



Title	最適制御の逆問題に基づくILQ制御系設計法の一般化と周波数整形問題への応用
Author(s)	黒江, 祐希
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41509
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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	黒江祐希
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第14728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	最適制御の逆問題に基づくILQ制御系設計法の一般化と周波数整形問題への応用
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

二次形式評価関数を最小化する最適レギュレータ(LQ)設計法が、実際の制御問題へ応用されるようになってから、1)評価関数に与える重みの選定が困難であること、2)時間領域での設計法であるため周波数領域で培ってきた知見を活かすことが難しい、などの実用上の問題点が指摘されていた。

これらの問題点に対し、1)に対しては最適制御の逆問題の結果を応用したILQ(Inverse LQ)レギュレータ設計法がある。これは重みの選定を不要とし代わりに閉ループ応答を指定できるなど、実用性の高い設計法であり、これをステップ参照入力のサーボ系設計に応用したものがILQ最適サーボ系設計法である。また、2)に関しては従来定数行列である評価関数の重みを、周波数依存型に拡張した周波数整形LQ設計法がある。これは、定数重みを用いては達成不可能であった閉ループ系のゲイン減衰度を大きくし、ロバスト安定性を高めるといった設計などが可能である。

本論文では、ILQ最適サーボ系設計法の一般化と、一般化した設計法を周波数整形問題に応用する。

まず、第2章でILQ最適サーボ系設計法を取り扱うことができる制御対象のクラスを広げる。これは、ILQ設計法で重要な役割を果たす非干渉化制御理論の拡張である。ここでは、まず直達項をもつ非最小位相システムへ拡張した非干渉化法を述べ、それをさらに不安定零点をもつ非最小位相システムへ一般化する。これまで、非最小位相システムへの拡張は行われてきたが、本論文では従来結果を含むより広いクラスの制御対象に適用可能な非干渉化制御理論を提案する。

つぎの第3章では、参照入力を一般化する。これに対応して、ステップ参照入力の場合積分器であった内部モデルを一般の線形ダイナミクスに置き換えて議論を行う。ここでは、従来明らかにされていた、最適サーボ系の固有構造に注目して、一般化した同様の構造を導出する。さらに、その構造と拡張した非干渉化制御理論を利用して、一般化したILQ最適サーボ系の非干渉化を行う。また、系の最適性の考察を行った結果、従来のようにいくつかの制御系のパラメータによってフィードバックゲインが解析的に表現できることを明らかにする。

最後に第4章では、一般化したILQ最適サーボ系設計法を応用して周波数整形を行う。これによって、閉ループ周波数応答を直接できることを明らかにする。また、そうして設計されたILQ制御系は、周波数重みLQ制御系として解釈できることを示す。

論文審査の結果の要旨

ILQ (Inverse Linear Quadratic) 設計法は、最適レギュレータ (LQ) の逆問題に基づく実用性に優れた設計法であり、特に最適サーボ系の設計に応用した ILQ 最適サーボ系設計法は、これまでに様々な形の理論的一般化や実プラントへの適用がなされ、その実用性は高く評価されている。しかし、従来の ILQ 設計法では、参照入力としてステップ関数のみを考え、また制御対象は直達項を持たないことなどを前提としていたため、適用可能な制御問題が限られていた。

本論文では、これらの制約を排除・緩和するため、いくつかの一般化を行っている。第一に、適用可能な制御対象のクラスを広げるために、非干渉化制御理論を一般化している。この拡張では、対象システムの構造的特徴を抽出し、それに基づく独自の方法で統一的な非干渉化ゲインの設計法を明らかにしている。第二に、一般の参照入力に対応した内部モデルと、上述の拡張されたシステムとで構成される ILQ 最適サーボ系を解析し、基本フィードバックゲインと調整ゲインから成る最適サーボ系の基本構造を導出している。この導出は、新しく導入したパラメータと拡張非干渉化理論を用いることで可能になったものである。つぎに、導出された構造を最適サーボ系の設計に利用し、基本ゲインの解析表現と調整ゲインのクラスを明らかにしている。すなわち、基本ゲインに関しては、希望する閉ループ応答を漸近的に実現するゲインを既知パラメータで解析表現し、調整ゲインについては、サーボ系の最適性を保証するクラスを明らかにしている。つまり、従来結果を特殊な場合として包括し、適用可能な範囲をこれまでより格段に拡張した ILQ 最適サーボ系の新しい設計法を明らかにしている。また、上述の一般化により増えた ILQ 制御器の自由度を、閉ループ系の周波数特性の整形にも活用している。まず、導出した ILQ 制御系の構造から、それが常に可能であること、つぎに得られる制御系が周波数重み付き LQ 最適性を持つことを示し、閉ループ周波数特性の 1 つの新しい整形手法を提案している。

以上のように、本論文では従来の ILQ 設計法を、その利点を継承しながら、しかも理論的な壁を打破した完成度の高い設計法に一般化している。さらに、それを応用して独特な周波数整形法も提案している。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あるものと認める。