



設計工学について

赤木新介*

1. はじめに

機械製品は一般に要素を結合したシステムである。大型製品では特にこの傾向が強く各種プラントのほか、車両や船舶などはその代表例である。ところでこのような機械を設計する場合を考えてみると各製品にはそれぞれ固有の設計技術があるが、一方で各製品に共通的な設計技法が存在するように思われる。これは端的には“取まとめ設計技術”とでもいえるものである¹⁾。

しかし従来、このような設計技術については機械要素の設計法などのように体系化されたものがない。もしこのようなとりまとめ設計技術が体系化され、工学として確立するならば大変望ましいことにちがいない。近年におけるこのような分野の発展の一つはシステム工学であろうが、設計技術の立場からみると、よりハードウェア（機械）に密接したものが望まれる。また最近のコンピュータの発達に伴って CAD とともに CAE (Computer Aided Engineering) などがさかんに話題になるようになったが、このような自動設計技術もここで述べる設計工学の一分野と考えられる。

2. 設計の機能と設計工学

機械などの設計は上記のように固有設計技術と共通設計技術から成るが、これらの関係は図1のように概念的には縦横の関係で表わされ、横の部分が設計工学の対象分野である。このような技術として取りあげられる項目とそれを達成するための設計の機能を示すと表1のようになる。設計工学ではこのような設計の機能を満

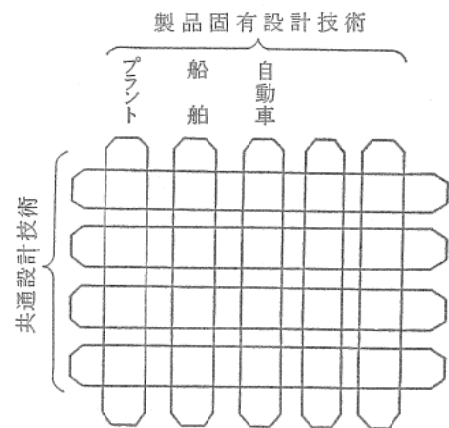


図1 製品固有設計技術と共通設計技術

表1 大形技術の特徴と設計の機能

大形技術の特徴	設計の機能
<ul style="list-style-type: none"> 大形、複雑なシステム 多数の関連部品により構成 大量の資源（人、資金、物）による設計・生産・運用などの活動 性能、経済性、信頼性などの追求と調和 	<ul style="list-style-type: none"> プランニングと機能解析 設計案の策定と評価 設計最適化 信頼性解析 生産技術、生産管理、資材調達などの支援

たす方策を考えることになる。以下、これらの内容について述べることにするが、紙面の関係からごく概略に止める。より詳細は¹⁾でとりあげている。

3. 設計案の策定と評価

技術は基本的に社会の要請に支配されるものであり、これはエネルギー技術などをみてもエネルギー危機以来の情勢変化から新技術の開発が進められてきているところからも明らかである。設計はこのような社会的要請にもとづいて“設

*赤木新介 (Shinsuke AKAGI), 大阪大学, 工学部, 産業機械工学科, 教授, 工博, 機械設計学

計案”を策定する活動であるが、設計が成功するためには、設計案のもつ技術自体の性格と社会的な要請とがうまく適合することが必要である。いかなる設計案を立案するかということは多分に設計者の創造活動によるところであるがこの面についても、CAD などと関連して最近研究が進められるようになった。

設計案が出来ると次に何らかの方法によって評価が必要になる。これは性能や経済性などの評価尺度によって行われるが、科学的な評価の一つの方法として好適方式の考え方がある。これによれば要求される規模と関連して設計案の有する生来的な優劣の評価が可能になる。この意味を身近な機械であるポンプを例に説明すると、与えられた流量と揚程を満たすポンプにはピストン式、うず巻式、軸流式などいろいろの種類があるが、好適方式とはその中で最も有利な方式（大容量で低揚程の場合は軸流式というように）を選択することを意味する。そして次に述べる最適設計はこのような好適方式の中でさらに要目や寸法を最適に決定することを意味する。

上記のように好適方式は明らかに規模に関係しており、規模に応じて好適な方式が決まってくる。図2は同じ3500kwの出力を持つレシプロ蒸気機関と蒸気タービンの例を比較したものであるが、この規模において蒸気タービンの方が有利なことは一見して明らかで、レシプロ機関では異常に大形のものになってしまう。このような好適方式の考え方はあらゆる設計におい

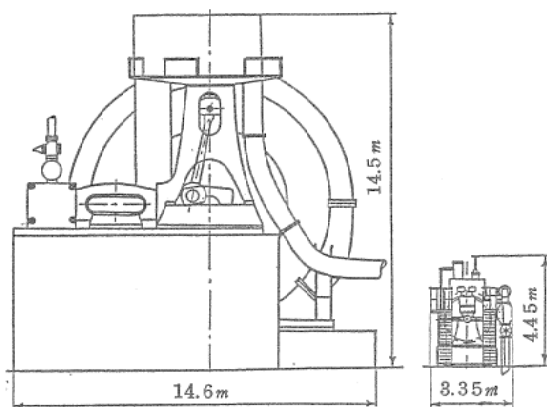


図2 3500kw 発電用の蒸気機関とタービンの大きさ比較¹⁾ (規模と好適方式の例)

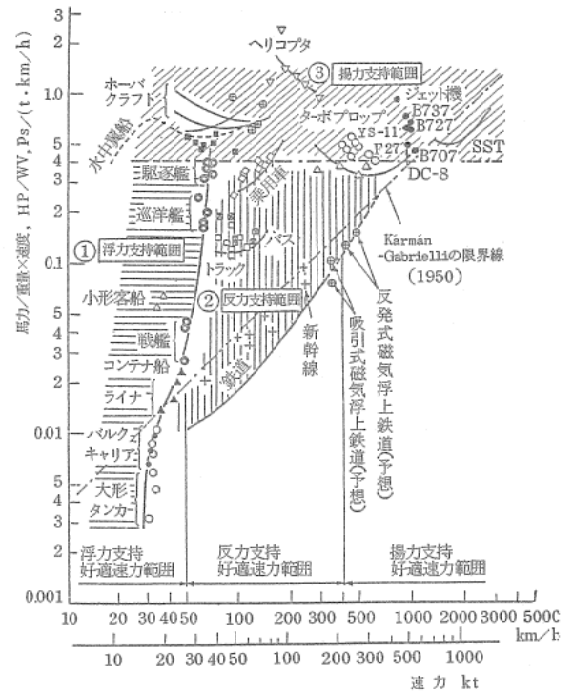


図3 各種交通機関の好適速力範囲

てみられる。

図3は交通機関のエネルギー効率の面から、各種類の交通機関の速力に対する好適範囲を比較したものである。詳しい説明は省略するが、縦軸は単位輸送量（トン・キロ）あたりのエネルギー消費量にリンクする馬力/(重量×速力)を、横軸は速力をとってあり、図の低いところに位置するものほどエネルギー効率が優れていることを示している。この図をみると低速域ではいかに船舶が優れたものであるかがわかるが、逆に船舶を高速化しようとするとは著しくエネルギー効率が悪化する。艦艇のように30ノットにもなると速力は航空機の1/5以下であるのにエネルギー消費は航空機並になってしまう。この図より、低速域では船舶、中速では陸上交通機関、高速では航空機がそれぞれ好適分野を占めていることがわかる。このような例は、構造物などでも存在し、橋梁ではよく知られているようにスパンの長さに応じて好適方式が分れる。本四架橋でも各方式が見事に使い分けられている。

(図4)

ところでこのような各方式の違いは設計的にみると機能の分化によって達成されている。例えば、鉄道を高速化しようとする、必然的に

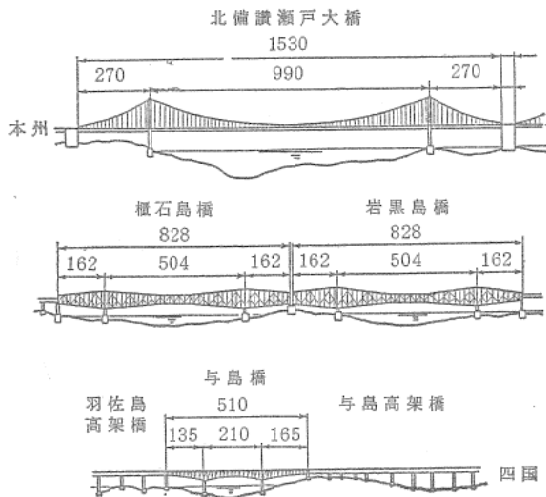


図4 橋りよりの規模と好適方式(本四架橋)

浮上式に行きつくが、これは従来の車輪のもっていた“支持”の機能と“推進”の二つの機能を磁力による支持とリニアモータによる推進というように別々の機構に分化している¹⁾。

4. 設計最適化

設計最適化は広義には上記の好適方式の選定を含むものであるが、狭義には好適方式が定まった後に性能や寸法などをコストや重量などが最適になるように決定する過程である。この過程では数値計画手法が非常に有効で、現在設計工学の中でも新しい一つの分野を形成しつつある。当研究室でも現在精力的にこの分野に取り組んでおり、各種のシステムに適用をはかっている。それらの中から最近行なった実例を一つ示しておく。

図5は海洋石油掘削リグの基本形状設計に最適設計手法を適用した例である²⁾³⁾。海洋石油掘削リグの設計では、波の中で稼働率を上げるためになるべく動揺の少ない形状を求めなければならないが、動揺特性は波とリグの形状の相互の関連によって複雑に変化し、人間の手で動揺が最小になるような形状を探索することは非常に困難である。最適設計ではコンピュータによる計算によって自動的に目的とする形状が得られ

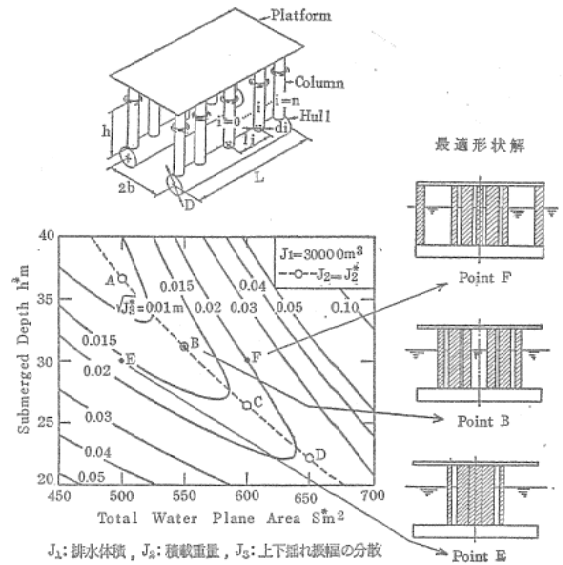


図5 海洋石油掘削リグの最適形状設計の例

る。図のように計算結果から要求条件によって最適形状が求められ、これらの中から設計者は動揺以外の条件をも考えながら望ましい最終形状を選択できる。今後のコンピュータの一層の発達によって、このような最適設計手法はCADやCAEの中で重要な位置を占め、設計に広く使われるようになるであろう。

5. むすび

設計工学の対象分野にはこのほかにも信頼性解析など重要なものがいくつかあるが、今回は割愛したい。現在コンピュータは設計の中に著しく浸透しつつあるが、これに基礎を与えるものとして設計工学の一層の発展が望まれる。

文 献

- 1) 赤木, “エンジニアリングシステム設計工学”, 共立出版(昭57).
- 2) 赤木, 伊東, 田中, “動揺特性を考慮した半没水浮体の最適形状設計”, 機械学会論文集49-440(昭58-10), 604-611.
- 3) 赤木, 横山, 伊東, “システム分析手法に基づく半没水浮体の形状最適設計”, 機械学会投稿中.