

都市鉄道の時刻別需要予測のためのリンクパフォーマンス関数に関する研究

芝浦工業大学工学部 学生会員 渡辺将一郎
芝浦工業大学工学部 正会員 岩倉成志

1. はじめに

東京圏の都市鉄道のピーク時間帯における混雑状況は極めて厳しい状況にある。従来の供給側の混雑緩和施策は輸送力増強によって対処してきたが、建設コストが高く、近年では鉄道事業者の投資意欲の減退や公的財源の制約のため、従来の混雑緩和施策は困難な時代を迎えている。このため、需要側、供給側の両面から考えた低コストな施策が求められている。特に、ピーク時に集中する利用者を平準化させる需要コントロール施策の検討が喫緊の課題となっている。しかし、都市鉄道計画に用いられる従来の需要予測手法は終日の需要を精緻に予測することを主眼としており、ピーク時における時間帯ごとの需要変動を予測する手法は確立されていない。このため、ピーク需要の平準化施策を定量的に評価することができない。そこで、鉄道路線のサービス水準の現況や将来計画を評価する分析システムが必要となる。

以上の背景より、本研究では列車運行頻度や乗降人数などによって変動する列車速度を表現するリンクパフォーマンス関数をより高い精度で構築することを目的とした。

2. 調査方法の概要

本研究ではピーク時とオフピーク時の列車速度の差が顕著な小田急小田原線(新百合ヶ丘駅～新宿駅)を研究対象とし、観測調査を実施した。

ビデオ撮影調査

調査目的：ピーク時における全急行列車の正確な運行データ(駅間走行時間および駅停車時間)の取得

調査対象：新百合ヶ丘駅～新宿駅間の上り準急、急行(51本)

調査日時：平成11年11月8日(月)A.M.6:35～A.M.10:35

調査場所(位置)：調査対象区間内の急行が停車する6駅のそれぞれの上りホーム新宿駅方端部

調査方法：ビデオカメラ内臓の時計機能を用いて列車の発着時間を測定する。また、調査位置から見える範囲のドアにビデオカメラを向け乗降の様子を撮影し、発車直後にビデオカメラを線路に対し垂直に向け列車内の混雑状況を撮影した。(ただし、新宿駅は着時刻記録のみ)。

乗降時間調査

調査目的：乗車、降車に費やされる一人当たりの時間の取得

調査日時：平成12年1月17日(金)A.M.7:30～A.M.10:00、2月4日(金)A.M.8:00～A.M.9:45

調査場所：登戸駅上りホーム

3. データの基礎的分析

調査より一人当たりの乗車時間は0.992秒、降車時間は0.728秒であった。

次に調査より秒単位までの各駅間走行時間、各駅停車時間とそれらに影響を与えていると考えられる要因をデータ化したものを図1と図2のように比較した。当該列車15分前の運行本数とは、当該列車の発車時刻以前の15分間に発車した列車の本数であり、実測した発着時刻をもとに作成したダイヤグラムより求めた。

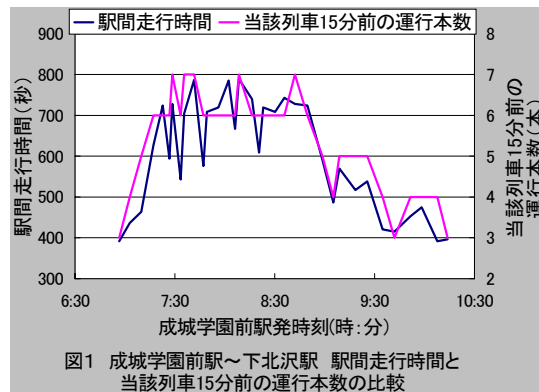


図1 成城学園前駅～下北沢駅 駅間走行時間と当該列車15分前の運行本数の比較

キーワード：都市鉄道、時刻別需要予測、交通需要管理、リンクパフォーマンス関数、

連絡先：〒108-8548 東京都港区芝浦3-9-14 TEL03-5476-3049 FAX03-5476-3166

また、1 ドア当りの各駅乗降人数は大都市交通センサス(平成 7 年)より各駅 15 分ピッチで算出し、その 15 分内の運行本数と編成車両数(1 車両 4 ドアと仮定)を用いて各列車で算出した。

成城学園前駅～下北沢駅間は図 1、2 で示したように走行、停車時間とも一様にピーク時を中心に山を描き、相関が高いと予測できる。登戸～成城学園前では、当該列車 15 分前の運行頻度は山を描いたが、駅間走行時間はほぼ一定であった。これは複々線化の影響と考えられる。向ヶ丘遊園駅、代々木上原駅の駅停車時間を見るとそれぞれ 1 本、3 本の列車が他に比べ非常に長い時間(2～3 分)停車している。これはダイヤグラムより他列車との待ち合わせなどで計画された停車時間であると判断される。また、全体的に駅間走行、駅停車時間は微小変動を繰り返している。

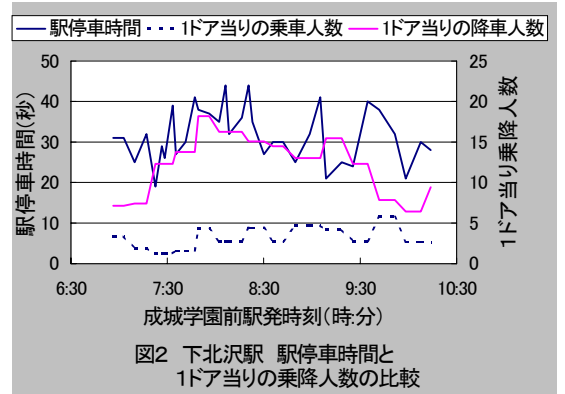


図2 下北沢駅 駅停車時間と1ドア当りの乗降人数の比較

4. リンクパフォーマンス関数の構築

需要予測では駅間所要時間の微小変動を分析する必要性は低いため、当該列車前後 7 分 30 秒間に存在する列車の所要時間データを移動平均によって平滑化した。また先述した列車の待機など計画されている駅間停車時間と遅延原因を断定できない突発的で大幅な遅れに関係があると考えられるデータを削除した 159 サンプル(新百合ヶ丘駅発～代々木上原駅発)を用いた。リンクパフォーマンス関数を次式のように設定し、非線形回帰分析によってパラメータの推定を行った。ただし、 t_s は駅間の着側の駅停車時間とする。

$$t_a = t_l + t_s = t_{l0} \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{X}{C} \right)^\beta \right\} + 0.992x_{on} + 0.728x_{off} + \gamma(x_{on} + x_{off})^\phi$$

← 駅間走行時間を表現 →
← 駅停車時間を表現 →

表1 パラメータ推定結果

α	1.12
β	1.99
γ	8.05
ϕ	-0.335
相関係数	0.985

t_l : 駅間走行時間 t_s : 駅停車時間 t_{l0} : 作成した走行時間サンプルの中の各駅間最小走行時間
 X : 当該列車 15 分前の運行本数 C : 線路容量(線路 1 本に 15 分間最大 7.5 本) x_{on} : 急行列車の 1 ドア当りの乗車人数 x_{off} : 急行列車の 1 ドア当りの降車人数、 、 、 : パラメータ * “0.992” と “0.728” の係数は 2 節参照

パラメータの推定結果は表 1 の通りである。全サンプルでは高い相関が得られているが、図 3 に示すように個別駅間の時刻別の適合性は必ずしも高いとは言えない。また、駅間距離に比例して実測値と推定値の差が大きく、研究対象線区の中で駅間距離が最長の成城学園前～下北沢間では最大約 100 秒の差がある。

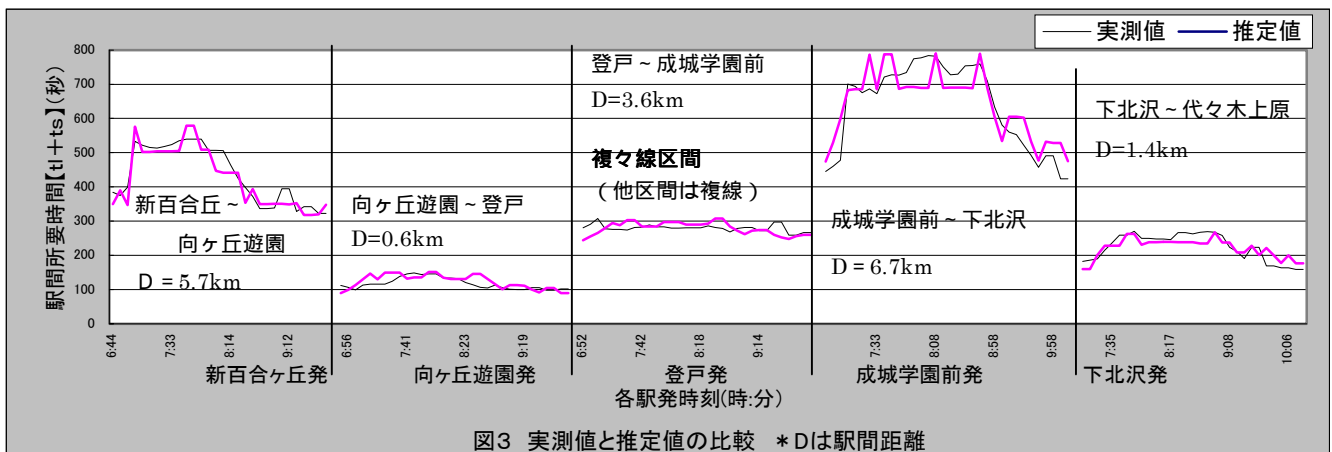


図3 実測値と推定値の比較 *Dは駅間距離

5. まとめ

列車速度を表現するリンクパフォーマンス関数の構築を試み、一定の成果を得たと考える。簡便な式で需要平準化策や線路容量の増加による都市鉄道サービス水準(駅間所要時間)の変化を表現することができる。しかし、先述したように個別の駅間での適合性が十分でないことから、モデルの形式や導入すべき変数についての検討を深化させる必要がある。