

パソコンを利用した大学工学実験の理解度の評価

茂吉雅典

藤本 博

(大同工業大学)

〒457 名古屋市南区大同町2-21

あらまし 大学電気系学科の授業カリキュラムの一つである工学実験の一テーマ「トランジスタの静特性」をCAI教育のために光ディスクとパソコンを用いてシステム化した。その目的は工学実験において学生の教育効果の向上を計りさらには指導者の負担を軽減しようとするものである。このシステムを用いて42人の学生に実験を行わせ、実験結果のデータを収集した。そしてよりよい教材作製および指導方向の確立のためにデータを解析し、評価した。

和文キーワード CAI, 工学実験, トランジスタ

ANALYSIS ON THE DEGREE OF UNDERSTANDING
IN THE PROCESS OF THE ENGINEERING LABORATORY

MÖYOSHI Masanori, FUJIMOTO Hiroshi

Daido Institute of Technology
2-21, Daido-cho, Minami-ku, Nagoya 457

Abstract

An equipment which is consistent of an optical discs player and personal computers was set up for the purpose to utilize for CAI and an electrical engineering laboratory work entitled "static characteristics of a bipolar transistor" was adopted as a typical subject for CAI. The purpose to introduce CAI into electrical engineering laboratory is to improve educational effectiveness for a student and furthermore to decrease the teaching load of an instructor. Data collected from the work in which 42 students engaged was analysed and characterized.

英文 key words CAI, engineering laboratory, bipolar transistor

1 ま え が き

電気工学に関する講義は一般的に内容が抽象的でありまた多人数教育である野に対し、実験はその事象を具体的に把握することが可能であり同時に個人指導に近い方法が取られている。これらの2点に学生実験の意義がある。しかし、本学の学生実験におけるように、一人の担当者が一度に20人以上の学生を指導する場合、個人指導に近い教育方法を採用するとかえって指導者の指導者の負担は増大し、教育効果の向上を計ることも困難となる可能性がある。これらのことを解決するために学生実験にC A Iを導入することを試みた。

筆者らはパソコンとV T Rを用いた方法を採用していたが⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾、V T Rよりはるかにaccess時間の短い光ディスクとパソコンを用いた方法を現在試している⁽⁴⁾。そこでは映像と音声を用いた教材を制作し、後述するように試験問題形式を取り入れる方法を用いている。ここで我々は大部分の学生（今後学習者という）の教育をC A Iに負担させ学習内容の理解が困難と思われる20%程度の学習者に個人指導に近い教育を行うことを目的としている。そのために重要なことは、学習させた結果をいかにして教材制作や指導方法にフィードバックさせるかということである。したがって前段階として得られた学習結果を解析しいかに評価するかが当面の課題となってくる。

2 目 的

本学における学生実験は従来一名の指導教官が6~7名からなる学習グループを4グループ程度、述べ25~30名を担当している。このような学生実験の実施方法においては、今後より一層の教育効果の向上をはかろうとすると、学生実験による指導教官の負担はさらに大きくなる。そこで筆者らは学生実験における指導教官の負担増になることなく、むしろこれを軽減させ、さらにこれまで以上の学習効果を向上させることを考え、光ディスクを用いたC A I教育を試みた。全学習者に学習させ、問題を提示してそれを解答させ、そこから得られたデータを解析し、その解析結果に基づいてより理解し易い教材の制作することを試している。ここでは全学習

者から得られデータのうち、

- ①個人データの検討
- ②問題解答に取り組んだ試行回数と正解数の比
- ③試行回数別正解答者数の割合

を調べて、個人データと全体としての理解度を検討することを目的とした。

3 方 法

学生実験指導システム構成要素

学生実験指導システムの構成要素を以下に示す。

- 1 学習要素および学習ブランチ映像提示装置：
光ディスク再生器（松下電器製 TQ-3200F）
- 2 制御およびテスト問題提示装置：
パーソナルコンピュータ（SHARP製 CZ-881C）
- 3 実験結果出力装置：
プリンター（SHARP製 CZ-8PC1）

以後、指導システムを以下システムと表示し、パーソナルコンピュータ（SHARP製 CZ-881C）を以下パソコンと表示する。システムのブロックダイアグラムを第1図に示す。

光ディスクは学習要素（学習内容）の提示や学習ブランチ（問題に関するヒント等、以下ヒントと表示する）をC R Tに表示する。

access時間は最大 0.7秒、pause時間に制限はない。

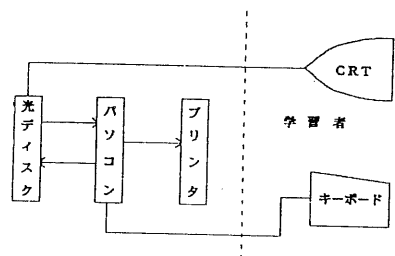
測 定

- 1 被験者（学習者）：

本学電気工学科および応用電子工学科2年、3年男子学生。42名

- 2 学習結果：

セグメント毎の学習状況をプリント出力



第1図 システムブロックダイアグラム

学習進行

学習者への実験テーマと学習指導内容は、学生実験実施計画に基づいてすでに割り当てられている。ここでは実験テーマの一つである『トランジスタの静特性の測定』をCAIのためにシステム化し、データを収集した。

この『トランジスタの静特性の測定』の学習内容は第1表に示すように、工学実験の時間配分、実験理論の内容などを検討して、理論と実験に分離し、全部で10項目のセグメント(Segment)以下SEG.と表示する)とした。各SEG.は「学習提示」「問題提示」および「ヒント」によって構成されている。

「学習提示」：光ディスクからの映像と音声による学習指導のことであり、「問題提示」とはセグメントの学習終了時に行うテスト問題を学習者に示し、パソコンから出力される。

「問題提示」：理論を学習させるSEG.に含ませ、問題は、第1表に示すように、SEG.ごとに1題あるいは2題で構成されている。実際の実験を行うSEG.では問題提示はなされていない。各問題は複数の設問からなっている。以後、問題をQ、設問をqで表す。

設問への解答は問題と同時に表示された選択肢から任意のアルファベットを選ぶことによって解答する穴埋め方式を採用している。

問題に同様な設問を含んでいる問題提示の代表例として、SEG. 1, Q. 1, および SEG. 2, Q. 4, を選び、それらを第2図および第3図に示す。【ヒント】：テスト問題が100%の正解を得られなかった時、出来なかった問題に応じて提示する学習ブランチの映像や説明文であり、光ディスクから出力される。学習時の映像による学習提示を異なった方向からの説明や違った考え方の説明の一方法、学習時の映像における学習提示を補助する内容、学習提示をさらに詳しく詳細な説明を加える内容、多少息ぬき程度にテーマに関した一般的な話題といえる常識的なことまでバリエーションを持たせた内容になっている。

学習者は第4図に示すフローチャートにしたがい、パソコンに解答を入力することによって学習を進めていく。図中のnは正解が得られるまでに何回問題に取り組んでパソコンへ入力したかという試行回数を表す。学習者は各問

題のすべての設問に100%の正解が得られなければ次のSEG.へ進むことができない。正解が100%に達しない場合はヒントを見て5回まで試行をくり返すことができるが、それを越えるとそのSEG.の最初にもどって再学習しなければならないようになっている。

SEG.No.	内 容	問題 (Q)	設問 (q) 数
SEG. 1	概論と構造	Q. 1	9
		Q. 2	3
SEG. 2	トランジスタ作用	Q. 3	5
		Q. 4	6
SEG. 3	電流の流れ方	Q. 5	6
		Q. 6	8
SEG. 4	電子電流と電子密度	Q. 7	3
		Q. 8	4
SEG. 5	ベース接地、電流増幅率 α	Q. 9	10
SEG. 6	エミッタ接地、電流増幅率 β	Q. 10	6
SEG. 7	実験の準備		
SEG. 8	実 験		
SEG. 9	データ整理と検討		
SEG. 10	実験学習終了の確認		

第1表 学習におけるSegmentの構成および問題数、設問数一覧

問1：下の空欄を適当な語句でうめよ
左図は()トランジスタの記号図である
[1]の部分()、[2]の部分()、
[3]の部分()と言う。
記号図中の矢印は()の向きを示している。
左図は()トランジスタを示しているの
でこのトランジスタの()は、ベースから()
に流れる。左図の矢印の方向が逆になると()
トランジスタを表す。

(選択肢)
A:不純物 B:ドナー C:アクセプタ D:ホール E:電子 F:空乏層
G:P型半導体 H:n型半導体 I:ホト J:主電圧 K:主電流 L:エミッタ
M:コレクタ N:ベース O:ソース P:ドレイン Q:ゲート

第2図 問題、設問の提示例
(Q, 1 q1~q9) 、 1

問4：下の空欄を適当な語句でうめよ
左図は()トランジスタの()接地方式
の回路図です。
[1]側の電圧は()に[2]側の電圧は
()にバイアスされています。
バイアス電圧はnpn形と()は()
になります。

(選択肢)
A:P型半導体 B:nnpn形 C:順方向 D:逆方向 E:同じ F:逆
G:コレクタ H:エミッタ I:ベース J:正孔電流 K:電子電流 L:正孔濃度
M:電子濃度 N:高く O:低く

第3図 問題、設問の提示例
(Q, 4 q1~q6) 、 2

4 結 果

プリントアウトした学習結果の一例を 第2表 に示しておく。

実験学習終了後、学習結果はデータ用フロッピーディスクに蓄積され、それぞれのSEG. の学習行程ごとにプリンタによって出力される。

個人データの内容は、実験日、学籍番号とSEG. ごとに解答入力開始時間、解答入力終了時間、解答状況、学習に取り組んだ試行回数（○カイメで表示）、その試行の正解答率をそれぞれ印字するようになってい。得られた個人データに基づいて、指導者は学習者が内容を理解したかどうかを判定し、個人指導の材料とする。個人データを集約した総合データは今後の教材制作の参考資料とするため、学習時の解答状況を詳しく知ることは指導者にとって大切なことである。そのためには個人の詳細な解答状況を知る必要がある。したがってプリンター出力には、選択した誤解答の結果も記録されるようになってい。

5 検 討

① 個人データの検討

第2表 は学習者個人の学習結果の生データであり、以下のことを表している。

試行回数（n）は一つの問題の全設問に対して正解を得るまでに入力した回数である。この学習者の学習結果はSEG. 1 Q. 1 においては試行回数 n = 3 であることを示している。これを

SEG. 1 Q. 1、n = 3

と表示する。以下Q. 1、Q. 2、・・・は

SEG. 1 Q. 2、n = 3、

SEG. 2 Q. 3、n = 4、

SEG. 2 Q. 4、n = 4、

・・・となっている。

Seg. 2 Q. 4、q 2、q 5、q 6については1回目解答から4回目解答まで正解答が入力されている。このことは提示された問題の解答が容易であることを意味する。このシステムを使用した時の状況を把握するために『解答の一貫性』と言う表現をする。解答の一貫性とは、正解答、誤解答に関わらず試行回数の60%以上が同一解答であったときを示すとする。同様に掲載している問題例を用いて検討を加えると、第2図SEG. 1、Q. 1、q 1について学習者

は3回の試行回数を通して100%の正解答”H”を得ている。しかし同じ答にもかかわらず質問形式を変えた第3図SEG. 2、Q 4 q 1においては正解答”B”の他に誤解答”A”を入力している。このことが意味することは、この学習者はQ. 1のq 1の問題においては正解答率100%で解けたが、トランジス

92/11/09		08E059 N KONDOU	
SEG. 1 Q. 1 -----			
1111 H.M.N.L.K.H.K.L.G			
1 111	H.M.B.L.K.H.K.L.G	TD=00:00:11	TE=00:01:31 (1111117= 88.0%)
2 111	H.M.N.L.E.H.E.L.G	TD=00:00:28	TE=00:02:53 (1111117= 77.8%)
3 111	H.M.N.L.K.H.K.L.G	TD=00:00:09	TE=00:01:13 (1111117=100.0%)
SEG. 1 Q. 2 -----			
1111 D.E.F			
1 111	C.B.F	TD=00:00:29	TE=00:00:13 (1111117= 33.3%)
2 111	B.C.F	TD=00:00:37	TE=00:00:07 (1111117= 33.3%)
3 111	D.E.F	TD=00:00:07	TE=00:00:15 (1111117=100.0%)
SEG. 2 Q. 3 -----			
1111 J.K.M.L.N			
1 111	M.L.K.K.N	TD=00:01:01	TE=00:00:14 (1111117= 20.0%)
2 111	J.K.L.M.N	TD=00:00:11	TE=00:00:11 (1111117= 60.0%)
3 111	K.J.L.M.N	TD=00:00:23	TE=00:00:06 (1111117= 20.0%)
4 111	J.K.M.L.N	TD=00:00:06	TE=00:00:05 (1111117=100.0%)
SEG. 2 Q. 4 -----			
1111 B.I.C.D.A.F			
1 111	B.I.H.G.A.F	TD=00:00:48	TE=00:00:31 (1111117= 16.7%)
2 111	B.I.G.H.A.F	TD=00:00:22	TE=00:00:46 (1111117= 83.3%)
3 111	A.I.H.G.A.F	TD=00:00:16	TE=00:01:06 (1111117= 16.7%)
4 111	B.I.C.D.A.F	TD=00:00:15	TE=00:00:24 (1111117=100.0%)
SEG. 3 Q. 5 -----			
1111 A.E.B.F.G.I			
1 111	A.E.B.F.I.G	TD=00:00:40	TE=00:00:44 (1111117= 66.7%)
2 111	A.E.B.F.G.I	TD=00:00:49	TE=00:00:46 (1111117=100.0%)
SEG. 3 Q. 6 -----			
1111 I.E.G.F.I.E.H.N			
1 111	G.F.I.E.I.E.H.I	TD=00:00:11	TE=00:00:30 (1111117= 37.5%)
2 111	G.F.I.E.J.E.H.I	TD=00:00:35	TE=00:02:46 (1111117= 25.0%)
3 111	G.F.I.E.J.E.H.G	TD=00:03:25	TE=00:00:54 (1111117= 25.0%)
4 111	G.E.I.F.I.E.I.I	TD=00:01:50	TE=00:01:35 (1111117= 50.0%)
5 111	I.E.G.F.I.E.G.G	TD=00:00:48	TE=00:02:14 (1111117= 75.0%)
6 111	I.G.E.F.I.E.I.I	TD=00:00:42	TE=00:00:49 (1111117= 50.0%)
7 111	I.G.E.F.H.F.G.G	TD=00:00:06	TE=00:00:54 (1111117= 25.0%)
8 111	I.E.G.F.I.E.G.G	TD=00:00:03	TE=00:00:11 (1111117= 75.0%)
9 111	I.E.G.F.I.E.H.N	TD=00:00:04	TE=00:00:45 (1111117=100.0%)
SEG. 4 Q. 7 -----			
1111 I.F.K			
1 111	I.F.K	TD=00:01:05	TE=00:00:14 (1111117=100.0%)
SEG. 4 Q. 8 -----			
1111 E.A.E.N			
1 111	E.E.A.N	TD=00:01:29	TE=00:00:25 (1111117= 25.0%)
2 111	E.A.E.L	TD=00:00:43	TE=00:00:24 (1111117= 75.0%)
3 111	E.A.E.N	TD=00:00:39	TE=00:00:03 (1111117=100.0%)
SEG. 5 Q. 9 -----			
1111 A.C.E.A.H.L.C.C.A.J			
1 111	A.C.E.A.H.L.C.C.A.E	TD=00:00:13	TE=00:02:47 (1111117= 90.0%)
2 111	A.C.E.B.H.L.C.C.A.E	TD=00:00:41	TE=00:01:56 (1111117= 80.0%)
3 111	A.C.E.A.H.L.D.C.A.E	TD=00:00:44	TE=00:00:42 (1111117= 80.0%)
4 111	A.C.E.A.H.G.C.C.A.E	TD=00:00:51	TE=00:00:20 (1111117= 80.0%)
5 111	A.C.E.A.H.L.C.C.A.E	TD=00:00:12	TE=00:01:00 (1111117= 80.0%)
6 111	A.C.E.A.H.L.C.C.A.E	TD=00:00:04	TE=00:00:25 (1111117= 80.0%)
7 111	A.C.E.A.H.L.C.C.A.E	TD=00:00:44	TE=00:01:56 (1111117= 90.0%)
8 111	A.C.F.A.H.L.C.C.A.E	TD=00:00:03	TE=00:00:30 (1111117= 80.0%)
9 111	A.C.E.A.H.L.C.C.A.J	TD=00:00:07	TE=00:00:59 (1111117=100.0%)
SEG. 6 Q. 10 -----			
1111 D.E.H.B.L.N			
1 111	D.E.H.B.K.N	TD=00:00:03	TE=00:00:14 (1111117= 83.3%)
2 111	D.F.H.B.K.N	TD=00:02:21	TE=00:00:10 (1111117= 66.7%)
3 111	F.E.H.B.K.N	TD=00:00:41	TE=00:00:08 (1111117= 66.7%)
4 111	D.E.H.B.L.N	TD=00:00:08	TE=00:01:53 (1111117=100.0%)

第2表 個人学習結果のデータ例

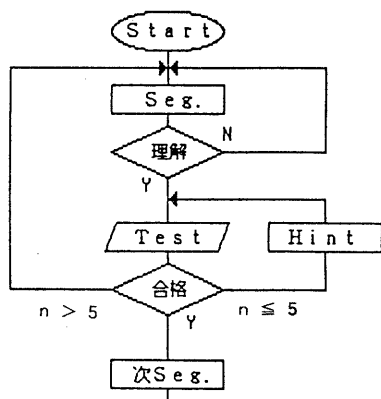
ターの記号図を十分理解していないということである。

このように各設問の状況を全体的に把握することによって、指導者は学習者が正しい知識を確認したか否か、ある程度知ることが出来る。同、Q. 4 の q 3, q 4 では解答に一貫性が見られない。この設問では数人の学習者においても同様の傾向が見られた。誤解答に対して、与えられたヒントから正解答を導く有利な情報を得にくかったと思われる。

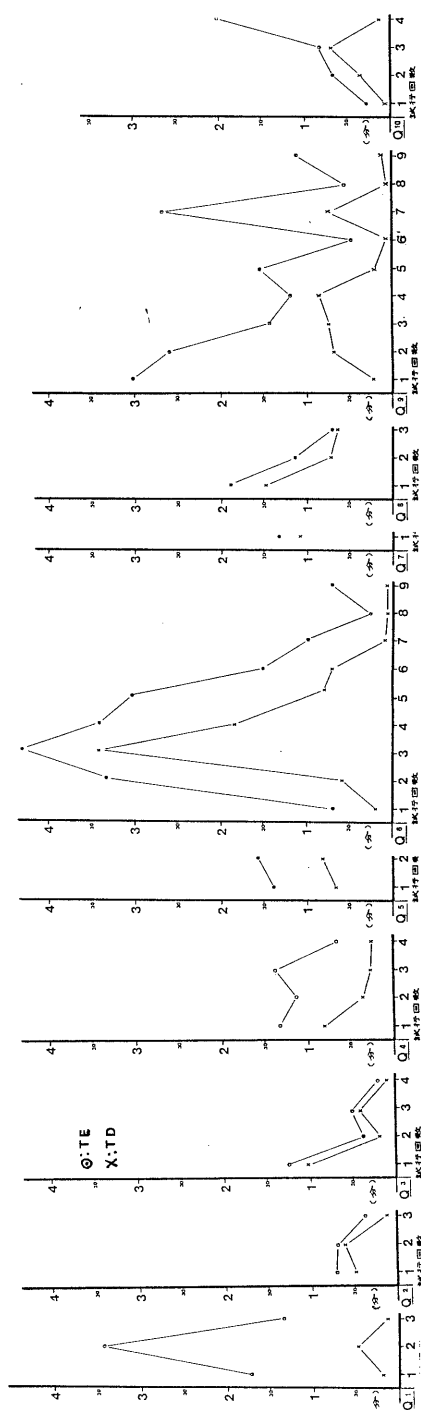
特徴的な例としてSEG. 5, Q. 9 の設問の例において q 10 でこの学習者は誤解答の" E " を8回にわたって入力し、最後に正解答である" J "を入力している。これもまれな例ではあるがこの場合、学習者は間違った解答を正解答であると思いこんでいたふしが伺える。このとき教材の学習内容、特に学習要素（映像と説明）の提示が適しているかまたヒントの与え方は適しているかなどが教材を制作するうえで重要な検討の要素になってくる。

学習者は学習提示が終了すると今終えた学習内容を理解したか否かの自己判断をし、問題提示がなされる。この問題が提示され、問題を考えて解答をパソコンへキーインするまでの時間（TD）を見ると学習者側から見みた問題の難易度と問題に対する取り組み姿勢をある程度判断することができる。

第5図 は、第2表の、TD（解答入力開始時間）と、TE（解答入力終了時間）をグラフに示したものである。全体的傾向として、複数



第4図 学習進行フローチャート



第5図 問題別思考回数とその際のによる解答入力開始（TD）および解答入力終了時間（TE）の関係。

回の試行の場合、前試行の“T D”よりその直後の“T D”の方が長い場合には、その前試行の解答には自信があった場合が多い。逆に、前試行の“T D”よりその直後の試行時の“T D”の方が短い時間の時にはその前試行の解答には自信がなく迷いがあった場合が多くみられる。この学習者の個人データと経験的に観察した学習態度から判断すると学習者にとってはQ. 3の解答パターンがよいのではないと思われる。Q. 9においては試行回数が5を越えたあたりから試行錯誤的解答パターンが現れたと思われる。しかし、第1表、Q 9. の解答結果において学習状況を詳細に検討すると、それぞれの設問の正解率は

q 1., q 2., q 8., q 9., = 100 %,
 q 3., q 4., q 5., q 7., = 88.9%,
 q 6., = 77.8%,
 q 10., = 11.1%,

と現れている。

正解率11%のq 10. の問題は学習者にとって困難であるかあるいはヒントの与え方が適切でなかったかは個人データからは判断できない。しかしいずれにせよこの学習者にとってはこの問題における学習ブランチを検討する必要があると思われる。つまり人の思考形態においては色々のバリエーションがありそれぞれに応じた学習ブランチを与えることが必要である。

② 全体のデータの検討

第3表 は全学習者における全問題の正解率を示している。Q. 6, q 7, およびQ. 8

実験テーマ名 (トランジスターの特性測定)

設問別正解率 (全体) 学習者数=42人【正解率=正解数/試行数×100】

Q\q	設問 1	設問 2	設問 3	設問 4	設問 5	設問 6	設問 7	設問 8	設問 9	設問10
問題 1	70.2 %	70.2 %	80.7 %	75.4 %	89.5 %	80.4 %	54.4 %	82.5 %	84.2 %	
問題 2	53.1 %	50.5 %	100 %							
問題 3	53.3 %	55.6 %	62.2 %	62.2 %	89.9 %					
問題 4	86.1 %	68.5 %	54.5 %	51.1 %	89.9 %	78.2 %				
問題 5	71.4 %	55.1 %	75.5 %	63.3 %	79.6 %	71.4 %				
問題 6	76.1 %	77.6 %	73.1 %	80.6 %	52.8 %	86.6 %	37.3 %	39.3 %		
問題 7	100 %	85.7 %	85.7 %							
問題 8	78.8 %	42.5 %	36.3 %	73.8 %						
問題 9	100 %	100 %	96.3 %	92.6 %	96.3 %	81.5 %	96.3 %	100 %	98.1 %	38.8 %
問題10	82.4 %	76.5 %	91.2 %	79.4 %	75.5 %	78.6 %				

第3表 設問別正解率一覧 (42人平均)

q 2, およびq, 3, Q. 8, q 2およびq 3, Q. 9, q 10は正解率が50%以下を示している。したがって学習内容に基づいて制作したこれらの問題は解決困難であり、理解しにくいものであったことがわかる。前に検討した個人データを考慮に入れた個人指導は全体的なデータに基づいてなされなければならない。また学習提示、問題提示においても同様である。

第4表 は代表例としてSEG. 2, Q. 4における、正解率、誤解率も含めた解答結果を示す。誤解率の高い設問は間違い易いあるいは理解しにくいことを示している。これらのデータを解析することは設問のつくり方を検討する材料となる。

第5表 は全問題について正解に到るまでに何人の学習者が試行をくり返したかを表す試行回数分布である。

全問題に対して、試行回数2回目で学習者の61%が正解に至っている。5回以上くり返した学習者は約20%である。これらの学習者には個人的な学習指導の方法を検討する必要があると考えられる。

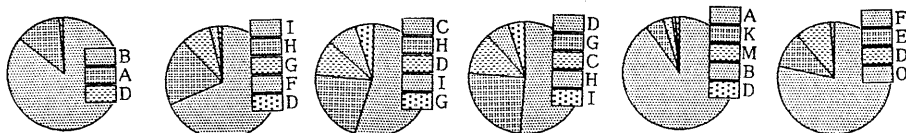
以上のように全体の学習結果および各個人の学習結果を比較検討し、誤解答の分析をすることによって、学習の映像提示や設問およびヒントなどの内容が学習上の目的に合った適切なものであるか否かを系統だてて改善していく指針が見えてくる。

より多くのデータを収集することにより、内容が高度でさらに大多数の学習者に学習の情報を効率よく提供できるソフトウェアを含めたシステムを開発することが今後の課題となる。これによって20%程度の学習者のみに個人的な指導をすればよいようなシステムとすれば、学生実験にCAIを導入した意義は大きくなるものと考えられる。

6 糸吉 論

学習者が理解しにくい学習内容や問題もい

設問 1 正解 B	設問 2 正解 I	設問 3 正解 C	設問 4 正解 D	設問 5 正解 A	設問 6 正解 F
B 86.1 %	I 68.5 %	C 54.5 %	D 51.1 %	A 89.9 %	F 78.2 %
A 12.9 %	H 19.4 %	H 21.5 %	G 24.6 %	K 5.3 %	E 10.4 %
D 1.0 %	G 8.3 %	D 10.4 %	C 12.1 %	M 2.4 %	D 10.0 %
	F 2.5 %	I 8.2 %	H 6.5 %	B 1.2 %	O 1.2 %
	D 1.2 %	G 5.3 %	I 4.6 %	D 1.0 %	



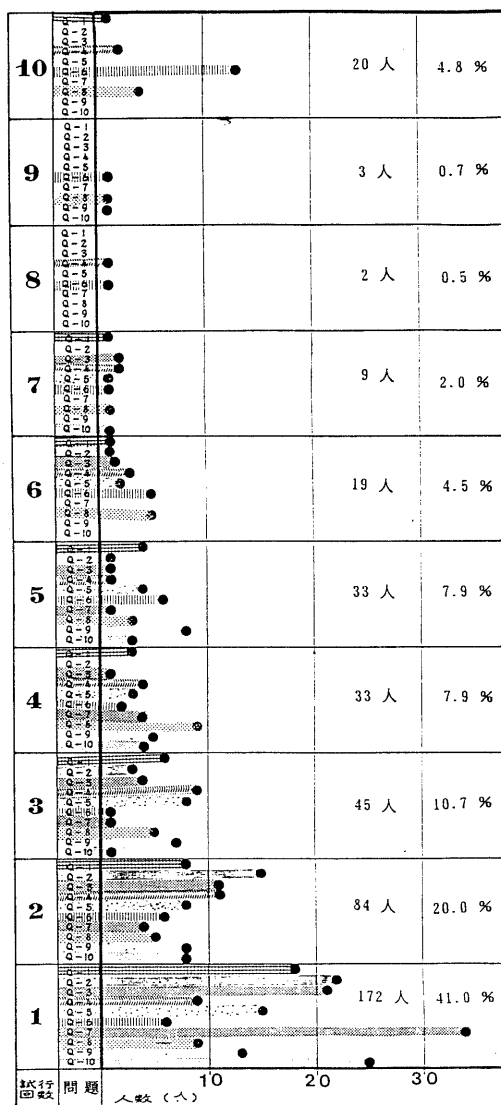
第4表 学習結果の例

(SEG.2,Q.4における正解答率および誤解答率一覧。学習者数42人の総試行回数は139 である。)

くつか存在した。それらは60の設問中正解答率が50%以下で設問数は5問のみである。また全問正解に到るまでに学習者が解答入力を試みた試行回数が5を越えるのは全学習者の約20%程度であり、また約60%が2回で全問正解にいたっている。したがって提示された学習内容と問題は比較的理解し易かったものと思われる。

ここに示した個人データと全体をまとめたそれとを比較すると、正解答率が低い問題は試行回数が多く、したがって学習内容や問題が理解困難であるという全体的な傾向と一致している。また各設問の誤解答率を求めることにより、学習者がどのように判断したらよいか迷うような設問も存在することが明らかとなった。このようにして学習者一人一人についての状況と全体の状況を比較検討し、その問題に対する全体の難易度や各学習者の理解の仕方がある程度を知ることができる。このことから今後は問題を一般的な難易度で分けることにより、学習者の理解度に合わせた教材の内容や問題の作り方を工夫することが可能である。

高速化、大容量化、端末機の導入などハード面での課題は残るものの本システムを利用し、学習過程の情報を分析、処理し、データ化することによって学習者個人の習熟度に見合った、的確な教育情報の提示が可能になる。このように、学習者個々の習熟度に見合った学習提示は、学習者が一番欲する情報を提示でき、学習を意欲的に行わせる効果があると期待できる。



第5表 問題別試行回数一覧

7. 参考文献

- (1) 茂吉『電気関係学会四国支部連合大会
論文集』p.431, ~432, 1991年
- (2) 茂吉、藤本、『電気関係学会東海支部連合
大会論文集』632 1992年
- (3) 茂吉、桧山、藤本、『教育工学論文集』
VOL. 14 P13 ~P15 1991年12月
- (4) 茂吉、藤本、平成4年度『工学・工業教育
研究講演会講演要旨集』P.13~P.16