

都市鉄道の運行ダイヤ過密化に伴う 遅延の発生と波及に関する研究

仮屋崎 圭司* (運輸政策研究機構)

Study on Influencing of Train Delay with Overcrowded Diagram in Metropolitan Railways

Keiji Kariyazaki (Institute for Transport Policy Studies)

In the Tokyo Metropolitan Area, rate of train overcrowding has been decreasing. On the other hand, the train delay with overcrowded diagram during morning peak commuting periods has been actualized, and has rippled through the wide railway network by direct-through operation. Therefore, this study grasps and analyzes the current situation of train delay.

キーワード：都市鉄道，列車遅延

Keywords : urban railway, train delay

1. はじめに

首都圏の鉄道は、高密度な鉄道網整備，列車の長編成化，高頻度運行，相互直通運転の実施，ホームドアの設置等により，広域かつ巨大な通勤需要を正確かつ安全に輸送可能とした世界に誇れるシステムである。特に車両内の混雑問題に関しては，その解消を最大の政策課題としてきた結果，大きな成果を挙げてきたと言えよう。それゆえに，首都圏の鉄道網は「概成された」と言われることがある。

しかしながら，特にこの高頻度運行，相互直通運転といった日本の最も特徴的な鉄道政策が大きな成果を挙げた反面，その副作用として，① 通勤時間帯の慢性的な遅延，② 人身事故，車両故障等により発生した遅延の広域的な連鎖，③ 一度発生した遅延の回復に数時間も要してしまうといった回復困難性の問題等が起こり，ある種のパラドクスとなっている。これらの問題に対して，折り返し運転施設の設置等の対策は行っているものの抜本的な解決にはなっていない。そこで，このような都市鉄道が直面する新たな課題について実態の把握と原因の分析・究明を行うとともに，技術的，制度的対策の可能性について検討を試みる。

都市鉄道の混雑問題と列車の運行方式に関しては，国内外問わず今までに多くの研究がなされてきた。代表的なものとしては，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等である。また，さらに時代が進み，列車運行と旅客行動のシミュレーションに関する研究も多く

発表されている。しかしながら，これらの研究の殆どが列車の車内混雑緩和または駅構内の混雑緩和の視点から利用者便益が論じられてきたものであり，列車運行に関する遅延の発生と波及のメカニズムに言及し，運行の信頼性に関する分析が不足していることが上記の深刻な問題を引き起こしている。

列車遅延とその波及について分析する上では，駅での列車乗降に関わる旅客流動と駅施設が旅客流動へ及ぼす影響を考慮し，加えて列車1本1本の挙動とそれらが互いに与える影響を列車の運行方式と路線特性を踏まえて時系列的に考察する必要があると考える。これは，列車が遅れて駅に到着することで，通常よりも利用者が増加して乗降時間が増大し，さらに遅れが拡大する。さらに後続列車が団子運転状態になりその遅れは増幅されるという考え方である。団子運転については以前から知られてはいたが，その解消方法までは分析されていないのが現状である。このような現状を踏まえ，① 駅での旅客流動と駅間での列車運行方式に着目し，② 遅延の発生および線のかつ面的な波及の現象を詳細な現状分析により究明し，③ そのメカニズムの解明に焦点をあてた定量的な分析を行うことにより，④ 信頼性を回復するための具体的な方法を提案することが，本研究の目的である。

本稿では，研究に着手するにあたり実施した事前調査の結果を報告する。

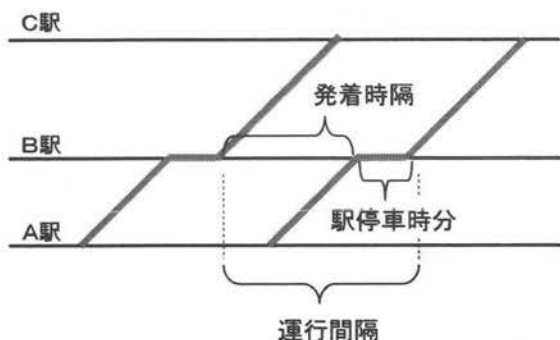


図1 計測時分の定義（運行間隔の内訳）

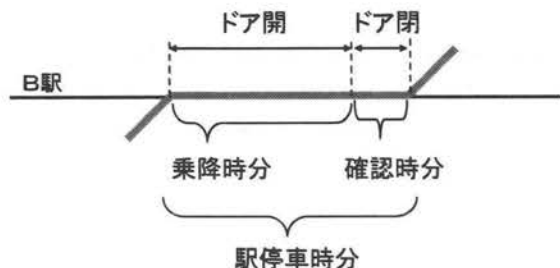


図2 計測時分の定義（駅停車時分の内訳）

2. 事前調査

東急田園都市線、東京メトロ半蔵門線・丸ノ内線において、列車毎に到着時刻、駅停車時分、出発時刻を計測する実地調査を行った。調査時間は7:30頃～9:30頃の通勤時間帯の2時間である。秒単位で計測し二捨三入する。

東急田園都市線

- i) 調査日：平成20年9月4日（木）
調査対象駅：渋谷駅（表参道駅方面）
- ii) 調査日：平成20年10月3日（金）
調査対象駅：池尻大橋駅（渋谷駅方面）

東京メトロ半蔵門線

- i) 調査日：平成20年10月8日（水）
調査対象駅：渋谷駅（押上方面）
表参道駅（押上方面）

東京メトロ丸ノ内線

- i) 調査日：平成20年10月10日（金）
調査対象駅：四ッ谷駅（池袋方面）

本研究では、駅停車時分について、列車乗降に要する旅客流動の時分と、事業者が運行上の安全確認に要する時分とを区別して把握するため、列車ドアが開いている時間を旅客乗降時分とし、列車ドア閉時から列車が発車するまでの時間を確認時分としてデータを計測する。また、列車が駅を出発し、後続列車が到着するまでの時分を発着時隔と定義して計測を行った。図1、図2に計測時分の概要を示す。

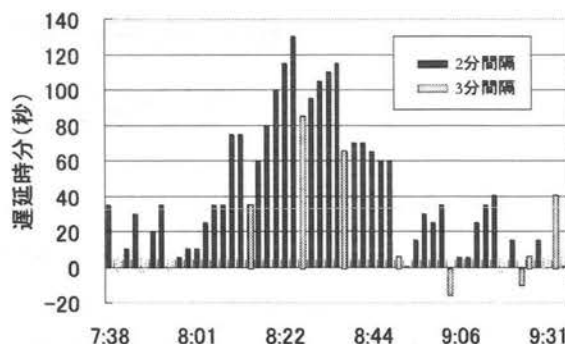


図3 時刻表に対する遅延の累積変化
〔田園都市線：渋谷駅（9/4）〕

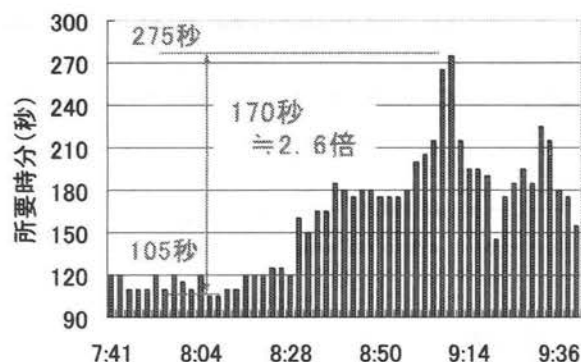


図4 列車毎の駅間走行時分
〔半蔵門線：渋谷駅～表参道間（10/8）〕

3. 調査結果

(1) 時刻表に対する遅延の累積

東急田園都市線の渋谷駅（9/4）における出発遅延の累積変化を図3に示す。横軸に時刻表7:38～9:38に渋谷駅を出発する列車（53本/2h）をとり、縦軸に列車毎の累積遅延時分を示している。調査時間帯の田園都市線の時刻表は、2分間隔の高頻度なダイヤが組まれており、数本に1本の割合で3分間隔の列車が介在している。7時台の列車においては、遅延は2分間隔の列車により伝播し、3分間隔の列車を挟むことで回復している。しかし、8時台以降になると2分間隔の列車が連続するため各列車の遅延が累積し、途中で3分間隔の列車を挟んでも解消しきれない遅延が生じてしまう。そこにさらに2分間隔の列車が連続するため、遅延の残存量が増大し、大幅な列車遅れが生じている。

(2) 駅間の所要時分

高頻度運行下では、駅で発生した遅延は線路上の列車運行においてさらに増幅される。東京メトロ半蔵門線の渋谷駅～表参道駅間における列車毎の駅間走行時分（10/8）を図4に示す。当該区間の日中の所要時分は約2分である。しかし、8:30頃の列車において一度所要時分が増加すると、その影響が後続列車にも伝播し、9:10頃の列車においては

通常の 2 倍以上の所要時分となっている。また、その後も所要時分の増加した列車が続いている。

(3) 駅停車時分の内訳

東急田園都市線の渋谷駅 (9/4)、池尻大橋駅 (10/3)、および東京メトロ丸ノ内線の四ツ谷駅における駅停車時分の内訳を図 5、図 6 および図 7 に示す。なお、図 6 の池尻大橋駅において、急行列車 (準急) を含めて全ての列車が停車する時間帯は 7:49~8:54 である。

駅停車時分は、乗客発生率、車内および駅構内の混雑、階段やエスカレータ位置等の駅構造、車両のドア数、駅員の配置、ホームドア等の駅乗降施設、乗換えターミナルといった駅の特性、列車種別、運行間隔等の影響を受けると考えられる。図 5、図 6 および図 7 の各駅においても駅停車時分の内訳は異なっており、遅延の発生要因が多様であることが伺える。

(4) 乗降時分と確認時分のヒストグラム

東急田園都市線の渋谷駅 (9/4)、池尻大橋駅 (10/3)、および東京メトロ丸ノ内線の四ツ谷駅における乗降時分のヒストグラムを図 8 に、確認時分のヒストグラムを図 9 に示す。乗降時分については、乗降客数が多い渋谷駅が平均乗降時分約 50 秒となっており、他の 2 駅の平均値約 30 秒と比して大きい。ばらつきに関しては大きな差異はみられない。確認時分については、田園都市線で最混雑率区間の起点側となる池尻大橋駅において、確認時分が増加する方向に値がばらついている。一方、渋谷駅においては確認時分の増加が抑えられている。これは、渋谷駅では朝の混雑時間帯に駅員を約 30 名配置しており、乗客のドアばさみ等に素早く対応している効果と考えられる。四ツ谷駅におけるホーム柵の目立った影響は計測されなかったが、ドアばさみが発生した場合、列車ドアとホーム柵それぞれの再開閉が必要となるため、一回のドアばさみによる増加時分が大きくなる傾向がみられた。

4. 今後の課題

今回は試験的に事前調査を行ったが、今後は列車到着、旅客乗降、安全確認、発車までの一連の駅停車時分を各駅 1 台のデジタルビデオカメラを用いて撮影し、各駅の停車時分を含めて列車毎に運行状況の時系列変化を追跡することを考えている。また都心の乗換えターミナル駅においては、ホーム、階段、エスカレータ、コンコース、改札等における旅客の流動を複数台のデジタルビデオカメラを用いて同時に撮影する。遅れの発生や増幅には、携帯電話等による乗客の緩慢な動き、乗降時に列車ドア付近で動こうとしない乗客とその荷物、文化の異なる外国人の行動等も影響している。これらの実態についてもデジタルビデオカメラの撮影により、その特性と影響を把握する。

これらのデータを用いて、① 駅での乗降時分および運行安全確認時分に着目した駅停車時分の分析および駅停車時

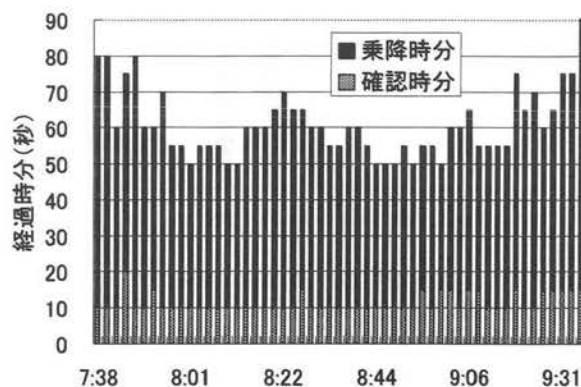


図 5 駅停車時分の内訳
〔田園都市線：渋谷駅 (9/4)〕

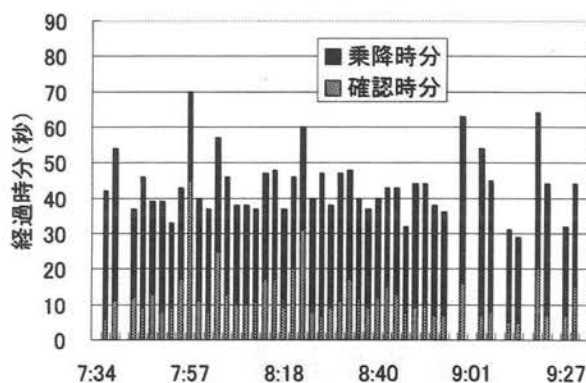


図 6 駅停車時分の内訳
〔田園都市線：池尻大橋駅 (10/3)〕

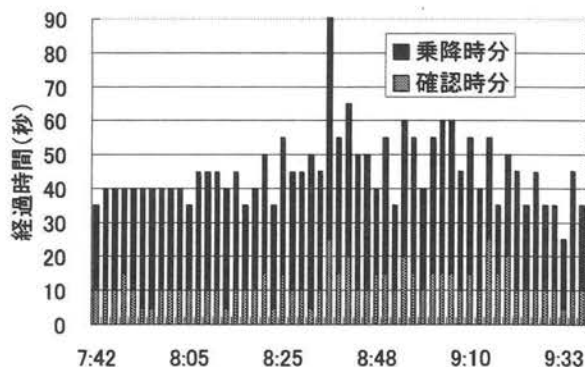
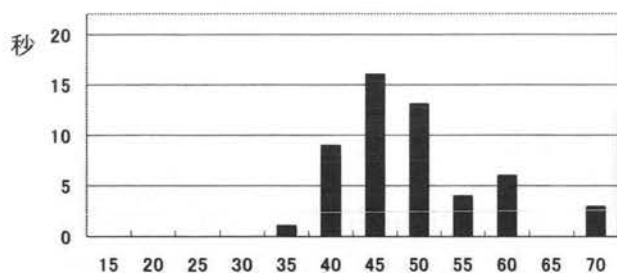
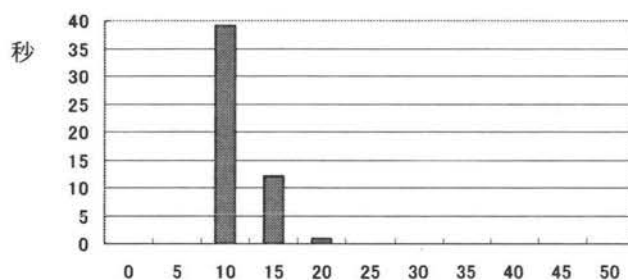


図 7 駅停車時分の内訳
〔丸ノ内線：四ツ谷駅 (10/10)〕

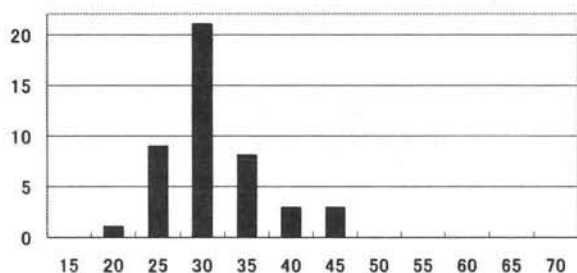
分増加の要因とその特性について明らかにする。② 駅間を走行する列車が運行設備の物理的制約から互いに及ぼし合う影響とそれにより発生する現象の特性について明らかにする。①では、列車の駅停車時間を推定する上で、駅での乗客発生率、車内および駅構内の混雑、階段やエスカレー



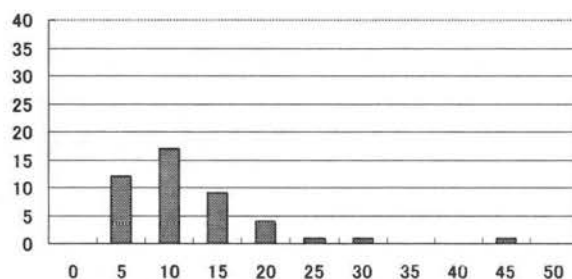
〔田園都市線：渋谷駅 (9/4)〕



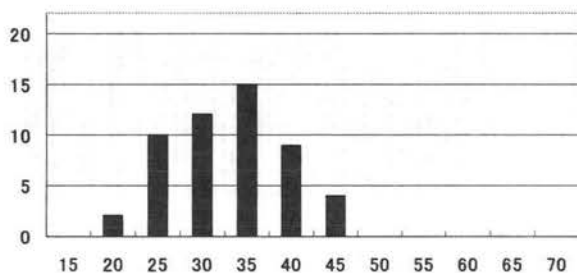
〔田園都市線：渋谷駅 (9/4)〕



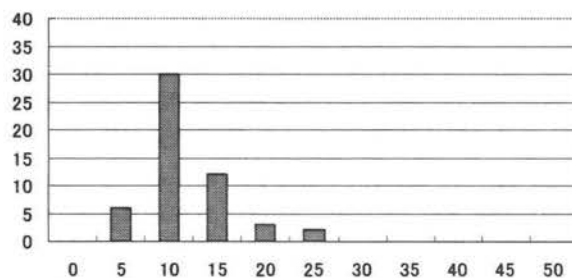
〔田園都市線：池尻大橋駅 (10/3)〕



〔田園都市線：池尻大橋駅 (10/3)〕



〔丸ノ内線：四ツ谷駅 (10/10)〕



〔丸ノ内線：四ツ谷駅 (10/10)〕

図8 乗降時分のヒストグラム

図9 確認時分のヒストグラム

タ位置等の駅構造、車両のドア数、駅員の配置、ホームドア等の駅乗降施設、乗換えターミナルといった駅特性、列車種別、運行間隔等について、列車乗降時分および運行安全確認時分との関係を分析し、運行ダイヤの計画駅停車時分に対する増加時分の要因を明らかにし、利用者行動と駅停車時分を定量的に示すことを考えている。②では、①で得た知見を踏まえ、列車の閉そく区間、信号設備、ATC、車両性能、駅構内配線等から駅停車時分の増加による当該列車の運行状況の変化、また前後に連続して走行する他の列車へ及ぼす運行上の影響、さらには他路線への面的に及ぶ影響を明らかにし、その影響を定量的に示すことを考えている。この2点から駅の旅客流動と連続して走行する列車群の挙動を時系列的に分析し、遅延の発生およびその遅延の時空間的な波及のメカニズムの究明を行い、さらには、その具体的な解決方法を提案することを目指す。

5. おわりに

高頻度運行・相互直通運転区間の遅延の発生と波及の現象を究明することで遅れの発生の抑制、遅れが波及しにくい列車運行方式、遅れの早期回復等の検討が可能となり、列車運行の信頼性というこれまでの混雑緩和策以外の新たな鉄道サービスの評価指標の提案、列車遅延に対するより効率的な施策を検討すべく、研究に取り組んでいく。

文 献

- (1) 上松、宮崎、岩倉：都市鉄道の駅停車時分の推定方法に関する研究—小田急線を対象に—、第35回土木学会関東支部技術研究発表会、2008。
- (2) 大戸ほか：鉄道駅における旅客流動に関する研究 その8乗降速度に関する実験、日本建築学会学術講演梗概集、page845-846、2006。
- (3) 國松ほか：列車運行・旅客行動シミュレータの構築、鉄道技術連合シンポジウム講演論文集、Vol. 13th、page347-350、2006。