

氏 名	鈴 木 隆 すず き たかし
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 102 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 6 月 21 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 電 子 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	最 適 化 制 御 に 関 す る 研 究

論文調査委員 (主 査) 教 授 近 藤 文 治 教 授 桑 原 道 義 教 授 榎 木 義 一

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、適応制御の一形式である最適化制御系について、その制御特性の解明、応答の改善など基礎的問題を解決するために行なった研究を纏めたもので、8章から成っている。

第1章は緒論で、従来の研究の模様を説明し、本研究の意義と成果について略述している。

第2章では、交互調節型最適化制御系の動特性を論じている。まず、勾配比例法の変数化の一方法として交互調節法の原理を説明し、つぎに、評価関数（以下 PI と略記）が調整パラメータの二次形式で表わされるという仮定のもとに、系の動特性として極値探索特性および極値追跡特性について検討し、続いて、二変数系を対象として極値探索特性に関して同時調節型最適化制御系の特性と比較し、調整パラメータ間に相互干渉のあるプラントに対しては交互調節法の方が、適応性、安定性の点ですぐれていることを明らかにしている。また一変数系を対象として、プラント動特性が最適化制御系としての動特性に及ぼす影響について考察している。

第3章においては、交互調節型最適化制御系において、PI の測定が雑音で乱される場合の系の諸特性を論じている。まず、PI がパラメータに関して二次形式で表わされるとして、最適化制御系の極値探索特性について確率論的に解析を行ない、調整パラメータの分散、PI の最大値からの偏差の平均値を求めている。特に、一変数系については、調整パラメータの定常分散と PI の定常偏差の平均値の最小化という観点から、最適化装置のパラメータを決定する方法について述べ、また、二変数系については、調整パラメータの定常分散と PI の定常偏差の平均値について同時調節型最適化制御系におけるそれと比較し、調整パラメータ間に相互干渉のある場合には、交互調節法の方がすぐれていることを明らかにしている。

第4章においては、相関型最適化制御系の適応制御の一方法について考察している。この方法は最適化装置内の可変ゲイン要素を自動調整することによって、PI 特性の未知パラメータに無関係に、系の応答特性を良好に保とうとするものであるが、同時にこの方法によれば、PI 特性の形状に関係なくハンテイングロス許容値内に抑えることもできる。本文においては、まずこの適応制御法の原理について述べ、

続いて、PI が調整パラメータに関して放物線で表わされるとして、系の動特性を詳細に論じ、さらに PI 特性が放物線からずれた場合の一例として、正規分布曲線で表わされるとした場合における系の動特性についても考察しており、これらの結果はアナログ計算機によるシミュレーションによって確かめられている。また、この適応制御法を多変数系に拡張し、この方法によると調整パラメータ間の相互干渉の影響を除去し、系の特性を良好に保ちうることを示し、さらに、この場合の系の安定性について考察している。また、一変数系を対象として、プラント動特性の影響についても簡単に論じている。

第 5 章においては、相関型最適化制御系に適用した適応制御法を勾配比例型最適化制御系に対して類似的に適用した結果について述べている。まず、この適応制御法の原理を述べ、続いて、PI 特性が調整パラメータに関し放物線や正規分布曲線で表わされる場合の系の動特性を論じ、さらに、デジタル計算機によりシミュレーションを行なってこの適応制御法の有効性を検討している。また、この適応制御法を多変数系に拡張し、交互調節型最適化制御系および同時調節型最適化制御系の適応制御について考察し、この方法が多変数系に対しても十分効果のあるものであることを確かめている。

第 6 章においては、学習的予測機能を有する最適化制御系について考察している。この系は現在までの制御経験を活用して、これからプラントの最適動作点を変化せしめる外乱と調整パラメータの最適値との対応関係を利用し、最適点の変動に対して調整パラメータの最適値を予測し、この予測値に調整パラメータを設定し、プラントの最適化の所要時間の短縮を図ろうとするものである。最適値の予測方法としては、回帰モデルによる方法と統計的決定装置による方法の二つについて考察している。回帰モデルによる方法については、まず回帰モデルの作成方法について述べ、続いてその予測誤差の評価を行ない、さらに上述の対応関係がプラントの経時変化等により長期間に変化してしまうような場合において、適応的に回帰モデルを作成するためのデータの処理方法について述べている。また、統計的決定装置による方法については、まず統計的決定理論におけるベイズ戦略により調整パラメータの最適値の予測を行なう原理について述べ、続いて、この方法の基礎となる条件付確率と損失関数の求め方について述べている。

第 7 章においては、制御対象の特性変動を補償するための適応制御方式の一つとして、勾配比例法に基づいて構成した逆関数補償型適応制御系について考察している。この系は、主制御系の出力とモデルの出力の差の二乗平均値を PI としており、制御装置内の調整パラメータに探索信号を重畳せずに、直ちに勾配比例法に基づいて構成された適応ループによりパラメータを調整し、制御対象の変動による主制御系の特性の悪化を補償しようとするものである。パラメータの調整速度をほかの方法に比べ速くすることができるのがこの系の特徴である。本文においては、まずはじめに、適応ループの構成原理について述べ、続いて、系の動特性として、主制御系の信号が統計的信号の場合、直流的信号の場合について、安定性、適応速度を検討している。また、この方式による適応制御系の例題として、時定数変動系、ゲイン変動系の適応制御について具体的に考察し、これらの系をアナログ計算機によって模擬し、この方式の有効性を確かめている。さらにこの方式の問題点として、制御対象の変動部分の次数と可変制御装置の次数とが異なる場合の系の動作についても考察している。

第 8 章は以上の成果を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

最適化制御方式は適応制御の一形式として開発されたもので、適応制御の中では実用化の最も進んだものであるが、その歴史はなお浅く、未解決の基礎的問題が多数残されている。この論文は、従来の代表的方式について、その特性を解析的に究明し、これを比較検討することによってそれぞれの利害得失を明らかにし、設計の指針を与えるとともに、学習機能を始め最適化制御とは異なった形式の適応機能を付与することによって、系の動作特性を著しく改善しようとしたものである。本研究の主な成果はつぎの通りである。

(1) 交互調節型最適化制御系の動特性を明らかにするとともに、二変数系の極値探索特性について最急勾配法を用いた最適化制御系の特性と比較し、調整パラメータ間に相互干渉のあるプラントに対しては交互調節法の方が速応性、安定性の点ですぐれていることを明らかにした。

(2) 交互調節型最適化制御系において、評価関数（以下 PI と略記）の測定が雑音で乱される場合の調整パラメータの分散やハンテイングロスを求める一般式を導き、これを利用して最適化装置の設計法を与えた。さらに、二変数系について同時調節型最適化制御系のそれと比較し、調整パラメータ間に干渉のある場合には交互調節法の方がすぐれていることを明らかにした。

(3) プラントの PI 特性の形状が未知であることに基づく最適化制御系の設計の困難さを解決するため、最適化制御系の適応制御法を考案し、この系の動特性を明らかにした。この方法によると、PI 特性の形状に関係なく、最適化制御系の応答特性を著しく改善できると同時に、ハンテイングロスを許容値内に抑えることができる。さらに、この適応制御法を多変数系に拡張して用いることにより、上記の利点のほかに、調整パラメータ間の相互干渉の影響を除去でき、そのため多変数系の制御が著しく容易になることを示した。

(4) 最適化制御系の最適化の所要時間を短縮するために、系の制御経験を活用して最適点を予測する学習機能を付与する方法を検討し、回帰モデルによる方法と統計的決定装置による方法を提案し、制御経験の処理方法、予測機構の構成法等その基本的問題を解明した。

以上のようにこの論文は、最適化制御系の特性を解明し、設計について種々有益な指針を与えるとともに、特性の改善法についていくつかの新しい提案を行なったものであって、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。