氏　　　名	野　田　龍　夫（のだ　たつお）
学位の種類	工　学　博　士
学位記番号	論　工　博　第1177号
学位授与の日付	昭和54年3月23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	Least Squares Iterative Method for Solving Nonlinear Programming Problems and its Application to Structural Optimization （最小自乗法にもとづく非線形計画問題の反復解法と構造物最適設計問題への応用）
論文調査委員	（主　査） 教授　三根　久　　教授　得丸英勝　　教授　池田峰夫

論　文　内　容　の　要　旨

現実のデータの当てはめに際しては変数の数以上の条件が与えられていわゆる過剰決定形連立線形方程式を解く必要がある場合があり，このような問題の解を線形関数の平方和を最小とするものとして求めることがあるが，曲線の当てはめにおけるパラメータの推定問題など，非線形の関数の平方和を最小とする問題も古くから研究されている。

本論文は，このような平方和を最小にする問題に対して逐次反復形の解法を提案するとともに，本反復解法に基づく非線形計画問題の解法の開発に関連して行った研究成果をまとめたものであって，序論・結論を含めて8章からなっている。

第1章では各種の最適化問題の例を上げ，線形および非線形関数の平方和を最小とする問題に対する在来の研究成果と非線形計画法との関連を明らかにするとともに本論文の概容を述べている。

第2章では，線形の関数の平方和を最小にする方法を論じている。過剰決定形連立線形方程式問題から線形関数の平方和を最小にする問題を誘導し，得られた問題に最急降下法の考え方を利用した新しい反復解法を提案している。この方法によれば，在来の方法のように逆行列を求める必要がなく，計算の実行が容易であることを指摘しており，収束性の保証も与えている。

第3章では，非線形な関数の和を最小とする問題を考察している。すなわち，線形の場合に得られた反復解法をこの問題に適用すれば，最適解に収束することを示しそのアルゴリズムを開発している。また，本方法は Saaty と Bram によって得られた方法の改良となっていることを明らかにしている。

第4章では，等式制約条件のもとでの非線形目的関数の最適化法を議論している。この問題に対してはラグランジュ関数の偏導関数を連立させて解く方法が知られているが，ここではそれらの平方和を最小にする方法をとり，上に得られた最小自乗反復解法を適用する方法を提案し，このアルゴリズムがもとの問題の最適解に収束することを確めている。

第5章では，等式条件だけでなく不等式条件をも含む非線形問題の解法について考察している。この問題に対して得られている Kuhn-Tucker 最適化条件を平方和の形に変換し，得られた問題に対して前章の

反復解法を適用し，最小値が零になった場合にもとの問題の最適解が得られることを利用した新しい反復解法を提案し，このアルゴリズムの収束性を証明している。

第6章では，前章で得られた反復解法に対して分解原理を適用することを提案している。すなわち，前章の方法では，ラグランジュ乗数ともとの問題の変数の両方の値を逐次決定して最適解に収束させているが，次の探索点を定めるのに必要な行列の次元が大きくなる欠点がある。そこで，この行列を2つの部分に分解して，まずもとの問題の変数を仮に固定し，ラグランジュ乗数についての最小化を最小自乗法に基づく連立1次方程式を解くことにより行った後，得られたラグランジュ乗数を用いてもとの変数に関する最小化を最小自乗法に基づく反復解法を用いて行うという2重の繰返し反復解法を提案し，この方法によって求める最適解に収束できることを証明している。つぎに，この二重反復法の第2段階での最小化を1回のステップだけ実行して第1段階の最小化に戻るという簡略法を用いても，最適解への収束が保証されることを明らかにし，両方法が同程度の収束性を示すことを数値実験で確めている。

第7章では，本論文で提案した反復解法の効率を確めるために構造物の最適設計問題への適用を行っている。第1の問題は曲げモーメントを受けるI形断面梁の経済設計であって，印加されるストレスが最大許容ストレスを超えなく，かつ座屈を起さない条件のもとで最小の断面積をもつように設計変数を求める問題を前章で得られた第2の反復解法で解いている。つぎに，オイル・タンカーの波状形隔壁の設計に際して実際に課せられる設計上のすべての条件を考慮に入れて，最小重量をもつような形状を決定する問題に対して第2の反復解法を適用し，得られた解を既存の方法で得られた解と比較を行い，本論文で提案した反復解法が優れていることを確めている。

第8章は，本論文の結論であって，以上の研究成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

工学上現れる各種の計画問題，設計問題などにおいては何らかの意味での最適化が要求されるが，多くの場合，非線形の制約条件式のもとで非線形の目的関数を最適にするという問題に定式化される。このような非線形計画問題については直接最適解を記述するような解法は未だ得られていない。本論文は，最小自乗法の考え方を取り入れて，最適化条件を成立させるような逐次反復形の解法を提案したものであって，得られた主な成果は次の通りである。

(1) まず，線形関数の平方和を最小にする問題に対して最急降下法に基づく反復解法を新しく提案し，その収束性を証明した。

(2) 上記反復解法を非線形関数の平方和を最小とする問題に対しても適用できるよう拡張し，その収束性を証明したが，この解法は Saaty-Bram の方法に比してステップ長を決定するのが容易なことおよび逆行列の計算を必要としないなどの優れた特徴をもっている。

(3) 非線形等式条件のもとで非線形目的関数を最小とする問題に対して，ラグランジュ関数の偏導関数を直接連立させて解く代りに偏導関数の平方和を最小とする問題にここで得られた反復解法を適用して解く方法を提案しているが，この方法は Morrison の解法と比較してより簡単で実際的な方法であることを明らかにしている。

(4) さらに非線形の等式だけでなく不等式をも含む制約条件式のもとで非線形目的関数を最小とする問題に対して，Kuhn-Tucker 最適化条件式の平方和が零となったとき最適化条件が成立することに着目し，この平方和の最小化問題に先に得られた反復解法を適用することによって，一般的に非線形計画問題を解く方法を提案した。

(5) 上記方法では，もとの問題の変数だけでなくラグランジュ乗数をも含めて最小化を行う必要があり，各回の反復最小化において降下すべき方向を決定するのに必要な式の数が多くなる。そこで，始めの問題の変数の値を仮に固定して，ラグランジュ乗数に関して最小化を連立1次方程式を解くことにより行った上で，もとの変数に関して最小化を反復解法で行い，逐次これを繰返すという方法を提案し，この方法の収束性の証明を行った。さらに第2段階の最小化のステップを1回だけ行って第1段階に戻る簡略化反復解法でも最適解に収束することを明らかにし，数値実験により，両方法がほぼ同じ収束性を示すことを確めた。

(6) ここで得られた最小自乗法に基づく反復解法を曲げモーメントを受けるI形断面梁の経済設計問題に対して適用し，さらにオイル・タンカーの波状形隔壁の設計において実際に要求されるすべての条件を考慮に入れて定式化された問題に対して適用し，本方法の有効性を確めた。

以上要するに，本論文は近年盛に研究が進められている非線形計画問題の解法の1つとして最小自乗法の考え方に基づく反復解法を提案し，構造物の設計に際して実際に生じた非線計画問題に適用して本方法の効率を確めたものであって，実際上，学術上寄与するところが少くない。

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。