

論文審査の結果の要旨

氏名:高橋 俊道

博士の専攻分野の名称:博士(工学)

論文題名:タイヤ特性のモデル化と車両運動に与える影響に関する研究

審査委員:(主査) 教授 景山 一郎

(副査) 教授 綱島 均 教授 平山 紀夫

工学院大学教授 中島 幸雄

近年、自動車に対し様々なドライバの支援システムや、自動運転を見据えた各種車両制御システムの搭載が近年非常に活発になってきており、その機能も多様かつ高機能化している。それらのシステムの開発においては、様々な運転環境やシーン、ドライバの操作などに対し期待した機能検証と性能改良が必要となるが、それら全てを実際の車両やシステムそのものを用いて実験的に実施することは、工数・納期的、コスト的に不可能に近い。そこで、近年では車両やシステムの開発におけるシミュレーション計算の活用は必須となってきており、その開発手法は総称して MBD (Model Based Development/Design) と呼ばれている。それらのシミュレーションが実際の車両やシステムの開発において有効に活用されるためには、車両の最も基本的かつ重要な機能である“走る、曲がる、止まる”という運動性能が、正確に表現されていることが大前提となる。この場合、車両がその基本性能を表現するために最も重要な要素は、タイヤが路面との間で発生している力である。その重要性ゆえ、車両やタイヤの運動性能に関する研究は、古くから様々な観点から報告、議論されてきたが、未だ精度が不十分なモデルや、モデル化されていない運動現象が存在している。特に、ほとんどの車両運動解析では平坦な路面を仮定しているため、非平坦路における車両やタイヤの運動性能に関する研究が不十分となっている。また、具体的に予測精度の向上が望まれる車両運動性能の一つに、車両の耐転覆性能がある。そこで、本研究は、これらの問題について系統的に検討を行い、MBD への展開が可能なタイヤ特性のモデル化を目的として実施された。

本論文は全7章から構成されている。

第1章は「序論」であり、我が国の自動車開発の現状と問題点を示し、特に本研究の目的となるタイヤ特性の重要性について述べている。また、本研究で広く使用している Magic Formula (MF) と呼ばれる実験同定モデル等について、記載している。

第2章は「Magic Formula モデルの開発とタイヤ特性解析」であり、車両運動解析全般で活用するため、様々な試験装置から得られる実験データを用いて高精度な MF モデルを作成できるソフトウェアシステム開発について述べている。また、過去に報告例がない、タイヤの種類や路面が異なった場合の特性変化を横並びでしめし、その内容を定量的に明らかにしている。

第3章は「タイヤのオーバートーニングモーメント特性のモデル化と車両耐転覆性能に与える影響」であり、車両運動解析において無視されることが多い、タイヤのオーバートーニングモーメント (OTM) を精度良く表現できる新しいモデル開発について示している。OTM はタイヤ横力の影響も受けるため、その表現には MF モデルを用いている。これらのモデルを用い、車両の耐転覆性能に与える OTM の影響を明確にしている。ここで示した新しい OTM モデルを用いることにより、車両の耐転覆性能の予測精度が向上し、死亡事故低減に貢献することが期待される旨、記載されている。

第4章は「非平坦路における車両の制動性能」であり、非平坦路における車両の制動停止性能を予測するためのシミュレーションモデルを開発している。そのモデルでは、タイヤの制動力特性は MF モデルで表現しており、モデルによる解析と実験により未解明であったサスペンションの前後支持特性と制動停止距離の関係性を明らかにしている。これにより、制動停止距離短縮のための新たなサスペンション設計指針を提示することができる旨、記載している。

第5章は「過渡的鉛直荷重変動時のタイヤコーナリング特性」であり、実験的にも解析的にも未解明であった、過渡的鉛直荷重変動時のタイヤの横力とアライニングモーメントのコーナリング特性を、実験により確認している。その結果、従来のタイヤモデルではそのようなタイヤ特性を正確に表せないことを示し、タイヤの定常特性では説明できない非平坦路上での車両運動解析の新たな手法提案を行っている。また、実験結果を踏まえて、MFモデルを定常特性としたタイヤの過渡特性モデルを新たに開発し、その詳細を示している。

第6章は「うねり路面走行時のタイヤ横力が車両運動に与える影響」であり、報告例が非常に少ない、うねりのある路面上での車両運動解析を行っている。特に前章で開発したタイヤ過渡応答モデルを用い、タイヤの定常特性のみを考慮した場合と、過渡特性を考慮した場合を比較し、タイヤの過渡特性が車両の横運動に与える影響を予測している。また、タイヤが発生する横力と車両の横加速度の関係も明らかにし、タイヤ過渡特性と車両運動の関係の新たな知見を示すことにより、非平坦路における運動性能の改善や車両運動研究のさらなる進展が期待できることを述べている。

第7章は本研究の結論であり、本研究で示した結果の有効性等を系統立ててまとめている。さらに、この研究で新たに実施が必要となった今後の課題について明確に記載している。

本研究で示された成果は、生産工学、特に自動車運動力学等に大きく寄与するものと評価できる。

よって本論文は、博士(工学)の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

平成 年 月 日