線での実施例とその検証結果-, 電気学会交通・電気鉄道研究会資料, TER-12, 2012.
  - 22) 仮屋崎圭司: 都市鉄道における列車遅延の回復メカニズムの解明と列車遅延防止対応策, 政策研究大学院大学, 博士論文, 2016.
  - 23) 交通政策審議会鉄道部会第6回ネットワーク・サービス小委員会資料(都市鉄道サービスの現状と課題).
  - 24) 第1回東京圏の都市鉄道における混雑・遅延対策検討会議資料.

## CURRENT ISSUES OF CONGESTION AND TRAIN DELAY ON TOKYO METRO TOZAI LINE AND MEASURES FOR SOLUTION TO THE ISSUES

Atsushi KUBOTA, Naohiko HIBINO and Keiji KARIYAZAKI

Congestion and train delay during rush hour in Tokyo metropolitan area is a social problem. Particularly, the Tokyo Metro Tozai Line is the most congested in the area. Because serious congestion problems and train delay are a regular occurrence, the railway company is taking drastic measures to alleviate congestion and improve transportation. In addition to trying to prevent delays by shortening passengers' boarding and exiting times, the company is considering increasing trains. However, there are fears that further congestion and delay may occur if the number of trains increases along with unexpected factors such as an increase in the number of residents along the railway line and installation of a platform door at all stations. The study clarifies the current issues and the countermeasures against the issues of Tozai line, and propose concrete measures to suppress future congestion and train delay. In order to quantitatively evaluate the measures, the study improve train operation simulation models corresponding to routes with fast driving segments and on-the-way station departures, and reproduce the current situation of train delay by simulation.