

氏 名	西 谷 紘 一 にし たに ひろ かず
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 487 号
学位授与の日付	昭 和 52 年 3 月 23 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 化 学 工 学 専 攻
学位論文題目	最大感度法によるプロセスシステムの最適設計

論文調査委員 (主 査)
教 授 高松武一郎 教 授 水科 篤 郎 教 授 井伊谷鋼一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文はプロセスシステムの最適設計に際しよく現われる制約条件のある最適化の問題を解く新しい計算手法“最大感度法”を提出するとともに、この計算法及びその考え方をを用いて、大規模で複雑なネットワークをもつ熱交換器システムの最適設計について考察しているものであり、総論と、第Ⅰ編（第1章～第4章）、第Ⅱ編（第5章～第10章）とからなっている。

総論においては、本研究の目的を明らかにして、各章の内容の概要を述べている。

第Ⅰ編では、最大感度法の開発についてまとめている。

第1章では、制約条件をもつ最適化の問題を解く一方法、ラグランジ乗数法について、その拡張されてきた歴史を述べている。

第2章では、一個のシステム出力が指定された最適化問題に対して、“最大感度法”の原理を非線形最適化問題の最適条件、Kuhn-Tucker の定理から説明している。最大感度法の考え方は次のごとくである。まずシステム出力を指定したもとの設計問題に対して、それを包含するもとの問題に等価な問題のファミリーが定式化される。この問題のファミリーの最適解の軌跡（最適解曲線）が、各感度が互いに等しいという等感度曲線をつくる。そしてこの等感度曲線を部分空間を変えながら、追跡することによりもとの設計問題の解を得る。なお本章ではこの等感度曲線を近似的に追跡するアルゴリズムをも提出している。

第3章では、複数個のシステム出力が指示されているいわゆる多出力問題に対して、最大感度法を拡張している。すなわち複数個のシステム出力の線形結合により、仮想的な一出力を定義して一出力問題におきかえ、この仮想的な一出力問題の解を元の多出力問題の解に一致させる多重構造をもつアルゴリズムを提出している。

第4章では、ラグランジ乗数法に基づく最適化計算法の幾何学的な性質を、集合の支持超平面を使って説明している。また最適化問題の双対性という観点から、フエンシェルの双対定理を使って最大感度法の一つの解釈を与えている。

第Ⅱ編は、最大感度法を用いた大規模で複雑なネットワークをもつ熱交換器システムの最適設計についての考察である。

第5章では、熱交換プロセスの特徴について述べた後、熱交換器システムについて従来行われてきた最適化の問題の分類を行っている。最適化の問題は、システムの構造があらかじめ決められているか否かにより各々、最適設計操作問題、最適構成問題に大別できるが、特に後者の問題に対する種々のアプローチについて概説している。

第6章では、熱交換器システムの設計に際し、特にネットワークを構成しているプロセスの設計のためという観点から必要な知識をまとめている。シミュレーションが効率よく実行できることが、最大感度法のように、シミュレーションを土台にしている最適化計算法にとっては不可欠であることから、まず各種の熱交換器モデルについて、入口出口温度間に線形関係が成立していることを明らかにしている。続いてこの表現をもとにシステム全体のシミュレーションを効果的に行う一つの計算原理を示している。また熱交換プロセス特有の性質として、設計問題を図的に表現する二つのグラフについて述べている。

第7章では、多段直列型熱交換器システムの最適サイジング問題を解く一つの簡単なアルゴリズムを示している。またそのアルゴリズムによって、大域的な性質として、解の存在と一意性について考察している。

第8章では、システムの構造が決められた最適化の問題、最適設計操作問題を解くのに、第Ⅰ編で提出した最大感度法を適用しその特長の検証をしている。

第9章では、システムの構造が未定である最適化の問題、すなわち最適構成問題を解くのに、最大感度法的なアプローチを使った最適構成アルゴリズムを提出している。またこのアルゴリズムにより発生する熱交換器システムを、状態空間において定式化して、その最適解の満す条件についても検討を行っている。

第10章では、数学モデルの不確定性を、モデルに含まれるパラメータの不確定性としてとらえ、それをバックアップするため、設計変数に余裕を見込む方法について検討している。

論文審査の結果の要旨

本論文はプロセスシステムの最適設計に際しよく現われる制約条件のある最適化の問題を解くために新しく開発した“最大感度法”について記述したものであり、その主な成果は次の通りである。

I. 最大感度法の開発に関するもの

- (a) この方法は、決定変数の数値が与えられた時、システム出力が数値的に計算できれば適用可能であり、システム構成の複雑さの影響を受けない。
- (b) 不等号拘束条件の境界上に解がある場合でも、特別の配慮なしで正しい解が得られる。
- (c) 問題のファミリーを逐次解くことにより、システムの規模の変化に対する最適な構造の変化が明らかになり、システム規模の拡大、縮小のための情報を与えることができる。
- (d) 規格サイズのユニットを組み合わせて、システムを設計する場合のような整数解を求める方法として使うことができる。

(e) 感度という直感的にも認識し易い情報をもとにしており、エンジニアリング的な把握が容易で、計算アルゴリズムも極めて簡単である。

Ⅱ. 熱交換器システムの最適設計に関するもの

1. 熱交換器システム全体のシミュレーションを効率よく実行するという点からモデルの表現を検討し、各種の熱交換器において温度に関しては線形入出力関係が成立していることを明らかにすると同時に、この性質を用いて熱交換器システム全体を効率よくシミュレーションする方法を示した。

2. 多段直列結合熱交換器システムの最適サイジング問題に対して、その方程式系の構造の特徴を使ってアルゴリズムを導出し、それをもとに解の存在と一意性を明らかにした。

3. トッピングプロセスなどに現われる実際の熱交換器システムに最大感度法を適用しその有効性を実証した。

4. 熱交換器システムの最適構成問題に対して熱交換特性の一般原理と最大感度法的アプローチを結合させ、逐次構成を発生させるアルゴリズムを示した。それにより構成発生がシステムが、微分方程式により表現可能となり、構成問題が最適制御問題に変形されることを示した。

以上要するに、本論文はプロセスシステムの最適設計を行う際に現われる、制約条件のある最適化の問題を解く、新しい計算法“最大感度法”を開発するとともに、大規模で複雑なネットワークをもつ熱交換器システムの最適設計に最大感度法を適用させ、その最適設計、最適構成問題に対して多くの有益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。