

氏名	はまもと けんいち 濱本研一
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	情博第7号
学位授与の日付	平成12年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	情報学研究科システム科学専攻
学位論文題目	入出力データに基づく制御系設計に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 杉江俊治 教授 足立紀彦 教授 山本 裕

論文内容の要旨

本論文は、対象システムのモデルを用いずに入出力データから直接に制御系を設計する手法に関して、特に、最適フィードフォワード入力的设计とフィードバック補償器的设计について論じた結果をまとめたものであり、6章から成っている。

第1章は序論であり、入出力データに基づく制御系設計法の背景について説明し、これに関する従来研究を概観してその問題点を指摘した後、本論文の目的について述べている。

第2章では、入力制約を有するシステムを考察対象として、与えられた評価関数に対して最適な出力を生成し、かつ制約条件を満たす入力関数を入出力データのみから求める方法を提案している。この手法は、あらかじめ与えられた入力関数の集合とそれに対応した出力関数の集合に基づいて、最適計画法を利用して所期の入力を計算するものであり、比較的容易に最適入力求められる。さらに、提案法を実用上重要である2自由度制御系に拡張する方法についても考察している。また、数値シミュレーションによりその有効性を検証している。

第3章では、入出力データに基づく制御系設計法の代表的な手法である反復学習制御について考察している。反復学習制御とは、試行の繰り返しによって、システムの出力が高精度で目標値に追従するようなフィードフォワード入力を自動的に生成するものである。しかし、従来法の多くは、制御誤差の微分情報や双対システムを用いているが、前者は雑音に弱く、後者は必要な事前情報が多いなどの問題点を有している。これらは本質的には、従来の反復学習制御法が対象システムの入力直達項や受動性を利用していることに起因している。そこで、従来法の問題点を解消するために、直達項や受動性を本質的に用いない学習制御手法を本章では論じている。この目的を達成するために、反復を行うべき入出力空間を限定した新たな学習制御手法を提案し、この手法を用いたときの線形時不変システムに対する反復学習の安定性および収束性について考察した。また提案手法の有効性を数値例と実験によって検証している。

第4章では、入出力データに基づく制御系的设计において、従来研究より一般性を有する設計指標を扱えるような枠組みを定式化し、この問題を数値最適化問題に帰着させて解く手法について考察している。まず、表現自由度の大きい線形分数変換を用いることにより一般性をもつ設計指標を扱える問題の枠組みを定式化し、これが数値最適化問題に帰着できることを示した。つぎに、入出力データと補償器の基本関係式を導出し、この基本関係式に基づいて制御問題の解法を検討した。最適化問題が凸、非凸となる場合に場合分けを行い、凸最適化問題となる場合は数値解法が容易な線形行列不等式条件を導出し、非凸最適化問題となる場合についてはニュートン法を用いて解く方法を数値例を用いて示した。最後に、提案法が有効な補償器を与えることを数値例により示している。

第5章では、反復実験データに基づいて、与えられた評価関数を最適化するように補償器のパラメータを自動調整する「反復補償器調整法」について考察している。反復補償器調整法に関する従来研究では、評価指標として2次評価指標を用いている。しかしこれまでに状態フィードバック制御などの多入出力の補償器に関する研究が少ないため、LQ最適制御等に用いられてきた数値解法との比較など最適化法の検討が十分とはいえない。また補償器が不安定零点を持つ場合には特別な工夫が必要となるなどの問題点もあった。そこで、線形分数変換表現される一般化システムを対象とした反復補償器調整法

を与え、このような問題設定により、前述した問題点が改善されることを示した。つぎに反復補償器調整法と代数リッカチ方程式の反復数値解法との関係を考察し、反復補償器調整法による最適化のいくつかの性質を明らかにし、パラメータ更新則に関する有用な知見を得た。さらに一定の条件を満たすとき反復調整法による補償器設計問題が凸最適化問題となることを示した。最後に数値例を用いて提案手法の有効性を検証した。

第6章で本論文の結果を要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、対象システムのモデルを用いずに入出力データから直接に制御系を設計する手法に関する研究をまとめたものである。特に、最適フィードフォワード入力的设计とフィードバック補償器的设计について検討し、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 最適フィードフォワード入力的设计に関して、凸計画法を利用して、与えられた評価関数に対して最適な出力を生成しかつ入力飽和等の制約条件を満たす入力関数を入出力データのみから求める制御手法を与えた。また、この手法を2自由度制御系に拡張している。

2. 反復実験による入出力データに基づき、目標値追従制御を実現するフィードフォワード入力を自動的に生成する反復学習制御について考察し、探索する入力空間を限定することにより、学習制御の適用範囲を拡張する一つの手法を提案している。さらに、2慣性共振系を用いた実験により提案手法の有効性を検証した。

3. 入出力データより直接フィードバック補償器を設計する手法に関して、線形分数変換表現を用いて、従来研究より一般性をもつ設計指標が扱える枠組みを定式化し、この問題を数値最適化問題に帰着させて解く手法を考察した。

4. 実験データのみに基づいて補償器のパラメータを自動調整する反復補償器調整法について考察し、制御系設計問題を一般化した形式で定式化した。また、この手法の最適化に関するいくつかの性質を明らかにした。

以上、要するに、本論文は入出力データに基づく制御系設計に関して、新たな手法を提案しその有効性を検証したものであり、その成果は学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成12年1月24日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。