総論

2 中量軌道システムの技術

種類と特徴

山崎 孟
YAMAZAKI Tsutomu
社団法人日本交通計画協会
企画部/総合交通体系整備担当

中量軌道システムには様々な種類がある。モノレールや新交通システム、愛知県のリニモなどがそうであり、それぞれが、興味深い特徴を有している。各地で運行されている中量軌道システムとその特徴を紹介する。

中量軌道システムの特徴とその背景

中量軌道システムは、距離や輸送力において地下鉄とバスの中間領域をサービスする輸送機関として開発されたものであり、都市モノレールと新交通システムがこれに該当します。近年整備された磁気浮上型のリニモ（愛知県）もこの範疇に入ります。すなわち、路線長5～20km程度、輸送力1～2万人/時程度、発地から着地までのトリップ長5～10km程度の輸送を分担するシステムです。

そもそもの始まりは、日本における1960～1970年代の高度経済成長と、それに伴うモータリゼーションの進展により、都市内において自動車交通の激しい渋滞や騒音、NOxやCOx等の大気汚染の問題が発生し、これに対応するシステムが求められたこと、及び人口の都市集中により大規模な都市開発がおこなわれ、既存鉄道とのアクセス交通の必要性が高まり、その対応が求められたことです。このような都市交通上の問題の解決と、新しい街づくりの交通を支えるため、新しく道路上に設ける高架方式の都市モノレールと新交通システムの検討が始まりました。

具体的な導入の促進に向けて、1972年に『都市モノレールの整備の促進に関する法律』が制定され、インフラの補助制度として1974年に『都市モノレール建設のための道路整備事業に対する補助制度』が制定されました。この法律と制度には新交通システムも含まれることとされました。

モノレールそのものは1870年代に欧州で開発され、1872年のフランス・リヨンの万国博覧会で会場内輸送に提供されました。日本では1964年に東京モノレール羽田線（JR浜松町～羽田空港）が開業し、同年の東京オリンピックの来訪者の輸送を受け持ちました。

新交通システムはアメリカのウエストバージニア州のモーガンタウンの大学キャンパス間の連絡のために、1975年にPRT（Personal Rapid Transit：座席8人定員21人）として導入されたのが最初です。このシステムは専用軌道上を全自動運転で運行されるため、ピーク時に需要が大きくなって車両数を増やす必要が生じても、それに応じて運転手を増やす必要がないのが特徴です。

我が国で導入された新交通システムはGRT（Group Rapid Transit）と呼ばれるもので、1車両に数十人が乗車し、かつこれが連接されたものです。このシステムには専用軌道を走るもの（西武山口線、埼玉伊奈線等）もあります。

新交通システム

新交通システムはAGT（Automated Guideway Transit）と呼ばれ、道路上の高架構造の軌道上を無人運転で運行するものです。床版上の軌道をタイヤで走行し、中央案内方式と側方案内方式がありますが、旧建設省が設定した『新交通システムの標準化とその基本仕様』により側方案内方式が標準とされました。車両は両側の案内輪によりガイドされています。駅部では安全に考慮してホームドアが設けられ、車両と同期して開閉します。

運転はATO（自動列車運転装置）による自動運転のため、先頭車両には運転者がいません。このため車両内の異常発生に対しては、連絡用のインターホンが設置されています。電気は側方に設置された第3軌条により三相交流600～750Vで給電され、最高速度60km/h、最大勾配は6%で運行されています。

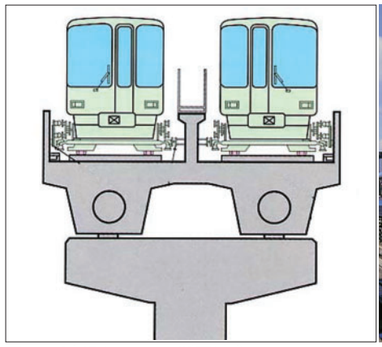

図1　新交通システムの断面構成

写真1　大阪市のニュートラム

年代順に導入実績を示しますと、神戸市のポートアイランド線、大阪市の南港ポートタウン線、横浜市のシーサイドライン、神戸市の六甲アイランド線、広島市のアストラムライン、東京都のゆりかもめと日暮里・舎人ライナーの7路線があります。

写真2　神戸市の六甲ライナー

写真3　東京都のゆりかもめ

南港ポートタウン線は「ニュートラム」と呼ばれ、大阪市営地下鉄四つ橋線の住之江公園駅から埋立地のコスモスクエア駅までの7.9km、10駅を、2両1ユニットの4両編成（編成列車長32.15m）、乗車定員294人（座席定員92人）で運行されています。1981年に大阪市交通局により開業しました。

六甲アイランド線は「六甲ライナー」と呼ばれ、JR西日本の住吉駅から埋立地の六甲島南駅までの4.5km、6駅を、4両編成（編成列車長34m）、乗車定員228人（座席定員76人）で運行されています。1990年に神戸新交通株式会社により開業しました。

東京臨海新交通臨海線は「ゆりかもめ」と呼ばれ、当初はJR東日本の新橋駅から臨海埋立地の有明駅まで12km、12駅でしたが、現在は14.7km、16駅を、6両固定編成（編成列車長54m）、乗車定員338人（座席定員158人）で運行されています。1995年に東京都臨海新交通株式会社（現在の株式会社ゆりかもめ）により開業しました。

都市モノレール

都市モノレールには、一本の走行路（軌道桁）の上をゴムタイヤ（走行輪、案内輪、安定輪）付きの車両が跨る方式（跨座式）と、軌道桁を走る台車からぶら下がる方式（懸垂式）があります。跨座式モノレールには北九州モノレール、大阪モノレール、東京都の多摩都市モノレール、沖縄都市モノレールがあり、懸垂式モノレールには千葉都市モノレールがあります。

① 跨座式モノレール

軌道桁は一般的にプレストレストコンクリート製で、走行輪が乗る部分と案内輪及び安定輪が当たる部分があり、側面に電車の架線に相当する剛体の電車線が設置されています。電圧はDC1,500V、ATC（自動列車制御装置）によるワンマン運転で、最高速度は60km/h、最大勾配は6%で運行されています。車両がタイヤ走行のため鉄道に比べて静かですが、さらに床下の機器をスカートで覆い騒音を防止しています。

多摩都市モノレールは、上北台駅から多摩センター駅までの16km、19駅を、4両固定編成（編成列車長60.2m）、乗車定員410人（座席定員158人）で運行されています。1998年に多摩都市モノレール株式会社により開業しました。

北九州モノレールは、小倉駅から企救丘（きくがおか）駅までの8.8km、13駅を、4両固定編成（編成列車長60.47m）、

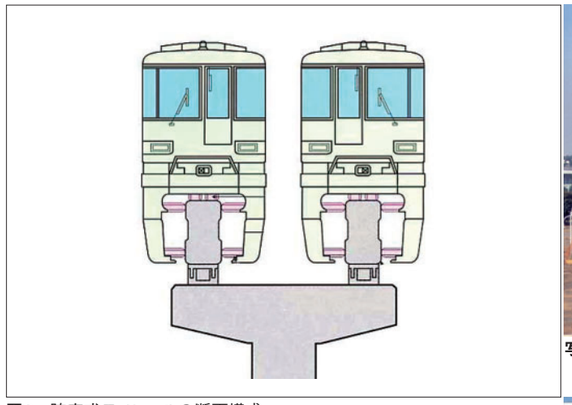

図2　跨座式モノレールの断面構成

写真4　東京都の多摩都市モノレール

写真5　北九州モノレール

乗車定員478人(座席定員148人)で運行されています。1985年に北九州高速鉄道株式会社により開業しました。

② 懸垂式モノレール

鋼製箱型の軌道桁の中に走行装置(台車)が組み込まれ、これに車体がぶら下がっています。DC1,500V、ATCによるワンマン運転で、最高速度は65km/h、最大勾配は6%で運行されています。曲線の多い路線でも懸垂リンクの作用で振れが少なく、案内輪により脱線や小さな横揺れを防止しますので、快適な乗り心地が提供されます。

千葉都市モノレールは「タウンライナー」と呼ばれ、1号線が千葉みなと駅から県庁前駅までの3.2km、6駅を、2号線が千葉駅から千城台駅までの12.0km、13駅を、2両固定編成(編成列車長30.2m)、乗車定員158人(座席定員84人)で運行されています。1988年に千葉都市モノレール株式会社により開業しました。

リニアモーターカー

都市内交通型磁気浮上方式リニアモーターカーは、1989～1992年に実用化研究調査委員会で検討されました。最高速度100km/h程度のシステムについては安全性や信頼性等が確認され、1992年4月の運輸政策審議会答申において、愛知県の東部丘陵線の中量軌道系のシステムとして整備することが適当であるとされました。

このシステムは主として高架構造の上を、常電導吸引型磁気浮上・リニアインダクションモーター推進方式で走るものです。軌道は逆U字型をした軟鋼で出来ており、車体に取り付けられた電磁石に電流が流れると軌道に向かって吸引力が発生し、車体は6mm程度浮上します。そして、軌道上面に設置されているアルミニウムのリアクションプレートが、車両側のリニアインダクションモーターの2次導体となって推進力を発生させます。DC1,500V、ATOによる自動運転です。

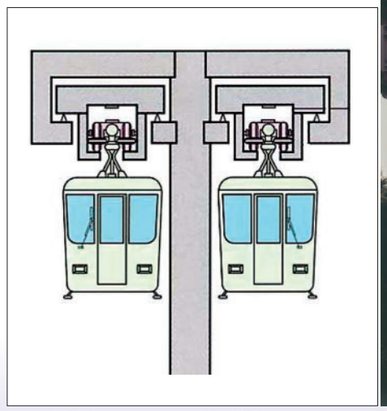

図3　懸垂式モノレールの断面構成

写真6　千葉市のタウンライナー

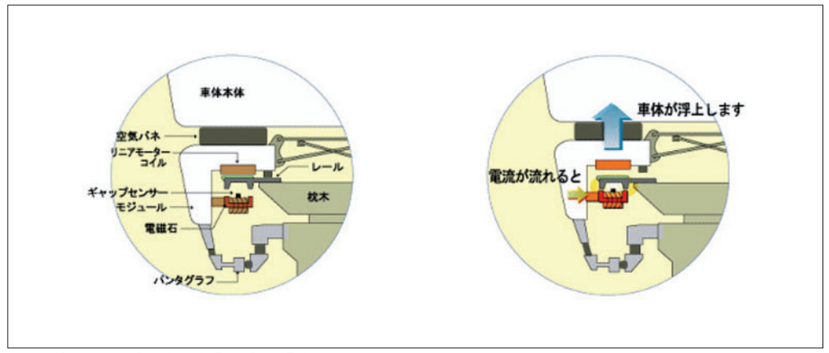

図4　リニアモーターカーの浮上の仕組み

写真7　愛知県のリニモ

リニアモーターカーの特徴は、浮上して走行するため軌道との接触がなく、騒音や振動が小さく乗り心地も快適であり、降雨時の影響を受けにくいことです。また、リニアモーターで走行するため、7%の急勾配でもスムーズに走行でき、車両側のモジュールが軌道を抱き込む構造になっており、脱線や転覆などの事故が起こる心配がありません。車両の各モジュールが軌道曲線にそって最適な位置に移動するため、最小回転半径を小さくでき、摩耗部分がなく、車両や軌道の保守費用が低減されます。

東部丘陵線は「リニモ」と呼ばれ、名古屋市名東区の藤が丘駅から豊田市八草駅までの8.9km、9駅を、3両固定編成(編成列車長43.3m)、乗車定員244人(座席定員104人)で運行されています。2005年に愛知高速交通株式会社により開業しました。

建設に係る技術的特徴

中量軌道システムの建設に係る技術的共通事項としては、これらが道路上に設けられた高架構造の上を走行する点にあります。景観上の理由等もありますが、支柱(桁下)高や径間長を大きく取ると建設費が飛躍的に増大するので、導入地域に適合した適切な桁下高や径間長を決定していくことが重要となります。

導入空間の面からみると、新交通システムは広い床版構造を有し、側方余裕(構造物から沿道建物まで6m)の確保のため、一般部で25m以上、駅舎部で30m以上の道路幅が必要とされます。このため、新交通システムの導入には広い道路空間が必要となり、狭隘な道路に導入する場合には拡幅工事が必要となります。一方、都市モノレールは両方式ともに、軌道桁がスレンダーなため側方余裕が取りやすい特徴を持っています。

跨座式モノレールの施工にあたっては、軌道線形が平面曲線、縦断曲線、カント(曲線部の横断勾配)が組み合わさった複雑なものとなるため、専用の軌道桁製作工場を用意し、そこで鉄筋加工からコンクリートの打設・養生、プレストレスの導入、積み込み作業等を行います。一方、懸垂式モノレールでは軌道構造(支柱や桁)が鋼製であることから全般的に施工が容易であり、半径の小さい曲線部でも設置が容易なのが特徴です。

これまでの中量軌道システムは、主として大規模な新都市開発に伴い、最寄駅とのアクセス施設として比較的高額な建設費(90～150億円/km)でも整備されてきました。しかし近年、日本ではこのような都市開発が計画されることがなくなったため、新交通システムや都市モノレールのニーズは少なくなってきたといえます。