

[解説]

## 次世代の技術・社会システムを創造するリーダーの育成を担う システムデザイン・マネジメント学の大学院教育

狼 嘉彰, 前野 隆司

### 要旨

環境問題や安全・安心の問題など、様々な大規模システムの問題が深刻化する現代において、大規模・複雑システムの構築や運用をリードする人材の育成を行うためには、学問分野を超えた文理融合型の教育が必要である。このため、慶應義塾大学では、情報システムや機械システムのみならず社会・組織・人間システムを含むあらゆるシステムを教育の対象とし、システムのライフサイクルに沿ったデザイン能力、システムの実現に必要なマネジメント能力を身につけることのできる大学院「システムデザイン・マネジメント研究科」を2008年に設立した。本稿では、本大学院の特徴と現状について概説する。

### 1. はじめに

複雑さを増す現代社会において、技術システムから社会システムまで、様々なシステムを開発できる人材を育成するためには、従来型の専門に特化した教育に加え、学問分野横断的なアプローチが不可欠である。このため、慶應義塾大学では、システムズエンジニアリングをベースとする新しいタイプの大学院「システムデザイン・マネジメント研究科」(SDM) [1] を2008年に設立し、システムデザイン・マネジメントという新たな実践的学問体系の教育・研究を開始した。すなわち、すでに何らかの専門性を身につけた経験者を主な対象として、環境共生、社会協生、安心・安全、健康・福祉などの多様な価値の関係性をも考慮してシステム全体を創造的にデザインするための知恵とスキルを

教授することを目指し、専門研究型大学院と専門職大学院の利点を併せ持つユニークな大学院を設立した。以下に、その教育カリキュラム、学生像、学生による満足度評価結果について、修士課程を中心に述べる。

### 2. 育成する人材像と教育カリキュラム

図1に、育成する人材像を示す。極めて部品点数の多い大規模技術システムや、新規性が高く用途が多様な最先端技術システムを適切に

Education in the Graduate School of System Design and Management to Foster Leaders Creating New Technological and Social Systems

Yoshiaki Ohkami and Takashi Maeno

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科

Graduate School of System Design and Management, Keio University

[解説] 2010年08月05日受付

© 情報システム学会

JISSJ Vol. 6, No. 1

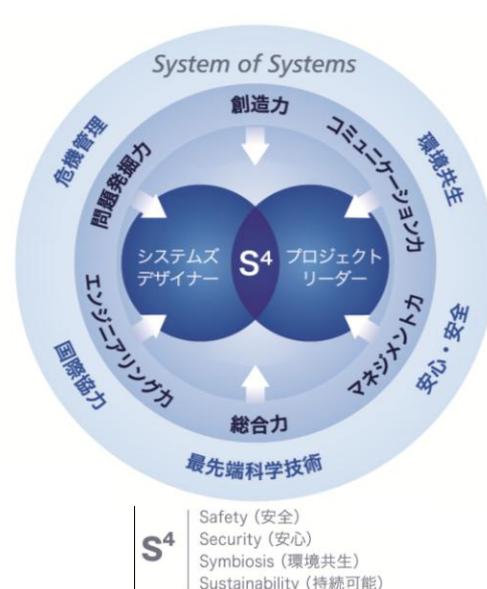


図1 育成する人材像

表1 教育カリキュラムと能力および知識の対応

	必修科目群						選択必修科目群(技術系・社会学系) 12科目	選択科目群(技術系・社会学系) 16科目 (他学部・他大学開設科目)
	共通コア科目							
学生が具備すべき能力および知識	システムエンジニアリング概論	システムアーキテクチャとデザイン	システムインテグレーション	プロジェクトマネジメント	デザインプロジェクト ALPS	システムデザイン・マネジメント研究		
システムデザイン能力	◎	◎	◎	○	◎	◎	○	
システムマネジメント能力	○	○	○	◎	◎	◎	○	
システム思考能力	◎	◎	◎	○	◎	◎	○	○
コミュニケーション能力				◎	◎	◎	◎	○
ある分野における専門知識					○	◎	△	◎
専門分野に関連する他領域の基礎知識					○	○	△	◎

デザインするシステムズデザイナー、極めて参加者の多い大規模プロジェクトを運営していくプロジェクトリーダー、極めて不確実性や変動性の高い環境問題や社会問題に対して斬新な社会システムを提言するソーシャルデザイナーなど、様々な分野で新たなシステムを創造する人材の育成を目指している。

設置した講義科目の概要を表1に示す。教育によって学生が身につけるべき能力および知識の各項目に対し、関連のあるものを○、特に関連の強いものを◎で講義科目ごとに示している。また、学生が専門とする分野によって受講すべき科目が異なるものは△で示した。選択必修科目群および選択科目群に含まれる個別の講義科目についてはホームページ[2]を参照されたい。

学生が身につけるべき4つの能力は、主に必修科目でその基盤となる内容を教育し、選択必修科目で補強する。それぞれの学生の専門分野によって学ぶべき内容が異なる場合は選択必修科目もしくは選択科目によって習得する構成とした。対象とするディシプリンが多様であるため、学生はある分野の専門知識や基礎知識の習得のためにシステムデザイン・マネジメント研究科以外の大学院や大学の講義科目を受講することができる。特に、慶應義塾大学内の

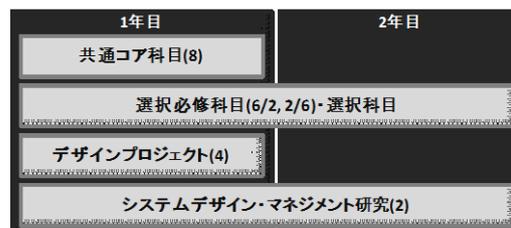


図2 修士課程カリキュラムの枠組み (2年間で修了する場合の例)

理工学研究科、経営管理研究科などの他の大学院の講義科目により講義の補完を行えるようにした。各講義科目の単位は一部の講義科目を除いて1科目2単位とした。

図2に修士課程カリキュラムの枠組みを示す。( )内の値は、学位取得のために必要な各科目の単位数である。修士課程の修了要件は、30以上の単位を修得し、そのうち、共通コア科目8単位、デザインプロジェクトALPS (Active Learning Project Sequence, 以下ALPS) 4単位、システムデザイン・マネジメント研究2単位を修得することである。そして、技術系選択必修科目6単位以上、社会学系選択必修科目2単位以上もしくは技術系選択必修科目2単位以上、社会学系選択必修科目6単位以上を取得した場合に、修士の学位を取得することができる。

学生が主体となって関わることができるよう、講義はグループ学習や演習、ディスカッションの機会が多く、1コマ90分の講義を14回実施する形式にした。海外からの学生を積極的に受け入れるために、必修科目を中心に日本語のみならず英語による講義科目を併設した。

必修科目の教育カリキュラムについて以下に述べる。教科書は、国際的な標準を講義における基礎知識とするために、システムズエンジニアリングに関する国際資格 Certified Systems Engineering Professional (CSEP)、プロジェクトマネジメントに関する国際資格 Project Management Professional (PMP) に準拠した書籍など、4つの書籍を採用した。共通コア科目全てに利用する書籍[3]、プロジェクトマネジメントを除くコア3科目で利用する書籍[4]、プロジェクトマネジメントで利用する書籍[5]、ALPSで用いる書籍[6]である。

大規模・複雑システムの実務経験があり、その分野での知見や能力を持った教員が多いという特徴を生かし、多くの講義では、その実務経験を講義に反映する形での教育形式を採用している。例えば、共通コア科目の「システムインテグレーション」では、システムズエンジニアリングの分野で体系化されつつあるそのプロセスや関係する手法について教科書を用いて紹介し、その上で、自動車および人工衛星の開発に携わったそれぞれの教員が実務上の課題解決事例の紹介や理論と実務間のギャップの説明、ある事例を題材にした演習などを行う。これらにより、学生は、大量生産品の自動車と一品生産の人工衛星におけるシステムインテグレーションの違いや、日本で発展してきたデザイン手法などを学ぶことができる。

以下に主要な科目の概要を述べる。

#### (a) システムエンジニアリング序論

システム開発プロセスにおけるVモデルに沿った戦略的システムズエンジニアリングの基礎を講義する。つまり、システム思考、要求分析、機能物理分解、アーキテクティングなど



図3 自動掃除システム

についての講義と実習を行い、社会の多様な要請に応えるシステムデザイン・マネジメント体系の基本を学ぶ。実習では、学生が数名でチームを組み、「利用者が自宅不在時に遠隔から操作可能な自動掃除システム」といった具体的なシステムの実現を最終ゴールとする開発も体験する。複数の教員が講義を担当し、学生は顧客役の教員にヒアリングを行い、課題やニーズの抽出から始め、システム要求抽出から納入までの各開発プロセスにおける仕様書を作成し、開発プロセスに沿ってシステム開発を行う。それぞれのチームは競合他社という設定で、システムの実現を目指す。あるチームが実現した遠隔自動掃除システムを図3に示す。左図には遠隔地から操作を行うためのwebによるサービス提供画面を、右図にはiRobot社製Roomba577を基に開発された掃除システムの主な構成を、それぞれ示す。

#### (b) システムアーキテクティングとデザイン

社会要求に応じた多視点からの可視化と問題解決構造・詳細構造のアーキテクティングとデザインについて講義する。また、各自の研究テーマのアーキテクティングとデザインについてグループ討議を行う。

#### (c) システムインテグレーション

要素分解されたシステムを確実に統合するための学問体系を講義する。つまり、システムの要求仕様作成、分析、設計、動作検証、要求仕様の妥当性確認についての講義を行う。また、実践的なグループ演習を行い、その上で討議を



図4 紙タワー建築プロジェクト演習

行う。

#### (d) プロジェクトマネジメント

プロジェクトマネジメントの基礎の講義を行う。具体的には、大規模・複雑システムのマネジメント、ロジスティクス（人事や調達）の基礎と実践、クロス・マネジメントおよびプロジェクトマネジメントの技法についての講義と演習を行う。演習の一例として、紙を利用したタワー建築のプロジェクト演習の様子を図4に示す。学生が数名でチームを組み、プロジェクトマネージャを中心とした役割分担を決め、PMPに準拠したマネジメントプロセスに従ってタワー建築のための準備と実際の建築を行う。紙の単価や学生1時間あたりの作業時間の単価も設定し、限られた費用、スケジュールの中で、より安定し、高さの高いタワーの建築をチームごとに競い、その後に各チームのプロジェクトマネジメントの成果を評価する演習である。

#### (e) デザインプロジェクト ALPS

Stanford大、MIT、TUDelftとの国際連携グループプロジェクト科目であり英語で行われる。“Enriching Senior Life in Japan”（2008年度）“Sustainable Community”（2009年度）“Safety and Security”（2010年度）といった全体テーマのもと、年間を通して4、5回のワークショップ（各2日間）とその間のグループ学習を行い、学生は5～8名のチームごとにシステムライフサイクルの全プロセスを体験し、最

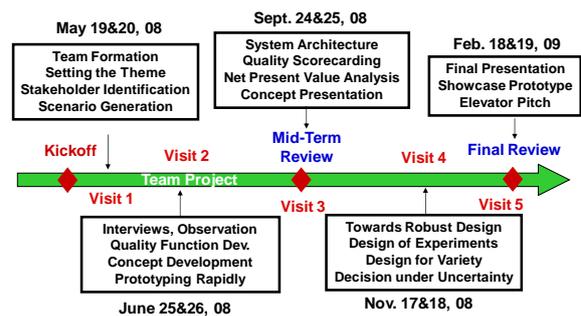


図5 ワークショップおよびグループ学習の流れ

終回にはシステム提案の発表と議論を行う[7]。図5に年間のワークショップおよびグループ学習の流れを示す。4大学の教員はテレビ会議等も用いてALPSの講義内容や方法について綿密に調整を行う。共通コア科目を中心に多くの科目と関係深い科目であり、学生は本科目を中心に個々の講義を理解し、個々の講義で得た知識を本科目に適用できる仕組みになっている。本科目については、文献[7]で詳細を紹介している。

#### (f) システムデザイン・マネジメント研究

修士論文研究に相当する。ただし、従来型の個人研究とは異なり、グループによってプロジェクト形式で学問分野横断的に研究を実施し、安心・安全、環境共生、社会協生を含む社会のニーズに合致した研究を行うことを推奨している。学生は、プロジェクトの中で個人で行った部分について論文としてまとめる。

表2に、2009年度システムデザイン・マネジメント研究（修士研究）のテーマの例を示す。技術システムから社会システムまで、システムのデザインに関する多様な研究が行われている。

### 3. 学生の分布

産官学問わず様々な組織に対して学生募集についての周知を行い、産業界に対しては社会人学生の派遣を要請した。その結果、年間3回に渡る入試を経て、開設前に設定したシナリオに近い形で学生を受け入れている。特徴的な

点のひとつは、幅広い年齢、様々な分野、国籍に渡る学生構成となっている点である。2008年度以来入学生を迎え入れており、2010年度春学期の時点では、修士課程に在籍する学生が100数十名、博士課程に在籍する学生が数十名いる。在籍する学生の年齢は、20代から60代まで広く分布しており、平均年齢は修士課程学生が32歳（図6）、博士課程学生が42歳（図7）である（2009年度のデータ）。また、出身学部は理工系から法学、政治学、経済学、文学、

表2 2009年度システムデザイン・マネジメント研究（修士論文研究）テーマの例

研究テーマ
太陽光発電に併設する蓄電池共有によるCO <sub>2</sub> 削減効果の推定
クリーンエネルギー普及のためのLCAを用いた炭素税設計
バイオマスエネルギー技術の中核とした都市農村共生社会のシステムデザイン
リサイクルを考慮した国内銅資源供給の持続可能性評価
大規模化学プラントにおける安全管理システムの提案
プロジェクト記述言語によるソフトウェア開発プロジェクトのリスクマネジメント
セミアクティブニーボルスターを用いた乗員下肢の保護制御システムデザイン
国際海運システムの安定化のためのグローバルな海上安全保障政策の作新
製造業における企業パフォーマンスと組織風土・文化の関連性の調査研究
地方自治体職員のモチベーションに関する調査研究
—活力ある組織風土の構築に向けて—
若手技術者のモチベーションに関する研究
—多大学共同微小重力実験プロジェクトを例にして—
主観的幸福における社会的なつながりの価値の明確化
住宅内超高速プラスチック光ファイバネットワークの中国展開戦略に関する研究
電子書籍の将来展望と活字メディア産業における構造変化に関する研究
海上を利用した宇宙往還機のビジネスモデルの検討および実証試験計画
—日本独自の有人機実現に向けて—

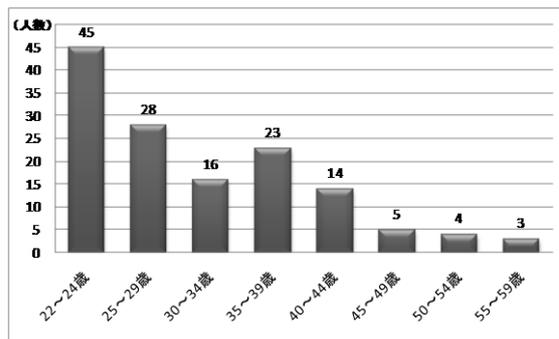


図6 修士課程在学学生の年齢分布

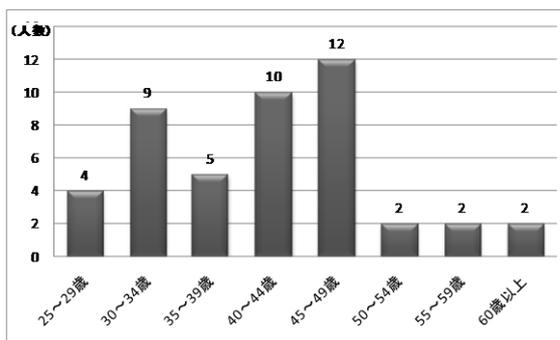


図7 博士課程在学学生の年齢分布

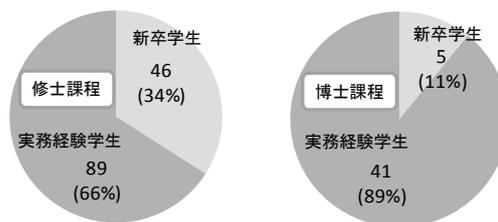


図8 新卒学生および実務経験学生の人数比率

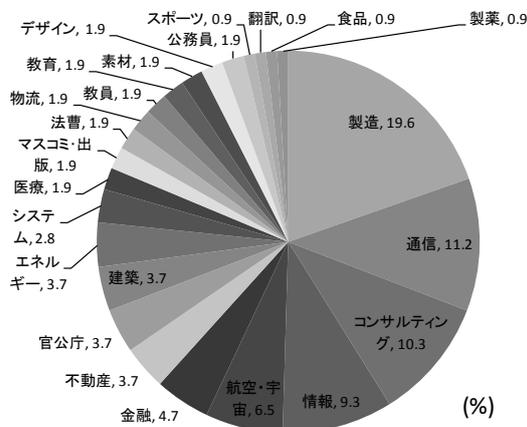


図9 実務経験学生の職種分布

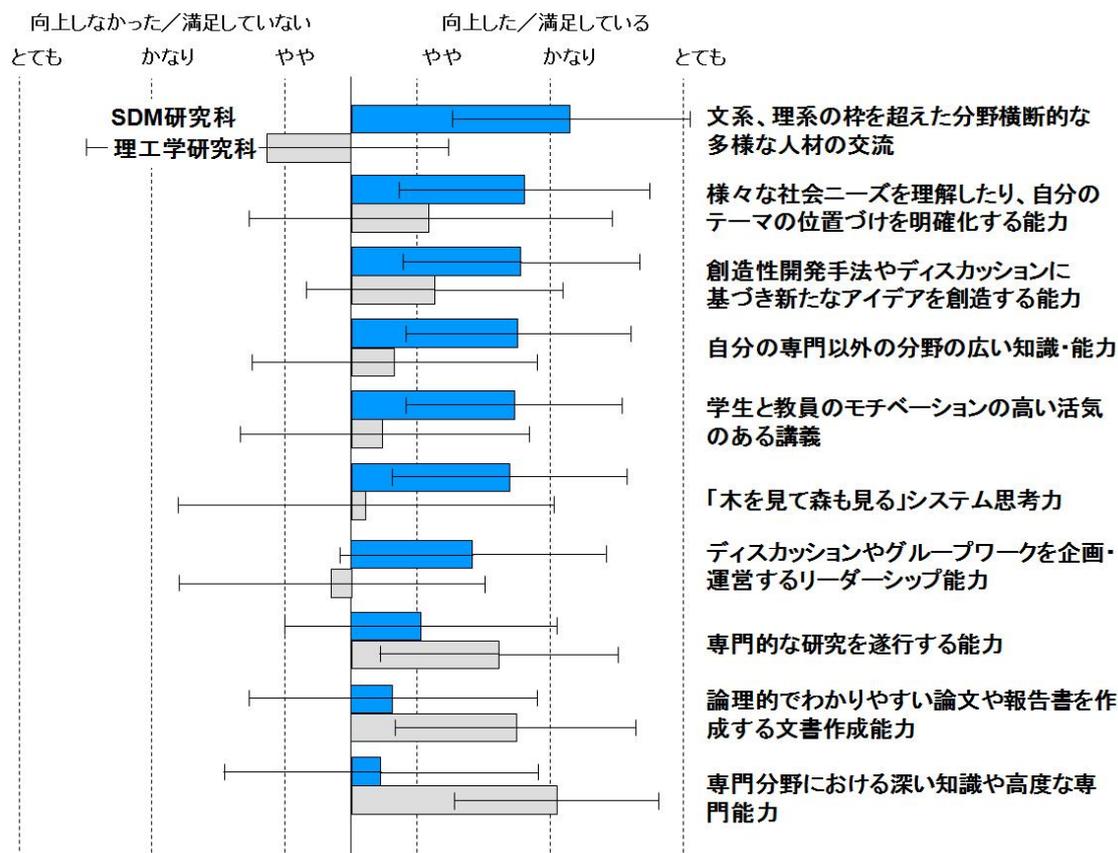


図 10 SDM 学生および理工系学生の意識の比較結果

商学, 農学, 体育学に渡っており, 実務経験者が多く, 修士課程では 66%, 博士課程では 89% を占めている (図 8). 実務経験者の職業は, 製造, 通信, コンサルティング, 情報, 航空・宇宙, 金融, 不動産, 官公庁, 建築, エネルギー, システム, 医療, マスコミ・出版, 法曹, 教育などと多岐に渡っている (図 9). また, 海外の大学からの留学生を含めた海外国籍の学生の割合は 20%程度であり, 今後増加させることを目指している. 当初の目的通り, 多様な専門知識を持つ学生および教員による多様な人材の交流に基づく学びの場を形成している.

#### 4. 学生による評価結果

2008 年度春学期入学の修士課程 2 年生 36 名を対象に, 入学してから 1 年の間にシステムデザイン・マネジメント研究科の教育によって向上したと考える能力とその程度, 満足している経験の内容とその程度について意識調査を

行った. また, 比較のために, 理工系大学院の修士課程 2 年生 23 名を対象に同様の意識調査を行った. 各々の項目に対して 6 段階での評価を記入頂く形とした. 各項目に対する両研究科での調査結果をもとに  $t$  検定を実施した. 有意水準を 1% とし, 評価結果に優位差があったものを図 10 に示す. 各項目に対する上側のグラフがシステムデザイン・マネジメント研究科学生から得た調査結果の平均値および標準偏差, 下側のグラフが理工系大学院学生から得た調査結果の平均値および標準偏差である.

この結果より, システムデザイン・マネジメント研究科の教育・研究カリキュラムにより, 少なくとも学生の自己評価の範囲では, 産業界からの理系大学・大学院への期待に応える教育・研究を実施できていることがわかる. 「論理的でわかりやすい論文や報告書を作成する文書作成能力」についてシステムデザイン・マネジメント研究科の学生による自己評価が低

いことは、アンケートの対象が2年生になったばかりの修士課程学生であったことに起因すると考えられる。すなわち、1年生時には、文書を作成することよりも、課題の対象となる現場へ赴くなど、行動することを重視した教育方針を取ったことが原因の一つであると考えられる。このため、現在、コミュニケーション能力を向上させる講義を強化中である。なお、文書作成については、ALPSではチーム作業の際に英語で報告書を作成する経験をさせ、修士論文では個人作業にて日本語で作成する経験をさせる。

大規模・複雑システムの問題を解決するために必要となる基本的な考え方や手法は、必修科目群によって全学生がある程度身につけられていると感じている。一方、その考え方や手法を社会・産業界で適切に使いこなすには、必修科目以外の科目をシステムデザイン・マネジメント研究科および他の大学や大学院で受講し、学生自らが研究や実際の業務で試行や適用を行う必要がある。その点での教育の成果の大きさは各学生の問題意識の強さ、視野の広さ、行動力の有無などに依存するところが大きい。大学院教育でこれらの課題を全て解決することは容易でないが、システムデザイン・マネジメント研究科による社会・産業界との密接な連携や各指導教員による学生への個別指導、多様な人材で構成される学生同士の様々な交流を更に促進することによって解決できることが多いと考えている。

深い知識や高度な専門能力を向上させるための教育も重要であるため、その能力も他の能力と同時に向上させることができるようなカリキュラムの改善を検討中である。学生ごとに専門性が大きく異なるため、講義科目によっては、受講する学生の能力や知識レベルに大きな開きがあることも課題である。現在は、能力や知識レベルの高い学生に合わせた講義を行い、別途、その科目に関する補講を行うことで対処している。

以上、システムデザイン・マネジメント研究科修士課程のカリキュラム、学生像および学生の意識調査結果について述べた。

博士課程は研究が中心となるが、共通のシステムデザイン・マネジメント学を理解させるために、共通コア科目やデザインプロジェクト科目ALPSの履修を強く推奨している。また、横断型のラボ（研究ユニット）を多く設置しており、学生は多くの教員の指導を受けたり多様な学生と接しながら広い視野から研究を行うことが可能である。これらにより、それぞれの分野における専門性と、総合力、システム思考力、コミュニケーション能力を兼ね備えた人材の育成を行っている。

## 5. おわりに

技術システムから社会システムにわたる様々な大規模・複雑システムの構築と運用をリードする人材の育成を目指して開設したシステムデザイン・マネジメント研究科は、2010年3月に初めて修士課程修了者を輩出した。修了者は、大規模・複雑システムを扱うために身につけるべき能力および知識を身につけていると考えている。特に、多様な人材によるグループ学習やグループ討議を重視する教育カリキュラムによって、システムックかつシステムチックに社会要求を明確化し、その上でアイデアを創出し、確実に具現化するための考え方や手法を多くの修了者が身につけていることを修士論文などの成果物から確認している。一方、学生ごとに専門能力を向上させるための教育カリキュラムの拡充や、学生ごとに専門分野が大きく異なることに起因する講義科目ごとの学生の能力や知識レベルの開きに対する対処は今後の課題であるが、教育カリキュラムの更なる改良や、社会・産業界や関連教育研究機関、大学・大学院との連携の更なる強化が有効であると考えている。また、今後、修了者の卒業後の社会・産業界での成果を追跡調査し、システムデザイン・マネジメント学の大学院教育の成果や課題をより具体的に検証、評価することによって、独自の大学院教育の更なる向上を図り、次世代の技術・社会システムを創造するリーダーの育成を担ってゆきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] 神武直彦, 前野隆司, 西村秀和, 狼嘉彰, 学問分野を超えた「システムデザイン・マネジメント学」の大学院教育の構築—大規模・複雑システムの構築と運用をリードする人材の育成を目指して—, シンセシオロジー—構成学, Vol. 3, No. 2, pp. 112-126 (2010)
- [2] <http://www.sdm.keio.ac.jp/>
- [3] K. Forsberg, H. Mooz and H. Cotterman, Visualizing Project Management: Models and Frameworks for Mastering Complex Systems, Wiley, (2005)
- [4] INCOSE Systems Engineering Handbook, version 2a, (2004)
- [5] PMI A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Fourth Edition, (2008)
- [6] 石井浩介, 飯野謙次: 設計の科学 価値づくり設計, 養賢堂, (2008)
- [7] K. Ishii, O. de Weck, S. Haruyama, T. Maeno, S. Kim, and F. Whitfield, Active Learning Project Sequence: Capstone Experience for Multi-Disciplinary System Design and Management Education, Proceeding of the International Conference on Engineering Design, CD-ROM, (2009)

テーション入門」(東京大学出版会, 2008), 「宇宙ステーションと支援技術」(コロナ社, 2004) などがある。

- (2) **前野 隆司** 慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科教授。  
1986年東京工業大学理工学研究科機械工学専攻修士課程修了。博士(工学)。キヤノン(株)勤務, カリフォルニア大学バークレー校客員研究員, 慶應義塾大学理工学部機械工学科教授, ハーバード大学客員教授などを経て現職。専門は, ヒューマンマシンインタフェースデザイン, 社会システムデザイン, システム論, 科学哲学。著書に, 「思考脳力の作り方—仕事と人生を革新する四つの思考法」(角川ワンテーマ 21, 2010), 「脳はなぜ「心」を作ったのか—「私」の謎を解く受動意識仮説」(筑摩書房, 2004) などがある。

## 著者略歴

- (1) **狼 嘉彰** 慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科委員長。  
1968年東京工業大学理工学研究科電気工学専攻博士課程修了。工学博士。科学技術庁航空宇宙技術研究所研究員, カリフォルニア大学ロサンジェルス校客員研究員, 東京工業大学教授, 宇宙開発事業団技術研究本部研究総監などを経て現職。専門は, 大規模宇宙システムのデザインとマネジメント, 戦略的システムズエンジニアリング。著書に, 「宇宙ス