

(様式 5)

指導教員 承認印	
-------------	--

平成 25 年 12 月 11 日

学位（博士）論文の和文要旨

論文提出者	工学府博士後期課程 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 印
主指導教員 氏 名	田川 泰敬
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
論文要旨（2000 字程度） <p>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り、モーションシミュレータとも呼ばれる。乗り物の運動を再現するビークルシミュレータが有名であるが、地震を模擬する振動台も動揺再現装置に属する。この装置の一般的構造は土台、アクチュエータ、そして動作を再現する効果器であるプラットフォームからなる。動揺再現装置そのものの運動制御では加速度や力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装置の移動変位量を制御するものが主流であり、加速度やこれに関連する力の再現は不十分である。また、装置の構造はプラットフォーム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も近年提案されており、装置のプラットフォーム運動(併進 3 自由度・回転 3 自由度)が連成する問題点が挙げられる。また、モーションシミュレータには運転装置を模擬したキャビンや、振動台の場合には試験体が搭載される。これらのダイナミクスは動揺再現装置のダイナミクスに影響を及ぼすため装置の運動を制御する際には考慮する必要があるが、搭載物のダイナミクスを制御系設計で考慮することは動揺再現装置の用途から望ましくない。</p> <p>本研究では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導入することを提案した。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に制御性能が劣化する。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を考案し、コントローラフュージョンと名づけた。この手法をまず周波数領域における制御系設計手法によって定式化・制御系設計を行い、3 自由度小型電動振動台の制御へ応用したところ良好な加速度再現性能が発揮されることを確認した。次に本手法がセ</p>	

ンサフュージョン手法と類似している点に着目し、センサフュージョンの設計方法から新たに着目して、状態空間における設計方法を導入したコントローラフュージョンを考案した。先に提案していた周波数領域における制御系設計がその調整部分が多く、これに対する経験が必要であったのに対し、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。さらに、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たところ、目標値の再現性能に優れていることが確認された。以上の結果を以って、動揺再現装置の運動における加速度再現性能の向上を実現する制御系を提案した。

次に、搭載物の影響を受けない制御系の実現へ向けてモデル規範適応制御手法をモーションシミュレータ制御へ応用するため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をもとにすれば制御対象の固有振動数等を導出することが可能であるが、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。本論文ではリニアモータを用いた簡単な装置による実験でこの現象を確認した。その結果を踏まえて適応制御をモーションシミュレータの搭載物に影響されない運動制御へ実装するために検討すべき点を明らかにし、どのような解決策が期待できるかを明らかにした。

最後に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、従来のスチュワートプラットフォーム制御では考慮されていなかったリンクの慣性を考慮する制御を実現する。さらに、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を新たに提案した。この方法では数値シミュレーション上の制御対象に対する制御系設計が簡単に行える。今回は非線形な制御対象であることから適応制御を用いた。提案した手法でスチュワートプラットフォームを制御するシミュレーションスタディを行ったところ、動揺再現装置の問題点であったプラットフォーム運動の練成を非干渉化する制御が可能であることを示せた。

以上3点の研究によって動揺再現装置の高精度な運動再現が実現されることが期待できる。また、これらの研究背景には制御工学上で一般的に見られる問題点とも関連することを本研究の最後に論じた。