

# 設計工学の構築をめざして



研究ノート

赤木新介\*

## The Aim of Design Engineering

**Key Words** : Design Engineering, AI, CAD

### 1. はじめに

工学部に属するかなりの学科が“設計”にかかわりをもっていることは明らかである。機械系諸学科、船舶海洋、航空宇宙、建設系諸学科などは特にそのような色彩が強いが、これ以外の学科でも、程度の差はあっても設計と何らかの関連がある。このことは、工学がものを造ることを対象としている以上、当然のことである。設計はもの造りのための中心的課題であるからである。しかし工学の教育や研究において、設計に関する活動がうまく機能しているかどうかという点については、問題のあることも否定できない事実であろう。

設計はその本質が総合であって、分析を主とする諸科学の体系とは性格を異にしている。したがって例えば、設計教育においても、学生の体験を主体とした技能的あるいは自習的傾向が避け難い面が強い。このことの良し悪しは別としても、従来直感と経験に支配されてきた設計という作業過程を、より合理的なものにして再構築することは、教育の効率化のみならず、以下に述べるような種々の点で望ましいことに違いない。そしてそのような視点から、設計を“科学”として扱うことを目的とするのが「設計工学」であるといえるであろう。

### 2. 設計工学とその背景

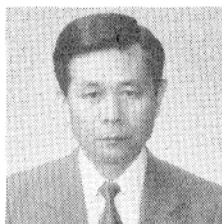
現在、設計をとりまく環境はますます厳しいものになってきている。一つは設計対象となる製品における質の確保の問題であり、もう一つは設計を行うための作業の効率化の問題である。第一の点に関しては、製品の大形化、大量化への対処やP/L（製造物責任）問題などとも関連する信頼性・安全性の確保、先端技術の製品への取り込み、感性などの製品に対する人間的視点の重視、さらに最近問題とされている地球環境への対応などであり、これらの課題はすべて設計への要求として発現する。つぎに第二の点についてはどうか。第一の点を実現するために設計への負担が際限なく増大していることに加えて、最近の設計では設計期間の短縮も強く要求されている。これに対処するためにCAD/CAM/CAE, AI-CADなどのコンピュータ利用技術が取り入れられるわけであるが、これらの理解はさらに新しい課題として設計者に課せられている。以上のような設計に対する多様で困難な問題に応え、設計者を支援するためには、新しい工学が必要になる。それが設計工学である。

### 3. 設計工学のコンセプトと方法

それでは、上記のような課題を実現するための設計工学はどうあればよいであろうか。

設計は、人間が必要とする機能を一つの製品なりシステムとして具体化する過程であると定義される。この意味において、設計を対象とする科学、すなわち設計工学は「人工物の科学 (artificial science)」に属する。artificial

\*Shinsuke AKAGI  
1935年12月28日生  
1958年大阪大学工学部造船  
学科卒業  
現在、大阪大学工学部産業  
機械工学科、教授、工学博  
士、設計工学、機械工学、  
船舶工学  
TEL 06-877-5111  
(内線5111)



science<sup>1)</sup>とい造語は、かつてH. Simon (人工物の科学, 人工知能の研究などにより1976年ノーベル経済学賞を受賞) が唱えたものであるが、最近しだいにポピュラーになっているようである。人工物の科学は、分析を主体とするものではなく、総合を指向するものであり、設計工学もまた同様である。つまり設計工学は、分析によって自然現象自体の理解を目的とする自然科学とは相異し、人間による情報処理のプロセスを取り扱うことになる。したがって設計処理の中に自然科学が取り入れられるとしても、それは設計を具体化する過程で必要となった場合である。このような点から設計工学には、図

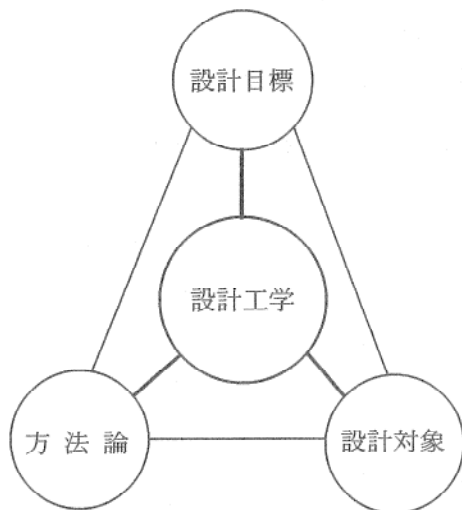


図1 設計工学のコンセプト

1に示すような特徴が存在する。この特徴は図中の3つの項目の関連として理解することができる。すなわち、

(1) 設計の目標 設計は人間の必要とする価値を実現するためのものであるから、設計目標自体を定めるために価値について考えることが必要になる。これを一般的に表現すれば、機能、信頼性・安全性、経済性ということになるであろうが、それぞれに対する具体的な目標や重点は、設計対象やそれが置かれた環境条件から定まってくるものである。何れにしてもこのように目標が前もって人為的に与えられるところは自然科学と著しく相異なる点である。

(2) 設計方法論(設計技術) つぎに設計工学では、目標を実現するための方法論(設計技

術)が対象にされる。科学的な方法論の存在がなければ、設計は単なる経験のみに頼ることになり、技術の伝承も飛躍も心もとないものになる。このような客観的な方法論の必要性については最近、我が国の生産技術の海外への伝承を目的に国際協力の立場から提唱されているIMS(Intelligent Manufacturing Systems)などとも関連するものである。

このような設計方法論の特徴とするところは、前述のように総合(シンセシス)のための方法論であることである。総合の過程(設計プロセスと呼ぶことにする)は本来、設計者の行う処理内容を抽出し、抽象化したものでなければならず、これは広い意味で人工知能(AI)技術がその中核となるものである。もちろん、AI技術以外にも、従来からシステム工学的な技術など利用可能な手法はいろいろ存在しており、それらを含む手法として設計方法論が体系化され、構築されることになる。そして、このような方法論を実現するためにはコンピュータの高度な利用が不可欠であり、コンピュータの利用を前提にしなければ、設計工学自体の議論がほとんど不毛のものになるおそれもあるのである。

(3) 設計対象 設計という行為に対して、設計対象が存在することは説明するまでもないことである。しかし、設計工学でいう設計対象は設計のためのモデルを指す。コンピュータによる設計支援においては、モデルはいわゆるCADモデルであり、これに解析が加わればCAEモデルということになる。さらに設計工学においては、このようなモデルと上述の設計方法論とが相関連していることが必要である。

図2はこのような説明のためにAI技術による設計支援システム(インテリジェントCAD)の構成を示したものである<sup>2)</sup>。この図で設計プ

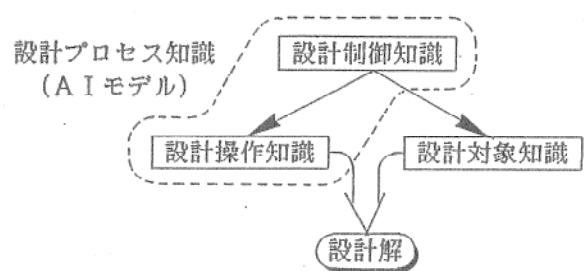


図2 インテリジェントCADの構成

プロセス知識と記した部分が上記(2)の設計方法論に相当し、設計対象知識の部分がここで述べているCADモデルに相当している。つまり設計プロセス知識にもとづくAI処理によって設計対象が操作されつつ設計者の支援が行われるのである。ここではシステムの詳細についての説明は割愛せざるを得ないが、興味のある方は別著<sup>2)</sup>をご参照願えれば幸である。

以上まとめると、設計工学のコンセプトとしては、三つの要件(1)設計目標、(2)設計方法論、(3)設計対象が必要であり、これらの関連として設計工学の内容が体系づけられることになる。

#### 4. 設計工学の内容

それでは、このような設計工学の内容として具体的にどのようなものが考えられるであろうか。著者が現在、設計工学で扱うべき対象と考えている項目の一例を示すと、上記の(1)(2)(3)に対応して表1のようである。随分、欲張っ

表 1 設計工学の内容

---

(1) 設計目標関連：
品質設計，信頼性・安全性，ロバスト設計，協調設計（コンカレント設計），創造設計，感性設計，満足化設計，ヒューマン・インスフェイスなど
(2) 設計方法論関連：
各種AI手法（探索手法，知識表現，オブジェクト指向，制約指向など），ニューラルネット，ファジィ，最適化手法（線形計画法，非線形計画法，整数計画法，D.P.など），多変量解析，意思決定支援手法など
(3) 設計対象関連：
2次元・3次元CADモデル，システムモデリング・シミュレーション，形状・形態設計，CGモデル，VRモデル，設計データベース，フィチュアモデルなど

---

た内容であるが、設計工学で扱うべき内容の多様性からやむを得ないものと考えている。ただ、強調しておきたいのは、これらの項目をばらば

らに扱うのではなく、あくまで具体的な設計対象の事例を中心として統合的に考え、設計支援システムを開発し研究を行うべきことである。設計事例としては当然ながら、得意とする分野を対象とせざるを得ない。我々の研究室では、船舶の基本設計、航空機の基本設計のほか、エネルギープラントの設計など大形製品の設計エキスパートシステムの開発を重点に研究を進めている。なお、ここで事例というのは、あくまで実設計問題という意味であり、いわゆる演習問題ではない。現在の設計工学には、未だ完全に一般化された理論はなく、このような事例を通じて合理的、科学的な扱いを指向する段階にある。このような研究の積み重ねによって体系化が行われ、より一般的な理論に近づけることが可能になると思われる。

#### 5. おわりに

肝心の設計工学の中味について説明する紙面が無くなってしまったが、当研究室では、小生が企業から本学に着任して以来、このような研究を行って約10年が経過した。これまでの研究結果は、とりあえずの中間的なまとめとして最近、成書<sup>3)</sup>にしたが、設計工学は工学におけるいわば永遠の課題であって、今後もさらに研究を続けるつもりである。本文がそれぞれの分野におけるこの種の研究のいとぐちともなれば幸である。

#### 文 献

- 1) Simon, H. A. : The Science of the Artificial, MIT Press (1966), 邦訳：システムの科学，ダイヤモンド社（1977）。
- 2) 赤木・藤田：設計エキスパートシステムの基礎と応用，コロナ社（1990）。
- 3) 赤木新介：設計工学（新しいコンピュータ応用設計）(上)(下)，コロナ社（1991）。