

都市交通シミュレータを用いた LRT 導入促進のための評価例

工藤 希* 水間 毅 (交通安全環境研究所)

The development of simulator for introducing LRT

Nozomi Kudo*, Takeshi Mizuma, (National Traffic Safety and Environment Laboratory)

In Japan, although introductions of new LRVs are starting, the expansion to LRT systems is not yet realized at the present time. This owes to the indication of expansion of traffic jams on the road after introducing LRV line by traffic control authority. Therefore, we are developing new simulator that can calculate the running effects of automobiles and LRVs according to traffic signals. This simulator has characteristics in not only calculations of parallel running of automobiles and LRVs but also calculations of energy consumption and CO2 discharge amount by running. Moreover, this simulator can calculate the journey time for passengers or drivers after introducing social policies that will not easily be accomplished in Japan by the above-mentioned reason. This paper describes the outline of this simulator and the evaluation result of introducing LRVs. It was work out 1,700t reduction of CO2 and 90 thousands of energy saving throughout the year by this simulator. This can lead to be important social policies in case of introducing new LRV line in Japan.

キーワード：交通シミュレータ, LRT, 都市計画
(Traffic Simulator, LRT, Traffic Planning)

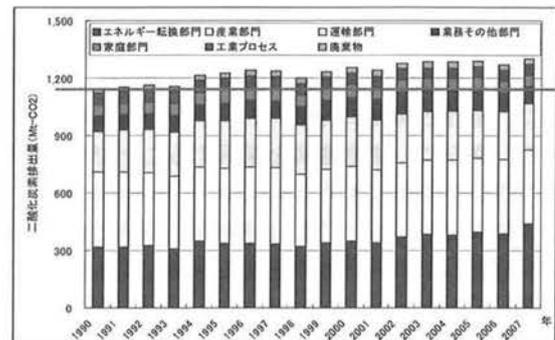
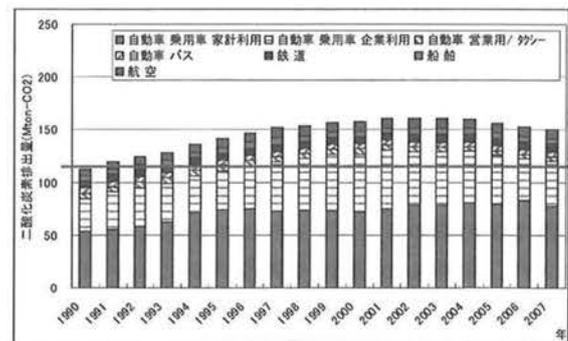
1. はじめに

鉄道は自動車に比べ単位輸送量当たりの CO₂ 排出量が少ないと言われている。そこで、移動距離の少ない市街地において自動車から LRT (Light Rail Transit: 次世代路面電車システム) へのモーダルシフトにより CO₂ 排出量を削減する施策が有効とされている。

交通研では、LRT と自動車交通を同時に模擬するシミュレータを開発しており、本稿では LRT を導入した場合の自動車交通の変化や歩行者の挙動等を考慮した、総合的な CO₂ 排出量の削減効果を、モデル路線を利用して評価した例を報告する。

2. 研究の背景

〈2・1〉 環境問題 図1に、日本の CO₂ 排出量の変遷を示す。各分野において様々な取り組みがなされているが、横ばい状態にあり、抜本的な解決方法が求められている。また、図2には運輸部門のうち、旅客部門の CO₂ 排出量の変化を示しているが、旅客部門における発生源の主たるものが自動車であることは明らかである。もちろん、自動車個別の環境対策はメーカ等においても検討してきており、近年の減少傾向はその成果であると考えられるが、2009年

図1 日本の二酸化炭素排出量の変化¹⁾Fig. 1. Amount of CO₂ emission in Japan図2 旅客部門の二酸化炭素排出量の変化¹⁾Fig. 2. Amount of CO₂ emission by transportation method

9月の国連気候変動サミットで条件付ながら提唱した1990年比-25%を達成するためにはより一層の対策が急務であり、自動車からLRTへのモーダルシフトは有効な対策であると考えられる。

〈2・1〉LRTとは 自動車からモーダルシフトする公共交通として、鉄道やバス等が考えられているが、その中でも、注目されているのがLRTである。LRTとは、併用軌道を用いて都市交通システムを軸としたシステム全体を指し、ストラスプール(フランス)、ボルドー(フランス)、カールスルーエ(ドイツ)など、ヨーロッパを中心に導入が進んでいる。国内においては、2006年開業の富山ライトレールが国内初めての例と言われている。その他の地方でも検討はされているものの、低床式の近代的な車両LRV(Light Rail Vehicle:次世代路面電車)の導入が、熊本市交、広島電鉄等で行なわれているのみである。

3. シミュレータの概要

交通研では、シミュレータによってLRT導入によるCO₂削減効果等の定量化を行ってきた。表1にシミュレータの概要を示す。

地図上を自動車、バス、鉄道車両、LRV等が路線、時刻表、目的地、交通信号、進行方向の車両等に応じて走行するもので、走行と同時に消費エネルギー、CO₂排出量等を計算する。さらに、住宅地図を採用することで交差点の右左折等の細かな挙動も再現できるものである(図3)。

特に自動車交通については、1車両毎に信号と前方の車両の位置を確認しながら自車の速度を調整して走行するプログラムとしている²⁾。

これまでに行ったシミュレーション結果をまとめたものを表2に示す。シミュレーション対象地域は京都市の京都駅から北約4km四方とし、自動車の発生台数については、京都大学中川大教授らが開発した便益シミュレーションの値を用いた。便益シミュレーションでは、自動車の所要時間、燃料代と駐車料金を足し合わせた走行費用、公共交通乗客の所要時間(乗車外時間を含む)、運賃等により、交通機関の選択を行っている。

LRTの導入前後における、CO₂排出量及び、エネルギー消費量は2時間のシミュレーションから1年間の値に換算したもの、自動車の台数は2時間のシミュレーションの中で発生した台数である。これらを見ると、CO₂削減に大きく寄与するのは自動車の走行量であることが分かっている。

4. ケーススタディ

〈4・1〉歩行者の考慮 これまでのシミュレーションでは、道路交通のシミュレーションのみで、歩行者の動きを考慮しておらず、実際の道路交通よりも平均速度が速く、CO₂排出量が少ない結果となっていた。そこで、交差点毎

表1 シミュレータ概要

Table 1. The outline of Simulator

	機能	設定するパラメータ
道路	交差点をノードとするネットワークを構成	シミュレーション対象領域
信号	信号に従った自動車交通の再現	サイクル長 オフセット 青矢現示にも対応
自動車	1台ずつルートを想定して走行 前方を走る自動車の速度に応じた走行 同方向多車線にも対応 旅行時間・燃費・環境負荷等の計算	発生点から消滅点までの交通OD表 車間距離 車線数 大型・小型車に分けてパラメータを設定
他交通	LRTと同時走行 バスの同時走行	路線及び車両パラメータ 路線、時刻表、バス停



図3 シミュレータ画面例

Fig.3. Example picture during practicing simulation

表2 シミュレーション結果例²⁾

Table 2. Simulation result

	導入前	導入後	削減量
CO ₂ 排出量	約5.4万トン/年	約3.4万トン/年	37%
エネルギー消費量	28,000kl/年	17,840kl/年	36%
自動車台数	42,210台/2h	29,116台/2h	31%

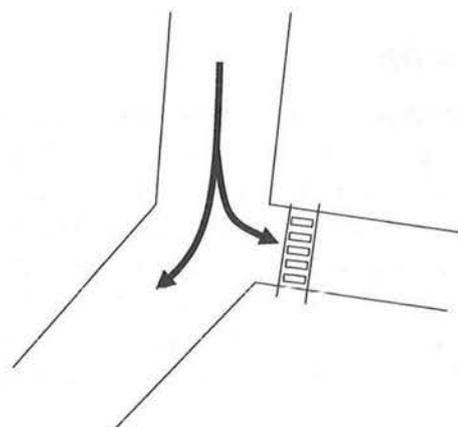


図4 交差点

Fig.4. Intended crossing

に歩行者を定義し、青信号時にランダムに歩行者を発生させ、歩行者の横断中には自動車、バス、LRT の右折を停止して待つ制御を加えた。本機能の確認のため、横断歩道を考慮したシミュレーションを行った。

対象とする交差点の概略図を図 4 に示す。今回対象とする交差点は一方通行の T 字路で、一般車両は直進しバスのみが右折してバスターミナルに入る交差点である。横断歩道において、1 時間あたり 200 人の歩行者と 50 台のバス車両を定義した。

シミュレーション結果を表 3 に示す。これは、交差点横断部分における CO₂ 排出量である。交差点での歩行者の横断があることにより、平均速度が減少し、約 1% の CO₂ 排出量増加が見て取れた。

〈4・2〉 モーダルシフト

(1) 経路分担比 次に、自動車からモーダルシフトが行われたと仮定した場合についてのシミュレーションを示す。これまで、AHP を用いて路面電車を LRT 化した場合の経路分担比についてのシミュレーションを行ってきた³⁾。

AHP とは、不確定な状況や多様な評価基準における意志決定手法であり、モデル化や定量化の困難な事象を同じスケールで扱えるようにしていることが特徴である。

シミュレーション例として、ある都市における試算を行った。この町には路面電車があるが、多くの人は自動車を利用している。地域を図 5 に示す。

市内には、路面電車、鉄道 (JR 及び私鉄)、バスが運行されている。シミュレーションでは、JR の駅から北に位置する私鉄の駅近くを出発点として、路面電車、私鉄、バスそれぞれで JR の駅まで移動する条件を設定した。現行の路面電車を LRT 化する条件として、運行頻度向上を想定して速達性の感度を、車両を LRV にすることを想定して利便性 (乗り心地、乗降しやすさ等) の感度をそれぞれ高めることとした。

図 6 より、LRT 化して、運行本数が多くなっただけでは、自動車から LRT への転換は自動車利用者の 10% 程度という結果となった。これは、自動車の利便性が高いと人は他の手段に乗り換えにくいことを示している。

(2) モーダルシフトの効果 以上により、歩行者の横断を考慮し、かつ自動車から LRT へのモーダルシフトの割合を上記結果の 10%、及び 30% (例えば、低運賃や優先信号等の公共交通優先策を取る等により) と定義して、シミュレーションを行った結果を示す。シミュレーション範囲を図 7 に示す。図 5 で試算した範囲の一部を用い、およそ 1km 四方とした。本シミュレータは、LRT の乗客数に応じて車両重量を可変としているため、重量による電力消費量についても考慮できる。

シミュレーション結果を図 8、表 4 に示す。これにより、10% のモーダルシフトが行われると、車両の台数減は約 10% であるが、道路の渋滞の緩和により平均速度が 5.6km/h

表 3 交差点の歩行者考慮した結果

Table 3. Result of including foot passenger

	歩行者なし	歩行者あり
平均速度	9.8864(km/h)	7.74648(km/h)
CO ₂ 排出量	1.66723(kg)	1.68467(kg)

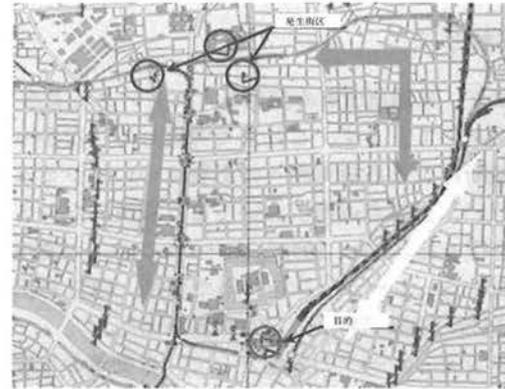


図 5 経路分担比計算範囲

Fig. 5. Simulation area

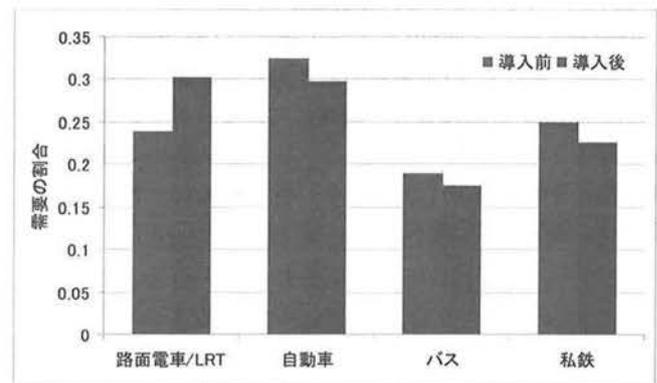


図 6 経路分担比

Fig. 6. Rate of demand

から 5.7km/h に改善された。その結果として CO₂ 排出量としては約 15% の削減となった。平均速度の変化に比べて CO₂ 排出量の減少率が高い原因としては、走行車両数は減少するものの、シミュレーション範囲に常に渋滞するような大きな 2 箇所あり、交差点近傍での赤信号による停車時間と慢性的な渋滞の影響が大きいものと考えられる。また、30% のモーダルシフトが行われた場合、平均速度は 2 割程度の上昇であるが、CO₂ 排出量は半減するという試算を得た。

なお、図 1 より、2007 年の二酸化炭素排出量は基準年比で 9% 増加している。実際には、開発途上国に技術・資金等の支援を行った結果、削減できた排出量の一定量を先進国の温室効果ガス排出量の削減分の一部に充当することができるクリーン開発メカニズムや、1990 年以降の植林などで CO₂ の吸収源が増加した分を、温室効果ガス排出量削減に換算し算入する吸収源活動などによる削減も考えられる

が、単純計算では目標量である-6%に到達するためには、現在の 15%削減が必要である。これらにより、今回のケーススタディの範囲においては、施策については別途検討が必要であるが、10%のモーダルシフトが発生しうる施策を行えば、京都議定書による-6%削減の目標を達成できる可能性があると言える。

5. おわりに

以上により、交通研所有の交通シミュレータによる CO₂ 削減評価例として、まず、これまで考慮してこなかった、歩行者の横断による右折車両への影響についてシミュレーションを行い、交差点近傍においてより現実的なシミュレーションを行った。また、10%のモーダルシフトが発生すると仮定したシミュレーションを行った結果、CO₂ 排出量としては約 15%の削減が可能という試算が出た。

なお、本シミュレータの課題として、自動車の車線の選択をランダムであるため、乱数によっては、片方の車線に自動車が集申し、過度の渋滞を引き起こす場合が見られた。今後は、処理の大半を占める自動車の挙動について、詳細に検討し、精度を高めていく必要がある。

1990年に比して2020年までに25%のCO₂削減目標を掲げた現在、更なるCO₂削減の取り組みが必要であり、そのためにはLRTの利便性を一層高めて、モーダルシフトの割合を増加させる必要がある。こうした取り組みに対し、計画段階の事前評価ツールとして、本シミュレータを積極的に用い、寄与していきたい。



図7 ケーススタディ範囲

Fig.7 Simulation area

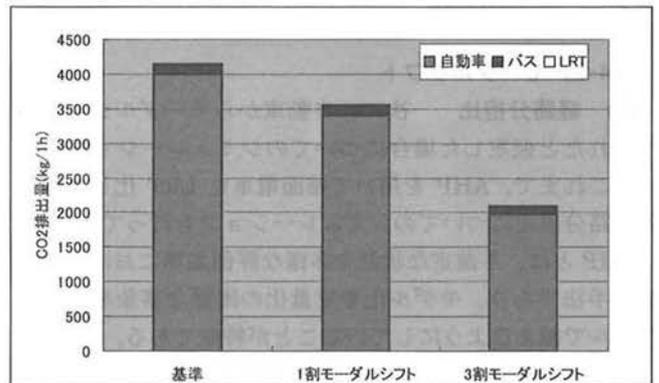


図8 CO₂ 排出量

Fig.8. Amount of CO₂ emission

表 4 平均速度

Table 4. Average Speed

	モーダルシフト無し	10%モーダルシフト	30%モーダルシフト
平均速度 (km/h)	5.6	5.7	7.8

文 献

- (1) Greenhouse Gas Inventory Office of Japan : "The GHGs Emissions Data of Japan (1990-2007)", (2009)
 温室効果ガスインベントリオフィス(GIO):「日本の温室効果ガス排出量データ(1990~2007年度)」, <http://www.gio.nies.go.jp/> (2009)
- (2) N. Kudo, Y. Sato, T. Mizuma and H. Nakamura: "The value of serviceable on LRT use of simulator on Kyoto", TER-07-31/LD-07-27 (2007)
 工藤・佐藤・水間・中村:「総合交通シミュレータを用いた京都市内におけるLRTの有用性評価」, 交通・リニアドライブ合同研究会資料, TER-07-31/LD-07-27 (2007)
- (3) N. Kudo and T. Mizuma: "Effect to introduction of LRT using Traffic flow simulator with transport selection model", TER-08-16/LD-08-16(2008)
 工藤・水間:「移動手段選択モデルを考慮した交通流シミュレータによるLRT導入の効果」, 交通・リニアドライブ合同研究会資料, TER-08-16/LD-08-16(2008)