

氏 名	井 上 昭 いの うえ あきら
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1000 号
学位授与の日付	昭 和 52 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Studies on the Designs of Observers for Linear Control Systems (線形制御系の観測器の設計の研究)

論文調査委員 (主査) 教 授 得 丸 英 勝 教 授 樫 木 義 一 教 授 明 石 一

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、多変数系のフィードバック制御をおこなうために必要となる、系の内部状態を推定する観測器および系に対するフィードバック操作量を構成する観測器の設計問題を取りあげ、観測器が設計可能であるための条件、最も次数の小さい観測器の設計および最適な観測器の設計について考察を行ったものであり、7章からなっている。

第1章は序論で、本研究の背景について述べるとともに、論文内容の概要を説明している。

第2章では、連続時間型制御対象に対して観測器が構成できるための条件について考察を行なった。すなわち、双対状態の検出可能性を、その双対状態の成分を係数とする線形関数の値の真値に収束する推定値の存在によって定義し、その判定条件を導いた。その条件から双対状態の検出可能性は状態の安定化可能性と双対関係にあることを示し、状態の安定化可能性は有界入力有界出力安定化可能性および安定なダイナミックコントローラの構成可能の条件にも応用できることを示した。

第3章では、連続時間系のフィードバック制御に用いられるフィードバック関数の値を推定する観測器のうち最も次数の小さいものを設計する問題を察し、制御対象が単1入力系および単1出力系のときの、観測器の極を指定した場合と任意の極を持つ場合とについて観測器が構成できるための条件を求め、観測器の設計手順を与えた。さらに、この観測器を最適レギュレータ問題に応用したときの評価関数の損失についても考察を行った。

第4章では、時変係数をもつ制御系にも適用できるように観測器の拡張を試み、特に、推定の相対誤差が指数関数的に減少する観測器を定義し、その条件を求めた。その結果、制御系がこの観測器を持つのは、制御系が可観測、観測器が可制御のときに限るという、定係数の制御系に対すると同じ性質が得られた。また、観測器のひとつの設計手順を与えた。

第5章では、離散時間系について、特に多入力多出力系および正則でない遷移行列をもつ系をも含む一般的な系について、可決定性および観測器の構成を論じた。すなわち、まず、双対状態の可決定性を

定義し、その判定条件を求めた。得られた条件をもとに、すべての内部状態をそれぞれの最短時間で推定する観測器を定義し、その設計手順を与えた。この最短時間観測器からフィードバック関数をやはり最短時間で観測し、さらに、その次数を小さくした観測器の設計方法を得た。

第6章では離散時間型多入力多出力線形系のフィードバック制御に用いられるフィードバック関数の値を推定する、最小次元の観測器を最小実現の理論を応用して設計する手順を与えた。一般にはこの手順は複雑であるが特に2つの特別な場合、すなわち、制御系の出力に関するクロネッカーの不変数がすべて同じ場合および制御系が単一入力の場合にはその設計手順は簡単となる。また、一般の制御系について観測器の最小次元数の上限および下限を与えた。

第7章では、状態が直接観測できない離散時間系について2乗評価関数を最小にする最適制御問題を考察し、その最適線形制御則を求めた。それは、誤差の分散が最小となる意味での最適な観測器とすべての状態が直接観測できるときの最適フィードバック係数との結合によって実現され、この最適制御問題についても分離定理が成立することが示された。

論文審査の結果の要旨

制御対象の出力をフィードバックする制御方式は古くから実用されている。状態量をフィードバックする制御方式は制御性能の向上に非常に有用であることが示されたが、状態量の検出が一般に困難なためあまり実用されていない。制御対象への入力と出力を測定しこれを用いて制御対象の状態量を推定しようとする積分型の観測器がこの困難を取除くものと期待され、オブザーバーの理論として世界で多くの研究がなされている。

線形制御の場合一般に状態量の1次結合をフィードバックする。このときフィードバック関数と呼ばれるこの1次結合を推定できればよいのであって、個々の状態量をすべて推定する必要はない。この論文は主としてこのようなフィードバック関数観測器の設計問題を論じたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

(1) 従来、制御対象の可観測性を前提としてフィードバック関数観測器の設計が論じられていたが、フィードバック関数の係数で定義される双対状態量が検出可能であるとき観測器が設計可能であることを示した。これは従来無反省に用いられていた条件を見直し拡張したものであり、評価される。

(2) 双対状態の検出可能性は状態の安定化可能性と双対関係にあることを示し、観測器設計問題とコントローラ設計問題との双対性を明らかにした。

(3) 時変係数をもつ制御対象にも適用できるように状態観測器の拡張を試みた。特に、推定の相対誤差が指数関数的に減少する観測器の設計を論じ、制御対象の可観測性が必要であることを示した。

(4) 最小次元のフィードバック関数観測器の設計問題を論じ、1入力1出力系に対して、与えられた次数の観測器が設計可能かどうかの判定条件を示した。また、その設計手順をも示した。離散時間系に対しても同様の問題を論じ、最小実現の理論を応用すれば、多入力多出力系に対する最小次元観測器の設計手順を与えることができることを示した。この手順は一般には複雑であるとはいえ、多入力多出力系に対して設計手順を与えたことは評価される。

(5) 状態を検出できないときの2次形式評価規範に対する最適制御は、フィードバック関数として状態の検出が可能な場合の最適フィードバック制御則を用い、かつ推定誤差の2乗積分を最小にする観測器を用いた場合であることが、従来連続系に対して示されていたが、離散時間系の場合も同様であることを示し、最適観測器の設計手順を与えた。

以上要するに本論文は、制御性能の向上に有効な観測器の設計について理論的に研究し、多くの有益な知見を得たものであって、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。