もの作り教育における異学年合同授業の効果

Effects of Cooperative Class of Students at Different Grade Levels
in Creative Manufacturing Education

本村 真治^{※1}
Shinji HONMURA

山田 誠^{※1}
Makoto YAMADA

浜 克己^{※1}
Katsumi HAMA

祐延 悟^{※1}
Satoru SUKENOBU

Creative Manufacturing Practice, a cooperative class of the 2nd and the 3rd year students, has been conducted since fiscal year 2004 in Department of Mechanical Engineering, HAKODATE National College of Technology. In this paper, the contents of the practice in the classes covered for three years from fiscal year 2005 are outlined, and the results of the questionnaire survey conducted among the students who attended the cooperative class are shown. The results of the questionnaire survey showed that higher educational effects such as development of communication skills and leadership were obtained by working in combined teams of students at different grade levels.

Keywords : Engineering Education, Students, Practice, Creative Manufacturing, Cooperative Class

キーワード：工学教育，学生，演習，物作り，合同授業

1. はじめに

函館高専機械工学科では、H15年に創成教育の充実化を目指したカリキュラムの改訂を実施した。改訂の特徴のひとつは「コンピュータを活用した複数科目間の連携強化¹⁾」で、機械創造演習、機械設計製図、情報処理、そして機械工作実習というものづくりに関係の深い科目で共通の課題に取り組むこととし、各科目の関連性を強く意識させることで各科目の理解を深められるように配慮した。もうひとつの特徴は「低学年におけるものづくり演習の充実化」で、第1学年に機械創造演習Ⅰを、またPBL (Project Based Learning) としての機械創造演習ⅡおよびⅢを第2学年および第3学年に導入し、3年間継続してものづくり演習を実施できるようにした。そのねらいは、創造性の育成に加え、学年進行にともなって増加する専門科目に対する興味関心をより高め、学習の動機づけとすることである。また、第2学年と第3学年の授業を合同授業として開講し、上級生と下級生が合同チームを構成してものづくりに取り組むようにした。これは協調性、コミュニケーション能力およびリーダーシップといった技術者に要求される素養を育む上で効果的と考えたからである。

カリキュラム改訂後、初めてこの授業を実施したH16年度の課題内容、実施スケジュール、評価方法お

よび受講した学生によるアンケート結果等の実施状況については別に報告²⁾している。

本稿では、H17年度からH19年度までの3年間についての実施状況を概説するとともに、継続して実施している授業アンケートの調査結果と、その分析によって明らかになった異学年合同授業の教育効果について報告する。

2. 授業の概要と期待される効果

機械創造演習Ⅱ・Ⅲでは、与えられた共通課題もしくは各チーム独自に設定した課題（自由課題）を解決するためのミニロボットを製作しており、学習到達目標を表1のように設定している。

各チームの構成人数は毎年の学生在籍数により若干異なるが、各学年2名の計4名構成が標準であり、2学年あわせて20チーム程度となる。この授業の最大の

表1 学習到達目標

No.	学習到達目標
1	発 想 (アイデアをまとめる能力)
2	設 計 (アイデアを図面化する能力)
3	製 作 (部品を加工し組立てる能力)
4	制 御 (駆動回路を作成する能力)
5	報 告 (成果をまとめて報告する能力)
6	まとめ (ホームページによる情報発信能力)
7	協調性 (他者と協調して問題解決に取り組む能力)
8	自主性 (積極的に問題解決に取り組む能力)

平成20年5月12日受付

※1 函館工業高等専門学校機械工学科

特徴は、第2学年と第3学年という異なる学年で合同チームを構成する点にある。コミュニケーション能力を高めて協調性を育み、そして責任感や指導力を培う上でグループ演習は非常に効果的である。またその際、チーム構成員の役割分担は非常に重要で、特にリーダーとなる学生の役割は大きい。しかし、通常の授業で行われるような同一学年でのチーム構成の場合、メンバーの中の優秀なひとりの学生に他の学生が依存してしまい、主体性を持てなくなるという問題を生じることがある。そこで、異学年の組合せが効果を発揮する。すなわち、特殊な場合を除き、3年生の一人が必然的にリーダーシップをとり、もう一人がサブとしてリーダーをサポートするという役割分担が自然にできあがる。一方2年生は、当面はリーダーの指示に従えばよいので、自分が3年生になった時のことを想像しつつ、気楽に、かつ冷静に3年生の立ち振舞いを観察できるのである。また、このシステムでは先輩から指導を受けた2年生が、翌年立場を変え3年生として後輩の指導に当たることができるため、学生達の間で、技術、知識および経験の継承と積み重ねが可能となることから、同様のものづくり演習を同一学年チームで2年間経験するよりも、より高い教育効果が期待できる。

共通課題は、チーム間の競争意識を高める意味で対戦型の競技を設定している。この授業を始めた当初は自由課題に取り組むチームも多かったが、H18年度およびH19年度に関しては全チームが共通課題に取り組んでいた。自由な発想でものづくりに挑戦するチームが少ないことは残念にも思えるが、その反面、共通課題であっても解決の手段は無数にあり、各チームが同じ土俵で独自のアイデアを競い合うことができること、また製作した作品の完成度を競技の勝敗という学生にとって分かりやすい形で評価できることは大きなメリットである。

ミニロボットを製作する際の制約条件としては、マシンサイズと製作費に制限を課している。マシンサイズは毎年同じで、W250mm×D250mm×H250mmとしている。これは競技フィールドの広さと作品収納棚のスペースの制約によるものであるが、課題解決に要求される機能をこのサイズに収める工夫が常に必要となるように課題を設定している。また、製作費の限度額を各チームに設定し、学校事務を通して部品等の発注を可能としている。事務方との窓口は教員が行っているが、コスト意識を養う上で効果的である。

製作するミニロボットの構想に際して、チーム内での話し合いの後、アイデア企画書の提出を義務付けている。授業は2単位で開設し、後期に週4時間×15回で実施しており、最初の3～4回の授業でアイデア企画書を作成させている。これにポンチ絵を描かせることで、頭に思い浮かべたイメージを具体的に図で

図1 アイディアのスケッチ図と作品例 (H17年度)

表現する機会を与えている。図1はH17年度に提出された企画書に描かれたポンチ絵および製作された作品の一例であり、概ねイメージしたアイデアを実現できていることが分かる。全チームがこの例のようにイメージ通りに作品を完成させることを期待しているわけではなく、重要なことは、頭に思い浮かべたイメージをスケッチ図で表現し、それをもとにチーム内で話し合い、実体化し、イメージとの相違を確認するという一連の作業を体験することであり、この体験が創造力を養う上で極めて重要と考えている。

ミニロボットの設計に関しては、現状では製作図面の作成を義務付けず、図面なしで製作に取りかかることを許している。これは、実際のものづくりで経験する試行錯誤がアイデアの創出につながると考えているためである。また、この演習が並行して進行する設計製図教育における学習の動機付けとなることを期待している。一方、ものづくりと設計製図教育の連携も効果的であることは明らかで、現状の取り組み方では不十分であり、何らかの対策を講じる必要がある。

授業で使用する演習室は、全員が一同に会する機械総合演習室に加え、学内共同利用施設であるCAD演習室、創造工房および実習工場を活用している。大形部品や高精度加工には実習工場を用い、通常の工作には創造工房を利用している。創造工房は50名程度が同時に作業できるスペースを確保し、ミニロボット製作の主要構造部材であるアルミ型材を手作業で加工するための道具類に加え、卓上ボール盤 (10台)、卓上旋

図2 競技会のようす (H19年度)

盤（1台）および卓上フライス盤（1台）等の工作機械を設置している。なお、授業中、学生達はそれぞれの演習室に分散して作業を行うこととなるため、教員4名と技術職員6名を各演習室に配置し作業指導および安全指導に当たっている。

授業成果のまとめとしては、チーム毎にホームページを作成させている。授業中、2年生全員を対象としてホームページ作成に関する演習を行い、各チームの担当学生（2年生が担当するケースが多い）が中心となってアイデアおよび製作したミニロボットの特徴等を紹介するホームページを作成する。また、授業の最後に実施する成果報告会では、作成したホームページを用いて3年生がプレゼンテーションを行い、その後、トーナメント式の競技会（図2）で作品の完成度とパフォーマンスを競い合っている。

3. 過去3年間の共通課題テーマ

機械創造演習Ⅱ・Ⅲの異学年合同授業を開始したH16年度の共通課題は、競技フィールド（走行コース）中央に設置された階段を「上って下りる」リモコンカーの製作であり、詳細は文献2）に詳しく述べた。この課題は、タイムトライアル形式であり、対戦型の競技ではなかった。授業を終えた学生に課題内容に関する意見を募ったところ、対戦型競技に対する意欲が高いことが分かり、以降の課題設定に生かすことになった。課題設定には毎年苦勞するところであるが、以下に過去3年間に実施したテーマを紹介する。

図3(a)はH17年度に実施したテーマ「玉入れ競争」で使用した競技フィールドの概略図である。競技フィールドの大きさは縦横1.8mの正方形で、周囲を高さ50mmの壁で取り囲んでいる。以後、H19年度まで同じ競技フィールドを使用している。課題内容は、フィールドに散りばめられたピンポン玉（直径40mm）を、ミニロボットが拾い上げ、中央に設置した大小2つの箱に入れ、得点を競うものである。箱の高さは320mmと160mmの2種類とし、高い方を高得点とした。前述したとおりマシンサイズには制限があるため、低い箱に

(a) H17年度「玉入れ競争」

(b) H18年度「輪投げ競争」

(c) H19年度「積み木競争」

図3 競技フィールド

は入れやすいが、高い箱に入れるためにはピンポン玉を打ち出す、あるいはアームを伸ばす等の工夫が必要となる。

図3(b)はH18年度に実施したテーマ「輪投げ競争」の競技フィールドであり、接地禁止ゾーン（奥行き600mm）に配置した高さの異なるポール（最大で300mm）に、各チームが製作したオリジナルの「輪」を入れる競技で、接地禁止ラインから遠く、また背の高いポール程、高得点となるように得点を設定した。前年度のピンポン玉は市販品を使用したのに対し、「輪」として独自のものを使用してよいことに自由度を高めたことから、さまざまなアイデアが出され、工夫を凝らしたミニロボットが製作された

図3(c)はH19年度に実施した課題「積み木競争」の競技フィールドであり、課題内容は、大きさの異なる3種類の積み木（端面サイズは30mm×30mmで一定と

し、長さを30mm, 60mm, 90mmの3種類)を、フィールド中央に設置された直径100mmの円柱状テーブルの上に置くというものであった。テーブル高さが高いものほど高得点と設定し、最も高いテーブルは高さ300mmとした。同じテーブルに両チームが積み木を置いた場合は、積んだ積み木の高さがより高いチームの得点とし、また、積み木の高さが同じ場合は、相手より先に載せたチームの得点とした。このルールにより、より素早く、より高く積み木を積むためのアイデアが要求された。ただし、取り組んだ学生の意識としては、使用した積み木が市販の規格品だったことが影響したためか、前年度の課題に比べ難易度が低下したと感じる学生が多かったようである。

4. 授業アンケートからみる授業の効果

機械創造演習Ⅱ・Ⅲでは表1に示した学習到達目標の達成度評価のために以下の2種類の授業アンケート

表2 授業評価アンケート項目

No.	授業評価アンケート項目
1	あなたはこの授業を理解するために努力した。
3	あなたはこの授業の学習到達目標を達成できた。
11	この授業を行って得たものは多かった。
14	担当教員は熱心に指導に取り組んでいた。
16	この授業は総合的にみて、良い授業だと思う。

(5)大いにそう思う (4)ややそう思う (3)どちらともいえない
(2)あまりそう思わない (1)まったくそう思わない

表3 自己評価アンケート項目

【A】あなたが、この授業で身につけた能力のレベルを自己評価してください。	目標対応
1) どんなモノを作るか、考えられるようになった	1
2) どうやってつくるのか、分かってきた	3
3) アイデアを図で表わせるようになった	1, 2
4) 実際に作れるようになってきた	3
5) チームで話し合えるようになった	7
6) 自分で考え、行動できるようになってきた	8
7) チーム全体のことを考えられるようになった	7
8) モータ on/off など電気関係が分かってきた	4
9) CAD がかなり使えるようになってきた	2
10) ホームページが作れるようになった	6
11) 結果をまとめることができるようになった	6
12) 人前で発表できるようになった	5
【B】この授業に関係なく、今現在の自分の能力のレベルを自己評価してください。	目標対応
1) 製図(作図法)ができる	2
2) 工作(加工法)ができる	3
3) 色々なアイデアを考えられる	1
4) チームで協調して作業できる	7
5) 自主的・積極的に行動できる	8

(5)かなりできる (4)そこそこできる (3)ふつう
(2)あまりできない (1)ぜんぜんだめ (0)よくわからない

調査を実施している。ひとつは函館高専において全ての科目を対象としてH15年度から実施している無記名式の「授業評価アンケート」であり、H17年度に調査項目を見直し、学生の取組み姿勢、授業内容の理解度、授業方法など16項目について継続して調査している。表2に調査項目の一部を示す。もうひとつは、この授業で独自に実施している学生の「自己評価アンケート」でH17年度から実施している。これは、学習によって身につけた能力レベルを自己評価するものであり記名式で実施している。表3に示した調査項目のうち、Aはこの授業によって身につけた能力、Bはこの授業に関係なく、調査時点における各自の能力に関する項目である。また、表3の目標対応欄に記した番号は、表1に示した学習到達目標の番号で、各目標の達成度評価の指標として用いていることを意味している。

4.1 学習到達目標の達成度

まず、この授業の総合的な教育効果の評価として、授業評価アンケート調査の結果をもとに考察する。表2の設問3「目標達成度」および設問11「学習成果」に関する結果を図4に示す。グラフの縦軸は、アンケートで(5)大いにそう思う、もしくは(4)ややそう思うと回答した学生の割合を示している。(a)は学習到達目標の達成度を示しており、H16年度の3年生が32%と極端に低い。これは、H16年度はこの授業の開始初年度で、この年の2年生が前年度に機械創造演習Ⅰの授業を経験しているのに対し、3年生はまったく初めてのものづくり演習で、なおかつ突然2年生との合同授業を強いられた結果が表れたものと理解できる。H17年度以降は、全体的には年度が進むにつれて増加する傾向を示し、H19年度では80%以上の学生が「学習到達目標を達成した」と感じていることが分かる。また、(b)に示した設問11「学習成果」についても同様の傾向を示し、H19年度では90%程度の学生が「この授業で多くのことを学んだ」と感じている。このように、年々達成度が向上する理由としては、チーム内で3年生が前年度得た知識や経験を活かして2年生の指導に当たることにより技術、知識そして経験などの

(a) 設問3「目標達成度」 (b) 設問11「学習成果」

図4 授業評価アンケート結果

継承と積み重ねが可能となり、これが好循環を生み出しているものと考えられる。

4.2 学習到達目標に対する教育効果

つぎに、各学習到達目標に対する達成度を自己評価アンケートの結果をもとに考察する。図5は各アンケート項目の評価値（0～5）を2年生と3年生で比較したものであり、また図6は各評価項目を対応する授業達成目標ごとに集計したものである。それぞれ2年間（2年生はH17とH18、3年生はH18とH19）の平均値で示している。図6より各目標に対する能力は2年生に比べ3年生が全体的に向上していることが分かる。

「発想」（アイデアをまとめる能力）については

図5 自己評価アンケートの集計結果

A1, A3, および B3 の設問の平均で評価しており、評価値で0.53点の向上が見られた。図5に示した各設問の評価値を総合すると、3年生の約60%が評価値5あるいは4で回答し、「どんなものを作るか考え、アイデアを図で表現できるようになった」と考えており、2年生の約40%に比べ大きく能力が向上していることが確認できる。なお、これ以降、5あるいは4の評価値を回答した学生群を“できると答えた”学生といった表現で表すことにする。

「設計」（アイデアを図面化する能力）についてはA3, A9, および B1で評価し、評価値の向上は0.30点と低かった。A3のポンチ絵については、できると答えた2年生が約30%であるのに対し、3年生では約60%と大きく向上しているものの、B1の作図法については約10%の増加に留まり、A9のCAD製図に至っては能力が低下したと考える学生もいる。これは、部品加工において製作図面の作成を義務付けていないことに起因しているものと考えられる。製図能力の向上も重要な達成目標であることから、改善策として、部品を製作した後にフリーハンドでスケッチ図を作成し、それをもとにCADで製図を行うといった演習を今後導入していきたいと考えている。

「製作」（部品を加工し組み立てる能力）についてはA2, A4および B2で評価し、評価値の向上は0.41点であった。各設問の回答を見ると、3年生の70%以上ができると回答しており、2年生に比べ各項目とも15～20%程度増加していることから教育効果が表れているものと判断できる。

「制御」（駆動回路を作製する能力）については、設問A8で評価しており、評価値の向上は0.63点であった。モータの on/off など簡単な制御ができると答えた2年生が約40%に対し、3年生で約60%と成果が認められる。

「報告」（成果をまとめて報告する能力）については、設問A12のプレゼン能力で評価した。成果報告会でのプレゼンを3年生の担当としていることから、ほとんどの2年生ができないと答えているのに対し、3年生

図6 目標達成度の学年比較

の約60%はできると回答している。主に2年生が中心となって作成したホームページを用いてプレゼンしているが、ホームページ作成段階で2年生と内容を打合せ、また全学生と教職員含め多人数の前での発表を経験することで自信を深めることができた結果が現れたものと考えている。一方、「まとめ」(ホームページによる情報発信能力)については、A10およびA11で評価しているが、A10のホームページ作成を2年生が担当するケースが多いことから3年生の評価が大きく低下している。この点についても3年生に対して能力の向上を意識させる工夫が必要であり、対策として、授業最後に簡単な報告書を提出させるなどの改善を検討したいと考えている。

「協調性」と「自主性」については、この授業で実施している異学年合同授業の最も重要なポイントとなる能力と考えており、A5～7, B4, およびB5の設問で評価している。「協調性」の評価値は2年生の3.42から3年生の3.90へと0.48点上昇し、「自主性」についても3.28から3.94へと0.66点上昇している。できると答えた2年生が約50%であるのに対し、3年生の約70%が「チームで話し合い、全体のことを考えて協調して作業ができるようになった」、また「自分で考え行動できるようになった」と回答しており、期待通りの効果が表れているものと考えられる。

4.3 学生個人の能力向上

以上で述べた教育効果は各学年の2年間にわたる平均で評価したものであるが、最後に個々の学生が自己の能力向上に対してどのような意識を持っているかについて、記名式で実施している自己評価アンケートの結果から考察する。図7は、2年生の時に比べ3年生の授業終了時点において能力が向上したと感じている学生の割合を示している。

図7より、アイデアの発想(発想)、実際のものづくり(製作)、プレゼンテーション(報告)、協調性、および自主性の5項目については、概ね50%以上の学生が能力の向上を実感しており、異なる学年が合同チームで作業することによる教育効果が顕著に表れているものと判断できる。一方、アイデアを図面化する能力(設計)は約40%、成果をまとめる能力(まとめ)については約20%と、能力の向上を実感する学生が少ないことが明確に表れている。この点に関しては、前節にてすでに述べた演習内容の改善対策を実践することにより、より高い教育効果の実現を目指したいと考えている。

また、図7でH18年度とH19年度の3年生を比較すると、自主性の項目以外でH19年度がH18年度を下まわっていることが分かる。これは、図4(b)に示すように「この授業で多くのことを学んだ」と感じている学生が90%程度に達し、より高いレベルの到達目標を意識する学生が多いものと推測できる。なお、学生

学習到達目標

図7 能力向上を実感する学生の割合

が達成感を得る上で、課題の難易度およびアイデア創出の自由度も深く関係していると考えられ、能力レベルに応じた課題の設定に留意する必要がある。

5. おわりに

函館高専機械工学科では2年生と3年生が合同チームを構成してものづくり演習に取り組む異学年合同授業を実施している。

授業アンケートの結果から、「先輩から学び、後輩へ教える」という学生同士の学び合いによる好循環が生まれることにより、創造性や実践的なものづくり能力に加え、コミュニケーション能力、協調性および指導力など技術者に要求される基礎的能力を培う上で、異学年の合同授業が効果的であることが分かった。

また、現状での問題点も明らかとなり、今後、改善に向けた取組みを実践していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 山田, 他: 函館高専機械工学科における創生教育の取組み(第1報), 高専教育, 29, pp.11-16, 2006
- 2) 本村, 他: 函館高専機械工学科における創生教育の取組み(第2報), 高専教育, 29, pp.249-254, 2006

著者紹介

本村 真治

1984年3月函館工業高等専門学校機械工学科卒業。1984年4月松下電器産業株式会社入社。1989年3月同社退社。同年4月函館高専機械工学科助手。1993年同校講師。1998年同校助教授。2007年職名変更により同校准教授となり現在に至る。主な専門分野は流体工学。日本機械学会、日本流体力学会所属
honmura@hakodate-ct.ac.jp