

Carnegie Mellon 大学のリスク工学関連教育に対する調査報告（案）

筑波大学大学院システム情報工学研究科
構造エネルギー工学専攻 庄司学

1. 緒言

平成 18 年度大学教育の国際化推進プログラム（海外先進教育実践支援）「リスク管理共通教育中核教員団の養成」（プログラムリーダー：宮本定明筑波大学教授）の一環で，リスク工学に関わる教育・研究拠点の 1 つである Carnegie Mellon 大学（以下，CMU）の Department of Engineering and Public Policy（以下，EPP/CMU）における教育プログラムの調査を行った。以下では，現地調査に先立って実施した先行調査の結果とともに現地調査の結果を詳述した上で，これらの調査結果を踏まえ，本学におけるリスク工学共通教育プログラムのプロトタイプを提案を行う。なお，その際には，本報告者は「リスク・セキュリティ管理」（2 単位分）の科目開発を担当したが，その具体的なシラバス案や講義内容案については報告書の第 2 部において別掲することとする。

2. 米国におけるリスク工学教育・研究の動向

2.1 リスク工学に関連した教育・研究活動を実施している大学

EPP に対する現地調査に先立って，リスク工学に関連した教育・研究を実施している米国の大学を表 2.1 のように抽出した。その際には，既往の文献調査結果や Society of Risk Analysis（以下，SRA）の年次大会[1]に参加している教育・研究拠点を参考にした。

表 2.1 によれば，地球環境問題や環境の人体への影響，健康問題，ならびに食品安全に関するリスクを扱っている大学が数多く見られる一方で，自然災害やテロ等の巨大災害を対象として，これらのハザードや危機管理の問題を扱っている大学も多い。一方，工学システムと人間，さらには人間社会全般とのトレードオフから生じるリスクについて扱っている大学がある。本プロジェクトでは工学（engineering）を基点としたリスク工学共通教育プログラムの開発を主眼としているため，ここでは，各大学において焦点を当てている教育・研究内容を踏まえ，EPP/CMU ならびに Stanford 大学の Department of Management Science & Engineering（以下，MSE/Stanford）の 2 つの大学の教育プログラムを取り上げることとした。なお，前述した観点に立つと，MIT の Engineering Systems Division（以下，ESE/MIT），あるいは Homeland & Global Security も調査対象に含めるべきであるが，本学の伊藤誠講師ならびに掛谷英紀講師らのグループが別途，調査を実施しているため，ここでは，分析対象とはしない。

表 2.1 リスク工学に関連した教育・研究を実施している大学

大学	研究拠点	教育活動	主たる分野	ウェブサイト
Carnegie Mellon University	Center for Risk Perception and Communication Department of Engineering and Public Policy	大学院	公共政策, 意思決定, リスク認知, リスクコミュニケーション	http://www.epp.cmu.edu/ http://www.hss.cmu.edu/departments/sds/risk/
University of Michigan	Center for Risk Science and Communication School of Public Health	大学院分担	環境リスク	http://www.sph.umich.edu/riskcenter/about/
Harvard School of Public Health	Harvard Center for Risk Analysis	大学院分担	医療系 環境, 食品	http://www.hcra.harvard.edu/
Columbia University	Center for Hazards and Risk Research	大学院分担	地球科学, 自然災害	http://www.ldeo.columbia.edu/chrr/index.html
University of Washington	Institute for Risk Analysis and Risk Communication Department of Environmental and Occupational Health Sciences	大学院分担	環境リスク	http://depts.washington.edu/irarc
University of Southern California	Center for Risk and Economic Analysis of Terrorism Events Department of Homeland Security	大学院分担	安全保障	http://www.usc.edu/dept/create/index.php
University of Maryland	Joint Institute for Food Safety and Applied Nutrition	大学院分担	食品安全	http://www.jifsan.umd.edu/
University of Pennsylvania	Wharton Risk Management and Decision Process Center	大学院分担	環境, 巨大災害	http://grace.wharton.upenn.edu/risk/
Duke University			社会学系	http://www.duke.edu/
University of Colorado	Natural Hazards Center	大学院分担	人文社会 自然災害	http://www.colorado.edu/hazards/whoware.html
Texas A&M University	Hazard Reduction and Recovery Center	大学院分担	建築都市	http://archone.tamu.edu/hrrc/
George Washington University	Institute for Crisis, Disaster, and Risk Management	大学院分担	危機管理	http://www.gwu.edu/~icdrm/
Stanford University	Engineering Risk Research Group Department of Management Science & Engineering	大学院分担	OR ベース 工学システム全般	http://www.stanford.edu/group/ERRG http://www.stanford.edu/dept/MSandE
MIT	Engineering Systems Division Homeland & Global Security	大学院	物流, 化学・生物系, 国際関係, コンピュータセキュリティ, 原子力	http://web.mit.edu/homeland/
University of Virginia	Center for Risk Management of Engineering Systems Department of Systems and Information Engineering	大学院分担	社会基盤, 交通, 情報通信等の巨大複雑系システム	http://www.sys.virginia.edu/index.html http://www.sys.virginia.edu/research/risk.html

2.2 EPP/CMU ならびに MSE/Stanford におけるリスク工学関連教育の動向

(1) EPP/CMU の概要

現代社会における様々な問題は技術と深く関わっており，これらの問題解決に当たっては技術者の立場に立った分析や施策・政策提言，ならびに対策に対する実質的な関与（コミットメント）が求められる．このような背景から EPP/CMU は Sloan Foundation に基づいて 1971 年に設立され，以来，30 年以上にわたって技術と公共政策の関係性に力点を置いた教育・研究プログラムを提供し続けている．

図 2.1 は，CMU の工学系研究科の中での EPP/CMU の位置づけをまとめた結果である．Ph.D.プログラムを基本とした研究指向の教育体系を採用しており，1) エネルギーならびに環境システム，2) 情報通信技術とその関連政策，3) リスク分析とリスクコミュニケーション，4) イノベーションや R & D 政策を含む技術政策ならびに MOT の 4 分野を中心に教育・研究活動が行われている．最近では，経済開発の著しい中国とインドを対象として技術と組織，ならびに技術と経済開発の関係性に関する研究に取り組み始めており，さらには，工学システムと安全保障の関係性に関する研究にも取り組んでいる．政策分析や政策研究に資するソフトウェアツールの開発も行っている．なお，EPP/CMU の教育体系については後述する第 3 章で詳述する．

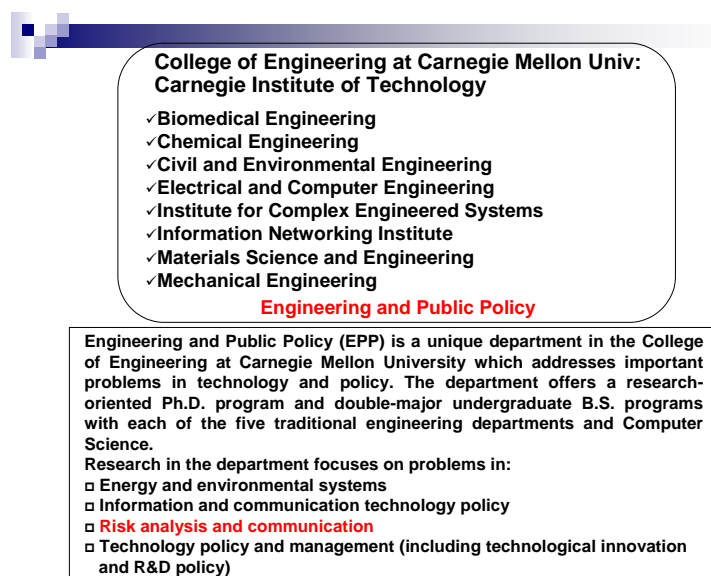


図 2.1 EPP/CMU の CMU 工学系の中での位置づけ

このように多種多様な研究テーマを扱っているため，EPP/CMU が関与する研究センターや研究組織は図 2.2 に示すように極めて多岐にわたっている．これらのいずれにおいてもリスク工学に関わる研究テーマを扱っているが，特に Risk Analysis and Risk Communication (以下，RARC) グループが中心となってリスク工学に関わる研究を推し進めている．その中でも，RARC グループの 1 つに位置づけられる Center for Risk Perception and Communication (以

下, CRPC) がリスク認知やリスクコミュニケーションに関わる研究全般を行っており, 本分野に関連する世界的な研究者が集まっている (図 2.3 参照).



図 2.2 EPP/CMU が関与する研究センターならびに研究組織

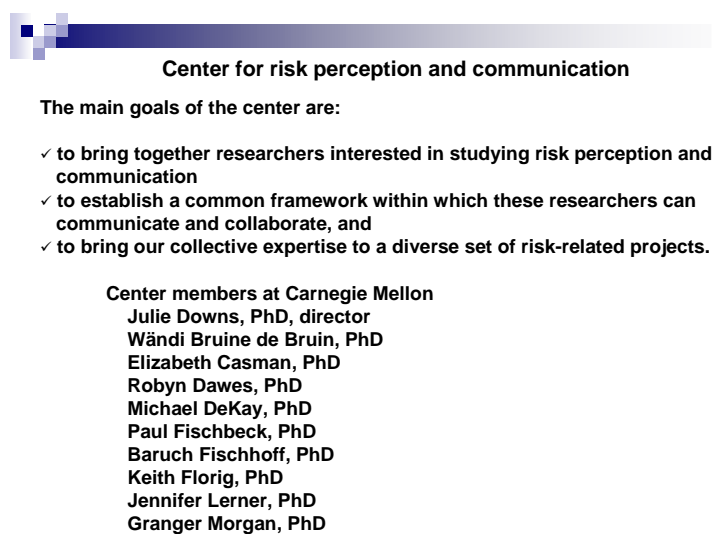


図 2.3 CRPC の概要と研究スタッフ

(2) MSE/Stanford の概要

MSE/Stanford は, 技術の観点から企業経営や公共政策に関与するという立場に立って, 2000 年より Stanford 大学の工学系研究科の中に設置された専攻である. 基本とする考え方は EPP/CMU と同様であるが, 相対的に技術と企業経営の関係性に力点を置いており, 具体的には意思決定や施策・政策決定, ならびに制度設計や組織設計, さらには工学システムのシステム設計やオペレーションに資する知識, ツール, ならびに分析方法を習得することを目的とした専攻である.

図 2.4 は, Stanford の工学系研究科の中での MSE の位置づけをまとめた結果である. 教育・研究の主なキーワードとしては, 1) 組織設計, 技術, 事業化, 2) システムのモデル化と最適化, 3) 経済と金融, 4) 意思決定分析とリスク分析, 5) 生産管理とオペレーション管理, 6) 確率過程システム, 7) 戦略と施策・政策, 8) 情報科学と情報技術である. このような観点から, MSE/Stanford を基点として様々な研究センターや研究グループ, 研究フォーラムが設けられているが, これらの中でもリスク工学に直結する組織として Engineering Risk Research Group (以下, ERRG) が挙げられる.

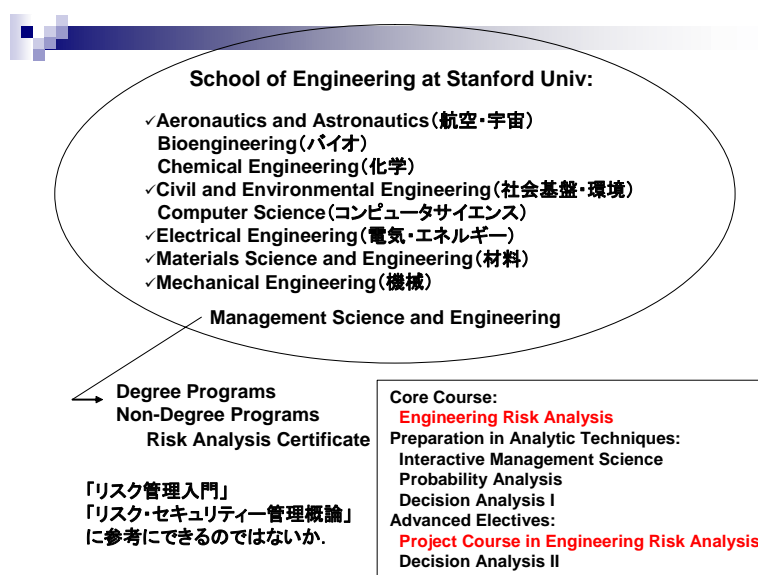


図 2.4 MSE/Stanford の Stanford 工学系の中での位置づけとリスク工学関連科目

ERRG では, 地震リスクマネジメント, ダム, 化学プラント, 原子力発電所, 海洋プラットフォーム等の安全管理, 航空宇宙システムに対する安全管理, 医薬関連のリスク, 対テロ等の安全保障問題, 知能・知的情報のマネジメント等に関連した研究を行っている. また, ERRG が関与する MSE 内の教育プログラムとしては, 博士課程コースの中に Engineering Risk Analysis と Project Course in Engineering Risk Analysis という 2 つの授業が開講されている. 前者はコア科目に指定されており, 内容としては図 2.5 の通りである. リスク分析・リスクアセスメントに必要となる確率・統計の基礎理論から意思決定分析, システム分析, 信頼性分析に適用される基本的な方法論まで全般的に網羅されており, さらにリスク分析に関する幾つかの事例が紹介されている. 後者の Project Course in Engineering Risk Analysis は講義名の通り, プロジェクトタイプの授業であり, 個人あるいはグループ単位で問題設定を行った後, それらに対してリスク分析を行い, リスクコミュニケーションやリスクマネジメントの方策について検討するものである. 本授業は, 授業の方法や扱っているテーマをみると, 本学リスク工学専攻で主催する「リスク工学グループ演習」に類似した授業であると言える.

Engineering Risk Analysis:	Engineering Risk Analysis (cont.):
<p>□ Course Description The techniques of analysis of engineering systems for risk management decisions involving trade-offs (technical, human, environmental aspects). Elements of decision analysis; probabilistic risk analysis (fault trees, event trees); economic analysis of failure consequences (human safety and long-term economic discounting); and case studies (space, systems, nuclear power plants, liquefied natural gas terminals, and dams). Public and private sectors.</p> <p>□ Course Details ✓ 3 units, Mon and Wed, 11:00-12:15, 26 sections ✓ Course Reader: Available at the Stanford University Bookstore. Volume 1: classnotes; Volume 2: readings. • Exams: Midterm: 1 hour in class Final Exam: 3 hours • Final Grade: 50% - Final Exam 30% - Midterm Exam 20% - Homework</p>	<p>□ Course Topics</p> <p>Sections 1, 2: Overview of Methods and Applications Sections 3, 4: Treatment of Uncertainties: Issues and Summary Section 5: Decision Analysis: Structuring a Problem Section 6: Decision Trees and Event Trees. Examples Section 7: Influence Diagrams Section 8: Utility Theory and Risk Attitude Section 9: Value of Information Section 10: Multi-Attribute Decisions Section 11: Collective Decision Making--Public Sector Section 12: Introduction to Probabilistic Risk Analysis Section 13: Fault Trees Section 14: Systems Evolution: Markov models. Section 15: Optimal Allocation of Reinforcement Costs Section 16: Second Level of Uncertainty in Risk Analysis Sections 17: Expert Judgment in Risk Analysis Sections 18: Risk Perceptions and Acceptance Section 19, 20: Human Safety and Safety Goals. Discounting in Risk Analysis Section 21: Organizational Factors in Risk Analysis (SAM approach) Section 22: Warning Systems in Risk Management Section 23: Fire Monitoring in Oil Refineries (C/B Analysis) Section 24: Nuclear Power Plants: WASH 1400: Nuclear Power Plants Section 25: NASA Space Shuttle: Risk Analysis for the Black Tiles of the Orbiter Section 26: Patient Risk in Anesthesia: Probabilistic Analysis and Management</p> <p style="color: red;">Overview & fundamental treatment: 4 sections</p> <p style="color: red;">Risk analysis and assessment techniques: 13 sections</p> <p style="color: red;">Trade-offs between stakeholders and hazard: 4 sections</p> <p style="color: red;">Scenarios in risk management: 5 sections</p>

図 2.5 ERRG が主開講する Engineering Risk Analysis の講義内容とシラバス

3. EPP/CMU に対する現地調査

3.1 現地調査の概要

ここで、調査対象組織、調査期間、窓口、ヒアリングを実施した教員ならびに学生、聴講した授業やシラバスを入手した授業等の観点から、調査概要をまとめると表 3.1 のようになる。

調査対象組織は EPP/CMU を含め、Department of Social and Decision Sciences (SDS), Tepper School of Business (Tepper School), ならびに Pittsburgh 大学の Industrial Engineering (IE/Pitts) の合計 4 組織である。SDS は、EPP の主要メンバーである Fischhoff 先生や Fischbeck 先生が所属している専攻であるとともに、EPP の学部授業のコア科目である EPP Projects を共同開講している専攻である。Tepper School は世界有数のビジネススクールであるが (The Wall Street Journal のランキングによれば、2006 年は世界第 3 位)、SDS と同様に Apt 先生等、EPP とともに Tepper School に所属している先生が多い。また、IE/Pitts に関しては、同専攻で技術者倫理に関連した科目を担当している Shuman 先生を Nair 先生よりご紹介いただき、上記の組織とともに調査対象に含めることとした。

調査期間としては、11 月下旬から 12 月上旬にかけての 7 日間と 2 月下旬から 3 月上旬にかけての 5 日間である。専攻長の Morgan 先生を窓口として、アシスタントの Patti Steranchak さんがヒアリング調査や授業の聴講等の手はずを整えて下さった。合計 12 日間の短い期間で効率的に調査を実施するために、Morgan 先生と Patti Steranchak さんには本調査の主目的が以下の 5 項目である旨、事前に連絡しておいた。

- EPP の大学院ならびに学部教育に関してキーとなる教員に対してヒアリングを行い、EPP の教育体系を把握したい。
- その際に、工学を基点とした interdisciplinary education and research に対する実績、現状認識、ならびに今後の展望について考えを聞きたい。
- 学生や研究生等に対しても同様にヒアリングを行い、EPP の教育体系についての印象や

感想，ならびに実態について調査したい。

- ・ 大学院ならびに学部教育のコアとなる授業に関する情報がほしい。
- ・ 滞在期間中に可能なかぎり，上記に関する授業を聴講したい。

以上より，表 3.1 に示すように，12 日間の滞在期間中に 15 名の教員と 4 名の大学院生にヒアリングを実施することができた。これらの中には，専攻長である Morgan 先生（専攻長を 25 年間務めていらっしゃる！）を筆頭に，大学院教育担当の Small 先生，学部教育担当の Kieler 先生，教育担当副学長である Nair 先生が含まれている。また，EPP の学部教育の目玉である EPP Projects を担当している Rubin 先生，Fischhoff 先生，ならびに Florig 先生に対してもヒアリングを実施することができた。授業の聴講やシラバスの入手に関しては，大学院 Type A 科目群の必修科目である Probability and Estimation Methods for Engineering Systems や TypeA 科目群の専門科目である Mathematical Modeling of Environmental Systems, 学部の必修科目である EPP Sophomore Seminar ならびに EPP Projects（大学院生にとってはこの科目が EPP Project Management となる）等の 8 つの授業を聴講することができるとともに，大学院コア科目の 1 つである Introduction to the Theory and Practice of Policy Analysis や工学系専攻間で共通科目に準じた扱いとなっている Science, Technology, and Ethics 等の 4 つの授業についてシラバスを入手することができた。また，大学院生や研究生，研究員等の研究進捗を報告する場である EPP Student Grad Seminar にも参加する機会を得た。

表 3.1 EPP/CMU の調査概要

調査対象組織 (4 組織)	◇Department of Engineering and Public Policy ◇Department of Social and Decision Sciences ◇Tepper School of Business ◇Industrial Engineering, University of Pittsburgh
調査期間	◇2006 年 11 月 30 日から 12 月 1 日まで ◇2006 年 12 月 6 日から 12 月 12 日まで ◇2007 年 2 月 27 日から 3 月 5 日まで
窓口	◇M. Granger Morgan 先生, Lord Chair Professor in Engineering; Professor and Department Head, Engineering and Public Policy; Professor, Electrical and Computer Engineering, and The H. John Heinz III School of Public Policy and Management ◇Patti Steranchak 氏, Assistant to the Department Head
ヒアリングを実施した教員 (合計 15 名) ならびに学生 (合計 4 名)	◇M. Granger Morgan 先生, 同上 (12 月 11 日) ◇Mitchell J. Small 先生, The H. John Heinz III Professor of Environmental Engineering; Professor and Associate Department Head for Graduate Affairs, Engineering and Public Policy; Professor, Civil and Environmental Engineering (11 月 30 日, 掛谷先生とともに) (3 月 5 日) ◇Mark Kieler 先生, Assistant Department Head for Undergraduate Affairs and Lecturer, Engineering and Public Policy (12 月 6 日) (2 月 28 日) ◇Indira Nair 先生, Vice Provost of Education, Carnegie Mellon University; Professor, Engineering and Public Policy (12 月 1 日, 掛谷先生とともに) ◇Benoît Morel 先生, Associate Teaching Professor, Engineering and Public Policy and Physics (11 月 30 日, 掛谷先生とともに) (3 月 2 日) ◇Michael DeKay 先生, Associate Research Professor, Engineering and Public Policy (12 月 1 日, 掛谷先生とともに) ◇Paul S. Fischbeck 先生, Professor of Social and Decision Sciences, and Engineering and Public Policy; Director of the Center for the Study and Improvement of Regulation (12 月 1

	<p>日, 掛谷先生とともに)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇Baruch Fischhoff 先生, University Professor, Engineering and Public Policy, and Social and Decision Sciences; Director, Center for Integrated Study of the Human Dimensions of Global Change (12 月 7 日) ◇Edward S. Rubin 先生, The Alumni Professor of Environmental Engineering and Science; Professor, Engineering and Public Policy, and Mechanical Engineering; Director, Center for Energy and Environmental Studies (12 月 7 日) ◇Larry Shuman 先生, Associate Dean of Engineering, Professor of Industrial Engineering, University of Pittsburgh (12 月 11 日) ◇Sarosh Talukdar 先生, Professor of Electrical and Computer Engineering and Engineering and Public Policy (12 月 11 日) ◇Jay Apt 先生, Executive Director of Carnegie Mellon's Electricity Industry Center, Distinguished Service Professor, Engineering and Public Policy, Associate Research Professor, Tepper School of Business (12 月 11 日) ◇Paul Goodman 先生, Richard M. Cyert Professorship and Professor of Organizational Psychology, Director, Institute for Strategic Development, Director, Center for the Management of Technology, Tepper School of Business (12 月 12 日) ◇John Hooker 先生, T, Jerome Holleran Professor Business Ethics, Tepper School of Business (12 月 12 日) ◇H. Keith Florig 先生, Executive Director, Engineering and Technology Innovation Management Program; Professor of the Practice, Engineering and Public Policy (2 月 27 日) ◇Royce A. Francis 氏, EPP doctoral student (12 月 8 日) ◇Asmerom M. Gilau 氏, EPP doctoral student (12 月 8 日) ◇Vanessa Schweizer 氏, EPP doctoral student (12 月 11 日) ◇Janice Tsai 氏, EPP doctoral student (12 月 11 日)
<p>聴講した授業 (8 授業)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◇Civilian and Military Applications of Space (Benoit Morel 先生, 11 月 30 日, 掛谷先生とともに) 単位数・時限 : 12 units Fall 2006 木曜日 10:30AM~11:50AM 概要 : An analysis of some specific defense and space policy issues is conducted. This analysis is abstracted from a study of the specific technologies involved. An assessment of the impact of technological advancement on the military capability, space policy and arms control issues is proposed. As the exploitation of high technology has a lot of ramifications, the course focuses on some areas carefully chosen, based on the recent events, to illustrate the extent of the impact and to permit as wide-ranging a discussion as possible. Those issues cover areas of advanced imaging and target recognition capabilities; the military exploitation of new physical principles; the development of new capabilities in space for military or civilian exploitation, and the convolution of these new capabilities with the increasing technological demands of arms control. In all examples, the interaction between technological progress and needs for policy changes (or emergence of policy dilemmas) are emphasized. ◇Probability and Estimation Methods for Engineering Systems (Mitchell J. Small 先生, 11 月 30 日, 掛谷先生とともに) 単位数・時限 : 12 units Fall 2006 木曜日 1:00PM~2:20PM 概要 : Overview of rules of probability, random variables, probability distribution functions, and random processes. Techniques for estimating the parameters of probability models and related statistical inference. Application to the analysis and design of engineered systems under conditions of variability and uncertainty. Prerequisites: 36-211, or 36-220 or equivalent. ◇EPP Sophomore Seminar (Mark Kieler 先生, 12 月 6 日) 単位数・時限 : 3 units Fall 2006 火曜日 12:00PM~1:20PM 水曜日 11:30AM~12:50PM 概要 : The Sophomore Seminar has the objective of introducing the student to the interdisciplinary nature of Engineering and Public Policy problems. This is achieved through the use of case studies dealing with aspects of decision-making and ethics in policy issues which have a technological basis. Students are introduced to the technical and policy dimensions of these problems as well as to skills such as data collection and analysis, group

	<p>work, and oral and written presentations. A few seminars by EPP graduates and faculty are occasionally included to give the student an idea of careers and EPP problems.</p> <p>◇EPP Projects (Edward S. Rubin 先生と Baruch Fischhoff 先生, 12 月 7 日) 単位数・時限: 12 units Fall 2006 木曜日 3:00PM~4:50PM 概要: Interdisciplinary problem-solving projects in which students work as leaders or members of project teams. Problem areas are abstracted from local, state and national situations and involve the interaction of technology and public policy, with different projects being chosen each semester. Oral and written presentations concerning the results of project studies are required.</p> <p>◇EPP Project Management (Royce A. Francis 氏と Asmerom M. Gilau 氏, 12 月 7 日) 単位数・時限: 12 units Fall 2006 木曜日 3:00PM~4:50PM 概要: EPP Project Management involves serving as a manager for a student group project course in Engineering and Public Policy. The students taking the project course include undergraduate double major engineering students in EPP, undergraduate policy majors in Social and Decision Sciences, and Master's-level students in the H. John Heinz III School of Public Policy and Management. This course allows the development of research and project management skills, and involves considerable interaction with both students and outside experts who serve as consultants and reviewers for the project. Managers are expected to assist faculty in preparation for the course prior to the beginning of the semester.</p> <p>◇EPP Projects (H. Keith Florig 先生と Jay Apt 先生, 2 月 27 日) 単位数・時限: 12 units Spring 2007 火曜日 3:30PM~4:50PM 概要: Interdisciplinary problem-solving projects in which students work as leaders or members of project teams. Problem areas are abstracted from local, state and national situations and involve the interaction of technology and public policy, with different projects being chosen each semester. Oral and written presentations concerning the results of project studies are required.</p> <p>◇Introduction to Engineering and Public Policy (Mark Kieler 先生, 2 月 28 日) 単位数・時限: 12 units Spring 2007 水曜日 1:30PM~2:20PM 概要: This course examines the processes of public and private decision making and of policy formation, which shape the evolution of a technology and its impact on our society. Technology plays an important role in shaping our worlds. At the same time, social forces often play a central role in the evolution of a technology. A particular technology such as an automobile or computer is chosen to study technology and policy in context. Specific topics covered in the case of the automobile includes automotive design and manufacture, safety, pollution, fuel economy and their interactions. In each area, we discuss the technological and institutional issues, their interaction, the possible need for public policy and the factors that govern the policy. The course will involve several group problem-solving sessions.</p> <p>◇Mathematical Modeling of Environmental Systems (Mitchell J. Small 先生, 3 月 5 日) 単位数・時限: 12 units Spring 2007 月曜日 9:30AM~10:50AM 概要: This course examines the processes of public and private decision making and of policy formation, which shape the evolution of a technology and its impact on our society. Technology plays an important role in shaping our worlds. At the same time, social forces often play a central role in the evolution of a technology. A particular technology such as an automobile or computer is chosen to study technology and policy in context. Specific topics covered in the case of the automobile includes automotive design and manufacture, safety, pollution, fuel economy and their interactions. In each area, we discuss the technological and institutional issues, their interaction, the possible need for public policy and the factors that govern the policy. The course will involve several group problem-solving sessions.</p>
<p>シラバスを入手した授業 (4 授業)</p>	<p>◇Introduction to the Theory and Practice of Policy Analysis (M. Granger Morgan 先生) 単位数・時限: 12 units Fall 2006 木曜日 2:30PM~3:50PM 概要: This course reviews and critically examines a set of problems, assumptions and analytical techniques that are common to research and policy analysis in technology and public policy. Topics covered include the difference between science, trans-science and policy analysis, policy problems formulated in terms of utility maximization, issues in the valuation</p>

	<p>of intangibles, uncertainty in policy analysis, selected topics in risk analysis, limitations and alternatives to the paradigm of utility maximization, issues in behavioral decision theory, issues related to organizations and multiple agents, and selected topics in policy advice and policy analysis for the federal government. The objective is to look critically at the strengths, limitations and underlying assumptions of key policy research and analysis tools and problem framing and sensitize students to some of the critical issues of taste, professional responsibility, ethics, and values that are associated with policy analysis and research.</p> <p>◇Science, Technology, and Ethics (Indira Nair 先生による 2004 年度のもの) 単位数・時限 : 9 units Fall 2004 火曜日と木曜日 1:30PM~3:00PM</p> <p>◇Balancing Cost, Schedule and Risk (Larry Shuman 先生, University of Pittsburgh) 時限 : Fall 2006 木曜日と土曜日</p> <p>◇Special Topics : Problem Design and Verification (Sarosh Talukdar 先生と Jay Apt 先生) 単位数・時限 : 12 units Fall 2006 木曜日 1:30PM~2:50PM 概要 : The successful design of engineering and policy artifacts is a closed loop process: specify goals, develop a design, develop tests, test the design, and repeat till the tests are passed. All the steps in this process are important, but only a few are covered in traditional courses. The course will cover relevant theory and use cases studies extensively. Individual and group projects will facilitate practical application of the material.</p>
<p>参加した研究 セミナー (1 セ ミナー)</p>	<p>◇EPP Student Grad Seminar (12 月 8 日) Speaker: Antonino Vaccaro, Visiting scholar from Portugal Title: Information Transparency: Ethical Questions and Perspectives for Contemporary Firms 概要 : The wide diffusion of information and communication technologies (ICT) over the last few decades has modified the way in which individuals and institutions interact and conduct social and business activities. We analyze the importance of a firm's information transparency, defined as the degree of completeness of information, regarding its own business activities, provided by each company to the market, and the related role of ICT. First, we analyze the actual role and possibilities offered by ICT to contemporary firms and to society developing a model that integrates the ethical and economical/financial forces affecting information transparency. Then we apply the new model to the case studies of a well-known multinational company and of a web journal. Finally, useful insights for scholars and practitioners are presented.</p>
<p>協定校とのコ ロキウムに関 する情報</p>	<p>http://in3.dem.ist.utl.pt/tmpgc/</p>

3.2 EPP/CMU の教育プログラムに対する調査結果

(1) 教育体系

大学院に関しては Ph.D. (Doctor of Philosophy) の取得を基本とした研究指向型の教育カリキュラムを EPP 単独で開講している。学部に関しては Chemical Engineering (ChE), Civil and Environmental Engineering (CEE), Electrical and Computer Engineering (ECE), Materials Science and Engineering (MSE), Mechanical Engineering (MEG) の 5 つの工学系専攻と Computer Science (CS) の理学系専攻の合計 6 つの専攻と共同開講しており, 必要な単位習得を達成すればこれらの専攻と EPP の 2 つの専攻から学位が与えられるシステムとなっている (以下, double major program)。なお, 大学院生, ならびに学部における double major program の履修生の数をまとめると図 3.1 のようになる。これによると, EPP/CMU は徹底した少数精鋭の組織運営をとっていることがわかる。

現在, 42 名の教員が EPP に所属している。これらの大部分の教員は工学系その他専攻や理

学系専攻, ならびに人文社会学系専攻に所属している. 教員の所属の内訳をまとめると表 3.2 のようになる. CMU 全体で俯瞰的な教育・研究活動を推奨しており, この特色を CMU の 1 つの“売り”にしているため, 教員の組織間を跨る教育・研究活動は 50% : 50% で公平に評価されるということである.

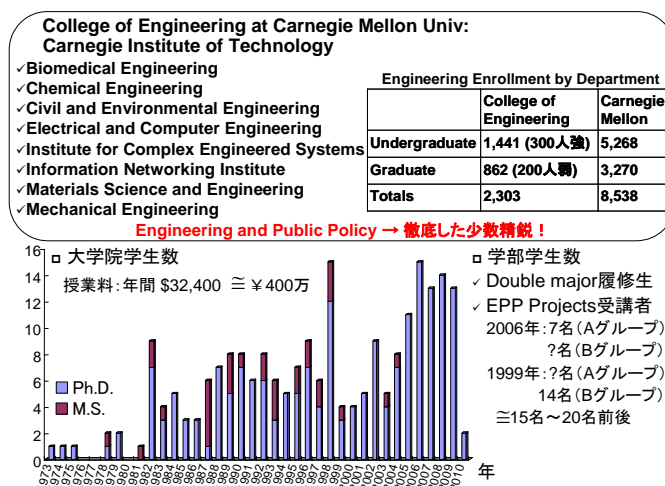


図 3.1 EPP に所属する大学院生, ならびに学部における double major program の履修生

表 3.2 EPP に所属する教員の所属

EPP のみ	7
EPP 関連研究センターのみ	1
EPP+研究センター (研究プログラム)	1
EPP+ChE	2
EPP+CEE	6
EPP+CS	3
EPP+ECE	6
EPP+ECE+Heinz III School*	1
EPP+MSE+Biomedical Engineering	1
EPP+ MSE+ Robotics Institute	1
EPP+MEG	2
EPP+Physics	1
EPP+SDS	2
EPP+ SDS+ History	1
EPP+Heinz III School	3
EPP+SDS+Heinz III School	2
EPP+Tepper School	1
その他	1

* The H.John Heinz III School of Public Policy and Management

(2) 大学院教育プログラムに対する調査結果

EPP/CMU における大学院教育プログラムの要点をまとめると図 3.2 のようになる. コア科目, TypeA 科目ならびに TypeB 科目の 3 種類の科目群で構成されている. コア科目は Policy Analysis に係わる基礎理論, 分析方法, ならびにデータ処理方法を講述する科目となってお

り, Introduction to the Theory and Practice of Policy Analysis, Quantitative Methods for Policy Analysis, Applied Data Analysis, Workshop in Applied Policy Analysis, Survey Design and Analysis の科目がエントリーされている。また, 学部の授業である EPP Projects の TA 業務となる EPP Project Management と, 同じく Introduction to EPP の TA 業務となる EPP Teaching Practicum もコア科目に属することになる。これは, Ph.D. コースの大学院生が Project 形式の授業の TA を務めることにより, 教育指導能力や将来のリーダーとしての素養を身につけさせるためである。TypeA 科目群では, Policy Analysis に不可欠な確率・統計理論等, 関連する工学分野の基礎科目から専門科目までを扱っている。一方, TypeB 科目群では, マクロ経済学や意思決定理論等の Policy Analysis に係わる人文社会科学分野の基礎科目から専門科目までを扱っている。

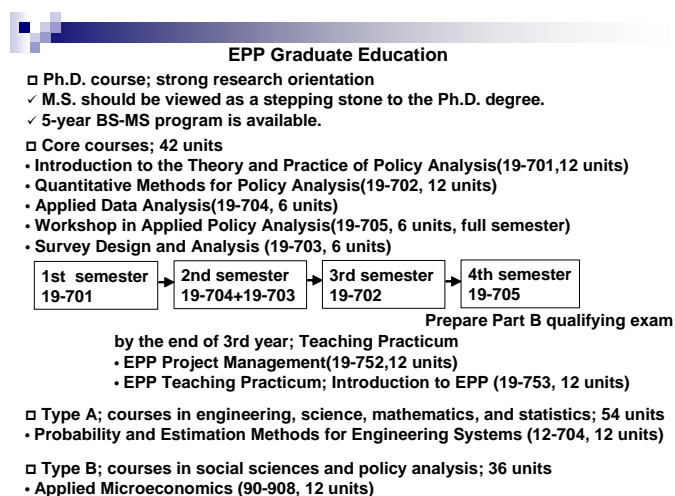


図 3.2 大学院教育プログラムの要点

Introduction to the Theory and Practice of Policy

- Course Description

This course reviews and critically examines a set of problems, assumptions and analytical techniques that are common to research and policy analysis in technology and public policy. Topics covered include the difference between science, trans-science and policy analysis, policy problems formulated in terms of utility maximization, issues in the valuation of intangibles, uncertainty in policy analysis, selected topics in risk analysis, limitations and alternatives to the paradigm of utility maximization, issues in behavioral decision theory, issues related to organizations and multiple agents, and select topics in policy advice and policy analysis for the federal government. The objective is to look critically at the strengths, limitations and underlying assumptions of key policy research and analysis tools and problem framing and sensitize students to some of the critical issues of taste, professional responsibility, ethics, and values that are associated with policy analysis and research.
- Course Details
 - ✓ 12 units, Tue and Thur, 14:30-15:50, 28 sections
 - ✓ Readings: Available on the Blackboard course site.
 - ✓ Exams:
 - Midterm: 1 class
 - Final Exam: 1 class



図 3.3 Introduction to the Theory and Practice of Policy Analysis の授業概要

図 3.3 ならびに図 3.4 には, コア科目の中でも特に Policy Analysis の枠組みや要素技術を

講述する Introduction to the Theory and Practice of Policy Analysis の授業概要ならびにコーススケジュールを示す。本授業は講義形式を採用している授業であるが、Policy Analysis の science としての位置づけと背景, multi-attribute な utility 最大化問題としての捉え方, risk analysis と risk communication の必要性などの俯瞰的な内容とそれに付随する基礎理論を取り扱っており, 同時に解析ツール (コンピュータソフトウェア) の紹介や実際の事例に対する説明も行われている。その際には, Policy Analysis の観点から重要となる視点として, technological risks, economic, public awareness/perception, governance の 4 つが挙げられることを示している。

Introduction to the Theory and Practice of Policy (cont.)	Introduction to the Theory and Practice of Policy (cont.)
<p>Course Topics</p> <p>1: Introduction to the course. What is the point of quantitative policy analysis? Exploration of some basic ideas using a problem in risk as the vehicle.</p> <p>2: More on "good policy analysis. What is science? What is trans-science? How is policy analysis different from science? Basic ideas in the philosophy of science.</p> <p>3: More discussion of basic ideas from the philosophy of science.</p> <p>4: Utility theory... what is it? What assumptions does it make? To what extent is it prescriptive or descriptive?</p> <p>5: Benefit-cost analysis :basic ideas; strengths and limitations.</p> <p>6: Utility maximization in the face of uncertainty. Decision analysis.</p> <p>7: Utility maximization in the face of multiple incommensurate attributes. Multi-attribute utility.</p> <p>8: Valuing intangibles such as human life, environmental quality, culture, and climate: techniques and limitations.</p> <p>9: Nature and types of uncertainty. Propagation of uncertainties in quantitative policy analysis</p> <p>10: Data and methods for risk analysis.</p> <p>11: Expert elicitation. A live demo of computer software associated with risk analysis.</p> <p>12: Human judgment under uncertainty: Cognitive heuristics and biases.</p> <p>13: More on cognitive heuristics and biases. Probability assessment. Time preferences.</p> <p>14: MID-TERM</p>	<p>15: Risk means more than expected mortality and morbidity. Experimental findings.</p> <p>16: The role of affect. The power of linear models.</p> <p>17: The mental model approach to risk communication.</p> <p>18: What's all this mean for policy and policy analysis?</p> <p>19: The window you look through determines what you see. Alternative models to explain the actions of organizations.</p> <p>20: Most games are not played by children: Introduction to a few basic ideas in agent-based approaches to organizational behavior.</p> <p>21: Garbage-can models of organizational behavior.</p> <p>22: High reliability organizations, muddling through, and a few issues in program evaluation. Slides on Aircraft Carrier air operations.</p> <p>23: An overview of selected literature in technical innovation and its management.</p> <p>24: Historical review of U.S. Science Policy and Institutions.</p> <p>25: The rise of Federal Health and Safety Regulation. Administrative procedures act, Freedom of Information Act, Govt. in the Sunshine Act.</p> <p>26: OSTP; DOD-DSB; NSF; EPA-SAB; OTA</p> <p>27: Policy development in the real world.</p> <p>28: FINAL EXAM</p>
<p>Science, Trans-Science and Policy Analysis: 3 sections</p> <p>The paradigm of utility maximization: 4 sections</p> <p>Issues and applications within the paradigm of utility maximization: 4 sections</p> <p>Problems with, and limitations to, the paradigm of utility maximization: 6 sections</p>	<p>Problems with, and limitations to, the paradigm of utility maximization: 6 sections</p> <p>Who, if anyone, is in charge? Issues related to organizations and multiple agents: 5 sections</p> <p>Policy advice and policy analysis for the federal government: 4 sections</p>

図 3.4 Introduction to the Theory and Practice of Policy Analysis のコーススケジュール

(3) 学部教育プログラムに対する調査結果

図 3.5 は, EPP/CMU における学部教育プログラムの要点をまとめた結果である。前述したように学部は 6 つの専攻と double major program を共同開講しており, EPP が単独に学位を与えるシステムは採用していない。しかも, double major において必修科目となる授業は, 演習科目である EPP Sophomore Seminar, EPP Project I, EPP Project II と, 経済学の基礎科目である Principles of Economics, 意思決定理論の基礎的内容を扱う Decision Analysis, ならびに確率・統計学の基礎科目群である Probability and Statistics sequence であり, これらに EPP が推奨する専門自由科目を履修すれば十分なシステムとなっている。従って, 各専攻が推奨する専門自由科目群を上記の科目の履修に置き換えることによって, double major 取得のための履修のロードを下げています。

現状としては, EPP との double major program を実際に履修する学生の数は 1 学年当たり 15 名から 25 名程度と少なく, 履修理由としても Public Analysis の習得を強く意識した学生は全体的に少ないとのことである。このため, 図 3.6 に示すような学部 1 年生ならびに 2 年生に対して積極的な広報活動を行い, EPP の実態感のなさの解消に努めるとともに, double major による就職時の有利性などをアピールしている。

一方で, double major を積極的に目指している学生は目的意識が高く, 特に EPP Projects の演習では極めて熱心に取り組んでいた。EPP Projects は, 図 3.7 に示すように 30 年以上継

続している EPP の看板授業である。オーガナイザーの教員が Policy Analysis に直接関連する実践的なテーマを設定し、これに対して 4 つから 5 つのグループに分かれて調査研究を進めるプロジェクトである。グループ分けのポイントは 1 つのテーマに対して technological risks, economic, public awareness/perception, governance などの Policy Analysis の観点から重要な視点を定め、これらの視点に基づいた分析を実施する。そのため、40 名程度の学生が異なった視点から 1 つのテーマを眺めることになる。さらに、10 名以上のレビューアを学外に依頼・設置し、レビューアに対して 3 回程度の公的なプレゼンテーションが課されている。

すなわち、学部教育においては EPP Projects に対して重点的な教育投資を行っている。これは、engineering ベースの Policy Analysis で扱う内容が講義形式による知識の講述だけでは、体得することが難しいためであり、実践的な課題に対する演習形式の授業が好ましいと考えているためである。

EPP Undergraduate Program		
□ Double major degree program		
Engineering Field (6)	Single Major	Double Major (with EPP)
Chemical Engineering (ChE)	383	392 (+9)
Civil and Environmental Engineering (CEE)	373	382 (+9)
Computer Science (CS)	360	369 (+9)
Electrical and Computer Engineering (ECE)	360	361 (+1)
Materials Science and Engineering (MSE)	382	385 (+3)
Mechanical Engineering (MEG)	380	384 (+4)

<ul style="list-style-type: none"> □ Double major requirements; Core courses ✓ EPP Sophomore Seminar (19-102, 3 units) ✓ EPP Project I (19-451, 12 units) ✓ EPP Project II (19-452, 12 units) ✓ Principles of Economics (73-100, 9 units) ✓ Decision Analysis (88-xxx/19-xxx, 9 units) ✓ Probability and Statistics sequence (2 courses, 36-xxx, 18 units) ✓ 4 EPP Technical Electives ✓ 4 EPP Social Analysis Electives 	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Common Freshman Year</th> </tr> <tr> <td>Sophomore</td> <td>19-102, 73-100, 88-xxx/19-xxx, SAEs</td> </tr> <tr> <td>Junior</td> <td>19-451, 36-xxx, 88-xxx/19-xxx, SAEs, TEs</td> </tr> <tr> <td>Senior</td> <td>19-452, 36-xxx, 88-xxx/19-xxx SAEs, TEs</td> </tr> </table>	Common Freshman Year		Sophomore	19-102, 73-100, 88-xxx/19-xxx, SAEs	Junior	19-451, 36-xxx, 88-xxx/19-xxx, SAEs, TEs	Senior	19-452, 36-xxx, 88-xxx/19-xxx SAEs, TEs
Common Freshman Year									
Sophomore	19-102, 73-100, 88-xxx/19-xxx, SAEs								
Junior	19-451, 36-xxx, 88-xxx/19-xxx, SAEs, TEs								
Senior	19-452, 36-xxx, 88-xxx/19-xxx SAEs, TEs								

図 3.5 学部教育プログラムの要点

学部1, 2年生に対する勧誘

- EPPのわかりにくさ、実感のなさの解消
- Double majorに対する利点の説明
- 学部生の獲得には苦勞
- CMUの学部生には期待していない？

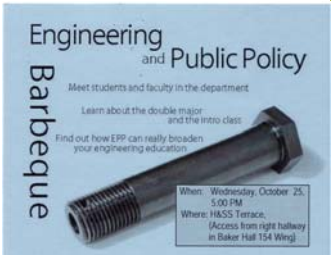




図 3.6 学部 1 年生ならびに 2 年生に対する広報活動

Double majorを決め込んだ学生は？

□ EPP Projects 必修科目

- Fall 2006: The Siting of LNG Terminals: Public Perception and Community Impacts
- Spring 2006: Environmental Justice and Air Toxics in Allegheny County
- Fall 2005: US Oil Refineries: Spatial Dimensions of Economics, Regulatory Policy & Environmental Justice
- Fall 2005: The Impact of Spyware

⋮

- Fall 1971: The New City
- Spring 1971: Design of an Air Pollution Alert Warning Emergency System
- Fall 1970: The Coking Process: Technology, Economics, and Regulatory Activity
- Spring 1970: A Study of Air Pollution Control for Allegheny County, Pennsylvania

→ 30年以上の伝統授業
テーマ設定や授業方法が非常に参考になった

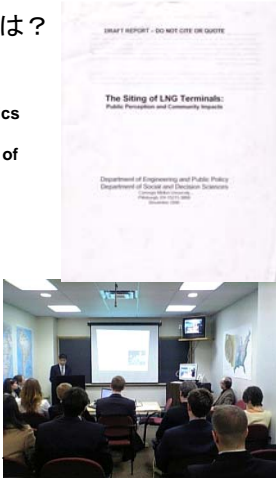


図 3.7 EPP Projects

3.3 調査結果に対する考察—講義体系や教授法の観点から

以上の調査結果を踏まえ、ここでは、Policy Analysis の枠組みの 1 つとなる「リスク・セキュリティ管理」の観点から EPP/CMU の講義体系ならびに教授法の特徴をまとめると以下の通りとなる。

- 1) EPP/CMU の場合、public policy maker, すなわち、教育機関、政府系公的機関、シンクタンク、コンサルタント等の上位の意思決定に係わることができる人材の育成を主眼としている。しかも、少数精鋭である。その際に、既往の工学系の学部レベルあるいは修士レベルの教育を習得している学生を前提にしている。
- 2) 学部においては double major 制度を採用し、他の工学分野のカリキュラムに相乗りする形態を採用している。大学 3 年生ならびに 4 年生を対象とした EPP Project というプロジェクト形式の講義を中心に据えている。
- 3) 大学院においては、Introduction to Applied Policy Analysis ならびに Quantitative Methods for Policy Analysis という 2 つのコア科目をメインとして確率・統計学ならびに経済学関連の準コア科目により講義体系が組み立てられている。しかも、Ph.D. コースを前提とした研究 oriented な教育体系となっており、各自が大学院入学以降、早い段階からテーマ設定を行って Project Research に取り組んでいる。
- 4) 学部教育ならびに大学院教育のいずれにおいても、「リスク・セキュリティ管理」に資する integration science を身につけるためには Project 形式の実践的な教育が不可欠という立場をとっている。
- 5) その上で、「リスク・セキュリティ管理」に求められる視点として、technological risk (technology and risk), economic, public awareness/perception, governance という 4 つ基軸を学生にしっかり習得させるような講義内容となっている。

以上の分析を踏まえると、EPP/CMU の教育フレームワークをそのまま本学に適用するこ

とは現実的ではない。これは、本学あるいは我が国の工学系教育機関における以下のような社会環境・教育環境を背景としている。

- 1) 工学部ならびに大学院工学系研究科の人材育成の最大のポイントは、特定分野の技術者養成にある。しかも、大学院を修士課程で修了し、就職することが一般的である。
- 2) 講義形式とするか、プロジェクト形式とするかといった授業方法以前の問題として、そもそも「リスク・セキュリティ管理」に関する integrated な視野からの授業はほとんど見当たらない。これは上記 1) と関連するためであると考えられる。一方、technological risk を対象としたリスク分析・リスクアセスメント主眼の講義は見られるようになってきている。

以上の分析や背景を踏まえ、本学における「リスク・セキュリティ管理」の授業フレームワークを以下の観点から設計した（図 3.8 ならびに図 3.9 参照）。

- ・対象とする学生は、主として特定技術分野への就職を念頭に置いている大学院修士課程レベルの学生とする。

- ・従って、technological risk を対象としたリスク分析やリスクアセスメントの方法論の講述とそれらに関する事例紹介に力点を置くものとする。一方で、integrated な視野 (technological risk に加え、economic, public awareness/perception, governance) からの問題構造の描画や解決策の模索に資する方法論の講述を行い、工学分野に立脚した上でバランスの取れた「リスク・セキュリティ管理」の枠組みを示す。このような考え方に基づくと、本来的には大学院博士後期課程レベルの学生を対象とした授業かもしれない。

- ・授業形式は講義形式とし、授業の各論においては EPP/CMU で採用している教科書や資料等 (Morgan, M.G. and Henrion, M. (1990) Uncertainty. Cambridge University Press, Glickman, T. S. and Gough, M. eds. (1990) Readings in Risk. Resources for the Future, Washington, D.C.) の内容を積極的に取り入れる。

なお、緒言で述べたように、「リスク・セキュリティ管理」の具体的なシラバス案や講義内容案については報告書の第 2 部において別掲する。

「リスク・セキュリティ管理」の科目開発	
EPP/CMU	本学
<ul style="list-style-type: none"> □ 対象とする学生 Ph.D.取得を目指す博士課程の学生 □ 就職先 43%: 大学, 18%: シンクタンク, コンサルタント, 22%: 民間企業, 17%: 政府系機関 □ 授業内容 <ul style="list-style-type: none"> > Public policyの解釈・立案・施行に資する工学的コンテンツ → その中でのリスク・セキュリティ管理に係わる内容 > Technological risks, economic, public awareness/perception, governanceの4つの視点からのバランスの取れたカリキュラム構成 □ 授業形態 講義と演習の併用。特に、実践的な課題による演習を重視。 	<ul style="list-style-type: none"> □ 対象とする学生 一般的な工学系修士課程の学生 □ 就職先 メーカー等の技術系の民間企業? □ 授業内容案 <ul style="list-style-type: none"> > Risk analysis & assessmentに力点 → 8コマ/24コマ > Technological risks, economic, public awareness/perception, governanceなどのリスク・セキュリティ管理に求められる俯瞰的視野を講述 → 5コマ/24コマ > 幾つかの事例を紹介し、リスク・セキュリティ管理の枠組みの中での事例の意味を講述 → 8コマ/24コマ □ 授業形態 講義を基本とする。期末試験(＋中間試験)にて、課題に対するプレゼンを課す。→ 3コマ/24コマ

図 3.8 「リスク・セキュリティ管理」の科目開発の意図

リスク・セキュリティ管理の授業内容案

- 授業内容: 合計24コマ
- 1. 工学システムに関わるリスク・セキュリティ問題～俯瞰的視座と類型化(1コマ) Overview & fundamental treatment: 2 sections
 - 2. リスク・セキュリティ問題に関わる主体～多様なステイクホルダー (1コマ) trade-offs between stakeholders and hazard: 4 sections
 - 3. アクセプトブルなリスク・セキュリティ～問題の境界条件の判別(1コマ)
 - 4. 問題の構造化と管理目標の設定～システム工学的アプローチの採用(2コマ)
 - 5. リスク・セキュリティ管理の枠組み～リスク・セキュリティ分析とアセスメント(1コマ)
 - 6. 分析・評価に用いられる指標とその解釈(2コマ) Risk analysis, assessment & management techniques: 2 sections
 - 7. 分析・評価の留意点～精度と感度(2コマ)
 - 8. リスク・セキュリティ管理の方策～Alternativeな組み合わせ(2コマ)
 - 9. 方策の実質化とモニタリング・レビュー(1コマ)
 - 10. 中間試験(1コマ) Scenarios in risk & security management: 8 sections
 - 11. 幾つかの事例の紹介(8コマ)
 - 11.1 自然環境との接点から～製造物設計・管理(2コマ)
 - 11.2 人工環境との接点から～人と巨大機械システムのインターフェース(3コマ)
 - 11.3 社会・経済環境との接点から～エネルギーリスク問題(3コマ)
 - 12. 期末試験(2コマ)

図 3.8 「リスク・セキュリティ管理」の授業内容案

謝辞 :

本事業に関しては、プログラムリーダーの宮本定明先生をはじめとする本事業に係わる教職員各位に多大な御指導と御教示をいただきました。特に、リスク工学専攻の鈴木勉先生、遠藤靖典先生、村尾修先生、伊藤誠先生、岡本健先生、岡島敬一先生、ならびに知能機能システム専攻の掛谷英紀先生には本事業の立ち上げの段階からまとめの段階に至る様々な局面において多大なサポートと貴重な御助言をいただきました。また、EPP/CMU の Department Head の M. Granger Morgan 先生ならびにそのアシスタントの Patti Steranchak 氏には快く調査に対応していただくとともに、授業の聴講や担当教員ならびに学生に対するヒアリングに対して適宜きめ細かくアレンジしていただきました。ここに関係する全ての方々に心から感謝の意を表し、深く御礼申し上げます。

参考文献 :

[1] SRA 2006 Annual Meeting, Baltimore, USA, 2006.12