

自己点検評価（システム工学）

目 次

1. 理念・目的	2
2. 教育内容・方法・成果	2
2. 1. 学習・教育目標とカリキュラムとの整合性（教育プログラムの構築）	2
2. 2. シラバスに基づく講義・演習の実施	3
3. 内部質保証	10
3. 1. 理念・目的に対する点検・評価	10
3. 2. 社会的要請の視点からの点検・評価	12
3. 3. 将来に向けた発展方策	14
4. 根拠資料	17

1. 理念・目的

共通科目委員会システム・情報部会は、システム理工学部理念[1]に記載されている、

- ・ 総合的解決策を迫る“システム思考”，
- ・ 目的達成の機能を作る“システム手法”，
- ・ 問題解決の人・知識・技術を統合する“システムマネジメント”

を修得するための技術である「システム工学」を学ぶために設けられた科目と、それを活用するために必要となる情報処理科目[2]を運営する部会である。

部会の理念・目的は、システム理工学部理念・目標に従い、その軸となる教育を実施することである。これは、システム理工学部学修の手引[2]の「2. 教育課程、(2) 授業科目の区分」の説明にて学生向けに以下のように具体的に明文化され、周知している。

「システム理工学部の特色である、システム工学に必要な技術を学ぶために設けられた科目である。各講義科目においては、システム工学の基礎となる理論や手法を学修し、概論ではそれぞれの学科の学問分野のあらましについて、学科間でクロスした形で学ぶ。また、システム工学技法を実際の問題に応用して解決するには、コンピュータを十分に駆使できる能力が必要であり、この修得のための関連の講義と演習を必修科目としている。」

この講義・演習科目に対する学部のディプロマポリシーは、「学部共通科目の学修により、エンジニアとしての基礎を固めつつ、社会の問題解決に必要なシステム工学の理論と手法を修得していること」[1]となる。特に、システム工学教育の教育プログラムは、学科のホームページやパンフレット(図1)[3]、新入生総合ガイダンスの資料[4]などにより学内外へ周知されている。さらに、学部教員に対しては、システム工学関連の演習、すなわち「創る」、「システム工学演習 A, B, C」(演習担当教員は、学科内のローテーション[5]にて決定されるため、一度は必ず担当)を通じて「理念・目的」を周知している。また、新任教員に対しては、新任ガイダンス[6]を学部長室にて実施しており、そのときに「理念・目的」、システム工学教育について周知している。また、学生に対しては、「学修の手引」[2]と新入生総合ガイダンス[4]にて周知している。

2. 教育内容・方法・成果

2. 1. 学習・教育目標とカリキュラムとの整合性(教育プログラムの構築)

図2に示すシステム理工学部の教育体系にもとづき、システム工学教育の全体に対する位置づけ、教育目標、ラーニングアウトカムズを明示し、どの科目にてどのような学習成果が得られるのか(表1)を明示している[7]。

システム工学科目は、図3に示す教育プログラムにより講義と演習を同時に開講し、1年前期の「創る」から学科混成チームによる演習を開始し、2年前期・後期、3年前期と講義・演習を繰り返し実施することで、知識と経験を高めていくスパイラル型の教育プログラムを採用している。これは、プロジェクトベースでの仕事の経験がない学生への講義・演習に対する動機付けと講義内容の定着を目指している。この教育プログラムは、新入生向けの総合ガイダンス[4]、システム工学講義のガイダンス[7]にて説明し、明示している。

システム理工学部教育目標は、この教育プログラムに定められた科目を修得することで達成できる仕組みになっている。したがって、目標達成に向けた学習が効果的に実施できるようにするため、各科目と演習には具体的な教育目標と到達水準（ルーブリック）が設定されている。例えば、必修科目である2年生前期のシステム工学Aと同演習Aの教育目標は、以下のようになり、教育目標とルーブリックは表2のようになる[8]。

- ・ 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
- ・ 問題の発見、要求分析、機能設計、評価、意思決定を行うことができる
- ・ 多分野の人とコミュニケーションができる
- ・ チームで協力して活動できる
- ・ 文書、口頭で適切な報告、プレゼンテーションができる

また、3年次の前期に開催している「システム工学演習C」は、システム工学部開設時（1991年）には存在していたシステム工学と専門科目の連携科目（3年次、システム工学応用I, II, 同演習）を演習Cとして2005年に復活させ、「創る」から始まるシステム工学教育の導入から総合研究までの体系化を実現している。

2011年度からは、さらに、図3に示すように大学院理工学研究科、システム理工学専攻の「システム工学特別演習」と連携することで、分野混成、学年混成（修士1年生+3年生）による実社会に近いPBL (Project Based Learning)を実施している。このPBLでは、修士学生の研究分野もしくは周辺の問題を取り上げ、修士学生をプロジェクトリーダー、学部生をメンバーとして、システム工学演習A, Bで学んだシステム思考、システム手法、計画技法を具体的な問題解決に適用する。この活動により、専門分野とシステム工学の思考や技術の連携を実現し、「創る」から始まるシステム工学関連科目の集大成として結びつける。また、演習の運営形式は、実際に企業で行われているデザインレビューの形式にて行い、この活動を通じて就学力を身に付けさせる。この演習Cの学習教育目標とその評価[9]は表3の通りであり、プロジェクト運営に関する手法とプロジェクトの成果物に対する一元的な評価を行っている。

専門科目の視点によるシステム工学科目の連携については、例えば、機械制御システム学科の「創生設計、同演習」ではシステム計画手法を用いた要求分析、仕様確定、その仕様をもとに機械設計[10]を実施している。

2. 2. シラバスに基づく講義・演習の実施

システム工学科目の講義・演習は、大学設置基準に基づき前期・後期とも15週の授業期間を確保し、そのシラバスは、15回分の授業計画、授業概要、学習・教育目標に基づいた達成目標、評価方法と基準、教科書・参考書、履修登録前の準備、オフィスアワーに関する情報が記載されている。これらのすべての情報は、ホームページ上で公開されている[11]。また、シラバスに基づいた詳細な授業スケジュール、すなわち課題提出日、演習のレポート提出日等の情報がすべて記載されたものを講義・演習の初回に配布している[12]。このような講義・演習形態によって、システム理工学部の共通科目、システム情報科目は、シラバスに基づいた講義・演習が展開されている。

さらに、2011年度からは、学生が自己の学修成果を振り返り主体的に学修を進める手段として紙面でのラーニングポートフォリオをシステム工学演習A及びシステム工学演習B

試験導入し、2012年度からは、これを電子化した学生自己開発認識システム（電子ラーニングポートフォリオ）を同2科目に導入した[39].

2. 3. 成績評価と単位認定

システム工学教育は、各学科にて教授している専門分野の知識（縦糸）をシステム工学の知識を横糸として織り込むことにより、総合的解決策を導き出す能力を修得させるものである。そのため、システム理工学部の前身であるシステム工学部以来、教育プログラムと成績評価は、学科に依存しない学部共通のシラバス、試験、評価方法にて実施されている。このことから、成績評価と単位認定は、システム工学講義、演習ともに担当教員間にて成績打ち合わせを実施し、決定している[13]。さらに、演習科目では、担当教員のローテーションを行うため、その構成教員により成績評価が変動しないように、ループリックに基づいた成績評価の方法が文書化されている[14]。また、学生に対しては、ループリックを演習内にて提示することで、その項目で評価することを明示し、さらに、システム工学の講義では「テスト 80% (学期末試験時)、課題提出 20%」とシラバスに示すことにより周知している[11].

2. 4. 点検・評価

システム工学の講義内容については、システム工学担当教員にて定期的にミーティングを持ち、試験結果、授業アンケートを踏まえて、講義シラバスの改善を行い教育の成果の検証を実施している[13]。システム工学演習については、演習時間内に担当教員ミーティングを実施し[15]、演習運営時の方向性、内容改善を適宜議論し、即日改善し、議事録化し運営している。演習終了後には、教員間の反省会を実施し、次年度の演習のための改善・発展案を提示する[16]。なお、各講義・演習の学習目標、学習成果（アウトカムズ）、その到達水準（ループリック）に対する点検は、このサイクルにて実施し、次年度の演習に反映していく。この様な手順にて、講義・演習の PDCA サイクルを実施している。

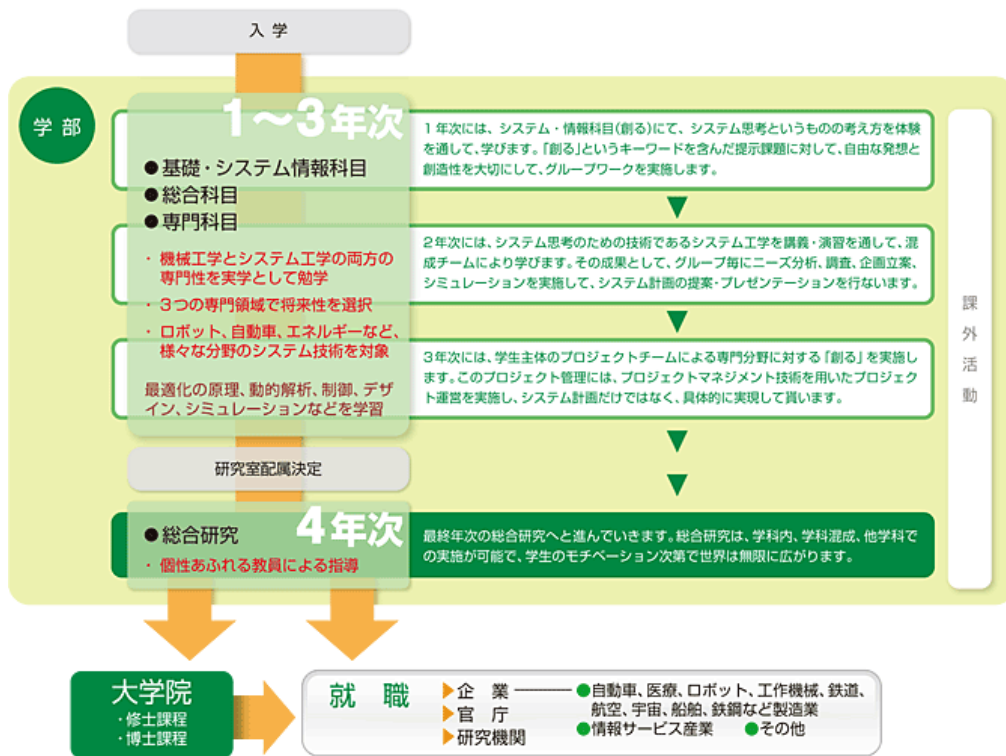


図1 学科ホームページやパンフレットの記載例[3]

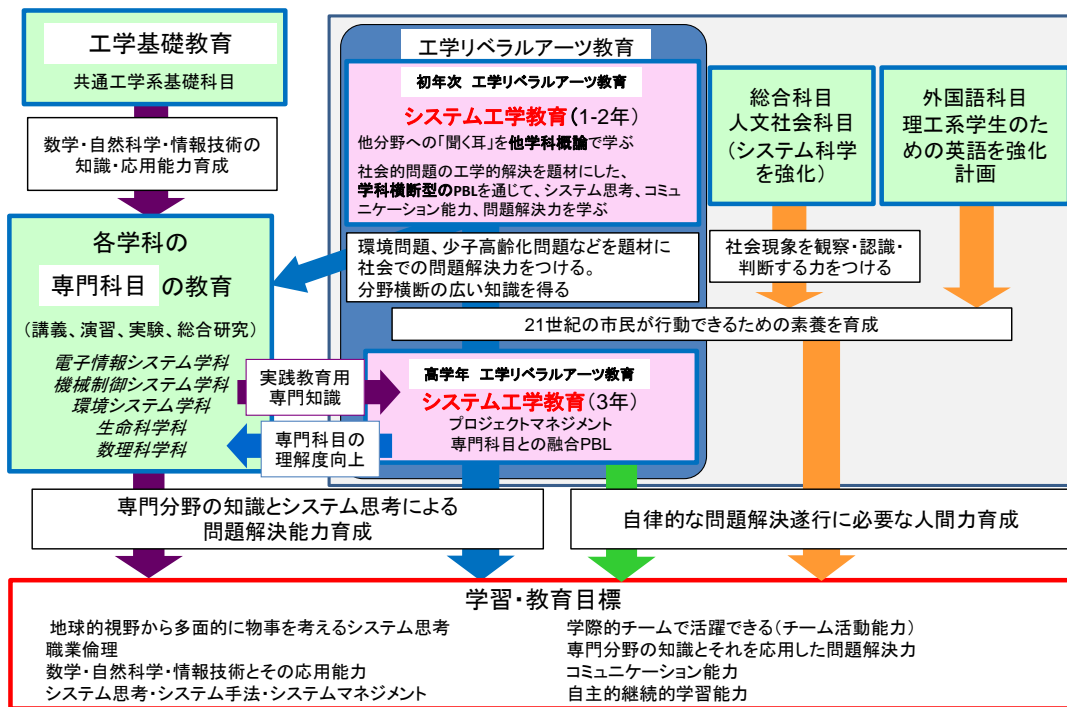


図2 システム工学科目の配置と学修プロセス[7]

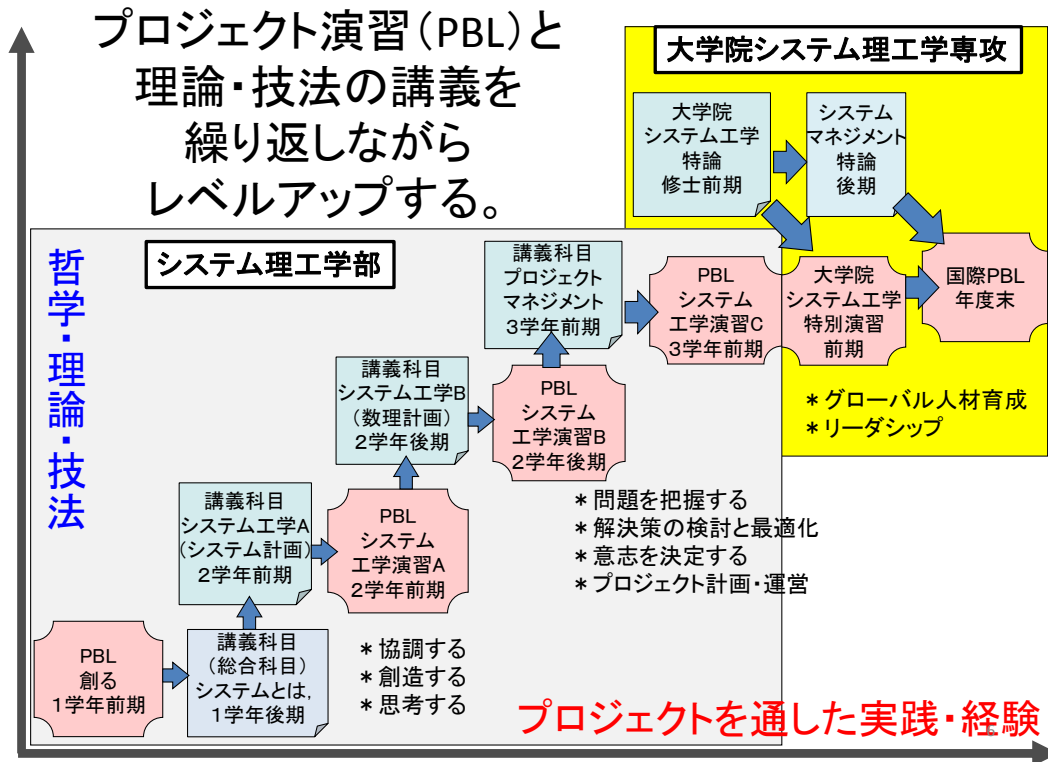


図3 システム工学教育の講義・演習の配置[6]

表1 システム工学教育の教育目標，ラーニングアウトカムズ，該当科目[7]

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、討議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2 システム工学演習Aの教育目標とルーブリック[8]

行動特性		高い	中	低い
多分野の人とコミュニケーションができる	1-	<ul style="list-style-type: none"> 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もち、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する。意見をまとめ、最終の問題解決を得るための活動をした。 	<ul style="list-style-type: none"> 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もち、積極的に理解しようとした。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。
チームで協力して活動できる	2-	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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ながら、班員を支援しなかった。
3)構成・体裁		<ul style="list-style-type: none"> 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つである 丁寧に作成されている 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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
4)文章		<ul style="list-style-type: none"> 理解しやすい文章で書かれている。 論理的な飛躍や誤りがない レポートが一つはぎでない 図表を適切に説明している 	<ul style="list-style-type: none"> 理解できる文章で書かれている。 論理的な飛躍や誤りが少ない レポートが一つはぎでない 図表を説明している 	<ul style="list-style-type: none"> 文章は理解しにくい 論理的な飛躍や誤りが多い レポートが一つはぎであり、一貫していない 図表に別文章説明がない。図表の羅列である
5)図表		<ul style="list-style-type: none"> 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 表裏に工夫があり、丁寧に、分かりやすく描かれている 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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 図表が乱雑で、分かりにくい
6)内容		<ul style="list-style-type: none"> 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 適切な文章、例示、図表で明確に表現されている 主眼の妥当性が適切に説明されている 技術的(理工学的)誤りがない 	<ul style="list-style-type: none"> 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 文章、例示、図表を使い、表現されている 主眼の妥当性がある程度説明されている 技術的(理工学的)誤りが少ない 	<ul style="list-style-type: none"> 課題に対し、理解しておらず、検討が不十分である 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 主眼の妥当性が説明されていない 技術的(理工学的)誤りが多い
電子メールで報告できる	7-	<ul style="list-style-type: none"> 本文に宛先、発信者が明確に記載されている 出席者、欠席者、遅刻者が漏れなく記載されている 進捗、課題、今後の計画が明確に記載されている 	<ul style="list-style-type: none"> 本文の宛先、発信者の一部が記載されている 出席者、欠席者、遅刻者の一部が記載されている 進捗、課題、今後の計画の一部が記載されている 	<ul style="list-style-type: none"> 本文に宛先、発信者が全く記載されていない 出席者、欠席者が全く記載されていない 進捗、課題、今後の計画が記載されていない
8)内容		<ul style="list-style-type: none"> 課題に対し、深く理解し、検討している 主眼の妥当性が適切に説明されている 技術的(理工学的)誤りがない 	<ul style="list-style-type: none"> 課題に対し、ある程度理解し、検討している 主眼の妥当性がある程度説明されている 技術的(理工学的)誤りが少ない 	<ul style="list-style-type: none"> 課題に対し、理解しておらず、検討が不十分である 主眼の妥当性が説明されていない 技術的(理工学的)誤りが多い
9)構成と表現の適切さ		<ul style="list-style-type: none"> 序論は、目的を明確に述べ、読者を引きつけている 本論は、良く整理され、裏付けが示されている 結論は、要点が整理して示されている スライドの表現は分かり易く、インパクトがある 	<ul style="list-style-type: none"> 序論は、目的を述べている 本論は、整理され、ある程度裏付けが示されている 結論は、要点が示されている スライドの表現は分かり易い 	<ul style="list-style-type: none"> 序論で目的を述べていない 本論は、整理しておらず、裏付けが不十分 結論は、要点が示されていない スライドの表現は乱雑で、わかりにくい
10)プレゼンテーション		<ul style="list-style-type: none"> 表現は分かり易く、また、明確な声で話している 聴衆を見て話している 質問に適切に答えることができる 	<ul style="list-style-type: none"> 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 聴衆を時々見ている 質問に答えることができる 	<ul style="list-style-type: none"> 表現は分かりにくく、また声も聞き取りにくい 聴衆をほとんど見ず、原稿やスクリーンを見て話している 質問に適切に答えることができない
11)発想法(第1回レポート)		<ul style="list-style-type: none"> 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、結果をわかりやすい図表で表し、文章で明確に説明している テーマの目的を目的展開表で検討し、1つの目的の展開表としてまとめている。また、それを文章でわかりやすく説明している 	<ul style="list-style-type: none"> 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 テーマの目的を目的展開表で検討し、1つの目的の展開表としてまとめている。また、それを文章で説明している 	<ul style="list-style-type: none"> 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 テーマの目的を目的展開表で検討していない、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
12)要求分析(第2回レポート)		<ul style="list-style-type: none"> 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 利用者毎にニーズを整理し、さらに、システムのニーズを、わかりやすいニーズ展開表に整理することができる 要求項目リストを作成することができる。この際、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 上記を踏まえ、システムの目標を、文章でわかりやすくまとめることができる。文章中には、背景、目的、効果を明確に記載することができる 	<ul style="list-style-type: none"> 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 利用者毎にニーズを整理し、さらに、システムのニーズを、ニーズ展開表に整理することができる 要求項目リストを作成することができる。この際、要求と要望を区別できる 上記を踏まえ、システムの目標を、文章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 	<ul style="list-style-type: none"> 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説明することができない 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表に整理することができない 要求項目リストを作成することができない 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
13)設計・プロジェクト(第3回レポート)		<ul style="list-style-type: none"> 品質機能展開(GFD)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 機能の構造を明確に示した上で、機能の代替案を体系的に設計することができる 適切な評価基準を設定し、機能の代替案から、設計案を選択し、その結果を文章で説明できる プロジェクト計画を適切に表したWS&Ganttチャートを作成でき、文章でわかりやすく説明できる 	<ul style="list-style-type: none"> 品質機能展開(GFD)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 機能の構造を示した上で、機能の代替案を設計することができる 評価基準を設定し、機能の代替案から、設計案を選択することができる プロジェクト計画を表したWS&Ganttチャートを作成でき、文章で説明できる 	<ul style="list-style-type: none"> 品質機能展開(GFD)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 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 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無い プロジェクト計画を表したWS&Ganttチャートを作成することができない

注意: 全学生が、水準(高い)を目指して学習ください。
 レポート提出時に、各組の学生は自己評価し、該当水準に○印をつけて下さい。
 ○印を記入せず、提出し場合は、レポートの再提出を命じます。
 レポート提出時に学生がどの水準に○印をつけても、演習の成績には影響しない。
 項目1-2は、学生間の相互評価に用いて、レポートの表紙に結果を記入下さい。
 項目7は、レポートの提出前に自己チェックに使用する。
 項目8-10は、発表会の学習・教育目標。レポートの自己チェックには使用しない。
 項目11は第1回レポートの自己チェックに使用する。
 項目12は第2回レポートの自己チェックに使用する。
 項目13は第3回レポートの自己チェックに使用する。

3. 内部質保証

3. 1. 理念・目的に対する点検・評価

2007年度と2011年度（システム理工学部創立20周年）にシステム工学教育に対する検討を行っている。

2007年度には、「システム工学部からシステム理工学部へ名称変更（2008年度）」する際に、システム・情報部会内にシステム工学科目検討委員会を立ち上げ、「各学科の教育目標と現状のシステム工学科目の整合，不整合」について検討を実施[17]，キャンパス教育研究体制検討委員会に報告し，検討委員会にて検証された。この結果，システム工学部から理工学部ではなく，システム理工学部へと名称変更することになった。キャンパス教育研究体制検討委員会の下に，理念検討委員会が設置され，表4に示す学部の理念文書を起案した[41]。

表4. システム理工学部の理念

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，特に産業界にあつては，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，総合的な解決策を迫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。

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）との整合を図った。

表5には、2007年から2012年までの内部質保証の取り組みを示した。

表5. システム工学教育の内部質保証の取り組み (年表)

年	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013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						
	生命科学科新設→						
			数理科学科新設→				
実施内容	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				
			卒業生アンケートの実施				
			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				
			ポートフォリオ導入				
			電子ポートフォリオ導入				
			国際PBL導入				
		産学連携PBL導入					

2011年度には、20周年記念の一環として、本学部の卒業生によるシステム工学教育に対する妥当性確認を実施した。これは、1991年入学の1期生から10期生までの卒業生を対象にしたもので、社会での経験を踏まえた卒業生の評価をアンケートと自由記述にて回収した[18]。この5段階評価のアンケート結果のうち、「5:非常にそう思う」と「4:そう思う」の割合が60%以上を越えているものと自由記述欄のコメントは以下の通りであった。

- (1) 卒業後の自身の仕事の仕方について
 - ・ 仕事をしていて、多分野や他領域に対する視点の広がりや社内外的関係者と比較して感じられる (61%)
 - ・ 自身が携わっている仕事において、自分の担当範囲の作業や要件を「その仕事の全体目的を達成する (最適化)」ように考える (91%)
- (2) 体系的なものの考え方と手法について
 - ・ 会議などで、ブレインストーミングやKJ法などの基礎知識が役に立つ (64%)
 - ・ システム工学にてシステム計画の流れを一連の手順にて実施したことは、その後の仕事に対する考え方やものの見方の基礎になる (61%)
 - ・ コストの最適化やシミュレーションの方法 (例えば線形計画法, モンテカルロシミュレーションなど) の基礎を学ぶことは役に立つ (70%)
 - ・ スケジュール管理の方法を学ぶことは役に立つ (84%)
 - ・ 他学科混成による演習では、共同作業を多く要求しているが、これらの演習は有益である (89%)
 - ・ これからの学生にとって、システム工学の考え方は必要である (89%)
- (3) 自由記述欄
 - ・ 要素を系統立てて整理統合し、プレゼンテーションできるかどうかは、実践で大きな差となる。チームプレイも含めた演習は有効。大学時代、バランスよく、幅広い勉強をしたことが今の仕事に生かされている
 - ・ 自分の専門は何かと悩む時期もありましたが、できないことをできる道を探す、または、今あるもので要求されたことを実現するということが専門と感ずるようになる

- りました。学生には、広い器も能力と認識し、勉学にはげんでほしいと思います
- ・ 体系的なものの考え方は、業種や職種にかかわらず、仕事を進めていく上で非常に有効だと思います。また、希望通りの専門職につける可能性は低いのでどんな職についても仕事をやりとげる手法を身につける方が会社でうまくやっているとと思います
 - ・ 私が新入社員として入社したころは、深い専門的な知識が求められるように感じました。しかし年をとり、マネジメント能力が問われる世代になると、自己の専門分野のみならず、他部門（例えば、電気やソフトウェア、企画、営業等）との調整が必要になります。その際に力を発揮するのがシステム思考であると実感した思い出があります
 - ・ 全体的な目標を把握しつつ、自己の役割をはたすためには、広い知識、すなわち広い分野の知識が必須となります。また、広く知識があれば、その後の自己努力によって深い知識を形成することが可能となります。すなわちシステム思考を身につけていれば種々の業務に応用させることが可能となるのです
 - ・ 基礎を学ぶために講義も必要であるが、実際手を動かし、自らの頭で考え、進めていく実習、演習は有益に考える。実習・演習は講義よりも身に付くと考える（記憶にも残り基礎となる）。企業ではどんな業務でも、目標(完成)まで計画を立て、それに基づいて実施していくということは必要であり、学生の時から訓練したほうが良い
 - ・ 現在の会社では幅広い考え方を受け入れられる人材が求められている
 - ・ システム思考、システム工学的な仕事の組み立ては役に立っている

このシステム工学教育に対するアンケート結果と社会に出て10年以上が経った卒業生の意見から、システム理工学部の教育理念・目標は妥当であると言える。また、アンケート結果は、システム工学の修得過程で「なぜシステム工学が必要なのか」、「企業では具体的にシステム工学がどのように活かされているか」といった学生が持つ疑問に対する回答として有効であることから、講義内にて適宜、社会で活躍している卒業生の意見を伝えていくことが重要である。なお、このような確認は、5年もしくは、10年毎に実施すること必要であると思われる。

3. 2. 社会的要請の視点からの点検・評価

(1) システム工学教育の教育学協会からの評価

システム工学教育プログラムは、公益社団法人日本工学教育協会から、2011年度の論文・論説賞を受賞した[19],[20]。この結果から、演習から開始し、PBL等の演習と講義を繰り返す、知識と経験をスパイラルに高めていくシステム工学の教育手法は適切なものであると判断できる。

(2) 教育の質保証

学部の理念に基づき、学部の学習・教育目標[25]を設定している。システム工学教育は、学部の学習・教育目標のうち、表1[7]に示したカリキュラムマップに従った学習・教育目標を担っている。PBL(Project Based Learning)の2科目、システム工学演習Aおよびシステム工学演習Bは、5学科の異なる専門分野、異なる経歴を持つそれぞれ16人教員が連携して、5学科の混成クラスで演習を指導する。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、学習・教育成果を得て、教育の質を保証するには、明確な学習・教育目標を学生に示すと同時に、教員が連携を深める必要がある。

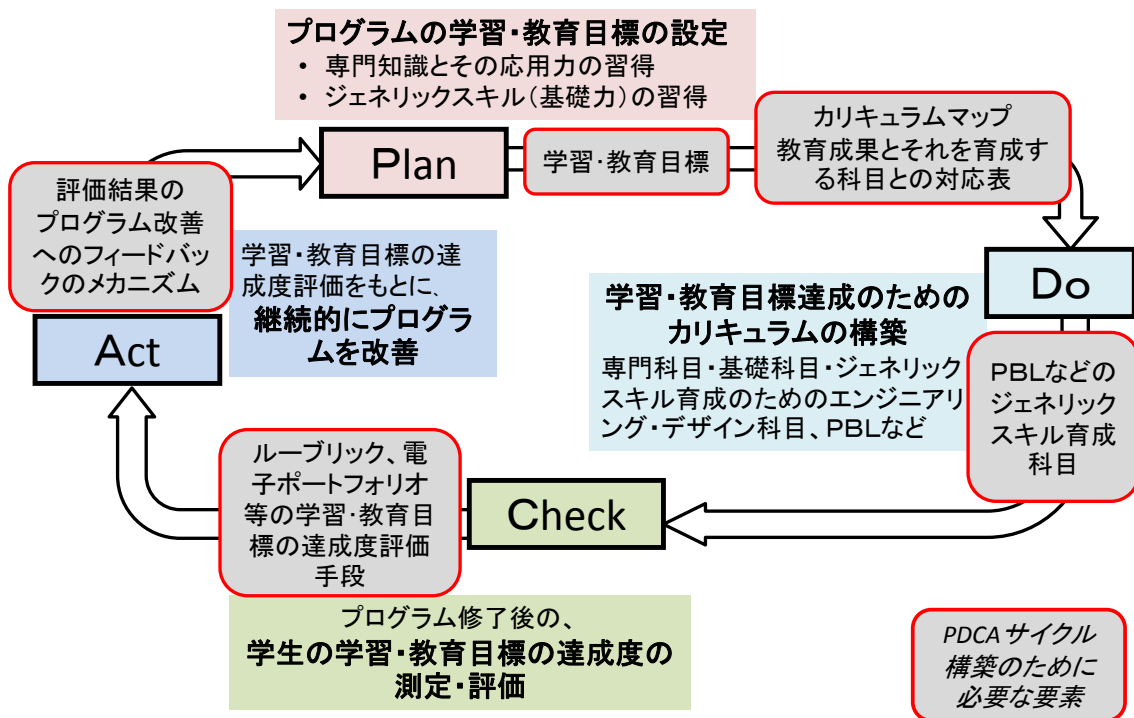


図4. 教育プログラムの質保証サイクルと手段

システム工学教育は、図4に示す教育プログラムの質保証サイクルと手段[41]を用いている。

特に演習科目においては、質保証を達成する手段としてルーブリックを設定している。ルーブリックは、学習・教育成果の水準を示した表であり、学生に学習・教育目標を明確に伝え、教員間で目標を共通するために有効である。また、学習目標の達成度評価の基準であり、評価データに基づいた教育の継続的改善を行う手段でもある。システム工学演習 A およびシステム工学演習 B の2科目に対しては、ルーブリック(表2)[8]を採用している。

ルーブリックは、コミュニケーション能力、チームワーク等のジェネリックスキルの育成を狙った科目、正答のないPBLなどの演習、多数の教員の協同運営科目において公平な評価を行うために効果的であり、システム工学演習Aおよびシステム工学演習Bに適用し、結果の有効性を確認している[26][27]。

(3) 就業力の育成

就業力は、キャリア開発学習、知識スキルの育成、経験、ジェネリックスキル、EQ(情感指数)より構成されることが提案[26]されている。システム工学A、システム工学B、システム工学Cでは、シラバス[33]に就業力育成を目的として、その達成目標として、「学問と社会、職業との関連を理解する(特別講義)」を置いている。

この達成目標に基づく授業として、システム工学Aでは、パナソニック(株)の濱氏による特別講義「プロジェクトマネジャーのキャリア形成～建設業界とIT業界、製造業の経験

を通して」[29]、学外講師 柳沢氏による特別講義、「インディペンダントラーナーを目指そう」[30]を2学年全学生に対し実施した。また、システム工学 C では、アイコーチ(株)社長 幸地氏による特別講義、「技術者の異文化間コミュニケーション」[31]を実施し、学生がレポート課題により、自分のキャリアを検討する機会を設けている。

(4) 中高大の連携教育

中学高校と大学が連携することにより、中学高校生の学習意欲を高め、また、大学生が中学高校教育に参画することにより、教えることでさらに自分自身が学ぶ機会を得ることができる。さらに、中高大連携に産業界が加わることで学びと社会との関連を理解し、より動機づけをすることができる。

システム理工学部では、併設中学高校と大学、産業界が連携し、システム理工学部で学んだ学生が、中学高校教育に参画する中等プロジェクトマネジメント教育を実施している[38]。2009年から開始し、2013年度で5年目を迎え、継続で実施する仕組みが構築されている。

この教育をまとめた論文は、日本工学教育協会の関東発の優れた産学連携教育として取上げられている[32]。この取り組みは、2012年に、関東工学教育協会の業績賞、日本工学教育協会賞・業績賞を受賞している[37]。

3. 3. 将来に向けた発展方策

(1) システム工学の教科書出版

システム工学教育プログラムを確実に発展させる方策として、2011年9月に各講義、演習に対応したシステム工学の教科書をオーム社より出版した。「システム工学 A (システム計画方法論)」には、「システム工学 ー問題発見・解決の方法ー」[21]、「システム工学 B (数理計画法)」には、「システム工学 ー計画・分析の方法ー」[22]となる。教科書を出版することで、講義・演習にて学修・実習する手順や方法論、手法を、詳しくかつ具体的に解説することができることから、学生の理解度向上へと結びつけることができると思われる。その一端は、教科書の原稿を教材として利用した2011年度のシステム工学 A の成績の平均点が直近3ヵ年と比較すると明らかな改善をしていることからいえる[23]。なお、「システム工学 ー問題発見・解決の方法ー」は、システム工学 B で取り扱う数理計画法(定量的な計画・分析の方法)とは異なり、様々な方法論が存在するため、学生側の立場のレビュー、産業界の有識者のレビュー(若手技術者への理解のしやすさ、企業側から見て違和感を抱く部分はないか、表現のわかりにくい部分はないか等)を実施したうえで出版している。

(2) 就業力強化のための次世代 PBL の展開

システム理工学部でのシステム工学教育の実績を踏まえ、2011年度には、大学院理工学研究科にシステム理工学専攻[42][43][44]が設置されている。

システム工学演習 C では、大学院理工学研究科のシステム理工学専攻と相互連携をして演習を行っている。2011年度は、この演習の優秀チーム(1, 2位)は、大学院院生と学部3年生の組み合わせにより、The Global Joint Capstone Design Symposium 2012(中国 ハルビン)にて演習の成果発表を行っている[34]。この派遣経験をもとに、表3のシステム工学演習 C の学習・教育目標に対する学習成果について、改めて自身のプロジェクトに対する振り返りを実施した[35]。その結果をみると、例えば、学習成果となるプロジェクト遂行能力に対しては、「学問体系が異なるメンバーの適性を活かし、総合的な解決策を導

出し、プロジェクト成功のためのマネジメントができたと思っている”。学際的なチーム活動に関する学習成果については、“システム工学演習 A・B で培ったシステム思考を活かして、本プロジェクトのシステムを評価し、それに対する解決策や修正案などをグループで導き出すことができた”、“グループ内でそれぞれの専門性に分かれて作業をすることができたので、より効率的にプロジェクトの進め方ができたと思う”などの意見が得られた。さらに、今回の派遣経験から、“主にグローバル化のための勉学のモチベーションが向上した”という意見も得られた。また、派遣した1チームが **Excellent award** を受賞した。以上のことから、システム工学演習 C とシステム工学特別演習の教育プログラムの有効性を学生視点と **Excellent award** の受賞を通じて確認した。

2012年度は、この演習の優秀チーム（1，2，3位）は、大学院院生と学部3年生の組み合わせにより、韓国ソウルで開催された **The Global Joint Capstone Design Symposium 2013** で成果を発表した。

「システム工学演習 C」と連携している「システム工学特別演習（大学院理工学研究科システム理工学専攻）」では、PBLのテーマとして、産業界の課題を問題として取り扱うための産学連携の仕組みづくりを、産学官連携課の協力のもと展開・提案している[24]。この展開により、システム理工学部の3年生は、「システム工学演習 C」のPBLを通じて、産業界の課題に対する問題解決に取り組むことができる。これは、本学の教学ビジョン「骨太な実践技術者教育」に基づくもので、実務経験のない学生に対して、経験知に依存する科目であるシステム工学の必要性の理解と、就業力の獲得に極めて有効な手立てであると考えられる。この展開を推し進めていく。

（3）グローバル人材の育成，イノベーション人材の育成，大学院との一貫教育

システム理工学部に接続するシステム理工学専攻では、システム工学演習を発展させた国際PBLを2012年2-3月、タイの **King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT)** との共同で実施した[45]。「統合的問題解決能力を備えた世界（社会）に貢献できる技術者」をグローバル人材像とし、グローバル人材に必須の4つの能力、コミュニケーション力、グローバル人間力、異文化理解力、問題解決能力の総合的な育成を目指している。ここでは、学習成果のアセスメントにルーブリックを設計し、ジェネリックスキルテスト **PROG (Progress Report On Generic Skill)** のグローバル対応の拡張を行い、国際PBLに導入した[46]。国際PBLは2013年度から大学院理工学研究科の共通科目として設置された[47]。

さらに、2013年度は、イノベーション人材の育成を目標として、産学連携PBLを開始している。

（4）システム工学教育将来像検討委員会による報告書

2012年度数理科学科が完成年度を迎え、システム理工学部の5学科体制が完成した。これを受け、5学科体制の学部の現状、および、現在社会から要請される学生の能力に対応したシステム工学の教育体制について議論するシステム工学将来像検討委員会が設立され、2012年7月より、およそ月一度の割合で委員会を開催した[36]。ここでは、現在現状のシステム工学教育の良い点・悪い点の洗い出しや各学問分野からの意見収集を行い、それらを元に2013年4月新しいシステム工学教育の将来像が報告した[48]。

ここでは、輩出すべき人材像として以下を示している。

(構想力をもった人材)

ゴールが立てやすい時代から予測困難な時代が変わっていく中で、様々な要求や要望を考慮しながら、幅広い領域から解決策や想定されるリスクを創出し、問題解決までの行動計画（シナリオ）を構想、推進できる技術者

(グローバルな人材)

他分野・異文化と相互理解・交流を行い、社会や世界の問題解決に取り組むグローバルな技術者

(創造的な人材)

多様な学理に通じ、①大局と現場の両視点を行き来でき、②科学的な思考と統合的な問題発見力と科学的な思考法を身に付け、③考え方を考えるメタ思考を身に付けた、創造的な技術者

システム理工部長室では、システム工学教育の検討委員会の報告を踏まえて推進計画を策定している。

また、文部科学省平成 25 年度世界展開力の公募に対し、システム工学教育の実績を踏まえ、学部教育の将来像として、上記と整合を取った提案を行った。

(5)「創る」の教育目標、アウトカムズ、ルーブリックの検討

「創る」は、システム工学演習と同様に担当教員のローテーションにより学部全教員が一度は運営に関わる形態を採用している。演習運営は、担当教員と学生による実行委員会による運営を行っており、その教育目標は、

- ・ 知的好奇心、知的遊び心により「もの」を創ることができる
- ・ システム思考の概念を理解できる
- ・ 創った「もの」を表現・発表できる

である[11]。「創る」は、2009 年度に総合科目からシステム情報科目に変更されたため、教育目標に対するアウトカムズやルーブリックが未整備である。そのため、年度によって演習の成果や評価に大きなばらつきが発生する。そこで、システム工学教育のさらなる発展のために、教育目標に対するアウトカムズやルーブリックの整備を実施していく必要がある。

また、システム工学教育将来像検討委員会の報告を踏まえ、今後のシステム工学教育体系のなかでの「創る」の教育目標の位置づけを検討する時期に来ている。初年次教育としての役割、創造的人材の育成出発点、地域と連携した教育という観点でも検討を進めていく必要がある。

4. 根拠資料

- [1] 大学 HP, http://www.shibaura-it.ac.jp/faculty/system_engineering/index.html, 2012
- [2] 2012 年度学修の手引, p. 1, p. 5, 2012
- [3] 機械制御システム学科 HP, <http://web.se.shibaura-it.ac.jp/qsyst/03.html>, 2012
- [4] 新入生総合ガイダンス資料, 2011
- [5] 2012 年度システム工学演習・「創る」の担当教員について, 2012
- [6] 新任教員ガイダンス資料, 2011
- [7] システム工学 A のガイダンス配布資料, 2011
- [8] システム工学演習 A の学習目標と評価について, 2012
- [9] システム工学特別演習とシステム工学演習 C の教育目標と評価表, 2011
- [10] 長谷川, 岡村, 井上, 設計教育とシステム工学教育の連携, 日本機械学会設計工学システム部門講演会, 2007
- [11] 大学 HP シラバス検索システム, <http://syllabus.sic.shibaura-it.ac.jp/>, 2012
- [12] システム工学 A, 同演習 A の学習計画, 2012
- [13] システム工学 A 担当教員ミーティングの議事録, 2012
- [14] システム工学演習 A の成績評価方法, 2012
- [15] システム工学演習 A の打ち合わせ案内メール, 2012
- [16] システム工学演習 A の反省会に向けてのメール, 2012
- [17] キャンパス教育研究体制検討委員会向け資料, 2007
- [18] システム工学教育に関する卒業生アンケートの結果, 2011
- [19] 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 (J. of JSEE), Vol. 58, No. 1, pp. 89-94, Jan. 2010.
- [20] 井上雅裕, 長谷川浩志, 論文・論説賞: 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 (J. of JSEE), Vol. 59, No. 6, Nov. 2011.
- [21] 井上, 陳, 長谷川, システム工学 -問題の発見・解決の方法-, オーム社, 2011
- [22] 池田, 井上, 陳, システム工学 -計画・分析の方法-, オーム社, 2011
- [23] システム工学 A の成績推移, 2011
- [24] 人材育成に関する日産ライトトラックとの意見交換についてのメール, 2011
- [25] 芝浦工業大学 システム理工学部 学習・教育目標, http://www.shibaura-it.ac.jp/faculty/system_engineering/index.html, 2012.
- [26] M. Inoue, Outcome Design and Assessment for Interdisciplinary Education, International Conference on Engineering Education, ICEE-2011, Aug. 2011.
- [27] 井上, 長谷川, 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, Sep. 2011.
- [28] 出張報告書, International Conference on Engineering Education 2011 での論文発表と工学教育研究の調査, Sep. 2011.
- [29] システム工学 A 特別講義, 濱, プロジェクトマネジャーのキャリア形成～建設業界と IT 業界, 製造業の経験を通して, July 2010.
- [30] システム工学 A 特別講義, 柳沢, インディペンダントラーナーを目指そう, July 2012.
- [31] システム工学 C 特別講義, 幸地, 技術者の異文化間コミュニケーション, July 2013.
- [32] 井上雅裕, 清水計雄, 伊東緑, 柳沢富夫, 大和田尚司, 専門家団体, 中学校, 大学の

- 連携によるプロジェクトマネジメント中等教育, 工学教育 (J. of JSEE), Vol. 59, No. 5, pp.17-22, Sep. 2011.
- [33] システム工学 A, B, C シラバス, <http://syllabus.sic.shibaura-it.ac.jp/>, 2012.
- [34] T. Takahashi, T. Suzuki, K. Arakawa, M. N. Salehuddin and S. Watanabe, The Development of Diagnostic System Prototype for Elderly Postural Stability, 2012.
- [35] ハルピン工業大学訪問に関する報告書, 2012.
- [36] システム工学教育将来像検討委員会 開催通知, 2012.
- [37] 井上雅裕, 清水計雄, 大和田尚司, 業績賞: 専門家団体, 中学校, 大学の連携によるプロジェクトマネジメント中等教育, 工学教育 (J. of JSEE), Vol. 60, No. 6, 2012.
- [38] 加藤, 井上, 大和田, 伊東, 柳沢, 清水, 課外活動を用いたプロジェクトマネジメント中等教育の学習・教育目標と評価 -生徒と協働でルーブリックを用いて PBL の学習・教育目標を設定-, 平成 24 年度 工学教育研究講演会, Aug. 2012.
- [39] 学生自己開発認識システム 入力マニュアル
- [41] 井上雅裕, 長谷川浩志, 陳新開, 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, 工学教育 (J. of JSEE), Vol. 61, No. 2, pp.55-61, Mar. 2013.
- [42] 長谷川浩志, 井上雅裕, 渡部英二, 吉川倫子, システム思考の工学による領域横断型大学院教育プログラムの開発, 工学教育 (J. of JSEE), Vol.61, No.5, Sep. 2013.
- [43] 長谷川浩志, 井上雅裕, 渡部英二, 松村直樹, ジェネリックスキルによる領域横断型大学院教育プログラムのアセスメント, 工学教育 (J. of JSEE), Vol. 61, No. 5, Sep. 2013.
- [44] Masahiro Inoue, Tomoko Maruyama, and Hiroko Nagaya, Project Management Education Embedded in Engineering Education and Research for Fostering Generic Skills, Proceedings of International Conference on Engineering Education and Research, iCEER-2013, pp.184-191, Marrakesh, July 2, 2013.
- [45] 長谷川浩志, 井上雅裕, 間野一則, 古川修, 山崎敦子, 橘雅彦, システム思考の工学に基づいた国際+世代+領域間混成による Global Project Based Learning, 平成 25 年度 工学教育研究講演会, 2-221, pp.258-259, August 30, 2013.
- [46] 井上雅裕, 長谷川浩志, 間野一則, 古川修, KHANTACHAWANA ANAK, 石川純一, グローバル PBL のアウトカムとアセスメント, 平成 25 年度 工学教育研究講演会, 2-222, pp.260-261, August 30, 2013.
- [47] 橋口茉希, 永海雄太, 草野修平, 柴崎夏美, 長谷川浩志, 井上雅裕, グローバル PBL 体験報告 -学生からの報告, そして, 次回のラーニングファシリテータとしての抱負-, 平成 25 年度 工学教育研究講演会, 2-223, pp.262-263, August 30, 2013.
- [48] システム工学教育の将来像に関する検討委員会報告書, April 10, 2013.