

デュアル・モード・ビークル（DMV）の概要

Outline of Dual Mode Vehicle (DMV)

Shinichi Kodama, Manabu Endo, Daisuke Nakamura

Meanwhile, JR Hokkaido has continued various operations such as "Driver-only Operation" to improve the management of local lines, and "Review of Station Operations," including for the assignment and working hours for station employees. However, such corporate efforts fail to revitalize the management, even with cost reduction measure in particular. Amid these circumstances, dual mode vehicle (DMV), a new concept which can achieve the running of a vehicle both on the railway and road, has been developed to improve the management of local lines.

Keywords : dual mode vehicle, railway, road, seamless, mode interchange, rubber tire, wheel, guideway

国鉄が民営分割化し、ＪＲ北海道が発足して今年で 23 年目を迎えています。現在、ＪＲ北海道の鉄道営業キロは約 2,500km であり、図 1 に示すようにその内の 3 分の 1 に当たる約 800km は 1 日平均輸送人員（輸送密度）が 500 人未満（図 1 の赤点線の線区）という極めて利用者が少ない線区です。そのような線区の多くは、朝夕の通勤・通学時間帯を除き、利用者は 1 列車当たりほぼ 20 人以下です。また、利用者が 1～2 名程度しかない列車もあることが現状です。

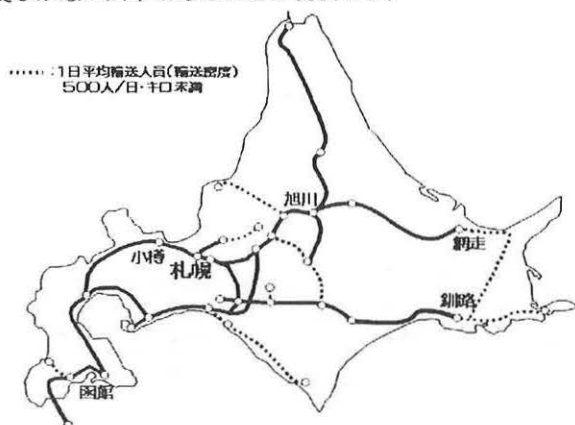


図1 JR北海道の現状

このように、地方の鉄道は、ＪＲ発足以降も年々減少を続け経営状況は厳しく、路線バスと共に赤字状態にある。その理由として、「少子高齢化で地方の過疎化が進んでいる」「路線バス事業の規制緩和や政府からの補助金削減により運営は危機に瀕している」「マイカー比率の上昇が進んでいるが、公共性への要求は依然として強い」などが上げられます。これに対してＪＲ北海道では、「一部地方交通線のバス転換」「ワンマン

そのような中、新たな発想のもとに現状のインフラをそのまま活用して、身の丈(輸送量)にあった車両の運行による地方線区の経営改善を図る手段として開発を進めてきたのが、DMV (Dual Mode Vehicle) です。この研究・開発のため、2002年10月に「開発プロジェクト」を設置、2006年6月からは「DMV推進センター」を発足し、DMVの実用化に向けた取り組みも行ってきています。

DMVとは、マイクロバスをベースに改造した道路と線路を双方方向に走行可能な車両(バス)で、かつて先人が約75年前から実用化に向け試みられてきた夢の乗り物です。システム全体は、道路と線路の双方走行可能な『DMVシステム』と道路と線路を短時間で乗り換え可能な『モード・インターチェンジ・システム』、更にDMVの運行を管理する『運行管理システム』で構成され、DTS(Dual mode Transport System)として開発を進めています。

道路と線路の両方を走行するゴムタイヤ駆動システムと、線路で案内され走行する前後ガイド輪システムから構成される車両です。写真1が2004年1月に開発したDMV試験車(DMV901)に続き、2005年9月に開発したプロトタイプ(DMV911, 912)の線路走行状態です。この車両は、後記の試験的営業運行で使用しましたが、種車であるマイクロバスが排ガス規制によりエンジンなどの重量が増加したため、DMV試験車と比較して許容荷重範囲内での定員確保(25人/両以上)が難しく、ロングシートタイプ(座席及び立席定員)で18人、クロスシートタイプ(座席定員のみ)で16人です。



写真1 プロトタイプ車 (DMV911)

2.2 モード・インターチェンジ・システム

「道路から線路」「線路から道路」への走行モードを変換する地上設備です。写真2は、DMVが道路走行のモードから線路走行が可能なモードに変換することができるモード・インターチェンジ・システム(ガイドウェイ・タイヤガイド式)です。この方式は、既に試験的営業運行で実用化しています。

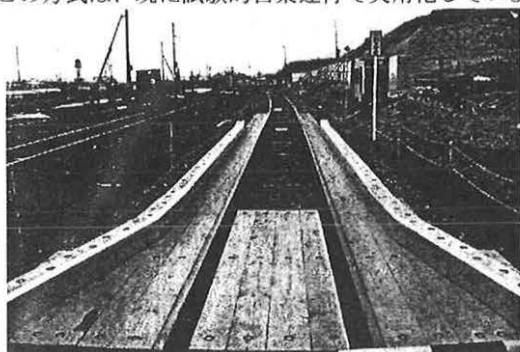


写真2 ガイドウェイ・タイヤガイド式

2.3 運行管理(運転保安)システム

システムはGPSなどを利用した運行と運転保安の管理を基本としています。既に試験的営業運行で運行監視システムとして一部を試行していますが、現在開発中である全体システムは、後記します。

3. DMVの技術

DMVは、道路上では一般のバス同様にゴムタイヤで走行し、軌道上では車体の前後に装備したガイド輪と後ゴムタイヤ駆動輪(内輪)で走行します。「道路から線路への変換」は、モード・インターチェンジのガイドウェイに沿って進入して前後ガイド輪を油圧で下ろし、前ゴムタイヤを引き上げてわずか15秒程度で完了となります。また「線路から道路への変換」は、前ゴムタイヤを下ろし、前後ガイド輪を車体に収納してわずか10秒程度で完了となります。

このようなDMVが開発できた背景としては、マイクロバスが線路上にスッポリ載るのではないかと『ひらめき』から始まり、先人が実用化出来なかった主な原因である「モードチェンジに時間と手間がかかり過ぎる」「ゴムタイヤの寿命が短い」「走行安定性の確保が難しい」などを分析し、発想(アイデア、着眼点)と技術の進歩、技術の組み合わせで解決できたことにあります。

3.1 モードチェンジシステム(モードチェンジの短時間化)

短時間で道路からレールへモードチェンジをするためには、誰が運転をしても簡単に車両のセンタと軌道のセンタを合わせなければならない。そこで、今までの先人が試みた視点とは逆となる「バスが線路を走る」という視点(逆視点の発想)からモードチェンジを容易に行えるよう開発しました。地上側は、ガイドウェイと線路及び舗装面で構成されるモード・インターチェンジ・システムです。また、線路、ガイドウェイ、ゴムタイヤのつづれなど、各部に多少の寸法狂いが

生じて、確実に道路から線路へモードチェンジができなければならないため、地上側はモード・インターチェンジ部の軌間を70mm拡大し1137mmとしており、車両側は、ガイド輪リム幅を25mm拡大し、150mmとしています。

3.2 後軸重配分制御システム(ゴムタイヤの摩耗軽減及び走行安定性の確保)

後ゴムタイヤ駆動輪と後ガイド輪を相互に近く配置しているため、車体後部の荷重を後ゴムタイヤ駆動輪と後ガイド輪で配分することになり、後ゴムタイヤ駆動輪の駆動性能と後ガイド輪の線路追従性が低下します。また、後ゴムタイヤ駆動輪の接地幅は、レール上では道路上に比較して1/3程度となりゴムタイヤに負担が掛かります。そこで、駆動性能とレール追従性を両立するために、後軸重配分制御システム(可変軸重制御)を開発しています。このシステムは、図2のとおり乗車状況、後ゴムタイヤの空転等の条件を判断し、後ゴムタイヤ駆動輪の最も適正な駆動力を確保しつつ、残りの荷重を全て後鉄車輪にかかる制御を随時行うシステムです。そのため、後ゴムタイヤの更なる摩耗軽減の他、後鉄車輪の脱線に関わる安全性の向上も図ることができます。

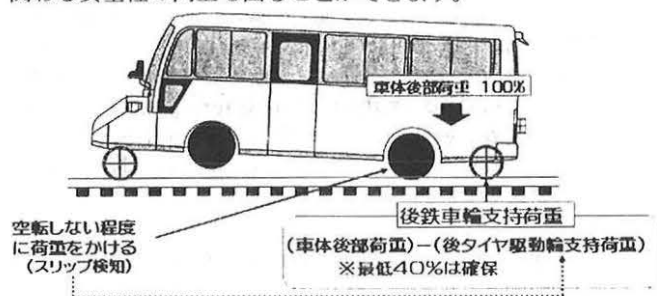


図2 後軸重配分制御(可変軸重制御)システム

3.3 定員の拡大

2004年1月のDMV試験車の完成以降、多くの方が視察や試乗にいられていますが、要望として非常に多いのが「輸送量(定員)の拡大」です。DMVプロトタイプ車は、前記のとおりDMV試験車並みの定員25人/両以上を確保することが困難でありました。そのため、1両当たりの定員の拡大に向け、自動車メーカーに検討を依頼し調整を進めてきた結果、トヨタ自動車グループの協力を得られることとなり、マイクロバスの許容荷重の拡大が図られ、DMV化改造しても定員拡大が可能なマイクロバスを供給していただくことが可能となりました。写真3が平成20年6月に完成した「新型DMV試験車(DMV920)」です。このDMVは定員28人/両であり、北海道洞爺湖サミットに際してデモンストレーション走行を実施した車両です。



写真3 新型DMV試験車 (DMV920)

3.4 連結運転システム(輸送量の拡大)

1両当たりの定員拡大が可能となった場合でも、マイクロバスとしての定員は、29人/両が最大です。そのため、朝夕の通勤通学時間帯では輸送力が不足することから輸送量を拡大する一方策として開発に取り組んだのが連結運転です。開発

(1) 順方向連結システム

順方向連結は2両を同一方向に連結するため、2両の駆動力を有効に活用できるメリットがあり、先頭車と後続車の「アクセル」「ブレーキ」などの動作を同期させています。その他、乗降ドアの開閉なども同期可能としています。この連結方式で3両程度の連結が可能となるよう開発を進めています。



(2) 逆方向連結システム

逆方向連結は前後に運転室があるため、線路走行のみで使用する場合に運転台交換が簡単にできるメリットがありますが、自動車は高速で長距離バック運転するとミッションなどの故障が考えられるため、後続車の動力伝達部分をカットする断接装置を開発し、トレーラー扱いとしバック運転を可能としています。しかし、逆回転などによる影響を引き続き検証する必要があり、順方向連結より課題が多くあります。



4. 試験的営業運行の取り組み

DMVは、2007年4月14日から約2年間、北海道の釧網線(浜小清水→藻琴)において、実績とデータの蓄積を目的に試験的営業運行という位置づけで営業運転を実施し、約5,090人にご乗車いただきました。図3に試験的営業運行区間を示しますが、単車運転による循環型運行であり、線路走行が浜小清水→藻琴(約11 km)で道路走行が藻琴→浜小清水(約25 km)です。運行本数は、列車間合いによる1日3往復の運行であり、1運行は約1時間で線路上の最高運転速度は70 km/hです。



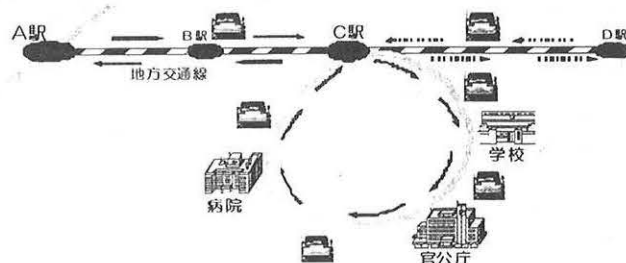
5. DMVの特徴と期待される効果

5.1 ストックの有効活用

DMVは、新たに大規模なインフラの投資が必要な他の交通機関の導入時と違い、既存のインフラが活用可能です。そのため、鉄道車両と比較して、車両購入費などのイニシャルコスト、燃料消費量などのランニングコスト、車両保守などのメンテナンスコストの削減が可能です。今までの実績などにより鉄道車両(ハ40)と比較すると、「車両購入費：約1/5」「車両保守費：約1/4」「動力費：約1/5」程度と予想しており、コスト削減が十分に期待できます。

5.2 利便性・サービスの向上

鉄道は線の移動手段であり、道路は面的移動手段です。現在、この異なる移動手段へは乗り換えが発生します。しかし、DMVはこの乗り換えを不要にし、目的地に乗り換えなしで行くことができるとともに鉄道の利点である定時性・確実性と自動車の利点である機動性・柔軟性を兼ね備えているため、お客様の目的地、乗降地にも柔軟に対応が可能となります。そのため、利便性が高まることが期待でき、高齢化社会に向けた公共交通の一助にもなると考えています。



The diagram shows a horizontal line representing a railway track. On the left, a station is labeled 'A駅' (A Station). To the left of the station, a road is labeled '幹線' (Main Line). A road labeled '入道' (Entrance Road) leads from the main line to the station. Above the track, there are two sections labeled '渋滞した道路' (Congested Road). The first section is between the station and a point labeled 'B' (B Station). The second section is between 'B' and a point labeled 'C' (C Station). Below the track, there is a section labeled '地方交通線' (Local Traffic Line). Arrows indicate the direction of travel: from A to B and from B to C. A dashed line with arrows shows a bypass route from the congested area between A and B, going up and around to the right, and then down to the local traffic line between B and C.

図5 道路と線路を共用した循環型交通

5.3 新たな需要の創出

D M Vは地方交通線の経営改善に留まることなく、新しい交通システムとして、「空港へのアクセス」「都市交通L R Tの代替」「鉄道延伸ルートの代替」「観光地へのアクセス」など新たな需要が期待でき、地域の活性化にも一役を担うことができます。

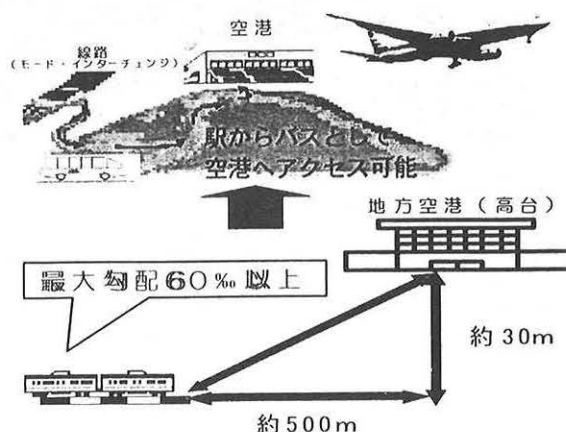


図6 空港へのアクセス

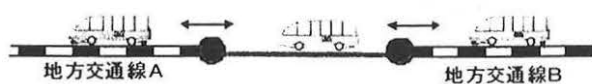


図7 鉄道延伸ルートの代替

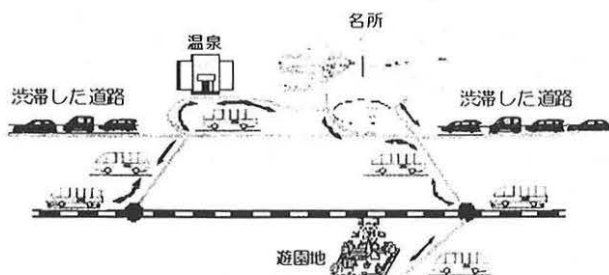


図8 観光地へのアクセス

5.4 地球環境への貢献（省エネ性）

鉄道は環境にやさしい乗り物と一般的に言われていますが、一方、地方の鉄道のように大型の鉄道車両（定員：80～100人/両）での輸送使命を終えた線区においては、決して環境にやさしい乗り物とは言えない状況にあります。よって、そのような線区では身の丈（輸送量）にあった乗り物での運行が不可欠であり求められています。その点、DMVは1人当たりの燃料消費量が約1/3のため、地方の鉄道において活用することにより省エネ性を発揮できる乗り物です。

また、このDMVが、「地球環境問題を踏まえ持続可能な社会の実現をめざしていると認めるもの」という位置づけである『2008年度のグッドデザイン・サステナブルデザイン賞（経済産業大臣賞：特別賞）』を受賞したことから、省エネ性の高い乗り物であることが評価されたものと考えています。

6. 今後の主な課題

DMVの本格的な実用化に向けては、まだ多くの課題が残っていますが、国などの支援をいただきながら早期解決に向け取り組んでいるところであり、平成23年度以降の導入を目指しています。

6.1 技術開発

主な取り組みとしては、前記の「定員を拡大した新型DMVの開発」と「DMV運転保安システム（運行管理システム）の開発」です。

「定員を拡大した新型DMVの開発」は、NEDO事業（共同研究業務）により、平成20～22年度の3年計画で進めています。写真6がNEDO事業により研究開発した新型DMV試作車の1両目であるDMV921であり、定員は24人/両です。



写真6 新型DMV試作車 (DMV921)

また、「DMV運転保安システムの開発」は、国土交通省鉄道局の支援（請負業務）により、平成19年度から開発を進めて

きています。そのシステムのイメージを図9に示しますが、安全を前提に安価なシステムを目指しています。

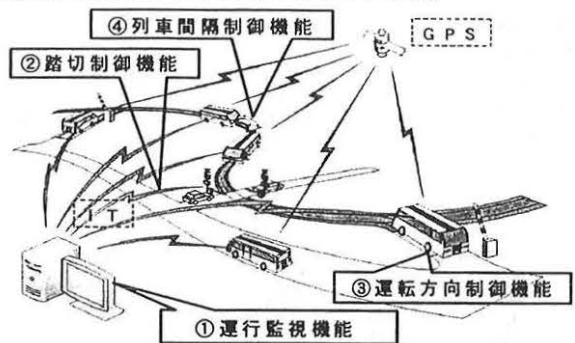


図9 運転保安システムのイメージ

現在、DMV921により走行試験を進めており、走行安全性や乗り心地、加減速性能、位置検知精度など基本的な走行データの検証を行っています。平成22年度には平成21年度に製作を開始する新型DMV試作車2両（DMV922、923）の完成後、運転保安や連結運転の検証・技術評価などを行う計画であり、国などの支援をいただきながら平成22年度末を目処に実用化可能なシステムを構築したいと考えています。

6.2 ルールづくり

DMVは、前記したDMVの特徴を有効に活用することにより、地域に合った様々な運行形態に導入が可能であると考えていますので、国などの支援をいただきながらDMVの運行に合ったルールづくりをお願いしていかなければなりません。

7. おわりに

今回開発したDMVは前記したとおり『発想の転換と創造性』及び地方の鉄道を何とか残したいという『切迫感』から生み出された乗り物ですが、地域にあった交通手段として、最も有効に活用していくためには、多くの課題が存在します。しかし、最も大切なことは、少子高齢化、マイカーの普及による鉄道利用者の減少するなか、地元（利用者）、行政、事業者が三位一体となって、将来を見通した地域の交通ネットワークをどのように構築していくかという視点に立って、DMVの活用策を検討して頂くことが重要です。その前提は、利用者の鉄道離れ、事業者の厳しい経営環境、行政の厳しい財政状態を踏まえ、地元利用者が、自分たちの鉄道、地域の鉄道、地域復興の手段であることを共通認識し、事業者にとっては、最大限の自助努力とサービスを高め、また、行政にとっては、この利用者と事業者の限界を見極め、新しい地域にふさわしい交通ネットワークの指導、支援をして頂くことが重要だと考えています。DMVは、あくまでも交通手段の1ツール（選択肢の1つ）ですが、『イノベーション』による鉄道のシステムチェンジを提起できるのではないかと期待しています。

今後は、試験的営業運行の実績などにより、DMVの特性、特徴を十分に生かした運行が実現できるよう、本格的な実用化の実現に向けステップアップしていきたいと考えています。

参考文献

- 1) 柿沼博彦、難波寿雄：TEST、日本試験機工業会、Vol.12 夏号、pp7-10、2009.7
- 2) 柿沼博彦：Japan Railway & Transport Review NO.51、財団法人東日本鉄道文化財団、pp28～39、February.2009
- 3) S. Sakamoto, H. Kakinuma, I. Sato, T. Namba, H. Arakawa, M. Nakata, F. Ito：APM07、April.2007