

Title	最適制御の逆問題に関する研究
Author(s)	藤井, 隆雄
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/33744">http://hdl.handle.net/11094/33744</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

氏名・(本籍)	藤 井 隆 雄
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 6 2 1 3 号
学位授与の日付	昭 和 58 年 11 月 15 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	最適制御の逆問題に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 須田 信英 (副査) 教授 桜井 良文 教授 坂和 愛幸 教授 有本 卓 教授 児玉 慎三 助教授 木村 英紀

### 論 文 内 容 の 要 旨

多変数制御系の代表的な設計法である「最適レギュレータ」は、理論、応用両面からの数多くの研究によって今や完成の域に近づいているけれども、その工学的意義を解明しようという立場から提起された「最適制御の逆問題」については、現在のところ限られた場合（1入力系の場合）を除き、完全な解答は得られていない。本論文の目的は、この問題に対し詳細かつ広範囲な考察を行い、もって最適レギュレータの工学的意義を（従来のものよりも正確な形で）明らかにすることである。

本論文で扱う最適制御の逆問題は、線形フィードバック制御系が何らかの2次形式評価基準を最小にする、という意味で最適であるかどうかを特徴づける「最適性条件」を求めることがその主目的である。まず第1章では逆問題の背景、意義やその正確な定義を述べると共に、この問題に対する従来の結果の問題点を指摘した。第2章では最も標準的な逆問題について考察し、リカッチ方程式を一般化した「線形行列不等式」の導入および幾何学的アプローチによって、この問題に対する完全解を導いた。さらにパラメータ変動に対するフィードバック系の感度減少の観点から、この完全解の工学的な意味づけを行った。続く2つの章では、第2章で考察した基本的な逆問題の変形問題を扱うことによって、線形フィードバック系に対するより強い意味での最適性について考察した。まず第3章ではシステムがパラメータ変動を伴う場合について、第4章では観測器を併合した場合について、それぞれパラメータ変動や観測器に依存しない線形フィードバック系の最適性条件を求めた。さらにこのような強い意味の最適性が、最適レギュレータの2つの漸近的性質と密接に関連していることも明らかにした。第5章では上記の漸近的性質の1つである「完全制御」を、最適レギュレータが実現するための必要十分条件を明らかにした（この結果は第4章で使用した）。第6章では以上の結果を整理し、かつ相互の関係を明らかにした。

また第2章で考察した逆問題の双対問題として、確率系の簡約化問題を考え、この問題が逆問題解法のテクニックを応用することにより完全に解ける（従ってこの解法がある程度一般性をもつ）ことを示すとともに、2つの問題の共通点も明らかにした。

最適制御の逆問題では、フィードバック系の最適性を工学的に解釈することが工学的に最も重要な課題であり、従来これはフィードバック系の感度減少と関連づけて解釈されてきた。しかし最適性条件自体の不完全さのために、最適性を従来の感度減少の性質だけで正確に解釈することはできなかった。本論文では、最適レギュレータが従来の感度減少の他に、「不安定モードの安定化の際に真に感度を減少する」という優れた性質をもつことを明らかにし、これを従来の感度減少につけ加えることによって、最適性の正確な工学的解釈を与えた。またこの結果から、最適レギュレータと安定レギュレータとの間、および1入力最適レギュレータと多入力最適レギュレータとの間に、工学的見地から重要な差があることも明らかにされた。

以上の結果から、本論文では最適レギュレータの工学的意義が、フィードバック系の感度減少という形で明確にされた。また、ここで考察した2次形式評価に対するフィードバック系の最適性は、フィードバック系に関するいくつかの優れた性質と結びつく重要な性質であることも明らかにされた。

### 論文の審査結果の要旨

制御理論において、線形システムの状態変数と操作入力の二次形式を最小にするという最適制御問題は、最適レギュレータと呼ばれ、その解は線形状態フィードバックという形の制御則となることがよく知られている。本論文は、逆に一つの線形状態フィードバックが与えられたとき、それが二次形式評価基準を最小にする最適レギュレータの解であるための必要十分条件を見出し、さらに関連あるいくつかの課題を解決したものである。

最適レギュレータの解は、制御対象であるシステムのパラメータ変動に対する感度が小さいこと、安定余有が大きいことなど、いくつかの特色をもつ良い制御則であり、したがって与えられた状態フィードバックがこのようなよい制御則であるかどうかを見分けることは制御工学的に意義あることで、種々研究が行われて来たが、完全な必要十分条件は得られていなかった。

本論文の著者は、ある種の行列不等式の性質を考察し、状態空間に関する幾何的アプローチを併用することによって、この問題に対する完全な解を与えた。そうして感度特性との関連において、この必要十分条件のもつ意味を明らかにしている、

さらに、制御則が最適レギュレータの解であるという性質が、システムのパラメータの微小変動に対して保存されるための必要十分条件、また状態フィードバックを観測器を用いて近似実現する場合、その制御則が制御対象に観測器を併合した全体システムにおける最適レギュレータの解である必要十分条件も見出した。これらの結果もまた実用上有意義である。それと同時に、基本問題の解、これら関連問題の解、および最適レギュレータの評価基準で操作入力の重みを0に近づけたときの漸近的性質、これ

らの相互の関連を初めて明確にし、理論的にも興味深い。なお、漸近的性質の一つである完全制御の必要十分条件も、著者によって見出されたものである。

このように、本論文は最適レギュレータの逆問題と呼ばれるものについて、初めて完全な解を与え、かつ関連するいくつかの課題も解決し、さらにその相互の関連を明確にした点で、線形システム制御理論の分野に貢献すること大であり、博士論文として価値あるものと認める。