

首都圏鉄道路線における朝の通勤時間帯における列車遅延要因に関する研究

大島 圭祐・山本 佳世子

A Study on Train Delay Factors in the Morning Commute Time on the Tokyo Metropolitan Railway Line

Keisuke OSHIMA and Kayoko YAMAMOTO

Abstract: Metropolitan railway lines are heavily congested due to commuting, which may cause delays. The frequency of delays varies greatly depending on the line. Also, in the Tokyo metropolitan area, direct operation between railway lines is actively performed for convenience improvement, but this causes a slight delay to spread over a wide area in the Kanto region. The impact on the railway network is even greater. In this study, we found the cause of delay from the features common to lines with a lot of delay and lines with a little delay, and grasped the delay factor peculiar to each line by showing the feature of each line. The delay data announced by each railroad operator will be statistically analyzed together with the data such as the facilities, diagrams, and number of passengers on each line, and the factors affecting the delay will be clarified. By adding variables related to direct operation to the line data, the effect of direct operation on the occurrence of delay will be shown. As a result, it is expected that a solution can be proposed according to the delay factors of each line.

Keywords: 鉄道遅延(Railway delay), 統計解析(Statistical analyze), 直通運転(Direct operation), 遅延要因(Delay factors), 変数選択(Variable selection)

1 序論

1.1 研究の背景と目的

首都圏の鉄道路線には通勤による激しい混雑が存在し、それにより遅延が発生することがあるが、その遅延の発生頻度は路線により大きく異なっている。また、首都圏では利便性向上のために鉄道路線間での相互直通運転が盛んに行われているが、これによりわずかな遅延が関東一円の広範囲に波及するようになり、列車の遅延が鉄道のネットワークに与える影響はより一層大きくなっている。鉄道の利便性を向上させるには、各路線の特徴を踏まえた上でこれらの遅延の発生要因を分析し、改善する必要がある。

以上の背景を踏まえて、本研究では統計解析を

用いて首都圏の列車の遅延の潜在的な要因を明らかにすることを目的とする。説明変数に線区単体と直通運転区間全体のデータを両方用意することにより、昨今の首都圏の鉄道ネットワークの実情に合わせて遅延の要因を明らかにする。

1.2 関連分野の先行研究と本研究の位置付け

都市鉄道の遅延について、仮屋崎ら (2009) ^[1] は、複数のデータを用いて首都圏鉄道における遅延の実態を明らかにし、遅延の発生および波及の現状分析を行った。また、山村 (2014) ^[2] や宮崎ら (2014) ^[3] は列車の運行実績をもとに列車遅延の分析を行った。また、上松ら (2010) ^[4] は、遅延の主な原因を分析し、エージェントモデルを構築して遅延のシミュレーションシステムを提案した。これらの先行研究に対して、本研究では、多数の路線に対して遅延データと路線データによる統計解析を用いることで、首都圏の鉄道で一般的

大島圭祐

電気通信大学大学院情報理工学研究所

o1930022@edu.cc.uec.ac.jp

3. 2 説明変数の選定

説明変数として、「ピーク時一列車あたり輸送力」(出典:[5]より加工)「駅数」「ピーク時一時間あたり輸送人員」(出典:[5])「ターミナル駅の階段・エスカレーター数」(出典:事業者公式 web サイトの駅構内図)「路線長」「平均線路数」「ピーク時一時間あたり運行本数」(出典:[5])「列車種別数」(出典:[6])「直通運転路線数」「直通運転区間長」「連絡駅数」「のべ連絡路線数」の12個の変数を用意した。

「路線長」「平均線路数」は線路の状況を表す変数である。なお、平均線路数とは、単線ならば1、複線ならば2、複々線ならば4として、それらが入り交じる路線においては、それぞれの区間の長さで重み付けして平均をとったものである。

「ピーク時一時間あたり運行本数」「列車種別数」は、ダイヤグラムを表す変数である。なお、列車種別数は、遅延証明書の対象時間に運行されているもののみを数えている。

「駅数」「ターミナル駅の階段・エスカレーター数」「連絡駅数」「のべ連絡路線数」は駅に関する情報を表す変数である。なお、のべ連絡路線数とは、各駅で連絡する路線の数をすべての駅で合計したものである。

「ピーク時一列車あたり輸送力」とは、各列車の定員の平均であり、車両を表す変数である。「直通運転路線数」「直通運転区間長」は、直通運転に

ついて表す変数である。直通運転区間の基準は「遅延証明書の対象時間に該当路線を走行する列車がそれまでに走行した区間」とする。

4 解析の結果と考察

標準重回帰分析の結果を表-1、ロジスティック回帰分析の結果を表-2に示す。標準重回帰分析の結果では、一列車あたり輸送力とのべ連絡路線数の回帰係数が大きく、p値も小さい。そのため、編成の長さが平均遅延時間を増大させると考えられる。また、のべ連絡路線数の回帰係数が大きい一方で、連絡駅数の回帰係数が、p値が大きいながらも負になっていることから、ひとつの駅で多くの路線と接続する巨大ターミナル駅を終点とするような路線では平均遅延時間が増大すると考えられる。

ロジスティック回帰分析の結果では、平均線路数の回帰係数が突出して大きく、単線区間を抱える区間では遅延が発生しにくいことがわかる。また、ターミナル駅の階段・エスカレーター数と列車種別数の回帰係数が負であり、絶対値が大きいことから、列車間や車両間の乗客の偏りが遅延の発生確率を上昇させると考えられる。直通運転は、これらの要素ほど遅延の発生確率には寄与しないものの、直通運転先が多いほど遅延の発生確率が上昇することが示されている。

表-1 標準重回帰分析の結果

	回帰係数	標準誤差	t値	p
切片	-4.094×10^{-16}	7.614×10^{-2}	0	1
直通運転数	0.1529	0.1101	1.389	0.17110
直通運転長	0.2121	0.1227	1.728	0.09033
一列車あたり輸送力	0.3629	0.1037	3.498	0.00101
連絡駅数	-0.3298	0.1975	-1.670	0.10133
のべ連絡路線数	0.6823	0.2063	3.308	0.00177

表-2 ロジスティック回帰分析の結果

	回帰係数	exp(回帰係数)	標準誤差	z 値	p
切片	-3.486	0.0306098	0.9067	-3.845	0.000120
直通運転数	0.1892	1.2082781	6.591×10^{-2}	2.871	0.004098
直通運転長	0.1652	1.0016530	9.982×10^{-4}	1.655	0.098000
一時間あたり列車数	-4.529×10^{-2}	0.9557222	1.694×10^{-2}	-2.673	0.007523
ピーク時輸送人員	3.372×10^{-5}	1.0000337	6.499×10^{-6}	5.189	2.12×10^{-7}
ターミナル駅階段数	-0.2666	1.3054729	6.814×10^{-2}	3.912	9.16×10^{-5}
列車種別数	-0.2101	0.8105155	5.603×10^{-2}	-3.749	0.000177
平均線路数	1.175	3.2379618	0.4972	2.363	0.018113

2つの分析結果を比較すると、駅に関する変数が異なるものが選択されている。これは、遅延の発生確率を目的関数とするロジスティック回帰分析では、最も遅延発生に影響を与えるターミナルについての情報を持つ変数が選択されたのに対し、平均遅延時間を目的関数とする標準重回帰分析では全ての駅を表現する連絡駅に関する変数が選択されたと考えられる。

5 結論と今後の研究課題

標準重回帰分析では、ひとつの駅に対する需要の集中が平均遅延時間を増大させることが示された。また、ロジスティック回帰分析では、車両間や列車間での需要の集中が遅延の発生確率を増大させることが示された。これらにより、遅延の発生には何らかの需要の集中が大きく影響を与えていることが考えられる。直通運転は、駅における需要の集中を軽減する一方で、遅延を他路線へと拡散させる効果をもつ。今後は、直通運転に関する変数をより多く盛り込むことによって、直通運転が遅延の発生にどのような影響を与えているのか検討する必要がある。

参考文献

[1] 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, 2010, 27.4: 871-880

[2] 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), 2014, 70.1: 44-55.

[3] 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), 2014, 70.5: I_477-I_486.

[4] 上松苑; 岩倉成志. エージェントモデルによる東京圏都市鉄道の遅延連鎖シミュレーションの構築. 土木計画学研究・講演集, 2009, 40.

[5] 国土交通省: 統計情報 混雑率データ
<<http://www.mlit.go.jp/common/001245932.pdf>>

[6] 「マイライン 東京時刻表」2018年6月号, 交通新聞社