

進化計算と工学設計

大林 茂
Shigeru Obayashi

東北大学流体科学研究所
Institute of Fluid Science, Tohoku University
obayashi@ifs.tohoku.ac.jp

進化計算学会論文誌創刊にあたり、進化計算と工学設計の関わりについて展望し、本論文誌の発展を祈念したい。

最適化は、長い歴史を持ちまた広範な内容を含む課題である。人類の農耕文明の発生以来、水路の設計は常に重要な課題であつたろうし、近年でも貨物の配送ルートを短くしたり、建設コストを下げたり、最適化が必要とされる話題には事欠かない。

最適化とは、何らかの評価基準に照らして最も適した解を見つけることである。工学設計であれば、コスト、重量、抗力などが評価基準となる。例えば、設計で変更できる部材の材質や大きさを設計変数とし、それによって決まる全体の重量を評価基準とすれば、ある荷重のもとで重量が最小となる設計変数の組み合わせを見つけることができる。こうして得られた最適解は、設計解を決めるための重要な情報となる。

航空機の設計では、翼形状を設計変数とし評価基準を空気力学に基づく揚力や抵抗などの空力性能の向上として最適化を行うと、風洞試験による解析数を必要最小限に抑えることができる。本格的な風洞試験となれば、チームで数ヶ月単位の期間にわたって、模型の設計製作から風洞試験、データ整理に取り組むことになる。一方、シミュレーションの専門家が一人いれば、パソコンでも設計案の検討が可能である。例えば、三菱リージョナルジェット (MRJ) 主翼の設計では、必要な強度を保ち、フラッタを起こさないことを制約条件にして、部材の厚みを変えることで構造重量を最小化しつつ、燃料消費が最小となるように翼形状の最適化が行われている。

航空機の主翼設計問題は、空気の抵抗だけを考えると抗力最小化を求める単目的最適化問題である。しかし実際には MRJ の設計のように、複数の設計目標を同時に考慮する必要がある。つまり、より実用的な設計を実行するには、多分野にまたがる多目的最適化問題を考える必要がある。一つの設計目標を改良することで他の設計目標も改良されるならば話は簡単であるが、一方を改良すると他方が改悪されるように相反する目標を含む場合、多目的最適化問題を考えて各目標に対する妥協解を得る必要がある。

相反する目標を含む場合、多目的最適化問題の解は単一の点としての解ではなく、「パレート最適解」と呼ばれ

る集合になる。「パレート最適解」とは、ある目的関数の値を改善するためには少なくとも1つの他の目的関数値を改悪せざるを得ないような最適解のことであり、目的関数間のトレードオフを示す解の集合を形成する。トレードオフがある場合、具体的な設計形状は、全体設計の観点から考える必要がある。たとえば、性能だけでなく、作りやすさ、コストを考えるなど、実際のものづくりには様々な要素を考慮する必要がある場合が多く、一般に「最適解」=「全体設計案」とはならない。しかし、多目的最適化におけるトレードオフを見ながら設計形状を選ぶことは、全体設計を考える上で大きなヒントとなる。多目的最適化問題を解くには、このパレート解を効率的に求める必要がある。進化計算は大域的最適化法として知られているが、特に多目的最適化の分野では、パレート最適解を効率的に求めるユニークな方法として注目されている。

また単なる「最適化」では、「最適」な解を提示したところで作業が終了する。しかし、設計作業としては、ただ1つの解を提示しただけでは役に立たない。設計の各段階において、各分野とのすり合わせで様々なトレードオフが発生するため、設計空間の中で多様な設計候補を常に用意していなければならない。そこで、多目的最適化によるトレードオフ情報の探索により、設計空間の構造を俯瞰的に可視化することができれば、設計者は設計候補を容易に選択できるようになる。設計空間の「見える化」が重要である。

目的関数が2つや3つなら目的関数のプロットからトレードオフの様子が見て取れる。しかし、目的関数の数が増えるとトレードオフの様子を把握することは困難になる。4次元以上ではそのままプロットすることができないので、トレードオフを一目見て分かるように可視化することは困難である。高次元空間に隠されたトレードオフの様子を「見える化」するためには、データマイニング法の適用が有効である。このデータマイニングの分野でも、進化計算が広く研究されている。

現在享受している文明の快適性を損なうことなく人類の活動から地球環境を守るため、機械や機械からなる人工システムの性能を落とすことなく環境適合性を高めることが、21世紀の工学の大きな課題である。このため

に、多目的最適化やデータマイニングが果たす役割は非常に大きい。この二つの分野の発展の原動力として、進化計算への期待は非常に大きい。本論文誌において、優れた研究報告が行われ、活発な議論が進むことを期待する。

著 者 紹 介



大林 茂(一般会員)

横浜市出身。1982 年筑波大学第 1 学群自然科学類卒業。1987 年東京大学大学院工学系研究科航空学専攻博士課程修了、工学博士。同年 NASA Ames Research Center NRC Research Associate。1989 年同研究所 MCAT Institute Senior Research Scientist。1994 年東北大学工学部助教授。2000 年同大学流体科学研究所に配置換え。2003 年より同研究所教授、現在に至る。数値流体力学、最適化、データマイニング等の研究に従事。1993 年 NASA Ames Honor Award, 2002 年 NASA Software Release Award, 2010 年日本機械学会賞(論文)等を受賞。進化計算学会, 日本航空宇宙学会, 日本機械学会, 日本流体力学会, 日本計算工学会, IEEE, AIAA 各会員。