

## 低床電池駆動LRV「SWIMO®」の模型試験

○鈴木 正洋 [機]鷹取 正夫 江崎 秀明 [機]東 成昭 [機]河野 行伸  
奥 保政 秋山 悟 石田 猛 松木 信哉 橋 勝 (川崎重工)

## Scale Model Test of Low-Floor, Battery-Powered LRV SWIMO®

○ Masahiro Suzuki, Masao Takatori, Hideaki Ezaki, Masaaki Higashi, Yukinobu Kohno, Yasumasa Oku, Satoru Akiyama, Takeshi Ishida, Shinya Matsuki, Masaru Tachibana, (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.)

Kawasaki Heavy Industries developed a next-generation low-floor LRV (Light Rail Vehicle) "SWIMO®" which is powered by Ni-MH battery "GIGACELL®". Dynamic simulation and scale model test were carried out to confirm safety on sharp curves and tongue-and-mate type turnouts, with which tramway is typically equipped. This paper describes the results of the scale model test, which established the safety of SWIMO.

キーワード：LRV，模型試験，分岐器

Key Words：LRV (Light Rail Vehicle), Scale Model Test, Switch

## 1. はじめに

川崎重工は車載用ニッケル水素電池「ギガセル®」を搭載した次世代型低床電池駆動LRV「SWIMO®」を開発した<sup>1)</sup>。本開発においては、SWIMOの持つ構造上の特徴と路面軌道特有の急曲線や分岐器における走行安全性を、運動解析と模型試験によって検証した(表1)。

模型試験においては、路面軌道に存在する片側レールのみ可動する構造(トングメート構造)の分岐器における、車輪フランジ先端によるレールとの接触問題、ならびに異線進入や走行軌跡など幾何学的な課題の解決を目指した。本稿ではその結果について報告する。

表1 構造上の特徴と課題の分類、検証方法

| 構造上の特徴   | 課題の分類            |                |                      |
|----------|------------------|----------------|----------------------|
|          | 直線               | 急曲線            | 分岐器                  |
| 小径車輪・短軸距 | 蛇行動限界速度の評価       | 輪重抜け・脱線係数の評価   | 小径車輪の異線進入の評価、走行軌跡の評価 |
| 中間独立車輪   | 片寄り走行の評価         | 脱線係数の評価        | 走行軌跡の評価              |
| 小型3車体連節  | ヨー・ピッチ振動、乗り心地の評価 | 過渡振動に伴う輪重抜けの評価 | 車体運動・走行軌跡の評価         |
| 検証方法     | 運動解析             |                | 模型試験                 |

## 2. 模型試験装置

## 2.1 試験装置概略

試験装置は大きく分けて車両、軌道、計測・制御装置によって構成されている。車両は実車の持つ構造上の特徴(小径車輪・短軸距、中間独立車輪、小型3車体連節)を備えたと

ともに、運動状態を計測するためのセンサが取り付けられている(図1)。軌道にはトングメート構造の分岐器や半径1.7mの急曲線(実軌道半径14mに相当)を備えている。

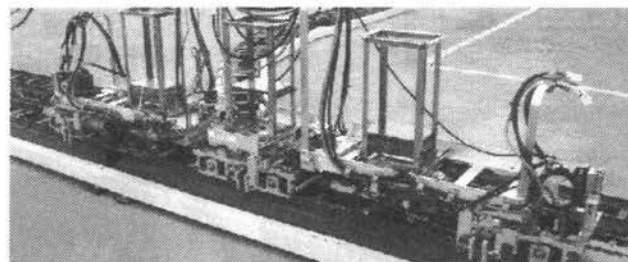
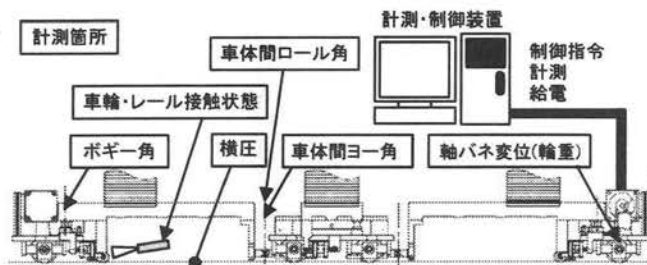


図1 模型車両

2.2 相似設計則<sup>2)</sup>

試験装置の設計にあたっては、輪軸の左右・ヨーの線形運動方程式をもとに、慣性力・クリープ力・ばね力・ダンパ力の比がスケールに関わらず一定となる条件から求められる次の相似則を用いた。

$$l'/l = s, \quad t'/t = s^{2/3}, \quad k'/k = s^{5/3}, \\ c'/c = s^{7/3}, \quad v'/v = s^{1/3} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $l$ は長さ、 $s$ はスケール (1/8.4)、 $t$ は時間、 $k$ はばね定数、 $c$ は減衰係数、 $v$ は速度、 $\bigcirc'$ は模型を示す。

試験の評価において重要となる速度スケールについて考察する。輪軸の運動方程式から導出した(1)式の場合、輪軸単体での運動や蛇行動限界速度の計算など輪軸の運動が支配的な現象についてはこの速度スケールを用いることができるが、例えば曲線における輪重抜けを評価する場合など輪軸の運動方程式が支配的でない場合には(1)式の速度スケールを用いて評価することはできない。つまり、鉄道車両においては評価試験ごとに支配方程式が異なるため、速度スケールを個別に運動解析で求めることが必要となる。

ここでは曲線での輪重抜け評価について、実車と模型の運動解析によって、内軌側輪重抜け率が両者で等しくなる次の速度スケールを用いることとした。

$$v'/v = 0.33 \dots\dots\dots(2)$$

### 3. 分岐器通過試験

輪軸がトンゲメート構造の分岐器を割り出しで通過する場合の挙動について説明する。図2において、トンゲレールがばね力によって図の右側に押し付けられた状態で、矢印の向き(曲線側)から輪軸が進入する場合、内軌側車輪はフランジで楔状の隙間をこじ開けて進むような状態となり、フランジの背面と踏面がレールと接触しながら進む。またこのとき、外軌側車輪はフランジウェイの底が浅い箇所を通過するため、車輪のフランジの先端で接触しながら

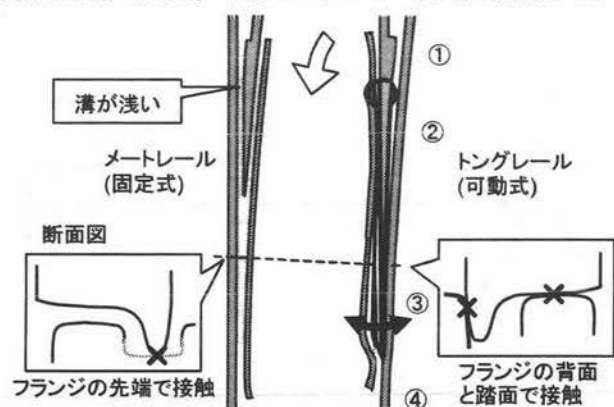


図2 分岐器構造

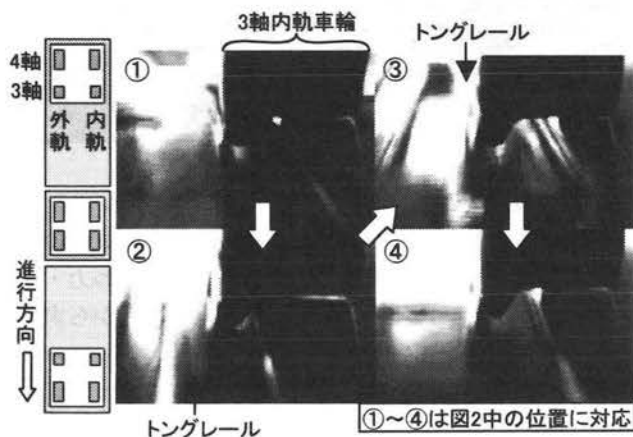


図3 分岐器での車輪・レール接触状態 (3軸内軌)

走行する。この状態では内軌側の輪重が小さくなり、割り出しにくくなることが推測される。

試験は最高 1.0m/s で行い、割り出し可否の判定はCCDカメラによる車輪・レール接触状態の確認と輪重、トンゲレールの動作の確認によって行った。結果、全ての輪軸について割り出しが可能であることを確認した(図3)。

### 4. 実車試験との比較

模型試験の有効性を検証するため、実車試験と模型試験について急曲線での車輪・レール接触状態の比較を行った。ここでは後尾となる先端台車の3軸(前軸)と4軸(後軸)について結果を示す(図4)。実車試験では3軸外軌側と4軸内軌側がフランジ接触する様子が観察され、模型試験においても同様の傾向が見られたことから、曲線における定性的な車輪・レール接触状態を再現していると考えられる。更にトンゲメート構造の分岐器についても実車での試験を行い、安全に通過することを確認した。

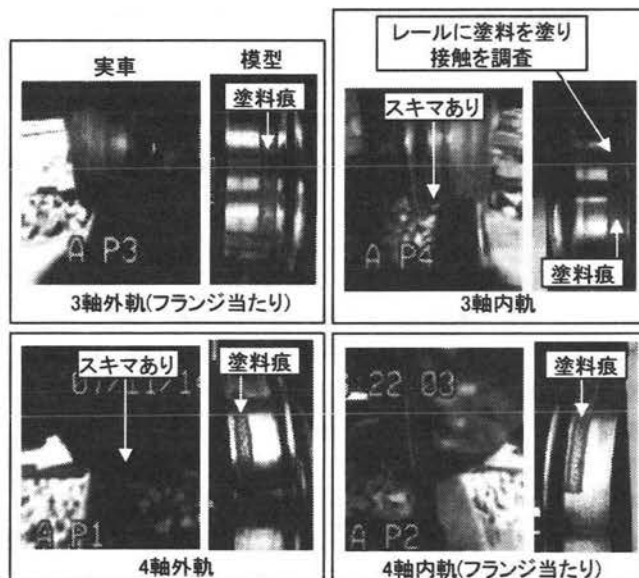


図4 急曲線での車輪・レール接触状態

### 5. おわりに

本稿では次世代型低床電池駆動 LRV「SWIMO」の開発において実施した模型試験の結果を報告した。試験では、トンゲメート構造の分岐器における走行安全性を確認するとともに、急曲線における車輪・レール接触状態を実車と比較し同様の傾向を再現しているとの結果を得た。

### 参考文献

- 1) 奥保政他: 川崎重工業における超低床電池駆動路面電車(LRV)「SWIMO」の開発(その1～その3)、鉄道車両と技術, No. 126, 127, 129, 2006-2007
- 2) 須田義大他: スケールモデルによるガイドウェイビークル走行実験装置の開発, 生産研究, Vol. 53, No. 7・8, pp.347-350, 2001