創造基礎実習におけるフィードバック型評価手法の 教育的効果に関する考察

Studies on the Effect of Feedback-based Evaluation Method in Fundamental Creative Engineering Class

伊藤 照明^{※1} 大山 啓^{※1}
Teruaki ITO Akira OYAMA

To be a good mechanical engineer, students are first required to provide fundamental knowledge needed for designing machine elements. Simultaneously, they are requested to nourish creativity as a mechanical engineer. As the creativity generally means two kinds of abilities of problem-finding and problem-solving, special training is needed in education to enhance those abilities. For this, design contest of robot and project-based learning are proposed and good outcomes from these proposals have been reported in various papers. This paper deals with another new proposal for this purpose. A new introductory subject of educating creativity, consisting of a card-based feedback evaluation system (CFES), prerequisite for freshman at the Department of Mechanical Engineering of the University of Tokushima is first briefly summarized. Considering the results of classes this year, validity of CFES examined by questionnaire is discussed from several view points.

Keywords : Engineering Education, Creativity Education, Feedback Evaluation, Card-based Evaluation System

キーワード：工学教育，創造教育，フィードバック評価，カード型評価システム

1. はじめに

機械エンジニアにとって目標物を作るための知識や技術を身につけることは重要であるが、何を作るべきかを見つけ出す能力はそれと同等あるいはそれ以上に重要な意味を持っている。何を作るかを発案するには創造的な能力が求められ、その育成のための試みとして、ロボットコンテストやPBLプログラム等による教育効果の有効性が報告されている¹⁾。徳島大学工学部機械工学科では各学年で創成科目を開講しており、創造性豊かな工学技術者の育成を図っている²⁾。入学年では機械工学の導入教育として、機械基礎実習、創造基礎実習などの創成型科目により機械工学に対する興味と学習への動機付けを行い、自ら学び知識を習得する自主性の育成を図っている。また、2年次で開講している3次元CAD演習ではチームワーク型教育によるCAD技術の学習を通じてIT技術全般の習得を行っている³⁾。さらに、そうした知識や技術を活用し、3、4年次では新しい物を自ら設計作成し、創造力をさらに養うことを目標としたカリキュラム構成となっている⁴⁾。

一般に、学生の創造力育成のためには学生自らが積

極的に課題に取り組むことが重要である。そのためには、そうした取り組みを学生に行わせるためのきっかけを与える評価システムを授業で導入することが大きな意味を持つと考えられる。こうした背景を踏まえ、1年前期に開講している創造基礎実習を担当する著者らはフィードバック評価方式を取り入れたカード型学習システムを考案し、本年度の授業で導入することにより学生の創造力育成における主体的学習能力向上を目指す試みを行った。本稿では創造基礎実習の概要を簡単に述べた後、このフィードバック評価方式について紹介し、その教育的効果に関する結果と考察について述べる。

2. 創造基礎実習の概要

本稿で対象とする創造基礎実習は、1年次前期に開講している必須1単位の創成科目の1つである。1学年約120名の受講者を2クラスに分け、それぞれのクラスを2名の教員と2名のTAで指導を行っている。実習課題は工作の課題とメカトロニクスの課題の2種類で構成されており、A4サイズのケント紙1枚を使って、小型構造物を設計・製作させる課題やLego Mindstormsを使って減速機構、リンク機構およびエンジンモデルを製作させた。Lego Mindstormsとは自立移動型ロボットの組立・分解が簡単にできる市販

平成16年9月28日受付

※1 徳島大学工学部機械工学科

表1 平成16年度創造基礎実習課題一覧

課題番号	課題テーマ
1	A4の紙1枚で自立構造物をつくる
2	片持ち梁の耐荷重競争1
3	片持ち梁の耐荷重競争2
4	垂直上昇する風車1
5	垂直上昇する風車2
6	遅く落ちる物体
7	速く落ちる物体
8	高く上がる物体
9	浮遊する物体
10	減速機構の作製
11	円以外の動きをつくる
12	ドタバタ走るものをつくる
13	レシプロエンジンをつくる

キットである。キットの中には、Legoブロックの他にギア、プーリー、シャフト、コネクタやタイヤなどの機械要素部品がある。ロボットの動力として小型DCモータ、視覚や触覚として働く光センサやタッチセンサがあり、これらを制御するマイコン内蔵のRCXブロックに作成したプログラムを転送することによってロボットに様々な動作を行わせることが可能になる。RCXは頭脳として働き、入力・出力ポート、パソコンや他のRCXと通信するための赤外線ポート、操作のためのスイッチおよび液晶パネルを搭載している。参考として平成16年度に行った実習テーマの一覧を表1に示す。ケント紙を使った課題は個人で製作し、Legoを用いた課題は2～3人のグループで作品を製作させた。特に、創造基礎実習で行った課題は後期から始まる専門科目の材料力学や機構学に関心をもてるような設定となるように配慮してある。図1に学生が製作した作品例を示す。空気抵抗をできるだけ受けない構造やLegoのパーツを組み合わせでエンジンの工程を実現させるためのアイデアを試行錯誤的に模索し、形にしている。製作した作品に込められたアイデアは多岐にわたり、どの作品も個性的であった。創造基礎実習で実施したすべての課題は、実習時間内に設計、製作および性能確認の一連の作業が完了することを想定している。そのため難易度が高い課題では学生のアイデアはまとまらない。課題の難易度を知るとは重要であり、事前に教員・TA側が作品を製作し、課題を時間内に完了することができるか確かめた。難易度の調査により、どの課題においても独創的なアイデアが生まれたと考えられる。

図2に授業の様子を示す。毎回の授業では、課題説明の後で目標達成のための大まかな計画を各自に考えさせ、簡単な内容チェックの後に小型構造物など作成対象物の設計・製作に取り掛かる。競技時間になると、各自の作品の性能確認を行い、レポートを提出させて終了となる。課題への取り組みおよび作品の評価方法

(a) 課題7 速く落ちる物体

(b) 課題13 レシプロエンジンをつくる

図1 製作された作品例

(a) 製作風景

(b) 競技会風景

図2 創造基礎実習の様子

として、本研究で提案するカード式フィードバック評価システム（Card-based Feedback Evaluation System：CFES）を導入した。システムの詳細は次章で説明する。

3. カード式フィードバック評価システム（Card-based Feedback Evaluation System：CFES）

3.1 システムの概要

カード式フィードバック評価システム（Card-based Feedback Evaluation System：CFES）は、演習内容の結果を各受講生にタイムリーにフィードバックし、その結果の考察と反省を次の課題に生かしてもらうために提案した評価システムである。

図3にCFESのフローチャートを示す。授業開始時には学生に図4に示すレッドシートと前回のレポートが返却されている。授業開始時に着席していない学生は欠席と見なし、レッドシートを回収する。回収後に授業へ参加した学生（遅刻者）には、レッドシートを返却せずにそのまま受講させた。レッドシートにおいて、表面の数字は赤い字でクラスと出席番号を表している。裏面には実習日が記載され、その実習日に獲得したポイントとして、実習参加点である『apple』と、到達レベルクリア点である『cherry』が捺印される。各課題の成績が視覚的にわかりやすいようにセルでわけ、スタンプ形式を採用した。次の授業開始時にはレッドシートが配布されているため、自分が獲得し

図3 カード式フィードバック評価システム

た最終ポイントがわかるようになっている。前回のレポートには教員・TAのチェック欄およびコメントが書かれており、次回以降にレポートを書く際に気をつけるべき点を記入している。学生が指摘を受けた箇所を確認できるようにフィードバックさせることにより、今後のレポート作成の参考になる。

教員が課題の説明を行った後は、学生に課題を解決するための方法を考えさせた。学生はブレインストーミングによりアイデアを創出することになる。考えたアイデアは課題用紙の裏面（提出するレポートでもある）の定められた位置にアイデアの概要を書くようになっており、教員またはTAのチェックを受け、合格しなければ設計・製作作業に取りかかれない。アイデアの合格をもらった学生は競技会が開催される時間までに作品を完成させなければならない。アイデアを出し、合格するまでの時間は約15分間であり、設計・製作に要する時間は約90分間であった。

試行錯誤を繰り返し、完成した作品が到達レベルに達しているかを調べるために、競技会を行った。課題によってレベル設定は異なるが、システムの流れは同じである。競技会の時間は20分間であり、時間内に教員・TAの目の前で作品を披露しなければならない。

課題ごとに設定した到達レベルをクリアしていれば、グリーンカードが与えられる。グリーンカードは作品の到達レベルに対して与えられるカードであり、仮に到達レベルに達していた学生が遅刻をしていても

(a) 出席番号

順位	日時	Red Sheet	Blue Sheet	順位	日時	Red Sheet	Blue Sheet
1	H16.4.19	0	0	9	H16.5.15	0	0
2	H16.4.20	0	0	10	H16.6.22	0	0
3	H16.4.27	0	0	11	H16.6.29	0	0
4	H16.5.11	0	0	12	H16.7.6	0	0
5	H16.5.18	0	0	13	H16.7.13	0	0
6	H16.5.25	0	0	14	H16.7.20	0	0
7	H16.6.1	0	0	15	H16.7.27	0	0
8	H16.6.8	0	0	16	H16.8.3	0	0

(b) 成績表

図4 カード式フィードバック評価システムに用いたレッドシート

カードを獲得するチャンスはある。競技会終了後、学生が獲得したグリーンカードと授業前に配布したレッドシートを持っていればブルーシート（クラスおよび出席番号が青い字で書かれているシート）になるが、どちらか一方が無い場合はレッドシートのままである。このとき自分が課題を十分クリアする作品を製作したかどうかの判断がつく。

授業終了後、製作した作品と設計図や自分自身が考えたアイデアを記入したレポートおよび前回のレポートを提出させた。教員・TAは各学生の着座位置の片付け状況を確認し、ゴミや机の汚損があれば、その席に着座していた学生へのペナルティーとして獲得したポイントを没収した。没収した理由はレッドシートの裏面側に必ず明記し、学生への警告とした。レッドシートを見れば獲得したポイントの推移が一目でわかるため、減点対象となる遅刻や後片付けの乱雑さが少なくなった。

3. 2 システムの特徴と効果

CFESの主な特徴として、成績評価が教員・TAおよび学生にわかりやすいことである。スタンプの個数がそのまま成績評価につながるため、学生はポイント獲得のため必死になった。2種類のスタンプを使うことにより、演習参加点とレベルクリア点が別々にわかることやポイント獲得を目指して、受講生のやる気を喚起する効果が認められた。教員側への利点も大きく、課題ごとの学生の到達レベルが一目でわかるため、課題の難易度レベルの設定や授業計画が立てやすくなる効果が認められた。

CFESでは数字での評価ではなくスタンプ評価とし、受講生が楽しみながら集めることで周りの学生とも楽しく競い合うことができるようにした。標準的な評価に加えて、必要に応じた追加評価も行った。例えば、アイデアの優れた作品にはボーナスポイントを加算し学生のやる気を刺激した。また、その一方で、遅刻や忘れ物およびルール違反を犯した学生に対してはペナルティーとして獲得したポイントを没収することで減点を行った。これにより遅刻が劇的に減る要因となり、忘れ物やルール違反も少なくなった。ポイントが視覚的に減っていく様子がわかるために、成績に危機感を感じた学生は必ず授業前には座席に着席するよ

表2 アンケート質問項目

主体的学習能力について	
1-(1)	自分自身で問題点を発見し、それを解決することができましたか？
1-(2)	答えのない問題に取り組むことにやる気ができましたか？
1-(3)	オリジナリティーのあるものあるいは新しいものが作りたくなりましたか？
1-(4)	課題に積極的に取り組みましたか？
1-(5)	グループワークに協力して作業ができましたか？
1-(6)	他の人と違うアイデアを創出する努力をしましたか？
授業内容について	
2-(1)	グループ活動を行った人数は適当でしたか？
2-(2)	課題テーマ数(13課題)は多いですか？
2-(3)	課題テーマに興味はもてましたか？
2-(4)	課題テーマの難易度は易しかったですか？
2-(5)	課題テーマの実習時間は短かったですか？
2-(6)	課題1～課題13の中で一番気に入った課題は何番ですか？
2-(7)	ケント紙とレゴの課題を比べた場合、レゴの課題に興味はもてましたか？
2-(8)	グリーンカードシステムは良いと思いますか？
2-(9)	評価シート(演習参加点、到達レベルクリア点)は良いと思いますか？
学生自身について	
3-(1)	創造基礎実習を受講して良かったですか？
3-(2)	機械工学科に入学して良かったですか？
3-(3)	ものづくりに興味はもてましたか？
3-(4)	創造基礎実習が選択科目であれば履修しましたか？
3-(5)	課題テーマの復習・調査をしましたか？

うになった。

設定したレベルをクリアすればポイントが得られ、ペナルティーを犯せばポイントが没収されるという簡単なシステムであるため、学生はポイントをたくさん得ようと必死になる様子が顕著に認められた。特にグリーンカードの奪取にはかなり一生懸命となり、その結果、独創性のあるアイデアに富んだ作品が出てくるきっかけとなった。

競技会が終わった時点で、自分のアイデアの良し悪し、作品の目標達成度、さらには自分の成績がどの程度になるか見当がつくことに加えて、次週の授業開始時点でその課題についての成績がフィードバックされる。成績は各課題の総合評価となるが、到達レベルをクリアすることにより与えられる『cherry』の有無に関わらず、学生はスタンプ獲得を目指して積極的に課題に取り組む姿が認められた。

4. 教育的効果に関する結果と考察

4.1 評価アンケートの概要

CFES評価による教育的な効果が認められたことは前章に述べたとおりであるが、さらに客観的な考察を行うために行った授業評価アンケートの結果による考察について述べる。機械工学科では受講生に対して授業評価アンケートを講義最終日に行い、次年度以降の授業改善の一資料として用いている。このアンケートの質問項目は授業内容、授業方法および学生自身に関

する内容の3部構成となっており、授業内容の評価には有効である。しかし、本研究で提案したCFESの評価には十分でないことから、創造基礎実習に関するアンケートを作成し、さらに細かく意見を集めるために回答させた。質問の趣旨は課題について感じたことや今年度に行ったCFESに関する感想であり、その主な質問項目を表2に示す。なお、アンケートは責任をもたせるために記名方式とした。

4.2 課題に関する評価アンケートの結果

創造基礎実習を受講した際の主体的学習能力の育成についてのアンケート結果を図5に示す。質問項目1-(1)～1-(6)から主体的学習能力が向上したと回答している学生が多いことがわかった。作品が完成するまでの過程において、自分自身で問題点を考え、その解決策を導くことができたこと、グループ活動を

図5 主体的学習能力についてのアンケート結果

行うことによりリーダーシップまたは協調性の育成ができたと感じていることが考えられる。

授業内容に関するアンケート質問項目2-(1)において、グループで行った課題では、メンバーの人数は適切であると回答しており、実際の作業風景をみてもお互いに協力し合って作品を仕上げていた。1グループあたりの学生人数は2ないし3人が妥当である。これ以上の人数になるとグループ内での討論に参加しない学生や何もすることなく時間を持て余す学生がでてくる。さらにグループ活動における協調性、リーダーシップを養うことは難しくなる。質問項目2-(2)では全授業で行った課題テーマ数について回答を求めた。課題テーマ数は妥当な数であると回答されており、1課題1時間の実習は問題ない。次に本実習で行った全13課題についてのアンケート結果を図6に示す。図6(a)は課題に対する興味付けについての回答を示している。肯定的な意見が多く、教員が課題の選定に多くの時間を費やして討論した

(a) 課題テーマへの興味：質問項目2-(3)

(b) 課題テーマの難易度：質問項目2-(4)

(c) 課題テーマの実習時間数：質問項目2-(5)

図6 授業内容についてのアンケート結果

結果が良かったと思われる。Legoを用いた課題は特に人気が高く、メカトロニクス分野の専門科目への興味付けになったと考えられる。図6(b)および(c)に難易度や実習時間についての回答を示す。難易度や実習時間については難しいと感じた課題と実習時間が短いと感じた課題に相関関係がみられた。この関係は多くの学生が到達レベルに達することができなかった課題でもあり、教員側が設定したレベルが高い壁となっていることを表している。垂直上昇する風車の課題においてこの傾向は顕著であり、到達レベルを『風車の上昇する高さを500mm以上』から1週間の猶予を与えて『風を送って風車が上昇すれば合格』をクリアした学生は1割にも満たなかった。これらのことから、学生は1課題1時間で到達レベルに達することができる課題は簡単であると感じているが、レベルに達しなかった課題については辛口の回答をしている。時間の猶予を与え、到達レベルを下げても教員が望む結果が得られなかったことは非常に残念なことである。

学生自身についてのアンケート結果によると、90%以上の学生がものづくりに興味をもったと回答しているが、図7の課題終了後の復習や調査についてはあまり関心がないようである。なぜ自分の考えたアイデアで作品が成功または失敗したかという詳細な考察を行

図7 学生自身についてのアンケート結果（復習・調査）

図8 CFESについての回答：質問項目2-(8)、2-(9)

っていないと回答した学生が多かった。アイデアの抽出から作品に対する考察ができれば理解は一段と深まると考えられる。学生自身の復習や調査だけでなく、教員の補足説明も重要である。

4. 3 カード式フィードバック評価システムに関する評価アンケート結果

質問項目2-(8)および2-(9)においては、CFESに関するアンケート調査を行った。図8に示すように約80%の学生がCFESの実施について良いという回答であった。実習参加点および評価点が明記された評価シートを授業開始前に配布し、学生に成績の状況をフィードバックさせることが良いと回答していた。成績がすぐにフィードバックされるため、成績が良くない者は良くするための努力をし、良い者はさらに高得点を得ようとする傾向が見られた。最終的な成績は点数で学生らに伝わるが、それまでの成績は数字でなくても良い。スタンプを集めるというゲーム感覚でのシステムが学生のやる気を引き出したと考えられる。

4. 4 教育的効果に関する考察

(1) 出席状況の改善

CFES評価による受講生の出席率向上と遅刻激減の効果は3章で述べたとおりである。また、カード配布や回収という明示的なイベントを発生させることにより、時間の区切りを明確なものとし、演習時間内で集中して課題に取り組む姿勢を習得させる効果があったものと考えられる。さらに、工作や組み立て作業の結果として発生するゴミを放置、あるいは後片付けの乱雑さが目立つ学生が激減する効果があったことは特筆すべき事項である。

(2) ゲーム的な競争心による知的刺激

与えられた目標に到達することでスタンプ、あるいはグリーンカードが取得できるという単純なルールであるが、その教育的効果については3章で述べたとおりである。与えられた課題が難しいと感じ手がつけられないような場合でも、スタンプがもらえないという危機感、あるいは周囲の学生がスタンプを既に獲得しているといった事実が程よい刺激となり目標達成に向けて自主的な取り組みを身につけさせる効果が認められた。なお、ゲーム的な要素を絡めることで重苦しい雰囲気になることはなく、和気藹々とした雰囲気を保つことができたことを付記しておく。

(3) フィードバック制御による学力向上

演習結果が時間をおかずに評価され、その結果が学生にタイムリーにフィードバックされることによる教育的効果が高いことがわかった。また、周囲の学生のグリーンカード獲得、あるいはスタンプ状況が適宜確認できることから、そうした状況もあわせてフィードバックされており、その効果も高いことが認められた。

(4) テーマ設定の難しさ

毎回完結型となるようにテーマ設定を行った。しかし、易しいと考えて設定したテーマが学生にとってはそうでなかったケースがあり、実際に様子を見ながら難易度の調整を行うことで対応した。易しすぎるテーマは学生のやる気を挫き、逆に難しすぎるテーマは取り組みをあきらめてしまう学生ができてしまう。適度に難しく、少し考えればなんとか目標にたどり着けるようなテーマを設定するのが最も効果的と思われるものの、課題設定の観点からは最も困難な点である。

5. まとめ

創成科目の教育的効果を高めるための評価方法としてカード式フィードバック評価システムを提案した。そして、徳島大学工学部機械工学科で開講している創成科目の一つである創造基礎実習に導入した結果について報告した。授業内での定性的な評価に加えて、学生からのアンケート評価の結果を踏まえて、その教育的効果が認められた。今回の結果を踏まえてCFES評価方法に改善を加え、さらなる授業改善を重ねてゆく所存である。

今後の課題として、スタンプを現行の2種類から3種類へと増やし、演習参加ポイントを別にすることを検討している。また、各課題のルールや到達レベルの設定を明確にすることを心がけ、次年度のテーマ設定の検討を行ってゆきたい。

参 考 文 献

- 1) 西田 進：PBLの手法を用いた大学院生への教育研究指導，工学教育，52-2(2004)，12-17
- 2) 英 崇夫，猪子富久治，小西克信，升田雅博，三輪 恵：専門科目への動機づけを主眼においた初期創成科目，工学教育，49-6(2001)，38-43
- 3) 伊藤照明，米倉大介，浮田浩行：チームワーク教育を指向した3次元CAD教育の試み，工学教育，52-5(2004)，62-65
- 4) 大山 啓，高木 均，日下一也，堀川敬太郎：Lego Mindstormsを利用した創造的ものづくり教育とその効果，工学教育，52-4(2004)，20-24

著 者 紹 介

伊藤 照明

学歴：工学士（千葉大学），工学修士（筑波大学），博士（工学）（東京都立科学技術大学），Stanford University Visiting Scholar，現職：徳島大学助教授，専門：協調工学，医用工学。