

デュアルモード・トランスポート・システムを支える新技術

－ DMV の開発 －

荒川 洋
北海道旅客鉄道株式会社
(DMV推進センター 主査)

木村 琢哉
同
(技術創造部 主査)



あらかわ ひろし きむら たくや

はじめに

国鉄が民営分割化し、JR北海道が発足して今年で21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あり、その3分の1に当たる約800kmは1日1kmあたりの利用者が500人未満という極めて利用者が少ない線区です。このように、地方の鉄道の乗客はJR発足以降も年々減少を続け、路線バスと共に経営状況は厳しい状態にあります。その理由として、少子高齢化、過疎化、マイカー比率の上昇などがあげられます。

これに対してJR北海道では、

- ①地方交通線の廃止
- ②ワンマン化
- ③運輸営業所の新設
- ④駅業務の見直し

バス会社では、

- ⑤地方路線バスの廃止
- ⑥地方路線バスの減便

など、地方交通の経営改善の施策を行い、運営を続けてきましたが、コストダウンを中心とした経営改善は限界に達しています。

そのような中、新たな発想のもとに地方交通の経営改善を図る手段として開発を進めてきたのがDMV(図1)です。DMVとはDual Mode Vehicle(デュアル・モード・ビークル)の略で、道路とレールを双方向に走行可能な小型バスをベースとした乗り物です。

その具体的な取り組みの基本は、以下の通りです。

- ①マイクロバスを活用し、輸送量にあった小型・軽量化を図った少量輸送の乗り物により、車両のイニシャルコストとメンテナンスコストを低減する。
- ②レールなどの地上インフラは有効に活用しつつも省力化を踏まえ、GPSの活用などによりコストを低減する。
- ③高齢化に向けてバリアフリー化を目指し、道路もレールも走行可能な乗り物として、利便性を高め、地域の活性化を図る。

2007年10月号では、DMVの全体システムと活用について紹介しましたので、本稿では、釧網本線(浜小清水駅～藻琴駅)で試験的営業運行をおこなっているDMVの車両技術を中心に紹介をします。

2004年1月に試験車(DMV901)の開発・走行試験をおこない、2005年9月にプロトタイプ車(U-DMV)の開発・走行試験をおこないました。U-DMVはユニット型DMV911,912で構成される連結運転が可能な車両です。その後、プロトタイプ車(DMV911,912)は事業用バスとして、2007年4月から釧網本線(浜小清水駅→藻琴駅)と道路(藻琴駅→浜小清水駅)で単車循環運転による試験的営業運行(レール走行11km、道路走行25km)を行っています。(以下、試験的営業運行と記す)

DMVの全体システム

図2に示すように、全体のシステムは、道路とレールの双方走行可能なDMVシステムと道路とレール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、全体システムはDTS(デュアルモード・トランスポート・システム)として開発を進めています。

DMVシステム

DMVは道路とレールを双方向に走行可能な乗り物であ



図1 DMV(苗穂工場にて)

り、道路上では一般のバス同様に前ゴムタイヤと後ゴムタイヤ駆動輪（内外輪）で走行し、レール上では図3に示すように、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。

(1) 後ゴムタイヤ駆動輪

図3に示すように、DMVの固定軸距は6m程度と鉄道車両に比較して長いので、曲線における後ゴムタイヤ駆動輪の偏倚量が大きくなり、後ゴムタイヤ駆動輪がレールから外れて走行できなくなります。そこで、後ゴムタイヤ駆動輪のタイヤ幅とアルミホイールのオフセット量を拡大し、レールに対する後ゴムタイヤ駆動輪の配置を最適化し最小曲線半径100mを通過可能としています。

(2) 後軸重配分制御

図3に示すように、DMVは後ゴムタイヤ駆動輪と後ガイド輪が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レール追従性とはトレードオフの関係にあります。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の負担が大きくなり、ゴムタイヤの磨耗が促進されます。そこで、駆動性能とレール追従性の両立と、ゴムタイヤの磨耗を抑制するために、後軸重配分制御システムを採用しています。

試験車（DMV901）では、後ゴムタイヤ駆動輪と後ガイド輪の軸重比を、試験結果を基に60対40に油圧で配分制御し、後ガイド輪の軸重が、乗車人員の変化、加減速時の重心移動、車体振動などで変化しないように油圧で一定に制御をしています。このことにより、駆動性能とレール追従性の両方を確保しました。

一方、プロトタイプ車（DMV911,912）では、更なる駆動性能とレール追従性の向上を図るために、走行中の後ゴムタイヤ駆動輪のスリップ率を検出し、このスリップ率が常に最適値となるように、後ゴムタイヤ駆動輪の軸重を油圧制御で変化させ、残りの車体後部荷重を全て後ガイド

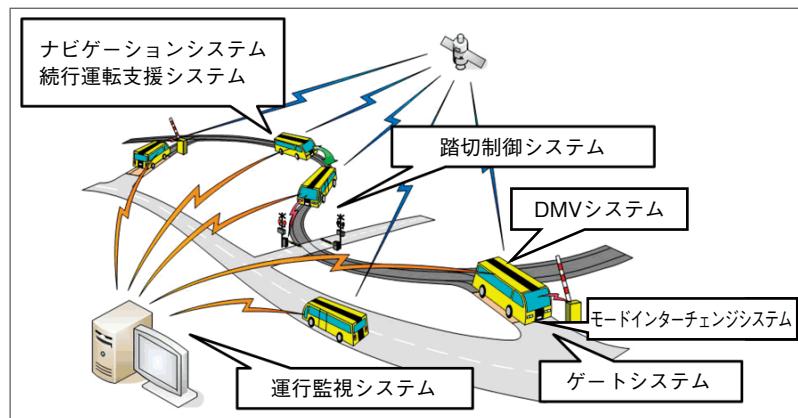


図2 全体システム

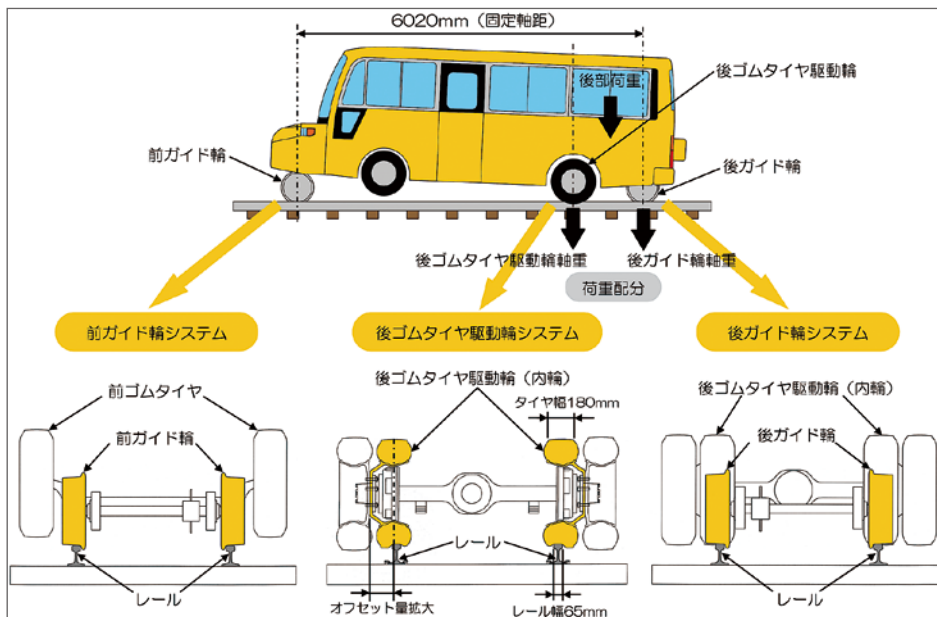


図3 DMVシステム

輪に配分する可変軸重制御を採用しています。このことにより、試験車（DMV901）に比較して、加減速性能とレール追従性が飛躍的に向上しました。

(3) ガイド輪の踏面形状

後軸重配分制御でも述べましたが、車体後部の荷重を後ゴムタイヤ駆動輪と後ガイド輪で60対40に配分制御しているため、後ガイド輪の軸重は横圧に対して60%不足していることになり、脱線の危険性が高くなります。そこで、軸重60%不足分、脱線の限界を高めるために、Nadalの式を用いてガイド輪のフランジ角度を87°としています。従って、脱線係数の限度値は2.33となります。また、踏面形状は在来線基本踏面をベースに構成しています。更に、DMVの輪重は鉄道車両に比較して1/5程度と軽く、ガイド輪踏面の磨耗がほとんどないため、ガイド輪のフランジ高さを鉄道車両に比較して高くし33mmとしています。

(4) 軸箱柔支持

前述したように、DMVの固定軸距は鉄道車両に比較し

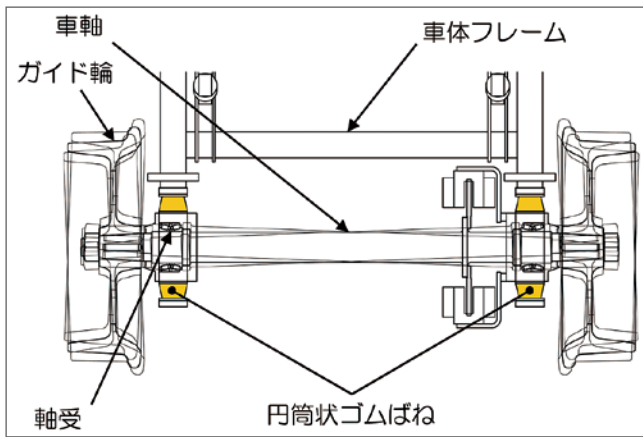


図4 軸箱柔支持

て6m程度と長く、曲線走行時におけるガイド輪の横圧が輪重に対して大きくなり脱線の危険性が高くなります。そこで図4に示すように、横圧低減のために、ガイド輪の軸箱を円筒状ゴムばねで柔支持し、曲線走行時にガイド輪が横圧により操舵する機構としています。図5に示すように、この円筒状ゴムばねは、車両の前後・左右・上下振動の緩衝とガイド輪の操舵機能を合わせ持っており、構造が簡単で軽量であることが最大の特徴です。また、ゴムばねは圧縮に比較して引張が弱いので、圧縮となる部分のばね定数を低く引張となる部分は高くし、更にゴムの断面形状を台形にすることによって、全体のばね定数を最適化しています。

(5) サスペンション

図6に示すように、ガイド輪のサスペンション構成は、1次ばね系が円筒状ゴムばねを使用し、2次ばね系は油圧サスペンションを使用しています。油圧サスペンションは、ガイド輪の昇降用の油圧シリンダにアキュムレータ（窒素ガス封入）とオリフィスを使用して、ばねとダンパーの作用をさせています。

モードインターチェンジシステム

DMVをレールに載せるためには、車両の中心を軌道の

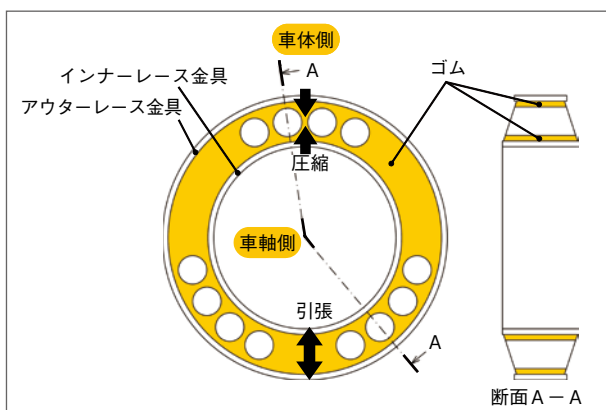


図5 円筒状ゴムばね

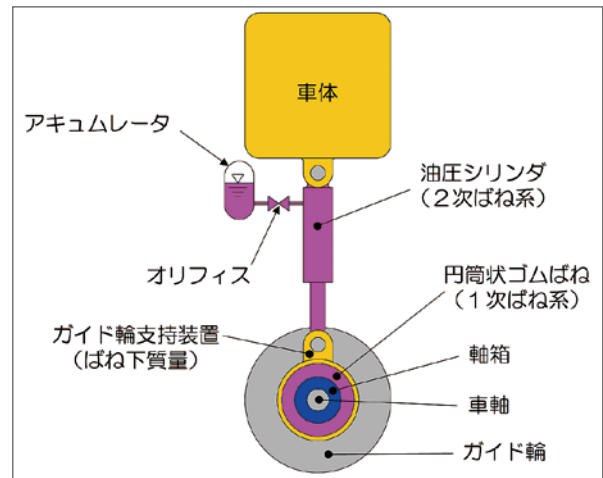


図6 サスペンション構成

中心に合わせて、ガイド輪をレールに載せる必要があります。この動作をモードインターチェンジでおこないます。図7にモードインターチェンジを示します。

(1) モードチェンジの容易性

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、車両の中心を軌道の中心に合わせられなければなりません。以下にモードチェンジシステムの構成を示します。

- ①地上側：ガイドウェイとレール（軌間拡大部、軌間変化部）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（図7）
- ②車両側：地上のガイドウェイで位置決めが可能なゴムタイヤシステム

図8に示すように、「道路からレールへの変換」は、ゴムタイヤのサイドウォールをガイドウェイに沿わせてモードチェンジ部に進入することにより、車両の中心を軌道の中心に合わせることが可能です。ここで一旦停止し、前後ガイド輪を油圧で下ろし、前ゴムタイヤを引き上げ、ステアリングを固定し、レール走行状態完了となります。この間、わずか15秒程度です。また、「レールから道路への変換」は、

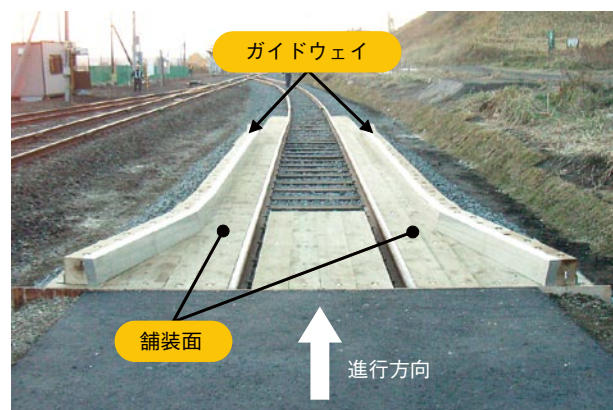


図7 モードインターチェンジ

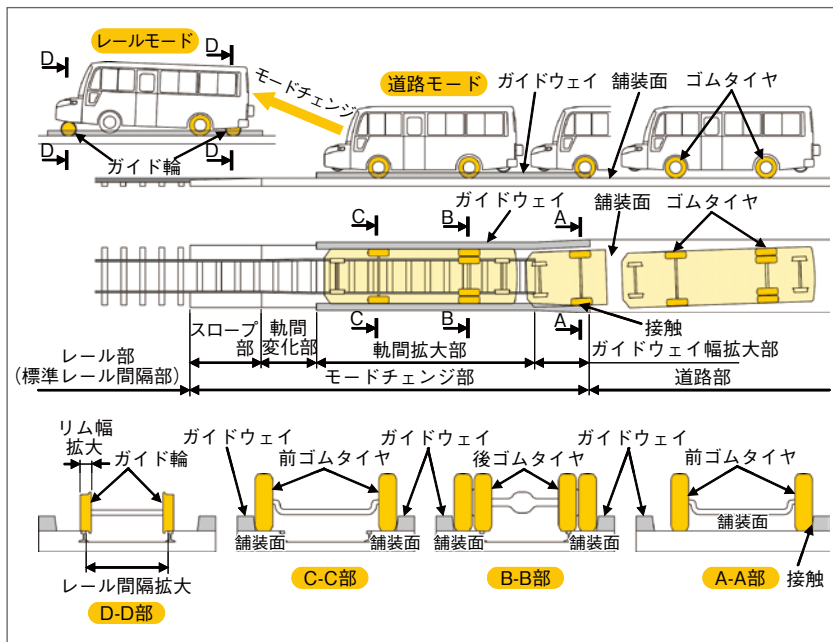


図8 モードチェンジシステム

踏切と同様なレールと舗装面で構成される場所で、ステアリングの固定を解除し、前ゴムタイヤを下ろし、前後ガイド輪を車体に収納して道路走行状態完了となります。これに要する時間はわずか10秒程度です。

(2) モードチェンジの確実性

レール、ガイドウェイ、ゴムタイヤなど各部に多少の寸法狂いが生じても、確実に道路からレールへモードチェンジができなければなりません。そこで、以下の対策を施して、DMVがモードチェンジ部のどの位置に停止してもガイド輪が確実にレールに載るシステムとしています。

- ①地上側：モードインターチェンジ部の軌間を70mm拡大し1137mmとしています。(図8視D-D)
- ②車両側：軌間拡大のため、ガイド輪リム幅を25mm拡大し、150mmとしています。

運転保安システム

今回の試験的営業運行では、運転保安方式として新たに「照査閉そく式」という閉そく方式を構築しました。DMVが走行する際、連動の条件を照査して閉そく方式を切り換えます。DMVが「閉そく鍵」という鍵を携帯することにより、この区間に一DMVしか在線しないことを保証しています。なお、DMVはこの「閉そく鍵」を備え付けていなければアクセルペダルを踏み込むことが出来ず、レール走行ができない構造としています。

また、DMVの車両重量は鉄道車両に比較して十分に軽いなどの理由から、軌道短絡による踏切動作が不安定な場合があります。そこで、軌道短絡方式と車軸検知方式の両方を併用し踏切の保安度を確保しています。

運行監視システムと 運転支援システム

今回の試験的営業運行では、DMVの位置検知にGPSと速度パルスを用い、無線(パケット通信)でDMVから運行管理センターへ、運行管理センターから各駅には専用回線を用いて位置情報を伝送する運行監視システムを開発しました。また、軌道走行位置、踏切接近警報、道路走行経路案内などを運転士に知らせる運転支援システム(ナビゲーション)も搭載しています。

試験的営業運行

今回の試験的営業運行を行うにあたっては、2006年度より国土交通省鉄道局と「DMV共同検討会」を開催し、実用化の検討を進めてきました。この検討会での議論から、学識経験者、国土交通省、北海道運輸局などの関係者が、DMVが鉄道を走行する上での課題を検討する「DMV技術評価委員会」を立ち上げ、釧網本線におけるDMV試験的営業運行の安全性評価を行いました。これをもとに国土交通省はガイドラインを作成し、当社はこのガイドラインをもとに実施基準を届出、車両の確認申請等を行いました。

現在の釧網本線における営業運行は、将来の幅広い運行形態への導入拡大に向けた第1ステップという考えであり、実績を積むこととデータの蓄積を行うための試験的営業運行と位置づけています。

むすび

今回、試験的営業運行という位置づけではありますが、多くの方に乗車して頂き、貴重なご意見を多数頂いています。反面、この試験的営業運行はDMVの特徴・特性を十分に発揮した運行形態とはなっていないことと、導入希望に対する幅広い運行形態に対応するためには、「輸送力拡大に向けた技術開発」や「安価な運転保安システムの開発」など大きな課題が残っています。今後は、試験的営業運行の実績を積み重ね、関係者のご協力やご支援を頂きながら技術開発を進め、公共交通手段の選択肢の一つとして活用して頂けるように取り組んでいきたいと考えています。

RRR