

# 都市鉄道の遅延対策評価のためのエージェントシミュレーション

建設工学専攻  
土木計画研究

ME15045  
指導教員

こばやし わたる  
小林 渉  
岩倉 成志

## 1. はじめに

東京圏の都市鉄道は朝ラッシュ時間帯に複数の路線の混雑率が非常に高い状況になっている。混雑緩和に向けた輸送力増強のために、高頻度運行や相互直通運転などを行い一定の効果が得られたものの、列車間隔を狭めたことで後続列車へ遅延が伝播しやすくなり、列車遅延が慢性的に発生している。

この混雑・遅延問題改善は2016年4月の交通政策審議会答申において、重要項目の一つに記載されている。東京圏の人口は今後十数年横ばいと推計され、利用者減少による混雑・遅延問題の解決は考えにくく対策が求められる。遅延対策はこれまでも各社様々な取り組みを行っているが鉄道会社横断的に整理した例はなく、鉄道会社が財源制約の中で効果的な対策を行うためにも遅延対策の集合知は価値があると考えられる。同時に混雑・遅延対策効果を事前に比較・評価可能な手法の開発が求められるが、その技術は確立されていない。

本研究は、東京圏の慢性的な遅延現象の解消にむけて、複数の遅延対策の効果を定量的に把握することを目的とする。具体的には、鉄道会社へ遅延対策に関するインタビュー調査の実施、朝ラッシュ時間帯の列車運行をエージェントモデルで再現する列車運行シミュレーションシステムを開発し、遅延対策案を実施した際のその効果を推計する。

## 2. 遅延対策のインタビュー調査

調査は東京の大手鉄道11社に対し2016年11月から12月に実施した。質問項目は、走行時間・

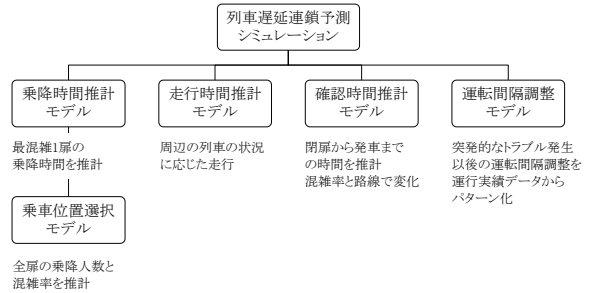


図-1 シミュレーションの構成

乗降時間短縮のための遅延対策、利用者への情報提供実施例の概要、今後行いたい遅延対策である。インタビュー調査で明らかになった遅延対策を表-1に示す。駅や駅間における施設改良やダイヤ設計上の工夫、利用者の乗車扉もしくは乗車時間帯を分散させる取り組みがあった。また混雑改善の取り組みの結果、遅延対策にもなった例もあり、それらは表-1の項目で着色している。

## 3. シミュレーションの概要

本シミュレーションシステムは旅客間、列車間の相互作用によって自らの行動を決定するマルチエージェントモデルを採用している。システムは4つのサブモデルから構成している(図-1参照)。このうち乗車時間推計モデルには、駅・列車・扉ごとに発生した乗車人数を乗降駅の階段位置やOD交通量から乗車位置を決定する乗車位置選択モデルが含まれている。

対象路線は東急田園都市線と東京メトロ半蔵門線の中央林間→渋谷→押上駅の48.3kmである。シミュレーション構築にあたり使用したデータは、信号コード表、路線線形情報、車両性能表、運転時刻表、応荷重データ、乗降人数データ等

表-1 遅延対策の取り組み一覧

		適用可能性			適用可能性			適用可能性					
駅間走行遅延対策	路線	複々線化	○	駅停車遅延対策	駅改良	ホーム増設	○	停車遅延対策	乗車位置分散のお願い	△			
		安全側線	○			ホーム面積拡大	△		混雑扉の情報提供	△			
		平面交差解消	△			ホーム上屋設置	△		ポスター掲示	△			
		曲線改良	○			列車停止位置変更	△		その他	ピーク時の高性能車両投入	○		
	分岐	分岐器改良	○		昇降施設増設	◎	オフピーク利用の推進		△	ダイヤ設計	途駅どまりの列車削減	○	
		信号	終端部改良		○	コンコース増設	◎		旅客整列の工夫		△	優等列車の格下げ	△
			定位置停止装置		△	ベンチの移設	△		緩急接続パターンの変更		△	ダイヤを寝かす	○
	閉そく割の分割		○		車両	多扉車両	△		秒単位での早発		◎	停車時間の短いダイヤ	○
	駅間速度の見直し	○	ワイドドア車両			△	ハッチは混雑対策として実施したものの ◎:本論文で検討 ○:シミュレーションで評価可能な対策案 △:新たに条件を加える必要性						
	移動閉そくシステム	◎	広幅車両			△							
	加速性能の向上	○	戸ばさみ検知機能		△								
	車両	先頭M台車	△		長編成化	△							
		踏切	踏切解消		△	整理員					発車合図の工夫	○	
	その他	開閉タイミング変更	△		ホーム整理員増員	△							
		運転方法の工夫	○										
運転士の技術の向上			△										

で列車運行ルールを構築した。シミュレーションシステムの現況再現性確認のために、2014年10月の平日8日間の5:57から10:30までの列車運行を再現している。その結果清澄白河駅と渋谷駅の到着遅延の実績値と推計値との残差RMSがそれぞれ80秒、73秒となった。渋谷駅に7:30頃到着する列車から遅延が発生・拡大する様子を再現できている(図-2参照)。

#### 4. 遅延対策案の検討

##### 〈4・1〉 遅延対策案の適用可能性

鉄道会社へのインタビュー調査結果を基に遅延対策案の検討を行う。まず個々の遅延対策がシミュレーションで検討可能かどうかを表-1の適用可能性で示す。駅間や駅における遅延対策に幅広く用いることが出来る。また駅ホーム上の旅客流動や列車種別変更時の利用者の乗り換え行動、踏切の閉扉条件等を新たに与えることで検討可能な対策案も複数あり、拡張性の高いシミュレーションであるといえる。本稿では表-1に示した3つの対策案を報告する。

##### 〈4・2〉 移動閉そくシステム

我が国の鉄道の多くで採用されている、固定閉そくに替わる無線を用いた保安システムについて検討する。固定閉そく方式は路線を区切るため余分な車間距離を生じさせている。連続的に列車を検知させ、最適な距離を維持させた場合のシミュレーション結果を図-3に示す。8:00頃に渋谷駅到着列車から列車遅延が減少していることを確認でき、最大遅延は200秒程度減少した。

##### 〈4・3〉 階段の増設

田園都市線10駅でホーム上押上方に階段を新たに設置した場合、利用者の乗車位置分散が列車遅延に与える影響を推計する。結果を図-4に示す。遅延の拡大は現況の推計値との大きな差が見られないが、最大遅延量は50秒程度減少した。

##### 〈4・4〉 分単位での発車時刻調整

鉄道会社の運転時刻表は実態に合わせて秒単位で計画されているが、利用者には分単位の時刻のみが示されている。現在時刻と時刻表発車時刻が分単位で同一であれば、時刻表発車時刻前に発車したとしても利用者からの苦情は少ないと考え、この場合の遅延への影響を検討した。結果は中央林間方の地点での遅延減少量が多いことが分かった(表-2参照)。これは中央林間方の駅で発車時間調整が多く行われたためであり、その効果が押上方にも出ている。

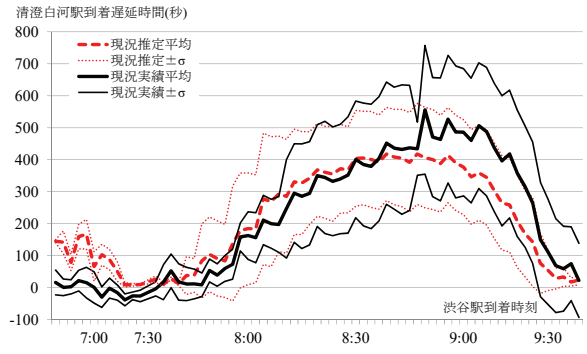


図-2 シミュレーションの再現性(清澄白河駅)

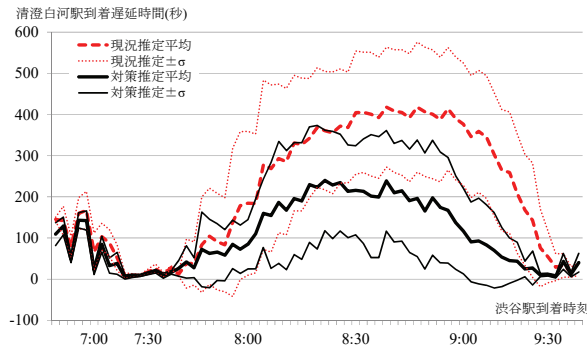


図-3 移動閉そく方式の到着遅延(清澄白河駅)

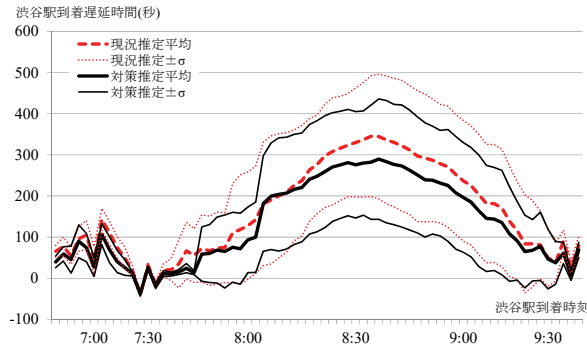


図-4 階段増設時の到着遅延(渋谷駅)

表-2 遅延対策による遅延減少量

到着遅延計測断面	中央林間方 → 押上方			
	溝の口	二子玉川	渋谷	清澄白河
対 移動閉そく	-63%	-36%	-43%	-50%
策 階段の増設	-31%	-26%	-25%	-17%
案 発車時刻調整	-50%	-21%	-12%	-8%

##### 〈4・5〉 遅延対策の効果比較

それぞれの対策案について、複数断面での到着遅延時間の減少量を表-2に示す。どの対策案についても路線全体で遅延減少が確認できた。

#### 5. おわりに

鉄道会社へのインタビュー調査で遅延対策を整理し、シミュレーションによる複数の遅延対策案の検討を行った。

最後に、貴重なデータを提供頂いた東京急行電鉄株式会社および東京地下鉄株式会社の方々に謝意を表する。