

Title	A Systematic Approach to Robust Control Design for a Magnetic Levitation System with Flexible Structures
Author(s)	中島, 健一
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41476
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	中 島 健 一
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 7 2 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 11 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学 位 論 文 名	A Systematic Approach to Robust Control Design for a Magnetic Levitation System with Flexible Structures (柔軟構造をもつ磁気浮上系におけるロバスト制御系設計の系統的手法)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 藤 井 隆 雄 (副査) 教 授 田 村 担 之 教 授 潮 俊 光

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は5つの章から構成される。

第1章では、磁気浮上制御系の特徴とその問題について概説する。さらに、従来研究の制御結果についても述べる。

第2章では、初めに本磁気浮上系の実験装置概要を説明する。続けて、ロバスト制御系設計のためのモデリングについて述べる。そのモデリングは物理モデリングと不確かさモデリングに大別される。前者では「厳密線形化」を用いて系の非線形性を補償し、線形かつ対角化されたノミナルモデルを作成する。後者では閉ループ同定を用いて系の柔軟なモードを同定し、乗法的変動として不確かさの定量化を図る。このとき、パラメータ調整が容易な「ILQ設計法」と系統的な不確かさ同定が行える「閉ループ同定」との組み合わせにより、実応用の観点から現場における有効性も指摘する。

第3章では、「 H_∞ 制御の混合感度問題」によりロバスト安定化制御器を設計する。まず、従来法によるLQG制御系の閉ループ特性を既知情報として、制御目的を達成するための効果的な重み関数の段階的選定法を示す。加えて、サーボ系設計問題も紹介する。また、目標値追従特性と外乱抑制特性を独立に指定できるように2自由度制御系を設計して、従来設計法と同等の優れた応答とロバスト安定性を同時に確保する。最後に、「 μ -解析」による2自由度制御系の制御性能（ロバスト感度問題）について考察した後、従来法と本設計手続きによる方法の浮上実験結果を比較する。特にスピルオーバー現象の抑制と目標値追従特性を浮上実験で検証する。本研究の系統的設計法にさらなる一貫性を増すために、効果的な低次元化手法の導入についても考察する。

第4章では、 H_∞ 制御系設計の難点について考察し、その解決策の検討を行う。特に、従来設計法との比較・検討を行い、理論研究者へ実応用面の設計上の難点を指摘し、ロバストな安定化制御器の設計に関して安定化制御器の自由度を活かしたLQG制御系設計の再考を促す。またこれに対応するロバスト制御性能指標についても考察する。

最後に第5章では、まとめと今後の課題を述べる。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

近年、ロバスト制御系設計法として代表的な H_∞ 制御理論を、多種多様な実プラントへ適用した応用事例が多く報

告されている。しかしながら、強い振動要素をもち、その安定化が非常に難しい多変数磁気浮上系にこの理論を適用した例は少ない。特に、磁気浮上系のモデリングから制御系設計までの系統的な手続きを明らかにすることは、実用上重要であるにもかかわらず、この観点からの研究は皆無であった。

本論文の目的は、この実験室レベルの多変数磁気浮上装置を利用して、「多変数磁気浮上系に対するロバスト制御系設計」の実用上の難点を明らかにし、それらを解決することにある。これに対して本論文は三つの知見を明らかにしている。一つは、磁気浮上系の特徴を活かした不確かさのモデリング法を提案した点にある。本論文では、不安定系のシステム同定理論として注目されている「閉ループ同定法」を磁気浮上系に導入し、磁気浮上系固有のシステム同定のノウハウを明らかにしながら、ロバスト制御を意図した非保守的な不確かさの定量化に成功している。二つ目は、非保守的な重み関数の選定法を提案している点にある。これは制振制御に有効である「 H_∞ 制御の混合感度問題」を適用するにあたり、従来設計者にとって設定困難であった不確かさと性能に関する重み関数を段階的に指定する興味深い方法である。三つ目は、不足した設計自由度と制御性能の関係を明らかにした点にある。一般的な H_∞ 制御問題で欠如していた時間応答指定のための設計自由度を、2自由度制御系を構成することで補償し、それを「 μ -解析」により性能評価している。さらに、これらの解決策を適切に統合化することで、モデリングから制御系設計に至る手続きに一貫性を持たせることに成功している。実際、この手続きにより、優れた制振機構をもつ H_∞ サーボ補償器を設計し、それを用いてスピルオーバを効果的に抑制すると同時に、浮上体の高精度な姿勢制御が容易に実現できることを実証している。

以上のように本論文は、多変数磁気浮上制御に関して、基本的に重要な知見ならびに実用上高く評価できる設計手続きを明らかにしており、この分野への貢献は非常に大きいものがある。よって博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。