

(82) 運行実績データを用いた都市鉄道の 遅延時間の推移に関する分析

塚本 圭佑¹・魚田 祐介²・金子雄一郎³

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:cske16012@g.nihon-u.ac.jp

²非会員 元日本大学理工学部土木工学科

³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@civil.cst.nihon-u.ac.jp

本研究は、鉄道事業者が保有している運行実績データを用いて列車の駅到着遅延時間を算出するとともに、その時系列的な変化を分析した。具体的には、日常的に遅延が発生している東京地下鉄東西線を対象に2014年4月から9月末までの平日ピーク1時間帯における全列車の遅延時間を算出し、当該時間帯における推移を把握した。その結果、遅延時間の推移については、1)遅延が徐々に拡大、2)遅延時間が短い状態が継続、3)遅延時間が長い状態が継続の3つのパターンに分類できること、遅延時間の平均値と標準偏差を用いてパターン分類が可能であること、対象期間内では4月から6月にかけてはパターン1)が、7月から9月にかけてはパターン2)が多くみられることなどが示された。

Key Words : urban railways, train delay, Tokyo metropolitan area

1. はじめに

近年東京圏の鉄道は、混雑による乗降時間の増大や急病人対応、戸袋障害、機器故障等の発生によって日常的に遅延が発生しており、輸送の安定性向上が重要な課題となっている。この点については、2016年4月に交通政策審議会より答申された「東京圏における今後の都市鉄道のあり方について」においても、遅延対策を行うことで、鉄道利用者からの信頼が厚くいつでも安心して利用できる「信頼と安心の都市鉄道」を実現すべきとの指摘がなされているところである。

東京圏の鉄道の場合、混雑への対応からラッシュ時間帯を中心にきわめて高頻度な輸送が行われていることから、一旦遅延が発生すると後続の列車に次々と伝播し、影響が長時間に及ぶ場合も多い。したがって遅延対策を検討するうえでは、遅延時間の時系列変化を把握することが重要である。これまで列車の遅延に関する研究は多く行われているが(例えば、仮屋崎ら²⁾、岩倉ら³⁾、山村⁴⁾)、比較的長期のデータを用いて遅延時間の推移を分析した研究はほとんどみられない。

そこで本研究では、鉄道事業者が保有している運行実績データを用いて、遅延時間が推移するパターンをいくつかに分類しその特性を明らかにするとともに、簡易に分類できる方法を検討することを目的とする。

2. 運行データの概要

本研究では、運行データが入手可能であった東京地下鉄東西線(以下、東西線と表記)を対象に分析を行う。東西線は、中野駅と西船橋駅を結ぶ延長 30.8 km の都市鉄道路線であり、1日の輸送人員は 136.5 万人(2014年度)である。ここで、東西線の路線図を図-1に示す。

運行データは列車ごとの方向、列車番号、列車種別、各駅の到着時刻と発車時刻から構成される。分析の対象期間は、2014年4月1日～9月30日の平日の121日間である。対象区間は西船橋駅～中野駅とし、東西線の最混雑区間である木場駅～門前仲町駅間の混雑ピーク時間である7:50～8:50の1時間に通過する列車とする。以上の内容を踏まえた月別の分析対象の運行本数は表-1のとおりである。

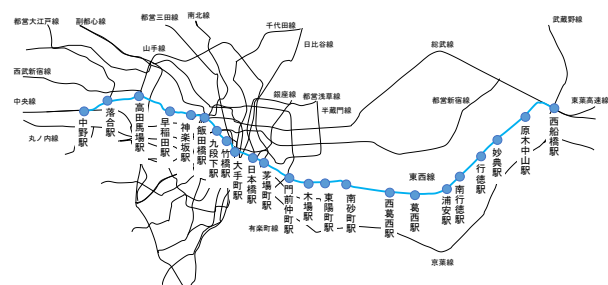


図-1 東京地下鉄東西線の路線図

表-1 分析対象のデータ数（月別運行本数）

	平日日数	データ数
4月	20	540
5月	19	513
6月	20	540
7月	22	594
8月	20	540
9月	20	540
計	121	3267

注：ピーク1時間当たりの運行本数は27本である。なお、支障時間が長い4月1日、5月1日、6月23日、8月1日のデータは除外している。

3. 遅延時間の推移の把握

(1) 遅延時間の算出方法

まず、遅延時間の時系列変化を把握するにあたり、対象とする駅を選定する必要がある。図-2は2014年5月の東西線平日上り（西船橋駅発、中野駅方面）のピーク1時間を対象に、各駅における所定到着時刻からの増減時間の平均値を算出したものである。これより多くのケースで、列車の進行とともに遅延時間が増加し、竹橋駅をピークに減少していく傾向が読み取れる。そこで本研究では、竹橋駅の隣接駅で降車人員が多い大手町駅における各列車の到着時刻に着目して、遅延時間の時系列変動を把握することとする。

ここで列車の所要時間は、駅における停車時間と駅間の走行時間から構成されることを踏まえ、これらの所定時間からの増減を算出し分析を行う。図-3及び図-4は、駅停車時間の増減と駅間走行時間の増減の算出方法を示したものである。駅停車時間の増減は、運行データより実際の到着時刻と出発時刻の差を求め、停車時間の実績値を算出する。また標準運転時刻表から、上記と同じように所定の駅停車時間を算出する。これより両者の停車時間の差を求め、駅停車時間の増減を算出する。

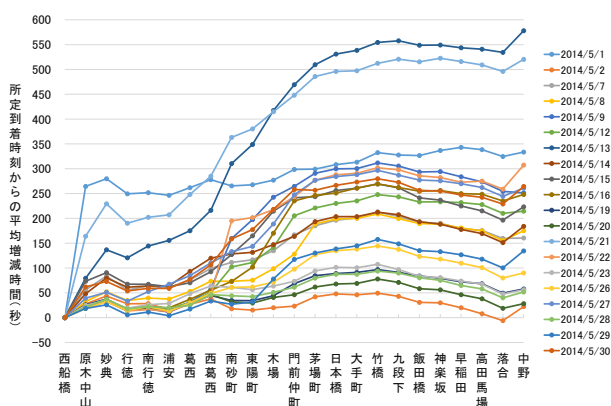


図-2 東西線各駅の所定到着時刻からの平均増減時間
(2014年5月・ピーク1時間)

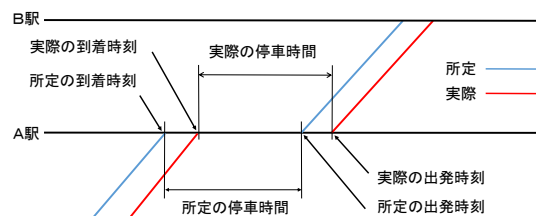


図-3 駅停車時間の増減の算出方法

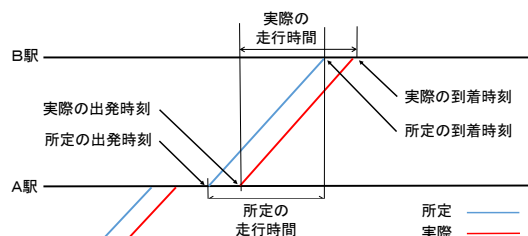


図-4 駅間走行時間の増減の算出方法

同様に駅間走行時間の増減については、運行データより前駅の出発時刻と当該駅の到着時刻の差を求め、駅間走行時間の実績値を求める。また、標準運転時刻表から所定の駅間走行時間を算出する。これより両者の駅間走行時間の差を求め、駅間走行時間の増減を算出する。

以上の方法で算出した駅停車時間と駅間走行時間に出発遅延時間を加えたものを遅延時間とする。ここで出発遅延は、当該列車の始発駅（東西線上りの場合、西船橋駅もしくは妙典駅）における所定の出発時刻と実際の出発時刻の差として算出されるものである。

(2) 遅延時間の推移パターンの分類

(1)で示した方法に基づき、分析の対象期間である2014年4月1日～9月30日の平日121日分の駅間走行時間の所定時間からの増減の累計値（西船橋駅～大手町駅間、以下駅間走行時間と表記）、駅停車時間の所定時間からの増減の累計値（西船橋駅～日本橋駅、以下駅停車時間と表記）、遅延時間を算出する。

これらの3つの指標の時間的推移をみると、概ね図-5に示した3つのパターンに分類される。

a) パターン①：遅延時間が徐々に拡大

対象時間帯のうち前半（大手町駅到着時刻が7:59から8:41まで）は遅延時間が増加し、それ以降はほぼ一定となるようなパターンである。遅延時間の内訳をみると、前半では駅間走行時間が負値となっている（すなわち所定時間から減少している）が、これはダイヤ上設定されている余裕時間によるものである。駅停車時間が減少となる局面では駅間走行時間が増加しており、あわせて遅延時間も増大し、その傾向が継続している。

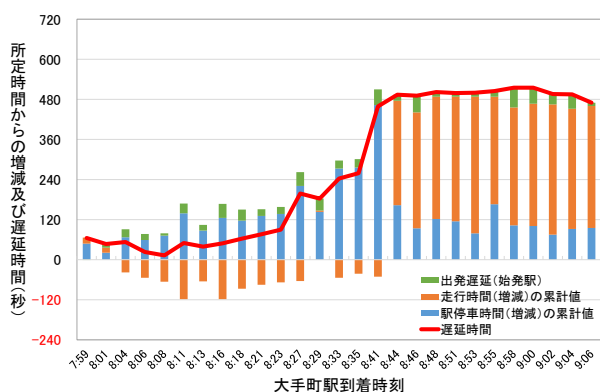
b) パターン②：遅延時間が短い状態が継続

対象時間帯を通して、遅延時間が比較的短い状態で推移しているパターンである。遅延時間の内訳をみると、

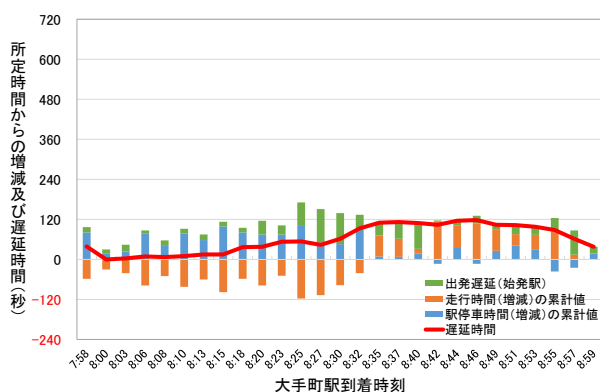
対象時間帯の前半（7:58～8:32）で駅停車時間の増加が抑制されているため、後半（8:35～）においても駅間走行時間の増加が他のパターンほど大きくないといえる。

c) パターン③：遅延時間が長い状態が継続

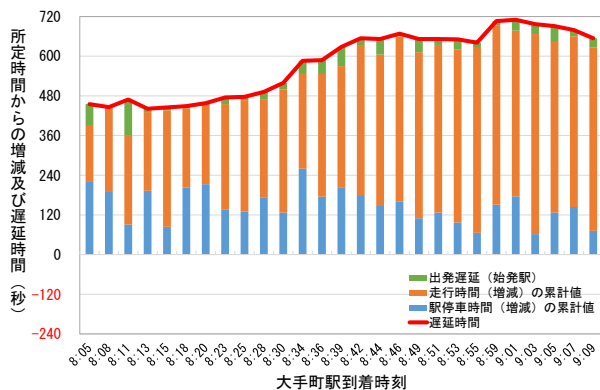
対象時間帯を通して、遅延時間が長い状態で推移しているパターンである。時間帯の始めから駅走行時間及び駅停車時間の値が大きく、これらが時間の経過とともに緩やかに増大している。なお、このパターンの多くは、対象時間帯より前の時点において輸送トラブルが発生し、その影響が継続しているものである。



a) パターン①の例（2014年4月4日）



b) パターン②の例（2014年5月2日）



c) パターン③の例（2014年4月8日）

図-5 大手町駅における遅延時間の推移パターン

d) 対象期間の遅延のパターン分類

対象期間（4月1日～9月30日）における各日の遅延状況について、分布の形状に対する視覚的な判断を基本に、パターン①～③に分類した。なお、統一性を確保するため、全121日の遅延状況を観測したうえで、対象時間帯における遅延時間の最大値が240秒（4分）以下である場合をパターン②とし、遅延時間の範囲（最大値と最小値の差）が300秒（5分）以上である場合をパターン①、それ以外をパターン③とした。その結果、パターン①は36日、②は49日、③は36日となった。

(3) 平均・標準偏差を用いた分類

(2)では視覚的な判断を基本にパターン分類を行ったが、対象期間における全日の遅延状況を確認する必要があることから、ここではより簡便に分類する方法として、遅延時間の平均値と標準偏差を用いた分類を試みる。具体的には、横軸に1日単位での遅延時間の平均値を、縦軸に標準偏差を取り、それぞれの平均で4つの領域（A～D）に区分する。この方法に基づいて、対象期間の各平日の遅延時間の平均値と標準偏差をプロットしたものを図-6に示す。なお、便宜上月別の違いを識別できるように点の色を変えている。

ここで、上述の遅延時間の推移パターン①～③における平均値と標準偏差は、次のように解釈できる。

パターン①：平均値は高く、標準偏差は大きい

パターン②：平均値は低く、標準偏差は小さい

パターン③：平均値は高く、標準偏差は小さい

すなわち、パターン①の遅延は領域Aに、パターン②は領域Cに、パターン③は領域Dにそれぞれ区分されると考えられる。図-6より、これらの領域の日数は領域Aが34日、領域Cが60日、領域Dが14日であり（領域Bは13日）、この結果を(2)で示したパターン①～③の日数と比較すると、領域Aとパターン①は同水準、領域Cはパターン②よりやや多く、領域Dはパターン③より少なくなっている。このように領域によって差があるものの、遅延時間の推移パターンを簡易的に分

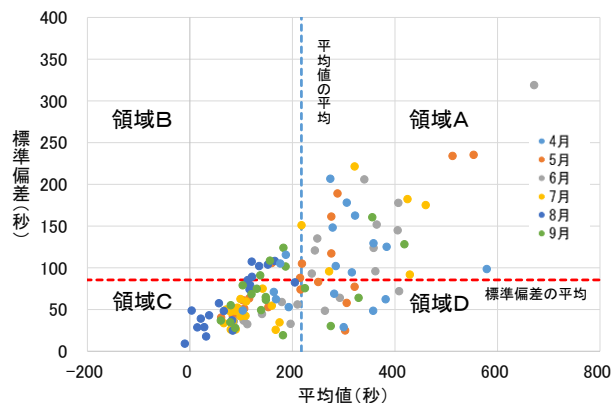


図-6 遅延時間の平均と標準偏差（2014年4月～9月）

類することができた。なお、両者が乖離しているケースについては、4 区分の基準となる平均の取り方などを再検討する必要がある。

以上の結果について、今後は遅延対策への活用の観点から、パターンごとに遅延の原因や乗車人員などとの関係を分析していく必要がある。このうち乗車人員については、図-6の結果を月別にみると、4月、5月、6月は領域 A（すなわちパターン①）に多く含まれており（合計で 26 日／34 日）、7月、8月、9月は領域 C（すなわちパターン②）に多く含まれている（合計で 42 日／60 日）。一般的に 8月の乗車人員は他の月と比較して少ないことが知られており、遅延時間が短いことに関係しているものと推察される。

4. おわりに

本研究は、鉄道事業者が保有している運行実績データを用いて列車の駅到着遅延時間を算出するとともに、その時系列的な変化を分析した。具体的には、日常的に遅延が発生している東京地下鉄東西線を対象に 2014 年 4 月から 9 月末までの平日ピーク 1 時間帯における全列車の遅延時間を算出し、当該時間帯における推移を把握した。その結果、遅延時間の推移については、①遅延が

徐々に拡大、②遅延時間が短い状態が継続、③遅延時間が長い状態が継続の 3つのパターンに分類できること、遅延時間の平均値と標準偏差を用いて簡易的な分類が可能であること、対象期間内では 4月から 6月にかけてはパターン①が、7月から 9月にかけてはパターン②が多くみられることなどが示された。

今後の課題としては、遅延対策への活用の観点から、パターンごとに遅延の原因や乗車人員などとの関係を分析していく必要がある。

参考文献

- 1) 交通政策審議会：東京圏における今後の都市鉄道のあり方について（答申），2016。
- 2) 仮屋崎圭司・日比野直彦・森地茂：列車間隔に着目した運行遅延に関するシミュレーション分析，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.67，No.5，pp.11001-I_1010，2011。
- 3) 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ー田園都市線および半蔵門線を対象にー，運輸政策研究，Vol.15，No.4，pp.31-40，2013。
- 4) 山村明義：列車運行実績データを活用した稠密運転路線における遅延改善アプローチとその効果，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.70，No.1，pp.44-55，2014。