



設計工学とコンピュータ利用

若 者

藤 田 喜久雄*

1. はじめに

私は、大阪大学工学部に入学以来、大学院の前期課程、後期課程を経て、現在、産業機械工学科に席をおいており、12年半の間、いわゆる機械工学というものと関わってきたことになります。工学部には機械工学科・産業機械工学科・電子制御機械工学科の3学科が機械系として一体運営されていますが、そのカバーしている領域が広いのか、私にとって何を研究されているのかがあまり理解できない講座も多くあります。いずれにしても、4年時に特別研究のために研究室に配属された時点に比べて、コンピュータを利用する比重が多面で大きくなってきているように思います。私自身も、システム設計工学講座に属しており、人工知能や数値計画法などの技術を用いて設計を合理的・効率的に行なうための手法に関する研究を、専らコンピュータを利用することを前提として行なっています。

2. コンピュータとの関わり

話しは少し逸れますが、機械系3学科の中でもコンピュータとの関わり方はそれぞれにかなり幅があるようです。かつては、パンチカードをリックに背負って他大学の計算機センターに通った、とか、タイプライタのような端末から計算機センターを利用していた、などという話

しを伺ったこともあります。最近では、ワークステーションの利用が増えています。その利用形態にも幅があり、シミュレーションを対象とされている方を中心として、高速の機種をCPUサーバーのように使われている方もいれば、私のように一日中ワークステーションに向かって、プログラムを書いたり、文章を書いたり、電子メールで連絡を取ったりして、生活環境として用いているものもあります。

コンピュータ利用の大前提であるプログラミング言語に関しても、かつては数値計算が主流であったためか、私が学部学生だった頃はFORTRANのみが教育されていましたが、現在では、C言語がまず最初に教育され、続いてFORTRAN、一部ではLISPなども利用されています。

それにしても、卒業研究で研究室に配属されてくる学生がごく当たり前のようにワークステーションを使っている現状を見たり、情報処理教育センターの400台のNeXTを見るにつけて、1200bpsでつながった数台のテキスト端末を奪い合いながら大型計算機センターを利用していた学部4年の頃との違いを考えると、まだ若い私でさえ羨ましくも感じます。加えて、最近に優れたグラフィカルユーザーインターフェースはコンピュータそのものの中身を覆い隠しているようで、ファミコン世代のコンピュータ感覚というのは、どのようになってくるのかと想ったりもします。

3. 設計工学の背景

設計工学に関する研究は、例えば、米国機械学会では、本年9月で、「設計自動化工学 (Design Automation) 会議」が19回目、「設計論と設計方法論 (Design Theory and Methodolo-



*Kikuo FUJITA
1962年12月28日生
1990年大阪大学大学院工学研究科
産業機械工学専攻後期課程修了
現在、大阪大学工学部産業機械工
学科第6講座、講師、工学博士、
システム設計工学
TEL 06-877-5111(内線5112)

gy)に関する会議」が5回目となり、また、日本機械学会に「設計工学・システム部門」が作られたのが3年前であるなど、比較的新しいものであります。このような背景には、設計そのものを合理的に進めることへの関心や重要性が大きくなってきたことに加えて、およそ博物学的内容や観察による分析に留まらざるを得なかった過去の状況から、コンピュータそのものの発展により設計研究に対する道具立てが揃ってきて、設計そのものが科学的あるいは工学的な研究の対象として成立するようになってきたことが大きいように思います。

工学においては対象モデリングは重要な技術ではありますが、固体や熱流動などの現象は、古くから、数学的な常微分方程式や偏微分方程式、あるいは実験式や経験式としてモデル化され、それらを何らかの方法によって解くことにより、現象の理解がなされたり、設計計算が行なわれてきたように思います。これに対して、設計は、そのような現象あるいは振舞いを実現できるような対象物の像を創成することを目的としており、対象そのものの在り方を取り扱う必要があります。言い換えれば、特定の対象物における現象をモデル化しようとするのであれば、その対象に依存した形でモデル化を行えば良く、その解析過程でモデルが変化することは多くの場合起こりません。しかし、設計問題では、そのような対象が如何にあるべきかを扱おうとする問題であり、対象そのもののモデルを常に可変であるものとして考える必要があります。したがって、対象モデルそのものをモデル化するようなメタな枠組が必要となります。これは、設計そのものが分析 (analysis) を対象としたものではなく、総合 (synthesis) を対象としていることのあらわれでもあります。

このような設計問題の内容をコンピュータ上で扱おうとする場合、旧来のFORTRAN的なアプローチは何とも限定的なものであり柔軟性に欠けるため、力不足を感じざるを得ません。これに対して、人工知能技術などの発展とともに培われてきたプログラミング技術には、より柔軟な対象のモデリング手法の基盤としての可能性があります。また、オブジェクト指向など

のプログラミング技法も、設計対象を表現したり、操作するための知識やデータを記述したりする上で、有効なものであります。逆説的に言えば、コンピュータのプログラミング言語という融通の効かない客観的な媒体を通じて、設計問題や設計過程を明示的に議論することができるようになったとも言えます。

4. 設計支援の方法論

設計すべき対象を数学的な形式やシステムティックな形式などでコンピュータ上に表現することができた、あるいは、表現するための枠組を想定することができたとします。そうすると、それによって規定される空間内で適切な設計解を見つけ出すことが必要となります。これに対しては、線形計画法や非線形計画法、整数計画法などの最適化手法や、ヒューリスティック探索などの人工知能における技術があげられます。個々の問題に対して、どのような方法が有効であるかは、上述の対象モデルの内容や問題空間の性質に対応して分類することができるのではないかと考えています。すなわち、問題を数学的に記述することができ、内在する組合せの数も少なく、単峰性が保証されているならば、伝統的な数理計画法が適用でき、組合せが多く、多峰性が著しければ、シミュレーティッドアニーリング法や遺伝的アルゴリズムなどの適用も考えられます。一方、数学的な記述に馴染まず、ヒューリスティクスが利用できる場合などは、人工知能における技術が有効であるということになります。ただ、設計問題の内容は複雑でありますから、例えば、人工知能流の方法を用いて設計解を望ましいものに絞り込んでおいた上で、数理計画法を適用して最適化を行なうなどのハイブリッド化が有効である場合も多数あります。このため、前段での絞り込みによって設計解を一意に絞り込むことができない場合などは、複数個の実行可能な解が得られることになり、最終的な判断は設計者自身による評価に委ねられる場合もあります。

5. 設計研究における理想と現実

以上のように、対象を表現することができ、

また、それを操作する方法が存在したとしても、別の難しさがついてきます。これは、エキスパートシステムなどの分野においても言われることですが、いわゆる実際の問題に固有の複雑さや規模の大きさに如何に対応するかということです。大学の研究室において設計問題を考えようとする場合、せいぜい個人の力に依ることや、メーカーのように具体的な現実の設計問題を目の前に抱えていないことから、その研究対象を自ずと、比較的小規模の扱いやすい問題になりがちです。それはそれとして、設計の方法論を築き上げていく上で、問題の特徴とするところをとらえて、研究を進めることは有効かつ重要であります。上述のモデリング技術や探索の技術などは、問題の規模が大きくなることに対応して、独特の「泥臭さ」が表面化したり、計算コストの面で実用的でなかったりという問題が生じます。結局のところ、設計問題には、現実の事例を対象とすることによってはじめて認識できる内容も数多くあり、実問題への適用によるフィードバックが設計工学における一般的な方法論や理論を築きあげて行く上で重要であると考えつつ、研究を行なっています。

もう一つ別の面では、設計というのはある種の意思決定問題ですから、個別の問題に対して適切な目的関数や制約条件といったクライテリアを設定する必要があります。最近、ライフサイクルをとらえた設計がひとつのトピックになっています。例えば、部位毎に適切な金属やプラスチックを使った自動車と、オールアルミニウムの自動車とでは、どちらが優れているか、という問題があったとします。一般的には、前者のほうが良いということになりますが、リサイクルを含めたライフサイクルを考慮した場合、後者は事故でどんなに壊れようとも電気炉に入れて融かしてしまえば、リサイクルすることができるが、前者は通常に廃棄する場合でも材料毎に分離して再利用する必要があるため、トータルなコストを考えれば後者の方が優れている、などという時代がやってくるかもしれません。これは非常に極端な例ですが、設計問題にはコストや性能だけでは測れない、多様な内容が含まれています。仮にある目的関数が設定でき最

適な設計が行なえたとしても、その設計解を検証することによって新たな設計要求が発見される場合があったり、一方では、ヒューリスティックな方法で実行可能な解を求めることができたとしても、それが果たして最適であるか、といった問題が付いて回ります。

いくら設計におけるコンピュータの利用が進んだとしても、その結果に責任を持つのは利用する設計者ですから、コンピュータによる支援と設計者自身との関わり方も重要であり、そういう意味で、設計支援システムにおけるユーザーインターフェースなども主要な課題であると言えます。

6. 設計問題もいろいろ

最後に少し、機械系の設計問題の特質について触れておきたいと思います。コンピュータそのものが設計に欠くことができないものになっているという点を考えた場合、電気系におけるLSIなどの設計問題はその典型的な例であるように思います。私自身は、そのような問題を勉強しているわけではありませんが、少なくとも、そのような問題は、機械系における設計問題と比較した場合、(1):設計対象を構成する要素や方法が規格化・標準化されている、(2):設計対象の複雑さは個別の要素そのものの複雑さに増して、システム構成の複雑さにある、などの特徴を有しているように思います。これらの特質によって、設計の方法論としてシステムティックな手法が適用可能であり、機械系における設計問題に比べて、より本質的な意味においてコンピュータの利用が不可欠になっているように思えます。また、LSIの配置・配線設計問題には、CADの優劣を判断する基準となるようなベンチマークのための標準問題もあるようですが、機械系の問題でそのような例をみたことはありません。逆説的にみれば、機械系の設計問題では現在のところLSI設計などにおけるそのように整理された形式で対象を扱うことができていない、と考えざるを得ないわけです。一般に、機械系の製品は、複雑な3次元の形状を有しており、その中に機能や強度、製作性やメンテナンス性、意匠などの多様な内容

が織り込まれており、それらを如何に統合的に取り扱うかが未だに整理されていないように思っています。

7. おわりに

以上、研究内容の紹介をいうよりは弁解じみた雑駁な内容となりましたが、機械系の設計問題におけるコンピュータの利用が単なる設

計の効率化などにとどまらず、設計結果そのものに変革を与えるようになるべきであると思いつつ、目下のところ、配置と配管が相互に関連した製品の設計や、油圧回路の合成などの問題を取り上げて研究を行なっています。

最後に、本稿の執筆を勧めていただきました工学部精密工学科教授梅野正隆先生には深く謝意を表します。

