

氏 名	小 林 博 明 と ぼやし ひろ あき
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 522 号
学位授与の日付	昭 和 52 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 精 密 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	分散制御系の可観測性, 可制御性および準最適制御

論文調査委員 (主査) 教授 花房秀郎 教授 明石 一 教授 岩井壮介

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、1つの制御系の中に複数の制御ステーションが存在し、それらが系に関する情報を分散的に保持する分散制御系について、可観測性および可制御性の条件を明らかにするとともに、その準最適制御について論じたもので、7章からなっている。

第1章は序論であって、分散制御系についての研究の歴史を概観したのち、本論文の研究目的と構成について述べている。

第2章では、本論文で対象とする離散時間形および連続時間形分散制御系を定式化し、その情報構造の説明を行なっている。

第3章では、離散時間形分散制御系の可観測性について考察している。まず分散制御系の可観測性を定義し、その必要十分条件を求めている。つぎに、ある制御ステーションが観測器を構成できるための必要十分条件を考え、本論文の可観測性がそのための十分条件であり、また有限時間整定観測器の構成に対しては必要十分条件であることを示している。さらに、遷移行列が正則な場合に対して、また、相手ステーションの操作量が有限単位時間遅れで伝達される場合に対して、可観測性の必要十分条件を導出している。

第4章では、離散時間形分散制御系の可制御性について考察している。まず、与えられた情報構造のもとで、各ステーションが協力して系の制御にあたるとして、分散制御系の可制御性を定義し、そのための必要十分条件を導出している。その際、状態空間がステーション間の情報交換のための通信路として重要な役割をはたすことを明らかにしている。つぎに、分散制御系に対して可到達性を定義し、そのための必要十分条件を求めている。これらの条件は、ステーションを同値類に分けることによって得られる商分散制御系の不変固有値の集合を用いて記述されている。特に遷移行列が正則であれば、可制御性と可到達性とが等価となることを示している。

第5章では、連続時間形分散制御系の可制御性について考察し、それと各ステーションによる動的フ

ィードバック下での安定化問題、極指定問題および実現問題との関連を明確にしている。まず、離散時間形分散制御系の可制御性の定義を、連続時間形分散制御系へ拡張し、その必要十分条件を導出している。つぎに、分散制御系の可制御性はその安定化可能性の必要条件でも十分条件でもないこと、および分散制御系の可制御性はその極指定可能性の必要条件ではあるが、十分条件ではないことを明らかにしている。最後に、分散制御系の伝達関数の最小実現系が、分散制御系として可制御であるための必要十分条件を導出し、その条件が成立する場合には、その実現問題をより小さなサブ問題に分割できることを示している。

第6章では、2つのステーションを持ち、両ステーションが2単位時間遅れで情報交換を行なう分散制御系の準最適制御について考察している。まず、系の方程式が線形、評価関数が2次形式、そして初期状態および外乱が正規分布に従うものとして問題を定式化している。Ho と Chu のチーム問題に対する手法を用いれば、この問題の最適解を求めることができるが、その導出には一般に多大の計算が必要である。ここでは、もとの問題の情報構造を若干修正した問題を考えることにより、1つの準最適解の算出法を提案し、この準最適解が、導出に際してそれほどの計算を要せず、2単位時間前までの情報を処理しておくことができるという長所を持つことを述べ、簡単な数値例によって、その有効性を示している。

第7章は結論であって、本論文で得られた結果をまとめ、今後に残された課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

制御システムの大規模化、複雑化に伴ない、1つの制御系の中に複数の制御ステーションが存在し、それらがシステムに関する情報を分散的に保持する分散制御系の問題が近年注目されるようになった。

本論文は分散制御系の構造およびその最適化問題について研究したものである。まず構造に関する基本的性質として、可観測性および可制御性の問題を論じている。情報の分散性ととともに、ステーション間の協力様式が、これらの基本的性質の考察において重要であることを認識したうえで、可観測性、可制御性の定義を与え、そのための条件を導出している。他方、最適化問題については、分散制御系として代表的構造をもった問題について、計算量および情報記憶量の観点から有効な準最適解の求め方を提案している。本論文で得られた主な成果は次の通りである。

(1) 離散時間形分散制御系の可観測性を、制御を目的とするという実際の見地から新たに定義し、ステーション間に情報交換の存在する場合と、存在しない場合について、可観測であるための必要十分条件を求めた。また、観測器および有限時間整定観測器を構成できるための必要十分条件を求め、ここで定義した可観測性との関連を明らかにした。

(2) 各ステーションが状態空間を通信路として情報を伝達するという新しい要素を考慮したうえで、離散時間形分散制御系の可制御性および可到達性を新たに定義した。つぎに、ステーションを同値類に分けることによって得られる商分散制御系の変換固有値を用いて、分散制御系の可制御性および可到達性の必要十分条件を明らかにし、遷移行列が正則の場合については、可制御性と可到達性とが等価となることを示した。状態空間を通じての情報伝達という分散制御系に特有の機能を考慮して可制御性の概

念を明確にしたことは評価できる。

(3) 離散時間形分散制御系の可制御性の定義を、連続時間形分散制御系へ拡張し、その必要十分条件を求めた。また、すでに発表された安定化可能性および極指定可能性と、ここで定義された可制御性との関連を明らかにし、さらに分散制御系の伝達関数の最小実現系が、分散制御系として可制御であるための必要十分条件を導出した。この結果は本論文で定義した可制御性が妥当なものであり、分散制御系の設計に対して有用な指針を与えるものであることを示している。

(4) 2単位時間遅れで各ステーションが情報交換を行なう離散時間形分散制御系について、情報構造を若干修正した仮想的な問題を逐次解くことによって、準最適解を求める手法を提案した。このような問題については最適解がすでに知られているが、それは過去のすべてのデータの記憶を必要とし、またその最適解の導出には多大の計算を必要とするのに対し、本文で提案された手法では、状態の推定と制御の決定をある程度分離した形で解が求められ、情報処理の観点から格段に有利な計算方法である。

以上要するに本論文は、分散制御系の基本的性質である可観測性および可制御性の定義を新たに与え、そのための条件および関連する諸概念との関係を明確にし、また系の準最適制御を求める1つの有効な手段を提案したものであり、学術上、工業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。