設計図交換によるものづくり教育の試み

石崎繁利*　尾崎純一*　齋藤　茂**　中辻　武**　英　崇夫***

Attempt on “Monodukuri Education” by Exchange of Drawings

Shigetoshi ISHIZAKI*　Jun-ichi OZAKI*　Shigeru SAITO**　Takeshi NAKATSUJI**

Takao HANABUSA***

ABSTRACT

The requiring subject concerning creative design and manufacture has been started in Kobe City College of Technology since 1995. Ten works are manufactured by ten groups composed from 3 to 4 students according to the fed theme in this subject. This class has practiced three processes of Plan→Do→Check between 1995 and 2006 by the same group. However, the drawings were exchanged after the process of Plan and the Do process was done in 2007. We investigated eight items for the student. As a result, it was confirmed that there was an effect to improve student's ability by five items. On the other hand, it has been understood to decrease by three items which contain the ability concerning students' communications.

Keywords: creative design and production, monodukuri, exchange, drawing

１．はじめに

神戸市立工業高等専門学校機械工学科では 3 年生の後期授業に「創造設計製作」という科目がある．この科目は本校機械工学科の学生が 1 年から 3 年前期までに学んできた設計製図および機械実習などの経験を生かしたものづくり教育のひとつである．創造設計製作は 1995 年から開講されており，開講当時はロボットコンテストのテレビ放映の影響で学生のアイデアを生かしたものづくり教育に関心が高まっていた．創造設計製作では学生は与えられた課題に従い，作品の設計から製作，さらにレポート作成やプレゼンテーションなどに取り組んでいる．このようなものづくりを通して学生の問題設定力や問題解決力などの技術者として必要な能力を向上させることがこの科目の目的である．

1995 年度から 2006 年度までの創造設計製作は，各班でアイデアを出して課題を満たす作品の設計製図から製作，評価までを同じ班が一貫して行っていた[(1)(2)(3)]．この一貫方式では意欲的にものづくりに取り組む学生とそうでない学生に分かれ，ものづくり工程が後半になるほどその傾向が顕著に表れていた．そこで筆者らはものづくりの工程が進んでもすべての学生が意欲的にものづくりに取り組むように工夫したいと考えていた．さまざまな検討の末，2007 年度の創造設計製作において各班が設計製図した図面を別の班に渡して製作してもらうという設計図交換方式のものづくり教育を試みた[(4)]．設計図交換方式は従来の創造設計製作と比較して学生は自らの班が設計製図した作品と他の班が設計製図した作品に携わる．そのため，2 つの作品の組立図および部品図を見ることができる．さらに設計図交換方式は一貫方式と比較して 3 倍の学生とのコミュニケーションが必要になる．このようなことから機械系のものづくりに必要な問題設定力や問題解決力だけでなく，コミュニケーション力なども効果的に身に付けることができると考えた．

本研究では設計図交換によるものづくり教育において学生に対して 5 段階自己評価によるものづくり能力を調べた．なお，今回調査したものづくり能力とは問題設定力，問題解決力，コミュニケーション力，計画力，構想力，設計製図力，レポート作成力，創造力の 8 つである．一方，我々は数値として表わすことはできなかったが，設計図を交換することでものづくり過程が後半に進んでも学生のものづくり意欲を高く維持できることを確認した．2008 年度以降は分担方式のものづくり教育を実践し

*　機械工学科　准教授
**　機械工学科　教授
***　徳島大学　名誉教授

ている[(6)~(10)]．しかし，設計図交換によるものづくり教育について実践例に関する報告は少ない[(4)(11)]．そこで本稿では2007年度の設計図交換によるものづくり教育の実践内容について報告する．

２．一貫方式と設計図交換方式のものづくり教育

図１は従来のものづくり教育と設計図交換によるものづくり教育の違いを示す．図１(a)は従来のものづくり教育である．各班が設計製図したものを製作し，製作した作品の評価までを一貫してひとつの班で行う方式である．一貫方式ではものづくりの Plan→Do→Check 工程をすべて同じ班で取り組むため，ひとつの作品について十分な時間をかけてものづくりを学ぶことができる．一方，図1(b)は設計図交換方式における担当する作品とものづくり工程の関係を示している．1班が設計製図した作品①の図面を２班が受取り，図面どおりに作品①を製作する．そして２班が製作した作品①の評価を設計製図した１班が行う．設計図交換方式では他の班に図面を渡して製作してもらうため，図面の不備があると作品が製作できない．そのため，学生はPlan 工程の組立図および部品図の作図に多くの時間をかける必要がある．なお，2007 年度の創造設計製作では１クラス 38 名を 10 班にわけた．そのため，３名の班が２つ，４名の班が８つとしてものづくり教育を実践した．

作品番号	Plan	Do	Check
①	１班	１班	１班
②	２班	２班	２班
③	３班	３班	３班
⋮	⋮	⋮	⋮
⑩	１０班	１０班	１０班

(a)　一貫方式のものづくり

作品番号	Plan	Do	Check
①	１班	２班	１班
②	２班	３班	２班
③	３班	４班	３班
⋮	⋮	⋮	⋮
⑨	９班	１０班	９班
⑩	１０班	１班	１０班

(b)　設計図交換方式のものづくり

図１　一貫方式と設計図交換方式

３．設計図交換方式の授業計画

2007 年度に実施した設計図交換方式による創造設計製作の授業計画を表１に示す．14 週間の授業計画において役割分担を考えて Plan 期間，Do 期間，Check 期間にわけた．Plan 期間は１週目から７週目までとした．なお，１週目のオリエンテーションでは授業概要およびテーマ説明，班分けを実施した．また，１週目と７週目に学生の自己評価による能力調査を行った．なお，Plan 期間において学生達は，班のアイデアを実際に製作可能な図面に仕上げる．このとき３次元の立体を確実にイメージさせるため，必ずペーパークラフトを作るように指導した．次に Do 期間は６週目から 13 週目までの８週間である．Do 班はPlan 班が設計製図した図面を理解して部品加工や組立てを行う．最後に Check 期間は 12 週目から 14 週目までの３週間である．Check 班は Plan した作品が設計図どおりに製作できているかについて評価する．

Plan から Do の引継ぎおよび Do から Check の引継ぎのためにそれぞれ２週間設けた．Plan から Do への引継ぎ２回目となる７週目に設定した Plan 説明会では，製作を担当する Do 班が設計製図に不備がないかチェックする．一方 Plan 班は，指摘された箇所を次週までに修正して組立図と部品図を Do 班へ渡す．図面を渡した班は，他の班が製図した図面を受け取ることになる．なお，このとき各班が Do 班に渡した図面は，設計製図の課題として評価する．14 週目の報告会では各班が Plan した作品と Do した作品について報告した．作品報告会終了後，最終の自己評価による能力調査を行った．なお成績は，レポート 70%，作品 30%の割合で評価した．

表１　授業計画

各週の実習内容	Plan/Do/Check
1. オリエンテーション(授業概要説	Plan1
2. 各自作品イメージ図作成	Plan2
3. 各班動作機構の決定と概略図の提	Plan3
4. ペーパークラフトによる作品製作	Plan4
5. ペーパークラフトによる作品製作	Plan5
6. 製作予定作品説明会	Plan6 → Do1
7. 各自組立図，部品図の完成	Plan7 → Do2
8. 機械工場において作品製作(1)	Do3
9. 機械工場において作品製作(2)	Do4
10. 機械工場において作品製作(3)	Do5
11. 機械工場において作品製作(4)	Do6
12. 機械工場において作品製作(5)	Do7 → Check1
13. 機械工場において作品製作(6)	Do8 → Check2
14. 作品報告会	Check3

４．ものづくり課題の作品例と授業風景

2007 年度創造設計製作の課題および作品製作条件は次

のとおりである.

［創造設計製作の課題］

A点（100, 100, 50）とB点（200, 200, 150）の2点間を常にボールが通過する作品を製作する．なお，必ず指定されたＤＣモータおよびカムとてこを使用することとした．なお, ＤＣモータは2つまでとした.

［作品製作条件］

① 作品の大きさ･･･300mm×300mm×200mm以内
② 使用するボール･･･ビー玉
③ 供給電源･･･直流安定化電源
④ 材料･･･市販されているアルミニウム材料を使用すること.
⑤ その他･･･既製品の使用は認めない. ただし, モータ, 歯車，ねじは除く.

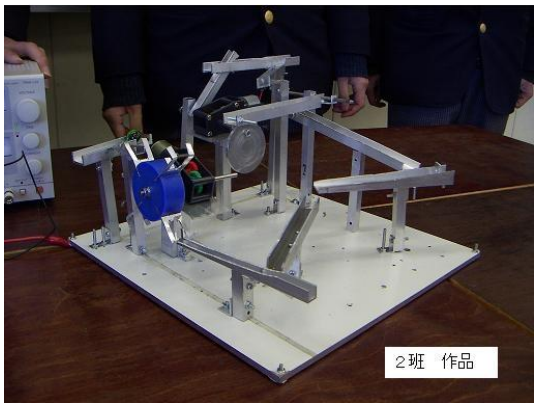

図2　2007年度の作品例

図2は2007年度に製作された作品の写真である．作品は厚さ×横×縦の大きさが5mm×300mm×300mmのアルミニウム板上に製作されている．手前が座標（0, 0, 0）であり，後方が（300, 300, 0）の座標である．したがってA点が手前，B点が後方である．A点とB点を常にボールが通過するように2つの上昇機構が設けられている．左側にある円盤状の上昇機構とその右後方にあるカムとてこを使った上昇機構である.

図3　2007年度の作品報告会

図3は2007年度の作品報告会における写真である. 場所は機械工学科の製図室である. 班ごとにPlan班として設計製図した作品とDo班として製作した作品について報告を行った. 当初はPlan班として設計製図した作品についてのみ報告させる予定であった．しかし，設計図交換によるものづくり教育を実践した1年目の授業であったため，予想以上に作業の遅れが生じた．そのため，Do班としての作業に追われてCheck班としての役割が果たせなかった班が目立った．これらを考慮して作品報告会では各班が携わった2つの作品について報告させた.

図4　14週目の自己評価による能力調査

図4は14週目に実施した自己評価による8項目の能力調査を実施している写真である．創造設計製作を受講している38名全員が調査に取り組んだ．なお，この調査は1週目，7週目，14週目の3回実施している.

5．自己評価調査項目について

2007年度に実施した設計図交換方式の授業においてものづくり能力を5段階の自己評価で調査した．調査対象は機械工学科3年の1クラスであり，2007年度学生数は38名の学生であった．なお，調査したものづくり能力は以下の8項目である.

問題設定力…課題の条件を満たす作品を完成させるためにこれまでの経験を生かして，作業前に問題を設定する能力のこと.

問題解決力…ものづくりの各工程で生じる問題を解決する能力のこと.

コミュニケーション力…ものづくりにおいて不可欠な図面の作図および理解，作品の製作のために情報伝達をする能力のこと.

計画力　…　ものづくりの各工程において計画的に作業をする能力のこと.

設計製図力…正しく図面を作図する能力および正確に図面を理解する能力のこと.

レポート作成力…Plan→Do→Check のすべての工程において常に記録を取り，どのようにものづ

くりが実践されたかを論理的に報告書にまとめる能力のこと．

創造力　…　世の中に存在しないものを創りだす能力のこと．

構想力　…　ものづくりの各工程において創造力とは異なり，実現可能なことに基づいて考えを組み立てる能力のこと．

６．ものづくりに関する能力調査

６．１　自己評価において能力が向上した項目

設計図交換方式のものづくりは，従来の一貫方式と比較して異なる角度からものづくりについて考える機会が増えると期待できた．この教育効果を調べるため，問題設定力，問題解決力，設計製図力，コミュニケーション力，レポート作成力，計画力，構想力，創造力の 8 項目について学生による自己評価を実施した．その結果を図 5 に示す．問題設定力，問題解決力，設計製図力，レポート作成力，創造力の 5 項目で向上していることがわかる．この中で問題解決力とレポート作成力は 1-7 週目の調査と比較して 8-14 週目の値が高くなっている．これより，問題解決力とレポート作成力は主に Do から Check の工程で自信をつけていることがわかる．また，1 週目と 7 週目を比較すると創造力の数値は平均値が 0.2 以上高くなっている．しかし，その他の 4 項目では 1-7 週目に能力向上は実感している学生は少ない．そのため，Plan 期間において能力向上が実感できる課題を設定するなど授業改善が必要である．

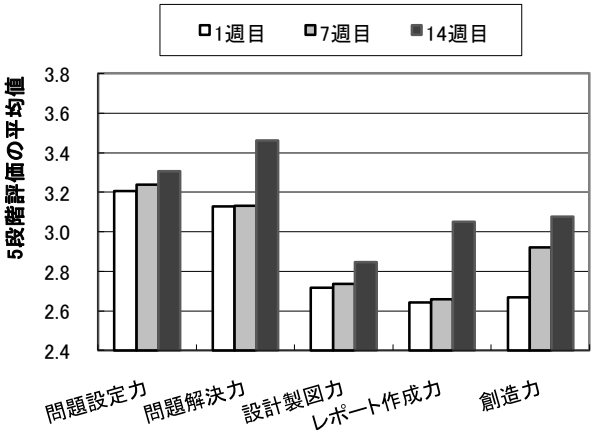

図５　自己評価において向上した調査項目

図 6 は問題解決力において 1 週目と 14 週目の 5 段階評価の分布を比較したものである．横軸が 5 段階評価の値で縦軸が学生の人数を示している．1 週目の調査では 3 と評価した学生が 22 名と最も多かった．しかし，14 週目の調査では 4 と評価した学生が 21 名と最も多くなっている．一方で 1 週目は 5 と評価した学生は 4 名であったが，14 週目には 1 名と減少した．これは実際のものづくりにおいて生じた問題をすべて解決することは難しいと実感したためであると考えている．

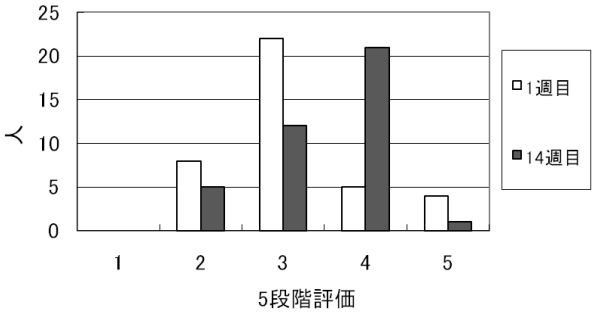

図６　問題解決力に関する自己評価の推移

６．２　自己評価において能力が低下した項目

図 7 は学生の自己評価が低下した 3 項目の調査結果を示す．コミュニケーション力，計画力，構想力，計画力の 3 項目において学生は 1 週目と比較して 14 週目の能力が低下したと感じている．計画力と構想力が低下した主な原因は，今回の創造設計製作では 10 班のうち 1 班も作品が完成しなかったことにある．そのため，計画力は授業が進むにつれて当初各自で考えていたよりも低いと判断している．また構想力は 1 週目から 7 週目の Plan 期間は向上していると判断していたが，その後 14 週目に作品が未完成になったことで低下している．Plan 期間では各自の構想どおり作業が進んでいたが，Do 期間にさまざまな問題が生じたことが提出されたレポートにおいて報告されている．

しかし，コミュニケーション力が低下した原因は作品が未完成となったためではない．従来の一貫方式では，学生は 1 つの作品のものづくりを同じ班の 3 名から 4 名で行う．一方，設計図交換方式では学生は 2 つの作品のものづくりを自らの班を含む 3 つの班と交流しながら進めることになる．そのため，従来の一貫方式と比較すると設計図交換方式は，ものづくりを通して 3 倍の学生とのコミュニケーションが生じる．事前の自己評価調査においてコミュニケーション力が最も高く，学生は自信を持っていた．その後，設計図交換方式のものづくりを通して学生は，技術的な内容の正しい情報伝達に苦労していた．つまり，学生はさまざまなものづくりの場面で技術的な内容を正確に理解することや他人に理解してもらうことの難しさを体験した．その結果，授業終了時の調査においてコミュニケーション力は平均値で 0.4 以上も下がった．しかし，提出されたレポートや報告会において「実社会のシミュレーションのようで良い経験となっ

た．」というコメントが目立った．このことから筆者らは学生に対して実社会で必要となるコミュニケーション力を正しく認識させることができたと肯定的に考えている．

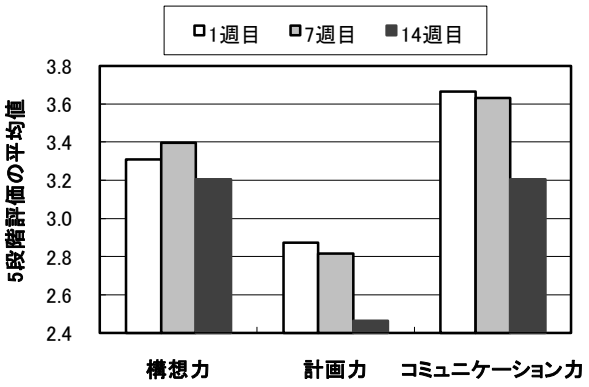

図７　自己評価において低下した調査項目

図８はコミュニケーション力に関して１週目と14週目の５段階評価の分布を比較したものである．１週目の調査では３と評価した学生が15名と最も多く，次に12名の学生が５と評価していた．しかし，14週目の調査では２または４と評価した学生がともに11名となり，５と評価した学生は６名に減少した．この結果から実際のものづくりを通して情報を正確に伝えることが難しいと感じた学生の具体的な自己評価の値の変化を知ることができた．

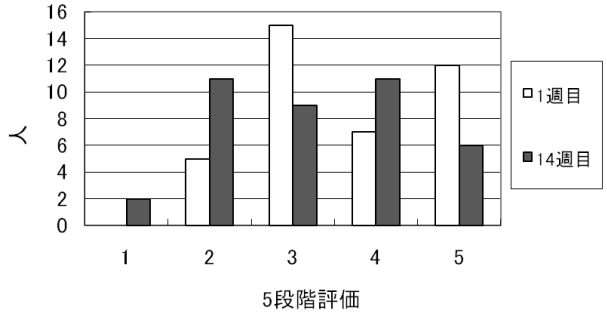

図８　コミュニケーション力に関する自己評価の推移

７．結言

設計図交換によるものづくり教育を実践した．さらに学生に対して８項目の能力に関する５段階の自己評価について調査した．その結果，以下のことがわかった．

（１）一貫方式と比較すると設計図交換方式は，学生が２つの作品においてものづくりに携わる．また，Plan→Do→Check の過程で自らの班を含む３つの班と交流する．そのため，密度の高いものづくり教育が実践できる．

（２）事前の調査において学生はコミュニケーション力に自信を持っていたことがわかった．一方で創造設計製作において伸ばしたい能力は創造力が一番であり，26%の学生が回答していた．

（３）８項目の能力に関する自己評価において Plan 期間，Do 期間，Check 期間にわけると，Do 期間において最も学生の自己評価結果に変化が生じた．

（４）学生の自己評価が向上した５項目は，問題設定力，問題解決力，設計製図力，レポート作成力，創造力である．特に問題解決力とレポート作成力は，平均値が 0.3 以上の向上した．

（５）一方，学生の自己評価が低下した３項目は，コミュニケーション力，構想力，計画力である．この中でコミュニケーション力と計画力は，平均値が 0.4 以上の低下が見られた．

従来の一貫方式よりも設計図交換によるものづくり教育は，３倍のコミュニケーションが生じる．事前の自己評価調査においてコミュニケーション力が最も高く，学生は自信を持っていた．しかし，設計図交換方式のものづくりを通して学生は，技術的な内容を正しく情報伝達することが容易でないことを知った．つまり，学生はさまざまなものづくりの場面で技術的な内容を正確に理解することや他人に理解してもらうことの難しさを体験した．授業終了時の調査においてコミュニケーション力は最も下がったが，実社会で必要となるコミュニケーション力を認識させることができた．したがって，設計図交換方式によるものづくり教育が実社会で問題となっている技術者のコミュニケーション力を改善することに有効であると考えている．

参考文献

(1)石崎繁利：物作りによる創造教育とその評価，日本機械学会第75期通常総会講演論文集(Ⅳ)，pp.346-347，1998

(2)石崎繁利：神戸市立高専におけるものづくり教育に関する考察，精密工学会秋季大会学術講演会論文集，pp.737-738，2005

(3)石崎繁利，尾崎純一，英崇夫:DC モータを用いたものつくり教育，工学・工業教育研究講演会講演論文集，pp.660-661，2007

(4)石崎繁利，尾崎純一，英崇夫:強制的な設計図交換によるものづくり教育，工学・工業教育講演会講演論文集，pp.68-69，2008

(5) Shigetoshi ISHIZAKI，Jun-ichi OZAKI，Takao HANABUSA：Problem-Based Learning in Department of Mechanical Engineering，*International Conference on Engineering Education & Research*，pp.369-375，2009

(6) 石崎繁利，尾崎純一，齋藤茂，中辻武，英崇夫：一

貫方式と分担方式によるものづくり教育，高専教育，33, pp.589-594,　2010
(7) 石崎繁利，尾崎純一，齋藤茂，中辻武，英崇夫 ： 分担方式によるものづくり教育の試み，工学教育，58，2, pp.64-69，2010
(8) 石崎繁利，尾崎純一，齋藤茂，中辻武，英崇夫:機械系ものづくり教育における学生の意欲と集中度,精密工学会春季大会学術講演会講演論文集，pp.437-438，2009
(9) 石崎繁利，齋藤茂，尾崎純一，武縄悟，英崇夫 ： ものづくり教育における学生の意欲に関する調査，日本機械学会関西支部第 85 期定時総会講演会講演論文集，4-12 ，2010
(10) Shigetoshi ISHIZAKI，Jun-ichi OZAKI，Shigeru SAITO, Satoru TAKENAWA, Takeshi NAKATAUJI：An Attempt of Problem Based Learning by Sharing Method, Proceedings of *International Conference on Engineering Education & Research*, 2010
(11) 伊藤恒平，松井洋，その他：ロールプレイ方式を導入したものづくり教育の一例，工学教育，57，2, pp.57-59，2009