

マルチボディダイナミクスを用いたライトレール車両の運動解析

日大生産工(院) ○ 柳川 航一

日大生産工
日大生産工

丸茂 喜高
綱島 均

1. はじめに

近年、比較的低コストで低公害の中量輸送機関として、路面電車を見直す動きが強まっており、路面電車の発展型であるライトレール・システム (LRT: Light Rail Transit) が注目されている。LRT は通常の鉄道に比べ、簡易な駅施設 (停留所)、小型の車両を用いた軽量軌道交通で、従来の路面電車と比較して路線の専用軌道化、車両の高性能化が行われ、既存鉄道との直通運転も考慮された新しい交通システムである。海外では既存路線の LRT 化や、新規路線の敷設などが活発に行われ、成果を上げている。また国内においては、各地で新規路線が計画されているほか、将来の LRT 化を視野に入れた既存の路面電車の設備改良や、ライトレール車両 (LRV: Right Rail Vehicle, 図 1) と呼ばれる高性能車両の導入¹⁾が進められている。

LRV は、独立車輪台車やフローティング車両の導入による車内の低床化や、インバータ制御による加速性能の向上、弾性車輪の採用による低騒音化など、一般の鉄道車両とは異なる技術が採用されている特徴を持つ車両であるが、国内では LRV の運用データが少なく、また欧米とは軌道や運用の環境が異なることから、海外の運用データが活用できない事故やトラブルが発生した際の原因究明に課題が残る。そこで、運用環境下での走行データの収集が行われているが、実車実験では安全面や実験回数に問

題が多く、新たに LRV を導入するケースでの事前評価は行えない。また、車両構成や台車構造が一般の鉄道車両と異なり、シミュレーションによる検討で従来用いられてきた一般的な鉄道車両のモデルでは、模擬が難しい場合があると考えられる。そこで、新たに LRV の車両特性を考慮した車両モデルを構築する必要があると考える。

本研究では、実車両を対象とした詳細な検討を行う目的で、マルチボディダイナミクスを用いた LRV の車両モデルを構築し、車両走行時の運動解析を行う。本稿では、独立回転車輪を模擬した低床 LRV の車両モデルを構築し、曲線通過時の挙動について検討を行ったので報告する。

2. モデル概要

車両モデルの構築には、マルチボディソフト SIMPACK²⁾ を用いた。作成した車両モデルの概要を図 1 に示す。対象車両は、2 車体 2 台車の 100% 低床連接車で、既に国内外で運用されているものを用いた。当該車両の特徴として、低床化のために独立回転車輪を用いたことが挙げられる。独立回転車輪は、一般鉄道の分野でもフリーゲージトレインや曲線通過性能の向上³⁾の目的で採用・検討が進められている。LRV では、車軸をなくすことで床下に客



fig1. ライトレール車両

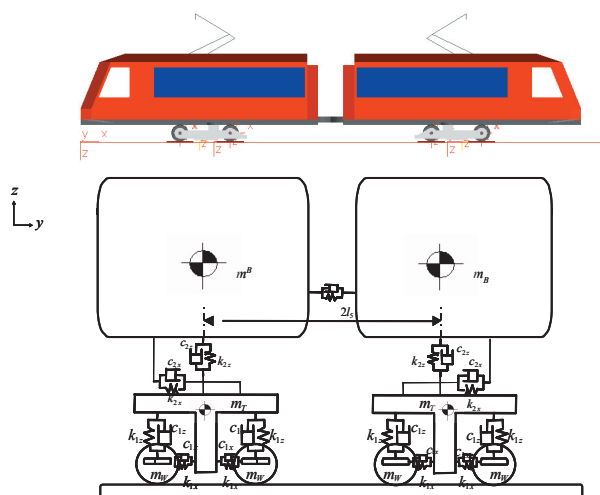


fig2. 車両モデル概要

Research of dynamics and control for the light rail vehicle

Koichi YANAGAWA, Yoshitaka MARUMO and Hitoshi TSUNASHIMA

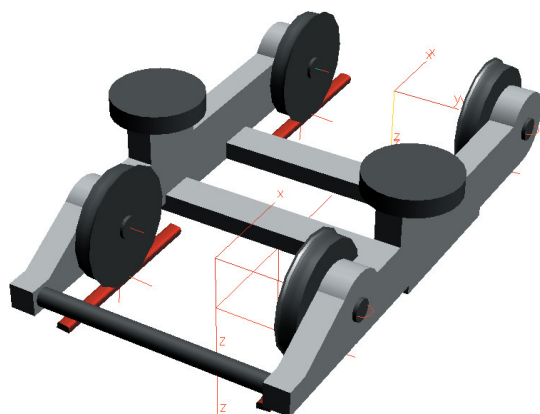


fig3. 独立回転車輪台車

室を広げ低床化を実現する方法も数多く採用されている。台車モデルを図3に示す。連結器側の車輪が動輪、運転席側が従軸となる。動輪の左右は歯車で結合され、1つのモータにより駆動される⁴⁾。従輪の左右は完全に独立しており、駆動は行わない。

3. 曲線通過シミュレーション

曲線通過時の車両挙動を検討する目的で、曲線通過シミュレーションを行った。図4に設定した軌道を示す。円曲線部の曲率半径はR200からR600の範囲で100m刻みで変更し、それぞれ時速30kmで通過させた。シミュレーションによって得られた各曲線半径と脱線係数のグラフを図5、図6に示す。脱線係数は横圧を輪重で除した値で、脱線に対する走行安全性の評価指標として用いられる。第1軸、第3軸は共に車体前側の車輪にあたる。R600では両輪の脱線係数の差は小さいが、曲線半径が小さくなると、従輪の脱線係数の増加量が大きくなる傾向が見られた。独立車輪には輪軸案内性能に欠け、横圧の増大やフランジ・レール間摩耗の増大する問題³⁾が指摘されており、従輪の脱線係数の増加は、独立車輪の構造に起因する曲線中の横圧の増大によるものと考えられる。

4. まとめ

マルチボディソフト SIMPACK を用い、独立回転車輪を採用した低床 LRV の車両モデルを構築した。また、曲線通過シミュレーションを行い、車両挙動の検討を行った。その結果、独立回転車輪特有の傾向を見ることができた。今後は、ボギー台車を採用した LRV モデルとの比較検討を行う。また、鉄道分野では独立車輪の操舵角や回転の制御を行う

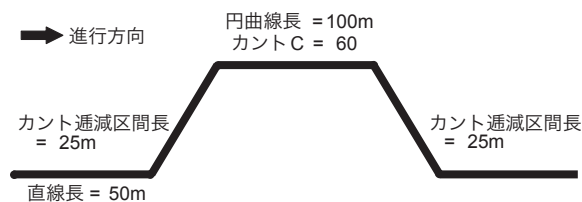


fig4. 曲線諸元

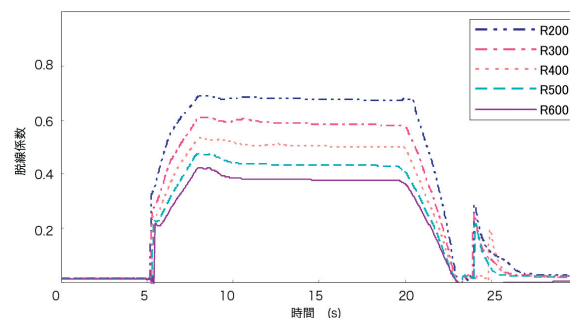


fig5. 第1軸外軌側脱線係数

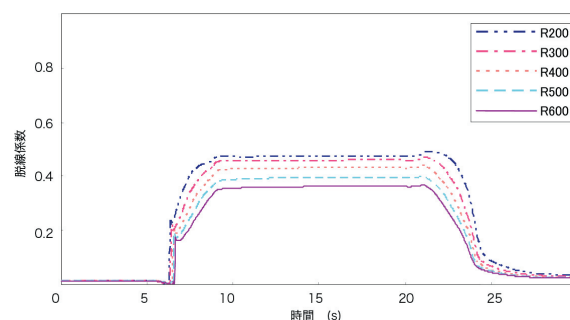


fig6. 第3軸外軌側脱線係数

ことで、走行安定性と輪軸案内性能を両立させる試みがなされており⁵⁾、独立回転車輪を採用した低床 LRV に台車制御を適用した場合の有用性についても検討を行っていく。

参考文献

- 1) 大野寛之, 日本におけるライトレールの発展, 平成 16 年鉄道技術連合シンポジウム, (2004.9)
- 2) Schupp ほか, Multibody System Simulation of Railway Vehicles with SIMPACK, Vehicle System Dynamics Supplement 31, (1999) pp101-109
- 3) 齊藤, 谷藤, 独立車輪車両の操舵方式による曲線通過性能の比較, 第 11 回交通・物流部門大会, 日本機械学会, (2002.12) 1209
- 4) 日本機械学会編, 鉄道車両のダイナミクス～最新の台車テクノロジー～, 電気車研究会, (1994) 96-98
- 5) 佐藤, 宮本ほか, 鉄道の独立回転車輪台車の操舵角制御による走行安定性向上の研究, 第 11 回交通・物流部門大会, 日本機械学会, (2002.12) 1208