

氏 名	ふか お たか のり 深 尾 隆 則
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	論 情 博 第 15 号
学位授与の日付	平 成 13 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Studies on adaptive control theory and its applications (適応制御理論とその応用に関する研究)

論文調査委員	(主 査) 教 授 足 立 紀 彦	教 授 山 本 裕	教 授 杉 江 俊 治
--------	----------------------	-----------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は適応制御理論とその機械システムへの応用に関する研究をまとめたものである。2章と3章が非線形システムと大規模システムに関する基礎理論であり、4章から6章が特定の機械システムを対象とした理論の応用と、その応用に必要となる基礎理論の構築に関するものである。

1章は序論であり、本論文で取り扱う適応制御理論の歴史と現状、さらに応用の可能性などを述べている。さらに、以下の各章の概論を要約している。

2章では、バックステッピング法と呼ばれる適応制御や非線形制御に有効である設計手法について述べた後、非線形システムに対して、出力フィードバック標準系と呼ばれるある標準形式に変換可能なシステムでなければならないという既存手法の条件を緩和し、より広い条件のもとで設計を可能とする手法を提案している。これは、あるフィルタを用いた座標変換により適応オブザーバ形式とよばれる形に変換することで設計が可能となっている。

3章では、互いに干渉があるがいくつかのサブシステムに分けることが可能な大規模システムに対して、バックステッピング法とロバスト化の手法である切り換え σ -修正法を用いた適応制御法に基づいて、完全分散型の適応トラッキングコントローラの設計法を提案している。さらに、これにより過渡特性が改善され、ゼロ状態特性に関してはトラッキング誤差が設計パラメータを調整することにより任意に小さくできることを示している。また、この解析が集中型の適応制御にもあてはまることを示している。

4章では、不確定性を持つ非ホロノミック移動ロボットのトラッキング制御問題について考察している。まず未知パラメータを持つ運動学モデルの部分に対して適応トラッキングコントローラが存在するならば、未知パラメータを持つ動力学モデルの部分も含めて適応トラッキングコントローラが存在することを示している。次に、二輪駆動移動ロボットの運動学モデルに対してロバスト性に優れた逆最適トラッキングコントローラの設計法を提案し、設計されたシステムのロバスト性を確認している。

5章では、部分的な適応制御手法を提案している。まず、入力-状態安定の考えに基づきバックステッピング法を修正した手法を提案し、この手法を用いて既知部分にロバスト制御、未知部分に適応制御が導入可能なことを示している。これを鉄道車両用と自動車用のアクティブサスペンションシステムに適用し、その有効性を確認している。また、LQ制御と結び付いた部分的適応制御を倒立振り子・台車系に適用し、実機実験によってもその有効性を確認している。

6章では、スペースクラフトの姿勢追従制御問題に対して3つの型の制御則をバックステッピング法を用いて提案している。これらの型はシステムパラメータの事前に必要とする知識に応じて分類されるものである。この制御システムの構築やリアプノフ関数の構成は従来法よりも容易であり、より複雑なシステムへの拡張も容易なものである。

7章では上記の結果を要約し、今後の研究のあるべき方向について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、適応制御理論とその機械システムへの応用に関する研究をまとめたものであり、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 非線形システムと大規模システムに対する基本的な適応制御手法を提案した。非線形システムに対しては、出力フィードバック標準系と呼ばれる形式に変換可能なシステムでなければならないという既存手法の条件を緩和しより広い条件のもとで設計を可能とした。大規模システムに対しては完全分散型の適応トラッキングコントローラが可能であることを示した。
2. 不確定性を有する非ホロノミック移動ロボットのトラッキング制御問題について考察し、未知パラメータを持つ運動学モデルの部分に対して適応トラッキングコントローラが存在するならば、未知パラメータを持つ動力学モデルの部分も含めて適応トラッキングコントローラが存在することを示した。次に、移動ロボットの運動学モデルに対してロバスト性に優れた逆最適トラッキングコントローラの設計法を提案し、設計されたシステムのロバスト性を確認した。
3. 一部にのみ未知な要素があるシステムに対して有効な適応制御手法を提案した。すなわち、バックステッピング法を改良し、既知部分に既存のロバスト制御系設計手法、未知部分に適応制御をもちいる設計手法を提案した。この方法を鉄道車両用と自動車用のアクティブサスペンションシステムに適用し、その有効性を確認している。また、LQ制御と結び付いた部分的適応制御を倒立振子・台車系に適用し、実機実験を行うことにより、有効性を確認している。
4. スペースクラフトの姿勢追従制御問題に対して3つの型の制御則を用いた。これらはシステムパラメータの事前に必要とする知識に応じて分類される。この制御システムの構築やリアプノフ関数の構成は従来よりも容易であり、より複雑なシステムへの拡張も容易である。

以上、本論文は適応制御系の設計に有用ないくつかの手法を提案し、それらの機械システムへの応用の可能性を示したもので、学術上、實際上、寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成13年1月29日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。