

氏名 半 場 滋

学位（専攻分野） 博士（学術）

学 位 記 番 号 総研大甲第170号

学位授与の日付 平成 8 年 3 月 2 1 日

学位授与の要件 数物科学研究科 統計科学専攻
学位規則第4条第1項該当

学 位 論 文 題 目 Control of Bilinear Systems

論文審査委員 主 査 教 授 石 黒 真木夫

教 授 田 辺 國 士

教 授 北 川 源四郎

助教授 宮 里 義 彦

助教授 三 平 満 司（東京工業大学）

論文内容の要旨

時系列解析において動的システムのより精密なモデルとして非線形モデルが研究されているが、これらが制御モデルとして有効であることを示すためには、非線形モデルに対応する非線形制御器の構造を求めたり、それを用いた非線形フィードバック系の安定解析、モデル誤差に対するロバスト性解析、制御装置の適応調整機能を調べるといった非線形制御理論の研究が不可欠とされている。本論文はそのような立場から、非線形モデルの中で実用的に重要な位置を占める双線形系の制御問題について論じたものである。全体は主に3つの内容から構成され、双線形系に対して、1) 制御対象の状態の全てが観測可能ではないという条件下でオブザーバ、モデル追従制御系、および適応制御系の設計法を提案して安定解析を行った部分、2) 制御対象の状態が全て観測可能という条件下で大域的な適応安定化制御系の設計法を提案して安定解析を行った部分、3) 双線形系の制御の応用として、セミアクティブサスペンションを用いた車両の振動制御問題について論じた部分から成っている。

以下に各章の内容の概要を示す。

第1章：これまでの非線形制御理論の研究の経緯と問題点をあげて、それらに対する本研究の動機や位置づけが示されている。さらに必要な基礎的事項、概念や記号などの説明が書かれている。

第2章：双線形系の制御に関して理論的な観点から行われた研究について述べている。特に制御対象の状態の全てが観測可能ではないという条件のもとで、双線形系に対するオブザーバとモデル追従制御系、および適応制御系の構成法を提案している。ボルテラ級数展開を用いた構成と、一般化された可観測標準形に基づく構成法が並行して論じられ、制御系の局所的な安定性が示されている。さらに観測雑音に加わったときの安定解析も行われている。

第3章：2章に引き続き、双線形系の制御に関して理論的な観点から行われた研究について述べている。特に制御対象の状態が全て観測可能という条件のもとで、双線形系の適応安定化問題について論じている。双線形系に対するユニバーサル安定化制御器と、2次状態フィードバックに基づく適応安定化制御系の構成法が提案されていて、いずれも制御系の大域的な安定性が示されている。

第4章：双線形系の制御に関して工学への応用の観点から行われた研究について述べている。双線形モデルとして表される工学の対象として、車両の安定化に使われるセミアクティブサスペンションがあるが、このセミアクティブサスペンションを用いた車両の振動制御問題について双線形制御理論の立場から論じている。問題の特殊性を考慮して、指数減衰特性を有し観測値のバイアスを除去する外乱推定双線形オブザーバの構成法と、2次状態フィードバックに基づく双線形振動制御則が提案され、さらに実際の車両を用いた制御実験の結果から提案された手法の有効性が示されている。

論文の審査結果の要旨

論文の内容は、双線形系に対するオブザーバ、モデル追従制御系、モデル規範形適応制御系、適応安定化制御系の設計理論について論じた部分と、応用としてのセミアクティブサスペンションを用いた車両の振動制御問題について論じた部分から成り、それぞれ双線形系の制御問題に対して理論と応用の面から重要な貢献をしている。双線形系は非線形系の中でも特殊な部類に属し、オブザーバの構成条件も零点の安定性も大域的には満足していない。このような制御対象に対して、状態の全てが観測可能ではないという条件下で、オブザーバの構成から始まり、モデル追従制御系、モデル規範形適応制御系の構成法を与えて、制御系全体の局所的安定性を示した第2章と、全ての状態が観測可能という条件下でユニバーサル安定化制御器や2次状態フィードバックに基づく適応安定化制御系を提案し、制御系の大域的な安定性を示した第3章は、ともに双線形制御系において達成できる制御性能の限界を示している点から、理論的な貢献は大きいと評価できる。またモデルの不確定性の影響を考慮するために、実時間で制御装置を再調整する適応制御系の構成を論じ、外乱に対する影響も解析していることから、不完全情報下における制御の実現についても大きな寄与をしていると考えられる。さらに理論的な結果にとどまらず、第4章ではセミアクティブサスペンションによる車両の振動制御問題に取り組み、外乱推定機能を有するオブザーバの構成法とそれを用いたアクティブサスペンションの安定化制御則を提案して、これらの手法の有効性をシミュレーションだけではなく実際の車両を使った実験結果からも確認したことより、工学の応用に対する貢献も大いに評価できる。

以上のような半場滋氏の論文について本委員会は、数物科学研究科における課程博士の授与に係わる論文審査等の手続きに関する規定にもとづき、公開の論文発表会を開催し審査を行った。またその際、本研究の統計科学のなかでの位置付け、統計科学の基礎知識、今後の研究の展望などについて口頭試問による試験を実施した。その結果、提出された論文が博士の学位を授与するに十分な内容と形式を備えていると判断し、さらに試験の結果も合わせて出願者は今後統計科学に携わって独立の研究者として研究を進めて行くうえで十分な水準に達していると判断したことから、合格と判定した。