

マルチエージェントシミュレーションを用いた都市鉄道の列車速度の推定手法

荒川区役所 正会員 ○宮崎 信介

九州旅客鉄道株式会社 非会員 藤代 隆正

芝浦工業大学 正会員 岩倉 成志

1. はじめに

東京圏におけるピーク時間帯の通勤混雑は、極めて厳しい状況にある。運輸政策審議会は、都市鉄道の整備水準として「三大都市圏の鉄道においては、すべての区間のそれぞれの混雑率を 150%（但し、東京圏は当面 180%以内）とすることを旨とする」としている。鉄道事業者は、混雑率 180%を目標として、運行本数の増発や列車の長編成化に取り組み対応してきたが、ダイヤが飽和状態となり、列車速度の低下や慢性的な遅延が発生する状態に陥っている。

本研究では、この「線路内の混雑」に着目し、シミュレーションを用いた列車速度の推定方法の構築を目的とする。複雑な列車種別が設定されている路線においては、先行列車が種別の異なる後続列車に与える影響などを考慮した推定を行う必要がある。そこで、主体間の相互作用によって動的に変化する複雑な現象をシミュレートする必要があることから、本研究では、マルチエージェントシミュレーションシステムを用いることとした。

2. 分析対象と使用データ

分析対象は、東京圏の通勤路線としての性質を持った小田急小田原線の新百合ヶ丘～新宿間とする（表1）。時間帯は、4 時 49 分に経堂を出発する始発列車から 10 時 56 分に新宿に到着する列車までの間とする。現在、和泉多摩川～梅ヶ丘間で複々線化が進められたが、時刻表上でも新百合ヶ丘～新宿間の急行列車の所要時間はオフピーク時で 25 分であるのに対し、ピーク時で 36 分と列車速度に差が見られる。

シミュレーションの構築にあたり、小田急電鉄株式会社の協力を得て、運転曲線等の実際の列車運行に使用されるデータを利用する。

表1. 分析対象

区間	新百合ヶ丘～新宿			
時間帯	4:49経堂発(始発)～10:56新宿着まで			
列車	各駅停車	42	多摩急行	3
	区間準急	3	快速急行	4
	準急	13	特急	9
	急行	42	計	116

3. シミュレーションの構成

シミュレーションの構成として、新百合ヶ丘～新宿間の上り線をシミュレーション空間と定義し、その区間に存在する列車・駅・信号機をエージェントと見なす。

3.1 シミュレーション空間の設定

縮尺は 1/50 に設定し、線路という空間上に列車・信号機・駅といったエージェントを配置した。各エージェントは、与えられたルールに従いステップ毎に自身の行動を決定する。また、1 ステップ＝1 秒と設定した。

3.2 エージェントルールの設定

上記のデータを基に、各エージェントの行動をルール化した。例として、列車エージェントの行動ルールを示す(図1)。実際に運転士が取る運転行動パターンをアルゴリズム化した。まず、前方に位置する信号機の現示色を確認し、列車の加減速を決定する。さらに、前方に停車駅を確認した場合には、停止目標に合わせて減速する。この処理を繰り返すことにより、列車の挙動が再現される。また、全列車の挙動を同時に再現することにより、列車が相互に与える影響をリアルタイムに考慮したシミュレーションが可能となる。

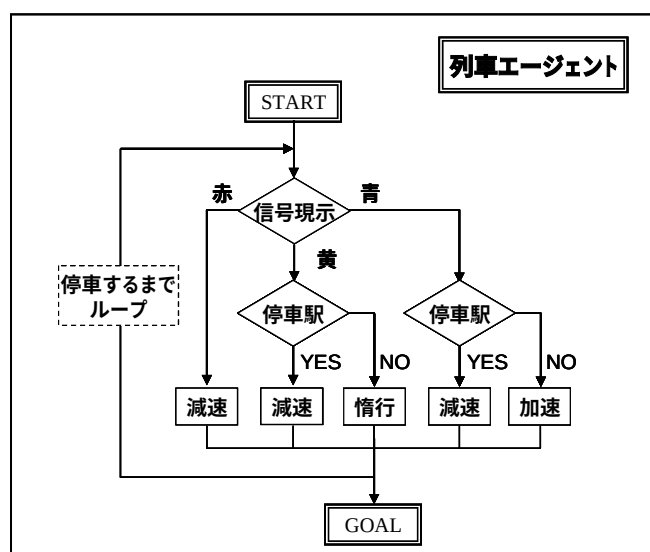


図1. 運転アルゴリズム

キーワード 鉄道計画, 交通流, 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 TEL:03-5859-8354

4. シミュレーション結果

シミュレーションより出力されるデータを分析し、シミュレーションの再現性を考察する。

4. 1 シミュレーションの再現性

図2に、シミュレーションより出力された速度を示す。横軸に距離、縦軸に速度をとって、列車速度の変化をグラフ化したもので、一般的に運転曲線（前方の列車の影響を受けない自由走行状態で、車両性能や線路条件から算出される理論上の速度変化グラフ）と呼ばれる。シミュレーションで得た数値と小田急電鉄が作成している運転曲線を比較した結果、極めて近似的な結果が得られ、シミュレーションの再現性を確認できた。

4. 2 線路内混雑に関する考察

新百合ヶ丘～新宿間における各列車のシミュレーション結果を、表2、図3に示す。但し、途中駅を出発する列車において、各駅に設定されているダイヤ出発時刻まで停車する事で時間調整をする場合と、最低でも基本駅停車時分だけ停車する為、ダイヤ出発時刻通りに発車出来ない場合が存在する。基本停車時分とは、ダイヤ作成の際に参照にされる数値であり、概ね 30 秒程度である。

表2は、急行が新百合ヶ丘～向ヶ丘遊園間に要する時間を一覧したものである。ダイヤ走行時分と推定走行時分、いずれの平均値も、早朝からピーク時までほぼ増加する傾向にあり、以後は減少に転じる。これは、列車本数の増加に伴い線路内が混雑し、列車速度の低下が発生している事を再現している。また、全体的に推定値は早着する傾向にある事が分かる。図3は、新百合ヶ丘～新宿間におけるダイヤ上の所要時分と、シミュレーションにより推定所要時分をプロットして比較したグラフである。どの列車種別においても、高い相関が得られる結果となった。また、列車種別による傾向として、各駅停車の所要時分の推定値がダイヤより長くなる列車が多く見られた。本来なら、微少な所要時分増は駅停車時分の短縮により解消されるが、シミュレーションでは、基本駅停車時分だけ停車させたため、推定所要時分が増加した。

5. まとめ

本研究では、シミュレーションモデルを用いる事により、列車間の相互作用を考慮した列車速度の推定が可能であることを示した。駅間走行時分では良好な推定結果を得られた。今後は、各列車の駅停車時分の設定を基本駅停車時分とするのではなく、実際に旅客が乗降に要する時間を推定し、駅停車時分として用いる必要がある。

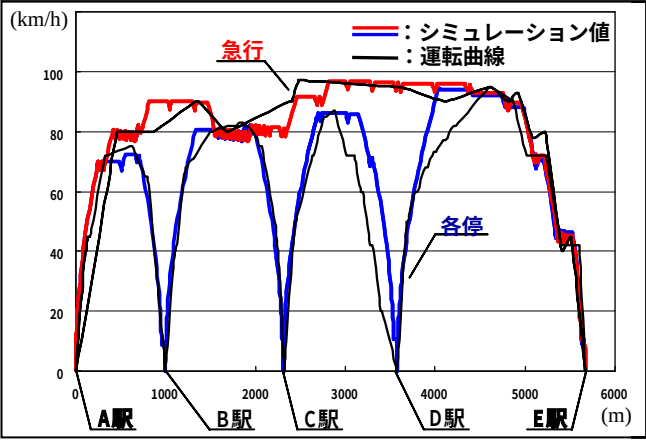


図2. 速度変化の比較

表2. 駅間走行時分の比較

新百合ヶ丘～向ヶ丘遊園間の結果(急行)				
時間帯	駅間走行時分		差分	
	ダイヤ	推定値		
早朝オフピーク (6時台)	A	0:04:40	0:04:46	(+) 0:00:06
	B	0:04:40	0:04:46	(+) 0:00:06
	C	0:04:50	0:04:48	(-) 0:00:02
平均値		0:04:43	0:04:47	
朝オフピーク (7時台)	D	0:07:40	0:07:15	(-) 0:00:25
	E	0:07:50	0:06:12	(-) 0:01:38
	F	0:07:40	0:07:02	(-) 0:00:38
平均値		0:07:43	0:06:50	
ピーク (8～9時台)	G	0:07:00	0:06:16	(-) 0:00:44
	H	0:07:30	0:07:10	(-) 0:00:20
	I	0:07:50	0:08:16	(+) 0:00:26
平均値		0:07:27	0:07:14	
昼オフピーク (10時台)	J	0:04:50	0:04:46	(-) 0:00:04
	K	0:04:40	0:04:46	(+) 0:00:06
	L	0:04:50	0:04:46	(-) 0:00:04
平均値		0:04:47	0:04:46	

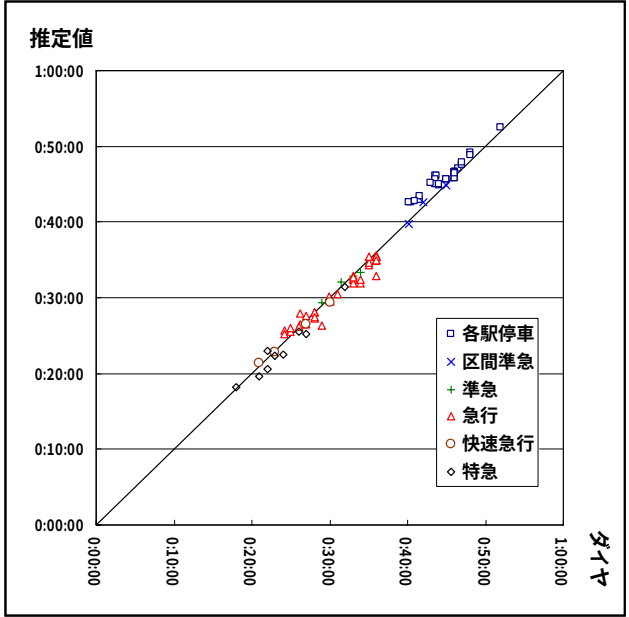


図3. 新百合ヶ丘～新宿間の所要時分

謝辞：小田急電鉄株式会社にはデータの提供など、多大なご協力を頂きました。ここに感謝の意を記します。