



電子機械工学実習2における総合的工学教育

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2013-12-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 里中, 直樹, 土井, 智晴, 廣口, 和夫, 森山, 泰秀, 笹原, 龍樹 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00007650

電子機械工学実習 II における総合的工学教育

里中 直樹* 土井 智晴** 廣口 和夫*** 森山 泰秀*** 笹原 龍樹****

Integrated Engineering Education in Electronic and Mechanical Practical Work II

Naoki SATONAKA* Tomoharu DOI** Kazuo HIROGUCHI***
Yasuhide MORIYAMA*** Tatsuki SASAHARA****

ABSTRACT

The purpose of the Department of Systems and Controls Engineering at Osaka Prefectural College of Technology (OPCT) is to train engineers who can integrate four basis fields of mechanical, electrical, control and information engineering and construct the systems such as mechatronics systems. In order to achieve our purpose, "Electronic and Mechanical Practical Work II" in the second grade has been renovated. We have selected a case study on manufacturing and controlling the screw driven feed drive system as the common subject between individual fields of practical work. Through the process of integrated engineering education, many educational advantages were obtained.

Key Words: practical work, engineering education, synthesis, screw-driven feed-drive system

1. 緒 言

大阪府立工業高等専門学校システム制御工学科では、機械系・電子電気系・情報制御の各専門分野を基礎として、これらを複合・統合し、システムとして構築することができる技術者を養成することを学科の教育目標としている。そのためには、各専門分野を結び付けていくインターフェース技術を理解することや、総合的・システムの視点に立って、バランスよく評価できる能力を養成することが重要になってくる。このような教育目標を実現するための実践的な専門科目として、第 1,2 学年では工作実習、第 3,4,5 学年では工学実験、第 4 学年では基礎研究^[1]、第 5 学年では卒業研究が実施されている。

低学年で実施されている工作実習では、主に「ものづ

くり」を通じて学科専門講義科目への動機づけと導入、高学年における基礎研究や卒業研究での設計製作のための基本技術の修得を目的としている。1991 年度の本学科開設以来、「電子機械工作実習」という名称で実施されてきたが、2003 年度より新カリキュラムが開始されたことを契機に、その実習内容の見直しと修正を行い、2004 年度より新たに「電子機械工学実習 II」という名称に改称するとともに、実習内容の刷新を行った。

本報では、2004 年度に実施した電子機械工学実習 II について、その総合的工学教育の概要を報告する。

2. 電子機械工学実習 II

電子機械工学実習 II は、第 2 学年で開講される通年 4 単位の必修得科目である。第 1 学年の電子機械工学実習 I では、本学科専門科目への動機づけと導入を主目的として、簡単なレスキュー競技ロボットを市販キットを利用して、5 名 1 グループで 1 台を製作している。それに引き続き第 2 学年では、機械系・電子電気系・情報制御系の各専門分野に関して、さらに専門性が高い実習テーマを設定している。

従来の実習においても、各専門分野の実習テーマが実施されていたが、各実習テーマが独立して設定されていたため、お互いのテーマ間における関連づけが乏しかった。そこで、電子機械工学実習 II では、このような間

2005 年 4 月 13 日 受理

*総合工学システム学科システムデザインコース
(Dept. of Industrial Systems Engineering : System Design and Production Course)

**メカトロニクスコース(Mechatronics Course)

***技術教育支援室(Support Center for Technical Education)

****総合工学システム専攻学生(Advanced Industrial Systems Engineering Course)

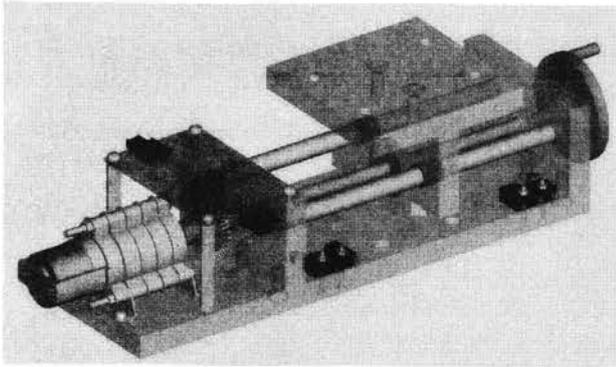


図1 ねじ送り直動テーブル装置

表1 装置の仕様

大きさ	W×D×H=232×75×68.5 mm
質量	0.7 kg
送りねじ	M6 × 1
ストローク	120 mm
エンコーダ分解能	360 deg / 40 = 9 deg
位置決め精度	1 mm / 40 = 0.025 mm

題を解決するために、各専門分野の実習テーマを一通り終了した後、最終的にこれらの内容を統合する実習テーマを行うというように、さらに総合的・システムの実習内容の設定を試みた。

また、最後に総合的実習テーマを設定するにあたり、各専門分野における実習テーマについても、独立して設定するのではなく、1つの機械システムを共通の実習対象として設定した。電子機械工学実習Ⅱでは、この具体的な機械システムとして、「ねじ送り直動テーブル装置」を設定した。装置の外観を図1、仕様を表1に示す。この装置を採用した理由を以下に示す。

- NC 工作機械等における位置決めのための基本的機構を学習できる。
- エンコーダによる回転角やリミットスイッチによるストローク終端の検出等、制御の基本要素を備えている。
- 総合的実習では、単体だけではなく2個組み合わせ X-Y テーブルを構成した形での応用的な制御実習も可能である。

電子機械工学実習Ⅱにおける実習テーマ一覧を表2に示す。

3. 実習のスケジュール

図2に、電子機械工学実習Ⅱの年間スケジュールを示す。

第1週目は、学生40名全員に対し、実習に関するガイダンスと安全教育を実施する。その後の実習は、

表2 実習テーマ一覧

記号	週数	テーマ
G	1 40	実習ガイダンスと安全教育
M1	2 20	NC プログラミング
M2	6 14	FAによるねじ送り直動テーブル装置の製作
E1	2 20	電気計測(テスター, オシロスコープ)
E2-1	2 13	電気回路製作
E2-2	2 13	ポケットコンピュータによる BASIC 言語入門
C1	4 13	デジタル回路とポケットコンピュータによる計測制御
C2	4 13	PCによるシーケンス制御
C3	2 40	ねじ送り直動テーブル装置の総合制御実習

図2 実習の年間スケジュール

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
G	M1																										
	E1																										
	M1																										

※ 図内の記号は表1に対応

大別して3つの段階に分けられる。

第2～5週は、実際に各専門分野の実習を行う前の準備段階として、学生を20名づつ2班に分け、機械系と電子電気系の基本的な実習を2週単位で輪番で行う。次の第6～23週は、学生を13～14名づつ3班に分け、機械系・電子電気系・情報制御系の各専門分野の実習を6週単位で輪番で行う。最後の第24,25週は、学生40名全員による総合的実習を行う。学生には、各実習テーマ終了後に、レポート提出を課している。

次章より、各実習テーマの内容について説明する。

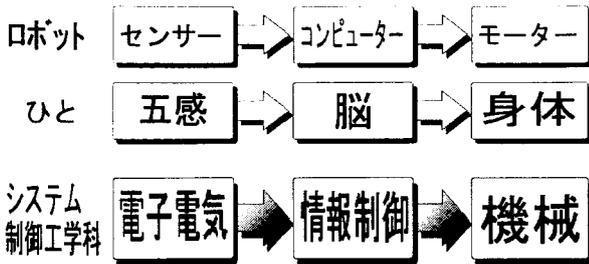
4. 実習内容

4.1 G:実習ガイダンスと安全教育

第1週目は、電子機械工学実習Ⅱのガイダンスである。シラバスにもとづいて、実習の目的と概要、評価方法を説明した後、各実習テーマの概要とスケジュール、班分けの説明を行った。また、実習では工作機械等の設備を使用するため、これらを利用するにあたっての安全教育も実施した。

実習ガイダンスの最初には、あらためて学生にシステム制御工学科の教育目標について説明した。図3は、実習ガイダンスで学生に説明を行ったシステム制御工学科のコンセプトである。図3により、本学科では各専門分野の学習だけではなく、矢印の部分、すなわち各専門分野間の関連づけが重要であることを再認識させた。

システム制御工学科では、
ロボットが製作できるエンジニアを育てます！



$$\{電気 + 情報 + 機械\} \div 3 + \alpha = \text{システム制御}$$

図 3 システム制御工学科のコンセプト

4.2 M1: NC プログラミング

M1 実習は、「NC プログラミング」をテーマとしている。NC プログラムとは、Numerical Control の略語であり、数値制御を意味する。つまり、加工条件や加工工程等の情報を数値データとして NC 装置に与え、工作機械のテーブルの位置決めや工具の送り動作等を自動制御することである。そして、この数値データを作成する手順を NC プログラミングと呼んでいる。

従来の実習では、NC プログラミングを機械系テーマとして同様に取り入れていたが、これには FAPT(Fanuc Automatically Programming Language)と呼ばれる自動プログラミング言語が用いられてきた。しかし、FAPT による実習では、以下のような問題点が指摘されていたため、M1 実習では、FAPT ではなく G コードによる NC プログラミングを行うことにした。

1. FAPT による自動プログラミングには、専用の CAM ハードウェアが必要であり、本学科には 4 台しか設置されていないため、多人数での実習が困難である。
2. CNC 工作機械で手動操作やメモリ運転を行うには、G コードによる NC プログラミングの理解が不可欠となる。後述する M2 実習では、CNC 工作機械を利用した機械加工を行うために、先立って理解させておく必要がある。

M1 実習では、まず講義科目に先行して機械加工法の概要について講義を行った。その後、本学科に設置されているマシニングセンタ(MC)、ターニングセンタ(TC)、ワイヤカット放電加工機(WCEDM)に関する NC プログラミングの基本的な例題を学習し、最後に学生が各自で課題を設定して、応用的な演習を行った。

4.3 M2: FA システムを利用したねじ送り直動テーブル装置の製作

M2 実習は「FA システムを利用したねじ送り直動テ-

表 3 M2 実習スケジュール

		週					
		1	2	3	4	5	6
班	X	MC-MDI	MC-PRG	Lathe	MC-RUN	WCEDM	Assy
	Y	Lathe	MC-MDI	MC-PRG	TC-RUN	MC-RUN	Assy
	Z	TC-PRG	Lathe	MC-MDI	MC-PRG	Assy	MC-RUN

MC:マシニングセンタ, TC:ターニングセンタ,
WCEDM:ワイヤカット放電加工機,
Lathe:普通旋盤, Assy:仕上加工, 組立・調整
MDI: 手動操作, PRG:NC プログラミング,
RUN: NC プログラム自動運転

ブル装置の製作」をテーマとしている。この実習は、ねじ送り直動テーブル装置の製図・NC プログラミング・NC 加工・組立・調整という機械系での「ものづくり」の過程を実際に体験させ、その技術を修得させることを目的としている。M2 実習における実習スケジュールを表 3 に示す。M2 実習は 1 回あたり 6 週で 13~14 名の学生に対して実施するが、テーマ内でさらに 3 班に分け、それぞれ使用する CNC 工作機械が重ならないように、かつ各班の作業量が同等になるようにスケジュールを構成した。なお、テーマの中には CNC 工作機械だけにとどまらず、普通旋盤や卓上ボール盤等の汎用工作機械による加工実習も、学科の要望により一部取り入れた。

1 班は 4~5 人で構成されているが、その中の半数が実際に CNC 工作機械による加工操作を行い、残りの半数がその作業内容を観察しながら、作業工程票を記録していく。この操作係と記録係は毎週交替するようにし、すべての学生が必ず 2~3 回両方の係を体験するようにした。図 4 は、学生が記録した作業工程票の例である。作業工程票には、作業時刻と加工条件、作業内容をスケッチと文章で逐次記録していく。作業工程票の記録にあたっては、「誰もがこの記録を見て、同じ作業が再現できること」を念頭に置くことを指導した。図 5 は、MC での MDI(Manual Data Input)操作による加工作業の様子である。これは、M1 実習で学習した G コードを、学生が CNC に入力し逐次実行しながら、汎用工作機械のように手動で加工を行っている様子である。

図 6 は、6 週目の組立・調整作業の結果、完成したねじ送り直動テーブル装置の例である。1 回 13~14 名の実習において、2 台の装置を完成させる。1 台あたり 7 名の学生によって各部品の製作を分担しながら、共同作業を進めていく。この作業では、加工誤差等の原因により、組立できないこともあり、調整作業を行いながら、各自の作業の反省や共同作業の難しさを体験させる。

なお、M1 実習と M2 実習については、実習開始の前年度である 2003 年度に、学科の卒業研究生によってプランニングとスケジューリングが行われた。^[2] 実習の結果より、学生が計画したスケジュール通り第 2 年生が実

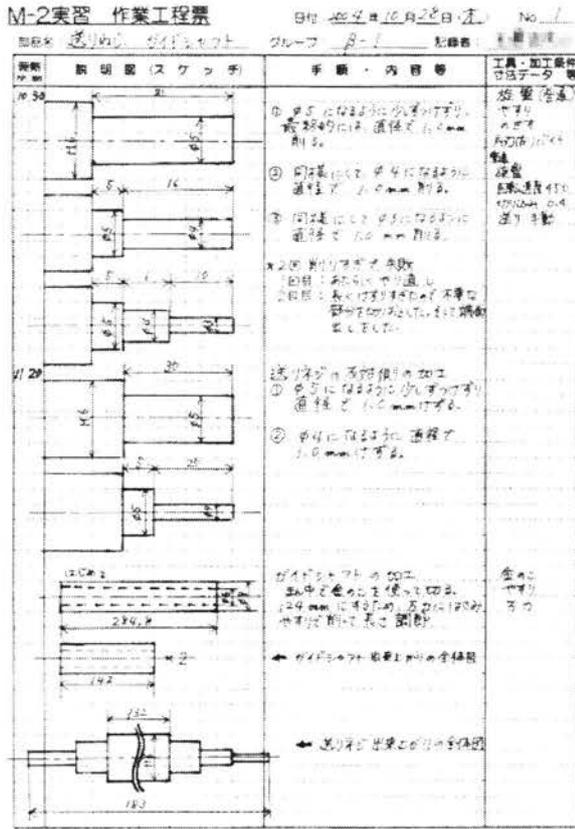


図4 作業工程票(学生のレポートより)

際に装置を製作できること、実習時間内で実習が実施可能であることが検証できた。

4.4 E1:電気計測

E1 実習では「電気計測」をテーマとしている。計測器には、もっとも基本的なテスターとオシロスコープの2つを取り上げた。これらの電気計測実習を通じて、同時に開講されている専門講義「電気回路 I」の理論的な補足も兼ねて、その実践的計測技術の修得を目的としている。加えて、後述する E2 実習や C1 実習では、電子回路の製作を行うため、それに先立って修得させておく必要がある。

テスター計測では、まず基本的な電圧値、電流値、電気抵抗値やコンデンサ容量値の計測法を修得させる。その後、電気回路 I でも学習している各種ブリッジ回路の合成抵抗計算と計測による確認、コンデンサによる放電回路の時間ごとの端子間電圧測定等を行う。

オシロスコープ計測では、関数発生器による正弦波、三角波、矩形波等の各種交流波形を観察し、交流の基本的性質を理解する。その後、ダイオードによる整流特性を2現象観測で観察し、その結果を方眼紙にスケッチする。

このように、いずれの実習とも、一部実験的な要素も

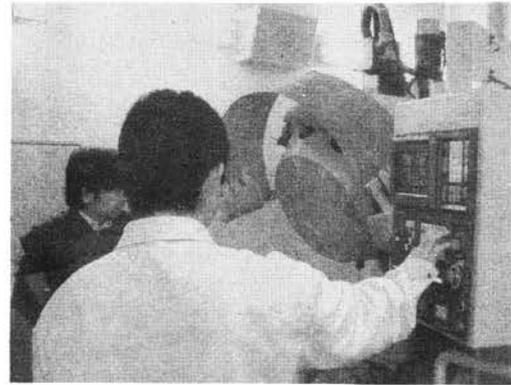


図5 MCでのMDI操作による加工

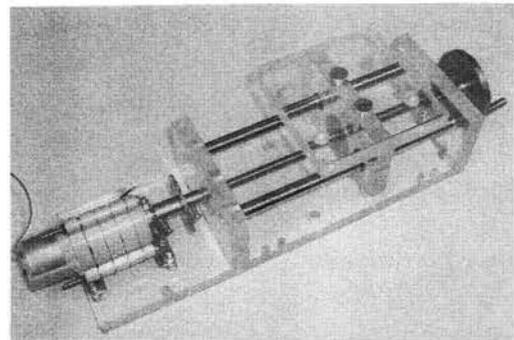


図6 ねじ送り直動テーブル装置の製作例

取り入れ、測定グラフの書き方等の指導も行っている。

4.5 E2:電子回路製作とポケットコンピュータによるBASIC 言語入門

E2 実習は「電子回路製作」を主テーマとしている。具体的に製作する電子回路は、M2 実習で製作されたねじ送り直動テーブル装置に実装するための DC モータドライバ回路とフォトインタラプタによる光センサ回路である。これらの電子回路製作を通じて、はんだづけ等の製作技術の修得と、E1 実習で修得した電気計測の応用的技術の修得を目的としている。

学生は、与えられた電子回路図をもとに、まず自分で基盤上に実態配線図としてレイアウトを行う。その後、その配線図をもとに回路を製作する。図 7 は、学生によるはんだづけ作業の様子である。完成した DC モータドライバ回路は、テスターによる回路チェックの後、実際にモータを接続し、正逆転や停止動作の確認を行う。光センサ回路については、フォトインタラプタの入力に連動して信号が出力されているかどうかをオシロスコープで観察し、動作確認を行う。

なお、E2 実習の中には、ポケットコンピュータによる BASIC 言語入門もテーマとして設定している。これは、後に続く C1 実習において制御用プログラムを記述するために、実習前にマイクロコンピュータの基礎知識を修

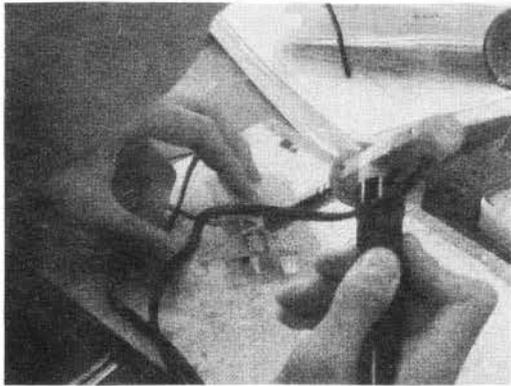


図 7 電子回路製作ではんだづけ作業

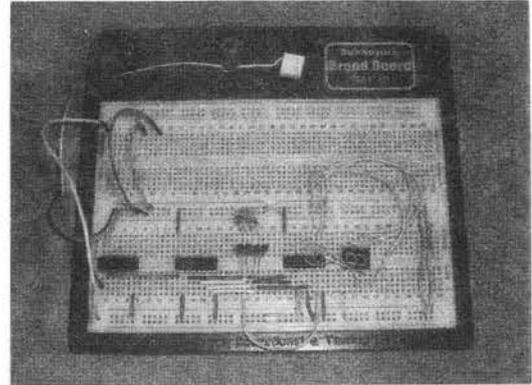


図 8 ブレッドボードによるデジタル回路製作

得させておくためである。そこで、前者の電子回路製作を E2-1 実習、後者の BASIC 言語入門を E2-2 実習として分割し、E2-1 の直後には C2 実習、E2-2 の直後には C1 実習というように、それぞれ関連の深い実習を連続して実施できるようにテーマを配置した。

4.6 C1: デジタル回路とポケットコンピュータによる計測制御

C1 実習では「デジタル回路とポケットコンピュータによる計測制御」をテーマとしている。

デジタル回路では、E2-1 実習で製作したフォトインタラプタによる光センサ回路からの入力を想定して、その信号の入力カウント数を 7 セグメント表示させるための回路を製作する。なお、回路製作は E2-1 実習と比較して素子数が多くなるため、はんだづけ作業は行わず、ブレッドボードを利用することにより、試作を容易にした。図 8 は、ブレッドボードによるデジタル回路の例である。

ポケットコンピュータによる計測制御は、E2-2 実習で修得した BASIC 言語の IN, OUT 命令を利用して、接続した 8255 I/O ボードによる簡単な計測制御実習を行う。なお、E2-1 実習とは組み合わせが異なるため、班の輪番によっては、E2-1 実習で製作した電子回路が使用できない場合が生じる。そのため、I/O ボードの入出力は、プッシュボタンスイッチや LED により代用した。

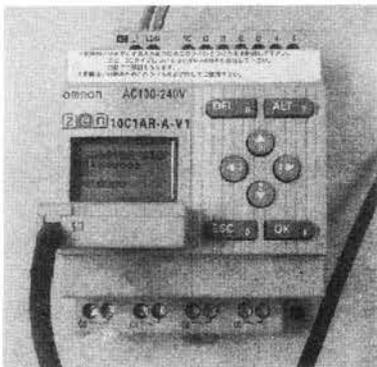


図 9 PC の外観

4.7 C2: PC によるシーケンス制御

C2 実習は「PC によるシーケンス制御」をテーマとしている。PC とは、Programmable Controller の略語であり、リレー回路によるハードワイヤロジックの構築部分をソフトウェア化することによって汎用化したものである。そのため、PC によるシーケンスの記述は、リレー回路と同様にラダー図を使用して記述する。PC 内の構成要素には、通常のリレー以外にもタイマーやカウンタが内蔵されており、時限動作や計数動作も可能である。図 9 は、実習で使用した PC の外観である。

PC は、生産ラインの自動化機械や自動販売機、交通信号機等のシーケンス制御等、広範囲に利用されている制御機器であるため、本学科の実習テーマとしても欠かすことができない。そこで、前述の C1 実習と並行して実習テーマを設定し、DC モータの正逆転や停止動作の制御や光センサ回路の入力信号の計数が同様に行えることを確認させた。そして、ポケットコンピュータによる計測制御と対比できるようにした。

4.8 C3: ねじ送り直動テーブル装置の総合制御実習

C3 実習は「ねじ送り直動テーブル装置の総合制御実習」をテーマとしている。これまでにやってきた各専門分野の実習内容を総合した実習テーマとして設定した。

図 10 に、総合制御実習で使用したねじ送り直動テーブル装置完成品の外観を示す。M2 実習で製作した装置本体に、E2-1 実習で製作した電子回路が実装されている。電子回路はポケットコンピュータの I/O や PC に接続され、下記に示す各種動作の制御実習を行った。

A. リミットスイッチによる終端停止制御

B. タイマー制御による一定距離の往復動制御

また、総合制御実習では、各実習班で製作した装置 6 台について、性能試験を実施した。上記の往復動の制御プログラムを利用し、移動距離とその所要時間を計測し、各装置の性能比較を行った。その試験結果を表 4 に示す。表 4 の結果より、移動速度が

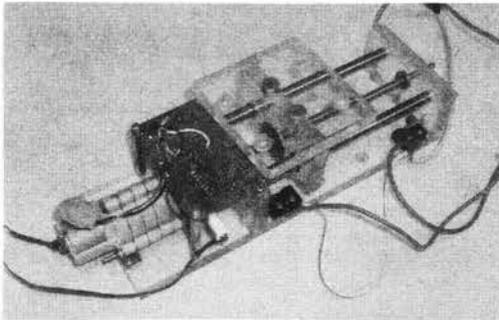


図 10 ねじ送り直動テーブル装置の完成品

表 4 装置の性能試験結果

装置	移動距離 mm	所要時間 s	移動速度 mm/s
A	121	174	0.70
B	117	87	1.34
C	117	64	1.80
D	117	114	1.03
E	123	408	0.30
F	120	61	1.97
平均	119	151	0.79

遅い装置については、加工精度による損失動力が大きいこと、すなわち M2 実習での製作結果が性能試験におよぼす影響が大きいことが考察できた。

5. 学生による授業評価アンケート

実習の最終日に、学生による授業評価アンケートを実施した。実施したアンケートの内容は、本校において共通で実施されている「実験科目」の項目をそのまま利用した。その結果を表 5 に示す。

表 5 からわかるように、全体的に肯定的意見をあらわす A, B の評価が多く、否定的意見をあらわす D, E の評価はほとんど見あたらない。この結果より、学生からの評価はおおむね好評であったと考えられる。特に、授業内容を問う Q1~3 についての肯定的意見の割合が高く、学生は実習の意義を十分に理解していると考えられる。それは、学生の熱意を問う Q4 にもあらわれている。

Q5, Q7 については他と比較して肯定的意見の割合が高くないが、これは学生に実習テキスト等を事前に配布していなかったことにも起因しているため、改善が必要であると考えられる。また、達成度を問う Q7 については、自由記述の中に「実習テーマ数が多く、進行が速くてついて行けなかった」という記述も見られることに関係している。特に、電気電子系や情報制御系については、実習テーマ数も多く輪番も小刻みに変わるため、記述の

表 5 学生による授業評価アンケートの結果

科目数 1, 履修者数 42, 回答者数 39

Q	A	B	C	D	E	F	内容
Q1	12	18	9	0	0	0	この科目はシラバスに沿って授業が行われましたか。
Q2	23	15	1	0	0	0	あなたは、この科目に興味を持つことができましたか。
Q3	12	25	2	0	0	0	あなたは、この科目の意義を理解できましたか。
Q4	21	18	0	0	0	0	あなたは、この科目の授業を熱心に受けましたか。
Q5	4	11	15	6	3	0	あなたは、予習あるいは復習をきちんとしましたか。
Q6	33	6	0	0	0	0	あなたは、与えられた宿題やレポートの提出をきちんとしましたか。
Q7	4	16	19	0	0	0	あなたは、分からないことがあったとき放置せず、すぐに質問したり調べたりしましたか。
Q8	7	17	15	0	0	0	あなたは、シラバスの授業目標を達成できたと思いますか。
Q9	6	22	11	0	0	0	授業はわかりやすかったですか。
Q10	9	25	5	0	0	0	担当者の教える態度に熱意や意欲は感じられましたか。
Q11	5	17	17	0	0	0	授業中に質問や発表する機会が与えられましたか。
Q15	12	18	9	0	0	0	実験・実習の指導書は、内容を理解する上で適切でしたか。
Q16	12	18	7	2	0	0	報告書(レポート)についての指導は適切でしたか。
Q17	15	19	2	3	0	0	実験・実習の設備は十分にそろっていましたか。
Q18	16	16	7	0	0	0	実験・実習のグループごとの人数は適切でしたか。

※ A 良くてはまる、B やあてはまる、C どちらとも言えない、D 余りあてはまらない、E 全くあてはまらない、F 無回答

ように理解が不十分だと感じた学生がいたのではないかと考えられる。実習テーマ数やスケジュールについては、再考する必要がある。

なお、総合的実習に関しては、C3 実習で学生が提出したレポートの感想の中で、「各専門分野の実習を行っているときは漠然としか理解できていなかったが、最後の総合制御実習で 1 つにまとめたことにより、今までの実習内容がやっと理解できた」というような記述が多く見られた。このことにより、総合的実習で各専門分野の関連づけを理解させることの重要性を確認することができた。

6. 結 言

本報では、2005 年度に実施した電子機械工学実習 II について、その総合的工学教育の概要を報告した。従来のカリキュラムでは、各専門分野の総合的工学教育は、第 4 学年の基礎研究ではじめて行われていたが、低学年の実習においても、このような総合的工学教育が有効であることが明らかになった。そして、システム制御工学科の教育目標を達成する上でも、非常に有効であると考えられる。

参 考 文 献

- [1] 里中他 6 名: 大阪府立高専システム制御工学科におけるシステム設計研究について, 機講論 No.97-23(1997), pp200-203
- [2] 里中, 後藤, 木下: 学生による工作実習のプランニングとスケジューリング(FA による機械システム製作実習を例として), 機講論 No.04-256(2004)