

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 椎葉 太一

本論文は「マルチボディダイナミクスの車両モデルを用いたドライビングシミュレータに関する研究」と題し、11章より構成されている。

6軸動揺装置と模擬視界を持つドライビングシミュレータは自動車の操縦を模擬的に体験することが可能な装置であり、主として人間・自動車系の研究や運転訓練などの目的で有効に活用されている。従来のドライビングシミュレータではドライバの操作を直ちに車両の運動計算に反映させる必要があるため、車両の運動計算には、平面運動モデルに代表される簡易的な車両モデルが利用されてきたが、車両の運動力学の観点から、計算の精度の面では不十分なものであった。

これに対し、本論文はドライビングシミュレータにマルチボディダイナミクスの車両モデルを適用することによって、車両運動計算の精度向上を図り、より実車の特性に近いドライビングシミュレータを実現することを目的としたものである。通常マルチボディダイナミクス解析は計算時間を必要とするため、市販のソフトウェアをそのままドライビングシミュレータに適用することは出来ない。本研究では、新たにマルチボディダイナミクス解析プログラムを開発し、さらに、拘束条件近似を用いてマルチボディダイナミクス解析に必要な計算量を低減する手法を提案し、ドライビングシミュレータに適用することに成功している。開発したドライビングシミュレータを用いて自動車の操縦安定性、車体姿勢特性、及び乗り心地特性を評価する試験を行うことによって、その有用性を示している。

第1章は「序論」と題し、研究の背景及び研究の目的を述べている。

第2章は「マルチボディシステムの運動方程式と解析アルゴリズム」と題し、マルチボディダイナミクスの理論的な背景を述べている。マルチボディシステムのリアルタイム解析の実現にはオイラーパラメータを用いた姿勢表現が有効であるという知見を示し、マルチボディダイナミクスの車両モデルを構築する際に必要な拘束条件と力学要素の代数表現を構築している。さらにオイラーパラメータを用いたマルチボディシステムの運動方程式を導出している。

第3章は「マルチボディシステム解析プログラムの開発」と題し、本研究において新たに開発されたマルチボディダイナミクス解析プログラムの特徴について述べている。開発した解析プログラムを利用した自動車のフルビークルモデル解析を行い、開発した解析プログラムの有用性を確認している。

第4章は「マルチボディシステムのリアルタイム解析アルゴリズム」と題し、リアルタイム解析を行うアルゴリズムを提案している。平衡状態における拘束条件式のヤコビ行列を利用する近似的な手法によって、厳密な解析と比較して計算量を1/10以下に抑えることが出来ることを示している。サスペンションのアライメントの解析を通して、提案した解析アルゴリズムは、自動車のフルビークルモデルによる解析を精度良くかつリアルタイムに行うことが可能であることを実証している。これらの提案を実際のドライビングシミュレータに適用するには、リアルタイム解

析において安定して解を求められることが必須であり、そのための手法として、拘束条件近似の安定化手法も併せて提案している。

第5章は「ドライビングシミュレータへの適用」と題し、移動座標系を導入することによって、提案したリアルタイム解析手法をドライビングシミュレータにおけるグローバル座標系での車両運動解析に拡張する手法を提案している。さらに、ドライビングシミュレータを利用した走行試験によって、提案した手法が解析の安定性を高める上で有効であることを実証している。

第6章は「ドライビングシミュレータのシステム構成と基礎的特性の評価」と題し、開発したドライビングシミュレータのハードウェア構成とその基礎的特性評価試験結果について述べている。

第7章は「ドライビングシミュレータを用いた操縦安定性の評価」と題し、開発したドライビングシミュレータを利用した操縦安定性評価試験を通して、サスペンションの特性と操縦安定性の関係性を評価することが新たに可能となることを明らかにしている。さらに、人間の操縦を伴わないオープンループ試験の結果から、開発したドライビングシミュレータは既存のドライビングシミュレータと比較して高い解析精度を持っていることを実証している。

第8章は「ドライビングシミュレータを用いた車体姿勢特性の評価」と題し、提案したリアルタイム解析アルゴリズムにより、サスペンション特性と車体姿勢特性の関係性を評価することが可能であることを明らかにしている。さらに、車両姿勢に関連する特性を体感として呈示することが可能であるということを実証している。

第9章は「ドライビングシミュレータを用いた乗り心地評価」と題し、第6章で検討したモーション装置の特性を補償することにより、3Hzまでの振動を再現できることを実証している。さらに、実際の路面外乱の周波数特性を考慮した乗り心地評価試験により、ピッチング、バウンシングなどの乗り心地特性を評価することが可能であることを示している。

第10章は「考察と今後の展望」と題し、開発したドライビングシミュレータが既存のドライビングシミュレータと比較して優れている点について考察を行っている。また、マルチボディダイナミクス解析に人間の操縦が介在できるクローズドループ解析が可能であることの意義、および開発したドライビングシミュレータの用途について考察がなされ、今後の展望が示されている。

第11章は「結論」と題し、本研究によって得られた成果をまとめている。

以上より、本論文はマルチボディダイナミクスの車両モデルをドライビングシミュレータに適用することを提案し、実際に適用および評価を行い、ドライビングシミュレータを用いて自動車の運動特性を評価することが可能であることを示している。すなわち、マルチボディダイナミクス解析においてドライビングシミュレータをポストプロセッサとして用いる可能性、ドライビングシミュレータによるバーチャル・プルービンググラウンドを実現する可能性を新たに示したものであり、産業機械工学に寄与するところが大きい。

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。