「統合技術」習得のための実践的 学習枠組みについての一考察

Learning framework of “Integrating Techniques” for Solving Problems and Its Empirical
Application in Doctoral Course in Mechanical Engineering

大 塚 雄 市^{※1}
Yuichi OTSUKA

太 田 和 秀^{※2}
Kazuhide OHTA

野 口 博 司^{※2}
Hiroshi NOGUCHI

The 21st century Center of Excellence (COE) program in Department of Mechanical Engineering Science at Kyushu University construct the training framework of learning “Integrating Techniques” by research presentations for students in different majors and accident analyses for practical cases by Ph.D course students. The training framework is composed of three processes : 1) Peer review among Ph.D course students for the presentations, 2) Instructions by teachers in order to improve the quality of the presentations based on the result of the peer-reviews, 3) Final evaluation for the improved presentations by teachers and the students. This research has elucidated the quantitative effectiveness of the framework by the evaluations using questionnaires for the presentations. Furthermore, the result of investigation for the course students has observed positive correlation between the significance of integration techniques and the enthusiasm for participating the course, which reveals the efficacy of the learning framework proposed.

Keywords : Mechanical Engineering Education, Problem-/Project-Based Learning, Communication, Problem Solving, Integrating Techniques

キーワード：機械工学教育，事例教育，コミュニケーション，問題解決，統合技術

1. 緒言

付加価値の高い製品を作るため，技術の高度化・複雑化が進展している．一方，製品の信頼性・安全性を確保するためには，設計段階において設計者が予測可能な不具合については適切に対処する必要がある．これら両方の要求を満たすためには，State-of-the-artの水準に基づく機能設計およびリスクベース設計¹⁾を行い，認証された安全性を持つ製品を設計する必要がある．それを担い得る技術者として，専門の知識を十分に備え，かつ周辺分野の知識に視野を広げた人材が求められている．このような背景から，大学院学生に対して，知識を統合して利用する技術の習得を求める意見が産業界から出ている²⁾．

知識を統合して運用できる技術者を育成するための特色有る取組が，いくつかの大学院で進められている．大阪大学では，修士課程において産学連携のプロジェクトベースド学習 (PBL)³⁾ が推進されている．また，東京大学では，専攻横断型博士コース⁴⁾ で同様の取組が行なわれている．これらの取組の共通の狙

いは，産学連携で学生に実務を体験させ，その中でシステム設計手法を習得させようという点である．一方，東京工業大学では，情報環境学の履修プログラムにおいて，PBLと論文研究を協調させた教育を実践している⁵⁾．九州大学においては，“統合技術博士コース”⁶⁾で，通常の博士論文研究に加えて，水素利用機械システムに関する特別講義，各自の研究内容を発表しその理解性について評価する研究発表，異分野の学生と共同して既存の事象事例を解析しその原因や対策について考察して発表する事故解析発表が，統合技術会議およびその準備段階において実践されている．

Barronら⁷⁾は，PBLの設計原則として，1. 学習目標を明確にして深い理解へと導く，2. 理解のための土台を提供し，事前に問題に基づく学習活動を行う，3. 自己評価と修正の機会を複数回用意する，4. 当事者意識を高めるような社会的構造を構築するの4点を挙げている．PBLの枠組みを注意深く設計すれば，その前後で知識習得が向上していることが示されている．また，機械工学^{8) - 10)}，建設工学¹¹⁾，電気工学¹²⁾，生物学¹³⁾ など多様な分野で実践例が報告されている．

ここで検討すべきなのは，これらの取組の実践過程における課題である．PBLを実践した学生からは，設計方法論の習得に有益であり，コミュニケーション能

平成 21 年 1 月 29 日受付

※1 長岡技術科学大学

※2 九州大学大学院工学研究院

力の必要性を実感したことが報告されている⁷⁾。九州大学の取組においても、他研究室の学生同士の連携が深まるといった成果が得られている。他方、科目編成上学生への負担が大きくなならないよう配慮されてはいたものの、実践2年後の調査で下記の意見が得られ、受講生の意見を踏まえた対応が必要なことが明らかとなった。

- (1) “統合技術”とその構成要素が不明確であること。
- (2) 統合技術と専門教育との関連性が不明瞭であること。
- (3) 統合技術習得程度の評価システムの不在。

このような課題は、PBLを大学院で実施する場合には共通に存在することが、明らかとなっている¹⁵⁾。上記の課題を解決することは、統合技術の意義を明確化して受講生の負担感を軽減し、それによる統合技術の習得枠組みの有効性向上に有益と考えられる。しかしそのような検討は著者らの知る限り行なわれてはいない。

本研究では、統合技術の構成要素とその実践的学習法を提示した上で、統合評価法¹⁶⁾の考え方を拡張した評価手法を導入して、“統合技術”の習得枠組みを構築する事を目指す。これにより、研究発表や実践活動の意義を提示し、“統合技術”の習得程度を定量的に把握することが可能になる。はじめに、九州大学COEで習得すべき目標として掲げられている“統合技術”および専門研究との関連性について考察する。その上でその習得枠組みの構造を提示する。そして質問紙評価事例によって、提案した学習の枠組みの有効性を示す。

2. 九州大学大学院工学府の取組について

2.1 統合技術の定義

図1に統合技術の階層概念を示す。本研究では、“統合技術”を下記のように定義する。

統合技術：想定される課題に対して、必要な専門性を組み合わせて、解を生み出すシステムを構築する技術

“統合技術”は知識を構造化する技術であり、その

図1 統合技術の階層概念

習得には実践が不可欠である。

2.2 統合技術の実践構造の階層性

ある事象から課題を抽出してモデル化し、その対処法を検討する過程で因子が複数存在する状況を想定する。また、ある個人はある単一の専門分野においてのみ必要とされる水準の知識・経験を有しているとする。この時、因子が単独である場合、個人の知識構造の中で必要な要素を組合せ、解を構築することがまず想定される。また、複数因子が絡む場合、解を構築するために複数人が専門分野に応じて集合し組織を形成する。そして各人の知識構造の中で同様に知識等が構造化される。従って、構成単位がスケールアップすることにより階層性を有することになる。その意味では、専門研究において統合技術は実践されているともみなし得る。しかし、複雑な問題に対処するためには異分野の人材との共同作業が必要となるので、九州大学21世紀COEプログラムにおける統合技術博士コースは、異分野学生との共同作業を実践する場として成立している。すなわち、個人の専門研究の活動と統合技術博士コースにおける共同作業は一見異なる目標の下で運用されているように見えるが、図1の概念に基づけば、どちらもある解を構造化するために必要な要素を選定して統合するという共通項を持っている。従って、各研究室における個人の専門研究の遂行と統合技術博士コースの活動は、背反的なものではなく、共通項を有し互いに好影響を及ぼし得る。なぜなら、統合技術博士コースでの異分野学生との共同作業において、組織の構築・運営時に経験した事柄は、専門研究においても分析の視点の多様化や、ある解を構築するための検討においても影響を及ぼすことが期待され、それは専門性の深化に有益と考えられるためである。図1の概念に基づき、専門研究の遂行にも統合技術博士コースの活動が好影響を及ぼし得ることを学生が認知することで、専門研究に加えて異分野の学生との共同作業を行うということへの負担感を軽減し得ることが期待される。

2.3 統合技術の習得枠組み

統合技術博士コースでは、特別講義、各自の研究内

図2 統合技術の構成要素

容を異分野の人の前で発表する研究発表，異分野の学生と共同して既存の事故事例を分析して原因と対策を検討して発表する事故解析活動およびそれらの発表の場である，教員と学生による統合技術会議が開催されている．図2に統合技術の構成要素を示す．

- (1) 課題に対処するための専門性の同定
- (2) 異分野との科学技術コミュニケーション
- (3) 目標達成のための構造構築とマネジメント（システム思考，プロジェクト管理）

このうち要素2.の習得のために専門研究の発表を行い，要素1.要素3.を習得するために事故解析活動を実践する．すなわち，自身の専門研究内容を，異分野の学生にその新規性を理解できるような発表を行なわせることでコミュニケーション能力の向上を図る．また，既存の事故を調査する過程でリスクの分析とその対処手法を実践し，分析に必要な専門性を持つ教員の指導を学生が求める形で導入して対策を検討する．その過程で，他者との共同作業の管理手法をも実践する．全容を把握できる既存の事故を活用することで，教員の参画が円滑になるという利点がある．

図3に発表とそれに対する評価の流れを示す．

- (a) ピアレビューによる評価¹⁶⁾：博士課程学生同士で研究発表および事故解析発表を行ない，評価シート（次節に詳細）に基づいて評価する．自己評価と他者評価を比較することで，何を改善すれば良いかに気付くための起点を得ることが出来る．
- (b) 教員による改善指導：評価シートのサマリーに基づいて改善点を指導する．
- (c) 教育担当による事前の修正状況確認：改善の妥当性を担当教員が事前に確認する．
- (4) 統合技術会議における発表：教員と学生双方が参加する会議で行なう．

発表とその評価の流れの中で，後述の質問項目に基づき自己評価と他者評価との差を認識することで，発表内容における課題を認識することができる．また，統

合技術会議での発表までの修正過程でも，異分野の人に技術的内容を伝達する困難さを認識してそのために工夫するという作業が行われる．また，事故解析活動発表においても，検討会における自己評価と他者評価の比較から専門的検討の不足を認識して，その不足に対処するために必要な教員等の協力を仰ぐなどの作業が実践されることになる．これらの作業を通じて，統合技術の構成要素の必要性を学生が実感し，習得していくことを目指している．そして聴講する学生や教員も，理解しやすかった発表を参考にすることで，異分野の人に分かりやすく伝えるための工夫の仕方に気付くことができる．つまり，参加者全員が参画により何らかの利点が得られるよう配慮が為されている．枠組みの継続性を確保するためには，この種の配慮が必要であると思われる．

2.4 質問紙の構成

評価項目は，下記の3つの評価項目の各要素について，参考文献を基に文章を作成した．その後，著者らで議論した上で削減，修正した．

2.4.1 研究発表評価シート

発表態度，発表方法と総合の3要素で構成されている．

(1) 発表態度（計9項目）¹⁷⁾

- (a) 発声（P 1～P 2）
- (b) 話し方（P 3～P 6）
- (c) 非言語コミュニケーション（P 7～P 9）

(2) 発表内容（計11項目）

- (a) 新規性（P10～P12）
- (b) 構造（P13～P14）^{18)～20)}
- (c) 論理展開（P15～P20）^{18)～20)}

(3) 総合（計3項目）（P21～P23）

2.4.2 事故解析発表評価シート

発表内容と総合の2要素で構成されている．

(1) 発表内容（計9項目）（A 1～A 9）^{1), 21)}

(2) 総合（計2項目）（A10～A11）

3. 実践事例

図3に示す，ピアレビューと評価シートに基づく評価の流れの有効性を検討するために，2007年8～9月に実践された事例を報告する．図3の1.相互評価は2007年8月に実施され，約1ヶ月の間に改善し9月の最終発表を行なっている．

3.1 博士課程学生の研究発表結果

博士課程学生の相互評価により平均値が増減したかを対応ありt検定を用いて検定した．そのうち，相互評価により有意な平均値の変動が見られた項目を図4に示す．「P7：聴衆の反応を見ながら説明できている」「P8：聴衆に対する視線の配り方は適当である．」の2項目で有意に向上していることが明らかになった．一方で「P1：声の大きさは聴衆に届くよう配慮

図3 研究発表，事故解析活動発表の評価流れ

図4 研究発表の評価結果例

されている」「P13:発表内容の全体構造(目的・手段)を明示している」「P15:スライドの表題は説明内容を適切に要約している」「P21:持ち時間を守れている」の4項目は低下していることが分かる。しかしその平均値はいずれも4(どちらかといえばそうである)を超えている。なお、2回目の博士学生の評価と教員の評価の平均値の差は有意ではなかった。「P22:総合的に発表内容を理解できる。」は4であり、本事例は総合的に理解しやすい発表であると言える。

発表者に改善過程で何を意識していたかを尋ねたところ、以下の回答が得られた。

- (1) 教員に指導され意識して改善した点
 - (a) 話す速度をゆっくりとすること。
 - (b) 強調したい部分をさらにアピールすること。
 - (c) なるべく聴衆を見ながら発表すること。
- (2) 指摘されたが、修正できなかったと思うこと：論理展開での、式の専門的な意味を説明する点
2回目の評価で他より低かった点に“気付いて”改善した取組が、P7、P8の有意な増加に結実していると考えられる。一方で、修正できなかった点が、更に詳細な説明を求めた評価者に厳しい評価を下されたものと思われる。ただし、低下した幅は増分に比べて大きくはなく、総合的には高い評価が得られている。従って、図3の評価流れはコミュニケーション技法の改善に有効に機能していると考えられる。

3.2 学生グループの事故解析発表結果

博士課程学生7人のグループによる事故解析発表の結果を図5に示す。図3と同様の検定を実施した結果、「A4:事故に関連した人的要因(設計、製造、運用、保守に絡む)を適切に説明できている」のみが有意に低下する結果を得た。なお、教員と博士課程学生の評価の平均値において有意な差は観測されなかった。

この事故解析発表事例の特徴として、「A7:分析に必要な専門性を適切に特定し、その専門性を備えた教員の知見を活用できている。」が一貫して高評価であることが挙げられる。発表グループに準備・改善過程で意識した点を尋ねた際、「構成員の専門外の知識

図5 事故解析発表に対する相互評価結果

を学内外の広範囲から収集して知識化・整理した」というコメントが得られた。これはA7の高評価と意識して取り組んだ点に対応していることを示している。さらに、最終評価の自由記述コメント『色々な専門家の意見を聞いている点がよかった』とも対応している。すなわち、構成員が図1上部の概念を意識し、実践しようとした結果であると考えられる。つまり、“統合技術”の概念を意識し、必要な教員(=専門性)を活用して実践した結果がA7と「A10:全体的に統合技術の視点に立った発表内容である。」の高評価につながったことは、図3の枠組みが“統合技術”の習得度合いを適切に把握可能であることを示している。一方で有意な改善が観測されなかった点は、統合技術の概念を早期から意識した活動が1回目からの高評価につながり、評価流れの中での改善がそれほどなかったためと思われる。

4. 統合技術の習得枠組みに関する学生の意識調査

統合技術博士コースの1期生が2008年3月に修了した。修了生および在籍学生への意識調査を2008年3月から5月の間に実施した。

4.1 調査項目

学生への意識調査のため下記の質問紙を作成した。

- (a) 研究発表の意義 (Q1-Q7)
 - (b) 事故解析活動の意義 (Q8-Q12)
 - (c) 統合技術教育全般の意義 (Q13-Q18)
 - (d) 統合技術博士コースへの積極性 (Q19-Q25)
- 各項目は、全くそうは思わない(1)から全くそう思う(7)の尺度で回答させた。各自にメールで質問紙を送付し、回答を依頼した。有効回答率は65%であった。

また、学生の活動状況の把握のため以下を収集した。

- (a) 在籍年数：博士課程学生のコース在籍年数。
- (b) 会議出席数：学生の統合技術会議への出席数
- (c) 対外発信：在籍時に学生が発表した論文と国際会

表1 学生の活動状況と意識調査の基本統計量

活動状況の統計量 (外部変数)											
項目	回答者	平均	標準偏差	最大	最小	項目	回答者	平均	標準偏差	最大	最小
在籍年数	55	2.20	0.92	5	1	出席数	55	14.9	6.8	27	0
外部発信	55	2.73	0.72	9	0						
意識調査結果の統計量											
項目	回答者	平均	標準偏差			項目	回答者	平均	標準偏差		
Q1-Q7	32	5.76	1.01			Q7-Q12	32	5.54	1.12		
Q13-Q18	32	5.07	1.16			Q19-Q25	32	4.52	1.61		

表2 質問項目の α 係数

項目名	質問	α 係数
研究発表の意義	Q1-Q7	0.580
事故解析活動の意義	Q7-Q12	0.703
統合技術教育全般の意義	Q13-Q18	0.720
コースへの積極性	Q19-Q25	0.809

表3 活動状況各変数の相関行列

	在籍年数	出席数	外部発信
在籍年数	1	—	—
出席数	0.95***	1	—
外部発信	0.62***	0.63***	1

無相関検定 *** $p<0.001$ ** $p<0.01$ * $p<0.05$

表4 活動状況と意識調査結果の相関

	研究発表の意義		事故解析活動の意義		統合技術教育全般の意義	統合技術博士コースへの積極性		
	Q3	Q7	Q8	Q11	Q17	Q21	Q22	Q23
在籍年数		0.33 ⁺		0.32 ⁺	0.38*	0.42*	0.52*	0.34 ⁺
出席数	0.30 ⁺	0.31 ⁺		0.35 ⁺	0.31 ⁺	0.33 ⁺	0.48***	0.36*
外部発信		0.40*	-0.46*	0.31 ⁺		0.32 ⁺	0.46*	0.39*

無相関検定 *** $p<0.001$ ** $p<0.01$ * $p<0.05$ + $p<0.10$

表5 積極性と活動の意義に関する項目の相関

	研究発表	事故解析	統合技術教育全般の意義			
	Q7	Q11	Q15	Q16	Q17	Q18
Q22		0.43*	0.41*	0.43*	0.34 ⁺	0.32 ⁺
Q23	0.44*					

無相関検定 * $p<0.05$ + $p<0.10$

議講演の合計数

以上の項目の相関関係を分析した。計算には統計解析環境 R 2.7.1 を用いた。

4.2 調査結果

表1に各変数の統計量を示す。表2に各質問項目の α 係数の値を示す。研究発表の意義の項目以外は0.70以上の値を得られているので、項目内で同様な回答傾向を示しているとみなせる。

表3に外部変数の相関行列を示す。学年の増加によって出席や対外発信数も増加するという一般的な傾向を表している。表4に外部変数と意識調査の質問項目との相関関係を示す。有意でない項目は表示していない。また表5に質問項目のうち、積極性とその他の項目（研究発表の意義、事故解析の意義、統合技術教育の意義）についての相関関係を示す。表に示していない項目間の相関係数は有意ではなかった。

5. 考察

5.1 コース受講生の意識について

表4からは、在籍年数、出席数が増加するほど、積極性（Q22“統合技術ジュニア会議の運営で積極的な役割を果たしたと思う”、Q23“統合技術ジュニア会議での質疑に積極的に参加したと思う”）が増加していることがわかる（図3に示す一回目の会議の通称が“統合技術ジュニア会議”である）。会議に参加するにつれて、その意義を把握することで積極的になっていったことが示唆される。また、出席数が増加するほど、研究発表の意義（Q7“研究発表や聴講を通じて、聞く相手に合わせて、発表の仕方を検討する必要性を実感できたと思う”）、事故解析活動の意義（Q8“事故解析を通じて、グループの中で、メンバーの役割分担を考える方法を学習したと思う。”）、統合技術教育の意義（Q17“統合技術教育を通じて、ある事象を考察する際、その事象の全体構造について考えるようになってきたと思う。”）に対して前向きな回答が得られている。このことは、統合技術教育コースに参画するほど、図1、図2に示した意義を学生が理解していることを示している。

また、表5からは、積極性（Q22）と事故解析の意義（Q11）、統合技術教育の意義（Q15“統合技術博士コースでの集団活動は、研究におけるグループ運営の

ための練習になると思う.”, Q16 “統合技術教育を通じて, 異なる専門分野の考え方に触れることは, 専門の研究を推進する際の参考になると思う.”, Q18 “統合技術教育を通じて, 自分の研究の枠組みがどうあるべきかを考えるようになってきたと思う.”, Q17に正の相関があることが見てとれる. 図1の意義を把握し, 自身の研究にも有意義な活動をしていると答える人は会議へも積極的に参画していると思われる. また, 積極性(Q23)と研究発表の意義(Q7)にも正の相関がある. これは, 異分野の人へのコミュニケーションの練習であるという位置づけを理解している人は質疑にも参画し, 双方向のコミュニケーションを図ろうとしていたことを表していると考えられる.

以上をまとめると, 研究活動と共通性を有する活動であることを理解して積極的に取り組んだ人ほど, 統合技術の必要性も認識できつつあり, かつ自身の研究にも活かそうとしていると考えられる. この結果は, 図1, 図2の概念に基づく図3の枠組みが, 統合技術の習得に有益であることを支持している.

対外発信と積極性の項目にも正の相関がみられた. 研究成果を積極的に発信している人は, 統合技術コースの活動にも積極的に参画していたと認識していることを示している. 一方, 出席数および対外発信と事故解析の意義(Q8 “事故解析において, 対応する専門分野の教員を自ら選定して知見を活用することで, 解析の質を向上できたと思う”)が負の相関を示している. この関係に対し回帰診断を実施した結果, 1人の回答が特異な傾向を示していた. この1人の回答を外れ値として除外した場合, 相関は有意ではなくなった. これは, 特異な回答に全体の傾向が引きずられていることを示している. 従って, 出席数および対外発信とQ8には, 相関関係があるかは不明確である. 回答者が32名と少ないためであることが要因と考えられるため, 将来的な検討が必要である.

5.2 統合技術の習得枠組みの意義

専門的な活動においては, 扱う現象は把握可能な要素へ分解され, 分析される(Analysis). しかし, 機械システムの構築においては, 要素が適切に組合わされていく(Synthesis)³⁾. 所定の目的を達成する構造を構築するため, 必要な構成要素を選定して適切に統合する過程は, 機械システムを構築する上での必須の作業であるため, その教育の必要性が認識されている^{2), 3), 9), 11)}. そして, その養成のためにはPBLによる実践が有効である^{7), 14)}. 一方で, PBLは学生と教員の双方に負担となることは事実である^{8)–10), 15)}. これは研究活動とPBLによる統合的思考の養成教育が分離して行われているためであると思われる. それらの活動が双方に好影響を与えるよう配慮することで, PBLを忌避しがちな学生を, 積極的に参画させる枠組みへと改善することが今後必要になると考えられる.

九州大学の取組では, 図1に示した概念によって, 専門研究の遂行と異分野学生との共同作業は共通性を有しており, そのため統合技術博士コースの活動が専門研究の推進にも好影響を及ぼし得ることを提示した. そして, 研究発表と事故解析活動を基にした実践的学習法の意義を示した. その上で, 相互評価による評価流れを導入して, 個人の研究発表, 異分野学生との共同作業による事故解析発表およびそれらの発表・評価の場としての統合技術会議による統合技術の習得枠組みが構築された. 参加した学生の意識調査結果からは, 活動の意義を理解している人は積極的に参画していると回答しており, かつ統合技術の必要性を理解し自身の研究にも活かそうとしていることがみてとれる. 従来, 学生は専門性を深め, かつ異分野の知識を習得することを同時に行うと, 双方が中途半端な水準にとどまることを懸念していた. 統合技術により必要な異分野人材を選定して, 課題に対処する組織が構築できる場合, その中の個人は, 担当する一分野の専門性を十分に有している方が組織全体としては望ましい. すなわち, 統合技術という共通性を有する意義を, 統合技術の習得枠組みと専門研究の推進の中に積極的に見出すことができれば, 専門研究と統合的思考の養成教育の統合が可能になるのではないかと期待される. 本事例はそのような取組の一例であり, 知識を統合して運用する技術の教育において有益であると考えられる.

5.3 本研究の制限

相関関係に基づく検討であるため, 5.1における質問項目間の関係は推定によるものである. 非受講者との比較などを実践することでその効果をより詳細に検討することが必要と思われる. また, 博士課程で統合技術教育コースを実践しているが, 修士課程でも実践し得るのではないかと意見もある. 修士過程にて導入する場合には, 学部教育および博士課程での発展的取組(博士学生グループの共同研究等)との接続の在り方を検討する必要がある. これらは将来的な課題である.

6. 結言

図1に示した統合技術の階層性に基づき, 専門性の深化と統合技術習得の双方に有益な習得枠組みを提示した. 提案した学習の枠組みは, 専門性を深めつつ, 異分野の知識を持つ人材を結合することで, 十分な水準の多様な知識を備えたシステムを統合することを学ぶ枠組みである. そして, 相互評価による評価流れを導入して, 統合技術の習得枠組みを構築した. 研究発表や事故解析(PBL), および学生への意識調査からは, 図3の枠組みが“統合技術”の習得に有益であることが明らかとなった. 本研究で得られた知見は, 機械工学教育において, 統合的思考の習得枠組みを構築する際

に有益であると考えられる。

著者の一人は、九州大学21世紀COEプログラム“水素利用機械システムの統合技術”から支援を受けた。本論文の執筆に対し有益なご助言を頂いた九州大学村上敬宜 副学長に深甚なる謝意を表する。また意識調査の実施において有益な助言を頂いた当時九州大学院生 三沢良氏、宮田肇氏に心から感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) Stewart, M.G., Melchers, R.E. : *Probabilistic Risk Assessment of Engineering Systems*, Chapman & Hall, 1996
- 2) Kasagi, N. : Education in Graduate School for Engineers in 21st century, *Journal of Japan Society of Mechanical Engineers*, 110-1064, pp.513-515, 2007
- 3) 藤田喜久雄 : 大阪大学工学研究科機械工学専攻における「統合デザイン力教育プログラム」の取組, *工学教育*, 54-3, pp.92-97, 2006
- 4) <http://mechasys.jp/activity/index.html#oudan> 参照日 : 2008-10-5
- 5) <http://www.meititech.ac.jp/> 参照日 : 2008-10-5
- 6) 丸山正明 : 九州大学COE大学改革 真のユーザーに向けて, 日経BP社, 2006
- 7) Barron, B. J. S., Schwartz, D. L., Vye, N. J., et al. : *Journal of the Learning Sciences*, 7-3 & 4, pp.271-311, 1998
- 8) Stewart, J. I. : Teaching and assessing using project-based learning and peer assessment, *Journal of Engineering Technology*, 16-1, pp.40-43+51, 1999
- 9) Frank, M., Lavy, I., Elata, D. : Implementing the project based learning approach in an academic engineering course, *International Journal of Technology and Design Education*, 60 13-3, pp.273-288, 2003
- 10) Doppelt, Y. : Assessment of project-based learning in a mechatronics context, *Journal of Technology Education*, 16-2, pp.7-24, 2005
- 11) Chinowsky, P. S., Brown, H., Szajnman, A., Realph, A. : Developing knowledge landscapes through project-based learning, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 132-2, pp.118-124, 2006
- 12) Martinez-Mones, A., Gomez-Sanchez, E., Dimitriadis, Y. A., J et al. : Multiple case studies to enhance project-based learning in a computer architecture course, *IEEE Transactions on Education*, 48-3, pp.482-489, 2005
- 13) Wright, R., Boggs, J., Learning cell biology as

a team : Aproject-based approach toupper-division cell biology, *Cell Biology Education*, 1-4, pp.145-153, 2002

- 14) 赤井亮太, 鈴木俊男, 西山武志, 渡辺鉄太郎 : 設計工学・システム部門講演会講演論文集, 16, pp.59-62, 2006
- 15) 日本学術振興会
http://www.jsps.go.jp/j-initiative/data/sinsa_sci/b029_jigo.pdf 参照日 : 2008-10-5
- 16) Shimomura, T., Oda, M. : Empirical Consideration for Integrated Evaluation Method and its Applications, *Trans. Of IEICE(A)*, J64-A, pp.234-252, 1981
- 17) Muramatsu, K. : Development of evaluation factors for the ability of presentations, *Report in Multimedia Education*, National Institute for Multimedia Education, 104, pp.13-106 1997
- 18) Fujisawa, K. : *Techniques for comprehensible explanation*, Kodan-Sha, 2002.
- 19) Yoshida, T. : *Techniques for comprehensible speeches*, Kodan-Sha, 2005
- 20) Wilson, A., ed : *Handbook of Science Communication*, IOP Publishing, pp.141-184, 1998
- 21) Kletz, T. : *Learning from Accidents Third Edition*, Gulf Professional Publishing, 2001

付録1 研究発表の評価項目

P1	声の大きさは聴衆に届くよう配慮されている。
P2	言葉を明瞭に発音できている。
P3	聴衆が分かりやすい言葉で話せている。
P4	話す速度は適当である。
P5	話し方にメリハリ(緩急・強弱)がある。
P6	話す際の間の取り方は適当である。
P7	聴衆の反応を見ながら説明できている。
P8	聴衆に対する視線の配り方は適当である。
P9	ジェスチャーを効果的に使用できている。
P10	専門用語の意味を適切に解説している。
P11	研究課題についての過去の取組を明示している。
P12	過去の取組に対しての、自身の取組の新しい点を明確に説明している。
P13	発表内容の全体構造(目的・手段)を明示している。
P14	発表内容のトピック同士を適切に関連付けしている。
P15	スライドの表題は説明内容を適切に要約している。
P16	スライド内の指示内容と言葉の説明が一致している。
P17	図表の軸や記号の説明は適切である。
P18	図表とその解釈を適切に提示している。
P19	主張の論拠を合理的に提示している。
P20	全体の結論(成果と意義)を適切に表現できている。

- P21 持ち時間を守れている。
 P22 総合的に発表内容を理解できる。
 P23 質疑に対して適切に応答できている。

付録2 事故解析発表の評価項目

- A1 事故で発生した事象をわかり易く表現できている。
 A2 時系列表示やFault Tree Analysisなど、分析用のツールを効果的に使用している。
 A3 事故に関連した技術的要因を適切に説明できている。
 A4 事故に関連した人的要因(設計、製造、運用、保守に絡む)を適切に説明できている。
 A5 事故に関連した管理的原因(設計、製造、運用、保守、労働環境および教育に関わる管理システムの問題)を適切に説明できている。
 A6 技術的要因、人的要因および管理的原因の関連性を適切に把握している。
 A7 分析に必要な専門性を適切に特定し、その専門性を備えた教員の知見を活用できている。
 A8 抽出した全ての問題点に対する対策を適切に導出できている。
 A9 分析を通じて、発表者がどのような知見を習得できたのかを明確にアピールできている。
 A10 全体的に統合技術の視点に立った発表内容である。
 A11 質疑応答に対して適切に回答できている。

付録3 統合技術の習得枠組みに関する学生の意識調査項目

- Q1 研究発表の内容が分かり易かった人は、異なる専門分野の人でもわかるように専門的事項を説明していたと思う。
 Q2 研究発表の内容が分かり易かった人は、自身の研究の意義をアピールできていたと思う。
 Q3 研究発表の内容が分かり易かった人は、発表の全体構造を意識的に提示していたと思う。
 Q4 研究発表の内容が分かり易かった人は、図表等を用いた視覚的な表示を工夫していたと思う。
 Q5 研究発表を相互に評価することで、異なる専門分野の人にも伝わりやすい発表の仕方が分かるようになってきたと思う。
 Q6 異なる専門分野の人にもわかるよう、意識して発表を作ることを通じて、自身の研究内容への理解がより深まったと思う。
 Q7 研究発表や聴講を通じて、聞く相手に合わせて、発表の仕方を検討する必要性を実感できたと思う。
 Q8 事故解析において、対応する専門分野の教員を自ら選定して知見を活用することで、解析の質

を向上できたと思う。

- Q9 事故解析を通じて、事故原因の全体構造を把握して安全対策を講じる必要性を学習したと思う。
 Q10 事故解析を通じて、現実の問題に対処するために、学習した専門知識をどう活用すれば良いのかを考えるようになったと思う。
 Q11 事故解析を通じて、グループの中で、メンバーの役割分担を考える方法を学習したと思う。
 Q12 事故解析を通じて、グループ活動を円滑に推進するための運営手法を学習したと思う。
 Q13 統合技術博士コースで積極的に活動している学生は、研究も積極的に行っていると思う。
 Q14 統合技術博士コースでの集団活動は、自身の研究に対する意欲の向上に有益だと思う。
 Q15 統合技術博士コースでの集団活動は、研究におけるグループ運営のための練習になると思う。
 Q16 統合技術教育を通じて、異なる専門分野の考え方に触れることは、専門の研究を推進する際の参考になると思う。
 Q17 統合技術教育を通じて、ある事象を考察する際、その事象の全体構造について考えるようになってきたと思う。
 Q18 統合技術教育を通じて、自分の研究の枠組みがどうあるべきかを考えるようになってきたと思う。
 Q19 統合技術特別講義に積極的に参加したと思う。
 Q20 統合技術会議での質疑に積極的に参加したと思う。
 Q21 統合技術セミナーの講義に積極的に参加したと思う。
 Q22 学生同士の検討会の運営で積極的な役割を果たしたと思う。
 Q23 学生同士の検討会での質疑に積極的に参加したと思う。
 Q24 事故解析グループの運営で積極的な役割を果たしたと思う。
 Q25 事故解析グループ内での議論に積極的に参加したと思う。

著者紹介

大塚 雄市

2002年九州大学工学部機械工学科卒業。
 04年同大学院機械科学専攻修士課程修了。
 07年同大学院工学府機械科学専攻博士課程修了。博士(工学)。同年九州大学大学院工学研究院学術研究員を経て、同年長岡技術科学大学産学融合トップランナー養成センター特任講師。現在に至る。信頼性・安全性設計システム、安全管理システムの研究に従事