

90年代の機械工学教育

Education of Mechanical Engineering in 1990's

大 橋 秀 雄

Hideo OHASHI

要 旨

自動車の電子化を例にとりて、機械工学の中で起こっている変化を摘出し、従来の力学ベースの機械工学に加え、論理・手法ベースの学問を加えた新機械工学のイメージを与えている。

このような変化に対応するためのカリキュラムの変遷を概観し、教育の成果を高めるには、履修方法に工夫を要することが力説されている。

Abstract

Reform in mechanical engineering education expected in the present decade is discussed. The drastic change in the contents of mechanical engineering, which has been emerging principally in accordance with the proliferation of electronic computers, requests the fundamental shape-up of curriculum. Example of such reform introduced at the Department of Mechanical Engineering of the University of Tokyo is shown.

1. 変貌する機械

過去10年くらいの間、自動車の電子化が急激に進んできた。エンジンの燃料及び排気ガス制御、自動変速機制御、ブレーキのアンチロック制御、サスペンション制御などがそれぞれに専用のCPUを持つコンピュータ制御に変わり、自動車の性能と機能は驚くほどの進歩を遂げた。

自動車のこのような変化は、他の多くの機械の中でも起こっている本質的な変化の一つの典型ともいえる。以下もっと単純な場合を例にとりてこの変化を抽出してみよう。「ある方向への変位が、時間とともに図1の曲線に従って変化する機構を設計せよ」と学生に課題を与え

たとする。筆者が学生の頃だったら、間違いなく図2のようなカム駆動方式を選び、カム形状の設計に大方の時間を費やしたことだろう。頭のよい学生だったら、その軌跡を近似的に実現する巧みなリンク機構を考え出した

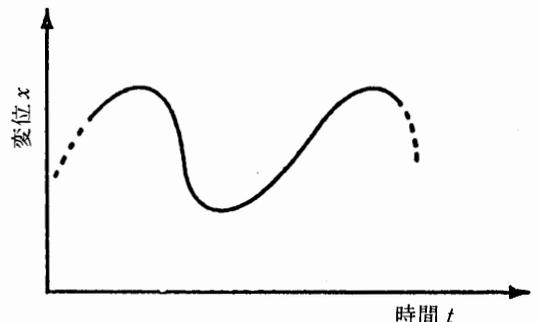


図1 課題の変位曲線

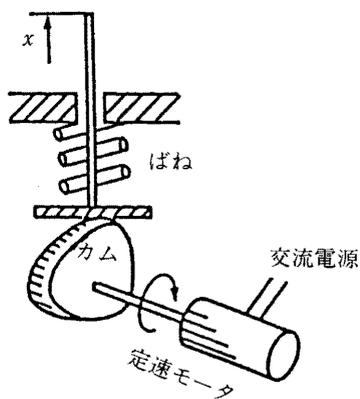


図2 カム駆動方式

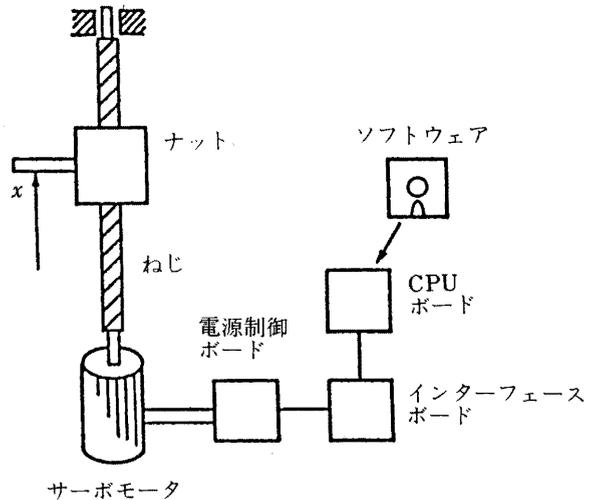


図3 ボールねじ駆動方式

かも知れない。

今の学生ならほとんど例外なしに図3の方式で設計する。これはx-yテーブルと同じ原理であり、ボールねじの軸をサーボモータで回転してナット側を与えられた条件に合わせて変位させる。モータ駆動電源は、別に準備された制御プログラムに従いインターフェースを介してCPUから直接制御される。

カム設計のベテランに言わせれば、価格の問題を別にしても、後者の設計は大きすぎて回りくどく、また高速の変化には適さない一笑に付すかも知れない。しかし学生のこの選択には、時代の流れを感じさせる。後者の特色は、同一のハード構成で自由な軌跡が実現でき、かつその変更が容易なこと、二次元、三次元への拡張が容易なこと、カタログ掲載の標準部品を組み合わせれば素人でも手作りがきく点などである。一口にいえば、ハードの難しさをソフトで肩代りさせているわけで、設計者は専ら良いソフトウェアを作るために知恵を絞る。

図2が一つの機械要素であるとするれば、同じ機能を実現する図3のすべての構成要素もまた機械要素である。CPUボードも、インターフェースボードも、制御ボードも、すべて特定の機能を実現するための新しい機械要素であり、ボルトやナットと同類と考えればよい。同様にして、かつては無に等しかったソフトウェアもまた新機械要素の一員であり、機械の高機能化、知能化には決定的な役割を担っている。機械工学教育の改革は、まずこの認識から出発しなければならない。

2. 新しい機械工学とは

機械工学とは機械あるいはその複合体であるプラント

の企画、研究、開発、設計、製作、運転、保守、環境、廃棄などにかかわる学問全般をさし、またその視点も機械固有の問題から人間、社会、地球とのかかわりに至るまできわめて幅広い。機械とは、意図された機能を実現するための人工構造物を指すが、船舶、航空機のように固有の学問分野が存在するものについてはそれを除外するのが普通である。

機械工学は、英語ではmechanical engineeringと呼ばれるように、mechanicsすなわち力学をその基礎におく学問とも解釈される。かつての機械工学はまさしくその言葉どおりであり、図4(a)に示すように材料力学、機械力学、流体力学、熱力学の四力学をみっちり教え込み、それに応用・統合知識としての設計学や加工学などを上乗せして機械工学を形作ってきた。そこにおいては、軸受、歯車、継手などの伝統的機械要素が専ら使われ、運搬機械、工作機械、発電所など様々な機械製品や工場・プラント群を産みだしてきた。

20世紀後半の技術は、電子計算機の浸透によって計り知れない影響を受けた。機械工学もまた例外ではなく、前述の例で述べたようにCPUを機械要素として取り込む新機械工学時代に突入した。図4(b)はそれを模式的に示している。従来の力学ベースの機械工学の上に、計算機科学、情報工学、システム工学などの論理・手法ベースの学問が重ねられて新機械工学を構築する。また従来の力学はもっぱら連続体を対象としてきた。その壁を破ってサブミクロン加工や真空、極低温などの極限状態に対応するため、分子工学、量子工学などを導入して力学サイドからも強化を図らなければならない。このような新機械工学の上には、より高機能で知能化された機械や

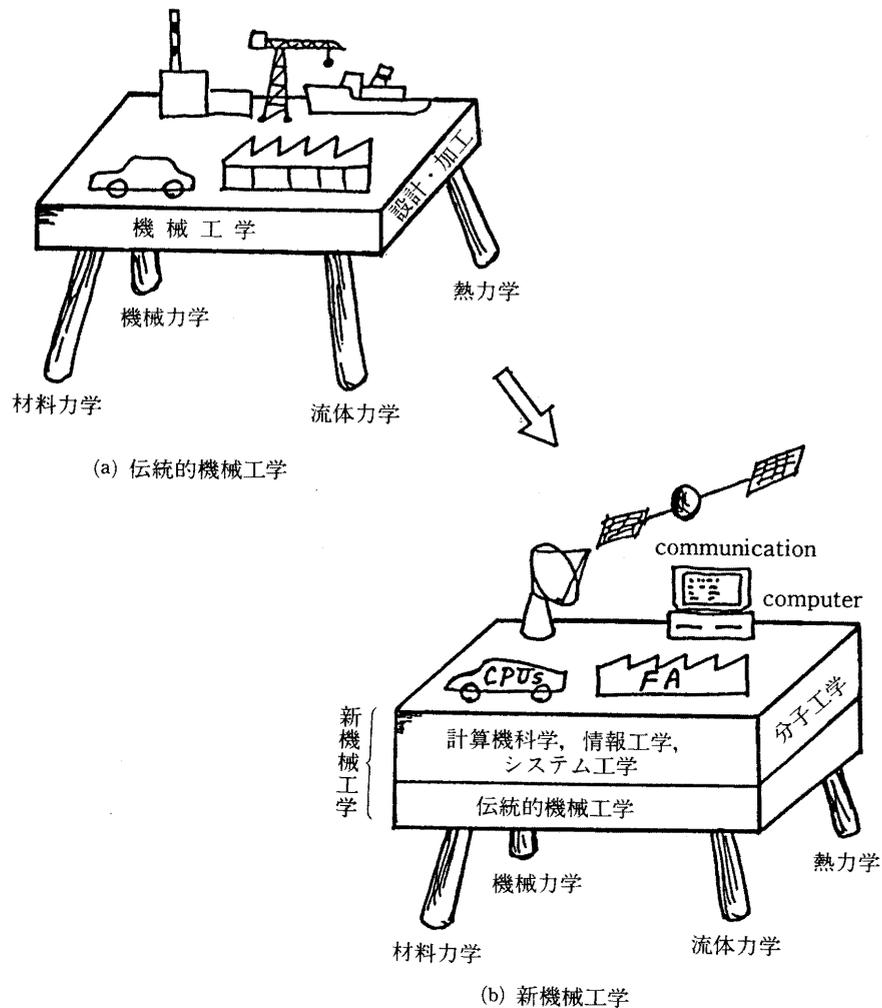


図4 伝統的機械工学から新機械工学へ

プラントが花咲き、それが高い信頼性と安全性をもって管理運用されるはずである。

3. カリキュラムの変遷

表1に示す科目一覧表をご覧頂きたい。見覚えのある方がたくさんいらっしゃるはずである。筆者も昭和20年代末にこれとほとんど同じ内容で教育を受けたし、つい最近までは基本的にこの型のカリキュラムが全国の機械系学科で生き延びてきた。よく見ると船用機関（軍艦）とあることから正体がばれるように、これは大正14年（1925年）の東大機械工学科における科目一覧である。

東大機械におけるその後の変遷をたどってみると、昭和13年に機械振動学が、昭和24年に自動制御と作業管理が、昭和30年に塑性学が加わっている。昭和52年には更にシステム工学、管理工学、工場設計などを加えて時代に対応しようとしたが、そのようなマイナーな手直して

は済まされないほど、機械工学の内容が前述の新機械工学に向けて急ピッチで変貌を遂げた。

この状況に対応するため、昭和61年にカリキュラムの全面的改編とコース制の導入を行ったが、その詳細については文献(1)を参照願いたい。ちなみにその折りに導入された科目は、コンピュータ機械工学、メカトロニクス、ロボティクス、自動生産システム、CAD/CAM、バイオシステムテクノロジー、トライボロジー、数値熱流体力学、統計熱力学、基幹産業概論などであり、同時に紡績機械、冷凍機械を始めとする多くの個別機械の講義が姿を消した。

東大機械では、現在機械工学の枠内における情報教育の充実を主眼に第二弾のカリキュラム改革を実施中であり、平成3年度に実現を希望している船用機械工学科の機械情報工学科への改組に合わせて、遅ればせながら新機械工学への対応を完了するよう努力している。ちなみに

表1 機械工学の科目一覧例

| 科目名 | 科目名 |
|-------------------|---------------------|
| ○ 数 学 | ○ 工 業 経 済 |
| ○ 力 学 | ○ 機 械 工 学 実 験 |
| ○ 応 用 力 学 | ○ 機 械 製 図 第 二 |
| ○ 水 力 学 及 水 力 機 | ○ 応 用 物 理 学 実 験 |
| ○ 応 用 物 理 学 第 一 | ○ 電 気 工 学 実 験 大 要 |
| ○ 応 用 物 理 学 第 二 | ○ 機 械 工 学 実 地 演 習 |
| ○ 熱 及 熱 機 関 | |
| ○ 機 構 学 | 紡 織 |
| ○ 機 械 工 作 法 | 鉄 道 車 輛 |
| ○ 機 械 設 計 第 一 | 煖 房 及 び 換 気 |
| ○ 一 般 電 気 工 学 第 一 | 冷 凍 機 及 冷 蔵 法 |
| ○ 数 学 及 力 学 演 習 | 操 重 機 |
| ○ 応 用 力 学 演 習 | 圧 縮 空 気 機 械 |
| ○ 物 理 学 実 験 | 工 場 設 計 |
| ○ 機 械 製 図 第 一 | 原 動 所 設 計 |
| ○ 機 械 工 学 実 習 | 弾 性 学 特 論 |
| | 内 燃 機 関 特 論 |
| | 水 力 学 特 論 |
| | 自 動 車 工 学 |
| | 船 用 補 助 機 関 |
| | 船 用 機 関 (軍 艦) |
| ○ 熱 力 学 | 化 学 工 学 |
| ○ 実 験 機 械 工 学 | 造 船 学 大 意 |
| ○ 一 般 電 気 工 学 第 二 | 航 空 学 大 意 |
| ○ 金 属 組 織 学 | 建 築 学 大 意 |
| 金 属 材 料 | 航 空 原 動 機 理 論 |
| 製 造 冶 金 学 第 一 | 航 空 原 動 機 構 造 及 設 計 |
| 機 械 力 学 | ◎ 卒 業 計 画 |
| 蒸 気 タ ー ビ ン | ◎ 卒 業 論 文 |
| 内 燃 機 械 | |
| 水 車 及 唧 筒 | |
| 機 械 設 計 第 二 | |
| 工 作 機 械 | |
| 船 用 機 関 | |

◎ 必修科目

○ 限定選択科目

に新たに加えられる、または旧講義のスクラップアンドビルドによって生まれる科目は、ソフトウェア、ソフトウェア演習、情報システム工学、ディジタル信号処理、生体システム工学、マイクロ知能機械、数値解析、計算力学、情報化生産工学、機械創造学、機械分子工学などである。

カリキュラムの変遷を大きな目で眺めると、ながらく力学と個別機械が中心であったものが、次第に論理・手法ベースの分野が強化され、かわりに個別機械が消滅していった経過をたどっている。

4. 学生のニーズと産業界のニーズ

機械工学は、従来から広い範囲を包含し、学生がその全容をつかんで卒業するのはなかなか難しかった。大学院の入学試験で学生が進学の動機として述べる言葉は、きまって「もっと勉強したい」の一言である。機械工学

の大海に翻弄され、学生が胸を張って卒業する気になれない状況は十分理解できる。この上さらに、新機械工学に対応すべくカリキュラムの拡充強化が行われると、上述の新科目名から想像できるように、学生の勉強範囲は際限なく広がる一方である。結果として教える側の意図とは裏腹に、いたずらに学生の自信喪失を招き、専門拒否の傾向を助長する恐れもある。

学部学生が、機械技術者としての総合性（インテグリティ）を保ちながら、ある程度専門家としての自信を持って卒業できるようにするにはどうしたら良いか。このための方策は、カリキュラムの改編と並んできわめて重要な検討課題である。

その方策には次のようないろいろな処方が考えられる。

- 1) 新科目の導入に合わせて既存科目の整理統合を大胆に進め、科目数の増加を抑える。
- 2) 必修科目を廃止するかまたは数を制限し、自由選択の幅を増やす。
- 3) コース制を導入し、機械工学のコア部分のみを共通として、それ以外はコースの特色に応じた科目の履修を推薦する。
- 4) 卒業論文で最新の研究課題の一部を分担させ、研究の最前線とかかわる体験を持たせる。
- 5) 学部学生の卒業後の進路が多様化している今日、他学部、他学科の講義で取得した単位を認定する限度を、少なくとも卒業必要単位の1/4以上に設定する。

履修の自由度の拡大と、専門教育の深さとは相反する関係にある。学問領域の広がりによって、専門教育を学部段階で完結させるのは不可能な状況に近づきつつあるとの見方もある。やがて、専門教育は大学院、学部は専門のための予備教育あるいはゆるい専門教育と役割が分化する方向に変わってゆくだろう。

学生は明らかにより自由な履修を求めているが、産業界の第一線で活躍している機械技術者に「材料力学を全く知らない機械技術者を送りだしてもよいか」と尋ねてみると、答えは一様に否定的である。たとえシステムエンジニアのようにソフト主体の技術者に聞いてみても、同じ答が返ってくる。機械出身のSEが計算機科学や情報工学専門のSEと違う点は、機械そのものを理解できる強みにある。そのことが、実際に働いてみて実感として分かってくるらしい。産業界が我々に求めているものは、あくまでシステムや情報にも強い**機械技術者**であって、機械を知らないcomputer kidsではない。

産業界は広く現象を理解し機械やプラントを取りまと

めてゆくための基礎能力の養成に期待しているのである。

5. 教育をとりまく環境の変化

機械工学教育のカリキュラムは、伝統的に「作る人」を念頭に置いて組まれてきた。すなわち、機械を開発し、設計しそして製造するのに必要な解析力 (analysis) と統合力 (synthesis) を身につけるための教育が中心となっている。

学部で卒業する学生の就職後の仕事の内容を見ると、「作る人」の割合は意外と低い。昨今の第三次産業の相対的拡大や銀行・証券・生保など金融産業の強い吸引力がこれに拍車をかけている。学生が社会に出てから必要とする知識と大学のカリキュラムとの間に大きな隔たりがあることが指摘され、学生のニーズに合わせた教育を行うべきであるとの意見も聞かれる。

今までは幸いにして、苦勞して専門教育を施した学生達は、ほとんど例外なくその道で身を立て、家族を養い社会に貢献してきた。この幸せな構図は、文学部、教育学部、法学部などの文系学部ではとうに幻想となっている。法学を学んで卒業する全国4万人の法学部卒業生のうち、弁護士や司法官として直接法によって身を立てる人は2%にも満たないのである(文献2)。

工学部においても、長い目でみれば専門教育を役立てぬ卒業生の割合が増えて来るだろう。学部卒業の段階では専門家として立つ自信を持つことができず、その反動として専門意識を拒否して文系就職に走る学生が増える傾向にある。機械系でも増えつつある女子学生は、結果的には専門教育を役立てぬ者の割合を増やす方向に作用するだろう。

このような状況下では、学部でいかなる専門教育を行うべきか、教える側にも迷いを禁じ得ない。文系の先生方がどうに経験している状況が工学教育の世界にも及びつつある。

学生の職業選択のマジョリティに合わせて教育内容を変えるべきとの意見を耳にすることがある。そもそも教育の実施単位である学部学科の体制は、専門化した学問の体系に沿って構築されており、学生の卒業後の仕事に合わせているのではない。学生の職業選択の動向に合わせて教育を行うと、おそらくどこでも同じような教育が行われ、各地に多数の雑学部雑学科が生まれて教育の特色が全く失われる結果となろう。これは同時に、学問の進歩発展にたいする大きな脅威でもある。

筆者の考えては、大学教育の本来の目的は学生に知的

日本工業教育協会誌 第38巻 第5号 1990.9

トレーニングを施し、論理的思考力、判断力、出来得れば創造力を強化することにある。このようなトレーニングは具体的事例を伴った方が真迫力があり実効的である。専門教育における専門とは、トレーニングの具体的なサンプルを拾う場にすぎないと割り切って、学生の就職環境の変化とは無関係に、その専門を堅持する方が結局は教育の成果が高まるものと信じている。

6. まとめ

90年代の学部レベルにおける機械工学教育を考えると、その目標をまとめると次のようになる。

1. 新機械工学にふさわしいカリキュラムへの切り替えを早急を実現する。
2. 学部教育の過密化を防ぎ、学生が自信を持って卒業できるようカリキュラムの運用に留意する。例えば、コース制などの採用によって履修にある程度の偏りと特色を持たせる。
3. 学生の卒業後の進路の多様化に対応し、自由選択の幅を拡大する。

文献

- (1) 大橋秀雄：機械工学教育、日本機械学会誌、90巻818号(1987-1)、41。
- (2) 天野郁夫：理工系のメーカーはなれ、学術月報、43巻3号(1990-3)、287。



大橋秀雄

1954年3月、東京大学工学部機械工学科卒業。

現在、東京大学工学部教授、機械工学科。

ターボ機械協会会長、日本混相流学会副会長、日本機械学会監事。