

S9-2-8.

日本におけるライトレールの発展

[機] 大野 寛之 (交通安全環境研究所)

Growth of Light Rail Transit in Japan

OHNO Hiroyuki (National Traffic Safety and Environment Laboratory)

1. はじめに

我国がモータリゼーションの進展とともに路面電車を次々と廃止していた頃、ヨーロッパにおいては新しいタイプの路面電車の開発が進み、新タイプの路面電車は 1980 年代になると「ライトレール」と言う名で呼ばれるようになってきた。1990 年代に入ると、この動きはさらに加速して行き、1994 年にフランスのストラスブールに導入された斬新なデザインの車両 (図 1) は世界中に衝撃を与え、10 年を経た今日においても、ライトレールの手本として多くの人々が視察に訪れている。

一方我国において、路面電車は「過去の遺物」のような扱いで、その利便性を知らない多くの国民からは「旅行先で見る、郷愁を誘う珍しい乗り物」程度にしか見られていなかったきらいがある。しかし、そうした我国の状況の中でも欧米でのライトレールの普及について関心を持つ人も少なからず存在していた。そうして 1997 年には、かねてより路面電車の近代化に積極的であった熊本市交通局がドイツの低床台車を用いた国内初の 100%低床車両 (図 2) の運行を開始した。その後、広島や岡山などで低床車両の導入が続き、国産の低床車両もあちこちで走り始めている。

しかし残念なことに我国においては、既存路線への低床車両の導入はある程度進んだものの、海外に見られるような新規路線の開設 (廃止路線の復活も含む) や、信号等も含めたシステム全体の更新は、これまでの所見られていない。そのため「日本にはライトレール車両 (以下 LRV と表記) は存在するが、ライトレールシステム (以下 LRT と表記) は存在しない」と言われてしまうのが現状である。

本稿では我国における LRV の導入と開発の歴史を振り返りつつ、これからの LRT システムの発展の可能性について考えていくこととしたい。

2. 日本における LRV の導入と開発の流れ

LRV・LRT については人によって様々な定義があるが、ここでは LRV については乗降容易な低床部を持ち駆動システム等を高度化した新型路面電車の車両とし、LRT は優先信号や専用軌道あるいは普通鉄道への乗り入れ等の手法で高度化した路面電車システムとして定義したい。

上に書いたとおり、我国に初めて導入された LRV は熊本市交通局 9700 型車両である。この車両は低床化の心臓部である台車をドイツのアドトランツ社 (当時) から導入し、

車体については新潟鐵工 (当時) が製造したものであった。本車両の導入に当たっては、低床化のために全車軸に作用するブレーキ装置を持っていない等、技術基準に適合しない部分があったため、交通安全公害研究所 (当時) による安全性確認の試験が実施され、運行が認可される運びとなった。

熊本に次いで 1999 年に広島電鉄が導入した 5000 形グリーンムーバーは、ドイツから車両を丸ごと空輸したことで大きな話題となった。この車両は全長が 30.5m あり、路面電車 (法令上の用語では「軌道」) に関する技術基準に定められた車両長の限界である 30m を僅かに上回っている。しかし、この車両長については安全上の問題は無いとして認可を得ている。

こうした海外技術をベースにした 100%低床の LRV は、その後、岡山電気軌道 (当時) や万葉線 (当時) において採用されている。



図 1. ストラスブールの LRT

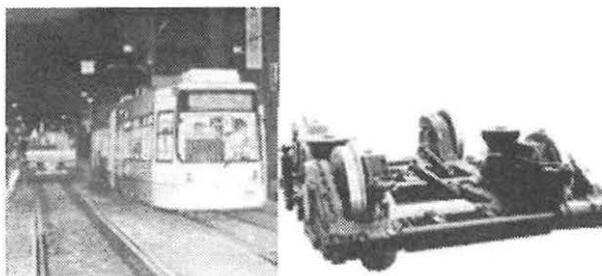


図 2. 熊本市交通局 9700 型車両とその台車

一方、国産車両で LRV の先駆けとなったものに、東急電鉄(株)世田谷線における 300 系の導入 (1999 年) が挙げられる。この車両は在来車両の台車をそのまま使用しながら床面高さをこれまでのものより低くし、当初は車内ステップがあったものの、その後ホームをかさ上げすることでノンステップ化を実現させている。

車体構造を工夫することで低床化を図った車両の国産第一号は、2000 年に名古屋鉄道(株)美濃町線に採用された 800 形である。この車両は 2 軸台車の M 軸の車輪径を 610mm、T 軸車輪径を 530mm とした上で車内床面をスロープ化し、車体中央付近を部分低床化したものである (図 3)。

2002 年になると、アルナ工機(株) (当時) の開発した、部分低床車が各地で採用された。「リトルダンサー」と名付けられた一連の車両は、床面を高くせざるを得ない台車部分を運転台とすること等で旅客スペースの低床化を実現させている (図 4)。

2004 年になって、国産で初めての 100%低床車両として、長崎電気軌道(株)に 3000 形が導入された。これまで我国に導入されてきた 100%低床車両は車軸を持たない構造の台車を用いていたのに対し、この 3000 形は通常の輪軸を用いつつ、駆動モータを車体側に装荷する等の工夫により低床化を実現させた (図 5)。

国産 LRV 開発の動きとして上記の動きとは別に、2001 年度に鉄道関連メーカー 8 社により「超低床エルアルブイ台車技術研究組合」設立された⁽¹⁾。一軸台車方式、左右独立したモータを持ちギアを介して駆動する方式、4 輪それぞれをハブモータで駆動するダイレクトドライブ方式の 3 種類のプロトタイプが開発中された (図 6)。研究組合は 2003 年度終了を持って解散したが、この研究組合の目的はあくまでも超低床台車の開発と検証であり、車両の製造はその後の各参加メーカーによる開発にゆだねられている。

LRV の開発はヨーロッパにおいても部分低床車の開発に始まり 100%低床車両の完成に至っているが、我国においてもほぼこれに習う形で開発が進んできているように見受けられる。ヨーロッパにおいては当初、数多くのメーカーがそれぞれ独自技術を用いた車両開発を行っていたが、その後は合併や買収によりメーカー数、車両形式ともに集約されてきている。現在海外メーカーで製造されている LRV の主流となっているものは、モジュール化された車体パーツの組み合わせにより事業者ごとの様々な要求を満たす車両を組み上げる方式である。この方式により、製造コストの低減と事業者の異なるニーズに対応した車両編成との両立を図っている。

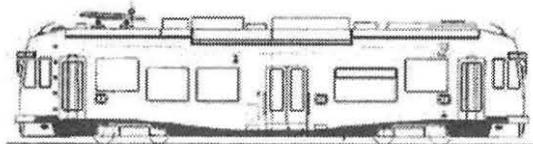


図 3. 名古屋鉄道 800 形車両

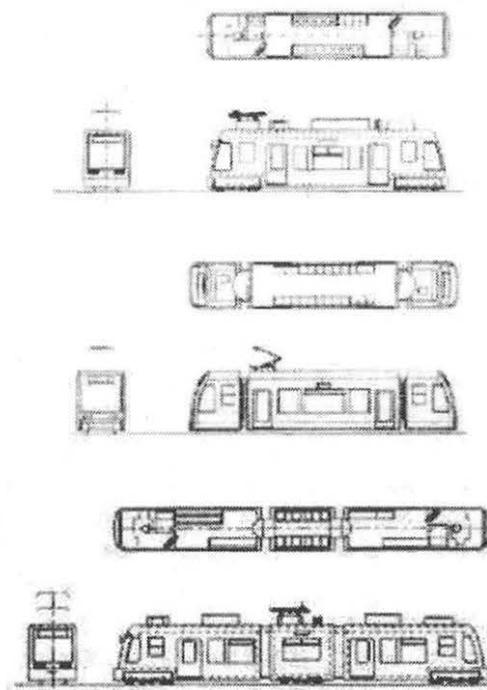


図 4. リトルダンサーシリーズ車両

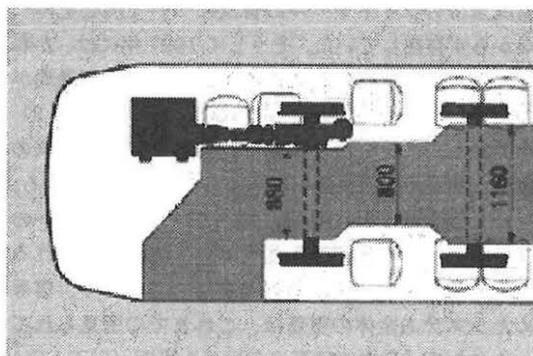


図 5. 長崎電気軌道 3000 形駆動システム概要

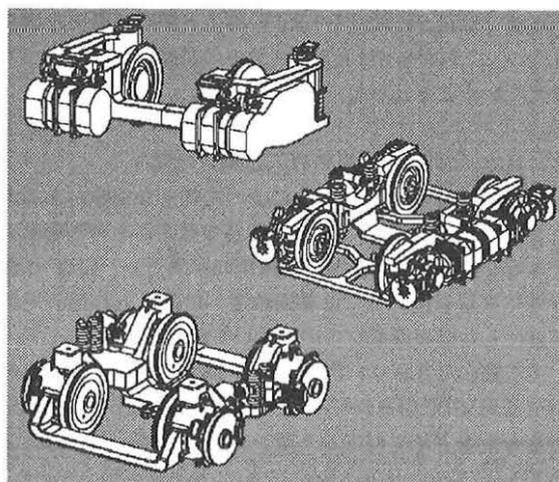


図 6. 超低床 LRV 台車技術研究組合による台車

3. LRT 化への課題

LRV 導入だけに留まらない LRT の実現のためには運賃収受や信号制御システム等、運用に関わるソフト的な改善も極めて重要であるが本稿ではこれを割愛し、ハードウェア中心に論を進めていく。

我国では古くからある既存路線に LRV が導入されているため、旧式の軌道上を最新型の車両が走っている。各事業者の手により軌道改修も行われてはいるが、現状では一部の区間に留まっている。そうした状況の中で、本年（2004 年）万葉線(株)において新型車両の脱線事故が起きたことは記憶に新しい（図 7）。本件の事故原因については国土交通省や交通安全環境研究所等で調査しており、再発防止策の検討も行われている。

既存路線が設備上抱えている問題として、アクセス性の悪い電停が挙げられる。例えば、道路中央部の電停に到達するための横断歩道が無く歩道橋を渡る必要がある所や（図 8 左）、安全地帯端部をスロープにしてバリアフリー化を図ったものの安全地帯の幅が狭いために車いすの走行が困難な例（図 8 右）等が見受けられる。これでは、せっかくの低床車両の乗降容易性を生かすことはできない。この問題は、例えば軌道を歩道側に設置できれば解決可能であり、事実ヨーロッパではそのようにしているところも見受けられる。しかし、我国の現在の法令では併用区間の軌道は道路中央に敷設するように定められているため、歩道側への移設は認められていない。

軌道設備に関する問題としては、併用区間における自動車の軌道敷への進入が挙げられる。本来的には軌道敷内は自動車進入禁止ではあるが、道路構造上やむをえない地域では進入が認められているところもある。図 9 に見られるように右折車線として軌道敷が使われてしまうと、路面電車の進行は完全に妨げられてしまう。また、進入が認められていない所であっても、右折車両が軌道敷に進入してしまう例も多々見受けられる。

軌道改修とセンターポール化とを実施して物理的に右折ができないようにすることも一つの手段である。また、都市景観の改善と併せて芝生軌道化することも有効だと思われる。物理的には進入可能な状態で、事故回避のための緊急時には軌道敷に進入はできるものの、通常時には心理的抵抗により進入が無くなるのが期待できる。

こうした課題を解決し、軌道設備の側からもアクセス性や速達性を改善することにより、LRV の持つ乗降容易性や車両性能を十分に生かすことが可能となる。そしてまた、そうしたハードウェアの上に、優先信号による運行制御や分かりやすく手間のかからない運賃収受制度、あるいは旅客案内システム等のソフトが組み合わさることで、「LRV は走っていても LRT は存在しない」状態から、真の意味での「LRT」が生まれることとなろう。そこまでにならないと、「新しい車両が入っても昔の路面電車と大差ない」とも言われかねず、せっかく各地で LRT 導入気運が高まっているものがしぼんでしまう恐れもあり得る。

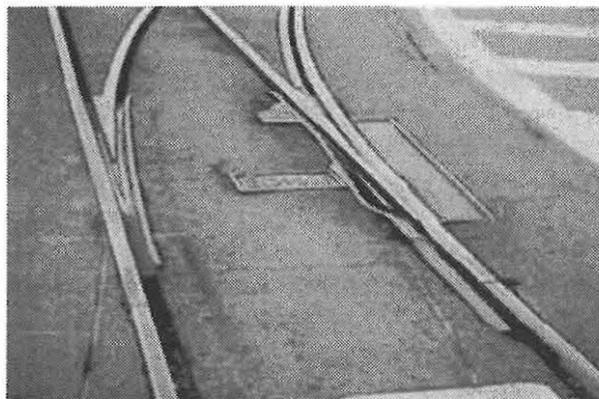


図 7. 万葉線脱線現場の片トング転載機と脱線痕跡



図 8. アクセス性の悪い電停の例



図 9. 右折車両の渋滞に巻き込まれた電車

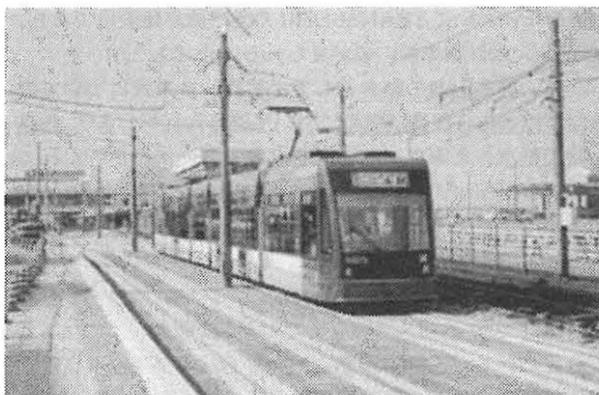


図 10. 芝生軌道の例

4. LRT を巡る最新の動き

鉄車輪／鉄レールを用いる LRV についてはメーカーの集約が進み、製造される車両もモジュール設計により様々な需要に応える形式にまとまって来ている。そのため当面はドラスティックな変化は起こらないように思われる。その一方で、ゴムタイヤを用いた新しいタイプの LRV (タイヤトラムと呼ばれることもある) がヨーロッパにおいて開発され普及し始めている。トロリーバスとは異なり、案内システムにより車両はガイドされつつ、走行についてはゴムタイヤを使用するハイブリッド型となっている。

タイヤトラムのガイド方式はレールを用いる方式と光学センサを用いたシステムに大別される。レールガイド方式のタイヤトラムにはフランスのナンシー市等に導入された TVR と、同じくフランスのクレルモンフェラン市に導入される TRANSLOHR (図 11) があげられる。どちらのシステムも 1 本のレールによりガイドされるが、ガイド車輪の構造は異なっている (図 12)。もう一方の光学ガイド方式は路面上に記された白線をセンサで検知することによりステアリングを行い、車両の案内を行う方式である (図 13)。

これらのタイヤトラムの持つメリットの一つとして、低廉なインフラコストが挙げられる。これは例えレールを利用するシステムであっても、そのレールは案内に利用されるだけであり、車両重量はタイヤが支えることになる。そのため通常のレールよりも軌道構造を簡単にすることが可能となり、建設コストの低減につなげることができる。もう一つのメリットとしては、走行輪がゴムタイヤであるため登坂能力が高いことがある。また、鉄車輪と比べて静穏性が高いことも挙げられる。

これらのタイヤトラムは場合によっては案内システムなしでトロリーバスとしても運用ができる。案内レールの敷設が困難な所においてはトロリーバスとして走行し、通常は案内レールに従うことで走行に必要な専有面積を小さく納めることができる。また、場合によっては車上バッテリーを使い架線を離れた走行も可能にできる。そのため、これまでの路面電車や LRT とは異なり、路線の設定や運用についての自由度が格段に高くなっている。

タイヤトラムについてはヨーロッパにおいて実用化が進んでおり、我国でも関心が高まりつつある。2004 年末現在大阪府下において TRANSLOHR の実験線が建設中であり、2005 年には試験車両の姿が見られるはずである。

一方、日本国内の動きとしては架線レス車両についての検討が鉄道総合技術研究所において進められている⁽²⁾。既存の路面電車の車両にバッテリーを搭載しての実験が行われている他、LRV 向けに限定されたものではないが、フライホイールによるエネルギー蓄積装置や電車用の燃料電池システムについての研究も進められている。

都市景観の改善やインフラ整備のコスト低減の手段として、LRT の架線レス化は今後の大きな課題の一つになるものと思われる。自動車産業においてもハイブリッド自動車や燃料電池自動車の開発が進んでいることもあり、車両動

力源となる電源システムの開発は今後一気に進展する可能性もある。自動車向けのシステムは鉄道向けよりも量産効果が大きく、自動車向けに開発が進めばその恩恵により LRT 向けの独立電源システムも低コストで調達できるようになることも考えられる。逆に、電気鉄道がこれまで培ってきたモータ制御技術等が自動車産業に生かされることもあろう。今後は鉄道産業と自動車産業の接近が大いに考えられる。

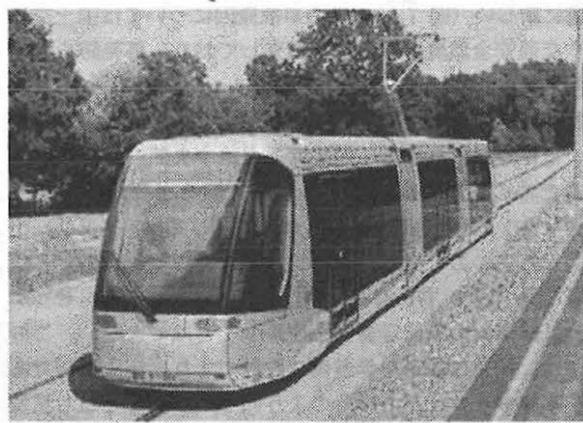


図 11. TRANSLOHR 車両

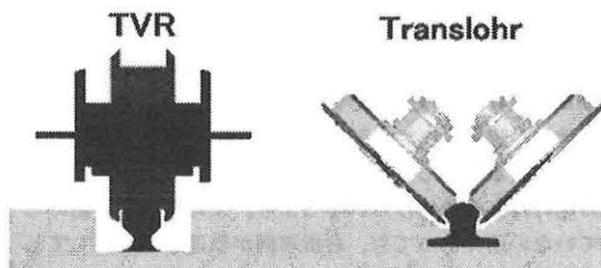


図 12. TVR と TRANSLOHR の案内輪



図 13. 光学ガイドタイヤトラム (CIVIS) 車両

自動車と鉄道のハイブリッド形としては名古屋市内を走るガイドウェイバスが挙げられる。このシステムは車両としては通常のバスに案内システムを追加したものであるが、専用軌道部分は軌道法の適用を受ける。バス車両を用いた軌道系交通システムとしては、トヨタ自動車㈱が開発した IMTS(Intelligent Multi-mode Transit Systems 図 14)がある。これは路面に埋め込まれた磁気ネイルを検知することで自動的にステアリングを行いプログラムに従った自動運転を行うシステムである。2005 年に愛知県で開催される万国博覧会での輸送システムとして使用が決まっている。愛知万博においては鉄道事業法の適用を受けるが、システムとしては鉄道と言うよりもタイヤトラムに近いと言えるだろう。IMTS も将来的には電気動力化が見込まれている。

ゴムタイヤと鉄輪の両方を使うシステムも、JR 北海道において開発が進んでいる。デュアル・モード・ビークル(Dual Mode Vehicle 図 15)の名で、ディーゼルバスをベースに、レール上を走行するための鉄輪を取り付けたもので、レール上においてもゴムタイヤによる駆動力を利用して走行し、鉄輪は案内輪として作用するシステム構成となっている。元々 DMV はローカル線区における旅客利便性を高めるために開発を始めたものではあるが、軌道を離れても運行できる新型 LRV としてのポテンシャルも高い。DMV は通常の鉄道線路をバス用のゴムタイヤによる駆動力で走行するが、細いレールの上をバス用のタイヤでそのまま走行することは、タイヤの一部に荷重が集中してしまうため好ましいとは言えない。しかし、路面電車の軌道敷の上であれば、タイヤ接地面は通常の道路上と変わらないため特別の問題は生じない。車両の動力システムをディーゼル・電気のシリーズハイブリッドとすれば、軌道上は架線からの電力で、軌道を離れてはエンジンからの電力で走るというハイブリッド運用が可能である。法令上の取り扱いについて解決しなければならない課題はあるが、新しい形の LRT 誕生につながる可能性もあるシステムである。

5. LRT を巡る諸制度の変化

ヨーロッパで開発された LRV を我国に導入するに当たっては、既存路面電車とのシステムの違いから認可に当たっては様々な試験・検討が行われた。しかし、これからは新しい形式の車両の導入がこれまでよりも容易になる可能性がある。国土交通省において軌道に関する技術基準について改訂の検討が進められており、鉄道に関する技術基準の改定(2001 年 12 月)と同様、技術基準の「性能規定化」に向けた作業が行われている。この改訂が実現すると、従来のものとシステム構成が異なるものでも、従来のシステムと同等あるいはそれ以上の安全性が確保できる性能を持ったシステムであれば、新規技術を導入することが容易になるものと考えられる。「規制緩和」の流れを受けたものであるが、もちろん安全性の確保についてはおろそかにするものではなく、あくまでも新規技術の導入を容易にするための改訂作業である。

6. 終わりに

海外における LRT の普及とその利便性が知られるにつれ、我国においても LRT 導入の機運が高まりつつある。また、地球温暖化防止のための CO2 削減手段の一つとして、公共交通見直しの動きも高まりつつある。こうした流れの中で LRT に対する期待も高まってきており、我国でも LRT が発展していく余地は大いにあるものと思われる。

そうした期待に応えるために、技術者には安全かつ利便性の高い LRT の開発が求められるとともに、制度上の課題については技術の進歩に合わせた制度の改定に向けた発言も求められるであろう。

参考文献

- (1) 超低床エルアルブイ台車技術研究組合、「LRT の狭軌低床化に関する技術開発 成果報告書」(2004)
- (2) 鉄道総合技術研究所 HP, <http://www.rtri.or.jp/>

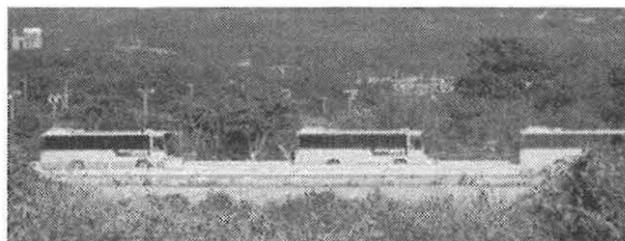


図 14. 自動運転・隊列走行を行う IMTS



図 15. デュアル・モード・ビークル