

鉄道システムの研究開発にむけた統合シミュレーション環境の構築

高垣 昌和 (鉄道総研)

Construction of an Integrated Simulation Environment for Research and Development of Railway Systems

Masakazu Takagaki (Railway Technical Research Institute)

An analysis tool that implements simulation methods in various fields of railway systems, such as railway vehicle, track, current collection, and aerodynamics, and enables them to be linked was developed by Railway Technical Research Institute. This purpose is to improve the quality and efficiency of research and development and to contribute to the clarification of complex phenomena in railway systems. This paper introduces the simulation technologies that composed this tool and the visualization methods used in the integrated simulation environment.

キーワード：鉄道，シミュレーション，統合環境
(Keywords: Railway, Simulation, Integrated Environment)

1. はじめに

近年、コンピューターの計算能力の向上や新たな計算力学解析手法の高度化により、鉄道分野においても、現象解明や対策手法を提案するため、実験や現車試験による現象の再現や調査が困難な事象に対して、数値シミュレーションの活用によって問題解決を図ることへの期待が高まっている。鉄道総研では、研究開発の質の向上と効率化を図り、鉄道システムにおける複雑現象の解明に資することを目的として、車両、軌道、集電、空力など鉄道システムにおけるさまざまな分野のシミュレーション手法を実装し、これらを連携可能とした解析ツールの開発を行った。

ここでは、本ツールを構成するシミュレーション技術、ならびに統合シミュレーション環境における可視化手法について紹介する。

2. シミュレーション手法

はじめに、列車走行時の車両の複雑な挙動を解明するため、車両・軌道・駆動制御⁽¹⁾などの解析モデルを開発し、それらを組み合わせた車両・軌道のシミュレーション手法の開発を行った。鉄道車両の構造を剛体や弾性体要素としてモデル化して、マルチボディダイナミクス (MBD) により、各要素の運動を再現している。

集電系については、3次元 FEM によりモデル化した架線・パンタグラフシミュレーション手法⁽²⁾を開発し、架線の追従性を高める多分割すり板などの複雑な構造でも解析できる。架線も、任意線形、複数架線ならびに温度変化の影響も考慮可能である。

車輪・レール間の損傷・劣化の要因を明らかにする現象解析ツールとして、車輪・レール転がり接触シミュレーション手法を開発した⁽³⁾。本シミュレーションでは、FEM を用いて車輪とレールを細かく分割して各要素の運動を計算することで接触表面の応力やすべりなどの計算できる。さらには、車輪・レールの転がり接触シミュレーションには熱伝導解析も可能で、ブレーキパッドを車輪に押しつけて制動時に生じる熱を考慮した損傷・摩耗に関する解析も可能である。

空力特性に関しては、編成車両周りの流れ場に起因する現象解明のため、直交格子法による空気流シミュレーション手法を開発した⁽⁴⁾。解析の一例として、車内換気シミュレーションに活用し、走行時の車内換気量の評価を行った。

3. バーチャル空間での可視化

バーチャル鉄道試験線のシミュレーション結果は、各種のグラフなどで表示できるほか、バーチャル・リアリティー (VR) を用いてさまざまな視点から可視化することを可能にした。解析した結果を視覚的に捉えることにより現象をより深く理解できることが期待される。

4. おわりに

基本構想から永年にわたり本ツールの開発を行ってきた。今後は、主に実応用に向けた実現象への適用性の検証と実線区モデルの構築に向けた検討を行っていく。あわせて、シミュレーションのための車両やフィールドのパラメーターを最新のセンシング技術を活用して効率的に取得する方法を検討する。

本ツールには、ここで紹介したシミュレーションのほか

に、地震災害、列車運行、鉄道通信環境などの解析機能もあり、さらなる開発を進めて、鉄道の安全な運行や維持管理の効率化に有用なデータを提供するツールへと発展させていきたいと考えている。

文 献

- (1) 門脇悟志, 鴨下庄吾: モーター制御系と連成した車両運動シミュレーション, RRR, Vol.72, No.12, pp.10-13, 2015
- (2) 長尾恭平, 小山達弥, 池田充: 架線・パンタグラフの動的挙動を再現する, RRR, Vol.77, No.4, pp.16-19, 2020
- (3) 坂井宏隆: 車輪・レール間の接触挙動を再現する, RRR, Vol.77, No.4, pp.24-27, 2020
- (4) 中野宏章, 中出孝次, 室谷浩平: 輪軸回転を考慮した鉄道車両の台車部流れの LES, 日本機械学会 2019 年度年次大会講演論文集, 2019