



Title	Robust Control of Systems with Structured Uncertainties
Author(s)	山本, 茂
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39466
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	やまもと しげる 山 本 茂
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 5 8 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 8 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	Robust Control of Systems with Structured Uncertainties (構造的な不確かさを有するシステムのロバスト制御)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 木村 英紀 (副査) 教 授 須田 信英 教 授 藤井 隆雄 教 授 池田 雅夫 助教授 井上雄二郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、不確かさを有する動的システムのロバスト制御問題に関する研究をまとめたものである。対象は時変でノルム有界型の構造的な不確かさを有する線形システムである。このようなシステムに対する安定化の有効な手法は、いわゆる二次安定化として知られている。これまでの多くの結果は、実システムを正確に表現する能力にいささか劣る不確かなシステムの表現をよりどころとしており、現実の対象を表現するには、必然的に不確かさを大きく見積もる必要がある。これは、ロバスト制御系の設計に多くの困難さをもたらす。これを避ける方法は、実対象をより正確に表現できる構造的な不確かさを有するシステム表現を導入し、既存の結果を一般化することである。本論文は、実システム、特にメカニカルシステムの特徴を反映する不確かなシステム表現をもとにした設計法を構築することを目的とし、いくつかの新しい結果を与える。本論文は以下の 9 章から構成される。

第 1 章の緒論では、関連する研究の背景と、本研究の目的および意義を述べる。

第 2 章では、不確かなシステムのより広いクラスに対する、外乱抑制を考慮した二次安定化問題を考察する。この問題は、システムの安定性だけでなく制御性能をもロバストに実現しようとする、いわゆるロバスト制御性能問題である。この問題の可解条件を、定数スケーリング付き H^∞ 制御問題の条件として導出する。これにより、 H^∞ 制御理論の多くの結果を用いて、二次安定化コントローラを設計することが可能となる。また、ロバスト制御性能問題の一つとして、メカトロニクス基礎技術となるロバストモーションコントロールをとりあげ、制御対象のパラメータ変動と外乱に対し、望ましい応答がロバストに実現できる制御系を二自由度系で構成する。

さらに、第 3 章では、 H^∞ 制御理論にもとづいて、二次安定化コントローラを設計する新しい方法を提案する。 H^∞ コントローラは線形時不変の伝達関数によってパラメトライズされるが、このパラメータを時変ゲインとしても、閉ループ系が二次安定で、かつ望ましい伝達特性が得られることを示す。このことから、時変ゲインをパラメータとして持つ H^∞ コントローラは、二次安定化コントローラとなり、設計の自由度が大きくなる。さらに、この自由度を、閉ループ系の特性改善に用いる一つの方法として、閉ループ系の Lyapunov 関数を最も速く減少させる方法を提案する。

また、第 4 章は、凸多面体型とよばれるノルム有界型の特殊な不確かさを有するシステムの二次安定化状態フィードバック問題を扱い、新しい可解条件を与える。

さらに、第 5 章では、実システムの構造的な特徴の一つとして相反性に着目し、この性質が、構造的変動を伴うシ

システムのロバスト性解析に用いられる構造化特異値の計算を容易にすることを示す。

これら理論的解析に加え、実際の制御問題も考察し、提案する手法の妥当性や有効性の検証を行う。まず、第6章では、第2章で導出した結果を用い、振動系の最も簡単なモデルである二慣性系を対象とする問題と SICE（計測自動制御学会）ベンチマーク問題の解法を与える。

さらに、第7章では、より現実的な問題として、高速かつ高精度の位置決めが要求される印刷機械の位置決め機構に第2章の結果を応用する。

また、第8章では、凸多面体型の不確かさを有するシステムとして、磁気浮上系をとりあげ、制御実験を行い、第5章で提案した手法の有効性を示す。

第9章の結論では、以上を総括し、結果をまとめ、残された研究課題について検討している。

論文審査の結果の要旨

本論文では、今までよりも広いクラスの構造的な不確かさをもつプラントに対して制御性能を保証する新しいロバスト制御系の設計手法を提案すると共に、特殊なクラスのプラントに対してロバスト性の解析を容易にする幾つかの新しい知見を得ている。本論文の理論的な新規性は以下の点にある。

- (1) 従来よりも広いクラスの「線形分数変換表現」による不確かさをもつプラントを考察し、定数スケールを持つ H^∞ 制御問題に帰着させることによって、このクラスのプラントに対するロバスト性能問題を完全に解決した。
- (2) 従来は定値制御のみに用いられていた二次安定化法を運動制御問題（追従問題）に適用し、フィードフォワードも併合した新しい運動制御系の構成法を提案した。
- (3) H^∞ 制御系に時変ゲインを導入し、ゲインスケジューリングの新しい設計手法を提案した。
- (4) 相反システムに対する構造化特異値は最大特異値と一致することを示し、実用的に重要な相反システムのロバスト制御系の解析と構成を著しく容易にした。
- (5) 多面体で表現できる不確かさをもつシステムの二次安定化が、定数スケールパラメータを含むリッカチ方程式を解くことに帰着されることを示した。

本論文では上記の理論的な成果を2つの実際の制御系、すなわち磁気浮上系と位置決め装置のロバスト制御に応用し、その有効性を立証している。前者では鉄球を安定に浮上させることに成功し、ロバスト性の著しい向上を確認した。後者では位置決め完了後の残留振動の著しい軽減を達成し、位置決め精度の向上を達成した。

以上のように本論文はロバスト制御系の解析や設計に幾つかの新しい手法を確立し、それらを実システムに適用して有効であることを示している。これらの研究成果はロバスト制御理論の発展に貢献する所大であり、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。