

都市鉄道の遅延連鎖予測シミュレーションモデルを用いた閉そく区間の分割効果

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○角田 隆太
 芝浦工業大学大学院 学生会員 川村 孝太郎
 (株)ネクス東日本エンジニアリング 非会員 渡邊 雄馬
 芝浦工業大学 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の混雑率は非常に高い。その改善に向け高頻度運行や、複々線化などの輸送力増強を図り、一定の効果を得てきた。しかし、高頻度運行に起因した後続列車への遅延の伝播や、遅延による到着駅の旅客増加に伴う遅延の拡大など、慢性的な列車遅延が問題となっており、効果的な対策が待たれている。

筆者ら⁽¹⁾は、マルチエージェントシミュレーションを用いて高頻度運行時の列車運行を再現するモデルの開発を行ってきた。本研究では、そのモデルを用い、半蔵門線内の閉そく区間を変更することで、遅延時間の減少を定量的に予測することを目的とする。

2. 使用するシミュレーションモデルの概要

本モデルは、汎用性プログラミングソフト artisoc academic ver3.0 を用い、東急田園都市線と東京メトロ半蔵門線を対象に構築している。このシステムは、列車の駅停車時間を推計する乗降時間推計モデルと確認・調整時間推計モデル、駅間の列車の走行時間を推計する走行時間推計モデルで構成され、それらのサブモデルを組み合わせて統合モデルとし、図1のように1編成ごとの列車遅延を再現する。

各モデルの再現性を表1と図2に示す。走行時間モデルは、長津田～半蔵門間の各列車の駅間走行時間の実績値と推計値の相関係数は0.99、残差RMSも45.6秒となり精度は良好である。乗降時間モデルにおいても旅客の乗降時間の実績値と推計値との残差RMSは6.2秒と良好な再現性が得られている。統合モデルは実績の遅延時間（突発的に大きな遅延がない2010年11月25日の運行実績）に比べ、半蔵門線区間の各列車の停車時間が過小であった。本稿では半蔵門線区間の停車時間を暫定的に平均18秒追加して調整し、遅延時間の実績値と整合させた状態で閉

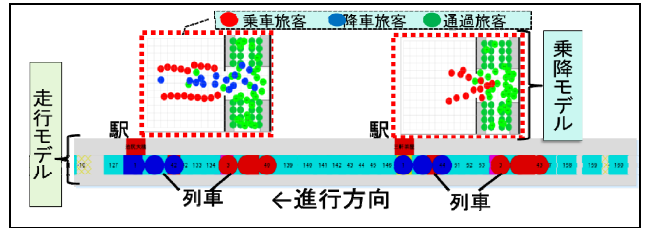


図1. 本モデルの様子

表1. 各サブモデルの再現性

| | 走行時間推定モデル (長津田～半蔵門) | 乗降時間推定モデル |
|----------|------------------------|-----------|
| 相関R | 0.99 | 0.72 |
| 残差RMS(秒) | 45.6 | 6.2 |
| サンプル数 | 80 | 78 |

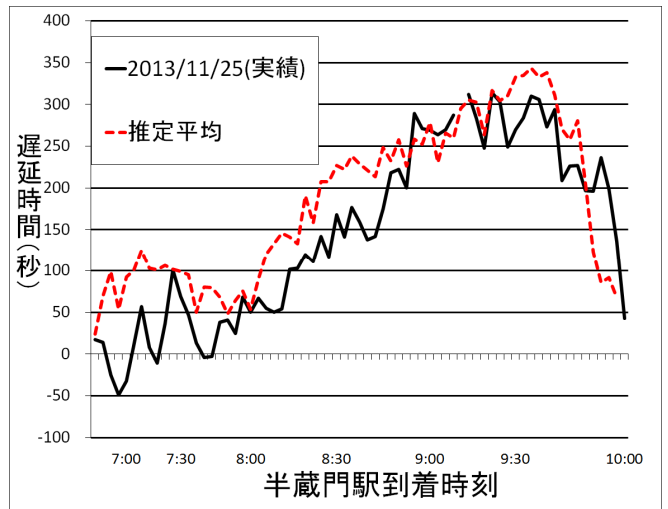


図2. 本モデルの再現性（実績と推定の比較）

そく区間分割の効果予測を行う。

3. 閉そく区間の分割効果の分析

3-1. 閉そく区間の分割の方法

閉そく区間の粗密は線路容量に影響する。そのため、閉そく区間長が長い場合、高頻度運行下では線路上での列車の渋滞が発生し、列車遅延に大きな影響を及ぼす。

本研究では東京メトロ半蔵門線区間において、遅延が拡大するという遅延分析の結果から、渋谷駅から半蔵門駅までの各駅間の閉そく区間を表2の6パ

キーワード 列車遅延 マルチエージェントシミュレーション

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学交通計画研究室 TEL 03-5859-8354

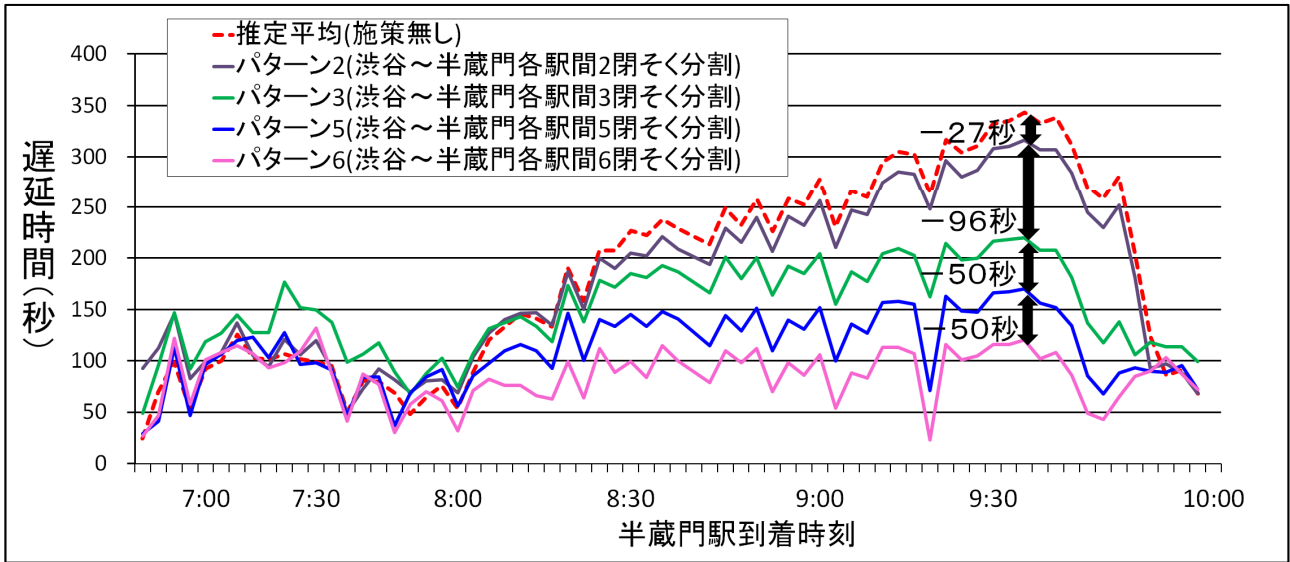


図 3. 閉そく区間分割による遅延時間の変化

ターンで分割し、列車遅延の変化を把握する。なお閉そく区間の分割は、対象とする閉そく区間の距離を等距離で2分割し、速度設定は変化させていない。

表 2. 各駅間の閉そく区間の分割方法

| 分割パターン | 対象とする閉そく区間の分割 (記載した閉そく区間長の変更は特定の駅間例) |
|--------|---|
| 1 | 以下の閉そく区間を分割 243m→121.5m |
| 2 | 以下の2箇所閉そく区間を分割 243m→121.5m 186m→93m |
| 3 | 以下の3箇所閉そく区間を分割 243m→121.5m 186m→93m 160m→80m |
| 4 | 以下の4箇所閉そく区間を分割 243m→121.5m 186m→93m 160m→80m 148m→74m |
| 5 | 以下の5箇所閉そく区間を分割 243m→121.5m 186m→93m 160m→80m 148m→74m 136m→68m |
| 6 | 以下の6箇所閉そく区間を分割 243m→121.5m 186m→93m 160m→80m 148m→74m 136m→68m 134m→67m |

3-2. 閉そく区間の分割効果

閉そく区間の分割による遅延減少の推計結果を図3に示す。図には遅延時間の変化が顕著に表れたパターンのみを示した。以下ではシミュレーションモデルによって、各パターンで推定された遅延時間と、施策無しで推定された遅延時間とを比較していく。

各駅間で1箇所の閉そく区間のみ分割したパターン1は遅延時間と遅延が収束するタイミングは施策無しの場合と変化はなく、効果は見られなかった。各駅間で2箇所の閉そく区間を分割したパターン2

は、遅延時間は施策無しに比べ30秒弱減少しているが、全体的には大きな変化は見られなかった。パターン3では、パターン2に比べ、遅延時間が100秒弱減少した。なお、各駅間で4箇所の閉そく区間を分割したパターン4と類似した結果となり、費用対効果大きい。

パターン5、パターン6と閉そくが分割されるに従い、遅延時間は50秒ほど減少していた。施策無しで最大300秒以上の遅延が100秒程度に抑えられる結果となった。

3-3. 考察

閉そく区間の分割箇所によって費用対効果が高い施策を検討できることを示した。なお、遅延が収束し始めるタイミングはどのパターンでも9時40分ごろになっており、ダイヤ上で設定される列車本数の減少が遅延の収束に影響している。

4. おわりに

都市鉄道の遅延問題の解決に向けて、高頻度運行を再現するシミュレーションシステムを用い、閉そく区間の分割効果を把握した。閉そく区間を分割するにつれて遅延が減少していくこと、分割箇所によって効果の大きさが異なることを示した。

今後、設備投資費を考慮した、効率的な遅延対策の提案が可能となるよう、多様な施策に対応できるシステムに改良を行っていく。

【謝辞】本研究にデータ提供など多大な協力をして下さった東京地下鉄株式会社の方々に心より感謝いたします。

【参考文献】(1)川村, 角田, 渡辺, 岩倉: 都市鉄道の遅延連鎖予測シミュレーションモデルの再現精度の向上, 土木学会第68回年次学術講演会