

Title	磁気浮上システムにおける不確かさとロバスト性解析 ・設計に関する研究
Author(s)	畑, 彰賢
Citation	
Issue Date	1998-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1120
Rights	
Description	Supervisor: 藤田 政之, 情報科学研究科, 修士

磁気浮上システムにおける不確かさと ロバスト性解析・設計に関する研究

畑 彰賢

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1998年2月13日

キーワード： 構造的な不確かさ, μ , モデリング, ロバスト性解析・設計, 磁気浮上システム.

本研究では磁気浮上システムにおける不確かさに対するロバスト性解析・設計を行なう。ロバスト制御は、実システムと数学モデル間の不確かさを考慮し、制御系の解析および設計を行なう枠組である。磁気浮上システムは、そのロバスト制御を実システムへ適応した例のひとつとしてあげられる。このシステムは非常に複雑な要素が多く存在するため、制御系設計における数学モデルの導出に際し、多くの理想的な仮定をおいた上での大胆な簡略化が行なわれる。その結果として生じる不確かさは、従来まで数学モデルに陽に表わされることなく扱われてきた。そこで、これらの不確かさを数学モデルに陽に表し、ロバスト性解析・設計をおこなうことが重要となる。

磁気浮上システムの不確かさも従来、外乱にくわわる一部の要素として取り扱われることが多かった。その後、不確かさを考慮するロバスト制御を適用した研究がなされ、不確かさは数学モデルに陽に表されるようになってきた。しかし、この段階でも不確かさは非構造的な記述によるものであり、これらは数学的取り扱いが容易となるものの、保守的な記述であるために解析結果も保守的になることが予想される。

この記述の保守性を避けるためにも、多少数学的な複雑性が増すことを容認するならば、不確かさは構造的に記述することが望ましいと考えられる。数学的な複雑性に関して、近年の制御系 CAD の発展により比較的容易に取り扱えるようになってきている。そのような背景から、構造的な不確かさによるロバスト性解析・設計が可能になりつつある。

そこで本研究では、この不確かさの表記に対する磁気浮上システムのロバスト性解析、設計をおこなう。また、これまで実数の不確かさが扱われていなかった設計法を改良することで、さらなる保守性の軽減についても検討をおこなう。このときの解析、設計には μ -

Analysis and Synthesis Toolbox をもちい、実数、複素数の摂動についても計算をおこなえる構造化特異値 μ により解析・設計をおこなう。

まず、磁気浮上システムの数学モデルを決定し、その数学モデルのパラメータの同定をおこなう。磁気浮上システムにおける不確かさを検討する際、モデリングの段階においても十分な検討をおこなう必要がある。この過程をふまえたうえで、磁気浮上システムのモデルにおこりうる不確かさについて検討をおこなった。ここでは、吸引力項を線形化することにより表れる不確かさ、質量変動にともない生じるパラメータの不確かさ、また、電磁石部に関しては高周波におけるモデル化されていない動特性の不確かさが考えられる。本研究では、これらの不確かさを考慮するため構造的に不確かさを考慮したモデルを採用する。

つぎに、採用した不確かさを考慮したモデルをもちいてロバスト性解析・設計をおこなう。もちいた設計手法は μ 設計法によるものである。さらに比較検討のため、従来法による設計を行う。設計段階において、許容できる不確かさの範囲と制御性能の大きさにはトレードオフがある。このことを考慮して設計をおこなうことにより、非構造的な不確かさで記述した場合よりも、構造的な不確かさで記述した場合の方が不確かさを大きく見積もることができる。

実際に、設計されたコントローラを用いて実システムの振る舞いを検証するため、制御実験を行う。この実験においては、設計仕様であるロバスト性が満たされていることが第一条件である。そのため、磁気浮上システムの定常ギャップを目標値変動させることで、モデルに不確かさが生じる状態を疑似的に与えた。さらにその状態に外乱を意図的に加えることで、ロバスト性が満たされていることを確認する。また、保守性の軽減を検討するため、前記の状態のコントローラの臨界を探り、その振る舞いの考察を行う。その結果、設計仕様での不確かさの許容できる範囲と、実システムの振る舞いとの開きが少ない構造的な不確かさによる記述の方が、保守性を軽減できることを確認した。しかし、ロバスト安定である範囲は広いようであり、保守性をさらに軽減する必要があることがわかる。

さらなる保守性の軽減のため、設計および解析法に用いた μ に関して、数学的に容易に取り扱える従来の complex μ を用いた場合と、実数と複素数の両方を考慮した mixed μ による設計、解析法について検討する。今回は complex μ での設計の方が mixed μ の場合よりも扱える不確かさの範囲は小さいという結果となった。

以上のようなことから、不確かさを構造的に記述することで、非構造的に記述した場合よりも理論と実システムとの間の保守性を軽減できることが確認できる。また、設計法における μ 解析のプロセスを complex μ から mixed μ 解析に変更して設計では、ある程度高精度に計算した complex μ の場合の方が保守性が少ない設計ができることがわかる。しかしながら、実験結果と理論との間の保守性を多少軽減できるものの、い然として解析結果と実験結果の間には相違があり、不確かさの見積もり方が保守的であることが考えられる。そのため、実システムの振る舞いをさらに明確に表すような、不確かさの表記法について検討する余地がある。また、実数のパラメータを扱う mixed μ による設計の方が実際には保守性を軽減できるはずであるので、その設計法の検討が必要である。