

氏名	橋 本 伊 織 はし もと い おり
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 256 号
学位授与の日付	昭 和 46 年 5 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 衛 生 工 学 専 攻
学位論文題目	プロセスシステムの最適化と感度解析に関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 高 松 武 一 郎 教 授 榎 木 義 一 教 授 井 伊 谷 鋼 一

### 論 文 内 容 の 要 旨

従来のプロセスシステムの最適化の研究において、余り注目されていなかった数式モデル表現中に含まれてくる種々の不確定性が、プロセスシステムの設計、操作にどのような影響を与えているかを、感度という概念を導入することによって解析している。さらにこの不確定性の影響を出来るだけ受けないシステムをシンセシスして行く上で感度がどのように利用出来るかを明らかにし、特に従来から種々のパラメータないしは外乱に対する正確な情報の不足を考慮に入れるという意味で設計変数に附加されていた設計余裕量の合理的な決定法について論じたものである。本論文ではこの問題をプロセスシステムの数式表現の仕方即ちシステムが、代数方程式系及び常微分方程式系のいずれで表現されているかによって分類し、それぞれの場合について検討している。

第Ⅰ章においてはプロセスシステムの最適化の方法論について検討すると同時に、感度解析的な考察の必要性について述べている。

第Ⅱ章第1節ではプロセスシステムが代数方程式系で表現されている、いわゆる集中定数系の定常最適化問題を取り上げ、そのための最適化手法をまとめ、特にマルチレベル法について述べている。続いて第2節において、最適化問題を考える上で考慮しなければならない感度解析的な問題の内、システムパラメータあるいは操作量の変動が、一定にしておきたいシステム出力にどのような影響を与えるかを解析するための方法を、最適化問題を解く際に導入されるアジョイント変数を利用することによって導いている。さらに最適操作量そのものの変動が、評価関数に与える影響は一次摂動論では取扱えないが、二次以上の高次項を考慮することによって、最適計算を行なう際に附加的な計算を行なうだけでその影響を知ることの出来る計算式を誘導している。またこの方法の有効性を調べるため10段からなる十字流多段抽出プロセスの最適設計問題を取り上げ、各段の最適操作量（抽剂量）の配分及びその操作量の最適値からのずれの評価関数に与える影響度が、平衡関係の違いやその操作量の変動がいずれの段のものであるかによってどのように変わってくるかを検討している。

第3節においては、従来種々のパラメータの同定時における誤差あるいは実際のプラントの運転時での変化等種々の外乱の悪影響を吸収させるために設計余裕という形で見積られてきた設計変数に対する余裕量を定量的に決定するための方法について検討し、最適計算の際に導入されるアジャイント変数を利用することによって簡単な線型計画法の問題に帰着されることを示している。さらにこの方法を複雑な熱交換器システムの最適設計問題に適用し、どの熱交換器にどの程度の伝熱面積の余裕量を見積ればよいかを検討している。その結果必ずしも全ての熱交換器に余裕量を見積る必要はなく、有効に作用しているのはその内のいくつかのものであること、及びそれによって著しく全システムで必要となる伝熱面積の余裕量を減少させることを明らかにしている。

第3章第1節においてはプロセスシステムが常微分方程式で表現されている、いわゆる分布定数系の定常最適化問題を取り上げ、その最適化の手法についてまとめている。第2節においては常微分方程式系の場合の感度解析の方法について、感度関数、感度方程式を利用する立場から検討し、あわせて化学反応装置の最適化と感度解析的な考察として、1) 反応装置内の最適温度分布への流体混合の影響、2) 固定床管式反応器の最適触媒量と反応速度パラメータの不確定性の影響、3) 二通路自己熱交換型反応器の最適化と種々の操作パラメータの変動の影響、4) 管式反応器内最適温度分布をどのようにして実際に達成しうるか等種々の問題を多くの数値計算を行なうことによって検討している。第3節においては並列結合された多段の分布定数系における設計変数の余裕量を合理的に見積る方法について、感度関数、感度方程式を用いて検討し、同時に多段断熱型反応装置における各段の最適触媒量とその余裕量について考察している。

### 論文審査の結果の要旨

新しい最適化の数理的手法を応用して、種々のプロセスシステムの最適設計・制御の問題を取扱った研究は数多く発表されている。しかし現在行なわれているプロセスシステムの最適化をより実際に役に立つものにするためには、現象論的学問から得られる情報を基にしてどの程度の詳しさをもつモデルを作るべきか、即ちモデルの構造の詳しさあるいはモデル中に含まれている種々のパラメータの不確かさが、プロセスシステムの最適設計、操作にどのような影響を与えているかを十分把握することが必要である。さらにそのような不確定性を含んだプロセスシステムのシンセシスの方法論の確立が望まれている。

本研究はプロセスシステムが代数方程式系及び常微分方程式系によって数式表現されている場合の最適化問題に感度という概念を導入し、利用することによって、種々の不確定性の影響解析を行なういわゆる感度解析と、不確定性を含んだプロセスシステムの最適設計について検討した結果を中心にまとめたものであり次のような成果を得ている。

1) 代数方程式系でプロセスシステムが表現されている場合、最適化計算を行なう際に導入されるアジャイント変数を有効に利用することによって、数式モデル中のパラメータあるいは操作量の変動が評価関数及びシステム出力に与える影響を容易に知ることのできる方法をはじめて導出している。

2) 多段抽出プロセスを取り上げ、上述した方法論を適用してこのプロセスにおける各段の操作量となる抽剤流量の最適値からのずれが、プロセス全体の最適性に与える影響を解析し、その影響の度合が平衡

関係や、どの段の操作量の変動であるかによって異なることを指摘し、最適制御を行なう際にどの程度精密な制御を行なうべきかを知る方法を確立している。

3) 従来プロセスシステムの設計において種々の不確定性の影響を打消すために各設計変数に経験的に見積られてきた余裕量(デザインマージン)を定量的に決定することの出来る新しい方法として、アジャイント変数を利用し、簡単な線型計画法の問題に帰着する方法を示している。

4) 熱交換器システムにおいて各熱交換器に見積るべき伝熱面積の余裕量が、上述した方法を用いることによって容易に決定出来ることを示し、従来の経験的に見積られていたものには著しく無駄が含まれている可能性のあることを指摘している。

5) 常微分方程式系でプロセスシステムが表現されている場合のいわゆる分布定数系の定常最適化問題において、感度関数、感度方程式等を利用することによって種々有益な情報を得られることを述べ、管式反応装置内の流体混合と最適温度分布、固定床触媒反応装置の最適設計と反応速度パラメータ、二通路自己熱交換型反応装置の最適設計と操作パラメータ等の関係について多くの興味ある知見を得ている。これらの結果から流通式管式反応装置の設計、操作に感度解析を利用することの有効性を示している。

6) 結合された分布定数系システムにおける設計変数の余裕量の合理的な決定問題について検討し、感度関数、感度方程式を用いることによって新しい方法を導出している。またこれらを多段断熱型反応器に適用し、各段の触媒余裕量の決定に際して興味ある結果を得ると同時に、その方法論を提案している。

以上本論文はプロセスシステムの最適化において種々の不確定性の影響解析即ち感度解析を行なうことの必要性を明らかにすると同時に、種々の新しい方法論を示しており、また不確定性の含まれているシステムのシンセシス問題においても感度という概念を導入することによって、合理的な取扱いが可能であることを新しい方法論を示しながら論じ多くの有用な知見を得たものであり、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。