

# 1701 DMVの走行安全性に関する研究（第1報）

○中田 昌宏（J R北海道） 正 [機] 柿沼 博彦（同） 難波 寿雄（同）  
永井 昭夫（同） 佐藤 肇（同） 遠藤 学（同） 中村 大輔（同）

## A study on the Running Stability of the DMV

### (The 1<sup>st</sup> Report, Investigations into the Performance of the Running Gear on the Tracks Maintained under Unfavorable Conditions)

Masahiro NAKATA, Hokkaido Railway Co. Kita11 Nishi15, tyouu-word, Sapporo City  
Hirohiko Kakinuma, Toshio Namba, Akio Nagai, Hajime Sato, Manabu Endo, Daisuke Nakamura

JR Hokkaido is now developing the Dual Mode Vehicle (DMV) that can easily operate both roads and railway tracks. The rigid wheelbase of the DMV, rebuilt from a minibus, is so long that it is necessary to investigate the running stability when the DMV passes through steep curvatures and turnouts. The DMV was experimentally operated on the tracks that were unnaturally maintained under unfavorable conditions. As the results of the experimentations, we found that the running gear of the DMV had favorable performance on the running stability.

*Keywords::* wheelbase, flange angle, minibus, the rear-axle load distribution control system, self-steering system

#### 1. はじめに

道路と線路の両方を走行可能なデュアル・モード・ビークル (DMV) は、釧網線における試験的営業運行の結果などを踏まえ、本格的な実用化に向けて開発中である。しかし、マイクロバスをベースとした構造上の制約から、従来の鉄道車両と比較して固定軸距が 6m~7m と長く、フランジ角度も 87° と大きいことから、分岐器通過や曲線通過など走行安全性が課題となっている。

本研究では、その課題解決のため実施してきた構造検討や現時点までの走行試験結果等から、第1報として分岐器通過、及び曲線通過に関する研究内容を報告する。

#### 2. DMV全体システム

DMV とは Dual Mode Vehicle の略で、マイクロバスをベースとした乗り物であり、道路と線路両方を走行する後ゴムタイヤ駆動輪（以降、後ゴムタイヤ）と、線路で案内され走行する前後ガイド輪から構成されている。

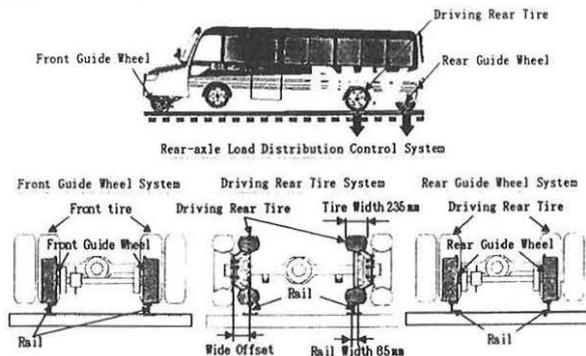


Fig.1 DMV system

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（内外輪）で走行し、線路上では車体前後に装備したガイド輪と後ゴムタイヤ（内輪）で走行する。

#### 3. 走行安全性の向上

##### 3.1 後軸重配分制御

###### (ゴムタイヤ寿命の延伸と走行安全性の向上)

車体後部の重量を後ゴムタイヤと後ガイド輪とで支えるが、後ゴムタイヤと後ガイド輪が比較的接近しているため、後ゴムタイヤの駆動性能と後ガイド輪の線路追従性が低下する。そこで駆動性能と線路追従性を両立するため、後軸重配分制御システムを開発した。

後ゴムタイヤ（内輪）の接地幅は、線路上では道路上の1/3程度となるため、ゴムタイヤの負担が大きくなる。そこで、目標スリップ率（=（後ゴムタイヤ車輪速-車速）/車速）を超えるまでは、出来る限り車体後部荷重を後ガイド輪で支持し、残りの荷重を後ゴムタイヤに配分するよう制御している。また、起動時、制動時は、後ゴムタイヤが支持する車体後部荷重の分配割合を大きくし、加速・減速性能を向上させている。

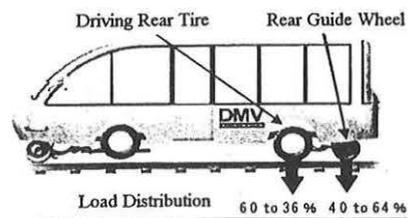


Fig.2 Rear-axle Load Distribution Control System (Variable Axle Load Control)

### 3.2 軸箱柔支持システム

DMV の固定軸距は鉄道車両と比較して 6m~7m 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る。そこで横圧低減のために、ガイド輪の軸箱支持を円筒状ゴムバネで柔支持とし、曲線走行時にガイド輪が横圧により操舵する機構を開発した。この円筒状ゴムバネの最大の特徴は、車両の前後、左右、上下方向の振動を緩衝し、曲線通過時の車輪のステアリング機能も併せ持つこと、また軽量ということである。

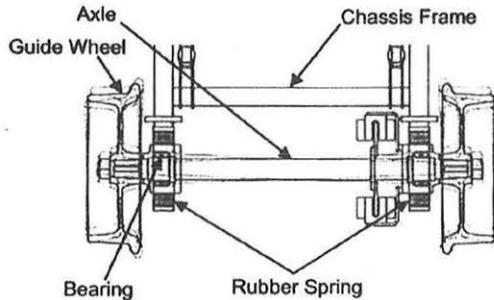


Fig.3 Self-steer System by Soft-supporting a Steel Wheel

### 3.3 ガイド輪踏面形状システム

車体後部の荷重を後ゴムタイヤ駆動輪と後ガイド輪とで支持しており、後ガイド輪の軸重が小さいため、脱線の危険性が高くなる。そこで、その輪重の不足分を補うためにガイド輪のフランジ角度を 87° とし、脱線係数の限度値を 2.33 とした。踏面形状は、在来線基本踏面をベースに設計した。

更に、DMV の軸重は鉄道車両と比較して 1/5 程度と軽く、踏面ブレーキではないため、ガイド輪踏面の摩耗がほとんどないことが想定されたため、ガイド輪のフランジ高さは、限度に近い 33mm としている。

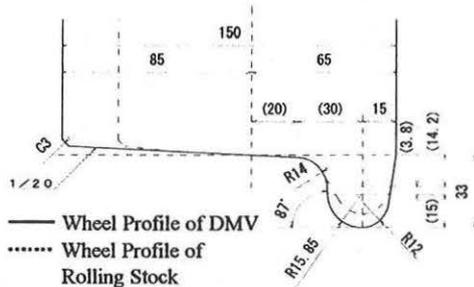


Fig.4 Steel Wheel Profile

## 4. 分岐器通過試験

固定軸距離が長くなることにより曲線通過性能は低下する。そこで、側線用 8 番片開き分岐器対向方向、同背向方向の通過試験を実施した。

### 4.1 試験条件

#### ① 側線用 8 番片開き分岐器

- (ア) バックゲージ  
1,022mm (規定値 1,022mm~1,032mm)
- (イ) 軌道狂い  
基準線路からの高さ差 8.5mm
- (ウ) トングの入射角  
2度 4分 39秒 (設計値通り)

## ② 車両

Table 1 Test Condition of DMV

		Short Wheelbase Vehicle	Long Wheelbase Vehicle
Wheelbase		6092	6838
Front Guide Wheel to Rear mm		6460	5720
All up weight kg		Vehicle 5280+Passenger 330+Equipment 250+Weight	Vehicle 4900+Passenger 330+Equipment 250+Weight
Front Axle Load kg		2316	2418
Ratio of Wheel load unbalance	Front Guide Wheel	The side of inner Rail+4.2% (Facing Direction)	The side of inner Rail+4.5% (Facing Direction)
	Rear Guide Wheel	The side of inner Rail+9.8% (Facing Direction)	The side of inner Rail+9.1% (Facing Direction)
Back Gage mm		991(Both Front & Rear)	991(Both Front & Rear)

### 4.2 側線用 8 番片開き分岐器通過試験結果

分岐器対向方向 27 回、分岐器背向方向 27 回の連続した通過試験を実施した。尚、内軌側ガード・レールのクリアランスは、管理範囲下限値の 1022mm で実施した。

Fig.5~19 に示すように、リード部、トング先端部の試験結果は標準ホイールベース車、ロングホイールベース車とも、大きな差異は見られなかったが、ノーズ先端部、また背向進入時のリード部については前者の方が脱線係数、輪重抜け割合、最大横圧が大きい値を示す結果となった。尚、対向進入時にノーズの最先端部に車輪との接触痕は見とめられず、また鉄道車両に見受けられるような摩耗による金属粉<sup>(1)</sup>はほとんど確認できなかった。

#### ① 対向進入

##### (ア) トング線路先端部

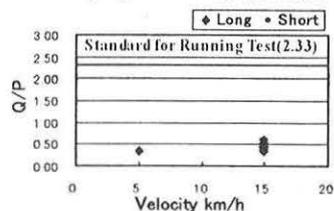


Fig.5 Derailment Quotient

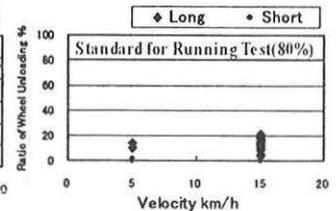


Fig.6 Ratio of Wheel Unloading

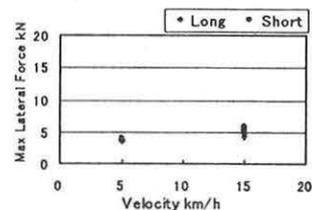


Fig.7 Maximum Lateral Force

##### (イ) リード部

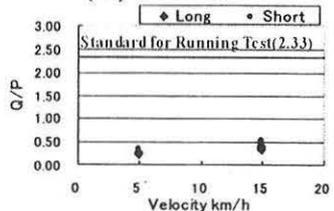


Fig.8 Derailment Quotient

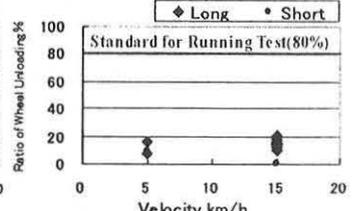


Fig.9 Ratio of Wheel Unloading

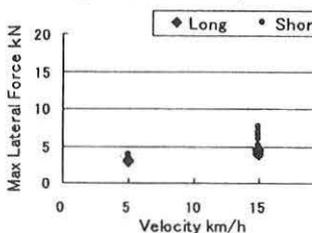


Fig.10 Maximum Lateral Force

(ウ) ノーズ先端部

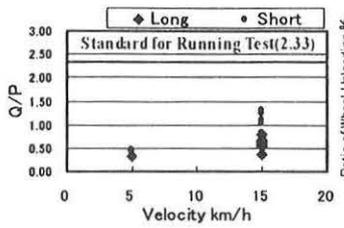


Fig.11 Derailment Quotient

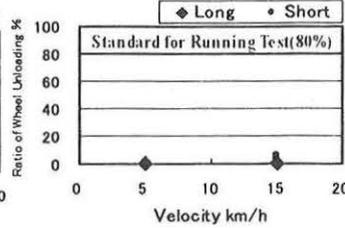


Fig.12 Ratio of Wheel Unloading

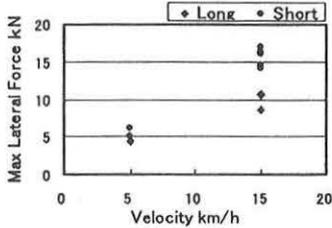


Fig.13 Maximum Lateral Force

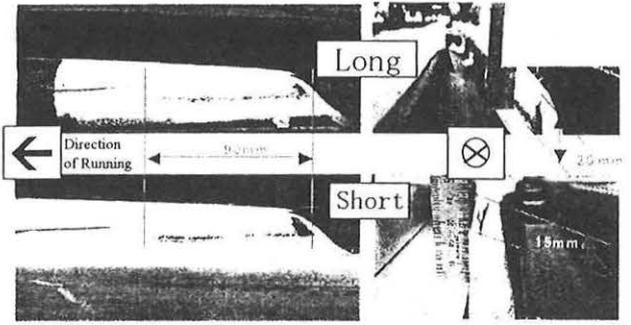


Fig.20 Toe of Crossing

Camera on the ground      Camera on DMV

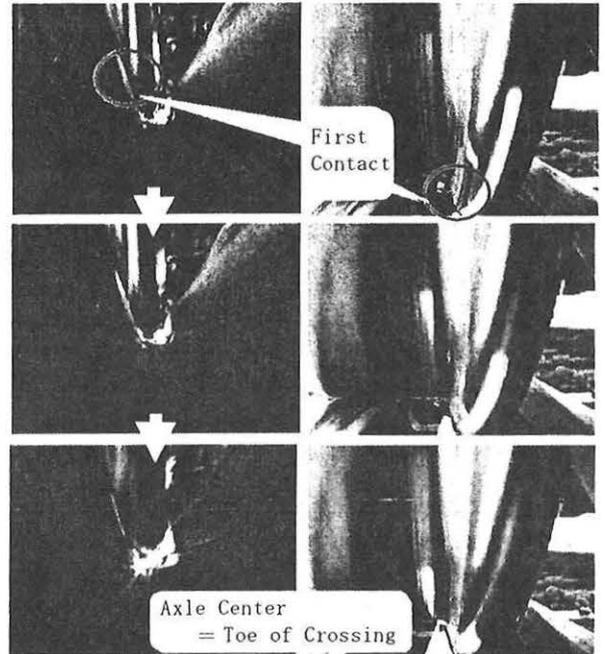


Fig.21 Contact of Toe of Crossing and wheel

② 背向進入

(ア) トング線路先端部

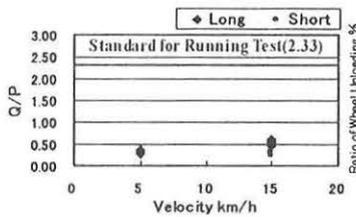


Fig.14 Derailment Quotient

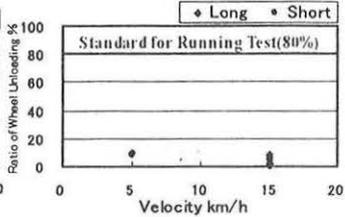


Fig.15 Ratio of Wheel Unloading

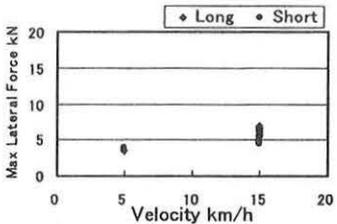


Fig.16 Maximum Lateral Force

(イ) リード部

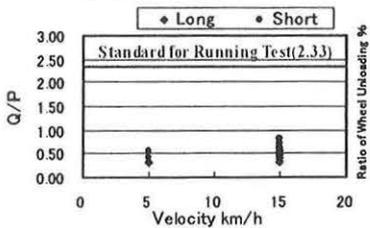


Fig.17 Derailment Quotient

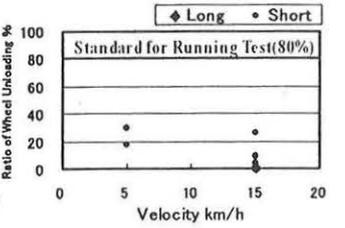


Fig.18 Ratio of Wheel Unloading

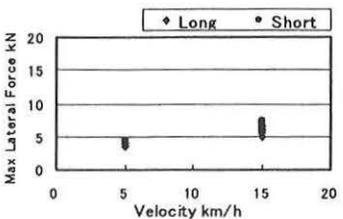


Fig.19 Maximum Lateral Force

5. 目違い・角折れ部通過試験

曲線半径 280m の曲線中に下のような目違い部, 角折れ部を人為的に製作し, 通過試験を実施した.

5.1 試験条件

- ① 曲線 R 280 (C=76, S=15)
- ② 角折れ

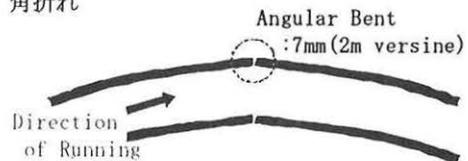


Fig.22 Test Condition

- ③ 目違い

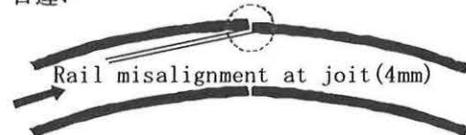


Fig.23 Test Condition

- ④ 車両状態は, 上記分岐器通過試験と同様

## 5.2 試験結果

角折れ部、目違い部ともに目安値以下であることを確認した。

### ①角折れ部

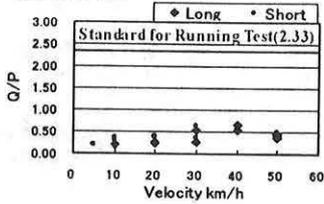


Fig.24 Derailment Quotient

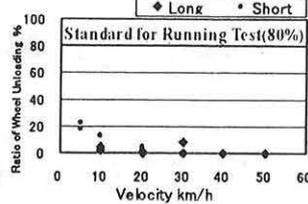


Fig.25 Ratio of Wheel Unloading

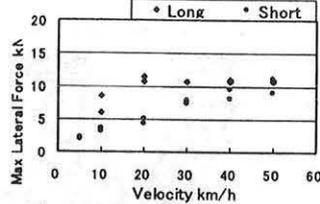


Fig.26 Maximum Lateral Force

### ②目違い部

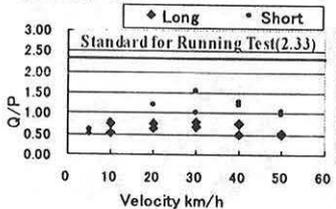


Fig.27 Derailment Quotient

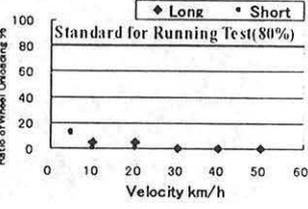


Fig.28 Ratio of Wheel Unloading

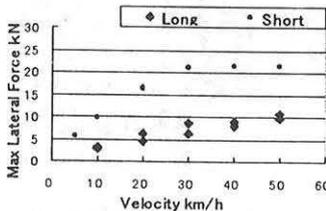


Fig.29 Maximum Lateral Force

## 6. 輪重測定

DMV はマイクロバスをベースとしているため、フレームの剛性は鉄道車両と比べて低いと考えられる。そこで、ロングホイールベース車の前軸左輪（2位）を意図的に上昇させ、その際、各位の輪重とシャシーフレームの高さの変化を確認した。

### 6.1 測定条件

#### ① 測定車両

(ア) ロングホイールベース車

#### ② 測定方法

(ア) 前軸左輪（2位）と線路の間にスペーサを挿入し、車輪上昇

(イ) 各位の輪重（ロードセルによる）、線路上面と各位のフレーム高さ測定

### 6.2 測定結果

輪重上げ割合は27%であり、輪重は70%以上が残っていることから、フレーム全体のたわみ量が大きく、概して剛性が低いことを確認した。

2位を最大36mm上昇させた場合、フレーム上昇値は2位

が最大18.5mm上昇、3位が最小2.0mm下降しており、1カ所のみ上昇させてもフレーム各部位の数値が一律に変化しないことを確認した。このことから、DMVは軌道面のねじれに対して追従しやすい車両であると判断できる。

今後の検証が必要となりますが、車体長さの短い標準ホイールベース車の方がロング車に比べて車体剛性が高くなっているのではないかと推測される。

今後は、ショートホイールベース車の車体剛性及び荷重に対するフレームねじれについて、静的条件で検証する計画である。

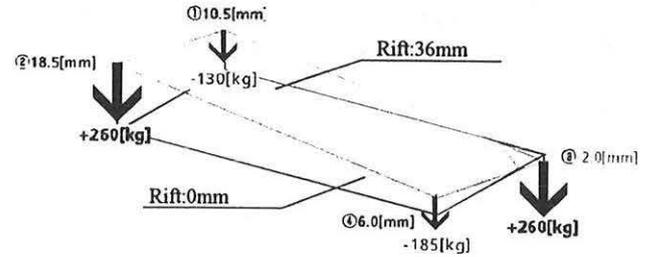


Fig.30 The twist of the Chassis frame

## 7. 結論

軸距が通常の車両より長く、かつ、車輪フランジ角度も大きいDMVについて、急曲線での走行安定性を調べるために意図的に整備限度を大幅に上回る状態に設定した軌道上で走行実験を行った結果、以下のようなことがわかった。

- 1) 側線用8番片開き分岐器を制限速度上限値で通過させた時の脱線係数はナゲル限界を大幅に下回り、輪重上げ割合も目安値以下となることを確認した。
- 2) 前記の分岐器に対向で進入した場合、内軌側ガード・レールのクリアランスが下限値に設定された状態の下では外軌側前輪フランジがクロッシングノーズ先端に軽く接触する場面があることがわかった。
- 3) 意図的にレール継目に設定した著大な目違い及び角折れ部を通過した際の脱線係数はナゲル限界を下回るだけでなく、著大な脱線係数の持続時間もきわめて短小であり、輪重上げ割合も目安値以下であることがわかった。
- 4) 車体のねじり剛性及び円筒状ゴムバネのバネ定数は急曲線通過時の走行安定性に深い影響を及ぼしている可能性があることを確認した。
- 5) レール乾燥状態のもとで反復して分岐器を通過させた試験において、車輪が著大なアタック角でレールに接する付近でも金属磨耗粉の発生は確認できなかった。これらの事実を踏まえれば、当該車両がレールと車輪との繰り返り接触による摩擦係数の増大によつての乗り上がり脱線が起きる可能性は少ないと推定される。

### 参考文献

- 1) 鉄道事故調査報告書 RA2008-02 東日本旅客鉄道株式会社東北線尾久駅構内列車脱線事故、運輸安全委員会、pp.13-24, 2008.11
- 2) 柿沼博彦, 永井昭夫, 荒川洋: 鉄道車両工業, 社団法人日本鉄道車輛工業会, 448号, pp.19-22, 2008.10
- 3) 荒川洋: ROLLING STOCK & MACHINERY, 社団法人日本鉄道車両機械技術協会, pp.4-8, 2005.7
- 4) 荒川洋, 中田昌宏, 伊藤史雄: RRR, 財団法人鉄道総合技術研究所, pp.24-27, 2007.10.