

## 審査の結果の要旨

氏名 シカラジヤン ジョシ サラバナ

鉄道は公共性の高い交通機関であるが、中小鉄道の多くは現在経営環境が厳しく、老朽化が進む施設に対して技術者不足や財政難により十分な維持管理が行われていない状況にあり、安全性の低下が危惧されている。通常の年 1 回実施の軌道検測による検査では頻度が低く、軌道の劣化の進行を適切に把握できないことが指摘されている。上述の問題を解決する技術として、近年発展しつつある移動体センシングを用いた軌道状態評価技術がある。営業車両に簡易計測システムを搭載し、日常の営業運転時の計測から異常を発見することを想定しているが、定性的な評価であるため維持管理の指標として用いるレベルには達していない。そのため、簡便かつ信頼性の高い健全性評価技術の開発が期待されている。

本論文提出者は近年急速に普及した安価な携帯情報端末により観測した、営業車両の車体及び台車の振動応答をデータ同化手法により解析し軌道状態を逆推定する、簡便かつ高頻度な常時モニタリングシステムを構築する。本論文は以下の章から構成されている。

第一章は序論であり、本研究で対象とする軌道変状が鉄道の維持管理に与える影響について概説した。また、軌道変位測定方法および評価方法に関する既往の研究について、文献調査に基づいてレビューした上、本研究の目的と軌道変位の推定に至る背景を述べている。

車両の数値解析モデルは詳細なほど多様な車両の動的特性を表現できる一方で、計測すべき応答も増えることから、計測が非現実的になる恐れがある。第二章では、第一章で述べた研究目的の実現において、自由度が異なる数値モデルを用いて軌道変位の可観測性 (Observability) を検証した上、加速度・角速度に対応する測定位置を明確に示されている。

第三章は本論文の中核をなすものであり、Augmented State Kalman Filter による軌道変位の逆推定を定式化し、その推定性能を数値シミュレーションにより明らかにした。車体と台車のみ振動応答を利用することに対して、可観測性を満足するため、軌道変位の 2 次微分を直接的に追加するか(a)、または元の状

態ベクトルの 1 次微分を採用するか(b), という 2 つアプローチを提案した. 数値シミュレーション検証の結果, 4DOF と 6DOF 二種類の車両数値モデルに対して, アプローチ(a)のほうが推定誤差が小さいことを確認されている.

第四章では, 第三章で提案した逆推定手法は詳細な車両解析モデルの適用について述べている. マルチボディダイナミクス解析ツール **SIMPACK** を用いて, 細かい部材由来の高周波数振動, 車両走行速度の影響, 曲線通過が加速度・角速度データが受ける影響等の軌道変位以外の要因を考慮し, 軌道状態評価手法の実用化に向けて検証した. 鉛直軌道変位より, 水平軌道変位の推定誤差は大きいことを確認され, 車上の応答から評価可能な軌道変位の種類と波長範囲も提示された.

第五章は実路線で走行する営業車両に携帯端末を搭載し, 本研究が提案した推定手法を検証した. 計測条件の都合で台車の応答計測をできず, 車体の応答のみから逆推定の結果を用いて, 実際の軌道変位を比較した. 前章の数値シミュレーションより誤差は若干大きいものの, 整合的であることが確認された.

第六章は結論であって, 本研究による一連の技術開発を取りまとめ, 今後の実務維持管理への展開にあたっての課題を整理している.

以上のように本論文では, 軌道上を走行する営業車両上において, 携帯端末等を用いて測定可能な加速度・角速度データを用いて, 車両走行時の動的な軌道状態を評価した. これは, 同時に取得された加速度・角速度データを用いたデータ同化手法を活用し, 車上で測定できるデータのみから動的な軌道形状の推定を試みた. 数値シミュレーションと実線路の計測結果より, 提案手法の妥当性と有効性を検証した. 本アプローチは地方中小鉄道事業者に低廉かつ簡便なモニタリング手法を提供し, 予防保全の実施や鉄道の延命化による資産価値の維持と向上に資する重要な基礎技術と位置付けられ, 工学上多大な知見を提示していると判断される. よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる.