問題解決力を育成する講義併用型創成科目

Original Education with Lectures for Creation of Products to Raise Ability for Solving a Problem

川口 清司^{※1}
Kiyoshi KAWAGUCHI

長谷川 淳^{※1}
Kiyoshi HASEGAWA

黒田 重靖^{※1}
Shigeyasu KURODA

升方 勝己^{※1}
Katsumi MASUGATA

The important abilities for which the young engineers are required are creativity, ability for solving a problem and presentation ability. However, the education curriculum for creation of products in the present university has the contents that the students in each group only make a product, so that they can not learn how to raise above-mentioned three abilities. In the faculty of engineering, University of Toyama, a new subject “creative engineering exercise” opened to all courses and grades students has started in 2004. The authors reexamined the subject, and then the improved new subject “creative engineering exercise” that can meet the requirements from society has started in 2005. The feature of this new subject is that the lectures are adopted in the subject in order to learn how to raise above-mentioned creativity, ability for solving a problem and presentation ability. This paper described how to learn ability for solving a problem.

Keywords : Education for Engineering, Practice, Creativity, Ability for Solving a Problem, Presentation Ability

キーワード：工学教育，演習，創造性，問題解決力，プレゼンテーション能力

1. 緒言

企業において技術者が新製品を開発しようとする場合、通常は社会のニーズに基づいて、顧客が満足することのできる商品コンセプトが企画され、それに基づいて必要な機能を満足できる構造を、サイズ、重量、コスト、寿命、デザイン、開発期間など様々な制約条件の下で、関係部署と共同作業をしながら技術者が自ら考えて新規に創り出す能力が強く要求される。その中で、重要な要件は「創造性」、「問題解決力」、「プレゼンテーション能力」であると思われる。

技術者の創造性については、商品が売れるためには、他社製品との差別化が必要であり、特許が取得できる独自の構造が要求される。次に問題解決力は、試作品が完成して性能評価を実施した際に性能を満足しない場合、その原因を究明して改良の指針を打ち出すために必要な能力である。またプレゼンテーション能力は、社内外における説明や報告を行う際に重要な能力である。しかしながら、従来の大学におけるものづくり教育では、アイデアの発想方法や製作時において発生する問題に対する解決方法を学習できるカリキュラムに必ずしもなっていないとは言えなかった。

近年、大学等の教育機関では創成科目を採り入れ始めており、松浦ら¹⁾や千田ら²⁾は体験型の「ものづくり

実習」を実施して、工学の必要性・方向性を学生に実感・納得させている。また、田村ら³⁾は「創造工学実習」を通して、メカニズムや加工方法などを少人数のグループで考え・製作することによって、創造力や共同作業に必要なコミュニケーション能力・協調性などを育成しようとしている。その他、横田ら⁴⁾や石田ら⁵⁾も創造性を育成する独自のものづくり教育を実施している。しかしながら、上記の創成科目はいずれも実習を進めていく中でアイデア発想力や問題解決力を養っていくという教育内容であり、それらの方法論を効率的に学習するための教育内容に必ずしもなっていないと思われる。一方、授業の中でその方法論を養うという試みも始められており、塚本ら^{6),7)}は創成科目の中に発想ツールの学習を組み入れた新しい手法を提案している。この発想ツールは大変興味ある手法ではあるが、実際の形あるものづくりに応用するためには、具体性という点において改善の余地があると思われる。

富山大学工学部では、平成15年度文部科学省事業「特色ある大学教育支援プログラム（特色GP）」に、新潟大学工学部、長崎大学工学部と共同で提案した「ものづくりを支える工学力教育の拠点形成」が採択されたことを契機に、平成16年度から学科横断・学年横断を特徴とした新しい創成科目である「創造工学特別実習」をスタートさせた。本論文ではそれをベースにして、さらに工学力を育成するための教育内容を加えた新しい「創造工学特別実習」を企画し、平成

平成18年7月14日受付

※1 富山大学

17年度からスタートさせたが、その中でも問題解決力の育成を中心として報告する。

2. 新しい「創造工学特別実習」科目の特長

前章で述べた社会が求める技術者に要求される能力を、大学における教育で可能な限り養おうとしたのが本論文で報告する新しい「創造工学特別実習」科目である。「創造工学特別実習」科目そのものは、平成16年度からスタートし、従来学科単位で実施されていた創成科目を工学部全体でも実施するようになった。その狙いは、まず学科間を横断して実施することにより、異分野における知識を学習できること。また、異なる専門を有する学生が同じテーマに取り組むことになり、発想の違いを経験できること。次に学年間を横断して1年から3年までが受講対象であり、かつチームのメンバーが5～6名なので、同じチームに異なる学年の学生が存在することになり、リーダーシップや協調性を養うことができることである。

「創造工学特別実習」科目は上記の狙いを達成できたものの、ものづくりにとって重要な「アイデア発想力」、「問題解決力」、「プレゼンテーション能力」を育成する上で課題が残されていた。そこで、それらの育成を効率的に実施する方法として、科目全体は実習という形態を採りながら、上記の能力を重点的に向上させるために、それらの方法論を講義形式により習得させる新しい「創造工学特別実習」科目を企画した。

表1に新しい「創造工学特別実習」科目のシラバス

表1 シラバスの抜粋

授業の目的・ねらい	自主性や創造性の育成を目的として、異なる学科や学年の学生がチームを組んでものづくりに取り組む。いろいろの専門の人が協力して作品を作り上げることの重要性を学ばせ、ものづくりの楽しさを体験させ、発表会で評価してもらうことにより、自信をつけさせる。
理解度達成目標	1. 具体的な課題を設定できる。 2. 実習計画と方法を考える。 3. 専門書や文献を調査できる。 4. 自主的に実習できる。 5. 共同で実習できる。 6. 実習結果をまとめることができる。 7. ものづくり作品を発表することができる。
授業計画	第1回 担当教員との打ち合わせにより、課題を設定する。 第2回 講義(創造工学教育の理念と目標、アイデア発想法)と演習 第3回 講義(要因分析と問題解決法)と演習 第4～11回 課題実習の遂行 第12回 実習の整理と発表の準備 第13回 講義(発表方法)と発表資料の作成 第14回 発表 第15回 発表の反省と評価

の一部を示す。第2回目、第3回目、第13回目に講義として、「アイデア発想法」、「要因分析と問題解決法」、「発表方法」が採り入れられていることが特長である。次にそれらの概要を示す。

(1) アイデア発想法の育成

アイデアを出すための一般的な手法として用いられているブレインストーミング法ではなく、アイデアをどのように発想するのかを教えるために、その基本的な考え方とそれを用いた演習を講義形式で行った。具体的には、「見方」と「固定概念」を変え、モノを別の方向から見ることによって新しい発想を見出す訓練を行うことに主眼を置いた。さらに一人でもアイデアを発想できる手法として、チェックリスト法について簡単な実例を示しながら講義を行った。

(2) 問題解決力の育成

本科目では「問題解決力」を育成するために、要因分析法を主体とした問題解決方法について講義を行い、次に実際の問題を例にとってどのように解決していけば良いのかを、学生が考えながら解答するという授業方式を採用した。問題解決のプロセスは、まず何が問題であるかを設定し、それについて現象を観察することにより原因を考察する。次に考えられ得るすべての要因について、要因分析法を用いて因果関係を図式化し、可能性の高い要因に基づいて仮説を立案する。そして、その仮説が正しいかどうかを実際に試してみることにより実証する。以上のプロセスを理解できるように、簡単な実例を示しながら説明を行った。

(3) プレゼンテーション能力の育成

企業におけるものづくりでは、新製品を提案する場合や、社内外における説明や報告を行う際にプレゼンテーション能力が重要になる。そこで「創造工学特別実習」科目では、パソコンとプロジェクターを用いたプレゼンテーションを行うための資料の作成方法、発表方法、質疑への対応方法に関する講義を行い、さらに実際に発表を行う機会を設けた。

3. 「創造工学特別実習」における問題解決力の育成

3. 1 問題とは何か

製品開発において、試作品を性能評価した際に設計時に期待した機能が得られなかった場合、その差が大きいと問題として取り扱われる。

3. 2 問題解決のプロセス

図1に実際の製品開発時における問題解決のプロセスを示す。

①問題の設定

試作品が完成して、性能評価を実施した際に様々な問題点が明確になる。そこで、その中から優先度を決めて解決したい問題を設定する。

②現象の観察と考察

問題を解決するためには、その原因を見つけること

図1 問題解決のプロセス

表2 五感を用いた現象の観察方法

■視覚	供試品を観察して、変形や変色等を調べる。
■聴覚	作動時における音を聞いて、各部の振動や異音の有無を調べる。
■触覚	供試品に触れて、表面の状態や変形および振動の有無を調べる。
■嗅覚	作動時において異臭などが発生していないか調べる。
■味覚	化学系の問題解決では有効な場合もあると思われる。

が必要である。そこで、問題となっている現象を詳細に観察して、何が原因になっているのかを考察する。その際に表2に示すように五感を働かせることが重要である。まず視覚であるが、これは試作品を目でよく観察して、設計通りの形状、構造、色になっているかどうかを調べる。空気流動のような目に見えない物質の挙動が原因と考えられる場合には、空気流動の可視化を行った上で観察しなければならない。また、電気・電子系の回路における問題では、計測器のモニター等の観察が重要になる。次に聴覚であるが、これは試作品を作動させた場合、異音が発生していないかどうか、また発生する場合にはその場所を特定するようにする。触覚は試作品に触れてみて、表面の状態を調べたり、形状の変化や振動の有無を調べる。また、触れることにより、温度の変化を調べることも可能である。嗅覚は試作品を作動させた場合、臭いを嗅ぐことにより、異臭が発生していないかどうかを調べる。最後に味覚は機械系の問題解決にはあまり有用ではないが、化学系の問題解決に有用である場合が多いと思われる。

③要因の分析

上記の現象の観察と考察により、いくつかの原因を推定できると思われる。そこで、次の中から真の原因を特定するために、要因分析を実施する。要因分析の方法はこれまでいくつか提案されているが、本実習では特性要因図を用いた方法を採用する。この手法は、図2に示すように問題の結果（特性）がどのような原因（要因）によって起きているか図解化（特性要

図2 要因分析法

因図) して、問題点を把握し解決を考える技法である。その際、大要因は大骨に、中要因は中骨に、小要因は小骨にして図解化していく。この技法の特徴は、問題のあらゆる要因を因果によって、もれなくまとめることができることである。

④原因の推定と検証

上記の特性要因図を用いて、要因の推定をまず行う。その際に要因がまだ複数個存在して特定できない場合、簡単な実験を行って検証することが必要である。

⑤改良指針の策定

原因が特定されれば、次に対策するための改良指針の策定を行う。その際、対策案は最初から一つしかないというのは稀であるので、複数の選択肢から選ぶための基準について述べる。まず最初は効果である。対策した結果についてこの程度の効果が見込める、あるいは効果があるというように、できるだけ数値を用いて定量化することが重要である。できない場合でも5段階評価程度は実施したい。2番目は実現可能性である。対策案が実施できなければ意味がないので、実現可能性の検討は重要である。その際に、製造可能性、コスト、期限、重量、体格、デザイン、その他のデメリットを徹底的に検討することが重要である。

3. 3 実例による問題解決実習

実習テーマとして行った「風力発電装置」を例にとって、問題解決を実習していく。図3に製作した風力発電装置の構造を示す。垂直軸型のダリウス式風車であるが、特長は二つある。一つ目は上下二つの風車を逆方向に回転させることにより、発電量を増大させたこと。二つ目は風車の翼上部に起動用の端部の翼を設けることにより、自己起動を可能にさせたことである。

図3 風力発電装置の構造

表3 五感を用いた現象の観察

■視覚	非回転時における供試品の観察を行い、軸などが変形していないか、回転時における供試品の観察を行う。
■聴覚	回転時における音を聞いて、各部の振動や異音を調べる。
■触覚	風に手を当てて風速の大小を測る。
■嗅覚	異臭などが発生していないか。
■味覚	化学系の問題解決では有効な場合もあると思われる。

それぞれ上下の風車は、風車の翼、端部の翼、軸、支柱から構成されており、軸は軸受けを介してフレームに取り付けられている。上下の風車の軸は、それぞれ発電機のロータとステータに接続されており、風車が逆方向に回転することにより、発電機のロータとステータは相対的に回転して発電する。また、性能評価の際には、上下の風車に同一風速の風を供給する。

①問題の設定

作品が完成した当初は二番目の特長である自己起動ができなくて、これを問題点とした。

②現象の観察と考察

視覚、聴覚、触覚を用いて現象の観察を行った。表3に現象の観察項目を示す。まず視覚については、フレームの変形や風車の軸の変形がないか確認した。また、風車を回転させた場合において、フレームや風車が回転するかどうかをチェックした。次に聴覚については、風車を回転させた場合において回転に伴う異音が発生していないかどうかを調べた。また、触覚については、風車を手で回転させてみて、抵抗感があるかどうかをチェックした。また、風車を回転させるために十分な風が供給されているかどうかを、実際に手を風にかざして調べてみた。

③要因の分析

上記における現象の観察と考察により得られた結果を参考にして、特性要因図を用いて原因の特定を行った。図4に作成した特性要因図を示す。自己起動できない原因が発生する部位等として、風、端部の翼、

図4 風力発電装置における特性要因図

車の翼、支柱、軸、フレーム、軸受、発電機が挙げられるが、それぞれについて考えられる要因を図示した。例として端部の翼に関する要因について考えてみる。まず一番目は翼の重量が重くないかという点である。重量が過大であると、当然ながら慣性が大きくなり、風が吹いても風車は回転しない。次に機械的に拘束されていないかどうか、すなわち端部の翼とフレームが干渉していないかどうかを調べた。最後に端部の翼の形状であるが、この要因はさらに翼面積、翼取付け角等に分けることができる。端部の翼で発生する抗力によって風車が回転する構造なので、抗力の大きさが問題になる。抗力の大きさは、抗力係数の大きさ、翼面積に関係するので、設計通りの形状になっているかどうか調べる必要がある。

④原因の推定と検証

特性要因図から要因の因果関係が明確になるので、原因と思われる要因を中心として試行錯誤的に実験してみる。図5に示すように、その中から事実として、風に関しては問題ない(風速、風向)、軸・フレーム・支柱の変形はない、手で軽く回すと滑らかに回る、手で回して振動や異音は発生しない、ということがわかったならば、原因として端部の翼が機能せず十分な抗力が発生していないということが推定できる。

⑤改良指針の策定

原因が特定できれば、その対策は比較的容易になる。原因が端部の翼にあることが特定できたので、その対策を検討する。最終的に実施するにあたり制約条件が発生するが、最初は何も考えずにすべての対策方法について列挙してみることが必要である。その結果図6

図5 原因の推定と検証

図6 対策案の検討

改良方法	効果	コスト	実現可能性	総合
翼弦長大	3	△	・重量・体格増	△
翼スパン大	3	△	・寸法上の制約あり ・重量増	×
翼取付け角大	1	○	・1/2回転した場合も 抗力が増大	△
翼そり大	5	○		○

図7 対策案の総合評価

図8 授業風景

に示すように、対策案として翼弦長の増大、翼取付け角度の変更、翼そりや翼形状の変更、翼スパンの増大、抵抗差をつけるような形状の変更等が考えられる。しかしながら、実際の製品開発の場合、性能を満足できればそれで良いというものではない。いくら性能が良くても製品のコスト（価格）が高いと売れない。そこで、上記の対策案の効果や実施する際のコスト等について十分検討する必要がある。そこで、それぞれの改良方法について、効果とコスト、および実現可能性に基づいて総合評価を検討した。図7にその評価結果を示す。4つの改良方法に対して、それぞれの評価項目について評価した結果、翼のそりを大きくする方法が最も優れていることがわかったので、この方法を採用することにした。

以上のような講義を行い、学生に具体的に対策を考えさせることが重要である。図8は講義の授業風景であり、学生にできるだけ解答させるようにした。

4. 教育効果の検証

4. 1 アンケートによる検証

次に、上記の教育効果を調べるため、約70名の受講生を対象にしたアンケートを行った。アンケートの質問項目は合計10項目であるが、その内8項目を抜

Q1 ものづくりにとって問題解決力は必要であると思いますか。

(a)

Q2 このような講義形式の授業は必要であると思いますか。

(b)

Q3 今回の講義は問題解決力の向上にとって有益であったと思いますか。

(c)

Q4 今回の講義内容のレベルは高いですか。

(d)

Q5 今回の講義内容の量は多いですか。

(e)

Q6 今回の講義内容は理解できましたか。

(f)

図9 アンケート結果

粋して図9(a)～(f)に示す。図9(a)より、学生の大部分が今回実施したような問題解決力がものづくりにとって必要であると思っていることがわかる。また図9(b)より、3/4以上の学生は講義形式の授業が必要であると回答している。図9(c)より、大部分の学生は本授業が問題解決力の向上にとって有益であったと回答しており、教育の狙いは十分達成できた。また図9(d)(e)(f)より、授業のレベルや量は適切であり、学生が授業内容を理解できていることがわかる。今回の授業レベルは必ずしも高くはないが、受講生の学生が1年から3年まで幅広く構成されていることより、1年次の学生でも理解できるようにしたためである。

以上、課題による検証結果およびアンケートの結果より、当初狙った問題解決力の育成に対して、教育効果が上げられたことを検証できた。

4. 2 今後の課題

アンケートの結果や授業中における学生の意見などから、「創造工学特別実習」科目における問題解決力向上のための今後の課題についてまとめた結果を以下に示す。

(1) 学科・学年共通の実習時間の確保

本科目は基本的に学科・学年横断型の実習であるので、テーマを実施する学生は所属学科も学年も異なる場合が多い。従って、同じテーマを実施する学生全員が集まることが困難であり、どうしても夏季休暇時に集中するという問題がある。そこで、作品について問題が発生した際に全員でアイデアを出し合えるように、1週間に一回は学科・学年共通の実習時間を確保できるような時間割を提案していきたい。

(2) 講義内容のさらなる充実

現在この科目の特長である講義は3回実施されているが、1回の講義時間90分間だけでは講義内容を十分習得するための演習課題を行う時間が不足している。また、内容的にもまだ抽象的であるので、具体的な作品を例題に選択して、その中でどのように問題を解決していくのが理解できるように、さらなる充実が必要であると思われる。

5. 結言

(1) 社会が要求する技術者の育成を目指し、とくにアイデア発想力・問題解決力・プレゼンテーション能力を、講義を通じて効率的に養うことのできる新しい「創造工学特別実習」を企画し、実践した。また、その中で要因分析法を用いて、問題解決力を育成する方法を提案した。

(2) アンケートの結果、学科・学年共通の実習時間の確保等の課題も残るが、全体としては当初狙った問題解決力を育成する教育効果を上げることができた。

参 考 文 献

- 1) 松浦英雄, 他1名: 機械系学生を対象としたモノづくり実習 (第1報), 工学・工業教育講演会講演論文集, pp.85 - 86, 2004
- 2) 千田進幸, 他1名: 機械系学生を対象としたモノづくり実習 (第2報), 工学・工業教育講演会講演論文集, pp.87 - 88, 2004
- 3) 田村武夫, 他1名: 創造工学実習の成果と展望, 工学・工業教育講演会講演論文集, pp.107 - 108, 2004
- 4) 横田和隆, 他4名: 工学部初年度学生に対する創成科目「創成工学実践」, 工学・工業教育講演会講演論文集, pp.375 - 376, 2004
- 5) 石田浩一, 他5名: 創造製作を核とする創造性を育成するものづくり教育, 工学・工業教育講演会講演論文集, pp.393 - 394, 2004
- 6) 塚本真也, 他3名: 創成科目における発想ツールの学習とその教育効果, 工学教育, 50 - 5, pp.71 - 77, 2002
- 7) 塚本真也, 他3名: 跳ねる機械を実現させる創成科目の導入とその教育効果, 工学教育, 50 - 6, pp.51 - 56, 2002

著 者 紹 介

川口 清司

所 属 富山大学工学部機械知能システム
工学科・助教授

学 位 工学博士

学 歴 金沢大学工学部機械工学科

専 門 流体工学

所属学協会 日本機械学会, 可視化情報学
会, ターボ機械協会, 日本伝
熱学会, 日本工学教育協会

連絡先 kawaguti@eng.u-toyama.ac.jp