

S4-1. 自動車交通流を考慮した軌道系交通シミュレータの概要

○[電]工藤 希, [電] 中村 英夫 (日本大学)
[土]佐藤 安弘, [電] 水間 毅 (交通安全環境研究所)

The outline of the LRT system traffic simulator considering automobile traffic flow

Nozomi Kudo, Hideo Nakamura (Nihon University),
Yasuhiro Sato, Takeshi Mizuma (National Traffic Safety and Environment Laboratory)

The LRT system attracts attention as a new city traffic system. Hitherto, the effect of introducing LRT with mixed run of automobile traffic and segregated guideway system could be calculated by our simulation on the road map. Moreover, in this paper, we studied the evaluation of the number of road lanes decreases accompanied by LRT introduction, and the grade which the amount of road traffic increased is calculated by average waiting time, and not only the effect of the LRT run by the priority signal but also the influence on the road traffic can be calculated to some extent.

キーワード:LRT、自動車交通流、シミュレーション、交通システム、評価

Keywords:LRT, Automobile traffic flow, Simulation, Traffic system, Evaluation

1. はじめに

現在、都市交通システムは、多様なシステムが開発されているが、渋滞や騒音、CO₂ 排出等、社会的な問題を根本的に解決するには至っていない。これらの問題を解決する交通システムの一つに LRT (Light Rail Transit) が注目されているが、導入効果についての定量的検討は少なく、既存の道路空間へ新しい交通システムを導入する際の道路交通量の変化に関する定量的検討も行われていない。

従って、本研究では、LRT 敷設計画の事前評価ツールとして、地図情報を利用した自動車交通との混合走行の模擬が可能で、交通信号機に従って走行するシミュレータを開発した。

2. シミュレータの概要

<2.1> 地図情報の利用

地図データは、市販ラスター地図と地形の勾配を認識する為に国土院の 50m メッシュ情報を組み合わせた地図データベースを利用した。

<2.2> 路線の設定

路線は直線と円弧により構成され、折れ角は曲線半径を指定する (図 1)。地図情報から勾配が自動計算される (図 2)。勾配はマニュアルで調整することもできる。次に、路線上に駅を設定する。

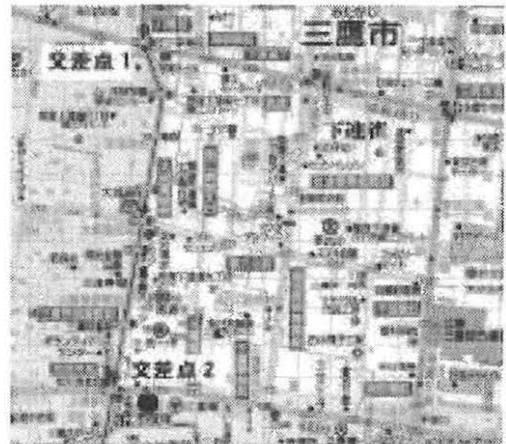


図 1 路線図

Fig.1 Rail

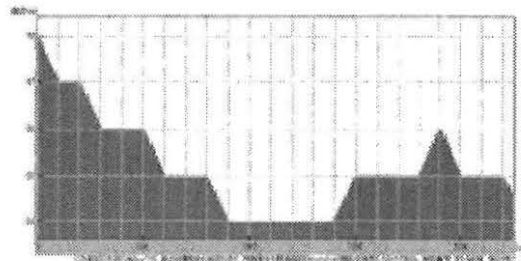


図 2 縦断面図

Fig.2 Vertical section figure

〈2.3〉 信号の設定

信号は、地図上に設定し、路線上の信号の位置は地図情報から算出される。信号のサイクル時間、及びサイクル時間オフセット、LRT 車両の優先信号制御の有無、優先信号制御時の短縮赤時間を設定できる。

LRT のような併用軌道の場合、交通信号機の現示に従って走行するが、現示変化に対して(青→黄)は、設定した減速度とその時の速度により、信号機の手前に停止できるかを計算し、停止できる場合は停止し、そうでない場合は通過する論理としている。LRV(Light Rail Vehicle)と同一進行方向を正とし、交差方向と信号制御パターンを自動的に設定する。

また、HSST の様な専用軌道を想定している交通システムの場合は、信号機を設定せずに走行することもできる。

〈2.4〉 車両の属性

車両性能は、定員、乗車率、車両重量、最小曲線半径、曲線半径別制限速度、引張力、最高速度、最大加速度、最大減速度、走行抵抗、曲線抵抗、回生率等を設定する。

〈2.5〉 乗車人数の設定

乗車人数をパーセンテージ又は停留所毎の OD 表にて設定する。LRT は車両総重量が変化する事で走行パターンに変化があてはけないので、乗車人数の変化に伴って消費電力を変えて走行するように計算することが出来る(表 1、図 3)。

〈2.6〉 道路の設定

道路は、信号をノードとするノード間に進行方向別に定義する。時間帯毎に道路属性を管理し、総交通量、車両長(車両長+停車時の車間距離)、車線数、飽和交通流率、参照信号制御番号パターンを設定する。地図上の長さを道路長として自動的に算出する。

〈2.7〉 自動車車両滞留率

現状では、1 台 1 台に関して計算を行うのではなく、自動車交通量として扱っており、そのための評価指標として、自動車滞留率を導入した。

各道路毎に道路 1 車線内に滞留している車両台数を求め、求められた車両台数と道路長の割合を車両滞留率 Q [%]として表現する。

$$Q = (S \times A) / L \quad (1)$$

S ; 車両台数

L ; 道路長

A ; 車両長 (車両長+停車時の車間距離)

車両台数 S は、(2)式で制御される。

表 1 OD 表

Table.1 OD



図 3 乗車人数による消費電力の変化

(左から 0%,100%,OD 表表示)

Fig. 3 Change of power consumption which depends on the entrainment number
(0% from the left, 100%, OD table display)

表 2 車両のパラメータ

Table.2 The parameter of vehicles

	熊本9700	HSST
定員[人]	78	244
乗車率[%]	100	100
車両重量[t]	21	51.9
最小曲線半径[m]	18	30
最高速度[km/h]	70	100
最大加速度[km/h/s]	2.5	4
最大減速度[km/h/s]	4.6	4.5
走行抵抗[kg/t]	2.2~6.26	1.50~4.89
曲線抵抗[kg/t]	3.20~26.67	3.20~26.67
勾配抵抗[kg/t]	0	0
抵抗合計[kg/t]	2.20~29.32	1.50~28.77
回生率[%]	44.2	30
摩耗率[%]	5	0
摩耗反射率[%]	5	0
機器効率係数[%]	1	1

$$\begin{cases} S = s + I & \text{(赤)} \\ S = s + I - O & \text{(青)} \end{cases} \quad (2)$$

s ; 1 秒前の車両台数 (台)

I ; 流入車両台数 (総交通量/車線数)

O ; 流出車両台数 (飽和交通流率)

但し、黄色信号では、時間の前半は青制御、後半を赤制御を行うものとする。1 秒ごとに各ノードでの自動車滞留率を算出する。

3. シミュレーションの実行

専用軌道を走行する車両は、従来から建設されてきており、それぞれ成果を上げている。これに対して LRT は、建設費の面で有利とされているが、走行時間、自動車との関係で日本では普及していない。

従って、専用軌道を走る車両と LRT の走行時間を比較することにより、併用軌道の LRT 導入の可用性を検証する。また、LRT 導入により弊害を受けそうな自動車交通流について、本シミュレーションでどの程度になるかを定量的に評価する。

〈3.1〉 専用軌道と併用軌道の比較

専用軌道走行の HSST と併用軌道走行の LRT の走行例を比較する為、西武新宿線西武柳沢駅から当研究所を通り京王線調布駅に至る 10.6km のルートを設定した。全駅数は 18 とした。設定した車両のパラメータを表 2 に示す。

シミュレーションの途中経過を図 4 に、結果を図 5 に示す。結果のグラフは左から、HSST を専用軌道で走らせた場合、LRT を併用軌道で信号で停車させて走らせた場合、LRT を優先信号を設定した信号のある併用軌道で走らせた場合を示している。図 5 より、HSST が乗員も車両重量もほぼ 3 倍であることを考慮すると、一人あたりでは、専用軌道の HSST の方が、従来の LRT より力行電力量が少なく、運転時間も HSST では 15 分 26 秒、通常信号での LRT が 33 分 31 秒と半分以下であることがわかった。よって、ある程度長い路線ならば、専用軌道の HSST の方が、優位であるといえる。

ただし、信号に優先信号を設定した場合、併用軌道の LRT でも 33 分 31 秒から 26 分 32 秒と、約 2 割の時間短縮を行うことができたが、HSST の優位性は変わらない。

なお、各駅での停車時間はシミュレーションの都合上 1 秒とし、車両は西武柳沢駅から調布駅に向かって(北から南に)走行させた。

〈3.2〉 LRT 導入における自動車交通への影響

以上の結果より、専用軌道 HSST を用いれば、早く且つ省エネルギーな交通システムを建設することができる。しかし、専用軌道の HSST は建設費が高く、実用的でないという欠点がある。

そこで、安価で建設できるとされる LRT に優先信号を設定すれば併用軌道でも時間短縮が見込める事は分かったが、この場合、自動車交通がどうなるかを確認する必要がある。そのために、自動車滞留率を指標として、自動車、LRT の併用シミュレーションを実施した。

今回は、実際に測定した交通量データを元に、三鷹駅-

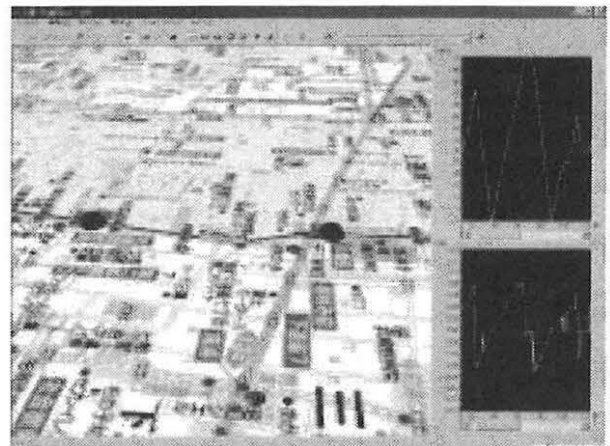


図 4 シミュレーション例

Fig.4 The example of a simulation

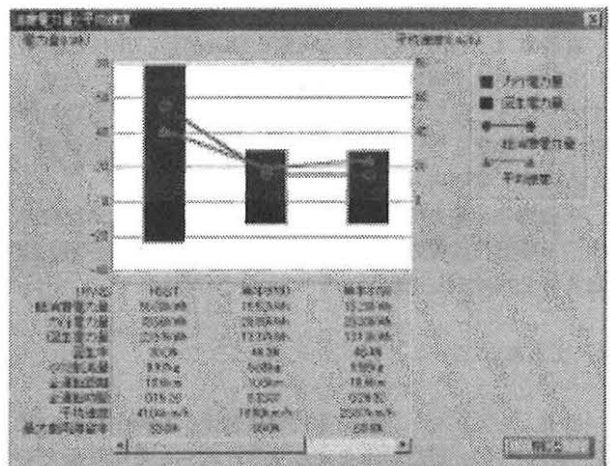


図 5 専用軌道と併用軌道の比較

Fig.5 Comparison of an exclusive track and a combined use orbit

表 3 自動車交通量 (一部)

Table.3 Automobile traffic (part)

道路番号	総交通量(台/h)	飽和交通流率(台/青1h)	信号制御パターン
R1	722	1200	S1-正
R6	675	1200	S6-正
R7	594	1200	S5-正
R11	850	1200	S1-正
R12	239	1200	S6-逆
R13	359	1200	S6-逆
R14	714	1200	S7-正
R20	582	1200	S13-正
R21	582	1200	S0-正
R22	586	1200	S13-正
R23	499	1200	S12-正
R29	532	1200	S6-正
R30	372	1200	S13-逆
R31	326	1200	S13-逆

交通研前 2.3km の路線を設定し、6 つの駅、13 の信号、信号の間に 31 の道路を設定した。自動車交通量及び信号情報を実際に調査を行い設定した (表 3,4)。走行 LRV 車両の車両性能は表 2 の熊本市交通局 9700 系のデータを入力した。

LRT 走行の結果を図 6 に、自動車交通量の結果を表 5 に示す。LRT は、その性能を入力して交通信号機に従って走行し、自動車については 1 時間あたりの交差点での交通量を設定して、交差点での自動車待ち台数により交通流として計算した。ここで、平均待ち時間は、1 秒あたりに交差点で待っている自動車ののべ台数を赤信号時間で割って算定した。また、LRV は北から南に走行させた。

路線を設定前と後で、自動車一台当たりの平均待ち時間はほぼ倍に増えた事が分かる。また、優先信号を設定した場合、一般信号で走行した場合と比べると、路線に並行した道路では平均待ち時間が減少しているが、路線と直行する道路は、もとの交通量が多くないこともあって変化が少ないことが分かった。

自動車 1 台あたりの待ち時間の期待値は、路線を設定した前と後で、南北には路線数が減ったが、東西には減っていないので大して変わっていない。また、優先信号を設定すると混雑している南北方向の道路の青信号時間が長くなるので、平均待ち時間も減ることが分かった。

一般信号と優先信号を設定したときの LRV の走行時間は、一般信号制御の時 4 分 32 秒であり、優先信号時の時は 4 分 25 秒であった。

4. まとめ

以上、シミュレーションを行った結果、10km 程度の路線においては、併用軌道を走る LRT よりも専用軌道を走る車両の方が運転時間、消費エネルギーの面で優れているが、建設費等の面で問題がある。これに対して建設費の面で有位性がいわれている LRT の導入に伴い、自動車交通に道路車線数が減少し、道路交通量が増加した程度が平均待ち時分で計算され、また、優先信号機による LRT 走行の効果ばかりでなく、道路交通への影響もある程度計算されることが確認された。しかし、現状では、自動車を交通量として扱っており、個別の乗員に対する評価は行っていない。従って、個別の自動車交通に対する評価をより明確にする必要がある。

今後は、交通量を交通流レベルから、個別車両レベルにまで拡大してより詳細なシミュレーションを行い、また、LRT についても混雑率等を計算して、LRT の導入効果がより定量的になるような検討を行っていきたい。

5.参考文献

- (1) 水間他「新しい都市交通システムの評価について」平成 13 年電気学会産業応用部門大会
(2) T.Mizuma, Y.Sato, T.Ochi, T.Ikeda, Y.Fujishima,

表 4 信号パラメータ

Table.4 Signal parameter

信號番	一般信號				優先信號				
	開始	青	黃	赤	開始	青	黃	赤	短縮
S1	0	72	2	48	0	72	2	48	10
S2	0	90	3	27	0	90	3	27	10
S3	0	90	3	27	0	90	3	27	10
S4	0	90	3	27	0	90	3	27	10
S5	0	90	3	27	0	90	3	27	10
S6	35	60	3	64	35	60	3	64	10
S7	35	80	3	27	35	80	3	27	10
S8	35	80	3	27	35	80	3	27	10
S9	35	80	3	27	35	80	3	27	10
S10	40	80	3	27	40	80	3	27	10
S11	40	80	3	27	40	80	3	27	10
S12	40	80	3	27	40	80	3	27	10
S13	45	41	3	50	50	41	3	50	10

表 5 自動車 の 平均 待ち 時間

Table.5 Average waiting time of a car

		路線敷設前		一般信号		優先信号	
		路線	平均待ち時間(s/台)	路線	平均待ち時間(s/台)	路線	平均待ち時間(s/台)
父差点1	北→南	2	43.88	1	83.21	1	83.21
	南→北	1	57.93	1	57.81	1	57.81
	東→西	1	28.51	1	28.51	1	28.51
	西→東	2	28.42	2	28.43	2	28.42
	北→南	2	31.90	1	57.53	1	49.91
父差点2	南→北	1	58.42	1	58.42	1	50.77
	東→西	1	27.02	1	27.02	1	27.27
	西→北	1	26.90	1	21.20	1	20.72
期待値			37.87		45.27		43.33

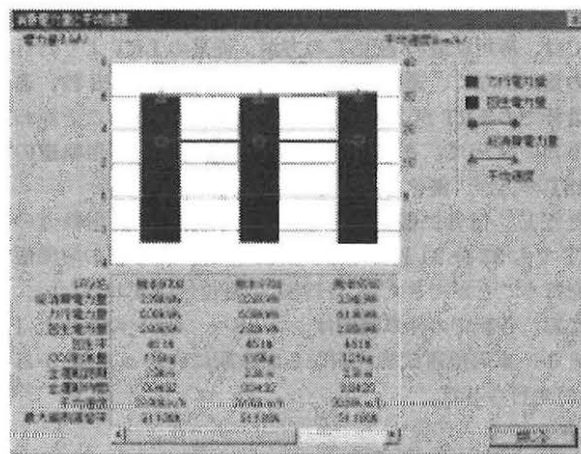


図6 シミュレーション結果

Fig.6 Result of simuration

K.Oguma : "Development of the LRT introduction evaluation simulator in consideration of automobile traffic" JSST, No.1-5 (2004-6) (in Japanese)

水間毅、佐藤安弘、越智利夫、池田努、藤嶋陽子、小熊賢司「自動車交通を考慮した LRT 導入評価シミュレータの開発」平成 16 年 第 23 回日本シミュレーション学会大会