

(様式 11)

平成 26 年 2 月 7 日

学 位 論 文 審 査 要 旨 (課程博士)

東京農工大学大学院工学府長 殿

審査委員	主査	田川 泰敬	印
	副査	遠山 茂樹	印
	副査	鎌田 崇義	印
	副査	ポンサートン ラクソンチャレンサク	印
	副査	ベンチャー ジェンチャン	印
	副査		印

学位申請者	機械システム工学専攻 平成 23 年度入学 学籍番号 11833002
	氏名 霜野 慧亮
申請学位	博士 (工学)
論文題目	動揺再現装置における高精度な運動再現性能を実現する制御系の研究 Controller Synthesis for Motion Simulators to Accurately Reproduce Motion
論文審査要旨 (2000 字程度)	
<p>本論文は動揺再現装置における運動再現性能の高精度化を実現する制御系の構成と設計方法について論じたものである。具体的には、制御系として加速度を直接フィードバックする制御器の構成・設計方法を提案し、適応制御およびフィードバック系の数値シミュレーションを使った補償器設計を新たに論じ、その効果を実験や数値シミュレーションによって検証した詳細について論じている。</p> <p><b>第 1 章「序論」</b>では研究の背景として以下の内容を述べた。動揺再現装置は実際の運動の様態を再現する実験装置である。動揺再現装置の運動制御では力と加速度の再現が重要である。しかし、現状の装置における制御ではそれらの再現は不十分である。また、装置の運動自由度が増加するにつれて幾何学的に非線形性を有するものが提案されており、装置のプラットフォーム運動が連成する問題を引き起こしている。</p> <p><b>第 2 章「変位・加速度フィードバックの基礎原理」</b>では、前章で示した問題に対して次の提案を行った。まず動揺再現装置の加速度再現性能を向上させるために、加速度信号を直接フィードバックする制御系を提案した。しかし、加速度信号のみを用いた制御では低速な動きを再現する際に信号の振幅が小さくなるため制御性能が劣化する。</p>	

論文審査要旨

そこで低速な動作に対しては変位制御を，高速な動作では加速度信号をフィードバックする制御系の枠組みを提案し，コントローラフュージョンと名づけた．まず周波数領域における制御系設計手法によってこの手法を用いて制御系を作成し，小型電動振動台の制御へ応用して良好な加速度再現性能が発揮されることを示した．

**第 3 章「線形制御を用いた高精度な運動再現性能を実現する制御系の設計」**では，先に提案していた制御系設計には調整部分が多く，調整に経験が必要であった問題を述べた．これに対して新たに提案した手法では調整パラメータを少なくすることに成功し，設計手法の簡易化を実現した．この手法をもとにして設計した制御系を油圧アクチュエータの変位・加速度制御へ応用し，目標値の再現性能に優れていることを実証した．

**第 4 章「動揺再現装置への適応制御の導入」**では，幾何学的な非線形性を持つ動揺再現装置の制御に向けてモデル規範適応制御手法の基本事項に対する検討を行った．適応制御手法は制御対象のダイナミクスを同定しながら制御を行う．その際に自動調整される制御ゲインが搭載物の影響や非線形性受けしない制御を実現するが，制御ゲインはノイズなどの影響を受けるため値が収束しにくい欠点があることを簡単な装置による実験で確認した．

**第 5 章「適応制御の応用例：IDCS による スチュワートプラットフォームの運動制御」**では動揺再現装置の一種であるスチュワートプラットフォームに着目し，アクチュエータ配置に幾何学的非線形性が存在する場合の制御系に関する検討を行った．この装置に対してマルチボディダイナミクスを利用したモデリングを行うことで，リンクの慣性を考慮した制御を実現できることを述べ，マルチボディダイナミクスをベースとした制御を行う場合に必要である逆動力学計算(プラットフォーム座標からアクチュエータトルクを導出)を，運動方程式(順動力学モデル)とフィードバック制御の数値シミュレーションを組み合わせることで近似する手法が有効であることを論じた．

**第 6 章「本研究分野における今後の展望と課題」**で本研究が動揺再現装置のみではなく，他分野に対して応用可能であることを論じた．

**第 7 章「結論」**では本研究での目的，仮説や実証などをまとめ，動揺再現装置を対象として高精度な運動再現性能を実現する制御系が実現されたことを結論付けた．

以上要するに，本論文は現状の動揺再現装置では再現されるべき力を十分に再現できていない点を指摘し，新たな加速度フィードバック手法の提案，および適応制御とフィードバック系の数値シミュレーションによる補償が可能であることを新たに述べた．いずれの提案についても実験や数値シミュレーションによって検証し，その有効性を示している．そのため工学および工業上当該分野の発展に本論文が果たす役割は極めて高い．したがって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値を有すると認められる．