OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	ループ整形を考慮したILQ制御系設計法の拡張と2自由度ロバストサーボ系設計への一般化
Author(s)	酒井, 雅也
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3184168
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	酒井雅也（さかいまさや）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第16323号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科システム人間系専攻
学位論文名	ループ整形を考慮したILQ制御系設計法の拡張と2自由度ロバストサーボ系設計への一般化
論文審査委員	（主査） 教授 藤井 隆雄 （副査） 教授 田村 坦之　教授 潮 俊光

論文内容の要旨

ロバストサーボ系については様々な研究がされており、その設計法の一つに最適レギュレータの逆問題を応用したILQ最適サーボ系設計法がある。この設計法では目標値応答を設計者が非干渉化指定でき、さらに制御則が制御対象のパラメータ等から解析的に得られるなど、実用上好ましい特徴を持っている。

しかし一般にサーボ系設計の際には、目標値応答特性だけでなく、外乱除去やモデルの不確かさなどに対する安定性も考慮した、いわゆるロバスト性が要求される。そこで、本論文の目的の一つは、従来のILQ設計法で可能であった目標値応答特性の指定に加え、ロバスト性も考慮した設計法へ拡張することである。このため、状態フィードバックの構成から同次元オブザーバ、およびそれに付随する自由パラメータを用いた出力フィードバックの構成に変更し、それらを活用することで上述のロバスト性を考慮した設計を考える。これについては、観測ノイズから出力までの閉ループ伝達関数（ノイズ抑制特性）を考え、その周波数整形（ループ整形）を行うための設計法を提案する。これは、従来のループ整形手法のように、開ループ特性を周波数整形することによって閉ループ特性を間接的に整形するのではなく、直接閉ループ特性を整形することを目的とし、モデルマッチングの観点からその非干渉化指定が可能なクラスを明らかにする。その結果、本設計法では従来法の持つ上述の特徴（目標応答の非干渉化指定と設計結果の解析表現）を継承しながら設計法の拡張が達成されており、その結果、実用性の高さを損なわずにより適用範囲の広い設計法とすることができた。そして、提案法を磁気浮上システムの振動抑制制御に応用し、その有効性を示した。

また一方では、従来研究によって2自由度ロバストサーボ系の一般構成が明らかにされており、ILQ制御系もその構成に含まれる。それによると、フィードフォワード側の自由パラメータによって目標値応答特性を改善し得ることが示されている。そこでつぎに、ILQ設計法でそれが活用できるような拡張を行う。これについても、従来法の持つ上述の特長を継承した拡張を行い、指定可能なクラスを広げることができた。

最後に、ILQ設計法に限定して議論を進めていたロバストサーボ系の設計法を一般的な2自由度ロバストサーボ系へ拡張する。これは、ILQ設計法を用いた場合と同様に目標値応答特性とノイズ抑制特性の二つの閉ループ特性に着目し、非干渉化指定が可能なクラスを導出するものである。その結果、これらのクラスについてはILQ設計法に限定した場合と本質的な差がないことが示された。

以上のことから、本論文では2自由度ロバストサーボ系の枠組みの中で、ILQ法をベースとした実用的な設計法を提案したといえる。

論文審査の結果の要旨

ロバストサーボ系の設計法の一つであるILQ（Inverse Linear Quadratic）最適サーボ系設計法では、設計者が目標値応答を非干渉化指定でき、さらに制御則が制御対象のパラメータ等から解析的に得られるなど、実用上好ましい特徴を持っている。しかし一般にサーボ系設計の際には、目標値応答特性だけでなく、外乱除去やモデルの不確かさなどに対する安定性も考慮した、いわゆるロバスト性が要求される。

本論文では、ILQ設計法のロバスト性も考慮した設計法への拡張を行っている。これは、従来法の状態フィードバック構成から同次元オブザーバ、およびそれに付随する自由パラメータを用いた出力フィードバック構成に変更し、それらを活用することで達成される。これについては、観測ノイズから出力までの閉ループ伝達関数（ノイズ抑制特性）を考え、その周波数整形（ループ整形）を行うための設計法を提案している。そして従来のループ整形手法のような開ループ特性の周波数整形ではなく、直接閉ループ特性を整形することを目的とし、モデルマッチングの観点からその非干渉化指定が可能なクラスを明らかにしている。その結果、本設計法では従来法の持つ上述の特徴（目標応答の非干渉化指定と設計結果の解析表現）を継承しながら設計法の拡張が達成されており、実用性の高さを損なわずにより適用範囲の広い設計法となっている。そして、提案法を磁気浮上システムの振動抑制制御に応用し、その有効性を示している。また一方では、従来研究によって2自由度ロバストサーボ系の一般構成が明らかにされており、ILQ制御系もその構成に含まれる。それによると、フィードフォワード側の自由パラメータによって目標値応答特性を改善し得ることが示されている。そこで、ILQ設計法でそれが活用できるような拡張を行い、その結果、従来法の持つ上述の特長を継承しながら、より広いクラスで目標値応答特性が指定可能な設計法としている。最後に、ILQ設計法に限定して議論を進めていたロバストサーボ系の設計法を、一般的な2自由度ロバストサーボ系の枠組みで考察している。これは、ILQ設計法を用いた場合と同様に目標値応答特性とノイズ抑制特性の二つの閉ループ特性に着目し、非干渉化指定が可能なクラスを導出するものである。その結果、これらのクラスについてはILQ設計法に限定した場合と本質的な差はないことを示している。

以上のように、本論文では2自由度ロバストサーボ系の枠組みの中で、ILQ法をベースとした実用性の高い設計法を提案している。その理論上の意義はもとより、実用上の意義は非常に大きく、博士（工学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。