

## 学位論文及び審査結果の要旨

氏名 鈴木 裕敬

学位の種類 博士(工学)

学位記番号 理工博甲第3号

学位授与年月日 令和3年3月25日

学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項

学府・専攻名 理工学府・機械・材料・海洋系工学専攻

学位論文題目 Terramechanics-based analysis of wheel locomotion: proposal of field modeling method and extended terramechanics models

論文審査委員	主査	横浜国立大学	准教授	尾崎 伸吾
		横浜国立大学	教授	秋庭 義明
		横浜国立大学	教授	于 強
		横浜国立大学	教授	佐藤 恭一
		横浜国立大学	教授	眞田 一志

## 論文及び審査結果の要旨

テラメカニクスとは、大地と機械の相互作用を取り扱う学際的な学問分野である。その対象は、四駆自動車、建設機械、農業機械および特殊車両などに代表されるオフロード車両全般を含み、近年では、月・惑星探査機器や災害対応ロボットなどにも応用されている。しかし、テラメカニクスに基づく解析を実用に耐え得るレベルで行うには、テラメカニクス理論の高度化に加え、多種多様な不整地を想定した路面モデリング手法の構築が不可欠となる。

本論文では、先ず、既往のテラメカニクス理論に基づく鉱山用ダンプトラックのマルチボディダイナミクス解析やローバ用車輪のグローサ形状の検討を通じて、その有用性や適用限界について議論している。次に、これらの検討を踏まえ、不整地路面モデルの作成手法ならびにそれを活用したマルチステージ解析スキームを提案している。さらに、土の移動を考慮した拡張テラメカニクス理論を新たに提案するとともに、実験結果との比較により、その妥当性を確認している。本論文は全8章から構成され概要は以下の通りである。

第1章は序論であり、研究の背景を述べるとともに、テラメカニクス理論、車輪走行現象を中心に関連研究を紹介し、本論文の目的と貢献について説明している。

第2章では、従来の車輪走行解析に使用されるテラメカニクス理論について説明している。特に、二つの典型的なテラメカニクス理論である **Bekker-Wong-Reece (BWR)**モデルと **Resistive Force Theory (RFT)**を紹介し、車輪走行現象への適用方法を概説している。

第3章では、鉱山用ダンプトラックのマルチボディダイナミクス解析へのテラメカニクス理論の応用結果について述べている。タイヤと大地の相互作用には **BWR** モデルを採用し、軟弱地盤上での登坂性能の解析結果を示している。さらに、スタック回避のための一制御手法であるトラクションコントロールシステムの有効性について、系統的な数値解析に基づき実証している。

第4章では、**RFT**に基づくグローサ付きホイールの走行解析の結果を示している。本章では個別要素法と **RFT** を用いた車輪走行現象の解析をそれぞれ実施し、両者の結果を比較することで **RFT** の適用性とその限界を明らかにしている。

第5章では、モデル実験、個別要素法解析および **RFT** を用いたテラメカニクス解析を相補的に利用することで、車輪の走行性向上に有効なグローサ形状について検討している。具体的には、“パッキング効果”を発揮し得る台形断面のグローサがスタック回避には有効であることを示している。

第6章では、他の数値解析および測定技術から得られた地表面情報をテラメカニクス解析の路面モデルに継承するマルチステージ解析手法を提案している。まず、マルチステージ解析手法の概要を説明し、続いて、地表面形成解析の具体例として風紋パターンの発生解析を利用する方法を述べている。また、様々な条件で得られた地表面情報を継承した単輪走行解析例を示している。

第7章では、機械と大地の相互作用に伴う路面変形とその特性変化を考慮し得る拡張テラメカニクス理論を提案している。また、車輪走行のモデル実験結果と比較することにより、その有効性を示している。

第8章では、本論文の内容をまとめ、結論および今後の展望を述べている。

この博士論文に対して、2021年2月8日(月)16時15分から、同時双方向公開テレビ会議(**Microsoft teams**)により、審査委員全員出席のもとに学位論文発表会を開催し、終了後引き続き同時双方向非公開テレビ会議において審査委員会を開催した。その結果、博士学位論文として十分な内容を有しており、審査委員全員一致して、合格と判断した。学位論文の審査における質疑応答により、博士論文に関する分野の科目について博士(工学)の学位を得るにふさわしい学力を有すると判定した。外国語の学力については、英文の査読付き議論文を執筆するとともに、国際会議にて英語での発表を実施していることから、十分な学力を有していることを確認した。また、提出された学位論文にもとづき、著作権保護への配慮は十分であることを確認した。さらに、修了に必要な単位は取得済みであることを確認した。以上により、審査委員全員一致して、最終試験は合格であると判定した。