機械解剖実習による機械工学導入教育

Introductory Education for Mechanical Engineering by Exercise in Mechanical Disassembly

松井良雄^{*1}
Yoshio MATSUI

浅川直紀^{*1}
Naoki ASAKAWA

岩森 暁^{*1}
Satoru IWAMORI

An introductory program “Exercise for engineers in mechanical disassembly” is an exercise that ten students of every team disassemble a motor scooter to the components and then assemble again to the initial form in 15 weeks. The purpose of this program is to introduce mechanical engineering by touching the real machine and learning how it is composed from various mechanical parts to the students at the early period after the entrance into the university. Additional short lectures by young teachers and a special lecture by a top engineer in the industry encourage the students to combine the actual machine and the mechanical engineering subjects. Furthermore, various educations such as group leader system, hazard prediction training, parts filing are included in this program. As a result, students recognize the importance of the mechanical engineering study and the way of group working.

Keywords : Education for Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Exercise, Creativity, Study Motivation

キーワード：機械工学教育，工学部，実習，創造性，学習動機

1. 緒言

工学系大学に入学した学生に対して，専門科目の勉学に導くためにさまざまな試みが各教育機関で実践されている．日本における小中高校の教育体系は，その後の大学入試に対処するために「暗記」を基本とした勉強になりがちであり，大学に入学して専門科目が始まった際に，「考える」勉学にとまどう学生が多い．この状況に対処するために，「暗記」する勉学から「考える」「実践する」教育へ導くことを目的として，多くの教育機関で導入科目，創成科目が実施されている．

これらの科目は，1年生～2年生を対象とする導入的な要素を基本とする科目¹⁾から，2年生～3年生を対象とする創成的な内容が主眼となる科目²⁾，さらに4年生における卒業研究まで，大学4年間の学年進行に応じたものが設けられている．専門科目への動機付けや“ものづくり”のための導入教育が柳下ら³⁾，田中ら⁴⁾により実施されている．

金沢大学工学部では，平成8年に人間・機械工学科が新設された．本学科は，機械工学を基本とした上で，人間との適合，社会との共生，自然との調和も目指した幅広い機械工学エンジニアの育成を教育目標に掲げている．これらの教育理念に基づき，人間・機械工学科では専門科目への導入が重要課題であるととらえ，「機

械解剖実習」を2年生前期に開講している．本科目は，15週間かけて約10名×8班でスクータを分解して組み立てる実習であり，入学後の早い時期に機械に触れさせることにより，機械工学への導入を行うものである．本論文では，機械工学への導入教育としての「機械解剖実習」の目的と位置付けを論じ，実習内容を紹介するとともに，実習の成果と今後の展望について報告する．

2. 機械解剖実習の目的と位置付け

2. 1 人間・機械工学科の授業カリキュラム

本学科の授業カリキュラム概要を表1に示す．大学

表1 人間・機械工学科の授業カリキュラム

学年	学期	授業科目
1年	前期	教養の科目 人間・機械工学序論
	後期	教養の科目 情報処理演習，数学，力学
2年	前期	教養の科目，必修専門科目 機械解剖実習
	後期	必修専門科目，基礎専門科目 機械工学設計製図
3年	前期	基礎専門科目 創造デザイン実習，工作実習，学生実験
	後期	応用専門科目 人間・機械工学ゼミナール，学生実験
4年	前期	応用専門科目 人間・機械工学輪講，卒業研究
	後期	卒業研究

平成18年2月20日受付

^{*1} 金沢大学大学院自然科学研究科

入学後の教養的科目から始まり、4年生の卒業研究に到る流れは通常の工学系大学における学科と同じである。ここでは、専門科目とそれに連携する導入教育、創成教育について、本学科が取り組み、実践している内容と、「機械解剖実習」の関連について述べる。

1年生から2年生前期は、主に教養的科目が開講される。その後、講義の主体は専門科目になるが、昨今の理系離れの問題や目的意識が少ないままで入学した学生もあり、入学初期に専門科目への関心が希薄になる状況が危惧されている。黒杭⁵⁾や大橋⁶⁾からも理系離れや勉学目標に関する問題提起がなされている。

そこで本学科では、入学直後の1年生前期に「人間・機械工学序論」を開講している。本科目は人間・機械工学科への初期導入を目的としており、工学部や本学科の概要レクチャー、少人数での教員とのゼミナール、研究室見学や授業見学などを主体としている。

2年生前期からは「材料力学」「流れ学」などの必修専門科目が始まるが、本論文で述べる「機械解剖実習」はこれらの専門科目に合わせて開講している。そして、2年生後期には「機械工学設計製図」を開講し、3年生からは創成科目である「創造デザイン実習」⁷⁾「人間・機械工学ゼミナール」を経て4年生の「卒業研究」に進むカリキュラムになっている。

2. 2 機械工学への導入と本実習の目的

上述のカリキュラムの中で「機械解剖実習」は、1年次の「人間・機械工学序論」と共に機械工学への導入を担っている。また、3年次からの「創造デザイン実習」などの創成科目の開講に先立ち、機械に対する親近感の芽生えをもたらし、分解・組立作業では「考え」「実践」するなど初期創成教育の側面を有している。さらには、工具使用方法の習得はもとより計測手法の習得や初歩的なスケッチ製図も包含している。

機械系専門科目との関連では、本実習で教材とするスクータには図1に示すとおり全ての専門科目が関与している。授業カリキュラムの中では、主に2年生前期から必修専門科目が開講されるが、本実習は、座学

で学ぶ学問の理解を深め、実体験をととして勉学意欲の向上と機械工学の認識を与えるものである。

これらより、設計や生産の基盤となる機械系専門科目と工業製品との関わりを明らかにし、「分解・組立」作業をととして機械を肌で感じながら、機械技術者としての素養を磨き、幅広い視野を持った機械エンジニアを育成することを本実習の目的としている。

2. 3 学生の学習目標

本実習の総括的な目標は上述のとおり機械工学への導入であるが、具体的な内容は多岐に渡っている。表2は学生に掲げている学習目標であり、1～3は上述の機械工学への導入に関する学習目標である。さらに本実習では、4～7に示すように共同作業、班長制度、危険予知訓練、管理作業など、実習作業を通じた多様な教育も学習目標に掲げており、これらの実習内容と学習目標の関連は次章で詳説する。

3. 実習内容

機械解剖実習の概要を、日程、実習の流れ、教育項目、担当者、提出物のフローチャートで図2に示す。ここでは、まず始めに実習内容を紹介し、その後で本実習の特徴と教育項目を述べる。

3. 1 担当教員、TA、受講学生

実習には3名の教員が指導にあたり、さらに4名の修士学生がティーチングアシスタントとして指導補助を担当している。受講学生は約10名×8班で構成されており、週1回2時間15分の実習を15週行い、スクータをほぼ完全に分解し、組み立てている。

3. 2 スクータ、工具など

図3に示すスクータや工具類は8班分用意してあり、分解・組立作業に必要な特殊工具や工業用作業台、さらにボール盤等の工作機械も準備されている。スクータや特殊工具は、本学科の教員と共同研究の実績がある企業から寄付して頂いたものであり、当企業からは後述の特別講演の協力も得ている。

表2 学生の学習目標

1	小型スクータの「分解・組立」を行うことにより、機械技術者としての基本的な技能を習得する。
2	機械に触れることにより、工業製品の設計や生産に秘められた技術や工夫の数々を明らかにする。
3	「分解・組立」実習・ショートレクチャー・特別講演により、機械系基礎科目の重要性を認識する。
4	班（10名程度）で共同作業を行うことにより、協力性やコミュニケーション能力を身に付ける。
5	班長制度の実施により、指導性や責任遂行力を身に付ける。
6	作業前の「危険予知訓練（通称KYT）」により、安全管理や予防保全について学ぶ。
7	工具管理や部品管理の徹底により、管理作業の重要性を認識する。

図1 機械解剖実習と機械系専門科目の関連

3. 3 実習スケジュール

4月から7月に渡る15週間で構成される実習の流れは下記のようになっている。

- (1) 実習開始：初日ガイダンスでは、実習コンセプトの説明や工具レクチャーを行い、スクータや物品を配布するとともに、班の集合写真撮影などを行う。なお、本実習では分解・組立作業のための特別な手順書は用意せず、スクータのサービスマニュアルとパーツカタログを利用して、学生達が考えて作業を進めるように指導している。
- (2) 分解作業：分解作業は5回の実習で行い、スクータは約250のパーツ群に分解される。分解時には全てのパーツに図4に例示する分解順番カードを添付し、組立時の便宜を計ると共に部品管理の徹底を行っている。機械系学科に入学した学生でも工具を触った経験のない学生も多く、分解開始時は進行が遅いが、実習を重ねる度に作業進度の向上が見られる。学生には、必要に応じて作業メモを記述し、デジカメ写真などで記録を残すように指導している。
- (3) 部品計測：分解終了後には、クランクシャフト等の寸法測定と簡単なスケッチ製図を行う。ノギスやマイクロメータなどの計測機器の使用は1年次の物理学実験（教養的科目）で経験があるものの、自分

達が本当に触って分解した部品の計測は学生にとって初めての体験である。学生達はクランクシャフトやピストンの高精度な寸法を知り、工業界の加工技術を認識する。

- (4) 特別講演：分解作業が完了した頃に、企業で活躍しているトップエンジニアを招聘して特別講演を開催している。講演内容と実施目的は4章で述べる。
- (5) 組立作業：組立作業は6回の実習で行う。サービスマニュアル、および、分解時に記録した作業メモやデジカメ写真を参考にして組立作業を行う。図5は分解・組立作業の様子であり、学生達は生き生きとして楽しみながら作業を進めている。スクータ内部にはワイヤーハーネスやホース類が意外と多く、これらが正しく配置されないと、部品相互の繋がりや外装カバー類の設置が正常に出来ない。これに苦労するグループも多いが、自分達で考え、調べ、徐々に組み上がって行くスクータを見て、学生達の喜びは日を追うごとに膨らんでいく。
- (6) 車検：最後にランプ点灯やセルモータ動作などの車検を実施する。学生達は、自分達が通学などに利用しているスクータは正常に作動するのが当然と思っている。しかし、本実習で自分達が完全に分解し、そして組み立てたスクータを前にして、「ランプが点灯した」「ホーンが鳴った」「セルモータが回った」と、大喜びである。図6は車検通過後の記念写真で

【日程】 【実習の流れ】 【教育項目など】 【担当と提出物】

図2 機械解剖実習の概要

図3 スクータと工具類

班番号 第1班 分解順番 1番 分解学生 石田 孝也 マニュアル 4-2 品名など フロント レポート(1) 分解を終了して	班番号 第8班 分解順番 187番 分解学生 吉田和弥 マニュアル 5-11 品名など フラッシュ レポート(2) 計測結果、製図
メモ フレームに入る ツメに気をつける ボルトは3本	メモ 特殊工具を 使用する 09930-40113

図4 分解順番カード

あるが、スクータ完成にたどり着いた学生達の充実感、達成感、喜びは非常に大きい。

3. 4 提出物など

実習を通しての提出物はレポート4編で、それぞれ「分解を終了して」「計測結果、スケッチ製図」「特別講演感想」「実習を終了して」および後述の「班長報告書」である。本実習は必修専門科目と同学期に開講している。これより、講義科目の自宅学習に出来るだけ多くの勉強時間を確保することを配慮し、本実習の提出物はあまり多く課していない。なお、図2中に記述してある「技術発展史」は本実習と同学期に開講している専門科目であり、エンジン機構などの講義も行われている。実習レポートには「技術発展史」で学んだ内容も含めて記述する学生も多い。

4. 機械解剖実習の特徴と教育項目

4. 1 実習の特徴

本実習は、スクータの分解・組立を題材にして機械工学への導入を図る企画であるが、同様な試みがいくつか報告されている^{8)~11)}。これらの報告では、エンジン単体やラジオコントロール模型を短期間の集中日程で分解・組立する実習が多い。これに対し、本学科の機械解剖実習は次の大きな特徴を有している。

まず、エンジン単体では学生達の興味は薄いと判断し、普段の学生生活に密着しているスクータを題材にした。これにより学生の興味は増し、さらにエンジンの熱工学のみならず、図1に示すように全ての機械系専門科目の教育と結びつけることが可能となった。次に、模型サイズではない実車を採用した。これにより、趣味の領域を超えた実習が実施でき、学生達の達成感や喜びが大きくなった。さらに、実習期間を短期間集中形式でなく前期15週としたことである。これにより、講義科目との連携、産業界の認知、その他さまざまな教育内容を包含することが達成できた。

以上のように、本実習は多彩な教育内容を目指したものである。個々の教育項目は次節以降で述べるが、

総合的な教育効果をもたらし、学生達の大きな達成感を引き出す導入教育を実践するところに、機械解剖実習の特徴がある。

4. 2 教育項目と期待する効果

本実習の教育項目と期待する効果の相関を図7(a)に示す。全ての教育項目が期待する効果のいずれとも関連しているが、特に関連が強いものを線で結んである。この相関図は、表2に示した学生の学習目標とも密接に関連している。この図より、本実習が専門講義科目への導入のみならず、産業界の認識、指導性の育成、安全管理の実施、さらには、楽しい実習にも取り組んでいることが分かる。次には、機械工学との関連(学習目標1~3)や、実習作業を通じた教育(学習目標4~7)について述べる。

4. 3 実習と機械工学の関連

- (1) ショートレクチャー：本実習は機械系専門科目への導入を主目的としている。そこで、作業の進行状況に応じて、実習前に人間・機械工学科の若手教員による10分間程度のショートレクチャーを行っている。これは、現在履修している専門科目をスクータを題材として易しく解説するものである。図8はそのひとこまであり、学生からは「ショートレクチャーを聞いて専門の勉強が分かった」との感想も得ている。図8からは実習室の様子も見て取れるが、壁面には名簿、学生顔写真、実習資料、作業の様子のスナップ写真などを多数掲示し、学生のモチベーションを高めると共に、楽しい実習になるように配慮している。
- (2) 特別講演：分解が終了した頃に、企業で活躍されているトップエンジニア(本学卒業生)を招聘し、「オートバイの開発・設計」と題する特別講演を開催している。図9は本実習にスクータを提供して頂いたスズキ(株)の西河雅宏氏による特別講演の様子である。学生達が目指す機械エンジニアの生の声を聞かせることにより、勉強意欲の向上、機械工学の認識、産業界の知見を得ることを企画したものである。

図5 分解・組立作業の様子

図6 スクータ完成

4. 4 実習作業を通じた教育や学習

- (1) 班長制度：実習では班長制度を実施している。班長は班メンバー約10名中の2名（週ごとに交代）とし、班員への指令と部品管理を行う。班長は作業に手を出すことは許されず、班員は班長の指令なしでは作業が出来ない制度としている。そして、当日の実習終了時には班長報告書の提出を課している。班長報告書には個々の班員が行った作業内容を記すと共に、班員の成績評価も行わせている。このように、他人に指令し成績評価する体験は学生にとって初めての経験であり、本実習においては、班長制度によって指導性や責任遂行力の育成も行っている。
- (2) 危険予知訓練：作業前には、製造業で行われている「危険予知訓練（通称KYT）」を以下の手順で実施している。
 - a) 各自が本日の作業をイメージし、どこに危険があるかを予想する。
 - b) チームのミーティングで各自が予想した危険な箇所を発表する。
 - c) その中でもっとも危険なことを話し合う。

d) その対策を立てる。

e) 最後にd)を全員で声を出して呼称する。

「……に注意しよう、ヨシ!!」

この訓練は班長の指揮の下で行っており、本実習では安全管理や予防保全についても学んでいる。

(3) 管理作業：実習作業の前後には、全ての工具チェックを行っている。また、図4に示した分解順番カードなどによって全てのパーツ管理を行い、破損部品についてはパーツカタログで調べて発注伝票を記述させている。このように、本実習では管理作業に関しても多様な取り組みを実施している。

5. 教育成果と今後の展望

5. 1 教育成果

本実習に対する印象および知的興味に関する学生アンケート結果を図10に示す。これより、本実習は学生にとって新鮮で印象深いものであることが分かる。

また、図7（b）には教育成果として学生の感想を記載し、図7（a）の期待する効果との関連を破線で示した。ショートレクチャーや特別講演も組み込んだ本実

(a) 教育項目と期待する効果の相関

(b) 教育成果（学生の感想）と教員が得た事項

図7 実習内容と教育成果

図8 ショートレクチャー

図9 特別講演

図10 アンケート結果 (抜粋)

習により、基礎科目・専門科目が重要であることが理解されており、エンジニアとしての自覚も芽生えている。これらの結果より、本実習が目標とした機械系専門科目への導入はほぼ達成できていると思われる。

そして、スクータを教材にすることによって学生の充実感や達成感は大きく、組立完成時の感動ももたしている。さらには、危険予知訓練、班長制度によって産業界の認識や指導性等の育成も達成でき、共同作業や写真撮影などによって、コミュニケーション能力の育成と楽しい実習が実施されていることが分かる。

5. 2 教員が得た事項

学生アンケートやレポート感想から教員が得た事項についても図7 (b) に記述する。本実習のような導入・創成科目では、その実習内容と開講学期の設定が重要であり、座学科目と連携を取ることで教育効果が向上することが学生の感想から見て取れる。一方、特別講演や危険予知訓練などによって産業界の一端を学生に体験させることは印象深いことが分かる。班長制度に関する学生の反響は大きく、指導性や責任遂行力の育成にとって非常に有用な学習内容であることが分かった。さらには「友達が増えた」「先生と話ができて嬉しかった」との感想もあり、本実習が人間・機械工学科の連帯感を高める効果も上げていると思われる。

5. 3 今後の展望

本実習では、ショートレクチャーなどによって講義科目を実習に取り込み、スクータの構造や力学などの教育を行っている。今後は、講義科目の中で本実習の内容を取り上げ、座学での教育効果を増進するように講義と実習の連携をさらに図りたいと考えている。また、本実習を通して学んだグループ活動、責任遂行力、危険予知能力などが、その後に開講される実験、実習、創成科目においても生かされるように、学生の指導に努めたいと思っている。

6. 結言

本実習は、人間・機械工学科で開講されている科目の中でも人気が高く、ほとんど機械に触れた経験のない学生にとって新鮮な体験となっている。本実習が起

動源になり、学生達の勉学意欲が向上することが指導教員の願いである。なお、本実習ではホームページを開設し、実習資料やスナップ写真などを開示している。ぜひご覧になり、ご意見などをお寄せ頂きたい。

<http://www-mm.hm.t.kanazawa-u.ac.jp/~nasa/md/index.html>

参 考 文 献

- 1) 大好 直：導入教育としての初年次ゼミナールの編成と実践, 工業教育, 50 - 2 (2002), 14 - 18
- 2) 架谷昌信：新しい工学教育プログラム－歩みはじめた創造性教育－, 工学教育, 50 - 4 (2002), 78 - 81
- 3) 柳下文夫, 谷平 勉, 東山浩士：専門科目への動機付けを目的とした導入教育の実践, 平成16年度工学・工業教育研究講演会 (2004), 91 - 92
- 4) 田中裕一, 縄田 豊, 開 豊, 井山裕文, 福山重美, 浦本登美雄, 吉田修二, 桐谷能生, 宮本憲隆：“ものづくり”を身に付けさせるための導入教育, 工学教育, 51 - 1 (2003), 72 - 77
- 5) 黒杭清治：理科離れについて考える, 工学教育, 50 - 4 (2002), 27 - 34
- 6) 大橋秀雄：何のために学ぶのか, 工学教育, 50 - 4 (2002), 22 - 26
- 7) 米山 猛, 岩田佳雄, 田中志信, 松井良雄：金沢大学の「創造デザイン実習」－構想設計から製作体験まで－, 設計工学, 38 - 5 (2003), 241 - 250
- 8) 大黒正敏, 加賀拓也, 高橋燦吉：機械工学導入教育としてのエンジン解剖とその教育効果, 工学教育, 49 - 4 (2001), 19 - 24
- 9) 石川正昭：エンジンを教材とした教育の一方法, 工学教育, 53 - 2 (2005), 43 - 48
- 10) 英 崇夫, 猪子富久治, 小西克信, 舩田雅博, 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
- 11) 榎本啓士, 稗田 登, 大久保浩志, 上田隆司, 木村繁男：小型模型用エンジンを利用した創成型教育, 日本機械学会2002年度年次大会「ワークショップ：設計工学からみた創成型教育科目の課題と実践」(2002), 17 - 18

著 者 紹 介

松井 良雄

1983年 金沢大学大学院工学研究科

機械工学専攻修士課程修了

所属役職 金沢大学大学院

自然科学研究科助手

専門分野 機械工学 (流体機械)

学 位 博士 (工学)

所属学会 日本機械学会, ターボ機械協会

連絡先 matsui@t.kanazawa-u.ac.jp