

# 高専電子制御工学科における工学実験指導\*1

—シーケンサを用いた搬送制御実験システムの開発と授業評価—

堀内富雄\*2 小野伸幸\*3 加藤正幸\*4 和崎克己\*5 岸 佐年\*6 坂口正雄\*6

## Teaching of Engineering Experiment for the Department of Electronics and Control Engineering of the College of Technology

Tomio HORIUCHI, Nobuyuki ONO, Masayuki KATO, Katsumi WASAKI

Satoshi KISHI, Masao SAKAGUCHI

キーワード: 工学実験指導, シーケンサ, 搬送制御, システム技術者, 高専

### 1. はじめに

近年のメカトロニクス技術の急速な発達に伴い、機械・電気技術者は今まで以上に、より高度な専門的知識と情報処理技術に関する実践的能力が要求されている。このような事情から教育機関においても学科に関連する専門的知識のみに偏ることなく、自主性や創造性に富んだ総合的技術者教育を目標とし、講義に加えて実験実習についても様々な取り組みがなされている<sup>1), 2)</sup>。

本校電子制御工学科は「ものづくり」を通して機械工学と電子工学およびコンピュータに強いシステム技術者の育成を目標として平成4年に設置された。また平成7年度からは、4年生を対象として夏季期休業中に企業実務訓練(インターンシップ)を実施している。実務訓練報告書において、訓練先企業と学生の双方から生産工程におけるシーケンサ利用の高いことが指摘され、これに関する基礎的知識習得の機会の設置が強く提案された。

そこで平成9年度の電子制御工学実験での利用を目標として「シーケンサを用いた搬送制御実験システム」を開発し、5年生を対象にシーケンサによる搬送制御実験を実施したので報告する。

### 2. 電子制御工学実験

本学科における工学実験実習は、1, 2年次では電子制御工学実験1, 同2において基礎的な電気実験を行い、3年次では機械工作実習と機械実験, 制御実験および電子実験を行う。また4年次では無人搬送車の設計製作を目標とした総合実験実習<sup>3), 4)</sup>を設計製図と連携して行う。さらに5年次での電子制御工学実験3において、前期は全テーマ必修の工学基礎実験を行い、後期は選択制でより高度な応用実験を実施している。実験の進め方は自主性を重視し、実験の原理や方法を自ら調べ、実験・考察し、総括する方法を取入れている。これは卒業研究などで身に付けつつある問題解決・調査能力をさらに伸ばすことを目的としている。表1は平成11年度前期に行われた実験テーマの一覧である。

### 3. 搬送制御実験システムの開発

本学科では3年次にシーケンス制御学習として「空気圧シーケンス制御実験」を実施しているが、これは電磁リレーを用いた空気圧機器を対象としたシーケンス制御である。マイクロコンピュータ技術の発達により、現

表1 電子制御工学実験3 実験テーマ

- |   |
|---|
| ①A/D, D/A変換<br>②セラミックス焼結体の作製とその評価<br>③シーケンサによる搬送制御<br>④台車の位置制御と解析 |
|---|

\*1 1997年8月日本工学教育協会年次大会予稿に加筆

\*2 電子制御工学科助手

\*3 電子制御工学科助教授

\*4 技術室第一技術班技術職員

\*5 信州大学工学部情報工学科助手

\*6 電子制御工学科教授

本研究の一部は平成10年度文部省大学改革推進等経費の助成を受けて行われた。

原稿受付 1999年10月29日

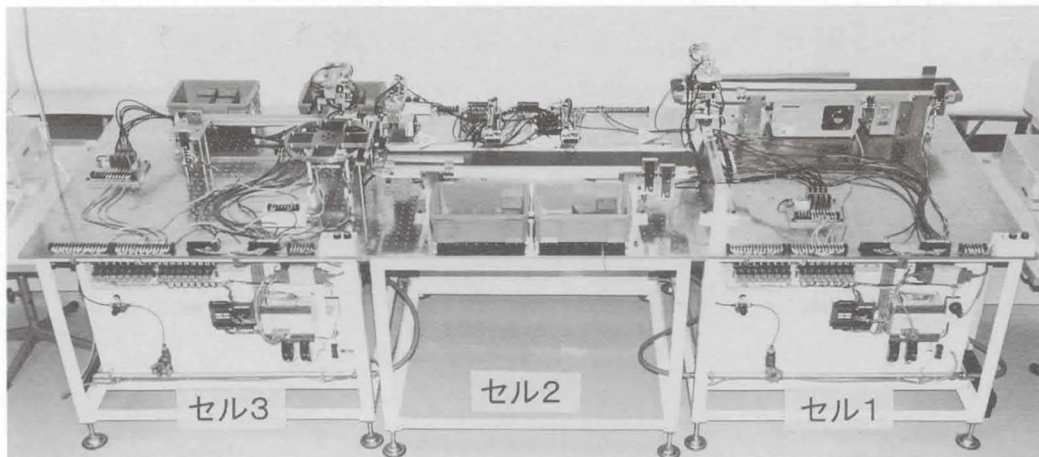


図1 搬送制御実験システム

在主流であるシーケンサによる制御学習の重要性が増している。シーケンサは工業製品の生産現場だけでなく、ビルのエレベータ運転管理や上下水道でのポンプ運転等などに幅広く利用されている。そこでシーケンサを利用し、3年次での空気圧シーケンス制御実験の内容をさら高度化した搬送制御実験システムを開発し、5年次の実験課題の一つに組み入れた。

### 3-1 システムの構成

今回開発した搬送制御実験システムは図1に示すように、機能の異なる3台のサブシステム（以下セル1、セル2、セル3と略す）から構成されている。ここで用いたシーケンサはセンサ入力16点、出力リレー16点を持つFX<sub>2</sub>-32MR（三菱電機）であり、各セルに1台ずつ組付けた。また誤配線によるシーケンサの損傷を防止するため、シーケンサと各入出力機器との間にインターフェイス回路を設けた。これらの装置は各セル前面の制御盤（図2）に取り付けられている。この実験で使用する製品を図3に示す。これらの製品は一辺60mmの立方体で、木調樹脂製である。なお、製品Aは穴なし、製品B、C、Dには直径10mmの横貫通穴がそれぞれ下から15mmに1個、30mmに1個、同じく30mmに2個あけられている。

### 3-2 各セルの機器構成と動作

#### 3-2-1 セル1

セル1はベルトコンベア（以下コンベアと略す）と搬送モジュールから構成されている。このうち、搬送モジュールは水平シリンダユニットの上に上下動シリンダユニットと製品を保持するためのハンドが組込まれた回転シリンダユニット（90度回転）が組付けられている。図4に示すように、コンベアの一端に製品が置かれるとセンサユニット1が働きコンベアを起動する。製品が他の一端に着くと、リミットスイッチが働きハンドが降下し、製品を保持して上昇する（図5）。その後90度左回転させ（図6）、さらに水平移動させてセル2のコンベア

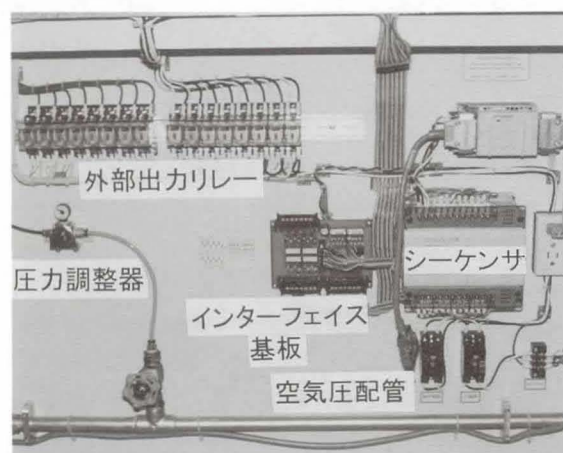


図2 制御盤

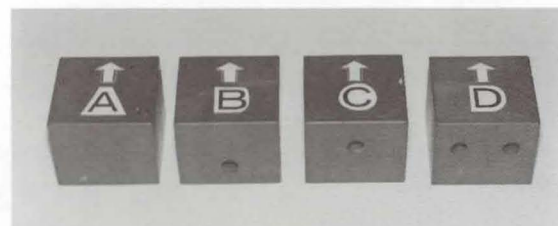


図3 実験で使用する製品

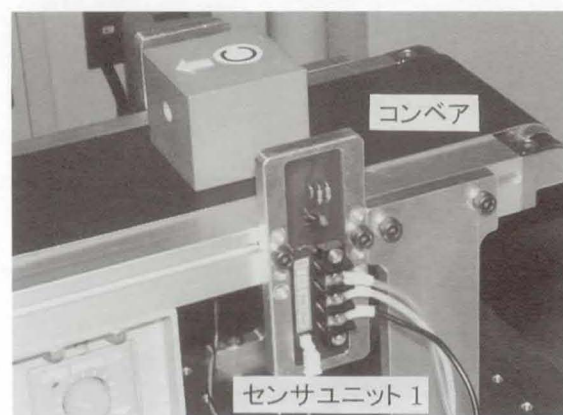


図4 セル1：製品を置く

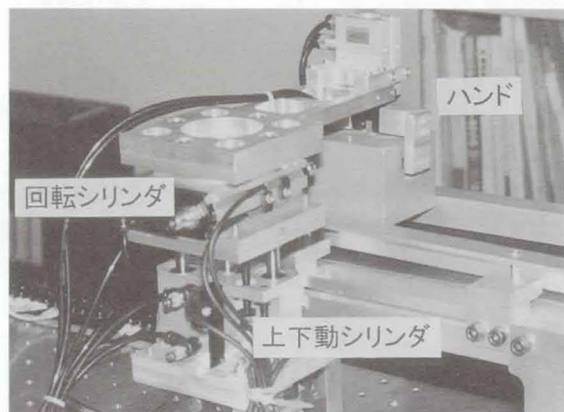


図5 セル1：製品を保持する

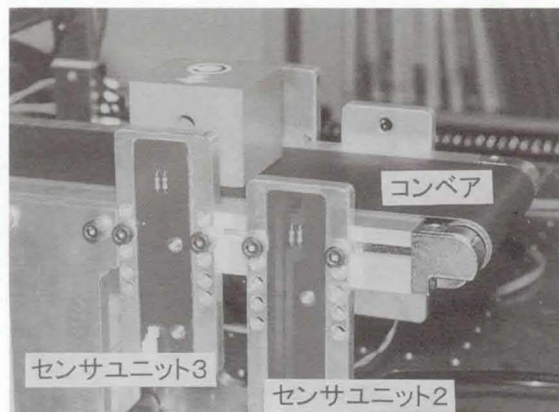


図8 セル2：製品の穴数を計数する

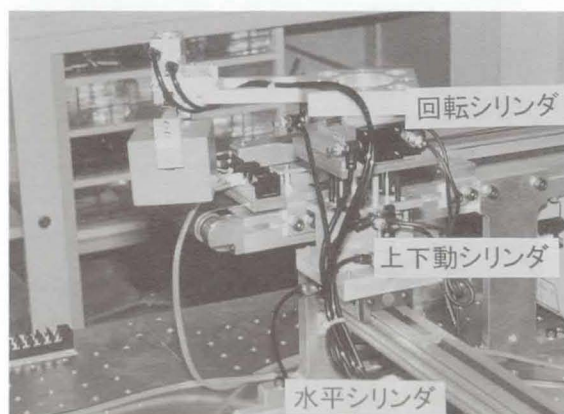


図6 セル1：製品を回転させる

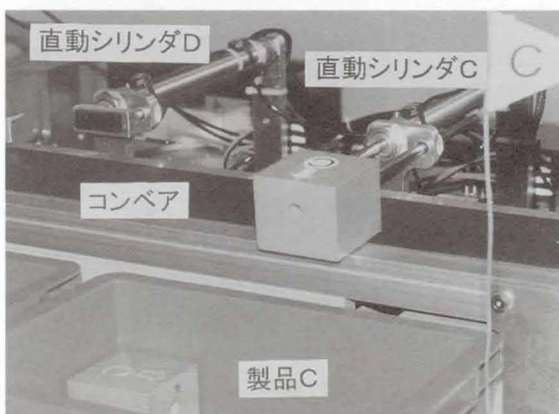


図9 セル2：製品C、Dを振り分ける

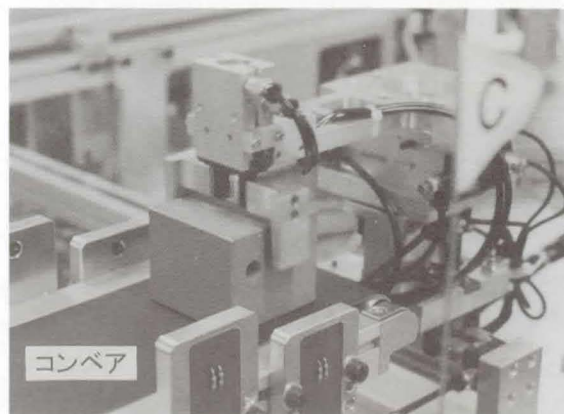


図7 セル1：製品をセル2へ置く

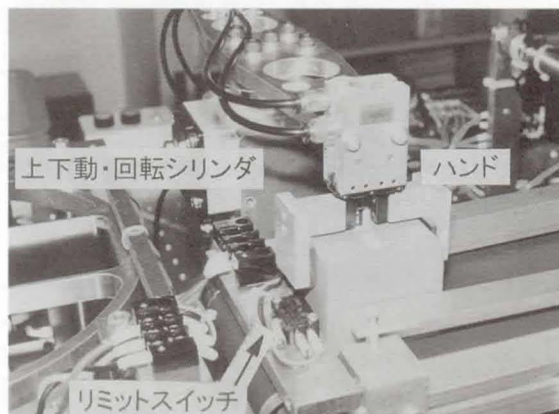


図10 セル2：製品を保持する

上に置く(図7)。製品を運び終えたハンドが初期位置に戻るとコンベアは再起動し、一定時間保持された後、停止する。この動作により、コンベア上に残された製品はすべて自動的にセル2へ搬送される。

### 3-2-2 セル2

セル2は、コンベアとセル1とは形式が異なる搬送モジュールから構成されている。このうち搬送モジュールは上下動シリンダと回転シリンダ(90度回転)が組合わさった形式であり、シリンダロッド先端にハンドが組込まれている。セル1から搬送された製品がコンベアの一端に置かれるとセンサユニット2が働きコンベアが起

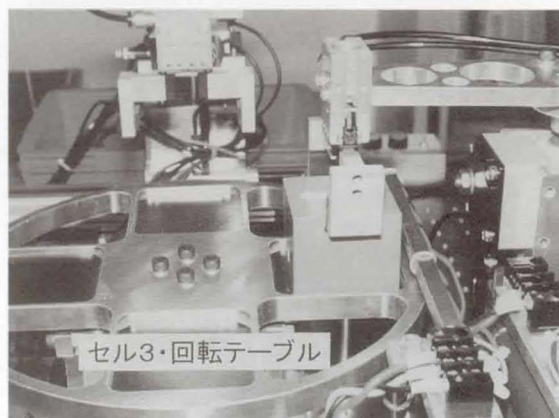


図11 セル2：製品をセル3へ置く



動し、製品が移動する。途中に設けられたセンサユニット3と2個の直動シリンダで、製品CとDは穴数により振り分けられ(図8, 図9)、製品AとBはセル3に運ばれる。製品がコンベアの端に着くと、リミットスイッチが働きハンドが降下し、これを保持して(図10)上昇した後、90度右回転してセル3の円テーブルに置く(図11)。

### 3-2-3 セル3

セル3は、円テーブルとセル1およびセル2とは形式が異なる搬送モジュールから構成されている。セル2から円テーブルに製品が置かれると、真横に組付けられたセンサユニット5が働き、円テーブルは右回転する(図12)。円テーブルの下面には90度ごとにカムが取り付けられており、これとマイクロスイッチで位置検出を行い、3/4回転したところで停止する。次にハンドを持つ上下動シリンダが降下し製品を保持して上昇し(図13)、つづいて水平移動して検査テーブルに降ろす。ここで製品の穴の有無が検査され(図14)、直ちに持ち上げられ180度左回転して、それぞれの場所に振り分けられる(図15)。

## 4 授業評価

### 4-1 授業の実施状況

平成9年度後期に行われたシーケンサによる搬送制御実験は8～9名を1グループとし、1回当たり3時限の授業を3回繰り返した。また学生の自主性を重視し、指導者からの説明は搬送制御システムの取り扱いとシーケンサのプログラミングに関する基礎的事項のみに止めた。実験では図16～図18に示す制御仕様と入出力機器接続表を与え、これに基づき、搬送制御システムの機器説明書とプログラミングマニュアルを参考にして2～3人で一つのセルの制御プログラムを作成した。完成した制御プログラムは搬送制御システムを動作させて、良否を検証した。実験の進捗状況は学生の自主性を重視したため、はじめややゆっくりした速度であったものの、グループ内で議論し、試行錯誤を繰り返すうちにプログラミングに対する理解が急激に高まり、3グループともに予定時間内に仕様を満足する制御プログラムを完成させ、その動作を検証した。完成した制御プログラムは、同一セルでも作成したグループにより内容が異なり、またいくつかのグループでは与えられた仕様を越える内容の制御プログラムを作成するなど、学生の思考の柔軟さが感じられた。

### 4-2 考察

平成9年度の実験終了後、この実験を選択した学生(23名)を対象としたアンケートの実施結果を図19に示す。設問(1)、(2)において、本実験の内容が応用実験として適切であり、また多くの学生が興味を感じたと回答した。これは本実験が空気圧機器やコンベアなどの動

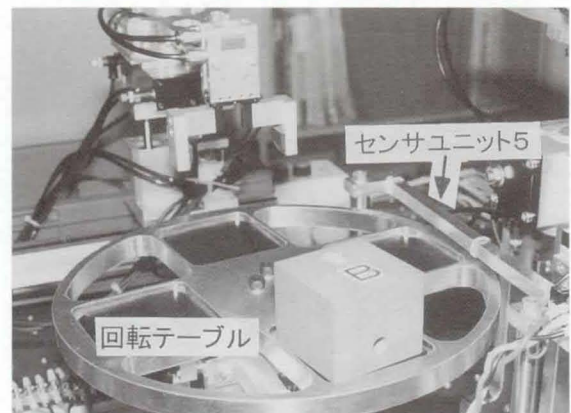


図12 セル3：回転テーブルで搬送する

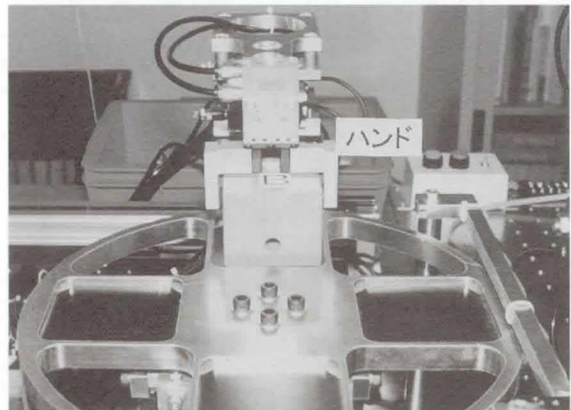


図13 セル3：製品を保持する

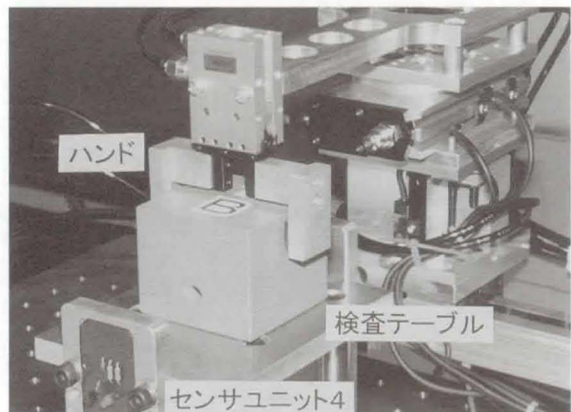


図14 セル3：穴の有無を検査する



図15 セル3：製品を振り分ける

制御仕様(セル1)	
・すべての製品をセル2へ運ぶ	
入出力機器接続表	
入力端子	出力端子
X00: センサユニット1	Y00: コンベア
X01: リミットスイッチ	Y01: ハンド
X02: セル2からのレディ信号	Y02: 回転シリンダ
X03: NC	Y03: 上下動シリンダ
X04: NC	Y04: 水平シリンダ
X05: NC	Y05: NC
X06: NC	Y06: NC
X07: NC	Y07: NC
X10: 水平シリンダR	Y10: NC
X11: 水平シリンダL	Y11: NC
X12: 上下動シリンダH	Y12: NC
X13: 上下動シリンダL	Y13: NC
X14: 回転シリンダCW	Y14: NC
X15: 回転シリンダCCW	Y15: NC
X16: NC	Y16: NC
X17: NC	Y17: NC

図 16 セル1の制御仕様と入出力機器接続表

きを伴い、またこれまでの経験した多くの実証形実験とは異なり、「ものづくり」の要素が含まれていたため完成の喜びを味わえたことが挙げられる。設問(3)、(4)、(5)においてほとんどの学生が実験内容をよく理解でき、分量も適当であり楽しく実験できたと回答した。しかし一部の学生は充分理解できず、このために分量も多く、苦しく感じた。これは本実験が選択制のため、興味を持って意欲的に実験に取り組んだ学生が多かった反面、自主性を重視したため進捗を遅くし、結果的にゆとりのない実験になったためと考えられる。また実験についての主な感想は「セルにより難易度が異なりアンバランスである」、「ハードウェアの組付けから行いたい」、「2人1組が良い」などが挙げられた。

平成11年度、本実験はそれまで応用実験(後期・選択)であったものを基礎実験(前期・必修)に変更した。実験終了後行ったアンケートの結果(32名)を図20に示す。設問(1)、(2)では、ほとんどの学生はこの実験内容が基礎実験として適切であり、興味を感じたと回答した。また設問(3)、(4)より、大部分の学生は実験内容を理解でき、分量も適当であるとしたが、一部の学生は理解困難であり、結果として分量も多く感じている。さらに設問(5)より約7割弱の学生は楽しく実験に取り組めたものの、3割強は苦しく感じていることがわかる。これらの事から、基礎実験では興味を持って実験に取り組む学生が多い応用実験に比べ、実験方法や進め方において、さらに細かな配慮・工夫が必要であることがわかった。

## 5. まとめ

電子制御工学実験での利用を目的として開発した「シーケンサを用いた搬送制御実験システム」の概略と授業の実施状況について報告した。今後はアンケート結果を

制御仕様(セル2)	
・製品A、Bをセル3へ運ぶ ・製品C、Dを振り分ける	
入出力機器接続表	
入力端子	出力端子
X00: NC	Y00: コンベア
X01: リミットスイッチ	Y01: 直動シリンダC
X02: NC	Y02: 直動シリンダD
X03: 回転シリンダCW	Y03: ハンド
X04: 回転シリンダCCW	Y04: 回転シリンダ
X05: 上下動シリンダH	Y05: 上下動シリンダ
X06: 上下動シリンダL	Y06: NC
X07: NC	Y07: NC
X10: センサユニット3	Y10: セル1へのレディ信号
X11: 直動シリンダC・FRONT	Y11: NC
X12: 直動シリンダC・REAR	Y12: NC
X13: 直動シリンダD・FRONT	Y13: NC
X14: 直動シリンダD・REAR	Y14: NC
X15: セル3からのレディ信号	Y15: NC
X16: センサユニット2	Y16: NC
X17: NC	Y17: NC

図 17 セル2の制御仕様と入出力機器接続表

制御仕様(セル3)	
・製品A、Bを振り分ける	
入出力機器接続表	
入力端子	出力端子
X00: センサユニット5	Y00: 回転テーブル
X01: 回転テーブルカウンタ	Y01: ハンド
X02: センサユニット4	Y02: 回転シリンダ
X03: NC	Y03: 上下動シリンダ
X04: NC	Y04: 水平シリンダ
X05: NC	Y05: NC
X06: NC	Y06: NC
X07: NC	Y07: NC
X10: 水平シリンダR	Y10: セル2へのレディ信号
X11: 水平シリンダL	Y11: NC
X12: 上下動シリンダH	Y12: NC
X13: 上下動シリンダL	Y13: NC
X14: 回転シリンダCW	Y14: NC
X15: 回転シリンダCCW	Y15: NC
X16: NC	Y16: NC
X17: NC	Y17: NC

図 18 セル3の制御仕様と入出力機器接続表

- (1) この実験は応用実験テーマとして

やや良い (13%)	良い(74%)	とても良い (13%)
---------------	---------	----------------

- (2) この実験に興味を

やや感じた(35%)	感じた(39%)	大いに感じた (26%)
------------	----------	-----------------

- (3) 実験内容を理解

ややできない(13%)	できた(57%)
ややできた(30%)	

- (4) 実験の分量は

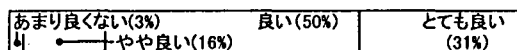
多すぎる(4%)	適当(70%)	やや少ない(9%)
	やや多い(17%)	

- (5) 自主的に進める形式の実験は

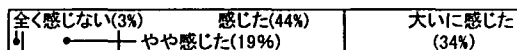
とても苦しい(4%)	やや苦しい(22%)	楽しい(52%)
	やや楽しい(22%)	

図 19 アンケート結果(平成9年度、回収率100%)

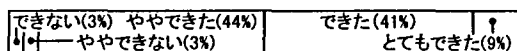
## (1) この実験は基礎実験テーマとして



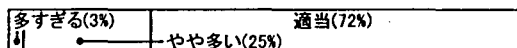
## (2) この実験に興味を



## (3) 実験内容を理解



## (4) 実験の分量は



## (5) 自主的に進める形式の実験は

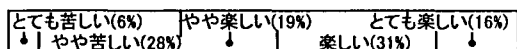


図20 アンケート結果(平成11年度, 回収率100%)

踏まえつつ, 各セル間の連係動作とシステム全体の理解

をより深める工夫を行うなど, 本実験システムをさらに改善する予定である。

謝 辞 本研究の一部は平成10年度文部省大学改革推進等経費(カリキュラム改革調査研究経費)の援助の下で行われたものであり, 関係各位に感謝の意を表する。

## 参考文献

- 1) 中澤達夫他2名, 高専電子情報工学科学生に対する実験実習指導, 工学教育, 44巻, 1号, (1996)55-59.
- 2) 那賀修二他1名, 機械工学科におけるシーケンス制御実習の試行, 工学教育, 44巻, 2号, (1996)44-48.
- 3) 小野伸幸他5名, 高専電子制御工学科における実験実習指導, 工学教育, 45巻, 1号, (1997)21-25.
- 4) 和崎克己他5名, 高専電子制御工学科におけるSE指導, 平成9年度(日工教)研究講演論文集, (1997)105-107.