金沢工業高等専門学校機械工学科における エンジニアリングデザイン教育の取り組み

Development of Engineering Design Education in the Department of
Mechanical Engineering at Kanazawa Technical College

山田 弘文^{※1}
Hirofumi YAMADA

天日 三知夫^{※1}
Michio TEN-NICHI

松井 洋^{※1}
Hiroshi MATHUI

中村 明人^{※2}
Akizi NAKAMURA

This paper introduces a method of the engineering design education for college of technology mechanical engineering students. In order to teach the practical engineering design, the MIL-STD-499A process is adapted and improved upon for a Mechatronics hands-on lesson used as the MOT method. The educational results in five years indicate that knowledge of the engineering management is useful for college students in learning engineering design. Portfolio for lessons and the hypothesis method also have better effects on the understanding of the engineering specialty.

Keywords : Engineering Design, Hands-on, Management, Team Work, Mechatronics

キーワード：エンジニアリングデザイン，モノづくり，管理，チームワーク，メカトロニクス

1. はじめに

技術の高度化が加速され，多機能で高性能な工業製品が，社会生活に利便を供するようになった．危機的に叫ばれた若者の理科離れの傾向も，SPP，STPなど各種の文教政策によって徐々に沈静化しつつあるものの，一方では，若手技術者の創造性や工学設計（Engineering Design）能力の欠如が危惧されている．

このような問題を解決するために，デジタルエンジニアリングの活用，MOT（management of design process based on engineering technology）およびエンジニアリングデザイン等に立脚した初級技術者育成教育の必要性が提唱され始めている¹⁾．

金沢工業高等専門学校（以下金沢高専）では，創設以来，「実践的技術者の育成」を教育の目標に，ものづくりを中心とした教育を実施してきた．1997年以降は総括的な教育目標に人間形成要素を高めて，「こころゆたかで，創造性にあふれた技術者の育成」とし，各専門学科がこれを具体化する，「実学志向のものづくり教育」を進めてきた²⁾．

機械工学科においては，ものづくりの全般過程を認識し技術の目利きが出来る，「メカトロニクスに強い実践的初級技術者の育成」を具体的目標としてきた．これを，MIL-STD-499A（米空軍規格：廃版）に準拠したエンジニアリングマネジメントの概念³⁾と，筆者らが実業界で得たものづくり経験をもとに構築した，高

専5年間を通じた積み上げ式の「創造実験」体系にもとづいた教育で実現してきた．第4学年におけるメカトロニクスものづくりを頂点とした当該教育における学生の満足度（後掲，図4）並びに，卒業後に回顧した当該教育に対する卒業生の満足度（訪問者への聞き取り）はいずれも高く，一連の教育の仕組みが機械工学科のものづくり教育として妥当であると判断する．

本報告では，「Engineering Design」を包括的に捉え，従来の教育成果とこれに企業技術者の参画及び，米国大学等におけるEngineering Design教育現地調査の結果を加味し，新たに試行中の金沢高専機械工学科における実践的技術者教育について報告する．

2. 機械工学科の実践的初級技術者像と教育方法

2.1 卒業生の状況と技術者像の変化

図1は，2007年度の卒業生の進路を示している．就職者の約7割は，北陸地区（特に石川県）における企業に就職し，将来の幹部要員とされる傾向にある．また，地元産業に就職し熟年期にある卒業生の多くは，

図1 2007年度における金沢高専卒業生の進路概要

平成20年2月8日受付

※1 金沢工業高等専門学校

※2 VR テクノセンター

表1 機械工学科の初級技術者の技術的主要資質

区 分	概 要	実現方法等
倫 理 観	高い技術者倫理観, 常識	技術者倫理科目
経 営 観	技術・製品開発管理の基礎 企業構成員感覚, 経済感覚	MIL-STD-499Aの適用 想定方式, Roll Play
社 会 性	顧客感覚, 協働能力	グループ活動
専門知識	メカトロニクス, 機械 設計技術者3級程度	講義, 実習, 演習, 審査会議, プレゼン
専門技能	機械加工技能	加工ライセンス取得
基礎能力 と自主性	記述, 読解, 計算力, 分析力, 問題解決力	演習, ポートフォリオ他(創Ⅳ)とキャリアデザイン接続

地域企業の起業家や管理者として地域社会に貢献しているものが多い。同様に在校生の中には地域企業家の師弟も多い。加えて、90年代からはUターン現象が目立つようになってきた。

このような学生及び卒業生の傾向に鑑み、1996年の教育改革では教育目標を「こころゆたかで、創造性にあふれた技術者の育成」とし、ものづくりは人づくりの合言葉の下に、ものづくりを中心とした教育実践に努めて来た。その際、機械工学科においては、地元企業のOJT実施の可能性と実績を考慮し、将来卒業生が地域企業の管理者的立場になりうる創造的初級技術者像のうち、技術的側面の具備すべき資質として、表1の主要資質を採り上げることとした。

経営感覚については、初級技術者もものづくりの全過程を認識しスタッフとして並行的・先行的・自主的に業務を進めることが必要であることを要求している。また、想定方式やロールプレイ教育では企業の各役職が念頭に置かなければならない、危機管理や着意事項(価格、納期等)を擬似経験することを意味している。

社会性については、企業内構成員として、あるいはプロジェクト構成員として協働参画するためのコミュニケーション能力や、顧客優先の社会感覚を体得する必要があることを意味している。

専門知識については、機械設計技術者3級程度の知識を持ち、企画や会議への参画及びプレゼンテーション能力があれば、初級技術者の職務遂行には無難であることを狙っている。

専門技能については、機械加工技能(一部はNC加工を含む)が必要で、知識のほか指定したライセンスを取得し、自ら加工できることを要求している。

基礎力と自主性では、近年初級技術者の能力低下が危惧されている項目について、5年間の創造実験教育細目を通して着意すると共に、4学年の創造実験細目(創造実験Ⅳ)においてポートフォリオ作成を義務づけ、新たな修得知識・教訓・ノウハウのデータ化の方法を学ぶほか、これを自らのキャリアデザインへの取り込みにつなげる必要性を根付かせることを目的としている。

表2 機械工学科のものづくり教育体系の経緯概要

期	年 代	育成目標	概 要
1	～ 1980	実践的中堅技術者	機械加工実習, 万力製作他
2	1981 ～	問題提起解決志向	機械加工実習, ギヤボックス
3	1996 ～	問題提起創造型	加工, メカトロ主体, MIL-STD
4	2007 ～	創造型実践技術者	加工, メカトロ一貫, MIL-STD

(a)第1期(万力)

(b)第2期(サッカーロボット)

(c)第3期成果物(校内案内ロボット例)

図2 ものづくり学生製作成果物の例(創造実験Ⅳ)

2.2 機械工学科のものづくり教育体系の変遷

表2は、機械工学科のものづくり教育体系の変遷経緯とその概要を、図2は成果物の例を示している。

第1期は、設計及び加工技能を重視した時期である。1学年から4学年までのもの作り教育(各学年約4h)を通じ、鍛造～機械加工～仕上げ加工までを体験できるようにした。最終的には、図2(a)の万力を個人で仕上げることを目標とした。

第2期は、設計製作の時代で、加工技能の向上も図りつつ、4年次には製品を活用し有線操縦のサッカーロボット(図2(b))を2人1組で製作した。

第3期は、初期のエンジニアリングデザイン思想を考慮した教育体系の時代で、ものづくりの流れを中心とした実務型教育を構築した。即ち、ものづくりにおける顧客、雇用者、製作管理者及び製作者の果たすべき役割を時系列的に捉えて、ものづくりの目的を達成することを重視し、これを演習と創作活動の組み合わせによって実現する方法である。

このため、顧客要求分析に始まるものづくりの全過程を通じた諸業務を、筆者ら(山田, 中村)が実業

界で準用したMIL-STD-499A Engineering Management³⁾手法（米空軍研究開発管理手法、現在は廃版。内容：研究開発において納期と品質を保証するため、必要な工学的活動に関して顧客サイドと製作・技術サイドが実施しなければならない事項に関する規定等）を、金沢高専の実情に合わせて修正し適用することとした。同時に、一般的になったメカトロニクスを主題とし、2学年後半～4学年までのもの作り教育を一貫したテーマで積み上げ式に実施することを試み、図3に示すものづくり教育体系を確立した。

1及び2学年前半の工学共通細目は、ものづくりの動機付けを目的とし、全学科に共通する物理的実験を内容とした。2学年後半の機械基礎は、製図及び加工技能の習得である。3学年は、機構、制御・信号処理、動力・電源・センサのメカトロニクスの基礎を、実習と製作を通じて履修する。4学年の創造実験ⅣはMIL-STD-499Aの手法を準用したメカトロニクスものづくりの仕上げとし、自由な発想で「校内案内ロボット」（図2(c))をグループで製作した。

MOT手法の準用よりも、MIL-STD-499Aの手法を準用した理由は、①高専教育では、MOTにかかわる技術的根拠を与える理論教育を実施する時間が不足すること。②就職する対象企業（主として地域中小企業）における技術が、理論よりもノウハウに支えられていること。③就職対象企業では技術者の兼業が常態であること等である。

第3期におけるものづくり教育は、全学年に亘り、学生間に好感を持って受け入れられた。図4は、第3

図3 ものづくり教育体系（1996～2006）

図4 創造実験Ⅳに関する学生授業アンケート結果

期の創造実験Ⅳに関する、学生の授業アンケート結果を示している。授業時間に加え多くの課外時間の投入を必要とし、学生にとっては負担となっているものの満足度（満足とまあ満足の合計）が高い。

3. 機械工学科における第4期ものづくり教育体系

第4期は、表1の項目をより身近なものとする、地域連携教育との接続を図ること、学生のキャリアデザインの教育成果との接続を加速すること、技術者倫理を加えることを企図した。同時に、ものづくり技術の趨勢へ対応しメカトロニクス技術レベルの向上を図ること、ものづくり教育体系を改善すること等も目的としている。また、学生の育成目標を「ものづくりの過程を通じ、技術の目利きが出来る実践的技術者の素養を育成する」として、時代へ対応できる初級技術者像を描いた。

3.1 ものづくり教育技術の趨勢調査と教訓の活用

ものづくり教育の趨勢を予測するため、2006年末、米国大学等の教育事情（表3）を実地調査し、今後の改善資料を収集した。その結果、僅か3校の調査結果ではあるが、各大学等で地域企業との連携及び実用品、あるいはプロトタイプ品のものづくり教育が行われていることが特徴であった。また、学科横断型（総合型）共同研究及びデジタルシミュレーションを多用したもののづくりが奨励されていた（Mat. Lab., World Bridge Contestなど）。このような事実は、既説の通り¹⁾、米国におけるものづくり教育が「実学志向」で、グループ活動を原則としていることを裏付けている。同時に、当該教育従事者等は、この傾向は今後も継続すると明言していた。

ところで、筆者等の内の2名が実業界におけるものづくり経験で得た多くの教訓は、図5の総合化の必要性、及び、初級技術者が必須と思われた事項（表1）に大別される。図5は、筆者らの実務経験を基に表しているが、今後のものづくりは個人の技術力では対応が難しくなることを意味している。実際、製品が1世代進むごとに性能は1.3～2倍、費用効果は1.2～1.5倍程度の向上が見られるという市場の実態²⁾は、初

表3 米国大学等におけるものづくり教育調査概要

調査大学等 (所在地)	特徴 その他	エンジニアリングデザイン教育 の概要と特記事項
Olin大学(私) (MA.)	新設、ものづくり 産学連携	・学科横断型物づくり、H.M.C.型 ・理論と実践（自立型教育） ・産学共同型卒業研究（総合型）
陸軍士官学校(NY.)	物づくり 発祥校 実用品製作 ブリッジコン	・MIL-STD-499-A型物づくり ・ユーザ共同型学科横断型卒業研究、コミュニケーション重視
F.D.NY州 立大(NY)	物づくり 地域連携	・学科単独型卒業研究 ・地域貢献型連携物づくり教育

H.M.C:ハービー・マッド・カレッジ

図5 総合化とグループ活動傾向の次世代ものづくり

図6 金沢高専のものづくり支柱の教育体系

表4 ものづくり経験からの主要教訓概要（初級関係）

項目	概要	摘要
人的要素	R & Dは人材（情熱，責任感，知識…） 優れたトップと補佐（管理者，スタッフ）	
技術技法	顧客優先とコミュニケーションの大切さ システム分析，Engineering Specialty 現場尊重，製品履歴の保存の必要性 工程管理の重要性，Mil-STD-499Aの効果	記録
管理その他	コスト概念の重要性 ノウハウのデータ化	記録

表5 創造実験教育からの教訓

項目	概要	摘要
人的要素	動機付けの重要性 達成感を与えることの重要性	創造Ⅰ 全般
教育の仕組み	設計者と製作者の独立性確保の重要性 グループ活動によるものづくりの必要性 ポートフォリオ作成は理解に高い効果	創造Ⅲ 創造Ⅳ 創造Ⅳ
教育の内容	加工技能・基礎・専門知識の重要性 ものづくりプロセス教育の重要性，効果大 技術融合教育の必要性	全般 全般 創造Ⅳ

級技術者教育が変換点にあることを裏付けている。

表4の教訓では，技術者倫理，コミュニケーション能力，読み・書き・計算能力の大切さや，「記録」作業の重要性を示していると言える。また，現場の技術即ち，ノウハウや経験が極めて重要であることも意味している。

表5に，金沢高専の第3期ものづくり教育の総括から得られた教訓を示す。一連の積み上げ式創造実験教育体系において，ものづくりで動機づけられた学生が，ものづくりの全体を見通しながら個々の細目で達成感を感じながら，成長して行くことが重要であることを示している。同時に，後述するポートフォリオを用いたノウハウの伝承が効果のあることもわかる。

表1と表5を比べると，ものづくりの第3期当初において心がけた表1の要素が，教員が期待したほど学生の身につけていないことが判る。同時に，表3や図5の趨勢を考慮すると，学生の授業満足度を高めることは出来ても，時代の要望に対応できる初級技術者の育成を達成できないことが予想され，教育体系を改善

図7 機械工学科第4期ものづくり教育の体系

する必要があることが判った。

3.2 第4期ものづくり教育（教育体系の改善）

第4期ものづくり教育体系では，2.2で既述したように，学生の育成目標を「ものづくりの過程を通じ，技術の目利きが出来る実践的技術者の素養を育成する」，及び育成する技術的資質目標は継承することとし，エンジニアリングデザイン教育の取り込みも含め技術的にも時代に対応できるものとした。同時に，教育改革で実施中のキャリアデザインや地域企業との連携教育活動も，ものづくり教育と並列させ連携を図ることとした。改善は全学年同時に実施することとした。

図6は，金沢高専の全般教育体系におけるものづくり教育の位置付けを，図7は，機械工学科の第4期ものづくり教育体系の概要を示している。図6では，金沢高専の教育体系がものづくりを中心として構成されており，もうひとつのキャッチフレーズ「ものづくりは人づくり」が，明確になっていることがうかがえる。

機械工学科の第4期ものづくり教育体系は，エンジニアリングデザインおよびマネジメント取り込みの思想を明確化し（図7），名称を創造実験から創造設計へと改称すると共に，「16歳からする将来の工場長育成教育」と具体化する教育体制（表6）となった。

創造設計Ⅰは，新入生のための「動機付け教育」である。ここでは技術者としての心構え，機械加工や計測法について実習し，工学の基礎の修得と必要なライセンスを取得すること（図8）を義務づけている。

表6 創造設計教育の推進体制

創造設計区分	内 容 要	時間数 (時限)	教員数 +TA数	学生数 (名)
I	動機付け, 加工	60	4+0	45
II	構成技術等	60	3+0	15×3GP
III	技術融合	90	3+3	3×15GP
IV	メカトロ製作	180+ α	3+2	6~7×6GP
V	卒業研究	180	8	5~6/教員

(a) ライセンス講習状況 (b) ライセンス取得証明カード

図8 加工ライセンスの取得例

2学年の創造設計Ⅱは、技術アドベンチャーと仮称し、メカトロニクス構成技術を学ぶ工学応用の細目である。機構、電源、アクチュエータ、センサ、制御や信号処理の基礎を理論と実習により学ぶ(図9)。

3学年の創造設計Ⅲは、メカトロニクスに関する電気・電子及び機械技術の統合である。具体的には、マイコンと自作回路を搭載したライトレースマシンを2人1グループで設計製作する(図10)。

(1) 基本部品等主体作品

(2) 各種部品応用作品

(3) マイコン制御作品

図9 メカトロニクス基礎技術(Ⅱ) 学生成果物例

図10 創造設計Ⅲにおける学生成果物例

創造設計Ⅳは、積み上げ式メカトロ製作創造設計体系の仕上げとしての、グループ作業による「校内案内ロボット」の設計製作である。詳細については3.3においてのべる。

創造設計Ⅴは、卒業研究である。地域企業と連携した研究テーマも取りこみ、個人あるいはグループで研究を行う。また、異なる学科の学生がグループを組む学科横断型の卒業研究(例：環境問題)もおこなう。

3.3 創造設計Ⅳの詳細

創造設計Ⅳは、エンジニアリングデザイン、エンジニアリング・マネジメント技法を適用し、ものづくり教育の仕上げ段階である。

本細目では、エンジニアリングデザイン、エンジニアリングマネジメントの意味として、図11のように包括的に捉えている。2.2のように、MOT教育の必要性は認めるものの、細部理論については就業後のOJTや自己努力に期待し、創造実験Ⅳでは、これらを熟練者のノウハウとして受け止め、体験的に扱う。

図12に、創造設計Ⅳを実施する教育実施方針の要旨を示す。この細目が「単なる製品製作に終始するものづくり」と明確に区別されていることが判る。

図13に創造設計Ⅳの具体的テーマを、図14に指導の流れを、図15にシステム設計体系の基準を示す。

学生は、図13の制限の範囲内で、自由な発想の下に

1. 製品化に必要なエンジニアリングデザイン実務実施の工学手法と加工技術
2. エンジニアリングデザインの科学的管理概念
3. 法規や社会通念等に基づく業務処理の概念

図11 エンジニアリングデザインの意味

1. グループ作業により、基本的なメカトロ機材の創造製作を行う(MIL-STD-499Aを準用する。)
2. 顧客要求分析を基に、アイデア創出～製品製作までを、想定方式により段階的な問題を付与し、学生主体で要求解決のための自主製作を行う。
3. ロールプレイ、技術審査(発表・討議・評価・結論導出)並びに、ポートフォリオ方式による記録とその管理を行う。
4. グループのデータ管理及び価格管理を行う。
5. 企業技術者の教育参加と対応のインターンシップを行う。
6. 成績評価は、個人評価、相互評価、グループ評価を総合する。

図12 創造設計Ⅳの方針要旨

1. 製作物：基礎的な自律型校内案内ロボット
2. 制約条件
 - (1) 大きさ：1200mmH×1000mm×1000mm以内
 - (2) 動作：玄関から事務室まで訪問者を案内出来る電動式
 - (3) 機能：音声案内、案内用パフォーマンス2種以上
 - (4) デザイン：自由、内部機構が見えるスケルトンタイプ
 - (5) 安全性：小学生以上の取り扱いで安全なこと
 - (6) その他：価格10万円以下、キャラクター性

図13 創造設計Ⅳの製作課題

(前期)

1. エンジニアリングデザイン概論, システム工学概論
2. 既製品評価, 評価会議, 教訓事項の学習・記録
3. 顧客要求分析, 運用要求・要求性能, システム解析, 技術審査
4. 工事計画作成, 概念設計, 組み立て図, 技術審査
5. 細部設計, 製図, 技術審査
6. モックアップ製作・発表, 技術審査
7. 製作資材要求説明, 予算説明, 発注作業, 発注
8. ロボット製作, 資材・部品等領収検査

(後期)

9. 製作活動, 製作中間報告, 技術審査
10. 主要部の関連試験 (グループごと), 技術審査
11. 組み立て, 調整, 専門工学活動, 作動試験
12. 性能確認試験 (成績評価試験を兼ねる)
13. 最終報告会
14. グループ報告書提出, 個人レポート提出

図14 創造設計Ⅳの作業指導要領 (シラバス) 概要

図15 システム設計体系の基準 (Five Stage Model⁴⁾)

校内案内ロボットを創造・設計・製作する。アイデア創出の段階では、ブレインストーミング法を活用する。

創造設計Ⅳの特徴は、教育が「ものづくりの流れ」の中で行われることである。教員は、図14の流れに則ったシラバスを作成する。各項目 (細目) の実施に配分する時間数は、創造設計Ⅰ～Ⅲまでの教育経験に基づいて決定している。個々の細目を開始する際には、後述の想定方式で問題を付与し、これを解決するための活動に取り組むという動機付けを行う。

ものづくりのためのシステム設計体系には、多くの手法がある。本教育では、図15に示した設計体系に従い教育を進めている。この体系は、一般にはFive Stage Model⁴⁾と呼ばれている。

図において、運用要求は顧客 (あるいは営業側) 要求を、期待性能は運用要求を数値目標化、システム解析は代替案を含む製作方針と概要、要求性能は期待性能を技術的な側面から可能性を含んで表現したもの及び、関連試験とはシステム構成に係わる技術的可能性を検討することを意味している。

4. 教育実施について

創造設計Ⅳでは第3期教育体系以降、幾つかの新しい試みを実施している。

図16 技術審査状況例

〔技術審査〕

技術審査の目的は、ものづくりが計画通り実施できるかどうかを、技術的な見地から妥当性を審査するものである。妥当性の評価事項は審査を実施する課題によって異なるが、原則的には、考え方、適用技術、設計計算、使用材料、試験結果、改善方法およびその効果、完成品の状況等を基準に具体化することになる。

本教育における技術審査風景例を図16に示す。図16の技術審査例は、校内案内ロボットの概念設計が終了した段階のものである。グループ構成員全員が演壇上に立ち、司会者 (教員) の司会の下に、パワーポイントを使用しグループ長が全般及び設計方針を、続いてグループの担当員を勤める学生が、機構、電源・動力、制御・センサ等の設計概要、組み立て図等について説明する。他の学生は、技術審査側の専門技術員となり、連携企業の技術者や教員と共に質問し、状況によっては誤りある説明箇所の修正を要求する。この際、説明側の学生の態度や参画状態に指導を要する場合や、発言が極度に少ない学生については、教員が指導的見地で個人的に指導質問をする。技術審査結果については、修正方法も含め、後日の授業で処置をする。

図16の後尾の2名は、会議を見学中の第3者 (一般人) である。

〔ポートフォリオ〕

本教育におけるポートフォリオは、知識と教訓に関する資料集と位置づけている。特に熟練者から学習するノウハウに関する聞き取り筆記については、就業後に役立つことから、キャリアデザインにも関連するとして、特に重視している。図17に、創造実験Ⅳで学生が作成したポートフォリオの例を示す。図17のポートフォリオ例は、制御系の概念設計が終了し、技術審査前に指導教員の点検を受ける時期のものである。図17の右図の学生の場合、添付書類としてCADで書いたロボット作動ブロック線図がある。

学生は、1日の教育が終了後にポートフォリオを提出する。課外時間に作業する学生については、課外作業で実施した内容と費やした実時間を欄外に併記し、作業終了の翌日授業開始前にこれを教員に提出する。受領した教員は努めて速くポートフォリオを点検・検

[illegible]

(a) A学生作成 (b) B学生作成

図17 ポートフォリオの例

図19 企業技術者の講演（創造設計Ⅱ）

イにも繋がってゆく。

〔専門工学活動 (Engineering Specialty)〕

MOTでは、工学的な判断基準を物理理論やシステム工学、安全性工学、人間工学、電磁適合性工学、価値工学理論に基づいて実施する。MIL-DTD-499Aでは、類似の更に詳細な専門工学的活動がある。熟練技術者のノウハウに近いこれらの項目は、信頼性工学、整備性工学、工学倫理等も含んでいる。企業の技術者のノウハウの多くはこれらの項目を含んでいるので、ベテラン技術者の講話は特に効果がある（図19）。

〔ロールプレイ〕

グループによる製作活動が惰性に流れないため、グループを企業として設想し、学生個々を役職者及びその部下に指名する。区分は課長、班長及び班員である。この役割分担は教員が指定し、その後、教育的目的をもって年3回程度交代する。また、企業の技術者の臨席で実施するロールプレイの会議や検討会は、実社会でのものづくりの厳しさを直に体験でき、きわめて教育効果がある。

〔グループ構成〕

グループ構成員の組み合わせは、本教育の重要事項の一つである。教育進度をほぼ均一にするため、各グループの能力差を付けないことが必要である。学生の選定方法には、同好者による構成、学生名簿番号による構成、成績序列に基づくグループ学業成績均等構成及びランダム選択による構成などがある。第3期の教訓から、ランダム選択したグループ構成が妥当であることを確認している。

図20 見本市に出展の学生成果物

印し、必要な場合はコメントを朱書きしたのち学生に返却する。同時に、ポートフォリオ中に積極的な学生提案や、チームティーチング中の他の教員と調整する必要がある事項を認めた場合には、教員調整会議を開催し次回授業までに処置する。学生は受領したポートフォリオを、別にキャリアデザイン活動で作成しているキャリアポートフォリオと関連させてファイルに保存する。

〔想定方式による問題付与〕

図18は、想定方式⁵⁾の状況付与等の例である。教育の進捗はシラバスで規制するが、教育目標を達成するためには、計画した時間内に学生作業を終了させる必要がある。ものづくり教育の場合、時間内に完成した範囲で可としがちである。ところが納期感覚を体得させるためには、決められた作業時間内で教育目標を達成する必要がある。グループ作業の場合には、グループをミニ企業とし学生が企業内役職を分担するため、学生個々の作業量に差が生じることとなる。学校教育では、ものづくり過程で作業量に差が生じることや、決心する事項に関する責任が特定の個人に偏ることを避ける必要がある。そこで、作業の重要な事項の場合にはグループ活動を一時中止し、意図的に仮想の状態（例えば、各学生を技術課長とする）におき、決心事項を課題として学生全員に付与する。これにより、学生は従事者並びに、管理者の立場で決定行動を体験し知識を修得できる。また、この想定方式がロールプレ

図21 授業満足度に関するアンケート中間調査結果

〔学生の成果物〕

学生の成果物のうち2～3点は、毎年5月に行われる石川工業見本市に、総ての作品は10月に開催される学園祭で展示され、第3者の評価を受けている。学生はこの展示で、耐久性、安全性、整備性などの重要性を認識することとなる（図20）。

〔成績評価〕

創造実験Ⅳにおける成績評価は、課題やレポート結果の個人評価、平常点、グループ作業における相互評価及び作品の適切性によって、総合的に行う。相互評価は協調性、問題解決貢献度、出席状況、及び態度の4項目について5段階評価をする。グループ内順位付けを実施し、規定の比率で総合成績に加算する。

作品の適切性は、最も重視する項目である。評価日時をあらかじめ指定した上で、作品の運用要求が実現されたかどうかについて評価される。この際、不可動などの不適合事項があれば、再評価を実施する。万一再評価時点でも不合格になれば、単位は与えられない。

5. 教育結果

図21に、第4期の創造設計Ⅳに関する学生の授業満足度のアンケート結果を、第3期末のそれと対比し示す。校内案内ロボットの製作は課外時間等も活用する場合があるものの、授業満足度は第3期末の年度のそれに比べ高い。このことは、創造設計の各段階における教育内容が改善されたこと、ものづくりの達成感が増したことのほか企業連携や講演等が加わり、グループ活動の内容が深まった効果の現れである。自由記述式のアンケート結果、ポートフォリオ及びものづくりに関するヒヤリングなどからも、同様な結果が得られている。

一方、不満足の原因には、授業進捗が速い、課外作業がある、ロールプレイで役職を交代すると申し送りが難しいなどが上がっている。

6. 今後の課題

本教育は、学生の満足度が高いものの、担当教員の負担が大きいという指摘がある。特にポートフォリオのコメント作成と、課外時間における教育支援である。また、担当教員チームは、学生の各種の質問に回答で

きる知識と正確な加工能力とが必要である。現在、この分野に企業技術者の協力が得られており、より良い成果を期待できる。また、企業経験者の協力により学生の自律と安全意識が高揚している。なお、技能面では教員数の増加のみでは対策できないので、地域企業と恒久的に連携し、ベテラン技術者の講義への参画や技能指導の導入など、新たな施策も推進している。

本教育方式における全般的留意事項は、指導側や学生がものづくり結果の出来栄にのみ固執しないことである。第4段階の教育体制に入って以降の学生成果物の出来栄は、以前のそれと比較して格段の進歩が認められる。運用要求に合った成果物を作ること、ポートフォリオを完成することおよび、エンジニアリングデザインとマネジメントの両方の概念を教育することの、3者を追及することが肝要である。

7. むすび

実社会及び教育教訓に基づき、「実学」的内容を加味した創造設計教育体系は、学生の授業満足度も高く有意義である。特に、総括的なエンジニアリングデザインの思想を組み入れた創造設計Ⅳは、学生の満足度も高く、地域企業に就職する高専生にとっては好ましいものづくり教育と言える。

なお、本教育は、2007年度の文部科学省の、産学連携による実践型人材育成事業に採択されている。

参 考 文 献

- 1) 林 利弘：モノ・コトづくりを強くするもう1つのMOT, #1ワークショップ, 日本工学教育協会シンポジウム, 2007. 3
- 2) 堀岡, 山田：金沢高専における創造教育の現状と展望, 工学教育, 51-1, pp.16-23, 2003
- 3) 科学技術部会：システム装備の研究開発管理, 陸戦研究, 1994年7月号, pp.51-61, 1994
- 4) Dym&Little：Engineering Design, Wiley, U.S.A, 26, 1998
- 5) 山田, 竜野：創造設計教育方に関する1考察－想定方式の導入－, 日本工学教育協会平成14年度年次大会講演論文集, pp.81-82, 2002

著 者 紹 介

山田 弘文
 昭和15年4月生まれ
 昭和38年3月防衛大学校卒
 昭和45年防衛大学校理工学研究科卒
 陸上自衛隊、防衛庁技術、陸上幹部学校
 平成7年金沢高専機械工学科教授
 平成18年金沢高専校長
 工博、専門は精密加工、システム工学
 日本工学教育協会、精密工学会、先端加工工学会、特別教育士