夢を形にする技術者育成プログラム

Fostering of Creative Engineers Who Can Devise and Implement Imaginative Concepts

飛田 英孝^{※1}

Hidetaka TOBITA

A new educational program was introduced in Faculty of Engineering, University of Fukui, aiming at producing students with full of creativity and positive attitude. In this program, the students across the engineering departments and academic years form small groups, and each team works on an interdisciplinary and integrated project. The professors and academic staff participate in each project as an advisor/facilitator. A student can join the program at any academic year when he or she thinks it necessary. The effectiveness of the program was assessed through the inquiry and hearing from the students, alumni, teachers, business organizations for which the alumni are employed. According to the survey, the program is effective to develop various important human skills, such as independent mind-set, accountability and creativity.

Keywords : Engineering Education, Creativity, Problem Solving, Project Based Learning, Educational Effectiveness

キーワード：工学教育，創造性，問題解決，プロジェクト教育，教育効果

1. はじめに

社会システムや価値観が急速に変化していく中で、与えられた問題を解決する能力だけでなく、主体的に問題を提示し解決に向けて取り組んでいくことができるフロンランナー型の能力をもった人材育成が求められている。教育とは本来、ロジックで知識を授ける「教」と自ら体験しながら学んでゆく「育」の有機的結合から構成される。福井大学工学部では、学科・学年の枠を越えた少人数グループによる学生主体の統合型体験学習を核とした「育」を重視した教育プログラムの導入を平成16年度より行ってきた。「夢を形にする技術者育成プログラム～学生主体の統合型体験学習を通じた創造力と実現力の育成～」と題したこの取組は、平成20年度「質の高い大学教育推進プログラム」として採択された。

本稿では、本プログラムの中で実施している統合型体験学習の概要とその教育効果について報告する。

2. プログラムの趣旨

福井大学工学部では、平成17年に「夢を形にする技術者，IMAGINEERをめざして」と題する理念・目的をわかりやすく表現した文章を公表した。IMAGINEERとは，Imagine（ここに描く）とEngineerからなる造語であり，最新の英語辞書には掲載されてい

る英単語である。我々は，Imagineerという言葉に「創造力と実現力を有した技術者」という意味で用いているが，そういった直接的な意味に加え，以下の2つのことを「ここに描く（Imagine）」技術者の育成を目指している。

第1に，技術者の仕事はモノやシステムを生み出すことであるが，本学を卒業した技術者にはモノやシステムの向こうにある人々の暮らしをここに描くことのできる技術者になって欲しいということである。つまり，技術者の本来の仕事はモノやシステムを通じて人々の暮らしをデザインすることであるという技術者の社会的位置付けを意識して働いて欲しいというメッセージである。第2に，将来の自分の姿をここに描き，生き生きと働く技術者を目指すということである。技術者として，どんな姿に憧れるのか。今，そのために何をすべきなのかを考える。つまり自分という物語の主人公になって主体的に生きる力を持った技術者を目指そうというメッセージである。すなわち，本プログラムは，創造力のみならず，自分の人生を自らの手で切りひらく意欲的な技術者を育成することを目指している。

図1に本取組の全体像を示す。本取組は，学科・学年の枠を越えた少人数グループで行う統合型体験学習を核としたプログラムである。卒業研究に到るまでの間，学生一人ひとりの学びのステージに応じて随時，繰り返し体験できる個性に応じたプログラムであることを特徴としている。学生が自学科の壁の中だけに留まっていると，その内部では「個性」を発揮しづら

図1 プログラムの全体像

く、むしろ「どんぐりの背比べ」的状况下で、成績の序列など些細なことから劣等感を抱く学生も多々見られる。一方、他学科の学生と協働して学際的・具体的な課題に取り組んでみると、自分にとって当然のことが、他学科の学生には当然ではない、また、その逆のことを体験することができる。そのような経験の中で、自らの専門分野の位置付け、重要性、社会的役割を実感する機会を得ることができる。自学科での専門教育と統合型体験学習プログラムとの往復運動を通じて、自らの専門分野が担うミッションを体験的に自覚することにより専門分野に対する情熱を高めることができる。さらに、その意欲をプログラムに参加しなかった学生にも波及させることを目指している。

一般に、何らかのプロジェクトを成功に導くには、熱意と内容と方法の3要素が必要になる。担当教員は、このうち「方法」についての助言を中心に支援し、活動が幼稚なレベルに留まることなく、また、逆に教え過ぎないように注意しながら指導している。

本プログラムでは、統合型体験学習を知識面で支援する工学部共通科目を設けている。これらの科目は統合型体験学習に参加しない学生も履修できる。さらに、成果を発表し評価を受ける市民公開型の「福井大学元氣プロジェクトまつり」（平成16年度より、毎年秋に実施。参加者数、約500名）と名付けた発表会も開催している。全体を通じ、意欲・知識・体験によるホップ・ステップ・ジャンプで先進国の技術者にふさわしいイノベーション能力の開発を支援するプログラムとなっている。

なお、本教育プログラムに関するPDCAサイクルは、工学部内に設置された先端科学技術育成センター（Center for Innovative Research and Creative Leading Education, CIRCLE）が担当している。このセンターは、センター長を始め31名の兼任教員、1名の専任教員、4名の技術職員より構成される学科横断型の組織である。センターがコーディネーターとなり、工学部の教職員が協力してプログラムを運営している。

3. 統合型体験学習の内容

統合型体験学習としては、(1)工学部共通科目とし

て開講している「学際実験・実習Ⅰ及びⅡ」と(2)教育課程外ではあるが、全工学部生に共通の時間枠を設け、学科・学年の枠を越えた自主的な活動を行う「創成活動」の2種がある。

3.1 学際実験・実習

学際実験・実習（2, 3年生前期、選択1単位）は、自主参加・自主企画・自主運営の自主3原則をモットーとして実施している工学部共通科目である。学生たちは学科・学年の枠を越えて数人程度のグループ単位で学生主体の協働研究活動を行い、学科横断型の教員組織が支援して実施している。Ⅰ、Ⅱとあるのは、卒業までに2回まで履修できるようにするためであり、2年生と3年生に分かれて実施するわけではない。また、平成21年度より1年生であっても特に意欲のある学生は助言教員の承認を得た上で履修できる形で実施する。時間割上は、水曜5-6限（16:30-19:30）のみであるが、ほとんどのグループがこの時間帯をコアタイムとして、休日を含む他の曜日にも計画的に活動を行っている。現在のところ、以下の3部門がある。

(1)知能ロボット・プロジェクト：市販のロボットパーツ（Lego Mindstorms）を用いて、課題として与えられたコースを歩行する自律型ロボットの構想・設計・製作等を一貫してグループ単位で行う（図2）。製作に先立ってプログラム方法の他、部品の科学と工学、歩行の機構と力学などの講義も行い、分野のまったく異なる学生もスムーズに活動できるよう支援している。製作期間中は学生自身が目的を明確にし、また教員が適切なアドバイスができるように、作業日誌を活用している。作業日誌には、毎回活動開始前に実施計画を記すとともに、終了時には実施内容・達成度及び次回の予定を記入する。また、授業時間終了時には、次回の活動目標を全員の前で発表させている。最終回にはロボットコンテストを実施し、活動意欲を高めている。担当教員からは、「普段の授業では見られないほど生き生きしている」というコメントもあった。後

図2 歩行ロボット製作の様子

図3 ポスター発表会終了後

ほど紹介するように、学生の満足度も大変高いプロジェクトとなっている。

(2)エコロジー&アメニティ・プロジェクト：地域や環境、快適性の問題について、調査・検討、解決策の提案・試行を行い、その結果を発表する。中間発表はプロジェクターを用いたプレゼンテーションの形で、最終発表は、ポスター発表にて実施し(図3)、プレゼンテーション能力も育成する。教員や学生個人が提案したアイデアをもとにして、各グループ内でテーマを設定して活動する。各グループには1人もしくは複数の教員がアドバイザーとして参画する。アドバイザーが手に負えない問題に遭遇した場合には、懇話会ネットワークにメールを通じて情報を流す。情報をもとに問題解決に適切な助言を与えられるキーパーソンとなり得る教員・専門家を紹介するなど、アドバイザーとして参画している教員が孤立しないよう組織的に支援している。

図4に30℃を越す猛暑の中で、学内のゴミ調査を行っていたグループの活動の様子を示す。学生たちに話しかけたところ「ゴミを通じて社会とのかかわりが実感でき、ゴミ問題の重大さを体感しています」というコメントがあった。やらされている作業ではない主体的な活動であれば、学生たちも労力はいとわなことが分かる。学外のNPO等と協力した活動も積極的に取り入れている。学生の感想の一例としては、「学外で環境問題に取り組む人たちは明確なビジョンを持っていて大変刺激になります」といったものもあり、社会の教育力を感じさせる。

(3)デジタルクリエイター・プロジェクト：マルチメディア技法を用いたオリジナル・ビデオの企画・制作を行い、多様な表現方法を開発することを目指したプロジェクトである。出来上がったビデオは、最終回に上映会を行うとともに、元気プロジェクトまつりやHPにて公開している。ビデオ制作など、まったく未経験だった学生が、半期の経験を通じて元気プロジェクトまつりの際には、市民にビデオ編集や特殊撮影方法

図4 猛暑の中で学内のゴミ調査を行う学生たち

などの指導を行えるまで成長している。

学際実験・実習は、毎年、約100名の学生が受講している状況にある(1学年の工学部学生定員は、525名)。学際実験・実習をきっかけとして、次項で示す創成活動に参加、あるいは新たな創成活動を立ち上げる学生もいる。

3.2 創成活動

創成活動は、教員あるいは学生が提案した活動を先端科学技術育成センターが認定し、工学部全体で支援して実施する課程外の活動である(表1)。単位認定

表1 創成活動の具体例(平成20年度)

教 員 提 案 型
実践サイエンス寺子屋 物理コース、化学コース、生物コース、電気コース (各分野の基礎的な実験を学科の枠を越えて行う) ものづくり工房(機械工作、電気工作、ガラス細工の基礎) 知能ロボット・アドバンストコース(格闘技ロボット競技会ZERO-ONEに出場するロボットを製作) 木製家具のデザインと制作 メカトロ工房(マイコンを使った動くモノを製作) 小河川の環境問題調査隊(地域住民とともに取り組む川づくり)
学 生 提 案 型
フォーミュラ・カー製作プロジェクト(全日本学生フォーミュラ大会に参加する自動車の製作) マイクロマウス・プロジェクト(マイクロマウス大会に出場する小型ロボットの製作) 雑木林を楽しむ会(大学に隣接する雑木林を活用したまちづくりの実践) Fukui Play-Studio遊房(子供の遊び空間のデザインを中心としたまちづくり活動) たわら屋(近隣商店街の空き店舗を利用したコミュニティスペースの運営) パソコン・リサイクル(学内で廃棄されるパソコンを修理してリサイクルする活動) ほやほや物理の会(学生グループが考案した科学や環境についての実験を市民や子供向けに実践。なお、「ほやほや」とは福井弁で「なるほどそうだ」という意味。 Happy(フェアトレードの普及に取り組む) 灯りプロジェクト(イルミネーションを使って街なかのにぎわいを演出)

を行わないため、より自由度の高い活動が行える。各々の活動には窓口教員がおり、それぞれに目標を明確にして活動しており、多くのグループが全国規模の大会に出場している。創成活動には、学際実験・実習のプロジェクトを将来的に拡充・更新していく試行・ノウハウの蓄積という役割もある。

「創造力が教育できるのか？」という質問をよく受けるが、我々は教育可能であると考えている。創造力やひらめきと呼ばれるものも多くの場合、それまでに獲得した知識や経験をそれまでにない形でつなぎ合わせた場合に創出される場合が多い。したがって、自分自身が使いこなせる知識と技能である「創造力の道具箱」を充実させるとともに、各種の「道具箱」をつなぎ合わせる体験を意識的に繰り返すことにより創造力を身につけることができると考えている。

教員提案型の「実践サイエンス寺子屋」と「ものづくり工房」は、「創造力の道具箱」を充実させることを目的として実施している。「実践サイエンス寺子屋」では、物理、化学、生物、電気に関する基礎的な実験を学科にかかわらず体験するものであり、異分野の学生も各分野の考え方が理解できるようにしている。また、「ものづくり工房」ではものづくりの基礎を体験することができる。

創成活動は学際実験・実習とも密接な連携を取っており、例えば格闘技ロボット競技会ROBO-ONEに出場するロボットを製作しているグループは、学際実験・実習で知能ロボット・プロジェクトを履修した学生を中心に形成されている。また、エコロジー&アメニティ・プロジェクトでの活動を継続したり、関連した創成活動を立ち上げるグループもある。

創成活動には、毎年100名以上の学生が参加している。活動のニーズに合わせた講習会や講演会も随時実

施し、実務の世界で一般化された作業手順を身につける機会も提供し、より高いレベルの創造力育成を支援している。

創成活動は、学際実験・実習よりも自由度が高く長期的な活動が可能であるという特徴がある。卒業生に対するアンケートでも「今の仕事に就いたのも創成活動に関わったことが大きいと思う」といった回答も見られる。卒業後の仕事への意欲・姿勢、組織の運営、社会との関わり方など職業観の自律的形成にも効果があることを実感している。

4. 活動の評価

創成教育では、問題発見能力、問題解決能力、知識の運用能力、さらには創造的なチームをつくるチームビルディング力といった社会的には重要な能力であるにもかかわらず、通常の授業では習得しづらい能力を育成する教育である。しかしながら、こういった能力向上を客観的に測定する方法は確立されていない。

我々は、学生の能力向上を(1)学生自身の自己評価、(2)教員による活動評価、(3)就職先企業による評価、(4)体験後の学生の活動による評価という4つの視点から評価を行うことを試みている。

学際実験・実習は、工学部共通科目であるので、教員による成績評価が求められる。学生の内面的能力を評価するのは客観性・公平性という観点からは困難であるので、我々は基本的に外部からの観測が可能な「行動」と「成果」から成績評価を行っている。学生と教員が共通の視点に立って定量的評価が行えるように、各種の能力がどのような行為により身につけられるかという具体例を示した能力向上のガイドを学生と教員の両方に配布し、実施中にもこのガイドを参考にして活動を行っている。学際実験・実習のうちエコロジー&アメニティ・プロジェクトに対する「能力向上のためのガイド」を図5に示す。

「能力向上のためのガイド」は、あくまでガイドラインの提示であって必ずしも、一つのプロジェクトで全ての項目を満たさなければならないという訳ではな

期待できる能力	ガイド	手法、ツール例
自 主 性	<ul style="list-style-type: none"> □ 一人一人の目的を出し合い、グループ共有の目的を決める □ リーダーシップを発揮し役割分担を決める □ 自主参加、自主企画、自主運営をめざす □ 自分たちで考え、自ら行動する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ブレインストーミング ・ワークショップ ・KJ法 など
環境と社会に対する知識	<ul style="list-style-type: none"> □ 環境問題の動向を把握する □ テーマを取り巻く状況を把握する □ 学内やまちの問題・課題を把握する 	<ul style="list-style-type: none"> ・文庫・インターネットの活用 ・教員や協力者からのレクチャー
問 題 解 決 能 力	<ul style="list-style-type: none"> □ グループでテーマと問題を議論し、共有する □ 課題を抽出するための現状調査を行う □ 課題を抽出する □ 課題を踏まえた解決案を提案する 	<ul style="list-style-type: none"> ・グループワーク ・文庫・インターネットの活用 ・統計データ ・ヒアリング調査
実 践 力	<ul style="list-style-type: none"> □ 問題解決に向け、あらゆる視点に立った調査を実施する □ 五感・計測器を駆使したフィールドワーク・実験を行う □ 現場での経験を記録する □ 現場で得られた結果をグループで共有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・現地調査 ・ヒアリング調査 ・現場の写真撮影(携帯電話の7画素撮影) ・計測器の活用
コミュニケーション能力	<ul style="list-style-type: none"> □ グループで互いの意見を尊重してしっかり議論する □ 他のグループと積極的に連携し、共有・協力し合う □ 学生、住民、商家、行政、専門家等、様々な立場の人の意見を聞く □ 教員、協力者に積極的に相談する 	<ul style="list-style-type: none"> ・インタビュー ・ヒアリング調査 ・住民組織の会議やNPO団体の会議への出席
多面的・学際的な評価能力	<ul style="list-style-type: none"> □ 計画、実行を実施する □ 専門分野を活かした分析・解析を行う □ 各種調査を踏まえた分析・解析を行う □ 多分野の連携による解決案を提案する 	<ul style="list-style-type: none"> ・計測器の活用 ・自分と専門の異なる他者との意見交換、結果の考察
創 造 力	<ul style="list-style-type: none"> □ 調査の手法、過程において創意工夫を行う □ 現状の認識や法制度を改善する提案を行う □ 多分野を横断する創造的な提案を行う □ 多様な主体(利用者、住民、商家、行政等)が連携した提案を行う 	<ul style="list-style-type: none"> ・ブレインストーミング ・ワークショップ ・KJ法 など
情 報 ス キ ル	<ul style="list-style-type: none"> □ 現状調査やプレゼンテーション等にあたっての情報媒体の活用 □ 科学的根拠を見極める □ 情報の記録、管理(文庫、HP) □ 個人情報保護(個人と特定できる情報を流出させない) 	<ul style="list-style-type: none"> ・統計データ ・文庫データ ・インターネットの活用 ・各種ソフト(ワード、エクセル、パワーポイントなど)の活用
倫 理 的 判 断 能 力	<ul style="list-style-type: none"> □ 調査や実験が、誰か(何か)に、迷惑をかけていないか考える。 □ 判断した事が、社会や環境の中で、どう役立つのかを意識する。 □ 知覚、感情、他人情報等に適切に対応できているかを考える。 □ 自分と異なる立場の人が、どのように考えるか想像する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・第三者に相談 ・技術者倫理 ・グループ内討論
プレゼンテーション能力	<ul style="list-style-type: none"> □ 発表形式を設定する(口頭発表、ポスター発表、スライド発表等) □ 複眼的でわかりやすい発表資料を作成する □ 第三者にも理解できるように説明する □ ポイントを明確にした発表を行う 	<ul style="list-style-type: none"> ・公開プレゼンテーション ・第3者評価

図5 能力向上のためのガイド

図6 受講前後での「身につけたい能力」と「身につけた能力」の比較(エコ&アメPJ, 平成19年度)

表2 学生の自己評価による達成度
(エコ&アメPJ, 平成19年度)

	割合	能力	行動項目
1	75.5%	自主性	グループで話し合い, 目的や方向性を共有
2	73.6%	自主性 プレゼンテーション能力	自分たちが主体になった企画と運営 視覚的でわかりやすい発表資料の作成
3	71.1%	自主性 問題解決能力 コミュニケーション能力	リーダーの決定やメンバー間での役割分担 グループでテーマや問題を議論し, 課題を共有 グループでしっかり議論する
4	69.8%	コミュニケーション能力 プレゼンテーション能力 環境と社会に対する知識	学生, 住民, 商業者, 教員など様々な立場の意見聞き取りや相談 第三者に理解できる説明 学内やまち, テーマにおける問題や課題の把握

図7 知能ロボットPJ実施直後の満足度

い。しかしながら、このチェックリストをもとに活動実施中に、不足していた活動に気づかされることもある。

このようなガイドを配布した上で、受講学生に対し、授業実施前に「身につけたい能力」を、実施後に「身についた能力」及び「能力向上のためのガイド」の達成度についてアンケート調査を行っている。エコロジー&アメニティ・プロジェクトについてのアンケート結果の例を図6及び表2に示す。

図6は、各能力別に受講前アンケートの「是非身につけたい」「身につけたい」の合計と受講後の「非常に身についた」「身についた」「少しは身についた」の合計を比較したグラフである。すべての観点について、ほぼ期待通り達成されていることが示される。また、

実際実験・実習は 自分自身の能力向上に…

図8 卒業時のアンケート結果（平成18年度）

図9 就職先企業に対するアンケート調査結果（78社）

表2には、学生の自己評価による達成度が高かった項目を示す。こういった調査をもとに、毎年、プログラムの改善を試みている。

図7は、知能ロボット・プロジェクトの実施直後の満足度を示す。毎年、学生・担当教員へのアンケートをもとに、グループ人数の少人数化（6人から4人へ）、時間外における活動場所の確保といった実施方法の改善を加えた結果、満足度は年を追うごとに向上した。（平成20年度は、課題内容を変更したため直接比較ができない。）

図8は、卒業時に振り返ってみた場合の調査結果であるが、72.4%の学生が、自身の能力向上に役立ったと答えている。

福井大学工学部では、平成15年度と平成19年度に就職先企業に対して、ほぼ同一内容の調査を実施した。平成16年度に本取組を開始して以来、問題解決・説明能力、協調性・指導力、創造力・企画力などの、本プログラムが獲得を目指す各種能力の向上が見られる（図9）。

本プログラムでは、外部の専門家をプログラム・ファシリテータ（PF）として採用して、学生・卒業生に対する聞き取り調査を実施している。教員ではないPFが聞き取り調査をすることにより学生の本音を聞き出すことをねらっている。聞き取り調査の結果や活動の様子については、随時、センター広報誌（CIRCLE News, 図10）やHPにおいて公開し、本プログラムの

図10 センター広報誌（CIRCLE News）でのプログラム・ファシリテータの調査報告例

意義や価値を教職員・学生・地域住民が共有できるよう努力している。

学際実験・実習等の活動を経験した学生たちの、その後の活動等についてもモニターし、能力向上を評価する資料としている。学生の活躍の事例には以下のようなものが挙げられる。

- (1) 学際実験・実習の活動グループが、自主的に財団の助成に応募し採択された。
- (2) 第3回全国大学生環境活動コンテスト入賞
- (3) 「街なか」にぎわいプラン優秀賞
- (4) 福井県環境・エネルギー懸賞作文「優秀賞」

平成19年度、試行的に2年生前期に学際実験・実習を履修した学生（99名）と履修しなかった学生（468名）の成績（GPA、優3点、良2点、可1点にて平均）を比較した。履修した学生の1年終了時のGPAは履修しなかった学生の1.12倍であり、平均的には成績の良い学生が受講していることが分かる。一方、2年生終了時点で両者のGPAを比較すると1.16倍とさらにその差が広がっており、統合型体験学習の経験が勉学意欲向上につながっていることが示唆された。

本プログラムは、意欲的な学生の能力を伸ばすばかりではなく、意欲を失いがちな学生に対する動機付け教育としても有効である。例えば不登校になっていた学生が「大学がこんなにもおもしろいところだと思わなかった」という感想を述べて復学した事例、精神的に

問題を抱えていた学生が、学際実験・実習への参加をきっかけに学習意欲を高め、大学院まで進学した事例などがある。

プログラムの企画・実施・評価方法など、まだまだ改善の余地のある事業であるが、教員組織自体が創造的雰囲気をリードするよう努力しつつプログラムの運営を行っている。本プログラムを実施して以来、教育に関する学科の枠を越えた新たな教員組織ネットワークが構築できたこと自体が、一つの大きな成果であると考えている。

5. おわりに

基礎学力の充実、グローバル・スタンダード、実践的能力の育成など、大学教育に対する要求は多岐をきわめる。そういった状況の中で、どのように教育資源を配分していくかが各大学の独自性につながるであろう。

我々が認めるべき一つの観点は、「我々には20年後の職業事情は予測できない」ということである。したがって、我々が学生教育を通じて目指すべき重要な目的の一つは、どんな状況になってもしなやかに生き延びることのできる大人に育て上げることである。未経験の状況下でのサバイバル能力、それこそが本当の意味での創造力である。本プログラムは、そのような創造力育成に対する一つのアプローチである。

「教育は、人格の完成を目指し」、「心身ともに健康な国民の育成を期して行わなければならない」と教育基本法は定めている。どうすれば、一人ひとりの学生たちが大学教育を通じて人格形成、すなわち、大人になることを支援できるのか。我々は、もう一度、基本に立ち返って「育」を重視した工学教育の開発を考える必要があるのではなかろうか。

.....

著者紹介

飛田 英孝

京都大学工学部化学工学科卒、京都大学大学院工学研究科化学工学専攻修士課程修了、花王株式会社に在職中にMcMaster大学（カナダ）に留学してPh.D.取得。現在、福井大学工学研究科材料開発工学専攻教授。専門分野は高分子反応工学。2009.4まで初代の工学部先端科学技術育成センター長を務める

連絡先：tobita@matse.u-fukui.ac.jp