



Title	大阪大学工学研究科機械工学専攻における「統合デザイン教育プログラム」の取組
Author(s)	藤田, 喜久雄
Citation	工学教育. 2006, 54(3), p. 92-97
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/3357
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

大阪大学工学研究科機械工学専攻における 「統合デザイン力教育プログラム」の取組

Graduate Education Program of Design and Integration Capability at Department of
Mechanical Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University

藤 田 喜久雄^{*1}

Kikuo FUJITA

Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University is now developing “Graduate Education Program of Design and Integration Capability” under the MEXT’s scheme entitled “Initiatives for Attractive Education in Graduate Schools”. Maturation of society and life, globalization of manufacturing industry, latest demands of human’s welfare have changed the meaning of design from functional ensureance to value creation. This requests graduate education of mechanical engineering to turn its definition over both synthesis and analysis and to learning and communication capabilities beyond knowledge itself. With recognizing such a background, the program aims to reform the education curriculum of mechanical engineering by introducing a product design subject which integrates design methodology education and project-based learning over industry-sponsored design problems, several graduate-level fundamental subjects, and the depth area system in which elective subjects are categorized into several areas based on their specialty. This paper describes the objectives, undertakings, promises, etc. of the program.

Keywords : Engineering Education, Initiatives for Attractive Education in Graduate Schools, Design Capability, Project-Based Learning, Fundamentals, Depth Areas

キーワード : 工学教育, 魅力ある大学院教育イニシアティブ, デザイン力, プロジェクト型学習, 基盤科目, 科目類制度

1. はじめに

工学教育に変革を求める気運は、日本の経済状況ともあいまって、1990年代後半以降、継続している。ここに来て、その対象は大学院教育にまで広まりつつある。それについては、工学分野での大学院への進学率が急速に高まり、新卒技術者に占める大学院修了者の比率が高まっていることが直接的な要因であると考えられるが、内外の情勢を鑑みれば、社会そのものの有り様の変化しつつあることと関係付けておくことも重要であるように思われる。例えば、2005年9月に中央教育審議会が出した大学院教育についての答申¹⁾は「新時代の大学院教育」と題されており、大学院教育についての要請がそのパラダイムにまで至ることを象徴している。

本稿では、上記のような背景のもとで大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻が進めつつある大学院教育についての取組、なかでも、2005年度の文部科学省

による魅力ある大学院教育イニシアティブ事業²⁾に採択された「統合デザイン力教育プログラム」の背景、目的、内容、展望などを報告する。

2. 製造業の変貌とデザイン力への要請

今日の社会は製造という営みを通じて高度に人工化しており、製造業の盛衰はその国や地域の発展を左右する本質的な因子となっている³⁾。製造業の生産性は歴史を経て段階的に向上してきている。その過程で、技能が技術になり、やがて、工学が形成され、さらにはエンジニアリングサイエンスとしての精密化を経て、技術経営に象徴される他分野との横断的な関係も必要になるなど、製造業と工学教育との関係も徐々に変容してきている。日本においても、製造業は高度成長期を経て1980年代には高い生産効率と優れた品質を持つ競争力のある製品を送り出せるようになったが、それに至る過程で機械工学分野に限らず工学教育の果たした役割は大きいはずである。しかしながら、昨今の経済や産業の状況を踏まえると、高等教育機関に課せられた人材育成についての要請は1980年代ま

平成18年1月6日受付

*1大阪大学大学院工学研究科

でのそれとは変質してきているように思える。

今日の製造業やその背景をなす社会や生活が1980年代までのそれらとどのように異なっているかについては様々な視点からの議論がなされている。それらのことは本稿の目的とするところではないものの、少なくとも、今日の製造業には、社会生活の成熟や産業活動のグローバル化、新たな福祉への要請のもと、優れた製品や機械、装置などを安価に提供することを超えて、斬新な価値の創出に向けたデザイン力が不可欠の因子になってきている。これについては、人々が製品に求めるところが何らかの新しい機能を実現することから他者とは異なる独自の個別的な価値を獲得することへと拡大しつつあること、グローバル化のもとの経済環境の変化や環境問題などを踏まえた様々な制約の顕在化を経てモノづくりを展開する上での条件が厳しくなっていること、科学や技術における知識の蓄積が一定のレベルに達したことにより知識そのものを財として活用することが新たな価値を生み出す上での鍵となりつつあること、などが関連している。一連の変化の中でも最後の項目は深部における特徴であることから、そのことに着目して今後の社会を「知識基盤社会」と称することもあるようである。

本稿で報告する統合デザイン力教育プログラムは、以上のような背景を認識し、構想力とも言えるデザイン力に着目することを通じて形成した着想によるものである。ここでの「統合デザイン力」とは、社会や生活に変革をもたらす秀でた目標を構想し、その目標に向けて様々な知識や固有技術をシステムとして統合していくデザインの力を指し示すために用いている造語ということになる。

3. 工学における拡大する設計の意味

統合デザイン力とは上記のような背景のもとで浮かび上がる課題であるが、本節では、まず、その具体的な内容について考えてみたい。

工学は何らかの有用なモノをつくり出すためのものであり、その中核には設計という営みがある。設計の意味は前出のような経済発展の段階などの様々な環境変化のもとで変容してきている。例えば、既に世の中に存在しているモノをつくることで足りる時代の設計は既知の仕様に対してモノの内容を確定させることに留まるが、斬新な製品が求められる時代の設計はそのような仕様そのものを導き出すところをも含めて考える必要がある。なお、デザインという用語は、狭義には意匠系の設計を指す場合も多いが、ここでは従来のものとは異なる範疇での設計を指す広義の意味を込めて用いている。

上記のように設計の意味が拡大していく様子は、Cross⁴⁾による図式に重ねれば、簡便には図1のように整理することができる。創造的な設計とは、新しい

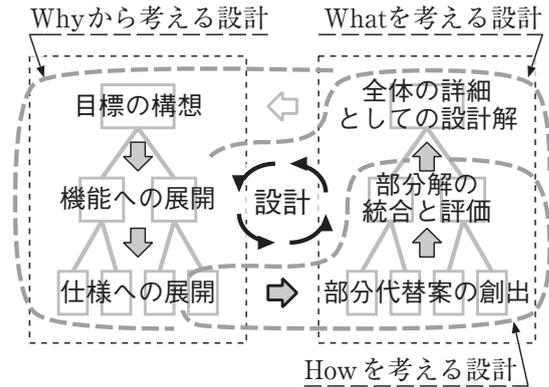


図1 拡大する設計の意味

目標を定め、それを成立させるための機能を構成し、それらについての仕様を定めた後に、それぞれの部分機能に対する仕様を満足する部分設計解を生成し、それらの組合せによる統合と評価を繰り返しながら、最終的に全体としての人工物のすがたを詳細に描き出す一連の過程である。そうは言うものの、実際には、何らかのお手本がある状況下で設計を展開して何らかのモノをつくり出すことも行われており、その場合には、目標や機能構成は既与であり、設計に求められることはどのようにして部分を全体に統合するか（How）ということに限定される。また、部分改良によって新しいモノをつくり出す場合には、どのようなモノをつくるか（What）をも含めて、設計を考える必要があるものの、本来の創造的な設計に重なるものではない。創造的な設計には、なぜ、敢えてそれをつくるのか（Why）をも含めて、目標の構想における革新性が求められる⁵⁾。

以上の各段階を前提とすると、高度成長期の製造業はHowを考えることによって人件費などに起因する優位性を伴いつつ世界市場で競争力のあるモノがつけられるようになり、やがて、Whatを考えることによって様々なモノが作り出せるようになったと言える。しかしながら、最近では、作り出したモノが市場では受け入れられないなどの事態も生じていて、Whyの視点が不可欠となる時代に至っている。もちろん、そのことは、我が国が豊かになったということだけではなく、先進国諸国において、豊かさのレベルが一段と高くなって、モノに求められる内容が斬新さや個性などの従来にはなかった価値の創出にまで至っていることも大きい。

図1のもとの議論は工学や技術の対象が図の右から左へと拡大すれば問題が解決に向かうことを意味するものであるが、実態はそれほど単純ではない。設計の内容がWhyへと拡大したことはHowやWhatにおける手段が拡大したり高度化したことによって支えられている。この点は今後の社会が知識基盤社会であると言われることとも呼応する。知識基盤社会では、科学技術における知識の蓄積が相当に進んで、知識その

ものが産業や経済を支える財となる一方、領域の細分化による弊害を伴いつつ、事前に設定する目標が適切なものであることが結果の効用を左右したり、様々な分野の専門家の協働に向けたコミュニケーションそのものが結果を左右することにもなる。それらのことを工学教育における課題に翻訳すれば、上記のWhyに相当する構想力の養成とともに、要素技術・システム技術のいずれの分野においても、より高度な内容を系統立てて教育することが求められるのみならず、個々の新しい展開に向けてより高度な基盤を教育しておくことやチームによる活動を通じて知識の生産を行える能力を育成しておくことが必要な事項となる。

設計の意味が拡大していることを以上のように理解すれば、統合デザイン力として求められる内容は、狭義の設計が指し示す範囲に留まらず、以下のような広範なものであることが浮かび上がってくる。

- ・シンセシスからの統合デザイン力…システムの全体像を描き、その実現に向けた計画を立案し、推進する能力。具体的には、設計方法論に基づいたデザインの構想力や展開力、チームワーク力。
- ・アナリシスからの統合デザイン力…システムにおける機能や構造を支配する機械現象を解析し、統合する能力。具体的には、数学と力学を基礎として展開する機械工学の高度な専門的能力。

これらの総体は広範なものであり、特定の個人がすべての内容を修得できるものではない。統合デザイン力教育プログラムでは、一つの専攻を単位としたカリキュラムのシステム化のもとで、それぞれの学生が何れかの方面に重きを置いた履修を選択できるようにすることによって、統合デザイン力に向けた多様な人材を育成していくことにしている。なお、機械工学専攻は2005年4月に従来型のサイズの3つの小専攻（機械物理工学専攻、機械システム工学専攻、電子制御機械工学専攻）を一つに再編した専攻であり、この大専攻としての運営がそのようなシステム化と多様な教育の提供を可能としている。

4. 大学院での統合デザイン力教育プログラム

前節に示した背景認識のもと、統合デザイン力教育プログラムでは、機械工学を基盤としたプロダクトの構想力と高度な分析的能力の開発に向けた教育を展開し、また、最先端の研究活動への参画を通じて研究能力を開発し、加えて、博士後期課程では、高度な研究能力のみならずプロジェクトにおいて指導的な役割を果たすための企画管理能力を養成するカリキュラムを構築する。ここでのプロダクトとは、いわゆる製品という言葉が指し示す範疇を超えて、製造のプロセスを経て、かたちを成し各所で使用されるモノを指し、様々なデバイスやプロセス、ソフトウェアが統合された製品や装置などの広範な人工物を意味する。

博士前期課程に対するプログラムの要点は以下の三つにまとめることができる。

- (1) デザインの構想力・展開力やチームにおける人間力を養い、さらに、専門的应用能力を修得させるために、プロダクトデザインと称する産学連携によるプロジェクト型学習科目を新たに導入する。
- (2) 最先端の研究開発を実施していったり新たな知識を獲得していく上での基礎的素養を獲得させるために、基盤科目として、(1)の科目に加えて、高度な力学基礎科目および数学基礎科目を設定して準必修化する。
- (3) 統合デザイン力に向けた専門的知識の教育を確実に行うために、専門科目を4科目程度ごとに科目類に類別した上で、選択した科目類の深い学習を履修指導により要請して、学修の系統性を保障する。

以上のカリキュラムの特徴の一つは新規科目のプロダクトデザインである。その内容は、図2にも示すように、設計方法論⁶⁾についての講義を提供していく一方、教育における産学連携により企業から提供される開発や設計の最新課題に対して、受講学生からなるチームが講義の内容を実践していくというものであり、デザインの構想力と展開力を確実に修得させることを狙っ



図2 プロダクトデザインの講義内容と実施スケジュール例

た特色あるものである⁷⁾。講義とプロジェクトの相乗効果が期待できるこの授業形式は、抽象的で曖昧な設計方法論についての教育を実施するための手段であるのみならず、大学院での高度な教育内容に対してプロジェクト型学習 (Project-Based Learning ; PBL) の効果を最大限に引き出せる理想形であり、我が国の現状においては極めて斬新なものである。

基盤科目には、具体的には、連続体力学、解析力学、基礎数学I・IIの4科目を、上記のプロダクトデザインに加えて、設定する。それらの4科目は大学院での高度な内容を修得する上での基盤についての教育科目でもある。修了要件としては5科目12単位の中から6単位以上の取得を要請する。

科目類には、計算力学科目類、固体力学科目類、流体力学科目類、熱工学科目類、制御工学科目類、知能機械学科目類、統合デザイン工学科目類、生産加工工学科目類、の8科目類を設定し、各学生には2つの科目類を選択させて、それらに属する科目の重点的な履修を要請する。各科目類は4から6の科目から構成されることになり、このような系統化により、各学生が、修士論文のための研究に関連する分野の内容を一定の広がりをもって履修するとともに、それ以外の分野の内容についても同様の広がりをもって系統的な履修を行うことになり、幅広く深い専門的知識を確実に修得できるようになることを期待している。

以上のような基盤科目と科目類の選択制には、前節に示した二つの統合デザイン力に対して、基盤科目のうち、プロダクトデザインをシンセシスからの統合デザイン力を養成する上での基礎科目に位置付け、連続体力学や解析力学をアナリシスからの統合デザイン力を養成する上での基礎科目に位置付けることを意図している。さらに、それらのもとで科目類の選択を任意に組み合わせることによって、学生が自らの専門性を設定する自由度を高めるとともに、産業界が求める人材の多様性にも対応できることを意図している。

一方、博士後期課程では、学位取得に向けた研究指導に加え、コースワークの一環として博士前期課程に向けた上記の(1)のプロダクトデザインにおける学生チームのコーチングを行うプロダクトデザインマネジメントと称する科目を導入し、企画・管理・指導能力などのリーダーシップ力にも優れた指導的な役割を果たす研究者を育成する。

以上のほか、修士論文・博士論文に向けた研究指導は大学院教育での重要な要素である。これについては、従来から、研究室を通じた指導に加えて、国内外での学会で研究成果を発表させたり、優れた研究に対して褒賞を行ったりすることを実施してきており、今後もそれらを継続し充実させていく。

5. 学部教育との関係

以上のような大学院教育は学部段階での素地の上に成り立つものであり、両者の関係も求められる。学部段階での工学教育を考える際には、それに限るものではないにせよ、創成教育の導入がやはり一つの着眼点となる。この創成教育については、米国における設計教育においてPBL方式による授業が展開されていることの影響が大きいようである。

そもそものPBL方式の意味や意義については様々な解釈が行われているが、少なくとも、座学による受動的な学習に対してプロジェクトによる能動的な学習を配置することによって、学生の意欲を高め、総合力を涵養することが狙いの一つであることは共通する理解である。このことは、暗に、教育課程のある段階に特定の科目を配置することではなく、学年進行の各段階にPBL方式による科目を配置することを要請するものである。そのこともあって、欧米での工学教育では、少なくとも、以下のような2つのタイプのPBL方式による授業が必要であるとされている⁸⁾。

- ・ Cornerstone Project…個別の内容についての学習に先立ち、それらを活用する設計プロセスの全体像についてのイメージを植えつけることを通じて、後続する各授業科目に向け、学習者を工学的な問題についての枠組みへと誘導するPBL科目。
- ・ Capstone Project…個別の授業科目で学習済みの内容を相互に連結して総合化させるためプロジェクト課題を設定し、その過程における新しい知識の追加的な自己獲得能力の開発などとも合わせて、総合的な課題設定能力と課題解決能力を習得させるPBL科目。

前節で示した大学院でのプロダクトデザインとプロダクトデザインマネジメントは、これらのうち、後者の意味も含めて導入したものである。したがって、前者のCornerstone Projectに相当する科目を、別途、学部段階に導入しておくことも必要になる。これについては、まず、2001年度から学部3年次2学期に従来の機械設計製図の一部を振り替えて「設計プロジェクト入門」と称する科目^{9),10)}を導入している。この科目では、何らかの模擬的な課題を設定した上で、セメスターの半分、約2ヵ月の間に確保した14回の授業時間に、3名から5名の学生からなるチームの活動として、課題把握、概念設計、詳細設計、製作、再設計、再製作、デザインレビュー、運用・試験、評価、分析のそれぞれを各授業時間ごとに着実に体験させていき、それらを通じて工学的な問題解決の意味を内省的に学習させることを狙っている。既に5年の実施を経て教育内容としても定着し、学生の関心も高い科目となっている。

さらに、2005年度以降の学部教育では、以下の二点を骨子とする新カリキュラムを導入して、目下、年

次進行に伴った具体的な実施に取り組んでいる。

- ・ 週あたり2回の講義と1回の演習などを組み合わせて実施する5つのコア科目を定めて、それらを必修化する。
- ・ 課題探求能力を開発するためのPBL形式による科目を各セメスターに配置する。

なお、後者については、上記の設計プロジェクト入門を2年次2学期に移した上で、例えば、2年次1学期には機械そのものに触れる機会を提供する導入科目、3年次1学期にはメカトロニクスの方面でのプロジェクトを行う科目を新たに導入する計画となっている。

以上のような学部教育の刷新が軌道に乗ってくれば、前述の大学院教育での取組もその意味を増して、両者が関係した一貫性のある新しい教育システムとなるものと考えている。

6. イニシアティブ事業のもとでの取組内容

教育システムの構築は一朝一夕に成せるものではないことは明らかであり、前々節に示した大学院教育が定着し安定して機能するようになるためにはしばらくの時間を要するものと考えている。冒頭でも述べたように、機械工学専攻では、構想の大学院教育プログラムを展開していくべく、文部科学省の魅力ある大学院教育プログラム事業のもとで、2005年11月から2007年3月までの間、様々な計画を進めつつある。以下では、イニシアティブ事業のもとでの計画し実施しつつある取組内容の主要なものについて報告する。

(1) 教育環境の整備

前々節に示したカリキュラムのうち、プロダクトデザインは、産業界から提供される製品開発や製品設計の課題への取組を介して、設計方法論とチーム活動のための力を養う科目である。産業界ではデジタルエンジニアリングやナレッジマネジメント技術を駆使した高度な情報環境のもとで製品開発や製品設計を行う方向に推移しつつあり、人材の育成においてもそのような最先端の環境を活用することが前提となる。この視点のもと、イニシアティブ事業のもとで、新たに、数名のチームで最先端の情報ツールを活用しながらデザイン活動を遂行できる情報システムを整備する。あわせて、高度な分析的能力の開発のための各専門科目で高度な演習課題を行わせるためのコンピュータシミュレーションシステム、展開力や統合力を養う専門科目で実習を行わせるためのメカトロニクス実習用機器などを整備する。

(2) カリキュラム研究・評価

本教育プログラムは内外の動向を踏まえつつも独自に構想したものであるが、その特徴をより明確にすることは将来における展開を考える場合には重要な事項である。そこで、イニシアティブ事業では、教員を国内外の大学へ派遣するなどして、機械工学分野での国内

外の大学院教育プログラムの調査とそれらの比較研究を実施する一方、当専攻で展開中の教育プログラムに対する教育外部評価を行うことによって、問題点の抽出と改善を進めて、教育活動の洗練化を試みる。

(3) 教員の教育能力の向上

優れた教育を実施する上での最重要な課題は教員の意識や教育の方法などにある。これらについては、従来は、ややもすれば、工学教育を担う者は教育そのものの専門家である必要はないとの考え方のもとで、おざなりにされてきた経緯は否めない。イニシアティブ事業では、セミナーやワークショップなどによるFD (Faculty Development) 活動を実施することにより、それらの向上をはかって将来の展望をより確実なものとする。

(4) 学生支援

研究指導は大学院教育の中核であり、イニシアティブ事業では、統合デザイン力に関連の深い研究プロジェクト提案に対して経費助成を行ったり、RA制度による経済的な支援を実施したりする。それらのことを通じて統合デザイン力に関する学生の自発的な研究を促進する。

7. 将来に向けた展望

冒頭でも示した中央教育審議会による答申¹⁾の副題には「国際的に」と明記されていたり、あるいは、イニシアティブ事業の公募要領²⁾にはその背景として「国際的な通用性・信頼性の向上」との文言が明記されているなど、大学院教育のあり方については、国際的な視点が求められているようである。日本における大学院教育は研究面での生産性を重視してドイツ流のしくみを起点として発展してきた経緯のもとにある。これに対して、米国流の方式は系統的な教育を伴うことが特徴であり、欧州では、ソクラテス計画やポローニャ宣言などとの関連もあって、米国流の体系的な大学院制度の優れた面が取り入れられつつあるようである¹⁾。また、アジア諸国でも大学院システムを最新のモデルのもとで新規に構築することが行われていると聞く¹²⁾。

本稿で報告した大阪大学工学研究科機械工学専攻での統合デザイン力教育プログラムには様々な目的が含まれているが、その内容は、上記の国際的な対比も含め、各方面での変化の動向を認識した上で、日本における独自の境界条件を踏まえつつ、大学院教育の枠組みを改めてシステム化し、そのもとで、長期的な時代背景を反映した統合デザイン力の育成という課題へ対応しようとするものである。2007年3月までのイニシアティブ事業での取組期間中に限らず、プログラムの具体化を進める過程で様々な問題点も明らかになって、軌道修正も求められるはずであるが、機械工学専攻での大学院教育の展開に向け、各方面からのご支援

とご助言を頂ければ、と考えている。

参 考 文 献

- 1) 中央教育審議会：新時代の大学院教育－国際的に魅力ある大学院教育の構築に向けて－答申，(2005)
- 2) 文部科学省：「魅力ある大学院教育」イニシアティブ <http://www.mext.go.jp/a-menu/koutou/kaikaku/miryoku.htm>
<http://web.jsps.go.jp/j-initiative/index.html>
- 3) 例えば，Dertouzos, M.L., et al., Made in America – Regaining the Productive Edge, MIT Press, (1989), [邦訳：依田直也訳，Made in America – アメリカ再生のための米日欧産業比較，草思社，(1990)]
- 4) Cross, N., Engineering Design Methods : Strategies for Product Design, (Third Edition), Wiley, (2000), 58
- 5) 藤田：製品開発の戦略性と設計工学について，日本機械学会第12回設計工学・システム部門講演会講演論文集, 02 – 31(2002), 214 – 217
- 6) 藤田：設計工学とDesign for X方法論，経営システム, 15 – 2(2005), 95 – 100
- 7) 藤田：設計プロセスとプロジェクト型設計教育の展開，設計工学, 40 – 11(2005), 543 – 549

- 8) Sheppard, S.D., Design as Cornerstone and Capstone, Mechanical Engineering – Premiere Issue on Design, (November 1999), 44 – 47, ASME
- 9) 藤田：設計工学と創成教育～画用紙製衝撃吸収装置の設計プロジェクトの実践～，機械の研究, 55 – 1(2003), 172 – 181, 養賢堂
- 10) 梅田，阪上：大阪大学機械系における学部学生向け創成教育，工学教育, 54 – 3(2006), 41 – 45
- 11) 例えば，有本，学問的生産性とFDの関係：大学改革の視座，大学論集, 29(1999), 1 – 22, 広島大学大学教育研究センター
- 12) 例えば，有本（編）：諸外国のFD/SDに関する比較研究，高等教育叢書, 12(1991), 広島大学大学教育研究センター。

.....

著 者 紹 介



藤田喜久雄

平成2年大阪大学大学院工学研究科博士後期課程修了。大阪大学助手，講師，助教授を経て，平成14年より大阪大学教授（大学院工学研究科機械工学専攻）。平成11年ISPE Best Paper Award. 平成12年TMCE 2000 Best Paper Award. 平成17年日本機械学会教育賞。平成17年日本機械学会設計工学・システム部門部門賞（業績賞）

