

氏 名	陳 幹
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3418 号
学位授与の日付	平 成 11 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	不確実なパラメータを含む制御系の解析と設計

(主査)

論文調査委員 教授 杉江俊治 教授 片山 徹 教授 山本 裕

論 文 内 容 の 要 旨

近年, 制御対象の不確かさを考慮した制御系設計理論の研究が盛んに行われている。特に, 物理パラメータの時不変な不確かさや, 時間や環境によって変動するパラメータの不確かさを考慮に入れることの重要性が指摘されている。本論文では, これらの不確かなパラメータを有するシステムを対象として, 信頼性の高い安定性解析法および制御系設計法について考察したものであり, 8章からなっている。

第1章は序論であり, 本論文の背景となる制御系の不確かさの表現法および種々のパラメータの不確かさの性質について述べ, 従来の安定解析法や設計法の問題点を指摘した後, 本論文の目的について述べている。

第2章では, パラメトリックな時不変の不確かさを持つシステムの安定解析の基礎をなす, 構造化特異値 μ の計算法について考察している。構造化特異値は定数行列と不確かさの構造から定義されるスカラー量であるが, その真値は解析的に求まらないことが知られており, 従来よりその上界値の計算法が種々提案されている。しかし, 真値とのギャップが大きい場合がしばしばあり, できるだけこれが小さい(保守性が低い)上界値を求めることが必要とされている。本章ではパラメータ依存マルチプライアという手法を用いて, 構造化特異値の上界の一計算法を提案し, これが理論的に従来手法より保守性の低いことを保証している。さらに, また, その有効性を数値例を用いて例証している。

第3章では, 前章の結果に基づき, 連続時間動的システムを対象として, 構造化特異値 μ に基づく解析・設計法を提案している。不確かさを含む動的システムの安定解析を行う場合, 周波数各点での伝達関数の構造化特異値の上界値の計算が必要である。しかし, 従来は, 有限個の周波数点での構造化特異値の上界値を計算し, これらの値の最大値をもって, その代用とすることが通常であった。これに対して, 本章では周波数各点での計算を必要とせず, かつ, 従来より保守性の低い形式で, 動的システムの安定解析に必要な構造化特異値の上界値を計算する方法を与えている。さらに, 静的状態フィードバックによる μ 設計法に対する一つの解を与えた。

第4章では, 離散時間系を考察対象として, 前章に対応した結果を導いている。これは連続時間系における結果に双一次変換を用いることによっても得られるが, その導出過程は繁雑なものとなる。本章ではメインループ定理とパラメータ依存マルチプライアを用いることにより, 見通しの良い直接的な証明を与えている。

第5章では, 第3章の安定解析の結果を異なる側面から解釈することにより, いくつかの有用な結果を導出している。具体的にはシステムのディスクリプタ表現を用いることにより, 安定解析の結果の別証明を与え, 第3章の結果とリアプノフの安定論との関係を明らかにしている。また, 第3章で提案した計算法の問題点を指摘し, ディスクリプタ形式を用いることでその解決をはかり, 数値例によってその有効性を示している。

第6章ではオンラインで観測可能な時変パラメータを含む制御対象に対して, このパラメータに依存して補償器を変化させるゲインスケジューリング系の設計について検討している。具体的には, あるクラスのディスクリプタ系に対して, 適切な形式のパラメータ依存リアプノフ関数を導入することにより, 凸最適化によって, 所期の補償器を設計する方法を提案し

た。また、その有効性を数値例によって示している。

第7章では可変補償器を油圧サーボ系に適用し、実機による実験検証をおこなった。油圧サーボ系は、環境の変化によって、その動的特性が大きく変化するので、これに対応できる補償器の設計法が要求されている。この問題に対して本章では、環境の変化を表すパラメータに依存した補償器の設計法を与えている。これとともに、現実の制御において大きな問題となる入力飽和に対して、フィードフォワードによる簡便なアンチwindアップ法を提案している。そして油圧シリンダの位置決め系を対象として実験をおこない、提案法の有効を検証した。

第8章で本論文の結果を要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、不確実なパラメータを含むシステムの安定解析と制御系設計に関する研究をまとめたもので、特に安定解析に本質的な役割を演じる構造化特異値の評価法と制御対象のパラメータに依存して補償器を変更するゲインスケジューリング系について検討したものであり、得られた成果は以下のようである。

1. 制御対象の物理パラメータに不確実さがある場合に制御系の安定性を判別するためには、「構造化特異値」と呼ばれる量を計算する必要がある。従来より、その上界値を計算する手法が多数提案されてきているが、一般に、厳密な値との差が大きな（保守的な）結果であることが問題であった。本論文では、線形行列不等式とパラメータ依存マルチプライアを用いて、従来法よりも保守性の少ない上界値を求める手法を与えた。
2. 上記の構造化特異値の求め方を基礎として、不確実なパラメータを含む動的システムの安定性を判別する手法と、状態フィードバック制御系の設計法を与えた。従来必要であった伝達関数の周波数各点での構造化特異値の計算が不要で、かつ保守性も改善されている。また、連続時間系ばかりでなく離散時間系に対しても同様な結果を得ている。
3. 時間とともに変動するパラメータを含むあるクラスのディスクリプタ系に対して、この変動パラメータに依存して補償器を変化させるゲインスケジューリングの手法を用いた制御系の設計法を提案し、その有効性を数値例で確認した。
4. 油圧サーボ系を対象として、環境の変化を表すパラメータに応じて補償器を変化させ、簡易同定から現在の環境に応じた制御を行う手法を提案し、油圧シリンダの位置決め制御実験により提案法の有効性を検証した。

以上、要するに、本論文は不確実なパラメータを含むシステムの安定解析と制御系設計に関して、新たな手法を提案しその有効性を検証したものであり、その成果は学術上、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（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成11年1月25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。