

Title	遺伝的アルゴリズムを用いたレンズ設計の自動化
Author(s)	佐々木, 邦泰
Citation	
Issue Date	2004-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1780
Rights	
Description	Supervisor: 東条 敏, 情報科学研究科, 修士

遺伝的アルゴリズムを用いたレンズ設計の自動化

佐々木 邦泰 (210040)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2003 年 2 月 13 日

キーワード: レンズ設計, 遺伝的アルゴリズム, 近傍探索, 親の選択, 色収差.

近年の計算機性能の向上により, レンズ設計における自動化の研究は盛んに行われている. しかし, その研究の多くは局所探索を中心とした手法であり, 減衰最小二乗法 (DLS 法) が主流となっている.

実際のレンズ設計とは, 1 枚のレンズを設計するのではなく, 複数のレンズを組み合わせることによって, 目標とするレンズ系を設計することである. 様々な形状や材質のレンズをどのように組み合わせたら目標とするレンズ系が得られるかは, 専門家の経験や勘に頼ることが多く, 専門家の知識なしではレンズ系を設計することは出来ないと言われている. またレンズ設計では, レンズの使用目的によって最適といわれるレンズ系が異なる. これはレンズ設計には多くの局所解が存在することを表している.

小野らは, レンズ設計問題に大域的探索能力に優れた遺伝的アルゴリズム (GA) を適用し, 3 枚組, 4 枚組のレンズ設計問題において経験的に最適解および準最適解とされているレンズ系の設計に成功したことを示した. しかし, レンズ設計を問題にする際, ガラスの屈折率を固定にしたり, 光線追跡に用いる波長を 1 種類に限定するなど, 実際のレンズ設計とは大きく異なる問題設定で最適化を行っていた. 更に, 探索によって得られるレンズ系は 1 回の試行で 1 つであった.

本稿では, 小野らが用いた GA 手法と小野らがレンズ設計に適用した以降に提案された GA 手法において比較実験を行った. その結果, 大域的探索手法が必ずしも有用であるとは言えず, 場合によっては局所探索性の強い手法の方が優れていることを示した. この結果を踏まえ, 近傍探索を用いた世代交代モデルを提案し, レンズ設計問題に沿うように設計した. この手法は, 1 回の試行によって得られるレンズ系の解候補を 1 つに限定するのではなく, 1 度に無数の解候補を設計することが可能であるという特徴を持つので, 目的にあったレンズ系を設計することが可能性が高くなると考えられる.

本稿で設計した近傍探索を用いる世代交代モデルとは, 複製選択において, 交叉対象とする個体のある個体の近傍に位置する K 個の個体に限定し, K 個の中から親の数だけ個体を選択することで探索の効率化を計る手法である. ここで言う近傍に位置する K 個体とは, 遺伝子空間において距離が近い (表現空間においてはレンズの形状が似ている) 順

に選ばれた個体のことである。しかし、交叉対象とする個体を K 個の個体に限定することで、無駄な探索が減少する反面、進化的停滞に陥りやすく、また、すべての探索空間を探索しきれないという危険性を持つ。そこで本稿では、複製選択において近傍個体を跨ぐ個体の選択法も提案し、2 つの複製選択をある割合において同時に満たすことで、その危険性を低くしている。距離の計算方法は、レンズの曲率に注目し、2 つの個体間における各レンズ面の曲率の差が小さいもの程レンズ系が似ているものと仮定し、ベクトル計算によって距離を計算した。生存選択では、次世代に残す個体の対象を、複製選択で選んだ親個体とその親から生成された子個体の集団からなる家族とし、家族の中から最も適応度の高い個体を 2 つ次世代に残し、複製選択で選ばれた親個体の中からランダムに選択した 2 個体と置き換える方法である。

上記のような提案手法を用いて歴史的に良く研究されている 3 枚組、4 枚組のレンズ設計問題に適用した。交叉手法は UNDX を用いた。3 枚組、4 枚組のレンズ設計問題ともに、提案手法を用いることによって、1 回の試行で最適解および準最適解のレンズ系を一度に得ることが出来ることを示した。

また、色収差を考慮するため以下の 4 点について改良を行った。

1. 光線追跡に用いる波長数の増加
2. 色収差に対応する新しい評価方法の導入
3. 色消しレンズの導入
4. ガラスの自動選択

波長数の増加とは、光線に用いる波長数を 1 種類から 3 種類へと増やした。この 3 種類の波長は、実際のレンズ設計でも色収差を考慮する際に用いている d 線、C 線、F 線を用いた。3 種類の波長の光線追跡の仕方は、まず基準となる波長 (d 線) に対して光線追跡を行い、その際のレンズ形状を保持したまま他の 2 種類の波長に対しても光線追跡を行うといった方法を用いた。色収差に対応する評価方法は、3 種類の波長それぞれに対して光線追跡を行い、波長による光線のズレを評価するものとした。更に、実際のレンズ設計において色収差を補正するために使用されている色消しレンズと呼ばれる 2 枚のレンズを張り合わせたレンズを生成出来るようにした。また、ガラスを自動選択するための方法も提案した。

上記のような改良を行い、実際にレンズ設計問題に適用した。そして、提案手法の方が従来手法よりも色収差を補正することが出来ることを示した。