創造製作を核とする創造性を育成するための ものづくり教育の実践

Practice of Manufacturing Education for Creativity

石田 浩一^{※1}
Koichi ISHIDA

藤本 浩^{※1}
Hiroshi FUJIMOTO

門脇 重道^{※1}
Shigemichi KADOWAKI

In recent years, manufacturing education is needed. In addition, creativity also is needed. We propose a new creative educational program for students based on manufacturing education. This program is made up of manufacturing, practice and lecture. We have focused on hands-on and idea specifically. The manufacturing program consists of experiment, production and presentation. The aim of these contents is an amalgam of manufacturing education and engineering education. Many students felt that this program was very useful, and were getting a excellent results. This paper reports mainly the contents of the manufacturing educational program.

Keywords : Engineering Education, Student, Manufacturing, Creativity, Creative Education

キーワード：工学教育，学生，ものづくり，創造性，創造教育

1. はじめに

現在創造力を持った人材を育成するための教育が各方面でなされている。これまでの日本の教育は、個人の発想力や創造力よりも集団としての暗記中心による平均的な学力を持たせることに重点がおかれていた。しかし、現在の社会情勢においては、個々の創造性が重視され、平均的な人材よりも、発想力のある人材が求められている。また、それと同時に様々な場面においてもものづくりが見直され、技術立国としての道を再び模索し始めている。

それら社会の要請は、各高専、大学における学生の創造（創成）教育、ものづくり教育となって現れている。また高専においては、大学とは違った教育機関としての特徴を示す必要がある。その特徴は、産業界や地域に役立つことが明確に分かる必要があると考える。それに加えて、高専は16歳からの早期専門教育を行える場としての責務があると考えられる。

徳山高専では、世界に通用する実践力のある開発型技術者をめざす人材の育成を目標とし、早くから創造教育としてのプログラムが組まれている。特に、機械電気工学科では、平成7年度から創造教育プログラムとして、創造演習プログラムを立ち上げ、翌平成8年には創造製作プログラムを加えた。現在では創造演習、創造製作、総合実地演習、自己提案型卒業研究の4つのプログラムからなる創造教育プログラムを実践して

いる^{1), 2)}。

本学科の創造教育プログラムは、創造力育成と実践的な技術力養成とは並行して進めるべきとの考えにより構成されている。創造演習は、主要目的を創造性の育成とし、創造製作は、創造力とものづくりのための実践的技術力を融合してその育成を図る事を目的としている。また、創造製作では、基礎となる座学をより明確に実践に應用できるようにするため、ものづくり教育の核と位置付け、関連座学と連携をとれるように構成されている。

2. 創造教育プログラム

本学科の4つの創造教育プログラムについて説明する。

創造演習は、学生個々が興味のあるテーマを自由に選択し、調査、研究を行い、自らの考え、意識を具体化することにより創造性を育成するプログラムである。現在は特許教育も含め行なっている。内容は工学分野にとどまらず、あらゆる分野に視野を広げ、個人の発想、創造を重視している。さらに、結果をホームページ上で報告するとともに、パワーポイントを用いて発表会を行い総合的なプレゼンテーション能力を養う。

創造製作は、ものづくり教育の核として、関連座学で学んだ知識を実際のものづくりに応用する場を与え、よりスムーズな知識の取得と応用力の育成を図ることを目的としている。さらに、ものづくりを通して創造力を培う。また、結果を外部審査員を交えた公開の場で発表することにより、評価に対する意識の向上

平成16年7月15日受付

※1 徳山工業高等専門学校

を図っている。

総合実地演習は、早期に企業実習を行うことによりまず将来の社会人（技術者）としての意識の向上を図る。次に実際の現場を体験することにより、学校で学ぶ意味を理解し、学習に対する意欲、目的を培うことを目的としている。

自己提案型卒業研究は、学生自らが立案した研究題目を行う。これは、創造教育プログラムで培ってきた創造性、自主性を卒業研究という実際の研究の場で実践し、創造教育の集大成を図ることを目的として開設されている。

これら4つのプログラムは現在の時代の要請に十分に合致していると考えられる。また、高専の本分である早期専門教育を統一した目標により行うことを可能にしている。特に、ものづくり教育の核となる創造製作と発想を主体とした教育の核となる創造演習に力を入れている。これは、本学科の教育目標である、メカトロニクス技術者の育成に合致すると考える。

創造教育の教育方針を以下に示す。

- (1) 1年生から自発性を尊重し、思考力・発想力を高める科目を開設（創造演習）
- (2) 低学年次からの特許教育と特許作品の考案
- (3) 実践的な教育方法による専門教育を低学年から開始、使える技術の習得
- (4) ものづくり科目で、発想力と技術力を活かした製品製作（創造製作）

このような取り組みをスパイラルに積み上げていく。

3. ものづくり教育としての創造製作

3. 1 メカトロニクス教育と創造製作

今日のメカトロニクスの発展は目覚ましいものがあり、それを支えるメカトロニクス技術者の育成は必要不可欠である。もともと本学科は機械電気という複合学科であることから、機械にも電気にも精通した人材の育成が目標であったが、現在では特に今日の社会に必要とされるメカトロニクス技術者の育成を目標としている。教育内容においては、メカトロニクスには欠かせない情報処理教育と機械制御教育の両方の内容をも同時に行っている。情報処理教育と機械制御教育とをリンクした教育体系を早くからプログラムに取り入れることによりメカトロニクス教育の充実を図った。まず、平成4年度には、ポケットコンピュータを利用し、情報処理科目と工作実習とをリンクしてアームロボットの製作と制御の講義と実習を行うプログラムの改訂を行なった³⁾。このプログラムでは、「コンピュータで制御する機械を設計できるエンジニアの育成」を5年間の一貫した目標と定め、情報、制御教育を徹底に行うため、関連科目の充実を図ると同時に、早期専門教育の充実も行っている。基礎となる情報、制御、工作実習を2、3年次の連続した授業とし、これ

らすべての授業においてポケコンを導入することにより関連性を強化した。また、コンピュータによる機械制御を授業に組み入れた。このプログラムの改定により、低学年に技術に対する興味を十分に抱かせ、その習得に効果を発揮した。特にポケコンの導入により、プログラミング、NC等の工作機械の制御、アームロボットの制御を共通の概念として捕らえることを可能にした。

一方、情報・制御関連科目と工作実習の連携のみで他の科目との連携は順調とは言えず、他の専門科目に繋がるような良い結果を得たとは言えなかった。しかしながら、座学の知識のみの学生ではない、実践力を持った学生の育成には寄与したと考えている。そして、実践力に加えて創造性が必要であるとの社会的要請と高専教育の独自性を示すため、平成7年に創造演習が開設され創造教育をいち早く取り入れることとなった。

平成8年度には、メカトロニクス教育プログラムをものづくり主体の創造製作プログラムへと改訂を行った。

3. 2 目的と方法

創造製作は、ものづくりに対する興味を抱かせ、各々の学生の自由な発想と工夫を具体化することによる技術の習得と、発想することによる創造性の育成を目的としている。授業は当初高専2、3年生（授業名は、それぞれ創造製作Ⅰ、コンピュータ制御である）を対象としていたが、現在は4年生（授業名は、創造製作Ⅱである）にまで拡大し、3学年連続で行っている。これは、メカトロニクス教育の結果を踏まえ、早期専門教育が高学年からの教育よりもより効果を発揮できるとの考え方から、まず2、3年生の低学年で行う。それにより、より専門的な内容の高学年の座学と実際の技術との橋渡しが可能となり、座学との連携が有機的に行えるようになる。4年生の創造製作は、これまでの創造教育の集大成であり、5年生での卒業研究へのステップと位置付けている。

授業の基本はものづくりであるので何かを作ることが必要である。また、創造力の育成をも目的としているため、発想、工夫することも必要である。しかしながら、突然何かを作るとは、2、3年の低学年に限らず、困難である。そのため授業では、競技というある一定の枠に収まり、目的の明確なテーマを与えることにより、製作物の具体化を図った。ルールに則ったマシンの製作を行わせることにより、学生が容易に取り組める方法を採用した。また、学生個々の自由な発想により製作を行う方法も取り入れている。

これら競技又は自由形式のテーマを設定した理由は、競技という限定された条件での創造力の育成と、何もないところから自由に発想していくという創造演習の成果も取り入れた形での、より高い創造力の育成

表1 競技テーマ

学年 年度	2年	3年
8	垂直壁のぼり	4軸アームロボット
9	ピンポン球バスケット	垂直壁のぼり
10	空き缶積み上げ	空き缶搬送
11	風船割	相撲
12	ピンポン球発射	ライトレース棒倒し
13	相撲	紙風船割り
14	垂直棒のぼり	垂直棒のぼり
15	水平棒渡り	水平棒渡り

を図るためである。また、自由形式を設定することにより、学生の個性にあわせて製作物を選択できるようになっている。

2年生と3年生の競技テーマにおいては工学的知識の向上を想定して、技術的難易度を増すために、2年生はリモート操作のマシン、3年生は自動制御のマシンの製作をしている。また、当初は2、3年生で別テーマの競技で行っていたが、平成14年度から同一テーマで行うことにした。表1にこれまでの競技テーマを示す。

4年生の創造製作では、競技形式は廃し、すべてを自由形式としている。

創造製作では製作が主たる目的ではあるが、創造性の育成のためには学生個々の発想も重要と考えている。このため、授業ではアイデアの立案と発表も取り入れている。また、4年生では、さらに工業所有権教育、特許教育を行い、より具体的な形での立案を行えるようにしている。

製作過程においては、競技形式ではテーマが決まっているものの、製作は学生個々が自由な発想で進めている。そのため、教官側では進行状況を逐一正確に把握することが困難である。特に自由テーマの場合、何もなところからの発想であり、試行錯誤の連続で内容がまったく変わる状況も往々に発生している。そのため学生の製作態度が安易な方向に流れやすい危険がある。

これを防ぐため現在では製作日誌の提出を義務付けている。これにより、教官側には学生個々の製作状況が把握でき、安易な方向に流れている学生の指導の助けとなる。また学生にとっても、自分の進行状況の確認がとれ、今後の製作計画の進め方の参考になる。

3.3 内容の変遷と現状

平成8年度は、新プログラムであるため従来のメカトロニクス教育に競技を付けた形で始まったが、学年進行により2年目は当初の目的に則した内容となった。2年間行なった結果として、自由な発想を優先するため、座学の知識と実際の技術との融合が不十分であることが分かった。また、実際の製作過程において電気回路（特にモータ等のアクチュエータ関係）、機構について高学年の座学にある工作技術の知識と体験

表2 創造実験のテーマ

学年 テーマ	2年	3年
1	LED・ダイオード	ポケコンのハード
2	モータ制御	8255による入出力
3	整流回路	モータ駆動回路
4	加工技術	モータプログラム
5	分流分圧	センサ回路
6	精密加工技術	センサプログラム

表3 PIC関連科目

学年 科目	1年	2年	3年
コンピュータアプリケーション	MPLAB 実習		
工作実習	ケーブル製作	PICボード製作	I/Oボード製作
プログラミング基礎		C言語基礎	
コンピュータ制御			MPLAB, CCS-C の活用

が必要であることが分かった。ただ、これらの知識は高学年の座学で行われているような高度な知識として必要なものでなく、実際の技術・体験として必要であることから、平成10年度から製作に必要な技術的な基礎知識を養成するための創造実験を創設した。

例として平成14年度の創造実験のテーマを表2に示す。

この実験による実習によって、製作に必要な知識と座学で修得した知識の融合が図れ、製作のレベルの向上が見られた。また、平成15年度の大きな改訂の1つとして、3年生で使用していたポケコンに変わってPICを用いることにした⁴⁾。これは、ポケコンでは、それ自体の大きささとそれにI/Oボードを加えた形での使用になるためどうしても発想に制約が加わることであり、より実際の技術に近い形での製作を目指したためである。しかしながら、PIC教育には専門の機器とソフトが必要であり全学生に同一の環境を与えるまでにはいたっていない。

実際の授業は学年進行により平成13年度の1年生からPIC教育を導入し、3年生での使用を可能にしている。その改定にともなって、関連科目の連携として、表3に示すようにPICに関する内容を加えている。

これにより製作自体の発想の広がりが期待できる。この教育プログラムでは3年終了までにPICを用いた自動制御マシンの設計、製作が可能となることをひとつの目標としている。

このPICへの移行に伴い創造実験の改定も行った。改定点は、2年生に機構に関する実験を加え、3年生に関しては全面的にPICを用いた実験に変更した点である。平成15年度の2つ目の大きな改訂として、新たに4年生にも創造製作を追加した。

表4 創造実験のテーマ

学年 テーマ	2 年	3 年
1	LED・ダイオード	PICのハード
2	モータ制御	入出力制御
3	整流回路	モータ駆動回路
4	リンク機構	モータプログラム
5	加工技術	センサ回路
6	分流分圧	センサプログラム
7	精密加工技術	まとめ

表5 創造製作のスケジュール

内	容
ガイダンス・ビデオ上映	製作（5週）
創造製作実験（6週）	中間発表会
実技テスト用実機の製作	製作（5週）
創造製作実験実技テスト	創造製作実機最終テスト
アイデア発表用HP作成	創造製作発表会リハーサル
アイデア発表会	創造製作発表会
（夏休み）	創造製作発表会用HPの作成
	創造製作HP発表会

これはこれまでの創造製作で培った技術を使うと同時に、市場で受け入れられる物を考え、より高度な創造性を確立するために行うことを目的とした。内容は、2、3年生と違い完全オリジナルのみの製作としている。また、工業所有権教育とも連携し、特許という明確な目標を設けている。改定した創造実験のテーマを表4に示す。

3. 4 平成15年度の状況

3年生の平成15年度のスケジュールを表5に示す。2年生のスケジュールでは創造実験科目が多いことと、実技テストの部分がなければ後はほぼ同様に進行している。3年生の実験実技テストは、創造実験の結果を実際のマシンを製作することによって確認するためにあり、プログラム、モータ、センサ技術を融合できるような競技としている。しかしながら、競技自体は簡素にし、できるだけすべての学生に結果が出るように配慮している。

以下に平成15年度の創造製作実験実技テスト競技の概要等を示す。

概要 床に引かれた黒ビニールテープ上を走行し、折り返し地点で反転して元の位置まで帰ってくる（図1）。

競技ルール 赤外線センサー、モータを搭載し、PICで制御されていること。重量、大きさは問わない。

トレースのラインの幅は約18mmとし、スタート地点と折り返し地点の黒ラインはトレースのラインの3倍の太さとする。行き帰りともラインをトレースしなければならない。ラインから大きく離れた場合は失格とする。一番最初に帰着いた競技者を勝者とする。

競技形式 トーナメント方式として、試合は4人の対

図1 競技場

戦形式とし、1人勝ち抜けとする。

実機テストでは、競技形式としたことで勝つために色々と工夫を重ねる学生も出て、実験以上の成果を上げたように感じる。また、プログラム自体はどのマシンでも基本的には同じであるが、単純に同一のプログラムにしても個々のマシンの作りが違うためうまくライントレースできず、各自で考えて微調整をする必要がある。これにより、他の学生のプログラムのコピーに頼れず自ら考える必要が生じ、よりプログラムと動作の理解が深まっていると思われる。

実際の進行では、2年生はほぼ予定通りであったが、3年生は創造製作実験がはじめてのPICによる実験であったために学生の状態がつかめず2週余分に時間を使ってしまった。これは、実際の自動制御を行うことが初めてで、プログラム、機械、制御の関連がなかなか把握できず、実験に手間取ったためである。それ以降はほぼ予定通りであった。

製作の時間は10週としているが、それ以外の時間製作にあたっている学生も多く、その指導に教官、技官も時間を割く必要があった。これは、教官、技官側の負担を大きくするが、学生個々の創造性を発揮させるために自由度の大きさが重要であるので致し方ない部分でもあり、運用法の工夫が必要と考える。最終的な発表会では、自由テーマ、競技テーマとも盛況の内に終了した。

4. 評価の問題と効果

創造製作の最終発表会では、外部の審査員を招いて製作物の評価を行っている。これは、学生の甘えを廃すると同時に発表に対する意識の向上を図るためである。それと、これは当初意図していなかったことであるが、外部審査員の評価を取り入れることにより、教官側では評価されなかったより独創的なアイデアが評価されるようになったことである。これは教官側がどうしてもアイデアよりも製作の過程に目が行ってしまい高い評価を与えられないものが、外部審査員はアイデアの評価が大きく、その独創性を認めるためであると考えられる。この評価は、創造性を育成する上で大変重要であると考えている。

創造性は平均的な知識として身につくものでなく、個々の能力の中で鍛え、発揮されると考えるからであ

表6 アンケート結果

	1)		2)	
	はい	いいえ	はい	いいえ
3年(39名)	62.8%	37.2%	66.7%	33.3%
2年(41名)	62.8%	37.2%	62.8%	37.2%

る。突飛な発想であってもそれが独創的であるならば、正しい評価を与え、次へのステップにすることが創造教育に必要不可欠であると考ええる。

創造製作の授業評価のために、学生にアンケートを行った。平成13年度のアンケートにおいては、概ね肯定的な意見であった²⁾が、創造性に対する意見を含め再度以下の2つのアンケート項目に対しての結果と検討を行う。

- 1) あなたは創造製作をがんばりましたか？
  - 2) 創造製作で本当に創造性が付くと思いますか？
- 1), 2)の結果をそれぞれ表6に示す。

1)の結果では、約60%の学生が創造製作をがんばったと答えた。過半数には達しているが、いくぶん低い結果が出ている。これは、アイデアそのままに製作物という実際の物を作り出すことの困難さを感じたことでの喪失感があったように感じる。

実際にアイデア発表の場において色々なアイデアが出てくるが、実現が困難なアイデアも少なくない。また、製作中においても、知識の少なさゆえに初期のアイデアを実現できず、実現できるものに変更する学生もいた。アイデアの変更をできるだけ少なくするための指導もしているが、なかなか学生に理解されない面もあり、限られた時間内での指導の難しさを感じる。また、競技の難易度が年々上がっていることもこの結果に反映されていると考えている。競技の難易度の設定は非常に困難で、今後の課題である。

2)の結果でも、60%以上の学生が創造性が付くと思っているという結果がでた。この結果は、実際に自分で考え試行錯誤することによって物を作り出すことが、創造性を培うと学生自身が認識していると考えられる。

創造教育の効果として、目に見えるものとしてこれ

まで学生による特許出願があったが、平成15年度においても理工系学生論文コンテストの入賞という成果がでている。ただ、これら結果として出てきているのはごく僅かであり、大多数が成果として現れるものではない。もともと、何をもって創造力があると評価するのかがあいまいで、教育の評価にそぐわない部分があると考ええる。発表会での外部審査においても、審査員の評価はばらついており評価の難しさを痛感するところである。

結局、創造性の判断は多様であって、統一した判断は困難であり、また敢えて統一した判断をする必要がないと考える。創造性とは多様な状況の中から、多様に芽生え成長していくと考え、評価もまた、それらにできるだけ対応できるように多様に用意するべきであろう。しかし、それぞれがどのように評価されたかを学生に示すことは重要であり、個々の評価は学生が納得できるものであることを前提とすべきである。

5. 課題

図2に創造製作を核とする座学との連携図を示す。表3で示したように電気・電子・情報系科目に関してはPICを採用することによって創造製作への連携が有機的に行えており、より他の座学を取り組むことにより発展が可能であると思われる。しかしながら、機械系においては、座学自体が少なく創造製作に十分に活かされていないのが現状である。本来であればものづくりにおいて機構と制御の連携が重要であるので、機構・制御が有機的に連携するプログラムの構築が必要である。

5.1 機構へのLEGOの適用

1年に機械の基礎、2年に機構学、加工学が新設されているものの、実際に創造製作の実機の製作の過程においては動作部分の機構等の知識不足から、独創的なアイデアを活かしていない状況である。したがって、この機構に関する部分に創造製作を前提とした実習を伴った講義を行うことにより、より学生のアイデアを活かすことが可能と考える。

図2 連携図

5. 2 創造製作での取り組み

創造製作の創造実験はほとんどが制御系である。平成15年度の改定により2年次にリンク機構を取り入れているものの、これのみであり機構の実験がないのが現状である。ものづくりを行う上では機構の知識が重要であるが、実際に実験を行うとなると制御系に比して難しい問題がある。そのため機構に関しては、製作過程での学習にまかされてしまっており、発想、設計に制約を加える要因となっている。

また現在の創造製作を核とした教育プログラムにおいて、電気、電子系としてPICを導入することにより座学との連携が増し、全体として制御系の比重が高まっている。機械系においてはPICの代わりとなる教材が現在なく、それが創造製作への取り組みを難しくしていると思われる。この問題を解決する方法として、簡単に機構を学べる教材であるLEGO MIND-STORMSを採用する方法を考案した。あわせて、PIC教育への橋渡しとなるように考案した。

5. 3 システムの構成

システムは大きく分けて4つの項目からなる。

(1) RCX プログラム関連

ROBOLAB プログラム画面の画像などを用いてソフトウェアの起動の仕方や、プログラム方法の説明などを主体に制作する。具体的な演習も課して内容の理解を確認することもできるようにする。

(2) 機構関連

主に動画を用いて各ギアの使い方などを説明し、同時に動画でLEGO ロボットに行わせている動作のプログラム内容も図示し説明する。

(3) アクチュエータ、センサ関連

プログラム関連で用いたプログラムを応用して、より実践的な動作を説明する。

(4) PIC 関連

PICの基礎的事項と使用法を説明する。また、これまでのプログラムがすべてPICのC言語に置き換えられることを示し、あわせて動画を用いてPICによる各種動作とそのプログラムの解説を加える。

5. 4 運用

実際の運用においては、図2にある機械の基礎、機構学の座学で使用するようになる。前述のシステムを適用すると、機械の基礎においてすでにでき上がっているマシンを演習材料として、(1)～(3)までの学習を行うことができる。

機構学では、最初からマシンを作り上げることを考えて(2)、(3)を行うことができる。時間的に可能であれば(4)を行うことにより制御系への橋渡しができると考える。同時に、プログラミングの科目で(1)を取り入れることによりPICと制御と機構を有機的に結合できると考えているが、機構と制御を結びつける座学があと1つあるとより理想的なシステムになると考える。

6. まとめ

本校で取り組んできた創造教育は、創造製作を核として座学と連携することによって一貫した創造教育が可能となったと考える。しかしこれらの取り組みは徳山高専機械電気工学科の全プログラムから見ればまだ一部であり、明確に成果として示すことができるのも、まだ一部にとどまっている。しかしながら、ものづくりが必要とされ、その教育方法が模索されている現状において、創造製作はものづくり教育として有効な方法であると考ええる。また、社会的な要請による創造力の必要性が学生にも認識され、またアンケートの結果により、本学科の創造教育プログラムが創造力を育成するのに有効であると学生に認められていることが分かった。

創造製作の内容も、創造実験による座学の実際の技術への適用により、学生により深い知識を与え、記憶中心の学習から発想と実践を持った学習へと変化し、学生に創造性を発揮させうる環境を与えていると考える。

ものづくりはただ製作のみを考えるのではなく、あらゆる物への興味を抱かせる教育も並行して行うことが必要である。したがって、発想と製作をスパイラルに行うという本校の創造教育プログラムが有効であると言える。

参 考 文 献

- 1) 門脇重道, 藤本 浩, 伊藤 尚, 濱口雅史, 藤満達朗: 工業高等専門学校における創造教育の成果と検討, 工学教育, 49-6 (2001), 44-49
- 2) 藤本 浩, 伊藤 尚, 櫻本逸男, 石田浩一, 門脇重道, 藤満達朗: 創造的ものづくり教育の試み, 高専教育論文集, 25(2002. 3), 73-78
- 3) 伊藤 尚, 福原秀俱, 櫻本逸男, 石田浩一, 村上洋士, 廣津正晴: 機械電気工学科におけるメカトロニクス教育へのポケットコンピュータ導入, 高専教育論文集, 15(1992. 2), 52-59
- 4) 藤本 浩, 中村金良, 石田浩一, 伊藤 尚, 櫻本逸男, 門脇重道: PICを用いたコンピュータ制御教育, 高専教育論文集, 26(2003. 3), 441-446

著 者 紹 介

石田 浩一

1990年山口大学大学院理学研究科物理学専攻修士課程終了。現在、徳山工業高等専門学校講師。主として、工学教育プログラムに関する研究に従事。
応用物理学会, 工学教育協会中四国支部所属