

LRT 導入に伴う交通計画再検討支援ツールの開発

A Development of Supporting Model of Transportation Planning as Introduction of Light Rail Transit

森津秀夫*1・木村文彦*2・大江洋史*3・飯田祐三*4・野寺寿雄*5・高木真志*6・森山敏夫*7

By Hideo MORITSU, Fumihiko KIMURA, Hiroshi OOE,

Yuzo IIDA, Toshio NODERA, Masashi TAKAGI, Toshio MORIYAMA

1. はじめに

欧米諸国を中心として路面電車を近代化した公共交通・LRT (Light Rail Transit) の導入が進んでいる¹⁾。LRT の特徴は低床式であるため上下移動が少なく高齢者にやさしいこと、導入コストが低く都市の成長などに応じたネットワークが形成できること、また CO₂ の排出量が自動車の 1 割程度と少ないため、近年問題となっている地球温暖化問題に対しても適した公共交通であることである。わが国でも少子高齢化問題や自動車依存型社会構造の限界に伴い、LRT 導入の動きが高まっている²⁾。しかし、実際には欧米諸国などに比べ財政面に対する政府の補助がないことや、高密度に市街化されたわが国の都市に、自動車交通と共存できる LRT の軌道空間を見出すことが困難であるなどの問題を抱えている。そのため、現在でも本格的な LRT の導入はなされていない。

このような背景にあるわが国の LRT 導入への動きをさらに進めるには、LRT 導入が自動車交通や社会経済にもたらす影響を明らかにし、市民の理解を求めることが不可欠である。そのためには LRT 導入による効果と自動車交通に及ぼす影響を予測し、その結果を一般市民にわかりやすく提示することが必要である。これらの手続きを経て、従来の交通計画を再検討することが可能になると言えよう。

しかしながら、LRT 導入による交通状況の変化を的確に予測し、評価する手法が確立されているとは言えない。そこで、本研究ではこのような LRT 導入による交通計

画の再検討に際してミクロ交通シミュレーションモデルを適用することを提唱し、LRT 導入効果と自動車交通への影響を明らかにできる交通シミュレーションモデルを開発する。これによって交通シミュレーションモデルが交通計画策定支援ツールとして大きな可能性を有することを示し、多様な問題を対象としたモデル開発に寄与することを目的とするものである。

最初に LRT 導入による自動車交通への影響把握に対する交通シミュレーションモデルの適用について考察し、既存の交通シミュレーションモデルについて述べる。次に LRT 導入計画への適用を前提としたときの交通シミュレーションモデルの要件と、それに対応させるモデルの拡張に関して述べる。さらに、ケーススタディによって交通シミュレーションモデルの動作を確認し、適用可能性を明らかにする。

2. LRT 導入による自動車交通への影響の把握

LRT の導入は地域の道路交通や公共交通利用の状況を一変させ、大きな混乱を生じさせる可能性がある。そのため、事前に LRT 導入による影響を詳しく検討しなければならない。また、LRT 導入計画の策定に際しても、地域特性を考慮した上で、適切なものとなるようにシステムの諸元を決める必要がある。これを行うためには、LRT 導入による道路交通流の変化やその影響を予測しなければならない。

道路交通流はその目的に応じて様々な方法でモデル化されている³⁾。しかし、LRT 導入時における問題を扱うには LRT・自動車車両相互の干渉を考慮しなければならない。車両を個々に区別して取り扱うミクロな交通流モデルを使用する必要がある。また自動車車両と LRT 車両それぞれの挙動がどのような結果を生じるかを解析的に求めることは困難であると考えられる。したがって、相互の影響をきめ細かく再現することを考慮したとき、LRT 導入による自動車交通への影響を把握するにはシミュレーションの適用が実際には唯一の手法であると考えられる。

交通シミュレーションモデルに関する研究とその利用はコンピュータ処理能力の向上もあって、近年大きく進展している⁴⁾。シミュレーションを用いた LRT 導入に関する研究⁵⁾も行われているが、我々が目的としている

キーワード：公共交通計画, LRT, 交通シミュレーション

*1 正会員 工博 流通科学大学情報学部

(神戸市西区学園西町 3-1 TEL/FAX 078-796-4946)

*2 学生会員 神戸大学大学院自然科学研究科建設学専攻

(神戸市灘区六甲台町 1-1 TEL/FAX 078-803-6017)

*3 学生会員 神戸大学工学部建設学科

同上

*4 正会員 工修 中央復建コンサルタンツ株式会社

(大阪市淀川区西宮原 1-8-29)

TEL 06-6393-1135 / FAX 06-6393-1145)

*5 非会員 同上

*6 非会員 修士 同上

*7 非会員 尼崎市都市拠点開発室

(尼崎市東七松町 1-23-1)

TEL 06-6489-6144 / FAX 06-6489-6668)

道路交通流との相互作用を扱ったものではない。また基礎となる道路交通シミュレーションモデル自体も、既存のモデルが必ずしも十分なものであるとは言えない。現在も新たな交通シミュレーションモデルが次々と開発されている状況がそれを物語っている。そこで、ここでは LRT 車両と自動車車両の相互影響を取り扱うのに適した交通シミュレーションモデルを選択し、それを拡張することによって LRT 導入に伴う交通計画の再検討支援ツールとして機能する交通シミュレーションモデルを作成する。

3. 既存の交通シミュレーションモデル

(1) 交通シミュレーションモデルの種類

交通シミュレーションモデルは用いられている交通流モデルにより大きく 2 つに分類される。車両群を流体として表現するマクロモデル（流体モデル）と、個々の車両の挙動に着目して微細な車両挙動を表現するミクロモデル（追従モデル）である。マクロモデルの特徴は計算量が少なく、広域的なネットワークのシミュレーションに適していることである。一方、ミクロモデルは計算量が多く広域的なネットワークに適していないものの、個々の車両の動きを細かく表現することができる。さらに単に数値的な結果が得られるだけではなく、交通状況を視覚的に表しやすいという特徴がある。

2. で述べたように、LRT を考慮するにはミクロな交通流モデルを使用する必要がある。そこで、ここではミクロ交通シミュレーションモデルを用いることにする。作成したシミュレーションモデルは LRT 導入計画の策定に利用されることが考えられるが、その際には LRT 導入後の交通流の状況や、それに伴う周辺への影響を視覚的に表現することにより、市民に対する説得力を備えていることが重要である。ミクロ交通シミュレーションモデルの採用は、この点においても好ましい結果を与えられとえられる。

(2) 基礎とするシミュレーションモデルとその拡張

森津・宇陀らは、交差点改良をはじめとした小規模道路網を対象としたミクロ交通シミュレーションモデルの開発を行ってきた。最初の日ノ峰モデル⁶⁾やそれを拡張した平野モデル⁷⁾として、個々の車両や横断歩行者群の挙動をビジュアルに表示するミクロシミュレーションモデルが作成され、このモデルは VISITOK (Visual Simulator for Transportation System originated in Kobe) として確立されてきた。その主な特徴は次に示すとおりである。

- ・ 0.1 秒間隔を基本とするタイムスキニング方式
- ・ 走行特性に応じたセクションの組み合わせによるネットワーク構成

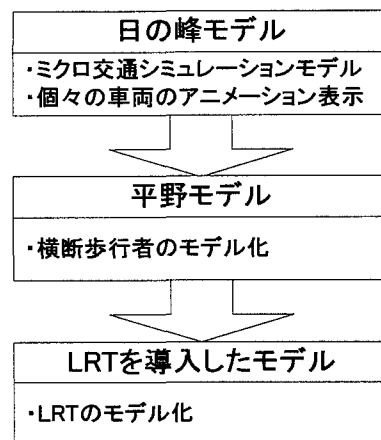


図-1 シミュレーションモデルの展開

- ・ 追従モデルの適用
- ・ 連続的な車両位置
- ・ 正しい縮尺の地図上に描かれた道路ネットワークを使用したアニメーション表示

ミクロ交通シミュレーションモデルと称されるモデルの中にあっても道路交通流を微細に再現することを目指しているモデルであり、シミュレーション結果の表現力にも優れている。そこで、LRT を考慮した交通シミュレーションモデルの基礎として、この VISITOK を採用することにする。

既存のモデルを LRT 導入の評価に適用できるようにするにはいくつかの点で拡張が必要である。すなわち、LRT とその利用者の挙動を表現するモデルを組み込むことは当然であり、さらにそれに付随して自動車車両の挙動も LRT を考慮したものとし、信号制御等の拡張も行わなければならない。これらへの対応を行うものとしたとき、本研究で作成するモデルに至るモデル開発の展開経緯は図-1 に示すとおりである。

4. LRT を考慮した交通シミュレーションモデル構築の前提条件

(1) LRT 導入計画の構成要素

LRT を導入する場合、地域の状況に適する計画が立てられなければならない。そして、その計画内容によって道路交通流への影響も異なると考えられる。あるいは、自動車交通への影響とともに評価しなければならない導入効果も左右される。したがって、作成するシミュレーションモデルは、計画の主な構成要素の相違を反映させることができないとなければならない。そこで、モデル開発に際して LRT 導入計画における主要構成要素を想定し、モデルへの組み込みを図るものとする。

LRT 導入による効果、道路交通流への影響に関係すると考えられるのは、以下の項目である。これらを考慮してモデル拡張を行うことにする。

- ① LRT の車両諸元 (車両長, 加減速)
- ② LRT 優先信号 (信号の内容, 導入箇所)
- ③ 停留所位置
- ④ 運行間隔
- ⑤ 料金収受方式 (乗降時間の違い)
- ⑥ 軌道導入位置 (片側, 中央, 両側)
- ⑦ 軌道敷への自動車車両の乗り入れ禁止の有無

(2) LRT 導入効果の評価

LRT 導入効果の評価は, 一義的には公共交通としての利便性評価がその基礎となる. すなわち, 運行面では速達性 (運行速度等) や定時性 (ダイヤとの乖離, ダンゴ運転の頻度等) が評価項目となり, それを見るためには LRT の運行状況をシミュレーションモデルから出力しなければならない. また利用者側での評価ではその旅行時間が必要であるが, LRT を含む道路交通システム全体としての評価を行うには, 自動車利用者を合わせた総旅行時間を求めることが適切であると考えられる. このためには, 個々の LRT 利用者, 車両の旅行時間もシミュレーションモデルの出力として必要である. したがって, これらを算出できるようにシミュレーションモデルを構成することにする.

(3) LRT 導入時における自動車交通への影響の評価

自動車交通への影響については, LRT 導入前と比較して旅行速度の低下, 旅行時間の増大がどの程度であるかにより評価することができる. 車両の総旅行時間によって全体的な評価は可能であるが, LRT 導入による影響を詳細に分析するためには道路区間別の旅行時間の出力が必要である. これを行うことにより, シミュレーションモデルの適用時には, ケース間比較を実施して LRT システムの諸元と自動車交通への影響の関係を分析することができる.

5. LRT を考慮したシミュレーションモデル

(1) モデルの構成

基礎とするシミュレーションモデルはオブジェクト指向を用いて構築されており, その構成要素はクラスとして表現されている. 従来のモデルでは考慮していなかった LRT を導入するには, その挙動を表すのに必要なクラスを追加しなければならない. そこで, 新たに LRT 用セクションクラス, LRT 車両クラス, 電停クラス, LRT 用信号クラスを設けることにする. これにより, モデルを構成する主要なクラスは表-1 に示すものとなり, モデル構成の概略は図-2 のようになる. 基本的には LRT が優先走行し, 右左折車両は LRT 車両を避けて走行するものとする.

表-1 モデルを構成する主要クラス

クラス名	表現対象
セクションクラス	自動車の走行区間
車両クラス	自動車車両 (普通車・大型車)
信号クラス	自動車車両用信号
LRT 用セクションクラス	LRT の走行区間
LRT 車両クラス	LRT 車両
LRT 信号クラス	LRT 用信号
電停クラス	電停

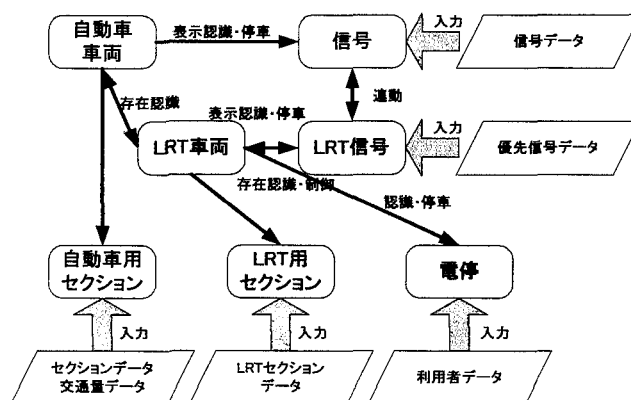


図-2 モデル構成概略図

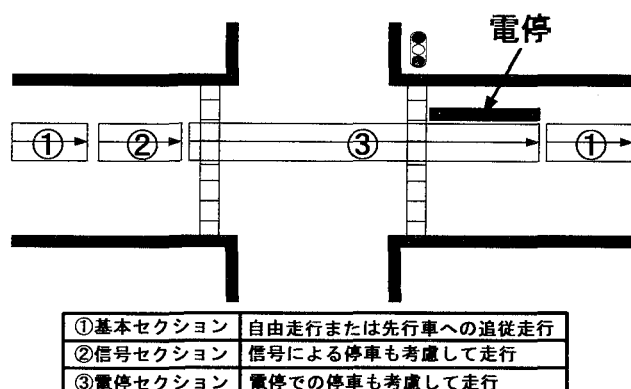


図-3 LRT 用セクションの配置

(2) ネットワークの構成

道路ネットワークは車両の走行特性に応じた種類のセクションを組み合わせて表現されている. これと同様に, LRT の走行路線もその走行特性に応じた LRT 用セクションを定義して表すことにする. すなわち, 基本セクション, 信号セクション, 電停セクションを設けることにする. その配置は図-3 に示すとおりであるが, 走行特性に関しては次節で述べる.

(3) LRT 車両の走行モデル

LRT 車両の走行は軌道上に限られることが自動車車両との大きな相違点である. しかし, 交通シミュレーションにおいては, 自動車の横方向の動きは制限されるか考慮されないことが多い. ここで用いるセクションも車

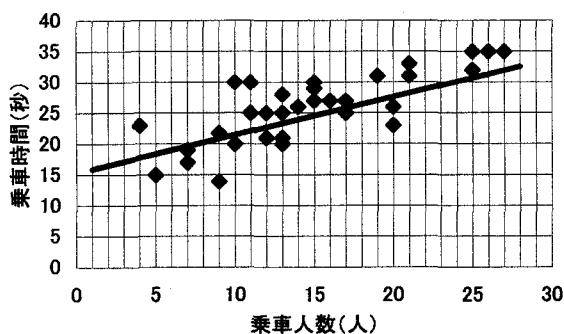


図-4 乗車人数と乗車時間

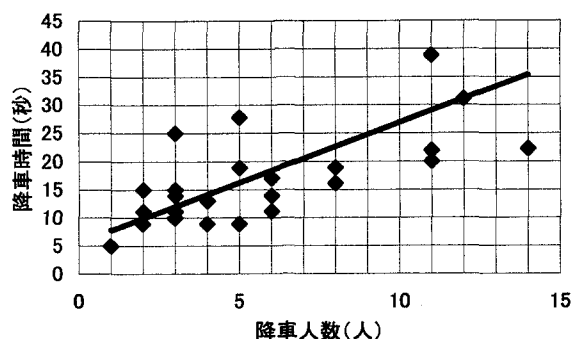


図-5 降車人数と降車時間

両が走行する「軌道」として機能することを基礎として考えられたものであり、従来からの自動車車両の扱いと LRT 車両の扱いに大差はない。また LRT は鉄道であっても閉塞区間を設けて制御されるものではなく、この点においても追従走行を適用した自動車の場合と違いはない。そこで、LRT 車両の走行に関しては、車両の大きさや加減速度などのパラメータは異なるものの、基本的には自動車車両と変わらないものとしてモデル化することにする。ただし、専用のセクションを走行し、電停への停車、利用者の乗降と乗客の管理、運行管理といった公共交通機関としての機能への対応を行う。

電停においては乗客を発生させ、LRT 車両の到着を待たせる。LRT が電停に到着すると、LRT 車両に乗車させ、それぞれの目的地である電停に到着すれば降車させる。このときに各電停で必要な停車時間は乗降する人数に応じて変わると考えられ、LRT のシミュレーションにおいては重要な要素のひとつになる。そこで、LRT ではないが、路面電車における乗降時間を調査し、それに基づいて乗降時間を算出することにする。

調査したのは阪堺電鉄上町線の阿倍野停留所であり、図-4、5 に示す結果が得られた。ただし、乗車口と降車口にはいずれもステップがあり、乗車口は 2 人幅、降車口は 1 人幅である。そして運賃は降車口での収受である。これらから線形回帰式として乗車人数 N_{on} と乗車時間 T_{on} 、降車人数 N_{off} と降車時間 T_{off} に対する式(1)、(2)が求められた。

$$T_{on} = 15.20 + 0.725 \times N_{on} \quad (1)$$

$$R^2 = 0.617$$

$$T_{off} = 5.63 + 2.127 \times N_{off} \quad (2)$$

$$R^2 = 0.523$$

LRT では低床式車両が用いられ、運賃の収受方式にも

何らかの工夫が行われる可能性が高い。その場合は、現在の路面電車よりは短い乗降時間になると考えられる。そこで、乗降に段差がなく運賃収受も行わない地下鉄での乗降時間と同じになるものと仮定し、大阪市営地下鉄で調査を行った。その結果をもとに、扉幅等の補正を行い、次の式(3)、(4)を乗降が改善された LRT における乗降時間の式として用いることにする。

$$T_{on} = 15.20 + 0.325 \times N_{on} \quad (3)$$

$$T_{off} = 5.63 + 0.600 \times N_{off} \quad (4)$$

すなわち、電停に停車したときには 1 人当たりの所要時間が短縮された式(3)、(4)によって必要な乗車時間と降車時間を算出し、その長い方の時間を停車時間とする。もし車両が現在の路面電車と同じ場合は式(1)、(2)を使用するものとする。さらに、乗降口数が異なるような場合には、それにあわせて使用する式に修正を加えるものとする。

以上に述べたことを LRT 走行モデルとしてまとめる。ここで用いているシミュレーションモデルでは車両の加速度(減速度)を決めることにより、その走行をモデル化している。したがって、LRT においてもシミュレーションのスキャンタイムごとに加速度を与えることになり、加速度決定過程のフローは図-6 のようになる。基本となるのは自由走行または追従走行から決定される加速度である。電停セクションあるいは信号セクションを走行中の場合は、電停や信号で停止するための加速度を算出し、それらと先に求めた加速度を比較して小さい値を採用するものである。基本セクションを走行中の場合はこれらの処理は行わない。また、軌道数への自動車の乗り入れを認める場合には LRT 用と自動車用のセクションをオーバーラップさせ、相互の車両を追従走行の対象に加えることになるが、加速度決定のフローは変わらない。

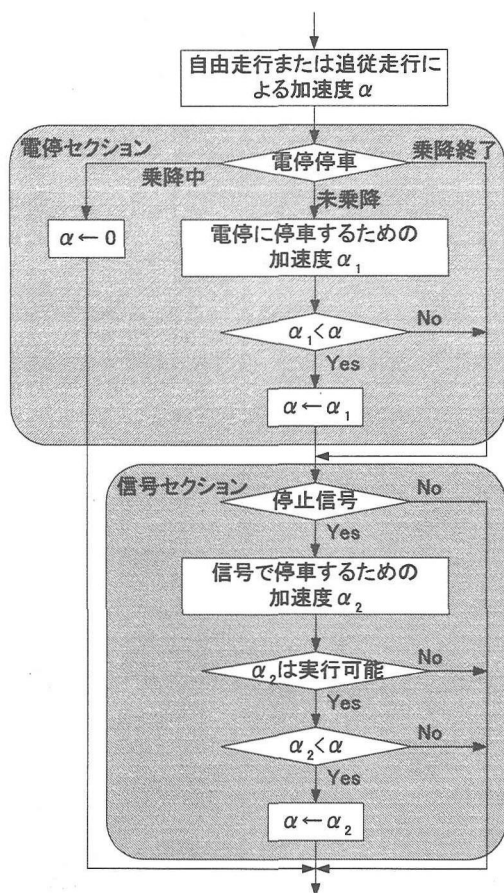


図-6 LRT 車両の加速度の決定

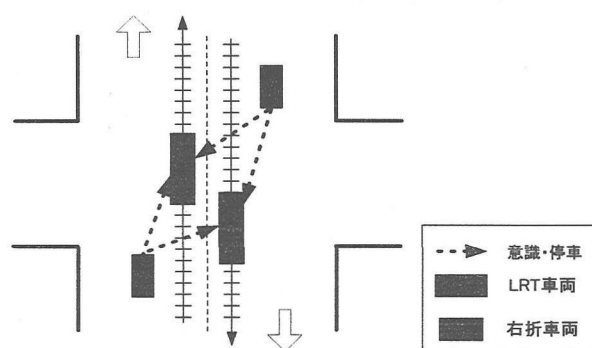


図-7 LRT の道路中央への設置

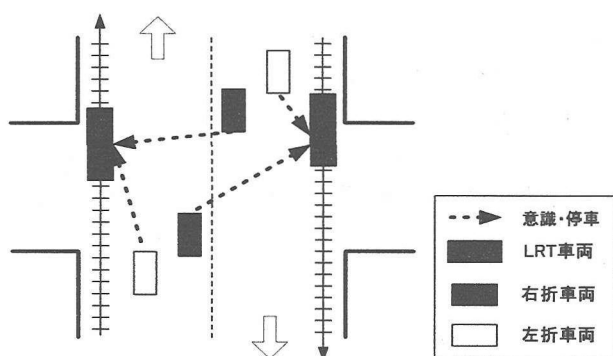


図-8 LRT の道路両側への設置

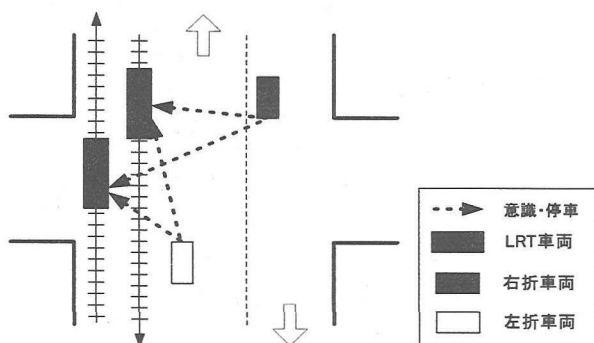


図-9 LRT の道路片側への設置

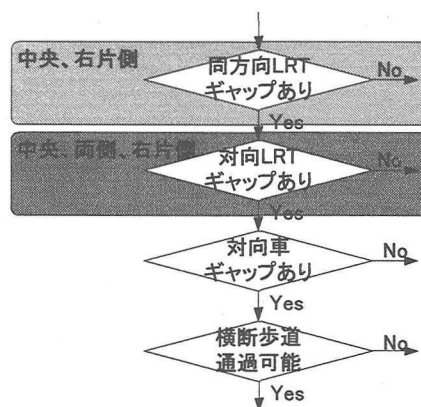


図-10 右折車の進行可否の判断過程

(4) 自動車車両の走行モデルの改良

LRT の導入により自動車車両の走行モデルを改良することが必要になる。軌道敷への自動車の乗り入れを認めないならば、LRT 車両と自動車車両の交錯は交差点での右左折時に生じるのみである。そこで、交差点の通過処理に関する部分を改良することにする。

LRT 車両と自動車車両の交錯状況は軌道の導入位置によって異なることになる。軌道は一般的な道路中央、上下線を分離した道路両側、それに道路片側への設置が考えられる。交差点を LRT が直進するとした場合における、交錯する右左折車両との関係を示したのが図-7~9

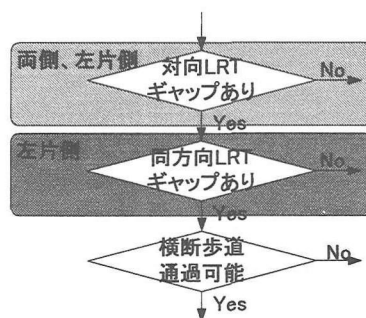


図-11 左折車の進行可否の判断過程

である。進行方向に信号現示が割り当てられているとき

表-2 LRT 導入位置と右左折時の交錯

導入位置	交 錯 対 象	
	左 折	右 折
中 央	—	対向車, 対向 LRT 同方向 LRT
両 側	対向 LRT	対向車, 対向 LRT
左 片 側	対向 LRT 同方向 LRT	対向車
右 片 側	—	対向車, 対向 LRT 同方向 LRT

の右折車, 左折車が進行の可否を判断する過程は図-10, 11 のようになる。これらの図から LRT 導入位置と右左折時の交錯の関係は表-2 に示すようにまとめられる。たとえば左片側に LRT が位置するとき, 左折であっても両方向の LRT 車両の有無を判断せねばならず, 運行頻度によっては大きな影響を受けることになる。その一方で, 左片側に LRT が位置するなら右折車は何の影響も受けないというように, LRT 導入位置は大きな影響を与える。

(5) LRT 優先信号

LRT の走行区間に位置する交差点においては, LRT の走行性を高めるために優先信号を設置する必要があると考えられる。ここでは LRT 優先信号の制御方式はバス優先信号に使用されているもの⁹⁾を用いることにする。すなわち, 青時間終了直前に交差点に到達する LRT 車両をそのまま通過させる青時間延長制御と, 赤時間に到着する LRT 車両に対して赤時間を短くして待ち時間の短縮を図る赤時間短縮制御の 2 つの制御を行う。この場合, 交差側道路の青時間短縮分は次サイクルで補うものとする。

LRT 優先信号に係る制御のフローは図-12 のようになる。ただし, 延長する青時間および交差側信号の赤時間を短縮して与える青時間の始めの部分は LRT 専用現示とし, 他の車両との交錯を避ける。

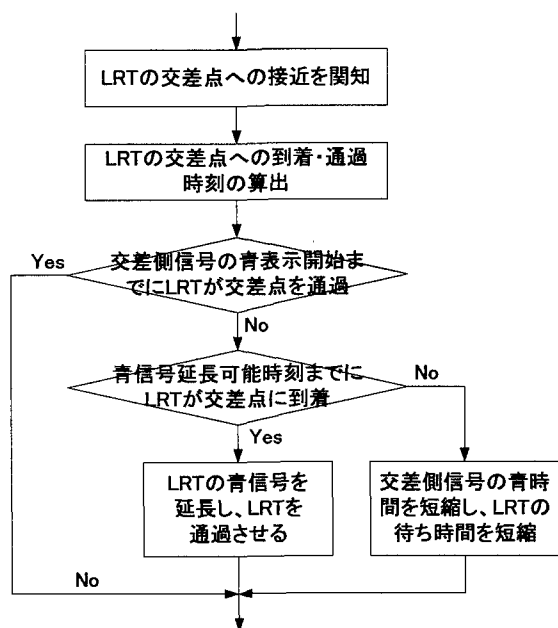


図-12 LRT 優先信号の制御フロー



図-13 対象地域

6. ケーススタディ

(1) ケーススタディの概要

作成した LRT を考慮した交通シミュレーションモデルの動作を確認するとともに, その適用可能性を検証することを目的にケーススタディを行う。図-13 に示す兵庫県尼崎市の阪神尼崎駅周辺 (東西約 750m, 南北約 2300m) を対象としてシミュレーションモデルを適用することにする。開発が計画されている臨海部から阪神尼崎駅を経て内陸部を結ぶ路線を想定し, LRT 導入検討のケーススタディを行うものである。この地域には国道 2 号や国道 43 号が東西を結ぶ幹線道路として位置し, 南北路線となる LRT とこれらの道路との交差部の処理が

大きな課題になると考えられる。その影響をシミュレーションにより評価することが可能であれば, モデルの適用可能性が実証されることが考えられる。



図-14 シミュレーションの実行画面

最初に自動車交通のみを対象に、モデルの現況再現性を確認する。次に LRT を導入する場合に関し、シミュレーションによって計画策定に有用な情報を獲得できるかどうかを調べることにする。なお、LRT 車両は自動車車両と同様の加減速度を発揮できると仮定し、とくに断らない限りは道路中央設置を標準のケースとする。

(2) 現況再現性の検証

交通状況を把握するために、対象地域の交通量調査を平成 11 年 12 月 16 日に行った。これにより、朝のピーク時における主要交差点等での車線別交通量や渋滞長の概略値が得られ、このデータを用いてシミュレーションを行った。セクションは 300 余り、発生台数は約 12000 台/時であり、基礎としたモデルの従来の適用例よりもネットワークは複雑化し、取り扱う車両数も多くなった。しかし、シミュレーションモデルの適用に大きな障害はなかった。

旅行時間などの詳細な調査は実施できなかったため、現況再現性は交差点での信号待ち台数で確認することにした。シミュレーション結果と実測値との相関係数は 0.938 であり、とくに問題はなかった。

(3) シミュレーションによる分析例

(a) LRT 導入による効果と影響

ここでは、LRT 導入効果を公共交通の観点から調べるものとする。LRT を導入しない場合は公共交通に対する需要はバスにより対応しなければならない。そこで、LRT を導入したケースとバスによる輸送を行ったケースとを比較することにする。LRT は標準的な道路中央設置で優先信号を実施し、乗降時間の短縮対策も講じられるものとする。LRT およびバスの運行間隔は、想定した利用者の需要を満たす輸送力が得られるように与えることにする。また、バスはその運行頻度が高いため、バス専用レーンを設け、バス優先信号も実施する条件とする。この場合、バスの走行は実質的に道路両側設置の LRT と差がなく、LRT よりも小型の車両、短い停留所間隔で

表-3 LRT とバス輸送の比較

	LRT	バス
L R T / バスの平均旅行時間	270 秒	330 秒
シミュレーションによる運行ヘッド	最小：71 秒 最大：293 秒 (計画：180 秒)	最小：3 秒 最大：159 秒 (計画：60 秒)
交差道路における自動車の平均旅行時間	52 秒	75 秒
導入道路における自動車の平均旅行時間	189 秒	146 秒

注) LRT/バスの平均旅行時間は約 1.2km の区間を、また交差道路 (国道 2 号) は約 0.3km の区間、導入道路は約 0.8km の区間の時間を示す。

高密度運行となることが違うのみである。

シミュレーションの実行画面は図-14 に示すとおりである。そしてシミュレーションの結果は表-3 のようになった。バスによる輸送の場合、1 台当たりの輸送力が小さいために高密度な運行とならざるを得ない。バスを待つ客は時間経過とともに増加するため、バスの遅れはそれ待つ客の増加、それに伴う乗降時間の増大の結果として遅れを拡大することになる。運行間隔が短い場合は直ちに後続のバスが追いつくことになり、バス運行がダンゴ運転の状態となる。この状態が生じたことは表-3 から明らかである。ダンゴ運転になっても後続のバスは追い越しができず、遅れが波及してバス全体の平均旅行時間も大きくなることになる。公共交通としての定時性・速達性が損なわれていると言えよう。これに比較すると、LRT の運行は安定している。信号の影響を受けるために運行間隔にばらつきは生じるが、バスの場合のような極端な変動は見られない。

自動車交通への影響を見ると、LRT 導入により並走する自動車の平均旅行時間は増大している。これは LRT によって右折が妨げられることがその原因であると考えられる。しかし、一方で着目している交差道路における自動車の平均旅行時間は LRT の方が短くなっている。これは多数のバスが少数の LRT 車両に置き換えられたことによる効果であると考えられる。LRT 導入の可否はこれらを総合して判断されなければならない。

LRT を導入すべきか否かを決めることはケーススタディで目的とするところではない。ここで明らかになったことは、LRT とバスによる輸送の比較や自動車交通への影響の検討において、作成した交通シミュレーションモデルの適用が有効に機能したということである。

(b) LRT の導入位置の検討

LRT 導入を検討する際に LRT を道路横断面のどの位置に配置するのがよいのかが議論されている。すなわち、従来からの路面電車で一般的に用いられているように道路中央のままでよいのか、あるいは両側や片側に導入し

表-4 LRT 導入位置による比較

	道路中央	道路両側	道路片側
L R T の 平 均 旅 行 時 間	270 秒	266 秒	269 秒
交 差 道 路 に お け る 自 動 車 の 平 均 旅 行 時 間	52 秒	64 秒	65 秒
導 入 道 路 に お け る 自 動 車 の 平 均 旅 行 時 間	189 秒	207 秒	222 秒

注) LRT／バスの平均旅行時間は約 1.2km の区間を、また交差道路 (国道 2 号) は約 0.3km の区間、導入道路は約 0.8km の区間の時間を示す。

た場合にはどう違ってくるのかが問題となっている。これは、本来まちづくり全体の中で検討されなければならないことであるが、自動車交通への影響が大きな決定要因のひとつであることは違いない。そこで、ここでは道路中央、両側、片側に LRT を設置したケースを想定し、その違いをシミュレーションによって明らかにできるかどうかを調べる。5. (4) で述べたように、各ケースでは交差点部で LRT が右左折車両へ与える影響が異なる。そこで、並走する自動車の平均旅行時間を比べることにする。なお道路片側設置の場合、LRT 導入道路からは東方向へ曲がる車両が多いことを考慮し、道路西側への設置案とする。

シミュレーションの結果は表-4 のようになった。LRT の平均旅行時間は導入位置の違いによりほとんど差はなかった。しかし、交差道路および LRT 導入道路を走行する自動車への影響には差が見られた。ここでは道路中央の場合が最も旅行時間が短く、両側、片側の順であった。これらは LRT 車両と右左折車両の交錯による直接的影響だけでなく、LRT 導入位置によって信号現示の設定が異なる間接的影響も受けた結果であると考えられる。

LRT 導入位置による違いは右左折交通量によって変化するものであり、個々の地域で詳細に分析を行わなければならないものである。ここで得た結果は何ら一般性を持つものではないが、シミュレーションモデルを使ってそのような分析が可能であることは示された。

(c) LRT 優先信号化による効果と影響

LRT を近代的なシステムとするためには LRT 優先信号を導入することは不可欠である。一方で、LRT 優先信号の導入は自動車交通に影響を及ぼすことになる。したがって、LRT 優先信号の導入によってもたらされる LRT の走行性の向上効果と自動車交通への影響を把握することが重要であり、この分析を試みることにする。すなわち、5. (5) で述べたように LRT 優先信号を実施して LRT 車両が接近したときに青時間延長、赤時間短縮を行った場合と、それを行わない場合とを比較する。ここでは青時間延長は最大 10 秒とし、交差側現示の青時間は 30 秒を確保すればそれを超える時間は短縮可能である

表-5 優先信号導入の有無による比較

		優先信号導入	優先信号非導入
LRT の平均旅行時間		270 秒	348 秒
導入道路における自動車の平均旅行時間		189 秒	193 秒
交差道路における自動車の平均旅行時間	国道 2 号	52 秒	46 秒
	国道 43 号	66 秒	25 秒

注) LRT／バスの平均旅行時間は約 1.2km の区間を、また交差道路 (国道 2 号) は約 0.3km の区間、導入道路は約 0.8km の区間の時間を示す。

表-6 乗降時間短縮施策の導入の有無による比較

	乗降時間短縮施策導入	乗降時間短縮施策非導入
LRT の平均旅行時間	270 秒	319 秒

注) LRT／バスの平均旅行時間は約 1.2km の区間の時間を示す。

ものとする。

シミュレーションの結果は表-5 のとおりである。LRT の平均旅行時間は約 80 秒短縮され、優先信号が LRT の走行改善に重要な役割を果たすという結果であった。自動車の平均旅行時間は導入道路ではほとんど変わらなかったが、交差道路では大きく増加している。飽和度の高い幹線道路の青時間短縮は重大な影響を及ぼす可能性があることを示唆する結果であると考えられる。

LRT 導入の検討時には、LRT の走行改善と自動車交通への影響を総合評価し、優先信号化の可否判断が要求される場面が考えられる。この場合、あらゆる交通利用者の総旅行時間を最小化することがすべてではないが、基本的に検討する価値を有すると考えられる。いずれにしても、優先信号の導入はシミュレーションの実施により、慎重な検討が必要であることが示されたと言えよう。

(d) LRT の乗降時間短縮施策の有無による効果と影響
LRT の表定速度を高くするためには乗降時間の短縮が必要である。すでにバスや路面電車に低床式車両を用いることがバリアフリーの観点から進められているが、これも乗降時間の短縮には効果的である。しかし、我が国の場合には料金の収受に要する時間が課題になっている。そこで、LRT の乗降時間の短縮施策 (低床式車両、チケット canceller や IC カードの導入) によって、LRT の旅行時間をどれだけ短縮できるかを調べることにする。すなわち、乗降時間の短縮施策を導入しない場合には従来の路面電車と同様の乗降時間が必要であると仮定し、乗降客数と乗降時間の関係式として、5. (3) で示した式(1)、(2)を用いる。そして、十分な乗降時間短縮施策が行われた場合には乗降時間は一般通勤電車と同様

になると仮定し、式(3)、(4)を用いることにする。

シミュレーションの結果は表-6 のとおりである。ここで示すLRTの平均旅行時間はシミュレーション対象範囲のうち、中間に2電停を含む約1.2kmの区間をLRT車両が走行するのに要するに時間を平均したものである。乗降時間短縮施策の効果は主として電停での停車時間の短縮として得られる。高密度運転の場合は乗降時間の短縮は遅れが後続車に影響することを防止するのにも有効であるが、ここでの例では表-3 に示したようにダング運転となるような極端な状態は生じていない。

7. おわりに

ここではLRT導入に伴う交通計画再検討に際してミクロ交通シミュレーションモデルを適用することを提唱し、LRT導入効果とその影響を明らかにできる交通シミュレーションモデルの開発を行った。モデルの作成に当たっては、LRTを考慮したシミュレーションモデルの要件を考察し、それをもとに既存の交通シミュレーションモデルの改良を行った。すなわち、LRT走行モデルを自動車走行モデルを基礎に公共交通としての機能を追加して作成し、自動車車両走行モデルもLRTとの交錯を考慮するように改良した。また、LRT優先信号のモデル化も行った。

次に、作成したシミュレーションモデルの動作の確認とその適用可能性を調べるためにケーススタディを行った。ケーススタディにおける分析例として、LRT導入による効果と自動車交通への影響にとどまらず、道路におけるLRT軌道の設置位置による違いやLRT優先信号の効果と影響、乗降時間短縮施策の効果と影響の分析を取り上げた。これらの結果、作成したシミュレーションモデルがLRT車両と自動車車両の相互作用を表現し、LRT導入効果や影響の把握に有効であることが実証された。さらに、数値として得られるものではないが、ビジュアルなシミュレーションの実行画面では道路上における自動車車両とLRT車両相互の関係を容易に把握することが可能であった。これは一般市民を交えてLRT導入計画を議論するような場合に役立ち、作成したシミュレーションモデルは計画策定への住民参加を支援するツールとして有効であると考えられる。

LRTを考慮したシミュレーションモデルとして一応の完成を見たが、モデルは必ずしも十分なものとは言えない。たとえば、本研究では考慮していない駐停車車両の影響をモデル化することは、早急に取り組まなければならない課題である。さらに、路面電車が走行する地域における大規模な調査を行ってシミュレーションモデルの検証(Validation)を実施することが最大の課題であり、それとともに多様な分析への適用可能性の向上を図っていきたい。

参考文献

- 1) 西村幸格, 服部重政: 都市と路面公共交通, 学芸出版社, 2000年12月.
- 2) RACDA: 路面電車とまちづくり, 学芸出版社, 1999年5月.
- 3) 佐佐木綱 監修, 飯田恭敬 編著: 交通工学, 国民科学社, 1992年4月.
- 4) 交通工学研究会編: やさしい交通シミュレーション, 丸善, 2000年6月.
- 5) 中川大, 伊藤雅, 小出泰弘: 公共交通と自動車交通を統合した都市交通シミュレーションシステムの構築, 土木情報システム論文集, Vol.7, pp.97~104, 1998年10月.
- 6) 宇陀正志, 森津秀夫: 小規模道路網を対象とした交通シミュレーションモデル, 第19回交通工学研究発表会論文報告集, pp.69~72, 1999年12月.
- 7) 宇陀正志, 森津秀夫, 山下知也: 横断歩行者を考慮に入れた交通シミュレーションモデル, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集, 2000年.
- 8) 桐生典男: 交通信号の高度化の歴史, 交通工学, Vol.35, No.6, pp.15~20, 2000年11月.

LRT 導入に伴う交通計画再検討支援ツールの開発

森津秀夫・木村文彦・大江洋史・飯田祐三・野寺寿雄・高木真志・森山敏夫

欧米諸国における LRT 導入事例の増加とともに、我が国でも LRT 導入の気運が高まっている。しかし、LRT を導入しようとする、道路空間を自動車と分かち合わねばならず、自動車交通への影響は避けられない。したがって、LRT を導入する際には道路交通流に生じる変化を予測し、効果と影響を的確に評価して適切な計画を立案することが必要である。そのような LRT 導入に伴う交通計画の再検討にはマイクロ交通シミュレーションモデルを用いることが適している。そこで、LRT を扱うことができる交通シミュレーションモデルを開発し、ケーススタディによってその有効性を確かめた。

A Development of Supporting Model of Transportation Planning as Introduction of Light Rail Transit

*Hideo MORITSU, Fumihiko KIMURA, Hiroshi OOE, Yuzo IIDA, Toshiro NODERA,
Masashi TAKAGI and Toshiro MORIYAMA*

As the LRT introduction example is increasing in European and American countries, the tendency of the LRT introduction heightens even in Japan. However, because the road space is shared with the automobile, the effect on the auto traffic must be considered when the LRT is introduced. Therefore, they need to predict the change in the traffic flow and draft the appropriate plan by evaluating the effect accurately. The micro traffic simulation model is suitable for the reexamination of traffic planning with such LRT introduction. Then we developed the simulation model and ascertained the validity of using it through case studies.
