

連結・分離可能なバス車両をベースとする バイモーダル交通システム

林田 守正¹・水間 毅¹・竹内 俊裕¹・長谷川 智紀¹・森 裕貴¹

¹非会員 独立行政法人交通安全環境研究所 交通システム研究領域

(〒182-0012 東京都調布市深大寺東町7-42-27)

E-mail: hayasida@ntsel.go.jp

輸送需要が比較的少ない中規模都市等へも導入が可能な、便利でコストが低く、柔軟性が高い公共交通機関が必要とされている。そこで定時性・輸送力とキメ細かさを併せ持つ中量輸送機関の実現が望まれる。筆者らは、バス車両をベースとし、軌道上の連結走行と一般道路上の単独走行の直通運行が可能な「バイモーダル交通システム」(BMTシステム)の研究開発を行っている。本発表では、バリアフリーな低床試験車両、光学式非接触車両誘導装置、連結・分離を伴う運行の支援管理等に関する検討と実車走行試験による機能検証の結果を述べる。さらに、導入地域の特性を考慮したシステム仕様の最適化や導入効果の評価方法について考察した結果を報告する。

Key Words : Bi-Modal, Dual mode, Coupling and decoupling, Buses

1. はじめに

輸送需要が少ない地方都市等にも適する、便利で低コストな公共交通機関が必要とされている。また省エネルギー、環境負荷の点からも公共交通への転換が急務である。そこで専用走行路と一般道路を旅客の乗換無しで直通できるデュアルモードな輸送機関の研究開発を実施している。本報告では先行的なモデル事業の成果をベースとして各要素技術を高度化し、地域導入への自由度を高めたシステム構成の検討結果を報告する。

2. バイモーダルシステムの概念

本報告では、バス車両技術をベースとし、コンクリート軌道等の専用走行路上の連結走行と一般道路上の単独走行の機能を有する中量輸送システムを「バイモーダル交通システム」(BMTシステム)と定義する。

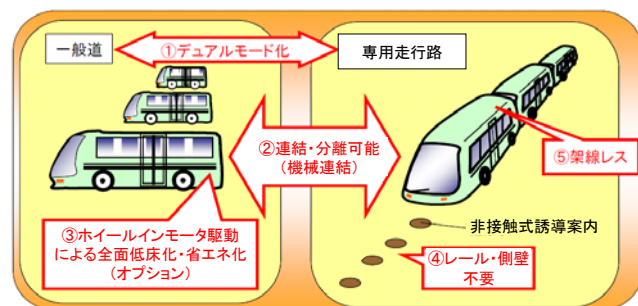


図-1 バイモーダル交通システムの概念

専用路走行においては、非接触式の誘導自動操舵によりレール不要、防護側壁省略による道路交通との共存、車両間の確実な機械連結、電動車両でも車上ハイブリッド電源搭載により架線が不要、等が特長である。そのようなBMTシステムの概念を図-1に示す。

3. 検討・試作を行った技術項目

平成16~17年度に、(独) NEDO技術開発機構殿の補助事業として、車両メーカー、電機メーカー等と共に、BMTシステムの先行的な研究開発を行い、プロトタイプを試作した⁽¹⁾。この先行モデルにおいて、実用化に向けた課題として残った以下の項目を、新たに平成20年度から国土交通省総合政策局受託事業として開始した本研究における技術課題として掲げた。

(1) バリアフリーの低床車両の試作

車両間連結・誘導操舵技術をバリアフリーの低床車両で検証するため、新たに小型ノンステップバス(現在生産中止)をベースとした試験車両(先頭車、次位車の2両)を試作した。ベース車両からの主な改造点は、図4に示すように、後輪アクスルの交換による4輪操舵化、後述する非接触車両誘導による自動操舵機構と車両制御コンピュータの搭載、機械式連結器の取り付け等である。

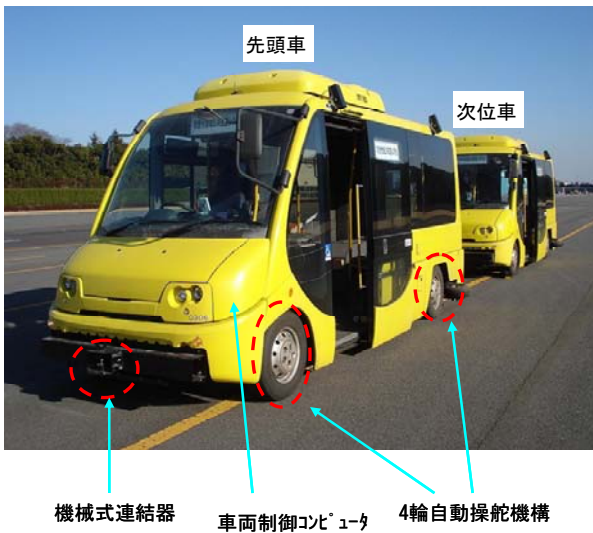


図-2 低床試験車両のベース車両からの改造項目

(2) 光学式非接触車両誘導システム

磁気マーカ方式よりも道路施工の負担が小さく低コストで、かつ信頼性の高い非接触案内方式として、光学的な手法の採用を検討した。路側に引かれた白線を車体左側面上方（2箇所）に設置された小型CCDカメラで観察し、画像処理を経て車両の走行路に対する幅方向の相対位置を算出し、自動操舵に反映するものである。その概要を図-3に示す。このような案内制御機構を試作し、図-2の試験車両に搭載した。走行中に、左路側に引かれた白線の画像データに基づいて、白線と車両との相対位置を演算し自動操舵制御コンピュータに連続出力する機能を確認した。画像処理による検出結果は画面右側の3本の線の中の中央の線として示される。



図-3 光学式非接触車両誘導システムの機能確認

(3) 連結車両間同調機構

図-2の2両の試験車両の連結状態の走行におけるブレ

ーキ動作を同調させる機構を試作した。同調制御のブロック図を図-4に示す。先頭車の運転士がブレーキペダルを踏むことにより発生するブレーキ油圧を電気信号として検出し、自車（先頭車）の車両制御コンピュータに出力する。先頭車の車両制御コンピュータにおいて、入力されたブレーキ油圧信号に相当するブレーキペダルストロークを演算し、ブレーキペダル操作指令信号を生成して、次位車のペダル自動操作用電動アクチュエータに出力して、次位車上に先頭車と同等のブレーキ油圧を発生させることとした。上記の制御を可能とするために必要な先頭車/次位車上および車両間引通しの電気配線作業を行った。また車両間の引き通し線は、車両の連結・分離に短時間で簡単に対応できるように、連結器直上等でコネクタにより分割できる構造とすることとした。次位車のペダルをアクチュエータで自動操作する機構の外観を図-5に示す。

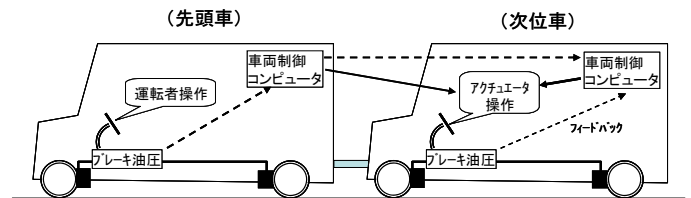


図-4 ブレーキ同調制御のブロック図



図-5 次位車のブレーキペダル自動操作機構

(3) 連結・分離を支援する運行管理システム

GPS等を活用して複数車両の位置を正確に検知し、モード転換駅での円滑な連結・分離を支援する図-6のような運行管理システムを基本設計した。各車両から管理センタへは運行モード、車両位置や到着予想時刻等を送信し、センタから車両へは連結・分離や出発等の指示を送信する。情報伝送には、公衆回線とインターネットを仮想的なLANとして利用することを想定するが、試作したシステムでは特別小電力無線で代用した。

各車両の位置表示と運転士への指示を行なう運行管理画面を図-7に、また車上で運転士が地上からの指示を視認する表示器を図-8に示す。

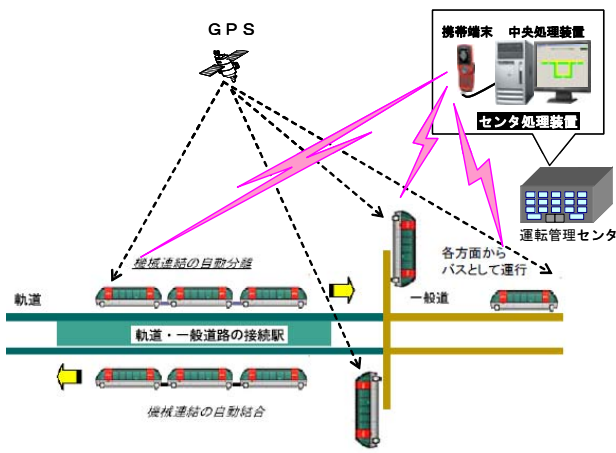


図-6 連結・分離を支援する運行管理システム

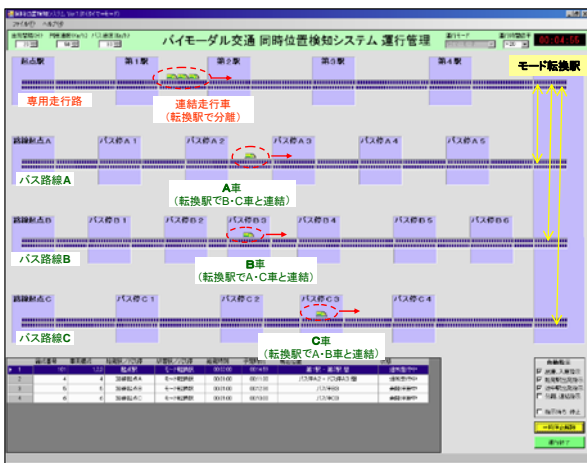


図-7 試作した運行管理画面



図-8 試作した運転士指示表示器

(4) その他の技術要素

前述の光学式車両誘導システムや自動操舵機構の故障による車両の走行路からの逸脱を防止するための、簡素で信頼性が高い方式を考察した。故障発生確率の最小化およびフェイルセーフ担保の方策として、信頼性が極め

て高い鉄道信号制御用コンピュータCPUの応用を検討した。また制御故障時の車両の挙動に関して、摩擦係数が高い新たな舗装設計やシミュレーション検討により、急制動時の横滑り量は許容量（70cm）以下に留まる見通しを得た。一方、電気動力方式を採用する場合の駆動モータ形式の選定や車上ハイブリッド電源装置の最適化について検討を行った。

4. 実車試験による機能検証

試作した低床試験車両2両を用いて、テストコース上において実車走行を行い、光学式車両誘導システム、連結車両間同調機構、運行管理システム等の実証試験を行った。試験項目と機能評価指標は以下の通りとした。

[直線走行（約500m）]

車両と白線の相対距離の基準値からの横偏差と変動

[曲線走行（半径約50m，直線からの移行部分付）]

曲線への追従性

[連結走行機能]

連結走行時の次位車と先頭車の挙動，軌跡の同一性

その結果、直線走行においては、PIDのパラメータ等を最適設定すれば、横偏差は許容値（±20cm）内に収まり、変動も小幅な安定した走行が可能であることを、最高40km/hの単車走行および連結走行で確認した。曲線走行においても同様の機能を確認したが、車速が高くなると追従が困難となったため、速度は15km/hとした。連結走行においては、先頭車が次位車を牽引する形態としたが、ほぼ同一軌跡上を走行し、挙動の差異や不安定さは特に見られなかった。また運行管理システムについても、実車走行において模擬的な連結・分離を再現し、運転士指示等の支援機能を確認した。

これらの試験状況を図-9～図-11に示す。



図-9 連結・直線走行試験中の試験車両



図-10 連結・曲線走行試験中の試験車両



図-11 光学式車両誘導システムによる自動操舵状況

5. 地域導入モデルの検討

BMTシステムの地域導入のイメージを図-12に示す。移動が広域化し、時間帯、区間の違いによる輸送量の変動が大きい中規模の都市域に適合するものとする。

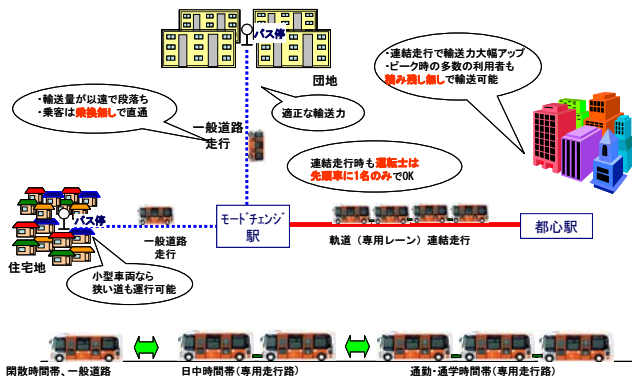


図-12 BMTシステムの地域導入のイメージ

しかし中規模都市といってもそれらの実態には幅があり、大都市域に近い性格を示す都市域から、いわゆる小都市

よりもやや大きい程度の規模の都市域までが含まれる。また住民の意識や、直接的に導入、運営に関与する交通事業者、行政等の姿勢も異なるため、BMTシステムとしての最適な仕様も導入モデル地域によって異なってくる。

BMTシステムとしての仕様の必要条件と十分条件を整理した結果を図-13に示す。必要条件としては、路線バスタイプのバリアフリー低床車両、車両の連結・分離を伴う専用路と一般道路の直通、連結走行時の非接触車両誘導案内・自動操舵機能等が挙げられる。一方、それらを補う十分条件としては、運行管理システム、電気モータ駆動方式、連結・分離の自動化、3両以上の連結、4輪自動操舵による同軸制御等が挙げられる。

ただし今後の路線バスにおいては利用者に対するリアルタイムの情報提供が必須であると考えられるため運行管理システムは必要条件になってくると予想できる。電気モータ駆動の採用はコスト上昇の要因となるが、例えば屋内進入というケースでは有効となると考えられる。

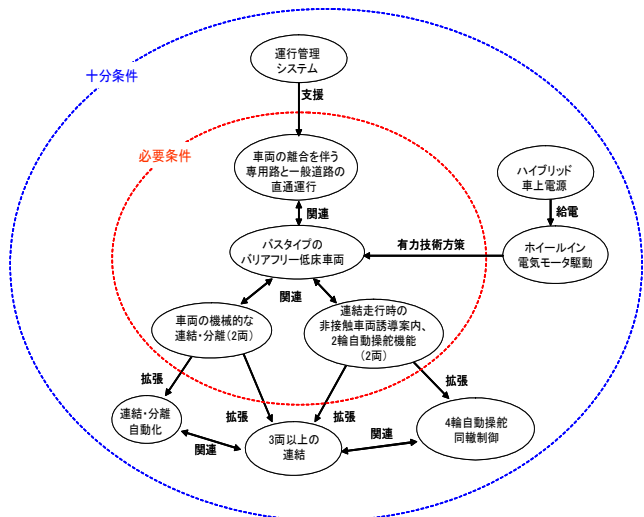


図-13 BMTシステム仕様の必要条件と十分条件

6. まとめ

(1) BMTシステムの先行モデルで残された課題に基づき、実用化高めるために必要な、バリアフリー化、光学式非接触車両誘導、連結車両間同調、運行支援管理等の各技術項目に関する検討、試作成果と実車試験による機能検証結果を示した。

(2) 今後の実用化を想定した導入モデルとシステムの最適化について考察した。

参考文献

1) 佐藤安弘ほか「連結・分離可能なパイモダル・ハイブリッド交通システム開発プロジェクト」、平成18年度交通安全環境研究所発表会、pp. 105-108 (2006)

"BI-MODAL TRANSPORT SYSTEM" BASED ON COUPLING AND DECOUPLING BUSES

Morimasa HAYASHIDA, Takeshi MIZUMA, Toshihiro TAKEUCHI,
Tomonori HASEGAWA and Hirotaka MORI

Reasonable public transportation systems with convenience and flexibility are required for middle class cities. Therefore, "Bi-Modal Transportation System" (BMT system) which is based on buses has been researched and developed. About the BMT system, coupled vehicles are operated on dedicated lanes as train, and individual buses are operated on public road as conventional route bus.

In this study, low-floor barrier free vehicle, optical non-contact guide system, operation system supporting coupling and decoupling etc. were designed, and proving tests were carried out.

Further, optimization of the BMT system configuration according to model areas and evaluating methods for effect of introducing the BMT system were considered.