

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	高松 尚宏
論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学教授 工学博士 大森 浩充			
副査 慶應義塾大学教授 博士（工学） 村上 俊之			
慶應義塾大学教授 博士（工学） 滑川 徹			
慶應義塾大学准教授 博士（工学） 高橋 正樹			
(論文審査の要旨)			
学士（工学）、修士（工学）高松尚宏君提出の学位請求論文は「分数階微積分を有する非線形制御系と適応制御系の設計」と題し、6章から構成されている。 分数階微積分とは、階数を整数から実数に拡張した一般化された微積分であり、計算機の演算能力の向上とともにその実装可能性が増大したことから、近年注目を集めている。分数階微積分をシステムの数理モデルに用いることで、粘弾性体やリチウムイオン電池などで発現する複雑な現象を簡潔に精度よくモデル化できる。また、制御器として分数階積分を導入した制御系は、制御設計の自由度が増えることから、優れた性能を発揮できる。しかし、分数階微積分は通常の微積分と異なる性質を持つため、分数階微積分システムに対して従来の整数階システムを直接適用することは難しく、微分連鎖則や状態実現などの基礎的な課題を解決する必要があった。そこで本研究では、これらの基礎的な課題解決を利用して、分数階積分制御対象に対する非線形制御器と適応観測器の設計法を提案し、リアプノフの安定解析を行っている。さらに、整数階積分制御対象に対する分数階積分システムのモデル規範形適応制御器の設計法を提案し、リアプノフの安定解析を行っている。 第1章では、本研究の背景・目的を述べ、従来研究との違いを明確に示している。 第2章では、本研究の基礎となる分数階微積分の諸定義と演算法について説明している。 第3章では、非線形分数階システムを制御対象として、バックステッピング法に基づいたスライディングモード制御系の設計を行っている。ここでは、従来法では1階のバックステップだった設計を分数階のバックステップに拡張することに成功している。さらに、数値シミュレーションにより、提案した制御系が、想定外の確定外乱を有する場合においてもロバストであることを確認している。 第4章では、未知パラメータを含む線形分数階システムを対象としたクライゼルマイヤー型適応観測器の設計を行っている。応用事例として、リチウムイオンの拡散現象に由来してリチウムイオン電池の電気的な動特性が分数階の微積分によって記述できることを明らかにし、リチウムイオン電池のハーフセルを模擬したシステムを観測対象として数値シミュレーションを行い、提案したクライゼルマイヤー型適応観測器の有用性を確認している。 第5章では、モデル規範形制御系の適応調整則に分数階積分器を導入した制御系を構成するとともに、構成された適応制御システムの安定解析を、分数階積分器の偏微分方程式系への状態実現を通し、分布定数型のリアプノフ関数を用いて厳密な証明を行っている。得られた適応制御系は分数階積分器の位相特性の利点から、誤差モデルの正実条件の緩和に大きく寄与し、厳密なモデルマッチング条件が満足されない場合でも、ロバスト性を示すことができることを数値シミュレーションで示している。 第6章では、各章で得られた結果を総括的にまとめ、本研究の成果を述べている。 以上要するに、本研究は分数階微積分システムの非線形制御系と適応制御系の制御系設計論を提案し、システムの性能評価を理論的に行ったものであり、分数階微積分を利用した制御のシステム設計に貢献し、制御工学の分野において工学上、工業上寄与するところが少なくない。 よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2（システム統合工学専修）科目担当で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。		