

跨座式モノレールにおける自動運転システム

Automatic Operation System for Straddle Type Monorail

加藤 正道 Masamichi Katô 天澤 敏治 Toshiharu Amazawa
山崎 健一 Ken'ichi Yamazaki 保 貴之 Takayuki Tamotsu



シンガポール・セントーサモノレールの走行イメージ

跨(こ)座式小形モノレールシステム“SMARTRAN”

日立製作所は、中小都市の輸送ニーズに合わせて、実績ある大形モノレールの技術をベースに、小形化、規格化、および低廉化を追求した跨座式小形モノレールシステム“SMARTRAN”を開発した。

跨座式モノレールシステムをトータルシステムとして開発、納入し、約40年の実績を持っている日立製作所は、従来の大形、標準形に加え、小形化、規格化、および低廉化を追求した小形モノレールシステム

“SMARTRAN”を開発したほか、中量輸送システムとしての跨座式モノレールの、従来の優位性をさらに進展させて、運転士が乗務しない「自動運転システム」を確立した。

1 はじめに

日立製作所は、都市内の一般電車や地下鉄といった大量輸送システムを補完する中量輸送システムとして、跨座式モノレールシステムを開発、納入しており、約40年の実績を持っている。

跨座式モノレールシステムは、国内では1964年に開業した東京モノレールをはじめとして、北九州都市モノレール(1985年開業)、大阪都市モノレール(1990年開業)、多摩都市モ

ノレール(1998年開業)に導入されており、2003年8月には沖縄都市モノレールが開業の見通しである。一方海外では、わが国での長年の実績が高く評価されたことにより、中国・重慶市への納入が決定している。

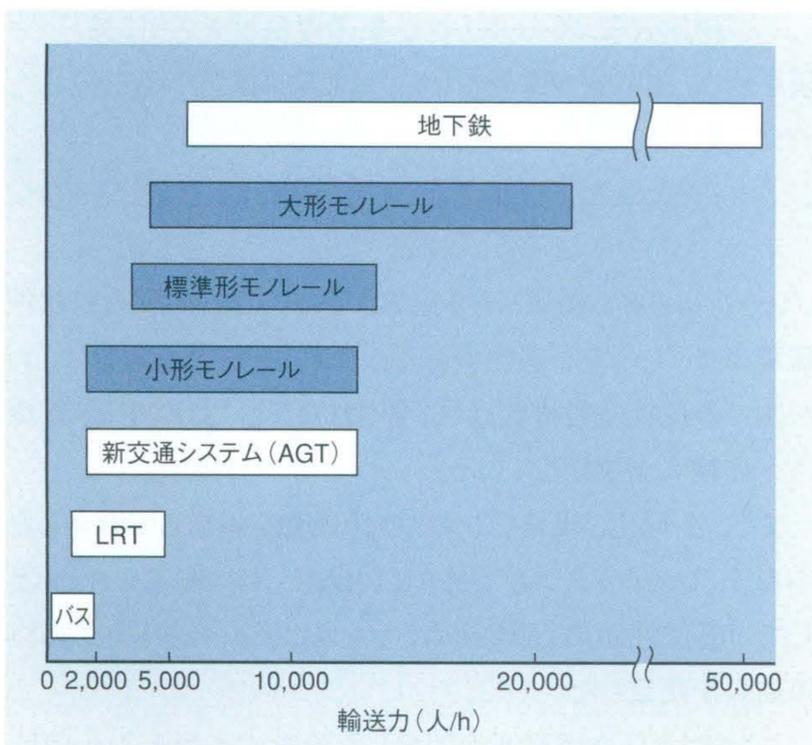
また、小形化、規格化、および低廉化を追求して開発した小形モノレールシステム“SMARTRAN”¹⁾は、輸送システムとしての優位性が高く評価され、シンガポール・セントーサ島への納入が決定した。

ここでは、日立製作所が開発した跨座式小形モノレールシステム“SMARTRAN”と、自動運転システムについて述べる。

2 跨座式モノレールシステムの特徴

日立製作所の跨座式モノレールシステムの主な特徴は、以下のとおりである。

- (1) 地下鉄と比較して工期が短く、建設費では大形モノレールで約 $\frac{1}{3}$ 、小形モノレールで約 $\frac{1}{6}$ と経済的である。
- (2) 小形モノレール(定員79人/両)、標準形モノレール(同100人)、大形モノレール(同173人)とラインアップをそろえており、約2,000~2万5,000人/hの輸送力を持つことから、さまざまな都市計画に柔軟に適應できる(図1参照)。
- (3) ゴムタイヤ方式を採用しているため、急こう配(60%)、小半径曲線(小形で40 m)が可能である。また、良好な乗り心地、低騒音化が図れる。
- (4) 車両走行路が狭い空間にも導入できるシンプルな軌道けた構造であることから、スラブ構造に比べて地上への日照障害が少なく、都市環境との調和性に優れている。また、走行路幅が700 mm(小形)~850 mm(大形)と狭いので、雪害対策が容易であり、天候による運転障害を受けにくい(図2参照)。
- (5) 乗客の安全対策として車内貫通路などを標準装備しており、救援列車による迅速な対応ができる。
- (6) 約40年の実績から、計画・設計・製作・保守と一貫した対応が可能である。また、車両、運輸管理、ホームゲートなどの設備でも、トータルシステムとして対応しており、乗客や運営会社のニーズを交通システム全体に容易に反映させることができる。



注：略語説明 LRT(Light Rail Transit), AGT(Automated Guideway Transit)

図1 交通システムの輸送能力

モノレールは1時間当たり約2,000~2万5,000人の輸送力を持つ。

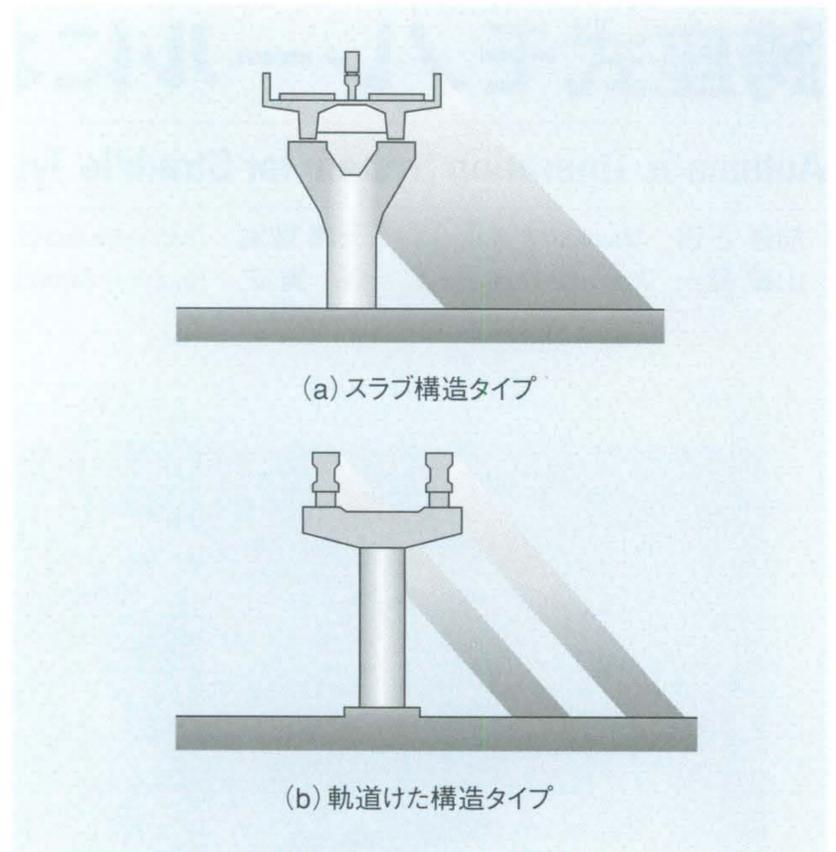


図2 モノレール軌道の断面比較

軌道けた構造タイプは、スラブ構造タイプに比べて、地上への日照障害が少ない。また、シンプルな構成であることから、環境調和性に優れている。

3 跨座式モノレールの運転方式

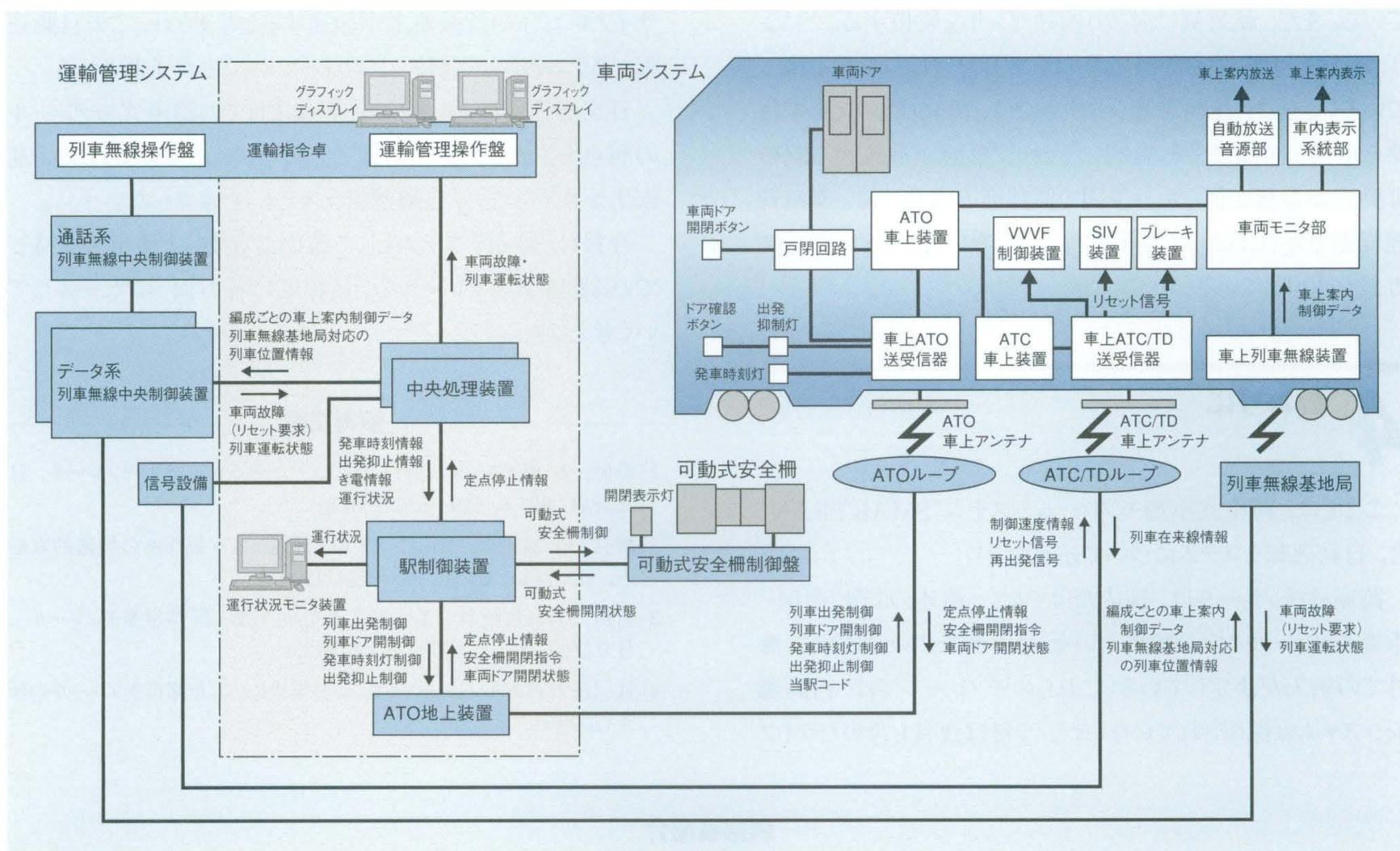
3.1 ワンマン運転

交通システムでは、省力化の観点から、ワンマン運転へのニーズが高い。跨座式モノレールでは、1985年開業の北九州都市モノレール以来、ワンマン運転を実施している。また、都市モノレールとしては唯一2人乗務(運転士、車掌)であった東京モノレールでも、自動放送装置などの車両改修や、ホームゲート設置などの地上側設備の追設・改修などにより、2002年9月からワンマン運転を実施している。

3.2 自動運転システム

近年、都市交通システムでは、省力化として、運転士が乗務しない自動運転システムが注目されている。日立製作所は、跨座式モノレールでも自動運転システムについての検討を重ね、このたび、営業路線モノレールとしては初となる、運転士が乗務しない「自動運転システム」を開発した。ただし、車両ドア開閉時や有事での対応として、編成最後部に案内係が乗務している。ちなみに、初の無人運転対応システムは、1970年に開催の大阪万国博覧会に建設展示、後に撤去された「大阪万国博モノレール」に採用された。

自動運転システムでは、ワンマン運転時に運転士に課せられていた運転操作、駅間停止時の復旧、危険回避(主にホーム)などを、自動または遠隔操作で行う必要がある。運転操作については、北九州モノレールと多摩都市モノレールにすでに採用されているATO(Automatic Train Operation)



注：略語説明 VVVF (Variable Voltage, Variable Frequency), SIV (Static Inverter), ATC (Automatic Train Control), TD (Train Detector)

図3 自動運転システムの概略構成

運輸管理システムや車両システム、可動式安全柵(さく)などの関連設備を機能的に融合させている。

を導入した。モノレールの自動運転システムを実現するにあたっての、主要項目について以下に述べる(図3参照)。

3.2.1 車両機器のリセット

車両機器の状態は、運輸管理システムによって常時監視されている。車両機器の故障で列車が停止したとき、リセットによる復旧が可能な場合には、運輸指令員が中央指令所に設置されている運輸指令卓の故障リセットスイッチを押すことによってリセットできるようにした〔対象機器:VVVF (Variable Voltage, Variable Frequency) 制御装置, ブレーキ装置, SIV (Static Inverter) 装置〕。

なお、リセット信号の伝送手段としては、信頼性と経済性を考慮し、軌道けた内に設置したATC (Automatic Train Control) ループ線の予備変調波を使用した。ATC信号波によって列車保安以外の制御を行うことは、わが国で初めてである。リセット確認後は、中央指令所からの再出発指令により、列車の出発が可能となる。

また、ATC02信号による緊急停止の場合も、一定条件を満たしていれば、中央指令所からの再出発指令によって出発できるようにした。

3.2.2 フォールバックレベルの充実

運輸管理システムでは、基幹機能であるダイヤ管理・列車追跡・進路制御処理部などを中央装置に持たせる中央集中型のシステムとした。また、対列車通信 (ATO情報) や可動

式安全柵との情報授受など、列車自動運転制御処理をつかさどる駅装置を、各駅および車庫内に設置した。これは制御の応答性向上を目的に設置したものである。中央装置が停止した場合でも駅装置単独で列車自動運転制御を継続させるなど、システム異常時の危険をできるだけ特定の個所にとどめて障害の波及を防止し、システムの全面的な停止を避けるためでもある。

また、停電時や車両ブレーキ装置の主空気だめ圧力低下時などは通常、非常停止の扱いとなるが、駅間停止を避けるために力行カットだけを行い(フォールバック)、駅または乗客が避難できる個所まで惰行運転させることとした。なお、この場合、避難可能な個所での車両の停止操作は、中央指令所で操作できるようにした。

3.2.3 プラットホームでの安全性の向上

自動運転では走行車両の前方監視をしないことから、プラットフォームの安全性向上は不可欠である。このため、駅に車両が進出する際、車両と乗客の接触事故やプラットフォームからの転落などを回避する目的で、可動式安全柵を採用した。可動式安全柵を車両ドアと連動させており、車両ドア開(閉)操作により、ATO地上装置を経由して運輸管理システムから開(閉)指令を受けて開(閉)操作を行う。なお、乗客への安全対策として、戸先センサと引き込みセンサを装備することにより、乗客の挟み込みや戸袋部への引き込みの防止を図っ

ている。また、軌道側に居残り検知センサを装備することにより、車両と可動式安全柵の間の乗客取り残しの防止を図っている。さらに、運輸管理システムでは、可動式安全柵の状態を車両と同様に常時監視しており、車両が進入する駅の可動式安全柵が何らかの原因で開状態の場合には、運輸管理経由でATCによって車両を進入させないなどのインタロック方式を採用している。

4 おわりに

ここでは、跨座式小形モノレールシステム“SMARTRAN”と、自動運転システムについて述べた。

跨座式モノレールは、国内だけでなく、前述のように中国・重慶モノレールやシンガポール・セントーサモノレールなど、海外での納入が決定している。これらのモノレールでは、自動運転システムは採用されていないが、今後は運営も含めたライフ

サイクルコストの低減要求が加速すると考えられ、この自動運転システムのニーズがさらに高まっていくことが予想される。

日立製作所は、トータルシステムとしての跨座式モノレールの利点を生かし、営業路線モノレールとしては初めての、運転士が乗務しない「自動運転システム」を確立した。

今後も、輸送システムとして確固たる技術と優位性を持っている跨座式モノレールを、積極的に各方面へアピールしていく考えである。

参考文献

- 1) 桑原, 外:都市交通における新しいソリューション:小形モノレール, 日立評論, **83**, 8, 519~522(2001.8)
- 2) 解良, 外:21世紀の鉄道システムの課題と日立製作所の技術的取組み, 日立評論, **81**, 3, 208~214(1999.3)
- 3) 石川, 外:21世紀の中量輸送都市交通の担い手「跨座型モノレール」, 日立評論, **81**, 3, 227~230(1999.3)
- 4) 社団法人日本モノレール協会:需要規模に応じた都市モノレールの研究(2000.5)

執筆者紹介



加藤正道

1993年日立製作所入社, 電力・電機グループ 交通システム事業部 輸送システム部 モノレールSI 所属
現在, モノレールプロジェクトの取りまとめに従事
E-mail: masamichi-a_katou @ pis. hitachi. co. jp



天澤敏治

1991年日立製作所入社, 電力・電機グループ 交通システム事業部 水戸交通システム本部 信号システム設計部 所属
現在, 可動式安全柵の設計に従事
E-mail: ts-amazawa @ em. mito. hitachi. co. jp



山崎健一

1990年日立製作所入社, 電力・電機グループ 交通システム事業部 水戸交通システム本部 信号システム設計部 所属
現在, 運行管理システムの取りまとめに従事
E-mail: kn-yamazaki-te @ em. mito. hitachi. co. jp



保 貴之

1998年日立製作所入社, 電力・電機グループ 交通システム事業部 水戸交通システム本部 車両電気システム設計部 所属
現在, 車上運転制御関連装置の設計に従事
E-mail: tk-tamotsu-te @ em. mito. hitachi. co. jp