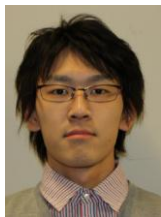


東急田園都市線の輸送力増強効果に関するシミュレーション分析

H08201 大木 徹憲
指導教員 岩倉 成志



1. はじめに

東京圏の都市鉄道は、ピーク時の旅客の集中が問題となっており、特に東急田園都市線は輸送力を増強し、最大 27 本/時という高頻度なダイヤを設定しているが、池尻大橋駅→渋谷駅間は 198% (H19 年度) と高い混雑率である。高密度な運行により混雑率は減少したが、列車間隔が狭まり、機外停車が頻発し遅延が発生しやすい状況である。また、オフピーク時とピーク時とで所要時間の差が 10 分以上発生しており、サービス水準が低下している。改善効果の分析手法として、当研究室 [1] では列車走行時間シミュレーションモデルの開発が行われてきたが、再現性やシミュレーションの安定性に課題がある。

本研究では、より精度の高い列車走行シミュレーションモデルを構築し、列車の細かな挙動を反映し再現性の向上を図る。その後、構築したモデルに輸送力増強案を反映し、所要時間の短縮効果や今後の輸送力増強の可能性についての分析を行うことを目的とする。

2. 分析対象路線について

本研究は東急田園都市線(路線長 31.5km27 駅)及び相互直通先の東京メトロ半蔵門線(路線長 16.8km14 駅)を対象とする。混雑率が非常に高く、短時間な遅延が恒常的に発生しており輸送力不足である。また沿線人口は今後 30 年間増加する見通しで、需要の増加が見込まれるため、抜本的な輸送体系の見直しが必要と考える。

3. 列車走行シミュレーションモデル

3.1. シミュレーションモデル構築

シミュレーションモデルはマルチエージェントシミュレーションモデルによって構築する。東急電鉄・東京地下鉄の協力により、表 1 に示すデータを入手し、モデルに反映した。

構築したシミュレーションモデルの実行画面を図 1 に示す。実行過程を随時表示し、列車運行の状況を確認できるように構築した。昨年度までのプログラムは、シミュレーションの実行過程が不安定であっ

表 1: シミュレーションに用いたデータ

対象区間: 田園都市線(上り線)中央林間駅～半蔵門線(A線)押上駅	
データ期間: 2010年11月15日(月)～12月17日(金)	
うち平日24日間AM6:00～11:00	
項目	要素
発着時刻表	列車種別・始発・行先・停車時分
軌道回路図	列車信号・軌道回路長・駅位置・勾配・曲線
車両性能表	加速度・減速度・最高速度
運行実績データ	各日運行時分(モデルの再現性分析)

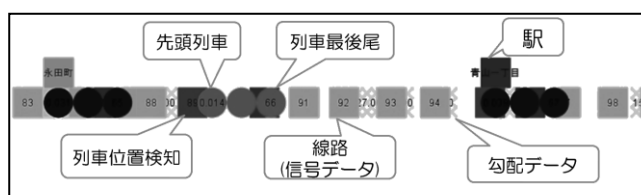


図 1: シミュレーション実行画面例

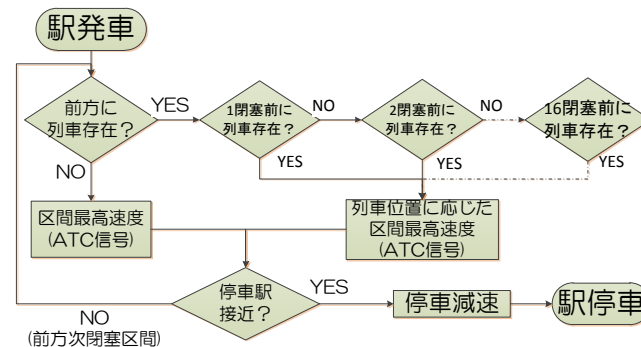


図 2: 走行時間シミュレーションモデルフロー図

ため、列車の位置検出や、速度決定など、シミュレーションモデルの根幹部分の変更を行った。モデルでは図 2 に示すようなフローで駅間の走行時間の推定を行う。シミュレーションは下記の(1)～(3)を各駅間で繰り返すことで路線全体の列車走行を細かく再現できる。また駅での停車は、運行実績データを元に停車時間を外生的に入力して決定する。

(1) 駅発車タイミングの取得

停車駅では、所定の停車時間が経過した後、発車時刻になると発車順序を確認し駅を発車し加速する。

(2) 走行中の動作取得

走行中は、軌道回路情報に基づき ATC 信号の速度情報を取得し区間最高速度を決定して走行する。また、前方の列車の位置関係より、田園都市線内では

【都市再生研究】

最大 15 段階、半蔵門線内では最大 9 段階の速度情報を取得し、常に加減速を行いながら走行する。

(3) 駅停車の動作取得

対象路線では、普通列車・準急列車・急行列車と停車駅の異なる列車が走行する。駅情報から停車駅の選定を行い減速し、停車するか否かの判断を行う。

3.2. シミュレーションモデルの再現性

モデルの再現性は、シミュレーションによる推定値と運行実績データの実績値を用いて、各駅の到着時刻における残差 RMS(秒)と各駅間の走行時間の相関係数 R について比較検証する。

全区間の走行時間の相関分析結果は、 $R=0.87$ 以上と高い相関を示した。また図 3 に示す各駅の到着時刻における残差 RMS は、走行区間別に見ても概ね 20 秒以内に収まっている。また全区間における残差 RMS は昨年度までの研究結果では約 120 秒であったが、21 日間平均で 37.9 秒、標準偏差 5.9 秒と、高い精度で再現できている。また、区間によっては 2 秒程度の残差 RMS で再現が可能である。大幅な残差が生じてしまう区間(三軒茶屋駅→渋谷駅間など)や日については、渋谷駅侵入時などで用いられている ATC 信号以外の信号システムや、運転士の判断による惰行運転に起因していると考えられる。

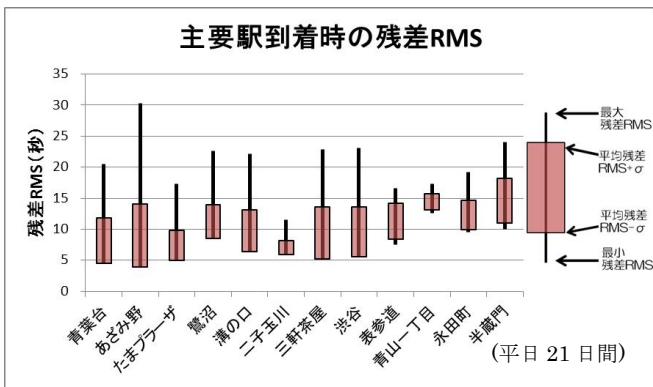


図 3: 主要駅間の残差 RMS(秒)

4. 輸送力増強案の効果分析

輸送力増強案として、費用や用地取得などの制約を排除し、既存の施設を十分に活用した上で、列車の遅延をゼロにし、所要時間を大幅に短縮することができる。図 4 に示すような輸送力増強策を検討した。

シミュレーション過程で駅間の走行で遅延が目立っていた梶が谷駅～表参道駅間に急行線と緩行線を分離した複々線化(梶が谷駅～二子玉川駅間は大井町線と

共用)案を提案する。これにより大幅な所要時間短縮と遅延の抑制、さらなる列車の増発が期待できる。

構築した列車走行シミュレーションモデルを用いて現状のダイヤで分析した結果を図 5 に示す。長津田→半蔵門駅間の所要時間の短縮効果は最大 18 分であり、平均表定速度は約 35km/h から約 45km/h に向上した。また、半蔵門駅到着時点での遅延時間は最大 10 分程度から最大 20 秒程度となり、大幅な輸送力増強が期待できる分析結果が得られた。

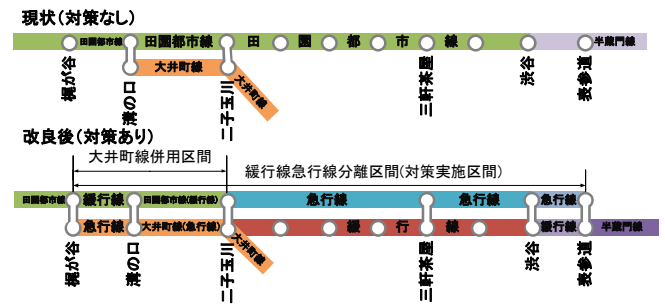


図 4: 輸送力増強案

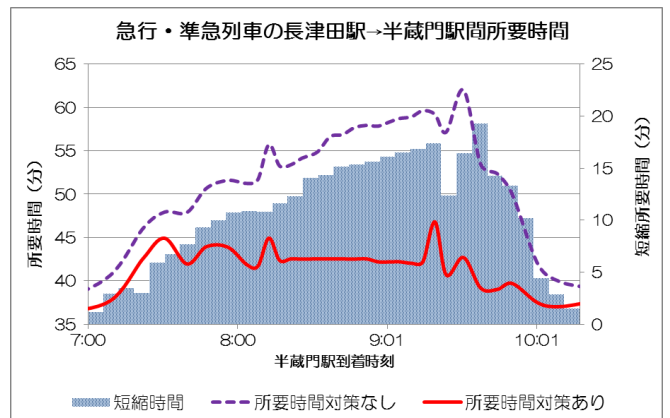


図 5: 対策案による所要時間短縮効果

5. まとめ

本研究では、精度の高い列車走行シミュレーションモデルを構築することができた。また、抜本的な対策により、サービス水準を飛躍的に向上させることができ、さらなる輸送力増強の余地があることを示した。

課題として、三軒茶屋駅～渋谷駅間で用いられているような特殊な運行システムを十分に反映できていないため、残差が大きくなってしまふことがあげられる。さらなる精度向上のためには、運転士の運転裁量などをモデルに反映しなければならないと考える。

最後に貴重なデータを提供して頂いた、東急電鉄と東京地下鉄に謝意を表する。

参考文献 [1]岩倉・上松・高橋・辻井:『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 特集号 vol.1. 28. 2011