



巻頭言

## 最適化と改善、技術イノベーション

京都大学大学院 工学研究科 機械理工学専攻 教授 西脇 眞二

最適化という言葉にどのようなイメージをお持ちでしょうか？ 私は、最適化、特に構造最適化の分野の研究にはほぼ20年携わってまいりました。その研究を通じて学んだこと、感じたことを少し述べてみたいと思います。多少、独断と偏見があるかもしれませんが、ご容赦ください。

最適化とは、与えられた条件の中で、対象としているシステムあるいは要素の性能を最大化可能な設定を求めることを言います。この最適化を英語では、「optimization」と言いますが、その動詞形たる「optimize」の意味には、「最も効果的にする」といういわゆる最適化の意味の他に、「楽観する」と言う意味もあります。楽観主義は英語で「optimism」で、どうも最適化とは楽観的にすることのようです。また、物事を楽観的に進めることにより、最適化が可能であれば、結構幸せなことかもしれません。

工学的に最適化を行うためには、対象としているシステムあるいは要素の性能と条件を数学的に記述しなければなりません。一般には、向上させたい性能を目的関数、条件を制約条件、設定すべき組合せを表す変数を設計変数と呼び、数学的な定式化を行います。しかしながら、現実の問題には、そう簡単に厳密に定式化できないものも多くあります。目的関数は、多少厳密な定式化でなくても、あまり問題ではありません。これに対して制約条件は、厳密な定式化を必要とします。というのは、多くの最適化問題では、制約条件が成立している状態で最適解を与えることが多く、制約条件の定式化が厳密でなければ、最適解が現実の最も良い解から乖離し、最悪の場合には最悪解を与えることがあります。そのようになる理由には、目的関数と制約条件の多くが、設計変数に関して単調に増加する、あるいは単調に減少する傾向にあるからです。複雑な物理問題はさておき、多くの設計問題はこのような傾向にあります。これは現実の設計過程からも合点の行くことでしょう。すなわち、実際の設計現場では、ある寸法を変化させたら、性能はどう変わるだろうとか、制約はどう変わるだろうかという試行錯誤の中から、最善の設計案を求めることを行いますが、これは性能や制約が、設計変数に関して単調に変化するという仮定の基での設計行為でありますし、また逆にそのような仮定が成り立っているからこそ、行うことができる最善の設計を探索する方策です。この意味で、現実の設計現場における試行錯誤は、最適化の過程と照らしあわせても極めて妥当なことと言えるでしょう。そして、この場合は当たり前のことですが、得られた最善の設計案は、大域的最適解ではなく、いわゆる局所的最適解であることしか保証できません。ここで、大域的最適解と局所的最適解というのを少し説明しますと、対象としている設計範囲全てにおいて目的関数をもっとも小さい値となる解が大域的最適解、ある限られた範囲において目的関数をもっとも小さい値となる解が局所的最適解です。このことを言い方を変えれば、得られた設計案は改善案であり、ブレークスルーによる革新的な設計案はまず得られません。では、性能が設計変数に関して極めて複雑な応答をする場合はどうでしょうか。

もちろんこのような場合にも、例え数学的な最適化手法を用いたとしても、得られるのは局所的最適解、すなわち設計の改善案なのです。したがって、どのような数学的な手法を用いても、大域的最適解、すなわち現状の設計案からかけ離れ、性能が抜本的には改善される設計案を得ることはできません。

現状では無理ですが、もし何らかの新しい数学的手法が開発され、常に大域的最適解が得られたとしたら、それは工学的に有用でしょうか。もちろん、性能が抜本的に改善されるという意味からは有意義でしょう。ただし、それに関与している設計者にとっては戸惑いを得る設計解となるかもしれません。なぜなら。第一にそれがなぜ改善されたかという理屈や理論を得ることが難しいからです。最適解がなぜ性能向上に繋がるかを開発者が納得することは、開発過程において大変重要なことです。通常の開発過程において、納得してすすめることができるからこそ、他のいろいろな開発要件から最適解を、少し変更しなければならなくても、その変更に対応できます。しかし、もし、その解がなぜ最適解となるかわからなければ、その最適解を最悪解に変更してしまう可能性があり非常に危険です。第二に大規模な製品のある部品の設計解に関して大域的最適解が得られたとして、他の部品の設計諸元との調整に困ります。そういう意味でも、大域的最適解の取り扱いは難しいと思います。

以上述べましたように、最適化という方法は、合理的に改善案を得る方法であって、ブレークスルーによる革新的な設計案を得ることはできません。このことは、通常の人間の設計行為とも同じと言えるでしょう。悲しいことに、人間もコンピュータも、普通には現在の状況と、これからどちらの方向がより改善できるかという情報のみしか、判断ができません。したがって、局所的最適解たる改善案しか求められません。しかし、私の今までの経験では、局所的最適解が、現実的に受入易い解だと言えるように思います。

それでは、今までの見通しでは推測できない技術イノベーションたる革新的なアイデアは、言い換えれば大域的最適解はどのように得られるのでしょうか。

正直申しまして、私にもよくわかりません。あえて言えば、数少ない直感の利く天才のなせる技でしょう。とても、一般の人間には及びもしない能力のような気がします。以上、いろいろ思いつくままに書いてみました。最初に申しましたが、私の偏見も数多くあると思います。「楽観的に」お許しください。

