

# 1511 L R Tの導入方策に関する検討

## A study on the development of LRT system in Japan

○前田 勝 ((財)運輸政策研究機構) 正 [土] 伊東 誠 ((財)運輸政策研究機構)

鈴木 啓史 ((株)三菱総合研究所)

Masaru MAEDA, Institution for Transport Policy Studies, 3-18-19, Toranomon, Minato-ku, Tokyo

Makoto ITO, Institution for Transport Policy Studies

Hirofumi SUZUKI, Mitsubishi Research Institute, Inc.

This paper shows the measures to introduce LRT systems to the cities in Japan. We clarify the characteristic and role of LRT system and organize the problems for development of LRT in Japan. We present the countermeasures for them, especially concrete measures for improvement of the operating speed and punctuality.

*Key Words* : LRT, LRV, Schedule speed, Transportation capacity

### 1. 研究の背景と目的

LRT(Light Rail Transit)は、軌道系交通機関であること、道路平面上の走行を基本とすることにより、ネットワークの明確性、高い定時性、上下移動の無い乗降が可能といった特徴を有し、高齢者や若年層はもとより市民にとって身近で利便性の高い都市内交通機関である。我が国においても、さらに法制度面での対応や補助制度の充実等により、より有効なものとなる可能性が高いと推測される。

しかし、我が国の現状を見ると、LRT整備に関する検討は数多く見受けられるものの、新規のLRT整備のみならず既存路面電車のLRTへの移行にすら至っておらず、一部路面軌道事業者でのLRV(低床式新型車両)導入に止まっているのが現状である。

一方、欧米における成功事例を見ると、LRTの導入においても、速達性、快適性、利便性等達成のためのハード、ソフト両面の様々な工夫がなされているとともに、鉄道線への乗り入れ、バス等他モードとのシームレスな連携やP&R、トランジットモール化等、都心の空間づくりとの連携、総合的なTDM施策等、多くの施策の組合せで、大きな効果を生み出しているといえることができる。

本研究では、LRTの特性と役割を明確化すると共に、LRT整備を進める上で課題となる事項を整理し、LRT導入に向けた課題のうち、特に速達性・定時性向上に向けた施策について検討する。

### 2. LRTの特性と役割

#### 2.1 LRTとは

LRT(Light Rail Transit)という呼称は、1970年代にアメリカ合衆国に残っていた旧来の路面電車システム全体のグレードアップを連邦交通省が手がけるにあたり、ストリートカーやトロリーと呼ばれていた旧来の路面電車の持つ古いイメージを払拭するために新たにつけられた呼称である。同時に、アメリカ合衆国で開発されていた新型の

LRT車両をLRV(Light Rail Vehicle)と呼ぶことも決められた。しかし、LRTの明確な定義は定められておらず、旧来の路面電車を高度化したものとの位置づけにとどまっている。

本研究では、LRTを『従来の路面電車から走行環境、車両等を向上させたもので、道路空間、鉄道敷等の既存インフラも有効活用し、高い高速性、定時性、輸送力を持った、人や環境に優しい都市公共交通システム』として定義する。具体的には、既存路面電車の高度化を図り、以下の要件を満たすものとする。

なお、LRTには、既存路面電車の機能を高度化したものと、新規整備の2つの形態がある。我が国では既存路面電車の高度化として、新型LRV等の導入を図っている事業者も見られるが、2.2に示す要件の多くを満たすものはなく、LRTには至っていない。

LRTの軌道敷は、利用空間により以下の2つに分類される。

「併用軌道」: 道路上その他の公衆の通行する場所に敷設した軌道

「専用軌道」: 上記以外の専用の敷地に敷設した軌道(軌道法上は「新設軌道」)

なお、本稿では、専用の敷地に敷設した軌道は「専用軌道」として標記している。

#### 2.2 LRTの特性と役割

##### 2.2.1 速達性・定時性の確保

海外のLRTの表定速度は優先信号化、専用軌道化等により、20~40km/hと我が国路面電車の表定速度よりも高く、速達性が確保されている。また、路線バスと比較しても、速達性の面で優れている。

Table 1. Comparison of schedule speed

Transportation facilities	Shared tracks(km/h)	Exclusive tracks(km/h)
LRT (overseas)	About 25	About 30
Tram car (Hiroshima Electric Railway Co.,Ltd)	About 11	About 35
Ordinary bus (Japan)	About 15	—
Key Route Bus with exclusive lane	—	About 20
Guideway Bus (Shidami Line)	About 20	About 30

2.2.2 輸送力

LRTはボギー車による運転から、連節車両の運転、さらにはその連結等により、需要のニーズに柔軟に対応が可能である。連節車両の導入等により路線バスをはるかに上回る輸送力の確保が可能である。

Table 2. Comparison of transportation capacity

Transportation facilities	Riding capacity (p)	Transportation capacity (p/h)
LRV(GreenMover : Hiroshima Electric Railway Co.,Ltd)	240	14,400
Tram car(bogie car : Hiroshima Electric Railway Co.,Ltd)	120	7,200
Ordinary bus	80	4,800
Articulated bus (Keisei Bus Co., Ltd)	140	8,400
Guideway Bus (Shidami route)	80	9,600

※Operational headway: 30 seconds(Guideway Bus), 60 seconds (the others)

2.2.3 優れた乗降性・快適性・環境保全

バスとLRTの同一ホーム共用、P&R駐車場の整備、鉄道線との直通運転化等による優れた直結性・乗り継ぎ利便性向上策が進められており、歩行空間からの近接性、低床車両の導入等によるバリアフリー化への対応策により、高齢者、障害者にとっても利用しやすい交通機関である。

また、電力を動力源とするため、温暖化ガスの排出も少なく、省エネルギーでクリーンな交通機関である。

2.2.4 自動車交通量抑制との連携と中心市街地の活性化

中心市街地のトランジットモール化など、自動車交通量抑制との連携による中心市街地の活性化にも寄与している。

2.2.5 建設コストの低廉性

LRTは軌道関連設備等のインフラ整備面で他軌道システム(特に鉄道)に比べて建設コストの低廉性が期待できると共に、整備空間確保の面でも建設コストの低廉化が期待できる。

2.2.6 公共主体による建設・運営

欧米では国・都市圏等の公共主体主導による建設・運営の形態が多く、運営費補助の割合も全国平均で約50%に達するほど高い。

2.2.7 トータルシステムとしてのLRTの整備

LRTの導入を進めるためには、その特性を十分に発揮できるように、単独の交通システムとしてだけでなく、様々な都市交通施策、都市計画施策等との一体的な取り組みが不可欠であり、これらのまちづくり施策実施と合わせた『トータルシステム』として整備することによってはじめて、その優れた特性をより効果的に発揮することができる。

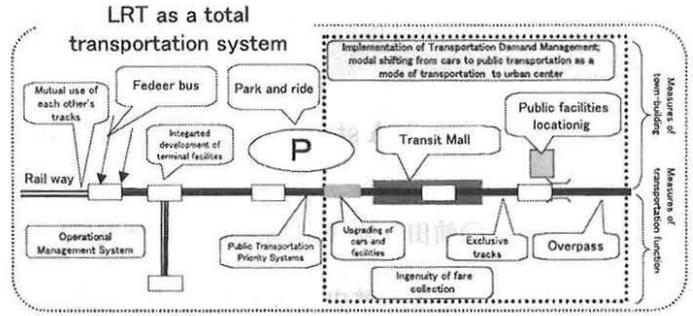


Fig.1 Image of LRT as a total transportation system

3. 速達性および定時性向上についての施策検討

海外におけるLRTと我が国の路面電車を比較すると、公共交通機関において最も重要な要素である速達性・定時性の面で大きな違いがあることがわかる。そこで本研究では路面電車の速達性・定時性向上に関する施策を検討する。

我が国の代表的な路面電車である広島電鉄の併用軌道区間での表定速度はピーク時で10.8km/hである。また、総所要時間に占める信号待ち時間の占める割合は約30%、電停での乗降時間の占める割合は約15%である。

したがって、路面電車・LRTの速達性を向上するためには、上記時間を短縮することが有効な方策であると言える。ここでは信号待ち時間の短縮に資する優先信号化の効果と、乗降時間短縮に資する効率的な乗降方法に関する検討結果を整理する。

3.1 速達性・定時性向上に資する信号待ち時間短縮事例

3.1.1 信号のオフセット設定による電車優先策事例

ここでは信号のオフセット設定による電車優先策事例として、滋賀県内の京阪電鉄京津線における上栄町駅～浜大津駅間の併用軌道区間では、交通信号のオフセットを利用した電車優先策を紹介する。

この区間には、交通信号機が設置された5つの交差点(京町二丁目・京町一丁目・中央一丁目・浜大津一丁目・浜大津駅前。ただし、京町二丁目は調査時未供用)がある。また、この区間の電車の運行本数は80本/日程度であり、朝夕のラッシュ時では10分間隔(片方向)で運行されている。

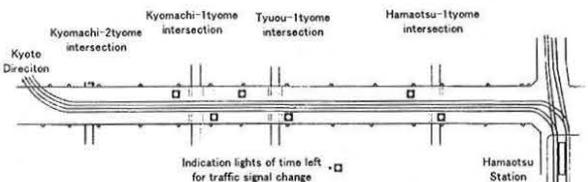


Fig.2 Schematic diagram of the section of shared tracks in front of Hamaotsu Station

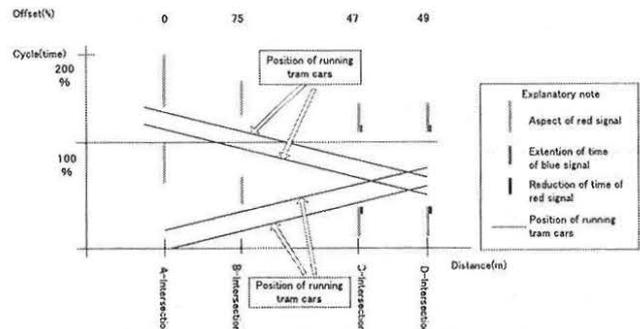


Fig.3 Image of offset method of traffic signal control

この併用軌道区間は約700mであるが、京阪電鉄京津線は京都市交通局の地下鉄東西線と相互直通運転をしているために、特に京都方面の円滑な運行が必要とされる。そこで、併用軌道区間での京都方面への運行ダイヤの乱れを可能な限り抑制するため、交差点間でオフセットを設定することにより交差点でのスループンドを確保し、交差点で電車が停止しないで通過できるよう工夫されている。その結果、併用軌道区間内での運行ダイヤの乱れは年間を通じてほとんど発生していない。従って、交通信号の制御が運行の定時性確保に寄与しており、鉄道事業者と交通管理者と綿密な協議の上に実施されている良い事例と言える。

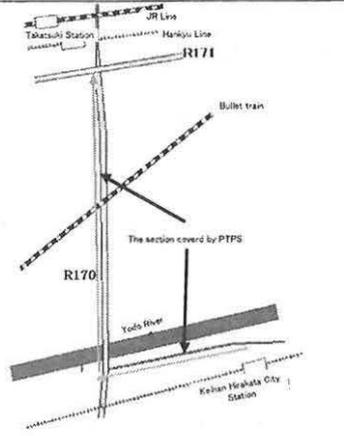
### 3.1.2 PTPSを用いた公共車両優先システム事例

我が国では、路線バスに対してIT技術を活用した公共車両優先システム(PTPS)が導入されており、旅行時間の短縮等に効果を上げている。従って、今後、LRTや路面電車にも公共車両優先システムの適用が期待されている。

PTPS (Public Transportation Priority Systems)とは、警察庁がITSの一環として研究開発から実用化ならびに整備を行っている、新交通管理システム(UTMS: Universal Traffic Management System)の8つのサブシステムの1つに位置づけられたシステムである。公共交通の通行の優先にあたっては、バス等が光ビーコンの下を通過した際に、光ビーコンがバス等に搭載された車載装置からの専用IDを受信し、交通管制センターに送信する。次に、交通管制センターは、受信した専用IDから走行地点や行き先などを判別し、バス等が先の信号機で停止しないように、あるいは停止時間を最小として走行が出来るように信号機の制御を実施することで、公共交通車両の優先的通過を実現させる。加えて、バス専用レーンを違法に走行している車両に対して警告を行うことも可能である。

大阪府警では、平成13年3月25日(月)より、枚方市および高槻市においてPTPSの運用を開始した。導入システムの概要は、以下のとおりである。

Table 3. The outline of PTPS in Hirakata area

Bus route	
	
PTPS system covers about 6.3km(from Rapport Hirakata-mae intersection on Kyoto-Moriguchi Route in Hirakata City to Hatcho-nawate intersection on R170 in Takatsuki City)	
Infrared beacons	12 points(15units)
Warning system against illegally-parked cars	1 point(1 unit)
Buses with on-board communication unit	53 cars

大阪府警の報告によると、PTPSの運用時の旅行時間に関する効果は以下のとおりである。光ビーコンによる旅行時間の計測では、バスレーン専用規制時間帯(7:00~9:00)で、平均5.3分(約18.0%)の短縮が見られた。朝夕のラッシュ時を含む午前6時から午後8時までの時間帯では、平均約2.6分(約12.3%)の短縮が見られた。

Table 4. Average speed observed by infrared beacons

Time	Before introduction	After introduction	Effect	
	Travel time (m)	Travel time (m)	Travel time (m)	Saving travel time rate (%)
7:00~9:00	29.5	24.2	-5.3	18.0
~8:00	31.0	27.5	-3.5	11.3
~9:00	28.2	21.3	-6.9	24.5
6:00~20:00	21.2	18.6	-2.6	12.3

なお、平成14年12月末現在で、20都道府県の61路線、計約314kmで運用されており、バス運行の定時性確保、バスの信号停止時間の短縮、バスの右折車線への車線変更時、またはバスベイから本線への合流時における安全性の確保、バス専用レーンを走行する違法車両の減少に効果を上げている。

### 3.1.3 速達性・定時性向上に資する乗降時間短縮事例

乗降時間の短縮は、表定速度向上に大きく寄与するとともに、利用者利便性の面からも効果が大きい。効率的な乗降について、ハードならびにソフトの両面から検討を行った。ハード面では、超低床車両の導入の動きが全国的に活発化しているが、電停の嵩上げによる対応等も実施されている。ソフトの面では、海外ではチケットキャンセル方式の採用が多いが、我が国の文化にはなじみにくい等、懐疑的意見もあることから、非接触ICカード(平成14年7月7日より東急世田谷線で導入された)の活用可能性について整理した。

乗降時間の短縮には多扉乗降が最も効率的であるが、そのためには現在の運賃収受システムでは車掌の乗車が必要となる。一方、連節車両の導入により扉数は増加する傾向にあり、車掌の配置は経営上困難であることから、運賃収受の自動化が求められる。そこで、一つの方法として、東急世田谷線で導入された非接触ICカードの活用が考えられる。これは乗車時にカードリーダーにICカードをかざすことにより運賃収受を行うものであり、現金扱いの扉を運転席側に限定することにより、車掌の乗車無く多扉乗降が可能となる。また、ICカードをカードリーダーにかざすという行為が発生することから、無賃者に対しては周囲の乗客の目が抑止力になると考えられる。(現状の世田谷線では、後部側乗車口に車掌が乗務する形態をとっている。)

### 3.2 シミュレーションによる優先信号化効果の検証

LRTの速達性・定時性・輸送力の向上(ここでは表定速度向上)を目的とした施策メニューとして、優先信号化に加え、「LRV化・最高速度規制の緩和による走行速度の向上」「編成長の長大化」「運行頻度の増加」を設定し、仮想的な道路ネットワークにおいて各施策を導入した場合の効果と影響について、街路シミュレーションを活用することにより、定量的検討を行った。なおここでのLRV化とは、従来の路面電車車両を欧米のLRV車両並に加減速性能を向上させたものことである。

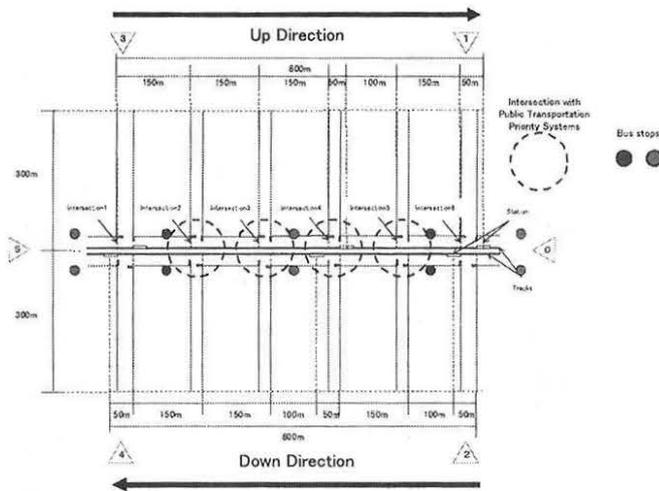


Fig.4 Road network for the simulation

### 3.2.1 LRV化・走行速度の向上(最高速度規制の緩和)

車両をLRV化(ケース1→2)することで表定速度が0.7km/h(14.7→15.4km/h)、LRV化に加えて優先信号の組み合わせ(ケース1→3)で1.4km/h(14.7→16.1km/h)、更に最高速度を60km/hへ緩和する(ケース1→4)ことで2.7km/h(14.7→17.4km/h)の表定速度の向上が図られた。LRV化・最高速度の規制緩和と優先信号の組み合わせは、表定速度の向上に大きく寄与することが検証できた。

### 3.2.2 編成長の長大化による表定速度への影響

LRV化に加え編成長を30mに長大化した場合の影響と効果(ケース2→5、3→6)を見たが、優先信号の実施においても編成長の長大化はほとんど影響はなく、編成長の増大による表定速度に大きな差はなかった。

### 3.2.3 運行頻度の増加による表定速度への影響

運行頻度の増加を行った場合(ケース3→7、6→8)の影響と効果を見た。これは路線バス1編成あたりの乗車人員は路面電車のおよそ2/3であることから、路面電車と同等の輸送力を路線バスに期待した場合、路面電車の運行間隔が3分ならば、路線バスならば運行間隔を2分にしなければならないことを考慮したものである。2分に1本の高頻度では、いずれのケースも優先信号の実施にかかわらず、団子運転が発生し旅行速度の低下を招いている。

Table 5. Result of the simulation

Measures	Improvement of operating speed by introduction of LRV and relaxation of max speed regulation				Extension of composition		Increasing of frequency of operation	
	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6	Case7	Case8
Type of train	Tram car	LRV	LRV	LRV	LRV	LRV	LRV	LRV
Max speed(km/h)	40	40	40	60	40	40	40	40
Priority signal	Without	Without	With	With	Without	With	With	With
Operational headway (min)	3	3	3	3	3	3	2	2
Length of composition(m)	13	13	13	13	30	30	13	30
Schedule speed(km/h)	14.7	15.4	16.1	17.4	15.5	16.0	15.0	13.5

## 4. 検討課題

本研究では、LRVの特性と役割を明確化すると共に、LRV整備を進める上で課題となる事項を整理し、LRV導入に向けての課題のうち、特に速達性・定時性向上に向けた施策について検討した。その結果、優先信号化や効率的な乗降方法など適切な施策を施すことによって、ある程度の速達性・定時性向上が期待することができ、既にそのような試み行われつつあることも確認できた。

しかしながら我が国においてLRV導入の実現のためには、以下に示すように克服しなければならない課題が数多く残されている。

### 4.1 整備計画に関わる課題

LRV導入のためには、最初に導入を検討する都市の目指すべき“まちづくり”のあり方を明らかにし、一交通機関としてだけではなく、都市の活性化にも資する都市の装置として、LRVを都市計画の中で位置づけていくことが重要である。

都市交通体系の整備方針に基づき、公共交通機関整備の必要性を明らかにした上で、公共交通機関の整備方針の検討を行う必要がある。ここで、都市環境・道路交通環境・自然環境の改善にも留意し、TDM施策の検討等を通じた、自動車交通と公共交通との機能分担の考え方の明確化を図る事が重要である。

都市における自動車との関わりをどうしていくのか、LRVを生かすためには、都心部において車の流入を規制する必要がある。場合によっては、トランジットモールなどにより自動車交通を排除することも必要である。

また社会実験などを通して沿線住民などの合意形成を図ることも重要である。

### 4.2 事業化に関わる課題

導入しようとするLRVがサービス面等で優れたものでなければならないのは言うまでもないことであり、速達性・定時性を確保するための適切な施策、利便性向上策の一貫として適切な運賃制度の設定が必要である。

### 4.3 規制緩和・制度拡充に関わる課題

LRV整備に関わる補助制度は近年拡充されつつあるが、欧米における整備・運営補助と比較しても十分とは言いがたい。このことが事業採算面でLRV導入実現のネックになっていることも事実であり、更なる補助制度の拡充が求められる。

さらには、LRV速達性・定時性向上のため、一定の条件のもとで併用軌道内での法定最高速度を検討することも必要である。

## 謝辞

本研究は、運輸施設整備事業団の補助金による平成14年度都市鉄道整備基礎調査の「まちづくりと連携したLRVの導入に関する調査」(座長: 田村亨室蘭工業大学教授)の成果の一部をとりまとめたものである。調査ワーキング会においては、森地茂先生(東京大学)、中村文彦先生(横浜国立大学)をはじめとする諸委員の方々から貴重なご意見をいただいた。また事例収集等に際し、滋賀県警、大阪府警ならびに関連する鉄道事業者の方々にご協力をいただいた。ここに感謝する次第である。