分野横断教育の体系的カリキュラム構築とその学習成果のアセスメント

Creation of Systematic Curriculums for Interdisciplinary Education and Assessment of the Learning Outcomes

井上 雅裕^{*1}
Masahiro INOUE

長谷川 浩志^{*1}
Hiroshi HASEGAWA

陳 新開^{*1}
Xinkai CHEN

College of Systems Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology was founded in 1991. Each department in the college has delivered specific major education and shared common interdisciplinary education of systems engineering. The knowledge and skills in systems engineering including project management are necessary for engineers who solve technical as well as social and interdisciplinary problems. We define our interdisciplinary education by emphasizing systems approach with interdisciplinary communication and teamwork skill for solving real problems in society. The main part of interdisciplinary education consists of three lectures and three Project-Based Learning (PBL) for mixed students of five departments. In this paper, learning outcomes design, course design, execution, and assessment are described.

Keywords : Interdisciplinary Education, Systems Engineering, Generic Skill, Quality Assurance, Rubric, Learning Portfolio

キーワード：分野横断教育，システム工学，ジェネリックスキル，質保証，ルーブリック，ラーニングポートフォリオ

1. はじめに

芝浦工業大学システム理工学部は、1991年に工学系の3学科（電子情報システム学科，機械制御システム学科，環境システム学科）でシステム工学部として設立され，各学科は専門教育をすると同時に，全学科共通の分野横断教育としてシステム工学教育を実施してきた¹⁾。

2008年以降，理学系の2学科（生命科学科，数理科学科）を新設し，工学，理学の5学科へ拡大した。この機会を捉え，学部の理念を再設定し，2008年から2012年までの間に，分野横断教育としてのシステム工学教育の学習・教育目標を策定し，この目標を達成するための分野横断教育の教育プログラムを体系的に構築した。さらに，ルーブリックを用いた学習成果のアセスメント，ラーニングポートフォリオの導入を含めた分野横断教育の質保証の仕組みを構築した。また，この教育プログラムを実現する上での教科書を出版し，育成されたジェネリックスキルの評価などにより，教育プログラムの妥当性確認を行ったので報告する。

2. 分野横断教育の理念と学習・教育目標

2007年，学部に理念検討委員会を設置し，表1に示した学部の理念文書を起案した。この理念を受け，理学・工学を含めた幅広い学科構成での分野横断教育の学習・教育目標を設定するにあたり，システム工学を，伝統的なOR（Operations Research）や，最適化の手法に限定することなく，理工学分野に共通の体系的な問題発見・分析・解決の手法を重視し，チームワーク，コミュニケーションを含めたジェネリックスキルの育成も教育目標に定めた。また，工学教育の教育目標として国際エンジニアリング連盟（International Engineering Alliance）の卒業生属性（Graduate Attributes）²⁾との整合を図った。

学部教育の理念を達成するための教育体系を図1に示した。教育体系は，数学・自然科学・情報技術などの工学基礎教育，人文社会科目，外国語科目，各学科の専門科目に加え，システム工学教育を据えている。これにより学部の理念に基づく，システム思考，システム手法，システムマネジメントを身につけ，学科横断のPBL（Project Based Learning）により，学際的チームで活躍できる力（チーム活動能力），コミュニケーション能力などのジェネリックスキルを育成する。

芝浦工業大学では，「社会と技術の連関に関する理

2012年12月20日受付

*1 芝浦工業大学

表1 システム理工学部理念

複雑化する現代においては、そこに生ずる様々の問題を整理し、合理的に処理する手段の開発が必要であり、特に産業界においては、これまでの資源エネルギー消費型の産業から知的集約型の産業構造への転換手段として、事象を総合的、系統的に把握し、合理的かつ組織的に解決することが求められている。言い換えると、現代は「ポスト工業社会」であり、従来の経験的な職業人ではなく理論的な知識人が社会の中軸として期待されている。このためには、従来の大量消費型産業構造を脱却し、あらゆる事象に対して科学的知識（Science）と体系的方法論（Systems theory）を駆使して、環境、情報、機械、電気、生命等をシステムとして捉え、地球と人類のために未来を創造できる人材育成が重要である。

科学的知識（Science）とは、数学や情報科学、物理・化学を基礎とする理論、近年発達の著しい生命現象に関する知識であり、体系的方法論（Systems theory）とは、現実の問題を、構成要素とその相互関係を通して理解し、総合的な解決策を追及するシステム思考、事象を抽象化、モデル化し、解析することにより最適な解決方法を探り、理想とする目的を達成し機能を作り上げるシステム手法、問題解決のために人、知識、技術を総合化するシステムマネジメントを主体とする方法論である。

システム理工学部では、この科学的知識（Science）と体系的方法論（Systems theory）の相乗効果（Synergy）により、社会・環境・生命等の分野や新たな境界領域分野に積極的に進出できるパイオニアを育成する教育・研究を実施する。また、従来の単機能大量生産型のものづくりスタイルではなく、複雑化しているシステムの「もの」や「こと」に対してその仕組みを解明し、横とのつながりを重視した付加価値のあるものづくりや新たな枠組みを考えることができる創造力豊かな人材を育成する。

図1 芝浦工業大学 システム理工学部教育体系

解・判断力と行動力」を育成する科目群を「工学リベラルアーツ科目」³⁾と呼んでおり、システム工学教育は、「工学リベラルアーツ科目」として位置付けられる。

学部全体の学習・教育目標のなかで、システム工学教育が担っている学習・教育目標を表2に示した。目標を行動特性に分解し、さらに、各科目の学修によりそれを達成できるように教育プログラムを設計した⁴⁾。システム工学教育の主要科目は、表2に示した学部教育の6科目、大学院修士課程の2科目である。

3. 教育プログラムの構築の工程と質保証サイクル

システム工学教育プログラムの再構築の工程を表3に示した。1991年のシステム工学部創設から積み上げられてきた全学科の連携による分野横断教育の伝統と成果を活かし、教育の質保証システムを構築すること

を目標とした。

システム理工学部教育は、学部共通の分野横断教育と学科毎の専門教育を並行して配置している。学部共通科目のシステム工学演習A及びBでは、全5学科に拡大した異なる専門分野、異なる経歴を持つ教員が連携して、5学科の学生の混成クラスで実施する。このような条件のなかで、5学科の学生を教育し、動機付けを適切に行い、教育成果を得るためには、教員間で明確な学習・教育目標を共有し、連携を深める必要がある。

教育プログラムの質保証サイクル⁵⁾と手段を図2に示した。PDCAの質保証のサイクルのうち、PLAN（教育プログラムの学習・教育目標の設定）に関しては、既に2章で述べた。以下の章では、Do（学習・教育目標達成のためのカリキュラム構築）とその手段として段階的なPBL、Check（学習・教育目標の達成度

表2 システム工学科目の学習・教育目標と科目との関連
凡例 ◎：深く関連する，○：関連する

学習・教育目標	行動特性	カリキュラム，該当科目								
		システム工学A	システム工学演習A	システム工学B	システム工学演習B	システム工学C	システム工学演習C	システム工学特論	システム工学特別演習	
「システム思考」－学問体系を横断し関連づけるシステム工学のプロセスを理解し、総合的な解決策を導出・評価できる	1. システム工学のプロセスを理解し、問題解決に適用できる	◎	◎				○	○	○	
	2. 問題の発見、要求分析、解決策の導出、評価を行うことができる	◎	◎				◎	○	◎	
「システム手法」－社会的かつ分野横断の問題をモデル化し、システム工学の技術・ツールを適用し、制約条件下で問題を解決できる	1. システム工学の手法を用いて問題のモデル化、最適化、意思決定ができる	○		◎	◎		○	○	○	
	2. 確率統計を理解し、それを応用したシミュレーションを行うことができる			◎	◎					
「システムマネジメント」－問題解決のために必要な人・知識・技術を統合し、マネジメントできる	1. プロジェクトマネジメントのプロセスと技法を理解し、プロジェクトに適用できる	○	○	○	○	◎	○	○	○	
	2. プロジェクト計画を立案し、スコープ、期限、コストの制約条件を満たすために、人に働きかけ、知識と技術を活用し、プロジェクトを遂行できる					◎	○	○	○	
学際的なチームで活動できる	1. 多分野の人とコミュニケーションができる		◎		◎		◎		◎	
	2. チームで協力して活動できる		◎		◎		◎		◎	
論理的な記述力、口頭発表力、討論等のコミュニケーション能力を持つ	1. 文書で適切な報告ができる		◎		◎		◎		◎	
	2. 口頭で適切な報告、プレゼンテーションができる		◎		◎		◎		◎	
各種制約下でニーズに合致するシステム、サービス、プロセスを設計できる	1. ニーズに合致し、制約条件を満足するシステム、サービス、プロセスの仕様を作成できる。		○		○		◎		◎	
	2.適切な手法とツールを用いて詳細設計を実施できる。						○		○	
	3.作り上げたシステム、サービス、プロセスが当初の仕様を満足するよう、試験し、改善することができる。						○		○	
	4.作り上げたシステム、サービス、プロセスを適切に文書化できる。						○		○	

表3 分野横断教育プログラムの再構築工程

年	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度
学部名	システム工学部		学部名称変更：システム理工学部			
大学院					大学院システム理工学専攻新設	
学科構成	電子情報システム学科，機械制御システム学科，環境システム学科					
	生命科学学科新設→					
	数理科学学科新設→					
構築内容	学部理念策定		ラーニングアウトカムズの設定			
			システム工学の講義科目・PBL演習科目の刷新			
			ルーブリックによるアセスメント導入			
			システム工学教科書出版			
			大学院と学部混成PBL導入			
			社会人基礎力評価PROG導入			
			eポートフォリオ導入

図2 教育プログラムの質保証サイクルと手段

の測定・評価）とその手段としてのルーブリック，ラーニングポートフォリオの設計と評価に関し述べる。

4. 分野横断教育カリキュラムの構築

従来の理工学教育のカリキュラムは、先に基礎的・定量的な手段を個々に学び、その応用として、その手段の使い方を学ぶことが多い。しかし、学んだ複数の手段を、社会で体系的にどう活かすかは教育されていない。このような積み上げ型の教育は教員にとって、講義がしやすい反面、学生には、基礎的な手段の学習と自分の将来との関連が理解できず、学習意欲が低下する場合があった。

これを踏まえて、システム工学教育の再構築にあたっては、以下の方針で行った。

- (1) 全体から部分へ，定性的から定量的へ
- (2) 社会の中での手段の体系的な使われ方を学ぶ
- (3) 体験から理論へそして実践へ これを繰り返す
- (4) 演習科目の設計をしてから講義科目の設計を行う

4.1 全体から部分へ、定性的から定量的へ

学部理念を実現するカリキュラムの構成を図3に示した。まず、システム思考の科目では、総合的な問題解決の流れとその定性的手段を学び、工学的な問題解決に必要な課題発見、課題定義、設計、評価に至るシステムズエンジニアリングの流れを学ぶ。この段階では、個々の定量的な手法には立ち入らず、問題解決全体の流れを修得することに重点を置く。

次のステップは、定量的なシステム手法を学ぶ段階である。既に学んだシステム思考の各ステップに必要な定量的な手段であるモデル化の手法、数理的最適化手法、定量的意思決定手法を学ぶ。学生は全体の問題解決の流れを理解できているため、定量的な手法の位置付けが理解しやすい。

4.2 体験から理論へそして実践へ

システム工学教育では、分野横断の問題解決能力の育成のために、問題の発見、分析、設計、評価や、チームでの活動能力、コミュニケーション、プロジェクトマネジメント能力を学習教育目標としている。社会での問題解決を行った経験の無い学生に対し、抽象的な理論や技法を講義しても、理解することができず、教育効果はあがらない。

そこで、システム工学教育カリキュラムでは、まず問題解決のグループ演習を行って、学生に体験させる。問題発見や課題の分析の難しさ、チームで活動する際の役割分担などの難しさ、スケジュールどおりに仕事をする難しさを体験させ、ついで、講義と演習を繰り返す方法を取った。これを図4に示している。PBLによる演習科目を学部1年生から大学院修士1年までに5回、これに対応した講義を5科目配置した。学生は経験と理論の学習をスパイラルに学習することで、実体験があるため、理論が理解でき、理論を知っているから、それを実践することができる。

システムマネジメント(プロジェクトマネジメント)は、図4のプロセスのシステム工学Cとして配置しており、実践と理論を積み重ねた最終段階に配置している。この位置に置くことにより、実践を踏まえて学生のプロジェクトマネジメントへの理解が深まっている。

図3 学部理念を実現するカリキュラムの構成

図4 分野横断教育プログラムのプロセス

4.3 演習科目の設計をしてから講義科目の設計を行う

各科目のシラバスの設計にあたっては、PBL等の演習科目の設計を先に行い、ついで、関連する講義科目の設計を行う通常とは逆の方法を取った。先に演習問題やPBL演習の流れを検討することで、学習・教育目標の具体的内容、学生が目標とする行動特性が明確になる。講義で教える内容と学生が自習することが効果的な内容が明確にできる。このようにして、PBL科目であるシステム工学演習Aのシラバスに対応できるよう、講義科目のシステム工学Aのシラバスを設計した。また、同様に、PBL演習科目のシステム工学演習Bのシラバスに対応できるよう、講義科目のシステム工学Bのシラバスを設計した。

4.4 教育体系に合わせた教科書を出版

構築した教育プログラムを実施するため、必修科目

図5 システム工学演習Aで、ブレインストーミングとKJ法を用いて防災システムを検討している様子

であるシステム工学A, システム工学演習A, システム工学B, システム工学演習Bに対応した教科書を新たに執筆し、出版した⁶⁾。この教科書ではシステム工学と社会とのつながりを意識して学ぶことができるよ

う、理論やツールの社会での活用方法を示している。また、編集にあたっては、教科書原稿の共著者間の相互レビューに加え、大学院生4名と、企業の技術者によるレビューを実施し、読者である学生に理解しやすくなるよう、産業界での運用方法と整合が取れるよう配慮した。

この教科書は、既に本学以外の複数の大学で教科書として採用されている。

5. 学習教育目標の達成度のアセスメント

教育目標の達成度を学習・教育目標に対応したルーブリックおよびジェネリックスキルテストで測定した。

表4 ルーブリックの例（システム工学演習A）

行動特性			高	水準の説明		低い	評価者
			5	4	3	2	
多分野の人とコミュニケーションができる	1	-	積極的にアイデアを出した。他人の発言を聴き、尊重した 自分の専門以外の分野に関心を持ち、積極的に理解しようとした 自分の専門以外の分野を体系的に理解しようと努め、意見をまとめ、最適の問題解決策を得るための活動をした	積極的にアイデアを出した。他人の発言を聴き、尊重した 自分の専門以外の分野に関心を持ち、積極的に理解しようとした		消極的に活動し、アイデアを出さなかった。他人の発言を尊重しなかった 自分の専門以外の分野に関心を持たず、理解しようとしなかった	学生自身 班内相互評価
			中間	中間		中間	
チームで協力して活動できる	2	-	仕事を発見し、進め方を検討し、実行できた。必要な支援を班員に行った 仕事の全体像を把握し、仕事を適切に分割し、進捗をチェックし、班が重要点に注力できるように活動した	仕事を発見し、進め方を検討し、実行できた。必要な支援を班員に行った		他人から言われたことだけを実施した。必要であることが分かっているが、班員を支援しなかった	学生自身 班内学生相互評価
			中間	中間		中間	
文書で報告ができる (レポート)	3	構成・体裁	一章節項が適切に構成され番号で区分されている ページ数が適切にふってある 丁寧に作成されている レイアウトが工夫されており、分かり易い	一章節項が構成され、番号で区分されている ページ数がある		一章節項の構成が不適切、また番号が適切に振られていない ページ数が記載されていない 乱雑に、作成されている	教員評価
	4	文章	一理解しやすい文章で書かれている 一論理的な飛躍や誤りがない 一レポート全体が一貫している 一図表を、適切に説明している	一理解できる文章で書かれている 一論理的な飛躍や誤りがない 一レポートがつぎはぎでない 一図表を説明している		一文章は理解しにくい 一論理的な飛躍や誤りが多い 一レポートがつぎはぎであり、一貫していない 一図表に対し文章説明がない、図表の羅列である	教員評価
	5	図表	一図表の番号が適切、図表のキャプションが適切な位置にあり、適切な説明がされている 一図表に工夫があり、丁寧に、分かり易く描かれている	一図表の番号が適切、図表のキャプションが適切な位置にある		一図表の番号が無い、または不適切である。図表のキャプションが無いまたは、不適切な位置にある 一図表が乱雑で、分かりにくい	教員評価
	6	内容	一課題に対し、深く理解し、検討したことが文章から読み取れる 一適切な文章、例示、図表で明確に表現されている 一主張の妥当性が適切に説明されている 一技術的(理工学的)誤りがない	一課題に対し、ある程度理解し、検討したことが文章から読み取れる 一文章、例示、図表を使い、表現されている 一主張の妥当性がある程度説明されている 一技術的(理工学的)誤りが少ない		一課題に対し、理解しておらず、検討が不十分である 一文章が不適切、例示、図表がないまたは不十分で、明確でない 一主張の妥当性が説明されていない 一技術的(理工学的)誤りが多い	教員評価
	7	-	一本文に宛先、発信者が明確に記載されている 一出席者、欠席者、遅刻者が漏れなく記載されている 一進捗、課題、今後の計画が明確に記載されている	一本文の宛先、発信者の一部が記載されている 一出席者、欠席者、遅刻者の一部が記載されている 一進捗、課題、今後の計画の一部が記載されている		一本文に宛先、発信者が全く記載されていない 一出席者、欠席者が全く記載されていない 一進捗、課題、今後の計画が記載されていない	教員評価
			中間	中間		中間	教員評価
口頭で報告、プレゼンテーションができる (発表会)	8	内容	一課題に対し、深く理解し、検討している 一主張の妥当性が適切に説明されている 一技術的(理工学的)誤りがない	一課題に対し、ある程度理解し、検討している 一主張の妥当性がある程度説明されている 一技術的(理工学的)誤りが少ない		一課題に対し、理解しておらず、検討が不十分である 一主張の妥当性が説明されていない 一技術的(理工学的)誤りが多い	教員評価 班間学生相互評価
	9	スライドの構成と表現の適切さ	一序論は、目的を明確に述べ、聴衆を引きつけている 一本論は、良く整理され、裏付けが示されている 一結論は、要点が整理して示されている 一スライドの表現は分かり易く、インパクトがある	一序論は、目的を述べている 一本論は、整理され、ある程度裏付けが示されている 一結論は、要点が示されている 一スライドの表現は分かり易い		一序論で目的を述べていない 一本論は、整理されておらず、裏付けが不十分 一結論は、要点が示されていない 一スライドの表現は乱雑で、わかりにくい	教員評価 班間学生相互評価
	10	プレゼンテーション	一表現は分かり易く、また、明瞭な声で話している 一聴衆を見て話している 一質問に適切に答えることができる	一表現はある程度分かり易く、また理解できる声で話している 一聴衆を時々見て話している 一質問に答えることができる		一表現は分かりにくく、また声も聞き取りにくい 一聴衆をほとんど見ず、原稿やスクリーンを見ている 一質問に適切に答えることができない	教員評価 班間学生相互評価
・システム工学のプロセスを理解し、問題解決に適用できる ・問題の発見、要求分析、解決策の導出、評価を行うことができる	11	発想法 (第1回レポート)	一BS法やKJ法など各種発想法を用いてテーマ(または目的)を検討した。結果をわかり易い図表で表し、文章で明確に説明している 一テーマの目的を目的展開図で検討し、トップダウンとボトムアップの両面から検討し、最終的に1つの目的展開図としてまとめている。また、それを文章でわかり易く説明している	一BS法やKJ法など各種発想法を用いてテーマ(または目的)を検討し、結果を図表で表し、文章で説明している 一テーマの目的を目的展開図で検討し、1つの目的展開図としてまとめている。また、それを文章で説明している		一BS法やKJ法など各種発想法を用いてテーマ(または目的)を検討していない、結果の図表が不適切である、文章での説明が不明瞭または無い 一テーマの目的を目的展開図で検討していない、または、しているが不十分である。また、それを文章で説明していない、または、文章が不明瞭である	教員評価
	12	要求分析・ニーズ分析 (第2回レポート)	一現行のシステムやサービスを分析し、利用者に提供している機能、利用者の利用方法、業務やサービスの流れを図と文章を使って明確に示すことができる 一利用者毎にニーズを整理し、さらに、システムのニーズを、わかり易いニーズ展開図に整理することができる 一要求項目リストを作成することができる。この際に、要求と要望を適切に区別し、要望については重要度を適切に定義できる 一上記を踏まえ、システムの目標を、文書でわかり易くまとめることができる。文章中には、背景、目的、効果を簡明に記載することができる	一現行のシステムやサービスを分析し、利用者に提供している機能、利用者の利用方法、業務やサービスの流れを図と文章を使って示すことができる 一利用者毎にニーズを整理し、さらに、システムのニーズを、ニーズ展開図に整理することができる 一要求項目リストを作成することができる。この際に、要求と要望を区別できる 一上記を踏まえ、システムの目標を、文書でまとめることができる。文章中には、背景、目的、効果を記載することができる		一現行のシステムやサービスを分析できず、利用者に提供している機能、利用者の利用方法、業務やサービスの流れを示すことができない 一利用者毎にニーズを整理できず、システムのニーズをニーズ展開図に整理することができない 一要求項目リストを作成することができない 一システムの目標が不明瞭である。背景、目的、効果の間に妥当性が欠けている	教員評価
	13	設計・プロジェクト計画 (第3回レポート)	一品質機能展開(QFD)を用いて、要求品質一品質要素展開表を作成し、要求品質ウエートを適切に求め、その結果を説明することができる 一機能の構造を明確に示した上で、複数の代替案を体系的に設計することができる 一適切な評価基準を設定し、複数の代替案から、設計案を選択し、その結果を文章で説明できる 一プロジェクト計画を適切に表したWBSとガントチャートを作成でき、文章でわかり易く説明できる	一品質機能展開(QFD)を用いて、要求品質一品質要素展開表を作成し、要求品質ウエートを求め、その結果を説明することができる 一機能の構造を示した上で、複数の代替案を設計することができる 一評価基準を設定し、複数の代替案から、設計案を選択することができる 一プロジェクト計画を表したWBSとガントチャートを作成でき、文章で説明できる		一品質機能展開(QFD)を用いて、要求品質一品質要素展開表を作成することができない 一機能の構造が示されていない。また、代替案の設計が体系的でない 一評価基準が無いまたは不適切であり、設計案の選択に妥当性がない 一プロジェクト計画を表したWBSとガントチャートを作成することができない	教員評価

5.1 ルーブリックとラーニングポートフォリオによるアセスメント

分野横断教育で学習・教育目標の達成を評価するためのルーブリック^{7), 8)}を設計し、学生に学習・教育目標を明確に提示した。また、このルーブリックにより学生の自己評価、相互評価、教員評価を実施した。

設計したルーブリックのうち、システム工学演習Aの事例を表4に示した。ルーブリックの設計にあたって留意した点は、(1)学生が学習前に理解できる表現とすること、(2)達成できたか判定できること、(3)各水準の現れとして多様な結果・行動を包含できていること、(4)水準の最高値は学生が到達可能であること等である。ルーブリックを用いた自己評価により、学生が学習目標を認識し、自己の成長を確認させる機会を与えた。

表4に示したルーブリックの1-10の項目はジェネリックスキルであり、11-12の項目はシステム工学を理解し適用できる力を示している。このなかで、項目1-2に関しては、電子ラーニングポートフォリオを用いて学生の自己評価を行っている。

図6, 7は、2012年度のシステム工学A履修者369人の授業前後の項目1-2の自己評価の変化を表したものである。横軸の1-5は、表4に示したルーブリックの水準を、縦軸は履修者のなかでの割合をそれぞれ示している。図から読み取れるように、授業前には、水準3にピークがあるが、履修後は水準4にピークが移り、水準5の学生が30%に達するなどの伸張が確認できる。

電子ラーニングポートフォリオ⁹⁾の自己評価内での自由記述欄(表5, 6)により、自己評価の水準を選択した具体的な行動特性を知ることができる。異なる学科の学生間のコミュニケーション、チームワークの重要性を学生が認識し、努力していることを確認した。

5.2 ジェネリックスキルのアセスメント

教育プログラムの妥当性を確認するために、ジェネリックスキルテスト(PROG: Progress Report on Generic Skill)^{10), 11)}を用いたアセスメントを行った。このテストでは、ジェネリックスキルを、(1)問題解決領域、(2)コミュニケーション・マネジメント領域、(3)自己管理領域に分類している。

さらに、(1)の問題解決領域に関しては、「リテラシー」と「コンピテンシー」の2側面から測定する。ここでのリテラシーの定義は、「知識を基に問題解決にあたる力で、知識の活用力や学び続ける力の素養」であり、コンピテンシーの定義は、「経験から身に付いた行動特性で、どんな仕事にも移転可能な力の素養」である。リテラシーは、大学入学時の学力偏差値と相関があり、コンピテンシーは大学での能動的な活動経験により向上することが多い。

本学部の教育プログラムを終え、大学院に進学した

図6 自己評価(ラーニングポートフォリオ)の集計(1): 多分野の人とコミュニケーションができる

図7 自己評価(ラーニングポートフォリオ)の集計(2): チームで協力して活動できる

表5 授業終了時の学生の具体的行動例(1)
(電子ラーニングポートフォリオから)

- (1) 多分野の人とコミュニケーションができる
- 「他学科の人と課題について意見を交換したり、アイデアを出すことができるようになった。」
 - 「自分から積極的に意見を言うようになった。他学科の人と同じことを目標に活動していたので、自分の専門以外の分野にも関心を持って理解しようとした。」

表6 授業終了時の学生の具体的行動例(2)
(電子ラーニングポートフォリオから)

- (2) チームで協力して活動できる
- 「毎週のグループワークの始めに今回の作業を示し、作業の分担をうまく行うことができるようになった。また、班員の負担に偏りが生じないよう活動できた。」
 - 「グループ作業後にパソコン室などで集まって活動したり、自分でできる仕事を見つけ、自分からみんなの役に立つ行動を取れるようになった。」

2011年度の修士1年生(30名)のPROGテストの結果と同テストを受験した国内の理系大学院修士1年生のテスト結果(基準値)とを比較したところ、(1)の問題

解決領域のリテラシーに関しては平均値であったが、(1)(2)(3)の全ての領域のコンピテンシーが偏差値で約5高い水準にあり、有意水準1%および5%検定の結果でも有意差があることを確認した。

大学院生のPROGテストの結果で、今回のようにコンピテンシーが全項目で高い水準を示した例は無く、本論文に示したPBLを繰り返し実施し、経験と知識を積み重ねる教育プログラムの効果と考えられる。

さらに、2012年度に学部1年生121名と大学院1年生64名にPROGテストを実施している。その結果では、本教育プログラムを修了した大学院1年生がコンピテンシーの全領域で学部1年生と比較して優れており、特に(2)コミュニケーション・マネジメント領域と(3)自己管理領域の差が大きいことを確認した。

6. おわりに

理学・工学を含む幅広い学部に対応した分野横断教育の学習・教育目標を策定し、この目標を達成するための教育プログラムを体系的に構築した。さらに、ルーブリックを用いた学習成果のアセスメント、ラーニングポートフォリオの導入を含めた、質保証の仕組みを構築した。また、この教育プログラムを実現する上での教科書を出版、育成されたジェネリックスキルの評価などにより、教育プログラムの妥当性確認を行った。

謝 辞

本研究の一部は、文部科学省 平成22年度大学教育・学生支援推進事業、「PDCA化とIR体制による教育の質保証」の一環として実施した。

学部理念の策定、教育プログラムの策定に、ご指導をいただいたシステム理工学部学部長 三浦昌生教授、副学長（前学部長）米田隆志教授に感謝する。工学リベラルアーツ教育、教育の質保証に関しご指導をいただいた前学長、日本工学会会長 柘植綾夫博士、学長 村上雅人教授、学長室 工藤一彦教授に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 井上雅裕, 長谷川浩志: 発展型プロジェクト演習と連携したシステム工学教育, 工学教育, 58-1, pp.89-94, 2010
- 2) International Engineering Alliance: Graduate Attributes and Professional Competencies Version 2, June 2009
- 3) 工藤一彦, 村上雅人, 井上雅裕, 中村朝夫, 室越昌美, 小玉嘉洋: 工学リベラルアーツ教育を軸とし

た体系的カリキュラムの構築とその教育目標の達成度評価: 大学教育推進プログラム「PDCA化とIR体制による教育の質保証」の取組として, 平成23年度 工学教育研究講演会講演論文集, pp.138-139, 2011

- 4) Masahiro Inoue, Hiroshi Hasegawa: Outcome Design and Assessment for Interdisciplinary Education, Proceedings of International Conference on Engineering Education, ICEE-2011, Aug. 26, 2011
- 5) 工藤一彦: 分野別認証評価を活用した工学教育プログラム実質化への道, 工学教育, 58-1, pp.27-33, 2010
- 6) 井上雅裕, 陳 新開, 長谷川浩志: システム工学-問題発見・解決の方法-, オーム社, 2011
- 7) T. Markham, J. Larmer, J. Ravitz: Project Based Learning Handbook-A Guide to Standards-Focused Project Based Learning for Middle and High School Teachers-, 2003
- 8) 井上雅裕, 長谷川浩志: ジェネリックスキルの習得を重視したシステム工学教育のルーブリック, 平成23年度 工学教育研究講演会演論文集, pp.520-521, 2011
- 9) Institutional Research, Planning and Assessment, Rose-Hulman Institute of Technology, <http://www.rose-hulman.edu/irpa/>, 参照日: 2012-12-16
- 10) リアセック, PROG, http://www.riasec.co.jp/prog_hp/, 参照日: 2012-12-16
- 11) 長谷川浩志, 井上雅裕, 陳 新開: システム思考の工学に基づいた世代+領域間混成によるProject Based Learning-領域を横断した問題発掘力と解決力を養成するために-, 平成24年度 工学教育研究講演会, Aug. 22, 2012

著 者 紹 介

井上 雅裕

1980年早稲田大学大学院理工学研究科博士（前期）課程修了。三菱電機株式会社で組込みネットワークシステムの研究開発に従事。この間、1990-1991年ミシガン大学客員研究員。2005年より芝浦工業大学システム理工学部電子情報システム学科教授。日本工学教育協会賞 論文・論説賞、日本工学教育協会賞 業績賞受賞。博士（工学）、技術士（情報工学）、PMP（Project Management Professional）