高専専攻科における専門分野の異なる学生を融合した「ものづくり」演習の試み

The Trial of Integrating Students with Different Specialized Fields in Problem-Based Learning Activities at Advanced Engineering Course of College of Technology

川下 智 幸^{*1} 福田 孝 之^{*1} 下野 次 男^{*1}
Tomoyuki KAWASHITA Takayuki FUKUDA Tsugio SHIMONO

南部 幸 久^{*1} 森下 浩 二^{*1} 松尾 修 二^{*1}
Yukihisa NANBU Koji MORISHITA Shuji MATSUO

At Sasebo National College of Technology, a seminar called “Practice of Total Creative Engineering” is newly designed for advanced engineering course. This is a problem-based learning activity and its goals are to let students develop their creative abilities and cooperative techniques, and to let them improve their presentation skills. In this activity, students make up groups of three or four with different specialized fields ; mechanical, electrical and electronic, chemical and biological. Student’s goal is to produce a microcomputer-controlled machine to meet the pre-assigned requirements. As the final stage, students are to make presentations on their ideas and to demonstrate how their machine can really work. Based on the comments from students and teachers, the possibility of this trial is discussed.

Keywords : Engineering Education, College of Technology, Practice, Team Working, Creativity

キーワード：工学教育，工業高等専門学校，演習，チームワーキング，創造性

1. はじめに

国際的競争が激化する科学技術において，将来も日本が技術立国としてあり続けるためには，独創性，創造性に富んだ技術者の育成が急務であり，高専・大学においても数多くの新しい教育の取り組みがなされている^{1)～5)}．しかしながら，これらの報告の多くは，同一学科や同一専門分野の学生を対象にした取り組みであり，近年の複合化した工学分野において求められている幅広い専門知識を有し創造性と協調性を備えた技術者の育成に対応する教育内容としては十分なものとは言えない．このようななか，高専専攻科は，平成16年4月現在，高専63校中（国立55校，公立5校，私立3校），すでに47校に設置されており大変重要な教育課程になっている．特に，専攻科1，2年および本科4，5年の教育課程はJABEE制度の定着化にともないJABEE教育プログラム認定課程として重要な位置付けになってきている⁶⁾．高専専攻科の特長として，学生数が，全専攻合わせても1学年20名程度と小人数のため，各専攻ではきめ細かい教育・研究指導が可能であること，専攻の異なる学生が共通必修科目

等で同一の授業を受ける機会が多く，他専攻の学生との交流および他の専門知識の情報を入手しやすい環境にあることなどが挙げられる．したがって，高専専攻科においては，この教育環境の特長を活かす教育が求められている．このようなことから，佐世保高専専攻科では，機械，電気・電子，物質と異なった専攻の学生を融合した「ものづくり」演習を通し，創造性，協調性の育成とプレゼンテーション能力の向上を目指した教育を試み，良好な成果が得られたので以下に報告する．

2. 佐世保高専の教育目標

佐世保高専は図1に示すように，本科が機械，電気，電子制御，物質の4学科，専攻科が機械専攻，電気・電子専攻，物質専攻の3専攻で構成されている．平成14年度にJABEE基準を考慮した本科および専攻科のカリキュラム改訂を行い，表1に示す新しい技術者教育プログラムを目標に掲げて，平成15年度より実施している．育成しようとする技術者像は『複合型もの創り技術者』であり，そのために特に専攻科の教育内容を，それまでの各専攻の専門性を深める内容から，高度化，複合化した工学分野の諸問題の解決能力を養うため，本科で学んだ専門分野からさらに深い専門性

平成17年1月17日受付

^{*1} 佐世保工業高等専門学校

表2 授業内容（シラバスの一部抜粋）

図1 佐世保高専の学科構成

表1 佐世保高専技術者教育プログラムの基幹

『複合型もの創り技術者』

- A. 工学の基礎と専門
- B. 地球的視野と技術者倫理
- C. コミュニケーション能力
- D. 複眼的かつ実践的能力
- E. 自主・自立と協調性

を養いつつ、他の専門分野の知識と技術を身につける複合型教育へ転換した。

これは、高専卒業生・専攻科修了生が「ものづくり」関連企業で働く割合が高く、また企業側が求めている複眼的な問題解決能力を備えた幅広い知識を有する技術者像を反映した内容となっている⁷⁾。

このような『複合型もの創り技術者』を育成するための主要科目の1つとして、専攻科1年に開講したのが『総合創造演習』である。

3. 総合創造演習の内容

表2に実施した『総合創造演習』の授業概要と到達目標、授業計画、演習内容および成績評価を示す。30週のなかで、前半は他の分野の専門知識を体験的に身に付けさせると同時に、後半の課題製作過程で必要となる知識を、演習等を通して全員に同じ内容で学修させる。なお、演習内容がその専門分野となる学生は、他の学生のTA（アシスタントティチャー）として参加してもらうことで、演習全体がスムーズに進められるように配慮している。

その具体的内容は、第2週は、回転出力軸（モータ軸出力）からの各種機構への線形変換、第3週ではモータの原理・種類についてそれぞれ座学を中心に行っている。

第4、5週では、蓄電池の学修を目的にマンガン電池や木炭電池を製作させ、図2に示すように車に搭載し走行実験までを行っている。

[科目名]

『総合創造演習』（2単位）

専攻科1年（大学3年生相当）

[授業概要]

他の専門分野について体験的に学修した後、専門分野の異なるメンバーで構成されたグループに分かれ課題に対応した自律型マシンを、マイコンをシステム内に用いて構想・設計・部品手配・コスト計算・製作・発表会まで協力して行う。

[到達目標]

他の分野の専門知識を体験的に身につけるとともに、グループで連携・協調して課題・問題に対して創造的に対応・解決できる能力を身につける。

[授業計画：30週]

前半は他の分野の専門知識を体験的に身につける。後半はグループに分かれ課題に取り組む。

（第1週）授業内容の説明および到達目標・評価等の説明

（第2週）機構……回転運動からの各種線形変換機構

（第3週）モータ……モータの種類と原理

（第4・5週）蓄電池……電池の原理と演習

（第6～12週）マイクロコンピュータ（マイコン）演習

（第13～29週）チームに分かれ課題製作

（第30週）製作発表会

[成績の評価]

前半の座学および演習（20％）

後半のグループ活動（40％）および発表会評価（40％）

図2 蓄電池の製作例

第6～12週では、マイクロコンピュータ（以下、マイコンと記す）に関する演習を行っている。マイコンを演習課題に選んだのは、現在の産業界では、専門分野を超えて幅広く利用されており、専攻科修了生に、マイコンの基本的な知識を身に付けさせておくことは将来的に有益性が高いと考えられるためである。

なお、マイコン演習を行う上で、次の2点を工夫した。一つは、市販のマイコン実験装置は非常に高価なので、図3に示すようにマイコン実験装置および演習テキストを自作して用意した。二つ目は、演習で使用するプログラム言語は、機械、物質専攻の学生にとって理解しやすいようにC言語で動作する環境にしている。

図4に演習で用いたC言語で構成されたサンプルプログラム例を示す。このように演習環境を、自作することにより、演習過程で、学生の理解し難い事項が予測できていたことから演習指導がスムーズに行えた。さらに、専攻科生には、在学中ノート型パソコンを学校側が供与する制度があり、USBケーブルを介してマイコン実験装置を連結させることにより、全学生が、単独で能力にあわせたペースでマイコン演習を行うことができるようにしている。具体的な演習内容としては、例えば、指定したポートを用いたLEDの点灯、アナログ信号・デジタル信号の入出力機能、モータ

図3 マイコン実験装置とテキスト

図4 マイコンのサンプルプログラム例

の速度制御など後半の課題製作に必要な事項を意識した演習内容になっている。特に、物質の学生には、電気・電子の学生を各1名配置して、演習過程で理解できない内容がある場合、納得できるまで支援が受けられるようにした。なお、担当教員は、授業・演習内容によって、それぞれの専門分野の者が受け持っている。この前半の演習までの成績は、最終的な評価点の20%として、担当した演習ごとに各教員が行う。特に、マイコン演習では、専攻分野により個人での到達点に違いが生じるのは必然的な要素もあることから、評価の基準を演習の到達度ではなく演習に取り組む姿勢（積極性など）に重点をおいて評価している。

後半では、各専門分野（機械、電気・電子、物質）の異なるメンバーを融合させたグループ（3～4名/班）に分け、与えられた課題に取り組ませた。グループ数は、平成15・16年度で、それぞれ6班と7班であった。表3に平成15・16年度の課題を示す。前半のマイコン演習で用いたマイコンをシステムを中心に

表3 製作課題

総合創造演習のグループ製作課題について

[平成15年度]

『予め配布されたフィールド図において、発表当日（発表会1時間前）に渡された、フィールド内ルートを、ドライバーによる温風か懐中電灯の光を用いて、指定されたルートを速くかつパフォーマンスに優れた動きをするマイコン搭載車を製作する』（したがって、チームの代表者1名が、ルートを導く司令塔になります。）

[平成16年度]

『黒いシートの上に貼った白いテープ（幅19mm）をトレースし、途中にある障害物をクリアしてゴールまで自律的に走行するマイコン搭載車を製作せよ』

表4 製作上の確認事項

- (1) 購入品限度額は1万円以内／チームであること。
(マイコン関係の回路一式は支給する.)
なお、抵抗やコンデンサなどの電子部品については、学科内に常備されているものは自由に使用してよい。
- (2) 製作日数は、夏休みの6日間、グループで集中して取り組むこと。
- (3) 立案、設計、部品手配、納期管理、コスト管理、製作、発表までグループ内で協力して行うこと。

おいた自律型マイコン搭載車を製作し、与えられた課題をクリアしながらゴールまで走らせる競技形式になっている。製作に関しては、表4に示すように、予算を1万円以内に制限し、部品手配、納期、コスト管理までを各グループで行わせることで、「ものづくり」における、それらの重要性を認識させた。なお、夏休みの6日間をグループ演習にあてたのは、連続的な時間をグループで共有することにより十分に議論の時間を確保でき、創造性に富み独創的な作品製作につながることを期待したからである。また、連帯感も生まれ協調性の育成にもつながると考えた。実際の製作過程では、十分に話し合う時間が確保でき、専門分野の異なるメンバーで構成されていることから、それぞれ役割分担を明確に決め、アイデアを出し合って取り組んでいた。特に、障害物をクリアすることは容易ではないことから、各グループで時間を費やし議論を重ね、試行を繰り返しながら、独創的な方策によって問題解決を計る様子が見られた。

さらに、夏休みに集中的に実施することで、他の授業に影響がでないようにすることができた。

課題製作過程での教員・技術職員の介入は、技術的な相談にのることや簡単なアドバイス程度にとどめた。なお、この製作過程での成績は、グループ単位ではなく学生個人の活動状況を製作期間中、常に学生と

図5 製作課題作品例（平成16年度）

表5 発表会の評価表

総合創造演習の評価

評価基準 A：良い B：平均的（普通） C：劣る

	1班	2班
走行前のプレゼンテーション	A B C	A B C
車の動き(デザイン・動きなど)	A B C	A B
独創性・創造性	A B C	A
質疑・応答に対して	A B C	A
総合的に	A B C	A

接している教員（2名）技術職員（1名）で評価し、最終評価の40%として反映させた。

4. 課題完成品の発表会と評価

第30週では製作発表会を実施した。図5に製作した作品例、図6に発表会の様子を示す。発表会では、車の特徴の他、製作コストやグループで一番工夫した点などをプレゼンテーション形式で報告させた後、実際に車を動かしてタイムを計測する競技形式で行った。その後、質疑応答の時間を設定した。なお、作品の評価をお願いするために学内に協力を呼びかけたところ、校長をはじめ15名（平成15年度・16年度とも同数の参加）の教員・技術職員の方が評価委員として参加され、その結果を最終的な評価（40%）に反映させた。表5に、発表会で用いた評価表を示す。表のように項目を5項目に分けて、それぞれをA、B、Cで評価し、委員全員の評価を点数に変換することで評価点（40点）を算出した。このように、複数の先生方に評価して頂くことで、特に難しいと思われる創造性・独創性の評価に関して多面的な評価が得られると

図6 発表会の様子（平成16年度）

ともに、担当教員だけの偏った見方の評価になることを避けることができた。発表会では、前述した制限を守りながらも協力して取り組んだ結果、図5に示すように同一デザインのマイコン搭載車はなく、特にアイデアを出し合い工夫した障害物を通過する際の奇抜な動きには、チームごとに独創性や創造性が感じられ、驚きの声と笑いが絶えない発表会であった。

5. 学生アンケート結果

発表会後に実施した学生へのアンケート結果（平成15・16年度、総計42名）の一部を図7～図9に示す。なお、平成15年度と16年度ではアンケート結果には違いはみられず同じような傾向であったことから、2年間分を合わせて示している。

図7に示すように演習を終えた感想を聞く質問に対しては、70%の学生が大変有意義であったと回答している。その他と回答した学生（14%）の自由記述には、「時間が足りなかった」、「自分が活躍できた時は、面白かった」などの意見があり、本演習に対して否定的な意見はなかった。

図8に示すように他の専門分野の演習に関する質問については、65%の学生が興味をもち少し理解でき

たと回答している。理解できなかった（19%）と答えた内訳としては、機械専攻2名／13人中、電気・電子専攻1名／16人中、物質専攻1名／13人中と特に偏った傾向を示す専攻はなかった。この2つのアンケート結果からも、今回の演習の意義と目的が理解され、良好な成果が得られているのではないかと判断できる。

図9に示す取り組む姿勢についての質問に対しては、専攻分野により大きな差が見られた。機械専攻および電気・電子専攻の学生は76%、69%と高い割合で協力できたと感じているのに対して、物質専攻の学生はその割合が50%と低くなっている。これについては物質専攻の学生の自由記述欄による意見をみると

〔質問〕 後半は、チームに分かれ課題に取り組みましたが協力してできましたか。

図7 アンケート結果（演習の感想）

図8 アンケート結果（他分野への興味）

図9 アンケート結果（取り組む姿勢）

表6 評価委員からの意見

- (1) 本科1年生に見せて入学直後の学生に対しての高専生活の動機付けに利用したらどうだろうか？
- (2) 創造性・独創性については分けて評価した方が良いのではないかと？創造性と独創性は違うので評価が難しい。
- (3) 評価は、A、B、Cの3段階ではなく、5段階にした方が良いのではないかと？
- (4) チームによっては、完成度に関わり差があるように思える。

「自分の専門分野を生かせる場面が少なく、手伝いしかできなかった」と記されているものが複数みられた。

今回実施した2年間の課題からも、その製作過程で物質専攻の学生が主体的に取り組める要素が少なかったと判断でき、アンケート結果には納得できる。これは、課題を設定する段階で、ある程度予測できており苦慮した点でもあった。演習の中で、蓄電池を取り上げている理由は、将来的には、電池の部分の演習の中で物質専攻の学生が中心になって製作できればと思っていたからである。現段階では、マイコンに対する供給電源の安定性の問題などから市販の電池を使用する必要があり実施できていないが、今後は改善に取り組む、ぜひ実現させたいと思っている。

いずれにしても、3つの専門分野がバランス良く取り組めるような課題設定を行うことが肝要であり、今後は、多方面の意見を伺いながら、工夫していきたい。

6. 発表会に対する教員・技術職員の意見

発表会終了後、評価委員として参加された教員・技術職員に本演習に関して自由記述の形で意見を求めた。主な意見を表6に示す。

特に、(2)(3)の指摘は、評価方法の改善につながる貴重な意見と判断でき、来年度からの評価に反映させる予定である。このように、発表会は課題作品の評価だけにとどまらず、演習内容の改善の意見を伺う絶好の機会でもあると考え今後も活用していきたい。

7. まとめ

高専専攻科において専門分野の異なる学生を融合させ、主として創造性・協調性の育成とプレゼンテーション能力の向上を目指して「ものづくり」演習を平成15・16年度に行ったところ以下の結論を得た。

- (1) 他の専門分野の知識を体験的に身に付けさせる

目的で、蓄電池製作やマイコン演習などを行ったところ、他の専門分野へ興味を持たせ、積極的に取り組ませることができた。

- (2) グループに分けて課題に取り組ませたところ、それぞれの専門性を活かし協調して活動する様子がみられ、独創的で創造性豊かな作品を作りあげることができることがわかった。
- (3) 演習終了後に実施した学生へのアンケート結果からも「総合創造演習」の意義と目的が理解され、良好な成果が得られた。
- (4) 専門分野がバランス良く取り組めるような課題設定を行うことが肝要で、多方面の意見を取り入れながら工夫する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 藤澤正一郎ほか3名：高松高専制御情報工学科におけるモノづくり教育と創造性育成教育，工学教育，51－5（2003），18－22
- 2) 山口顕司ほか6名：高専高学年における専門知識の実践的応用を目的とした創成科目の実施，工学教育，51－5（2003），68－73
- 3) 兼重明宏ほか4名：PICマイコン制御製品開発による総合演習教育，工学教育，51－5（2003），74－79
- 4) 大山 啓ほか3名：Lego Mindstormsを利用した創造的のものづくり教育とその効果，工学教育，52－4（2004），20－24
- 5) 岩淵義孝ほか5名：全学科的創造教育の試み，工学教育，52－5（2004），5－9
- 6) 四ツ柳隆夫，庄司 彰：高専専攻科のJABEEプログラムの新しい試み，工学教育，50－6（2002），29－32
- 7) 例えば，松本浩之：高専教育の変遷，工学教育，50－4（2002），49－54

著 者 紹 介

川下 智幸

現 在 佐世保工業高等専門学校
電子制御工学科 助教授
博士（学術）

専 門 メカトロニクス工学，精密加工，
サーボ制御

kawasita@post.cc.sasebo.ac.jp