



Title	Adaptive Control for Uncertain Dynamical Systems with Performance Guarantee
Author(s)	Gebremedhin, Gebreegziabher Atsede
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/91980
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

Abstract of Thesis

Name (Atsede Gebreegziabher Gebremedhin)	
Title	Adaptive Control for Uncertain Dynamical Systems with Performance Guarantee (性能保証をもつ不確かな動的システムの適応制御)
<p>Abstract of Thesis</p> <p>There have been many experiments on adaptive control in laboratories and industries. The rapid progress in microelectronics and integrated circuit technology was a strong stimulation. Interaction between theory and experimentation resulted an active development of the field. As a result, the development of adaptive controllers is now accelerating and started to appear commercially. One of the primary reason for introducing adaptive control was to obtain controllers that could adapt to changes in process dynamics in the presence of system uncertainties. It has been found that adaptive techniques can also be used to provide automatic tuning of controllers.</p> <p>Previous works have been developed for various complex systems such as interconnected and/or large-scale systems under different perspectives. However, they typically do not guarantee an optimal solution while estimating the unknown uncertainty parameters of the system dynamics. In addition, poor transient performance due to uncertainties is solved by increasing adaptive gains to rapidly suppress the uncertainties. However, large adaptive gains may lead to high frequency oscillation and system instability.</p> <p>Performance guarantee related to nominal tracking is also an issue in research works for the development of distributed adaptive control architectures and realizing a desirable tracking. Therefore, it is important to evaluate the performance degradation caused by adaptation in terms of the performance index of the reference model which achieves optimal tracking and a robust performance.</p> <p>This dissertation proposes four approaches for adaptive control of uncertain dynamical system for tracking problem. Each approach includes the evaluation of performance degradation of the adaptive control law. First is model reference adaptive control scheme for optimal LQ tracking in the presence of uncertainties. A new reference model selection is introduced by using linear quadratic regulator theory. Second is adaptive control proposed for H-infinity tracking of uncertain dynamical systems. A reference model which achieves a robust tracking in the presence of L2 disturbances is introduced by using H-infinity control with transients. Third is a distributed model reference adaptive control scheme for optimal tracking of an interconnected dynamical system in the presence of system/interconnection uncertainties. Here, an adaptive control law is developed for the uncertain interconnected dynamical system, where it employs the specified reference model. The final is distributed adaptive control proposed for H-infinity tracking of interconnected uncertain dynamical systems. It is shown that the boundedness of the error dynamics behaviors as well as zero tracking error in the steady state is guaranteed by the proposed distributed adaptive control in the presence of disturbances and uncertainties. An explicit error bound of tracking is also established. Numerical examples were discussed to show applicability of the theoretical findings.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Atsede Gebreegziabher Gebremedhin)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	藤崎 泰正
	副 査	教授	森田 浩
	副 査	教授	鈴木 秀幸
	副 査	准教授	和田 孝之

論文審査の結果の要旨

適応制御とは、制御時にプラントから得られる観測信号に基づいて、コントローラをオンラインで自動調整する制御方式である。電力システムにおける発電機制御や負荷周波数制御、航空機の制御システム、振動抑制制御、ロボティクスなど、応用面では充実した実施例をもつ。一方、適応制御の理論面での研究は、まだ発展途上である。実際、適応制御系に関わる信号の有界性や安定性については基本的な結果が得られているが、制御性能の評価という観点からは目立った結果が存在しない。例えば、モデル規範型適応制御では、与えられた参照モデルの振る舞いと適応コントローラをプラントに施した制御系の振る舞いが同じになるようにコントローラが調整されるが、従来の理論で保証されるのは、これら振る舞いの誤差が有界であることや、漸近的に零になることのみである。適当な評価関数に基づいて参照モデルの振る舞いを最適化しても、実際の適応制御系の振る舞いが参照モデルの理想的な振る舞いとどの程度異なるかは明らかではない。適応制御系の定量的な性能保証を与えることは、システム制御理論における重要かつ基本的な研究課題の一つである。

本博士論文は、いくつかの最適追従制御問題を対象に、上記の課題を完全に解決するものである。具体的には、適当な評価関数を設定して得られるLQ追従制御および H_{∞} 追従制御を参照モデルとして用いるときに、適切な適応制御則を導入すれば、それら参照モデルの振る舞いと適応制御系の振る舞いの誤差の定量的な評価が可能になることを明らかにしている。この誤差評価には最初に設定した追従制御のための評価関数を用いていることから、適応制御系の実際の振る舞いと理想的な振る舞いの誤差が、完全に整合的な形で定量化されている。その結果、適応制御則に含まれる学習ゲインの大きさと追従誤差の関係が明確になっている。上記の内容を本博士論文では、以下の四つの場合について具体的に示している。それらは、単一のプラントを対象にステップ信号を目標値とする適応LQ追従制御と適応 H_{∞} 追従制御、複数のプラントが相互結合したシステムを対象に一般的な目標信号を取り扱う適応LQ追従制御と適応 H_{∞} 追従制御である。これらすべての場合について、適応制御則を適切に設計することにより、適応制御系の信号がすべて有界で、参照モデルへの追従誤差が零に漸近することに加えて、参照モデルを設計するとき用いた評価関数の意味で追従誤差を定量的に評価できることを明らかにしている。そして、適応制御則に含まれる学習ゲインの大きく選べば、適応制御を用いることによる追従特性の劣化量が減少することを定量的に示している。

以上のように本論文は、適応追従制御系における定量的な性能保証を初めて確立した画期的な研究を主な内容とするものである。システム制御理論における基本的な研究課題の一つを完全に解決しており、適応機能をもつサイバーフィジカルシステムの解析と設計のための基礎理論を与えるものとして、情報科学と数理学における重要な貢献である。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。