

都市鉄道の遅延連鎖予測シミュレーションシステムの構築と遅延対策案の評価 ～東急田園都市線と東京メトロ半蔵門線を対象に～

建設工学専攻
土木計画研究

ME13024 川村 孝太郎
指導教員 岩倉 成志

1. はじめに

東京圏の都市鉄道は、ピーク時間帯の駅および列車内の混雑を解消するため、高頻度運行や相互直通運転を実施してきた。これらの施策は混雑解消に大きな効果をもたらしたが、高頻度運行による走行時の余裕時間が減少したことで、駅での小規模な停車遅延等がすぐさま後続列車へ伝播し、他路線まで広範囲に遅延が拡大するといった課題が生じている。2014年4月に示された交通政策審議会の諮問においても、列車遅延への対応が急務とされている。現在、高頻度運行かつ複数の緩急行が混在して運行される都市鉄道の遅延対策の効果を、事前に定量的に評価する技術は確立されていない。

本研究の目的は、上記のような運行を行う都市鉄道を対象に、旅客乗降および列車走行を考慮した列車運行シミュレーションモデルを開発することである。加えて、このモデルに遅延対策案のプログラムを施した上で、ハードおよびソフトの幅広い遅延対策案を実施した際の遅延減少効果を定量的に把握することを目的とする。

2. モデルの構築と対策案の適用可能性

2-1. シミュレーションモデルの概要と再現性

対象路線は、東急田園都市線中央林間駅から東京地下鉄半蔵門線押上駅の48.3kmである。モデルの構築には、列車間および旅客間の相互作用を包括してシミュレーションするため、マルチエージェントシミュレーションを用いる。用いたデータは、信号コード表、車両性能表・寸法、発着時刻表、応荷重データ、駅ビデオ映像であり、実際の運行管理ルールを再現した。なお、再現精度の確認と向上のために、2010年11月15日～2010年12月17日の21日間分の運行実績データを用い、実績遅延時間との比較を行う。

図-1のように乗降および走行に要する時間を異なるモデルで推計し、それらを組み合わせたモデルで列車1本ごとの運行時間を推計する。

再現精度の算出は、長津田～半蔵門駅間を走行する列車の所定所要時間からの遅延時間を用いる。実績値は平日21日間の平均値と標準偏差($\pm 1\sigma$)、推計値は各日10回の推計を行った結果の中から、標準偏差の半分($\pm 1/2\sigma$)に最も存在する1

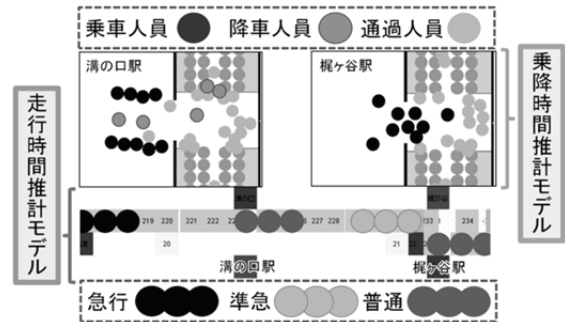


図-1 本シミュレーションモデルの様子

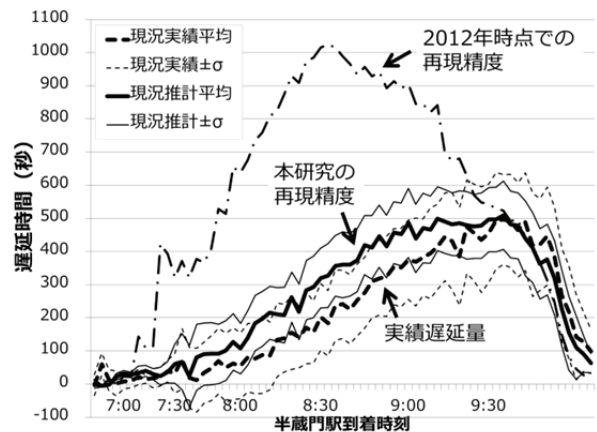


図-2 長津田駅～半蔵門駅間の遅延の再現性

回のシミュレーション結果を代表値として抽出した21日間の平均値と標準偏差である。

対象路線の21日間の平均実績遅延時間は、2分10秒前後の列車間隔で運行する列車が半蔵門駅に到着する8:00付近から遅延の増加が見られ、平均最大500秒程度の遅延が発生している。

図-2にモデルの再現精度を示す。精度は2012年時点の推計と比べて大幅に改善した。平日21日間の実績値の標準偏差内に収まることや、発生と収束のタイミングが同等であることから、実績の遅延状況をおおむね再現できていると言える。しかし、7:30～9:30頃まで20%程度の過大推計が発生していること、標準偏差がやや小さく算出されていることに留意する必要がある。

2-2. 遅延対策案の適応範囲

本モデルにて評価可能な対策案を表-1に示す。ハード面からソフト面まで幅広い遅延対策について評価可能である。一方で、現状のモデルでは下り線や直通してない他路線の列車が影響した遅延や、プラットフォーム上からコンコースに

かけての旅客流動は評価ができないため、シミュレーションの拡張が必要となる。6つの対策案で遅延減少効果の推計を行っているが、本稿では次章において3つの対策案を報告する。

3. 遅延対策案の評価

3-1. 移動閉そくの導入

移動閉そく方式の列車制御が導入された際の遅延減少効果を推計するため、東日本旅客鉄道のATACSを参考にモデルにプログラムを施した。なお、前方列車との最短接近距離を変更可能なモデルとし、本稿では100mの報告を行う。

21日間の実績の平均遅延時間と推定した平均遅延時間との比較を図-3に示す。現況再現との比較では、8:00過ぎから遅延時間の拡大が抑えられ、全遅延時間の合計は48.4%減少した。

3-2. 閉そく区間の分割

走行時間の拡大がみられる渋谷ー永田町駅間を対象に、閉そく区間を分割した際の遅延減少効果を推計する。ATCコードの変更により線路容量の拡大が見込める閉そく区間のうち、区間長が長い上位11ヶ所を2分割した。

21日間の実績の平均遅延時間と推定した平均遅延時間との比較を図-4に示す。現況推計との比較では、8:30過ぎから遅延時間の拡大が抑えられ、全遅延時間の合計は21%の減少となった。

3-3. 意図的な停車時間の増加

仮屋崎¹⁾は、遅延時に乗降が完了し次第列車を出発させる運転方法が、遅延を拡大させる可能性を指摘している。そのため、前駅で7秒の出発調整を行うことで先行列車との距離が開き、結果的に次駅に早く到着する結果を推計している。

本シミュレーションを用いてこの提案を検証する。なお、この分析では機外停車の再起動時のロスの時間を3秒と設定した。

実際の運行から機外停車が発生した列車を抽出し、出発を2秒ごとに増加させ列車走行の挙動を確認した。図-5に推計した池尻大橋ー渋谷駅間の距離ー時間曲線を示す。出発調整を6秒行っただけで基準の列車よりも約3秒早く到着する結果となり、仮屋崎の研究結果と同様であった。

4. おわりに

本研究では遅延連鎖シミュレーションを開発し、様々な遅延対策案について効果を推計した。今後は、現況再現の過大部分の修正を行う。

最後に、貴重なデータを提供頂いた東京急行電鉄(株)および東京地下鉄(株)の方々に謝意を表す。

1) 仮屋崎圭司, 日比野直彦, 森地茂: 高頻度運行における列車運行遅延の回復方策の検討, 土木計画学研究・講演集, vol.47, CD-ROM, 2013

表-1 主要な対策案評価の適応範囲

		遅延対策案	評価可能性	本稿報告
ハード的対策	信号設備	閉そく区間の分割	◎	✓
		移動閉そくの導入	◎	✓
	車両設備	多扉車の導入	○	
		ワイドドアの導入	○	
	駅設備	車両の長編成化	○	
		ホーム幅の拡大	○	
		出入口の改良・増設	△	
大規模改修	複々線化	◎		
ソフト的対策	運行計画	列車の増発	○	
		列車の間引き	○	
		優等列車の未設定	△	
	駅オペレーション	発車間隔の調整	◎	✓
		軽微な列車早発	○	
		ホーム整理員の配置	△	
		停車位置の分散化	△	
	駅間オペレーション	オフピーク通勤推奨	△	
		信号コードの変更	○	
		低い走行速度での運転	◎	

凡例 ◎評価実績あり ○評価可能 △外生的にデータを与える必要あり

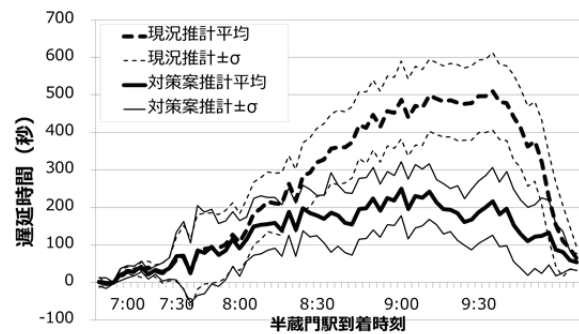


図-3 移動閉そく導入による遅延減少効果

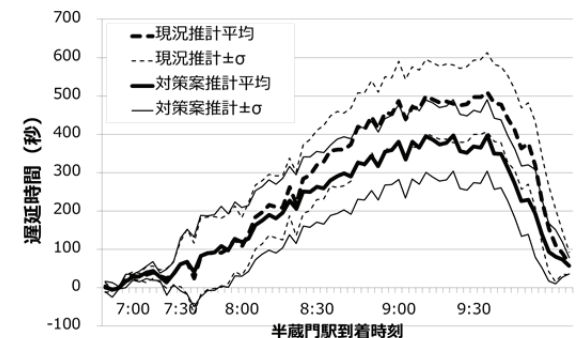


図-4 閉そく区間分割による遅延減少効果

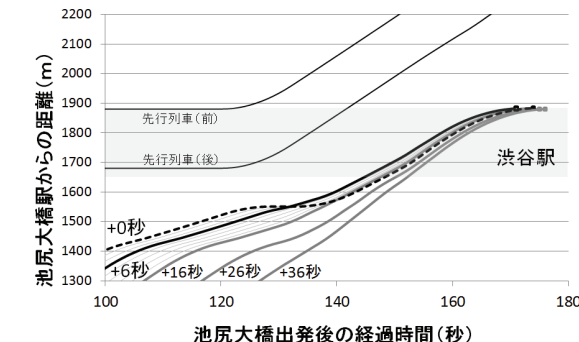


図-5 池尻大橋ー渋谷駅間の距離ー時間曲線