



大学・大学院における横断型人材育成の現状と課題

本多 敏^{*1}・古田 一雄^{*2}・飯島 淳一^{*3}
長田 洋^{*4}・佐野 昭^{*1}

Current Status and Issues on Developing Transdisciplinary Human Resources in Engineering Education Programs

Satoshi HONDA^{*1}, Kazuo FURUTA^{*2}, Jun'ichi IJIMA^{*3}
Hiroshi OSADA^{*4}, and Akira SANNO^{*1}

Abstract— Accreditation system with JABEE has been started and Japanese traditional engineering education programs are progressing, while there are few programs to develop transdisciplinary human resources. This article overviews these situations and introduces some transdisciplinary programs in Japan and abroad.

Keywords— accreditation of engineering program, transdisciplinary program

1. はじめに

戦後の日本の大学教育の特質として、教員の中の強い学術志向・大学における職業教育と社会における職業知識への需要の偏り、希薄なりベラルアーツ教育理念の3点があげられる[1]。ヨーロッパ型の縦割り志向の教育組織・自律志向の教育形態・探求志向の学習目標、を主体として、アメリカ型の総合志向の組織・制御志向の教育形態・習得志向の学習目標、を部分的に取り入れた体制として運営されてきた。社会・経済のグローバル化や少子化、大学全入時代などの大学をとりまく環境の激変により、大学にも変革が求められており、国立大学の独立行政法人化、外部評価の義務化、専門職大学院の新設等種々のところみながなされている。

本稿では、このような背景の中で、主として工学系の大学と大学院での横断型人材育成がどのようになされ

て/なされずにいるかについて調査研究会での調査結果を中心に報告する。

工学系の学部教育の多くは伝統的な学科教育が主体である。その中で、計測・制御工学分野、経営・管理工学分野、情報工学分野などは、課題解決の側面から見ると他分野の教育との関連性が強い。学部教育においては、1980年代に機械工学と情報工学との融合教育、1990年代の中頃から、システムデザインの立場からより広い融合型教育の学科が新設されるようになった。しかし、後者の融合教育は、工学系学部教育の中での比率は極めて低いのが現状である。歴史的には、基礎工学教育のコンセプトから、制御工学科や計測工学科が、管理工学や経営工学科とほぼ同時期に開設されたが、制御工学や計測工学の分野が、機械工学や電気工学の教育の中に吸収されたという経緯がある。

2. 大学教育における横断型人材教育の実態

2.1 外部評価にみる横断型・融合型人材教育

国・公・私立大学（短期大学を含む）及び高等専門学校は、その教育研究水準の向上に資するため、教育研究、組織運営及び施設設備の総合的な状況に関し、7年以内ごとに、文部科学大臣が認証する評価機関の実施する評価を受けることが義務付けられている。

独立行政法人大学評価・学位授与機構では、平成17年に4、18年に10、19年に38、計52の旧国立大学を中心とした高等教育機関の外部評価を行い、それぞれの

*1 慶応大学理工学部 横浜市港北区日吉 3-14-1

*2 東京大学大学院工学系研究科 文京区本郷 7-3-1

*3 東京工業大学大学院社会理工学研究科 目黒区大岡山 2-12-1

*4 東京工業大学大学院 港区芝浦 3-3-6 キャンパスイノベーションセンター

*1 Keio University, Hiyoshi 3-14-1, Kohoku-ku, Yokohama

*2 University of Tokyo, Hongo 7-3-1, Bunkyo-ku, Tokyo

*3 Tokyo Institute of Technology, Ohokayama 2-12-1, Meguro-ku, Tokyo

*4 Tokyo Institute of Technology, CIC, 3-3-6 Shibaura, Minato-ku, Tokyo

自己点検書を含めて Web 上で公開している [2]。これらの自己点検書の中で、「横断」「融合」というキーワードを記載している教育機関は 32 にのぼる。その中で、融合/横断型の教育システムとしての記載は、「4 専攻に融合」「文理融合型大学院」「全学横断的総合研究院」「横断的に学生を迎える」「共生科学研究センター」「文理融合型の学問分野を創成」「感性融合領域」「マッチングプログラムコース」「文理融合型環境科学部」「共生システム理工学類」など、分野横断、領域横断、文理融合、学部横断などを謳っている。実践事例として、第 3 節でいくつかのプログラムを紹介する。

また大学基準協会による外部評価認定を受けた大学は私立大学を中心として累計 155 機関となっている。

2.2 JABEE と横断型人材教育

国際的に通用するエンジニア育成を最終ゴールとして、技術者教育にも国際的に通用する質保証の裏付けを与えるために、日本技術者教育認定機構 (JABEE: Japan Accreditation Board for Engineering Education)[3] が 1999 年 11 月に設立され、大学などの高等教育機関で実施されている技術者教育プログラムの審査・認定を 2001 年から開始した。2007 年度までに認定されたプログラムは、151 教育機関の 368 プログラムとなった。認定プログラムからの修了生は累計で約 7 万人に達している。技術者教育の実質的同等性を相互承認するための国際協定であるワシントンアコード (WA: Washington Accord) に 2005 年 6 月、日本を代表する団体として JABEE の加盟が承認された。

JABEE のプログラム審査・認定は、既存の学問・技術分野の専門学協会を中心とする分野別審査委員会を主体として実施されている。横幹連合会員学会で、JABEE の正会員として審査・認定にかかわっているのは、11 学会である。また、16 分野の 368 の認定プログラムのうち、「システム」「制御」「マネジメント」「複合」をプログラム名/学科名に冠しているプログラム数は 113 にのぼる。

横断型のキーワードを持つプログラムについては、アンケート調査を実施中であり、結果は別途報告する予定である。

JABEE の審査・認定は基準 1(学習・教育目標の設定と公開)、基準 2(学習・教育の量)、基準 3(教育手段)、基準 4(教育環境・学生支援)、基準 5(学習・教育目標の達成)、基準 6(教育改善)と分野別要件に基づき実施される。教育システムの PDCA サイクルが機能していることを自己点検書の書面審査と実地審査を経て認定の可否が決定される。

基準 1 では、以下の内容を具体化したプログラム独自の学習・教育目標が設定することが求められている。

- (a) 地球的視点から多面的に物事を考える能力とその素養
- (b) 技術が社会や自然に及ぼす影響や効果、および技術者が社会に対して負っている責任に関する理解 (技術者倫理)
- (c) 数学、自然科学および情報技術に関する知識とそれらを活用できる能力
- (d) 該当する分野の専門技術に関する知識とそれらを問題解決に応用できる能力
- (e) 種々の科学、技術および情報を利用して社会の要求を解決するためのデザイン能力
- (f) 日本語による論理的な記述力、口頭発表力、討議等のコミュニケーション能力および国際的に通用するコミュニケーション基礎能力
- (g) 自主的、継続的に学習できる能力
- (h) 与えられた制約の下で計画的に仕事を進め、まとめる能力

ワシントンアコード加盟にあたりエンジニアリング・デザインについての注意が喚起された。エンジニアリング・デザインは技術者教育プログラムの学習・教育目標 (学習到達目標、アウトカムズ) の中でも、最も重要視されている知識・能力として位置付けられている。JABEE では、認定基準の中で上記 (e) として簡単に述べる一方、「認定・審査の手順と方法」で、「デザイン能力とは、単なる設計図面制作の能力ではなく、構想力、種々の学問・技術を統合して必ずしも正解のない問題に取り組み、実現可能な解を見つけ出ししていく能力」と位置づけ、実質的内容として、ワシントン協定でのエンジニアリング・デザインの定義と同等であるとしている。

一方、本調査研究会では、横断型人材に求められるコンピテンシーとして、

- (A) 現象やモノと直接向き合い、本質を見極めるモデリング・解析能力
- (B) 専門性に捕らわれることなく、異分野の知識を積極的に統合化し問題解決を図れる能力
- (C) 将来の国際動向を見据えた目標や構想を設定し、総合的な視点から先見性のある意思決定ができる能力
- (D) 個別のプロジェクトから一般化・普遍化の方法論を探究する能力
- (E) 異分野の技術者と共同できる十分なコミュニケーション能力やプレゼンテーション能力
- (F) リーダシップ、人脈ネットワーク、人材配置などの組織設計能力

の 6 項目を採用した。上で述べた、エンジニアリングデザインを含んだ JABEE の学習教育目標と共通する部分が多いが、いずれも社会からの要求に応えようとしてい

ることから、当然とも考えられる。JABEEでも、技術者教育の成果として集大成としてのデザイン能力について、最小限どの程度の能力を身に付けさせるかについてどのように具体的に設定しているかについて注意深く審査していくことになっている [4]。

横断型人材のコンピテンシーは、(A)、(B)、(E) など、JABEE 認定プログラムでもある程度カバーできる項目もある。一方で、(C)、(D)、(F) などのように学士レベルで卒業生全員が達成するのは困難と思われる能力もある。大学院でのインターンシップ、産学連携による能力開発や、修士・博士研究を通じた課題解決型や横断型の教育が不可欠である。学士課程であっても、コンピテンシーとして持つべき最終ゴールを示しつつ、導入教育を進めることが重要である。それらの試みについては、第3節で紹介する。

2.3 MOT プログラムの現状と問題

日本の戦後の高度成長に大きく貢献したもののづくり産業は80年代に世界をリードしたが、バブルが崩壊した90年代前半には、成長経済から成熟経済に移行し、円高やグローバル化の進展により、その競争力は減少した。

このような日本のものづくり企業が持続的な成長を遂げるためには、求められる経営や技術戦略をどのように構築すべきか、また、日本が米国と比較して約60%程度といわれるサービスの生産性をいかに高めて価値を創造したらよいか、さらに成長や革新の担い手である人材の育成はどのようにすべきかという課題を解決するために、2000年代初頭にMOT (Management of Technology, 技術経営) を専門に教育する大学院、専門職大学院が誕生した。

MOTの原点は1960年代に米国で発達した研究開発マネジメントであり、その後、MITが1985年にMOTプログラムを開始したのが、MOTの本格的な誕生と言ってよい。我が国で最も早くにMOTの重要性を提唱し、そのコンセプトを示した山之内昭夫 [6] はMOTを「技術がかかわる企業経営の創造的かつ戦略的なイノベーションのマネジメント」と定義した。2000年代に入り、産業競争力を強化するために経済産業省は、今日のMOT専門職大学の設立に大きく貢献した。強化策の中でMOTは次のように定義され、その重要性が述べられている。

「MOTとは技術を事業の核とする企業・組織が次世代の事業を継続的に創出し、持続的発展を行うための創造的、かつ戦略的なイノベーションのマネジメント。我が国のイノベーションを加速し、産業競争力の強化を図るためには、研究開発への投資だけでなく、技術成果を事業に結びつけ、経済的付加価

値に転換するマネジメントが重要である」(経済産業省大学連携推進課 MOT 資料より)

MOTとは技術を基軸とした経営(マネジメント)であり、科学的基礎研究から技術開発を経て事業の推進におけるプロセスにおいて陥る「死の谷(Death Valley)」をイノベーションにより乗り越え、事業としての成功あるいは事業の創造のためのマネジメントといえる [8]。また、MOTではイノベーション(革新)の重要性を強調しているが、そのイノベーションの対象は狭義の技術革新でなく、J.A. シュンペーターが定義する、新しい製品やサービスの生産/新しい生産方法の開発/新しい販路の開拓/新しい供給源の開発/新しい組織の設計、という広義のイノベーションである。

こうしたMOTの必要性の高まりから、2003年に我が国初のMOT(技術経営)専門職大学院が設立された。MOT専門職大学院は現在、10大学院に増加し、この他に専門職大学院ではないが、MOTを専攻する大学院コースは主として工学系や経営系の研究科の中にも多数設置されている。

このMOT専門職大学院では主に技術系学生あるいは社会人技術者を対象に実践的な教育がなされている。

一方、学部新卒学生の本大学院修了後の企業における職務が課題となるであろう。受け入れ企業においては学部時代の専門に加え、大学院の専門であるMOTをどのように評価し、経営の横断型人材をどのように処遇するかが今後の課題である。米国ではすでにMBAと同様にMOTが企業から認知されているが、我が国ではこれらのMOT人材をどのように活用するかが企業力にも大きな影響を与える。

3. 横断型人材の育成プログラム事例

いくつかある中で、本節で取り上げるプログラム事例の特徴をまとめた概要を Table 1 に示す。

3.1 国内における取組事例

3.1.1 東京大学大学院工学系研究科

東京大学大学院工学系研究科では、平成20年4月に総合工学関連3専攻を改組し、大学院レベルでの横断型工学教育を行うことを目的とするシステム創成学専攻を設立した。

日本においては近代化の完了と単純な工業生産の新興国への移転にともない、産業構造や工学系研究科卒業生の進路にも変化が見られる。そのため、従来型の製品の設計製造ばかりでなく、複合的な社会環境における技術の付加価値の追求や、社会的課題に対するソリューションの提供が求められている。しかし、伝統的専門領域に細分化された従来の工学では、このような状況に十分に対応できない恐れがある。

Table 1: 横断型人材育成プログラムの事例

プログラム	趣旨・教育目標	教育上の特徴
東大システム創成学専攻 はこだて未来大	俯瞰的視点・システム科学・工学知の統合 地域貢献・デザイン能力の養成	4 重点研究領域・実践的体験 プロジェクト学習
東工大経営工学専攻 慶大 SD 工学科 慶大 SDM 専攻	さまざまな分野と対話・協調し問題解決 解析, 設計と合成, 調和性と評価 創造的プロジェクトリーダーの養成	産学連携の横断型分野協同プラクティス SD 工学概論, SD 工学演習 デザインプロジェクト, ALPS
スタンフォード大 MS& E MIT ESD TU デルフト ソウル国立大工学研究科	技術・政策・産業分野のリーダー育成 体系的思考と戦略的指導力 複数の横断型修士課程プログラム 横断型大学院教育	8 重点研究領域・2 重修士 システム理論/評価/政策 人材交流促進 5 学際的教育プログラム

そこで、人間、人工物、自然を多面的、俯瞰的視点からとらえるシステム科学を基礎として専門領域に細分化された工学知を統合し、自然や社会と調和のとれた革新的システムの実現のための原理と方法論に関する教育研究を展開することを目的として、新専攻が設立された。

システム創成学専攻では、人工物ネットワーク、グローバル循環システム、社会経済システム、先端知デザインの4つの重点領域を設定して教育研究活動を展開している。

また教育においては、いわゆる T 型と呼ばれる人材の育成を目指している。すなわち、工学の1つ以上の伝統分野に精通し、なおかつ分野独立、横断的な一般システムの分析・創成の学理を理解した人材である。

このために、伝統分野の基礎科目については、講義ではなく少人数による自習と演習を活用した教育に重点をおき、各学生に自分が学びたい分野の選択の自由を大幅に保証している。

一方、講義に関しては4つの重点教育研究領域ごとに先端的内容の講義科目を用意している。

さらに、プロジェクト演習科目、学生が自主的に計画・実施する自己啓発的な学習への単位認定、企業インターンシップ等の学外活動などを組合せ、学理だけでなく実践的な体験を積むことを奨励している。

3.1.2 はこだて未来大学

公立はこだて未来大学（未来大）[5] は、函館市を中心とする自治体の函館圏広域連合が母体となって設置された情報系の大学である。未来大はその設置の主旨から地域貢献を第一目標に掲げており、地域の知の拠点となることによってこの目標を達成することを目指している。教育には未来大の学生だけでなく、市民や市内の高校の学生や教師を対象とする教育も含まれる。

学生に最先端の知識や方法論を教えるためには、最先端の研究活動の裏付けが必要である。ただし、公立大学としての未来大は、基礎的な学問体系の維持よりも知識の実応用を含む実践的研究活動に重点をおいている。し

たがって、知識統合、あるいは分野横断型の横幹的教育研究が中心となる。

函館規模（人口 30 万人）の都市はそのような横幹的教育研究の場として最適であると考えられる。すなわち、地域との一体感が保てるとともに、十分複雑なテーマを展開できる都市の大きさである。実際、未来大では「マリン IT」といった地域から供給された実問題を刺激とする研究が多く開花している。

未来大では、学部3年次の通年必修授業として「システム情報科学演習（プロジェクト学習）」を行っている。

プロジェクト学習の目標は、一般の知識伝達型の講義とは異なり、解決に対してオープンな問題を扱うことによる実践型の教育である。すなわち、解があるかどうかわからない問題に挑戦するための方法論を学ばせることにある。学生たちはこの経験により、それまで詰め込み型であった各教科の意義や、自分の知識不足を実感するようになる。

未来大はシステム情報学部単独の情報系の大学なので、プロジェクト学習のテーマは広い意味での情報技術の応用に限られるが、函館という地の利を活かした多数のテーマが含まれている。たとえば、過去に採用されたテーマには「都市と漁村」や「サイバーフィッシャリー」など、漁業が盛んな函館を反映したテーマが見られる。

また、プロジェクト実施の舞台がキャンパス外の函館市内であるものも多い。

実践的教育研究はそれを現場に適用し、その結果を評価するというループを経ることによって始めて完結する。

函館圏の都市としての大きさはこのようなループを回すには最適である。函館圏は大きすぎず小さすぎないサイズの実問題の宝庫であるとともに、大学と地域の距離が近いため地域の企業などの協力が得られやすい。

3.1.3 慶應義塾大学理工学部

(1) 背景

情報化社会が進展し、価値の多様化とともに産業形態

が流動化し、産業構造自体も従来の縦割区分で分類することが難しくなっている。製品、サービス、システム、人工物などの規模や相互関係がますます複雑化しており、それらとインタラクションをもつ人間、社会、環境、経営との関わりを認識し、工学がもたらした閉塞状況や社会的なコンフリクトを解決する必要に迫られている。個別学問領域の壁を越えて、ものづくりに留まることなく、環境、社会、人間、経営を含む複合したシステムのデザインができる技術者へのニーズが産業界においても高まってきており、横断型の視点をもった人材育成のための教育体制をボトムアップにより1994年に構築した。

(2) 教育目標と教育内容

システムデザイン工学科の横断型教育のコンセプトは、現象の本質を究める解析主体の次元、法則や論理を基にした設計・合成の次元、システムをとりまく人間・社会・環境・経営に対する調和性や評価の次元の3つの基軸からなる。

1) 解析主体の次元として、従来の工学分野である機械工学、電気工学、情報工学の基盤知識を中心とした専門教育が必須となる。様々な現象を複合現象として捉え、解析し、モデル化する能力を修得させ、伝統的な基盤専門工学の知を統合し活用する能力の育成が重要である。

2) 法則・論理や方法論を基軸とした設計・合成の次元は、横断型教育の横軸のコアとなる科目教育であり、共通原理、論理性、普遍性を見だし、これらを問題に応じて設計に活用できる能力を修得させることが目的となる。システム工学、制御工学、シミュレーション、最適化、計測、CADなどを、さまざまな対象に対して、統合して活用する創造的な演習が必須となっている。

3) 人間・環境・社会・経営との親和性の評価と実現の次元は、システムデザインに必要な基盤教育であり、技術者倫理、製品企画(MOT)、ヒューマンインタフェース、地球環境工学、都市インフラ、ライフサイクル工学、工学と社会経済、など人間・社会などとの調和性を評価実現し、拘束条件を認識し、コンフリクト下での意思決定やデザインができる能力を修得させることが目的となる。

(3) 特徴

1) システムデザイン(SD)工学概論の実施：

学生が横断型科学技術の産業界における役割を理解し、その後の学習へのモチベーションを高めるために、システムデザインとは何かについて学部2年生の早期の段階で体験させる。企業の技術者により具体的なシステムデザインやシステム統合の事例(成功事例が中心)についての講義を受けた後、その工場や現場を見学する。

2) 専門基礎知識の統合化と活用：

2年次において、機械、電気、情報、数学の専門知識

を活用して複合的な現象解析を行うSD工学基礎演習を必修としており、知の統合的活用能力を修得させる。

3) SD工学演習：

3年次では、3基軸の理念により学習してきたすべての知識に基づいて、与えられた課題に対するデザインの実践を行う。仕様記述、概念設計から最終的な完成までのプロセスを学生チームと教員とで共同で行う。

従来の工学の専門科目教育を基盤としたシステムデザインの横断型教育を目指している点に特徴がある。

3.1.4 慶應義塾大学システムデザイン・マネジメント研究科

(1) 背景

社会・技術システムが綻びやコンフリクトを見せ始めた現代では、価値観の変遷や多様化に対応し、国際的な視点からその未来を予測しながら、安心・安全で持続可能な複雑システムのデザインや、新しいプロダクトやサービスによる新しいビジネス創出が実践できる人材育成が望まれている。そのためには、組織や国を越えてコラボレーションができる国際的人材育成、システムのライフサイクルを見通しつつステークホルダの多様な要請に合致したデザインを行うためのシステム工学のスキルの体系的教育が望まれており、2008年に開設した。

(2) 教育目標

育成する人材像として、激変する社会・開発環境におけるグローバルで多様な価値観・利害関係に対応し、新しい技術・社会システムを提案・実現するとともに、創造した新規マーケットで事業を先導できる創造的システムデザイナー、および複雑化、高度化、大規模化した技術システムの構想・設計・構築・運用・廃棄のライフサイクル全般について、信頼性が高く革新的な管理運営を行うことができる創造的プロジェクトリーダーの育成を目指す。その能力として、国際性豊かな視野と確固たる信念を有し、柔軟な感性で独創的な思考のもとで、固有の技術基盤をフルに活用し問題を解決でき、ファシリテーション能力に溢れ、組織力・チーム力を柔軟に活用できるリーダーシップを育成することを目指している。

(3) 教育内容と特徴

1) デザインプロジェクト(グループ研究)では、プロダクトやサービスだけでなく、政策を含めたシステムを対象として、System of Systemsの概念を修得し、システム思考の訓練を行う。制約条件のもとで要求分析をし、設計から製造、評価試験に至るV字モデルプロセスを修得する。石井教授(Stanford大学)とde Weck教授(MIT)との連携により、新しい試みであるALPS(Active Learning Program Sequence)の実践教育をしている。

2) 共通コア科目(システムインテグレーションなど4科目)は必修、技術系科目群(リスク管理、ヒューマン

ファクタ、ネットワークとデータベースなど技術系 13 科目)、とソーシャルスキル科目群(国際経済システム、システム管理技術、創造的意志決定論など社会系 13 科目)から選択必修および選択科目を履修する。

3.1.5 東京工業大学大学院社会理工学研究科

横断型人材とは、「様々な分野の専門家と会話ができ、協調して問題解決のできる人材」であると捉え、社会理工学研究科経営工学専攻では、「横断型分野協同プラクティス」という授業を大学院において開講している。

現在、理工系では、大学院に進学するものが6割以上を占め、大学院修士課程は、昔の学部レベルであり、準専門教育を学ぶ場となっている。そのため、きちんとしたカリキュラムのもと、社会のニーズにマッチした創造的な大学院教育の必要性が謳われている。ここで、必要とされている教育の条件としては、社会的要請に見合ったものであること、チームベース、タスク指向で行われること、学生自らが課題設定を行うこと、柔軟な発想力を養うなどがあげられる。このような背景のもとに設計した本コースは、産業界と連携した、いわば“総合学習”的科目であり、以下を目的としている：

- ・ 学部での準専門知識と大学院前期に学んだ経営工学の基礎知識を実践に活かすこと
- ・ 多様なバックグラウンドを持つ院生の混成チームによるシナジー効果
- ・ 東工大経営工学ブランドに対する社会的責任の醸成
- ・ 現実世界における問題解決に当たることによる、モチベーションの向上
- ・ 社会との接点を持つことによる、社会性の向上

このコース発足のきっかけは、横断型基幹科学技術研究団体連合の分科会における政策提言にあった。この提言のとりまとめにおいて、システムズマネジメント部会では『文理融合』についてヒアリングを行った。このときの意見として、

文理融合を行うためには、個々人の頭に『文理融合脳』を作ることが必要であり、そのために、

- ・ 「地頭」のいいものを集める。
- ・ 「文理」を集めてチームを作る。
- ・ チームに課題(ソリューションを求める)を出す。

ことを行っている。

というものがあつた。これにもとづき、経営工学専攻内の2つの研究室協同で2年間試行した結果、専攻全体に拡大することが有意義であると判断し、数年前から、専攻における授業科目として展開している。

ここで「横断型分野協同プラクティス」とは、「企業の抱えるさまざまな問題に対して、チーム対抗形式で、そのソリューションを提供し、当該企業でのプレゼンを通して、社会的責任を自覚させる。」という授業である。

当該企業とは NDA (Non Disclosure Agreement) を結び、受講対象者を 20 名(修士・博士)程度とし、ひとつの企業に対して、5 人程度で構成されたチームを 2 チーム割り当て、競争的状况を作り、約 3ヶ月間の期間をとってソリューションを設計し、学内での中間発表を経て、ブラッシュアップしたものを、当該企業の役員の前でプレゼンテーションする。

院生は社会経験が不足していることもあり、企業の抱える切実な問題に対する、実効力のある(即効性のある)解決案を提示することは簡単ではないが、院生の斬新な発想には企業側から大変高い評価が与えられている。また院生からも、努力の甲斐のあるプロジェクトであると好評である。

現在この授業を、海外展開し、また、経営工学だけでなく、異分野をも巻き込むことにより(多文化+異分野)融合脳を作る授業科目として拡大することを計画している。

3.1.6 東工大 MOT 専門職大学院

東京工業大学では 2005 年 4 月に我が国初の MOT 専門職大学院を開校し、修士課程である技術経営専攻の他に博士課程のイノベーション専攻を併設している。

MOT 専門職大学院では専任教員 11 名に加え、東工大のさまざまな技術分野のトップクラス 12 名の協力教員から構成されている。その MOT 修士の狙いや教育の構成と特色を述べる。

(1) 人材育成の狙い

MOT 教育を通じて技術による新たなマーケットの創造、マーケットの変化に対応した新技術の開発、イノベーション創出サイクルの継続的な運営などを戦略的に実践できる人材を育成することを狙っている。

(2) MOT の構成

人材育成を狙い、技術経営戦略を中核にし、知的財産とファイナンス(金融工学)・情報を加えた 3 領域からなる教育研究分野を設定している。これらにより (i) 技術の創造 (ii) 知的財産の権利化・活用 (iii) 事業の創出 (iv) 技術・経営戦略の立案 (v) ファイナンスおよび IT の実践などのマネジメントスキルを養成している。

(3) 教育の特色

その教育の第一の特色は最先端企業においてイノベーションを実現した事例の分析(ケーススタディ)である。これはどの MOT 大学院にも共通する MOT 教育の特色である。第二は専任教員のほぼ全員が企業経験を有しており、現在、約 6 割を占める社会人学生のニーズや置か

れた環境に応じた実践的な講義やゼミ・演習を行う点である。これは学部新卒の学生にとっても社会においてMOTの実践を先取りすることになる。これらの取り組みは講義のみならず、学生が配属される各指導教員の研究室のゼミで実践される。学生、特に社会人学生は当該企業・組織や業務において抱える経営課題を2年間かけて解決し、その成果をプロジェクトレポートとしてまとめる。成果は所属企業へフィードバックされ、実施されることが期待される。

このような教育を通して学生は既存の固有の知識や技術と経営との融合を学び、経営課題を解決するために経営の視点からさまざまな分野の知識を横断し、統合化する横断型人材を目指す。MOTを通して学生が社会においてイノベーションを創出できる組織リーダーになることを最大の狙いとしている。

ごく少数の短縮修了(1年間または1.5年間で早期修了可能)を除き、通常の修了期間は2年間である。すでに2006年以降、約70名の修了生を輩出しているが、修了者や社会人の所属する企業からは概ね好評である。

上述した受け入れ企業における評価の課題への対応として、MOT修了者のフォローアップ調査、さらにはサポートを行い、ライフサイクルにおいて大学が修了者と新たな社会価値を共創することを計画している。

3.2 海外における取組事例

海外においても、横断型教育の試みが既にかんがりの大学で進んでいる。これらの教育プログラムは、医療工学やナノバイオなど、少数の先端的な科学技術を横断する場合と、人文社会系と理工系を横断する場合に大きく分類される。本稿では、横断性の高い後者に限って海外の動向を紹介する。

文理横断型のプログラムをさらに分類すると、科学技術を基盤とする事業経営のための、いわゆる技術経営に関するものと、一般的なシステム論の立場から大規模複雑な技術社会システムについての教育を行うものがある。技術経営については本稿第2.3節に述べているので、ここでは後者の教育プログラムを主にとりあげる。

また、最近の新設が見られるサービス科学に関する教育プログラムについても少し触れる。

3.2.1 スタンフォード大学

米国のスタンフォード大学では、2000年に3つのDepartmentを改組して、Department of Management Science and Engineering (MS & E)を新設した[9]。MS & Eの設置目的は、教育研究を通じて設計、経営、運用業務の革新と、技術、経済、社会の融合を推進することであり、学際的で広範な研究ポートフォリオによって、単なるエンジニアではなく、技術、政策、産業分野のリーダーたる人材を育成することとされている。この目的を達成する

ため、研究の重点領域として、組織・技術・事業創出、生産・運用管理、意思決定分析とリスク分析、経済と金融、システムモデリングと最適化、確率統計システム、情報理工学、戦略と政策の8つの領域が設定されている。

学部教育カリキュラムは、理工学分野の基礎科目の上に、金融と意思決定工学、オペレーションズリサーチ、組織・技術・事業創出、生産・運用管理、技術政策の5つの重点分野から学生が1つを選んで専門知識とスキルを修得できるように組まれている。大学院教育においては、上記の研究重点領域にほぼ対応した基礎科目が提供されている。さらに、「二重修士」の制度が導入されており、主専攻とは別の専攻にも所属して複数の修士号を取得することができる。

3.2.2 マサチューセッツ工科大学

マサチューセッツ工科大学(MIT)のEngineering Systems Division (ESD)は、工学系のほぼ全ての専攻、ならびに理学系、芸術系、人文系、社会系の研究科にまたがる教育研究を行うための横断型組織である[10]。ESDの教育目標は、体系的思考と戦略的指導力によって、今日の世界が直面する複雑課題を解決し、人類福祉に貢献する人材を育成することとされている。2006年7月の時点で、ESDには約50名の教員、研究者が兼任、兼務の形で参加し、約300名の修士学生、60名の博士学生が所属している。

修士教育においては、システム理論、システム評価、システム政策の3つを重点分野とするコアカリキュラムを提供し、システム理論、定量的手法、社会/技術連関に関する能力の修得を目指している。なお、ESDにおいても「二重学位」制度が採用されており、他の専門分野の修士号を並行して取得することができる。

博士教育は基本的に修士教育を踏襲するものの、さらに専門的で高度なレベルが要求されており、学位論文に関連する特定領域の知識に精通するとともに、先端的な研究活動を行って学位論文を完成させることが求められる。

3.2.3 デルフト工科大学

オランダのデルフト工科大学(TU Delft)では、横断型と見られるいくつかの修士課程プログラムが用意されている[11]。

Economics and Management of Network Industriesは、ネットワーク産業、社会基盤の効率的な経営や規制に関する高度な専門知識と能力を備えた人材を育成することを目標とする。対象となる具体的産業は、電力、エネルギー、交通運輸、物流などで、欧州統合によって、国の慣習を越えた視点からこれらの産業を運営することが必要になっていることが背景にあると考えられる。本ブ

プログラムの学生には、工学、経済学、経営学に関する科目のカリキュラムが提供される。このカリキュラムはスペインのコミリヤス大学、フランスのパリ第11大学と協同提供され、学生には2大学以上での履修が要求される。このように、本プログラムは内容が横断的なだけでなく、欧州内での国際交流にも積極的である。

Engineering and Policy Analysis も横断型プログラムと見られるが、その教育目標は、技術系の学部教育を受けた人材の意思決定、政策立案、経営の能力を向上させることにある。カリキュラムは政策分析、経済、システムモデリング、経営の4分野の科目で構成され、工学部の既存分野卒業生を対象とした修士教育の色彩が強い。このプログラムでもハルピン工科大学との連携による二重学位制度など、国際化の取組みが行われている。

この他にも、技術経営に関する Management of Technology や、交通運輸、社会基盤、物流産業そのものを特定の対象とする Transport, Infrastructure and Logistics などの教育プログラムが用意されている。

3.2.4 ソウル国立大学

ソウル国立大学 (SNU) 工学研究科では、以下の5つの学際的教育プログラムを設けて横断型大学院教育を行っている [12]。これらの教育プログラムは、従来型の専攻とは直交する形で組織され、複数の工学分野、あるいは工学以外の分野にまたがる教育を実施する。

Technology Management, Economics and Policy では、まず工学と経営の専門知識をバランスよく修得させることを教育目標にかかげ、技術に基く社会イノベーションを先導する人材の育成を目指している。さらに、理論的基礎と実践力のバランス、システム的な方法論の修得を重視してカリキュラムを組んでいる。

Techno-Economics and Policy は、技術を基盤とした国の産業振興と、国の技術政策の支援を教育研究の目標とする。その教育の最大の特徴は、学生が研究者だけでなく産業界や行政の関係者で構成されるチームに参加して研究することで、これによって研究成果の社会実装のセンスを養い、国家経済や技術政策に貢献できる人材を育成するとしている。

Urban Design は、ますます複雑化、多様化する都市環境の問題を解決するとともに、生活の質の向上と、都市環境の国際競争力の改善に貢献できる人材の育成を目指している。このプログラムには、社会基盤・都市・地球工学だけでなく、景観学、環境学などの専攻からの教員が協力している。学生は、必修であるデザインスタジオとセミナーを履修することで必要な知識を修得する。

Biochemical Engineering and Biotechnology は、発展著しい生命科学の工学的応用に関する分野を重点的に教育するためのプログラムである。主に、工業化学、化学工学、社会基盤、都市の工学系専攻により運営されている

が、理学、農学、医学などの部局を含めた全学的なプログラムに成長しつつある。

Medical and Biological Engineering は、工学と医学の連携領域に関する教育プログラムである。この分野は、理工学の技術を用いた人体・生体に関する分析と問題解決のための分野と定義され、理工学の基礎知識に加え、生命現象の基礎知識、さらに最先端の技術動向に通じていることが教育の目標となる。実践教育については、医療現場での研究機会が与えられるように配慮されている。

3.2.5 サービス科学関連の教育

先進国では、今や就労人口も GDP も 60%以上がサービス産業によって占められており、産業の国際競争力を高める上でサービス産業は重要である。そこで、最近では経営学あるいは情報科学の発展型として、サービス科学が提唱されている。

サービス科学が成立するとすれば、サービスにはもともと経営学、経済学、人間行動科学などの分野が深く関与し、さらに最近では先端技術の導入や、製造業における関連サービスの高付加価値化などから、工学、情報科学をも巻き込んだきわめて横断的色彩の強い分野となることが予想される。そして各国の大学では、サービス科学を分野横断的に教育するための組織やプログラムが既に新設され始めている。

米国の例では、アリゾナ州立大学で既に20年前からサービスに関する研究を開始し、W.P.Carey ビジネススクールに Center for Service Leadership を設置してサービス科学に関する学部教育、大学院教育を実施している [13]。カリキュラムはサービスマーケティング、サービスマネジメントなどの経営系の科目に、情報理工学系の科目を加えた内容である。カリフォルニア大学バークレイ校 (UCB) では、2007年に Information and Service Design Program (ISD) が情報学部を設置され、情報モデリング、システム分析・設計手法、ウェブベースサービス、インターネットビジネスなどを重点分野に教育研究を行っている [14]。米国では、これ以外にも多数の大学にサービス科学に関する教育プログラムがある。

欧州ではドイツのカールスルーエ工科大学 (KIT)、フィンランドのヘルシンキ工科大学 (HUT) などにも教育プログラムがある。アジア太平洋地域では、中国の清華大学、オーストラリアのシドニー大学などがサービス科学に関する教育プログラムを持っている。

4. むすび

本稿では、国内外の横断型人材教育プログラムの実践例について概観した。国内の事例については、開設されてからの日が浅く、卒業生の社会/企業からの評価は今後期待されている。国内の大学・大学院における教育

については、アンケート/インタビューにより以下の問題点が明らかになっている。

- ・ 専門基礎知識を科目毎に教えているが、それらを統合して活用して課題を解く能力を育てていない。
- ・ 各科目の中でその知識が産業や社会でどのように利用されているかについて教えていないため、学生の学習に対するモチベーションが一般に低い。
- ・ 学習した知識を統合したデザイン能力や実践力が身につけていない。
- ・ 工学の知識だけでは問題を解決できないことを理解させるとともに、人間、社会、経営などと工学との関連性について十分な教育が行われていない。

学部教育については、JABEEによるエンジニアリングデザイン教育の推進を中心として改善されつつあるものの、認定プログラムが約4割に留まっていること特に、いわゆる有力大学への浸透が遅れているという問題が指摘されている。伝統的な工学教育においても、デザイン教育のなかで、横断的な視点を踏まえた教育を採用する必要がある。従来型のひとつのディシプリンに特化した学部教育のみでは、社会からの要請に応えることは困難であろう。

本稿で紹介した国内外の横断型人材教育の実践例はほとんどが大学院でのプログラムである。日本での大学院教育の特徴は、博士課程進学率が低いため、修士課程の学生が実質的に研究室の研究活動の一部を担っていることである。修士課程の学生が自ら問題発見をし、解決する能力を育成するという立場よりもその所属する研究室の研究テーマが優先される場合が多く、過去の研究の延長上としてテーマが初めから与えられる傾向がある。ここでの人材育成は、研究テーマに関する極めて狭い領域、すなわち細分化(専門分野の深掘り)の方向へ進んでおり、産業界が求める俯瞰的な視点から新しい課題発見、新しい価値の発見などの能力育成には応えていない嫌いがある。

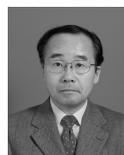
研究会で提案した横断型人材のコンピテンシーの獲得には、さまざまなルートがありえるし、伝統的な工学教育のなかでも、対応することは可能である。もちろん、横断型人材を育成するためのプログラムの数を増やすことと内容を充実させることが重要であるが、伝統的な工学の大学院での研究・教育にも、課題解決型や横断型の取組を自律的に行わせる仕組み・工夫が必要である。

参考文献

- [1] 金子元久: 大学の教育力, ちくま新書, 2007.
- [2] 独立行政法人大学評価・学位授与機構ホームページ, http://www.niad.ac.jp/n_hyouka/daigaku/hyouka/index.html

- [3] 日本技術者教育認定機構ホームページ, <http://www.jabee.org/>
- [4] 大中逸雄: 日本技術者認定制度の現状と展望, <http://www.jabee.org/OpenHomePage/jabee3.htm>
- [5] 中島秀之, 実践と教育: 函館の場合, 第2回横幹連合総合シンポジウム予稿集, pp. 91-92, 2008.
- [6] 山之内昭夫: 新技術経営論, 日本経済新聞社, 1992.
- [7] 原陽一郎, 安部忠彦編: イノベーションと技術経営, 丸善, 2005.
- [8] H.Osada, J.Kaneko: Strategic Management of Technology Innovation, The 18th Asia Quality Symposium '04, 2004.
- [9] <http://www.stanford.edu/dept/MSandE/>
- [10] <http://esd.mit.edu/default.htm>
- [11] <http://home.tudelft.nl/en/>
- [12] <http://eng.snu.ac.kr/english/departments/verview.php>
- [13] <http://wpcarey.asu.edu/csl/abstracts/>
- [14] <http://isd.ischool.berkeley.edu/>

本多 敏



1975年東京大学工学部計数工学科卒業。86年熊本大学工学部助教授, 90年慶応大学理工学部助教授, 97年慶応大学理工学部物理情報工学科教授, 現在に至る。流体計測, 生体計測, 逆問題解析などの研究に従事。工学博士。計測自動制御学会, 応用数理学会などの会員。

古田 一雄



1986年東京大学大学院工学系研究科原子力工学専攻博士課程修了。工学博士。1999年東京大学大学院新領域創成科学研究科教授, 2004年同工学系研究科教授, 現在に至る。認知システム工学, 安全社会技術, 社会デザインなどの研究に従事。計測自動制御学会, ヒューマンインタフェース学会などの会員。

飯島 淳一



1982年東京工業大学・大学院博士課程(システム科学専攻)修了。同大学大学院総合理工学研究科助手, 工学部助手, 同助教授を経て, 1996年東京工業大学・大学院社会理工学研究科教授。同大学評議員, 経営情報学会アドバイザーボード議長。

長田 洋



1970年東京大学工学部計数工学科卒業, 1972年東京大学工学系研究科修士課程修了, 旭化成(株)機能樹脂開発部長。(株)旭リサーチセンター取締役を経て, 1999-2005年山梨大学大学院工学研究科持続社会形成専攻教授, 2005年より東京工業大学大学院イノベーションマネジメント研究科教授。専門は総合的品質経営, 技術経営(MOT), 経営評価, 製品開発マネジメントなど, 博士(工学)。

佐野 昭



1966年東京大学工学部計数工学科卒業, 71年同大学大学院工学系研究科計数工学専攻博士課程修了。85年慶應義塾大学理工学部電気工学科教授, 94年システムデザイン工学科教授。適応制御やシステム同定などの制御理論, 信号理論とその応用に関する研究に従事。計測自動制御学会, IEEEなどの会員。