

(様式 5)

指導教員 承認印	
-------------	--

平成 28 年 11 月 24 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 26 年度入学 学籍番号 14833013 氏名 和地 天平 印
主指導教員 氏 名	田川 泰敬
論 文 題 目	ハードウェアとソフトウェアの同時モジュール化による多体システムの 制御設計
<p>論文要旨（2000 字程度）</p> <p>ロボット市場は大きな拡大をしていくことが予想されている。特にサービス分野での拡大が大きいと予想されており、ロボットの利用がより一般に普及していくと考えられる。一般に広く普及した工業製品は、ライフサイクルが短くなっていく傾向があり、ロボット分野でも同様の傾向が現れると予想される。ライフサイクルの短くなった製品は、より短期間・低コストでの製品開発が求められるようになっていく。しかし、現在のロボット開発は、設計工程の複雑さや専門知識の必要性から、短期間・低コストでの開発には対応できていない。また、現在のロボットは運用においても高い専門性が要求されており、それが一般への普及の妨げになっている。そこで、ロボットの設計・開発・運用を簡略化していくための手法が必要とされている。</p> <p>複雑システムを簡易的に扱うための手法として、モジュール化が広く知られている。モジュール化とは、要素ごとの相互依存性を可能な限り低くすることで、対象を細分化する手法である。細分化によって対象を単純化することで理解を容易にし、また並列設計・並列生産を可能とすることで、設計・生産の効率化が可能になる。また、要素間の相互影響が小さくなっているため、バリエーションの開発も容易になる。モジュール化は対象によって向き不向きのある手法であったが、本来モジュール化が不向きであるとされていた自動車分野等でもモジュール化を導入することによって開発効率の向上に成功している。設計・開発・運用の効率化が求められていくロボット分野でも、同様の流れが発生すると予想される。</p> <p>本研究では、対象となるロボットを多体システムであると定義し、ハードウェアだけでなく、ソフトウェア上でもモジュール化を行い、それらを連携させて利用する新しいモジュール化の概念を提案し、特に運用面でのメリットについて検証を行う。提案するモジュ</p>	

ール化の概念では、モジュール化されたハードウェアに対してあらかじめ動力学モデルや制御器などを設計してハードウェアに付与し、ハードウェアが連結された際はソフトウェア上のモデルや制御器も同様に連結することで、全体システムのモデルや制御器を得る。この連結されたモデルや制御器をロボットの運用を簡易化する。本論文では、提案する手法に対して、以下の(i)～(iv)アプローチを行い、それぞれの知見を得た。

(i)提案するモジュール化のコンセプトを検証するために、実際に実験装置を作成し、検証実験を行った。実験装置は、間接単位でモジュール化を行ったハードウェアを複数作成し、それぞれに対応した順動力学モデルと逆動力学モデルを導出し、モジュールに付与した。2章で提案するモジュール化手法の概要を解説し、3章で検証用実験装置の作成と装置の性能の検証を行っている。また、3章ではソフトウェア上のモジュールの検証として、従来手法でモデル化を行ったモデルと比較を行い、妥当性と計算負荷の検証を行っている。

検証の結果、モジュール化されたモデルは従来手法で製作したモデルと等価であり、モジュール化が計算負荷の軽減に有効であることが確認できた。

(ii)提案するモジュール化手法が、制御器設計で利用できることを検証するために、実際にポテンシャル法を利用した接触回避制御器の設計を行い、実験によって有効性を確認した。設計した制御器では、モジュールごとに個別のポテンシャル場を定義し、それをモジュールの制御器とした。また、ハードウェアの動作制御と、ポテンシャル場からの仮想外力のトルク変換で、モジュール化された逆動力学モデルを利用した。実験の結果、設計した制御器を利用することで、接触回避制御に成功した。4章で、設計する制御器の概要と、検証実験について述べている。

(iii)提案するモジュール化の手法が、動作生成に利用できる事を検証するために、実際に動作生成器を設計し、シミュレーション上で検証を行った。提案する動作生成手法は、順動力学モデルに対して、仮想的な外力で動作を拘束することによって、動作生成時の制約条件を付与する。その状態で、動力学シミュレーションを行い、シミュレーションの結果得られた動作を対象の目標動作として利用する。シミュレーションでは、多体システムの基本構造となる連続チェーンモデル、ツリー構造モデル、閉ループ構造モデルの三つのモデルに対して、複数の制約条件を定義し動作生成を行った。シミュレーションの結果、各モデルで、複数の制約を満たした動作の生成に成功した。5章で、動作生成手法の概要と、検証シミュレーションについて述べている。

(iv)逆モデルを利用することによって多体システムは、各関節への入力と応答と非干渉化することが可能になる。それを利用して関節単位での制御器設計が可能になると考え、柔軟関節を想定した振動抑制制御器を提案し、実験によって検証を行った。提案する制御器では、フィードバックループ特性全体に対してノッチ特性を付与することによって狂信周波数を除去し、振動の抑制を行う。アクチュエータと制御対象の間にバネ性を持つ実験装置で振動抑制実験を行い、振動の抑制に成功した。6章で提案する制御器の概要と、検証実験について述べている。

7章では、(i)～(iv)の検証で得られた知見についてまとめを行い、今後の課題としてより最適なモジュール化の単位の検討と、パラメータ設定における検討方法、また、手法の3次元空間への拡張を挙げている。