

氏 名	石 飛 光 章 いし とび みつ あき
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1873 号
学位授与の日付	昭 和 60 年 11 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	指 数 減 衰 性 を 有 す る モ デ ル 規 範 形 適 応 制 御 系 の 設 計 法 に 関 する 研 究

(主 査)
論 文 調 査 委 員 教 授 得 丸 英 勝 教 授 布 川 昊 教 授 長 谷 川 利 治

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、動特性が未知であるか、あるいは変動する制御対象に対する有効な制御方式であるモデル規範形適応制御系 (MRACS) の構成方法を、理論的および実験的に研究したものであって、第1章序論、第7章結論を含めて7章からなっている。その内容は以下のとおりである。

第2章では出力誤差が指数減衰し、かつその減衰度が設計パラメータによって指定可能な MRACS の構成方法を示し、閉ループ系の全信号の有界性と出力誤差の指数減衰性を証明した。この MRACS の特徴は、1) フィルタおよび誤差モデルの特性を任意に与えることが出来、その結果、出力誤差の減衰度を設計者が任意に設定できること、2) プラントの不安定度がパラメータ調整則の減衰度より大きくても適用できること、3) プラントのゲインが未知でも適用できること、4) 入力依存性の問題が生じないこと、などである。

しかし、第2章のモデル規範形適応制御系では、積分次数の削減、十分一般性条件成立の仮定の除去、ならびに十分一般性条件成立のための規範入力に対する条件の明確化が大きな問題として残されている。そこで、第3章では、重みつき最小2乗法調整則にもとづいて、積分次数を削減した MRACS、および十分一般性条件によらない MRACS の構成方法を述べている。積分次数の削減は重みつき最小2乗法調整則の使用とともに、同定パラメータと制御入力の構成パラメータの分離、フィルタ構成の改善により実現されている。その結果、例えば次数2、対応定数2のとき、従来、積分次数41であったものが15に減ることを示している。

また、十分一般性条件が成立していなくても適用できる MRACS は、重みつき最小2乗法調整則に微小正定行列を付加した調整則を用いることによって構成でき、この構成の MRACS では、1) 十分一般性条件が成立していなくても、出力誤差は収束する、2) 十分一般性条件が成立していれば、重みつき最小2乗法調整則における出力誤差の指数減衰性が保存される、3) 対象の次数を n とするとき、規範入力が $(n+1)$ 個以上の周波数成分をもっていれば十分一般性条件が成立する、という特徴をもつことが示されている。

第4章では多入出力系に対する指数減衰的適応観測器および MRACS の構成方法を示している。まず、cyclic でないプラントにも適用できるように、多入出力系を1出力サブシステムに分割し、そのシステム表現に対して構成の複雑さを改善できる新しいパラメトリック表現を求め、1入出力系の設計方法を適用して、指数減衰的収束性を有する多入出力適応観測器を構成している。同じ収束性をもつ多入出力 MRACS も類似のパラメトリック表現にもとづいて、同様の方法で構成できることを示している。出力誤差の漸近安定性、全信号の有界性の証明には1入出力系の議論を適用している。設計において、非干渉可能条件を仮定しているが、未知インタラクタマトリクス概念を取り入れれば、より弱い条件に広げることが容易であることをも述べている。

第5章では、近年めざましい発展をとげているデジタル計算機での実装が容易な、離散時間形式のモデル規範形適応制御系の構成方法を考察している。そこでは、指数減衰的収束性をもつ、重みつき最小2乗法パラメータ調整則を用いたときに、フィルタの極を任意に指定できるモデル規範形適応制御系の構成方法を与え、その閉ループ系の安定性および全信号の有界性を証明している。この MRACS では、従来の Goodwin らによる証明方法が使えないので、まったく新しい方法である Schauder の不動点定理を用いる方法によっている。この極が任意に指定できる MRACS は、制御過程の滑らかさとノイズの影響の軽減とを共に実現することが出来ることを示している。

第6章では、前章までの設計方法の実用性の確認のため、熱実験プラントに対して適応制御系を構成し、二、三の実験を行っている。いずれの実験でも、数値シミュレーションと異なり、外乱、パラメータ変動、測定用温度計の精度や分解能の粗さ、モデル化誤差などが原因と思われる乱れが多少現われているが、ほぼ良好な追従経過が得られると共に、設計パラメータの与え方による減衰度の変化など理論を実証する結果が得られている。

論文審査の結果の要旨

プラントの動特性を規定するパラメータが時間的に変動したり、未知であったりする場合は多いが、このようなプラントを適応的に制御しようとする制御方式を適応制御という。一方、目標入力を直接追従するのでなく、この目標入力に対するある規範モデルの出力を追従するような制御方式をモデル規範制御という。モデル規範制御に適応機能をもたせた適応制御方式をモデル規範形適応制御方式という。

適応制御では観測・適応動作の繰返しに基づく系の不安定化が克服すべき重要な課題であり、さらに系の構成を単純化し実用性を高めることが重要な課題である。この論文はこれらの課題の解決を目標として適応動作の速さが指数関数的であるようなモデル規範形適応制御系 (MRACS) の構成方法について理論的に研究し、実験によって検証した結果をまとめたものであって、その主要な成果は次のとおりである。

1. 出力誤差すなわちプラントの出力と規範モデルの出力との差の絶対値が指数関数でおさえられ、かつその指数を任意に設定できる MRACS 構成法を与え、この構成法は従来の同種の構成法にくらべより広いプラント動特性に対し適用可能であることを示した。

2. プラント動特性の変化に応じてコントローラーのパラメータを調節する機能を果すパラメータ調節機構のパラメータ調整則として、連続時間形の重みつき最小自乗法調整則と呼ばれる調整則を導入するこ

とによって、適応制御系構成のために必要である積分器の個数を飛躍的に減少させている。このことは MRACS の実用化に貢献したものであり、高く評価される。

3. 離散時間系の MRACS は実用性の点で非常に重要であるが、従来の離散時間 MRACS の場合出力誤差の減衰度を大きくすると制御入力のスラカさが失われるという実用上の欠点があったが、多項式形式のフィルタを使用することによりこの点が改善されることを見出し、特にノイズが存在する場合にこの改善は有効であることを示している。

4. 多入出力系に対する MRACS の構成に 1 入出力系の設計法が直接適用可能となるように多入出力系の動特性の表現形式を変換することについて考察した。

5. 本論文で提案された MRACS 設計法の妥当性を単に数値シミュレーションによって検討するのみでなく、実際の熱実験プラントによっても検討し、外乱、センサの測定誤差、プラントのモデル化誤差などが存在してもほぼ良好な適応制御が得られることが示されている。

以上要するに本論文はモデル規範形適応制御系の設計法を実用上の観点から理論的に研究し、かつ数値シミュレーションおよび実験によってその妥当性、有用性を検討したものであって、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、昭和60年10月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。