



|              |                                                                                                                                                                                          |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | 大域的最適化レンズ自動設計に関する研究                                                                                                                                                                      |
| Author(s)    | 松居, 寛                                                                                                                                                                                    |
| Citation     | 大阪大学, 1996, 博士論文                                                                                                                                                                         |
| Version Type |                                                                                                                                                                                          |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/40368">https://hdl.handle.net/11094/40368</a>                                                                                                      |
| rights       |                                                                                                                                                                                          |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

|               |                                                            |          |
|---------------|------------------------------------------------------------|----------|
| 氏 名           | まつ 松 居                                                     | ひろし<br>寛 |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士 (工 学)                                                  |          |
| 学 位 記 番 号     | 第 1 2 7 5 4 号                                              |          |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平 成 8 年 12 月 4 日                                           |          |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第4条第2項該当                                               |          |
| 学 位 論 文 名     | 大域的最適化レンズ自動設計に関する研究                                        |          |
| 論 文 審 査 委 員   | (主査)<br>教 授 一岡 芳樹<br>(副査)<br>教 授 梅野 正隆 教 授 八木 厚志 教 授 伊東 一良 |          |

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、従来のレンズ自動設計における諸問題を克服するとともに、実用的な大域的最適化アルゴリズムを確立することを目的とした研究をまとめたもので、以下の8章で構成されている。

第1章では、レンズ設計問題の定式化を行い、自動設計の歴史的経緯と現状の問題点をまとめ、本研究の目的および本論文の構成と概要を述べている。

第2章では、レンズ自動設計における数値計算上の悪条件回避策に関し、特異値分解法を活用した解算出法を提案している。さらに偏微分行列の列ベクトルを基底とする多次元空間の体積値を用いて従属変数を判定する方法を提案し、幾つかの数値実験により提案手法の有効性を検証している。

第3章では、DLS (Damped Least Square) 法において、解ベクトルの方向とノルムの振る舞いを考察することにより、最適なダンピングファクタ初期値を設定するための解析的手法を提案し、幾つかの数値実験により提案手法の効果を検証している。

第4章では、変数の差分量に関し、適正を判定する方法として偏微分行列の積行列の固有値分布を用いた手法と偏微分行列の列ベクトルを基底とする多次元空間の体積値を用いた新しい手法を提案している。さらに、適切な差分量を求める問題を組み合わせ最適化問題とみなして遺伝的アルゴリズムを適用することにより、最適値を自動的に設定できる手法を提案し、幾つかの数値実験により提案手法の効果を検証している。

第5章では、制約条件保持手法に関し、レンズ設計分野で未検討であった準Newton法と乗数法を適用するための定式化を行うとともに、従来用いられてきたPenalty関数法とLagrange未定乗数法に数値計算上の工夫を加えている。そしてこれら4手法の能力比較実験を行うとともに、実際の設計問題で乗数法がPenalty関数法より効果があることを示している。

第6章では、多目的計画法における重み付けTchebyshevノルム法と満足化トレードオフ法をレンズ設計問題に適用するための定式化を行っている。そして、重み付けの自動化と局所解からの脱出が可能であることを数値実験により示している。

第7章では、個々の評価関数を独立に満足する解曲線を探索することにより複数解を検出する新しい大域的最適化アルゴリズムを提案し、数値実験によりその有効性を示している。さらに実際の設計問題に適用して提案アルゴリズムの実用性を確認している。

第8章では、各章で得られた成果を総括し今後の課題を述べている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、従来のレンズ自動設計で未解決であった最適解を効率良く検出するための数値計算上の諸問題点を克服するとともに、新たなアルゴリズムを導入して、実用性の高い大域的最適化レンズ自動設計機能を確立するために行なった研究の成果をまとめたものであり、主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 最適解算出過程で発生する悪条件に対し、数値計算上最も信頼性が高いと言われている特異値分解法を活用することにより汎用的な解算出方法を提案するとともに悪条件発生原因となる変数間の従属関係を判定するための新たな手法を提案している。
- (2) レンズ自動設計に最も広く適用されているDLS法に関し、適切なダンピングファクタ初期値を設定するための新たな手法を提案している。これにより、DLS法の収束効率の大幅な改善を可能としている。
- (3) 変数差分量に関し、設定値の適正を判定する新たな手法を提案するとともに、最適値設定問題を一種の組合せ最適化問題とみなして遺伝的アルゴリズムを適用することにより自動的に適切な値を設定する新たな手法を提案している。これにより、従来、多大な試行錯誤を要していた作業の回避に成功している。
- (4) 従来のレンズ自動設計で未採用であった2つの制約条件保持手法を適用し、従来手法と比較して優位差を定量的に検証している。これにより、レンズ自動設計機能において、制約条件をより厳密にかつ効率良く保持することを可能としている。
- (5) 従来のレンズ自動設計で未採用であった多目的計画法の新たなアプローチを適用し、重み付けの自動化と局所解からの脱出が可能であることを定量的に検証している。これにより、従来多大な試行錯誤を要していた各評価関数に対する適切な重み付け作業時間を大幅に短縮し実用性向上に寄与している。
- (6) 個々の評価関数を個別に満足する解曲線分布を探索することにより複数の最適解を検出する新たな手法を提案し、その効果を幾つかのレンズ設計問題に適用してその効果を確認している。これにより実用性の高い複数解探索機能を実現している。

以上のように、本論文は従来のレンズ自動設計機能の著しい性能向上を実現するとともに、新たな数学的アルゴリズムを適用することによって、より実用性の高い大域的最適化レンズ自動設計機能の実現に成功しており、光学のみならず最適化手法を必要とする学術分野の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。