

適切な速度制御と移動閉そくによる都市鉄道の超高頻度運転の可能性

吉枝 春樹* (芝浦工業大学大学院)

岩倉 成志 (芝浦工業大学)

Possibility of extreme high frequently service with moving block and rational speed control

Haruki Yoshie* (Shibaura institute of technology graduate school)

Seiji Iwakura, (Shibaura institute of technology)

Tokyo urban railway problem is heavy congestion. However, because of financial restriction it is difficult that large scale investment such as construction of new line or track additions. In this study, we analyze the possibility of extreme high frequently service under the constraint of the existing track layout with a moving block and rational speed control near station by multi agent simulation.

キーワード：高頻度運転，移動閉そく，混雑緩和，マルチエージェントシミュレーション

(Keywords, frequent service, moving block, congestion reducing, multi agent simulation)

1. はじめに

〈1・1〉 研究の目的と意義

東京圏などの都市鉄道の混雑は継続的な輸送力増強で改善しつつあるが、依然として高い乗車率の路線が存在しており、なおも改善が必要である。

特に東京圏は今後も人口の減少幅が小さく、公共交通の利用度も高いため、混雑の自然解消は長期間期待できない。しかし、大規模な投資を行うことは、鉄道事業者の投資回収リスクや国・自治体の財務制約で困難な状況にある。

そこで、既存ストックを極限まで活用して輸送力の増強を図る方策として、移動閉そくシステムを活用した超高頻度運転の可能性を検討する。

〈1・2〉 用語の定義

本稿で用いる用語を、次の通り定義する。

- ・固定閉そく：固定された一定の区間ごとに在線を検出することで列車の追突を防止する運転保安方式
- ・移動閉そく：固定された区間に拘束されず、列車が連続的に位置を検出することで追突を防ぐ運転保安方式
- ・余裕距離：移動閉塞方式において、後続列車を停止させる地点と先行列車の最後尾の間の距離
- ・追込時間：先行列車が発車してから後続列車が到着するまでの最小の時間。
- ・運転間隔：先行列車が発車してから、後続列車が発車するまでの時間。停車時間に追込時間を加えた時間。

〈1・3〉 検討の方法

列車の運転間隔は、停車時間と追込時間の制約を受ける。

そこで、ランカーブを基本とした追込時間の基礎検討を行うとともに、小林ら⁽¹⁾が開発したマルチエージェントシミュレーションシステム (MAS) によって、東急田園都市線及び地下鉄半蔵門線を対象に、現状でピーク時 130 秒の運転間隔をさらに縮小する可能性を検討する。

2. 移動閉そくシステム

本研究では、移動閉そくシステムを導入することを想定する。仕様は JR 東日本の ATACS をベースとして、東急田園都市線および半蔵門線の車両性能に合わせて設定した (表 1 参照)。

表 1 移動閉そくシステムの仕様

常用減速度	3.0km/h/s	車両性能の 80%
空走時間	3 秒	既存の ATC と同等
余裕距離	100m	

3. 最適な速度制御

追込み時間は、駅手前の最高速度に左右される。筆者ら⁽²⁾は、距離時隔曲線を作成して駅手前の最高速度と追込時間の関係を分析した。減速度は運転曲線作成基準を、加速性能は引張力曲線を基に設定した (表 2 参照)。

その結果、駅手前の最高速度が概ね 45km/h~49km/h のときに追込時間が最小になるが、進出側にこの速度以下の制限があるときは、進出側の制限速度と同じ速度に制限するのが最適との結果を得た (図 1 参照)。シミュレーションでは、制限した速度に対してある程度の余裕を見て走行することを考慮し、停車駅停止位置手前 400m の区間で最高

表 2 追込時間分析の条件

保安装置	表 1 と同じ
減速度	3 km/h/s
加速性能	8500 系引張力曲線
起動加速度	3.2km/h/s
惰行時の挙動	制限速度と同じ一定速度で走行

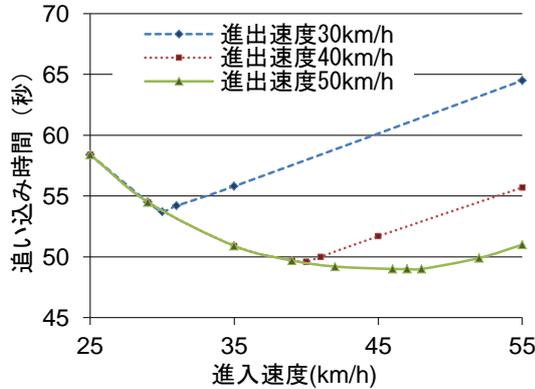


図 1 追込み時間と駅進入速度の関係

速度を 50km/h または進出側制限速度の何れか低い速度に制限した。なお、分岐器等で進入側の速度がより低い速度に制限される箇所では、その速度に合わせている。

4. シミュレーションの概要

〈4.1〉 システムの概要

本システムは、走行時間推計モデルと停車時間推計モデルからなっている。走行時間推計モデルで列車の挙動を推定し、駅に停車すると停車時間推計モデルが起動して停車時間を推計する。シミュレーションの実行にあたって乱数を用いているため、推計を 10 回行って評価する。

〈4.2〉 停車時間推計モデルの概要と設定条件

乗車旅客は、実績に応じた人数を推定時の先行列車との時隔に応じて配分した。降車人数と混雑率は、小林ら⁽¹⁾の設定値に対し、ダイヤ上の運転頻度に反比例して減少させた。

〈4.3〉 走行時間推計モデルの概要と設定条件

加減速性能は小林ら⁽¹⁾のモデルに引張力曲線を反映した。ダイヤは、現況のダイヤで半蔵門線内の運転間隔が 130 秒となる列車の運転間隔を 90 秒に圧縮したものを入力した。

本モデルには走行時間の過小推計傾向があり、小林ら⁽¹⁾は停車時間を延長して補正していた。しかし、この補正は追込み時間への影響が大きいため、本検討ではこの補正を行わず、結果は運転間隔と停車時間で評価する。

5. シミュレーションの結果

渋谷駅断面について、ダイヤで 90 秒の運転間隔を予定していた列車群の結果を示す。推定 10 回分の合計値である。

運転間隔について見ると、入力したダイヤ通り、90 秒以下の間隔で発着できた列車は全体の 18%に過ぎなかったが、98%の列車が現況ダイヤの 130 秒より短い間隔で発着

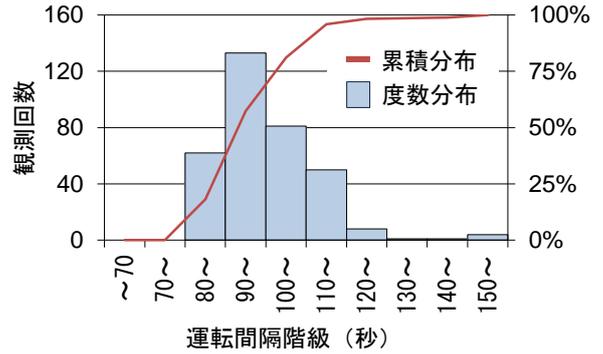


図 2 渋谷駅運転間隔ヒストグラム

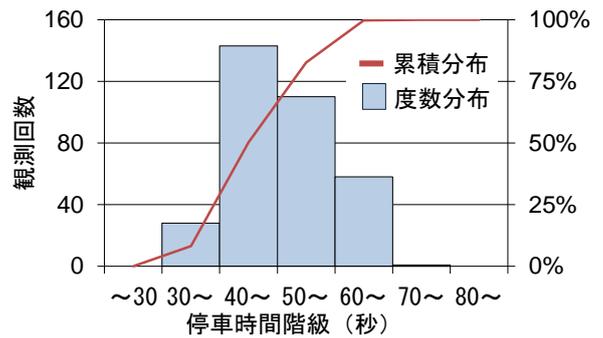


図 3 渋谷駅停車時間ヒストグラム

しており、運転間隔の短縮効果が認められる (図 2 参照)。

停車時間は 40 秒台に最も多く分布しており、現状の所定停車時間である 60 秒以内に発着できない列車も 16%残ると推定された (図 3 参照)。

今回の検討では乗車率と降車人数を 90 秒間隔を前提に設定しているため、90 秒以上の運転間隔での安定性を評価するためには、乗車率と降車人数の再設定が必要である。

6. まとめ

本稿では、保安装置を改良し、速度を最適化した場合の高頻度運転の可能性について MAS を用いて検証した。その結果、運転間隔の短縮余地があるとの結果を得た。

今後は、走行モデルの過小推計傾向や MAS に入力するダイヤの品質を改善し、より精緻な分析を行いたい。

謝辞

本研究に当り、データをご提供いただいた東京急行電鉄ならびに東京地下鉄に深甚の謝意を表します。

なお、本研究は筆者独自の見解であり、全責任を筆者が負うものであります。

本研究は JSPS 科研費【JP16K14323】の助成を受けたものである。

文 献

- (1) 小林・川村・岩倉：「列車遅延連鎖シミュレーションの構築と遅延対策案の評価」、第 51 回土木計画学研究発表会・講演集 (2015)
- (2) 吉枝・小林・岩倉：「移動閉そくシステムによる都市鉄道の超高頻度運転の可能性」、第 53 回土木計画学研究発表会・講演集 (2016)