Osaka University Knowledge Archive

Title	追従制御問題における追従特性の評価および達成可能な性能の解析に関する研究
Author(s)	岡島, 寛
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48428
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【64】

氏　　名	岡　島　　寛（おか じま ひろし）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　２１１７５　号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第４条第１項該当 工学研究科電子制御機械工学専攻
学　位　論　文　名	**追従制御問題における追従特性の評価および達成可能な性能の解析に関する研究**
論 文 審 査 委 員	（主査） 助教授　浅井　徹 （副査） 教　授　池田　雅夫　　教　授　古荘　純次　　教　授　金子　　真 助教授　大塚　敏之

論　文　内　容　の　要　旨

本論文は、動的システムの追従制御問題に関する研究をまとめたものである。従来、制御出力を参照信号に一致させることが追従制御問題における目的であり、そのような制御手法が提案されている。しかしながら、短い時間での移動や制御入力が過大とならないことなど設計仕様を考えた場合、必ずしも制御出力と参照信号との偏差が零となる制御が良い場合ばかりとは限らない。例えば、最短時間での移動が求められる場合、多少の参照軌道からの逸脱を行った上で直線に近い軌道を描く方が良い。制御問題において、このような制御を達成するためには、軌道からの逸脱量を評価する必要がある。

また、従来から、非最小位相系の追従制御は難しいことが知られている。例えば、評価関数に基づく最適制御問題において、最適解に対する評価関数値が過大となる場合がある。これは、実行可能な範囲内から最適な制御器を選んでいるにも関わらず、過大な評価関数値となることを意味する。特に制御対象が非最小位相系の場合にはそのような影響が顕著に表れる。そのため、このような制御対象と達成しうる制御性能との関連を解析することは有効である。本論文では、これらの点に着目し、いくつかの新しい結果を与える。本論文は概要および結論について述べた第１章、第 10 章を含む以下の 10 章から構成される。

第２章では、参照軌道からの逸脱量を定量的に表すための評価関数について論じた。

第３章では、最適制御問題の枠組みで移動時間など、複数の仕様を考えることのできる多目的追従制御問題を考えた。さらに、その有効性の検証のため、数値例を用いて検証を行った。

第４章では、非最小位相系の追従制御問題における研究背景の説明を行い、数学的準備を行った。

第５章では、システムの出力となり得る信号で、かつ参照信号に追従するような全ての出力信号をパラメトライズした。

さらに、第６章では、ラプラス変換が有理関数で表され、かつ有界となるような任意の信号に対して L2 性能限界の解析解を導出した。

また、第７章では、偏差、入力の最適化問題をモデルマッチング問題に帰着させ、数値例を用いた有効性の検証を行った。

第８章では、I 型サーボ系に限定し、参照信号をステップとすることで、入力に関する L2 性能限界の解析解を導出した。

第９章では、第６章で求まった解析解に基づき、参照信号の零点に着目した新しい制御手法について論じた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、動的システムの追従制御問題に関して、軌道追従偏差と目標位置への到達時間を同時に考慮した制御入力の設計法の提案および目標信号への追従誤差の解析を行った研究をまとめたものである。

まず本論文の前半では、追従偏差だけでなく移動時間を含む複数の仕様に関する多目的軌道追従制御問題を最適制御問題の枠組みで扱う手法を与えている。このような制御問題を定式化するために、本論文は参照軌道からの逸脱量を到達時間とは独立に幾何学的な意味で評価するための評価関数について論じている。具体的には制御対象の移動に随伴して目標軌道上を移動する点を考え、その点と制御対象上の基準点を結ぶ距離の軌道長さに沿った２乗積分を追従偏差の評価量としている。さらに、その目標軌道上を移動する点のダイナミクスもあきらかにしている。これらの結果を用いることによって、上記の最適制御問題を具体的に定式化し、それを２点境界値問題に帰着させている。この手法の有効性は数値例を用いて示されている。

一方、本論文の後半では追従制御が難しい系として知られている非最小位相系を主な対象として、目標値に追従する際の偏差の過渡応答の大きさの下限を解析する手法を与えている。通常、このような解析は目標信号を特定の目標信号を仮定した上で行われるが、本論文ではそのような仮定を置くことなく、一般的に記述された目標信号に対して解析を行っている。このような解析を行うために、まずラプラス変換が有理関数で表され、かつ有界な信号の集合を定義し、参照信号はこの集合に属するものと仮定している。その上で、与えられたシステムに対し、そのシステムの出力となり得る信号で、かつ参照信号に追従するような全ての出力信号をプロパーかつ安定な有理関数の集合を用いてパラメトライズしている。

このパラメトリゼーションを用いることで、偏差の L2 ノルムの最小値を求める問題を H2 最適化問題におけるモデルマッチング問題に帰着させ、その解析解を得ている。以上の過程を経ることにより、偏差の L2 ノルムに関する従来の結果を拡張するとともに、従来知られていた下限の解析解のうち、制御対象の寄与と目標信号の寄与を分離して表現することに成功している。その他に、I 型サーボ系の場合に対して、偏差だけでなく入力に関する L2 性能限界の解析解を導出している。また、求まった解析解を利用して、参照信号の零点に着目して偏差を小さくするように周期信号の初位相を選択する新しい制御手法についても提案している。

以上のように、本論文は軌道追従制御のための新しい評価関数の提案と達成可能な出力信号の集合およびそれから得られる追従性能限界の解析解を与え、それらの有用性を示したものであるので学術的に十分な意義を有している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。