

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月24日現在

機関番号：55201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21560157

研究課題名（和文）

マルチロール型エンジニア育成のためのエンジニアリングデザイン教育プログラムの構築

研究課題名（英文）

An Engineering Design Curriculum for training Multirole Engineers

研究代表者

高橋 信雄 (TAKAHASHI NOBUO)

松江工業高等専門学校・電子制御工学科・教授

研究者番号：10110222

研究成果の概要（和文）：生産現場における開発・設計・生産など全体を見通して製品開発できる、マルチロール型エンジニアの育成を目標として教育プログラムを開発した。プログラムは開発プロセスを学ぶ講義科目、創造性を養う演習、そしてクライアントのニーズに基づいた装置を開発する製作演習から構成される。開発プロセスを理解し、その知識を製品開発に活用できるエンジニアが教育プログラムの目標である。

研究成果の概要（英文）：The authors propose an effective curriculum for educating the student to the multirole engineer. The ability of the student to design and assemble a device is based on knowledge and skills acquired in course work, classes for learning design process, seminars for developing creativity, and exercises for devising a product based on the needs of the client. Understanding the principles of the engineering design process and applying this knowledge to the manufacturing process best describe the educational goals of this curriculum.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学、設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：設計工学、工学教育、エンジニアリングデザイン

1. 研究開始当初の背景

我が国は戦後一貫して、欧米に追いつけ追い越せのかけ声で疾走してきた結果、ものづくりの生産性や品質で欧米をキャッチアップし、経済的にも世界のトップに躍り出ることができた。しかしながら、日本のメーカは製品の低価格化で対抗しようとした結果、利益率の低下を招き国際的競争力を失っている。

加えて中国や東南アジア諸国を主とする新興国が、ものづくりの生産現場において品質管理手法をマスターし、我が国を追い上げつつある。さらに、欧米メーカも技術をアートとして独自の製品開発を行い、付加価値の高いものづくりへと産業構造を変化させ、さらなる経済成長をはかっている。これらに対抗し国際競争力を高めるため、我が国も付加価値の高いものづくりへと産業構造を変化

させることが望まれる。

従来の工学教育は、専門科目と実験実習を組み合わせ、個々の現場で必要とされるエンジニアを育成してきた。しかし、付加価値の高いものづくりを実現するためには、分野ごとの能力に加え、複数の分野を横断的に理解した広い視野を持つエンジニアが必要である。

研究代表者の所属する高専は、教育目標として「学んで創れるエンジニア」を掲げ、「ものづくりの基礎力」を育成するための学習や実習に加え、企画・開発能力を身につける教育を実践してきた。

研究では、高専でのこれまでの教育実績を基に、エンジニアリングデザイン教育を活用し、ものづくりの各部門の知識や技能を横断的に理解し、開発・設計・生産を一貫して習得できるマルチロール型エンジニア育成プログラムの構築をめざす。

2. 研究の目的

従来の工学教育では、製品製造を開始するまでの一連の作業である企画、立案、概念設計、詳細設計、そして生産のための準備に至るまでを、会社に入ってから覚えることであるとして、教育機関は扱おうとしていなかった。

しかしながら、付加価値の高い製品を生み出すため、エンジニアには創造的な作業が要求されつつある。このような要求に応えるため、製品の設計から製造に至る開発プロセスをエンジニアリングデザインプロセスとして、論理的に系統立てて理解する必要がある。エンジニアリングデザイン教育を効率良く行うことで、これまで入社後の On the Job Training (OJT) として時間をかけて習得していた製品開発の手法を、より短い時間で習得することが可能になり、開発のプロセスを効率的に進めることが期待される。

研究では、開発・設計・生産など各部門の持つ技術や置かれている状況を把握し、どのような部門でも全体を見通して的確に働くことのできるマルチロール型エンジニアの育成を目標とした教育プログラムを構築する(図1)。



図1 マルチロール型エンジニア

3. 研究の方法

(1) 開発プロセス調査

日本メーカーにおける開発、設計、生産に至る開発プロセスを記述し、教示することを目的として訪問調査を実施した。機械・電子機器産業における情報収集を目的として、自動車および関連装置メーカー2社、工作機械ほか機械装置メーカー2社、電気製品メーカー4社、交通システムなどの設備システムメーカー3社、半導体メーカー1社、計12社を訪問した。さらに調査内容を元に、教科内容を検討した。

(2) デザイン教育調査

多くの高等教育機関では、創成型教育、ものづくり教育、PBL (Problem Based Learning)、エンジニアリングデザイン教育として、学生のデザイン能力育成を図っている。効果的な教育カリキュラムの構築を目的として、2大学5高専を訪問調査した。

(3) デザイン教育の試行

松江高専専攻科において、開発プロセス知識教育とデザイン技法演習、発想法演習、グループによる課題解決演習および製作実習を組み合わせたデザインカリキュラムを試行し、効果的な教育法について検討した。

4. 研究成果

(1) マルチロール型エンジニアに必要な力

エンジニアリングデザインとは、1980年代に米国で明確化された概念である。当時、米国は、「ものづくり」の各面において日本と比べ競争力が低下しているとの認識の下、技術教育を国家課題として推進した。その中で重視されたのがエンジニアリングデザイン教育である。エンジニアリングデザインは、企業において製品製造を開始するまでのすべての段階、すなわち新製品の構想、企画、立案、概念設計、詳細設計を経て、生産のためのドキュメント作成に至る創造的プロセスである。

しかしながら我が国では、エンジニアリングデザインは企業内教育として個々の企業でのOJTとして教育され、高等教育機関では教示されていなかった。工学教育では、未だ個別の工学要素技術が教育の中心とされており、「ものづくり」に必要なアイデアの発想から設計までを系統立てて教える教育は確立されていない。マルチロール型エンジニアの育成のためには、開発プロセスを全体を視野に入れた教育が必要である。

図2に、開発プロセスの各段階において必要となる力を示す。以下に、それぞれの力について議論する。

① 観察力・多面的な視点

開発プロセスにおいては、クライアントの要求をかなえる設計解を作り上げることが目的となる。そこではクライアントが真に求めているものを見極める観察力、あらゆる方

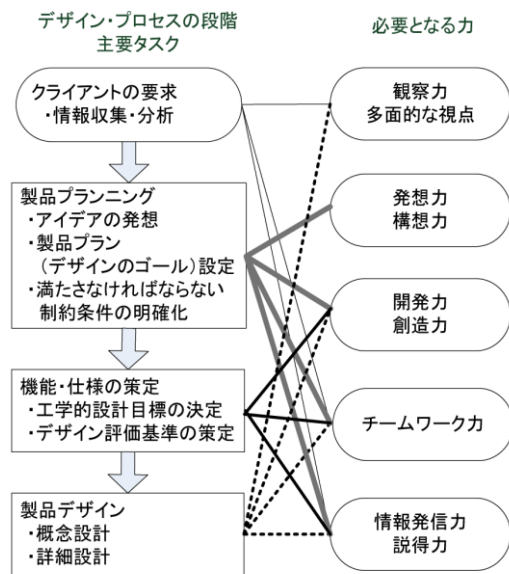


図2 デザインプロセスとプロセスにおいて必要となる力

面から要求を明らかにする多面的な視点がスタートラインとなる。スタート段階で要求の把握を誤れば、開発プロセスは誤った方向へと進み、開発は失敗に終わるであろう。

また、ものづくりのプロセスにおいては、設計解を考案しながら図面上で、あるいはシミュレーションや試作を通じて、頭の中で考え通りに動かない設計と向き合わなければならない。動かない設計にはどこかに見落としや考え違いがある。そのまちがいを探り出すためには、頭の中の構想と現実との乖離がどこにあるのかを探り出し、動かすにはどうすればよいかを考え、設計を修正し、そして動作を確認しなければならない。この創造へのプロセスもまた、教育機関では教示されていなかった。

② 発想力および構想力

知識は重要である。アイデアは、頭の中にある知識を活用して、その組み合わせや転用や部分的な利用を通じて発想される。少なくとも、アイデアがわき出した時点では、その種となる知識は頭の中にあっただけである。つまり、知識がなければアイデアは生まれえない。

しかし知識が記憶されているだけではアイデアは生み出されない。どの知識のどこを、どう使えば要求の解決に役立つかを発想する力が必要である。発想のためには、知識の単なる記憶ではなく、それぞれの知識の科学的な原則に立ち返った本質的な理解が欠かせない。

また、なんらかのアイデアを思いついたとしても、そのアイデアをどう工夫すればシステムに適用可能となるか、あるいはアイデアをどのように組み合わせれば最適な解決案が得られるかを考え、まとめあげる構想力も

必要である。

課題を観察し、課題において真に解決を必要とされる項目を見極め、有効な解決案を提案するためには、知識とそれを活用する発想力が必要である。そしてアイデアをさらによいものへと改良し、製品プランとして策定する構想力もまた、マルチロール型エンジニアに必要な力である。

③ 開発力あるいは創造力

エンジニアの仕事は、課題に対する工学的な解決案（設計解）を創りあげることである。開発力あるいは創造力は、エンジニアとしてもっとも重要な能力である。技術開発のためには技術に関する知識、デザイン能力、プロトタイプやモデルを製作する能力、測定しデータを解析する能力、そしてよりすぐれた設計解をめざす粘り強さが必要である。開発力はこれらすべてを含む力である。

④ チームワーク力

開発プロセスでは、チームによって課題解決が図られる。チームとは単なる人の集まりではなく、役割を分担し、補完し合い、効果的にアウトプットを創りあげる集団である。プロセスに参画するひとりひとりが目標を共有し、どのようにチームの一員として動くことがよりよいアウトプットにつながるかを意識し、どのように行動すべきかを考えることが重要である。

⑤ 情報発信力および説得力

有用な情報を見つけ出そうと、すばらしい提案を思いつこうと、それを同僚や上司、クライアントに伝え、同意を得ることができなければ設計解として結実させられない。あるいは不具合を見つけ出し、トラブルを未然に防ぐためにも、適切に情報を伝え、速やかに同意を得ることが必要となる。

以上の力を養成することがマルチロール型エンジニアの育成に必要である。

(2) マルチロール型エンジニア育成カリキュラム

マルチロール型エンジニア育成を目的とした松江高専専攻科におけるデザイン教育カリキュラムと科目について述べる（図3）。

高専専攻科生は、高専本科においてもものづくりを体験している。そこで専攻科でのカリキュラムは、本科のものづくり体験を踏まえたものとした。

専攻科1年次には知識取得のための講義科目「エンジニアリングデザイン」、開発プロセスに用いられる技法を演習する「エンジニアリングデザイン演習」、グループワークおよび製作演習を組み合わせた実験科目「システム技術実験1、2」を開講した。以下、各科目について説明する。

① エンジニアリングデザイン

なぜメーカーでは開発プロセスが定義されているのか、その目的は何か、などを説明する。

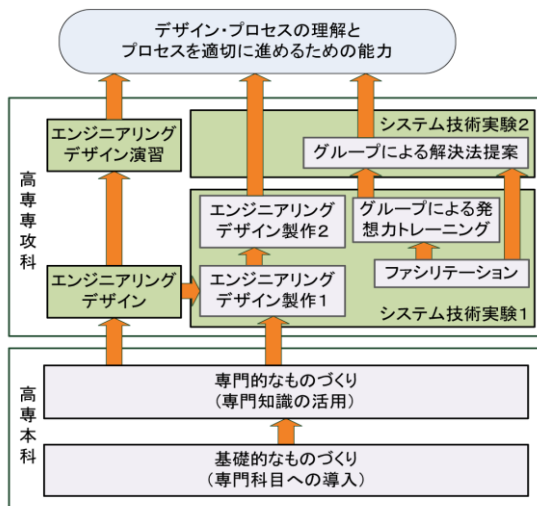


図 3 松江高専専攻科におけるエンジニアリングデザインカリキュラム

そしてプロセスの各段階における意志決定の進め方、クライアントの要求から製品の機能や仕様へと変換し、さらに工学的な設計解へと変換するための考え方や技法について教示する。

② エンジニアリングデザイン演習

開発プロセスへの理解を深めることを目的として、開発プロセスにおいて用いられる技法を演習する。2010年度は、字消しテープの VE (Value Engineering)、掃除機の QFD (Quality Function Deployment)、自転車故障の FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)、ネットワークがつかない事象あるいはエンジンがかからない事象の FTA (Fault Tree Analysis) を実施した。いずれも技法の目的、実施法などを説明した後、小グループに分かれて技法演習、各グループの演習結果のプレゼンテーションを実施した。

③ システム技術実験 1

システム技術実験 1 では、2 回のエンジニアリングデザイン製作、グループによる発想力トレーニング、ファシリテーション演習を実施した。

エンジニアリングデザイン製作は、学生一人一人が創造力を発揮し開発力を高めること、クライアントの要求を意識してアイデアを発想することを目的としている。課題を提示した後、考案したアイデアを通じてクライアントの要求および設計解(作品)が満たさなければならない制約条件を議論し、より要求を満たすアイデアへと構想を練り、製作物を作成する。

グループによる発想力トレーニングは、「アンブレラ通信」、「ストローの斜塔」、「貿易ゲーム」など、4~5 人のグループに分かれ、課題に対するアイデアまたは戦略を考案す

るトレーニングである。オープンエンドな課題を用いて思考力を鍛えるとともに、ゲーム形式で競うことにより積極性を引き出し、グループにおける協調性を鍛えることを目的としている。

ファシリテーションは、グループによる合意形成トレーニングである。ファシリテーションは議論の見える化を通じて、よりよい合意へと議論を集約させる技法である。

④ システム技術実験 2

システム技術実験 2 では、グループによる解決法提案として「まちづくりマップ」、「癒しの避難所シェルター」などのテーマを開発した。

「まちづくりマップ」は、「都会からやってくる友人に隠れた観光スポットを案内する」などのテーマに対し、取材しコンセプトをまとめ、ポスターを作成してプレゼンテーションする。地域を取材することによる観察力と、テーマを元に提案をまとめる構想力の育成を目的としている。

「癒しの避難所シェルター」では、避難所での居住性を高めることを目的として段ボール製のパーティションを考案し、実物を製作する。課題提示の後、2 週間の準備期間内に設計し、段ボール紙に準備加工を施し、時間内に実物を組み立てる競技会を行う。そして組み立てた実寸の作品を用いてプレゼンテーションする。構想力およびグループでのチームワークを育成する課題である。

(3) まとめ

マルチロール型エンジニアには、クライアントの要求を把握し、効果的に設計解を開発する能力が求められる。この能力の育成のためには、開発プロセス全体についての知識を持った上で、実際の開発プロセスをシミュレートする演習が有用と考える。

クライアントの要求としてテーマを提示し、その要求を明確化させることからデザインを考察させ、考案したデザインは要求を解決するものであるのかとの観点から評価させることが演習のポイントとなる。デザインのゴール(設計解)を設定し、解決案が満たさなければならない制約条件を明らかにし、クライアントの要求をよりよく解決する設計解へと集約させる体験を積ませるカリキュラムが効果的と考える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 4 件)

- ① 別府俊幸、高橋信雄、ほか 8 名、松江高専専攻科におけるエンジニアリング・デザイン教育、第 6 回ワークショップ「エ

- ン지니어リング・デザイン教育」、日本工学教育協会、pp. 32-38、2012年2月25日、東京
- ② 別府俊幸、荒木光彦、高橋信雄、箕田充志、エンジニアリング・デザイン科目の必要性、平成23年度工学・工業教育研究講演会講演論文集、pp. 476-477、2011年9月7日、札幌
- ③ 別府俊幸、荒木光彦、高橋信雄、箕田充志、工学教育に求められるエンジニアリングデザイン教育、日本工学教育協会平成22年度工学・工学教育研究講演会講演論文集、pp. 320-321、2010年8月21日、仙台
- ④ 別府俊幸、荒木光彦、高橋信雄、箕田充志、日本版エンジニアリングデザイン教育について、日本工学教育協会平成21年度工学・工学教育研究講演会講演論文集、pp. 628-629、2009年8月8日、名古屋

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 信雄 (TAKAHASHI NOBUO)
松江工業高等専門学校・電子制御工学科・教授
研究者番号：10110222

(2) 研究分担者

別府 俊幸 (BEPPU TOSHIYUKI)
松江工業高等専門学校・電気工学科・教授
研究者番号：30181481