

47-S006

インタラクティブ学習システムの開発

—遠隔情報処理システムの研究開発—

昭和48年3月



財団法人

処理開発センター

この報告書は、日本自転車振興会から競輪収益の一部である機械工業振興資金の補助を受けて昭和47年度に実施した「遠隔情報処理システムの研究開発」の一環としてとりまとめたものであります。



序

当財団において、情報処理に関する研究開発の一環として遠隔情報処理システムの利用に関する各種ソフトウェアの研究開発を進めておりますが、本報告書は
その中で学習システムの開発成果を述べたものであります。

コンピュータを利用した学習方式は、ここ数年来かなり普及して参りましたが、
経済性および、それに見合う効果というような点でまだ多くの研究や経験を必要
とする段階であると言われております。

当財団ではこのような客観状況にかんがみ3カ年計画により、タイムシェア
リング・システムの会話型プログラミング言語を学習する「インタラクティブ学
習システム」を開発してまいりましたが、本年度はその最終年度にあたり、シス
テムを完成させるとともに、これを用いた学習実験を実施いたしました。

本報告書はその実施方法および評価結果をまとめたものであります。本書がこ
の方面に興味のある方々に広く利用され、コンピュータを利用した教育システム
の技術的発展の一助となることをお願いいたします次第であります。

昭和48年3月

財団法人 日本情報処理開発センター
会 長 難 波 捷 吾

まえがき

CAI (Computer Assisted Instruction) が世間の注目をあびるようになってからすでに久しいが、現在まだその実用効果の確証が得られていないというのが実情であろう。特に、価格に見合う成果という点ではかなり悲観的な見方も多い。

この様な実情の中で、比較的その効果を評価されつつあるのがコンピュータのプログラミングの学習であるという。これは、その目的と道具が一致したという強味と同時に非常に問題が大きいといわれる学習プログラムそのものに専門的知識の介入が可能であるからであろう。しかし、その反面、第三者の見方が出来にくい欠点もあげられている。

CLASS (Conversational Language Assisted System) は TSS の会話型言語 CPL (Conversational PL/I) の学習を行なうシステムであり、次の2点を大きな特長としている。第一はプログラミング言語の学習には不可欠といわれる実習に機動性を持たせたことで、学習者が作成した練習問題のプログラムを学習端末から実際に CPL の言語プロセッサで処理してエラーの指摘や結果の表示を行なわせることができる。

第二は、学習過程の分担および学習端末の違いによる操作性の比較という目的から2つのシステムを作成したことである。1つは CRT キャラクタ・ディスプレイ装置とタイプライタ装置 (TSS 端末) を学習端末としたもので学習者の作成した練習問題のプログラムをシステムが分析し、誤まりの指摘 (文法的なもののみでなく) あるいはデバッグのためのヒントを与えるもので単に CPL の学習だけでなく、デバッグ方法のガイダンスの要素も含めたユニークなものである。他の1つは、標準 CAI 端末 (スライド・プロジェクタ、キーセット、タイプライタ) を学習端末としたオーソドックスなものであるが、これも前者と同様

に各セクションのまとめとして、併用しているTSS端末からCPLの実習を実際に行なうことができる。この2つのシステムは、それぞれFACOM 230-60, NEAC 2200/500を用いて開発したが、対象とするコンピュータの名称から各々CLASS-Fシステム、CLASS-Nシステムと呼び区別している。

このような方針のもとに46年度はシステムを作成し、今年度は各々のシステムの機能拡充及び変更を行なうとともに、延べ60人/日の学習者により学習実験を行なった。その学習記録を自動的にカタログし、それを分析して学習効果の評価を行なうとともに、操作のし易さ、ハードウェア、ソフトウェアを含めたシステムの機能についても総合的に評価を行なった。

この報告書では、第1章にCLASSシステムの全体の概要を、第2章にCLASSシステムを評価する上での方針及び評価の方法を述べている。第3章では以下の章のまとめとして総合的な評価を、第4章から第7章まではCLASS-N, CLASS-F両システムの概要、学習方法及び評価結果をまとめてある。また第8章では米国における評価事例について紹介している。

目 次

第1章 CLASSシステムの概要	1
第2章 評価の概要と方法	3
第3章 総合評価	15
3.1 システムの設計目標	15
3.2 学習実験による総合評価	17
第4章 CLASS-Nシステム	21
4.1 システムの概要	21
4.2 学習の方法	25
第5章 CLASS-Nシステムの評価	27
5.1 システムの構成と機能	27
5.2 学習プログラム	39
5.3 学習における操作性	50
5.4 学習実験データの分析結果	59
5.5 まとめ	75
第6章 CLASS-Fシステム	77
6.1 システムの概要	77
6.2 学習の方法	79
第7章 CLASS-Fシステムの評価	85
7.1 システムの構成と機能	85
7.2 学習プログラム	97
7.3 学習における操作性	109
7.4 学習実験データの分析結果	117
7.5 まとめ	134

第8章 米国におけるC A Iシステムの評価事例	137
8.1 テキサス大学のP I C L Sシステムの総合評価	139
8.2 N M C S S CのC A I N I P Sシステムの総合評価	169

第1章 CLASSシステムの概要

第1章 CLASS システムの概要

現在開発されているプログラミング言語教育用のC A I システムは、プログラム学習の方式にもとずいて作成され、言語の文法的知識のみを対象にして、対話的に学習させているものが多い。

一般にプログラミング教育においては、この種のC A I システムでは不十分であり、その言語の文法的知識を覚えることと同時に学習者自身が自分でプログラムを組み、直接端末からコンピュータにかけ、その結果に対して適切な診断や治療（エラー・メッセージや治療メッセージを出すこと）が行なわれ、併せてデバッグの方法やガイダンスの機能をも含めたものであることが望ましい。

C L A S S システムはF A C O M 230-60 タイム・シェアリング・システムの下で使用される会話型言語C P L の学習をおこなうシステムであり、上記の観点から一貫して学習できるように作られている。すなわち、会話型言語C P L に対する初心者にはまずC L A S S - N システムにより言語の文法的知識やその使い方についての基礎的内容を学習し、その中で出される練習問題は直ちに実際のT S S 端末からプログラミングして実行することができる。これによって今覚えた文法的知識の確認が得られる。C L A S S - N システムの学習を終えた者や経験者はC L A S S - F システムにより、用意された多くの練習問題を学習者自身が自分でプログラムを組み、直接端末からコンピュータに入力し、その結果に対して適切な診断や治療が行なわれ、言語の総合的な使い方およびデバッグ技術が得られるようになっている。

第2章 評価の概要と方法

第2章 評価の概要と方法

一般にCAI (Computer Assisted Instruction) システムにおけるアセスメントはCAIによる学習が普通の講義(レクチャ)による学習に比べていかに少ない学習時間において最大の学習効果を上げられるかということを証明するために評価がなされている。

その結果をみる限りではどのシステムでも講義よりもCAIの方が、またそれがプログラミング言語の教育であるならば(講義+実習)よりも(CAI+実習)の方が短時間で能率的に学習効果があがることが言われている。

この結論はかなり一般的であるが、実際にはそれぞれのシステムによりその効果の程度は異なり、かつ長所ばかりでなく、むしろマイナスの面もあるはずである。特にハードウェア、および計算機用ソフトウェアの問題もさることながら、学習効果の直接の原因は学習プログラムの影響が最も強いと考えるべきであろう。

それぞれのCAIシステムはそれぞれ個有の特長、長所および欠点を持つ、このCLASSシステムの評価の意義もまたそこにある。一般解と特殊解の双方が求められて始めて評価の目的を達成することができると言えよう。

評価の方法は学習者の学習状態を逐次システムのカatalog機能により集録し、後にバッチ処理により分析した。システム作成者が意図した効果が実際に得られたか、どのような予想外の問題があったか等をシステム全体の機能、学習プログラムおよび操作性等を通して評価することを目的とした。

なお学習実験は次のように行なった。(表2-1)

それぞれのシステムでの学習活動の手順は表2-2の通りである。評価のデータと方法を表2-2に従って述べることにする。ここで学習規定時間であるが、今回は特に学習実験ということでもあり、費用の面、学習端末の台数等の制約から1人2日間づつで、時間数にして10時間または8時間という範囲内で学習者

表2-1 学 習 実 験

	CLASS-N	CLASS-F
期 間	s 4 7 年 8 月 ~ 9 月	s 4 8 年 2 月 ~ 3 月
日 数	3 6 日 間	2 1 日 間
人 数	1 8 名 (このうち女性 8 名)	1 2 名 (このうち女性 6 名)
構 成	全員理工系の大学生	全員理工系の大学生でCLASS-N の学習を終った者

表2-2 学 習 活 動 の 手 順

	CLASS-N	CLASS-F
I 準 備	CLASS-Nガイドを読む	CLASS-Fガイドを読む
II 学習前 活 動	レディネスチェック ブリテスト	CLASS-Nプログラムテキスト を読む
III 学 習	スライドチェック記入 セクションアンケート記入 学習記録 学習状況の観察	問題別アンケート記入 学習リスト 学習記録 学習状況の観察
IV 学習後 活 動	ポストテスト 学習終了アンケート記入 感想文を書く	学習者インタビュー 学習終了アンケート記入 感想文を書く

の個人差に応じた進度で学習を行なった。

次に学習活動における第1段階では準備としてCLASS-NガイドやCLASS-Fガイドを読んでもらい、学習端末の操作について1通りの知識を得るようになっている。またこのガイドは実際に学習中必要があればいつでも参照されるペーパーガイダンスの役目をしている。従ってこのガイドの作り方も学習における操作性に関係することになるので学習終了後、このガイドが役に立ったか、また問題点はどこか等を学習者に評価してもらうことにした。

第2段階は学習前活動としてCLASS-Nではレディネスチェック(表2-4)およびプリテスト(表2-5)を行なった。レディネスチェックは学習者の職業、年齢、性別、最終学歴およびOPL以外の他のどの言語について知っているか等学習における前提条件となるものを調べた。プリテストはレディネスチェックをより確認する意味でコンピュータの基礎知識、各プログラミング言語の目的について、それからPL/Iの基礎的な知識について問う問題の解答をしてもらった。

CLASS-Fではレディネスチェックやプリテストは行なわなかったがそれはCLASS-Fでは学習対象者をすべてCLASS-Nの学習を終った人に限定したためである。しかし、CLASS-Nの学習が終わってすぐにCLASS-Fの学習ができればよかったのであるがCLASS-Fシステムの準備が遅れたため両システムの学習に何ヶ月かのブランクがあいてしまった。このためCLASS-FではCLASS-Nでの学習を復習する意味でCLASS-Nのプログラムテキストを学習した。

第3段階は実際の学習であるがCLASS-Nでは学習者側から見たシステムの評価として第1に提示されるスライドの1枚1枚について、学習者が気がついたことを各セクション毎に決められた用紙に記入してもらった。スライドのチェック項目は提示画面の見易さ、見にくさ、内容のわかり易さ、わかりにくさ、あるいは回答の指示、スライドの配列の問題等に関する感想で、これは提示装置や学習プログラムの評価として重要な要素である。第2に各セクションの最後まで終わった時点で、そのセクションの学習中に感じたことについてセクションアンケー

ト(表2-6)を行ない学習者の反応を求めた。CLASS-Fではセッションアンケートに相当するものとして、各問題の終了時に問題別アンケート(表2-9)を行ない学習者の反応を求めた。

次にシステム作成者側からも担当者を決めて学習者の学習状況について逐次観察した。その結果、学習者がどんな時点でつまいずいたり、不安になったり、疲労状態に落入ったりするか、あるいは間違った行動をしたとき何がわかっていないためにそうなったのか等システム作成者側から見て感じたことをメモしておく、評価する上での参考とした。

学習における学習経過記録(表2-3)は学習者の学習過程を把握する上で、また学習プログラムを評価するために重要なものである。CLASS-Nでは各ステップ毎に学習者の反応状態を詳細に記録するようにしている。CLASS-Fでは学習者の反応状態は併用されているTSS端末にエコーとしてとり、診断に関する情報は診断モードに変る毎に学習記録として出力するようにしている。

表2-3 学習記録の内容

CLASS-N	CLASS-F
学習開始時間	学習開始時間
学習中断時間	KEY IN 開始時間
学習終了時間	実行開始時間
全学習時間	学習中断時間
ステップ番号	学習終了時間
スライド番号	学習者プログラム
ステップの種類	実行時間
正答情報	診断メッセージ
誤答情報	得点
応答キーの種類	
診断情報	
学習プログラム変数	
KEY IN に要した時間	
学習者の入力情報	

第4段階は学習後の活動であるが、CLASS-Nではポストテスト(表2-7)を行なった。一般にポストテストはプリテストと同じ内容のテストを行なうことが普通のものである。しかし、今回のように学習規定時間内で個人差に応じた進度で学習するという場合には当然どのセクションまで終ったかが問題なので、ポストテストの内容は各セクションの学習目標に対応した内容としている。CLASS-Fではポストテストは行なわず、学習者に直接インタビューを行ない、学習効果、学習中の疲労の状態、学習端末の操作性やシステムの問題点、改良点等感じたことを指摘してもらった。

最後にどちらも学習の全体を通して感じた点を学習終了アンケート(表2-8および表2-10)の記入および感想文の形で書いてもらった。

表2-4 レディネスチェック

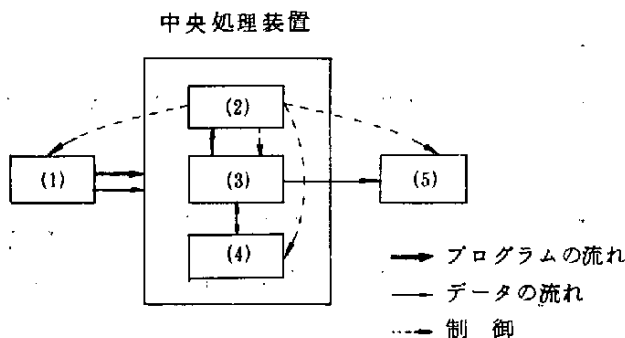
1. 職 業(または学校) ()
2. 年 令() (男・女)
3. 最終学歴および専攻(学生の場合は現在の学年) ()
4. つぎのことに関係ある書籍をよんだことがありますか。

電子計算機入門	(はい いいえ)	[]
FORTRAN	(はい いいえ)	[]
ALGOL	(はい いいえ)	[]
COBOL	(はい いいえ)	[]
PL/I	(はい いいえ)	[]
5. 上のことがらに関する講習会に出席したことがありますか。出席したことのものは[]の中に○印をかくて下さい。
9. これまでに、プログラム学習書(Programmed book)で、学習したことがありますか。
(ある ない)

表 2-5 プ リ テ ス ト

1. コンピュータは、入力装置 (input), 記憶装置 (memory), 制御装置 (control), 演算装置 (arithmetic), および出力装置 (output), で構成されています。

下図は、コンピュータの基本的な構造を示す図です。□ にあてはまる装置名を解答欄に記入して下さい。



解 答 ら ん

(1)	
(2)	
(3)	
(4)	
(5)	

2. () にはコンパイラ言語名を, また下線の引いてある部分にはどのような目的に用いられるかを記入して下さい。

例 (ALGOL) 科学技術計算用
 (COBOL) 科学技術計算用
 () 科学技術計算用
 () 科学, 経営の両用 (汎用)

3. 次の □ を埋めなさい。

- ① PL/I は □ の略です。
- ② PL/I は汎用の □ 言語です。□ および経営事務の両分野に広範囲のアプリケーションに使うことができます。
- ③ $X = \frac{1}{LC} + \frac{R^2}{4L^2}$ を PL/I の表現で書くと $X = 1: \square (L * C) + \square / (4 \square L * 2)$ となります。
- ④ 次の文章の中で正しいのは □ です。
- (1) A から Z までの大文字の英字は PL/I では規則に合った文字である。
 - (2) 0 から 9 までの数字は PL/I で使ってよい。
 - (3) PL/I 言語では $4 * 2$ の値は 8 です。
 - (4) PL/I で加算と減算を示すには、普通の算術と同じ記号を使う。
 - (5) PL/I の式では乗算は常に除算より前に行なわれる。
- ⑤ 右側に合うものを左側から探し番号を書きなさい。

- (1) プログラム開始ステートメント
- (2) 入力ステートメント
- (3) 宣言ステートメント
- (4) 出力ステートメント

- | | |
|----|---------------------------------|
| a) | GET LIST(L,W,H); |
| b) | VOLUME:PROCEDURE OPTIONS(MAIN); |
| c) | PUT SKIP LIST(L,W,H,V); |
| d) | DECLARE A DECIMAL FIXED(3,1) |

表 2-6 セクションアンケート

- | | | |
|-----------------|---------------------|------------------|
| (1) 機器の操作 | (8) 解答方法の指示 | (15) 疲労, たいくつ |
| 1. むずかしかった | 1. わかりにくかった | 1. 大きかった |
| 2. ふつう | 2. ふつう | 2. ふつう |
| 3. やさしかった | 3. わかりやすかった | 3. 小さかった |
| (2) スライド | (9) ヒント | (16) 学習中のメモ |
| 1. おおむね見にくかった | 1. わかりにくかった | 1. あまりとらなかった |
| 2. ふつう | 2. ふつう | 2. ふつう |
| 3. おおむね見やすかった | 3. わかりやすかった | 3. 大いにとった |
| (3) タイプの印字 | (10) 内容の誤り | (17) 学習の進み方のテンポ |
| 1. 見にくかった | 1. あった | 1. おそすぎた |
| 2. ふつう | 2. 気がつかなかった | 2. ふつう |
| 3. 見やすかった | 3. なかった | 3. はやすぎた |
| (4) 教材の配例 | (11) 提示された正解 | (18) 教材の内容 |
| 1. よくなかった | 1. なっとくできなかった | 1. むずかしかった |
| 2. ふつう | 2. ふつう | 2. ふつう |
| 3. よかった | 3. よくなっとくできた | 3. やさしかった |
| (5) 説 明 | (12) 学習意欲 | (19) この章の学習時間 |
| 1. わかりにくかった | 1. 喚気されなかった | 1. 適當だった |
| 2. ふつう | 2. ふつう | 2. みじかすぎた |
| 3. わかりやすかった | 3. 喚気された | 3. 長すぎた |
| (6) 問題の意味 | (13) 学 習 | (20) その他, 気づいたこと |
| 1. わかりにくかった | 1. 楽しくできなかった | |
| 2. ふつう | 2. ふつう | |
| 3. わかりやすかった | 3. 楽しくできた | |
| (7) 用語・記号の意味 | (14) 自分の答え(にたいする自信) | |
| 1. おおむねわかりにくかった | 1. 自信がもてなかった | |
| 2. ふつう | 2. ふつう | |
| 3. おおむねわかりやすかった | 3. 自信がもてた | |

表 2-7 ポストテスト

1. ある都市の水道料は次のように計算される。

(1) 水道料金の計算式

水 量 段 階 (B)	水道料金 (A= 月数×戸数)
定額 0～10 m^3 まで	160×A
1 11～20 m^3 まで	使用水量×25-(90×A)円
2 21～30 m^3 まで	使用水量×35-(290×A)円
3 31～50 m^3 まで	使用水量×37-(350×A)円
4 51～200 m^3 まで	使用水量×42-(600×A)円
5 201～600 m^3 まで	使用水量×47-(1600×A)円
6 601 m^3 以上	使用水量×49-(2800×A)円

(2) 計算方法

① 月数ごとの水量段階をさがす。

使用量は m^3 単位で計る。

水量段階 = $\frac{\text{使用水量}}{\text{月数} \times \text{戸数}}$

なお割り切れなかった時はくり上げる。

20.1 m^3 は2段階になる。

② 水量段階が決まったら、その段階の計算式で金額を求める。円以下は切捨てる。

<例1> 2カ月で150 m^3 を2戸(共同)で使用したとき $B = 150 / (2 \times 2) = 37.5 m^3$ により段階は3である。

$\therefore 150 m^3 \times 37 - (350 \times 4) = 4,150$ 円

<例2> 1.5カ月で15 m^3 を1戸で使用したとき $B = 15 / (1.5 \times 1) = 10 m^3$ で段階は定額である。

$\therefore 160 \times (1.5 \times 1) = 240$ 円

使用料, 月数, 戸数を読み込んで水道料金を計算するプログラムを完成させよ。

```

10 MONDAI1: [1]
20 [2] RYOKIN DEC FIXED(6),
   SIYORYO DEC FIXED(10,1);
30 [3] LIST(SIYORYO, TUKI, KOSUU);
40 A=TUKI*KOSUU;
50 DANKAI=SIYORYO/A;
60 IF DANKAI<=10 THEN GO TO L1;
70 IF DANKAI<=20 THEN GO TO L2;
80 [4]
90 IF DANKAI<=50 THEN [5] L4;
100 IF DANKAI<=200 THEN GO TO L5;
110 IF DANKAI<=600 THEN GO TO L6;
120 RYOKIN=SIYORYO*[6]-(2800*A);
130 GO TO LL;
140 L1: [6]
150 GO TO LL;
160 L2: RYOKIN=SIYORYO*25-(90*A);
170 GO TO LL;
180 L3: RYOKIN=SIYORYO*[7]-(290*A);
190 GO TO LL;
200 L4: RYOKIN=SIYORYO*37-(350*A);
210 GO TO LL;
220 L5: RYOKIN=SIYORYO*42-([8]);
230 GO TO LL;
240 L6: RYOKIN=SIYORYO*47-(1600*A);
250 GO TO LL;
260 LL: [9] SKIP(2) LIST('SUIDORYO WA', RYOKIN, 'YEN
270 [10] MONDAI1;

```

解答らん

①	
②	
③	
④	
⑤	
⑥	
⑦	
⑧	
⑨	
⑩	

2. 右図のパターンを印刷するプログラムを作成せよ。

```
1
 11
 111
 1111
 11111
 1111
 111
 11
 1
```

表 2-8 学習終了アンケート (CLASS-N)

1. CLASS-Nでの学習は楽しかったですか。(はい まあまあ いいえ)
2. ふつうの学習(講義)とくらべて楽しかったですか。(はい まあまあ いいえ)
3. 学習内容は、よく理解できましたか。(はい まあまあ いいえ)
4. CLASS-Nでの学習は、講義と比較して理解しやすいですか。(はい まあまあ いいえ)
5. CLASS-Nでの学習は、つかれましたか。(はい まあまあ いいえ)
6. 普通の学習より疲れますか。(はい 同じくらい 普通の学習より疲れない)
7. 自分のペースで学習できましたか。(はい だいたい いいえ)
8. 全般的にむずかしかったか。(はい まあまあ いいえ)
9. 学習中は不安になることがありましたか。(はい ときどき いいえ)
10. CLASS-Nでの学習は、連続何分位が適当だと思いますか。
()
11. CLASS-Nで、あなたは連続何分位まで学習できると思いますか。
()
12. 全般的にスライドはよく見えましたか。(はい まあまあ いいえ)
13. スライドの図は見てすぐ理解できましたか。(はい まあまあ いいえ)
14. スライドの文章は、よみやすかったですか。(はい まあまあ いいえ)
15. スライド中の問題提示は明確でしたか。(はい まあまあ いいえ)
16. タイプキーは思うように使いこなせましたか。(はい いいえ)
17. プリンターの音は気になりましたか。(はい いいえ)
18. プリンターの印刷はよく見えましたか。(はい いいえ)
19. 学習の途中で、やめたい時がありましたか。(はい いいえ)
20. Time upはあった方がいいですか。(はい いいえ)
21. CLASS-Nガイドは学習する上で役に立ったと思いますか。(はい まあまあ いいえ)
22. CLASS-Nによる学習をなさって、こういう点を改良したら良いと思われることがありましたら、書いて下さい。

ハード ()

ソフト ()

表 2-9 問題別アンケート (CLASS-F)

- (1) 問題の内容は、すぐに理解できましたか。(はい まあまあ いいえ)
- (2) この問題に対して、すぐにフローチャートなりコーディングの作成にとりかかれましたか。
(はい まあまあ いいえ)
- (3) この問題の説明で、わかりずらかったり、あるいはわからなかった語句や用語等がありましたか。
(あり なし)
ありのとき：()
- (4) 問題のレベルはどうですか。(やさしい まあまあ むずかしい)
- (5) 診断メッセージはわかりやすかったですか。(aはい bまあまあ cいいえ)
bとcのとき：()
- (6) 診断メッセージで、すぐにプログラムを修正することができましたか。
(aはい bまあまあ cいいえ)
dとcのときできなかった理由()
- (7) その他として、CPLやSCROLLからのメッセージ等で気がついた点を記述して下さい。

表 2-10 学習終了アンケート (CLASS-F)

- (1) CLASS-Fでの学習は楽しかったですか。(はい まあまあ いいえ)
- (2) 普通の学習(プログラム作成)とくらべて楽しかったですか。(はい まあまあ いいえ)
- (3) 自分のペースで、プログラムを作成できましたか。(はい まあまあ いいえ)
- (4) 全般的に問題はむずかしかったですか。(aはい bまあまあ cいいえ)
aのとき()
- (5) 学習中は何か不安になることがありましたか。(aはい bまあまあ cいいえ)
aのときどんな場合に不安になりましたか。
()
- (6) CLASS-Fでの学習は疲れましたか。(はい まあまあ いいえ)
- (7) CLASS-Fで、あなたは連続何時間位まで学習できると思いますか。()時間
- (8) プログラム作成中
 - ①まわりの騒音が気になりましたか。()
 - ②室内の照明はどうでしたか。()
 - ③室内の温度はどうでしたか。()
 - ④その他として机や椅子、その配置等で気がついた点がありましたら記述して下さい。
()

(9) ディスプレイ装置について

①文字や記号等はよく見えましたか。(はい まあまあ いいえ)

②文章は読みやすかったですか。(はい まあまあ いいえ)

③タイプキーは思うように使いこなせましたか。(はい まあまあ いいえ)

10 SCROLLの機能はプログラムを作成するのに充分でしたか。(aはい bまあまあ cいいえ)
bかcのとき不十分なところはどんなところですか。

()

11 SCROLLのコマンドを使用したとき、エラーメッセージはわかりやすかったですか。

(aはい bまあまあ cいいえ)

12 プログラムを作成するにあたり、タイプライタにくらべてディスプレイ装置は適していると思いますか。(はい まあまあ いいえ)

13 学習の「問題」が提示されてすぐに内容がわかりましたか。(aはい bまあまあ cいいえ)

bかcのとき、どういったところがわかりずらかったか、そしてどう改善してほしいか記述して下さい。()

14 プログラム作成においてCPLのプログラムは作りやすいですか。(はい まあまあ いいえ)
機能面で作成しにくいところがあったら記述して下さい。

()

15 CPLのエラーメッセージはわかりやすいですか。(はい まあまあ いいえ)

16 診断メッセージはわかりやすく、すぐにプログラムのエラーを見つけることができましたか。

(aはい bまあまあ cいいえ)

bとcのときどういった点に改善を望みますか。

()

17 CLASS-Fガイドは学習する上で大いに役に立ちましたか。

(aはい bまあまあ cいいえ)

bとcのとき何か気づいた点がありましたら記述して下さい。

()

第 3 章 総 合 評 価

第3章 総合評価

3.1 システムの設計目標

このCLASSシステムを開発するにあたって次のような3点が特に問題となった。第1に我々のようにシステム開発に携わる人間にとって、非常に教育的センスを要求される教材や学習プログラムをいかに作成すべきか、第2はCPLという会話型言語を教育するのに効果をあげうる学習端末として何を選ぶべきか、第3により学習効果をあげるためにいかなるシステムの構成にすべきかということであった。

一般にプログラミング言語の学習においては(講義+実習)という学習方法が不可欠の問題であり、すでに作られているプログラミング言語教育用のCAIシステムにおいても多くは(CAI+実習)という方法で、講義に相当するところをCAIで行ない、実習は実習として別に行なっているのが普通のようなのである。

CLASSシステムはこうした学習方法をより発展させた形として(CAI+実習)というようにプログラミング言語の文法的知識をCAIで、その使い方を実習でというように分離せず1つのCAIシステムの中に実習を行なう部分に必要な言語プロセッサを組み込んでしまい、CAI=(CAI+実習)というシステム構成を採用することにより、学習効率を高めようとした。

しかし、この場合の機能を充分生かすにはその学習方式をどうするかという問題がある。一般に言語の文法的知識や簡単な使い方を学習させるには個別指導型(チュートリアル方式)がすぐれており、また言語の総合的な使い方を学習するには演習型(ドリル方式)がすぐれていることは誰でも認めているところである。また、この学習方式の違いから、当然各学習方式に合った学習端末も決ってしまう。すなわち、言語の文法的知識等の学習では漢字やひらがな、図形等の提示できる装置を持ち、その反応においては操作のし易い装置であることが必要である。

また、言語の総合的な使い方を学習する場合の実習では提示装置はそう大きな問題ではなく、その反応における操作のし易い（特に編集機能を持つ）装置であることが絶対に必要な条件である。

CLASSシステムではこの両者の方式を1つにして、なおかつその機能を充分に生かせる学習端末をと考えたが、そうした端末が現存しないためやむなく、CLASS-NとCLASS-Fという2つのシステムを作成し、それぞれの学習方式に合った学習端末によって「CPLという会話形言語を使って自由にプログラミングできるようにする」という学習目標に対する学習過程を両システムで分担するようにした。

こうした方法は他のシステムには見られず、このシステムを開発する上で問題とした前述の問題点の第2、第3を満足するものであり大変ユニークな方法であった。

次に教材や学習プログラムの作成における問題であるが、これもこのCLASSシステム作成グループに教育しようとするCPL言語の言語プロセッサを作成した人間を加えることによって解決した。すなわち、その言語について100%理解しているものが教材や学習プログラムを作成することによって非常に問題が大きいといわれる学習プログラムに専門的知識を介入できたということである。

3.2 学習実験による総合評価

3.2.1 CLASS-Nシステム

(1) 問題点及び改良点

- ① スライドによる提示の場合、光源の強さ、スクリーンの色、学習者の目とスクリーンの距離等を十分に考慮しないと目が非常に疲れるようである。
- ② キーセットによる反応入力の場合、キーマットの作り方、特にキーの配列(CLASS-Nでは図5-5のようになっている)を十分に考慮しないとキーの操作というより、目的のキーを捜すのに時間がかかってしまう。英字や数字キーはタイプライタ等と同じ方がよいようである。
- ③ キーセットのもう1つの問題として確認用として一般のタイプライタを併用したが、キーセットの文字に対応できる文字がタイプライタにも必要であるということ、また、キーセットとタイプライタの印字部を一諸にした端末装置でないとせっかく併用したにもかかわらず印字文字が見にくい等があげられる。
- ④ 実習用としてTSS端末を併用したがキー操作がキーセットのように単純でないため、特に入力情報の前後に STX と ETX キーを押さなければならぬわずらわしさ、また、キーセットとキー配列が違っていた等から予想外にTSS端末の操作に時間がかかってしまった。しかし、学習者からはこのTSS端末の併用により直接タイムシェアリング・システムで実習が出来たということに対しては圧倒的によい評価を得た。
- ⑤ 問題に対する回答要求が複数の場合にその区切りとして#記号を使用した、これを忘れたり、間違えたりする場合は意外に多く、これらの扱いをどうするかは今後の課題である。

(2) 結 論

前述のような問題点や改良点、また学習プログラムの作成において期間的に多くのトライアウトを実施できなかった点等から多少、力およばずと思われるところもあるが、当初意図したCLASS-Nの目標は達し得たと言え

よう。

3.2.2 CLASS-Fシステム

(1) 問題点及び改良点

- ① 提示装置として、CRTキャラクタ・ディスプレイ装置を使用した
が、この場合練習問題の提示や診断情報はすべてカナ文字であり、はたして本
当に内容を理解してもらえるかどうか懸念したが、学習者からは内容がよ
く理解でき、特別に問題はないということでありむしろ意外であった。こ
のことから実習用としてはCRTキャラクタ・ディスプレイ装置が充分利
用できるということがわかった。
- ② 学習者の入力装置としてCRTキャラクタ・ディスプレイ装置の鍵盤部
を使用しているわけであるが、この鍵盤部は入力に先立って

ON-L
OFF-L

鈕を押し、OFF-Lの状態にしなければ鍵盤はハード的にロックされて
いて入力できないようになっている。これは学習者にとっては大変わずら
わしいので、これをソフト的に制御できるようになっていればより操作が
し易い端末装置であると言える。
- ③ 鍵盤部のもう1つの問題としてシフトキーが英数、英記号、カナ、カナ
記号と4つもある。特に記号等を打鍵しようとして英記号のシフトキーを
押すが、シフトキーを英数に戻すのを忘れてしまうことが多い。シフトキ
ーを英数に戻すのを忘れたまま英数に対応するキーを押すとその文字は入
力されない状態となる。この時は②の場合とは逆にそのキーがロックされ
る方がよいと思われる。
- ④ このシステムでは実習に不可欠なCPLの言語プロセッサを内蔵したわ
けであるが、CPLプロセッサで出されるコンパイル時、実行時のエラー
メッセージと診断プログラムで出される診断メッセージとの表現方法が違
っていたため診断メッセージは非常によく理解できるがCPLプロセッサ
から出されるメッセージはわかりにくいという結果になってしまった。こ
のシステムのように言語プロセッサを内蔵するような場合にはそのエラー

メッセージも「このような状態だから、この部分を見直さない」というように表現方法を変える必要がある。

(2) 結 論

前述のような問題点や改良点があげられるが、このシステムの目的である実習に機動性をもたせること、学習者のプログラムの実行結果に対して誤まっていればデバッグ方法のガイダンスを与えること、併せてCPL言語の総合的な使い方を学ぶという3つの目標のいずれも一応満足のいく結果が得られた。特にCRTキャラクタ・ディスプレイ装置を使用するということはハードウェアおよびソフトウェアの双方の編集機能を総合的に利用できるのも非常に操作性がよく実習用の端末装置として適しているということがわかった。

3.2.3 CLASSシステムとして

CLASS-N, CLASS-Fを通しての学習実験の結果、学習者から次のような好意的評価を得た。

- (1) 両システムとも大変興味深く、楽しく学習できた。
- (2) CLASS-Nでは覚えたことをすぐに併用されているTSS端末を使って確認できるのでよかった。
- (3) CLASS-FではCRTキャラクタ・ディスプレイ装置を使用しているため本当に自分がコンピュータに接しているという親近感や自分がコンピュータを専有しているような満足感が得られた。
- (4) CLASS-Fでは自分の作ったプログラムに対してシステムがすぐに正否を診断してくれるので自分の得た知識に自信がもてた。

CPL言語についてまったく知らない者を対象にし、実質的学習時間は18時間程度で、しかもCLASS-NとCLASS-Fの学習実験の間に5ヶ月間という空白があったにもかかわらず、学習者の殆んどがCPL言語の約90%（すべての学習者がCLASS-Nのセクション4まで終った訳ではない）をマスターしてくれたということは前述のような学習者からの評価も含めてこのシステ

ムの作成における初期の目的を達成し得たと考えられる。

またこれら両システムは、今後TSS端末によるCAIの可能性をさぐる1つの試みということもでき、特にCLASS-Fシステムで行なったディバッグ方法に対するガイダンス機能はインタラクティブ・ガイダンス・システムの1つの方向を示すものであり、従来のガイダンス・システムの発展した形としての学習システムのあり方について今後とも検討したいと願っている。

第4章 CLASS-Nシステム

第4章 CLASS-N

4.1 CLASS-Nシステムの概要

CLASS-Nシステムは、FACOM 230-60 タイム・シェアリング・システムの元で使用される会話型言語CPLの基礎的知識を学習するシステムである。

学習は、標準CAI端末とTSS端末とを併用して、個別指導型（tutorial instruction）とドリル演習型（drill and practice）の両者を組合せた形式で行われる。

すなわち、例題を用いて会話型言語CPLの文法的知識やその使い方を学習する。そして、学習した知識をより完全なものにするため、実際にTSS端末を使って練習問題をプログラミングして実行してみるという方法をとっている。

また、本システムは次のような学習機能を備えている。

- (1) 問題に対する回答形式は、多技選択式だけでなく、ステートメントの入力による回答とか、実際にプログラムを実行させてその結果を入力させる等の方法がある。
- (2) 学習の流れは、ブランチ形式を基本として、その条件としては、学習者の回答の内容、過去の学習経過（誤答回数、ヒント要求回数）、学習者からの要求（ヒント、正答、前のステップ提示）等により決定される。
- (3) 学習者からは、ヒント要求、正答要求、前のステップに戻ることを要求等を出すことができる。
- (4) 学習者毎の学習経過記録は、学習プログラムの各ステップ毎にとられ、これは学習終了後出力される。
- (5) 練習問題等は、実際のTSS端末よりプログラミングし実行させてみることもできる。

学習者の応答と学習の進み方は、次のようになっている。

提示されたスライドが、説明のステップであれば、学習者はその説明の内容をよく理解した後 A N S キーを押せば次のステップのスライドが提示される。前のステップをもう一度見たい場合は R E V キーを押せば 1 つ前のステップに戻ることができる。（図 4 - 1 参照）

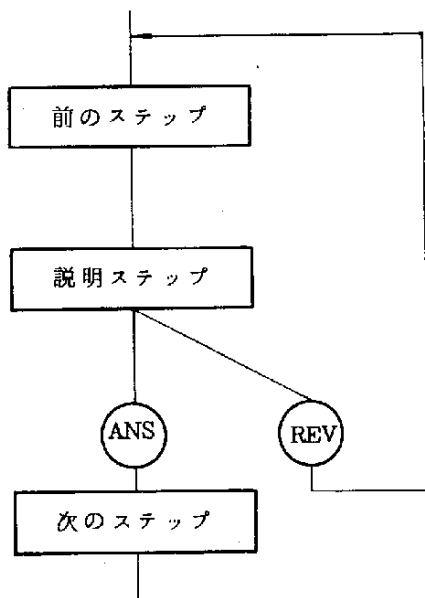


図 4 - 1 説明のステップ

提示されたスライドが、問題の場合には、学習者はそれに対して解答を行う。解答はキーセットより解答メッセージを入力し、最後に A N S キーを押せばよい。A N S キーを押す前であれば、解答内容を任意に修正することができる。システムは学習者の解答内容を判定しそれによって適当な次のステップのスライドを提示する。（図 4 - 2 参照）

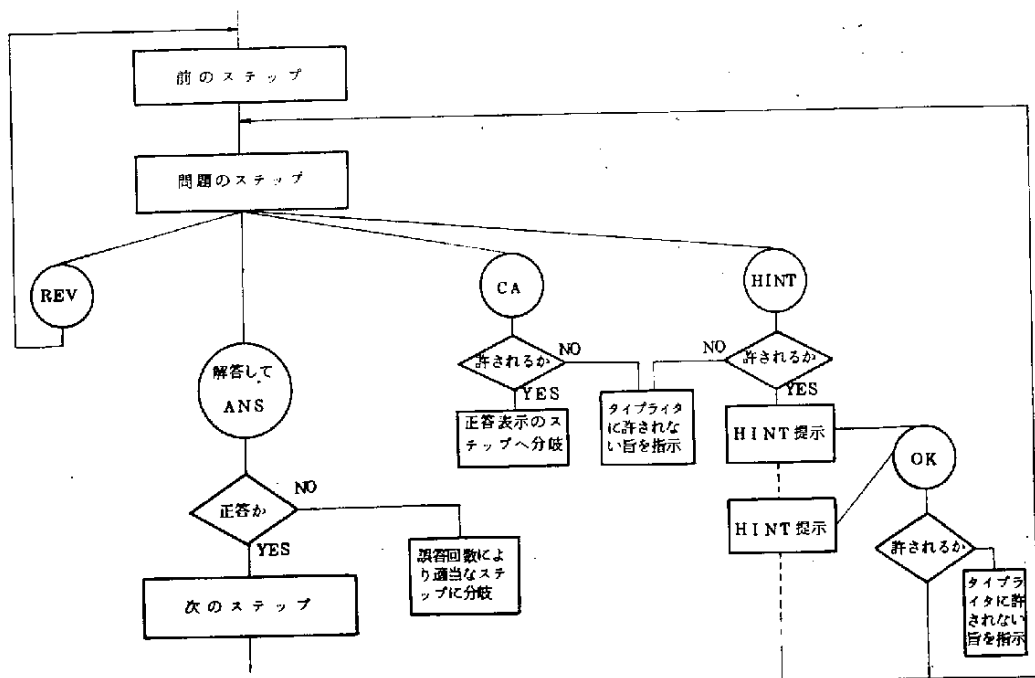


図 4-2 問題のステップ

提示されたスライドが、練習問題の場合には、学習者はその内容をよく理解してから T S S 端末で実際にプログラムを作成する。そして学習端末に戻り A N S キーを押す。次のステップでは、このデータを使って実行してみなさいというスライドが提示されるので、また T S S 端末より実行させる。その後再び A N S キーを押す。次のステップでは、実行して出力された値をキーセットから入力せよという、さきほどの問題提示と同じようなステップのスライドが提示されるので、T S S 端末の出力結果を見ながら解答メッセージを入力し、最後に A N S キーを押せば、問題のときと同様に解答が判定され適当なステップが選択される。(図 4-3 参照)

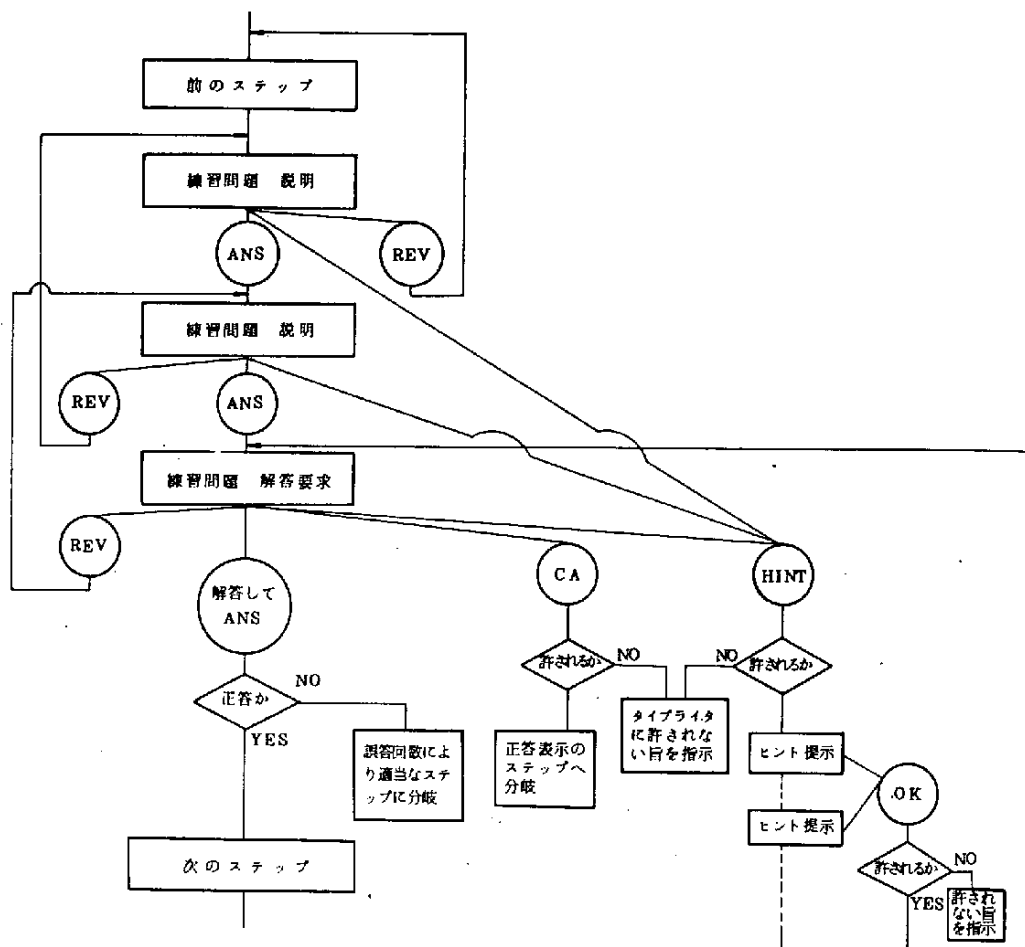


図 4-3 練習問題のステップ

学習者が説明、問題、練習問題等のステップで解答が見出せないとか、どうしてもよくわからないという場合に備えてヒントシーケンスを用意することができ、学習者は H I N T キーによりそれを要求できる。また、ヒントシーケンスによる学習途中で問題の解答、説明の内容がわかり、元のステップに戻りたいとき、学習者が O K キーを押せば、戻ることができる。

問題や練習問題のステップで、どうしても答を見出せないときは C A (Correct Answer) キーにより正答を要求することができる。

さらに、学習者の応答時間を制限することができる。この場合、学習者が制限時間内に答えられなかった場合はタイムアップの条件となり適当なステップに分岐される。

4.2 学習の方法

- (1) まず、学習者はCLASS-Nシステムで学習する前に、CLASS-Nガイドを読み、各端末の操作法を学ぶ。
- (2) 次に、学習者は希望するセクションのスライド・マガジンをセットし、学習端末、モニタ端末、TSS端末の電源を入れる。
- (3) スライドおよびモニタ端末に※※STARTキー オ オシナサイと指示があるのでSTARTキーを押す。
- (4) 次に ※※アナタノ ナマエ…… とモニタ端末に印字されるので、自分の名前を入力し、ANSキーを押す。
- (5) 次に ※※キョウカメイ…… と印字してくるので、希望する教科名をキーセットから入力し、ANSキーを押す。
- (6) あとは学習プログラムによって指示される応答を行うことにより、学習は進められる。学習中は、質問以外であればANSキーの応答を、また質問の応答であれば解答を入力して後ANSキーを押せばよい。またその解答入力中、間違いに気がつき修正したいならば、1字修正はDELキー(delete)を、全部の修正はCANキー(cancel)を押し正しく入力されるまで繰り返せばよい。
- (7) 学習がセクションの終りまでいくと※※SEND マタハ END キー オ オシナサイと印字されるので、ENDキーを押すことにより学習は終了する。

続けてつぎのセクションを学習するときにはSENDキーを押し、つぎに自分の学習したいセクションのスライド・マガジンをセットしなおして、(5)の操作から繰り返せばよい。

学習は原則として、セクション単位になっているが、どうしてもそのセクションの途中で打ち切りたいときにはその時点で ※ENDと文字キーの*と応答キーのENDキーを押せば学習は終る。このとき

※※※アナタノ ツギノ ガクシュウ ハ… ブロック ナンバ n… カラデス※※※ というように印字される（n…各セクションで決められたブロック番号）。各セクションは知識のひとまとまりとして数個のブロックに分れていてそれぞれ番号がつけられている。この番号がブロックナンバとして出力されるので、つぎに学習をするときに教科名を入力するところで“教科名，ブロックナンバ”と入力すれば，そのセクションの途中から継続して学習を始めることもできる。

第5章 CLASS-Nシステムの評価

第5章 CLASS-Nシステムの評価

5.1 システムの構成と機能

このシステムは、NEAC 2200-500にスライド・プロジェクタ付学習端末装置を連結したハードウェアシステムと学習の制御をおこなう計算機用ソフトウェアおよび学習プログラムおよび教材などの教育用ソフトウェアより構成されている。

5.1.1 ハードウェア

(1) NEAC 2200-500の機器構成

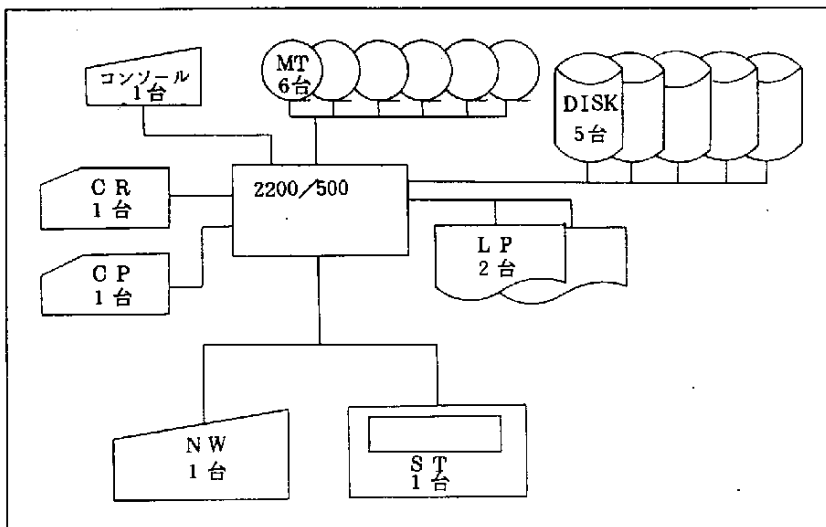


図5-1 NEAC 2200-500の機器構成

① 中央処理装置

記憶容量 524 K字

サイクルタイム 1.5 μ s

② 磁気ディスク装置

記憶容量 9.6 M字/台

平均アクセスタイム 85ms

③ 周辺入出力装置

カードリーダー 800枚/分

カードパンチ 100枚/分

ラインプリンタ 420行/分

磁気テープ 64/44.4kc/秒

④ 学習端末装置

ST スライド80コマ, ランプ10種, キーセット
(応答キー10個, データキー100個)

タイプライタ 560字/分

(2) 学習端末の構成

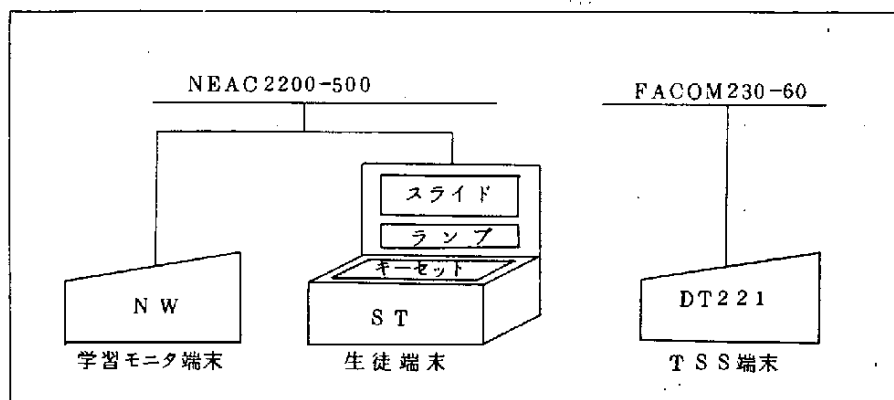
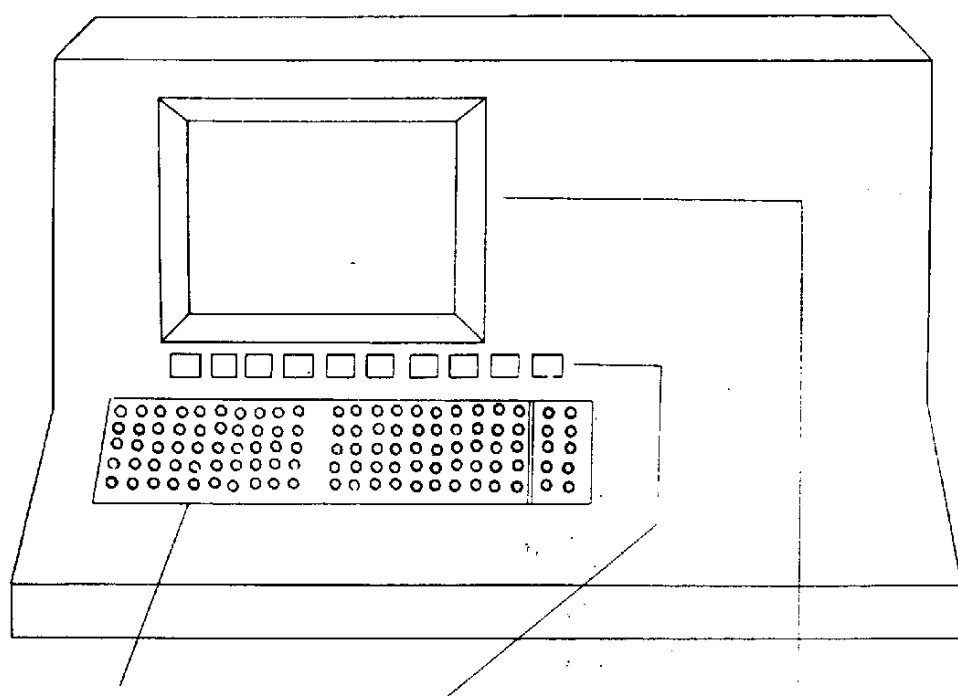


図5-2 学習端末全体構成図

学習端末は全体として3つの装置から構成されている。

① 生徒端末 (ST)

- ・ランダム・アクセス・スライド (説明や問題の提示装置)
- ・キーセット (反応入力装置)
- ・ランプ (反応の補助確認装置)



・キーボード部
キーマツト方式

このキーボード部は押しボタン式でキーのそれぞれには意味をもたせず鍵盤部全体にかぶせるキーマツトにより、それぞれのキーに意味をもたせたもので、キーマツトを取り替えることで任意の形式のデータをセットすることができる。

・指示ランプ部
パネル式

この指示ランプ部はコンピュータの状態を知らせ学習者が何を行なえばよいか、またどのような状態にあるかを表示する。

・スライド提示部
ランダム・アクセス方式

このスライド提示部はスライドプロジェクタとスクリーンより構成されている。スライドプロジェクタは80枚のスライドを収納できるマガジンよりランダムにスライドを取り出し、スクリーンに映写し、このマガジン室に学習プログラムをファイルしておくことで学習時のプログラムを即時変更できる。

図5-3 生徒端末構成図

生徒端末のランプは図5-4のようになっており、左から4個は応答キーによりハード的に点灯、消灯される。右から6個は学習者の応答内容により制御プログラムで点灯、消灯される。

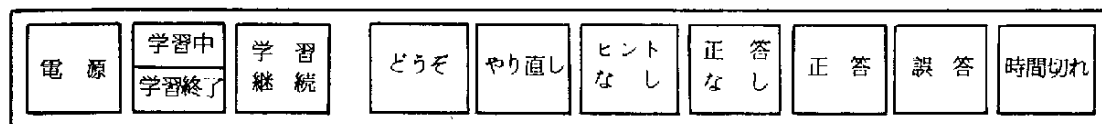


図5-4 生徒端末のランプの意味

生徒端末のキーセットは図5-5のような学習用キーマツトと、応答用

入口名	演算子	配列要素	左辺	数値	文字定数	ストリング データ	DECIMAL	内部	MAIN	()	:	:	*	/	=	?	.	,
引用符	演算式	専用 データ	制御変数	定数	引数 変数	データ リスト	DECLARE	真	偽	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
右辺	関係演算子	外部 手続き	関数	比較演算子	論理 演算子	パラメータ	END	>=	<=	K	L	M	N	4	5	6			
英字	アスキー メント	サブ ルーチン	属性	配列	内部手続き	ラベル	FIXED	GET	—	O	P	Q	R	S	T	U	7	8	9
英数字	OPTIONS	数字	代入記号	変数名	外部	BINARY	FLOAT	PROCE DURE	PUT	V	W	X	Y	Z	BLANK	#	+	0	-

CPL学習用キーマツト

小辞のキー

片辞のキー

START	END
○	○
DEBUG	REV
○	○
DEL	CAN
○	○
CA	HINT
○	○
OK	ANS
○	○

応答用キーマツト

図5-5 生徒端末のキーセット

キーマットをかぶせて使用される。

② 学習モニタ端末 (NEAC WRITER)

NEAC WRITERは、STのキーセットの各キーの意味に応じて必要な文字に変換され印字される。鍵盤配列は図5-6のようになっている。

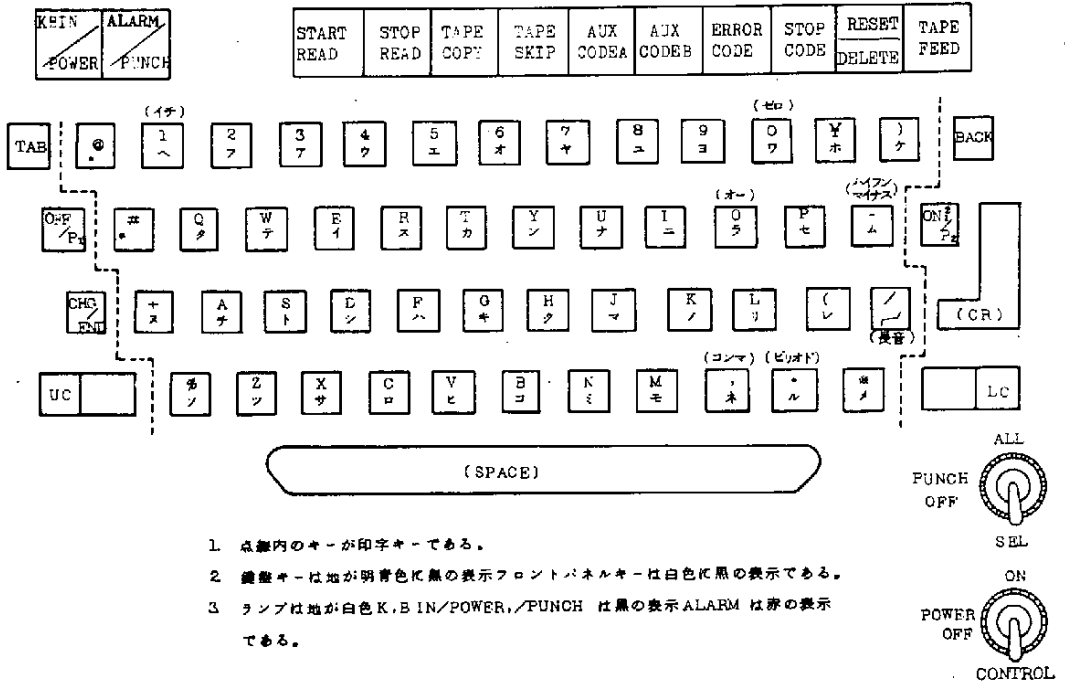
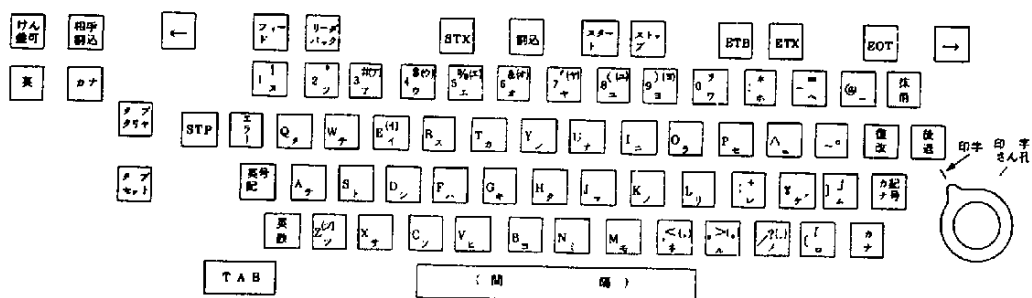


図5-6 学習モニタ端末の鍵盤配列

③ TSS 端末

この端末はFACOM 230-60に接続されている端末装置の1つであり、CLASS-Nシステムの実習用端末として使われる。

鍵盤配列は図5-7のようになっている。



注1. 打けん条件

- : 英 記 号 = S I を送出します。
- : 英 数 = S I
- : カ ナ = S O
- : カナ記号 = S O
- 2. エラーおよび修正は □ と印字されます。
- 3. □ と □ はキーを送出せず、プリンタの印字ヘッドをそれぞれ、左および右に移動するボタンです。
- 4. 左側の「けん盤可」「印字前込」「英」「カナ」はランプです。
- 5. 〈 間 隔 〉 はキー・トップに印刷されていません。

図5-7 TSS端末の鍵盤配列

(3) 評 価

本システムはNEAC2200-500を本体として作成されているが、計算機自身の機能を十分に生かすことができ、問題ないと思われる。

学習端末については、端末自体の使いやすさからいえば

- ・キーセットのタッチが軽すぎる。
- ・生徒端末の机の部分（資料を広げたり、メモをとったりする所）が狭すぎる。
- ・スクリーンやキーセットの脇に無駄な部分がある。
- ・スクリーンとキーセットとタイプライタの印字部をあわせて1つの端末にできないか。
- ・スクリーンの表面が明るすぎるから光源に工夫が必要。

というような点が検討され、より使い易く、操作のしにくさによって学習効果が妨げられないような端末であって欲しい。

特にスクリーンとタイプライタの分離による不便さは、システム設計当初からわかっていた問題であるが、現存する適当な端末がなかったことおよび経済性の理由から止むを得ない点であった。

提示装置として、スライド・プロジェクタが使われているが、他のC A I システムでは、2つのスライド・プロジェクタを使用するもの、あるいはスライド・プロジェクタとムービー・プロジェクタを併用するもの、ムービー・プロジェクタだけを使用するもの等がある。

スライド・プロジェクタを2つ使用する方法は、スクリーンを2つに分け学習内容の提示部とシステムからのメッセージなどの表示部とを区別する形になっている。この方法であると、本システムのように各セクションのマガジンにすべての情報を盛り込むのとは違い、学習プログラムの各セクションに盛り込める内容もスライド80枚分となり、各セクションで共通とするK R (knowledge of result … 動機づけ) 情報や各セクション毎の診断情報などを1つのマガジンにまとめることができる。そして学習者にとってもスクリーンに提示されたり、表示されたりするものについてだけ注意を払えばよいので使い易くなるのではないと思われる。

また、本システムでは印字装置としてモニタ端末があるが、印字装置としては印字できる記号や文字の個数の関係から、生徒端末にあるキーセットの100個のデータキーを全部表示できなかった点、特に記号の種類が少ない点で不向きであったように思える。

プログラミング言語の学習においては問題の解答として、そのプログラミング特有の単語やキーワードを要求するが多い。その点、生徒端末にキーセットがあれば、キーマットをかえることで、それぞれのキーに特定の意味を持たせることができ便利である。しかし、学習者にとってはキーを捜すのに時間がかかったり、誤ったキーを打鍵しやすいということが起こり、学習効果を落とす原因に考えられる。

このほか、スライド・プロジェクタを長時間使用していると、熱のためペーパーマウントがわん曲したり、のりづけがはがれてきたり、ほこりやキズのためスライドが使用できなくなる場合が多い。そこでプラスチック製で、ワンタッチで中味を入れかえることのできるマウントに取りかえたため、熱やほこりに

よるトラブルもなくなり、学習プログラムの修正によるフィルムの取り換えも容易であった。しかし、本システム使用中ではないが、プラスチックのマウントでさえも熱に弱くマウントが溶けてくる場合があったということは何回か聞いた。このようにスライド・プロジェクタの場合は光源からかなり熱が出ることを考慮して、高温やほこりからスライドを守ることも考えねばならない。

5.1.2 ソフトウェア

(1) ソフトウェアの構成

CLASS-NシステムはNEAC2200-500 OS-MODⅣの下で動作可能であり、CLASS-Nのソフトウェアは次のような5つの部分から構成されている。

1. CLASS-Nモニター
2. 制御プログラム
3. 学習プログラム
4. CLASS-Nガイド
5. 学習資料

① CLASS-Nモニター

CLASS-Nモニターは、学習時における全体の制御を行うもので、次のような機能を持っている。

- ・システム全体のイニシャライズ
- ・学習端末およびファイルのOPENとCLOSE
- ・学習者との会話
- ・学習プログラムのロード

② 制御プログラム

制御プログラムは、学習プログラムの提示ステートメントにより呼ばれるもので、すべてアセンブリ言語で作られていて、それぞれの機能によってサブルーチン化されている。

これは、次のようなルーチンから構成されている。

- S L I D E • T I M E
- R E Q • I A N S
- A N S • S Y R
- L A M P • A N S W E R M A T C H
- T Y P E • R E C O R D P U T

③ 学習プログラム

学習プログラムは、学習端末に教材を提示すること、これに対する学習者の反応を分析すること、その結果に基づいて所定の論理演算や評価計算を行うこと等の組合わせを単位として記述されている。ここでは、次の4つのセクションから作られており、各セクションはいくつかのブロックから作られ各ブロックはいくつかのステップより構成されている。

- C P L S 1 (C P L 入門)
- C P L S 2 (I F, D O ステートメント)
- C P L S 3 (複雑な D O ステートメント)
- C P L S 4 (内部・外部手続きおよびビット演算)

④ C L A S S - N ガイド

C L A S S - N ガイドは、学習者へのサービスプログラムであり、次のようなものから構成されている。

- 学習端末の初期操作
- システムとの最初の会話
- 学習における応答
- 解答入力 of 修正
- T S S 端末の開始終了操作
- 学習の終了
- C P L ステートメントの入力
- C P L のコマンド
- データ入力操作

- ・ステートメントの修正
- ・エラーメッセージの意味

⑤ 学習資料

学習資料は、学習を進める際に各セクションに必要な資料、すなわち例題のフローチャートやコーディング例、練習問題のフローチャート、コーディング用紙、コマンドやステートメントのリスト等が用意されている。

(2) 評価

本システムでは、学習者の反応を分析するため、特に問題ステップ、練習問題ステップにおいて学習者の解答をどのように診断するかを工夫した。

学習プログラムで指定された予想解答は制御プログラムのANSルーチンによりその都度予想解答の解答テーブルが作成される。この予想解答と学習端末より学習者が入力した答とを比較して診断を行う。

予想解答としてはつぎのような10個の指定ができる。

解答指定	型指定	BLANK 指定
C (正答)	A (文字型)	1 (そのままのパターン)
W (誤答)		2 (空白を無視)
		3 (1個以上の空白は無視)
	F (指数部のない実数型)	
	E (指数部のある実数型)	

予想解答は最大8個まで、その中に文字型の予想解答があればそれ自身また8個のパターンが許される。

以上のような指定ができるため、多枝選択式だけでなく、ステートメントの入力の解答や順不同の解答や実際にTSS端末で実行した出力結果などを要求する問題が作成できる。

その結果、問題の傾向が画一化されずバラエティに富み、学習意欲の喚起、あるいは気分転換などにも役立ち、学習効果の向上も期待できる。

また、学習プログラムの作成者にとっても問題の解答要求方法にあまりこだ

わらずに作成できるので作り易いということが言える。

つぎに、本システムでは複数の解答を入力する場合、答と答の区切りとして「#（シャープ）」を打鍵することになっている。この「#」を忘れたために誤答となることがたいへん多かった。その原因として、キーセット上の「#」と「=」の両方がモニタ端末では「#」と印字されてしまうので、印字を見ただけでは両者の区別がつかないということが考えられる。また、区切り記号として「#」が適切かどうかということも問題だと思う。いろいろなパターンの解答要求ができるという反面、答と答の区切りをどのように判別するかは難しく、一般に区切り記号としては本システムのようにキーを決定するとか特定のファンクションキーを押すとか方法はいくつかあるが、それぞれ長所短所があって最適の方法というのはなかなかむずかしい。本システムの場合は特に印字装置にも問題があり、印字文字が重複せず、プログラム言語では全然使用されず、かつシステムからのメッセージにも印字されることのないような特殊なキーを区切り記号とすることができれば誤答も少なくなったと思う。

本システムでは、学習者が打鍵状態を確認したい場合に、システムからの応答がランプの点灯だけではわかりにくい、あるいはスライドの枚数に制約があっていろいろなメッセージをスクリーンに提示することは無理である等の点から、印字装置すなわちタイプライタを併用することが必要となりモニタ端末を組み合わせる。また、キーセットは、右側半分（50個のキー）に記号と英数字が1つのキーに1文字が対応するように並び、左側半分（50個のキー）に1つのキーに数文字からなる単語が対応するように並べてある。そして、モニタ端末に印字される場合、左側のキーは前後に「#」が印字され、1つのキーでどこまで対応するのが判別できるようにしてある。

例えば *** ANS ***
 ".GE."#".NE." *** ANS ***
 "ヒカクインサ"ンジ"#"ンサ"ンジキ" *** ANS ***
 16 *** ANS ***
 "シフ"#"キ" *** ANS ***
 *** ANS ***
 *** ANS ***
 4 *** ANS ***
 *** ANS ***

この場合、単語の前後に「\」を付けた弊害として最後の文字に濁点がついているように見えたり、ごちゃごちゃして見にくいということなどがあり、印字様式を検討する必要があると思われる。

学習プログラム記述言語として、他のC A I システムでは標準C A I 言語が多く使われているようである。しかし本システムのようにランプの提示装置等がある場合の学習端末の操作、ファイルの処理、演算処理等の機能的な面で不十分な部分も多いので、C A I 言語的な処理系を作らずに、C A I 機能の部分をアセンブリ言語で作り、それをP L / I のサブセットであるB P L (Basic Programing Language) のC A L L タイプのサブプロシージャとして呼ぶことにより処理することにした。このことから、学習プログラム記述言語はB P L の特定ステートメントの集合であり、これ以外でもB P L で許されるステートメントなら使用可能であるため、きめ細かい学習プログラムの記述ができる。

5.2 学習プログラム

5.2.1 学習プログラムの機能

教育用ソフトウェアは、スライドと学習プログラムとに分けることができる。

スライドを作成する場合に問題になることは、まず枚数の制約があるということである。1 マガジンは80枚なので、セクションの区切りとして80枚というのが前提となる。本システムでは、ヒント、正答、治療等のステップを各セクションごとに用意しなければならないので、メインシーケンスとしては60枚前後ということになる。さらに、一枚のスライドには字数が多すぎてもいけないし、（目が疲れる、集中力が散漫になる、何を言わんとしているか焦点がぼやける等の理由から）少なすぎても光源がまぶしく感じられるため、適当な字数でなるべく絵や表などを入れて注意をそらさないようにする必要がある。

また、学習プログラムを改良する場合など修正のし易さやコストが問題になる。スライドは、学習プログラム作成者が原案を考え、専門業者にスライドを作らせる。そのうえ、手書きのものをそのままスライドにする場合以外は、必ず校正という作業が入る。人間の目には「見落とし」があるもので、何人かで何回も注意深く校正をおこなってもスライドとして完成したものになお修正が必要となる場合があるし、テスト使用後の学習プログラム修正に伴うスライド修正も起ると考えねばならない。原案からスライドとしてできあがるまでにはかなりの時間と労力がかかり、それに附随してコストも相当高くなる。しかし、一回作ってしまえば半永久的に使用でき、ロールフィルム型に比較すれば、修正、変更もそのスライドだけを取り出せるため便利である。

つぎに、学習プログラムであるが前述のようにこれはBPLの特定ステートメントの集合であり、本システム特有の機能はCALLステートメントで呼ぶ形式をとっており、簡単に記述できる。

学習プログラムで指定できる予想解答も各種の型指定ができるため、解答要求

に工夫をこらすことができ、問題が作り易い。

また、学習プログラムに記述できるシステム変数が表5-1のように14個あり、学習者の解答と予想解答との診断結果のパターンによって、あるいは前のステップまでの学習状況によって、プログラムが分岐できる。そこで学習者の予想反応がいろいろ考えられる場合などでも学習プログラムが書き易いといえる。

表5-1

学習プログラムで記述できるシステム変数	
1 CORRECT	学習者の解答が予想解答のすべてと一致したときONになる。
2 WRONG	学習者の解答が予想解答のどれかと一致しなかったときONになる。
3 ANSO	学習者の解答が予想解答のどれとも一致しなかったときONになる。
4 ANS _n	学習者の解答が予想解答のn番目と一致したときONになる。
5 HINT	ヒントキーが押されたときONになる。
6 CANS	正答キーが押されたときONになる。
7 REV	戻りキーが押されたときONになる。
8 OK	了解キーが押されたときONになる。
9 TMUP	応答制限時間が切れたときONになる。
10 CCOUNT	正答回数のカウンター。
11 WCOUNT	誤答回数のカウンター。
12 TCOUNT	タイムアップ回数のカウンター。
13 SW _n	$0 \leq n \leq 7$ で8個のスイッチがある。
14 ACC _n	$0 \leq n \leq 9$ で10個の演算レジスタがある。

5.2.2 作成上の問題

本システムの機能を充分生かせるように学習プログラムを作成することが問題であり、システム全体の評価は学習プログラムの良し悪しで決定すると言っても過言ではない。

学習プログラムを作成すること自体は、記述言語も使い易く、いろいろな機能を使って学習の流れを自由に変えることができるため、さほどむずかしくはない。

つぎに、いくつかの標準的パターンを示す学習プログラムの例をあげる。

・説明ステップの一般型

```
STEP21: CALL SLIDE(21,22,'C');          /* STEP 21C(22) */
        CALL REQ('REV');
        CALL TIME(0);
        IF REVK=1 THEN GO TO STEP20;
STEP21: CALL SLIDE(21,8,'C');            /* STEP 21.1C(8) */
        CALL REQ('REV');
        CALL TIME(0);
        IF REVK=1 THEN GO TO STEP21;
STEP22: CALL SLIDE(22,23,'C');          /* STEP 22C(23) */
        CALL REQ('REV');
        CALL TIME(0);
        IF REVK=1 THEN GO TO STE21;
STEP23: CALL SLIDE(23,24,'C');          /* STEP 23C(24) */
        CALL REQ('REV');
        ACC7=04;
        CALL TIME(0);
        IF REVK=1 THEN GO TO STEP22;
STEP23: CALL SLIDE(23,8,'C');            /* STEP 23.1C(8) */
        CALL REQ('REV');
        CALL TIME(0);
        IF REVK=1 THEN GO TO STEP23;
STEP24: CALL SLIDE(24,25,'C');          /* STEP 24C(25) */
        CALL REQ('REV');
        CALL TIME(0);
        IF REVK=1 THEN GO TO STE23;
```

・問題ステップの場合の一般型

```

STEP9: CALL SLIDE(9,12,'0'); /*STEP 90(12)*/
      CALL ANS('CF:8');
      CALL REQ('REV');
      CALL TIME(0);
      IF REVK=0 THEN GO TO S9;
      ACC9=0;
      GO TO STEP8;
S9: ACC9=ACC9+1;
   IF CRCT=1 THEN GO TO S902;
   CALL LAMP(2);
   WCNT=WCNT+1;
   IF ACC9=1 THEN GO TO S901;
S900: CALL SLIDE(9,10,'C'); /*STEP 9H(10)*/
      CALL TIME(0);
      GO TO STEP9;
S901: CALL SLIDE(9,65,'C'); /*STEP 9J(65)*/
      CALL TIME(0);
      GO TO STEP9;
S902: CALL LAMP(4);
      IF ACC9=1 THEN CCNT=CCNT+1;
      ACC8=ACC9;
      ACC9=0;

```

・学習者のヒント要求や正答要求が可能な場合

```

STEP19: CALL SLIDE(19,20,'0'); /*STEP 19Q(20)*/
        CALL ANS('CA3:80.54.92.61.73,CA3:80.0.54.0.92.0.61.0.73.0'
1);
        CALL REQ('REV');
        CALL REQ('HINT');
        CALL REQ('CANS');
        CALL TIME(0);
        IF REVK=0 THEN GO TO S19;
        ACC9=0;
        GO TO STEP18;
S19: IF HINT=1 THEN GO TO S1902;
     IF CANS=1 THEN GO TO S1901;
     ACC9=ACC9+1;
     IF CRCT=1 THEN GO TO S1904;
     CALL LAMP(2);
     WCNT=WCNT+1;
     IF ACC9=1 THEN GO TO S1903;
     IF ACC9=2 THEN GO TO S1902;
S1901: CALL SLIDE(19,71,'C'); /*STEP 19A(71)*/
      CALL TIME(0);
      GO TO STEP19;
S1902: CALL SLIDE(19,70,'C'); /*STEP 19H(70)*/
      CALL TIME(0);
      GO TO STEP19;
S1903: CALL SLIDE(19,68,'C'); /*STEP 19T(68)*/
      CALL TIME(0);
      GO TO STEP19;
S1904: CALL LAMP(4);
      IF CANS=1 THEN GO TO S1905;
      IF ACC9=1 THEN CCNT=CCNT+1;
S1905: ACC8=ACC9;
      ACC9=0;

```

・ヒントシーケンスからOKキーで、もとへ戻ることができる場合

```

STEP38: CALL SLIDE(38,45,'Q');          /* STEP 38Q(45) */
        CALL ANS('CA1:A','CA1:F','CA1:8',
                'CA1:X','CA1:15','CA1:SKIP');
        CALL REQ('REV');
        CALL TIME(0);
        IF REVK=0 THEN GO TO S38;
        ACC9=0;
        GO TO STEP37;
S38:    ACC8=0;
        ACC9=ACC9+1;
        IF CRCT=1 THEN GO TO S3804;
        CALL LAMP(2);
        WCNT=WCNT+1;
        IF ACC9=1 THEN GO TO S3803;
        IF ACC9=2 THEN GO TO S3802;
S3801: CALL SLIDE(38,39,'C');          /* STEP 38.1H(39) */
        CALL REQ('OK');
        CALL TIME(0);
        IF OKKY=1 THEN GO TO STEP38;
        CALL SLIDE(38,40,'C');          /* STEP 38.2H(40) */
        CALL REQ('OK');
        CALL TIME(0);
        IF OKKY=1 THEN GO TO STEP38;
        CALL SLIDE(38,41,'C');          /* STEP 38.3H(41) */
        CALL REQ('OK');
        CALL TIME(0);
        IF OKKY=1 THEN GO TO STEP38;
        CALL SLIDE(38,42,'C');          /* STEP 38.4H(42) */
        CALL REQ('OK');
        CALL TIME(0);
        IF OKKY=1 THEN GO TO STEP38;
S538: CALL SLIDE(38,43,'C');          /* STEP 38.5H(43) */
        CALL TIME(0);
        GO TO STEP38;
S3802: ANSP=ANS6;
        IF SUBSTR(ANSP,1,1)='0'B THEN GO TO S538;
        CALL SLIDE(38,39,'C');          /* STEP 38H(39) */
        CALL TIME(0);
        GO TO STEP38;
S3803: CALL SLIDE(38,68,'C');          /* STEP 38T(68) */
        CALL TIME(0);
        GO TO STEP38;
S3804: CALL LAMP(4);
        IF ACC9=1 THEN CCNT=CCNT+1;
        ACC8=ACC9;
        ACC9=0;

```

・過去の学習経過により学習の流れが変わる場合

```
STEP56: CALL SLIDE(56,63,'C');          /* STEP 56E(63) */
        CALL REQ('REV');
        ACC7=08;
        CALL TIME(0);
        IF REVK=1 THEN GO TO STEP55;
ST561:  CALL SLIDE(56,64,'C');          /* STEP 56E(64) */
        CALL REQ('REV');
        CALL TIME(0);
        IF REVK=1 THEN GO TO STEP56;
ST562:  CALL SLIDE(56,65,'C');          /* STEP 56E(65) */
        CALL REQ('REV');
        CALL TIME(0);
        IF REVK=1 THEN GO TO ST561;
        ACC8=0;
ST563:  CALL SLIDE(56,66,'C');          /* STEP 56E(66) */
        CALL REQ('HINT');
        CALL REQ('REV');
        CALL TIME(0);
        IF REVK=1 THEN GO TO ST562;
        IF HINT=0 THEN GO TO ST564;
        ACC8=ACC8+1;                    /* HINT NO COUNT */
        IF ACC8=1 THEN GO TO SS562;
SS561:  CALL SLIDE(56,76,'C');          /* STEP 56.2H(76) */
        CALL TIME(0);
        GO TO ST564;
SS562:  CALL SLIDE(56,75,'C');          /* STEP 56.1H(75) */
        CALL TIME(0);
        GO TO ST563;
ST564:  CALL SLIDE(56,67,'E');          /* STEP 56E(67) */
        CALL ANS('CA1:1');
        CALL REQ('REV');
        CALL TIME(0);
        IF REVK=0 THEN GO TO SS561;
        ACC8=0;
        ACC9=0;
        GO TO ST563;
SS56:  ACC9=ACC9+1;
        IF CRCT=1 THEN GO TO SS602;
        CALL LAMP(2);
        WCNT=WCNT+1;
        IF ACC8<=1 THEN GO TO SS561;
SS601:  CALL SLIDE(56,77,'C');          /* STEP 56.3H(77) */
        CALL TIME(0);
        GO TO SS561;
SS602:  CALL LAMP(4);
        IF ACC9=1 THEN CCNT=CCNT+1;
        ACC8=ACC9;
        ACC9=0;
```


・順不同の解答が可能な場合

```

STEP53: CALL SLIDE(53,56,'Q'); /*STEP 53Q(56)*/
        CALL ANS('CA1: ヲンズメイ ,CA1: テイズ ,CA1: インサツシキ ',
        'CA1: ヲンズメイ ,CA1: テイズ ,CA1: インサツシキ ',
        'CA1: ヲンズメイ ,CA1: テイズ ,CA1: インサツシキ ');
        CALL REQ('REV');
        CALL TIME(0);
        IF REVK=0 THEN GO TO S53;
        ACC9=0;
        GO TO STEP52;
S53: ACC9=ACC9+1;
        IF ANS1=ANS2 THEN GO TO SW53;
        IF ANS2=ANS3 THEN GO TO SW53;
        IF ANS3=ANS1 THEN GO TO SW53;
        IF CRCT=1 THEN GO TO S5303;
SW53: CALL LAMP(2);
        WCNT=WCNT+1;
        IF ACC9=1 THEN GO TO S5302;
        IF ACC9=2 THEN GO TO S5301;
S5300: CALL SLIDE(53,68,'C'); /*STEP 53A(68)*/
        CALL TIME(0);
        GO TO STEP53;
S5301: CALL SLIDE(53,74,'C'); /*STEP 53H(74)*/
        CALL TIME(0);
        GO TO STEP53;
S5302: CALL SLIDE(53,65,'C'); /*STEP 53T(65)*/
        CALL TIME(0);
        GO TO STEP53;
S5303: CALL LAMP(4);
        IF ACC9=1 THEN CCNT=CCNT+1;
        ACC8=ACC9;
        ACC9=0;

```

・値が正しければ、E型、F型のどちらかで入力しても良い場合

```

ST296: CALL SLIDE(29,36,'E'); /* STEP 29E(36) */
        CALL ANS('CF:11.5,CE:1.15E+01');
        CALL REQ('CANS');
        CALL REQ('REV');
        CALL TIME(0);
        IF REVK=0 THEN GO TO S529;
        ACC9=0;
        GO TO ST295;
S529: IF CANS=1 THEN GO TO S2901;
        ACC9=ACC9+1;
        IF CRCT=1 THEN GO TO S2904;
        CALL LAMP(2);
        WCNT=WCNT+1;
        IF ACC9=1 THEN GO TO S2903;
        IF ACC9=2 THEN GO TO S2902;
S2901: CALL SLIDE(29,74,'C'); /* STEP 29A(74) */
        CALL TIME(0);
        GO TO ST296;
S2902: CALL SLIDE(29,73,'C'); /* STEP 29H(73) */
        CALL TIME(0);
        GO TO ST296;
S2903: CALL SLIDE(29,68,'C'); /* STEP 29T(68) */
        CALL TIME(0);
        GO TO ST296;
S2904: CALL LAMP(4);
        IF CANS=1 THEN GO TO S2905;
        IF ACC9=1 THEN CCNT=CCNT+1;
S2905: ACC8=ACC9;
        ACC9=0;

```

以上のような学習プログラムは、スライド原稿作成時に平行して作られる学習フローに従って記述される。

学習実験後、学習者ごとの学習記録をセクション別に学習フローに書きこんでいくと、学習プログラムにおいて何度もくり返された所がわかり、誤答パターンの集計とスライドチェックとを合わせて評価すると次のような問題点があげられる。

- ・答と答の区切りである「#」を忘れることが多い。
- ・解答の入力方法の指示が不明確である。
- ・問題の意図する所がわかりにくい。
- ・実例がなくて説明だけではわかりにくい。

これらは今後学習プログラムを変更修正する上で役立つものである。以下に問題となったいくつかの例をあげる。

問題 2

CPLでは、プログラム名の後には (1) が必要です。
また、1つのステートメントの最後には (2) を
入力します。

の中にあてはまるものを (1), (2) の順に
キーで答えなさい。

順番をまちがえない
ようにね
答えたら **ANS** キー
を押して下さい。



10-Q-13

正答は：#；

誤答はKORON # SEMIKORON や：；等

この場合、記号で入力せよという指示をすれば解決すると思われる。

問題 10

Kの初期値を0.5、増分値を0.25として、5.5まで
繰返すDOステートメントは

になります。

の中にあてはまるDOステートメントを作成し
入力下さい。

答えたら
ANSキーを
押して下さい

46-Q-49

正答は $DO \triangle K = 0.5 \triangle TO \triangle 5.5 \triangle BY \triangle 0.25 ;$

$DO \triangle K = 0.5 \triangle BY \triangle 0.25 \triangle TO \triangle 5.5 ;$

誤答は \triangle (1個以上の空白) がない,

. (ピリオド) が, (カンマ) になっている,

; (セミコロン) がない,

0.5や0.25を.5, .25と書いている等

この場合特に;を忘れる学習者が多かったが、つぎのように設問を変えるところ
のような誤答は少なくなると思われる。

Kの初期値を0.5、増分値を0.25として、5.5まで次の
ステートメントを繰返すDOステートメントを作成
せよ。

LOOP:

SUM=SUM+K;

END LOOP;

問題 3

全体の桁数が10桁で、小数点以下2桁の、5つの10進固定小数点データを、ARRAYという配列名をもつ配列として宣言するには、

DECLARE ARRAY DECIMAL FIXED :

と指定します。また、それらを10桁の浮動小数点として指定するときは、

DECLARE ARRAY DECIMAL :

となります。

の中にあてはまるものをキーで答えなさい

15-Q-16

正答は (5) # (10, 2) # FLOAT

誤答は () を忘れる、

(10, 2) の , (カンマ) を . (ピリオド) とまちがえる、

(1) が2つあるので、(5) # (10, 2) # (5) # FLOATと入力する等

この場合は、 の中の数字を①, ②, ③と変えて、最後の文章をつぎのようにかえることである程度解決すると思われる。

の中にあてはまるものを番号順に3つ答えなさい。

5.2.3 ガイダンス機能について

本システムでは、CLASS-Nガイドのほかに学習資料として各セッションで必要な資料を添付した。

原則として、資料等を作らずにスライドだけで学習を進めていく方法をとろうとしたが、スライドだけでは枚数制限があり、学習中の不安をとりのぞけるだけ十分なガイダンス機能を盛り込むことは無理であった。

CLASS-Nガイドや学習資料を見ながら学習を進めることは、学習者にとって煩わしい感じを免れない。

現在のところ、CLASS-Nガイドを見ても、どうしてもわからなければ、担当者に聞くという方法しかない。この方法では、学習者が自分のペースを崩さずに、ひとりで学習を続けていくには、多少問題があると思われる。

このような問題を解決するため、簡単な機械故障の直し方をCLASS-Nガイドに盛り込む。頻繁に起りそうな現象（学習者の操作上のこと）については一覧表のようなものを作り、これでもわからないときはCLASS-Nガイドを参照するというようにする。TSS端末の操作上のことあるいはCPLのエラーメッセージなども、CLASS-Nガイドのまとめのようなものを一枚のリストにして、学習者の見易いようにする、というようなことが考えられる。

また、学習者が復習をしたいとか、この部分をもっと詳しく学習したいとかの要求に答えられるように、学習プログラムやスライドを工夫する。あるいは質問のある場合、ファンクションキーを設けておき、質問のステップを用意できたりすれば、よりきめ細かな学習プログラムになると思われる。

5.3 学習における操作性

5.3.1 操 作 性

(1) 安定性

学習実験の行われた36日間（約200時間）に起った生徒端末とTSS端末のエラー回数を調べてみると、表5-2のようになる。それぞれ全体の学習回数（1つのセクションの学習を開始してから終了あるいは中断するまでを1回とする）に比較してエラー回数は1割強という結果となり、安定性の面からは特に問題はないと思われる。

表5-2 エラー回数

	ソフトウェア	ハードウェア	計
生徒端末	9回	3回	12回
TSS端末	10回	0回	10回

生徒端末のエラーはNEACのシステムエラーや学習プログラムのエラーが主であり、ハードウェアの方ではプロジェクタの過熱のためマウントが曲りスライドが落下しないために学習を中断せざるをえなかったという原因があげられる。

また、TSS端末では、学習者の入力の手違い（パスワードエラー等）が原因となった場合が多かった。

学習者のいかなる操作に対しても、ある程度のリカバリーは両端末とも可能であり、操作上の問題はあまりないが、スライド・プロジェクタを長時間使用した場合の安定性については、まだ研究、改良の必要があると思われる。

(2) レスポンス・タイム

CAIシステムでは、学習者の待ち時間が3秒以内であることが、心理的不安を学習者に与えないという点で必要であるが、本システムの場合3秒以上か

かることが多い。これはメインシーケンスを進んで行く時は関係ないが、誤答の場合ヒント・シーケンスに入った場合はスライド・プロジェクタのアクセスタイムに時間がかかる。これの対策として、問題ステップのすぐ後にそれに関するヒントや正答ステップを置くとか、治療ステップを40枚目前後に置くとかして工夫してあるが、ヒントや治療ステップを後にまとめて置いた場合と大差ない。

また、本システムは多重処理で動作しているので、他のジョブがCPUを多く使用（すなわち入出力が少ないジョブ）するようなジョブであった場合には当然待ち時間が多くかかるということが言える。

(3) 生徒端末の操作性

説明ステップの場合は、読んで理解したらANSキーを押すという操作だけであるから、操作自体は簡単である。しかし、説明が数ステップ続くと単調な操作となり易く、知識の定着に関して多少疑問が残る。

問題のステップの場合は、解答を入力してANSキーを押すという操作になる。この場合、解答の一字修正や変更を行うときにはDELキー（delete）やCANキー（cancel）を用いて容易にできる。また、複数の解答を入力する場合には答の区切りを表わすものとして「#（シャープ）」を入れるのだが、この操作を忘れる人が多く、このため誤答となることが度々あった。

練習問題ステップの場合は、問題に従ってTSS端末でプログラムを作成し、提示されたデータで実行し、その結果を答として入力してANSキーを押すという操作を行う。この操作はTSS端末を使用するので、この端末の操作性が問題になる。これについては後述する。

システムの中断や継続も、また簡単であり、中断する場合は学習者の任意の時点で「*」「END」を続けて入力すればよく、つぎに学習を継続する場合の必要情報（ブロックナンバ）が出力される。

継続する場合は、教科名を入力するところで「教科名、ブロックナンバ」を入力することにより、継続学習ができるようになっている。

この生徒端末のキーセットは、C P L 学習用キーマットをかぶせて使用する。しかしキーとキーの間が狭いのでキーマットの字が読みにくい。特に左側の赤枠のキーマットは1つのキーで単語を表わすので一層読みにくい。

また、右側の青枠のキーでは英字の鍵盤配列が通常のタイプライタと異なりアルファベット順であるため、目的のキーをみつけるのに時間がかかる。

プログラミング言語の学習等では、青枠のキーは通常のタイプライタと同じ配列の方が良いようである。

今回の学習者が全員大学生であり、カード穿孔機やタイプライタの操作に多少の経験を持っていたため、このような結果になったと考えられる。しかし、一般の人を対象にした場合は、アルファベット順の鍵盤配列の方が操作し易いのではないであろうか。

本システムの場合、モニタ端末の文字数が少なく、キーマット上の表示と異なった文字で印字せねばならないものがいくつかある。

例えば

キーマット上の「=」と「#」が、モニタ端末では両方とも「#」と表示される。

このようなキーについては、キーマット上に注意書きをしてあるが、やはりまちがえ易く、キーの選択に迷いが生じるのではないかと考えられる。

この他、この端末のキーは、タッチが軽いというのか遊びが多いというのか、ちょっと触れるだけで入力されてしまうので誤操作をし易いという点が多少問題になる。キータッチの問題は今後とも人間工学的になお研究、改良の必要を感じる。

以上のように生徒端末の操作そのものは簡単であるが、端末操作は講義形式の学習ではほとんど、必要がなかったものであるだけに、学習者が端末操作に必要以上気をとられる様であると、これはC A I の大きな欠点の一つとなろう。

学習実験を行っていた短期間内に、数回スライドが落下しないということが起こり、簡単になおる場合とそうでない場合があった。簡単になおる場合なら

学習者自身で処理できるが、そうでない場合は、学習をいったん中止し、またコントロールカードを読ませて、学習を再開させなければならない。現在は、計算機の傍に端末装置が置かれているので、どのような状態かを把握することは簡単であるが、一般の学習システムのように、計算室と学習端末とが離れている場合などは、その処理の方法を考えなければならない。

端末が故障した場合の操作は、現在はオペレータがうけもっているが、簡単に修復できる場合は学習者自身が処理して学習を継続しうるように、それに対するガイダンスのスライドを用意するなどすれば、学習者がひとりで自分のペースをくずすことなく学習を続けていくことができるであろう。

(4) T S S 端末の操作性

本システムでは、各セクションごとに数題の練習問題があつて、これらはすべて学習者がT S S 端末を使用して、実際にC P Lのプログラムの作成や実行を行うことになっている。

後述のアンケート結果にもはっきり現われているが、すべての学習がT S S 端末の操作に相当の時間をかけていて、慣れるまで苦勞していると思われる。

学習者は、この端末の開始、終了操作や一行ごとに **STX** で始まり **復改** **ETX** で終るという入力操作をやらなければならない。これは非常に面倒であるから、一般のタイプライタ端末のように **STX** や **ETX** を押さなくてもよい端末にすべきである。

また、一般にタイプライタ操作に慣れていないことから打鍵する時間より、キーを捜している時間が長いというのが実情である。

端末装置は出来得る限り最少のキータッチ数で入力できるように配慮すべきである。

(5) 評 価

C L A S S - N システムで学習する場合、学習者は必ずC L A S S - N ガイドを読むことになっている。しかし、読んだことと理解したこととは異なり、実際に端末を使いこなせるということも、また異なる。このことは今回の学習

実験においても痛切に感じられた。これはCLASS-Nガイドのあり方にも関係がある。

例えば、CLASS-Nガイドに端末操作の練習をする項を設け、「指示通りにやってみてください。こうなるでしょう」というような手とり足とり型で、操作法を説明するとか、あるいはスライドに操作法のセクションを設け、それ自身を学習の一部とするような方法を採用すれば、より完全であろう。本来、学習前に部厚い説明書を読まねばならないというのは、CAIの価値を半減させていると言わなければならないであろう。

しかし、あらゆるケースを尽くした端末操作法の学習システムを作ること自体は、プログラミング言語の学習システムの作成よりは、はるかにむずかしいと言わざるを得ない。

5.3.2 エラー検出機能

本システムでは、主に生徒端末のランプによってコンピュータの状態を知らせ、学習者が何を行えばよいか、またどのような状態にあるかを表示し、その他のメッセージをモニタ端末に印字する。

ランプは学習者の反応によって、それぞれ次のような状態のとき点灯される。

どうぞ	…入力可能であるとき
やり直し	…CAN (Cancel) キーを打鍵したとき
ヒント なし	…ヒントが用意されていないステップでHINTキーを打鍵したとき
正 答 なし	…正答が用意されていないステップでCA (Correct Answer) キーを打鍵したとき
正 答	…正答のとき
誤 答	…誤答のとき

時間切れ …システムで指定した時間内に打鍵されなかったとき

メッセージとしては、次のようなものがモニタ端末に印字される。

※※※ コノ ステップ デハ ソノ キー ハ ツカエマセン ※※※

※※※ コタエ ノ ニユウリョク ノ ヒツヨウ ハ アリマセン ※※※

※※※ コタエ オ ニユウリョク シテクダサイ ※※※

※※※ コタエ ノ カズ ガ オオスギマス ※※※

※※※ コタエ ノ カズ ガ タリマセン ※※※

また誤答の場合、誤答回数が1のときは必ずつぎのスライドが提示されるようになっている。

キーの押しまちがいではありませんか。
もう一度今の問題を出しますから、今度は
よく問題を読んで答えて下さい。



今度はまちが
えないように
ANSキー
をどうぞ

このように、学習者の誤操作や誤答の場合、システムからのメッセージをスライドやランプ、メッセージによって表示することができる。しかし、学習者にとっては誤答のとき、誤答ランプが点灯し、答の数が多いとか足りないとかメッセージがでるだけでは、システムとして学習者の心理的不安を和らげ、どのように対処すればよいかを明確に表わしているとは言えず、不親切な感じを受けると思われる。

これについては、システムからのメッセージを新しく加えて、どこが違ってい

るかを指示するような方法で、ある程度解消すると考えられるので、次のようにメッセージが印字されるようにした。

正答が`ソクセイ`の場合

`カンスウ`と入力すると

※※※ コタエ ガ マチガツテ イマス ※※※

正答が`DECLARE` #, #; の場合

5 # 6 # 7 と入力すると

※※※ コタエ ガ ゼンブ マチガツテ イマス ※※※

`DECLARE` # 8 # 9 と入力すると

※※※ 2 パンメ, 3 パンメ ノ コタエ ガ マチガツテ イマス ※※※

`DECIMAL` # `DECLARE` #; と入力すると

※※※ 1 パンメ, 2 パンメ ノ コタエ ガ マチガツテ イマス ※※※

`DECIMAL` #, # `DECLARE` と入力すると

※※※ 1 パンメ, 3 パンメ ノ コタエ ガ マチガツテ イマス ※※※

正答が 1 # 0 # 1 # 0 # 1 # 0 # 0 の場合

0 # 1 # 0 # 1 # 0 # 1 # 0 と入力すると

※※※ 1 パンメ, 2 パンメ, 3 パンメ, 4 パンメ
5 パンメ, 6 パンメ ノ コタエ ガ マチガツテ イマス ※※※

0 # 1 # 0 # 1 # 0 # 0 # 0 と入力すると

※※※ 1 パンメ, 2 パンメ, 3 パンメ, 4 パンメ
5 パンメ ノ コタエ ガ マチガツテ イマス ※※※

1 # 1 # 1 # 1 # 1 # 1 # 1 と入力すると

※※※ 2 パンメ, 4 パンメ, 6 パンメ, 7 パンメ
ノ コタエ ガ マチガツテ イマス ※※※

0 # 0 # 0 # 0 # 0 # 0 # 0 と入力すると

※※※ 1 パンメ, 3 パンメ, 5 パンメ
ノ コタエ ガ マチガツテ イマス ※※※

1 # 1 # 1 # 0 # 1 # 0 # 0 と入力すると

※※※ 2 パンメ ノ コタエ ガ マチガツテ イマス ※※※

1#1#1#1#1#1#1#1と入力すると

※※※ コタエ ノ カズ ガ オオスギマス ※※※

1#0#1#0と入力すると

※※※ コタエ ノ カズ ガ タリマセン ※※※

TSS端末を使用して行うCPLでは、ステートメント単位にシンタックス・チェックが行われているから、その時点ですぐ修正できるので便利である。

エラーメッセージは、名詞や動詞は英文、テニオハは日本語（カナ文字）なのでわかり易い。しかし、初心者にとってはエラーメッセージの意味がわかりにくく、どのように修正すればよいのか見当がつかないという場合も考えられる。

CLASS-Nガイドにエラーメッセージの意味、例、一覧表がのっているが、学習実験を行った結果では、「エラーメッセージの一覧表があるとよい」という意見もあって、あまり目につかず利用されなかったようである。

エラーメッセージの一覧表の作り方も、頻繁に出力されそうなメッセージを選び出し、簡単な説明や処理法等を一覧表にし、これ以外はCLASS-Nガイドを参照のことというようにしておけば、もっと利用され易く、TSS端末使用時間も短縮できたように思われる。

5.3.3 学習環境

現在、当センターでは、計算機室の一隅に学習端末が置かれている。このため計算機そのものの騒音、および空気調整の音と風と低温とにより、個人的な差はあるが、長時間の学習を行うのに必ずしも適した環境とは言えない。

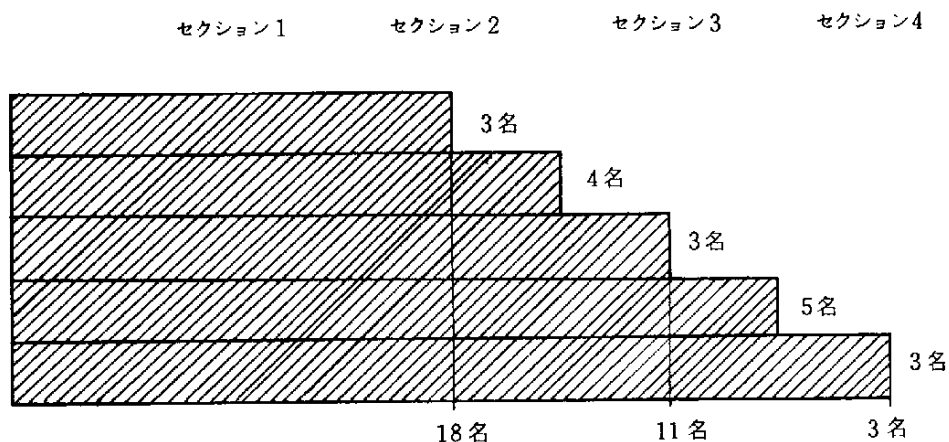
一般の学習システムでは、計算機室と学習室とが隔離されているというのが普通であり、そうあるべきだといえる。当センターでは実験段階でもあり、環境の整備となると経費もかかり、簡単にはできないことであるが、理想的な環境としては、学習室が計算機室より隔離され、学習に適した温度に調整でき、防音装置がほどこされているということが、最低の条件であるといえよう。

そして、学習者が集中して長時間（2時間以上）の学習を行えるよう人間工学的な面からスライド・スクリーンの角度やキーセットの並び方等端末本体とそれに付属する椅子やタイプライタ等に工夫がなされれば、より高い学習効果をあげることができると思う。

5.4 学習実験データの分析結果

学習実験の被験者、すなわち学習者はすべて理工系の大学生であり、テストだけでなくアンケートの記入、感想文の記述、スライドの評価等も行った。学習は1名2日間という時間的制約のもとで行われたため、全セッションを何時間で学習するというのではなく、時間内にどのセッションまで学習できるかという観点で分析を行ったところ次のような結果となった。

セッション4まで終った人	3名
セッション4の途中までの人	5名
セッション3まで終った人	3名
セッション3の途中までの人	4名
セッション2まで終った人	3名



このことから全学習者がセッション2までの学習は終了したといえる。

5.4.1 学習の前提条件

CLASS-Nシステムでの学習を行う前提として、次の3条件があげられる。

- ① コンピュータの知識がある
- ② 他の言語（例えばFORTRAN）をある程度知っている
- ③ CPL言語に対して初心者である

以上の条件をどの程度充しているか調べると表5-3のようになった。

表5-3 レディネス・チェックの結果

	関係書籍を読んだことが		講習会に出席したことがある
	あ る	な い	
電子計算機入門	15 (6) 名	3 (2) 名	2 (2) 名
F O R T R A N	18 (8)	0	3 (2)
A L G O L	3 (0)	15 (8)	0
C O B O L	9 (1)	9 (7)	3 (1)
P L / I	4 (0)	14 (8)	1 (0)

※ () 内の数字は女子の数

これからわかるように、学習者すべてが①、②の条件を充しているといえる。また、PL/IとCPLでは多少違う点もあるので③についてもほぼ条件を充しているといえる。

なお、このシステムで学習するまでに、プログラム学習書で学習したことがある人は11名、ない人は7名であった。これは「プログラム学習」というものがどのようなものか、60%位の人が知っていると考えられる。

5.4.2 テスト成績

セクション1からセクション4までの学習プログラムで学習した学習効果を測定すると表5-4のようになる。

学習者の中には、学習前にPL/Iについて、ある程度知識を持っている人がいたので、そういう学習者を除いて表5-4を整理しなおすと表5-5のようになる。

プリテストでは、計算機についての一般的な知識をどの程度持っているかを調べるような問題を主にしており、ポストテストではCPLのステートメントを覚

え、プログラムが書けるようになったかを調べるような問題を中心としている。ポストテストにおいて75点以上とれていれば、CPLの基礎知識はある程度修得でき、簡単なプログラムをCPLで書けるものとみなすことができる。

表5-4からわかるように、セクション2までの学習を終了することで、初期の目標をある程度達成したといえよう。そして、本システムのような学習システムでは、自分のペースを崩すことなく学習できることが大きな利点であるわけであるから、プリテストの成績は学習の進捗にあまり関係ないように思える。

表5-4 テスト成績1

	全学習者 18名	セクション2まで 終了した人 3名	セクション3の 途中までの人 4名	セクション3まで 終了した人 3名	セクション4の 途中までの人 5名	セクション4まで 終了した人 3名
プリ テスト	78.5	68.8	82.3	84.0	72.2	95.0
ポスト テスト	85.7	78.6	81.0	81.3	88.0	100

表5-5 テスト成績2

	全学習者 14名	セクション2まで 終了した人 3名	セクション3の 途中までの人 2名	セクション3まで 終了した人 3名	セクション4の 途中までの人 5名	セクション4まで 終了した人 1名
プリ テスト	74.5	68.8	83.5	84.0	72.2	100
ポスト テスト	83.5	78.6	75.0	81.3	88.0	100

5.4.3 学習時間

各セクションは約90分の学習時間を予定していたが、実際に学習してみると、大部分が平均115分ないし210分の学習時間であった。

表5-6の中でセクション1と比べ、他の3つのセクションの学習時間が長いのは、練習問題で実際にTSS端末を使用する回数が1回の場合と2～3回の場合

合によって生ずると考えられる。

しかし、セクション2については、TSS端末の使用回数に関係するだけでなく、内容が難しいとか説明がわかりにくいという場合も考えられ、特に検討する必要があると思われる。

表5-6 各学習プログラムの実学習時間

	セクション1	セクション2	セクション3	セクション4
平均	113.4分	209.7分	156.2分	128.5分
最高	220分	360分	220分	145分
最低	50分	70分	70分	112分
学習者数	15名	15名	9名	2名

表5-7は、セクション1と2について、練習問題の学習時間（読みの時間、思考時間、打鍵時間、TSS端末使用時間の総計）を学習記録とTSS端末のリストの両者から調べたものである。

TSS端末使用時間は、練習問題の学習時間の75～85%を、また全学習時間の40～50%を占めている。このことは、学習端末の操作より、TSS端末の操作に時間がかかっているということで、CLASS-Nガイドに書かれているTSS端末の操作法だけでは説明が不十分なのではないかと考えられる。

表5-7 TSS端末の使用時間

		セクション 1	セクション 2	
①全学習時間の平均		113 分 24 秒	209 分 42 秒	
練習問題	②学 習 時 間	33 分	72 分 8 秒	48 分 15 秒
	③T S S 端末 使用時間	25 分 19 秒	60 分 22 秒	42 分 6 秒
			102 分 28 秒	
③／②× 100		76.7 %	83.7%	85.2%
③／①× 100		22.3 %	48.9 %	

※ セクション1 では プログラムをLOADしてきて実行するという練習問題 1題
セクション2 では プログラムを作成して実行するという練習問題 2題

5.4.4 学習者による評価（アンケートの分析）

表5-8から表5-11は、各セクションの学習終了後、および全学習終了後におこなったアンケート結果を示したものである。Pitは、プラスの評価者の割合からマイナスの評価者の割合を減じて算出したものであり、PTはPitの平均である。したがって、両方の指数は+1.00と-1.00の間の数値で、1.00に近いほど学習者による評価がよく、-1.00に近いほど学習者による評価が悪いことを示している。

セクションアンケートから見ていくと、Pitの平均、PTのすべての評価指数がプラスである。このことから、次のことが言える。

「スライドはおおむね見やすかったし、用語・記号の意味もおおむねわかりやすかった。そして学習意欲は喚起され、学習は楽しかった。」

また、学習が進んでいくに従って「機器の操作がやさしくなる。」「学習意欲が喚起される。」「学習時間も適当である。」と評価が良くなる。しかし、セクション4は説明がわかりにくいとか、セクション3、4に内容の誤りがあるという点が指摘されている。これはスライドの校正ミスと考えられる。

次に、表5-10、表5-11の終了アンケートについて見ていくと、マイナスの評価としては、CLASS-Nでの学習は「疲れる」ということ、「タイプキーが思うように使いこなせない」ということが指摘されている。一方プラスの評価としては、「CLASS-Nでの学習は、普通の学習より楽しい」「講義と比較して理解しやすい」「全般的にスライドはよく見え、図はすぐ理解できた」「プリンターの音は気にならず、印刷はよく見えた」等があげられる。

また、PTを見ると、評価指数はプラスであり、セクションアンケートと同じような値になっている。

表5-8 セクションアンケート

		セクション 1	セクション 2	セクション 3	セクション 4
(1)機器の操作	むずかしかった ふ つ う やさしかった 無 回 答	7 (39%) 8 (44%) 3 (17%) 0	5 (28%) 9 (50%) 2 (11%) 2 (11%)	2 (13%) 7 (47%) 6 (40%) 0	0 3 (38%) 5 (62%) 0
(2)スライド	おおむね見にくかった ふ つ う おおむね見やすかった	2 (11%) 6 (33%) 10 (56%)	0 9 (50%) 9 (50%)	1 (7%) 6 (40%) 8 (53%)	1 (12%) 2 (25%) 5 (63%)
(3)タイプ印刷	見にくかった ふ つ う 見やすかった	2 (11%) 10 (56%) 6 (33%)	1 (6%) 7 (39%) 10 (35%)	1 (6%) 7 (47%) 7 (47%)	0 3 (37%) 5 (63%)
(4)教材の配列	よくなかった ふ つ う よかった	1 (5%) 7 (39%) 10 (56%)	2 (11%) 6 (33%) 10 (56%)	0 6 (40%) 9 (60%)	0 5 (63%) 3 (37%)
(5)説明	わかりにくかった ふ つ う わかりやすかった	0 11 (61%) 7 (39%)	1 (6%) 7 (39%) 10 (55%)	2 (13%) 7 (47%) 6 (40%)	2 (25%) 4 (50%) 2 (25%)
(6)問題の意味	わかりにくかった ふ つ う わかりやすかった	2 (11%) 6 (33%) 10 (56%)	3 (17%) 5 (28%) 10 (55%)	0 6 (40%) 9 (60%)	0 5 (63%) 3 (37%)
(7)用語・記号の意味	おおむねわかりにくかった ふ つ う おおむねわかりやすかった	2 (11%) 5 (28%) 11 (61%)	0 7 (39%) 11 (61%)	1 (7%) 5 (33%) 9 (60%)	0 4 (50%) 4 (50%)
(8)解答方法の指示	わかりにくかった ふ つ う わかりやすかった	5 (28%) 5 (28%) 8 (44%)	5 (28%) 6 (33%) 7 (39%)	4 (27%) 6 (40%) 5 (33%)	1 (12%) 4 (50%) 3 (38%)
(9)ヒント	わかりにくかった ふ つ う わかりやすかった 無 回 答	2 (11%) 3 (17%) 3 (17%) 10 (55%)	0 7 (39%) 6 (33%) 5 (28%)	0 3 (20%) 6 (40%) 6 (40%)	0 2 (25%) 1 (12%) 5 (63%)

00内容の誤り	あ っ た 気がつかなかった な っ た 無 回 答	2 (11%) 11 (61%) 4 (22%) 1 (6%)	2 (11%) 10 (56%) 4 (22%) 2 (11%)	2 (13%) 10 (37%) 1 (7%) 2 (13%)	1 (12%) 5 (63%) 0 2 (25%)
01指示された 正解	な っ と け だ け だ け だ け ふ っ う よ っ と け だ け だ け 無 回 答	0 1 (6%) 11 (61%) 6 (33%)	1 (5%) 0 10 (56%) 7 (39%)	0 4 (27%) 7 (47%) 4 (26%)	0 3 (37%) 5 (63%) 0
02学 習 意 欲	喚起されなかった ふ っ う 喚起された	2 (11%) 6 (33%) 10 (56%)	1 (5%) 7 (39%) 10 (56%)	0 6 (40%) 9 (60%)	0 3 (37%) 5 (63%)
03学 習	楽しくできなかった ふ っ う 楽しくできた	1 (6%) 5 (28%) 12 (66%)	1 (6%) 6 (33%) 11 (61%)	2 (13%) 5 (33%) 8 (54%)	0 4 (50%) 4 (50%)
04自分の答え に対する自信	自信がもてなかった ふ っ う 自信がもてた	1 (6%) 9 (50%) 8 (44%)	1 (5%) 12 (67%) 5 (28%)	1 (7%) 10 (67%) 4 (26%)	1 (12%) 4 (50%) 3 (38%)
05疲 勞 たいくつ	大きかった ふ っ う 小さかった	4 (22%) 7 (39%) 7 (39%)	2 (11%) 9 (50%) 7 (39%)	2 (13%) 8 (54%) 5 (33%)	0 5 (63%) 3 (37%)
06学習中の忙	あまりとらなかった ふ っ う 大いにとった	7 (39%) 7 (39%) 4 (22%)	9 (5%) 3 (17%) 6 (33%)	5 (33%) 5 (34%) 5 (33%)	3 (37%) 2 (26%) 3 (37%)
07学習中の進 み方のテンポ	おそすぎた ふ っ う はやすぎた	7 (39%) 10 (56%) 1 (5%)	4 (22%) 14 (78%) 0	4 (27%) 11 (73%) 0	2 (25%) 5 (63%) 1 (12%)
08教材の内容	むずかしかった ふ っ う やさしかった	1 (5%) 12 (67%) 5 (28%)	2 (11%) 14 (78%) 2 (11%)	3 (20%) 12 (80%) 0	3 (37%) 5 (63%) 0
09こ の 章 の 学習時間	適当だった みじかすぎた 長 すぎた	9 (50%) 0 9 (50%)	11 (61%) 0 7 (39%)	12 (80%) 0 3 (20%)	6 (76%) 1 (12%) 1 (12%)

<p>②その他、気づいたこと</p>	<ul style="list-style-type: none"> • T S S 端末操作にてまどる。 • CLASS ガイドを終りまでよんでおくべきだった。 • 空調の音が大きいため集中力にける。 • 解答方法の指示があまりにも少なかった。 • 実際の学習の前にスライドを用いた装置の使用法の説明がほしかった。 • 文章の説明に対しての例をもっと多くした方がよい。 • キーを捜すのに時間がかかった。 • 初めて機械に向って慣れるまでは学習などおちついてできるものでない。ANS キーを押して次の画面が出るたびに不安やら恐怖やらにつつまれるよう。セクションを終えた今やっと少し慣れ興味がわいてきた感じです。 • はじめてだったので緊張した。 	<ul style="list-style-type: none"> • 内容についての説明以外にその使用法などをもう少し加えたらどうか。 • T S S 端末のエラーの意味がよくわからず苦労した。 • まだまだ十分機械の構造をしらないため手間どってしまう。T S S 端末の英字はアルファベット順でないため、ステートメントの入力の能率が悪い。 • T S S 端末でのタイプを打つのに時間をとられた。それに T S S 端末の操作の仕方が最初のうちはよくわからなかった。 • きのうより慣れてきたので、T S S 操作もわりとスムーズにいった。 • 前のステップにもどれることがわかったのでやりやすかった。気楽に問題を流してよめた。 • 手が少し触れただけでもキーが押されてしまったり、少し押しただけではダメだった事が何回あった。 	<ul style="list-style-type: none"> • ANS キーだけは別のところにあるとよい。 • 最後の問題についての説明が不足気味。 • バスカルの三角形に進む前にもう少しやさしい問題をつかって EDIT 入出力の説明をして欲しい。 	<ul style="list-style-type: none"> • 用語とその意味、構造の対応が必要なのではないか。
--------------------	--	---	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> • とてもおもしろかったのですがどこが誤っているのか明確にできるようになったら早いテンポでできると思いました。でも早くなると、頭の中にどの程度残るかはわかりません。 			
--	--	--	--	--

表5-9 セクションアンケートの評価指数

	Pit				
	セクション1	セクション2	セクション3	セクション4	平均
1 機器の操作	-0.22	-0.17	0.27	0.62	0.13
2 スライド	0.45	0.50	0.46	0.51	0.48
3 タイプの印字	0.22	0.49	0.39	0.63	0.44
4 教材の配列	0.45	0.45	0.60	0.37	0.47
5 説明	0.39	0.49	0.27	0	0.29
6 問題の意味	0.45	0.38	0.62	0.37	0.46
7 用語・記号の意味	0.50	0.61	0.53	0.50	0.54
8 解答方法の指示	0.18	0.11	0.06	0.26	0.15
9 ヒント	0.06	0.33	0.40	0.12	0.23
10 内容の誤り	0.11	0.11	-0.06	-0.12	0.01
11 指示された正解	0.61	0.51	0.47	0.63	0.56
12 学習意欲	0.45	0.51	0.60	0.63	0.55
13 学習	0.60	0.55	0.41	0.50	0.51
14 自分の答え	0.38	0.23	0.26	0.26	0.28
15 疲労・たいくつ	0.03	0.28	0.20	0.37	0.22
17 学習中の進み方のテンポ	0.12	0.56	0.46	0.26	0.35
18 教材の内容	0.35	0.56	0.60	0.26	0.44
19 この章の学習時間	0	0.22	0.60	0.50	0.33
P _T	0.28	0.37	0.40	0.37	

表5-10 終了アンケート

1 CLASS-Nでの学習は楽しかったですか	は い まあまあ いいえ	12 (67 %) 6 (33 %) 0
2 ふつうの学習 (講義) とくらべて楽しかったですか	は い まあまあ いいえ	13 (72 %) 5 (28 %) 0
3 学習内容はよく理解できましたか	は い まあまあ いいえ	9 (50 %) 9 (50 %) 0
4 CLASS-Nでの学習は、講義と比較して理解しやすいですか	は い まあまあ いいえ	12 (67 %) 5 (28 %) 1 (5 %)
5 CLASS-Nでの学習は疲れますか	は い まあまあ いいえ	3 (17 %) 13 (72 %) 2 (11 %)
6 普通の学習より疲れますか	は い まあまあ いいえ	7 (39 %) 7 (39 %) 4 (22 %)
7 自分のペースで学習できましたか	は い だいたい いいえ	10 (55 %) 5 (28 %) 3 (17 %)
8 全般的にむずかしかったか	は い まあまあ いいえ	1 (6 %) 10 (55 %) 7 (39 %)
9 学習中不安になることがありましたか	は い ときとき いいえ	2 (11 %) 11 (61 %) 5 (28 %)
10 CLASS-Nでの学習は、連続何分位が適当だと思いますか	平 均	99.2 分
11 CLASS-Nであなたは連続何分位まで学習できると思いますか	平 均	143.7 分
12 全般的にスライドはよく見えましたか	は い まあまあ いいえ	10 (55 %) 7 (39 %) 1 (6 %)
13 スライドの図は見てすぐ理解できましたか	は い まあまあ いいえ	11 (61 %) 7 (39 %) 0
14 スライドの文章は読みやすかったですか	は い まあまあ いいえ	7 (39 %) 9 (50 %) 2 (11 %)
15 スライド中の問題提示は明確でしたか	は い まあまあ いいえ	8 (44 %) 9 (50 %) 1 (6 %)
16 タイプキーは思うように使いこなせましたか	は い いいえ	5 (28 %) 13 (72 %)

17	プリンターの音は気になりましたか	はい いいえ	2 (11 %) 16 (89 %)
18	プリンターの印刷はよく見えましたか	はい いいえ	16 (89 %) 2 (11 %)
19	学習の途中で、やめたいときがありましたか	はい いいえ	10 (56 %) 8 (44 %)
20	Time up はあった方がいいですか	はい いいえ	11 (61 %) 7 (39 %)
21	CLASS-Nガイドは学習するうえで役立ったと思いますか	はい まあまあ いいえ	7 (39 %) 11 (61 %) 0
22	<p>CLASS-Nによる学習をなさって、こういう点を改良したらよいと思われることがありましたら書いて下さい。</p> <p>ハード</p> <ul style="list-style-type: none"> ・モニター用のタイプの音がうるさい。モニターの印字が坐ったままで見にくい。 ・学習を始める時にあまりいろいろなことをしなければならなかったのでたいへんだった。 ・3つの端末でなく、1つにまとめた端末に改良したら良いと思う。 ・学習端末のタイプキーは普通のタイプライターの並びと違いパンチしにくい。 ・タイプの配列 赤：どこになにがあるかわからない、青：他のタイプと位置が異なるので使いにくい。 ・キーの並びの位置のくふうが欲しい。 ・TSS端末を使用するときもう少しスクリーンが良くみえるようにしたほうがよい。 ・TSS端末が使えなくなることが多かった。 ・タイプを打つときスライドの面がよく見えるようにした方がいいと思う。 ・本格的に、これを使用して学習をはじめるようになった時には、機械の故障位直せるように、機械についての講義をたまには入れたらよいと思う。 <p>ソフト</p> <ul style="list-style-type: none"> ・答が多いと次に答える所がわからないので指示ができるようにしてほしい。 ・スライドの枚数が少ないためか、HINTなどもっときめのこまかいプログラムに改良したら良いと思う。 ・TSS端末のオペレーションが最初は非常にたいへんでした。 ・自分（利用者）が必要（学習を）とする所をさらに詳しく学習できるシステムがあればよい。 ・正答が複数個の場合のときのくふうが欲しい。 ・全体的な関連が多少不足しているように感じられる。 ・TSS端末を使用した場合の操作法とerror処理についての説明が必要。 		

表5-11 終了アンケートの評価指数

	Pit
1 CLASS-Nでの学習は楽しかったですか	0.67
2 ふつうの学習（講義）とくらべて楽しかったですか	0.72
3 学習内容はよく理解できましたか	0.50
4 CLASS-Nでの学習は講義と比較して理解しやすいですか	0.62
5 CLASS-Nでの学習は疲れますか	-0.06
6 普通の学習より疲れますか	-0.17
7 自分のペースで学習できましたか	0.38
8 全般的にむずかしかったか	0.33
9 学習中に不安になることがありましたか	0.17
12 全般的にスライドはよく見えましたか	0.49
13 スライドの図は見てすぐ理解できましたか	0.61
14 スライドの文章は読みやすかったですか	0.28
15 スライド中の問題提示は明確でしたか	0.38
16 タイプキーは思うように使いこなせましたか	-0.42
17 プリンターの音は気になりましたか	0.78
18 プリンターの印刷はよく見えましたか	0.78
19 学習の途中でやめたいときがありましたか	0.12
20 Time up はあった方がいいですか	0.22
21 CLASS-Nガイドは学習するうえで役立ったと思いますか	0.39
P _T	0.36

CLASS-Nに対する学習者の感想は、前述のアンケート結果にもはっきり示されているように、CLASS-Nでの学習の方が楽しく、理解しやすいという意見の方が多かった。しかし、アンケートでは表わせない感想もあろうかと思い、学習者に感想文を書いてもらった。

以下に、感想文のまとめをいくつかの項目にわけて記述する。

① システムについて

- ・このシステムにTSS端末があって良かった。
- ・自作のプログラムをすぐ計算機にかけることができ、正しかったかどうかをすぐに確認できることが最大の魅力であり、一番効果的なことだと思う。
- ・CPLの文法を学習しながら、その場でTSSを利用し、実際にプログラミングし、実行できるなど、素晴らしいことだと思う。
- ・このようなシステムでの学習は、内容に興味さえあればいろいろな場で使用できると思われるが、どの程度一般化できうるか、しうるかは疑問である。
- ・成人にとっては、有効な学習システムだと思う。
- ・内容の理解度には個人差がでてくるので、一つの部分が終った段階で、そこまで学習した事を復習するためのスライドを自動的に出し、さらに深く学習できるシステムであれば、より効果の高いシステムになると思われる。

② 教材、内容について

- ・作業が単純なので、学習内容を覚えたかどうか不安な気持ちに陥りやすいので、メモをとりながら学習するような教材にするか、あるいはまとめの意味でのマニュアルがあると良い。
- ・TSS端末の開始終了操作の説明スライドがあると良い。
- ・システムの利用法、使用法、注意事項などについてのセクションをもうけて、スライドで説明したほうが良い。
- ・知っている言語に似た構造（代入文やIF文、DO文）から説明に入った方がとりつきやすいし、興味もわく。
- ・他言語と比較をしたものがあると良い。

- ・機械の仕組みを知ることができたらと思った。

③ 操作性について

- ・機器の操作に慣れるのに、CLASS-Nガイド等で調べることが煩わしかった。
- ・生徒端末の操作は、読んでボタンを押すだけなので単純すぎる。
- ・TSS 端末操作において、操作法やエラーメッセージ等の理解に苦しみ、パンチも不得意なため多くの時間を要した。
- ・初心者に対しては、エラーメッセージの詳細な注意も必要であろう。
- ・打鍵時間より、文字を捜している時間の方がずっと多かった。
- ・操作は、慣れてくると苦痛でなくなる。

④ 機器について

- ・モニタ端末に出力されるカナ文字が読みにくい。
- ・学習端末の机の部分が、もう少し広いとよい。
- ・スクリーンにあてる光源をもう少し研究した方がよい。
- ・モニタ端末に印字された部分が、坐っている所からでは見えにくく、いちいち立って紙を送って見なければならないので煩わしい。
- ・ANS キーはよく使うから、もっと大きなものにしたらよい。
- ・スクリーンがANS キーを押すたびにまっ暗になり、その後急に明るくなると目への刺激が大きく、何か難しいことが書かれているのではないかという不安におそわれる。これがフィルムを動かすように、画面の流れを追うことができたらいいのではないかと感じた。

⑤ スライドについて

- ・セクション3までは読みやすく、意外と楽に目を通せたが、セクション4においては読み疲れがある。
- ・文章ばかりより、システム図的なマンガ形式の方が見やすい。
- ・前の画面を見ながら、次の画面を理解できないことが大きな欠点であるから、理解のひと流れにあるような箇所はできるだけ一つの画面におさめるように

するとよいと思う。

⑥ 感 想

- 直接、計算機を動かせてうれしかった。
- CLASS-Nの扱い方を学習したのではないかと思われるほど、機械に慣れるのに苦労した。
- なんとなく1つのラインに乗った感じがする。
- たいへん疲れた。
- 自分のペースで学習できるし、間違いもその場でわかるし、できればもっとやりたい気持ちである。
- 楽しく学習できた。
- 自分でプログラムを作成するのは難しいと感じた。
- 説明のほうは、だいたい理解できたが、何か時間に追われているようで落ち着かなかった。
- この学習を通して、一層プログラミングに対しての興味がわいてきた。
- 非人間的であるとコンピュータをよくいうが、全く逆の感想を持った。
- 興味深く学習した。
- 内容の興味深さか、忍耐力かが学習効果に大きく作用すると思われる。

5.5 ま と め

今回の学習実験の結果、全学習者がCPLの基礎的知識をある程度修得し、簡単なCPLのプログラミングができるようになったと思われるので、一応本システムでの学習効果は充分あったといえることができる。本システムのような個別指導型とドリル演習型の両者を組み合わせた学習方式は、他のプログラミング言語を学習する場合にも一つの手段であると考えられる。

学習者にとっては、計算機を実際に使い、その場で知識の確認ができた事が最も評判がよかった。

しかし、これは学習者が、今までプログラミングの多少の経験はあったにしても、自ら端末を操作して直接コンピュータにアクセスした経験は持たなかったという事情による、いわゆる“モノ珍ラシサ”が興味にすり変ったのであるかも知れない。しかしその事自体はやはり効果があったと見なすべきで、一般の講義式の学習にくらべて、自分の意志で先へ進むという自主性を刺激するという点だけでも、やはりこの種のシステムの効果と言うべきであろう。

一般のCAIシステムでもよく言われることであるが、教材学習プログラム、ガイドブック等の良し悪しでそのシステムの成果が決定されるということが、本システムについても言える。さらに学習効果をあげるには、教材のセクション構成を細かくし、1つのセクションに盛り込む内容をしぼり、例題による説明を多くし、また復習できたり、ヒントや治療ステップにもよりきめ細かい配慮がなされる必要があると考えられる。

また、学習者が端末の操作法をより簡単に修得できるよう、CLASS-Nガイドに加えてスライドでの説明も行えば、学習の初期段階における操作の煩わしさから、学習者をある程度解放できると考えられる。

なお、本システムでは端末についての問題点も多く、今後、人間工学的な面からも研究、改良が必要である。

第 6 章 CLASS-F システム

第6章 CLASS-F システム

6.1 システムの概要

CLASS-F システムは、FACOM 230 - 60 タイム・シェアリング・システムの元で使用される会話型言語CPLの学習をおこなうドリル方式による学習システムである。学習者は、キャラクタ・ディスプレイ装置を使用して会話型式でおこなうことができる。すなわち、会話型言語CPLによるプログラムの作成、実行あるいは修正の各段階において、十分なガイダンス機能を与えると共に、シンタックスの誤りの指摘は当然のこと、ロジカルな誤りに対しても診断をおこない学習者のデバッグ技術も併せて習得させる。

一般に、学習者の作成したプログラムは、バラエティに富み、学習者の犯す誤りも千差万別であることから、考えられるすべての誤りに対して適切な診断や治療を与えることは難かしいことである。

しかし、ある問題に対するプログラムを学習者に自由に作らせ、そのプログラムを分析して統計をとってみると、アルゴリズムのパターンはある程度限られており、そのアルゴリズムの誤りやすい点がわかる。

そこで、本システムでは、提示された問題について学習者に自由にプログラミングさせ、そのプログラムの文法エラー（シンタックス・エラー）を即座に指摘し、すぐ訂正させるとともに、実際のデータを使ってそのプログラムを実行させ、実行結果を診断する。

プログラム診断の学習アルゴリズムは次の通りである。

- (1) まず、学習者は氏名、コードと学習すべき問題の名称を入力する。システムは、指定された問題の本文をディスプレイ装置に表示する。
- (2) 指定された問題に対するあらかじめ用意されている標準プログラムをCPLプロセッサでコンパイルし、標準データ（チェック・データ）を使って実行さ

せ、その実行結果を保存する。

- (3) 学習者は、その問題に対するプログラムをディスプレイ装置を経由してCPLプロセッサと会話しながら作成する（システムは、学習経過記録（logging）を調べ、すでに学習者が途中まで作成したプログラムがあればローディングする。）

このとき、プログラムとして入力された各ステートメントに文法エラーがあればすぐさま指摘され、直ちに修正することができる。また、学習時間がなくなった場合は、途中で学習を中断することができる。

- (4) 学習者のプログラムが完成（未完成でもよい）すると、それを標準データを使って実行させる。その実行結果と前もって実行して得られている標準プログラムの実行結果とを診断プログラムの手順に従って比較し、評価し、適切な診断メッセージをディスプレイ装置に表示する。

- (5) 正しければ、ここで学習を終了するか、又は次の新しい問題を学習するため(1)に戻る。誤りならば、(2)からやり直す。何回も誤りをくり返している場合は、その都度適切なメッセージやヒントを与える。

これらの処理過程中、常時、学習者の入力、システムからの重要なメッセージは学習経過記録ファイルに記録（log）される。本システムは、FACOM 230-60モニタVのTSS管理の元で働く会話型処理プログラムとして作成されている。

6.2 学習の方法

CLASS-Fシステムの学習は、右の図の要領で行なわれる。

(1) CLASS-Fシステムを呼び出す。

1. タイプライタからDを入力する。
2. ? USER-ID…… が出てきたら
氏名, 0103を入力する。
3. /YOUR JOB-NO……DJIA×××
MACRO BUN NYUURYOKU.
**
が出てきたらCLASS-Fシステムを呼び出すためにCLASSFを入力する。

4. しばらくすると、タイプライタに
JOB.KAISI. と印字され、CLASS-Fシステムが使用可能になる。

D
? USER-ID…… SATO, 0103
/YOUR JOB-NO……DJIA005
MACRO BUN NYUURYOKU.
**CLASSF
JOB KAISI.

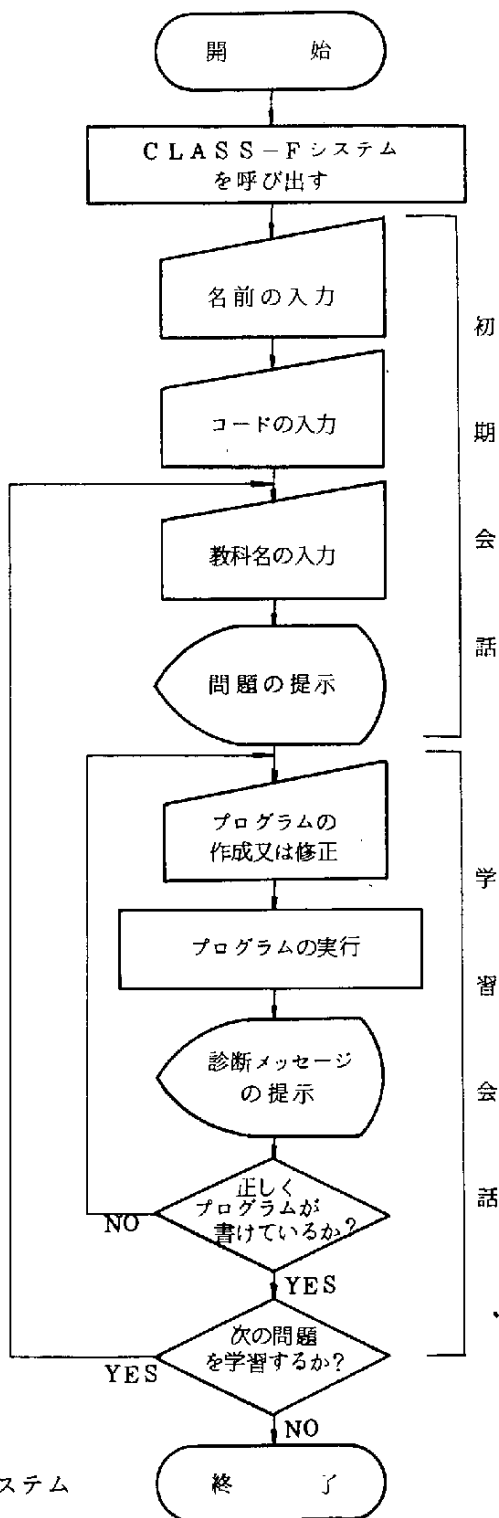
プリンタ印字の例

(2) 初期会話

1. CLASS-Fシステムが呼びだされると、まずディスプレイ装置上に

プログラミング ガクシユウ システム

C L A S S



が表示され次に、画面の下部に** アナタ ノ ナマエ…▶と表示されるので名前を入力する。次に,** アナタ ノ コード…▶ と表示されるのでシステムの担当者から与えられたコードを入力する。

最後に,** キョウカメイ …▶と表示されるので、自分の学習する教科名を入力する。この時、学習する教科名（つづり）がわからなかったら¥TEACHと入力すれば、教科名の一覧表がディスプレイの画面上に表示される。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1																																								
2																																								
3																																								
4																																								
5	プログラミング カクシュウ システム																																							
6																																								
7	C L A S S																																							
8																																								
9																																								
10																																								
11																																								
12																																								
13																																								
14																																								
15																																								
16	-----																																							
17	** アナタ ノ ナマエ ▶SATO																																							
18	** アナタ ノ コード ▶1234																																							
19	** キョウカメイ ▶ASNDSORT																																							
20																																								

初期会話中の画面

2. 問題の提示

教科名が入力されると、画面の上の部分には、問題の本文

```
*****      10ケタ ノ モシ* データ オ タンマツ カラ ヨミコミ ナカ*ラ
*ASND SORT*   コレラ オ インサツ シ、 カツ、 ワーク イリア ニ チイイシ*ユン
*****      (ASCENDING ORDER) ニ ナラヘ*、 ツノ ケツカ ト
               データ ノ コスウ オ インサツ スル フ*ロク*ラム オ ツクレ。
      ココニ、 データ ノ オワリ トシテ ****** オ ニューリヨク スル モノ
      ト スル。
      タダ*シ、 データ ノ コスウ ハ 20コ イカ トシ、 チイイシ*ユン ニ ナラヘ*タ
      ケツカ オ イレル ワーク イリア ノ ハイレツメイ オ 'WORK'、 データ ノ コスウ オ
      カウント スル イリア ノ ヘンスウメイ オ 'N' トセヨ。
      データ ノ ニューリヨク ハ ツキ* ノ カタチ トスル。
      GET LIST(データ_メイ) ；
```

と、下の部分には、

```
ヨミオワツタラ '¥NEXT' マタハ '¥COPY' オ イレテクダ*ライ。▶
```

が表示される。

読み終わったら、問題のコピーが必要なら ¥COPY

必要でないなら ¥NEXT を入力する。

(3) 学習会話

1. 初期会話が終了すると、ディスプレイ装置上に

```
*****
*
*      シ ハ* ラク オ マチクダ*ライ。      *
*
*****
```

が表示されるので、この間に、フローチャートを書いたり、プログラムをコーディングしたりする。

2. *****

```
*****
*
*      フ*ロク*ラム ノ ニューリヨク オ カイシ シテクダ*ライ。 *
*
*****
```

が表示されたら、1でコーディングしたプログラムを入力する。

3. プログラムの入力がすべて終わったら、プログラムの診断を行なうために

¥RUN；を入力する。

4. ¥ RUN ; が入力されると、学習者のプログラムが実行される。

GET ステートメントが実行されるとシステムに登録されているデータが自動的に入力されるので、学習者は入力する必要はない。

又、PUT ステートメントが実行されるとタイプライタ装置に出力される。

5. 入力したプログラムが実行時にエラーがなければプログラムの診断にはいる。エラーがあればエラーメッセージが表示され、それにしたがってプログラムを修正し、再び ¥ RUN ; を入力する。

6. プログラムの診断を開始すると、

```
*****
*
*           シ ハ* ラ ク   オ マ チ ク タ* リ イ。
*
*****
```

と表示され、しばらくして診断が終ると

```
*** シンタ*ン メツビ-シ* ***
```

とタイトルを表示し、つづいて診断メッセージが表示される。

何等かのエラーがあれば例えば下記のように、メッセージが表示される。

```
ニユーリヨク デ-タ ソ オワリ ノ ハンテイ カ* タタ*シイ デ*ス。
デ-タ ノ コスウ 'N' カ* タタ*シク カウント グレテイマス。
デ-タ オ チイサイ シ*ユン ニ ナラベ*ナサイ。
デ-タ ノ イレカエ ノ トコロ オ チイワク シ*サイ。
デ-タ ノ ヒカク ノ トコロ オ チイワク シ*サイ。
```

エラーがなければ、

```
フ*ロク*ラム カ* タタ*シク カケテイマス。
シンタ*ン オワリ。
```

と表示される。

エラーがあった場合は、後に表示されるメッセージに従って、もう一度プログラムを修正し、実行を行なう。

プログラムにはエラーがなかったが、PUT ステートメントを入れおすれたり、間違った内容出力してしまった場合などは、もう一度プログラムを

修正するために ¥ R E T R Y を、プログラムが完全で、もう修正の必要がない場合は、¥ N E X Tを入力する。

7. 次に

コレヂ* カ*クシユウ オ シユクリヨウ スルナハ* '¥BYE', ツキ* ノ キヨウカ オ
カ*クシユウ スルナハ* '¥CLASSF' オイレテクダ*サイ。▶

とメッセージが表示されるので、更に新しい教科を学習するならば¥ C L
A S S Fを、学習を終了するならば¥ B Y Eを入力する。

(4) 途中で学習を中断する。

学習時間がなくなった場合は¥ B Y E ;を入力することによって学習を中断
することができる。

中断した学習を再開する場合も、新らしく学習をはじめる場合と同様の手順
でよい。再開の場合は初期会話が終了した時点で、

プ*ロ*グ*ラム ノ ニユ-リヨク オ カイシ シテクダ*サイ。

というメッセージのかわりに、学習者がすでに作成したプログラムを上画面
の上半分に、また下半分の画面には

カ*クシユウ オ ツヅ*クテ クダ*サイ。

を表示し、継続学習であることを知らせる。

第7章 CLASS-Fシステムの評価

第7章 CLASS-Fシステムの評価

7.1 システムの構成と機能

このシステムは、FACOM 230-60を中心とするハードウェアと、学習端末装置を動作させ学習の制御をおこなう計算機用ソフトウェアおよび診断プログラムや教材などの教育用ソフトウェアより構成されている。

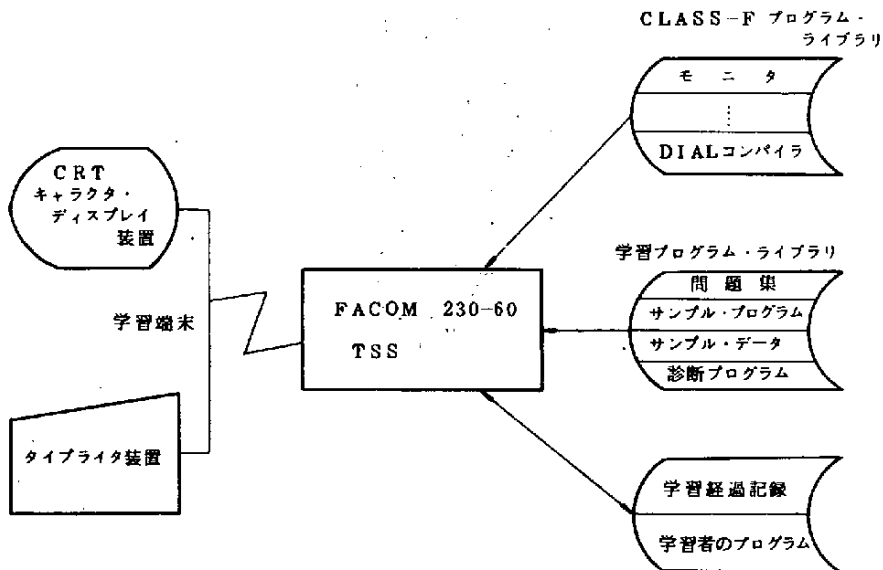


図7-1 CLASS-Fシステム構成図

7.1.1 ハードウェア

(1) FACOM 230-60の機器構成

中央処理装置は大型計算機FACOM 230-60で、主記憶装置の容量は、高速磁心記憶装置が162K語（1語36ビット）、大容量記憶装置が256K語である。補助記憶としては、集団ディスク・バック装置、磁気ドラム装置及び磁気テープ装置がある。又、通信制御装置（2台）を経由してTSS用端末装置（1台）が連結され、常時TSSサービスを行なっている。CLASS-

F のシステムや学習経過記録は原則として集団ディスクバック装置に保存される。

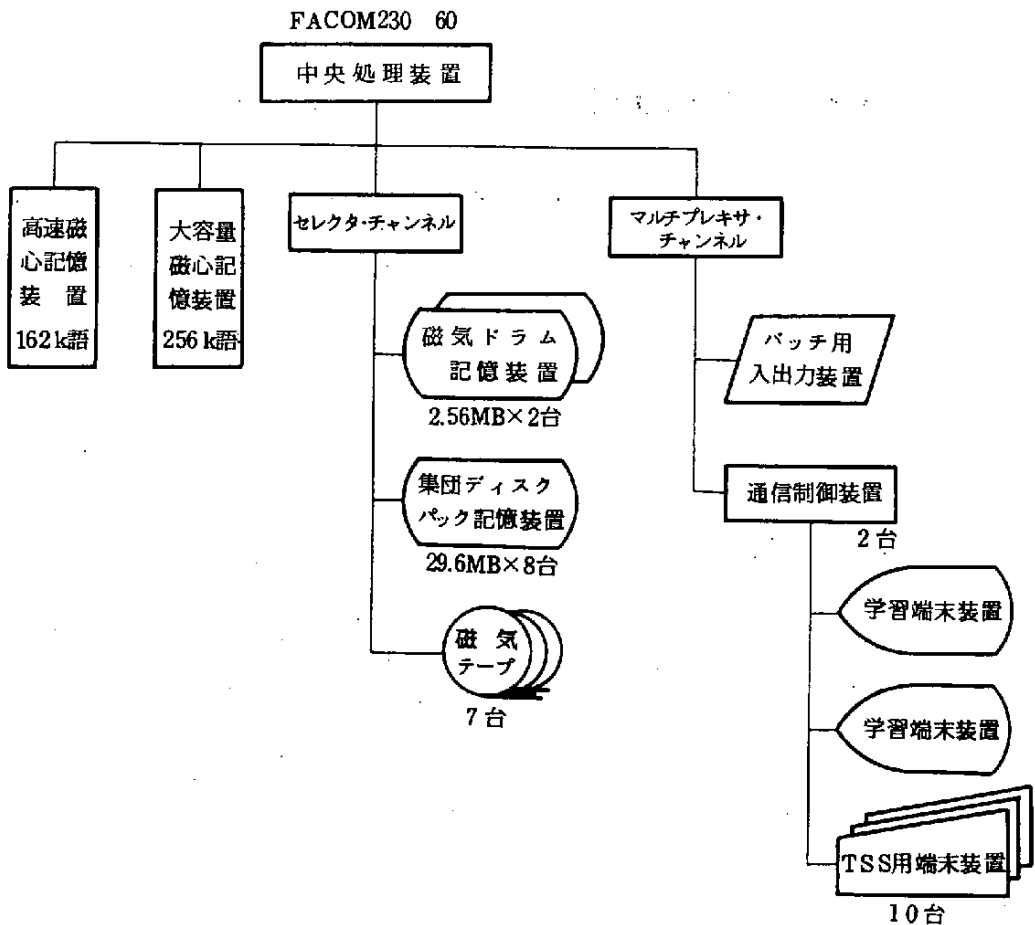


図 7-2 システムの機器構成

(2) 学習端末装置の構成

CLASS-Fでは学習端末装置として、キャラクタ・ディスプレイ装置を用い、このシステムの起動および学習者の入力情報に対するエコー用にTSS端末装置のタイプライタ装置をもちいている。

キャラクタ・ディスプレイ装置はCRT（ブラウン管）の画面上に文字（英記号、英数字、カナ、カナ記号）を表示する機能があり、画面の大きさは50字×20行である。

(3) 評 価

本システムはFACOM 230-60のタイムシェアリングの元で1つのデマンド処理プログラムとして動作し、2つ以上の端末から、同時にこのシステムを使用することも可能である。

学習端末装置についていえば、このディスプレイ装置は機械的な動作をする部分がほとんどなく、タイプライタ装置に比較すると、音が非常に静かで、スピードも早く字種もタイプライタ装置と同じ程度である。

しかし、文字が表示されたあと、記録が印刷物として残らぬため、どんな表示がされたかを後で見直したい場合には不便である。

本システムでは、この不便を解消するため入力情報の確認としてタイプライタ装置にエコーを出している。また、問題を表示するにも、漢字やひらがなが表示できず、カタカナで文章を表示しなければならない。このため、学習者は一見して「どんな問題であるか？」が理解しにくく、注意深く一文字ずつ熟読せねばならない。問題のヒントとして簡単な図を表示しているが、スライドの様には詳細な図が表示できず、学習者にとってはあまりよいヒントとはならなかった。

7.1.2 ソフトウェア

(1) ソフトウェアの構成

CLASS-FシステムはFACOM 230-60のMONITOR-Vの下で動作可能であり、CLASS-Fのソフトウェアは次のような7つの部分から構成されている。

① システム全体を管理する制御プログラム………CLASS-F モニタ

CLASS-F モニタはシステムの初期設定を行い、学習者の入力したシステム制御コマンドと内部的に発生したシステム制御コマンドに従ってコマンド処理プログラムを主記憶装置にローディングし、制御権を渡し、各コマンド処理プログラムの状態(モード)に遷移する。

② CPLで書かれたプログラムを会話的に実行するプロセッサ………CPL

プロセッサ

CPL プロセッサは、学習者が会話しながら作成したプログラムを実行し、実行結果を保存したり、すでにシステムで準備されているその問題に対するサンプル・プログラムをコンパイル、実行し、その結果を保存する。

- ③ 診断プログラムをコンパイルするコンパイラ……………D I A L コンパイラ
- ④ 診断プログラムを実行させるインタプリタ……………C A L L

C A L L は、C A p a b l e L i n k a g e L o a d e r の略で、コンパイルされた診断プログラムを主記憶装置にローディングし、診断プログラム、学習者の作成したプログラムとサンプル・プログラムの3者を結合し、診断プログラムの手続に従ってプログラムの診断を行なう。

- ⑤ 学習端末を管理するプログラム……………S C R O L L

本システムでは、キャラクタ・ディスプレイ装置の画面を2つに分割（スプリット・スクリーン）して、上側の画面（50字×15行）には、常時、学習者の作成したプログラムを表示し、下側の画面（50字×4行）には、学習者の入力、システムからの診断メッセージ（エラー・メッセージ）を出力するために使っている。学習者の作成したプログラムを全部一度には表示することができないので、学習者の希望するプログラムの任意の部分を自由に表示する機能を有する画面制御を行なっているが、そのプログラムがS C R O L L である。

- ⑥ 学習経過記録……………L O G

学習者の入力したメッセージやシステムからの重要なメッセージ（診断メッセージ等）を自動的に学習経過記録ファイルに記録する。又この記録をもとにして学習の中断、再開の処理も行なう。

学習経過記録は後で学習過程や学習プログラムを評価するためバッチ処理で分析が行なわれる。

- ⑦ ユーティリティ・プログラム……………L I B E

L I B E は LIBrary Editor の略で、学習プログラムをシステムに登録す

る場合に使われるプログラムである。

(2) 処理モード

本システムでは、処理モードという概念を導入してシステムを管理している。

処理モードには次の6種類あり、処理モードの遷移はシステム制御コマンドを使って指令する。

① OFFモード

OFFモードとは、システムが主記憶装置に存在しない状態のことである。この状態でシステム制御コマンド ∇ CLASSFを入力するとFACOM 230-60モニタVによってCLASS-Fシステムのモニタが主記憶装置にローディングされ、自動的に初期モードに遷移する。

② 初期モード

初期モードとは、システムの初期化を行なっている状態である。ここでは、学習者に名前、コード、問題名を問合わせる。初期化が終了すると次のサンプル・モードへ自動的に遷移する。

③ サンプル・モード

サンプル・モードとは、指定された問題に対するサンプル・プログラムをローディングし、CPLプロセッサでコンパイルし、実行し、実行結果を主記憶装置の一部に保存する処理過程である。このモードが終了すると学習モードへ自動的に遷移する。

④ 学習モード

学習モードとは、提示された問題に対して学習者がディスプレイ装置を経由してCPLプロセッサと会話しながらCPLプログラムを作成している状態である。

学習者はプログラムの作成が終ると（未完成でもよい）このプログラムをシステムに診断してもらうため、システム制御コマンド ∇ RUNを入力する。このコマンドが入力されると次の診断モードへ遷移する。又、ここで学習を中断したい場合は、システム制御コマンド ∇ BYEを入力する。このコマン

Dが入力されるとOFFモードに移る。

⑤ 診断モード

診断モードとは、学習者の作成したプログラムの実行結果とサンプル・プログラムの実行結果を診断プログラムの手続きに従って診断している状態である。診断結果が重傷であるとプログラムを修正させるため自動的にサンプル・モードへ遷移する。正しい場合は自動的に終了モードへ遷移する。

⑥ 終了モード

終了モードとは、学習者と会話して、次の問題をやるかどうか問合せたり、システムの後始末をやっている状態である。

学習者は、次の問題をやりたいければシステム制御コマンド ¥ C L A S S F, ここで完全に終了したければシステム制御コマンド ¥ B Y E をそれぞれ入力する。

これらのモードおよびシステム制御コマンドの関連を図 7-3 に示してある。

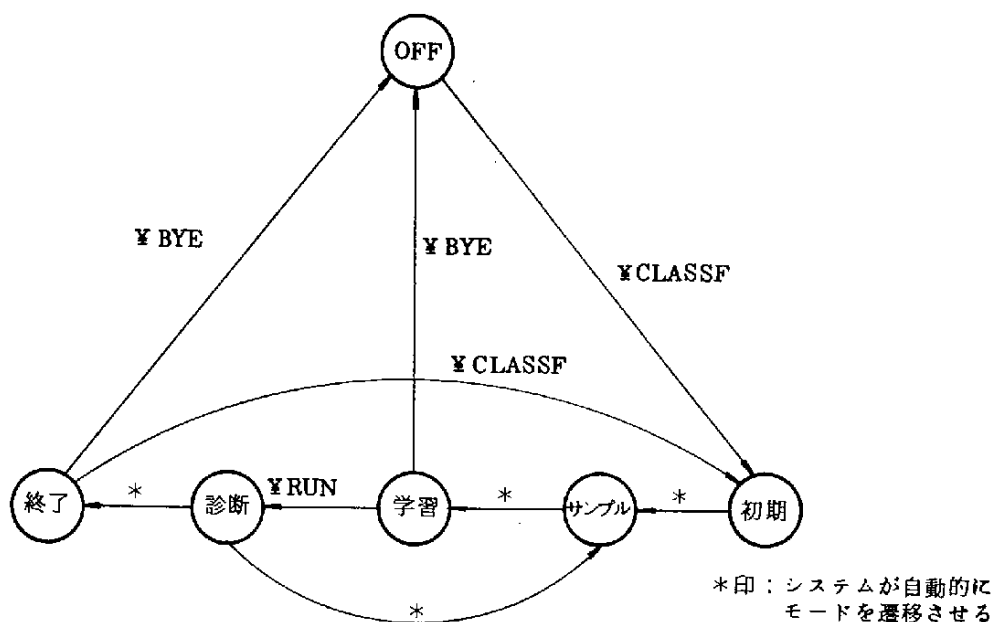


図 7-3 処理モードとコマンド関連図 (状態遷移図)

(3) CPLプロセッサの変更

CLASS-Fシステムはドリル方式による学習方法をとっており、これを有効に生かすためには言語実習に於いてその言語プロセッサ（CPLプロセッサ）をこのCAIシステムに組み込むことが一番よいわけで、このためCPLはCLASS-Fシステムで次の様な箇所を変更した。

- ① サンプル・モードのとき自動的にサンプル・プログラムをサンプル・プログラム・ライブラリよりロードしてきて、実行し、この時できた実行結果を診断モードまで保存する。

- ② 各学習者に対する学習過程の情報を収集し、学習記録ファイルに記録する。
収集する情報は、次の通りである。

イ. ソース・プログラムの保存

ロ. エラー・メッセージ

ハ. 思考時間

ニ. タイプイン時間

ホ. スチューデント・プログラムの実行時間（CPU時間）

ヘ. 修正時間

ト. スチューデント・プログラムのステートメント数

チ. GET文の実行に於ける状態

- ③ 学習継続の時は自動的にスチューデント・プログラムを学習者用セーブ・ファイルよりロードする。

- ④ 学習を途中で打ち切る場合、自動的にスチューデント・プログラムを学習者用セーブ・ファイルに保存する。

- ⑤ 機能面に於て、多少制限事項を設けた。

イ. 次のステートメントの使用を禁止した。

◦ レコード I/O ステートメント。

◦ エリア割り付けステートメント。

ロ. エリアの属性に於いて、AUTOMATIC 属性をSTATIC属性として

扱った。また、CONTROLLED属性は禁止とした。

ハ. コマンド（ダイレクト・ステートメント）は、次の4つのみを許すこととし、他は禁止した。

- PUT
- ERASE
- LIST
- RUN

ニ. RUNコマンドによるプログラムの実行は、常にプログラムの先頭から実行することにした（途中からの実行を禁止した）。

RUNコマンドの機能は、スチューデント・プログラムを実行させ、学習のプログラムを保存し診断モードへ移行するように機能の拡張修正を行なった。

ホ. CPLではプログラムの入力端末タイプライタ装置より入力されるようになっていたが、キャラクタ・ディスプレイ装置より入力させるように変更し、又、常にプログラム・ソース・リストをキャラクタ・ディスプレイ装置に表示するようにした。

ヘ. GETステートメントによるデータ入力の際、CPLでは端末タイプライタよりデータを入力するのであるが、ディスク上のサンプルデータファイルから入力するようにした。

(4) 診断プログラム記述言語

診断プログラム記述言語DIAL (DIAGNOSTIC Language) は一般のCAIシステムにおける学習プログラム記述言語に相当する。

DIALはPL/I とほぼ同じ仕様と機能を持っているが、このCLASS-Fシステムでプログラム診断を行うために便利な機能が若干つけ加えられている。特にCPLプロセッサの中の記号表を直接参照したり、変数の属性の宣言の正否を診断したりする特殊目的があるため、変数名のつけ方に工夫をしている。

たとえば、診断すべき属性については、その属性の直前に"?"記号を書くことにより、システムが自動的に診断し、適切な診断メッセージを出す。

〔例〕 DECLARE @A ? FIXED (?10) ;

この例では、変数@Aの属性が固定小数点であるが、その桁数が10桁かどうかを診断すべきことを宣言している。

変数としては4種類あり、次のように区別している。すなわち、学習者のプログラム中で使われている変数を参照するための変数には"@ "記号をつける(スチューデント変数と呼ぶ)。サンプル・プログラム中で使われている変数を参照するための変数には先頭に"# "記号をつける。(サンプル変数と呼ぶ)。診断プログラム中で特殊な機能をもつ変数には、先頭に"¥ "記号を付ける(システム変数と呼ぶ)。診断プログラム中だけで有効な変数には先頭に特殊文字を付けないことで区別している(ローカル変数と呼ぶ)。

たとえば学習者のプログラム内の変数AMINに正しい結果が求まっているかどうかを診断するためには、サンプル・プログラム内の変数AMINに正しい結果が入っていることから、次のステートメントで診断することができる。

IF @AMIN = #AMIN THEN.....; ELSE.....;

(5) 評価

本システムでは、各問題について学習者が犯すであろうと思われる誤まりについて分析し、その分析結果にもとづいていかに学習者に対して適切な診断や治療を行なうかに工夫をした。DIAL言語はこれらを記述するものであるが、この言語を使用してみて、次のような評価が得られた。

- ① この言語がコンパイラ・レベルであったので、アセンブラのような繁雑さがなく、容易にプログラミングすることができた。またその修正もインデックス・レジスタやベース・レジスタ等を気にせずにできた。
- ② 機能の面に於いても、システム変数の存在によって通常、処理しにくい点を容易に処理することができた。例えば入力関係のところでFLCOND変数を使ってデータ入力のステートメントがあったか、入力データのおわりの判

定が正しいか、データがおわりまで読まれているか等の判定が容易にできた。
また、プログラムの長さが何ステートメントであったか（PROG SIZE システム変数）やスチューデント・プログラムが実際に実行したときCPU時間がどれだけかかったかを教えるTIME システム変数が診断や学習の評価に役立った。このTIME システム変数は、スチューデント・プログラムがむだなロジックによって時間を費やしているとか ループをしてはいないかなどの判断にも使用することができる。

- ③ 診断メッセージは この学習に於いて かなり重要な役割りを果たしているが このメッセージをDISPLAYステートメントによって容易に記述することができた。

図7-4はDIAL言語の使用例で最小値問題の診断プログラムである。

```

SEQ. ***** DIAL -720215- SOURCE PROGRAM LIST *****
1  MINIMUM:PROC 1
2  /*
3  ** THE DIAGNOSTIC PROGRAM FOR
4  THE STUDENT'S MINIMUM PROGRAM **
5
6  ** THE RULE FOR IDENTIFIERS WITH FIRST LETTER **
7  @ ..... THE STUDENT VARIABLE
8  # ..... THE SAMPLE VARIABLE
9  * ..... THE SYSTEM VARIABLE
10 ELSE .. THE LOCAL VARIABLE
11
12 ** THE MARK '?' IS THE DIAGNOSTIC ATTRIBUTE. ** */
13
14 DECLARE @AMIN TFIXED(10,70),
15          @N TFIXED(10,70),
16          @A TFIXED(10,70) ;
17
18 DECLARE #AMIN FIXED, #N FIXED, #A FIXED,
19          #B(100) FIXED, #AMAX FIXED ;
20
21 DECLARE SCORE FIXED ;
22
23 SCORE = 0 ;
24
25 IF *TIME < 60 THEN GO TO ENDATA ;
26 DISPLAY ('シミュレーションが完了しました。プログラムが終了します。')
27 WITH('M301') ;
28 GO TO FINISH ;
29
30 /* THE DIAGNOSTIC FOR TESTING THE END OF DATA */
31
32 ENDATA:
33 IF #FLCOND = 1 THEN GO TO ENDATA2 ;
34 IF #FLCOND = 2 THEN GO TO ENDATA1 ;
35 DISPLAY ('シミュレーションが完了しました。プログラムが終了します。') WITH('M302') ;
36 GO TO FINISH ;
37 ENDATA1:
38 DISPLAY ('シミュレーションが完了しました。プログラムが終了します。')
39 WITH('M303') ;
40 DISPLAY ('シミュレーションが完了しました。プログラムが終了します。') WITH('M304') ;
41 GO TO FINISH ;
42 ENDATA2:
43 IF @A = #A THEN GO TO ENDATA3 ;
44 SCORE = SCORE+20 ;
45 DISPLAY ('シミュレーションが完了しました。プログラムが終了します。') WITH('M001') ;
46 GO TO N_CHK ;
47 ENDATA3:
48 DISPLAY ('シミュレーションが完了しました。プログラムが終了します。') WITH('M311') ;
49 GO TO FINISH ;
50
51 /* THE DIAGNOSTIC FOR THE VARIABLE 'N' */
52
53 N_CHK:
54 IF @N = #N THEN GO TO N_NORM ;
55 DISPLAY ('シミュレーションが完了しました。プログラムが終了します。')
56 WITH('M305') ;
57 IF @N = #N+1 THEN GO TO N_ERR1 ;
58 IF @N = #N-1 THEN GO TO N_ERR2 ;
59 IF @N = 0 THEN GO TO N_ERR3 ;
60 IF @N = 1 THEN GO TO N_ERR4 ;

```

図 7-4 DIAL 言語の使用例

7.2 学習プログラム

7.2.1 学習プログラムの機能

学習者にプログラミングの問題を提示して自由に作らせたプログラムを自動診断するには、同じ問題を解く標準的なプログラムと同じデータを使って実行させ、両者の実行結果を比較するのが最も容易な方式の一つである。

この標準的なプログラムをサンプル・プログラムと呼ぶ。

両者のプログラムを実行するためのデータは、プログラムの診断に適したチェック・データが用いられる。このデータをサンプル・データと呼ぶ。

さらに、学習者のプログラムとサンプル・プログラムの実行結果の比較（診断）手続きを表わすプログラムが必要である。このプログラムは、診断プログラムと呼ばれ、DIAL言語（DIAGNOSTIC Language, 前述）でコーディングされる。

以上をまとめると学習プログラムは、次の4つの部分からなっている。

- ① 問題集
- ② サンプル・プログラム
- ③ サンプル・データ
- ④ 診断プログラム

7.2.2 問題集

(1) 問題集の構成

CLASS-Fシステムではドリル方式を取り入れてプログラミング学習を行なっている。プログラムの実習には多くのバラエティに富んだ問題を反復させることが必要である。一応次の様な8つの問題を用意した。

- ① 最小値 (MINIMUM)
最小値を求める問題。
- ② 二次方程式 (QUADEQ)
二次方程式の根を求める問題。

③ 分 類 (A S N D S O R T)

読み込んだデータを小さい順にならべ換える問題。

④ 金種計算 (K I N S Y U)

何人かの給料を読み込んで、金種別に合計数を求める問題。

⑤ 平均値 (H E I K I N)

個人の3科目の点数を読み込んで、個人別と科目別の平均点を求める問題。

⑥ 組み合わせ (F R U I T)

3種類の果物の合計数と合計金額から それぞれの個数を試行錯誤で求める問題。

⑦ 整数の完全数 (P E R F E C T)

パーフェクト数(それ自身を除く、すべての約数の和が元の数に等しい数)を求める問題。

⑧ 郵便料金計算 (Y U U B I N)

定形外郵便料金を計算する問題。

(2) 問題集の提示

問題は キャラクタ・ディスプレイ装置に提示し そのエコーを タイプライタ装置に出力する。

問題の提示は大別して3画面よりなる。

最小値の問題の画面を図7-5に例としてとりあげる。

第一画面・・・この箇所は問題を説明してある。学習者はこれを読んで問題の分析やフローチャート等の作業にとりかかる。

第二画面・・・実際に入力されるデータの例である。

第三画面・・・学習者が指定しなければならない変数のエリアの割当て図である。

問題の表示はカタカナを中心にして表示しなければならず 読み違いを起こしやすいのでヒントの目的も含めて 特に基本となる部分を第二画面、第三画

面として表示した。

第1画面

```
*****      10ヶタ イナイ ノ セイ ノ セイスウ テ*-タ オ ヨミコミ ナカ*ラ
*MINIMUM *   コレオ オ インサツ シ、 カツ、 ソノウチ ノ サイショウチ ト テ*-タ
*****      ノ コスウ オ インサツ スル フ*ロク*ラム オ ツクレ。
               ココニ、 テ*-タ ノ オワリ トシテ '0' マタハ 'フ ノ スウ'
               オ ニユウリョク スル セノ ト スル。
               タタ*シ、 テ*-タ ノ ヨミコミ エリア ノ ヘンスウメイ オ 'A'、 サイショウチ オ
               モトメル エリア ノ ヘンスウメイ オ 'AMIN'、 テ*-タ ノ コスウ オ カウント スル
               エリア ノ ヘンスウメイ オ 'N' トセヨ。
               テ*-タ ノ ニユウリョク ハ ツキ* ノ カタチ トスル。
               GET LIST (テ*-タ_メイ) ；
```

M-1

第2画面

*** テ*-タ ノ レイ ***

```
5642
155118
24115
22129
-----
25118
191825
471
83375
16757
16053
-----
0
```

M-2

第3画面

```

***      キオク エリア      ***

      A                      N                      AMIN
+-----+          +-----+          +-----+
|      16757|      |      9|          |      471|
+-----+          +-----+          +-----+

```

```

/* ヘンズウ ノ ナカミ ハ 9 コメ ノ デ*ー*タ オ
   シヨリ シ オワツタ トコロ フ シ*ヨウダイ デ*アル */

```

M-3

図7-5 「最小値」問題集

7.2.3 サンプル・プログラム

一般に学習者の作成したプログラムはバラエティに富み、学習者の犯す誤りも千差万別である。したがって、考えられるすべての誤りに対して適切な診断や治療を与えることはきわめて難しい。しかしその反面、ある問題に対して、学習者に自由にプログラムを作成させ、分析して統計をとってみると、アルゴリズムのパターンはある程度限られており、そのアルゴリズムの誤りやすい点が見える。

ゆえに サンプル・プログラムには 正解をもつものの他に前述のように 統計的に得られたエラーのパターンを診断プログラムで診断しやすいように そのためのデータを作り出すステートメント（ラインナンバ"60"と"150"）を付け加えてある。

図7-6 は最小値のサンプル・プログラムである。

```

0010.00 MINIMUM:PROC;
0020.00 DCL AMIN DEC FIXED(10);
0030.00 DCL A      DEC FIXED(10);
0040.00 DCL N      DEC FIXED(10);
0050.00 DCL AMAX DEC FIXED(10);
0060.00 DCL B(100) DEC FIXED(10);      /*FOR DIAGNOSTIC */
0070.00 AMIN=9999999999;
0080.00 AMAX=0;
0090.00 N=0;
0100.00 LOOP:GET LIST(A);
0110.00 IF A<= 0 THEN GO TO FINISH;
0120.00 IF A< AMIN THEN AMIN=A;
0130.00 IF A> AMAX THEN AMAX=A;
0140.00 N=N+1;
0150.00 B(N)=A;                        /*FOR DIAGNOSTIC */
0160.00 GO TO LOOP;
0170.00 FINISH:END MINIMUM;

```

図7-6 最小値のサンプル・プログラム

7.2.4 サンプル・データ

サンプル・データはユーティリティ・プログラムによって作られ、各問題ごとにあらかじめ用意されている。

このデータはサンプル・プログラムと学習者の作ったプログラムによって読み込まれる。

図7-7は最小値のサンプル・データである。

*** データ ノ レイ ***

```

5642
155118
24115
22129
25118
191825
471
83375
16757
16053
0

```

M-2

図7-7 最小値のサンプル・データ

7.2.5 診断プログラム

スチューデント・プログラムの診断は前述のごとくサンプル・プログラムと照し合わせ診断される。

例として 最小値の診断プログラムについて記述する。図7-8は最小値を求めるサンプル・プログラムのフローチャートである。

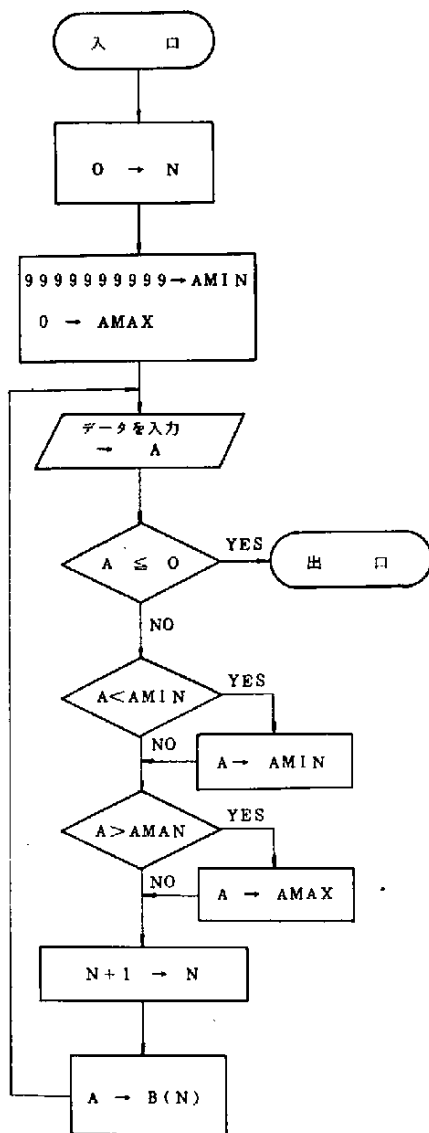


図7-8 最小値のフローチャート

この問題ではステュデント・プログラムに対して データの入力処理, データのカウン트의処理, 最小値の処理の 3つの箇所を診断することとした。

(a) データの入力処理

- ① データ入力の状態メントがあるか。
- ② データの終りの判定が正しいか。
(すなわち 読み過ぎていないか)
- ③ データ入力途中で終わっていないか。

(b) データのカウン트의処理

- ① カウントが正しいか。
- ② カウントが違っている場合。
 - イ. N が $N - 1$ ではないか。
 - ロ. N が $N + 1$ ではないか。
 - ハ. N が 0 ではないか。

(c) 最小値の処理

学習者が指定された変数に (AMIN)

- ① 正しく最小値が求められているか。
- ② 最大値を求めているのではないか。
- ③ 最初のデータが入ったまゝになってはいないか。
- ④ 最後のデータが入ってしまっていないか。

以上(a)~(c)の箇所を診断するサンプル・プログラムを用意した。

図7-9は最小値の診断プログラムである。

```

SEQ.  ***** DIAL -720215- SOURCE PROGRAM LIST *****
1  MINIMUM:PROC ;
2  /*
3  ** THE DIAGNOSTIC PROGRAM FOR
4  THE STUDENT'S MINIMUM PROGRAM **
5
6  ** THE RULE FOR IDENTIFIERS WITH FIRST LETTER **
7  @ ..... THE STUDENT VARIABLE
8  # ..... THE SAMPLE VARIABLE
9  * ..... THE SYSTEM VARIABLE
10 ELSE .. THE LOCAL VARIABLE
11
12 ** THE MARK '?' IS THE DIAGNOSTIC ATTRIBUTE. **
13 */
14
15 DECLARE @AMIN FIXED(10,70);
16 @N FIXED(10,70);
17 @A FIXED(10,70);
18
19 DECLARE #AMIN FIXED, #N FIXED, #A FIXED;
20 #B(100) FIXED, #AMAX FIXED;
21 DECLARE SCORE FIXED;
22
23 SCORE = 0;
24
25 IF %TIME < 60 THEN GO TO ENDATA;
26 DISPLAY ('シマコノシカンカ'カ'ス+マ. フロク'54'オ'マシテ'ク'91.')
27 WITH('M301');
28 GO TO FINISH;
29
30 /* THE DIAGNOSTIC FOR TESTING THE END OF DATA */
31
32 ENDATA:
33 IF %FLCOND = 1 THEN GO TO ENDATA2;
34 IF %FLCOND = 2 THEN GO TO ENDATA1;
35 DISPLAY ('シマコノシカンカ'カ'ス+マ. フロク'54'オ'マシテ'ク'91.') WITH('M302');
36 GO TO FINISH;
37
38 ENDATA1:
39 DISPLAY ('シマコノシカンカ'カ'ス+マ. フロク'54'オ'マシテ'ク'91.')
40 WITH('M303');
41 DISPLAY ('シマコノシカンカ'カ'ス+マ. フロク'54'オ'マシテ'ク'91.') WITH('M304');
42 GO TO FINISH;
43
44 ENDATA2:
45 IF @A = #A THEN GO TO ENDATA3;
46 SCORE = SCORE+20;
47 DISPLAY ('シマコノシカンカ'カ'ス+マ. フロク'54'オ'マシテ'ク'91.') WITH('M001');
48 GO TO N_CHK;
49
50 ENDATA3:
51 DISPLAY ('シマコノシカンカ'カ'ス+マ. フロク'54'オ'マシテ'ク'91.') WITH('M311');
52 GO TO FINISH;
53
54 /* THE DIAGNOSTIC FOR THE VARIABLE 'N' */
55
56 N_CHK:
57 IF @N = #N THEN GO TO N_NORM;
58 DISPLAY ('シマコノシカンカ'カ'ス+マ. フロク'54'オ'マシテ'ク'91.')
59 WITH('M305');
60 IF @N = #N+1 THEN GO TO N_ERR1;
61 IF @N = #N-1 THEN GO TO N_ERR2;
62 IF @N = 0 THEN GO TO N_ERR3;
63 IF @N = 1 THEN GO TO N_ERR4;

```

図7-9 最小値の診断プログラム

7.2.6 作成上の問題点

学習プログラムに関しては ほとんど問題点はなかった。

ただ 診断プログラムに関しては いくつかの解決すべき 問題点がでてきた。

(1) 入力に関する診断

今回はサンプル・プログラムと学習者のプログラムに於いて 同じデータを使用して診断することが目的であったので データはシステムで用意したものを使用した。従って 学習者が自分で任意のデータを作って入力するとすれば 新たなエラーが発生したかも知れないが、そのような状態の診断はできなかった。

(2) 変数の内容に関する診断

このシステムでは、問題で指定された変数の最終的な内容によって診断評価するため、問題で指定された変数を作業用変数として利用できない。

例えば

```
0010.00 QUADEQ:PRDC;  
0020.00 DCL A DEC FIXED (5),  
          B DEC FIXED (5),  
          C DEC FIXED (5),  
          D DEC FIXED (5);  
0030.00 DCL KON1 DEC FIXED (6,3),  
          KON2 DEC FIXED (6,3);  
0040.00 GET LIST (A,B,C);  
0050.00 D=B**2-4*A*C;  
0060.00 D=SQRT(D);  
0070.00 AA=A*2;  
0080.00 KON1=(-B+D)/AA;  
0090.00 KON2=(-B-D)/AA;  
0100.00 $WARI:END;
```

このプログラムのように、ラインナンバー50のステートメントで判別式Dの値を求め、60のステートメントでDの平方根を求め、またDに代入している。プログラムとしては、間違いではないのであるが、判別式Dの値がこわされているために、診断メッセージとして「判別式Dの値がちがっています」が出てきてしまう。Dを中間結果としてどこかに保存すれば、こうした問題は起

こらないはずであるが診断プログラムには この機能がないので問題の提示のところで 例えば「求めた判別式Dの内容をこわさないようにしなさい」というような意味のことを明示すれば このようなことは解決されると思われる。

(3) 出力に関しての診断

出力ステートメントの有無、または出力要素の正誤などは全然診断することができない。

問題で出力を要求しているのに出力ステートメントがない場合は完全にプログラムのエラーであるから、それが診断できないのは、問題である。また、出力要素に関しても同様で、指定された変数を正確に出力しているかどうかも診断する必要がある。こうした問題も重要であるので、今後解決すべき重要な課題である。

(4) 最適化に関する診断

出力の問題を除けば ロジックやアルゴリズムに関しては、ほとんど診断することができた。しかし その問題で要求しているプログラムに直接関係のないステートメントがあったり、余分なエリアがとられていても、まったく診断せず、プログラムの最適化に対する配慮は何もおこなわれなかった。

本システムでは プログラムの長さ、プログラムの実行時に於けるCPU時間を診断の対照にしているが これだけでは この問題を解決するにはデータ不足で やはり今後の解決すべき課題である。

7.2.7 ガイダンス機能について

CLASS-Fシステムにおいて 最もガイダンスが必要なところは問題の分析のところである。当初は問題表示のところでヒントとして 問題のフローチャートを表示する案もあったがそこまで介入することが本来の学習の目的に合うかどうかという疑問と学習端末としてキャラクタ・ディスプレイ装置では画面の面積および図形表示の機能の不充分さから適当と考えられずフローチャートの表示は取り止めた。

プログラミング言語の実習用にとりあげる 問題自身はコンピュータ利用上の

かなり一般性のある問題であることが望ましいが、いたずらに複雑なものを与えて問題の分析自体にあまりにも時間を費いやさせるのはむしろ学習の意義からはずれると思う。そこで適当な問題分析用のヒントを与えることはむしろ必要であろう。

現在のシステムではCPLのエラーメッセージ、診断メッセージなどのメッセージ自身にある程度ガイダンス要素を取り入れてあるが、今後拡張し得る機能としては次のようなものがある。

- (1) コマンド名、PL/Iの用語、ステートメント等をキーとした質問応答の検索機能を導入し、用語の説明やステートメントの機能、一般形、一般規則の説明などをおこなう。
- (2) エラーメッセージを2レベルとし、通常は簡単なメッセージのみを表示するが詳細説明の要求があれば、更に詳しい説明およびデバッグ・ガイダンスを与えるという手法も考えられる。
- (3) 質問や学習者の誤りの度合に応じてフローチャートの一部を表示する。

7.3 学習における操作性

7.3.1 操作性

(1) 安定性

本システムの障害がどんな原因によって、何回ぐらい起こるか、学習実験（8時間×12＝96時間）をとおして調べてみた。

発生回数は2回でそれぞれの原因として 記憶装置のパリティ・エラーと 本体と学習端末装置との通信回線のエラーで いずれも ハードウェアのエラーであった。

回数からいえば、この程度の障害は特に問題はないと思われるが、このために学習が何時間か中継される結果となるのでやはり学習者に与える心理的影響はまぬがれないであろう。

(2) レスポンス・タイム

本システムは セグメント構造になっている。このため、CLASS-Fのモニターは各モードで必要に応じてプログラムをロードしているので（例えばCPLプロセッサ等のように57K／語なるようなプログラムをロードするには時間がかかる）このときのレスポンス・タイムが多少問題になると思われる。

そこで 本システムでは この時間を問題の思考時間に割り当て、再面上には

```
*****  
*  
*      シ ハ* ラ ク オ マ チ ク タ* リ イ。      *  
*  
*  
*****
```

と表示した。この結果 学習者からは気分がやわらげられ 大変よかったと好評を得た。

また 特にディスプレイ装置は一瞬のうちに提示が全画面に行なえるので気

分的にレスポンス・タイムをカバーするのに大いに役立ったようである。

(3) 学習端末の操作性

C A I の学習端末装置は 学習者の直接の操作部分であるから 一般的には操作が簡単であること、人間工学的に操作上の誤りが少なくなる様に設計されていること、また誤りをおこした時に容易に修正できることが望ましい。

C L A S S - F システムでは 学習端末装置として キャラクタ・ディスプレイ装置を使用した。この項では この装置の「操作性」について評価してみる。

まず キーの配列およびシフトに関しては次のような欠点がある。

- ① 四段シフトになっていること。
- ② 英数列と演算記号列とが別なシフトレベルにあること。

カタカナが加わったことにより、全体の文字数が多くなったのがこれらの大きな原因の一つである。

また、ディスプレイ装置では下記のような類似した文字の区別がしにくかった。

- 0 (ゼ ロ) と O (オー)
- : (コロ) と ; (セミコロ)
- I (アイ) と | (論理和)
- (マイナス) と _ (下 線)

また 打鍵する場合にわかりにくい文字がいくつかあった。

- ' (引用符) と , (カンマ)
- (マイナス) と _ (下 線)

図 7 - 1 0 および 7 - 1 1 にディスプレイ装置の外観図と鍵盤配列図を示す。

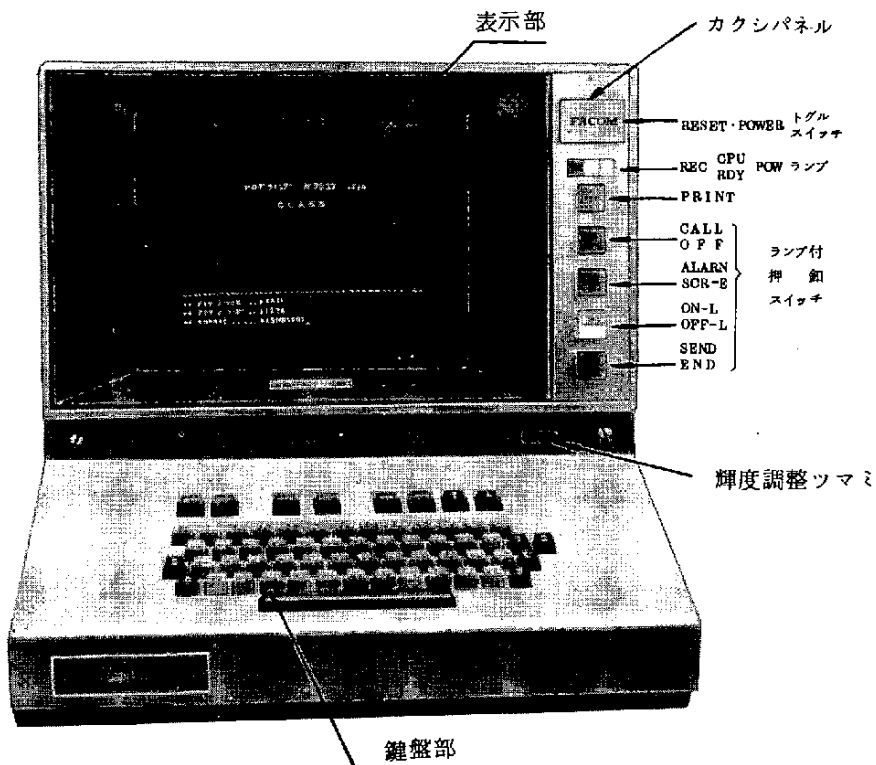


図 7-10 キャラクタ・ディスプレイ装置の外観図

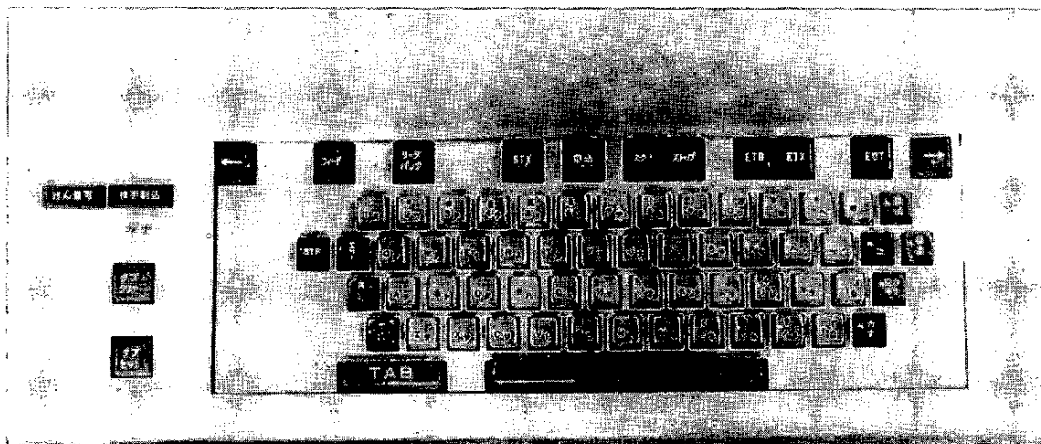


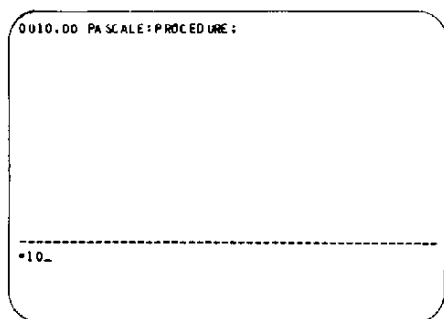
図 7-11 鍵盤配列図

しかし、一方プログラミングの際には キャラクタ・ディスプレイ装置の特有な機能が発揮され、特に編集機能はタイプライタに比べ大変便利であった。

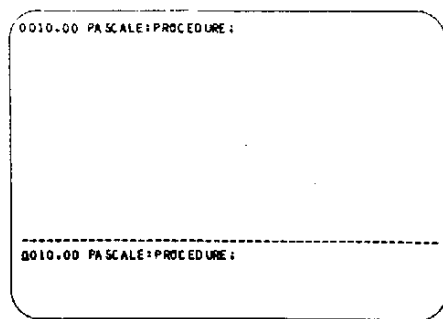
例えば、打鍵した「キー」がすぐ目の前の画面上に表示され 間違いがあれば カーソル鉤 (→, ←, ↑, ↓), レビート鉤 (REPT), 一字挿入鉤 (INST), 1 字削除鉤 (DELT), 行消去鉤 (LES) 等を必要に応じて使用して修正すればよいし、すでに 入力されたステートメントを 後になって修正する場合は SCROLL のコマンドとして 前進コマンド, 後進コマンド, 以上コマンド, 以下コマンド, 等号コマンド等と前記の鉤を組合わせて使用すれば 容易に修正することができる。

例として等号コマンドによるステートメントの修正の例を (図 7-12) に示す。ライン番号 10 のステートメントを入力した後に、' P A S C A L E ' の ' E ' が余分であることに気が付き、' E ' の文字を消去する。

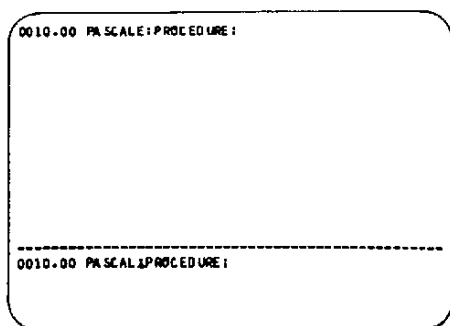
まず ' =10 ' を入力して (図 7-12①), ライン番号 10 のステートメントを下の画面に表示させる。カーソルは下の画面の 1 文字目にセットされているので (②), 学習者は、カーソルを 15 文字目の ' E ' の下にもってきて、1 字削除鉤 (DELT) を押し、カーソル上の文字 ' E ' を消す。カーソル以下の文字は全体が 1 字分左にシフトされる (③)。これでステートメントの修正が終ったので、カーソルを ' ; ' の次へもってきて入力させればよい (SEND 鉤を押す)。



①



②



③

図7-12 $\nabla = \nabla$ によるステートメントの修正例

なお このディスプレイ装置のハードウェアの設計上の問題として
 $\bar{\text{ON}}\text{-L}/\bar{\text{OFF}}\text{-L}$ ($\bar{\text{ON}}\text{-LINE}/\bar{\text{OFF}}\text{-LINE}$) 釦の操作が面倒であるので
 これは計算機で制御できることが望ましい。

7.3.2 エラー検出機能

学習者の作成したプログラムのエラーは次のような時点で発生し、システムによって検出される。

- (1) CPLのプログラム作成時
- (2) SCROLL使用时
- (3) 診断時

(1)に於いては コンパイル時と実行時に発生する。両者共に だいたい同じ形式のエラーメッセージが表示され 学習者はエラー原因、あるいはエラーの修正

方法を知ることが出来る。

メッセージの形式はエラー番号（ステートメント別に区別している）と本来のメッセージとで構成されている。

また、実行時のエラーには どの場所で発生したか を表わすライン番号が付け加わる。

通常 バッチ処理におけるプログラミングの場合はエラーが発生しても その場で修正し、作業を継続することが不可能であるが会話型CPLでは、即時の修正、変更および継続、中継などは自由である。そのうえ 実行時のデバッグにはダイレクト・ステートメント¥PUTを使用し、その時点での任意の変数の値を出力させることができる。また予めプログラムの中にディバッグのために入れたPUTステート・メント等も後で¥ERASEステートメントによって取り除くことができる。

(2) SCROLLの使用時

SCROLLでは次の様なエラーメッセージを用意した。

表7-1 SCROLLのエラーメッセージ

エラー番号	メ ッ セ ー ジ
SCR0	パラメータ ガ アヤマッテイル。
SCR1	シテイサレタ ラインバンゴウ オ モツ ステートメント ガ ナイ。
SCR2	コマンド ノ ツカイカタ ガ アヤマッテイル。
SCR3	オブジェクト エリア ニ ステートメント ガ ナイ。
SCR4	シテイサレタ ストリング オ モツ ステートメント ガ ナイ。
SCR5	ストリング ノ ナガサ ガ 8 モジ オ コエテイル。
SCR6	ニュリョク ノ モジスウ ガ 49 ジ オ コエテイル。
SCR7	コノ ステートメント ニ タイシテ ハ トウゴ ウ コマンド ハ ツカエナイ。
SCR8	ライン バンゴウ ノ キジ ツ ノ アヤマリ。

メッセージの内容に関しては特に問題はなかった。

ただ「S C R 6」のメッセージで「入力の文字数が49文字を越えている」と表示された場合、実際には49文字を越えて入力してもハードウェア的にカーソルが次の行の先頭の文字の位置に移ってしまい学習者は49文字以上を打鍵できると思い、続けて打鍵してしまうためこのエラーが発生する。

キャラクタ・ディスプレイ装置の設計上のことであるが、やはり問題である。

(3) 診断時

診断時のエラーにはCALL (7.3.3項 システム・プログラム参照)でスチューデント変数の属性を調べた場合と 診断プログラムによって アルゴリズムやロジックの誤まりを発見した場合の2通りがある。

CALLはスチューデント・プログラムを調べ、学習者が問題で指定した変数名を正しく使用しているか どうか または その属性が一致しているかどうかを調べ エラーの場合はその旨メッセージを出力する。

例 CALLよりの診断メッセージ

*** シンダ*ン メツ*ージ* ***

A ノ ソ*クセイ カ* FIXED デ*タイ。

また 診断プログラムからはアルゴリズムやロジックが誤まっている場合 あらかじめシステムで用意してあるサンプル・プログラムと照し合せ 誤りがあればメッセージを表示する。ただし、正しい場合にもその旨メッセージが表示される場合もある。

例として 最小値の学習時に表示された診断メッセージを記述する。

*** シンダ*ン メツ*ージ* ***

(1) ニユクリヨク デ*ータ ノ オワリ ノ ハンタイ カ* タタ*シイ デ*ス。
 'N' ノ タタ*シイ アタイ ハ 10ト ナル ハズ* デ*ス。

(2) 'N' ノ アタイ カ* 1 タ*ケ オオキイ。ハンタイ ノ イチ オ チイワク シタイ。

(1)の場合 学習者はデータの処理は正しいがデータのカウン트가誤まっている。

診断メッセージに関しては特に問題点はなかった。また 前記の例で示した様に 正しい箇所も表示したことによって よりよいデバックの手掛りが得られた。

7.4 学習実験データの分析結果

CLASS-Fの学習実験を下記の要領で行った。

学習者は12名（このうち女性6名）の理工系の大学生であり、学習だけでなくアンケートの記入、感想文の記述等も行なった。学習は1名2日間であった。

通常の学習方法は学習の前に準備としてレディネス・チェックやプリテストを行い、学習後にその成果を評価するためポストテストを行なうのであるが今回はこれを省略した。

レディネスやプリテストを省略した理由はこの学習者のメンバーが、前回に行ったCLASS-Nシステムの学習経験者であったためである。また CLASS-Fの目的が正しいプログラムを作ること学習するものであり、どの問題に対し、どのようなプログラムを作成したかが、学習記録により はっきり把握されるため、特にポストテストも必要がないと判断した。

7.4.1 各問題の構成

問題は8題ほど用意した。学習時間の関係から3題は学習できると思われたので原則として2題は必修で、あとの1題は二者択一をとり入れ、残りの問題は自由選択とした。

この必修の2題は最小値と二次方程式の問題で どこにでもでてくるコンピュータの初歩の問題で しかも入力データも特殊な場合のものは除き、素直なデータのみを使用した。

二者択一は分類と金種計算の問題とした。

また 他の5つの問題「郵便料金計算」、「平均値」、「組み合わせ」、「整数の完全数」は自由選択とした。

これらの基準は次の様に CLASS-Nの結果を考慮しながら定めた。

- (1) 必修問題はCLASS-Nのセクション1とセクション2を学習した程度とした。すなわち CPLの基礎知識を問題とした。

- (2) 二者択一は セクション3までの学習程度とし すなわち D O 文や I F 文を必要とする問題とした。
- (3) 自由選択は セクションにこだわらず C P L 言語の全般的な機能を必要とする問題とした。

ここでは少なくとも学習実験者全員がおこなった必修問題（最小値，二次方程式）を主としてとり上げ，次の観点から評価した。

- ① 学習終了プログラム
- ② 診断回数
- ③ 学習時間
- ④ 学習ステップ時間
- ⑤ 診断エラーカウント
- ⑥ C P L のエラーカウント

7.4.2 学習終了プログラム集

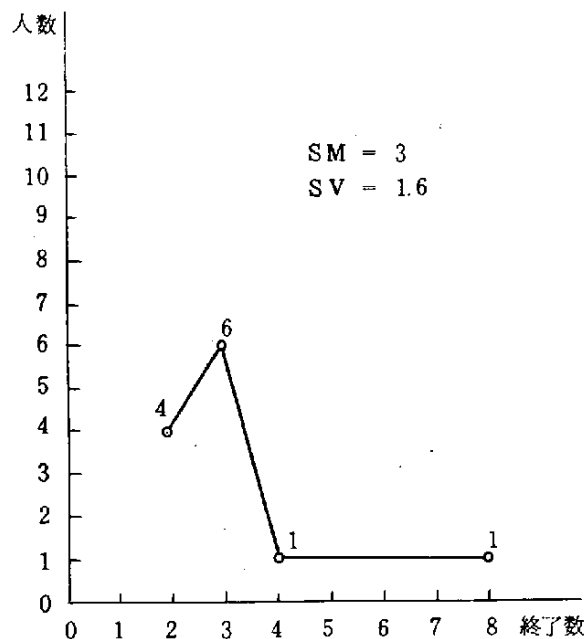
学習終了とは「正解」が得られるプログラムを完成したことをいう。したがって 途中までのプログラムは全部切りすてた。

3 題終了を平均と予定していた。

実際の結果は，2 題（4 名）と 3 題（6 名）が大部分を示め 一応 予定通りであった。また 途中までで完成しなかったプログラムを検討してみると大部分が アルゴリズムは正しいが ロジックに間違いがあり あと一歩というところであり 時間的にもう少し余裕があれば完成したと思われるものが多い。

表 7 - 2 は全員の学習終了プログラム数を表わしている。

表 7-2 学習終了プログラム数



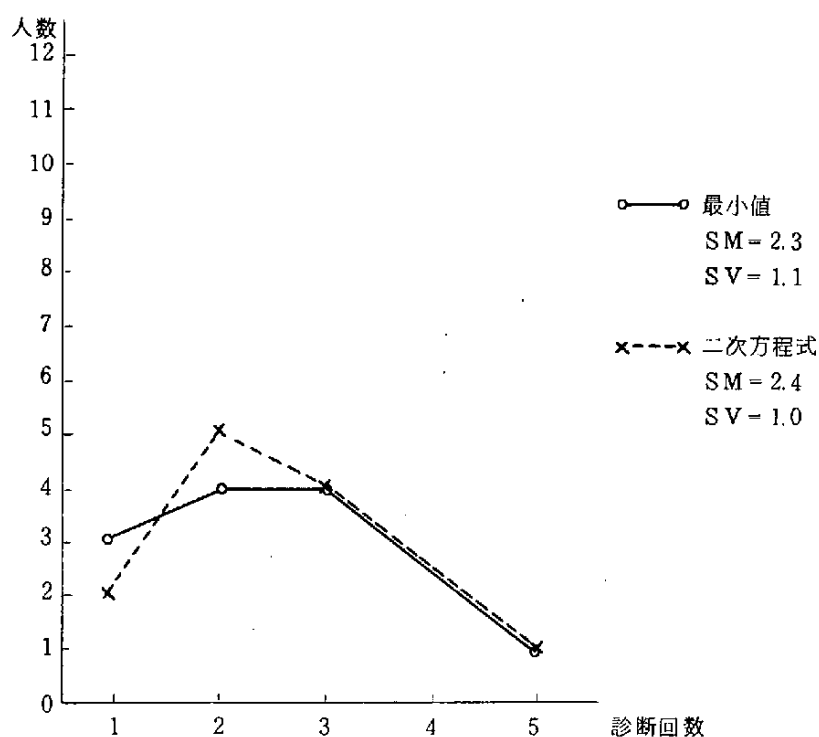
7.4.3 診断回数

診断回数は 学習者がCPLのプログラムを作成し `¥RUN` ステートメントを入れ実行した (診断プログラムにコントロールが移った) 回数である。一般に`¥RUN`を指定すると学習者のプログラムが実行され診断プログラムにコントロールが移るのであるが、その場合 学習者のプログラムにCPL上のエラーが発生すると診断プログラムへはゆかず 又 学習モードへもどるため この場合の回数は入らない。

表7-3は最小値と二次方程式の問題に於ける診断回数の集計である。予定としては平均3回と考えていた。例えば最小値では 入力の処理, データのカウンの処理, 最小値の処理のそれぞれ1回づつ位と考えていた。

実験の結果約2.5回で予想よりはやく成績がよい。

表 7-3 最小値と二次方程式のプログラムの診断回数



7.4.4 学習時間

1つの問題の学習時間は 約1時間30分を予定していたのであるが大部分が平均1時間前後であった。

表7-4は「最小値」と「二次方程式」の学習時間を示したものである。

この学習時間のちらばりの様子をみるために標準偏差をとりだしてみると34分と26分であった。

平均は予定通りであるが学習時間そのものには かなりのばらつきがあったと言える。

表7-5にその他の問題も含めて学習時間の一覧表を示す。

表 7 - 4 最小値と二次方程式の学習時間

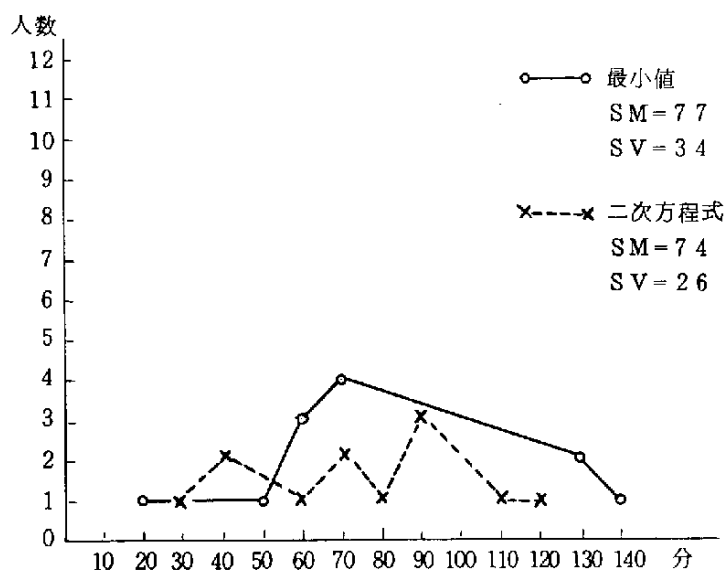


表 7 - 5 各問題の学習時間

	最小値	二次方程式	分類	金種	郵便料金計算	平均値	組合せ	整数の完全数
平均	7.7分	7.4分	6.2分	9.0分	5.3分	9.9分	7.9分	6.0分
S . D	3.4分	2.6分	2.1分	3.0分				
最高	13.6分	12.3分	8.7分	11.4分				
最低	2.4分	3.3分	3.4分	3.4分				
学習者数	12名	12名	5名	5名	1名	1名	1名	1名

7.4.5 問題の学習ステップ時間

思考時間、タイプライン時間、修正時間を学習ステップ時間として測定を行った。それぞれは次のような内容を含む。

思考時間・・・問題の解説時間、分析時間、フローチャート作成時間、
コーディング時間を加えた時間

タイプライン時間・・・プログラムのタイプライン時間

修正時間・・・診断メッセージの提示に基づいて修正を行う時間（デ
ィバッグ時間）

表7-6は「最小値」と「二次方程式」に於ける学習者12名の個人別の集計である。

これを検討すると思考時間とタイプライン時間とがほぼ同じものもあった。その原因の主なものとしてタイプライン操作の不慣れが考えられる。

今回は端末操作の特別な予備訓練なしにただちに学習に入らせたため矢張りタイプライタ操作が1つの障害になっていたようである。

表7-6 最小値と二次方程式の学習ステップ時間

時間 学習者番号	最 小 値			二 次 方 程 式		
	思 考	タイプイン	修 正	思 考	タイプイン	修 正
1	20分	10分	20分	26分	10分	3分
2	31分	17分		20分	18分	17分
3	20分	18分	13分	24分	61分	14分
4	67分	22分	19分	22分	52分	20分
5	59分	58分	3分	30分	23分	7分
6	25分	15分		22分	33分	
7	36分	15分	3分	11分	14分	17分
8	32分	21分	7分	19分	29分	4分
9	7分	12分		7分	10分	2分
10	35分	38分	2分	18分	19分	
11	24分	20分	13分	28分	36分	8分
12	35分	15分	15分	25分	15分	18分

平 均	33分	22分	11分	21分	27分	11分
S ・ D	16分	13分	4分	6分	16分	7分
最 高	67分	58分	20分	30分	61分	20分
最 低	7分	10分	2分	7分	10分	2分

7.4.6 診断エラーのカウンタ

診断時にどんなエラーが多く発生したか 集計を行った。最小値の診断エラーカウンタを記述する。

- ① 学習者が使用すべき変数の属性が違っていた場合：

A	ノ	ゾクセイ	ガ	FIXED	デ	ナイ。	} 等 7 件。
AMIN	ノ	ゾクセイ	ガ	FIXED	デ	ナイ。	
N	ノ	ゾクセイ	ガ	FIXED	デ	ナイ。	

- ② データの処理が相違っていた場合：

ニュウリョク	データ	ノ	オワリ	ノ	ハンテイ	ガ	オカシイ。	} 等 7 件
データ	ガ	オワリ	マデ	ヨマレテ	イマセン。			

- ③ データのカウンタの処理が相違っていた場合：

N	ノ	アタイ	ガ	1	ダケ	オオキイ。	ハンテイ	ノ	イチ	} 等 11 件
オ	チェック	シナサイ。								
N	ノ	アタイ	ガ	1	ダケ	チイサイ。	ハンテイ	ノ	イチ	
オ	チェック	シナサイ。								
N	ノ	アタイ	ガ	0	デアル。	コスウ	オ	カウンタ	シナ	
サイ。										

- ④ データの最小値を求める処理が間違っていた場合・・・0件

以上が最小値の診断エラーカウンタである。二次方程式に於いても 学習者は変数の属性の間違いを多く発生していた。

7.4.7 CPLエラーのカウンタ

CPLでは どの様なエラーが多く発生したかの集計を行った。

表7-7は最小値の個人別エラーカウンタである。この表でSYRのという部分はシラブル・リード (Syllable Read) ルーチンで検出したエラーで 例えば 数値データ, 文字ストリングデータ, 変数名等の記述の違いを検出するものである。

その他とは END, PROC, SIZEコンディション等を含めたものである。

表 7-7 最小値のエラー・カウント

ステートメント 学習者番号	トータル	DCL	SYR	代 入	GET PUT	ダイレクト	DÖ IF	GÖTÖ	その他
1	7	3				1		1	2
2	2							1	1
3	3		1						2
4	2			1	0 1				
5	5	1	1						3
6	1								1
7	11		4			1		2	4
8	5	1					0 1		3
9	0								
10	10	5	1	1	1 0				2
11	10		3	1	0 1			1	4
12	9	3	3						3

7.4.8 学習者による評価

(1) 学習終了アンケート

表 7-8 は 学習修了後におこなったアンケート結果を示したものである。

Ψ_{it} は プラスの評価者の割合からマイナスの評価者の割合を減じて算出したものである。したがって +1.00 に近いほど学習者による評価がよく、-1.00 に近いほど学習者による評価が悪いということを示している。

プラスの評価としては

- ① 「ディスプレイ装置について 文字や記号等が鮮明であった」(1.00)
- ② 「プログラムを作成するにあたりタイプライター入力に比べてディスプレイは適している」(1.00)
- ③ 「ふつうの学習(プログラム作成)とくらべて楽しかった」(0.83)

この評価で ②と③は予想していたことであるが①はやゝ意外であった。

多分 学習者のほとんどが始めて キャラクタ・ディスプレイを使用したから

で、特にタイプライタと比べての評価であろう。

マイナスの評価としては

- ① 「学習中に なにか 不安になることがあった」(−0.25)
- ② 「ディスプレイ装置について タイプキーが思うように使いこなせなかった」(−0.08)

等があげられる。

①の不安になる原因として

イ. P L / I の文法書にあることが書けない場合。

註：この学習者は P L / I を知っており、一方 C P L と P L / I との文法上の違いを はっきり理解していなかったためと考えられる。

ロ. C P L の規則がわからない場合。

等が記入されていた。やはり C P L の文法について ガイダンスの機能を持つべきであった。

②については、いきなり予備訓練なしに学習に入らせたため タイプキーの操作が1つの障害になっていた。

表7-8 終了アンケート

 Ψ_{it}

1 CLASS-Fでの学習は楽しかったですか。	はい まあまあ いいえ	8名(67%) 4名(33%) 0名	0.67
2 ふつうの学習(プログラム作成)とくらべて楽しかったですか。	はい まあまあ いいえ	11名(92%) 0名 1名(8%)	0.84
3 自分のペースで プログラムを作成できましたか。	はい まあまあ いいえ	6名(50%) 1名(8%) 5名(42%)	0.08
4 全般的に 問題はむずかしかったですか。	はい まあまあ いいえ	1名(8%) 8名(67%) 3名(25%)	0.17
5 学習中は なにか 不安になることがありましたか。	はい まあまあ いいえ	6名(50%) 3名(25%) 3名(25%)	-0.25
6 CLASS-Fでの学習は つかれましたか。	はい まあまあ いいえ	5名(42%) 6名(60%) 1名(8%)	0.34
7 CLASS-Fで あなたは連続何時間位まで学習できると思いましたか。	平均	約3時間	
8 学習中 ① まわりの騒音が気になりましたか。	はい まあまあ いいえ	6名(50%) 6名(50%)	0.00
② 室内の照明は適当な明るさでしたか。	はい まあまあ いいえ	9名(75%) 2名(17%) 1名(8%)	0.67

③ 室内の温度は適当な温度でしたか。	は い まあまあ いいえ	8名(67%) 1名(8%) 3名(25%)	0.42
9 ディスプレイ装置について ① 文字や記号等が鮮明でしたか。	は い まあまあ いいえ	12名(100%) 0名 0名	1.00
② 文章は読みやすかったですか。	は い まあまあ いいえ	5名(42%) 6名(50%) 1名(8%)	0.34
③ タイプキーは思うように使いこなせましたか。	は い まあまあ いいえ	3名(25%) 5名(42%) 4名(33%)	-0.08
10 SCROLLの機能はプログラム作成に充分でしたか。	は い まあまあ いいえ	5名(42%) 7名(58%) 0名	0.42
11 SCROLLのコマンドを使用したとき、エラーメッセージはわかりやすかったですか。	は い まあまあ いいえ	4名(33%) 8名(67%) 0名	0.33
12 プログラムを作成するにあたりタイプライター入力に比べてディスプレイは適していましたか。	は い まあまあ いいえ	12名(100%) 0名 0名	1.00
13 学習の「問題」が提示されてすぐに内容がわかりましたか。	は い まあまあ いいえ	7名(58%) 3名(33%) 2名(17%)	0.41
14 プログラム作成に於いてCPLのプログラムは作りやすかったですか。	は い まあまあ いいえ	6名(55%) 3名(27%) 2名(18%)	0.37

15 CPLのエラーメッセージはわかりやすかったですか。	は い	2名(18%)	0.18
	まあまあ	9名(82%)	
	いいえ	0名	
16 診断メッセージはわかりやすくすぐにプログラムリエラーを見つけることができましたか。	は い	2名(18%)	0.09
	まあまあ	8名(73%)	
	いいえ	1名(9%)	
17 「CLASS-Fガイド」はわかりやすかったですか。	は い	4名(36%)	0.36
	まあまあ	7名(64%)	
	いいえ	0名	

表7-8 終了アンケート

(2) 感想文

全員の感想文の内容を次のような項目に分け、主な意見を集録した。

- (a) システムについて
- (b) 問題について
- (c) 診断メッセージについて
- (d) CPL, SCROLLについて
- (e) 操作性について
- (f) 機器について
- (g) その他

(a) システムについて

- ・編集機能がすぐれている。
- ・ステートメントの参照(=ライン番号),修正,消去,挿入が簡単に,また1文字単位で扱えるので大変便利である。
- ・ソースプログラムの修正を行った場合,タイプライタと違いリストをとらなくともディスプレイ装置では常にライン番号順にシステムが整理し直すため,プログラムのチェックに大変便利であった。

- 「シバラクオマチクダサイ」は、表現がぐっと丁寧になっていていい気持ちをする。
- プログラムを組んで、すぐにテストできるのでよい。
- 正答が得られても、実際にディスプレイに答えが表示されないと、問題を終った実感がわからない。
- 1つの問題が分からない時でも、先にすすめて他の問題を学習することが出来ないのですね。ぶん時間の無駄を感じた。一般の学習より能率が悪いようだ。

(註： システムには中断の機能があるが、この学習者がその方法を理解できなかったためと思われる。)

- 1行50文字、1画面15行では少々不便である。
- プログラムのエラーチェックのために全体をみたい場合、そのつどリストをみる必要があるのが多少めんどろである。

(註： 画面が50文字×15行のため、全部のプログラムが表示されないときがあるため デバック用にリストをとらせる必要があった。)

- 学習者の作成したプログラムのロジックに、最適化などの考慮が全然なされてない。
- 問題がさらにむずかしくなった場合は、フローチャートを作成する上でのヒントを出してくれるような、ソフトウェアを用意してくれると良いと思う。
- 問題のプログラムを作り始めても、1箇所分らないと全然すすまないのですね、もう少しヒントになるようなものを考えてほしかった。
- 学習の終了を示すために、特別な記号を作って1行打たせるとか、シバラクオマチクダサイのようにアスタリスクで囲むというような表示がほしい。

(b) 問題について

- 問題は読めば理解でき、比較的容易にとけた。

- 問題がバラエティに富んでいる。
- 時間の無駄が少なくなるように、例題をあげ、そして類題を出す、というように問題を組むとよい。
- 分類 (A S N D S Ō R T) の問題の説明は理解しにくい。文字数の比較と
いうように理解してしまった。
- カタカナだけだというのは、読みにくく、じっくり読まないと内容がわからないのが多かった。

(c) 診断メッセージについて

- 本当に診断されている患者さんの様な気持ちになり、楽しみでもあり、心配でもある。
- 診断メッセージは実行文によるエラーは大変理解しやすいが、DCL文関係のエラーはわかりにくい。
- どここの段階まで正しかったかを教えてくれるから親切だと思う。
- プログラムしたものに対してすぐにその場で計算実行し、診断メッセージを出してくれるのでとてもよい。
- エラーメッセージが適切に出力される。
- あいまいな知識でやっているために、診断メッセージが出てきても、その誤りを一人で見つけることが出来ないことがある。

(d) CPL, S C R Ō L Lについて

- I F文の挿入、複数行にわたるステートメントの修正等がめんどくさい。
- ステートメント入力の際にいちいちラインナンバーをふるのが面倒なので、何か指定をするとシステムから打ってくるようになるとうい。
- 計算機からの出力メッセージは見にくい。
- C L A S S - F システムにCPLのエラーメッセージが出てくるのが、少々わかりにくかった。
- C L A S S - F とCPLのエラーメッセージを統一してほしい。

(e) 操作性

- ・ディスプレイは間違いの発見にとっても便利だった。
- ・カーソルがいつでもどこでも付いていてくれるので、親しみを覚えた。
- ・打っている文字が目の前に出るし、修正の仕方が簡単である。
- ・カードのパンチマシンとディスプレイとのキーが多少異なっているために少々迷った。
- ・ON-L, OFF-L ボタンが慣れるまでは、とてもめんどくさい。
- ・修正がかなり簡単にできるようになっているので、慣れてくればもっと大膽にプログラムが、そしてタイプが出来るような気がした。

(f) 機器について

- ・長時間学習すると、目を痛めそうだ。
- ・黒い画面に緑色の文字がでてくるので、表示された文字は見やすいし、落ち着いてみられる。

(g) その他

- ・空調の音で神経が集中しない。
- ・部屋の騒音が頭につく。
- ・疲れてくると、イライラする。
- ・待ち時間が長いと、少しイライラした。
- ・機械に振り回されているような気がする。
- ・タイプを打つのがおっくうになった。
- ・プログラムのタイプインに手間どってしまった。
- ・実際に自分で、コンピュータと直結しているディスプレイを使用しているという喜びが感じられた。
- ・計算機が自由に使えるとは夢みたいな話しです。
- ・このような学習形式だと、孤独になってしまう。
- ・1日に2時間位で、1週間位かけてCPLを学習した方が能率があがると思う。

- 慣れれば、人間の先生に教わるより、合理的に、正確に速くということから効率よく学習できると思う。
- 自分の思うペースですすめてゆくことができれば、学習もいっそう楽しく効率よくできると思う。
- 先生というようなものが必要だと思う。
- 問題のところくらいは誰かに説明してもらいたかった。
- 機械と1対1で少し不安である。やはり人間の言葉による助言がほしい。
- CPLプログラミングの手引きがあると良い。
- 学習は一人で行なうのが基本ですから、エラーをした場合には速くエラーをみつけ出し訂正できるような指導書がほしい。
- プログラムを作成する上に色々マニュアルを見たいと思っても、どこを参照してよいのかわからず手間どった。
- あせりと不安をもって1つ1つ確認的に進む仕事は多少くたびれる。
- PL/Iはある程度は知っているつもりだったが、知っていると思えると別のことだということを痛感させられた。

7.5 ま と め

CLASS-Fシステムのねらいは次のような点にあった。

- ① タイムシェアリング・システムの下でCAIを単なる1つの会話型ジョブとして扱う。
- ② CAIと言うよりは、むしろ学習要素を盛り込んだ会話型のガイダンス・システムという立場をとった。
- ③ TSS端末に学習端末を兼任させる。
- ④ CRTキャラクタ・ディスプレイ端末の会話型端末としての操作性を実証する。
- ⑤ プログラムの正否のみでなく中間結果、あるいは処理過程の診断より、エラー原因発見のためのヒントを与える。
- ⑥ 一つのプログラムの中で初心者が誤り易い点を、果して十分に指摘し得るものか否かを試みる。
- ⑦ プログラムの正当性のチェックという問題が、実用的なレベルで可能となり得るか否かの手がかりを得る。

これらの目標が、どの程度実現出来たかを語るには、まだ実用経験が乏し過ぎると言わざるを得ないが、わずか12名ではあったが今回の学習実験の結果によって、ある程度、第3者的評価が得られたと思う。

TSSのもとでCAIをおこなう事自体には、もはや現在では冒険の要素は何もない。むしろ問題点としては、TSS端末と学習端末の兼用は、必ずしも学習者の立場に立った配慮ではなかったという反省である。根本的には、これは今日のTSS端末自身の問題であり、タイプライタ操作が日本人の日常生活には一般的にきわめてなじみの薄いものであるという客観状況によるものである。特にCAIでは物を学ぶという作業に、不馴れなタイプライタ操作の重圧が加えられて、むしろ講義による方法よりも学習能率を落すという結果にすらなりかねない。

T S S 端末と学習端末の兼用は少なくとも操作性の点で学習者に、かなりの負担を負わせたことになる。

入力にはやはり打鍵の必要性は伴うが、CRT キャラクタ・ディスプレイの利用は予想通り成功であった。とくにプログラムの修正変更の編集機能はとてもタイプライタの比ではない。特に C L A S S - F ではディスプレイの操作性を一段と増すべく、S C R O L L ソフトウェアを準備したことが大きな利点となった。

ガイダンス・システムに学習要素を盛り込むという最初の目標に対しては、残念ながらまだまだ不十分な状態であることを認めざるを得ない。学習要素はともかくとして、やはりガイダンス機能が中途半端なものになってしまった。これは今回の実験における学習者達が、ヒント情報の不足をかなり訴えていることからわかる。ディバグ時のヒント情報は診断プログラムの効果によってある程度、満足できる状態であるにしても、プログラムの創成時のガイダンスは、確かに、かなり不備である。

シンタックス上の問題ではなく、プログラムのロジカルな誤りの指摘、ないしは、誤りの可能性の指摘はこのシステムでは問題が固定しているために、ほぼ可能であったと言える。幸いにして今回の実験では、極めて予想外な問題は起らなかった。これは一つの新しい発見でもあった。しかし、この問題はむしろ、より一般化した問題として発展させるべきであり、更には最近の新しいテーマ“プログラムの正当性のチェック”という課題に導かれる性質のものであろう。

学習者の意見の中に 1 つ注目すべきものがある。それは、最適化の問題である。プログラムというものは最初はともかくも正しい結果ができればよいという要求がまず先行するが、次の段階では、如何に効率のよいプログラムを作るかという最適化の問題が台頭する。この問題は C L A S S - F 設計時に考慮しなかったわけではないが、かなりむずかしい問題であり、今回はあきらめていた機能である。おそらくプログラミング技術を教育する本格的な学習システムにおいては、この問題がむしろ中心になると言ってもよい。現在プログラムの最適化のための専用のソフトウェアがいくつか開発されており、そのような機能も含めるということ

になれば、プログラミング学習システムの更に新しい面の開拓となろう。

第8章 米国におけるCAIシステムの評価事例

第8章 米国におけるCAIシステムの評価事例

本章ではCAIシステムの評価事例を紹介する。

わが国に於てはCAIシステムの実用経験が浅く評価事例も少ないが、アメリカでは軍用または企業内訓練や大学における研究課題として十余年前の1960年ごろからCAIの利用が試みられており評価事例も豊富である。

その中から、CLASSシステムに類似なCAIシステムの評価事例として下記の2編を紹介する。

- ・ DEVELOPMENT AND EVALUATION OF AUTOMATED ASSEMBLY LANGUAGE TEACHER
- ・ COMPUTER-ASSISTED INSTRUCTION FOR THE NATIONAL MILITARY COMMAND SYSTEM INFORMATION PROCESSING SYSTEM

最初の論文は、Austinのテキサス大学で教育用アセンブラ言語 ELASTIC を教えるためにCAIシステムを使用した実験について述べてある。

この実験の目的は、アセンブラ言語によるプログラミングを教える場合、CAI方式とどの実習方式、すなわちバッチ形式と会話形式の組み合わせが最適かを研究することである。

この実験の結果は、次のように要約できる。

- (1) CAIグループは、アセンブラ言語の学習時間に関しては、lectureグループに比べ半分以内の時間で学習を修了できた。
- (2) 最終試験の平均点に関して、グループ間には有意差がなかった。
- (3) 自己のペースで学習ができ、会話モードでコンピュータを自由に使用できる教育環境におけば、結果として、問題解決のためにコンピュータを使いたいと思ひ、誰れの干渉もうけず、一人で学習をする自立心を持った学生になる。

2番目の論文は、National Military Command System Support Center (NMCSSC)で、National Military Command System Information Processing System (NIPS)の利用法を教えるためにCAIシステムを使用した実験について述べてある。実験の計画、実験の実施、実験の結果とその検討の記述が含まれている。

この実験の結果は、受講生にNIPSを教える場合にCAIシステムが、講義と比較すると非常に適しており、かつ時間を節約することを示している。又、CAIシステムで使った教育手法／提示媒体の交互作用に関する実験結果も含まれている。これによると、ダイアログ／チュートリアル手法が使われ、スライド／テープ／プリンタの組み合わせが、著しく高い gain score をもたらし、特に、プリンタが gain score に関する重要な要因であることを示している。

8.1 テキサス大学のPICLSシステムの総合評価

8.1.1 システムの概要

PICLS (Purdue Instructional and Computational Learning System) は、Purdue 大学で開発されたC A I用教育システムである。1969 年秋、PICLS の改良版が、Austin のテキサス大学にあるCDC 6600 にインプリメントされた。

PICLSシステムは、本質的には会話型モードでタレタイプを使用するように作られている。しかし、バッチ・モードでも又使用できる。バッチ・モードでは、普通、タレタイプラタから入力するコマンドは、パンチ・カードで入力する。テレタイプでの授業全体が、この方法によってバッチ・モードでシミュレートされる。PICLSの文字セットは、標準型モデル33テレタイプライタのそれと同じである。

PICLSシステムは、CDC 6600 にインプリメントされているので、RESPOND タイム・シェアリング・システムの下で動く会話型処理プログラムとして作成されている。

PICLS システムは、PICLS author 言語で書かれたプログラムを処理するためのコンパイラやインタプリタだけでなく、ファイルの創成、削除、及び操作のファイル管理ルーチンから成っている。

PICLS author 言語は、学習コースを書くための記述言語である。この言語はIBMのCOURSEWRITER-Iに非常によく似ているが、論理的な decision-making、分岐及び計算機能に関しては非常に違っている。学習コースは多くのセクションに分割して作成されている。各セクションは、350ステートメント以内で作成されており、これらのセクションの全体としてコースは形成されている。

現在のタイム・シェアリング・インプリメンテーションは、通信回線を介してリモート・ターミナル・タイプライタを使用してCDC 6600 へのリモート・アクセスができるようになっている。普通、リモート・ターミナルは Model 33

又は Model 35 であり、音響カップラ又は、101C データ・セットで、音声用電話回線を介して CDC 6600 と接続している。

8.1.2 システムの総合評価

A. はじめに

1970 年春に、テキサス大学で行なわれた教育用アセンブラ言語 ELASTIC (Expansible Language for Aiding Student Instruction in Computing) によるプログラミングを教える CAI コースの実験及び評価を紹介する。一般的な評価として、実験の主要な目的は、アセンブラ言語によるプログラミングを教える場合に、CAI 方式とどの実習方式、すなわち、バッチ又は会話ジョブ方式の組合わせを採用することによる生徒の熟練度の違いを調査することである。

同じ資格を持った生徒が、CAI と非 CAI コースの比較研究に参加した。

B. 仮 設

この実験で、次の仮説を検定した。

- (i) CAI グループは、lecture グループよりもコース学習をかなり早く終了する。
- (ii) CAI グループは、個人的にインストラクタを訪門する回数がかかりすぎない。
- (iii) CAI グループは、事務室を訪門するときはインストラクタに非常に高度な質問をする。
- (iv) 試験の平均点に関して CAI と lecture グループの間には有意差がない。
- (v) 書かれたコンピュータ・プログラムの平均点に関して CAI と lecture グループの間には有意差はない。
- (vi) CAI と lecture グループによって書かれたプログラムの分散に関して有意差がない。

CAI グループは、質問と作成されたプログラムに関してよりよい得点をとるという仮説を検定するかわりに、対立仮説としては、2つのグループとも質問

と作成されたプログラムに関してだいたい同じ得点を取るである。

C. 方 法

実験に対する被実験者は、テキサス大学のコンピュータ・サイエンス310のセッション2と8に登録した生徒である。あるクラスがCAIグループとして学習をしている間は、別のクラスはコントロール・グループ(lectureグループ)として授業を受けている。この実験を行なうために利用できる器材が非常に少ないため、各グループの生徒数を10人に制限する必要があった。必須コースであるコンピュータ・サイエンス404Gに登録されている学年(classification)と成績が、春の登録期間中にセッション2と8に登録した生徒に対してこれらのセッションに留まり、実験に参加できるかどうかを決定するための判定基準として使われた。

上述の学年と成績で決定する判定基準は、グループがほぼ同じ潜在能力をもっていることを保証するため採用された。生徒は、グループにランダムに配置されていないので、ここで報告されている実験結果の解釈には、当然制約がある。

lectureグループは普通のクラスルームで授業を受け、一方、CAIグループはcomputer assistedプログラムで授業を受けた。CAIコースは、PIOLS教育システムで管理されているASR35タイプライタ2個を介して運用された。

コースの終了時点で、次の評価規準に従って比較がなされた。

- ・試験の成績

- ・プログラムの成績とその分散

- ・事務所への訪問回数と生徒と担当インストラクタ間の会話率

学期の初めの3週間は、両クラスとも一般的なコンピュータの概念の講義を受けた。各々のクラスに対して1時間の試験をやり、データを集収し、統計プロセデュアで分析した。この試験の後で、各々のクラスの平均点を計算した結果、分散分析の手法を実験中に収集されたデータの分析に利用できることがわかった。すなわち、共分散分析の必要性を削除するため、生徒の能力に違いがないということ仮定した。

最初の質問の後で、検定グループ、すなわち、C A I グループは C A I プログラムを使って E L A S T I C の授業を受けたので、2つのクラスに対してとられた教育的処理は非常に異なった。各々の生徒は、自分の都合のよい時間に C A I セッションの授業を受けられるので、自分自身のペースで参加した。C A I グループは、残っている2つの質問の各々に答える前に、2時間だけ教室で meeting をもったので、かれらが経験した疑問を取除くことができた。この研究での lecture グループは、教室での講義を通して E L A S T I C の授業を受けた。両方のグループに対して2時間の試験と E L A S T I C 言語とその使い方に関する最終試験をやった。

これらの試験内容については、8.1.3節に示されている。両方のグループの各生徒は、8個のコンピュータ・プログラムを書き、テスト（デバック）した。これらのプログラム問題も8.1.3節に示されている。

Lecture と C A I グループの両方は、“batch”グループと“teletype”グループに細分された。Batchグループの生徒は、プログラムを書き、バッチ・モードで実行してもらうためプログラムを提出した。一方、teletype グループの生徒は、プログラムをコーディング・シートに書き、2つのテレタイプライタを介して RESPOND タイム・シェアリング・システムを使って実行するために、端末の使用を予約した。総合評価の組合せを図8-1に示す。

	Batchグループ	Teletypeグループ
Lecture グループ		
C A I グループ		

図 8 - 1 総合評価の組合せ

Lecture と C A I グループは、各々10人ずつの生徒から成っている。各々のグループの batch と teletype サブグループは、各々5人ずつの生徒から成っている。研究で利用できるテレタイプライタが2個しかないため、この実験に参加

した全生徒数は比較的少ない。又、RESPOND システムが稼動している時間帯、スケジューリング問題、そして、CDC 6600 システムの使用料が参加者の数を制限する要因である。

1 番目の仮説を検定するため、生徒がCAI コースで使用した平均学習時間と lecture グループの生徒が講義を受けた時間とを比較した。各生徒は、授業時間のログを学期中通して記録した。各生徒によって使用された全コンピュータ使用時間だけでなく、RESPOND 端末使用時間、ジョブの実行回数、そして出力ページ数が、テキサス大学のコンピュータ・センタのアカウンティング・システムから得られた。

2 番目の仮説を検定するため、両グループの生徒数当りの平均訪問回数を計算し、これらの様相を比較し、2 元分類の分散分析を使用して平均値の有意差があるかどうか検定した。インストラクタは、各生徒の訪問の dialy を学期中通して記録した。

3 番目の仮説を検定するために、生徒が個人的にインストラクタに聞きにきた質問の内容に関して、初級、中級、そして、上級の尺度に従って比率がとられ、各グループに対して平均率が計算された。

両グループに対して実施した試験の平均点は、4 番目の仮説を検定するために使われた。

2 元分類の分散分析プロセデュアは、グループ間に有意差があるかどうか決定するために使われた。

5 番目の仮説を検定するために、両グループに対して 8 個のプログラムの各平均点を計算し、有意差があるかどうか決定するために分散分析法を使用した。

6 番目の仮説を検定するために、CAI グループと lecture グループによって書かれた 8 個のプログラムの各々に対して分散の比である F 検定をやった。

D. 実験結果

結果を示す前に、この実験に参加した生徒の“プロフィール”を表 8-1, 8-2, 8-3, 8-4 に示しておく。表 8-1 は lecture-batch グループに属した

生徒に対するプロフィールであり、表 8-2 は lecture-teletype グループのプロフィールである。CAI - batch グループのプロフィールは表 8-3 に示されており、一方、表 8-4 は CAI - teletype グループに属する生徒のプロフィールである。プロフィールは、各々の生徒に対して、次の情報を与えている。

- ・ 生徒番号 (Student Number)
- ・ 性別 (Sex) … 男 (M), 女 (F)
- ・ 学年 (Classification) … 1 年 (Sr.), 2 年 (Jr.), 3 年 (Soph.), 4 年 (Fr.)
- ・ 専攻 (Major)
- ・ CAI の経験 (Previous CAI)
- ・ 前にコンピュータ・コースを受けた回数 (Previous C.S.)
- ・ 前のコースの成績 (Grades in previous C.S. course)
- ・ すでに取得しているプログラミング言語 (Language Used)
- ・ 学期中に事務室への訪問回数 (No. Office Visits)
- ・ 生徒がたずねた質問内容の平均率 (Question Rating)
(1 = 初級, 2 = 中級, 3 = 上級)
- ・ プログラムの平均得点 (Program Average)
- ・ 全コンピュータ使用時間 (Total Computer Time)
- ・ 実行したジョブ数 (No. Jobs Run)
- ・ 全 RESPOND 端末使用時間 (Total RESPOND Time)

仮説を検定する場合、平均値間の有意差を検定するための 2 元分類の分散分析は、4 つのサブグループすべてを同時に考えに入れる時に使用される。一方、1 元分類の分散分析は、2 つのサブグループのみ考えに入れる時に使用される。

仮説(1): CAI グループは、lecture グループよりもコース学習をかなり早く修了する。

表8-1 STUDENT PROFILES IN THE LECTURE-BATCH GROUP

Student Number	1	2	3	4	5
Sex	F	F	M	M	M
Classification	Jr.	Soph.	Fr.	Jr.	Sr.
Major	Physics	Math	Acct.	Math	Pre-Med
Previous CAI	No	Yes	No	No	No
Previous C.S.	1	1	1	1	1
Grades in previous C.S. course	B	A	C	B	B
Language Used *	E & F	Algol	E & F	E & F	E & F
No. Office Visits	0	4	3	3	1
Question Rating	-	1.75	1.0	2.0	3.0
Program Average	91.3	93.3	71.0	97.4	90.7
Quiz 1	79	76	77	78	84
Quiz 2	87	80	63	77	99
Quiz 3	85	96	94	95	90
Final Exam	90.4	91.2	87.2	88.0	90.4
Total Computer Time	.0683	.0606	.0749	.0307	.0290
No. Jobs Run	57	48	59	23	25
Total RESPOND Time	-	-	-	-	-

* E & F denotes ELASTIC and FORTRAN

表8-2 STUDENT PROFILES IN THE LECTURE-TELETYPE GROUP

Student Number	1	2	3	4	5
Sex	F	F	M	F	M
Classification	Gr.	Jr.	Soph.	Jr.	Sr.
Major	Media Educ.	Psy.	E.E.	Math	Math
Previous CAI	No	No	No	No	No
Previous C.S.	1	1	2	1	1
Grades in previous C.S. course	C	C	B & A	A	A
Language Used *	E & F	E & F	Algol Ptn	E & F	E & F
No. Office Visits	6	3	5	0	2
Question Rating	1.68	1.33	2.8	-	2.0
Program Average	94.8	93	96.2	92.3	94.4
Quiz 1	82	72	89	86	81
Quiz 2	60	67	98	94	73
Quiz 3	76	77	93	88	91
Final Exam	88	91.2	93.6	94.4	88.8
Total Computer Time	.1040	.0387	.0500	.0961	.0630
No. Jobs Run	237	120	135	207	142
Total RESPOND Time	21.511	17.874	12.926	21.384	13.847

* E & F denotes ELASTIC and FORTRAN

表8-3 STUDENT PROFILES IN THE CAI-BATCH GROUP

Student Number	1	2	3	4	5
Sex	M	M	F	M	M
Classification	Jr.	Soph.	Fr.	Gr.	Fr.
Major	Math	Hist.	Math	Math	Math
Previous CAI	No	Yes	No	No	No
Previous C.S.	1	1	1	1	1
Grades in previous C.S. course	A	B	A	A	?
Languages Used *	E & F	E & F	E & F	E & F	E & F
No. Office Visits	2	1	5	2	1
Question Rating	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0
Program Average	94.1	89.6	99	91.4	71.4
Quiz 1	83	78	87	88	81
Quiz 2	78	86	84	84	99
Quiz 3	99	91	89	82	88
Final Exam	89.6	91.2	91.2	92.8	88.8
Total Computer Time	.5792	.4890	.3649	.6703	.3383
No. Jobs Run	149	163	169	246	111
Total RESPOND Time	13.503	12.945	12.699	15.218	14.392

* E & F denotes ELASTIC and FORTRAN

表8-4 STUDENT PROFILES IN THE CAI-TELETYPE GROUP

Student Number	1	2	3	4	5
Sex	M	M	M	M	M
Classification	Spec.	Jr.	Gr.	Jr.	Fr.
Major	Math	Math	Stat.	Math	Undet.
Previous CAI	Yes	No	No	Yes	Yes
Previous C.S.	1	1	2	1	1
Grades in previous C.S. courses	B	A	A & A	B	A
Languages Used *	E & F	E & F	E & F	E & F	E & F
No. Office Visits	2	2	4	3	3
Question Rating	1.0	3.0	2.0	2.0	3.0
Program Average	79.1	97.1	95.5	92.6	99.3
Quiz 1	81	84	64	83	81
Quiz 2	58	92	88	96	93
Quiz 3	64	99	94	76	95
Final Exam	65.6	96.8	87.2	90.4	95.7
Total Computer Time	.3230	.5032	.4291	.4053	.7878
No. Jobs Run	178	298	286	252	574
Total RESPOND Time	21.385	38.428	43.683	30.080	57.477

* E & F denotes ELASTIC and FORTRAN

結果：

	<u>lecture グループ</u>	<u>C A I グループ</u>
生 徒 数	1 0	1 0
平均時間／生徒	2 4 時間	1 3.7 5
S. D.	0. 0	1. 0 4

結論： 仮説が採択された。C A I グループは約 2 倍の早さでコース学習を修了した。

仮説(2)： C A I グループは、インストラクタに個人的に訪ねて行く回数になりすくない。

結果：

	<u>Lecture-Batch</u>	<u>Lecture-TTY</u>	<u>CAI-Batch</u>	<u>CAI-TTY</u>
平均訪問回数／生徒	2. 2	3. 2	2. 2	2. 8
S. D.	1. 6 4	2. 3 8	1. 6 4	0. 8 3

分 散 分 析

<u>要 因</u>	<u>平均平方</u>	<u>F 値</u>	<u>確 率</u>
Lecture 対 C A I	0. 2	0. 0 6	0. 7 9
Batch 対 T T Y	3. 2	1. 0 8	0. 3 1
交 互 作 用	2. 2	0. 0 6	0. 7 9

結論： 仮説が棄却された。C A I グループは、生徒当り事務所への訪問回数は普通であった。有意水準 0. 0 5 での事務所への訪問回数には、有意差がない。

仮説(3)： C A I グループは、事務所へ訪問するときは、インストラクタに非常に高度な質問をする。

結果：（質問の程度は、1 = 初級、2 = 中級、3 = 上級と決めた。）

	<u>Lecture-Batch</u>	<u>Lecture-TTY</u>	<u>CAI-Batch</u>	<u>CAI-TTY</u>
平均質問率	1. 5 5	1. 5 6	1. 9	2. 2
S. D.	1. 1 2	1. 0 2	0. 2 2	0. 8 3

結論： この仮説の検定で得られた証拠は、上の平均値によって示されている。

グループの規模が小さく、実験者によって主観的に質問の程度を決めているため、これらのデータに対しては統計的な検定を行なっている。

仮説(4)： 試験の平均得点に関して、CAIとlectureグループの間には、有意差がない。

結果：

	<u>Lecture-Batch</u>	<u>Lecture-TTY</u>	<u>CAI-Batch</u>	<u>CAI-TTY</u>
質問# 1：				
平均	7 8.8	8 2.0	8 3.4	7 8.6
S.D.	3.1 1	7.4 4	4.1 5	8.2 6

分散分析

<u>要 因</u>	<u>平均平方</u>	<u>F 値</u>	<u>確 率</u>
Lecture 対 CAI	1.8	0.0 5 2	0.8 1 5
Batch 対 TTY	3.2	0.0 9 3	0.7 6 0
交 互 作 用	8 0.0	2.3 3	0.1 4 2

結論： 有意水準 0.0 5 での質問# 1 に対するグループ間には有意差がない。

	<u>Lecture-Batch</u>	<u>Lecture-TTY</u>	<u>CAI-Batch</u>	<u>CAI-TTY</u>
質問# 2：				
平均	8 1.2	7 8.4	8 6.2	8 5.4
S.D.	1 3.2 3	1 6.7 7	7.7 5	1 5.5 8

分散分析

<u>要 因</u>	<u>平均平方</u>	<u>F 値</u>	<u>確 率</u>
Lecture 対 CAI	1 8 0.0	0.9 4 8	0.6 5 3
Batch 対 TTY	1 6.2	0.0 8 5	0.7 7 0
交 互 作 用	5.0	0.0 2 6	0.8 6 7

結論： 有意水準 0.0 5 での質問# 2 に対するグループ、又は、サブグループ間には有意差がない。

	<u>Lecture-Batch</u>	<u>Lecture-TTY</u>	<u>CAI-Batch</u>	<u>CAI-TTY</u>
質問 # 3 :				
平 均	9 2.0	8 5.0	8 9.8	8 5.6
S. D.	4.5 2	7.9 6	6.1 4	1 4.9 7

分散分析

<u>要 因</u>	<u>平均平方</u>	<u>F 値</u>	<u>確 率</u>
Lecture 対 CAI	3.2	0.0 3 7	0.8 4 3
Batch 対 TTY	1 5 6.8	1.8 1	0.1 9 4
交 互 作 用	9.8	0.1 1 3	0.7 3 9

結論： 有意水準 0.0 5 での質問 # 3 に対するグループ, 又は, サブグループ間には有意差がない。

	<u>Lecture-Batch</u>	<u>Lecture-TTY</u>	<u>CAI-Batch</u>	<u>CAI-TTY</u>
最終試験 :				
平 均	8 8.4 4	9 1.2	9 0.7 2	8 7.1 4
S. D.	1.7 3	7.8 2	1.5	1 2.6 6

分散分析

<u>要 因</u>	<u>平均平方</u>	<u>F 値</u>	<u>確 率</u>
Lecture 対 CAI	9.6 6	0.2 2 2	0.6 4 7
Batch 対 TTY	4.1 4	0.0 9 5	0.7 5 8
交 互 作 用	3 5.6 4	0.8 2 0	0.6 1 8

結論： 有意水準 0.0 5 での最終試験に対するグループ, 又は, サブグループ間には有意差がない。

仮説に対する結論： 仮説が採択された。試験の平均得点に関して CAI と lecture 間には, 有意差はない。

仮説(5)： 書かれたコンピュータ・プログラムの平均得点に関して, CAI と lecture グループの間には有意差はない。

結論： 各々のプログラムを別々に示すよりもむしろ, すべてのプログラムの

総合平均点についてのみ考察する。(各々のプログラムを別々に考察した研究は、有意水準 0.05 ではサブグループ、又は、グループ間には有意差がないことを示している。)

	<u>Lecture-Batch</u>	<u>Lecture-TTY</u>	<u>CAI-Batch</u>	<u>CAI-TTY</u>
すべてのプログラムの平均得点	8 8.7 4	9 4.1 4	8 9.1	9 2.7
S.D.	1 0.2 5	1.5 3	1 0.5 1	7.9 9

分散分析

<u>要 因</u>	<u>平均平方</u>	<u>F 値</u>	<u>確 率</u>
Lecture 対 CAI	1.4 0	0.0 1 9	0.8 8 4
Batch 対 TTY	1 0 1.7	1.4 4	0.2 4 6
交 互 作 用	3.9 6	0.0 5 6	0.8 1 0

結論： 仮説が採択された。両グループは、書かれたプログラムの得点に関してまったく一致している。

仮説(6)： CAI と lecture グループによって書かれたプログラムの分散に関して有意差がない。

結果： この研究の結果が、表 8-5 に示してある。分散の比である F-検定が、CAI-batch と lecture-batch グループによって書かれたプログラムの分散を決定するために使用された。表 8-5 には、すべての 4 つのサブグループに対する分析が完全に含まれている。

結論： 仮説が棄却された。プログラム 4、7 と 10 は、考慮している 2 つのグループ間での分散には有意差があることを示し、そして、プログラム 1 と 2 は、有意水準 0.05 で 2 つのグループ間には有意差があるようである。プログラム 4 と 7 に関して lecture-batch はほとんど変化なく、一方、プログラム 11 に関して CAI-batch グループはより小さい分散を示している。

F. 検 討

この実験の結果は、次のように要約できる。

(i) CAI グループは、PICLS ELASTIC コースで費やされた時間だけ

表 8-5 記述されたプログラムの得点表

プログラム	Lecture-Batch		CAI-Batch		F 値	Lecture-TTY		CAI-TTY		F 値
	平均	S.D.	平均	S.D.		平均	S.D.	平均	S.D.	
1	86.4	13.2	91.8	5.9	5.00	92.8	1.9	89.8	11.4	36.0 *
2	89.2	12.1	90.6	5.4	5.02	89.4	9.2	91.0	8.3	1.23
3	89.8	3.5	92.4	6.5	3.44	93.0	7.9	95.4	5.8	1.85
4	88.4	4.2	76.6	43.0	104.0 *	91.6	10.0	96.0	4.1	5.94 *
5	92.0	6.0	90.8	8.3	1.91	95.0	3.3	93.6	6.1	3.41
7	94.8	3.5	86.4	19.2	30.0 *	96.2	2.4	95.8	4.6	3.67
10	92.8	5.7	93.2	5.8	1.03	92.0	2.1	91.2	8.1	14.8 *
11	76.8	43.0	91.0	8.6	25.0 *	98.0	1.7	88.4	17.8	109.0 *
平均	88.7	10.2	89.1	10.5	1.05	94.1	1.5	92.7	7.9	27.7 *

* 有意水準 0.05

に限って言えば, lecture グループに比べ, 半分以上の時間で学習を修了した。

(ii) 事務所への訪問回数に関しては, lecture グループと C A I グループの間には有意差はなかった。

(iii) 書かれたプログラム, 質問, 又は, 最終試験の平均点に関しては, グループ間には有意差がなかった。

(iv) C A I - batch と lecture-batch グループによって書かれたプログラムの分散は, 3つのケースでは有意差があった。

生徒によって使用された時間に関するたくさんの付随的な結果が, この実験で検定された1番目の仮説を考察する結果として得られた。これらの結果は, 次に検討される。各々のサブグループの平均コンピュータ使用時間は, 表 8-6 に示されている。C A I グループの生徒は, lecture グループよりもかなり多くコンピュータの時間を使用している。C D C 6600 の特性と速度を第一に考えると, ELASTIC C A I コースを行なうに必要な平均 C P U 使用時間は, 生徒当り

0.4883 時間である。CPU 1 時間当り 200 ドルとすれば、生徒当り CAI コースのコストは、生徒端末 1 時間当り 97.66 ドル、すなわち、7.10 ポンドである。

表 8-6 平均コンピュータ使用時間

	<u>Lecture- Batch</u>	<u>Lecture- TTY</u>	<u>CAI-Batch</u>	<u>CAI-TTY</u>
平均コンピュータ使用 時間（生徒／時間）	0.0527	0.0704	0.4883	0.4897
S. D.	0.0215	0.0286	0.1406	0.1786

分散分析

要 因	平均平方	F 値	確 率
Lecture 対 CAI	0.914	69.0	0.000
Batch 対 TTY	0.000	0.034	0.849
交 互 作 用	0.000	0.025	0.870

コンピュータ・センターで集計されたアカンティング情報の要約から得られたもう 1 つの興味ある結果は、生徒当りのジョブ実行回数である。表 8-7 に、4 つのサブグループの各々の平均ジョブ数を示す。この表を見るには注意を用する。というのは、CAI コースの授業を受けるには、PICLS 教育システムを実行するために会話型モードでたくさんのジョブを実行する必要があるからである。

表 8-7 平均実行ジョブ数

	<u>Lecture- Batch</u>	<u>Lecture- TTY</u>	<u>CAI-Batch</u>	<u>CAI-TTY</u>
平均実行ジョブ数	42.4	169.2	167.6	317.6
S. D.	17.3	50.27	49.29	150.76

分散分析

要 因	平均平方	F 値	確 率
Lecture 対 CAI	93571.2	12.37	0.0024
Batch 対 TTY	95772.8	13.68	0.0022
交 互 作 用	672.8	0.096	0.7579

Lecture と C A I グループの実行ジョブ数には有意差があり、batch と teletype グループ間の実行ジョブ数には有意差があったことが解かった。有準水準 0.05 では、グループ間には有意差はなかった。C A I - batch サブグループは、平均 167.6 ジョブを実行したけれど、そのジョブが、batch モードに申込まれたか、teletype モードに申込まれたかを決定する方法はない。しかし、C A I - teletype サブグループが申込んだ平均ジョブ数は非常に多い。これらのジョブのいくつかは、出力をプリンタにコピーしたり、データをカードにコピーしたり、等、の様なハウス・キーピング的な性質のものであり、このサブグループに対する標準偏差は 150.76 である。

又、各々のサブグループの teletype 端末使用時間の集計は、いくつかの興味ある結果を示している。表 8-8 は、各々のグループの生徒単りの平均端末使用時間を示している。

表 8-8 平均端末使用時間

	<u>Lecture- Batch</u>	<u>Lecture- TTY</u>	<u>CAI-Batch</u>	<u>CAI-TTY</u>
平均端末使用時間 (時間/生徒)	0.0	17.50	13.75	38.21
S. D.	—	4.04	1.04	13.69

分散分析

要 因	平均平方	F 値	確 率
Lecture 対 CAI	1483.85	28.93	0.0002
Batch 対 TTY	2201.63	42.93	0.0000
交 互 作 用	60.38	1.17	0.2942

表 8-8 から、lecture と C A I グループの生徒の端末使用時間の総計には有意差があり、又、batch と teletype グループの端末使用時間の総計には、有意差がある。たとえ、上の結果が予想されたとしても、C A I - teletype サブグループは、他のサブグループよりも平均 21 時間以上も多く端末を使用しており、他のサブグループよりも平均 7 時間以上も多くプログラムを実行していたという

ことは、おどろくべき結果である。

予想した通り、試験の得点とプログラムの得点に関して lecture と C A I グループの間には有意差がない。

結論として、この実験のもっとも重要な発見の1つは、自己のペースで学習ができ、会話型モードでコンピュータを自由に使用できる教育環境におけば、結果として、問題解決のためにコンピュータを使いたいと思い、誰れの干渉もうけず、一人で学習をする自立心を持った生徒になる。C A I - teletype グループの生徒は、非常に多くのジョブをコンピュータに通し、他の3つのグループの生徒よりも多くの時間 teletype 端末を使用しているという行動科学的な証拠は、実験の望ましい相乗効果が達成されたことを示している。又、teletype グループの生徒は、batch グループの生徒よりも多くコンピュータに対して興味をもち、能動的で、フレキシブルで、そして、知識が豊富である。

最後に、C A I グループのすべての生徒は、コンピュータ・サイエンスのその上の研究をしたいと望んでいる事実は、印象的である。

8.1.3 試験問題とプログラム問題の例

Lecture と C A I グループの両方に出した試験問題とプログラム問題を以下のページに示す。

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCES

Spring, 1970, Quiz #1

I. Base Conversions: Perform the indicated conversion in each of the following problems.

1. 7340 (eight) = _____ (ten)
2. 51.078125 (ten) = _____ (eight)
3. 43.125 (ten) = _____ (two)
4. 110110111.110110111 (two) = _____ (ten)
5. 7564012.346 (eight) = _____ (two)
6. 1101110000101.01101 (two) = _____ (eight)
7. 4CDF.AB (sixteen) = _____ (two)
8. 101101011110101111.1011011110111 (two) = _____ (sixteen)
9. 6942.365 (ten) = _____ (BCD)
10. 100110000111.0000001001 (BCD) = _____ (ten)
11. 221010 (three) = _____ (five)
12. 110111.101 (ten) = _____ (two)

II. Binary Arithmetic: Perform the indicated operation in each problem.

$$(1) \begin{array}{r} 101011.11 \\ + 1101.11 \\ \hline \end{array} \quad (2) \begin{array}{r} 101110.101 \\ - 1101.11 \\ \hline \end{array} \quad (3) \begin{array}{r} 10111111 \\ \times 1001 \\ \hline \end{array}$$

$$(4) 10.1 \quad 11101010.10001 \quad (5) \text{ complement subtraction } \begin{array}{r} 101101 \\ - 10111011 \\ \hline \end{array}$$

$$(6) \text{ complement subtraction } \begin{array}{r} 101101.1 \\ - 110101.01 \\ \hline \end{array} \quad (7) \text{ complement subtraction } \begin{array}{r} 11.01 \\ - 1101101.110 \\ \hline \end{array}$$

$$(8) \text{ complement subtraction } \begin{array}{r} 10100111 \\ - 1101011 \\ \hline \end{array}$$

以下省略

C.S. 310

Spring, 1970, Quiz #2

- I. Discussion and True-False: Fill in the blank, answer true or false, or give a brief discussion for each of the following questions.
1. The total range of addresses available for programming use in the ELASTIC 1 computer as represented in octal is _____ to _____.
 2. Name two operational registers in the ELASTIC 1 computer.
1. _____ 2. _____
 3. Some instructions in ELASTIC 1 treat the combined QA register as one 72-bit register. (true-false) _____
 4. An assembler program or routine is a computer program which _____

 5. Instructions must be written in symbolic format for input to the ELASTIC 1 assembler program. (true-false) _____
 6. Give a brief but concise definition of a subroutine.
 7. List three advantages for writing a program as a group of subroutines instead of one large program.
 8. Why is program documentation important?
 9. A _____ subroutine usually appears in-line in the program code each time it is used while a _____ subroutine is coded only once and then called through a calling sequence in the main program.
 10. Numbers in computer memory are either _____ or _____.
 11. Give the symbolic format for an ELASTIC 1 instruction.
 12. Give the numeric format for an ELASTIC 1 instruction.
 13. If a symbol must begin in the leftmost column of a field, then the symbol is said to be _____ in the field.
 14. A field is _____
 15. The two types of instructions in ELASTIC 1 are _____ instructions and _____ instructions.

以下省略

Spring, 1970, Quiz #3

- I. Discussion, True-False: Give a brief but concise answer or answer true or false to the following questions:
1. How many index registers are available in ELASTIC?
 2. The contents of B0 is always what?
 3. What is another name for an index-register?
 4. In the instruction LDA WORD+6 (4), what is the underlined portion called?
 5. What type of constants are created by the variation of the CON pseudo-instruction in which an "H" appears in column 12 of the card?
 6. Name the two general categories of arguments that may be transmitted to a subroutine.
 7. List three capabilities in ELASTIC3 that were not available in ELASTIC1.
 8. The instruction INA '5, when executed, causes the contents of the cell whose address is 0005 to be entered into the A register. (true-false)
 9. The instruction ENX 377L(4), when executed causes the constant 377B to be entered into B4. (true-false)
 10. The instruction INA CELL, when executed, increases the contents of the A register by the address of CELL. (true-false)
 11. In the ELASTIC computer, all left shifts are performed end-off.(true-false)
 12. The instruction LDX TEMP(4), when executed, loads index register 4 with the address of TEMP. (true-false)
 13. The instruction STX WORD(6), when executed, causes the contents of WORD to be stored in index register 6. (true-false)
 14. The instruction ENX DATA(1), when executed, causes (DATA) to be entered into B1. (true-false).
 15. All right shifts in ELASTIC are performed end-off. (true-false)
- II. Discussion: Provide the information requested.
1. Write a program segment to add the contents of index registers B1, B2, B3 without using any auxiliary label names, into the A register.
 2. Place in the A register the negative of the contents of index register 4, without using any labels.

以下省略

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCES

C.S. 310

Final Examination-Spring 70

Instructions: Write all answers on the answer sheet that is provided with your copy of the examination. If the statement in a particular problem is true, write the letters "TRUE" in the blank on the answer sheet corresponding to the number of the problem involved. If the statement is false, write the letters "FALSE" in the blanks on the answer sheet. If an answer of 0 or 1 is asked for in a particular problem, write this value on the blank on the answer sheet.

1. For this section write true or false in the blank on the answer sheet corresponding to each problem.

1. $(729.4)_{\text{eight}} = (1110101001.100)_{\text{two}}$
2. $(457.625)_{\text{ten}} = (711.5)_{\text{eight}}$
3. $(641.5)_{\text{eight}} = (111100001.101)_{\text{two}}$
4. $(534.1)_{\text{eight}} = (348.125)_{\text{ten}}$
5. $(111101110001.110011)_{\text{two}} = (7651.63)_{\text{eight}}$
6. $(1011011.1)_{\text{two}} = (91.5)_{\text{ten}}$
7. $1101101101 + 1101101011 = 11011011000$ (binary arithmetic)
8. $11011 \times 100 = 11011000$ (binary arithmetic)
9. $11010 - 11 = 10001$ (binary arithmetic)
10. The one's complement of 11100111 is 00011000.
11. The seven's complement of 20043765325 is 47734012452
12. The number 200240000000 represents a number in floating-point format. This number represented in fixed-point octal form is 4.
13. The number 577377777777 represents a number in floating-point format. This number in fixed-point binary form is $2^{47} - 1$.
14. The number 1775400000000000 represents a number in floating-point format. This number represented in fixed-point octal form is 0.1.
15. The number 600537777777 represents a number in floating-point format. This number represented in fixed-point octal form is +0.04.
16. The floating-point representation for the number 40.08 is 200640000000.
17. The floating-point representation for the number -48 is 577377777777.
18. Instructions must be written in octal format for input to the ELASTIC assembler program.
19. In some instructions it is possible to operate on 72 bits as though they made up the contents of one register.

以下省略

PROGRAM #1

Write a sequence of code in machine language which will read two values from cards into the first two memory locations; that is, 0000 and 0001. Compute the sum of these two numbers and store the sum in location 0002. Print out the two input numbers in decimal, their sum in both octal and decimal, and then halt.

Punch these machine language instructions on cards, one instruction per card. Each instruction should start in column 1 of the card.

Write a program coded in symbolic language which will read these machine language instructions into storage which you have reserved for them and then jump to the first machine language instruction that you read and execute. The two values which you use as input should be the decimal integers 15 and 12.

After reading the machine language instructions, print them out in octal format before jumping to execute them. The last machine language instruction should be the number corresponding to a halt code.

Draw a flow chart for this program and submit it with your output. This program is due the fourth class meeting after it is assigned. Begin working on it as soon as possible so that you will have the maximum time possible for debugging.

Hospitalization is the only acceptable excuse for a late program.

PROGRAM #2

Read five values from cards and store these values in locations named A, B, C, D, and E. Compute the expression $A^2 - 2B + 3C^3 - D/E$. If the value of this expression is greater than 100, print a flag value of 10. If the value of the expression is equal to 100, print a flag value of 15, and if the value of the expression is less than 100, print a flag value of 20. After you have determined whether the expression is greater than, equal to, or less than 100 and printed the appropriate flag value, print the five input values and the value of the computed expression. Perform this procedure for three sets of five cards and then stop. Be sure to extend the sign bit of the dividend before you form the expression D/E. Test your program with the following data sets:

A = 10, B = 5, C = 2, D = 8, E = 2

A = 11, B = 10, C = 1, D = -8, E = -2

A = 4, B = 2, C = 1, D = 72, E = 4

Draw a flow chart for this program and write a documentation according to the form recommended in Chapter VI of the manual.

This program is due on the fifth class meeting after it is assigned. Begin your work as soon as possible so that you will have the maximum time for debugging. Hospitalization is the only acceptable excuse for a late program.

以下省略

8.1.4 生徒のタイプ出力リストの抜粋

この実験中に各々の生徒が提出したリスト中のCAIコースからの抜粋を次のページに示す。下線部分は、生徒が入力したメッセージを示し、一方、他のすべての本文は、PICLS, CAIプログラム, 又, RESPOND の出力である。

* PICLS READY FOR LOGON
 TYPE USER NUMBER
 * 3
 TYPE PASS WORD
 *FHOM
 LOGON FOR COURSE ELASTO3 AT 14.48.31 HOURS ON 19 JAN 7
 WAIT FOR LOAD OF INDEXED FILES
 3 FILES LOADED WITHOUT ERROR
 END OF INDEXED FILE LOAD
 TYPE COMMAND
 *\$LESSON BEGIN
 BEFORE BEGINNING TO LEARN THE ELASTIC LANGUAGE IT MIGHT BE
 HELPFUL TO KNOW SOME OF THE CHARACTERISTICS OF THE ELASTIC
 COMPUTER. THE ELASTIC COMPUTER IS THE MACHINE WHICH
 EXECUTES YOUR PROGRAMS WRITTEN IN THE ELASTIC LANGUAGE.
 PRESS RETURN WHEN YOU HAVE READ THIS.
 *
 THE ELASTIC COMPUTER IS A BINARY, SEQUENTIAL MACHINE. IT
 HAS 4096 WORDS OF MEMORY WITH AN ADDRESS RANGE IN OCTAL,
 FROM 0000 TO 7777. THE WORD LENGTH IS 36 BITS. THE
 ELASTIC COMPUTER HAS BINARY, FIXED-POINT ARITHMETIC
 PERFORMED MODULO $2^{**}36-1$, THAT IS, ONE'S COMPLEMENT
 ARITHMETIC. IT HAS CARD INPUT AND LINE PRINTER OUTPUT. THE
 ELASTIC COMPUTER HAS AN A-REGISTER AND A Q-REGISTER, EACH
 36 BITS IN LENGTH. HOW MANY WORDS OF MEMORY DOES THE
 ELASTIC COMPUTER POSSESS?
 *4096 WORDS
 THAT'S CORRECT.
 HOW LONG IS A WORD IN ELASTIC?
 *36 BITS
 THAT'S RIGHT, 36 BITS LONG.
 THE WORD BIT IS A CONTRACTION OF THE WORDS BINARY DIGIT.
 SINCE THERE ARE 36 BITS IN AN ELASTIC COMPUTER WORD, WHAT
 IS THE LARGEST OCTAL NUMBER WHICH CAN BE STORED IN A WORD?
 (REMEMBER THAT IT TAKES 3 BITS TO REPRESENT AN OCTAL
 DIGIT.)
 *777777777777
 VERY GOOD.
 WHAT IS THE INPUT MEDIUM FOR THE ELASTIC COMPUTER, THAT IS,
 CARDS, TAPE, PRINTED LISTING, ETC.?
 *PUNCHED CARDS
 THAT'S CORRECT.
 WHAT TYPE OF OUTPUT IS PRODUCED BY ELASTIC?
 *PRINTED LISTING
 VERY GOOD.
 WHEN WE SAID THAT ARITHMETIC IN ELASTIC WAS ONE'S
 COMPLEMENT, WE MEANT THAT NEGATIVE NUMBERS ARE REPRESENTED
 INTERNALLY AS THEIR COMPLEMENT. IN ELASTIC, WHAT IS THE
 OCTAL REPRESENTATION FOR THE NUMBER -1246?
 *77777776531
 THAT'S CORRECT.
 A STATEMENT IN ELASTIC IS COMPOSED OF 4 FIELDS; LOCATION
 FIELD, OPERATION CODE FIELD, ADDRESS FIELD AND REMARKS
 FIELD. DEPENDING ON THE PARTICULAR STATEMENT, ONE OR MORE
 OF THESE FIELDS MAY BE BLANK. PRESS RETURN.

*
COLUMNS 1 THROUGH 6 CONSTITUTE THE LOCATION FIELD. THE LOCATION FIELD MUST BE EITHER BLANK OR CONTAIN A LEFT-JUSTIFIED ELASTIC SYMBOL. A GIVEN SYMBOL MUST OCCUR IN THE LOCATION FIELD OF ONE AND ONLY ONE STATEMENT IN THE PROGRAM. WHAT FIELD ARE WE DISCUSSING?

*LOCATION FIELD

IS IT LEGAL FOR A SYMBOL TO BEGIN IN COLUMN 3 OF THE LOCATION FIELD? ANSWER YES OR NO.

*NO

THAT'S RIGHT, THE SYMBOL MUST BE LEFT-JUSTIFIED.

CAN A LEGAL ELASTIC CONSTANT APPEAR IN THE LOCATION FIELD?

*NO

VERY GOOD, ONLY SYMBOLS CAN APPEAR IN THE LOCATION FIELD. COLUMNS 8 THROUGH 10 CONSTITUTE THE OPERATION CODE FIELD. THIS FIELD MUST BE EITHER BLANK OR CONTAIN THE OP OF AN INSTRUCTION. CAN THE OPERATION CODE FIELD EVER BE BLANK?

*NO

YES, THE OPERATION CODE FIELD CAN BE BLANK. TYPE YES.

*YES

THAT'S RIGHT THE OPERATION CODE FIELD CAN BE BLANK.

COLUMNS 12 THROUGH 28 CONSTITUTE THE ADDRESS FIELD. THIS FIELD MUST BE EITHER BLANK OR CONTAIN, LEFT-JUSTIFIED, AN R CORRESPONDING TO THE OP IN THE OPERATION CODE FIELD. IF R IS AN ELASTIC SYMBOL THAT SYMBOL MUST OCCUR IN THE LOCATION FIELD OF SOME STATEMENT IN THE PROGRAM. WHAT FIELD ARE WE DISCUSSING?

*OF CODE

NO, IT IS NOT OP CODE. TRY AGAIN.

*ADDRESS

THAT'S CORRECT.

CAN A CONSTANT APPEAR IN THE ADDRESS FIELD? REPLY YES OR NO

*YES

THAT'S RIGHT. IF THE OP CODE REQUIRES THAT A CONSTANT APPEAR IN THE ADDRESS FIELD.

IF A SYMBOL APPEARS IN THE ADDRESS FIELD, IT MUST BE LEFT-JUSTIFIED. MUST THE SYMBOL ALSO APPEAR IN SOME LOCATION FIELD IN THE PROGRAM?

*YES

THAT'S CORRECT. SYMBOLS ARE USED TO IDENTIFY PARTICULAR INSTRUCTIONS OR LOCATIONS AND HENCE WHEN A SYMBOL APPEARS IN THE ADDRESS FIELD IT REFERS TO SOME STORAGE LOCATION THAT HAS BEEN INDICATED OR IDENTIFIED.

COLUMNS 30 THROUGH 80 CONSTITUTE THE REMARKS FIELD. THE CONTENTS OF THIS FIELD ARE COMPLETELY IGNORED BY THE ASSEMBLER HENCE THE FIELD MAY CONTAIN ANY STANDARD KEYPUNCH CHARACTERS. PRESS RETURN

*

COLUMNS 7, 11, AND 29 MUST CONTAIN BLANKS. THESE COLUMNS SERVE AS FIELD SEPARATORS. GIVE THE NUMBER OF THE COLUMN THAT SEPARATES THE LOCATION FIELD FROM THE OP CODE FIELD

*7

VERY GOOD.

WHAT COLUMN SEPARATES THE OP CODE FIELD AND THE ADDRESS FIELD?

*11

THAT'S RIGHT.

WOULD THE CHARACTERS =, #, ., , , BE LEGAL IN THE REMARKS FIELD? ANSWER YES OR NO.

*YES

THAT'S CORRECT. SINCE COLUMNS 30 THROUGH 80 ARE IGNORED BY THE TRANSLATION SYSTEM, ANY KEYPUNCH CHARACTER CAN APPEAR IN THE REMARKS FIELD.

A DIAGRAM OF THE ELASTIC SYMBOLIC INSTRUCTION FORMAT APPEARS AS FOLLOWS;

		11 1	22 3	8
1	67 8	01 2	89 0	0

 LOCATION *OP CODE* *ADDRESS* *REMARKS FIELD*
 * FIELD * * FIELD * * FIELD * *

PRESS RETURN WHEN YOU HAVE STUDIED THIS DIAGRAM.

*

DO YOU WISH TO GO ON TO THE NEXT SECTION (TYPE #YES# OR #NO#)

*YES

THE ELASTIC COMPUTER PERFORMS ARITHMETIC WITH THE HELP OF TWO REGISTERS. THESE REGISTERS ARE CALLED THE ACCUMULATOR REGISTER AND THE MULTIPLIER-QUOTIENT REGISTER. THE ACCUMULATOR IS COMMONLY CALLED THE A-REGISTER WHILE THE MULTIPLIER-QUOTIENT REGISTER IS CALLED THE Q-REGISTER. THESE REGISTERS SERVE THE ELASTIC COMPUTER BY ACTING AS AN ■ADDING MACHINE■ WHERE INTERMEDIATE RESULTS MAY BE COMPUTED. WHAT IS ANOTHER NAME FOR THE ACCUMULATOR REGISTER?

*A-REGISTER

VERY GOOD.

THE A-REGISTER AND THE Q-REGISTER ARE USED ANYTIME THAT THE CONTENTS OF A MEMORY LOCATION ARE TO BE MOVED FROM ONE LOCATION TO ANOTHER AND ALSO THEY ARE USED TO DENOTE OPERANDS FOR ARITHMETIC OPERATIONS. WHAT IS ANOTHER NAME FOR THE MULTIPLIER-QUOTIENT REGISTER?

*Q-REGISTER

THAT'S RIGHT.

NOW IF THE PROBLEM WAS TO ADD (B) TO (C) AND STORE THE RESULT IN D, THE FOLLOWING CODE SEGMENT WOULD BE REQUIRED,

```
LDA B
IAD C
STA D
```

AFTER EXECUTION OF THIS CODE SEGMENT HAVE

THE (B) AND (C) BEEN CHANGED?

*NO THEY HAVE NOT

THAT'S RIGHT, ACCORDING TO THE DEFINITIONS OF LDA AND IAD THE INITIAL CONTENTS OF THE OPERANDS ARE UNCHANGED. WRITE A CODE SEGMENT WHICH WILL ADD (ADDEND) TO (A-REG).

*IAD ADDEND

VERY GOOD.

NOW WRITE A CODE SEGMENT TO COMPUTE; $(SUM) = (FIRST) + (TP)$

*LDA FIRST IAD TP STA SUM

THAT'S CORRECT. EITHER ONE OF FIRST OR TP COULD HAVE BEEN LOADED AND THE OTHER ADDED SINCE ADDITION IS COMMUTATIVE.

THE GENERAL FORM OF THE SUBTRACTION INSTRUCTION IS AS FOLLOWS;

**** ISB Y 15 INTEGER SUBTRACT ****

THIS INSTRUCTION

SUBTRACTS A COPY OF THE CONTENTS OF Y FROM THE CONTENTS OF THE A-REGISTER AND LEAVES THE DIFFERENCE IN THE A-REGISTER.

THE INITIAL CONTENTS OF THE A-REGISTER ARE DESTROYED; THE CONTENTS OF Y ARE UNCHANGED. GIVE THE MNEMONIC CODE FOR THE INSTRUCTION JUST DEFINED.

*ISB

THAT'S CORRECT.

WRITE AN INSTRUCTION SEGMENT WHICH WILL ADD (X) TO (Y) AND SUBTRACT (W) FROM THE SUM. STORE THIS RESULT IN A CELL NAMED RESULT, IN OTHER WORDS, COMPUTE $RESULT = X + Y - W$

*LDA Y IAD X ISB W STA RESULT

THAT'S CORRECT.

DO YOU WISH TO GO ON TO THE NEXT SECTION?(TYPE *YES* OR *NO*)

*NO

YOU HAVE COMPLETED LESSON ELATI

NOW TYPE *\$LOGOFF* OR *\$LESSON* TO EXECUTE A NEW LESSON.

TYPE COMMAND

*\$LESSON,ELATIC

THE UNCONDITIONAL JUMP INSTRUCTION HAS THE FOLLOWING GENERAL FORM;

**** UNJ Y 75 UNCONDITIONAL JUMP ****

THIS INSTRUCTION

TERMINATES THE CURRENT SEQUENCE OF CONTROL AND STARTS A NEW SEQUENCE AT LOCATION Y. THE NEXT INSTRUCTION EXECUTED IS (Y). THE CONTENTS OF ALL MEMORY LOCATIONS AND OF THE A AND Q REGISTERS ARE UNCHANGED. WRITE AN INSTRUCTION WHICH WILL CAUSE THE CURRENT SEQUENCE OF CONTROL TO BE TRANSFERRED TO A LOCATION NAMED RTJ.

*UNJ RTJ

THAT'S CORRECT.

INDEX REGISTERS IN ELASTIC MAY CONTAIN EITHER CONSTANTS OR ADDRESSES. NOTICE THAT IN THIS CONTEXT CONSTANTS MAY BE TREATED AS ADDRESSES AND VICE-VERSA. THINKING BACK, HOW MANY BITS ARE USED TO REPRESENT A NUMERIC ADDRESS IN THE MEMORY OF THE ELASTIC COMPUTER?

*12 BITS

VERY GOOD.

BO IS A SPECIAL INDEX REGISTER WHICH IS SET PERMANENTLY TO THE VALUE ZERO. UNLIKE THE OTHERS, ITS CONTENTS MAY NOT BE CHANGED AND IT MAY NOT BE USED FOR COUNTING. TYPE THE VALUE TO WHICH BO IS ALWAYS SET.

*ZERO

CORRECT.

AN INDEX REGISTER IS JUST LARGE ENOUGH TO CONTAIN AN ADDRESS. BY MEANS OF THE INSTRUCTION ENX A NUMBER MAY BE PUT INTO AN INDEX REGISTER. FOR EXAMPLE, IF WE WANTED TO SET B6 TO A VALUE OF 5, THE INSTRUCTION TO PERFORM THIS WOULD APPEAR AS; ENX 5(6) GIVE AN INSTRUCTION WHICH WILL PLACE 23 IN INDEX REGISTER 3;

*INX 23(3)

ANSWER AGAIN.

*ENX 23(3)

THAT S GOOD.

UP TO THIS TIME ALL CONSTANTS IN ELASTIC WERE DECIMAL CONSTANTS. IN ELASTIC 2 THE CAPABILITY IS ADDED WHICH ALLOWS SPECIFICATION OF OCTAL CONSTANTS; THE CONSTANT IS SUFFIXED BY THE CAPITAL LETTER B. FOR EXAMPLE, TO ENTER 46 (OCTAL) INTO INDEX REGISTER 4, ONE COULD CODE; ENX 46B(4) REMEMBERING THAT 46 (OCTAL) = 38 (DECIMAL), THE INSTRUCTION; ENX 38(4) WOULD ALSO PLACE 46 OCTAL INTO INDEX REGISTER 4 SINCE ALL NUMBERS ARE REPRESENTED INTERNALLY AS THEIR BINARY EQUIVALENTS. WRITE AN INSTRUCTION WHICH WILL PLACE 100 (OCTAL) IN B7.

*ENX 100B(6)

TRY AGAIN PLEASE.

*ENX 100B(6)

ENTER ENX 100B(7) NOW.

*ENX 64(7)

THAT' RIGHT, BUT IT WOULD HAVE BEEN EASIER TO CODE;

ENX 100B(7)

TYPE COMMAND

*\$LESSON, MACHEO

IT MAY BE HELPFUL AT THIS TIME TO ILLUSTRATE THE MACHINE LANGUAGE NUMERIC EQUIVALENTS OF A FEW ELASTIC 2 INSTRUCTIONS SO AS TO FAMILIARIZE YOU WITH THE FORM PRESENTED ABOVE. GIVEN THAT THE ADDRESS OF DATA IS 1234 AND THE ADDRESS OF TEMP IS 775 WE WILL NOW LIST SOME SYMBOLIC INSTRUCTIONS AND THE CORRESPONDING MACHINE LANGUAGE INSTRUCTIONS.

SYMBOLIC	MACHINE LANGUAGE (OCTAL)
ENX 2(7)	500700000002
ENX 35(3)	500300000043
ENX 35B(3)	500300000035
ENX DATA(6)	500600001234
ENX -1(5)	500500007776
ENX -TEMP(2)	500200000052
INX 2(7)	510700000002
INX -1(5)	510500007776
INX DATA(2)	510200001234
INX 24B(6)	510600000024
INX 52(3)	510300000064
LDX TEMP(1)	520100007725
LDX 12(3)	520300000014
LDX 1246B(7)	520700001246
STX DATA(5)	530500001234

STX 1437B(1) 530100001437
 XHJ DATA(5),4 550400041234
 XHJ DATA(3),27B 550300271234
 XHF TEMP(2),46 550300567725
 XHF 1246B(3),DATA 550312341246 (NOT GENERALLY DONE)
 XEJ TEMP(1),25 540100317725
 XEJ DATA(6),-3 540677741234
 XEJ TEMP(7),-DATA 540765437725
 NOW, STUDY THESE EXAMPLES UNTIL YOU FEEL THAT YOU COULD
 WRITE THE MACHINE LANGUAGE INSTRUCTION FOR ANY SYMBOLIC
 INSTRUCTION YOU MIGHT BE GIVEN. IF THE ADDRESS OF WORD IS
 5246 WRITE THE MACHINE LANGUAGE INSTRUCTION FOR ENX WORD(3)
*500300005246
 VERY GOOD, YOU SEEM TO UNDERSTAND.
 IF THE ADDRESS OF CELL IS 1243 GIVE THE MACHINE LANGUAGE
 FOR LDX CELL(7) .
*520700001243
 CORRECT.
 IF THE ADDRESS OF WORD IS 1777 GIVE THE MACHINE LANGUAGE
 FOR XEJ WORD(2),17
*540200211777
 VERY GOOD.
 YOU MAY HAVE BEEN WONDERING WHY NOP AND ENX BOTH HAVE 50 AS
 THEIR NUMERIC OP CODE. THE ANSWER IS SIMPLE. SINCE THE SYM-
 BOLIC INSTRUCTION; NOP RESULTS IN THE MACHINE INSTRUCTION;
 500000000000 WHICH SAYS TO PUT A 0 IN BO, NOTHING HAPPENS.
 THIS IS DUE TO THE FACT THAT ANY INSTRUCTION WHICH ATTEMPTS
 TO CHANGE (BO) ACTS AS A DO-NOTHING STATEMENT BECAUSE (BO)
 CANNOT BE CHANGED. THAT IS, ENX 0(0) IS THE SAME THING AS NOP
 AND BOTH CAUSE NOTHING TO HAPPEN. HIT RETURN WHEN YOU HAVE
 READ THIS.
 * _____

8.2 NMCSSCのCAINIPSシステムの総合評価

8.2.1 はじめに

National Military Command System Support Center (NMCSSC)では、最近、CAIシステムを使ってたくさんのユーザ(システム・データベースのユーザ、システム及びデータ・ベースのアナリストとプログラマ、そして、システム・オペレータ)に対してNational Military Command System Information Processing System(NIPS)について教育をした。

8.2.2 実験の設計

A. 教育計画とその開発

CAINIPSはCAI方式によるNIPSの教育である。CAINIPSコース教材には、Formatted File Systems(FFS)の基本概念とNIPSのFile Generation(FG)モジュールのFile Structuring(FS)フェーズが含まれている。現在のNIPSコース2と同じ教材を教室で3時間かけて教育した経験のあるNIPSコース2のインストラクタ達と、テクニカル・トレーニング・プログラムの設計とインプリメンテーションを経験した人々が、コース教材の開発に協力した。CAINIPSコースは、プロジェクトの設計や開発にたずさわらなかった人々によって管理された。

(1) 教育目標

CAINIPSは、各種のCAI用の提示媒体と手法の組合わせで、限られた時間内に次の2つの目標を達成するのにもっとも良い教育手法を決定するために開発された。

- (i) 受講生が、FFSの基本概念とFile Structuring(FS)に関する22項目よりなる試験に合格できるようにする。15分間に15項目について正しく答えられることを最低限度とする。

※ 無制限に時間を与えると、すべての受講生が指定した目標を全部理解してしまうだろう。

- (ii) 受講生が、NIPSのファイル・フォーマット・テーブルを正しく80欄カードに書けるようにする。

(2) 教育手法

ここでの問題に関連した研究によって、多くの感覚に訴えるような学習のアプローチが効果的であることがわかっているので、端末表置のいろいろの組合わせの相対的な効果及び効率について研究することは、重要であった。例えば、コース教材の提示時間が、端末装置毎に違うけれど、学習のロスが当然あってはならない。それ故に、教材は、次の利用可能な装置の2つの組合わせで提示された。

(i) スライドとテープ

(ii) スライド、テープとプリンタ

さらに、CAINIPSは、次の3つの異なった教育手法を使用した。

(i) ダイアログ(Dialog)

この手法は、①自由に構成された解答、及び、②限定されているけれど、組織化されていない受講生の質問を受け入れることが特徴である。この手法は、本質的には、受講生の解答の一部だけの解答分析に依存している。それは、自由な解答を評価するためワード・リストや辞書と比較することを特徴としている。

(ii) チュートリアル(Tutorial)

この手法は、①完全な文章、多岐選択、そして、空白の挿入等を含む限定された解答、及び、②限定した学生の質問に対する答として、コース教材のシステム・ガイダンス、すなわち、キーワード・リストからの抽出を使用した。

(iii) ダイアログ/チュートリアル(Dialog/Tutorial)

この手法は、上述のダイアログとチュートリアルの両方の手法を使用した。

表 8 - 9 CAINIPS の教育手法

手法 \ 提示媒体	スライド/テープ	スライド/テープ/プリンタ
ダイアログ	NIPS 5	NIPS 4
チュートリアル	NIPS 3	NIPS 2
ダイアログ/チュートリアル	NIPS 1A	NIPS

上述の教育手法の補助手段として、次の教育技術が使われた。

- (i) 説明：この技術は、インストラクタが一方的に受講生に対して説明することを特徴とする。
 - (ii) 練習と学習：この技術は、受講生に特定の作業を繰り返しやることを命じる。
 - (iii) シミュレーション：この技術は、受講生とシステムのインタラクションがNIPS File Structuring Systemの下で普通実行される人間と機械の機能をシミュレートすることを意味する。
- (3) 教育用装置

CAINIPS は、IBM 1440 コンピュータ・システムと、タイプライタ/プリンタ装置、80コマ・スライド用カローセル・プロジェクタ、及び、テープレコーダから成るIBM 1050 端末システムを利用した。すべての装置は、Courcewriter プログラムでコントロールされており、受講生の入力をキーボードからのみに限定した。1440 システムは、利用可能なCAI 用テレプロセシング用端末だけを使用した。図 8 - 2 に、実験用のハードウェア構成を示す。

(4) コース教材

すべての教材は、受講生が特定のコースを修了するように設計された。各受講生の学習時間は、端末使用法の説明とコース学習を含めて3時間以内に制限された。手法や媒体にかかわらず、そのコース教材に対する

受講生の理解度は、その教科に対する必要性と潜在的な学力に依存する。
CAINIPS で使用した1440 CAIシステムでは、コース教材はCourse-
writer 言語で書く必要がある。

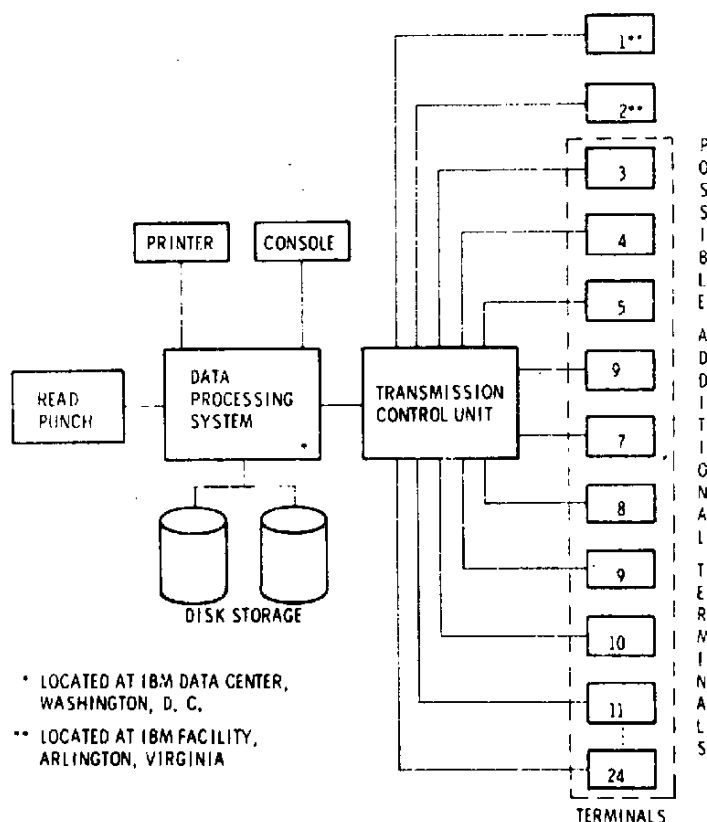


図8-2 CAI Experiment Design

すでに述べたように、コース教材は各種の手法／媒体の組合わせ要求に応じられるように準備した。各々のコース及びコース・セグメントは、各々に名前（NIPS, NIPS1A, NIPS2, NIPS3, NIPS4, NIPS5）を付けてシステムに登録した。各コース・セグメントの設計には、2つの共通要素、すなわち、端末の操作法を教え、カードの記入法を教えることが含まれた。

各コースは、受講生にキーボード操作を教える短いセクションを含んでいた。すなわち、受講生に、文字入力の方法、名前のタイプの方法、入力取消し方、質問に対して会話的に答える方法を教えた。この方法で、受講

生に対して、端末装置について説明し、端末操作になれさせた。

コース・セグメントの終りの方で、学生に対して、ファイルの構成を決めるに必要なカード・タイプをコード化することを要求した。各入力は、まず、正しいスタート・カラムかどうかチェックされ、次に、各々のカード・イメージが正しいフォーマットかどうかスキャンされた。間違っている文字はハイホン（-）で置き換え、修正されたイメージを受講生に対して出力した。例えば、入力として、

fsjob craate, safta

ならば、

fsjob create, softa

の正しいフォーマットをスキャンして、

fsjob cr-ate, s-fta

と正しく直したイメージにして受講生に返した。プログラムは、カード・イメージ全体が正しくなるまでくり返すように作成された。正しいイメージが検出されると、受講生は次のカードを入力することを許された。

B. 各コースの概要

各コース・セグメントに対して、テープ・メッセージ、スライド・コピー及び普通のロジック構造のみで提示され ロジック・フローチャートについて、以下に説明する。

(1) ダイアログ／チュートリアル

NIPS-ダイアログ／チュートリアル、スライド／テープ／プリンタ

NIPS コースは、スライド、テープ及びプリンタによって提示されるダイアログ／チュートリアルを組合わせた教育手法の必要条件を満足するように設計された。この教材は、フリーフォーマット形式の解答と指定されていて登録してある解答の両方を受入れられる特徴をもっていた。実験者は、最初、もっともよい推定にもとづいて、解答の種類の頻度や選択を決定した。復習、最初の子備試験、そして概念の整理は選択であるが、テ

スト部分とカード・コーディングは必修であった。

一般に、コース学習中、誤答は治療教育を介して矯正された。正答が得られるまで、矯正は概念の言い換えをくり返した。

提示媒体の選択はコース作成者が行なった。すべての装置は、頻繁に使用され、特に、その装置がもっとも適していると思われる時使用された。

NIPS1A—ダイアログ／チュートリアル、スライド／テープ

NIPS1Aは、スライドとテープのみを使用するダイアログ／チュートリアルの組合わせを表わした。コースの内容は、スライドとテープ指示をプリンタ部分に代用することをのぞいて、NIPSと同じ方法で操作された。

(2) チュートリアル

NIPS2—チュートリアル、スライド／テープ／プリンタ

CAINIPS教材のNIPS2版は、すべての提示装置を使用し、完全な文章、挿入された空白、そして、多岐選択を含む高度な組織化された解答法を具体化した。プログラムは、正しい答のみ受付けた。誤答が入力されたときは、正答がただちに提示され、受講生はその場で正答をタイプインする必要があった。

NIPS3—チュートリアル、スライド／テープ

NIPS3は、スライド及びテープだけを使用するチュートリアル手法を表わした。コースの内容は、スライドとテープをプリンタ部分に代用することをのぞいて、NIPS2と同じ方法で操作された。

(3) ダイアログ

NIPS4—ダイアログ、スライド／テープ／プリンタ

NIPS4は、ほとんど完全に自由に構成された解答から成っており、受講生に対するほんとうの self-guidance を試みた。カード・コーディングの実習は選択であり、もし、受講生が、NIPS FFS の概念についてよく知っていれば、最初のチェックは行なわれない。解答中に誤ったスペル

やミスタイプなどの小さなエラーに対しては、誤答が正しくなるまで助言した。解答分析は、完全一致よりもむしろ、主として、key-letter 抽出に基ずいた。NIPS4は、他のすべてのコースよりも受講生が自ら進度をコントロールするようにできていた。

NIPS5—ダイアログ、スライド／テープ

NIPS5は、スライドとテープのみを使用するダイアログ手法を表わした。コースの内容は、スライドとテープ指示でプリンタ部分を代用していることをのぞいて、NIPS4と同じ方法で操作された。

(4) コースの構成

次に、各々のCAINIPS コースの構成の要約を示す。

表 8-10 CAINIPS コースの構成

コース	媒 体	スライドのコマ数	テープ・メッセージのコマ数
NIPS	S/T/P	24	48
NIPS1A	S/T	44	79
NIPS2	S/T/P	21	43
NIPS3	S/T	47	84
NIPS4	S/T/P	25	48
NIPS5	S/T	47	92

S/T/P=スライド／テープ／プリンタ

S/T =スライド／テープ

8.2.3 実験の実施

A. 実験の概要

一般の人、志願者及び講義によるNIPS コース2の受講生から成る2つのグループが、CAINIPSに参加した。双方のグループは、プロフィールアンケート、適性試験（Science Research Associates社の適性試験のA型）、筆記による適性試験（Psychological Corporation社のShort Employment Test, SET, Clerical Aptitude, CA. portion）と学習の

対象となっている科目の試験をそれぞれ受けた。志願者のグループを、CAINIPS の各々の治療グループに任意に配属した。IBM FSC NIPS コース2を修了したか、あるいは、NIPS システムの実際のプログラマか、アナリストである人々は、サンプルから除外した。

CAINIPS の実験によって、受講生の得点と修了時間に関して2つの異なる教育手法の効果を分析した(CAIで教育された全受講生数=50,そして講義で教育された全受講生数=62)。分析には、スチューデントの“t”分布を使い、プリテストの得点、データ処理の経験年数、適性試験の得点、そして、筆記による適性試験の得点を一定にした場合のCAINIPSを受けた受講生の得点と講義を受けた受講生の得点を比較した。CAINIPSでは、得点と修了時間に対する教育手法の効果を調べるため、1元分類の分散分析を使用した。得点と修了時間に関する手法/媒体の交互作用を調べる統計手法として、 2×2 の多元分類の分散分析を採用した。最初の要因の2つの水準は、教育手法、すなわち、チュートリアルとダイアログ/チュートリアルであった。2番目の要因の2つの水準は、提示媒体、すなわち、スライド/テープとスライド/テープ/プリンタであった。

B. データ収集プロセデュア

この実験では、次の変数に関するデータが収集された。

- (i) すでに述べた学習対象の受講生の成績。
- (ii) 受講生がこの研究に参加した全経過時間と各受講生が必要とする学習時間。
- (iii) CAINIPSの開発と運用コスト。
- (iv) CAINIPSの感想アンケート。
- (v) スチューデント用端末とシステムの効果と効率。
- (1) 講義形式のトレーニング・クラス

講義形式のトレーニング・クラスに対するデータ収集プロセデュアは、次の通りであった。

(i) 最初のクラス授業の開始時点で、クラス全員にこの研究に参加するように要請した。賛成した受講生に対して、プリテスト、スチューデント・プロフィール、筆記試験、適性試験を実施した。

(ii) 第1日目の講義のセッションの終了時点で、参加者に対して、ポストテストを実施した。

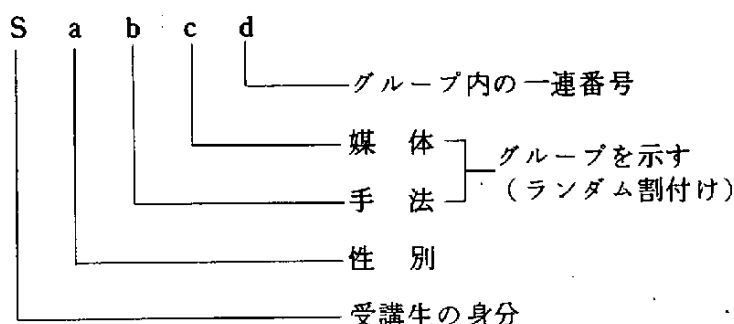
(2) CAINIPS

CAINIPS に対するデータ収集プロセデュアは、次の通りであった。

(i) 監督官は、受講生の到着時刻を記録した。

(ii) 受講生に対して、①プリテスト、②スチューデント・プロフィール、③筆記による適性試験、及び④適性試験を実施した。

(iii) 監督官は、次の形式で構成されるスチューデント番号を割当て、記録した。



(iv) 監督官は、受講生を 1050 端末に慣れさせ、端末について手短かに一般的事項の教育を行なった。

(v) 受講生にコース・セグメントを始めるのに必要な手順を説明してある端末インストラクション・シートを渡し、読ませた。

(vi) 監督官は、CAIで制御されている端末教育用セグメントで受講生を教育しているのをじっと監視していて、受講生が質問したときのみ、助言を与えた。

(vii) 受講生がコース教材の物理的な開始点に到着した時、監督官は開始時刻を記録した。

(viii) 障害が起った場合には、監督官は受講生に別の時間を割当てた。

(ix) コースの終了した時点で、システムは受講生に終了を告げ、監督官に報告するように指示し、監督官がその時刻を記録した。

(x) もし、スケジュールされたシステムが終了する10分前になっても、受講生が監督官に報告しないと、監督官は受講生の学習を中止させ、システムに終了を告げ、その受講生の終了時刻を記録した。

(xi) 受講生に対して、ポストテストを実施した。

(xii) 受講生に対して、感想アンケートを実施した。

(xiii) 実験者は、ランダム・サンプルされた受講生にインタビューした。

8.2.4 実験結果とその検討

この小節では、実験結果を表とグラフで示し、その結果を検討する。統計データ、"t"統計、確率値(p)、そして、F統計が含まれている。

A. CAINIPS対講義

(i) 実験結果の要約

次の表は、CAINIPSと講義グループの受講生に対するmean gain score (MGS, 平均利得点)を比較している。MGSは、各グループ毎のすべての受講生のプリテストとポストテストの行得点間の差の平均と定義する。表に示す通り、CAINIPSグループの受講生は、講義グループの受講生よりも非常に高いMGSを示した($t=4.98$, $p<0.01$)。このgain scoreの差は、部分的には、2つのグループのプリテストの得点の有意差による($t=3.90$, $p<0.01$)。言い換えると、講義グループのgain率は、より高いプリテストの得点によって制約された。しかし、行プリテストの得点(図8-3参照)の比較は、CAINIPSグループは、学習対象の事柄についてほとんど知識がなくて学習を始め、ポストテストではほぼ等しい得点を取った。

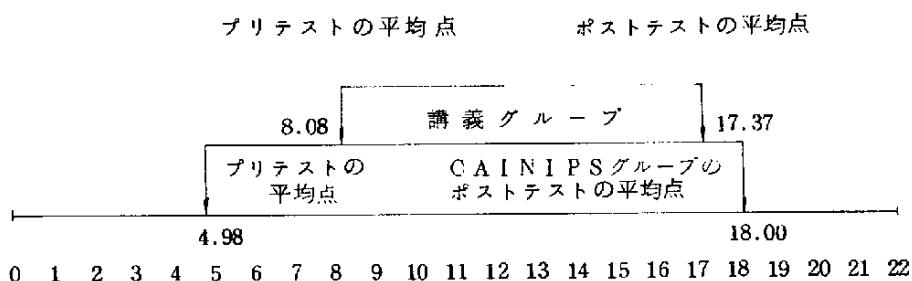


図 8 - 3 実験結果の要約グラフ

表 8 -11 実験結果の要約 CAINIPS対講義

	CAINIPS	講 義	差
全 受 講 生 数	50	62	—
プリテストの平均点	4.98	8.08	-3.10*
ポストテストの平均点	18.00	17.37	0.63
mean gain	13.02	9.25	3.77*
達 成 度 (%)	86.00	78.90	7.10

* = $p < 0.01$

(2) Gain Score (プリテストの得点を一定にした場合)

CAINIPS と講義グループのプリテストの得点の間には有意差があるため、プリテストの得点を一定に保つことにした。この方法においては、プリテストの同じレベルの得点（低，中，高）を取った受講生に対する gain score が、比較された。図 8 - 4 と表 8 -10 に、プリテストの得点を一定にした場合の gain score の差が示してある。

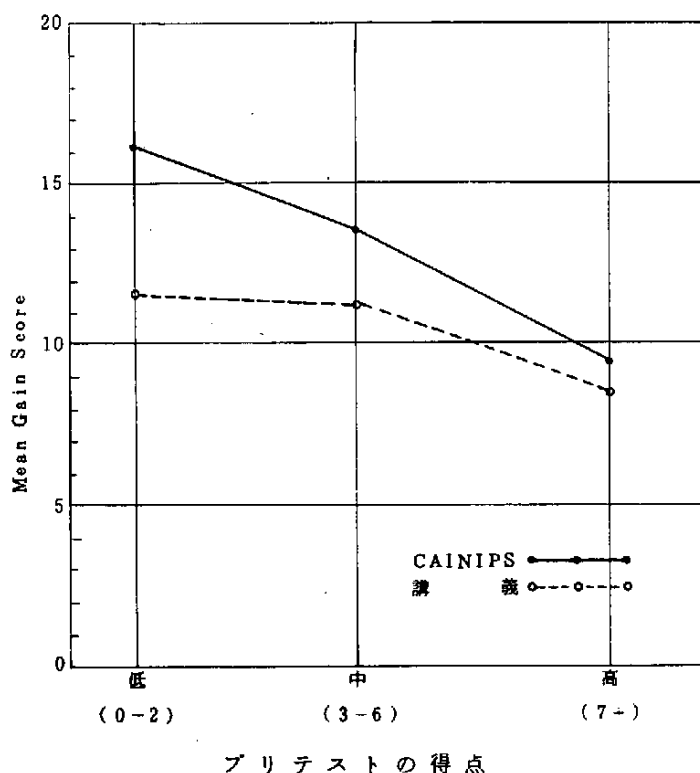


図8-4 Averag Gain Score (プリテストの得点を一定とした場合)

CAINIPS グループのプリテストの得点が低い (0-2) 受講生の MGS と講義グループのプリテストの得点が低い受講生の MGS を比較した場合、CAINIPS の受講生はかなり高い gain をかせいだ ($t=3.21$, $p<0.01$)。又、プリテストの得点が中位 (3-6) である受講生の MGS を比較した場合、CAINIPS の受講生はかなり高い gain をかせいだ ($t=2.21$, $p<0.05$)。さらに、プリテストの得点が高い (7 以上) 受講生を比較した場合、CAINIPS の受講生は、講義の受講生よりもかなり高い gain をかせいだ ($t=5.79$, $p<0.001$)。各々のプリテストのレベル毎に比較した場合、CAINIPS の受講生は、講義の受講生よりもかなり高い gain をかせいだ。

表 8 -12 Mean Gain Score(ブリテストの得点を一定とした場合)

	ブリテストの得点					
	低		中		高	
	N	\bar{X}	N	\bar{X}	N	\bar{X}
CAINIPS	16	16.13	17	13.65	17	9.47
講義	5	11.60	23	11.35	34	7.50
差	—	4.53*	—	2.30*	—	1.97*

注：N=受講生の数， \bar{X} =mean gain score* = $p < 0.05$

(3) Gain Score (データ処理の経験年数を一定とした場合)

データ処理の経験年数が、gain score に影響をあたえるかどうか調べるために、ブリテストの得点と同様にデータ処理の経験年数を考慮することにした。各々のスチューデント・プロフィールから得られる様に、データ処理の経験があると定義される受講生は、最低6カ月の経験のある現役のプログラマ、最低1年の経験のあるシステム・アナリスト、あるいは、最低1年の経験のあるコンピュータ・オペレータのどれかである。

CAINIPS の受講生を経験者と未経験者とに分け、さらに、それぞれの受講生をブリテストの得点の低位、中位、高位に分け、各受講生のMGSと講義の受講生を同様にして分けた各受講生のMGSを比較した場合、CAINIPS の受講生のMGSは、表8-13に示す通りかなり高い。図8-5は、表8-13のデータを図で示している。図8-5からわかる通り、CAINIPS グループに属する経験者と未経験者の両方のMGSは、講義に属する経験者と未経験者よりも高かった。経験者の場合には、有意な統計値は、低い値 ($t = 3.02$, $p < 0.01$) , 中位の値 ($t = 2.14$, $p < 0.10$)そして、高い値 ($t = 1.05$, $p < 0.10$) を取った。未経験者の場合には、有意な統計値は、高い値 ($t = 1.59$, $p < 0.10$) を取った。

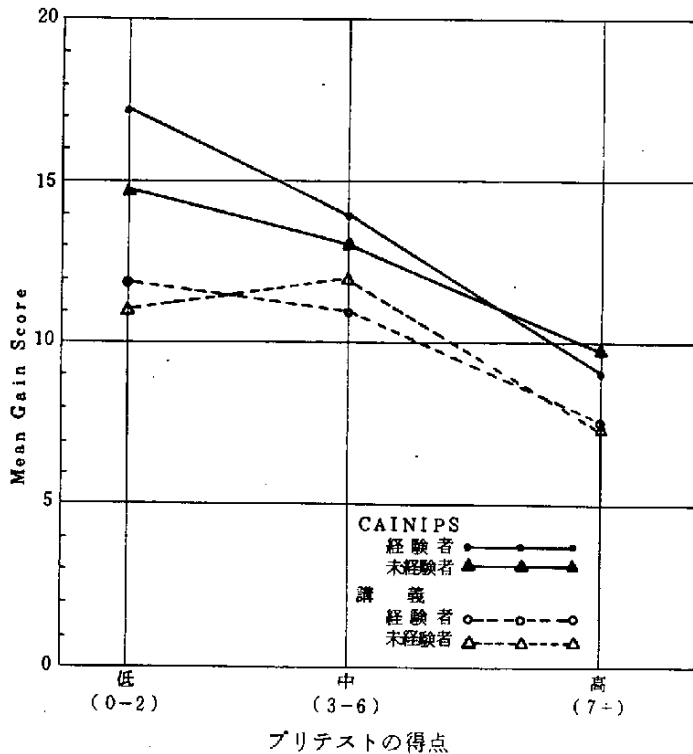


図8-5 Average Gain Score (経験年数を一定とした場合)

ここでわかることは、データ処理の経験のある受講生と未経験の受講生の両者が、学習科目の内容についてはほとんど知識がなく、プリテストの得点が低い場合には、経験者の方が未経験者よりも高い得点を取った。しかし、受講生が学習科目の内容についていくらか知識がある（プリテストの得点が高い）場合には、データ処理の経験年数はMGSに対してほとんど影響を与えなかった。図8-5からわかるように、CAINIPSと講義グループの両方にこのことが言える。

表 8 -13 データ処理の経験と未経験である受講生に対する Average Gain Score

		データ処理の経験			
		経験		未経験	
		N	\bar{X}	N	\bar{X}
ブリテストの 得点が高い	CAINIPS	8	17.38	8	14.88
	講義	4	11.75	1	11.00
	差	—	5.63*	—	3.88
ブリテストの 得点の中位	CAINIPS	10	14.00	7	13.14
	講義	13	10.92	10	11.90
	差	—	3.08*	—	1.24
ブリテストの 得点が高い	CAINIPS	9	9.11	8	9.88
	講義	21	7.52	13	7.46
	差	—	1.59*	—	2.42*

* = $p < 0.10$

(4) 修了時間

CAINIPS と講義トレーニングの両方において、授業を修了するのに必要な時間は、概念を学習するのに要した時間と定義し、練習問題を解く時間は含まれていない。講義を受けた受講生の場合には、概念を教えるに必要な平均講義時間は3時間（180分）で、一定であった。同じ概念を学習するのに必要な平均CAINIPS時間は、1.5時間（90分）であった。表8-14の平均修了時間の比較が示すように、CAINIPSの受講生は、講義の受講生よりもかなり少ない時間で学習を修了していた。

表 8 -14 平均修了時間

	修了時間（分）	
	N	\bar{X}
CAINIPS	45	91.11
講義	62	180.00
差	—	88.89*

* = $p < 0.001$

B. CAINIPS

(1) 実験結果の要約

表 8-15 に、CAINIPS で使用した異なる手法／媒体の組合わせの要約データを示す。gain score と修了時間に対する教育手法の効果を分析するために一元分類の分散分析を適用した。スライド／テープ／プリンタ媒体を一定とした場合、教育手法は、gain score，あるいは、教材を学習するのに必要な時間に対してほとんど影響を与えていないことがわかった。さらに、スチューデントの“t”統計は、スライド／テープ媒体を一定とした場合、教育手法の間には有意差がなかったことを示している。指示媒体を一定にした場合、どのケースでも、前に定義したような教育手法はgain score や修了時間にほとんど影響を与えていなかった。

表 8 - 15 実験結果の要約—CAINIPS

	N	プリテスト の平均点	ポストテスト の平均点	Mean Gain	平均修了 時間	達成度 (%)
NIPS	10	4.10	18.00	13.90	93.00	80
NIPS1A	10	5.60	16.30	10.70	89.00	70
NIPS2	10	3.40	16.80	13.40	102.50	90
NIPS3	10	7.00	19.30	12.30	83.00	90
NIPS4	10	4.80	19.60	14.80	84.00	100

(2) 分散分析—Gain Score

さらに、表 8-16 では、MGS に関して手法／媒体の各種の組合わせの有意な交互作用を検出するためデータを分析した。より高い gain score は、プリンタを使用した両方の教育手法で達成された。しかし、それはダイアログ／チュートリアル手法が一番高かった。図 8-6 は媒体の交互作用のグラフ表示であるが、それによると、チュートリアル手法は提示媒体にかかわらず、一貫して高い gain score を得ていることがわかる。

図8-7は、スライド/テープ/プリンタの組合わせが、特に、プリテストが低いレベルでも、スライド/テープよりもより高いgain scoreを与えていることを示している。コース教材についての知識がたくさんある受講生がプリテストで高い得点を取った場合には、スライド/テープ/プリンタの組合わせによるより高いgain scoreは、頭打ちになった。

表8-16 Gain Scoreに関する分散分析

分散の要因	平方和	自由度	平均平方	下値
A (教育手法)	3.03	1	3.03	—
B (提示媒体)	46.23	1	46.23	2.407 *
A B	11.02	1	11.02	—
級内	691.50	36	19.20	—
合計	751.78	39	—	—

* = $p < 0.15$

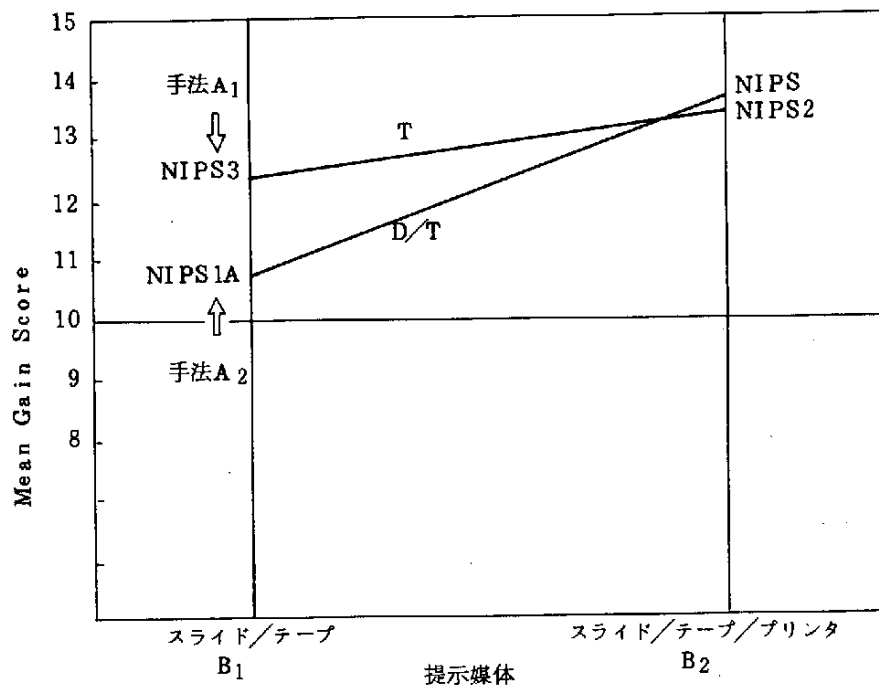


図8-6 媒体交互作用

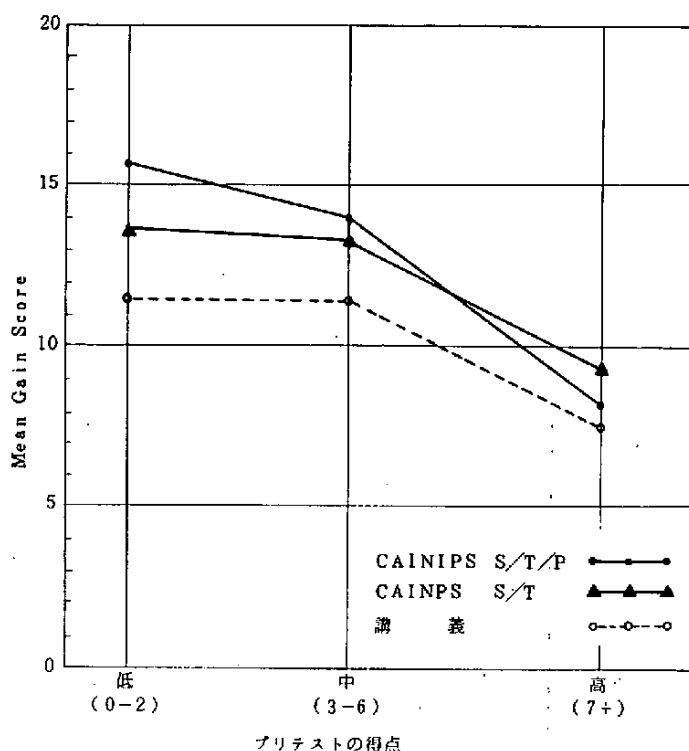


図 8 - 7 提示媒体に対する Average Gain Score
(プリテストの得点を一定とした場合)

(3) 分散分析 - 修了時間

表 8 - 13 は、手法 / 媒体と修了時間の交互作用が有意でないことを示している。教育手法及び提示媒体は、教材を学習するに必要な時間に対してほとんど影響してなかった。さらに、MGS と修了時間の間には、有意な相関がなかった。

表 8 - 17 修了時間に関する分散分析

分散の要因	平方和	自由度	平均平方	下 値
A (教育手法)	30.63	1	30.63	N. S. *
B (提示媒体)	1380.63	1	1380.63	N. S.
A B	600.62	1	600.62	N. S.
級 内	16772.50	36	465.90	—
合 計	18784.38	39	—	—

* N. S. = not significant (有意でない)

C. コスト要素

CAINIPS に対するコスト要素は、次の通りである。

要 員	NMCSSC	I B M
I B M	2028 人時間	
統計 コンサルタント	12 時間	
装 置		
端末とデータ・ホーン	312 時間	624 時間
1440 コンピュータ 使用時間	68 時間	169 時間

このプロジェクトのランニング・コストは、受講生当り平均ラン時間91分として、約23ドルである。これは、コンピュータ時間、データ・ホーン、そして、スチューデント端末の推定コストである。

8.2.5 検 討

前節では、CAI システムは、NIPS トレーニング・コースの1つのセグメントに対して講義よりもかなりよい gain score をもたらし、学習を修了するに必要な時間をかなり短縮したことを示した。最適な手法／媒体／教材／受講生の交互作用は、他の利用可能な手法、すなわち、プログラム学習 (PI)，クラスルーム教育、及び、テレビ教育等の検討も又含まれなければならない。

各々の受講生に対するバックグラウンド情報、すなわち、データ処理の経験とプリテストの得点が、個別教育のために使われる。例えば、プリテストに高い得点を取った受講生の場合には、データ処理のバックグラウンド情報は、高い gain score を保証するためには重要でない。しかし、プリテストに低い得点を取った受講生の場合には、高い gain score とコースの修了を保証するためには受講生のデータ処理の経験年数を十分考慮すべきである。

たとえ、これらの CAINIPS の結果が、講義よりもかなり時間を節約したことが示されていても、よりパフォーマンスを上げることは重要である。CAINIPS は、個別教育を介してより高い gain score をもたらすが、何人かの受講生にとってはこの高いパフォーマンスを得るには普通の講義よりもより長い時間必要と

なる。たとえば、受講生がCAINIPS 教育を受けるのにより長い時間必要であるとしても、これらのデータは、受講生が講義でトレーニングされた受講生よりも多くのことを学ぶことを示している。

手法／媒体の交互作用は、提示媒体を一定にして別のNIPS コース・セグメントを開発する場合に、すでに定義した教育手法のどれでも使うことができ、それらすべては高い gain score をもたらすことを示している。しかし、提示媒体を可変とした場合、プロジェクトの結果は、教育手法の中でチュートリアルがもっとも良く、提示媒体にかかわらず高い gain score をもたらす。ダイアログ／チュートリアル手法が使われ、提示媒体を可変とした場合には、スライド／テープ／プリンタの組み合わせが、スライド／テープの組み合わせよりも著しく高い gain score をもたらす。さらに、この手法／媒体の交互作用データは、より高いパフォーマンスを保証するために受講生のプリテストの得点に関して使われる。例えば、その結果は、受講生がもともとその学習内容について知識がない場合には（プリテストの得点が低い）、プリンタが gain score に関する重要な要因であることを示している。

—— 禁 無 断 転 載 ——

昭和 48 年 3 月 発 行

発行所 財団法人 日本情報処理開発センター

東京都港区芝公園 3 丁目 5 番 8 号

機 械 振 興 会 館 内

TEL (434) 8 2 1 1 (代表)

印刷所 三協印刷株式会社

東京都渋谷区渋谷 3 - 11 - 11

TEL (407) 7 3 1 6

