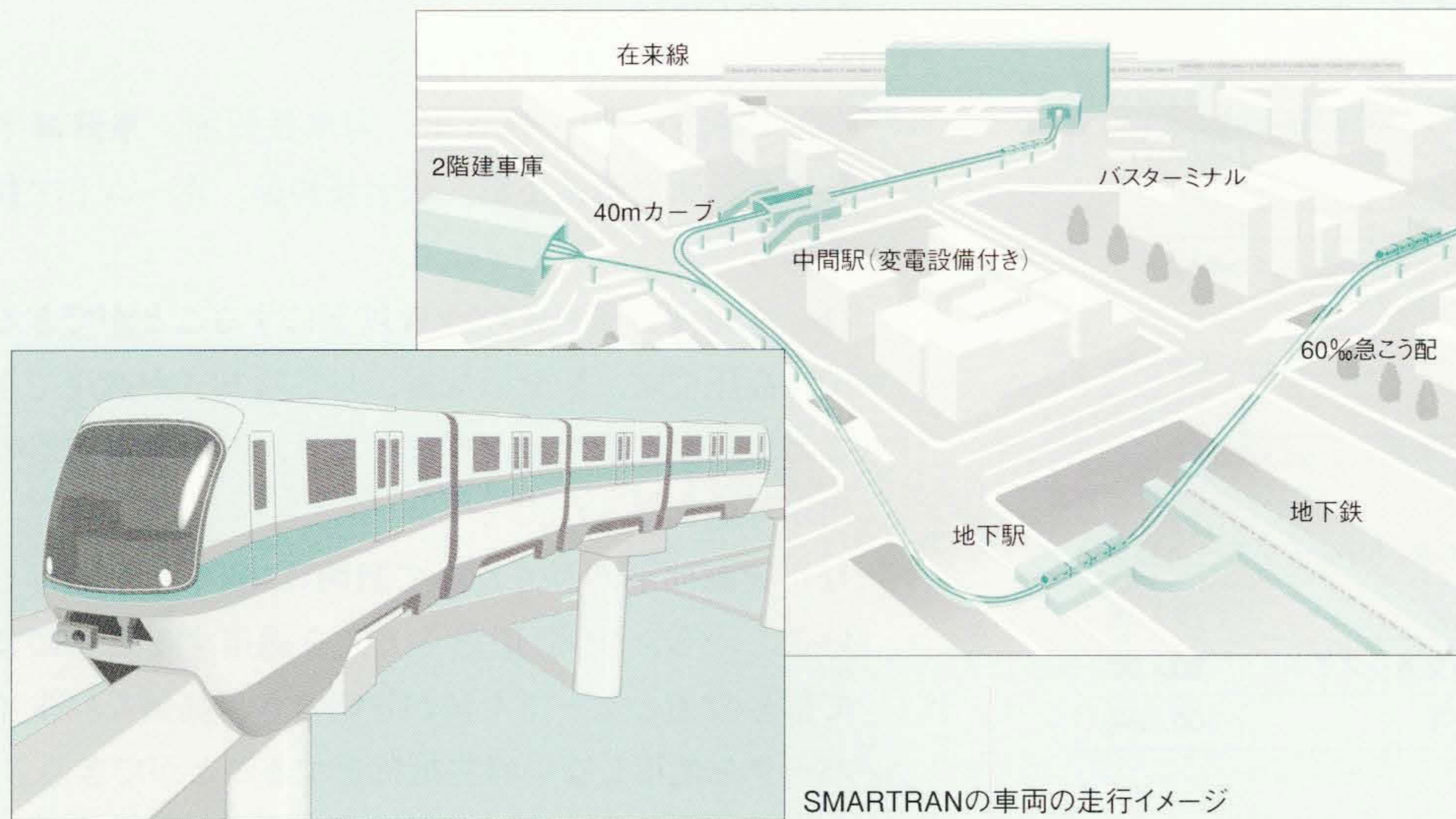


# 都市交通における新しいソリューション:小形モノレール

New Solution for Urban Traffic : Small-Type Monorail System

桑原武夫 Takeo Kuwabara 藤原拓身 Takumi Fujiwara 伊藤 彰 Akira Itô  
中埜 豊 Yutaka Nakano 岩崎克行 Katsuyuki Iwasaki 杉田洋一 Yôichi Sugita



注: SMARTRANは、跨(こ)座型小形モノレールシステムの愛称である。

環境に調和する新しい小形モノレールシステムのイメージ

“SMARTRAN”は、これまでのモノレール実績技術をベースに、中小都市の輸送ニーズに合わせて小形化・規格化・低廉化を追求した跨座型小形モノレールシステムである。さまざまな特徴を持つSMARTRANは、公共輸送機関に求められる条件に柔軟に対応することができる。

都市部の道路上にモノレール建設を推進する法律と国からの補助制度が1974年創設され、四半世紀が経過した。この間に日立製作所が技術主導した跨座型モノレールは北九州、大阪、多摩で開業し、沖縄では2003年度開業を目指して建設中である。

都市モノレールは公共道路敷内に高架で敷設されているので、路面交通に支障を与えず、沿道への日照障害や騒音被害が少ない。そのため、(1) 環境に優しく、(2) 地下鉄に比べて工期が短く、(3) 建設費が経済的であることから、地方中核都市における地球環境対策、交通渋滞対策、および市街化地域の活性化対策の解決策に対応できる都市交通と考えられている。しかし、経済の低成長、少子化、税収減少の進むダウンサイジング化の時代に、従来規模の都市モノレールシステムでは大きすぎ、また建設費が高すぎて採算性に不安があるという指摘もある。

そのため、社団法人日本モノレール協会は「需要規模に応じた都市モノレールの研究会」を主催し、日立製作所、三井物産株式会社、株式会社トーニチコンサルタントおよび会員各社を幹事として、総建設費を従来の約半分とする50億円/kmに低減することを目指し、小形都市モノレールシステムの総合研究を行い、2000年6月にこの目標を達成できる見通しを得た。なお、研究を具体化するため日立製作所は社内にプロジェクトを発足させ、小曲線台車・連接構造小形車両の開発、小規模システム向けの変電・信号保安システムの開発などの総合研究を行った。

## 1 はじめに

都市モノレールは一般に道路内に高架で敷設されるために、用地買収が少なく、また地下鉄に比べて工事費が低廉であることから、都市交通対策として導入が期待された。しかし、国の補助を受けて行った全国60数都市の導入調査で実現したものは、跨座型で4都市、懸垂型で1都市にとどまっている。

導入阻害の要因として、(1) 需要量不足と建設費の高騰、(2) 導入空間の幅22~25 m以上の道路がなく拡幅が必要などがあげられる。

そのため、建設費の低廉化と少ない需要にこたえる小

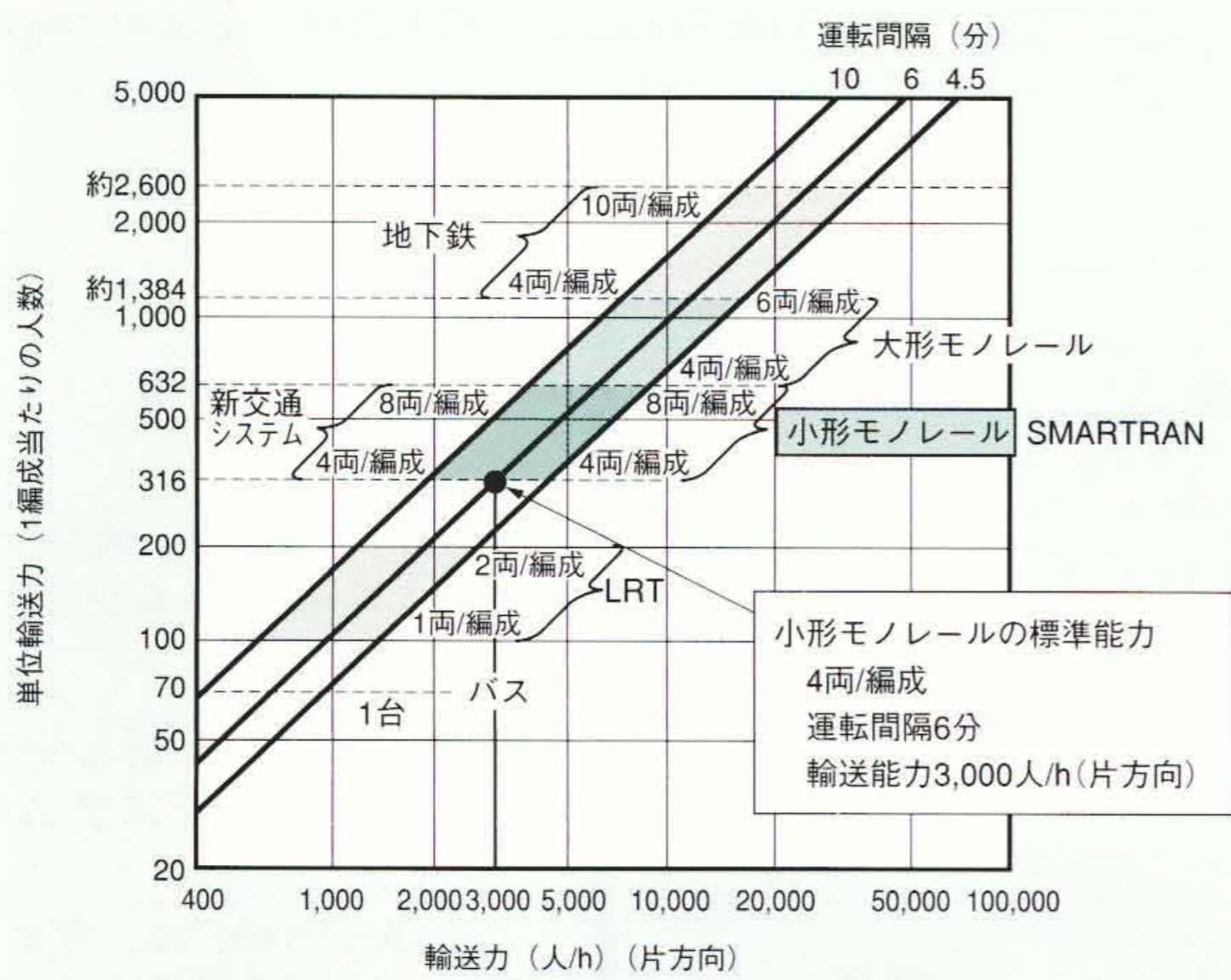
形モノレールシステムの総合開発を進めた。

ここでは、跨座型小形モノレールシステムの開発と特徴について述べる。

## 2 小形モノレールシステムの開発仕様

総建設費は、想定需要量(開業当初1日当たり2.5万人程度)による収入と経費から採算的に投資可能な金額を算出し、約50億円/kmと試算した。これに伴って、小形モノレールシステムの開発仕様を次のとおりとした。

- (1) 車両の小形化・軽量化・規格化
  - (a) 従来の大形モノレール技術の実績をベース
  - (b) 規格化車両(ただし、先頭形状2モデルを準備)



注1：1両(台)当たりの輸送計画人員(立ち席：0.14 m<sup>2</sup>/人とした場合)

小形モノレール	79人/両	バス	70人/両
大形モノレール	173人/両	新交通システム	80人/両
地下鉄	260人/両	LRT	100人/両

注2：略語説明

LRT (Light Rail Transit)

### 図1 輸送力の比較

小形モノレールは新交通システムと競合できる輸送力を持つ。

- (c) 車体色はカラーテーピングで個性化対応
- (d) 座席配置はユーザーニーズに対応
- (2) 少ない需要量にも対応(図1参照)
  - (a) 4両編成で定員約200人に設定し、毎時3,000人(片道)の輸送が可能
  - (b) 1日当たり2万5,000人程度の需要で採算が可能
- (3) 総建設費を従来の大形システムの $\frac{1}{2}$ に
  - 車両、軌道構造物など全システムを小形・簡素化し、総建設費(従来の大形システムの $\frac{1}{2}$ に設定)および運営費を低廉化
- (4) 狭幅員街路(20 m幅道路)への導入が可能
  - (a) 軌道、支柱、駅舎などを20 m幅道路へ導入
  - (b) 最小曲線半径40 mで、既成の道路空間に路線設定が可能
- (5) 他交通機関とのシームレス化(乗り換えの利便性向上)
  - (a) 高架だけでなく、地上やトンネル内にも駅を設置
  - (b) 既存交通機関との乗り換えの利便性を向上

## 3 建設費低廉化の手法

開発には、今までの考え方を一切ふっしょくし、基盤(補助対象)と基盤外との境界を撤去し、例えば基盤外の仕様を変えるとその部分は高くなるが、基盤側でそれを補う低廉効果が出れば採用するというような共通認識で

取り組んだ。詳細については本稿の参考文献に記載している社団法人日本モノレール協会の資料に発表されているのでここでは省略し、低廉化手法別に分類した内容について以下に述べる。

### (1) 輸送規模縮小に伴う低廉化

- (a) 車両の小形・軽量化、列車長短縮、乗降扉半減により、軌道構造小形、駅舎長短縮、ホームドア数減を図った。
- (b) 変電所容量を2,000 kW以下にすることができると、高圧受電、駅分散配置、自然冷却式が適用できることから変電所用地が不要となり、汎用変電機器の適用が可能となった。
- (c) 運転間隔が長くなって駅間に1列車しか走行しないことから、駅間1閉そく方式を適用することによって信号設備とケーブル類が省略でき、高価な回生インバータを使用しない回生抵抗とすることができる。
- (d) 車庫留め置き線の面積の縮小により、指令所・検修所の2階に留め置き線を設置することができる。

### (2) 需要規模に合わせた駅舎の低廉化

- (a) 中間駅のホームを相対式とすることで、コンコースをやめ、駅舎を従来の3階構造から2階構造に変えた。
- (b) 中間駅のエスカレーターをやめ、エレベーターと階段だけとした。

### (3) 規格化と標準化による低廉化

- (a) 車両の座席配置と外部カラーリングを除いて規格化した(ただし、先頭形状は2種から選択が可能)。
- (b) 中間駅を相対式ホームにすることにより、軌道を直線化でき、駅の構造を単純化した。

### (4) その他、くふうによる低廉化

- (a) 駅電源を各駅個別受電にすることで、集中受電に伴う駅間配線をなくした。
- (b) コンクリート製、鋼製けたともにコストダウンを図るため、断面をシンプルな長方形にした。
- (c) 信号、運輸管理、通信システムを統合(トータルシステム化)した。
- (d) スリット形電車線を開発し、トロリ線構造をシンプル化した。

## 4 小形都市モノレールシステムの特徴

### 4.1 従来モノレールとの比較

開発した小形モノレールと従来の大形モノレールとの比較を図2に示す。

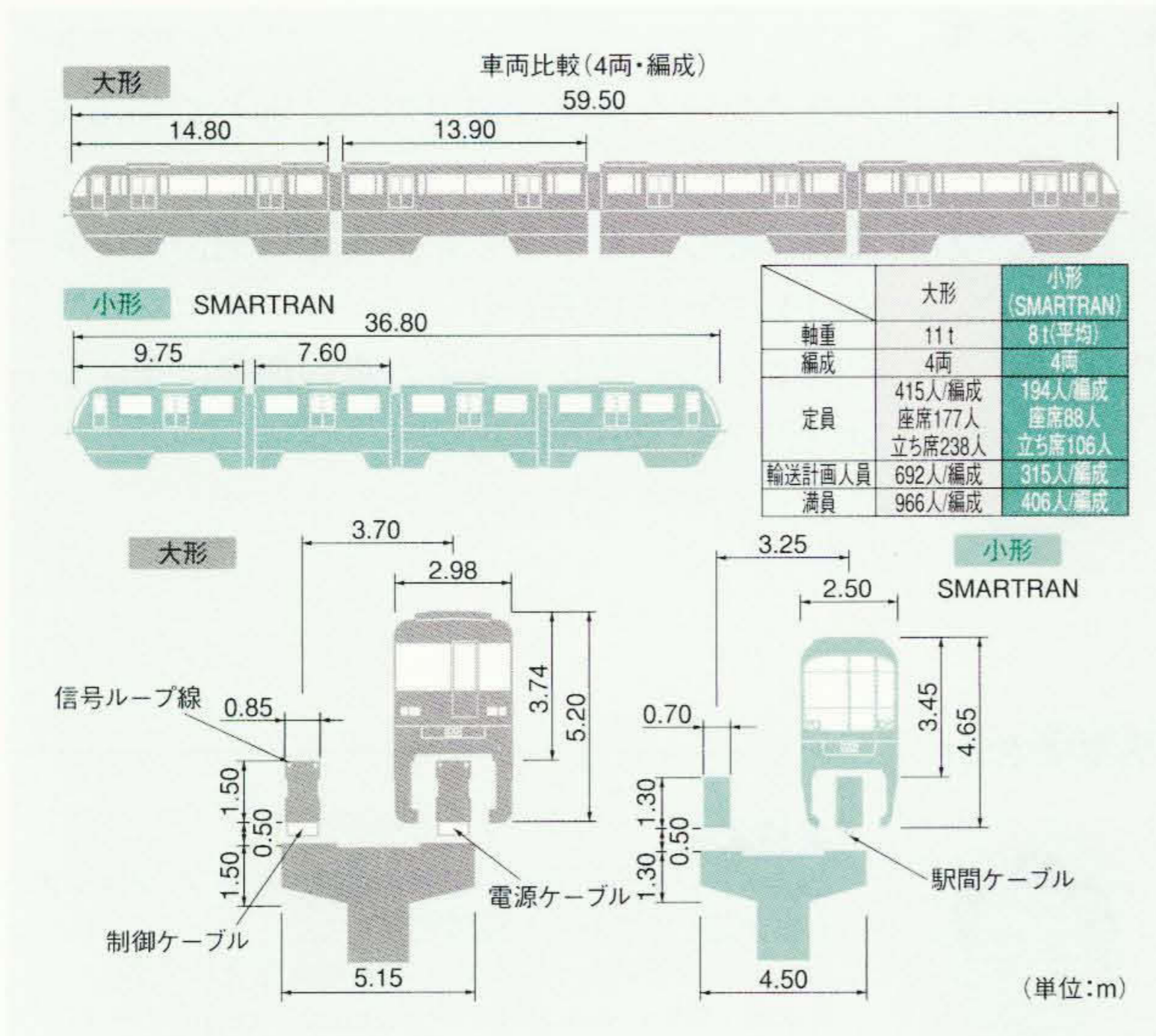


図2 従来モノレールとの比較

小形モノレールシステムの採用により、駅舎および軌道断面の小形化と、駅間の布設ケーブルの簡素化が実現できる。

#### 4.2 小形モノレール車両

少ない輸送規模に対応するには編成車両数を減らす方法と、いっそう小形な車両にする方法があるが、軌道構造の負担荷重を減らす後者のほうが低廉化効果が著しいので、次に述べる小形車両を開発することとした。

(1) 床下搭載機器類の小形化には限界があるために、連接台車方式を適用する。

(2) 都市内の交差点を直角に曲がることを想定し、最小曲線半径40m対応の小曲線台車とする。

新しい試みの連接台車方式を適用するため、以下の作業シミュレーションと実機試験で各種性能確認を行った。

- (1) 支持輪数が減ったことによる軸重増加を抑えるため、総合的な軽量化作業で軸当たり平均8tの軸重を達成
- (2) モノレール専用シミュレータ(図3参照)を開発し、従来並みの乗り心地を確保するための各種車両性能を予測し、車両を支持するばね・ダンパ系を最適化
- (3) 台車枠の軽量化のためにFEM(Finite Element Method)解析を行い、従来比15%の軽量化を達成

小曲線通過時に著大になることが懸念された走行タイヤスリップ角と案内タイヤ力については、シミュレーション結果を元に空気ばね前後剛性を低剛性化することで解決し(図4参照)、小曲線通過時でも従来並みのタイヤ寿命確保の見通しを得た。

#### 4.3 変電・信号保安・運輸管理・通信システム

変電システムについては、以下のような方法で低廉化を図った。

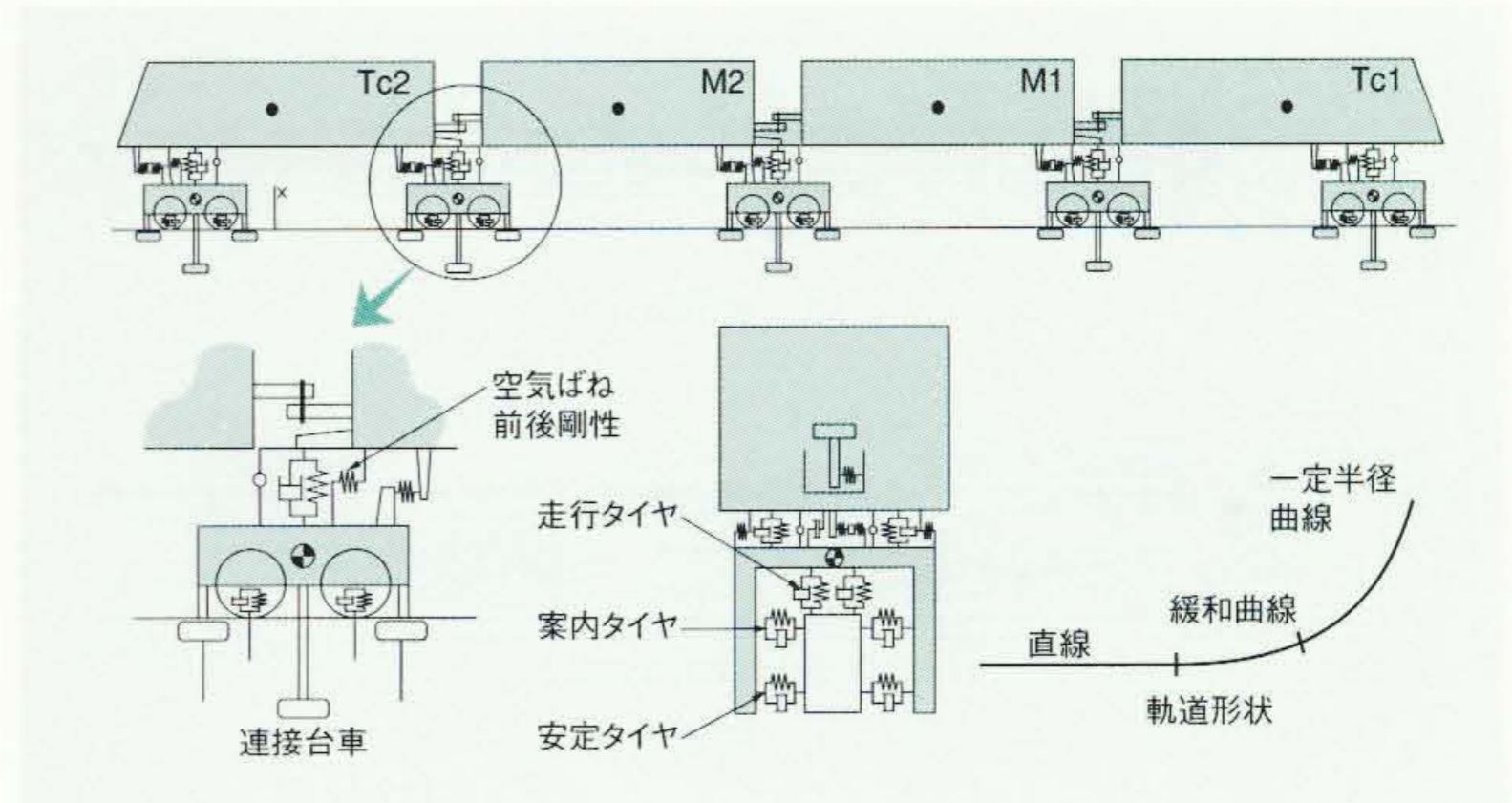


図3 解析モデル

小形モノレールの連接台車方式の解析モデルを開発し、半径40mの小曲線通過特性をシミュレートした。

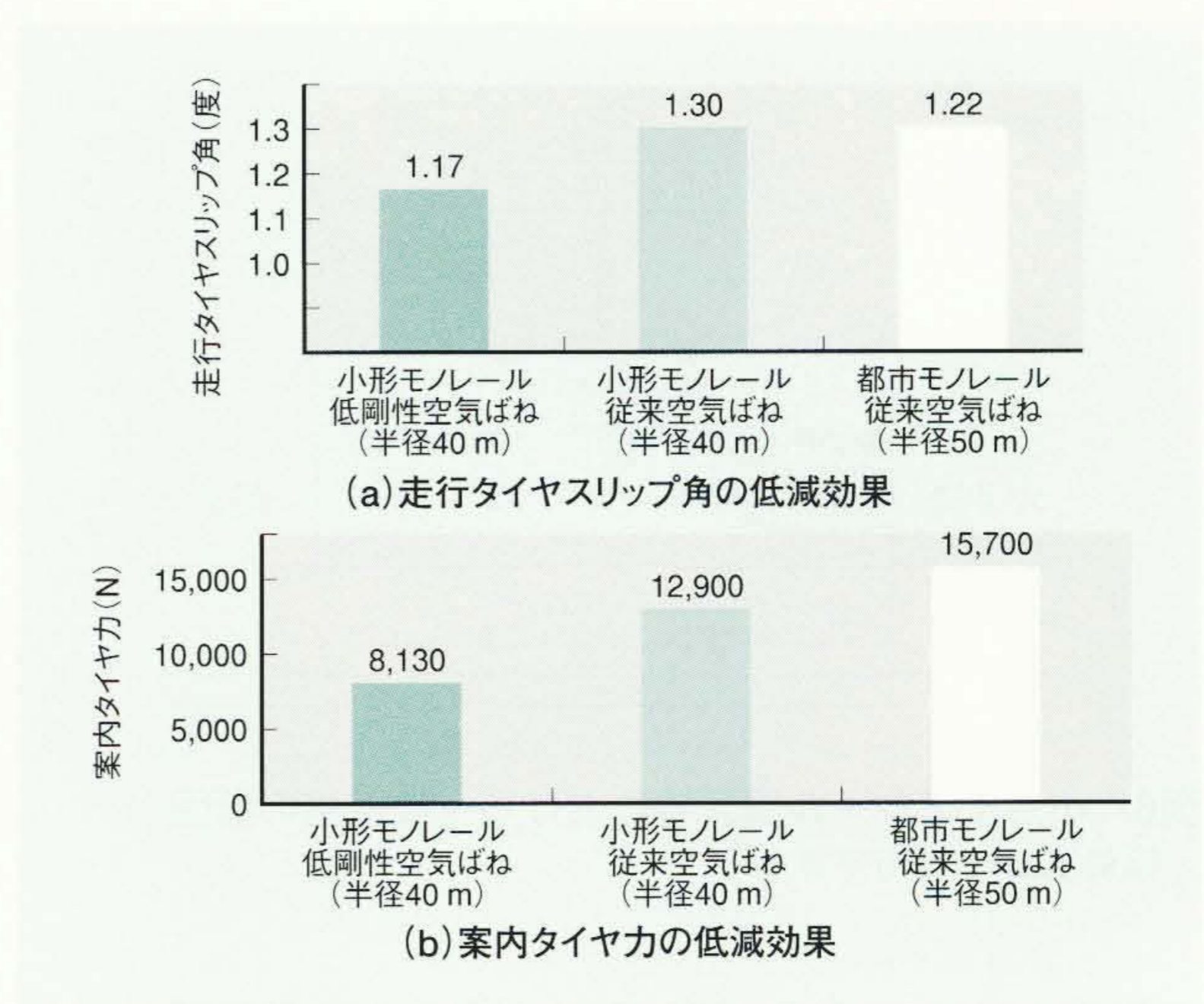


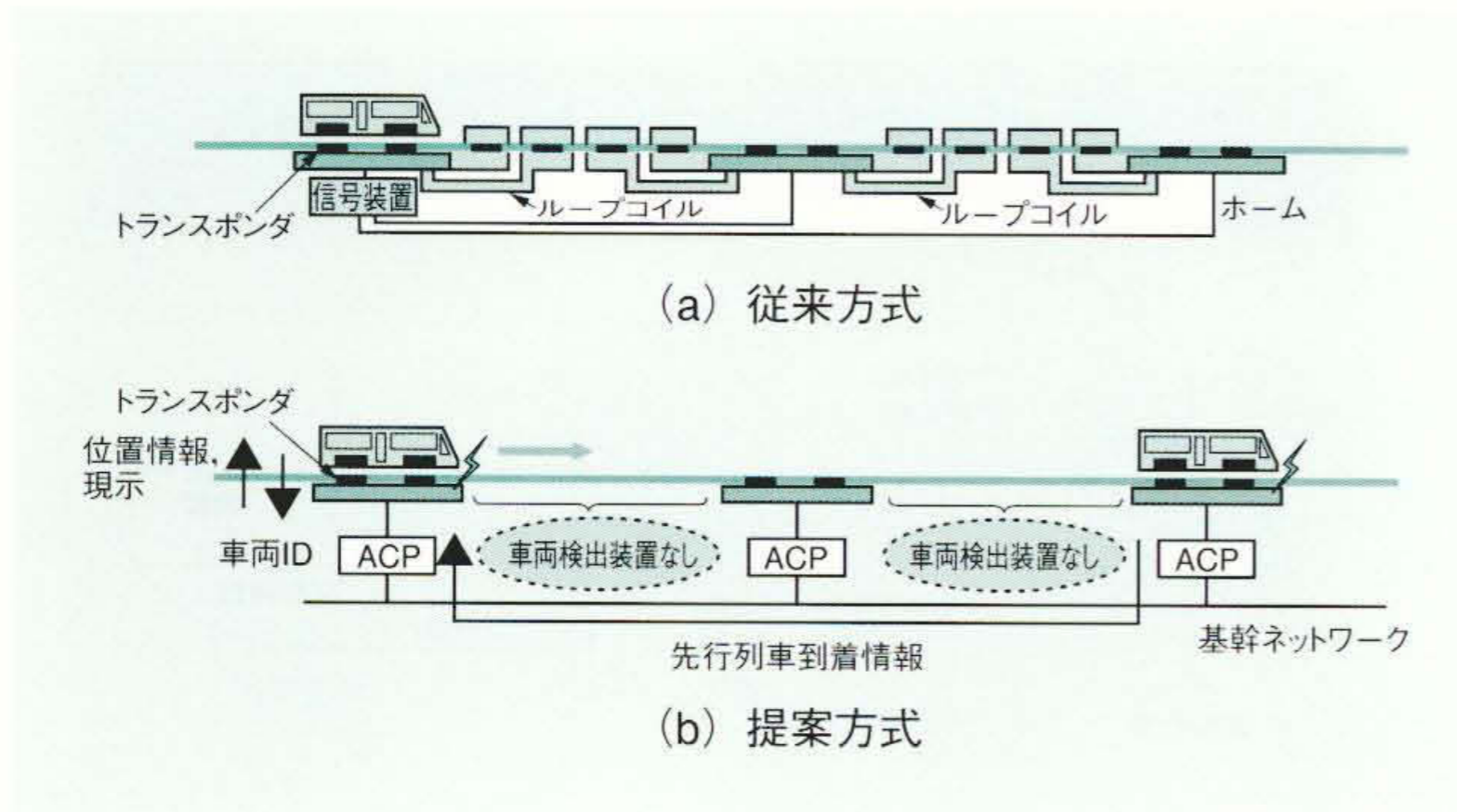
図4 シミュレーション結果

小曲線通過に伴う各部タイヤの寿命に関する要素を解析し、従来並みの寿命と乗り心地を確保できる空気ばね定数を決めた。

- (1) 架線電圧には、他の小規模交通システムとの互換性を考慮してDC750Vを採用した。AC600V化は車両の軽量化に効果があるが、地上側配電設備の増加によって全体的に割高となるので不採用とした。
- (2) 従来の特別高圧受電変電所から補助電源を配電する集中方式をやめて、小容量変電設備を駅に分散配列して各駅個別で高圧受電する方式を適用した。
- (3) 車両のパンタグラフのすり板を均一に磨耗させるためのトロリ線設置高さをスネークさせる従来の敷設方式を、敷設管理の容易なのこぎり刃方式に変えた。

信号保安制御については、小規模輸送に見合った以下に述べる新方式によって低廉化した(図5参照)。

- (1) 従来システムは、駅間のすべての軌道上に複数の列車検出装置(ループコイル)を設け、1ループコイル区間に1列車の存在しか許さない閉そく方式であった。



注：略語説明 ACP(Autonomous Control Processor)  
ID(Identifier)

図5 信号保安方式

提案方式では、駅間の検出器とケーブルが不要となる。

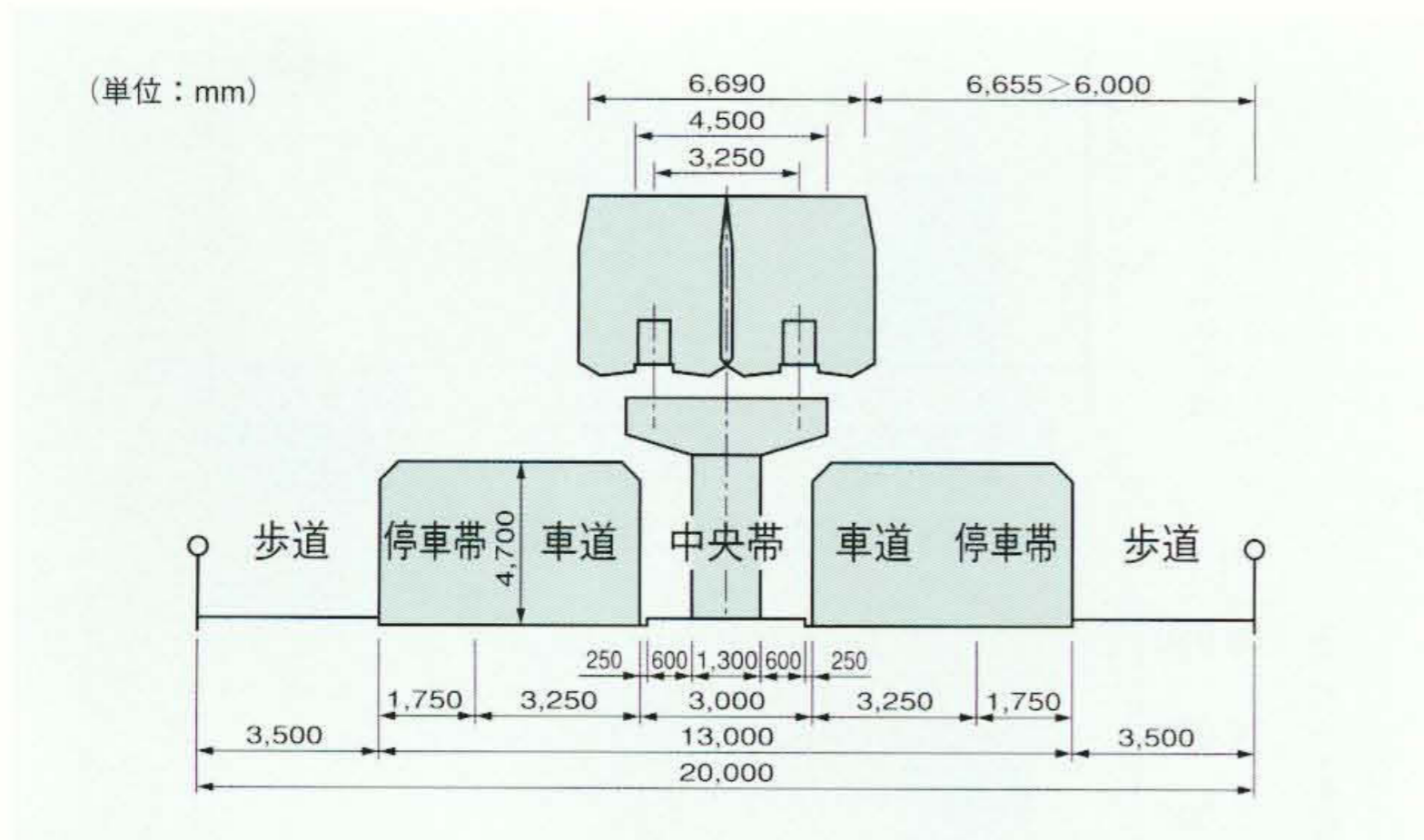


図6 小形モノレール導入時における一般道路の断面  
幅員20 mで適用できる。

提案システムでは、駅にだけ列車検出装置を設け、先行列車の駅到着を監視することで全列車の存在を把握する方式とした。これによって駅間の検出器とケーブルが不要となり、システムの簡素化が図れる。

(2) 信号保安, 運輸管理(運行, 電力, 設備, 非常), 保安通信の通信系を可能なかぎり一元化した。これはIP (Internet Protocol) など汎用プロトコルや光ファイバなどの伝送線路利用によって実現でき, 設備費とメンテナンス費の低廉化が図れる。

4.4 基盤設備

以上で述べた研究の結果により, 小形モノレールシステムの幅員20 m道路への導入の可能性を検証することができた(図6参照)。

5 おわりに

ここでは跨座型小形都市モノレールシステムの開発と特徴について述べた。

日立製作所は引き続き, 各社と協力してこのシステムのブラッシュアップを図っていく。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 菅原：需要規模に応じた都市モノレールの研究, モノレール協会誌, No. 91, 2~26(2000. 6)
- 3) 平石, 外：跨座型小形モノレール用台車の開発, モノレール協会誌, No. 99, 44~47(2001. 4)

執筆者紹介



桑原武夫

1960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 モノレールSI部 所属  
現在, 小形モノレールシステムの総合開発に従事  
E-mail : takeo\_kuwabara @ pis. hitachi. co. jp



中埜 豊

1969年株式会社トーニチコンサルタント入社, 東日本支社 所属  
現在, 都市交通計画関連業務に従事  
技術士(建設部門)  
E-mail : Y\_Nakano @ tonichi-c. co. jp



藤原拓身

1995年物産交通システム株式会社入社, プロジェクト推進部 所属  
現在, 跨座型モノレールシステムの総合開発に従事  
E-mail : k. m @ m7. people. or. jp



岩崎克行

1994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 笠戸交通システム本部 車両システム設計部 所属  
現在, モノレール車両設計に従事  
E-mail : iwasaki\_katuyuki @ kasado. hitachi. co. jp



伊藤 彰

1971年日立製作所入社, 電力・電機グループ 電機システム事業部 受変電エンジニアリング部 所属  
現在, 変電所システム設計に従事  
E-mail : a\_Itou @ cm. kokubu. hitachi. co. jp



杉田洋一

1992年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御第2研究部 所属  
現在, 小形モノレール対象の信号保安方式開発に従事  
電気学会会員, 計測自動制御学会会員  
E-mail : ysugita @ hrl. hitachi. co. jp