機械工学科におけるシーケンス制御実習の試行

－楽しさや興味を重視した内容の改善－

Attempt of Sequence Control Practice in Mechanical Engineering Department

－Improvement of Content by Considering Student's interest－

那 賀 修 二 小 西 忠 司

Syuji NAKA

Tadashi KONISHI

機械工学科の学生にとって電気は重要な分野にもかかわらず、最も苦手であることが多い。著者らは機械工学科の学生は物を作ることに興味を持ち、また得意なことに着目して、従来の電気工学実験をシーケンス制御実習に置き換え、学生が興味を持ちながら学習できるように次の工夫をした。(1)有接点制御、無接点制御、PC制御の3つに分けて、無理なく系統的に実習できるようにした。(2)ベルトコンベアーなどの動作のおもしろいモデルを導入した。(3)従来のグループ実験から個人実習へ切り替えた。(4)多くの電子部品や電気機器を扱い、電気の分野に慣れさせた。この改善によって学生は積極的に実習に取り組むようになり、電気の分野に苦手意識をもたなくなった。

キーワード：シーケンス制御実習、電子回路実験、個人実習、ベルトコンベアー、自動スタンプ機

The study of electricity might be a weak field for students of mechanical engineering department though knowledge concerning electricity is getting more important for the mechanical engineers. Authors consider the fact that the students are skillful and interested in the manufacture of things. Considering from such a viewpoint, we reform a conventional Electric & Electronic experiment to sequence control practice. (1)Student can learn the sequence control systematically concerning the relay control, IC control, and the programable control in consideration of the related lectures not being not available in the course of fourth grade student. (2)The models are determined from the viewpoint of student's interest. The example models are belt conveyer and automatic stamp machines. (3)Individual practice is effective to improve the quality of the study. (4)Handling a lot of electronic parts and electric equipments will be an effective training to start learning electricity.

Keywords : Sequence Control Practice, Electric Circuit Practice, Individual Practice, Belt Conveyer, Automatic Stamp Machines

1. はじめに

産業界において機械技術者が電気機器やコンピュータなどを扱う機会が年々増加しており、機械技術者がもはや電気や自動制御に関心であることが避けられない時

代になった。一方機械工学科の学生にとって電気は最も苦手な分野であることが多い。本校の機械工学科では平成5年度までは電気工学科に委託して4年次に電気工学実験を行っていた。機械工学科の学生にとって低学年から機械工作など具体的なものを扱ってきたこともあり、

表1 実験・実習の特徴

実験内容		これまでの実験	新しい試みの実習		
		<ul style="list-style-type: none">・ オームの法則・ 交流ブリッジによる測定・ 交流回路の基礎実験・ ベクトル軌跡・ 変圧器の特性試験・ オシロスコープの取扱い・ 電位分布の測定・ 差動変圧器・ サーボモータの実験・ 直流電動機 の特性試験・ トランジスタの基礎実験・ デジタル IC の動作・ 演算増幅器の基礎実験・ 直流発電機 の特性試験	シーケンス制御実習		
			有接点制御実習	無接点制御実習	P C 制御実習
			(実習のポイント)		
			<ul style="list-style-type: none">・ 制御回路・ 電動機	<ul style="list-style-type: none">・ 電子回路・ 電子部品	<ul style="list-style-type: none">・ 実践的な制御技術
特徴		性能・特性などの実験	(実施方針) <ul style="list-style-type: none">・ シーケンス制御を系統的に実習する・ 基本的内容は十分に説明して理解させ、制御回路への応用について熟考させる・ 動きのおもしろい模型装置を使用する・ 回路を順次付加して動作確認を行いながら回路を完成させる		
指導単位	グループ	グループ	個人	個人	
実施回数 (一回・3hr)	テーマ毎に 1	5	5	2	
学生人数	テーマ毎に 4	1 4	1 4	7	
指導者人数	総員 7	2	2	2	

電気は目に見えなく抽象的で扱い難いなど、電気分野に興味を湧かない理由の一つである。

著者らは機械工学科の学生が物を作ることに興味を持ち、また得意にしていることに注目し、従来のグループ指導による実験から、個人毎に電気・電子回路、制御プログラムを作る内容のシーケンス制御実習に変更した。この試みによって学生は以前より電気や制御に興味を持って積極的に実習に取り組むようになった。

2. 実施計画

実験に関連している教科の講義は4年次に電気工学、5年次に電子工学と制御工学を実施しており、今回対象の4年次の学生は電気・制御の知識が全く無い状態である。さらに電気に興味の薄い機械工学科の学生であることを考慮して、知識の詰め込みは避け、興味や楽しさ、完成時の満足感に重点を置いて、後の講義への取り掛かりとして実施内容を検討した。表1にこれまでに行っていた実験と新しい試みの実習内容の特色を示す。従来の実験では電気工学を学ぶ上で重要な項目としてオームの法則や変圧器の特性実験など広範囲に4人程度のグループ毎に実施されていた。

新しい試みは実験形式を止めて、個人毎に行う実習形式にした。実施時間数は週1回3時間を12週、延べ36時間である。実習内容はシーケンス制御に統一して、有接点制御、無接点制御、プログラマブルコントローラ（略してPC）制御を系統的に実習し、この過程を通して電気を

学習できるようにした。有接点制御実習では電磁リレーを使用した制御回路や電動機について学ぶ。内容としては自己保持回路、タイマ回路などの基本制御回路や電動機の起動回路、インバータによる回転数制御などを扱う。一部電動機の実験の特性を調べる実験的な要素も加えた。

無接点制御実習では電子回路や使用する多くの電子部品について学べるように工夫した。電子回路の実験は多くの高専で採用されており¹⁾、今回の試みにおいても電子回路を無接点制御回路として扱ったものである。これは電子回路を単独に扱う場合に比べて制御回路の中で扱う方が回路の役割や動作が明確になり、また興味や制御装置構築の物作りの意味からも好都合と考えた。PC制御では実践的な制御技術²⁾を体験させる。PCは取扱いが簡単であり、ラダー図によって制御動作を容易に表せるので、入門者でも複雑で高度な制御が可能である。今回特に浅い知識、限られた時間でシーケンス制御の全体構成を学ぶのに都合がよく、一連の制御実習のまとめとして採用した。

実習の進め方は学習内容をよく理解させることが標題の楽しさや興味につながると考えて、1) 基本的な学習内容には十分に説明を行い、制御回路構築への応用面において熟考させる。2) 毎回新たな回路を付け加えながら完成させる。3) 模型装置を使用して完成の満足感を体験させる。を実施方針にした。なお本報告では著者らが直接に指導を行った無接点シーケンス制御実習とPC制御実習について報告する。

3. 実習内容

3. 1 無接点シーケンス制御実習

ここではブレッドボード上に電子部品を使用して制御回路の組み立てを行う。表2にテーマとその内容を週毎に示す。第一ステップはテスター、ブレッドボード、定電圧電源などの説明の後、ICについて基礎的な実習を行う。第二ステップはオルゴールを鳴らすことを目標にして、スイッチ入力からモータの駆動までの基本的な回路を順次付加しながら完成させる。第三ステップではワーク加熱装置を動かすことを目標にして、インタロック回路、タイマ回路などの回路を付加して、自分が作った回路で機械が動くことを体験させる。

表2 無接点回路制御実習の内容

週	テーマ	実 習 内 容
1週	これだけは知ろう	1)回路計、ブレッドボード、定電圧電源 2)ICの動作を知ろう 3)LEDを点灯させよう
2週	オルゴールを鳴らそう	1)自己保持回路で運転を継続させよう *2)イニシャルリセット回路を加えよう 3)ミニチュアリレーでオルゴールを鳴らそう
3週	ワーク加熱装置を動かそう	1)モータを正転・逆転させよう 2)インタロック回路を作ろう 3)タイマーで起動させよう *4)インビット回路を入れよう *5)オペアンプを使って熱電対の起電力を増幅させよう 6)電磁石を使ってワークを保持しよう
4週		
5週		7)完成だ！ 動かそう

*印の項目は時間の都合で取り止めている

(ワーク加熱装置)

写真1、図1にワーク加熱装置の概要を示す。この装置は全長35cmの大きさで、ワークを往復台によって加熱位置との間を往復移動させる模型装置である。動作はワークの挿入によって往復台は電磁石によってワークを保持し、2秒後に加熱位置へ向かって移動を始める。加熱位置で停止の後、ワークはヒータによって加熱される。設定温度まで加熱されると復路移動を始め、途中の排出部上でワークを放つ。往復台は待機位置まで戻って一連の動作を終わる。ワークの保持や往復台の動作はリミットスイッチの信号で行い、温度検出は熱電対を使用している。図2に完成した回路図を示す。

3. 2 PC制御実習

ここではPCの制御プログラムの作成を主にした実習を行う。表3にテーマとその実施内容を示す。第一ステップは駐車場入口遮断器の制御を例題にしてPCの基本

写真1 ワーク加熱装置

図1 ワーク加熱装置

図2 ワーク加熱装置の回路図

的な使用法を学ぶ。第二ステップでは各自へ課題として自動スタンプ機あるいはベルトコンベアーのいずれかの制御プログラムを作成させる。PC付設の入力スイッチで行う動作確認やプログラム修正を繰り返して完成の後、模型装置の運転を行う。ベルトコンベアーと自動スタンプ機の装置にはエアシリンダを使用しており、運転において、プシュ、プシュと発する排気音には快感があり、

学生に運転の満足感を与えた大きな要因になっている。
 なおPCはオムロン社製のSYSMAC mini SP10（入力6点，出力4点）を使用した。

表 3 PC制御実習の内容

週	テーマ	実 習 内 容
1 週	駐車場入口遮断器を動かそう	1)自己保持回路でモータを動かそう 2)タイマ回路で起動しよう 3)カウンタ機能で台数を制限しよう
2 週	ベルトコンベアーで製品を振り分けよう または スタンプを押そう	1)各自プログラム作成 2)運転

(ベルトコンベアー装置)

写真2，図3にベルトコンベアーによる製品振り分け装置の概要を示す。この装置は全長110cmの大きさで，ベルトで搬送中の製品の大きさを判定し，大きい製品をベルト上から排除する装置である。動作は起動スイッチのONでモータが起動し，ベルトが移動を始める。ローラ軸にはカムとリミットスイッチが取り付けられており，ベルトの移動に応じてパルス信号を発生している。ベルト上の製品は光電スイッチで検出される。光電スイッチの検出からエアシリンダの動作までの時間はベルト移動のパルス数によって判定され，エアシリンダによって製品はベルト上から側方へ押し出される。停止は停止スイッチONの後，ベルト上から製品が完全に送り出されるまでの5秒の時間を待ってベルトを停止させている。

(自動スタンプ機)

写真3，図4に自動スタンプ機の概要を示す。この装置はベース幅30cmの大きさの自動押印装置である。動作は用紙の挿入によってリミットスイッチが働き，2本のエアシリンダの作動によって，図中のaの位置にあるスタンプは順次b，a，c，d，c，a位置に移動する。その間b位置で押印し，d位置ではインクつぼの蓋を開けた後インク付けを行う。

写真2 ベルトコンベアー装置

図 3 ベルトコンベアー装置

写真3 自動スタンプ機

図 4 自動スタンプ機

4. 実習の成果

レポートは最後にまとめとして提出させ、各回毎には理解出来なかったことや感想を100字程度にまとめさせた。その提出文の中から所感を記述した文を取出し、類似した内容の文を表4のようにまとめた。配線作業の単純なミスで動かなく、原因探索で苦労をした様子や完成したときの喜びがよく表れている。理解できたと記述した文が多いのは作業前の十分な説明に加え、ミスの原因探索時に学習内容の理解が深まったものと推察できる。ミスの原因探索は理解を深め、論理的な問題解決の訓練にも格好の場であった。また興味や技術への感動を述べた文も多い。ついで、実験終了後に表5の設問でアンケート調査を行った。学習内容の理解や積極的な実験への取組み、電気を身近に感じるようになったなどの回答が得られた。

5. おわりに

機械工学科学生の持つ特質を考慮してシーケンス制御実習を試み、これまで2年間を経過した。この間、指導内容や指導方法の改善を繰り返し、新実習導入のねらいにした効果がやっと得られるようになった。とりわけ、

表4 所感記述の一例

分類	所感例
理解できた 30文	・ICは言葉では知っていたが今回理解できた ・自己保持回路の仕組みが分かった ・電気は得意でないがよく分かった ・AND, NOT, ORについて曖昧であったが理解できた
理解できなかった 6文	・難しい言葉が飛び交って完全には理解できなかった ・抵抗とコンデンサで遅延時間が決まるが分からない ・ノイズ除去のコンデンサの意味が分からない
興味 11文	・漠然と見ていたプッシュスイッチには自己保持回路が必要であった ・これからエレベータに乗ったら、これはどんな回路か考えるかもしれない ・先行優先回路が日常生活に多くあるのを知った
配線間違い 22文	・きちんとした作業の方がかえって早くなる ・ICが浮いていた ・理解はしていたが配線で間違った ・単純ミスで時間をとった ・見やすく配線しよう
苦労した 15文	・ICの故障に気付くのに苦労した ・配線が複雑で訳が分からなくなりそう ・個人作業で大変だ ・配線は正しいのに動かない、何が悪いのか
喜び・感動 20文	・オルゴールが鳴ったときは感動した ・回路が完成したときは嬉しいものだ ・実際に組んで実感がわいた ・簡単なミスで時間がかかったが原因が判明したとき濃い霧がはれパッと道が開いた感じ
技術的感動 8文	・数個のICで日常利用している機能が作れたのにびっくりした ・ICを発明した人はすごい ・自己保持回路、便利なことを考えたものだ

*この所感文は無接点シーケンス制御実習の場合

表5 アンケート結果

設問	回答者数	
	YES	NO
学習内容を理解できた	32	4
進行が早い	13	22
作業負担が大きすぎる	15	20
個人実習であったので積極的に参加できた	33	3
電気を身近に感じるようになった	21	14
特性実験より このような実践的な実習がよい	25	12
以前より電気が好きになった	14	21

電気の利用面での実体験は電気を身近に感じ、苦手意識が薄らいだ、などの教育効果を得ている。この意識変化が今後講義などで生かされることに期待したい。なお本報告の実習改善は平成7年度文部省科学研究補助奨励研究(B)“機械工学科における電気工学知識の体得を目的にしたシーケンス制御実習の工夫”の助成を受けた。

参 考 文 献

- (1) 開豊他4名, 機械系学生に対する実体験型電気電子回路授業の試み, 高専教育, 17号, 1994, 3
- (2) 伊藤欣也, 機械工学科における制御工学実験の教材開発, 高専教育, 16号, 1993, 2

那賀修二
1966年 大分工業高等専門学校機械工学科技官

小西忠司
1986年 豊橋技術科学大学大学院工学研究科修士課程終了
1986年 パプコック日立㈱
1990年 大分工業高等専門学校機械工学科講師