

<報告>

平成19年度 学内GP採択  
東京農工大学SAILプロジェクトにおける  
Innovative design 能力養成科目の開発

本橋 健次, 佐野 理, 仁藤 修, 橋詰 研一, 松崎 清司, 三沢 和彦, 室尾 和之  
(工学府・物理システム工学専攻)

**Development of a Subject for Education of Innovative Design Faculty in  
SAIL Project – Report of a Good Practice project in 2007 –**

Kenji MOTOHASHI, Osamu SANNO, Osamu NITOH, Ken-ichi HASIDSUME, Seiji MATSUZAKI,  
Kazuhiko MISAWA, and Kazuyuki MUROO  
(Department of Applied Physics, Faculty of Engineering)

**要約:** 物理システム工学科では学生の主体性と実行力を育成することを目的とする、2-3年生向けの自由課題実験科目を開発している。平成19年度の実施課題(「熱対流」、「レーザー計測」)では、2年生2名と3年生5名が参加し、オリジナルな5つのテーマに取り組んだ。企画提案書の作成を経て実験実習を行い、自主企画の発表会で全員が成果を口頭発表した。反省会では、失敗や困難を乗り越えて自信をつけたことを裏付ける積極的な発言が多く聞かれた。

[キーワード: 自由課題実験, 企画設計, Innovative design]

## 1 はじめに

理工系離れや、学力低下が叫ばれて久しいが、本学においても基礎学力のみならず、論理的思考能力の低下が現実の問題として露呈し始めている。自然科学や工学に不可欠な数学をはじめとする基礎教育、論理的思考力及びコミュニケーション力の教育を充実させることは言うまでもなく、興味を持ち主体的に学ぶための訓練の場を提供することが重要であると考えられる。高校までの受動的な学習態度から、より能動的な学習態度への自然な移行を助ける教育システムを構築する必要がある。

物理システム工学科では、このような問題意識の下で議論を重ね、将来の科学技術をリードし得る人材の育成のためには、四つの能力、すなわち(1)学習力、(2)分析力、(3)企画設計力、(4)論理的発信力、を鍛えることが重要であると考えた。そして、第一と第二の能力

(学習力と分析力)を育成するための科目として、1年次に二つの導入科目(力学入門と電磁気学入門)を新たに開講するとともに、これに連動した学生実験種目を物理システム工学基礎実験の中に新設した。これらの科目は、学生の興味や好奇心を刺激し、主体的な学習態度を身につける上での「種」の役割を果たしている。

そして今回、その「種」を「芽生え」につなげるための第三の能力(企画設計力: Innovative design 能力)を育成することを目的として、平成19年度の学内GPにおいて「自由課題実験」を開発した。自由課題実験は、ある課題に対して学生が自由に問題を設定し、その解決に向けてどのようにアプローチすべきかを企画設計する研究型の実習プログラムである。本プログラムでは、問題発見・解決能力を持ち、様々な場面においてリーダーシップを発揮できる人材を育成することを目標にしている。

本稿では、科目開発の経緯と、その実施状況について述べる。なお、本科目開発は文部科学省大学教育改革支

援プログラムの「理数応援プロジェクト」平成 20 年度採択課題「東京農工大学 SAIL プロジェクト」(代表者：三沢和彦)と密接に関わっている。SAIL プロジェクトについての詳しい説明はホームページをご参照頂きたい。

## 2 Innovative Design 能力養成科目の概要

### 2.1 全体概要

#### 【趣旨・目的】

設定課題に対し、その解決のためにどのようにアプローチすべきかを考えさせる研究型の実習プログラム

#### 【対象】

物理システム工学科の 2 年生を主たる対象とし、半期で 10 名以下程度、年間で 20 名以下程度の学生を対象とする。

#### 【単位】

平成 22 年度から 2 年生に単位認定を開始することを指す。(平成 19-21 年度は単位認定なし。)

#### 【実施期間】

平成 19 年度は 12 月から 1 月にかけての集中講義形式をとった。(今後については検討中。)

### 2.2 平成 19 年度の実施計画

#### 【課題とキーワード】

19 年度は下記の二つの課題を設定し、それぞれ一名の教員が個別のアドバイザーとして指導にあたった。

- ① 熱対流                      佐野 理 教授
- ② レーザー計測            室尾和之 准教授

上記の二つの課題は、幅広い分野で共通に見られる 1 つの「現象」を提示し、または、広く工学に 응용されている基幹技術という 1 つの「観測手段」を提示して、分野に限定されず多様なアプローチを企画設計させるという観点から選定された。これは、学生が各自の興味に応じて多様な実習形態を選択できる余地を残すという意味で重要である。ただし、学生がある程度内容をイメージでき、かつ、知的好奇心を刺激されるよう、先端的内容を含む以下のようなキーワードも付け加えた。

#### ①「熱対流」のキーワード

流れ追跡, 温度変化, 光散乱, 地球環境, 気象, カオス, シミュレーション

#### ②「レーザー計測」のキーワード

距離測定, 屈折率測定, 光デバイス, 面振動測定, 密度測定, 変位測定

### 【募集内容】

19 年度は初めての試行で準備に時間を要したこともあり、公式の日程は平成 19 年 12 月 12 日から平成 20 年 1 月 23 日までの水曜日 5 日間のみとした。3 限と 4 限の連続 2 コマ授業で、合計 8 コマを確保した。(実習が主体となるため 2 コマの連続授業という形態をとったが、その場合、1 コマ目で明らかになった問題点に対して解決策を検討する時間的余裕がなく、かえって能率が悪いことが反省点として浮かび上がった。このため、平成 20 年度は 2 コマ連続の日程を大幅に削減した。)

対象は 2 年生と 3 年生で、当初 6 名程度として募集を開始したが、途中で 10 名に変更した。これは、「参加したい」と思っている学生が潜在的には多いにもかかわらず、募集人数が少ないために不安を感じ、応募を躊躇しているケースが少ないことが分かったためである。やる気のある学生に不必要な不安を与えないことも、この種のカリキュラム開発に重要であると言える。好奇心を刺激する適度にアカデミックな雰囲気は必要だが、ハードルの高さを負担に感じさせないように配慮することも重要であり、そのバランスが成否を握っていると考えられる。

#### 【ゼミと企画提案書】

本科目では、学生が主体的に問題を設定し、その解決のための具体的方法を検討することを主たる内容としている。すなわち、製作や実験よりも、企画設計に主眼が置かれており、どのような経緯で問題点を見出したのか、

提出日: 平成 年 月 日			
平成 19 年度後期 学内 IP 「Innovative design 能力養成」課題実習型プロジェクト			
企画提案書			
* レーザー計測 / 熱対流 (どちらかに○)			
提案の名称			
* 学生	* 学籍番号	* 氏名	* E-mail (連絡用)
対象	* 実習開始前の考え	実習開始後の考え	
動機	何に興味を持ったか?		
方法	どうして興味を持ったか?		
設計			
自由記入			

\* 印の欄 (本枠内) は、初回 (12/12) までに記入しておくこと。  
この提案書は無回答を許さず、速次記入していくこと。

図 1 企画提案書のフォーマット

そして、どうやってその解決策を考えたか、最終的にどのような方法をとったのかを、筋道を立てて明確化することが重要であると考えている。

これらを学生に考えさせ、簡潔に文書化することを授業の大きな柱にした。1コマ目をゼミ形式にすることにより、発表と議論を重ねて企画を練っていく方法である。そして、開始当初の漠然としたイメージを、定量性のある「設計」にまで具体化していく過程を企画提案書に記入していく方式を採用した。A4判のたった1枚の紙(図1)であるが、これを埋めるのは、マニュアルのない文字通り白紙からの作業であり、多くの学生にとって貴重な経験である。

### 3 実施結果

平成19年度の実施状況を表1にまとめる。開始約一月前の2・3年生学生実験で、冒頭15分を頂いて募集説明会を開催した。その二週間後に募集を締め切り、2年生2名と3年生5名の応募があった。応募の段階で「熱対流」か「レーザー計測」のどちらかの希望を記入してもらったところ、「熱対流」が3名、「レーザー計測」が4名とバランスよく分かれたので、その希望通り実施することにした。

表1 平成19年度実施状況

項目	実施日	内容
募集説明会	2007/10/30	2年生対象
	2007/11/1	3年生対象
募集締め切り	2007/11/16	
第1回	2007/12/12	ガイダンス
第2回	2007/12/19	企画提案書配布
第3回	2008/1/9	ゼミ
第4回	2008/1/16	実習
第5回	2008/1/23	全体会最終回
第6回	2008/2/20	企画提案書提出
第7回	2008/3/4	発表会準備
第8回	2008/3/5	発表会リハーサル
第9回	2008/3/6	発表会・反省会

第1回目はガイダンスを行い、本科目の趣旨や全体的なスケジュールについて筆者が説明をした後、アドバイザー教員2名が30分ずつ課題について概要を説明した(図2)。ここでは、2.2で述べたようなキーワードや、関連項目など、対象とする領域を鳥瞰する説明がなされた。その他、簡単な演示実験も行われた。



図2 ガイダンスの様子



図3 ゼミ(発表と討論)の様子



図4 実習(企画設計作業)の様子

第2回目以降は、1コマ目のゼミ(発表と討論)に引き続き、2コマ目の実習という形で毎回進んだ(図3, 4)。第5回目(全体会最終回)が終了した時点で、全員が企画提案書を完成させる段階まで設計が進んだ。この時点では、具体的な実習方法が決まり、それを実現するのに必要な基本項目については、具体的かつ定量的にリストアップできる状態になっていた。すなわち、本科目の到達目標は第5回目までの公式日程期間中にほぼ達成されたと考えられる。ここに至るには、紆余曲折どころか、テーマ自体を一から考え直すなどの大きな変更を余儀なくされた学生が大半である。進むべき道を自分で切り開いていくことの難しさを改めて実感したようである。

実は筆者も、「この学生は次回から来なくなってしまうのではないか」と感じた瞬間が何度もあった。しかし最

後まで全員がくじけなかったのは、最初に学生一人一人が「こうしたい」という強い願望を持つことができたことにありと感じている。その意味でも最初の動機づけが肝心である。

公式の日程は第5回で終了したが、何らかの結果を残してはじめをつけたいという希望が当初から学生の間にあったので、全員で議論をした結果、発表会を行うことにした。最初の計画にはなかったため、少し時間をおいた3月初旬に行くことになった。試験期間を外す意味もあったが、実際に「もの」を作ったり、実験したりする本当の意味の実習を経験してから発表したいという希望が強かったせいである。繰り返しになるが、本科目の目的は「ものづくり」や「実験」にあるわけではない。しかし、実際に動かすことを前提に、苦勞して築き上げた企画・設計を、是が非でも実現させたいという欲望が全員に湧き上がっていたことは確かである。実習に必要な物もこの頃には続々と納品され、アイデアを形にできる段階に入っていたことも大きい。

その後の学生の行動力には驚くべきものがあつた。通常の授業が終わってから三々五々集まり、実験や工作等の作業(図5)が夜遅くまで続けられることがしばしばであった。テーマによっては学校だけでなく自宅で作業を進めている学生も複数いた。



図5 機械工場での旋盤工作(左の写真)と学生実験室での実験(右の写真)の様子

表2 発表会での発表題目

課題	学年・性別	発表題目
熱対流	2・男	熱対流パターンと熱源形状と粘性との関係
	2・男	おいしいうどんのゆで方
	3・女	回転座標系での熱対流パターン
レーザー計測	3・男 (3名)	圧電素子の振動を用いた可変回折格子の作成
	3・男	マイケルソン干渉計による空気の屈折率変化の測定



図6 発表会(左の写真)様子と懇親会兼反省会(右の写真)の様子

学生同士の相談の結果、発表はプロジェクターを用いて口頭で行うことになった。パワーポイントによるプレゼンテーションを今まで経験したことがなかった学生が半数以上だったが、特別な指導をするまでもなく、前日の予行演習までに原稿が出来上がっていたことにも驚かされた。発表会は13:30から4号館1階のL0411教室で行われ、1人当たり20分の持ち時間で7名全員が5つのテーマのプレゼンテーションを行った。発表題目を表2に示す。発表要旨を兼ねて、7名全員分の企画提案書のコピーを参加者に配布した。当日は物理システム工学科および大学教育センターの教職員と学生合わせて総勢23名が参加し、活発な質問や討論が行われた。

表3 反省会での主な意見

教員/学生	意見
学生	実習の時間が足りなかった。
学生	ゼミは2週に1回ぐらいでよいと思う。
教員	単位がつけばもっと集まるのではないか。
学生	単位がつくと安易な事しかしなくなるので、つけない方がよい。
学生	壁にぶつかった時に勉強する機会が欲しい。
学生	修論や卒論の時期は先生が忙しく、相談しづらい。
教員	水曜の午後は学生にとっては都合がよいが、教員は会議などで忙しい。
学生	ホームページなどを活用してもっと情報を流して欲しい。
学生	頭で考えるのと、実際にやるのとでは大きく違う事が分かった。
教員	途中で投げ出したくなったが、最後までやってよかった。
教員	自分で理解したことだけを話すので、プレゼンテーションが分かりやすかった。
教員	「環境」や「エネルギー」に関心が高い
学生	インターネットで調べたことがあまり役に立たなかった。

発表会后、場所を5階の物理システム工学科リフレッシュルームに移し、懇親会兼反省会を開催した。茶菓子を用意した和やかな雰囲気の中、教員を含む14名の参加者の間で意見交換を行った。反省会での主な意見を表3に示す。「実習の時間がもっと欲しい」とか「勉強できる機会が欲しい」といった積極的な意見が多数あったため、翌年度には実習コマ数を増やし、「勉強会」の時間を設けるなど、実施体制に改良を加えた。

なお、19年度の実習で必要となった消耗品については、ほぼ全てを学内GP支援経費で購入することができただけでなく、使用頻度の高い計測機器の整備も進めることができた。これにより、学生実験等の正規授業の運営を妨げることなく、学生の希望に迅速に応えることができた。学生の自由な発想を限られた期間内に具体化するためにはスピードも重要であり、学内GPの支援が本プログラムの実施に大変有効であったことを申し添える。

#### 4 まとめ

学内GPにおいて、学生の主体性と実行力を育成するための科目「Innovative design 能力養成科目」を開発し、平成19年度後期に試行した。物理システム工学科の2年生2名と3年生5名が参加し、「熱対流」と「レーザー計測」という2つの課題の下で、自由設定テーマに対する企画・設計実習を行った。5週間に渡る8コマの授業で、参加者全員がオリジナルな物理実験のアイデアを、実現し得る段階にまで練り上げ、企画提案書を完成させた。

公式日程の終了後、参加者は自らの企画提案に基づく実験実習を行い、その結果を含めた口頭発表を行った。全員が、多くの失敗や困難に直面しつつも、それを乗り越えて自分なりに納得できる成果を残した。発表会後の反省会では、それを裏付ける積極的な意見が数多く発言された。主体的な活動によって必然的にもたらされる困難や失敗を克服し、一種の成功体験を経験することにより、学生が一回り成長したと考えられる。

今後、試行を重ねながら問題点を地道に改善していくことにより、より質の高い学習プログラムを提供できるものと期待している。

#### 5 謝辞

本学機械工場の職員の方々には、参加学生の旋盤工作を親身にご指導頂いた。この場をお借りしてお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 三沢和彦ら『東京農工大学 SAIL プロジェクト』  
<http://www.tuat.ac.jp/~sail/>  
本橋健次, 佐野 理, 仁藤 修, 橋詰研一, 畠山 温, 松崎清司, 三沢和彦, 室尾和之 (2008) 「東京農工大学 SAIL プログラムにおける Innovative Design 能力養成科目の開発」『東京農工大学科学技術展 2008 要旨集』 pp.89.