

44-R 009

C A I 技術の動向

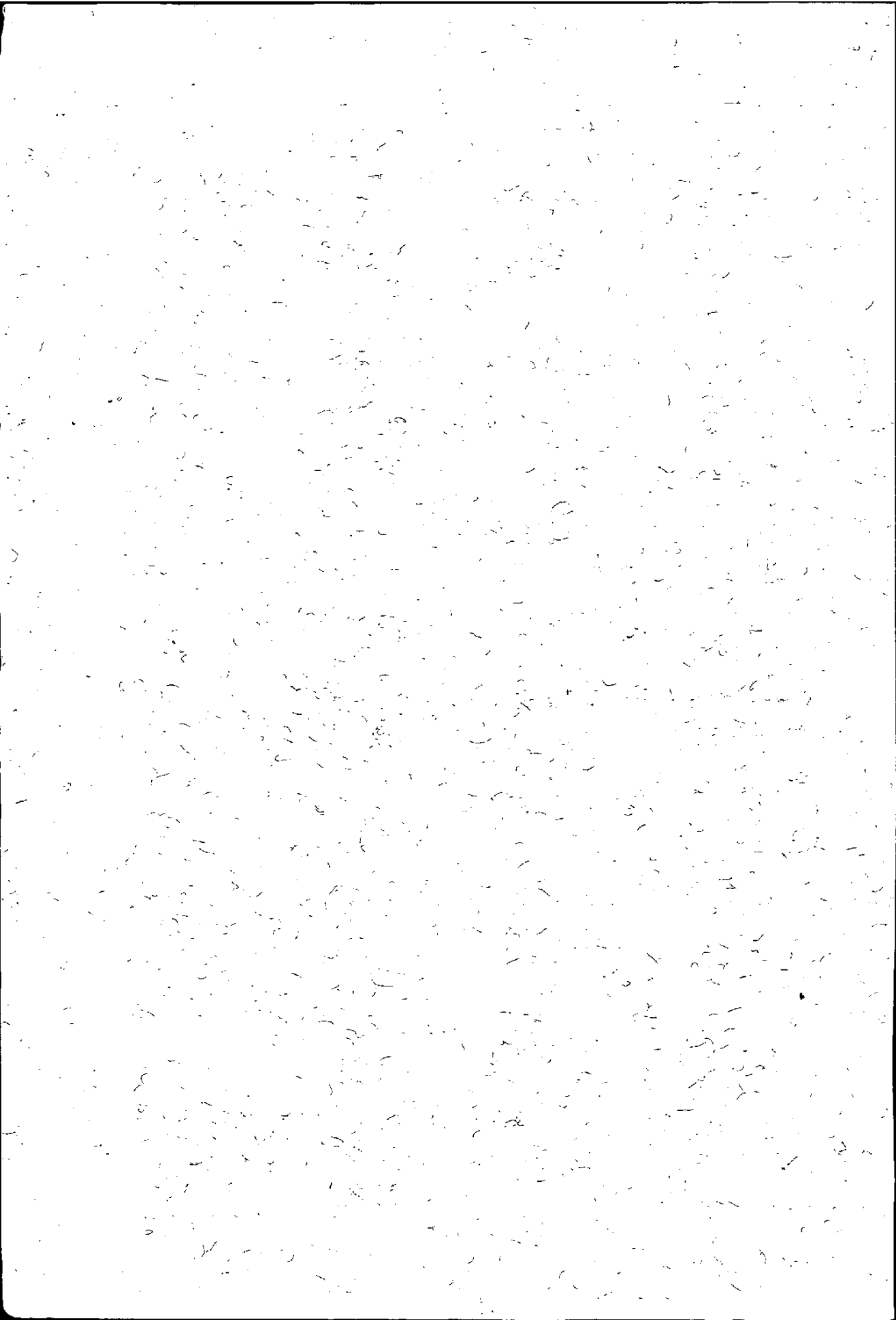
(情報処理システムの動向調査)

昭和 45 年 6 月



財団法人

日本情報処理開発センター



この報告書は、日本自転車振興会の機械工業振興資金による「昭和44年度情報処理に関する調査・研究補助事業」のうち「情報処理システムの動向調査」の一部として実施したものであります。

序 に 代 え て

近年、情報化社会の進展とともに、人間社会の限りなき繁栄と、より高度な社会システムの形式をめざして機まざる創意と努力が続けられており、その基本として教育の重要性が大きくとりあげられるに至っております。社会の発展と並行して教育水準の向上、教育規模の増大と効率化等教育の内容はその変革を迫られており、より高度な教育技術の開発が望まれております。

このような教育上の諸問題を効果的に解決する方法の一つとしてC A Iシステムがあります。電子計算機を利用した教育としてC A Iの技術的進歩はめざましく、学校教育および企業内教育における集団指導あるいは個人指導のいずれの教育面においても、大いに注目されております。

この報告書は、当財団の情報処理に関する調査研究事業の一環として、C A I技術の動向を展望し、C A Iシステムに関する、現状の問題点を検討するとともに、その経済性と将来の可能性について審議した結果をとりまとめたものであります。

ここに当事業にご尽力を賜った情報処理技術動向調査委員会の各委員ならびにこの調査にご支援を賜った関係各位に心より感謝の意を表しますとともに、この報告書が各方面に利用され、わが国情報処理産業の発展の一助として寄与できますよう念願いたす次第であります。

昭和45年6月

財団法人 日本情報処理開発センター

会 長 難 波 捷 吾

情報処理技術動向調査委員会

(敬称略・順不同)

委員長	野	田	克	彦	電	気	試	験	所
委員	辻		三	郎	電	気	試	験	所
	田	村	浩	一	電	気	試	験	所
	白	鳥	英	一	富	士			通
	平	野	睦	房	日	立	製	作	所
	首	藤		勝	三	菱	電	機	
	山	王	堂	英	男	東	京	芝	浦
	山	口	昭	穂	日	本	電	信	電
	小	沢	秀	子	能	力	工	学	開
	東			洋	東	京	大	学	
	江	村	淳	朗	日	本	I	B	M
	犬	伏	茂	之	日	本	ユ	ニ	バ
	甲	賀	将	之	日	本	情	報	処
					理	開	発	セ	ン
					タ				

事務局 (財) 日本情報処理開発センター 技術部研究課

C A I 技 術 の 動 向

目 次

は じ め に

1. 教育における情報処理の動向とC A Iのニーズ.....	1
1.1 C A Iのニーズとその背景.....	1
1.2 C A Iの役割.....	6
1.3 C A Iの可能性.....	8
2. 産業社会よりみたC A Iのニーズ.....	13
2.1 技術者教育の必要性.....	13
2.2 機械工業における教育訓練.....	14
2.3 産業社会からみたC A Iへの期待.....	20
3. C A Iの経済性.....	23
3.1 C A Iと教師による講義の経済性の比較.....	23
3.2 C A Iによる教育効果と経済性.....	30
3.3 経済性からみたC A Iへの期待.....	31
4. C A Iの技術的条件.....	33
4.1 教育情報システム.....	33
4.2 C A Iシステムの構成と機能.....	35
4.3 学習プログラムの作成技術.....	43
4.4 C A I用プログラミングの種類と作成方法.....	61
4.5 学習プログラムの管理方式.....	71
4.6 C A I要員と要員の仕事.....	77
4.7 電子計算機システム.....	85
4.8 端末機に必要な機能.....	91

5. C A I システムの実例.....	105
5.1 STANFORD のシステム	105
5.2 R C A のシステム	117
5.3 G E - T U T O R システム.....	139
5.4 P L A T O システム.....	149
5.5 I B M のシステム.....	161
5.6 U N I V A C のシステム.....	189
5.7 日立製作所のシステム.....	203
5.8 東京芝浦電気のシステム.....	215
5.9 三菱電気のシステム.....	231
5.10 日本電気のシステム.....	237
5.11 富士通のシステム.....	247
5.12 能力開発工学センターのシステム.....	257
5.13 機械振興協会のシステム.....	271
6. C A I システムの開発上の問題点.....	289
6.1 C A I の範囲.....	289
6.2 教育の本質に関する問題.....	291
6.3 情報処理技術上の問題.....	295
6.4 開発費の問題.....	295
6.5 開発体制の問題.....	296
7. C A I の現状と将来.....	299
7.1 C A I に関する意見.....	300
7.2 パネル・ディスカッション.....	318

は　じ　め　に

教育への要望

近年における日本の高度経済成長は世界の驚異的であり、このような高度成長を遂げた理由については種々論議されているが、その多くの理由の中で誰もが異議なく認めているのは、明治以来の日本の教育である。

他方、このような経済成長の歪として公害問題や、住宅、道路、上下水道等の公共事業への投資の不足からくる多くの問題が発生しており、日本の社会全体の進歩には著しい不均衡が生じていることも見逃すことのできない事実である。

高度経済成長が教育の賜とすれば、この社会開発の歪もまた教育とは無関係とは言い切れないであろう。

さて、世界的視野で眺めると、全世界の人口増加率、特に低開発国の人口増加率は全世界の食糧増産率を遙かに上廻っており、世界的な飢餓状態の到来が憂慮され始めている。そして、その対策として教育の振興、特に低開発国あるいは開発途上国の教育の振興が熱望されていることも周知の通りである。

このほか、世界的な傾向として高等教育の大衆化にともなう諸問題が大きくクローズアップされており、教育の量、質両面にわたる改革を望む声が世界中に生じつつある。

また、わが国のような高度成長を続けている国では、技術革新に追隨してゆくための成人教育あるいは企業内の再教育の必要性、労働人口の不足にともなう専門教育期間の短縮等が大きな問題となりつつある。

このように、各方面から要望されている教育の再検討あるいは改革に対する最も有力な手段の一つと目されているのが教育面への電子計算機を中心とする情報処理技術の導入である。

電子計算機の利用

電子計算機の教育への利用面は、教育に関する計画の立案、事務処理、資料の整理、授業への利用等々多方面にわたっているが、もっとも特徴的な利用法はその授業への利用すなわち通称 C A I (Computer Assisted Instruction) であろう。

C A I の典型的な形態は「電子計算機が学習者に問題を提示し、学習者は回答を計算機に与える。電子計算機は回答を検討してその正誤その他所要事項を学習者に教える一方、これまでの学習経過を勘案して次に提示する問題を選定して学習者に示し、以下、上に述べたのと同様の経過を繰り返す。学習者の回答は即座に過去の学習経過に上積みされて以後の使用に供する。」とい

う“一連のパターン”である。もちろん、この繰返しの間に学習者の求めに応じてヒントを与えたり、学習者を煽てたり、慰めたりするなどの工夫が折り込まれる。

なお、電子計算機の授業への利用としてはC A Iのほか、学習者個人の学習科目を選定したり、試験結果を整理、分析したりする利用法がある。これはC M I (Computer Managed Instruction) と呼ばれる。C A IとC M Iとは非常に似通った面があり、かつ学習過程の記録をとったりするような完全に両者に共通の場合もあって截然と区別することは難しいが、C A Iの方がより学習者に直接接触する場面に計算機が出てきていると言えよう。今回の報告書は勿論C A Iを中心としたものである。

C A I の 特 徴

C A Iは10余年前、米軍で防空管制システム“SAGE”の要員教育に大巾に使用して有名になった。そのほかにも軍用あるいは企業内教育用に同じ頃から試みられたほか、一般の学生、生徒の教育にも活用することが大学、研究所等で試みられた。その後も電子計算機の普及発達と並行して米国の諸大学、研究機関等でC A Iの研究が進められ、それにつれて幼稚園生から小、中、高校生、あるいは大学生に対してもC A Iによる一般教育が試みられ、進歩発達を続けているが、もっとも進んでいる米国でも未だ試験的に使われている段階、あるいはC A I自体の研究開発の段階にある。

C A Iは、従来の教師による教育に比べて主に次の利点があると言われている。すなわち

- (1) 多人数が同時に個人個人のペースで学習できる。
- (2) より短時間 (1/3以下の時間とも言われる)に集中的に学習できる。
- (3) 熟練した教師の作った学習プログラムを広く利用することにより、教師のレベル差を補い、かつ熟練教師の不足を補うことができる。
- (4) 教育の改善に必要な資料が豊富に求められ、教育の改革に役立つ。

このように、主な事項のみを拾っても幾つかの利点があるが、その反面、学習端末の機能が教師に比べて格段に劣るため使い難いとか、直接教師と対話しないため授受する情報が片寄るとか数々の欠点も指摘されている。

また、C A Iそのものの歴史が浅いため、上に述べた利点も未だ十分実施に生かされている訳ではなく、単にC A Iが持っている利点として定性的に認められているに過ぎないものが多い。しかしながら最近、冒頭に述べたC A Iへの強い期待に答えて各国の多くの大学や研究機関、計算機メーカー等で教育そのものの研究や、C A Iに必要なハードウェアならびに学習プログラムの開発が意欲的に進められつつあるので、先に述べたC A Iの多くの欠点も克服されて真に有効な教育革新の担い手としてC A Iが広く活用されるのも、そう遠い将来のことではなさそうであ

る。

CAI技術の動向調査報告書について

このような情勢に鑑み、最近のCAIの実情を調査してその問題点を浮き彫りにするとともにその動向を捉えておくことは単に教育界のみならず、情報処理関係者にも極めて有意義なことと考えられる。そこで日本情報処理開発センターでは委員会を組織して「CAI技術の動向」について調査し、その成果を得たので、ここにその結果をまとめて報告書とした。

報告書は、CAIの教育ならびに社会的な意義についての考察にはじまり、その経済性を検討し、ついでCAIの学習プログラムとその作製、管理等に関する事柄について述べるとともにハードウェア面（電子計算機システム、学習端末等）について実情を紹介し、さらに内外の代表的なCAIシステムについて調査した結果を解説している。そしてCAIを開発する際に遭遇する問題点を総括し、最後にわが国の関係者によるCAIの展望に関する座談会の記録を取りまとめて結びとしている。

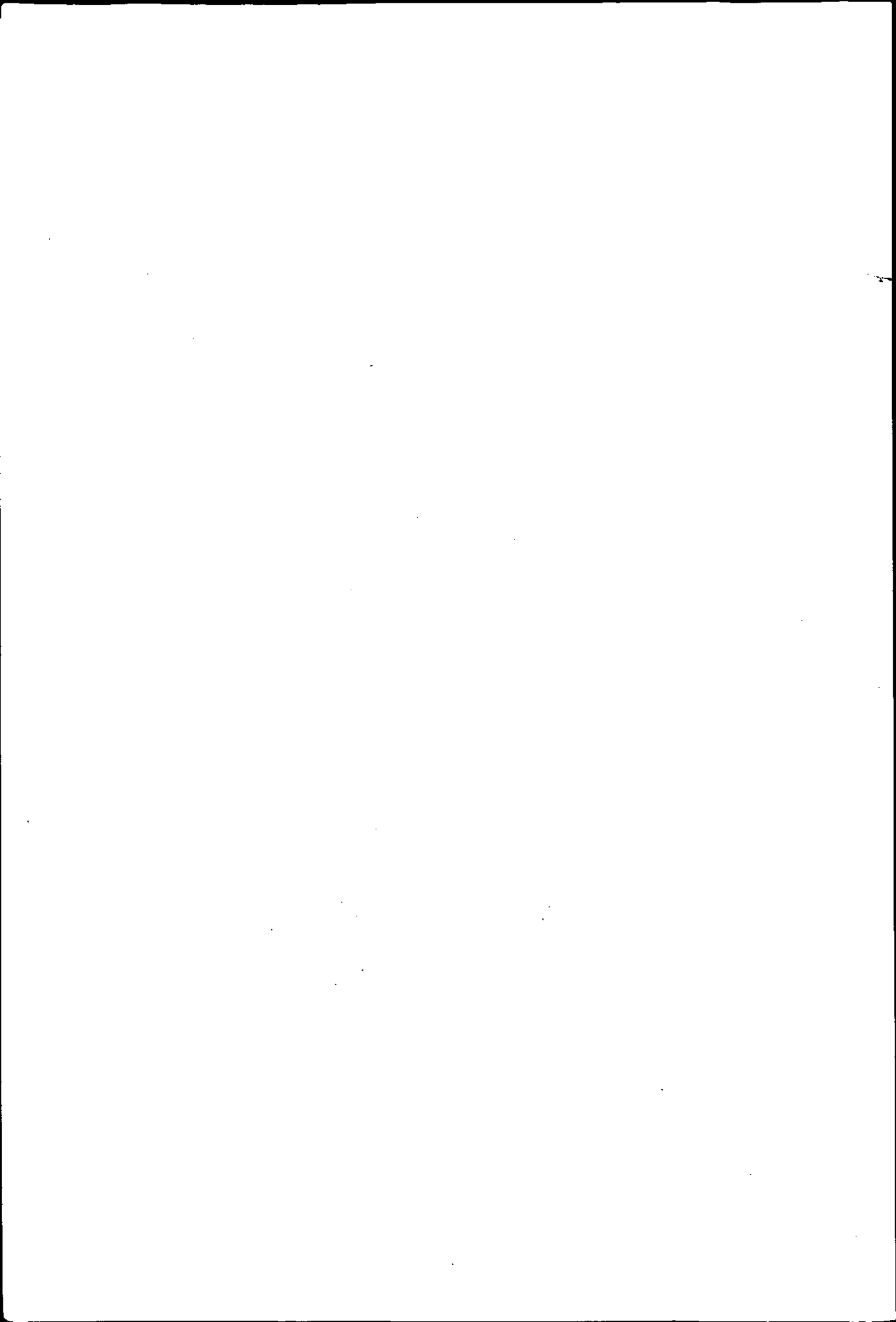
先にも述べたように、CAIはまだ未開の沃野である。したがって純教育学的見地からも、また教育への情報処理技術の利用という見地からも、これから開発すべき事柄が極めて多いが、とくに、教育に関する研究の重要な武器として、あるいは直接教育を実施するのに必要な道具として、電子計算機およびその技術に期待するところがまことに大である。

最近わが国においてもCAIはにわかに注目を集め、多くの大学や研究機関等で実験や装置の開発が行なわれ始めたことはご同慶の至りである。

この報告書が、ようやく芽生え出した日本のCAIを今後正常な姿で成長させるために多少なりとも寄与できれば幸である。

情報処理技術動向調査委員会

1. 教育における情報処理の動向とCAIのニーズ



1 教育における情報処理の動向とC A Iのニーズ

1・1 C A Iへのニーズとその背景

コンピュータを用いて情報を提示したり、学習者の反応に対するフィードバックを制御したりする教授システムを、Computer Assisted Instruction, Computer Aided Instruction, Computer Based Instruction 等とよび、CAIまたはCBIと略している。

近年になって教育方法においてCAIが大きくクローズアップされるようになった背景は決して単一ではない。大きくわけて、社会的な条件、教育内容的な条件、および、教育方法的な条件を指摘することができる。

社会的な条件としてもっとも顕著なものは、教育人口の増大である。わが国においては明治以来、義務教育として国民全体が初等教育をうける制度になっていたが、最近では義務教育をおえて、高校に進むものが、人口の80%をこえるにいたっている。このような教育人口の増大は、当然、被教育者の能力適性の巾の拡大を意味する。かつては一応の読み書きができれば、それ以上の教育は、あればあるに越したことはないけれども、無くても社会生活にさしつかえのないもの、というように受け取られていたし、事実においてそうであった。ところが近年の科学技術の進歩と社会の複雑化とは、すべての市民により進んだ知識、技能を要求するようになってきている。そこで簡単にいえば、近年の教育の大きな課題としてより多くの人々に、より高い教育をあたえる必要が生じてきているといえる。この目的を達成するためには、一方では教育の個別化がおこなわれなければならない。能力がだいたい一様である集団に対しては、一斉授業でも相当な効果をあげることができるし、また、教育の個人の福祉に対する役割がそれほど大きくない場合には、脱落者はやむをえないものとしておくことも正当化されえた。しかし、教育を効果的にうけることが個人の福祉にとって、絶対的な必要条件であるということになると、社会はその制度化した教育の過程や進度にうまく適合しない者をおきざりにしてゆくことは許されない。そこで各個人の能力や関心に適合した教育を施すのが社会の側の義務となる。社会がこの義務をはたすためには従来よりもはるかに個別化された教育システムを準備する必要がある。さらに教育人口の増大とあいまって、社会はより多くの教師を準備しなければならない。ところが実際問題としては、よく訓練されたすぐれた教師を短期間に、多数補充するということは、経済的にも技術的にもきわめて困難である。そこで急速に発達しつつある電子計算機によって、この教師の不足をカバーできないかということが研究されるようになった。

次に、教育内容的な条件としては、近年における人間の知識の急速な増大と変化とをあげることができる。人の必要とする知識が、比較的安定して不変であった時代においては、教師はその学習時代において獲得した知識、技術を次の世代に伝達してゆけばよかった。ところが、現在では教師は教員養成課程において獲得した知識のみをもって子ども達を教えてゆくことはできない。教師自身が学習をしつづけて、知識の増大と変化についてゆかなければ、次の世代を新しい時代に向って準備することはできないのである。ところがたとえ、最も良心的な教師であっても、自分が特に専門としていない領域にまでおよんで、現在、人類がもっている最新の知識の角度から教育内容を構成し、咀嚼して子ども達に伝えるということは、ほとんど不可能である。電子計算機に貯えられる情報は、それぞれの専門家の助けをえて、たえず人類の知識の増大と変化とに対応して組みなおしてゆくことができる。そこで、電子計算機が、単に教師の代役をするということだけではなく、このような教師の限界をおぎなう、さらにすぐれた教育をおこなうという可能性も考えられるようになった。

だが、電子計算機による教育が現在のように切実に問題にされるようになった最も直接的な動機は、近年における教育方法の理論的な進歩である。1950年代におよんで、学習研究が広い範囲にわたって教育が応用されるようになった。なかでも代表的なものとして、スキナーによるプログラム学習をあげることができる。

スキナーによれば、行動は物理的な環境条件の関数である。しかしこの関数関係は、ふつう、完全な一対一の対応ではない。一定の環境条件に対して生じ得る反応は無数にあり、その生起の可能性はひとつの確率分布をなしている。いいかえれば、こういう確率分布の形が環境条件の関数なのである。そして、或る環境条件のもとで或る反応が生じてそれが強化されれば、次の同様な場面においてその反応があらわれる確率が増すから、こういう仕方での場面にむすびついた反応の生ずる確率だけが非常に高くなる。そのように、この確率分布を変形することにはかならない。それはどのようにして可能であろうか。

望みの反応が放置しても相当に高い確率をもってあらわれるようなものならば、そのあらわれるのを待って強化することによってだんだんにその反応の出現確率を高め、ついにはそれを100%までもってゆくことができる。これは古典的な試行錯誤学習に他ならない。しかしこのような方法では正反応があらわれるまでの試行は無駄になるし、非常に特殊化した、放置した状態のもとでは、出現率がゼロに近い反応を学習させることはきわめて困難である。

このように非常に特殊化した、したがって放置すれば出現の確率がゼロに近いような学習を成立させるにはどうしたらよいか。これを体系だてたのがスキナーのシェイピングの考え方である。その基礎として、まず反応が特殊化していくのは連続的なプロセスであって、それを細かいステップにわけて一段づつ強化していくことができると考える。

たとえば、大きな箱の壁面の一箇所に点が表示されており、鳩をこの箱にいれるとすぐにそこまで歩いて行って首をのぼしてその点を突くように訓練したかったとしよう。はじめは箱の中で点の方に少しでもむけばえさをあたえて強化する。そうすると点の方向に向く反応の生ずる確率が高くなる。そこでこんどは点の方向に向って少し動かなければえさを与えないようにする。それからだんだんに点の近くにいかなければえさを与えないようにし、それから点の方に首をのぼさなければ、そして最後には点を突かなければえさをやらないようにする。こうして、箱にいれるとすぐひとつの壁のところに歩いて行って点を突くという非常に特殊化した反応が形成（シェイプアップ）される。

けれどもこれではまだ強化されるべき反応の出現を待つという、偶然に依存する無駄が介入する。そこでさらに、条件の統制による反応の統制ということが考えられる。反応は環境条件によって触発されるものであり、反応が確率的であるのは、刺激条件が十分に統制されていないためであると考ええる。したがって特定の環境条件に対する反応の確率分布に変化をもたらそうというならば、前に述べたような強化の手法によるほかに、環境条件にさらに特殊な制約ないし手がかりを加える方法もあるわけである。たとえば、鳩にスキナーボックスのかかり窓を突かせるのに、鳩をその窓の前に固定しておけば、箱の中を自由にうごきまわらせておくよりも窓を突く確率は高いわけである。人間ならば言語的な暗示や命令をつけ加えることが反応の確率を大きく変化させる働きをもつことはいうまでもない。

ただ訓練の場合は、ふつうコントロールされた条件においてのみ、望みの反応があらわれたのはいけなくて、コントロールを加える以前の条件に対しても望みの反応があらわれるようにならなければならない。そこで、練習による反応確率の変化と、刺激条件のコントロールによるそれとが併用されて、シェイピングの技術を形成することになる。

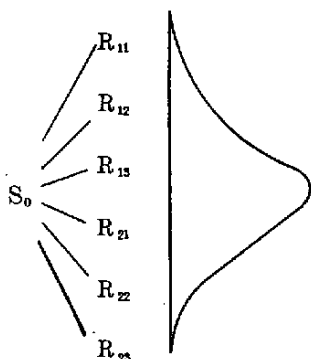
図1-1において、目標は一般的な条件 S_0 に対して常に特殊な反応 R_{11} を以って反応することだったとしよう。ところが S_0 は一般的な条件であるから、これに対してさまざまな反応がそれぞれの確率をもって結合しており、 R_{11} はきわめて生起の確率が低い。そこで S_0 にコントロールないし新しい手がかりを加えて R_{11} を生じやすくしなければならない。はじめから R_{11} の確率を非常に高くするに S_0 にきわめて多くのコントロールを加え特殊化しなければならない。そういう特殊化した条件に対して R_{11} を強化しても、ふたたび一般的な S_0 にもどした時には R_{11} は生じないだろうと思われる。そこではじめから R_{11} をねらわず、まず S_0 に対して可能な反応の集合全体のうちで、 R_{11} をふくみかつ相当に生起の確率の高いいくつかの反応をふくむ下位集合を并別する。そのうえで、 S_0 にわずかの手がかりを加えれば、あらわれる反応のほとんどすべてがこの下位集合の要素であるというようにできる。そこでこの $(S_0 + S_1)$ という条件に対する R_{11} 反応を強化する。そしてふたたび S_1 をとり除いて S_0 にもどしても、 S_1 はわずかな変化であるから強化の効果は容易に—

図1-1

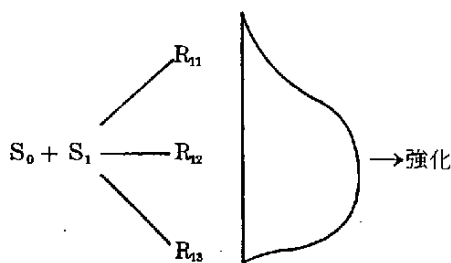
目 標

$S_0 \rightarrow R_{11}$

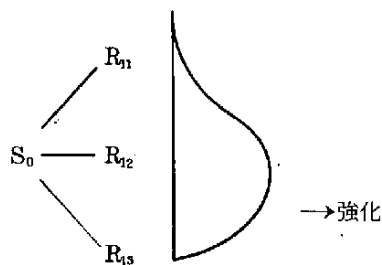
現 在



第 一 段 階



第 二 段 階



第 三 段 階

$S_0 + S_2 \rightarrow R_{11} \rightarrow \text{強化}$

第 四 段 階

$S_0 \rightarrow R_{11} \rightarrow \text{強化}$

般化して、 S_0 に対してもほとんど常に R_{11} が生ずるようになる。今度は生起する可能性のある反応の数が少なくなっているので R_{11} の生起確率は前よりずっと高くなっている。

そこで別のわずかな手がかり S_2 を加えると、 R_{11} が常に生ずるようになる。 $(S_0 + S_2)$ に対する R_{11} 反応を強化してから S_2 をひっこめても、 S_0 に対し R_{11} がやはり常に生ずるようになる。こういうステップの数は、必要とあればいくらか多くしていいわけである。

このような理論に従って教育をおこなっていくためには、当然きわめて精密な教授学習過程の管理が必要になる。たとえば、学習者が反応をおこなったならば、即座にそれに対するフィードバックが教授者の方からかえってゆかなければならない。しかも学習者が反応をおこなう機会は各ステップごとに、設けられているので非常に多いことになる。もしも教師がこのような管理を行うとしたらば、一人の学習者に一人の教師がほとんどつききりにならなければならない。そこでスキナーはプログラム学習の理論を展開した当初から、教育機械（ティーチング・マシン）をあわせて考えていた。だが、初期のスキナーのプログラム学習理論を機械化するためには、まだそれほど複雑な装置は必要ではなかった。ところが、元来スキナー型のプログラムは、シェーピングを連続的な過程として考えているが常識的に考えて、このような連続モデルが現実の教科学習に妥当するかどうかは疑問である。所与の情報からさらにどれだけ多くの情

報をみちびきだすことができるかには、その学習者の能力および彼がすでにうけた訓練の量にしたがってかなり大きなばの個人差があるというのが、日常の観察および測定の教えるところである。だとすれば、たとえ必要な学習の系列が一本すじであったとしても、各個人がそのすべての点をひとつひとつふんでゆくのではなく、自明な情報は自分で補いながらとびとびにとんでゆくのではないか、そして、その跳躍のはばには能力および訓練の程度に応じた個人差があるのではないか、ということが考えられてくる。この考えが正しいければ、能力の高い者にも低い者にも同じステップきざみで学習させるので、能力の高い者にとっては非能率だということになる。

実際、プログラミングによる学習能率の向上は能力の低い者においていちじるしく、高い者においてはそれほどでないという研究結果がいくつか報告されている。これは、その教材がたまたま、能力の高い者にとってはあえてプログラムを必要としないぐらいに容易であったため、能力の高い者にはプログラム学習が必要ではないという一般的結論を正当化することにはならないのである。とにかく、能力がちがえば必要とするステップもちがってくることはあきらかである。

そこで、各個人に一番適したステップの系列を使えばもっとも能率的に学習できるだろうというのが、個別プログラムの基礎になる考え方である。

個別プログラムでは、それぞれのステップにおける反応によって、その学習者が次にどのような情報を必要とするかを判定してそれを与える。そこで人によって経過するステップの系列が同じではなく、さまざまな枝わかれを示すことになる。

このような個別的な枝わかれをさせてゆくことになる、学習者の能力やそれまでの経験、知識等に応じて枝わかれが行なわれることになるが、その妥当な遂行のためには非常に多くの情報を勘案しなければならない。そこでいわゆる枝わかれ型プログラムを実施するための複雑な装置が種々考えられたが、結局コストが高すぎて、広く実用化されるにはいたらなかった。その間に電子計算機の時分割システムの開発がすすみ、むしろ多くの教授端末を大型の電子計算機によって制御させ、複雑な枝わかれをおこなった方が経済的ではないかと考えられるようになった。

かつ、電子計算機による制御は単に枝わかれの制御だけではなく、すでに発達しているスライドプロジェクタ、テープレコーダ、映画、ブラウン管提示、タイプライタによる文字提示等を多角的に制御して、実際の教師が行いうるよりもはるかに複雑多彩な提示機能を持つこともできるようになった。

プログラム学習の理論はいわゆるS-R強化理論に即応してつくられたが、これとはほぼ時を同じくして、やはり心理学の立場から教授法に強い影響を及ぼしたブルナーらの発見学習の主張がある。強い関心をともないながら学習する能力が形成され、かつ情報がよりよく定着するように学習が進行するためには、教師を通じて既成の情報が伝達されるのではなく、学習者自身が情報を発見する活動を行なう必要があるという主張である。ふつうのプログラム学習ではこのような

発見学習をおこなわせることはむずかしい。プログラム学習は形成される行動を specify し、それに至る道程を prescribe するが、発見活動にあっては目標とする行動も、それに至る道程も学習者に依存するので多様で発散的だからである。ところが一方、まさにそういう性質ゆえに一斉授業の形式になじみにくいので、個別にティーチング・マシンで学習させることができたという要求も強い。これを解決するためには、きめられたすじで進んでいくプログラムでなく、網の目のように情報を組織し、いろいろな道すじでこの情報網を辿ることができるようにする必要がおこる。この場合も、電子計算機の力をかりる必要が生じてくる。

このようなわけで、教授方法に関する心理学的な研究や理論の発達に CAI の開発の有力な動機であった。それに加えてもうひとつ、より一般的な動機を指摘できる。

1950年代になって、スライドプロジェクタ、オーバーヘッドプロジェクタ、映写機、テレビなどの電気、電子機器や、教授補助機器が急速に教室に導入されるようになった。一般に機械器具は人間のもつ機能をなんらかの意味で拡大するはたらきを持つもので、この進歩は当然それぞれの教師の教授能力の拡大をもたらし得たはずである。しかし一方、ほとんど必然的にそれは教師間の教授能力の差の拡大をも意味した。すぐれた教師が進んだ機器を活用すれば教授能力がいちじるしく伸びるが、能力の低い教師の場合は使いこなせないでむしろペースを乱されて、前よりも教授能力が下がってしまうことさえある。そこで機械化を一步すすめて機器をどこでどう使うかに関する判断をも機械化しようという考えが生れてくる。ここでも当然念頭にうかぶのが電子計算機の使用である。

1・2 CAI の役割

Stolwof (1969) は CAI のはたらきを Problem solving mode, Drill and practice mode, Inquiry mode, Tutorial mode および Author mode に区別した。このうち、Problem solving mode は学習者が自分の、主として数理的な問題解決のために電子計算機を使ってプログラムしたり既成のルーティンに従って使用したりすることで、いわゆる計算機としての利用である。Drill and practice mode というのはあらかじめ準備された訓練プログラムを提示し反応を記録するはたらきで、一本すじのプログラム用ティーチング・マシンが大がかりになり、かつ記録を保存再生するようになったものと考えてよい。Inquiry mode は学習者のもとめに応じて情報を提供するはたらきで、事典的ないし図書館的機能を電子計算機に果させるわけである。それぞれに電子計算機の性能を活用しているとはいうものの、特にことあたらしく CAI と称する必要があるかどうかは疑問である。とりたてて CAI とよぶのに適するのはやはり Tutorial mode および

Author mode に於てであろう。

Tutorial mode というのは、学習者の反応に応じてプログラムが柔軟に枝わかれする形である。通例、学習者への通信には、電子計算機によって制御されるテレタイプ、スライド、映画、録音された音声、ブラウン管 (CRT) などが用いられる。Tutorial mode で技術的な問題は、これらの出力装置を自在にかつ即座に制御するためのランダム・アクセスである。テレタイプやブラウン管は特に問題はなく、スライド提示でもランダム・アクセスの問題はほぼ満足に近いところまで解決されているが、音声や映画に関しては、場合によってとり出し時間が長くなりすぎるのを完全に避け得るまでには至っていない。学習者から電子計算機への通信装置、すなわち入力装置になるとさらに技術的な制約が大きく、電子計算機のパターン認識能力が限られているために音声や筆記文字を自由に使うことは不可能で、テレタイプ、多肢選択電鍵などをなかだちにすか、ライトペンで情報提示面上の位置や長さを示すのがせいぜいである。

さて、Stolwos は、このような Tutorial mode でのほたらきの中に、さらに teacher function と professor function の2水準を区別した。プログラムのルールが、基本的に「提示Aに対してXという反応をしたならば次にBを示せ」という形にとどまっている場合が teacher function である。

これに対して、professor function というのは、このような teacher function のルールをいくとおりも準備し、また学習者の履歴の型や反応の型を解釈するプログラムをもそなえ、「もし履歴にもとづいてX型と判定される学習者が、プログラムの一定部分に対しZ型の反応をしたならば、ルールaでなくルールbを用いよ」という形の決定をするのはたらきである。たとえば、知能が高く達成動機も高い学習者には、誤答をしてもあまりすぐに完全な説明を与えず、さらに誤答をかさねる危険をおかしても小さいヒントを与えるだけでやりなおさせるようなルールの方が適切かもしれない。

だが実際のところ、CAI に professor function を持たすようなプログラムを作成するには、われわれの教授学習過程に関する知見があまりにも限られているので、そこに Author mode における CAI のはたらきが求められることになるのである。

次に、Author mode について述べよう。学習プログラムを書く上でいつも問題になるのは、われわれがどういうプログラムが最善であるかということ、特に、どういう個人にとってどういうプログラムが最適であるかということを実際に予測する理論をもたないということである。

たしかに、学習理論を背景にしたプログラミングの理論というものには存在し、それにもとづいてさまざまな刺激提示の手法を組み合わせる一般的な方略はたてられるが、たとえば特定のプログラムの特定の位置に、フェーディングの一段階として置かれたあるフレームが、それぞれの学習者のために適切であるか否かは示さない。こういうことは、手さぐりの経験を集積しそれを分

析して徐々に修正していく他はない。

CAI のようにきわめて多様な枝わかれしたプログラムを書くのにそれぞれのデシジョン・ポイントのためにいちいち試行錯誤的なデータを集積していたのでは大変な仕事になってしまう。

そこで、せっかく電子計算機が巨大な情報処理能力を持っているのであるから、ただあらかじめ定められたプログラムにしたがって情報を提示し反応を記録するのにとどめず、その記録を分析してプログラムを修正するところまで電子計算機にやらせようということが考えられる。経験によって電子計算機の反応が変化するわけで、learning machine としての性格をそなえた teaching machine ということになる。

このようなところみを発展させるためには、フレームの特質、学習者の特質をそれぞれどのようにおさえていくか、また、特定の性質をもった学習者が特定の性質をもったフレームに特定の仕方でも反応した場合、次にどのフレームに進ませるかを判断する基準をどう定めるか、などの処方が必要である。きわめてミニチュア・スケールにおいてであるが、Smallwood (1962) がその試みをおこなっている。

1.3 CAI の可能性

ここで、CAI の将来の可能性について考えてみたい。

現在の段階において、CAI が実際の教育に大きな役割を演ずることを妨げている条件が三つある。その第一は、電子計算機のコストの問題である。電子計算機はまだきわめて高価であり、その時間あたりの使用料も高価である。そのかわりきわめて高速にはたらくから、結果として同じ仕事を人にやらせるよりもはるかに安くあがり、かつ仕事の精度もよいわけである。ところが個人の学習は電子計算機の数に比べて非常にのろい過程である。問題を示されてから答えるまでわずか数秒でも、電子計算機にとっては非常に多くの仕事ができる時間である。まして考えこんだりしたならば、使用料の無駄は大変なものになる。電子計算機が一時に一人の学習者しか相手に教育できないならば、よい個人教師をつけた方が安上りである。

ただ、電子計算機の価格は着実に下降しつつあるし、一台の機械が時間をこまかくこま切れて使って、見かけ上は同時にたくさんの仕事をする時分割 (time sharing) システムも実用化しつつある。米国のスタンフォード大学の CAI システムは同時に 300 のターミナルの面倒をみることができると称している。そこで、コストの点だけでいえば、採算がとれるようになるのはそれほど遠いことではないと思われる。

だが、第二のより困難な障害がある。それは入出力装置の不自由なこと、つまり、情報を提示

する手段や学習者の反応を認知する手段がきわめて限られているということである。特に入力装置の方は、選択肢の押ボタンとか、テレタイプ、それにブラウン管のどの位置を指しているかを機械に認知させることのできるライトペン、といった程度である。教師は子どもの音声言語を理解し、書いた文字を読み、動作や顔色まで認知するが、機械はそれができない。CAI はいわば盲目で聾の教師のようなものである。しかもこの欠点は電子計算機が広いパターン認知をできるようにならなければ克服されないが、その可能性については電子計算機の専門家もあまり楽観的ではない。さらにタイプ印字の習慣の普及していないわが国にあっては、テレタイプの使用さへかなりの困難をとまなう。このような難点をかかえているがゆえに、CAI が実際の教師による教育のかわりをするところのできる領域は、当分の間はきわめて限られているといわなければならない。

第三の難点はもっとも重大である。教え方の原則にしたがってプログラムすればそれを正確に実施するのはCAIの利点である。しかし現在のプログラミングの理論や技術は、電子計算機の性能を十分に活用しきれるほど複雑なプログラムを組むまでになっていない。特定の個人に対して、いくとおりもある項目のうちのどれを提示するのが最適かを決定しうするためには、個人の能力、態度、履歴などと最適教材との交互作用の生じ方が定式化されなければならないが、このようなことに関する心理学的研究がある程度進歩をみせはじめたのは最近数年のことにはすぎない。もうひとつの行き方としては、すぐれた教師が実際に授業場でさまざまな学習者や課題に応じて教授活動を制御してゆく決定の構造をとり出してシュミレートする方法があるが、これを可能にするような授業分析の資料はさらに乏しい。要するに、現在われわれが明瞭に定式化しう程度の枝わかれの原則ならば、大型電子計算機の能力を動員しなくても、ずっと安価なティーチング・マシンで実施できるのである。

Smallwoodはみずから十分に意識せずに、かつ実用的というにはあまりにも単純化された形においてではあるが、従来他のCAI関係者があまりとりあげていないAuthor modeの実験にふみこんでいる。すなわち、教師に適切なプログラムをブレスクリップする役割をもつ者（仮に研究者とよぼう）の機能をCAIに期待するのである。Smallwoodのプログラムは機械がみずから試行錯誤をしてプログラムを変えていくことを可能にしている。すでに述べたように、教授過程における諸デシジョン・ポイントで最適な決定を行うには心理学および教授学の現段階の理論は不十分で、それを一応の作業仮説をしながらもさらに多くの試行錯誤を通じての経験的修正を加えなければならない。この作業を、研究者のかわりに電子計算機がおこなうようにするのである。大学や研究所にCAIシステムを準備し、何百人かに学習させるうちにいくとおりかの標準コースが見出されてくるであろう。もちろん、標準コースといっても必ずしも一本すじでなく、それぞれのつまずきに依じた修正回路はくみ得るわけであり、それにしたがってよ

り簡単なティーチング・マシンのためのソフトウェアが準備される。実際に「現場」で使用されるのはこのようなティーチング・マシンで、現在用いられているような VTR、音声スライド提示装置、テープレコーダなどに若干の工夫を加えればかなりのことはできるようになる。場合によってはブック形式にしてもよい。

このように、教師を補助するためのティーチング・マシンのプログラムを開発する研究者の機能を電子計算機におこなわせることだと、さきに述べた CAI の諸難点はあまり問題にならない。大学や研究所では他にも電子計算機の用途は多いので、時分割システムさえ完成すれば（そしてそれはわが国でももうごく近い将来のことであろう）コストの点での困難は少ないし、ごく一般に利用されるプログラムが作れるならば相当なコストも正当化されるだろう。入出力装置の制約は、より一般的なティーチング・マシンの性能をこえてはならないわけでむしろ必要な制約だということになる。そしてプログラミングの理論の未発達な現在では、まさにそこで CAI のはたらきが期待されているのである。

もうひとつの将来性のある CAI の用途としては、幼児教育、特殊教育、治療教育などにおける、刺激提示と強化との精密な管理が考えられる。過去 10 年ほどの間に、これらの諸分野で、オペランド学習理論にもとづく方法が急速に開発されはじめた。たとえば「応答する環境」は、Moore のトーキング・タイプライタの発展として、幼児がタイプライタで全く自由に遊ぶうちに、自然に有意義な語や文を綴れるようになるように環境からのフィードバックをプログラムしたものであるが、綴字だけでなくいろいろな技能の訓練にも同じような方法が可能であろう。また Schaefer はカリフォルニア州の精神病院で自閉的な患者の症候の治療のため、ドアの開閉から水飲み場の使用まで、患者の欲する事態が对人的に積極的な反応の発現とコンティンジェントに、その強化として生ずるように病棟を装置して効果をあげたと報告している。このように学習者の自発的な意欲が低かったり、意図的な行動の統合が充分でないような場合の学習を効率的におこなわせるためには、刺激、反応、強化の時間的な関係が適切であることと、強化率があまり低くならないこと、などが必要で学習者各個について、自由活動場面での不断の環境管理がおこなわれなければならない。遊戯室、作業室、病棟などの環境が提供する多様な刺激場面や、それへの反応に対するフィードバックを電子計算機によって制御して、特定の症候の集約的な治療や、特定の技能の集約的な訓練に用いることは、現在まだあまりおこなわれていないけれども、近い将来開発されるであろうし、また開発されなければならないと考える。

もちろん、イリノイ大学 PLATO システムやスタンフォード大学のシステムのように、入出力装置を多様化してできるだけ完全に生身の教師の全機能を代行し、よりよくおこなうようにしようという試みも貴重ではあると思う。しかしそれは、思考のシミュレーション研究などと同じように、研究として貴重なものであって実用面では近い将来に限っていえばあまり飛躍的な発展はな

いのではないと思う。われわれがよい教授理論を持っていればそれをシミュレートした CAI システムはよく教え得るはずである。その教授理論を体得した教師の授業では、教師の洞察が理論の欠陥をおぎなってしまうから本当の勝負はつかない。また、われわれが何事かを教える方法を確実に知っていれば、それは電子計算機のプログラムに書けるはずである。知ってはいるけれどもプログラムに書けないというのは、実はあいまいに感じているからである。こういう意味では、完全な CAI システムのソフトウェアの作成は、教授についてわれわれの知る限りのことのシミュレーションとして、教育方法研究者にとってのチャレンジである。

教育における電子計算機の利用は CAI に限られるわけではない。教材情報の管理、テストのアイテム・プール、学習者の学習記録の保管等、多方面への利用が考えられる。

文 献

Smallwood R. D., A Decision Structure for Teaching Machines. Cambridge; The MIT Press, 1962.

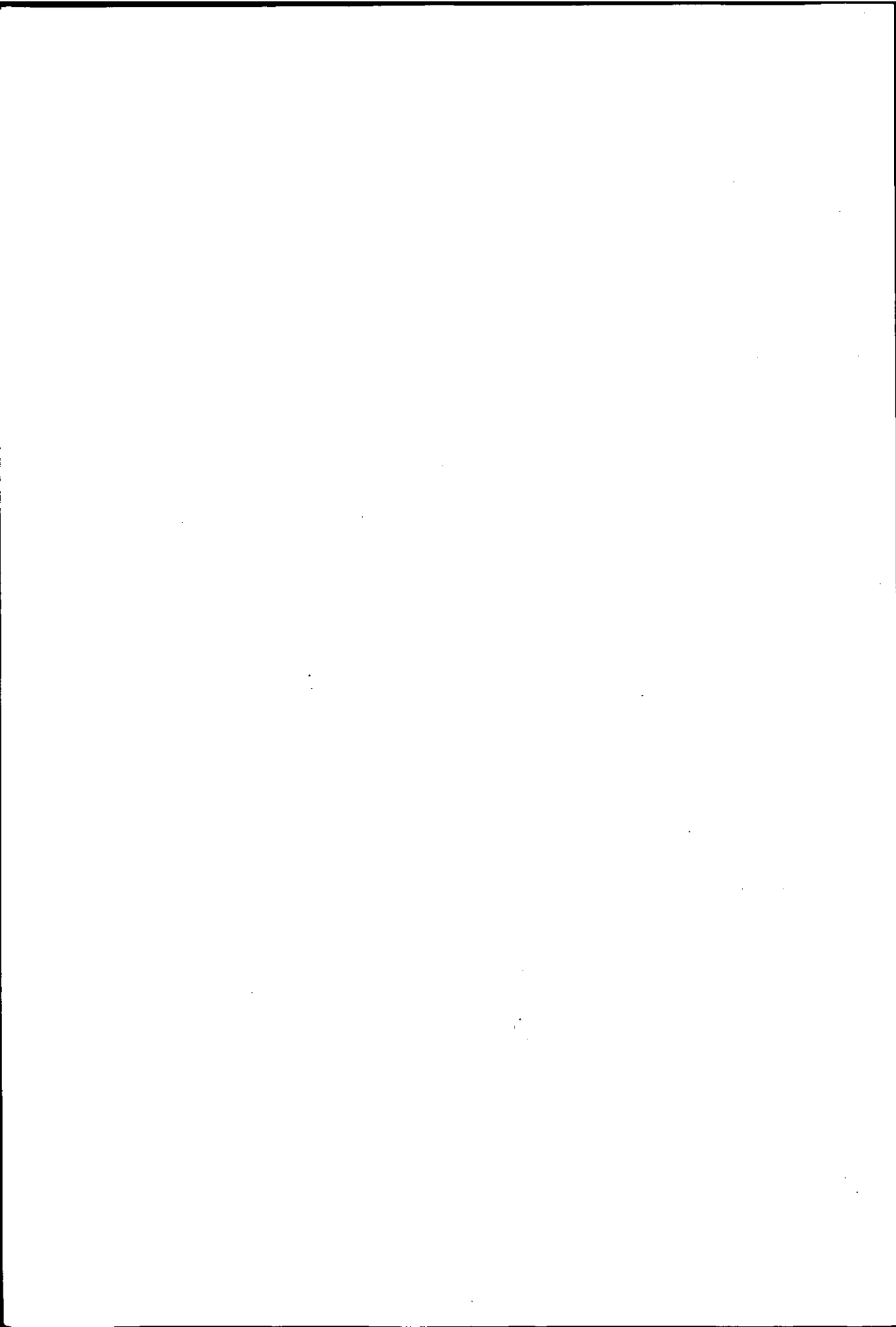
Stolwos, L. M., Computer-assisted instructions.

In The Schools and the Challenge of Innovation.

New York: Committee for Economic Development, 1969.

本稿第2, 第3節には、拙著“コンピュータと自動教育”心理学評論Vol. 12, №2, 1969の一部を加筆の上転用したことをおことわりする。

2. 産業社会よりみたCAIのニーズ



2 産業社会より見たCAIのニーズ

2・1 技術教育の必要性

最近、経営管理、生産管理、そして新技術に関する研修会・講習会は、随時各所で開催されいずれも盛況を極めている。機械振興会館においても殆んど毎日の様に各種団体の主催による研修会・講習会が開催されている。

財団法人機械振興協会でもこの数年間、技術管理者を対象として、系統的に編成されたカリキュラムによる研修会や、新技術あるいは自動化問題をテーマとした講習会、セミナーの開催、さらには技術研究所・経済研究所の研究成果の発表等を行なっている。

この様に産業教育の一環をなす研修会・講演会が盛大に行なわれる現状について、それを背後から支える要因を考えてみよう。第1には、戦後の著るしい技術革新と組織工学等の新しい学問分野に基礎づけられた各種の管理技術の導入にともない、企業に従事する人々がトップといわずミドルといわず、いわゆる生涯教育の変革の必要に迫られたこと、第2には大学教育と実社会の生産現場が必要とする教育とのギャップの問題等がある。特に第2の問題については、限られた教育時間と講義回数では教育内容を産業側の要求に出来るだけ近付けたいとする教師の努力にもかかわらず、講義内容も基礎的概論的にならざるを得ないのが現状である。したがって、大学卒業生を受け入れる側では通常3ヶ月、長いところで1年間を新入社員の教育に費やしている。しかし、中小規模の企業が圧倒的に多い機械工業においてはこの教育投資が企業経営上かなりの負担になっていることは間違いない事実である。

このような、大学教育と企業が必要とする教育内容のギャップを解消するには、大学自体における教育方法の改善、たとえばプログラム学習の実施による教育のスピードアップ、実験・実習のためのシミュレータを備えたCAIシステムの採用等により、大学教育を出来るだけ産業社会のニーズに近付ける努力が必要である。また、企業内の新人教育に対するCAIシステムの採用により新人の研修期間を短縮する合理化対策の努力が必要である。

このような意味から、財団法人機械振興協会ではソフトウェア開発費等も含め約3億5千万円を投じて30ブースを持つCAIシステムを昭和45年度内に設置し、昭和46年度から使用を開始する予定で着々準備を進めている。

教科内容は

- (1) コンピュータ入門
- (2) FORTRAN

- (3) COBOL
 - (4) 数値制御工作機械
 - (5) APT入門
 - (6) カラーテレビ修理技術（技能研修用としての本システムの有効性に対する研究のため。）
- となっているが、PERT・Work Design・油圧技術等逐次リパートリを加えてゆく予定であるが、各企業から積極的参加をおねがいして、その教育の効果を実証したい。

2・2 機械工業における教育訓練

ここで、機械工業における教育訓練状況およびそのニーズについて調べてみよう。若干時間的ずれによる修正が必要であると思われるが、ここに（財）機械振興協会が昭和42年9月機械工業関係会社237社を対象としたアンケート調査の結果の一部を紹介し、教育訓練の状況について考察を加えてみよう。（財団法人機械振興協会一技術管理者教育のための教科課程作成事業報告書-43・G2・2・3）

表2-1、表2-2は回答会社237社の資本金規模別・従業員規模別構成比を示したもので、図2-1は資本金規模別にみた教育訓練担当部門保有率、図2-2は資本金規模別年間教育予算額を示したものである。図2-1に見る様に資本金5000万円以下の小企業でもその約30%が教育訓練担当部門をもっており、また資本金10億円を越える企業では、その殆んど全部が教育訓練担当部門をもっている。また図2-2が51社当り年間教育予算はおよそ500万円であることがわかる。また、資本金10億を越える会社のうち、5社が年間5000万円以上の資金を教育訓練に投じていることは注目すべきである。

資 本 金	全 体		多機種中少量生産企業		少機種多量生産企業	
	会社数	構成比	会 社 数	構 成 比	会 社 数	構 成 比
1. 5000万円以下	52社	22.0%	22社	19.8%	30社	23.8%
2. 5000万～1億	22	9.3	14	12.6	8	6.3
3. 1億 ～ 10億	110	46.5	50	45.2	60	47.6
4. 10億 超	53	22.2	25	22.4	28	22.3
合 計	237社	100%	111社	100%	126社	100%

表2-1 資本金別回答会社数

従業員数	全 体		多機種中少量生産企業		少機種多量生産企業	
	会社数	構成比	会社数	構成比	会社数	構成比
1. 100人以下	11 ^社	4.5%	3 ^社	2.7%	8 ^社	6.5%
2. 100～499人	92	38.7	50	45.0	42	33.3
3. 500～999人	55	23.2	26	23.4	29	23.1
4. 1,000人～ 2,999人	53	23.1	22	19.8	31	25.1
5. 3,000人以上	25	10.5	10	9.1	15	12.0
合 計	237 ^社	100%	111 ^社	100%	126 ^社	100%

表 2-2 従業員規模別回答会社数

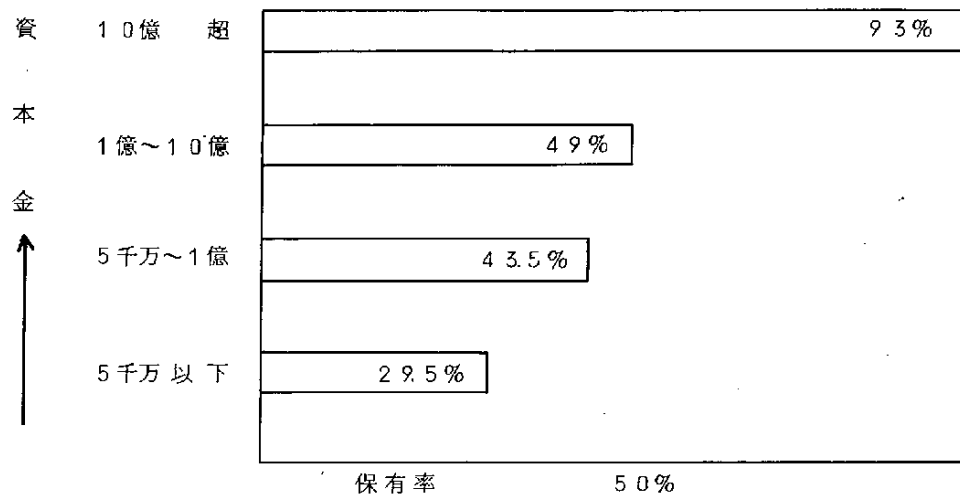


図 2-1 資本金規模別に見た教育訓練担当部門保有率

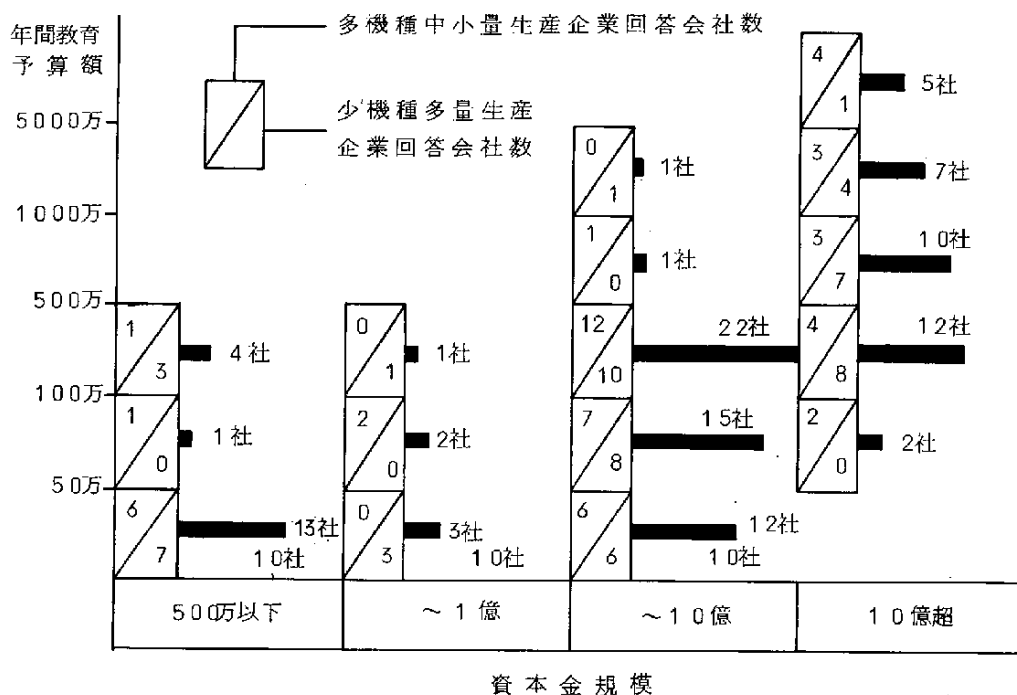


図 2 - 2 年間教育予算額

新入社員の教育は93%の会社つまり小企業を除いてほとんどの会社が入社直後、訓練を行なっているが、最近では学卒採用時期が繰り上っているために入社前教育の件数が増加している。

つぎに企業における管理者教育の実態について述べると、表 2 - 3 は企業内職階別どのような方法で教育訓練を行なっているか示したもので、定型コースのうち職長係長クラスは TWI が中心であり、部課長クラスでは MTP および自社専用コースが中心である。また図 2 - 3 にみる様に職階が高くなるに従って社外講師への依存度が高くなっている。表 2 - 3 でも明らかなように殆んど全部の企業が何等かの形で社外教育を利用している。

なお、企業の問題意識を探るため、企業が希望するテーマを表 2 - 4、表 2 - 5 に掲げた。

		部長クラス	課長クラス	係長 クラス 主任	職長 クラス 組長
定 型 コ ー ス	実施している	104社	146社	161社	168社
	実施していない	38	30	17	14
	CCS講座	16	3	1	0
	M T P	43	68	47	5
	T W I	8	21	73	107
	自社専用コース	18	25	27	36
	その他	7	15	22	25
	講師は社内の人	24	44	67	87
	講師は社外の人	54	82	74	66
そ の 他 の 社 内 教 育	実施している	75	112	132	139
	実施していない	15	12	8	7
	講師は社内の人	35	52	91	102
	講師は社外の人	69	84	84	69
	視聴覚教材	20	42	67	73
	職場教育のOJT	24	34	56	62
	職場外教育	37	50	56	54
	参加は自由	30	36	39	37
	参加は強制的	48	72	81	87
社教 外育	参加させている	168	200	199	181
	参加させたことなし	9	4	2	6

表2-3 職階別適用教育訓練形式

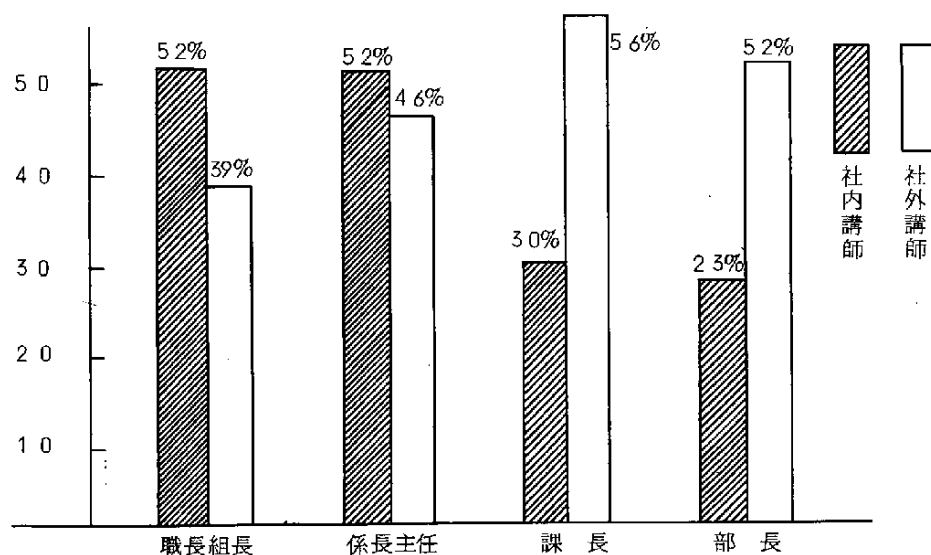


図2-3 定型コースに対する社内外講師の比較

テ　　マ　　名			全　　体		多機種中少 量生産企業		少機種多量 生産企業	
			関心度 (237社)	順位	関心度 (111社)	順位	関心度 (126社)	順位
機械技術者としての能力	設計技術	設計と製品コスト	62.0%	1	65.0%	1	63.0%	1
		V. Eの考え方と手順	50.0	2	51.0	2	54.0	2
		設計コストと設計管理	46.0	3	47.0	3	46.0	3
		企業に於る設計者の機能と役割	40.5	4	47.0	3	38.0	4
		生産設計の要諦	39.0	5	42.0	5	38.0	4
		設計に於るマーケティング機能	29.5	6	32.0	6	29.0	6
	製造技術	自動化とその周辺の諸問題	58.0%	1	50.0	3	70.0	1
		関連技術	46.0	2	28.0	5	66.0	2
		設備の効率的活用法	45.5	3	60.0	1	36.0	5
		近代工作法	42.5	4	51.0	2	38.0	4
		効果的技術教育の方法	38.0	5	45.0	4	36.0	5
		保全の効果を高める方法	34.5	6	19.0	6	52.0	3
マネージメント能力	目標設定能力	54.5%	1	51.0	2	62.0	1	
	部下の育成能力	53.0	2	51.0	2	59.0	2	
	管理者の任務と必要な能力	51.5	3	54.0	1	53.0	4	
	原価管理	48.0	4	45.0	6	54.0	3	
	動機づけの能力	46.5	5	50.0	4	48.0	6	
	創造性	44.5	6	43.0	7	51.0	5	
	人間関係問題処理能力	43.5	7	46.0	5	45.0	7	
	問題解釈能力	42.0	8	43.0	7	44.0	8	
	工程管理	40.0	9	43.0	7	41.0	10	
	品質管理	38.5	10	36.0	10	44.0	8	
	I Eの基礎	38.0	11	38.0	9	40.0	11	
	プロジェクトチーム	29.5	12	33.0	11	28.0	12	
	組織づくりの能力	26.5	13	28.0	12	28.0	12	
	会議指導	23.0	14	25.0	13	23.0	14	
経営補助者能力	グループテクノロジー	17.5	15	19.0	12	18.0	15	
	内外作区分決定	16.0	16	15.0	13	18.0	15	
	利益の概念	49%	1	46.0	1	45.0	1	
	同業者の把握	38	2	37.0	2	42.0	3	
	製品	37.0	3	36.0	4	40.0	4	
	コンピュータの常識	37.0	3	32.0	6	43.0	2	
	顧客の理解	34.5	5	37.0	2	36.0	5	
	製品と商品	31	6	30.0	7	36.0	5	
	企業の使命	31	6	28.0	8	36.0	5	
セールス、エンジニアリングの要点	30.5	8	33.0	5	29.0	8		
会計の常識	22.0	9	22.0	9	25.0	9		

表2-4 希望テーマ一覧表

機械技術者としての能力	マネージメント能力
1. 設計分野における電子計算機の利用 2. 開発設計と生産設計の役割 3. 治工具設計と生産設計の関係 4. 設計の標準化 5. 製図の機械化 6. 技術資料管理と活用 7. 作業管理 8. 社内規格の制定 9. 製造工学 10. 信頼性理論 11. 共通部品設計の考え方 12. 生産技術のあり方 13. 効果的な生産設備 14. フィードバックの効果的方法 15. 光学技術	1. 経営システムと管理ポイント 2. 教えたことを実行させる方法 3. 需要予測技術 4. E E 5. プロジェクトコントロール
	経営補助者としての能力
	1. 組織論 2. 経営分析 3. 企業における設備の役割

表2-5 その他の希望テーマ

(表2-4—アンケート用紙記載のテーマ—以外に回答会社から特に申出のあったテーマ)

以上が昭和42年9月に(財)機械振興協会の行なったアンケート調査の要点である。しかし、その後企業への電子計算機導入は著しいものであり、生産工場におけるComputer Aidedのデータ処理、スケジューリング、load balance、在庫運搬管理の新手法の採用も著しく多くなっている。このように企業における教育訓練のニーズは一段と高まっている。

特に企業のトータルシステム化が促進され、企業内における物と情報との流れを追求した管理システムのEDPS化が進められるに従って、教育にも訓練内容の多様化が要求されるようになった。適当な指導者の不足と、短期間に実力養成を期待する企業側の要請の二つの理由から、もはや従来の教育システムでは時代の要請に応じ得ない状況になっている。これらの問題を解決するために、プログラム学習の導入、あるいは各種AV教育機器の導入などが盛んに行なわれている。また、教育を受ける側の能力、あるいは地位等の多様性がますます増大しており、個別教育が可能なCAIによる効果的教育訓練に対する期待が高まっている。

2・3 産業社会からみたCAIへの期待

産業社会では2・2節の後段でも一応ふれた様に、現今の技術革新、資材・生産から販売に至る一貫した企業活動のComputer Aided ManagementやComputer Aided Manufacturing、世界活動の変動に対する機敏な企業活動等から要求される諸般の問題について学習を必要とすると共に、基礎工学等でどちらかといえば古典的な分野の学習をも必要としている。また更に、技能訓練も必要ということで、企業においては今やTopからBottom迄の全体の教育が要請されて来ている。

このような教育テーマの多彩化と養成者の多様化が進むにつれて、早晚従来の教育訓練の形式では企業の要請に答え難いものとなりつつある。ここにCAIシステム導入の必要性が発生する。

しかし現在のCAIシステムは価格の問題で大きな壁がある。企業がCAIシステムに期待するすべての機能を備えたシステムを要求する場合、その経済的負担に耐え得る企業は若干の大企業にしか過ぎず、多くの企業としては将来増設すべき機能とのインター・フェイスを考慮しながらも、必要最小限の要求を満たすCAIシステムを考えざるを得ないであろう。そこで企業側としてはCAIシステム、あるいはその関連機器の増産によるCost downを期待するわけであるが、経営者は教育訓練が個々の従業員のPerformanceの向上、更には組織や企業全体のPerformance向上につながることであり、教育投資が必ず報いられることを認識して、CAI導入に真剣に取り組むべき時期が既に到来していることを理解すべきであろう。

たとえその場合何を学習プログラムとするかが問題であろう。新技術新管理手法などについて、あるいは、重要な技能訓練について学習プログラムを作成することも必要であろうが、企業をトータルシステム化するという観点から考えることがより重要であろう。

- (1) 企業のActivity Functionに関する学習プログラム
- (2) 企業内における物と情報の流れと、その管理システムに関する学習プログラム
- (3) (1)(2)に関連するサブシステムの学習プログラム。(多数のサブシステム間の優先順位づけが必要)
- (4) (1)(2)(3)により作成された学習プログラムのFeed Backによる新しい学習プログラム

最近の教育訓練のためのシステムは、企業という全体システムの中で上記のような学習プログラムを作成すべきであろう。

また企業としては、先に述べたアンケート調査結果によっても、教育訓練の結果を直ちに人事考課に及ぼされたケースが殆んどであったが、CAIシステムは各個人の学習成績を全く公平に記録しうるので、適材を適所に配置できるメリットも期待しうるわけである。

しかし企業への CAI システム導入に当って考慮しなければならない問題点が無いわけではない。その一つは CAI は人間とスクリーンあるいはタイプライタの対話であり、連続的な能力・理解力のテストであるから、学習者が非常に疲れやすいことと；また文字と映像による学習であるから、丁度、映画と舞台劇とが観客に対する印象力において差がある様に、定着効果が少ないという心配がある。

また筆者の経験として 16 ミリフィルムをレクチュアに併用した場合、映像とレクチュアとのウエイトの比重にも問題があるのではないかと反省しているが、映像による教育のあり方についていくつかの問題を生じている。

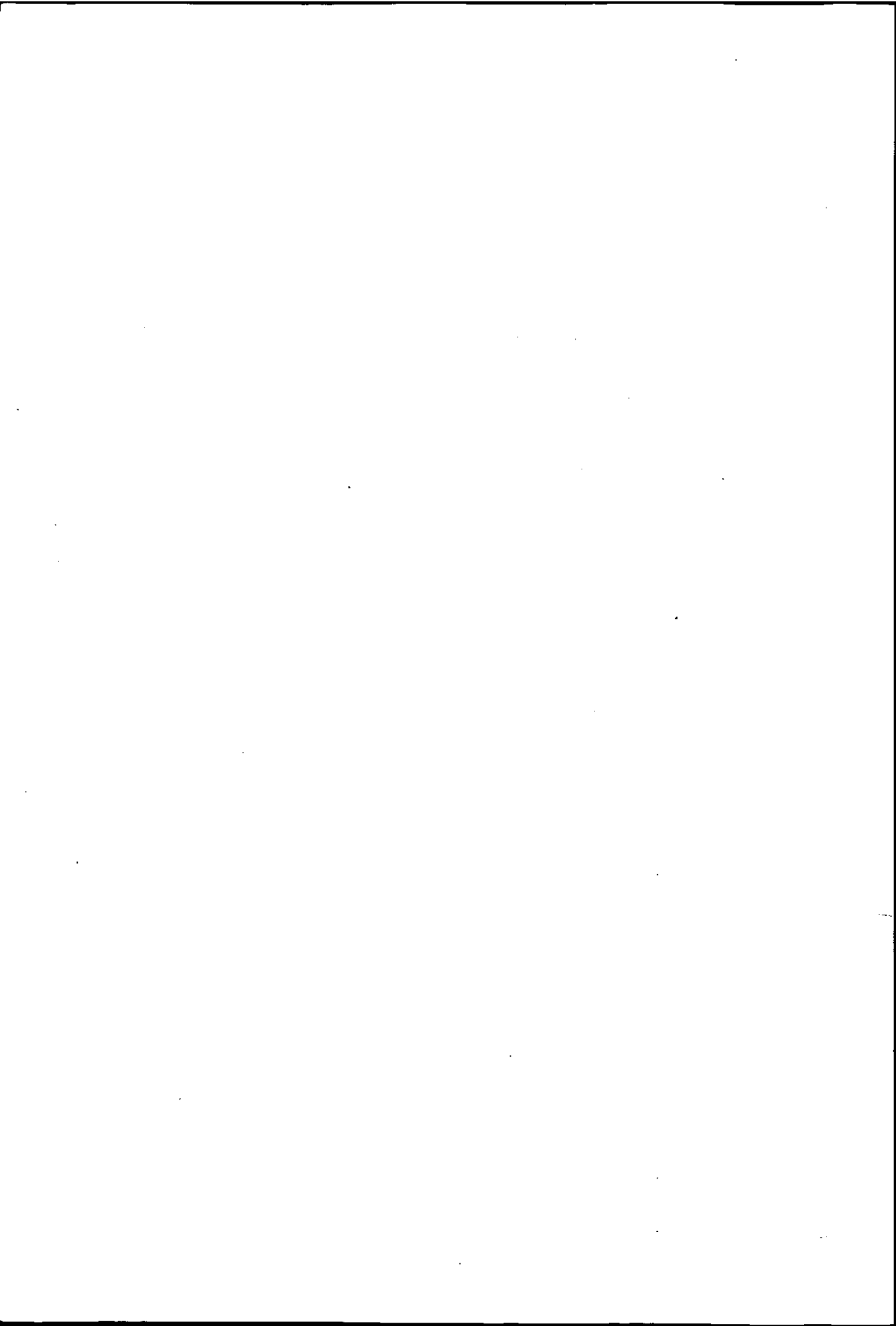
しかし、このようなプログラム学習による教育の定着性の打破ということも理論的に当然考えるべきであるから、映像・タイプライタ・オーディオ等の改善、開発と、学習プログラムの充実と共にこのような問題は解消されて行くことであろう。

この様な状況から、CAI システムによる教育の初期段階では学習プログラムを学習者の学習状況と対照しながら改善することと、心情的に対人関係を求める学習者への助言のために適当なインストラクタを配置することが望ましい。

また、最近では企業内でのいわゆる猛烈社員の育成のため、一部に行き過ぎた、または、誤まった教育訓練が行なわれて、そのために精神不安定を訴える管理者が多くなりつつある。

これは勿論企業の姿勢に原因することであって、直接 CAI システムと結びつくわけではないが、CAI システムによる学習は前にも述べた様に、学習者にとって映像と文字とテープから流れ出る音声とに囲まれた極めて孤独な学習と考えられがちである。したがって、この孤独感を解消するために、極めて人間的な、そして、これらの人間が自己を取戻すための基本的な考え方を学習プログラムに組み入れる必要があるのではなからうか。

(財団法人 機械振興会館 技術顧問 有 国 肇)



3. CAIの経済性

3. C A I の 経 済 性

日本におけるC A Iの研究、開発の現状からすると、一般にC A Iは研究ないし実験の段階であって、C A Iの経済性を論ずるのは現在ではまだ早急であるともいえる。しかし企業が率先してC A Iまたは、この前提となるプログラム学習やティーチングマシンを導入しようとしている理由は、訓練の質の高度化、均質化などの総合的な評価から、C A Iは経済的に採算がありと判断したからである。

電電公社の場合は、データ通信技術者の大量養成に応じられるほど多数の教官が得られなかったため、コンパイル言語のプログラム学習を独自に開発し、それによる自学自習を進めた。それから視聴覚教材や集団反応装置と組合せたティーチングマシンを作成し、それらが電子計算機の訓練技法として取り入れられるにつれ、C A Iの導入の機運が次第に熟していった。

その結果として、貴重な教師が不用または少数ですむということと、教育効果の企業への貢献度を測ることによって、経済性が確かめられるようになったことがあげられる。このうち、前者の教育の生産性の向上という面から見たC A Iの経済性については、従来の経験等から試算した結果、講義に比し2.5割ほど割高になるが、その教育効果や、試験段階のハードウェアを使っている点から考え、むしろ経済的であると思われる。また、将来は完全に採算にあうという結論を得た。この点については次の3・1節でも述べる。

後者の教育効果そのものを経済面からとらえるために測定結果を金額に換算することによって教育効果を測定できるが、そのためには教育効果を定量化する必要がある。しかし、教育効果は直ちに現われるものではないので定量化が困難であり、金額への換算もむずかしい。しかし、あえてC A Iの教育効果の定量化の考察を3・2節で述べることは、以後の効果測定の参考になると思われるからである。

3・1 C A I と 教 師 に よ る 講 義 の 経 済 性 の 比 較

C A Iの経済性は、従来の伝統的な講義（レクチャー）に要する経費と、C A Iに要する経費を単純に物理的計算をして比較してみることも現実的なアプローチの1つとして大切であろう。

アメリカでは一般に、経費の尺度として“生徒1人の1時間当りの経費”を算定基準の数字としているようである。

本文でも、“生徒1人の1時間当りのC A Iの経費をX円”とし“生徒1人の1時間当りの講義の経費をY円”として、比較検討することとしよう。

CAIと講義に共通する前提条件があり、その前提条件のもとで、 $X \leq Y$ の場合に経済性の面で、CAIは講義より有利であるといえる。

しかし、詳細については別途後述するが、CAIと講義に共通する前提条件を設定することはかなり困難である。この前提条件の仮定を変えることにより、CAIの経済性は極端に有利になったり不利になったりする。

その原因は、CAIは“1人の先生が、たった1人の生徒を教える”という教育の理想郷を電子計算機という機械で追求しているのに対して、講義は“1人の先生が、2人以上の多数の生徒を教える”という人間ならではの教育を実行しているという観点の違いにある。

もし、1人の先生が無限大の多数の生徒に講義して、明確な教育効果を達成できるならば、Yはほとんど零に近く、CAIの経済性は全く不利である。

これに対して、1人の先生が、本当に、たった1人の生徒を教えるとすれば、CAIの経済性は、マスプロ体制にない現状においても、十分に有利となる。

以下に、講義の経済性、CAIの経済性、そして、最後に、CAIと講義の経済性の比較の順で、説明することとする。

ここでCAIが実施されるときに問題となる先生と保守要員について、補足説明をしておきたい。

CAIを行なっても、先生は必要である。その先生は、学習プログラム作成と生徒との人間的接触を行なうことになるであろう。本文では、この先生を学習プログラム作成者にすべて含めて計算している。

次に、保守要員の経費であるが、これは、ハードウェアの経費に含めて計算している。

将来、このような先生や保守要員がどうなるかということは、大きな問題となるに違いないが、ここでは、あまり追求しないこととする。

3・1・1 講義による経済性

生徒1人の1時間当りの講義の経費Y円を求めてみよう。

(1) 1年間の講義の授業日数

1年365日中から、土曜日・日曜日・祝祭日・夏冬休み・学期末休みなどを除くと、正味の授業日は、200～230日となる。

ここでは、電電公社の学園で標準とされている、1年200日を基礎数字とする。

(2) 1日の講義時間

1日の授業時間は、授業内容でかなり違ってくると思われる。

たとえば、小学校では、先生は1日中、生徒を教えており、平均すると、1日当り4～6時間に及ぶかもしれない。

しかし、大学では、平均すれば、1日1時間以下となるだろう。

この授業時間についても、電電公社の学園の標準である、1日2.5時間を基礎数字とする。

(3) 1年間の講義の授業時間

上述の(1)と(2)から、

1人の先生の1年間の講義の授業時間は、 $2.5(\text{時間}) \times 200(\text{日}) = 500(\text{時間})$ となる。

(4) 1年間の講義の経費

経費として大きなウェイトを占めるのは、先生の給料であろう。

それ以外に、土地や建物や教具などの経費が問題になるが、CAIによって学校が不要になるというような極端な前提条件を設定しないならば、これらは講義やCAIの区別なく必要になるので、計算に入れない。

しかし、これらの経費の1人の生徒の1時間当りの金額をP円とすると、講義とCAIの比較は、

$$(Y + P) / (X + P)$$

となる。もし、 $P \gg Y$, $P \gg X$ ならば、経済性の比較は、適当でないとと思われるので、本文では、あえて触れないこととする。

学校の先生の給料は正確には判らないが、一般の公務員に準じて200～300万円と推定される。ここでは、社会補償費などを考慮に入れて、平均250万円としておく。

(5) 1人の先生の1時間当りの講義の経費は上述の(3)と(4)から

$$250(\text{万円}) \div 500(\text{時間}) = 5,000(\text{円}) \text{となる。}$$

(6) 生徒1人の1時間当りの講義の経費(Y円)もし、1人の先生がたった1人の生徒を教えるならば、これはCAIとほぼ同じ前提条件となり $Y(\text{円}) = 5,000(\text{円})$ となる。

一般の学校では、1教室の生徒の数は先生的能力によって、たとえば、50人の生徒を、個人別に管理して、CAIと劣らぬ教育をすることも可能であろう。しかし、実態はどうだろうか。ここでまた、電電公社の学園の例をあげると、新技術導入に伴う重要な訓練では、同時に講義を受ける生徒の数は、20人以下におさえているのが現状である。また、管理者訓練では、グループ分けをして、10人以下になるように工夫している。

その理由は、1人の人間が直接に管理できる人間の数は10人以下である、という経験によるものである。

いろいろな意見があると思われるが、1教室に20人の生徒を入れて講義することを前提条件

としよう。

そうすると生徒一人当りの講義の経費は

$$X(\text{円}) = 5,000(\text{円}) \div 20(\text{人}) = 250(\text{円})$$

となる。

3・1・2 CAIによる経済性

まず、生徒1人の1時間当りの学習プログラムの経費 X_s 円を求めてみよう。(sはソフトウェアを意味する)

(1) 1時間分の学習プログラムの作成時間

一般に、1時間分の学習プログラムを作るのに、約100時間の作業が必要だといわれている。

アメリカでも、R・W・Gerard(California University, Irvine)はCOMPUTERS AND EDUCATION という文献のなかで、100時間説をとをえている。

しかし、わが国においてはリニヤ型のプログラムテキスト作成の各種の経験から、その倍の200時間程度はかかるのではないかと想定される。

また、CAIの経験が少ないわが国では、数年間は、300時間以上の時間を予定しておく必要がある。

そこでこの報告では、学習プログラム1時間当たり200時間の作業が必要であると仮定して、計算を進める。

ここで、1時間分の学習プログラムとは何であるか、念のため補足しておきたい。CAIでは、生徒は個人別のペースで学習するので、学習時間に大きな差を生ずる。だれもが同じ内容を学習するリニヤ型のプログラムテキストにおいてさえ、早い生徒は遅い生徒の約半分の時間で学習することは、実験的に知られている。CAIを最短コースのMain Sequenceを進む生徒は、もっと早く学習を済ませることができるであろう。

したがって、1時間とは、すべての生徒の学習時間の平均が1時間という意味である。

(2) 1年間の学習プログラム作成者の経費

CAIの学習プログラムを作成するには、学習内容の専門家、学習プログラマ、電子計算機プログラマ、などのチームワークが必要である。

これらの学習プログラムを作成できる人の給料は、その作成作業がだれでもできる内容のものでないので、電子計算機関係に従事するシステムアナリストと同程度と仮定すると、1年間で350万円とみなしてよいであろう。

(3) 1年間の学習プログラム作成者の作業時間

C A I の場合は、講義と違って、夏冬休みや学期末休みなどを必要としないで学習プログラムの作成に専念できるので、1年間の作業日数は、250日を確保できる。また、1日の作成時間は6時間が適当であろうから、したがって1年間では

$$6(\text{時間}) \times 250(\text{日}) = 1,500(\text{時間})$$

の作業時間を当てることができる。

(4) 1時間分の学習プログラム作成の経費

上述の(2)と(3)から、1時間のプログラム作成費は、

$$350(\text{万円}) \div 1,500(\text{時間}) = 2,300(\text{円})$$

となる。

したがって、上述の(1)によって、1時間分の学習プログラム作成の経費は、

$$2,300(\text{円}) \times 200(\text{時間}) = 460(\text{万円})$$

(5) 生徒1人の1時間当りの学習プログラムの経費 X_s 円

上述の(4)のように、1時間分で46万円もするが、この学習プログラムを、なん人の生徒に使わせるかで、 X 円は決まってくる。

たとえば、同時100台の生徒端末を相手にできるC A Iが、10システムあって、同じ学習プログラムで動くと仮定してみよう。

また、一度作った学習プログラムは、5年間ぐらひは、大きな修正なしに使えとしよう。

そうすると、

$$X_s(\text{円}) = 460(\text{万円}) \div 100(\text{台}) \div 10(\text{システム}) \div 5(\text{年}) = 92(\text{円})$$

となる。

92(円)という数字は、講義の250円と比較すると、あまりにも小さ過ぎるようにみえるかもしれない。

電電公社の例でいうならば、同じプログラムテキストを使って、全国の違った先生の指導によって、最大約13人の生徒を教えている。講義で行なえば、先生が違えばその先生ごとに違った教育が行なわれるが、C A Iによる教育はこのようなことはなく、しかも一度プログラムテキストを作ると、その学習プログラムより良い授業をすることは、ほとんど不可能になるものである。

C A Iの学習プログラムは、C A Iのハードウェアさえ普及すれば、なん万人の生徒の学習にも耐えるものと考えられる。

次に、生徒1人の1時間当りのハードウェアの経費 X_H 円を求めてみよう。(Hは、ハードウェアを意味する。)

(6) ハードウェアの総経費

C A I のハードウェアとして、生徒端末 100 台を相手にできる程度のものを前提条件とした。

ハードウェアのシステム構成は、機械振興協会の C A I に近いものとし、生徒端末は、R A S (ランダム・アクセス・スライド) と K B (キーボード) と P R (プリンタ) の組合せのような安価なものとする。

そうすると、ハードウェアの総経費は、約 3 億円となるであろう。

(7) ハードウェアの総使用時間

計算機のハードウェアと同じと仮定すれば、寿命は、買取りでは 7 年間はあるとしてよいであろう。また、C A I では、夏冬休みや学期末休みなどをとる必要がないので、1 年間で 250 日は稼働できる。

1 日の使用時間も、授業時間以外にも開放できるので、8 時間としよう。

そうすると、ハードウェアを使い切るまでに、

$$8 \text{ (時間)} \times 250 \text{ (日)} \times 7 \text{ (年)} = 14,000 \text{ (時間)}$$

となる。

ここで同時に、100 人の生徒が学習するとすれば、その総使用時間は、1 シンテムでは、

$$14,000 \text{ (時間)} \times 100 \text{ (人)} = 1,400,000 \text{ (時間)}$$

(8) 生徒 1 人の 1 時間当りのハードウェアの経費 X_H 円

上述の(6)と(7)から

$$X_H \text{ (円)} = 3 \text{ (億円)} \div 1,400,000 \text{ (時間)} \div 214 \text{ (円)}$$

(9) 生徒 1 人の 1 時間当りの C A I の経費、

$$X \text{ (円)} = X_S \text{ (円)} + X_H \text{ (円)}$$

上述の(5)と(8)から

生徒 1 人の 1 時間当りの C A I の経費は

$$\begin{aligned} X \text{ (円)} &= X_S \text{ (円)} + X_H \text{ (円)} \\ &= 92 \text{ (円)} + 214 \text{ (円)} = 306 \text{ (円)} \end{aligned}$$

となる。

3・1・3 CAIと講義の経済性の比較

以上で明らかのように、CAIでは $X(\text{円})=306(\text{円})$ であり、講義では $Y(\text{円})=250(\text{円})$ で、CAIが講義より2・5割高価である。

しかし、CAIのほうが、計算上、高めに見盛っており、たとえば、学習プログラムを僅か1,000人の生徒にしか使わせなかったり、電子計算機を1日に僅か8時間しか使わなかった、という制約条件が入っている。

そして、ハードウェアの経費の計算は、マスプロを行なわない高価な試作費で行なわれている。

これに対して、講義のほうは、20人の生徒を完全に個人別に管理するという困難な条件で計算している。

あまりに細かい前提条件を設定すると、議論が紛糾するので、この程度で、経済性の比較は止めることにする。

結論としては、“現在時点でも、CAIは講義と同じ程度の経済性を有している。”ということになる。

そして、結びとして、再び、R・W・Gerardの論文を引用しよう。

“12年間の学校教育をCAIによって、3年間短縮することができる。この3年間生徒は社会的になにも生産していないし、その教育の経費は龐大なものである。”

とくに、企業内訓練においては、CAIによって、4分の1の訓練時間の短縮が可能なら、その効果は非常に大きいものがある。この短縮時間によって、支出が減り生産が増えれば、二重の経済的な効果を生ずることになる。

(注) COMPUTERS AND EDUCATION

A Workshop Conference at University of California,
Irvine

Edited by R・W・GERARD

Copyright © 1967 by McGraw-Hill, Inc.

3・2 C A I による教育効果と経済性

3・1節で述べたように、生徒1人の1時間当りの経費で計算すると、C A I では306(円)であり、講義では250円という数字を得た。しかし、C A I では講義の場合より $1/4$ の時間が短縮できるということも経験上、ありえることと思われる。そして、企業内訓練におけるこの $1/4$ の時間を非生産者から生産へと変化させることの意義は大きい。

ここで、いささか大ざっぱな計算をしてみよう。C A I の経費を固定してみると、C A I の1時間に対して、同じ内容の訓練をするためには、講義は $1/4$ 強の増し時間が必要となる。したがって、講義の場合は $250\text{円}(1+\frac{1}{4})=250\text{(円)}+62\text{(円)}=314\text{(円)}$ となり、C A I の306(円)より大きい経費となる。

さらに、この $1/4$ の時間が、生産にまわせるなら、その金額をさらに講義の経費につみ上げてもよいであろう。

ここでは、その経費を、教官の人件費と同じと仮定すると、講義の場合は、 $250\text{(円)}+62\text{(円)}+62\text{(円)}=374\text{(円)}$ となり、C A I の306(円)に対して、約1.2倍となる。

このように、企業内訓練では、C A I による訓練時間の短縮は、企業収益にもたらす大きな要素となる。

企業内訓練では、このような考え方は、注目をひくと思われるが、学校教育ではどうであろうか。金額に換算できない効果が大きいと思われるので、学校教育にまで、このような計算をしないこととする。

さて、C A I と講義を、外側から観察し、計算してきたが、その内身の教育効果を、どのようにとらえるかということは、非常に難しい。

教育効果の測定については、統計数学によってかなり複雑でもっともらしい方法が、次々と提唱されている。

たとえば、教育効果測定の物差しとして、知識・技能・態度などという項目があげられており、プリテストや中間テストやポストテストでそれらを測定している。

また、生徒の能力と先生の能力とのからみ合いや、各種の教育方法の続出によって、測定の条件は大きく変化する。

とくに、先生の能力には、かなりの違いがありそうである。理想的な先生は、教育内容に精通しており、教育手法を巧みに駆使し、人間的な魅力にあふれているに違いない。

しかし、このような理想的な先生を、どこにでも得ることはできないであろう。

これを、他の生産活動にたとえると、昔は人間の手で行なわれていたものが機械化され量産されるようになって、その生産物の品質は低下しない。そして、そのような段階になっても、名人の手造りの品物が、かえって尊重されるものである。

教育や訓練でも、CAI時代に入っても、魅力ある先生の講義は尊重されるに違いない。

しかし、CAIそのものは、電子計算機という機械を使い、そして、生徒の個人別の教育を可能にし、その学習記録を細大洩らさず残すことができるため、理論上では、どのような教育効果の測定でも、電子計算機を使って実行できるのである。

従来は、学習記録を先生の手計算でしか処理できなかったが、CAIでは、どれほど学習記録のデータが多くても、楽々と処理できるようになった。

これを、CMI (Computer Management Instruction) といっている。

CAIとCMIとの結合によって、従来不可能であった精密な教育効果と経済性の測定が行なえるようになるであろう。

外の箇所でも述べられていると思うが、CAIと講義との違い、または長所について蛇足かもしれないが補足しておこう。

CAIは、個人別学習(自学自習)を基調としている。人間が物事を学ぶのは、自分自身の自主的な行動によるのだといわれている。CAIは、そのために、どのような生徒の行動に対しても、すぐさま、最適な次の行動を生徒に要求するように設計されている。

それに対して、講義というものは学級(クラス)という集団学習を基調としている。人間というものは、本能的に集団として行動することを好むものであり、これも非常に重要な教育方法である。

クラス活動がうまくいけば、たとえ先生的能力がなくとも、効果的な教育ができるといっても過言ではない。“おれとおまえは同期の桜”という言葉は、それを巧みについている。

われわれ人間は、集団のなかでよい社会人になることを学び、競争したり助け合ったりしている。

能力のある先生とは、このような集団に内在する力を活用できる先生といってよいだろう。

このような見方をすれば、CAIと講義との境界線が明確になるであろう。このような観点からすれば経済性だけでCAIを推奨することは、問題かもしれない。

3・3 経済性から見たCAIへの期待

CAIの経済性という大変抽象的な問題を従来の講義との対比で述べてきたが、2・1節で述べた1人1時間当りの単価差は、CAIのハードウェアそのものが今後安価になるにつれて次第

に小さくなり、将来、人件費が増加するにつれて、その立場は逆転するかも知れないと思われる。現に、ヒューレット・パッカート社では、在来の百万弗システムに替って15万弗で32端末の装置をもつ低価格のCAIを発表しており、1部はすでに使用されはじめている。このプログラムは数学の練習や演習について1年生から6年生までのものを持っており、スタンフォード大学が開発したものである。またセンター設備は、TSSのHP2116Bミニコンで最小容量150万キャラクタの外部記憶装置を使っている。

また、3・2節で述べたような在来の教育とCAIとの教育効果の差は、CAI用の良いプログラムが開発されればされるほど大きく開いていくものと思われ、そうしたプログラムがパッケージ化されて教科書と同様に扱われるようになれば、従来の講義とする教育ではとうてい及ぶもつかない高度な教育が可能になるであろう。

また、CAIで行なう教育期間が従来のものに比べて $1/4$ 短縮されるものとすれば、(公社の実績でも短縮率は $1/4$ 程度である)社会全体としての総短縮期間は大きな値になる。仮に小学校から高校までの現在の教育期間の12年が $1/4$ 短くなれば、3年間短縮されることになり、現在の高校レベルの学力は中学生がもつようになる。さらに大学までの期間である16年が $1/4$ 短縮されれば、学習期間は12年間となり高卒で卒の学力を持つことになる。そうすれば、現在大学生として、全く非生産に終っている何十万人の若者の労働力を4年も早く利用することができるようになり社会にとっての利益は非常に大きなものとなる。これと同じことが企業内訓練期間でも当然起って来るが、社会全体での期間短縮による利益は技術発展の速度がより早まる将来では、在来の講義と比べて問題にならないほどの経済性をもつであろう。

このように、CAIは従来の講義とする教育に比べて、はるかに大きい経済性を持つと思われるが、CAIそのものが現在ではまだ発展の途上にあり、その経済性の検証も、試行錯誤で経験的に行なっているにすぎないが、よりよい教育効果の定量化の方法などが近い将来に現われることを期待したい。

(山口委員)

4. CAIの技術的条件

4. C A I の技術的条件

4・1 教育情報システム

教育の場の主役は学習者であるが、その学習をいかに効率よく進展させ得るかが、その教育の場の良し悪しを決定する。電子計算機の導入も、あくまでこの目的に沿ったものに他ならない。

その意味から最も直接的に教育の場に電子計算機を導入させた例がC A Iシステムであると言える。C A Iシステムについては本章4.2節以降で詳しく解説されるので、ここでは、C A Iも含めてすべてを総合した教育情報システムについて解説しよう。

電子計算機の利用として第一に考えられるのが、一般事務的なもの、たとえば、各種事務計算、物品・図書の管理、更には予算の配分、などである。この面だけでも中規模以上の学園では計算機は不可欠なものであろうし、小規模な学園でも担当者を雑務から解放するために共同利用等を行なうことが必要と思われる。これらは特に教育固有の問題ではなく、部分的なシステムとして一般会社や官庁での共通な問題である。

次に、上の問題に関連するが、学園にやや固有の問題として、教育リソース（教師、教室、その他器具類）の配分割当てがある。

生徒が教科や授業時間を選択できる学園では、生徒や教師の希望に対して、いかに教室をむだなく割当てて時間表を作成するか大きな問題である。生徒、教師、教室ともに同一時間に2つの割当てができないから、時間がかみ合わないにすることが前提で、この前提をみたすような時間表を作成するだけでも手作業では大変である。更にその上に、空き教室のむだを少なくし、教師と生徒の時間の都合を聞いてできるだけその希望に沿ったものを作るとなると更に大変であるが、オペレーションズ・リサーチの各種技術を用いて計算機によりこの作業を行なわせると、かなりの程度満足のゆくものができあがる。この方式によって、約20%の経費節約ができたという報告がある（Purdue Univ.）。

この仕組は、まず使用可能な教室とその大きさ（データ1）、教師の教科目と時間に対する希望（データ2）、生徒の取得希望科目と時間の希望（データ3）、の3種のデータを調査・作成してある所定の目的値を最適にするような組合せを電子計算機に計算させる。その結果満足の行くような答が得られればよいが、そうでない場合には、教師や生徒の希望を少し変更して、もう一度組合せを計算しなおす。これをくりかえし、最終的に満足の行く決果が出たならば、時間表をはじめ、その他必要なリストを印刷して、配布する。アメリカの大学のいくつかはすでにこの手法を実用化し、実施している（Purdue Univ., M. I. T., Washington State Univ. その他）。

第3の利用法としては、計算機の正確かつ大容量の記憶装置を利用して生徒の経歴（病院のカ

ルテに相当)の詳細な記録の保持とその検索に計算機を役立たせることができる。生徒の記録を計算機への入力データ、たとえばIBMカード、のような型に整備してあれば、あとはそれらをどんどん記憶装置にたくわえ、教育に関する統計処理にそなえることができる。

その情報処理のひとつとして、計算機による進路指導のカウンセリングが考えられる。十分なデータと、それに基づいた客観的な進路指導、たとえば、次学期における教科の選択や、進学すべき学校の示唆などの方法が確立されるならば、それをプログラムに組込むことによって、全生徒に対し、一定のアルゴリズムにのっとったカウンセリングができる。もちろん、タイムシェアリングによって、同時に何人もの生徒を扱うこともできる。

C A Iシステムでは、電子計算機は教育過程にミクロに介入して生徒の学習過程を導いていくが、このカウンセリング・システムは、よりマクロな型での教育過程における介入と考えることができる。アメリカではSDC (System Development Corporation) が早くから開発し成果をあげている。

以上教育システムにおける電子計算機の利用法のうち、C A I以外のものについて触れたが、もちろんこれらは教育の総合システムとしてまとめられたものであっても差支えなく、総合システムとして、各利用法が有機的に結合し合うことによって、各部分がより優れたものになることはいうまでもない。しかし、各部分毎に、その実用化のための難易の程度が異なり、たとえば、第1の利用法としてあげた一般事務処理的なものなどは比較的容易であるが、他方C A Iはかなり難かしいものと予想される。そのため、実用、普及化の順序としては、必要性和難易度とのかね合いで、ある一部分からはじめられ、完成目標として総合システムがあると考えられる。また実験研究の段階では、各部分が独立したサブシステムとしてとりあげられることが多いであろう。

ここで目標とされる総合システムはどんなものであるか考えてみよう。ただし、教育制度自体は現状とほぼ同じであると仮定する。

進学した生徒にはそれまでの経歴記録が附随している。その記録と生徒の希望するコースとが電子計算機に入力され、これにもとづいて時間表が作成される。一部の授業はC A Iであるが、詳細な経歴記録をもとに行なわれるのでC A Iにおけるプランニング等のアクションは正確である。C A Iにおける経歴は新しい記録として進加される。授業やあるいは学期の終りにはカウンセリング・システムが使われて、次期への進路指導が行なわれる。授業料などの計算も一切自動的になされる。もちろん教育や研究上必要な数値計算など、学内のコンピュータ・センターで行なうべきような役割も当然持たされている。その他図書館用の情報検索システムとしても役立つなど、教育そのものから少しはなれた学内の附随活動にも電子計算機は十分機能を発揮する。

(田村委員)

4・2 C A I システムの構成と機能

4・2・1 C A I システムについて

C A I システムは、その名の示す通りに、直接学習に計算機を利用するシステムであることは、言うまでもない。前節にも述べたように計算機の学習への利用は、単に学習者の応答を記録解析するためのデータ処理装置としての応用や、ある現象を計算機内で模擬して学習者に提示するシミュレータとしての応用なども考えられる。

しかしながら、C A I システムという言葉は、多くの場合は計算機が学習者に教授内容や問題を提示し、学習者の応答をオンラインで解析して、以後の提示内容にフィード・バックする形式の教育システムを指していると考えられる。したがって、C A I はその前身を、プログラム学習 (Programmed Instruction) やティーチング・マシン (Teaching Machine) に見出すことが出来る。あるいは、C A I は電子計算機によるティーチング・マシン (Computer - based teaching machine) であると考えてもよからう。以下においては、特に断らない限り、C A I としてはこのような定義の教育法を指すものとする。本節では、計算機や C A I について、あまり知識のない人を対象として、C A I システムの構成と機能の概要を述べる。

C A I システムの持つ機能は、そのシステム構成に深い関係を持つ。これは単に電子計算機や端末装置などのハードウェアの制約条件だけでなく、むしろ教育プログラムを作成する考え方や技法によって、その効果はより大きく支配されるといっても過言ではない。

次に、現在まで実験された C A I システムの構成を考えよう。これは表 4-2-1 に示すように、ハードウェア、ソフトウェア、記録、人員の 4 種の部分から構成される。それぞれについて以下に簡単に説明する。

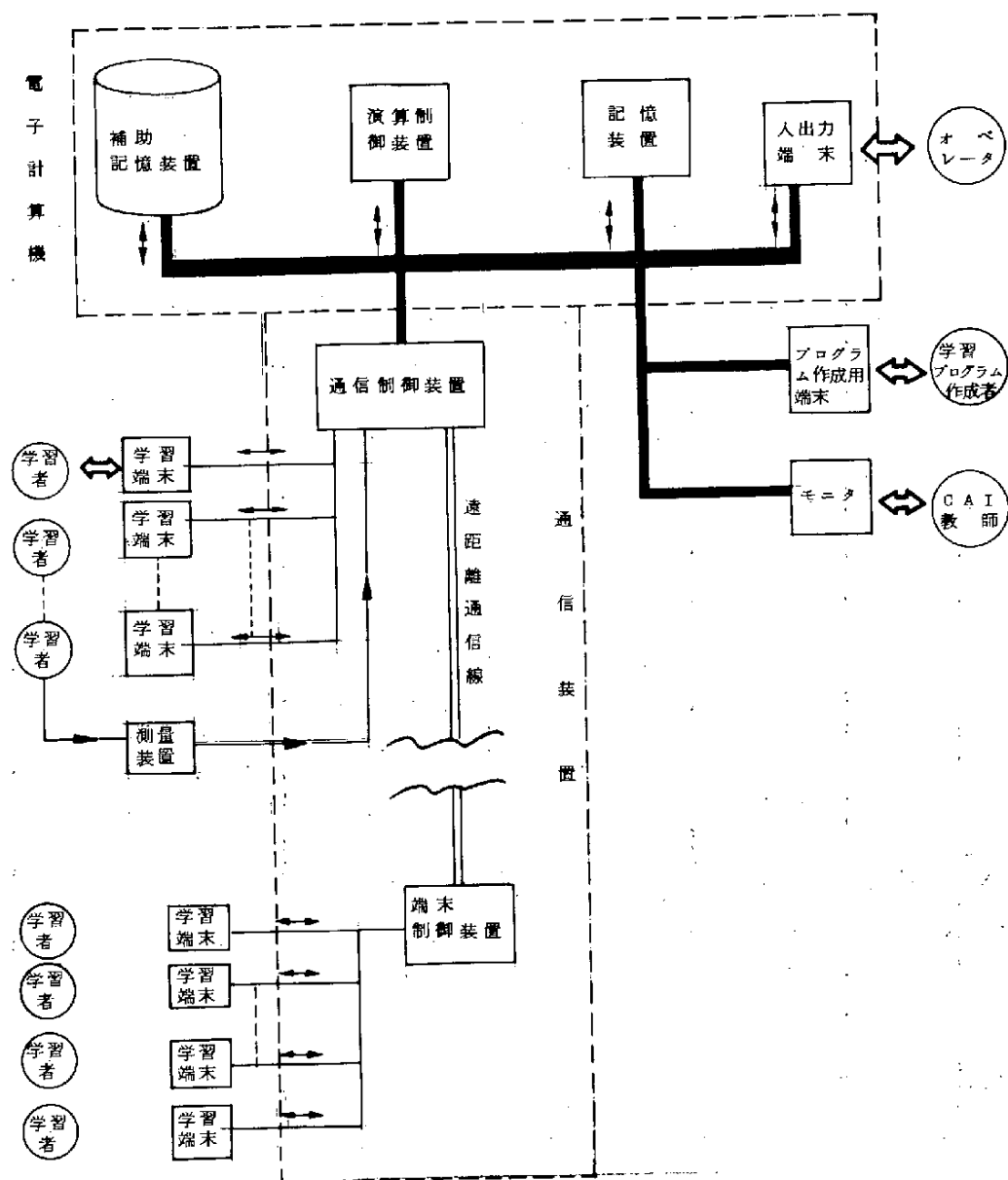
4・2・2 ハードウェアの構成と機能

C A I システムを構成するハードウェアは計算機、通信装置、学習端末、教師用の監督応答装置などからなるのが普通である。図 4-2-1 にその代表的な構成を示す。また職能訓練などでは、学習者が行なう作業の対象となる機械や環境などを模擬するシミュレータを用いることが多い。ジェット機などの訓練に用いる計算機を利用したフライト・シミュレータはその代表的な例といえよう。その他に、研究用としては、学習者の緊張や疲労の程度を計測するために、各種の生理データの測定装置を備えることも必要である。

表 4-2-1 C A I のシステム構成

ハードウェア	コンピュータ 端末(教育用) 通信装置 教育用機材 反応計測装置 シミュレータ	教師用, 生徒用, プログラムテスト用 通信回線 送受信装置, 通信制御 提示用メディア, 教科書など 脈拍, E E G, 筋電 各種
ソフトウェア	教育用ソフトウェア オペレーティングシステム シミュレータプログラム 結果処理プログラム	学習プログラム(制御内容) 学習教材 モニタ コンパイラ 診断 ルーチン 生徒の応答の処理, 教師への提示など
データ	統 計 記 録	個人別, 集団別 教科別 教育技法別 〃
人 員	生 徒 教育実施要員 教育プログラム作成, 保守要員	教師 オペレータ システムデザイナー, 教師, 教育プログラム作成, 計算機プログラム, コーダ, オペレータ, パンチャ

図 4-2-1 CAIシステム



電子計算機はいうまでもなくC A Iシステムの中心をなす装置である。ディジタル計算機は、汎用の情報処理を行う機械であるから、そのプログラムを取りかえることによって、同じ機械、を各種の用途に使うことができる。したがって、C A I用として設計製作された計算機を使用している例はなく、通常の計算機にC A I用に製作されたプログラムを格納し、さらにC A Iに必要な入出力用端末を備えればよい。もちろん、計算機は機種によって性能に大きな差があるから、目的とする教育内容や学習端末の数などによって、機種の選択を行なわねばならぬことは言うまでもない。表4-2-2に計算機の規模とそれにより可能な教育の対象を示す。

表4-2-2 C A Iシステムの分類と機能

	計 算 機	端 末	教 育 内 容	他 の 可 能 性
小 型 システム	ミニコンピュータ メモリ 8~16K	KEYBOARD TY OPTICAL PROJECTOR 音声 (VTR)	LINEAR INTRINSIC DRILL 1教室, 1学科 数人~十数人	一斉授業用 簡単な統計処理
中 型 システム	小 型 中 型 メモリ 32K程度	上記+ CRT ライトペン	50端末以上 小数教科	小人数に対する新しい教育 技法の研究 校内のI. R. 事務処理 カウンセリング, 教育効果 の計算, 教育プログラム デバック
大 型 システム	大 型 メモリ 65K以上	通信回線による制 御	数百~数千 多数学科 シミュレーション可能 ソクラティック アダプティブ	マルチプログラミング 経営管理 自然言語, 音声認識 などのadvanced technology との組合せ

C A Iに使用される計算機の仕事は、通常次の通りである。

- ① 教材と問題の提示
- ② 学習者の反応の評価・記録

③ 学習者の意志の受付け

その他、上に述べた直接学習者に関する仕事のほかにCAIシステムを運営して行くためのシステム管理を行なっている。

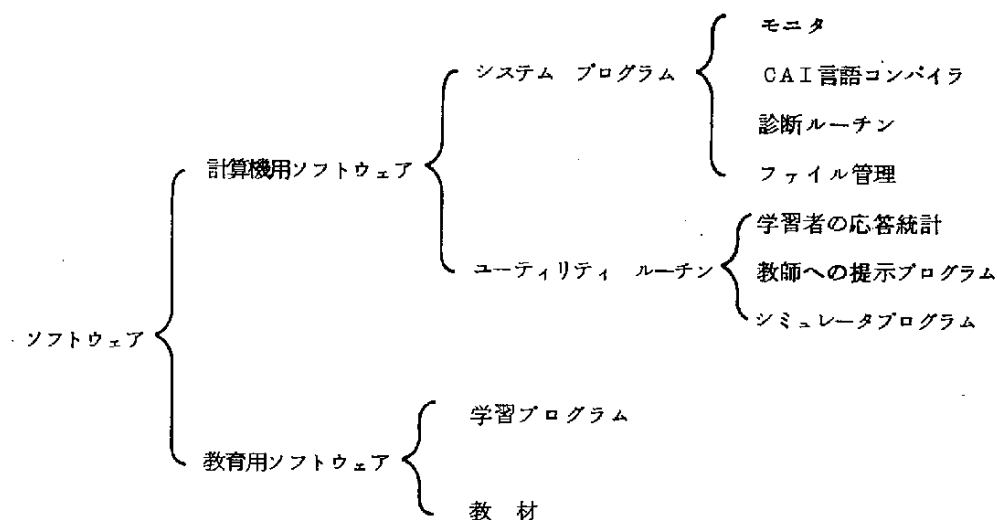
ここでつけ加えたいことは、CAIシステムを経済的に運営するには、同時に多数の人が1つの計算機システムで教育を受ける方式を用いねばならぬことである。計算機の手速度は非常に速く、1人の学習者の応答に対して数秒で教材を提示する。学習者が、その教材を理解したり、問題を解いたりする時間は、計算機は何も仕事をしないで遊んでしまう。そこで、その遊んでいる時間を利用して他の人の応答の処理に用いると、計算機の手能力の許す限り、多くの人を並列に教育することができる。

多くの学習者の同時教育のためには、多数の学習端末と計算機を接続するために、通信制御装置（一種交換器）と通信回線が必要となる。特にシステムが大規模になると、計算機の設置場所から速く離れた場所に学習端末を置く事が多く、その際の通信には、電話回線が用いられる。

学習端末は学習者が、直接向きあって学習を行なう装置である。教材や問題を提示する機能と、生徒が解答やその意志を計算機に知らせる機能を持つ。これには、1台で両用の目的に用いるタイプライタやブラウン管ディスプレイと、一つの機能しか持たないスライドつきプロジェクタ、音声応答装置や鍵盤などがある。いずれにしても、直接学習者が触れる装置であるので、人間工学的の考慮が必要であることは、言うまでもないが、一人の学習者に一台ずつ必要であるので廉価であることが望ましい。

4・2・3 ソフトウェアの構成と機能

CAIシステムを構成するソフトウェアは次の通りである。



(1) 教育用ソフトウェア

C A Iシステムの良否を決定するものは、計算機の性能ではなく、教育用ソフトウェアであると言われている。現在まで多くの人々が、教育用ソフトウェアの開発にたずさわって来た。しかしながら、その手法はまだ確立されたとは言いがたい。これらの技法については、4.3節、4.4節に詳しく述べるので参照されたい。

普通C A Iに用いる学習方式としては、ドリル演習型、(Drill and Practice) 個別指導型、(Tutorial Instruction) がよく用いられるが、その他シミュレーションやゲーム型、(Simulation and Gaming) や対話型(Inquiry) なども研究されている。

ドリル演習型

数学における計算のやり方や、外国語の単語や熟語などのように、それを自由に使えるようになるには多くの練習を反復する必要がある。このような演習の手助けをするため、計算機が問題を提示し、学習者の答えの誤りをチェックして次の問題を出す。したがって、問題を出すやり方をうまくプログラムすれば、それぞれの学習者の能力に応じた演習を、能率的に行なうことができる。

個別指導型

それぞれの学習者の特性(前提能力、現在の理解の程度、学習のタイプ) などを計算機が推定評価し、それから現在最も適していると思われる教材や問題を学習者に与える。前に述べたドリル型を大きく進め、かなりの範囲の教育の手助けを計算機が行なうものである。このねらいは、学習者1人1人に教師がついたと同様のきめの細い教育を行なうことである。同時にこれは、それに用いる学習プログラムの質が高いことを意味し、そのプログラム作成に多くの人手と費用を要する。

(2) 計算機用ソフトウェア

個別指導型を例にとり、前述したC A Iシステムの計算機の機能を少しくわしく考える。

① 教材と問題の提示

各々の学習者の履歴や応答を考慮して、それぞれに現在、最も適切と思われる学習内容を示し、次に問題を与える。

② 反応の評価、記録

与えられた問題に対する学習者の応答から、現在どの程度理解しているかを推定し、その結果を記録する。

③ 学習者の意志の受付け

学習者から求められたヒントや、学習に対する希望(例えば、より詳しく学びたいとか、学

習を打ち切りたいなど)を受付け、それに対する処置をする。

上に述べた役割りは、互に関連しあって明確に分離できないことが多い。これを、まとめれば、あらかじめ人間(教材作成者)が整理した情報を計算機の助けをかりて、個々の人間に伝達し理解させていると言えよう。この際、各個人と機械が対一対一で、対話形式を通じて情報の受け渡しを行っていることが重要で、学習者の意志を聞いたり、学習者に励しの言葉を与えたりすることにより、学習がはかどると言われている。

上に述べた直接学習に関する計算機の仕事の他に、C A Iシステムを運営するためには以下の機能が必要である。

④ システム管理

通常の計算機のシステム中のオペレーティングシステムに相当するもので、必要な学習プログラムを記録ファイルから引き出して計算機の高速メモリに格納したり、多くの学習端末との情報の流れを交通整理するモニタの役割りがある。

また、学習プログラムはその作成者に便利な言語で書かれているので、それを機械語にほん訳するコンパイラやインタープリタなどを持っている。その他、学習結果の統計解析(ほう大な学習プログラムや記録のファイル管理)を行なうための計算機プログラムが必要である。

4・2・4 システムの記録と人員

① 記 録

C A Iシステムの教育効果を向上させるには、その教育の結果を評価し、現在の教育方法や、システムの不備を改善するフィードバックの操作が不可欠である。また、学習者にとっても、それぞれの適性を知り、進路に対する忠告を与えられることが望ましい。これらの目的に数量的な裏付けを与えるために、個人別、集団別、教科別、教育技法別などの教育効果の統計計算、各個人の履歴の作成などに計算機を利用する。もちろん、ほう大な記録の管理に計算機が必要なことは言うまでもない。

② 人 員

C A Iシステムの構成員については、4.6節に述べるが、特にここで強調したい点は、C A Iシステムは、教師のいない教育ではなく、その名の通り、計算機は教師の手助けをすることを目的としている。従って、従来の一斉授業に比べて、教師の数を減らすことを期待することはまず無理で、C A Iシステムの要員を合わせると逆に人数は増えると思われる。その利点は、何よりも教育の質の向上であり、従来一率に教育されたために、不十分であった教育効果が各段に高められることを強調せねばならぬ。このことを逆にみると、もしも同じ教育効果をあげるだけの教師を投入すれば、非常に多数を必要とし、従って教師の数を減らしたとも言えよう。また教師

にとっても、自由な時間が得られて、より創造的な教育活動に従事できることも大きな利点と言えよう。

4・2・5 計算機システムとC A I

現在までに多くの計算機がC A Iシステムに用いられているが、その規模と能力や可能性については表4-2-2に示されている通りである。もちろん、この分類は便宜的なもので、大体の目安を示すものと理解されたい。

(辻 委員)

4・3 学習プログラムの作成技術

4・3・1 CAIにおける学習の考え方

CAIシステムを基盤とする学習についての考え方は、従来から一般に強化の理論を中核とするものであると考えられてきた。学習の効果を支配する強化のあり方が種々論議されてきたのである。CAIの方法論もその影響下にあったが、最近になってこの考え方についていくつかの疑問が提出されている。たしかに単純な反射行動の形成には適用できるが、複雑で重層的な行動には当てはまらないのではないかという疑問である。そして実際にさまざまな実験的研究が行なわれるにつれて、最近ではむしろ強化理論にかわって、サイバネティクスを基礎とする学習理論、フィードバック制御によって学習が成立するという考え方が次第に強くなりつつある。脳科学、情報理論が学習観を転換しつつあるといってもよいかも知れない。

たとえば人間が自転車にのれるようになるプロセスを考えてみる。人間が自転車に働きかける——つまり自転車にのるとは、手を使い足を使ひ、身体のさまざまな神経を使い、また目で地上や車輪をみながら自転車に働きかけることである。そうすると自転車は人間に働きかける——つまり自転車はその人間の働きかけのあり方によって、或いは走り、或いはたおれるという状態になる。それは人間に直ちに感覚される。これを人間の側からいえば自転車から働きかけを受けたことになる。それによって人間はまた次の行動をとる。こういう交流を通じて、はじめは自転車にのれない人間もだんだんとのれるようになる。つまり自転車の状態を敏感に反映して、たえず自転車が走りつづけるように反応する神経回路ができあがるのである。自転車からフィードバックを受けて行動の仕方を学びとって行くのである。このように人間では五感を接点としても神経回路が一つの回路をつくっていると考えられる。そういう状態になったとき、ある行動が成立し、学習の到達点に達したと考えることができる。

従来サイバネティクスの理論は、言語や知覚行動には適用できないという考え方が強かったが、人間の行動に対する見方が発展することにより、すべての行動に当てはめることができると考えられるようになってきた。人間の行動は、外界（即ち行動の対象ということになるが）に対して働きかけ、また外界から働きかけられるということのくり返しによって変容するということである。

このような立場で学習の場を設計することになると、いかなるシステムになるであろうか。人間が外界の刺激を受けとり、それに反応するというのは、人間の神経系が五感で受けた情報を処理して制御行動をするというプロセスを神経回路としてもっているということである。学習とは

この神経回路を形成することだと考えられるから、学習を成立させるには、行動の場を設けて行動対象に対して神経系を働かせて回路を自ら形成する以外にはない。あらゆる行動は一定の空間で行なわれ、時間的な経過をとって展開する。行動の経過に従って、行動の場は行動を主体に対して異なったゲシュタルトとして展開する。学習を目標とした行動も、一定のゲシュタルトとしての場で行動が行なわれ、その進行とともに異なったゲシュタルトが展開するのである。そして学習の目標に到達したというのは、一定のゲシュタルトをもった行動の場が成立するというように考えてよい。学習のシステムの構成とはいろいろ主体と行動対象のダイナミックな関係を構成することである。

C A I システムというのは、何よりもまずこのようなシステムとして構成されなければならない、その中で電子計算機の機能を利用しようという考え方のものである。つまり学習の場で、学習者が刺激を受けとり、情報を処理し、反応行動をするという循環の過程で、あるいは刺激を提示し、あるいは行動を指示し、あるいは反応を分析し、あるいはヒントを与える等々の役割を果させようとするものである。つまり人間が情報処理過程を経験することにより、人間としてより高度な情報処理機能を持つようになることが学習であるとするなら、その人間の情報処理行動に電子計算機の機能を協力せしめようというのがC A I であると考えてよいであろう。

4・3・2 教育目標の行動的把握

教育が果すべき仕事は、行動の変容ということであるならば、従来教育の内容として考えられてきた教科体系というものを、人間の行動から切り離れたものとして捉えて、これを注入するという考え方は成立しない。教育の内容と考えられたものを人間の行動との関連からとらえ直すことが必要となる。この点はすでにプログラム学習の考え方としていわれてきたことであるが、この考え方がなければ、C A I システムも成立しないのである。「何が教えらるべきかということとは行動の分析によって決められるべきである」(イリノイ大学ストリェロウ)という考え方は当然である。

行動というとき、目にみえる腺や筋肉の変化を伴ったもの(overt)についてのみのことではないことは一般に認められている。思考とか判断とかいわれる目にみえないものも行動(Covert)といわれる。これは言語と深い関係のある行動であって、言語表象に対する行動とも考えられる。「思考活動は、多くの神経に働きかける刺激を正確に組み合わせることによって成立」という考え方である。(Smith and Smith ; Cybernetic Principles of Learning and Education Design)

われわれは知識という言葉を使うときは、人間という主体に対して客体と考えられる対象世界についての言葉による叙述そのもの、あるいはその内容となっていることを指すことが多い。し

かしそれは本来は人間の行動の産物であって、人間という主体が対象世界の客体に対して行動的関連をもった結果を言葉によって表現したものである。その場合に行動自体を表現するのではなく、行動を捨象して、対象世界についてのみ叙述すると対象世界の知識と考えられる。近代の自然科学が発達したのは、このような人間の思考が発達したからである。しかし、それは本来は、人間の自然に対する行動的連関の仕方が生み出したもので、その行動を言葉により再構成（分析、総合）したのが知識なのである。知識は本来は行動そのものなのであるが、その再構成（分析、総合）の過程で主体の行動を消し去って、対象の事実のみを叙述すると、いわゆる対象についての知識となる。自然に関する知識、社会に関する知識というよい方になる。しかし本来は、自然に対する人間の働きかけ方なのである。あるいは自然と人間との交渉のあり方なのである。そういう意味で知識は知的行動であると考ええる。

行動分析（task analysis, behavior analysis）とはどういうことをするのであるか。行動がそもそも捉えにくいものであるので、なかなか適確な方法が生れていない。行動というのを前述したような意味でとらえると、大きくまとまりとしてとらえることもできるし（molar）、細かく分析してとらえることもできる（molecular）。ここで大きいというのは、時間的経過としていえば長い連続した行動という意味である。連続したものを一つのものでとらえることもできるし、それを細分れにして短い単位時間の行動としてとらえることもできる。連続しているといえばとめどなく連続しているし、不連続としてみれば、どこまでも細かくわけられる。そういう性質をもっているので問題はなかなかむづかしいが、task analysisという言葉が示すように、taskとしての意味づけを行なって、その意味によって一つの単位としてとらえる。意味のちがうものは不連続として別の行動とするのである。

また先にも述べたように、行動の位相という点から overt, covert というようにわけると考え方もある。overt というのは、腺や筋肉の変化に伴なり目に見える行動であり、covert はそのように直接目に見えない行動をいうのであるが、これは推量や報告によってとらえられなければならない。

能力開発工学センターでは、刺激に対する反応という行動を二つにわけて、刺激を認知し、弁別する行動（主として covert である）とその刺激に対して腺、筋肉の動きを伴って反応する行動としている。前者を測定行動、後者を表現行動とよんでいる。これは情報理論の思想がとり入れられたもので、人間の行動を情報処理と制御という関係で見ようとする考え方である。したがって測定、表現というのは科学的に構成された概念といえることができる。この考え方によれば、行動は刺激—測定—情報処理—表現という回路をなしているということになる。この過程を具体的な行動について分析することによって、その行動を習得させるプロセスを設計しようとするのである。

行動の分析は、一般に次のような4つの段階においてなされているようである。

(1) 目標の限定と事例の選定 — 目標とする行動の範囲を明確にしなければならないが、一応仮りにそれを限定しておく。これは言葉や概念ではいかに厳密に規定してもあいまいであって、結局は具体的な事実によってきめなければならないから、出発点ではあくまで仮りのこととしておくのである。たとえば自転車の運転ひとつにしても、運転するという言葉に該当する事実はさまざまである。レベルのちがいもある。それを言葉で最初に限定すること自体非現実的なことである。一応の限定の上で具体的にその行動自体をとらえて分析するのである。そのことを通じて目標とするべき行動も明らかにしようという考え方である。

教育目標については長い間の伝統があって、観念的に規定するという習慣があるので、言葉の分析、概念分析をして目標を細分化して行くという考え方もないわけではないが、こういう考え方は最近あまり問題にされなくなりつつある。それは教師中心の考え方におちいりがちであるからである。例えば正しく自転車の運転ができるという内容を言葉の上だけで分析したのでは、人間がどう環境に反応するかということが明らかにされないままに、正しくない運転と正しい運転との区別がされるといったことになるのである。行動を分析するつもりでも、本当の行動を見ることができないので、学習者の行動のあやまりを正してやるというような観点がでてこないのである。つまり行動形成の具体的なプロセスを明らかにすることができないから、行動の具体性を分析することが大切だとされるのである。目標概念の分析というのは、行動分析とは異なったものである。

(2) 行動の観察記述 — 実際に行動できる人が行動する様子を観察し記録する。この場合は、行動の出現の時間的系列にしたがって、目に見える行動がとらえられる。実際に記述されることは、身体(筋肉)の動きが中心になるであろう。しかしそれにもいろいろな記述の仕方があろう。自転車の運転でハンドルの操作といっても、細かく記述すれば手の指をどうしたというような記述もできるし、右へ曲げた、左へ曲げたというまとめた形の記述ともなるのである。一般的には、運転という目標に必要な限りの分解でよいとされているが、事実記述するときは精粗まちまちであるかも知れない。それはあとで整理すればよいのである。

知的行動といわれるものの場合は、目に見える行動が極めて少ないことがある。たとえば数字の計算の場合などは、紙の上に数字を書くということだけが目に見えるのである。鉛筆をもってそれをどう動かしたということを記述する必要のないことは前にのべた通りである。それは計算という目標から限定されるのである。しかしある数字をどこに書いたか、ある数の次にどの数を書いたかということは、目に見えない行動を暗示するものとして重要な所である。

こういう記述によって、一つの行動がある要素的な行動の系列、まとまりとしてその姿をあらわしてくることになる。

(3) 測定行動の抽出 — 目に見える行動があらわれるときには、その動因となるものにはさまざまなものがある。目に見えない刺激もある。言語表象が刺激をなしていることもあるのである。いわば行動の主体がもっている生活空間において行動が発生すると考えられる。われわれが教育で目標としている行動は、そういう行動が多いと思われる。見かけの上での刺激と反応の関係ではなく、目に見える刺激を動因として生活空間としてつくられたものが、反応をひきおこしているのである。それを明らかにすることが行動の実体を明らかにすることになるのである。いわゆるベテランと初心者との差異は、ベテランと初心者のもつ生活空間の差異といってもよい。ゲシュタルトのちがいをいってもよい。これはしかし人間の環境の側から見たのであるが、人間自体についていえば、そういう生活空間、ゲシュタルトをもつように神経回路が形成されていることであると考えられる。

そのような行動と神経回路のあり方、情報処理の姿を明らかにしようとするのが、第三段階の仕事である。実際には行動の内観の報告や、観察記述の際の微妙な徴候についての説明を求めるといった形で行なわれる。更にミス行動との比較によって普通には気付かない点を明らかにするとか、事故の事例をベテランに批判分析させるとかの補助手段も使われる場合がある。

(4) 行動の構造の把握 — レヴィン (Lewin) の生活空間という概念は、行動の直接条件となる内的世界をいうのであるが、行動分析によって、目に見えるもの、目に見えないものをすべて洗い出したとき、この概念に当る生活空間がとらえられたことになる。行動を B 、生活空間を S とすれば、 $B=f(S)$ となる。

サイバネティクスの理論からすると、この生活空間は、情報の処理のプロセスということになる。生活空間をダイナミックな関係でとらえたものということができよう。生活空間とは瞬時、瞬時の事態をスタティックにとらえた概念であるが、それを流動的な姿にとらえれば情報処理過程とよぶことができよう。そこには一定の行動表現としてあらわれるための力動的な関係があり、その姿をとらえようとするのが構造把握の段階である。

行動の分析が、学習のシステムを設計する過程の重要な段階として認識されるに至ったのはまだ最近であるから、その方法論はむしろこれから発達すべきものと考えられる。

先に述べた知識についての行動主義的な思想に基いて分析をするなどということはまだ数多く行なわれてはいないのである。しかし知識が人間の情報処理的過程から生み出されたものであることは既に認められたところであるので、その知識を生産するプロセスの分析は今後次第に発展するものと思われる。

さらにこのような思想で人間の形成全般を問題にすると、人間の全体的行動はさまざまな位相の異なった行動の集積であるから、それらがどのようなからみ合いで人間の全体的な行動をつくっているのかが明らかにされるべきであろう。そのような分析の進展が、学習システムを生み出

す根源となるであろう。

4・3・3 学習プログラムの類型と診断治療

(1) 教授と学習方式の類型

C A I システムの方式について述べる前に前提としての学習概念がある。これはプログラム学習の考え方として述べられているものと一致するが、学習は個別に成立するという概念である。これはいわゆる形態をいうのではなく、学習というのを行動の形成と考える。C A I は、その思想にもとずいて個別の学習者にタッチしようとするものである。つまり集団的形態をとった学習形態でも、その行動の形成は個人によって異なり教育全体のシステムとしては、集団的形態で教育を行なうことも当然考えられねばならないが、C A I は集団形態をとるものとして生れたのではない。あくまで個別形態の方式におけるシステムなのである。これは集団形態をとる教育がいかなる行動を形成するものとして位置づけられるべきかということを考えてくれば当然なことで、電子計算機による学習場面へのタッチは、集団形態の行動形成には現在のところ不適當である。さらに電子計算機の機能からして、集団形態の学習にタッチさせることは、学習のシステムをますます固定的なものとし、人間疎外をおこす原因ともなりかねないのである。

次に学習のシステムについての考え方を明らかにしておかななくてはならない。学習とは結局、学習者が行動することによって行動を形成する。ある行動を獲得することである。その行動の場には、学習者が反応する対象（刺激）が存在する必要がある。学習者はその刺激を一つの動因としておのれの生活空間をつくり、それが反応となる。その反応は行動の場を転換させる。その反応が場において必然的な行動であれば、前進する。前進し得ないとき、つまり必然性がなく不適當であれば、後退して、また出なおすことになる。こうして適切な行動と場とが結合して行くのである。結局、学習者の行動が学習を成立させるのである。

システムというのは、この行動の展開を自然にまかせないで、あらかじめ予測して計画しておく、最短距離、最短時間で学習を成立せしめようとするのである。そこで学習のプロセスの予測と計画は、プロセスのどの部分についてどう予測し、どう計画するかによってさまざまな方式が生れるのである。人間の行動は重層的であって、さまざまな位相のものが含まれている。一様な学習行動をとって形成されるものではない。だから学習のプロセスのそれぞれの段階で、さまざまな行動が必要である。その学習のプロセスに応じてさまざまな介入が成立ちうる。おそらく具体的には無限のものがあるといってよいであろう。しかしそれらには何等かの類型があるのであるろうか。

C A I による教授と学習の方式については学者によっていくつかの分類がなされている。以下にその代表的なものをあげておく。

1. スタンフォード大学サップス教授

- (1) ドリル・プラクティス方式
- (2) チュートリアル方式
- (3) 対話方式

2. ロジャース

- (1) ドリル
- (2) チュートリアル
- (3) 会話方式
- (4) 現実環境をシミュレートした刺激を提示する方式
- (5) 現実現象をシミュレーションによって提示する方式

3. ジン

- (1) ドリル
- (2) 作成者のコントロールによって指導していく方式
- (3) 学習者との対話によって指導していく方式
- (4) シミュレーション
- (5) 情報検索および情報の再構成
- (6) 電子計算機を使って問題解決を行なう方式
- (7) 芸術デザインおよび作曲を電子計算機で行なう方式

これらの分類は必ずしも明確な基準をもっているとはいえない難いのである。しかし大きくいえば、目標とする行動の性格が、学習行動のプロセス、あり方を規定することになるから、それに応じて電子計算機の介入が規定されることになる。そういう点から考えて三つの大きな類型が考えられているようである。すなわち、第一のものとして、目標行動が形成されるには、くり返しくり返しの行動によって行動のスピードや精度を獲得するというプロセスをふまなければならない場合、そこへ介入する介入の仕方はある一つの類型としてまとめることができよう。それをドリルとかプラクティスとかよんでいる。つまり電子計算機が練習の場を構成するという働き方をするということになる。

第二の類型としては、新しく行動の回路、神経の回路を獲得するような学習行動をしなければならぬ場合である。学習者はあらゆる神経回路をもたないから、そのままでは適切な反応が成立せず従って局面は展開しないことになる。自然のままに放置すれば何かの偶然の機会にそれを発見したり、与えられたりするものであろうが、計画的な教育では意図的にそういう場へ介入させて学習者にそれを獲得させることができよう。その手段はさまざまであらうが、ともかく一つの行動をなおしてやるための手段をとるということである。このことをチュートリアルと

よぶことができよう。電子計算機は学習者の新たなものの形成に参与するという働き方をするのである。

第三の類型としては問題の解決という性格の行動が考えられる。問題を解決するという行動は、自分の所有している生活空間を整理して局面の打開をはかるのであるが、そういう行動は行動の要素として新たなものを付加するのではなく、自分の所有しているものの自覚がなくてはならない。分析と総合による再構成の過程をたどることになるのである。そういう行動は学習行動としては、問題場面との対決、そしてその解決の行動を自らとるのである。そして解決に至ったのか至らないのか、至らなければどこに問題があるのかを逆にたどらなければならない。その所で電子計算機が介入するとすると、これはなかなか複雑な介入である。個人個人の行動に対して対話による解析を必要とするのである。これは恐らくまだ将来のものと考えるべきであろうが、とにかく類型としては一つのものともとめることができよう。

(2) 学習における診断と指導（治療）

教授と学習の方式については、以上のべたようないくつかの類型があるが、これを電子計算機の役割という点からみると、どの種類の学習であっても学習者の行動を診断し指導（治療）するという学習指導活動において役割を果たすことになる。すなわち学習指導とは、学習者の行動をとらえてこれをあるべき行動と比較し、何をどこまでできるのか、何が欠けているのかを明らかにし、これをフィードバックし、次にいかなる行動をすべきかを見きわめて指示する。そしてそれをまた診断するという循環の活動である。電子計算機はこういうプロセスの中で役割を果たすのである。

診断の方式としてはさまざまな工夫がなされている。もっとも簡単な方式は学習者が自分で診断するという場合である。学習者がある反応をする。その次にあるべき反応が示される。学習者が自己の反応をそれと比較して、正しいかどうかを自分で判定する。そういう方式でフィードバックするのである。この学習者が自己診断をするという方式は、学習者にそれだけの能力があることが必要となる。またそれにふさわしいように学習プログラムを構成しなければならない。しかしいづれにしても電子計算機は、正しい反応は何かということを示すという役割を果たせばよいのである。これは電子計算機にとっては比較的やさしい仕事なのである。

これに対して電子計算機が学習者の行動をあるべき行動と比較して診断し、その結果を学習者にフィードバックするということになると、電子計算機の仕事はより複雑になる。この場合には、比較し診断する尺度があらかじめ電子計算機に与えられる必要がある。たとえば次のような尺度が予め準備されなくてはならない。

1. 行なわれた行動に関して正反応、誤反応のいずれについても予想されるもののすべてを与

えておいて、それを尺度として、学習者の行動と比較しその差異を明らかにする。

2. ある段階の行動をそのステップに至るまでの学習経路でいかなる行動をとったかをしらべて、それらの行動の発展の姿をあるべき姿と比較するような場合、行動の発展形態を尺度とする。
3. 反応時間が行動において重要な意味をもつときは、それを尺度とする。

診断というのは、行動のステップの一つ一つに関してその行動自体の診断もなされうるし、その行動を形成してきた過程全体をながめてその姿を診断することもある。診断についてはさまざまな観点が成り立つと考えられるから何を診断するかということが明確にされなくてはならない。

診断はそれにつづく指導ないし治療と一体のものと考えられる。そこに診断—指導という系列からさまざまな類型が存在することになる。さきにあげた教授と学習方式の類型はそういうものと考えられるのである。

学習者が自己診断をするということを立て前として学習指導を設計すれば、指導は次々へと行動を指示し、それに対しての正しい反応を提示するという形となる。いわゆる直線型プログラムということになるのである。電子計算機が診断することになった場合、もちろん直線型プログラムも成立たないことはないが、診断によって分岐をして次の行動を指示するということが必然的となる。こういう場合は、プログラムが学習者の行動の展開をつくりあげて行っているのである。

しかしそれは学習者の行動のあり方から必然的に生れてくるものという意味をもっている。個人教師が学習者を診断して、その行動の姿からそれでは次にはこれをしてみなさいというように導くのである。チュートリアルというのはその意味であり、またそういう一つの行動から次の行動が必然的に生れるという意味で intrinsic (本来的) とよばれる。次の行動の決定は学習者の意志とは関係がないわけである。

これに対して、学習者の意志によって次の行動が決定されるということもありうる。それは多くの場合、比較的大きな単位の学習、一つのコースを選択するというような場合である。学習者が自己診断をして、自分の進路を選ぶとか、自己の興味や関心によって進路を選ぶという場合である。こういう学習の形が進展すると学習者が自らデータを要求し、その操作をして、その結果についての診断を要求するということになるのが必然であろう。こういう学習に適応することになると、電子計算機はなかなか複雑な仕事を要求されることになる。つまり学習のプログラムを作成し、それをシステムとして働かせる仕事が相当複雑になるということである。

指導の形の具体的な方式を以下にいくつかあげておく。

ドリル練習方式

- 1) 学習者の反応をカウントして、もっとも適切なレベルの練習問題を提示する。
- 2) 一連の学習状況を記録しておいて、過去の学習においてもっとも弱い部分を復習する

意味の問題を提示する。

チュートリアル方式

- 1) 誤の内容を知らせてくり返し学習させる。誤反応がN回続いたら停止する。
- 2) 誤の内容を知らせて、ヒントまたは既習ステップの一部を再度学習させる。
- 3) 誤の内容を知らせて、行動の仕方あるいは正しい反応結果を提示する。場合によっては両方を提示する。
- 4) 誤の内容を知らせて、正しい反応ができるまでくり返し同じ問題を提示する。

最後にあるまとまった学習単位を終了した時点で、学習者の学習の成果をどう診断するかについて考えてみよう。この場合は、学習の仕方のパターンを尺度として診断することになる。CAIにおいては、学習者の進度や進路には個人差が生じるが、学習到達度は同一と考えることができる。しかし、到達の仕方にはさまざまな類型があると考えられる。たとえば、ある行動を習得していくプロセスが、はじめの段階では誤反応が多いが、次第に正確になるというタイプや、はじめの段階では時間はかかるが反応の内容は正確であるのに対して、練習の段階になると誤反応が多くなるというタイプなどがある。このような学習の仕方のタイプとして、どのようなものを考えるべきかは、まだ明らかになっていない。しかしこの方向での研究が進めば適性の診断のための方法論を得ることができる。その場合には、適性検査、人格テスト、アチーブメントテストなどの結果をデータとして組合わせて診断する方法がとられることになろう。現に少しずつではあるが研究は進められている。しかし、それらの間の重みづけなどの方法論については、まだ明らかにはなっていない。

4.3.4 学習の場のダイナミクス

(1) 学習の場の構造

教育は、最終的には現実生活の場で行動ができるということが目標である。しかし現実行動は、つねに総合的な神経の働きによって成立っている。現実の行動をつくるためには、必要な神経の働きを一つ一つ順を追って形成していくことになる。しかし、それはあくまでも現実行動において働かすのと同じ状態において神経を使うことができるように考えて場をつくらなければならない。

このような場を構成するには二つの方向からのアプローチが必要である。その一つは空間的に考えるということであり、もう一つは時間的な系列において考えるということである。前者は学習の場を構成する要素のそれぞれをどういう表現方式で提示するかということであり、後者はそれらの場の時間的展開をいかなる方式で決定するかということである。

従来の教育では学習の場を構成する大きな要素は、教師、教材（主として教科書）それに当の

学習者であった。行動を形成するという考え方が稀薄であったから、この場で重要な役割を果たしたのは主として言語であり、学習者の行動に影響を与えるものは言語的媒介であったのである。現代のC A Iにおいてもまだその伝統は強く残っている。一つにはC A Iのシステムにおける機器の要素、すなわち端末としてのハードウェアの開発のことも関係している。また、言語的刺激ということに限定されている。学習者の反応もまた極めて限定され、タイプライタ、キーボードなどに限定されていて、場合によってはそれが選択肢による反応という狭い反応様式にまで制約する傾向もある。そういう条件の下で学習プログラムを作成することが、学習の方式に大きな制約を加え、ひいてはその学習の効果に限界をもたらしことにもなりかねないのである。

しかし最近次第に、C A Iによる学習のシステムの中に、できるだけ幅広く各種の教材教具を採用しようとする動向も見えてきている。この傾向は現在のところ大きく二つに分けて考えられそうである。一つは電子計算機とのオンラインシステムとして、どこまで各種の教材・教具を採用し得るかということであり、他はオフラインとして位置づけようとするものである。これはしかし本質的なちがいはないのかも知れない。学習それ自体の立場からすれば、教材教具がオンラインかオフラインかということは決定的に重要なことではないともいえるのである。あまりにオンラインを強調することによって、逆に学習活動に必要な教材教具をとり入れることが不可能になることはC A Iシステムの発展の方向としては好ましいことではないともいえる。C A Iの発達を全自動的方向でのみ考えることは必ずしも望ましいことではないであろう。ともかく現段階においては、学習のプログラムを端末にとらわれないで作成するという方向への努力がなされている段階である。それがやがてはオンラインの端末器を発展させることに役立つと考えるべきである。

学習の場で重要な役割を果たすものは、行動の対象となるものである。いかなる対象に対してどう反応するかが設計されて、その連続によって行動を形成するものであるから、対象の提示は、反応を考慮してなされなければならない。そこに言語的象徴でない視聴覚教材、実物、あるいはシミュレータなどが重要視されてくる理由があるのである。

電子計算機によって制御されるシミュレータが最近クローズアップされてきたのは注目に値する。実物と同じ機能を持ち、しかも電子計算機の制御によって、それに対する学習者の反応に応じて各種状態を出現させることができれば、現実の場の行動のあり方を学習することが可能になる。しかし現在はまだいかなる行動をどのような過程で訓練するかについて明確なプログラムが作成されて、それでシミュレータがC A Iに組み入れられてきたということではないものが多い。シミュレータは産業の他の目的で利用されることが多いので、その概念がそのまま教育にも採用されて導入されていることが多い。

訓練用のシミュレータは、行動の形成を視点として作成されるべきものであって、必ずしも実

物を完全に模擬したものがよいとは限らないのである。実物のどの部分をどの範囲までシミュレートすべきかは、目標とする行動によって決められるべきである。これは次にのべるシーケンスの問題とも関連することである。

以下に電子計算機制御によるシミュレータの実例のいくつかをあげておく。

- ・ 自動車運転訓練用シミュレータ
- ・ マネジメント・ゲーム
- ・ 化学実験シミュレーション
- ・ 飛行士訓練用シミュレータ
- ・ 宇宙飛行士訓練用シミュレータ
- ・ 発電システム運転訓練用シミュレータ
- ・ 自動制御システム運転訓練用シミュレータ

シミュレータによる訓練の効果として、よい操縦や運転の習慣が形成されるということが特に注目されている。

(2) 学習のシーケンス

① シーケンス決定の原理

一つの簡単な行動でも、それはさまざまな神経を使って成立しているのである。その神経の使われ方に即して、ある単位に行動をまとめることができる。多くの場合目的によってまとめるのである。その一つの行動としてまとめたものについて、大ていの場合さらに細かい行動にわけてみることができる。それは目的を中心としてまとめた行動というのは、かなり多くの神経をつかった行動だということにもなる。一つの行動をつくっている行動を要素行動などというが、それらが一つの行動をつくっているということは、要素が相互に関連をもって結合しているということである。

一つの目標行動をつくりあげるには、一挙に形成することはできないので、要素となるものを積みあげ、その結合をつくるという考え方で形成するのである。ここに学習のシーケンスを考えると問題が位置づくのである。学習のシーケンスを決めるには、要素行動に分析し、その相互の関連を明らかにし、単純なものから、次第に複合した行動をつくっていく。神経の回路はそのようにしてつくって行くものである。学習のプログラムをつくって行くというのは、この行動の回路をつくって行くプロセスを設計することだと考えてよい。そしてその根本は行動を形成するには行動を積みあげるという考え方である。

② シーケンスの類型

現在までにつくられたさまざまなプログラムを分析してみると、その中には次のようなプロセ

スが含まれていることがわかる。しかし一般にどのプログラムをみても、どれか一つのプロセスしかもたないプログラムというのではないとみてよいようである。

- (1) 帰納的过程
- (2) 演繹的过程
- (3) 発見的过程
- (4) 指導発見的过程
- (5) 試行錯誤的过程
- (6) 法則・事例(ルーレグ)过程

学習プログラムの性格によって、中心の論理をどれにするかとか、さらに学習プログラムの中の小単位ごとに方式を規定することによって、将来は学習プログラムの作成を機械的に行なう方式が考えられるかも知れない。しかし、現在はまだそのための実験的模索がなされている段階であるといえよう。

③ 帰納的方法 — 言語と行動

プログラム学習では、概念をことばで説明し、それを記憶させるということではなく、対象に向って働きかけるといふ行動を実際に積み上げること考えるのである。いくつかの行動をやった結果をことばでまとめて表現したものが概念とか法則とか原理とかいわれるものである。学習者は、自分の行動をふり返って自分でことばにする必要がある。結論を憶えるのではなく、自分で結論を出すという行動をやらせることをプログラムしていくのである。しかし、具体的にごく小さい部分の行動になると、それまでの学習者のレディネス(前提行動)として考えられるものも存在する。そのような場合には、必ずしもはじめに行動をさせて、結論を出すという、いわば帰納的な方法を形式的にとらなくてもよいであろう。それは、個々の行動に即して具体的に考えられるべきである。学習者のレディネスをどうみるかということはこの点からも非常に重要なことになる。

④ くり返し

第二はくり返しの方式を適確にするということである。ある一つの行動が学習されるのは、単にその時点で集中的にくり返すことによって達成されるのではなく、くり返しくり返し形を変えて行動の場がつくられて最終段階で達成されるのである。学習者の持っている不十分なゲシュタルトを、このようなくり返しの場をつくることによって次第に適確なものへと導いていくのである。そのプロセスはいかにあるべきかを明らかにすることである。どのように学習の場を展開させていけばよいかということである。これは、部分となっている個々の行動の質やレベルと学習者のレディネスとを最適に組合わせることによって成立つ。

たとえば2進法に熟練するということを考えると、はじめは2で桁あがりするという2進法表

現のルールをとらえる。これは4桁から5桁の小さい数について2つ珠のそろばんを使えば学習が成立つ。このそろばんにおかれた数をよみとったり、自分で数をあらわしたりという練習をすればよい。しかし2進表現に熟練するには、同じそろばんを使ってくり返すよりも、1つ珠で10桁や20桁の数を扱う練習や、さらにそろばんなしで、1と0という2つの数字を使って2進表現と10進表現との変換練習をする方が学習効果が大きい。つまり単純な行動に一つ一つ新しい要素を加えていくことが熟練度をあげる上に効果があると考えられる。学習者のもっているゲシュタルトを転換させていくということは、行動の場そのものを展開させていくことにほかならないからである。

⑤ 学習プロセスの自覚

一般に学習の見通しをもつということは重要な意味があると認められている。学習に先だってこれからやることの概観(summary)を与えることである。単に何についての学習ということをはっきりと明かにするだけでなく、そのこと全体における位置づけ、あるいは意味を明確にすることである。これは具体的には、最終行動の結果やレベルを示すということによっても達せられよう。例えば分解組立の学習では、分解した結果の状態を示すことが、また、機械操作の学習では、操作時間を示すことが考えられる。全体を把握しつつ部分の行動をするというように構成する必要がある。

同様な考え方で、自己の学習到達状況の自覚ということも大きな意味をもっている。学習のプロセスに自己テストをいれて、自己の到達状況を自覚できるようにしておくことが学習の効率を上げると認められている。自己テストをどこでどういう形でおくかということは、形成しようとする行動の質により決まると考えるべきであろう。つまり、あくまでも行動によってテストすることが望ましいと考えられる。

4.3.5 ステップ構成

(1) ステップの要素

学習プログラムのステップというのは、学習者に要求する最小単位の行動だと考えられている。従って学習者に要求する行動によってステップが決まる。学習者にどういう神経を働かすことを要求するのか、どういう行動を要求するのかについては、目標とする行動と学習者のレディネスの関係で決定される。要求する行動が明らかになれば、その行動を学習者に迫る対象は何であるべきか、行動をした結果についてはどのように診断し、どのようにフィードバックすべきかがはっきりする。ステップには、これらのこと柄が基本的な要素として含まれている必要がある。

(2) ステップサイズ

ステップは学習者に要求する行動の単位であるから、形式的に大小を問題にすることはできない。あくまでも学習者の学習能力（learning ability）との関係で決まるのである。すなわち、目標とした総合的な行動であっても学習が充分成立って、必要な神経をすべて同時に働かすことができる状態になっている学習者にとってはスモールステップということができる。もちろん学習の始めにあつては、それは極めて大きなステップであろう。このようにステップサイズというのは、学習者のレディネスとのダイナミックな関係で決定さるべきものとされている。学習のあらゆる瞬間に学習者にとって最適のステップが提示されるとき学習効率は最大になると考えるべきであろう。

(3) キューイング

ステップで学習者に行動を要求する場合に初期の段階ではキューイング（手がかり）が必要である。それは行動の仕方をくわしく説明するということもあるし、行動の対象に対して視点を与えるということもある。またそれまでに同じような行動を経験している場合には、前の経験との関連を明らかにすることも手がかりになる。

キューイングを次第に減らしていく手法をフェーディング（消去）といって、キューイングと合わせて研究されている。しかしいずれにしても、基本的にはそのステップで要求する行動の質、性格と、その時点の学習者のレディネスとの相互関係で決定されるべきであると考えられている。

(4) 言語による刺激について

現在のところ、CAIにおいては刺激の形態が言語による場合が多いので、言語による刺激をいかにするかは、関心の集まる場所である。学習用端末機器がスライドプロジェクタとキーセット、あるいはテレタイプであるような場合、刺激の大部分が文字である。このようなシステムについて実験がなされた結果では、一般に文字による情報は少ない方がよいとされている。しかし、愛情深いけがましのことばで与えることは効果が大きい。

(5) 反応様式

学習者の反応様式は、シミュレータやその他の教具を併用するシステムにおいては、それらの機能に即してさまざまな様式が存在する。しかし、現在は、言語で反応するというシステムがほとんどであるため、選択肢法（multiple choice）か構成法（constructed response）のいずれが妥当かということが問題になっている。例えば「言語認識」の学習で、両者の比較を行なった結果ではちがいがいないが、別の内容について以下の4つの反応様式について比較実験を行った結果では、1と3が効果大であると報告されている。

1. 構成法のみ
2. 選択肢のみ
3. 構成法と選択肢法の規則的な組合せ
4. 訓練アイテムに関係なく両者をランダムに組合せた場合

すなわち、反応様式は、形式だけが問題なのではなく、訓練様式と訓練項目との関係で決まると考えられる。例えば、目標とする行動が、ことの是非を判断するようなそれ自身選択をする行動である場合には、学習行動も選択肢法が望ましい様式であるし、また何かについて考えをまとめて表現するというような行動の場合には、学習者が自分で論理を構成する必要がある。つまり、あらゆる場合に目標とする行動をすることになればよいということである。

(6) フィードバック

ステップにおいて学習者は必ず何らかの反応を要求される。その結果に対しては直ちに知られることが学習の定着をうながす。学習者が正しい反応をした場合には、正しいということを知らせることがフィードバックである。これによって学習者は、自分の行動が正しかったということを実感することになる。そして行動したことを実感することによって行動が定着する。すなわちこの実感という活動が学習者にとってフィードバックになると考えるのである。

反応が誤ったということは、学習者が対象に向って正しい行動をするための障害にぶつかったといえる。まず誤ったということを知らせることは、障害にぶつかったことの自覚になる。しかしそれだけではフィードバックとはいえない。学習者はその障害がどのようなものであるかを知って、それをのり越えたときにはじめてフィードバックがなされたと考えるべきである。学習者は、さまざまな補助を得て障害をのりこえなければならない。一般にヒントを与えるとか、よりやさしいステップを提示するということが行なわれるが、これは、このような考え方でなされている。

4.3.6 学習プログラムの作成

(1) プログラム作成手続きの類型

以上いろいろな点から、学習プログラムとは何かを問題にしてきたわけであるが、学習プログラムの作成は極めて困難な仕事 (bottle-neck) といえる。これは作成自体の教育観を転換する努力がなされなければならないことによる。すなわち、知識注入主義から行動形成への転換であり、教授活動としていえば、“話してきかせる”ことから“誤を直してやる”ことへの転換である。そこでこの仕事をできるだけ科学的なものにするための方法論が検討されている。

そのうちのいくつかを以下に示しておく。

① 米国海軍の方式

- ・ 設 計
- ・ 教材作成
- ・ トライアウト
- ・ 修 正

② 米国フロリダ州立大学の方式

- ・ 訓練項目の概略を明らかにする
- ・ 反応分析，復習用教材の改訂
- ・ 目標行動の決定
- ・ トライアウト
- ・ 分析・修正

いずれも基本的にはプログラム学習の作成手続きと同じであるが，C A I の場合には，個別化を実現し得る機能があるので，それを生かすための仕事が追加されることになる。能力開発工学センターでは下記のような手続きに従っている。

- ① ・ 目標行動の限定
 - ・ 行動の分析
 - ・ 行動の構造把握
- ② ・ 学習プロセスの設計
 - ・ 学習の場の構成（端末機器の選定，付属教材の設計）
 - ・ 学習ステップの構成（行動対象，反応行動，フィードバック形態の決定）
- ③ ・ 端末機器に合わせて提示教材を作成（スライド作成，音声テープ作成）
 - ・ 付属教材の作成
- ④ ・ C A I のためのフローチャート作成
 - ・ コーディング（C A I 言語によるプログラミング）
- ⑤ ・ トライアウト
 - ・ 修 正

このようなプロセスをできるだけ機械化し，さらには電子計算機で行なわせようという研究も行なわれている。このことについては 4.4 節を参照されたい。

また，開発に要する時間などについては，3 章を参照されたい。

(2) プログラム評価と修正

プログラム評価は，基本的には目標とする行動が学習者に定着したかどうかという観点でなされる。一般的な方法としては，学習プログラムの実施前にプリテスト，実施後にポストテストを

行なって、定着の度合いをしらべる方法が用いられる。現在までは、言語表現によるテストが多いが、テストの形態や方法も目標とする行動の質によって決めるべきである。

プログラムを修正する場合には、ステップごとにその妥当性を評価し、修正の方法を明らかにする必要がある。これはステップごとに正反応の％（通過率）を出して、一定の割合に達しない場合に修正をする。この場合、必ずしも１００％の通過率でなければならないということではない。学習者のレディネスなどから、特定の学習者群に対する期待値を設定するという考え方をとっている。

（小沢委員）

4・4 CAI用プログラミングの種類と方法

4・4・1 CAI用プログラムの種類

CAI システムにおける、学習プログラムの作成には、4・3節に述べたように、教材を細かく検討し分析して、再構成を行ない、さらに、学習プログラムとして電子計算機に適用させる作業が必要である。この全過程のうち、出発点としては教育目標が設定され、最終段階では CAI システムが全体の動作となって表われる。この過程の前半が人間（学習プログラム作成者）の作業であり、後半が電子計算機の作業である。そして、その動作の処理対象が生徒ということになる。

CAI 研究の1つのねらいは、この過程において人間の労力をできるだけ減らす、つまりできるだけ多くのことを電子計算機に受けもたせることであり、その研究のすすみ具合あるいは実用化の程度によって、学習プログラム作成の時点がずれることになる。

4・4節では、このような学習プログラム作成の観点から、人間（学習プログラム作成者）と計算機との接触点に焦点を絞って CAI 研究の現状を概観してみよう。

図4-4-1における製作過程では、後半の部分、つまり計算機が人間の手助けをしている部分があつてこそ、“CAI”のうち“A”のある理由が生じる訳で、この部分がゼロになれば、従来の教育そのものになってしまう。といつてこの部分が全体を占めることもあり得ない。即ち、教育目標設定はあくまで人間の仕事であり、設定された学習プログラムを効率的に運用するのは電子計算機であるからである。ともかくその何割かを占めるのが CAI であつて、その程度や作成方法によって、学習プログラミングはおよそ5つのケースに分類できる。

その第1のケースは、各種のアセンブラや通常のコンパイラ、たとえばFORTRANやCOBOLなどの言語を用いて学習プログラミングする方法である。これらの言語は小型の電子計算機以上では、あらかじめメーカーから支給されているが、特に CAI システム向きでないため、プログラ

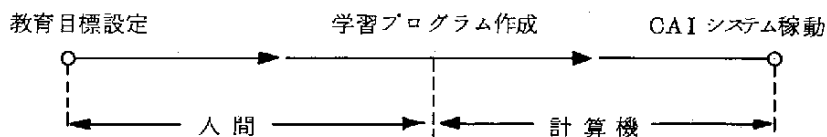


図4-4-1

ミングは繁雑である。第一にプログラムの作成自体が労力を要し、またその修正も容易でない。しかしその労力をいとわないならば、制約の少ない自由なプログラムが可能であり、凝った学習プログラミングができるので熟練したプログラマならば効率のよいものを作成するであろう。しかし計算機になじみのうすい学習プログラム作成者には負担が大きく向かない。

この第1のケースによる学習プログラム作成方法の過程は、①学習プログラムをこれらの言語を用いて書き下ろす。②これらの言語で書かれたプログラムを言語プロセッサによって機械語に変換する。③機械語におとされたプログラムで学習する、ということになる。

従って電子計算機がアシストするのは、②と③の過程においてであり、他の種類のものに比して、その度合は最小であると言える。

この種類の作業に関連した言語として他に PL/I (コンパイラ言語)、JOSS, BASIC (いずれも会話型コンパイラ言語) などがある、その他の学習プログラム作成方法として次のようなケースがある。

第2のケースとしては、非会話型の CAI 向き言語を用いてプログラムするもの、第3のケースは会話型の CAI 向き言語を用いるもの、第4のケースは決定機構をプログラム内に備えた CAI システムを用いるもの、最後に第5のケースとしては、学習プログラムそのものを電子計算機に組まれたプログラム自体が生成しそのシステムを用いるもの等がある。これら各種の方法については以降に詳述する。

4・4・2 非会話型の CAI 用言語によるプログラミング (第2のケース)

第1のケースのものと異なり、第2のケースにおけるシステムでは CAI 向きに考えられた言語を用いて、作成者は学習プログラムを作成するが、その言語は会話型になっておらず、作成者の労力は第3のケースのものよりも大きい。これらの例には、たとえば、COURSEWRITER, COP I, CAL, TUTOR など各種ある。日本電子工業振興協会の CAI 言語標準化委員会第一次案もこれに類するものである。この他 FORTRAN に、いくつかのサブルーチンを追加して、この種の言語としたものもある。

これらの言語のくわしい内容は5章で触れるので、ここでは簡単な紹介にとどめる。機能としては、

- ① 学習プログラムの流れを記述する。たとえば、問題 A で正答したかしないかによってそれ
に続いて提示される問題 B を何にするか、を指定する。
- ② 問題や説明などの提示方法を記述する。たとえばグラフィック・ディスプレイで、図を提示
する方法を簡単に行なえるような命令が用意されている。

- ③ 必要な計算やカウントを行なう記述。四則演算の数式表現や、たとえば正答解答数のカウントなどを行なうための命令が含まれる。
- ④ 生徒の応答の処置法を記述する。たとえば生徒の応答時間の測定など。高級なものでは、生徒の応答にバラエティを持たせる。つまり融通性のある応答の正誤の判定を行なうものもある。
- ⑤ 生徒の応答記録をとる。

作成者は、これらの言葉により教育作業の学習・プログラミング化が、比較的容易に行なうことが出来るが、しかしなお、プログラムにあやまりのないように細心の注意が必要である。またこの方法は、ある程度の言語の習得期間も必要である。

4・4・3 会話型のCAI用言語によるプログラミング(第3のケース)

プログラムの習得期間をほとんど必要とせず、またプログラムの作成を更に容易にするものが、会話型のプログラミングである。

この場合、計算機が作成者に問いかけを行ない、作成者はそれに答えるという形式でプログラミングがすすめられる。この種の言語に、PLANIT, CG-1 があげられる。

それがどのようなものであるかを、CG-1 (Course Generation) を例にとって述べよう。

その1例は次のようになり、CG-1: のラインは計算機からの問いかけで、AUTHOR: のラインがそれに対する学習プログラム作成者の応答である。

CG-1: ENTER THE QUESTION

AUTHOR: WHO WAS THE FIRST PRESIDENT OF THE U.S. ?

CG-1: WHAT RESPONSE FORM ?

AUTHOR: MULTIPLE CHOICE

CG-1: A. ENTER VALUE

AUTHOR: ABRAHAM LINCOLN

CG-1: A. ABRAHAM LINCOLN

B. ENTER VALUE

AUTHOR: GEO. WASHINGTON

CG-1 : A. ABRAHAM LINCOLN
B. GEO. WASHINGTON
C. ENTER VALUE

AUTHOR : // NO (注:打切を意味する)

電子計算機と学習プログラム作成者との間で上記のような会話を行なった後、教育の場において、電子計算機は生徒に次のような提示を行なう。

COMPUTER : WHO WAS THE FIRST PRESIDENT OF THE U.S. ?
A. ABRAHAM LINCOLN
B. GEO. WASHINGTON

もちろん生徒の応答に応じてどのようなブランチをするかなどの指定も、CG-1とAUTHORとの問答で決められるようになっている。

一見してわかるように、このような問答形式によって、わずかの予備知識でプログラム作りを行なうことができるのが特色である。しかし、機能的にはかなり制約されたものにならざるを得ない。とはいってもの少なくともプログラミングの入門としての価値はあり、この種のもので経験を積みプログラムに親しんだ上で、更に複雑な、機能的にも豊富な言語の習得に向かうということも考えられる。

なお、CG-1は、この問答形式で得たデータから、PL-I ID(Interactive Dialect) で書かれたオブジェクト・プログラムを作成する。

その意味で、第2のケースにおける言語の一段上のレベルの言語(ほとんど自然言語に近い)といえよう。

なおCG-1は実験的なもので、実用的な、CG-2がIBMによって作成中である。

PLANIT (Programming Language for Interaction and Teaching) はSystem Development Corporationで開発されたもので、その使用法は、CG-1とはほぼ同様であるので説明は省略する。ただCG-1では、計算機からの問いかけが常に自然語(例えば、ENTER VALUEなど)なので、慣れてくると、ながながしくて、煩雑に感じられるが、PLANITでは略語(例えばSPECIFY QUESTIONはSQと略す。)が使われ、その略を知らないプログラム作成者は、“?”を打鍵すればその意味を教えてくれる、などの工夫がみられる。

4.4.4 決定機構を持つCAIシステム(第4のケース)

第2・第3のケースともに、学習プログラムの流れ(ブランチングの仕方)は、作成者が明確に計算機に指示しなければならなかったが、このケースでは、学習の流れの制御を、あらかじめ

計算機のプログラム中に組みこまれた決定機構で、自動的に行なう方法をとっている。

これは適応ティーチング・マシンとも呼ばれるもので、ここではMITのRichard D. Smallwoodによる例を紹介し、その後で、この種のCAIシステムにおける作成者の作業について触れることにする。

ティーチング・マシンの教程をつぎのように規定する。ひとつの教程とは、生徒に教えるべきいくつかの概念を順に並べたもので、それぞれの概念には、それに関係した一群のテストがある。このテストの出来・不出来によって、その概念がどのくらい生徒に教育できたかを見る。ある概念を教育する過程は、いくつかのレベル（段階）に分割される。いま、ある生徒がレベル i まで進んできたとしよう。この生徒に、簡単な情報を与え、それに関する質問をする。生徒の解答が正しければもっと高いレベルに生徒は進められる。正しくなければ、同じレベルの問題をやりなおすか、あるいは、もっと低いレベルに逆戻りさせられる。この、あるレベルに付随した細胞単位をブロックと呼ぶ。ブロックは図4-4-2に示すように簡単な情報、質問、解答に対する補足説明よりなる。あるレベルに複数個のブロックが付随しているとして、レベル i における j 番目のブロックを、 $b(i, j)$ であらわす。この $b(i, j)$ はターミナルを通して何らかの形で計算機から生徒に提示されるものである。ブロックに対する生徒の応答（解答）によって、つぎに進むレベルが前もってきめられており、いまブロック $b(i, j)$ に k 番目の解答をした時、つぎに進むレベルを $v(i, j, k)$ であらわす。あるレベルに進んだ時、計算機が、そのレベルに附随したいくつかのブロックのうちのどれを生徒に提示するかは、前もってきめられていない。ここに計算機の手打ち方の自由度がある。この時、計算機のプログラム中に組み込まれた、決定機構 (decision structure) がはたらく。これこそが、SmallwoodのCAIシステムにおける心臓部分なのである。このように、ある概念の教育過程は、図4-4-3に示すようなブロックを構成素子とするネットワークを形成する。

決定機構がより所とする評価関数はいろいろ考えられるが、たとえば過程終了後のテストの得点、あるいは過程終了に要する時間が挙げられる。またこれらの組合わせも幾通りか考えられる。

いま、とりあえず、終了後のテスト得点を最大にすることを考えてみよう。

ブロック $b(i, j)$ に対して k 番目の解答をする確率を $P_{ij}(k)$ であらわすことにする。

また、いま $b(i_1, j_1)$ が提示された時、その後、決定機構が最適に働くとした時のテストの予想得点を $\lambda(i_1, j_1)$ で示す。このようにして過程が終了した段階でのテストの予想得点を π_w で示そう。

さて、 $b(i_1, j_1)$ を終えた生徒はその解答次第でつぎのレベル i_2 が決められている。

$i_2 = v(i_1, j_1, k_1)$ に対して、生徒は、決定機構の判断によって最適のパスをたどると仮定されている。したがって、つぎの式が成立する。

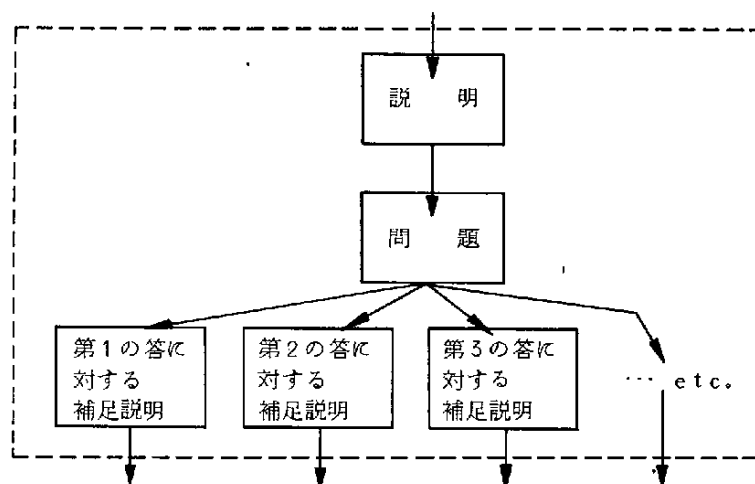


図 4-4-2 ブロックの詳細

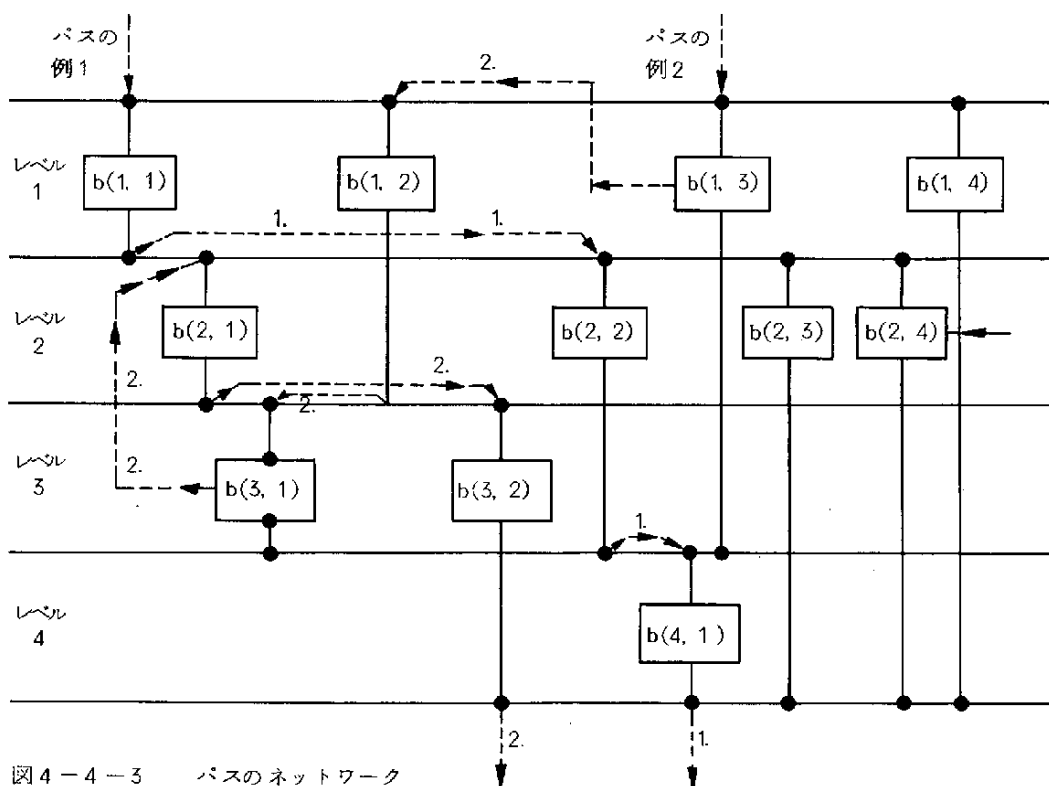


図 4-4-3 バスのネットワーク

$$\lambda(i_1, j_1) = \sum_{k_1} P_{i_1 j_1}(k_1) \text{Max } \lambda(i_2, j_2) \dots \dots \dots (1)$$

ここで

$$i_2 = v(i_1, j_1, k_1)$$

上の漸化式を順にほどけば

$$\lambda(i_1, j_1) = \sum P_{i_1 j_1}(k_1) \text{Max } \sum P_{i_2 j_2}(k_2) \dots \dots \text{Max } \sum P_{i_w j_w}(k_w) \pi_w \dots \dots \dots (2)$$

となる。ここで一般に

$$i_{n+1} = v(i_n, j_n, k_n) \quad n > 0$$

(2)式は、パスがブロックの網目の終了点に達するまで展開される。この式で注意されなければならないのは、 P_{ij} および π_w がすべて、それ以前のパスに影響されることである。というのは、生徒は記憶を有するから、それ以前にどのような教育を受けたか（つまりどのパスを辿ったか）によって、ある問題に対する解答の仕方が変わってくるからである。

ただでさえ厄介な(2)式はこのため一層厄介なものになり、考慮されるべきパスはほとんど無数となってまず計算は不可能といえよう。

それをあえてするためには、かなり乱暴な仮定をもとにした近似計算を行なわなければならない。たとえば、数段先の選択および予測は考慮しない、などの妥協が必要となる。

もちろん、生起確率のある程度より小さいパスは前もって除外する。

しかし乱暴な近似をすると、決定は必ずしも最適でなくなり、「さきを見越す」決定のうまみがうすくなる。といって、最適性にこだわれば、時間と費用の損失が大きくなる。ここに現実とのかね合いの問題がある。

$P_{ij}(k)$ 、つまり、ブロック $b(i, j)$ を提示された生徒が、 k 番目の解答をする確率、が生徒に適応した教程を決定するうえで重要な働きをするのは、上にみたとおりである。

$P_{ij}(k)$ は、生徒の過去に密接に関連する。生徒の過去をよく知っていればいる程、 $P_{ij}(k)$ として 0 または 1 に近い値を置くことができよう。

また、まったく同一の過去を有する 2 人の生徒に対して、 $p_{i,j}(k)$ は、同じ値をとることも考えられる。また $P_{ij}(k)$ はブロック $b(i, j)$ 固有の性質にも影響を受ける。

もしブロック内の問題がむずかしければ生徒は誤答しやすいだろうし、また逆にやさしければ正答しやすい。

かくて $P_{ij}(k)$ を推定するにあたっては、①いま相手にしている生徒の過去の応答のデータ、と②いままでの他の生徒のブロック $b(i, j)$ に対する応答のデータ、の 2 種類の過去のデータが考慮されなければならない。

今後、簡略化するために、生徒の応答は、正答誤答の 2 種類に分けることにしよう。

正答の場合は1，誤答の場合は0として，生徒と問題との関連をマトリックスにあらわすことができる。ただし，問題が提示されなかった場合はブランクにする。その1例を図4-4-4に示しておく。

	1	2	3	4		Q		N	
生徒	1	1	—	1		—		0	
	2	0	—	1	—		1		1
	3	0	1	—	0		0		—
	4	1	1	—	1		0		1
S	1	—	1	0		?			

図 4-4-4 生徒の応答表 (例)

この種のマトリックスをながめていると，直感的にいろいろな生徒のある問題に対する正答率の期待値 ($\hat{P}_{Q^S}$) の推測方法が考えられる。ここで次の3つの直感的パラメータを規定する。

θ_S ……生徒 S の過去における正答率。

θ_Q ……S 以前のすべての生徒の問題 Q に対する正答率

a ……S 以前の生徒の問題すべてに対する正答率

これらのパラメータを用いて，つぎの様なきわめて簡単な推定法を行なったらどうであろうか。

$$\hat{P}_{Q^S} = \begin{cases} \frac{\theta_S \theta_Q}{a} & \theta_S \leq a \\ 1 - \frac{(1-\theta_S)(1-\theta_Q)}{(1-a)} & \theta_S \geq a \end{cases} \quad (3)$$

この推定法においては，生徒の過去は単純に θ_S で表示されているにすぎない。このことは，ある種の問題を困難に感じるというような生徒の性癖のようなものが隠されてしまっている，などの批判がたとえはなされるであろう。しかし生徒の履歴を精密に表示する方法自体が厄介であるし，またたとえそれができて，おそらくその扱いが面倒なものになるであろう。ここでふたたび，現実とのかねあいの問題が生じる。しかし，推定法は，ある程度実際のデータに合致していることが検証させるならば，簡単なものほどよい。

Smallwood によれば，じつはこのきわめて簡単な推定法が実際の資料にかなりよい合致をみせており，驚くべきことである。

直感的モデルとしては，この他各種考えられる。これらの方法は非常に功妙ではあるが，いく

つかの問題点もあり、現在広くとり入れられてはいない。ここで、この種の CAI システムにおいて、学習プログラム作成者がなにをなすべきかを考えてみよう。

まず、最初にブロックを用意しなければならない。決定機構のうまみを出すためには、第2、第3のケースより更に多数のブロック数を必要とするだろう。

次に、あるブロックから、どのレベルへすすむか、つまり $v(i, j, k)$ を与えなければならない。これも実際問題として、かなり細心の注意を要するであろう。

しかし、ひとたびそれらを与えれば、あとはそのレベル内に属する適当なブロックを電子計算機（決定機構）が選り出してくれる。この意味からも、第2、第3のケースより、電子計算機の介入する度合いが大きい。しかもそれは教育の場での自動的な学習の流れの変更という形で行なわれるのである。

4.4.5 学習プログラムの自動生成（第5のケース）

第2、第3、第4と各ケースともに、学習プログラムの作成は非常に繁雑な作業であることにはかわりはない。そこで、この作業の大半を電子計算機にやらせることによって、プログラム作成者の負担を大巾に減らすことはできないであろうか、ということが考えられる。

すでにいくつかの試みがなされているのでそれらの考え方を紹介しよう。

第1の方法は、すでに現在蓄積された教科書を電子計算機に与えて、学習プログラムを生成させる方法（Leonald Uhrによる）である。

これは3つのレベルから構成され、第1レベルでは、教科書を読み込んで、あるひとまとまりの文章に区切り、その中の、いく文字かを伏せて、生徒に伏せた部分を答えさせるやり方で、かなりあけずりの方法である。

第2レベルでは、人が介入して、このあけずりの問題を修正、編集する。この時にはもちろん計算機の助けがある。

第3レベルでは、実際に教育を行なう段階でのプランチングを、簡単な決定機構を用いて電子計算機で行なう。

第2の方法としては、同じ種類の問題（たとえば、第4のケースにおける同一レベルに属する問題）を、自動的に次々と発生させるものである。もっとも簡単な例では、たし算を教えるのに、2つの乱数を出して、問題としたり、凝った例では、数値を乱数発生法で生成して、LPの応用問題を作り出すこともある。

この種類の CAI システムでは、学習プログラム作成者の仕事は非常にマクロな要求、たとえば、「たし算を教えたい。それができたらひき算を教えたい。」といった様な要求を電子計算機

に指示するだけでことたりることになり、非常に大まかな教程を作ることになる訳であるが、今の所、これらの試みは実験段階にとどまっている。

しかし、この第5のケースにおいては、単に同一レベルの問題を生成するにとどまらず、第4のケースの考え方もとり入れたうえで、生徒の応答による要因をもとに、次の問題を生成し呈示して教育の最適化をめざすための研究がなされており、この意味で、電子計算機の使用は単に人間の労力の肩がわりとしてのみあるだけでなく、質的にもそれ以上のものを行なわせようという狙いがある。

4・4・6 お わ り に

学習プログラム作成者と電子計算機の接点に焦点を合わせて、各種の CAI システムについて紹介したが、これらはあくまで現在までに発表されたものであり、今後全く新しいアイデアを基に作られる CAI システムが出現する可能性は大いにある。これまで述べてきた学習プログラムの作成方法は、必ずしも独立している必要はなく、それらの適当な組合せでできあがるシステムもあり得る。一般的な傾向としては、当然ながら作成者の作業負担をできるだけ軽くする方向に進むであろうし、かつ機能的にも豊富（作成者が欲するならば、芸の細かいもの。）なものが、研究・開発されるであろう。

一方、オペレーションズ・リサーチの各種技法を導入することによって、計算機による人的労力の単なる軽減にとどまらず、教育過程の最適化をも電子計算機の作業のなかに組込むことが考えられ、図4-4-1の CAI システムの全過程において、電子計算機が占める部分は、量、質ともに増大して行くことであろう。

（田 村 委 員）

4・5 学習プログラムの管理方式

4・5・1 CAIライブラリの範囲

CAI の教育用ソフトウェアは、学習用プログラムと学習教材に大別するとして、CAI ライブラリの範囲は、次のように考えたい。

- ① インストラクション・マニュアル
- ② 学習プログラムの流れ図
- ③ CAI 言語で記述した学習プログラムのリスト
- ④ 同上のカードまたは紙テープ
- ⑤ 付属する出力媒体とソース・マテリアル（スライドおよび同原画ないしネガ、音声用録音磁気シート、および録音原稿、*1その他）
- ⑥ 学習教材テキスト

①～④は学習プログラムとそれに関するもの、⑤～⑥は学習教材とそれに関するもの。

4・5・2 ライブラリの管理レベル

各所で CAI 教育用ソフトウェアが開発される時点では、その開発の効率化、能率化と利用の便益を考えて、その都度これを登録し、要求に応じて検索し、要求元へ配布できる態勢が確立されることが望ましい。

これを管理レベルから考えれば次のように分けられるであろう。

- ① CAI 室
：一企業、組織、団体、教育機関等の事業所単位の CAI システム設置場所
- ② 地域センタ
：企業、組織、団体、教育機関等の複数の CAI 室に対する CAI サービス機関、あるいは地域の一般住民に対する CAI サービス機関
- ③ 地方ないし全国センタ
：地方ないし全国的ないし国際的な CAI サービス機関

①②③の各々における問題は共通なもの、質的に違ったレベルの問題を含んでいることは明らかであるが、本節では特に整理のためでなく問題の大綱を理解していただくレベルで気付いた

*1 イント・ネーションやアクセントを付するようになれば理想的であろう。

ことを述べておく。

①の範囲では、一般の電子計算機プログラムライブラリと同様な考え方で管理できると考えられる。とくに一般には、システムが一つまたは複数の同種システムであるのが普通であると思われるからである。しかし異種システム、さらに異種ブース（端末）の場合は②と同様の問題があるところであろう。

②の範囲では、いちおう一県、一都市、ないし数市町村内の地域で、同一組織、団体、教育機関等に対する CAI サービスを提供することが地域センタの役割であるとするれば、より広範な内容の学習プログラムを、より広範囲な利用者を対象として管理することが期待される。従って、異種システム、ないし異種端末を持つ利用者に対する学習プログラム・セットのサービスは、これの互換性如何によって限定される。

これに対する手軽な対策は、この範囲の地域では同種システムの採用を原則とすることであろうが、利用者個々のニーズを察するにこれは必ずしも一般的ではない。特に使用ブースの型種を統一することは相当困難であろう。^{*2}（互換性については後節で取りあげる）

③のレベルでは、公共教育機関を通して考えた場合（学校教育と専門教育あるいは技能教育に限らず）特に重要性が高い。また公共機関（研究所等を含む）で開発された CAI 学習プログラムは、その公共性の故にあらゆる階層、あらゆる業界に対しこれを公開し、これを供給できる体制が強く求められよう。この時点での互換性の問題は特に深刻であろうし、Toseph C.R. Licklider^{*3} はその将来像は、“on-line intellectual community” に関するもので、on-line information networks をベースに “on-line library networks” であると述べている。

今後、on-line communication network が全国レベルでしかれた時点で考えられる大容量ファイルへのライブラリの登録および検索（retrieval）については、CAI 言語の generality の深さと共に多くの技術的問題^{*4}があるが、以下では最小限、異種電子計算機による異種システムからなる on-line networks はしばらく考慮の外におき、常識的なレベルで記述することにする。

Licklider は次の 5 つをあげている。

Pure procedure

*2 この程度の地域的広がりでは、むしろ中型機、ないし大型機による TSS による CAI システムを基本形態と考える方が、問題の解決は容易であろう。

ここでも廉価な伝送回線提供が先決である。

*3, *4 “Computers and Education” edited Ralph to Gerard, P151~P158 Megraw-Hill (1967)

High-level programming languages

Late linking

Indexing of blocks

Data-directed programs

4・5・3 ライブラリの管理

管理ライブラリとしては CAI 室のことを主に、項を追って気付いたことを記すが、項目によっては他の管理レベルの場合にも言及させていただくことにし、首尾一貫しない点はお許しいただきたい。

(1) 登 録

登録に際しては、標準化した登録用紙に所定事項（アイテム）を記入させ、これを台帳にファイルする。以下当面考えられるアイテム毎に気付いたことを記すが、あるレベル以上の管理システムとしては、電子計算機による Information Retrieval を含む文献検索が望まれるので、各アイテムの標準化については、可能なかぎり電子計算機による IR 化に便利のように定めるべきであろう。

i) アイテムについて

① 登録番号（コード化については後の項を参照）

② ライブラリの名称

IR コストの点からいえば、当分英文を併記するのも一案であるが字数制限をするべきであろう*5

③ ライブラリ内容を表わす Key Word をつける。

最高語数制限しておく必要があろう。（Key Word については後の項を参照）

④ 学習対象者

主要分類は登録番号にふくめるが、おおまかな資格要件をコード化し、できれば、AND, OR, NOT の論理表現をしておきたい。

ブリテストにより選択することにし、マニュアル（この方がコスト安であろう）によるか、CAI プログラムによるか明らかにしておく。

⑤ 各学習毎に概要、ステップ数および実用平均学習時間をつけた学習一覧表を作り学習

*5 私見としては、主要語はできるだけ英語に、テニオハはローマ字の日本語、というのは如何であろうか。

⑥ 学習によっては別に登録番号を設けることも考え、クロス・リファレンスの便を図る。

日本においては、電子協の標準言語が普通のものとなるであろうが、これがかかり利用されて現在の COBOL, FORTRAN レベルになるまでには、未だかなりの年数を必要とするであろうから、使用システムの Version No. を記すようにしたい。これについては電子協の主催する CAI 標準言語委員会の努力に期待する。

⑨ ブース（端末）型別

学習の展開はブースを構成する。I/O機能に最も影響されると考えられるし、ライブラリの互換性に関しては、致命的のように思える。

カード、紙テープ、磁気テープ、磁気ディスク・パックなど。

⑫ 登録者名, 同所属, 同連絡先

① CAI プログラムは、その扱う範囲が自然科学、工学にとどまらず文化科学その他全般に及ぶことが必然のなりゆきであるので、図書館分類が一案として考えられる。

② 学習対象分類は、例えば幼児向、小・中・高校生向、大学生向、大学院ないし研究者向、一般成人向、婦人主婦向、実務者向など。

プリンタ、キーボード、スライド、CRT、音声装置などのうち、どれとどれを構成要素としているか明記する。

標準型別が決まれば、それが適用されよう。

④ 登録番号としては、例えば

× × ×, … × × × × × 析

① ② ③

のようなコードになろう。

付) コード管理は、小はCAI室レベルから、大きくは全国レベルでの標準化が早急に着手さるべきであろう。

(2) 公告(アナウンス)

定期的に新規ライブラリを公告する。

電子計算機によるIR化が完成するまでは、ライブラリ・カードで問合せに答えることになろう。公告による利用者の使用を盛んにするためには、利用者が個人用のライブラリ・カードの作成が容易に行なえるような方法を講ずることが望ましい。^{*6}

(3) メンテナンス

学習プログラム作成者よりの申告、また使用者からの申告に応じて、適時メンテナンスを行なう。

学習プログラムに付属する学習教材のメンテナンスが、学習プログラムそのもののメンテナンスと共に大きな労力と費用を要することは明らかであろうが、ライブラリ管理の目的からして努力を怠るわけにはいかない。

(4) 利用に対するサービス

これは地域センタ以上で特に必要である。

希望者よりの要求問合せがあれば、登録台帳のコピーを送付し、またライブラリのデュブリケーションあるいは送付に応ずる。

基本的には、図書館業務の機械化システムの如き体制が地域センタに、CAI室として整備されることが考えられるが、全国ないし、国際的規模で考えれば、NLMのINDEX MEDICUSやChemical Abstract刊行のような体制が国家レベルで行なわれることが最も望ましい。

(5) 評価記録の保存

個々の教育用ソフトウェアの実用のさい、学習記録をカードないし紙テープとしてアウトプットしてもらいそのデュブリケートしたものを収集して保存し、同種母集団毎に整理、ファイルする。原データは期間を定めて保管する。新規ライブラリの公告の際には定期的に各教育用ソフトウェアの評価記録の整理結果も報告することが望ましい。

(山王堂 委員)

*6 標準ライブラリ・カードの設定、作成、提供。また公共文書を切り取って白カードに貼るような配慮など

4・6 C A I 要員と要員の仕事

C A Iはわが国においてはまだこれから多くの実験を経て実用化しようという段階にあり、わが国の教育界および産業界のもつ特性の上でどのように展開して行くかはまったく今後の問題である。先進諸国でもC A Iの実験研究の例はかなりあるが組織的な実施の歴史を経るには至っていない。このような状況でC A Iが一般化した時にその要員としてどのようなものが要求され、その機能がいかなるものとなるかを論じるとしても推測の域を出ることは困難であるが、C A Iの試験研究の例、プログラム学習における例などからの類推でできる範囲で考察してみる。

C A Iの研究的実施の例として、米国スタンフォード大学での研究報告によれば、C A I要員は教師の他にカリキュラム・ライター、計算機プログラマ、同コード、学校におけるプログラム監督者、電子技術者、心理学研究者から構成されている。これらの中には同一人が二役を兼ねているところがあるなど区分が必ずしも明確ではないが、それぞれ2～7人程度のグループで成っている。これらのグループが担当する仕事は、ドリルの作成そのためのプログラミング言語の設定および基本的なソフトウェアの作成、ドリルをC A Iシステムの実際の構成要素に仕立て上げる作業、実施にあたってのトラブルの解決、教師と共に行なう訓練、その評価に関する討論、計算機センターおよび端末設置場所での装置の保守などの多岐にわたるとされている。この例はC A Iを発展させて行く過程の研究的な姿勢が強く出ているものであるために、現場で教育を実施する以上に諸種の要員が掲げられている印象を受けるが、これはC A Iによる教育と従来の教育との方法に多くの相異点があるためといえよう。

C A Iに至らない、いわゆるプログラム学習としては国内でもすでにかなり組織的に実施されている例があるが、そこにおいても例えば教師のあり方などに従来の一斉授業とは異った様相が現われている。C A Iはプログラム学習に計算機化が加わって一段階発展したものと見ることもできるので、C A I要員の機能の変化についてはプログラム学習の場合を土台として類推できるところも多い。

つぎに、C A I授業実施段階、学習プログラム開発段階の順で、各々に必要とされる要員の種類とその機能を考察する。

(1) C A I教師

従来の一斉授業の形式の教育では、教師の役割の中で学習者への情報の伝達が占める割合が相当大きなものであった。C A Iにおいてはこの知識・情報の伝達が機械化されるために、教師の役割に大きな変化が生じると考えられる。

C A Iにおいては、学習者がC A I教師を介することなく教材および装置と直接にとり組んで自律的な進め方で学習する形となる。C A I教師はそれとは離れた立場にあって学習者の学習の進行を管理あるいはサポートすることを主要な機能としてもつことになる。具体的には、例えば教室での集団C A Iの場合だと装置の使い方の説明、学習開始および終了の指示、学習者の出欠および進捗記録の管理などがC A I教師の管理面での仕事となる。電子計算機の導入に伴って進捗記録の処理などは機械化され、更に中央の統計データ処理との関連で行われるから、C A I教師はそれに対する現場管理者的な立場をとることになる。

学習者の学習はあらかじめ機械に組み込まれた学習プログラムの上で進行する。学習プログラムは個人のペースで学習を進めることを前提に作られているが、学習者によっては特別な質問をしたい要求もあるが、それに機械が応えてくれない場合も考えられる。このようなときにその質問に答えることがC A I教師のもつサポートの機能である。

要するに情報の伝達が機械化されたC A Iにおいて、知識・情報の伝達指示という直接的な機能から、学習者と教材のとり組みに対する間接的な働き、例外的な事態に対するサポートの機能へと教師の機能が変化する。

また、C A Iは集団に対して一斉に働く教育でなく個人別の教育を可能にすることを特徴としたものであるから、C A I教師の学習者に対するはたらきかけの仕方もある個々の学習者を相手とすることは当然である。質問が生じたとき、その背景、つまり教材があってなお質問が出た事情は何か、学習者の特性あるいは特別な事情があるかどうか、教材に含まれていない知識・情報をどこまで学習者に教えるか、その時点でどこまで説明して次に教材のどのステップに入らせるのが適切か、などをうまく把握して対処することが要請されよう。情報の切り売りでなく。コンサルテーションの機能が要求されるのであるから、C A I教師として十分これに答え得るだけの知識をもち訓練を受けていることが必要になる。C A Iによる教育では、教師の機能が或る意味で次元の高いものになることが要求されるといえよう。あるいは、従来の教師の機能のうち定形的な情報伝達という低い次元のものがなくなり高い次元のものが残るといえる。この現象はC A Iでなくてもプログラム学習においてすでに現われていることである。

現在行われている教育がすべてC A Iに置きかわるかどうかについては意見の分かれるところであるが、原則的にはC A Iシステムの発展に応じてとり入れやすいところから次第に普及して行くと考えておくべきであろう。教師の機能もC A Iの普及と歩調を合わせて上述のような変化を果すことが要求されよう。

企業内教育の場合は、教師自体が企業目的にとって間接作業者的存在であるという事情があり、定形的な情報伝達が機械化されることは間接経費の節減につながるため歓迎されるであろう。さらに、教師をつとめる程の者は企業本来の目的に沿う生産活動にとって貴重な熟練者、経験者で

あるのが通例であるから、それらの者を定形的情報伝達の教師担当から解放して生産活動にふり向け得ることの効果も無視できない。このような背景から、企業内訓練にC A Iが採り入れられる可能性は大きく、その教師も実務経験者のローテーションの一環として比較的無理なく確保されと考えられる。

C A Iが情報伝達の機械化であるというのは実はまだC A Iの第一段階であって、C A Iの本来の姿は、実用可能となった技術を駆使して教育の実施面のあり方を発展させることにあるという見方がある。これを具体化するには、なお多くの基礎的な実験、研究が積み重ねられなければならないけれども、C A Iが高度に発展したときでも装置の機能およびそれに納められた学習プログラムは完璧なものであり得ず、そこに管理とサポートが要求され、それがC A I教師の機能となると考えられる。C A Iの意図するところが高度化する程、C A I教師の機能も高度なものが要求されるのではないだろうか。

次にC A I教師の養成の方法であるが、実際にC A Iが普及して行く過程はまず現存する教育機関あるいは教育部門の中の、C A Iに適した教科から漸次段階的にその範囲を広げる形をとるであろうことを考えると、まず現存の教師が適当な訓練を受けてC A I教師の機能を果たす形が要請されるであろう。C A I教師は従来の教師とはかなり物の考え方を変える必要があり、今後のC A Iの実験的開発段階を通じてC A Iを扱える教師を養成する努力が積まれる必要がある。さらに、C A Iの研究開発と併行して、教師養成機関においてもC A Iを指向した教育訓練を積極的にとり入れることが望まれる。

(2) 運用保守要員

C A Iシステムの運用保守要員に関する要求は、設置される装置の種類と規模によってきまる。C A Iシステムの設置形態については、まだ計算機の他の応用面ほどには固まっていないため、要員に対する要求パターンが定着する段階には至っていない。電子計算機と学習者用端末とを含めたシステム全体が一括して設置される場合と、地域センターなどを中心に電子計算機が置かれ各現場に設置された端末と回線網で結ばれる場合が考えられる。更に電子計算機および制御装置類が中型電子計算機あるいはそれ以上の規模に相当する程度の場合からごく小規模の電子計算機を用いる場合までを考えると、C A Iといってもその適用規模と様態にかなりのひろがりが出てくることになる。

しかしいずれにせよ電子計算機の一つの応用であることに変わりなく、従来からある他の応用面からの類推で装置の運用保守をとらえることは可能である。

現在、電子計算機の保守要員としては、中型機以上の規模の場合は電子計算機設置現地で1名から数名の常駐か、或は地区保守サービスセンターからの呼出し派遣の体制がとられるのが通

例となっている。求人難、人件費増の影響もあり、機械の信頼度向上設計、診断自動化技術開発などを通じて保守要員数低減の努力が払われつつあり、規模の小さい機種ほど常駐をやめて呼出し派遣の形をとる傾向がある。小型以下の規模の電子計算機では設置費用の規模からも専属保守要員をおくことは許されないため、日常保守操作不要を原則とし、巡回保守サービスおよび呼出し派遣の体制がとられる。C A Iシステムに於ても、これと似た程度の運用保守体制がとられることが予想される。C A Iも他の計算機応用と同様にその設置件数比としては小規模のシステムが多くなると考えられ、日常保守不要が目標となろう。ただ従来の計算機応用と異るのは新しい型の端末装置が数多く設置されるのがC A Iの特徴であり、将来は保守サービスを受持つ業者が現われる可能性がある。学校側としては装置の日常の起動停止およびそれに伴うテスト、清掃といった程度の作業のみを受けもつだけという形が通例となり、放送施設あるいは言語教育用施設と同程度に簡単になると考えられる。

当初のC A I実験過程では、装置の改造拡充開発がしばしば行われることから、上記のような安定した運営には至らず、前述のスタンフォード大学の例のように技術者の存在が要求される。

(3) 学習プログラム作成要員

C A Iシステムを効果的に運用するためには、まずそのためのソフトウェア、すなわち学習プログラムが整備されなければならない。この学習プログラムはC A Iの中心的な部分であって、C A Iの死命を制する重要なものである。学習プログラムは学習者の学習の筋道を導くよう構成され、必要な知識、情報を学習者に与え、適切な問題を学習者に提示し、それに対する回答を調べてその出方によって学習者の学習のステップを選択し進行させて行くといった役割りを果すもので、詳しくは別項に説明されている通りである。このような学習プログラムはまだその構成法が研究の緒についたばかりの段階であり、集積して実用する状態には程遠い。今後多くの実験を通じてその作成手法を確立して行かねばならない。

学習プログラムを作成する作業は、授業実施に要する時間に対して極めて多くの時間を要するのが通例である。C A Iでないプログラム学習の場合でも生徒の学習1時間分に対するテキストの作成に100時間程度の時間をかける必要があると云われているが、C A Iの場合はプログラムの過程がそれより複雑となり得る上、電子計算機による処理が中心となるので学習実施のテンポが速まる効果を考慮すると、おそらく学習1時間分に対して200時間以上を要すると考えねばなるまい。

このプログラムを書く要員に要求される素養と経歴については、プログラム学習用テキスト作成の例で、教科内容についての専門家と教科内容には素人でプログラム学習の手法についての経験者から成る混成チームではじめて良い学習プログラムが開発できると云われている。教科内容

についてはその道のベテランが盛りつけをすることが基礎となり、その盛りつけ方に関してC A Iのあり方と適用法について習熟した者が働きかけることが要求されると考えるのが自然である。前者の立場に従来からの教師が入って行くことは困難ではないと思われる。後者の立場については、C A Iの研究拠点で年とともにそのような力をもった者が育成されると期待されるが、C A Iの研究拠点がそれほど多くない現状ではそれらだけで需要に応え得るかどうかは今後の問題となろう。スタンフォード大学で小学校3〜6年の算数の教材を作成した研究の例ではカリキュラムの作成とは別にプログラム作成要員として8名、それにコードを7名つけて作業に従事させている。

学習プログラムは書きおろして優れたものが作れるとは限らない。実施してみてその反省から修正を加えて行くことが必要である。また、ある範囲を対象として作成されたプログラムを全体のカリキュラムからの要請あるいは前後に隣接するプログラムとの関連から手直しすることもあり得るし、時とともに内容を更新して行くことも必要となる。これらの事情でプログラムの改訂、改版が継続的に実施されることになる。教育という目的を考慮すると、計算結果さえ出せばよい一般の計算用プログラムに比べてより以上に常に質を良くして行く努力が要求されることになる。このことは、学習プログラム開発の仕事が突貫作業でなく地道な努力を継続的に行うべき仕事であることを意味し、プログラム開発チームの編成の上でその事情を十分に考慮しておかねばならぬことを示唆している。

(4) 学習用プログラム作成支援要員

C A I用教材として計算機の言葉で書くプログラムの他に、スライド、録音テープなど学習者に対する情報提示のための材料が極めて重要なものとなる。これらは計算機プログラムと組み合わせられてC A I用の学習プログラムを構成すると考えるべきなのであるが、その作成過程では全く異質の作業を必要とする。スライド原面の作成および処理、シナリオの作成、ナレーションの吹き込み、効果音の録音など、教科内容にもよるがそれぞれ専門家の手をわずらわすことになる。これらの、学習プログラム作成支援ともいうべき作業を担当する要員を確保することがC A I実施にとって欠くことができない。これらの仕事は必ずしも特殊なものばかりではなく各々の専門家にとってはまったく定形的な仕事であることも多いので、その場合はビジネスとして解決できる。しかし中にはC A Iを効果的にするために専門家の方からの若干の歩み寄りを期待したい仕事もある。直接の例ではないが、プログラム学習のテキスト作成においても、学習を効果的にするための版組みに工夫がなされて行った結果、印刷業者の方に特別の担当者が育成され、テキスト執筆から指名で仕事を受けもつに至ったという例がある。C A Iの場合も端末機器からの情報提示のみによらず副テキストを併用することもあり得るので、上記のようなことが、ス

ライド、録音に於ても起るかも知れない。教育の世界でC A I化という変化が行われると、その周辺にある産業の世界でその動きに応じた波紋が起るということの一つの現われが要員の面に出るということであろう。

(5) 学習プログラムの登録・管理

学習プログラムは時とともに多数集積されるものであり、C A Iの実用的運用のためにはそれらのプログラムを必要に応じて使用できるよう管理しておくことが要求される。きわめて小規模でかつあまり組織的でない運営をするシステムでなければ、学習用プログラムの管理は結構見逃すことのできない仕事となる。これは、事務管理などの目的で導入された電子計算機の例を見ても容易に類推できることである。そこでライブラリアン担当者を置くことが要求される。特に、C A I学習プログラム開発センターの立場をとるところでは、対象範囲とする教科の数、学習単元の数に応じただけのプログラムを管理し、各現場へ配布するなどの仕事の量が大きなものになる。しかしながら、できあがったプログラムを入手してC A I教育を実施するだけとか、端末だけが設置してあり回線でセンターと接続されているといった場所では、この種の作業はあまり大きな問題とならないであろう。

(6) ソフトウェアと要員

学習プログラムを書くとき、電子計算機の機械語に近い言葉を使うのではプログラム作成がはかどらないし、極く限られた者しかプログラム作成に参加できないであろう。この問題に対処するためにC A I学習プログラム作成用の特別な言語が作られるのが通例である。そしてその言語で書かれた学習プログラムを電子計算機で実行可能な形に変換するための言語プロセッサが開発されて、C A I用計算機の基本的なプログラムとして提供される。このプロセッサは、たとえばFORTRAN プログラムを機械語に翻訳するFORTRAN コンパイラなどと類似の機能を果たす自動翻訳プログラムである。FORTRANなどに比べてC A Iの学習プログラムは計算処理よりも制御処理が重点となっているのでC A I言語プロセッサもそれに適した機能、構造を備えている。

また、C A I実働に際して学習プログラムが電子計算機の中で適切に動作するよう、各部分装置の制御を行なうことが必要であり、これは電子計算機に内蔵される制御用プログラムによって行なうのが通例のパターンである。この制御用プログラムは現在の電子計算機ではどの機種でも備えている、通常モニターとかスーパーバイザと呼ばれるプログラムと極めてよく似たものとなるから、既存のものの流用か修正追加によってまかなわれよう。

C A I言語プロセッサおよびC A I用モニタープログラムは電子計算機メーカーあるいは計算機ソフトウェア開発業者が開発を担当することになるが、或る場合にはC A I研究機関自らこれに参

画することもあり得る。

更に、C A I実働開始後にC A I授業から得られる個人別進度などのデータを収集するとか、統計的なデータ処理を行なうといった計数を電子計算機によって行なうことが重要な仕事となる。このような計算は電子計算機の本来の応用であり、いわゆる事務データ処理あるいは実験データ収集処理とほとんど変るところがないと考えられ、従来知られているプログラム手法を駆使して対処されよう。このためのプログラム作成およびデータ処理の実施は装置メーカーでなくC A I運営者側で行なう仕事である。C A Iシステムの規模および設置運営条件に応じてプログラムが作られる。このプログラムを書く言語はC A I言語ではなく、COBOL, FORTRAN, PL/I, RPG, あるいはアセンブラ言語のどれかが選ばれよう。従ってこのプログラムを書く要員は必要な言語の教育を受けておく必要がある。C A Iが普及して多くの場所で同一パターンで計数処理が行なわれるに至れば、或る拠点で開発されたプログラムが複製され流用されることもあろうし、またセンターと回線で接続されている設置形態においては計数処理は大巾にセンター側にまかされるのは当然である。

(首藤委員)

4・7 電子計算機システム

4・7・1 C A Iシステムの中の電子計算機の役割

C A Iで使用される電子計算機はC A I以外の教育活動で必要とされる情報が現に利用されたり、またC A Iに関連してシステムの運用上必要な諸登録業務に利用されたりすることも考えられる。しかしこれらの利用内容はケース・バイ・ケースのことが多く、十分資料を整備することが困難であるので、ここではとくにC A Iの動作に直接関連した機能をあげて、本節の内容をとりまとめることとする。

(1) 学習プログラムのコンパイルーション

学習プログラムはこれを記述するために作られた特別の問題向き言語、またはテーブルの形で記述されるのが普通である。C A Iの実行前に、この学習プログラムをコンパイルして、オブジェクトプログラムを所定の外部メモリの媒体に記憶させることが必要である。

(2) C A Iの実行

C A Iを実行する際には、次のような役割を計算機システムが果している。

1) 学習プログラムの記憶

コンパイルされた学習プログラムを記憶する。できるだけ大量の学習プログラムを記憶し、かつ学習者の要求に応じてできるだけ速く必要な部分を処理装置へ取り出すことが要求される。記憶すべき学習プログラムの容量が少ないときはドラムに、容量が大きいときにはディスクに記憶させることになる。さらに大きい容量が必要になって、磁気テープを用いる場合にも、C A I実行中に直接磁気テープから学習プログラムを検索することはせず、ドラムまたはディスクに必要な部分を取り出しておいて上記と同様の使い方をする。

C A Iは本来完全な個人別学習を保証するものであるから、各学習者が必要とする学習プログラムは各々異なったものになる。同一の教科であっても進度や進路が異なるし、また学習者によって教科が異なることも要求される。そこでドラムまたはディスクには各学習者が当日の学習で要求する可能性のある学習プログラムをすべて収納する必要があるわけで、場合によっては極めて大容量になることもあり得る。したがってまた、これをすべてコア記憶装置に収納することは記憶容量からいって困難であるので、ドラムまたはディスクの学習プログラムのうち、学習の瞬時毎に必要なごく一部分をコア記憶装置に取り出すことが必要になる。

2) 学習記録の集計

学習経過を集録することはかならずしもC A Iの必須の条件ではないが、有意義な特徴として望まれる事項である。個人別の学習がC A Iの建前であるから、記録として、各学習者の学習経

過(学習端末に対して行なった反応)を個人別に集録する。これを学習と並行して、計算機がオンラインで集録する。学習経過記録として何を集録するかは、勿論おののシステムによって定められるが、学習プログラム実行上からも必要なデータとして計算機へ入力される情報、たとえばキーボードによる解答内容、各種の応答キーなどが記録項目の中心になる。経過時間を記録項目に加える場合は、各学習者毎に問題提示後学習者が反応するまでの経過時間を計測することも計算機の役割になる。

3) 学習制御

学習プログラムでは学習端末で教材を提示すること、これに対する生徒の反応をチェックすること、その結果に基づいて所定の論理演算や評価計算を行なうことなどの組合わせを単位とし、この単位のちなりとして学習プログラムが記述されている。そこで計算機は各学習者に対して、この学習プログラムにしたがった制御および処理を繰返して、個人別学習を実現する。学習制御の仕様、換言すれば学習プログラムで指定し記述することを許されている内容はシステムによって差異があり、これによって計算機の負荷が大きくなる。制御に差異が生ずる部分は、学習プログラムが学習者の反応を分析して次のプログラムへ進むときに、反応分析と分岐路決定の計算論理にどれ位の自由度が与えられているかというところである。

前述のように、各学習者個人に対するサービスをできるだけ短時間に行なうことが教育効果上要求される。このため学習制御を管理するモニタシステムは通常秒のオーダーで各学習端末にサービスすることが要求される。

4) 端末機器の制御

学習端末には各種の機器が使用される。これらの例を分類すると表4-7-1のようになる。

表 4 - 7 - 1

機 器 名	制 御 内 容	動 作 時 間	備 考
スライド プロジェクタ	スライド・フィルムの番号	1～30秒	
プ リ ン タ	印字文字コード	50 ms 前後	
CRT デ ィ ス プ レ イ	印字文字コード 表示図形座標 ビデオ信号の番号	(5 μ s～10 ms)	ライトペンがつく場合が多い。
オ ー デ ィ オ	オーディオテープ上のナレーション番号	0.1～30秒	
キ ー ボ ー ド	キーに対応する文字コード キーマスクのコード変換		

表4-7-1の例の他にも、各種の端末機器が考えられるし、またこれらの方式も種々のものが

ある。計算機には、これら種々の端末機器を学習端末として受け入れ得ることが今後とも要求されるであろう。

これら端末機器を制御するに当って考慮すべきことは、通常オンライン・システムで生ずる問題と同種の事項である。計算機から情報を出力する場合を考えると、機器の動作時間の長いものが多いので、これらを同時動作させるための手段が必要になる。とくにプリンタのように可変長の情報を出力する場合は、この同時動作を保証するためのスケジューリングが計算機システムの役割になる。

次に計算機が学習者応答をとり入れる場合を考えると、キーボードからの情報、ライトペンの情報などが代表的なものであるが、発生時刻が学習者の任意であるから、これをもれなく読みとる手順を用意することが計算機の役割として課せられる。とくにキーボードのように可変長の情報が連続的に発生する場合を考慮する必要がある。またキーボードにキーマスクを適用する場合は、所定の定義にしたがって、キーインされたコードを直ちに変換することが必要になる。

5) プロテクト機能

CAIは計算機システムについては全く非専門な学習者を対象とするマン・マシン・システムであるから、学習端末の使用法として想定しない手順で操作されることを考慮し、この種類の誤操作の影響が波及しないように、可能な範囲でプロテクションを考慮する必要がある。

6) 多重処理機能

CAIにおける学習制御は、これ自体多数学習者の相異なる学習プログラムが多重に実行されているわけである。しかし、CAIの学習制御で計算機の使用効率が100%に近くなるようなシステムにすると、学習者の待ち時間が増大して、CAIとして十分な性能を保ち得ないことが予想される。そこで、CAIの計算機システムでは、計算機にある程度の遊び時間が生ずるようなシステムがとられる。CAI用計算機が大形計算機である場合は、このような低使用率で運用しては不経済であるから、CAI学習制御の中の遊び時間を、優先度の低いバック・グラウンド処理に利用することによって、さらに多重に活用することが要求される。

(2) 学習記録の出力

CAIで学習中に集録された記録は、計算機でオンラインに集録されているので、個人別に詳細なデータを得ることができる。しかも学習の過程におけるデータがとれるという意味で、一般の試験などでは得られない性格のデータを得ることができる点でも有意義である。

これら詳細なデータは、利用者の各種観点に応じた断面を現わすために、対応したデータ処理をほどこしてから、判断の資料に供せられることになるのが普通である。データ処理の目的はいくつか想定され得るが、その主なものは、① 生徒の理解度や適性の個人別把握、② 教科の教育手順の分析や改善、その他教育学上の研究である。

集録された記録を出力する形態は目的に応じて工夫される。大別して、集録した記録を要約して出力する場合とそのまま出力する場合とが考えられる。要約して出力するのは主として、生徒個人（または全体）の理解度を把握することを目的とする場合である。この場合は記録データを要約するための処理がソフトウェアシステムに組込まれていなければならないことは勿論であるが、出力をC A Iの学習中に行なうか、学習終了後に行なうかによってソフトウェアシステムの構造に差異を生ずることになる。

また、記録をそのままの形で出力する場合は、これを各種の観点からデータ処理することを目的とする場合である。したがって、出力データはできるだけ高速に出力され、高密度の記録媒体に記録されるとともに、再度データ処理の入力データとして入力し易い媒体に記録されることが望ましい。

4.7.2 学習制御における計算機システムの役割

計算機システムの役割の概要は上に述べたとおりであるが、ここではとくにC A Iの中心的機能である学習制御に関して、やや詳細に述べる。

学習プログラム作成者が指定した論理または手順にしたがって、学習端末を制御することを端末個々に行なうことが、とりまなおさず学習制御の内容である。学習プログラムで指定される論理は、原理上計算機で処理可能な範囲であればどのように複雑であってもよいが、現実にはこのような形態で運用されることは稀である。その理由はいくつか考えられるが、第1に、教育効果とのかね合いにおいて、複雑な論理によつて進行する学習プログラムを作成するには手間がかかること、第2に、学習プログラムの論理は学習者個人別に実施されなければならないが、このような要求を満足する計算機プログラムを作成することは学習プログラム作成者にとっては容易でなく、ソフトウェアシステムで学習プログラム記述用の問題向き言語を用意して学習プログラム作成者の便に供する形態がとられる。このとき、必要度と簡便度と経済性とのかね合いにおいて、許容する論理に所定の限界が設けられ、これに対応する記述言語が立案されるのが普通である。

そこで学習制御の内容を知るにはC A Iで想定され、許容されている学習プログラムの論理または手順がどのようなものであるかを知ればほぼ十分である。また、さらに詳細に具体的に学習制御の内容について知るには、C A Iシステムが受け入れ得る学習プログラム記述言語の機能について知ればよい。以下にはC A Iにおける学習の流れの例として、国内のC A I標準言語で想定したものを紹介し、次に代表的な言語の数例を紹介することで、この方面の概要を述べることにする。

(1) 学習の流れ

学習プログラムとして受け入れ可能な論理の流れを、そのCAIシステムで許容される学習の流れと呼ぶことにする。CAI標準言語第1次案で想定している学習の流れはかなり既存のCAIの機能を網羅したもので、次のようなものである。

図4-7-1が学習の流れを示す図である。

図において四角の箱は学習プログラムのステップを示し、円は生徒の応答を示す。生徒に提示される教材は、内容的に問題と説明に区別する。問題は生徒の解答を期待するものであり、説明は生徒がそれを理解したかどうかの了解応答を期待するものである。図ではQ_iが問題提示をC_iが説明提示を表わす。

学習プログラムは次の3種のsequenceによって構成される。① Main sequenceは教師の設定した主たる学習経路であり、標準的な学習者が通る可能性を持つ。② Hint sequenceにおける問題を解くことが難しい生徒に与えられるsequenceである。これは学習者のヒント要求(H)によって与えられる。Hint sequenceでは、Main sequenceと同じ形式で学習が進行する。Hint sequenceが終了すると自動的に元のプログラムに戻るが、途中の任意のステップであっても学習者が解答を見出した場合はRETURNを入力することにより元の問題に戻ることができる。③ Call sequenceで与えられる教材のほかに、学習者が余分の練習をしたいとか、参考資料を見たいとかいった要求がある場合に与えられるsequenceである。この機能によれば、学習者は次々にCallを行ない自分で学習対象を選びながら満足することまで深く追求するといった学習者の主体性のある学習が可能となる。Call sequenceでもMain sequenceと同じ形式で学習が進められる。元のステップへ戻る要求はRETURNである。

次に学習者の応答について述べてみると、問題提示においては通常、学習者の解答が予想されており、解答(ANS)が入力されると、その内容に応じてBranchが行なわれる。答がわからないときにはヒント要求を出したり、別の教材が欲しいときはCall要求ができることはすでに述べた。さらに、どうしても答のわからない学習者には正答要求(CA)を出すことも出来る。このときプログラムがそれぞれ許されていると正答が提示され、適当な次のステップへBranchが行なわれる。一方、説明提示においては、学習者がそれを理解し、NEXTを入力するとBranchがなされる。さらに各ステップにおいて学習者は前のステップに戻ることを要求することも出来る(REV)。また、各ステップでは、生徒の応答時間を制限することも可能で、制限時間内に学習者が応答しなかった場合はTime Upとして対応するステップへBranchが行なわれる。

なお、学習プログラムをBranchさせる条件としては次の3つが可能である。① 学習者の

解答内容, ② 学習者の要求, ③ 学習者の過去の学習経過。

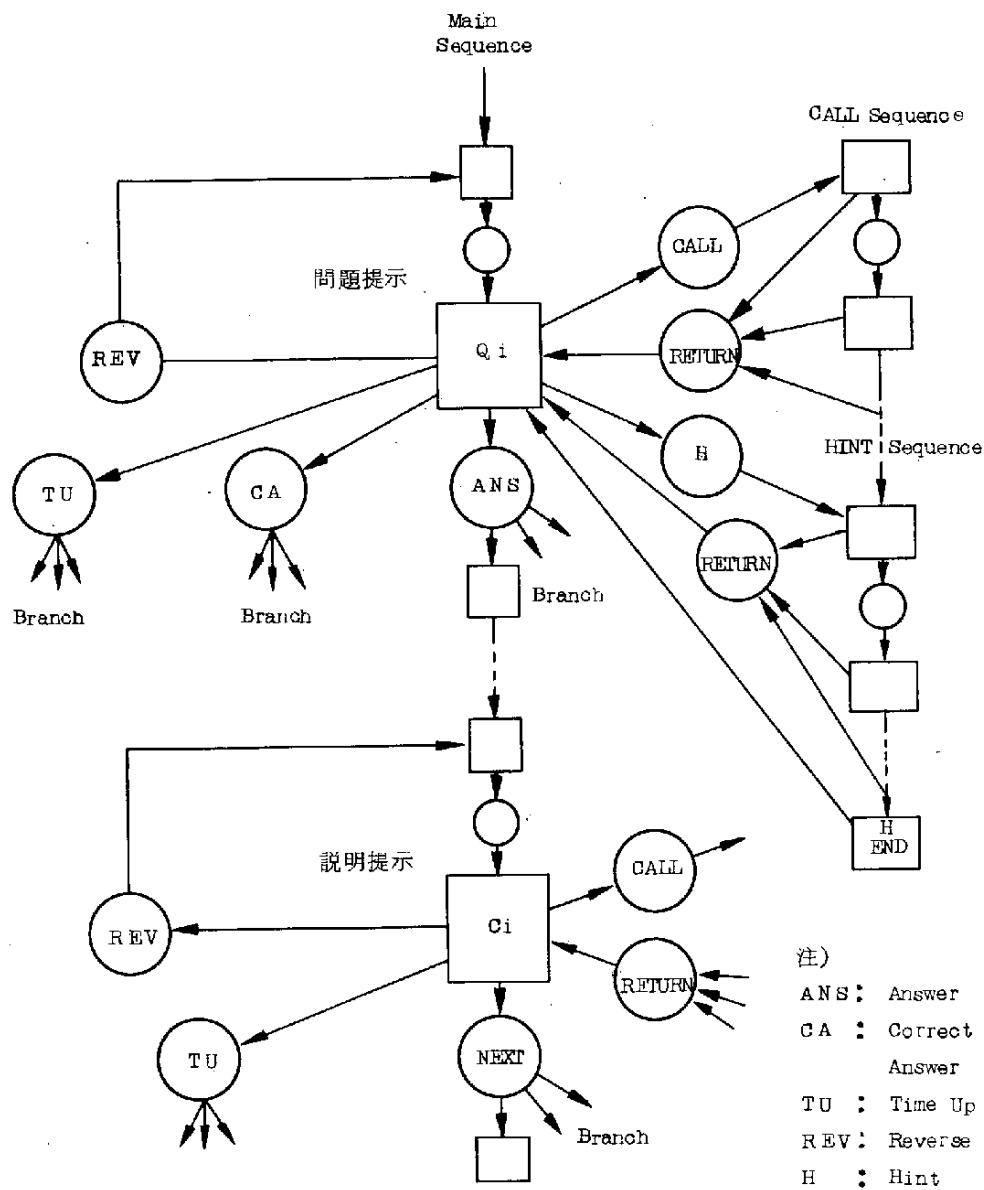


図4-7-1 学習の流れ

(2) 学習プログラム記述言語

具体的な学習プログラムの詳細については、実施例を参照していただくこととし、ここでは既存の言語のなかから特徴的なものを取りあげて、その性格を概観することで、状況を紹介したい。

a) PLATOシステムのAnswer Master

PLATO システムでは学習の流れ (Teaching Logic と呼ばれている) があらかじめ設定されており、その範囲内でプログラムが組まれる。学習の流れは基本的にはリニアであり、学習者が正解をしたときだけ次へ進める。間違えた解答をすると、治療ステップが与えられるが、それが終ると再び元の問題へ戻される。学習者は "Help", "正解" あるいは "教材を求める" 等のことができるが、これらは設定された学習パターンの範囲内で許される。

学習プログラムは Answer Master と呼ばれるプログラム・シートに書かれるが、これは表形式になつていたのでプログラムが簡単である。

b) COPI

この言語ではプログラム・シートへの記入 Form もで命令の意味を識別させるようにしているという意味で、表形式に近いものである。しかし完全に定形化はせず、学習プログラムが自由に分岐することが許される。その一方で、言語の記述能力を意識的に制限して、煩雑化することを防いでいる。

学習経過の評価のためには、得点計算だけが許される。そのために3種類のカウンタ (POST, NEGCT, CT) が用意されており、それぞれ加点、減点、合計点が計算される。各々の予想回答には前もつて適当な得点を割当てて使用する。プログラムではこれらの内容を参照して分岐させることができる。

c) Course Writer

Operation Code を用いてプログラムの流れを制御する方式をとっており、かなり複雑な分岐を含む学習の流れを12個の Operation Code に集約しているのが特徴である。

Major および Minor からなる Operation Code はそれぞれ学習の流れを表わす機能を集約して表現している。工夫次第で複雑なプログラムを非常にコンパクトに記述することができるが、反面直観的に記述することは困難で、ある程度の熟練が必要であろう。

d) ISL-1

本格的なコンパイラ形式の言語である。学習プログラムの分岐や評価計算は ALGOL 的な融通性のある記述ができる。学習者解答に対する処理に対しても、Character String の処理が考慮されている他、汎用的な可能性を持つた言語になっている。

ただし、この言語を十分に使いこなすにはかなりのプログラミング技術を必要とすると思われ、問題向き言語の段階に達しているかどうかについて、若干議論できるものと思われる。この言

語の特徴点は上記のように融通性の高い汎用的なものであることの他に、教材のファイルと教育手順のファイルを分離しているために、練習問題のように、手順はいつも同じで教材内容だけが次々と変わって行くような学習プログラムを記述するときに非常に簡単化される点にある。

e) C A I標準言語

C A I言語標準化委員会によつて、国内のC A I標準言語第1次案が制定されている。ここでは、学習プログラムで要求される機能として、現時点でかなり確実であると思われる機能をできるだけ取り入れる方針で立案された。その結果、(1)項で示したようにかなり融通性の高い学習の流れを基本としている。

標準言語は広い自由度があるので、学習プログラムを表形式に記述することは難しい。言語のステートメントは学習の流れに対応して定められており、これらを並べて書くことで、学習プログラムを記述できるように意図している。

f) 各言語の記述能力の比較

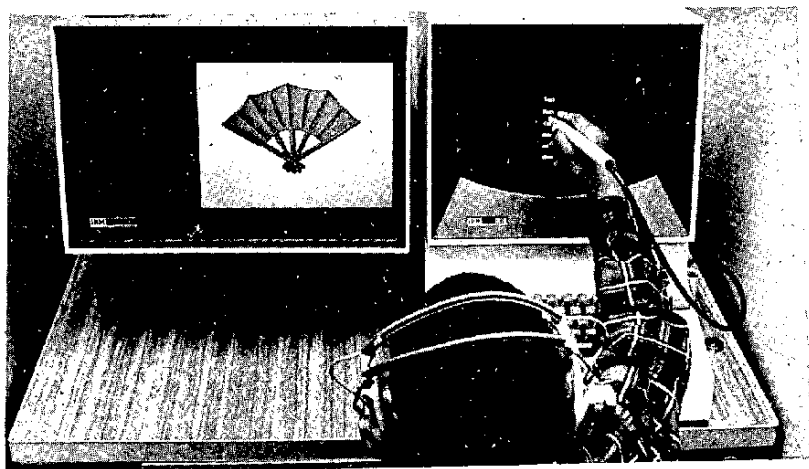
比較を表4-7-2に示す。教材提示の欄はそこにあげた4種の学習端末機器で教材提示を行なうための命令語(ステートメント)を持っているかどうかを示す。応答制限の欄は学習者の応答に対しどのような制限をプログラムできるかを示す。学習者回答の処理の欄は、通常用意されている完全一致をとる処理の他に、どのような処理が可能かを示す。

評価計算の欄は学習経過に対してどのような評価計算を行なって、学習プログラムの分岐の条件に使用できるかを示す。

分岐条件の欄は学習プログラムの分岐をどのような条件でプログラムできるかを示す。

学習記録の欄は学習記録の採録に対してどのような指定ができるかを示す。

図4-7-2 IBM1500システムにおける端末機器



右側はC R Tディスプレイ、左側はスライド・プロジェクタのスクリーン。生徒はライトペンで解答を指し示している。

表 4-7-2 言語の記述能力の比較

言語名 比較項目		PLATO	COPI	Course Writer	CAI標準言語	ISL-1
開 発 者		イリノイ大	UNIVAC	IBM	CAI言語 標準化委	RCA
教 材 提 示	ブ リ ン タ	×	○	○	○	○
	ス ラ イ ド	○	×	×	○	×
	音 声 提 示	×	×	×	○	×
	C R T	文 字	文 字	×	文字+図形	文 字
応 答 制 限	時 間 制 限	×	×	×	○	×
	要求の 禁止	EFFECTS	×	×	ヒント要求 正 答 要 求	×
回 答 の 処 理		JUDGER (サブルーチン コール)	可 (システム組 込 機 能)	f n (サブルーチン コール)	AID (サブルーチン コール)	Character Stringを 処理する Statement
評 価 計 算		×	得点計算 のみ	整数計算 (+, -)	整数計算 (+, -) スイッチ	浮動小数点 (+, -, *, /) 論理演算
分 岐 条 件	回 答 内 容	○	○	○	○	○
	応 答 所 要 時 間	×	×	×	×	○
	時 間 切 れ	×	×	×	○	×
	評 価 計 算 結 果	×	得点のみ	○	○	○
	要 求	○	×	×	○	×
学 習 記 録	記録情報の指定	×	×	×	×	○
	開 始 終 了 指 定	×	自動的にと られる	自動的にと られる	RECORD SPRECORD	LOG- Statement
特 徴		表形式 要求を受付 ける。	記述容易	複雑な流れ をコンパクトに記述	分岐が多様 記述容易 要求を受付 ける。	汎用的言語 で融通性が 高い。

4.7.3 ソフトウェアシステムの概要

C A I とは無関係に、一般的な意味で電子計算機システムに装備されているソフトウェアシステムの他に、C A I に必要なソフトウェアが追加して装備されている。C A I に必要なソフトウェアは計算機システムの役割を果たすために必要となるものである。いわば以前に述べた諸事項を仕様として、これを満足するソフトウェアがC A I ソフトウェアである。

これらC A I に固有に要求されるソフトウェアをどのように構成するかは、利用される計算機システムの既存のソフトウェアシステムその他の事情を勘案して、適宜決定されればよい。

C A I で要求されるソフトウェアの機能は前述のとおりであるが、C A I に特徴的なソフトウェア、換言すれば基本的要件として要求されるソフトウェアをあげると、学習プログラム言語を解釈するコンパイラと学習制御のモホタとが主なものである。

(1) 記述言語コンパイラ

学習プログラム記述言語を実行する方法には次のような通りの方式が用いられている。

① 学習プログラムの論理(学習の流れ)のパターンをあらかじめ固定しておき、その機能をマクロな命令で表現する。学習プログラムはこれらマクロな命令の連なりで記述する。この方式ではプログラムを表(テーブル)形式にすることが容易であり、記述も簡単になる。他面、学習のパターンが固定されるので、学習の流れに融通性がないのが欠点である。P L A T O システム、C O P Y 言語などはこのような方式に類するものである。

② 学習プログラムの論理を固定することはしないが、種々の論理を想定して、これらに共通な基本的機能を抽出し、これをマクロな命令語で表現する方式である。①の方式に比べて融通性が向上する反面、学習の論理のバリエーションを容易に表現し得るように基本的機能が上手に抽出されていないと、学習プログラムの記述があまり容易でないという欠点を生じる危険もある。

C o u r s e W r i t e r, C A I 標準言語などはこのような方式に類するものである。

③ 前述②と同様の考え方であるが、さらに細分化された論理を記述できるようにするために、基本的機能を②よりもさらに細分化した単位で抽出し、これに命令語を対応させる方式である。この方式では細分化された論理を単位として組立てて学習プログラムを作り得るので、融通性が非常に高く、言語としても複雑なものとなる。その反面、問題向き言語という観点、換言すると簡便に使い得るという観点からはやや問題があり、プログラム作成者にある程度専門的な技能が要求されるように思われる。I S L - 1 (R C A) などはこの方式に類する言語である。その他これに類する言語はいくつかあるが、いづれも F O R T R A N や A L G O L といった既存の言語コンパイラを基礎とし、これにC A I に固有の命令語(ステートメント)を追加し、コンパイラを拡張するという形態で作られている模様である。この方式は言語を作り上げるという観点からは簡

便でよいが、C A Iに最適であるかどうかという観点からは慎重に検討を要する。

(2) 学習制御モニタ

4・7・1節に述べた諸事項を円滑に遂行されるように管理するソフトウェアが学習制御モニタである。

モニタの性能は第1に学習者に対するサービス待ち時間がいかに短いかで測られる。また第2には問題の処理に有効な計算機稼働率が高いことである。そこで、一般のタイムシェアリングシステムで採用されているように、サービス対象を一定時間毎にスキャンニングしたり、ジョブの終了を待って次の対象のサービスをするような方式とするが、あるいは一般のオンライン制御システムで行なわれているように、もっぱら割込みによってサービス対象の選択を起動させるようにするか、など、モニタの方式を決定することがC A Iのソフトウェア立案の上で重要である。モニタの方式は、これらの諸点を考慮し、利用する計算機の性能とC A I実行時に発生する処理内容を勘案して決定されるべきである。

(平野 委員)

4・8 端末機器に必要な機能

4・8・1 C A Iシステムにおける端末機器の役割

C A Iシステムは大まかに言えば、電子計算機・システムとそれに回線で接続された複数個の端末機器よりなる。人間が実際にC A Iシステムにアクセスするのは主としてこの端末機器のひとつを通してであり、その意味で、端末機器はマン・マシン・インターフェイスとしての重要性を持っている。学習者は、端末機器を用いて自分が誰であることを計算機に知らせ、以後の授業においては、計算機からの指示を端末機器を通して受け、その返答を端末機器を操作することで計算機に知らせる。またある場合には自分の要求を計算機に指示したりすることもある一方学習プログラム作成者がこの端末機のひとつを用いて、計算機に学習プログラムを教え

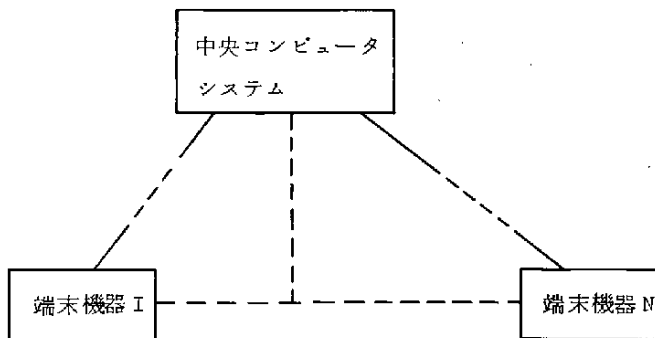


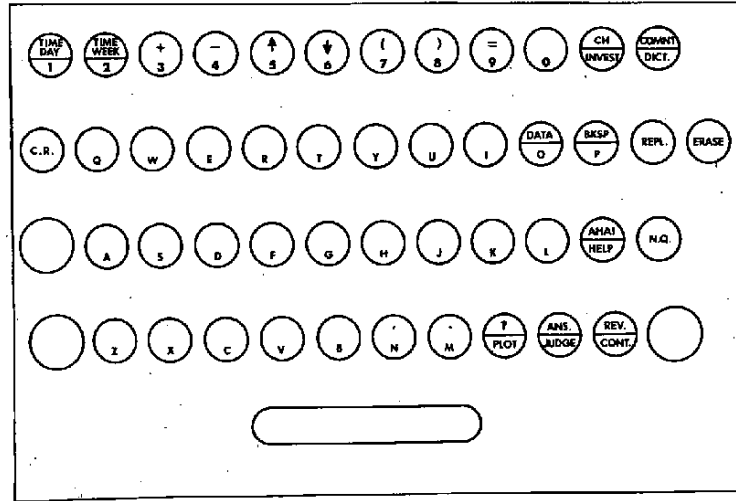
図 4—8—1 C A Iシステムの構成

込むことにも使われる。この学習プログラム作成者用の端末機器は、生徒が用いる端末機器と全く同種なものであってもよいし、電子計算機・システム内の通常の周辺機器、たとえばカード・リーダーのようなものであっても良い。しかし以後に述べるC A Iシステムにおける端末機器は、主として生徒の学習用に供せられるものであり、通常の周辺機器は考えない。

このようにC A Iシステムにおける端末機器は学習者あるいは学習プログラム作成者に対するシステムの窓口となっているため、その操作が簡便であることなどの打倒的要件が満たされなければならない。

具体的にどのような機器が考えられるかを以下に述べる。

図 4-8-2 IBM 1500 システムにおける端末機器



右側はCRTディスプレイ、左側はスライド・プロジェクタのスクリーン
生徒はライトペンで解答を指し示している。

4.8.2 電子計算機からの情報提示機能

電子計算機から端末装置に符号として送られた情報は端末装置によって人間に解りやすい情報に変換される。これには、文字、図形、音声と考えられるが、それらについて詳述しよう。

(1) 文字の表示

文字による情報の伝達は比較的簡便なので、文字の読める学習者に対しては、これらの機器で学習することができる。学習を行なう端末機器には、

タイプライタ

文字ディスプレイ

スライド(マイクロフィルム)プロジェクタ

などがある。

タイプライタは、電子計算機から送られる符号や文字を紙に印字するものであるが簡便なタイプライタは字種が限られており、たかだか100種程度にすぎない。遠隔地に使用する代表的なものにはテレタイプがある。

文字ディスプレイとは、CRT(ブラウン管)の画面上に文字を表示するもので、いろいろな

図4—8—3 PLATO IIIにおける端末装置



前面はスライドと文字ディスプレイとを重ね合せたCRT画面
手まえにキー・セットがある

呼び名がある。これは機械的な動作をする部分がほとんどないため、タイプライタに比較すると、音が非常に静かで表示するスピードも早い。字種はタイプライタと同じ程度である。ただし、字が表示されたあと、ハード・コピーがこの装置のみでは残らないので、どんな提示の経歴があったかを見なおすのには不便である。ふつう1画面あたり約600字程度表示できる。表示方法は、タイプライタとちがって、1画面内の一部のみを変更して、他の部分はそのまま保持するなどのテクニックが使えるので、使いようによっては便利である。文字ディスプレイにおける文字の作り方には、ドット（点）で字を構成するものと、いわゆるキャラクタ・ジェネレータと呼ばれる文字の鋳型を利用するものがある。またカラーのものもすでに実用化されている。

スライドあるいはマイクロフィルムのプロジェクタによる方法は、生徒に提示すべき情報（文章や図）があらかじめフィルムにおさめられていて、計算機はそのうちの1画面を指定するだけの情報を送ればよい。フィルムは各端末装置に内蔵される方法と、計算機・システム内にあって

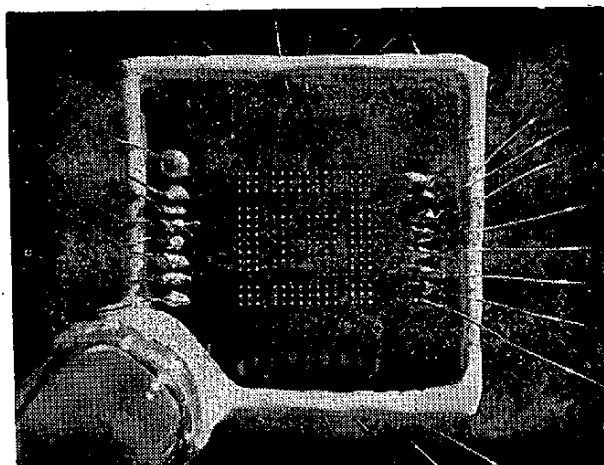
そのうちから1画面をとり出して、端末装置に送る方法とが考えられるが、それぞれ一長一短がある。いずれにせよ、プロジェクタによる提示は、特にわが国のように字種の多い場合などは有効で装置のコストも比較的安い。しかし、情報(画面)の作成については先の2つの例と比較すると手間がかかる。またこの情報自体は計算機内のプログラムと独立して存在する訳で、そのためプログラムを書きにくいという欠点があり、画面の作成の厄介さと相まって、プログラムの修正が面倒である。

(2) 図形の表示

C A I システムの端末装置に図形の表示機能がないとすると、そのシステムによっては教育で
きる教材は大巾に制限されてしまうであろう。

すでに述べたプロジェクタによっても図形の表示ができるが、その最も代表的なものは図形ディスプレイ(グラフィック・ディスプレイ)といえる。現在よく用いられている図形ディスプレイはC R Tを用いたディスプレイで、プログラムによってはほぼ任意の図形をC R Tの画面に表示できる。この高価なものは、図形を次々と動かすなどかなり凝ったことが可能である。価格は500万~数千万円である。C R Tディスプレイがこのように高価であるのは、常に画面を保持するための高速のメモリがなければならず、また情報を送るケーブルにも高速大容量性が要求されるためである。また、この装置は電子計算機の近くに置かれていなければならず、あまり沢

図4—8—4 実験的なプラズマ・ディスプレイ



山のものをひとつのシステムに持つことは無理である。その上画面の解像力もあまり良くないという欠点がある。

この他、現在はまだ実用化にいたっていないが、プラズマ・ディスプレイや液晶パネルなどが考

えられている。特に、プラズマ・ディスプレイは、画面保持のための記憶装置がいらず、主としてそのために価格が安いことが期待され、40万円程度で市販される可能性を持っていると言われている。

(3) 音 声

端末装置に、ヘッドホンを接続して学習者に音声による伝達ができると更に便利をC A I システムになる。文字の読めない生徒や語学教育には不可欠であろう。音声の発生法には主として2通りあり、ひとつは、音声の各句あるいは文を録音しておいて、それをつなぎ合わせて生徒に送るやり方で、これは発生できる文章が限られてしまう欠点があるが簡便な方法である。もうひとつは、書かれた文章を読んで自動的に電子計算機によって音声を合成する方式で、このやり方では任意の文章の音声を作り出すことができる。音声合成法はしたいに実用に近づきつつあるが、計算時間の浪費はまぬがれない。

4・8・3 学習者応答の採取機能

学習者の意志表示あるいは計算機への応答を、なんらかの形で計算機に知らされなければならない。学習者は、自分に解りやすい、あるいは長いこと親しんだ方法で端末装置に情報を送る。

もっとも簡単な装置は、いくつかのスイッチ・ボタンから成っているもので、学習者はスイッチ・ボタンを選んで押すことにより意志表示を行なう。

一般には、文字のキイを打つことによって意志表示する方法であり、これによれば、文章（あるいは数式）によって任意の意志表示が可能である。しかし、その文字列がいかなるものであっても計算機が理解できるようにプログラムすることは極めて難しく、今の所、簡単な応答に限られている。

更に高級なものに、CRTディスプレイでライトペンを用いるものがある。これにはライトペンによって単に画面の1点を指し示して応答とするものと、図を描いて応答とするものがある。端末装置のみに注目した場合、学習者はライトペンを用いることで一応任意の応答が可能であるが、やはり電子計算機による情報の処理がむづかしい。

音声による意志表示も将来は不可欠なものになるだろうが、現在の技術レベルではその処理が難かしく、せいぜい簡単な語句の識別ができる程度である。

4.8.4 実用普及のための条件

CAIが実用化され普及するためには、安価で使い易い端末装置の開発が重要である。
以下にその条件を述べよう。

(1) 安価であること

端末装置が生徒1人1人にあてがわれることを考えると、普及化の条件として安価であることは決定的な必要条件である。この条件をみたすためには、ひとつは新方式の開発があり、ひとつは大量生産を可能にするための標準化があるが、現在は端末装置の開発はいろいろな点で模索中であり、標準化はかなり先の問題になるだろう。

(2) 操作が容易であること

生徒が使用することを考えると、その操作法は容易でなければならない。およそ操作をしているという感じが持てない程容易であることが理想であるが、これは必ずしも前項の「安価である」という条件と両立しないかもしれない。

(3) 堅牢であること

故障は学習に重大な影響をおよぼすから、CAIシステム全体の信頼性は極めて高くなければならない。特に端末装置は学習者が使用するため、機械的にも堅牢さが要求される。端末機器は数が多いから、保守がほとんどいらないようなものでなければならない。

(4) その他人間工学的考慮

以上の他に、マン・マシン・インターフェイスの機器として当然望まれる人間工学的条件がある。表示機能部では、見やすさ、聞きやすさが重要であるし、また機器全体として雑音の多いものは学習を阻害することとなる。

4.8.5 実用普及化の障害と将来の可能性

特に日本語の場合文字の種類が多く、英文タイプライタのような簡便な端末装置では不十分であり、問題を厄介にしている。これをさける便宜的な方法がいろいろ考えられるが決定的なものがない。

技術的に見ると、端末装置の表示機能は、かなり進歩しているが、逆の応答採取機能はまだ遅れており、今後ボタン認識技術がどれほど進展するかに依存しよう。

4・8・6 一般電子計算機システムにおける端末とC A I用端末との差異

いわゆるタイムシェアリング・システムにおける端末装置と、C A Iにおける端末装置とは電子計算機・システムの観点から見れば本質的に何の差異もない。実際にふつうのタイムシェアリング・システムの端末をそのままC A I端末として用いる例も少くない。

しかし、特に教育という見地から考えるといくつかの差異が認められる。たとえば年令の低い学習者に対しても活用されなければならないので、操作の簡便さは強く要求され、図形や音声の表示機能は、ふつうの端末装置よりも、より工夫が必要となる。その1例がプロジェクタで、これなどC A Iシステムに特有な端末装置である。

(田 村 委 員)

5. CAIシステムの実例

5・1 STANFORD の システム

5・1・1 システムの概要

Stanford University の Institute for Mathematical Studies in The Social Science の Dr. Patrick Suppes が中心となって、1963 年以来 C A I の研究が進められている。米国には C A I の研究プロジェクトが多数あるが、Illinois 大学のプロジェクトとならんで、最も有名なプロジェクトといえることができる。Illinois 大学の P L A T O プロジェクトが Dr. Bitzer を主軸とした工学関係者が中心になっているのに対し、Stanford 大学のプロジェクトは教育心理学関係者が中心になっている点に特徴がある。その結果、プロジェクトの報告の内容は C A I の実施結果に関する事柄が多く、C A I システムそのものに関してはとくに独自性や特徴点を主張しようとする姿勢がない。

C A I の研究開発を教育学の側面から進めるという立場で、いくつかの補助金や研究契約による資金 (National Science Foundation 補助金、文部省との研究契約 4 件など) で運営されている。Stanford 大学のプロジェクトが所有しているシステムは大別して 2 組のシステムに分かれている。1 つは Stanford 大学構内に設置されている D E C 社 (Digital Equipment Corporation) の P D P 計算機システムによるもの、他の 1 つは Brend Wood 小学校内に設置された I B M の 1500 システムによるものである。

5・1・2 P D P システムの構成

図 5-1-1 に構成図を示す。当初は P D P - 1 による C A I が実施されていたが 1969 年に P D P - 10 を加えて能力が増強されたものである。P D P - 10、P D P - 1 および回線制御用の P D P - 8 などが大学構内にあり、1 部の学習用端末が大学構内に設置されているが、大部分の端末は通信回線 (電話線) を通して近郊や遠隔地の実験校に配置されている。端末の数は図中に数字で記入されている。

このシステムでは主として図 5-1-2 の写真のような 33 形のテレタイプライタが学習端末として使われている。小学校の算数の Drill&Practice にはこれが単独で使われている。小学校の Reading の Drill&Practice ではこのテレタイプにイヤホンとスライドが組合わせて用いられ、Digitized Audio として計算機システムに記憶されている。ナレーションがオンラインで音声に編集されてイヤホンに与えられるようになっているという。ま

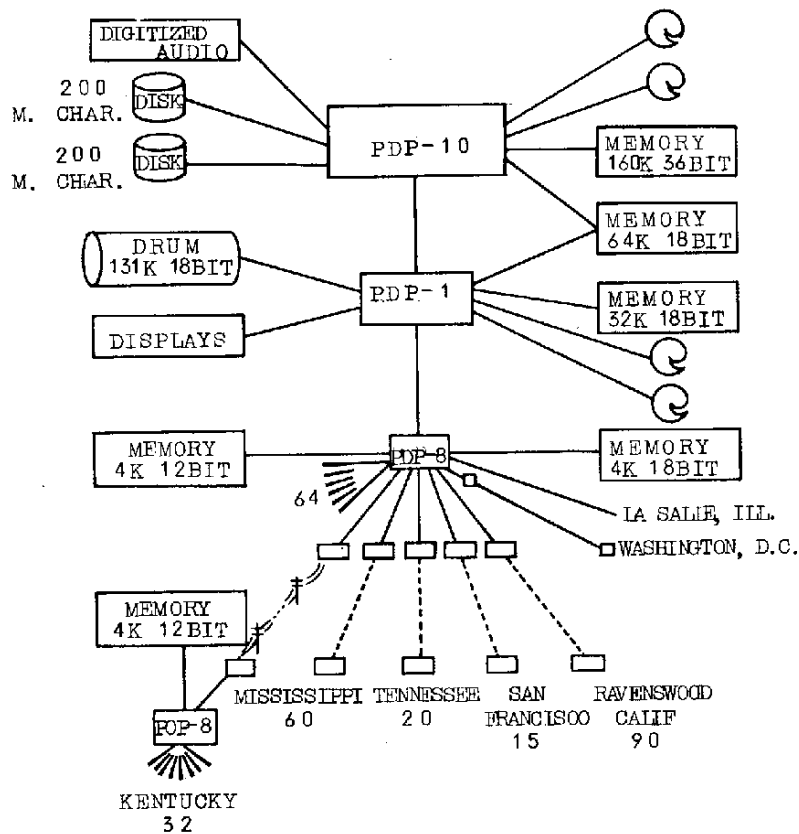


図 5-1-1 STANFORD システム構成図

た Stanford 大学構内で行なわれている、ロシア語の初等コースでは、同様にテレタイプとイヤホンの組合わせで学習端末を構成しているが、この場合の音声は起動停止を計算機で制御したテープレコーダから供給されるようになっている。これらの学習端末を利用して C A I システムが実施されている。

1968年にこのシステムで教育を受けた生徒の数は表 5-1-1 のとおりである。

5.1.3 利活用の状況

(1) 算数の Drill & Practice



図 5-1-2 テレタイプによる学習端末

算数の Drill&Practice の研究は Stanford プロジェクトの中心的なものである。新しい概念を通常の教室授業に定着させるため C A I の Drill&Practice を利用する研究が進められている。

表 5-1-1 Stanford 1967-68 Program in Computer Assisted Instruction
(The number of students shown is for May 15, 1968)

Program	Number of students		Terminals
	Jan	May	
Drill-and-Practice Mathematics, Grades 1-8			
California	985	1,441	TTY*
Kentucky	810	1,632	TTY

Mississippi	592	640	TTY
Tutorial Mathematics, Grade 2	76	76	CRT + Audio+Film
Tutorial Reading, Grade 1	73	73	CRT + Audio+Film
Tutorial Logic and Algebra, Grades 5-8	195	195	TTY
Tutorial Russian, University Level	30	30	TTY+Audio (Cyrillic keyboard)
Dial-a-Drill	15	15	Telephone

*Teletype

Cathode-ray tube

よい Drill&Practice を実現する要件として、下記の諸点があげられている。

- (1) 個人のニーズに対応した練習問題であること。
- (2) 学習者が自分で何をしているのか、なぜしなければならないのか、そして一番よいやり方はどうすることなのかを理解しなければならない。
- (3) 屢々かつ少量の練習問題をすること。
- (4) 制限時間を設けること。
- (5) 用語上の問題を含むこと。
- (6) 同じ問題をいろいろな形で出題すること。
- (7) テーマの紹介に続いて、多量の問題を出すこと、また熟練度を維持するために、混合的な問題を周期的に与えること。
- (8) 例題は難しさの順に出すこと。

これらの条件を考慮して、各学年の年間の学習内容を24の概念ブロックに分割し、各ブロックには7日間分の学習内容に対応するレッスンを含ませている。これらの内容は通常のテキストと同じように順序づけられているが、かりにテキストが変更されても、それに応じてこのブロックの順序を変更することができるようになっている。

各ブロックについて説明すると、最初の日のレッスンはPre-testである。これによって、このブロックの概念に関する各学習者の理解度を調べることができる。その結果から、学習者に5通りのレッスンのうちのどれかを割当る。5通りのレッスンはそれぞれ難かしさのレベルにより決められる。毎日のレッスンの結果は計算されて（正解率の％）翌日のレッスンとして更に難しいレベルのものを与えるか、同じにするか、易しいものを与えるかの判定基準となる。最後の7日目のレッスンはPost-testである。このように学習者自身の成績によって困難さのレベルを定めてゆく。この有様を図示したものが、図5-1-3であり、黒丸がレッスンを表わしている。

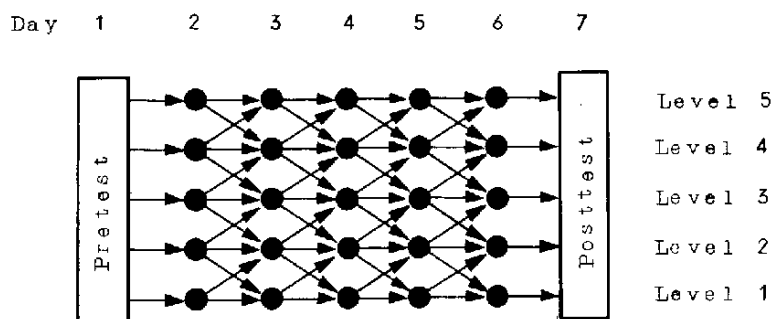


図 5-1-3 概念ブロックの演習における分岐構造図

このようにして、学習者はそれぞれ個別の復習を行なうことになる。また Post-test の後の 4 日間で、学習者は test の結果にしたがって別々の復習を与えられる。この Drill は 1 日に約 4~10 分行なわれる。用語に関する Drill や混合問題も多い。

このシステムでは出題が計算機からタイプライタへプリントされて出て来る。Drill の一例を示すと図 5-1-4 のとおりである。図中の *印は学習者がキーインしてプリントしたものを示すために参考のために、著者が付けたもので、実際には印書されない。最初の間違いや時間切れに対しては Try again を命じるだけであるが、2 度目からはヒントをつけてくる。この Drill の Program logic はすべて図 5-1-5 のように定形化されたものになっている。

毎日のレッスンプログラムが終ると、Student's Performance と Class Performance のデータが出力される。前者は各概念ブロック毎の正解率として表わされているが、学習者の成績として保存されるだけでなく、毎日の各個人の成長の尺度として利用される。後者はとくに復習授業の内容を決定する上で教師の参考に使われる。

PLEASE TYPE YOUR NUMBER AND NAME

*23 JOHNNY JONES

DRILL NUMBER L302034

ADD

2 6
+ 1 2

TIME IS UP, TRY AGAIN

$$\begin{array}{r} 2 \ 6 \\ + 1 \ 2 \end{array}$$

TIME IS UP, ANSWER IS 8, TRY AGAIN

$$\begin{array}{r} 2 \ 6 \\ + 1 \ 2 \\ \hline *3 \ 8* \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \ 4 \\ + 2 \ 5 \\ \hline 8* \end{array}$$

NO, TRY AGAIN

$$\begin{array}{r} 1 \ 4 \\ + 2 \ 5 \\ \hline 7* \end{array}$$

NO, ANSWER IS 9, TRY AGAIN

$$\begin{array}{r} 1 \ 4 \\ + 2 \ 5 \\ \hline \end{array}$$

TIME IS UP, ANSWER IS 9

$$\begin{array}{r} 1 \ 4 \\ + 2 \ 5 \\ \hline *3 \ 9* \end{array}$$

$$24 + 13 = \underline{\overset{**}{37}}$$

$$16 + \overset{*}{\underline{3}} = 19$$

$$\overset{*}{\underline{0}} + 18 = 18$$

$$17 + 11 = \underline{\overset{*}{28}}$$

$$18 + \overset{*}{\underline{8}} = 19$$

NO, TRY AGAIN

$$18 + \overset{*}{\underline{8}} = 19$$

NO, ANSWER IS 1, TRY AGAIN

$$18 + \overset{*}{\underline{8}} = 19$$

NO, ANSWER IS 1,

$$\begin{array}{r} 1 \ 2 \\ + 1 \ 7 \\ \hline 3* \end{array}$$

NO, TRY AGAIN

$$\begin{array}{r} 1 \ 2 \\ + 1 \ 7 \\ \hline 9 \ 2* \end{array}$$

TIME IS UP, TRY AGAIN

$$\begin{array}{r} 1 \ 2 \\ + 1 \ 7 \\ \hline *3 \ 9* \end{array}$$

NO, ANSWER IS 2, TRY AGAIN

$$\begin{array}{r} 1 \ 2 \\ + 1 \ 7 \\ \hline *2 \ 9* \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \ 5 \\ + 2 \ 2 \\ \hline \end{array}$$

TIME IS UP, TRY AGAIN

$$\begin{array}{r} 1 \ 5 \\ + 2 \ 2 \\ \hline \end{array}$$

TIME IS UP, ANSWER IS 7, TRY AGAIN

$$\begin{array}{r} 1 \ 5 \\ + 2 \ 2 \\ \hline \end{array}$$

TIME IS UP, ANSWER IS 7

$$\begin{array}{r} 1 \ 5 \\ + 2 \ 2 \\ \hline 7* \end{array}$$

TIME IS UP, TRY AGAIN

$$\begin{array}{r} 1 \ 5 \\ + 2 \ 2 \\ \hline 7* \end{array}$$

TIME IS UP, ANSWER IS 3, TRY AGAIN

$$\begin{array}{r} 1 \ 5 \\ + 2 \ 2 \\ \hline 7* \end{array}$$

TIME IS UP, ANSWER IS 3

$$\begin{array}{r} 1 \ 3 \\ + 2 \ 3 \\ \hline *3 \ 6* \end{array}$$

$$24 + \quad = 28$$

TIME IS UP, TRY AGAIN

$$24 + \overset{*}{\underline{4}} = 28$$

$$\overset{*}{\underline{3}} + 34 = 37$$

$$\begin{array}{r} 2 \ 0 \\ + 1 \ 0 \\ \hline *3 \ 0* \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \ 9 \\ + 2 \ 0 \\ \hline *3 \ 9* \end{array}$$

END OF DRILL NUMBER L302034

14 MAY 1968

14 PROBLEMS WITH 57 PERCENT CORRECT IN 324 SECONDS.

GOOD-BYE, JOHNNY. PLEASE TEAR OFF ON THE DOTTED LINE

図 5-1-4 加算の Drill の学習例

(2) ロシア語の初等コース

1967年に30名のStanford 大学学生がCAIによるコースを受けて以来継続している。このコースの学生には教室における授業を受けさせず、CAIの学習端末で1日に50分間、週5日の授業を与えている。学習端末は35形のテレタイプとオーディオテープから音声を送られるイヤホンとからなっている。第1学年の初等コースについての試験結果によると、Regularコース(教室における授業)の学生に比べてかなりよい成績が得られている。表5-1-2はこの試験結果の要約である。とくにCAIの著しい効果は落第生の数がregularコースより遙かに少ないことである。

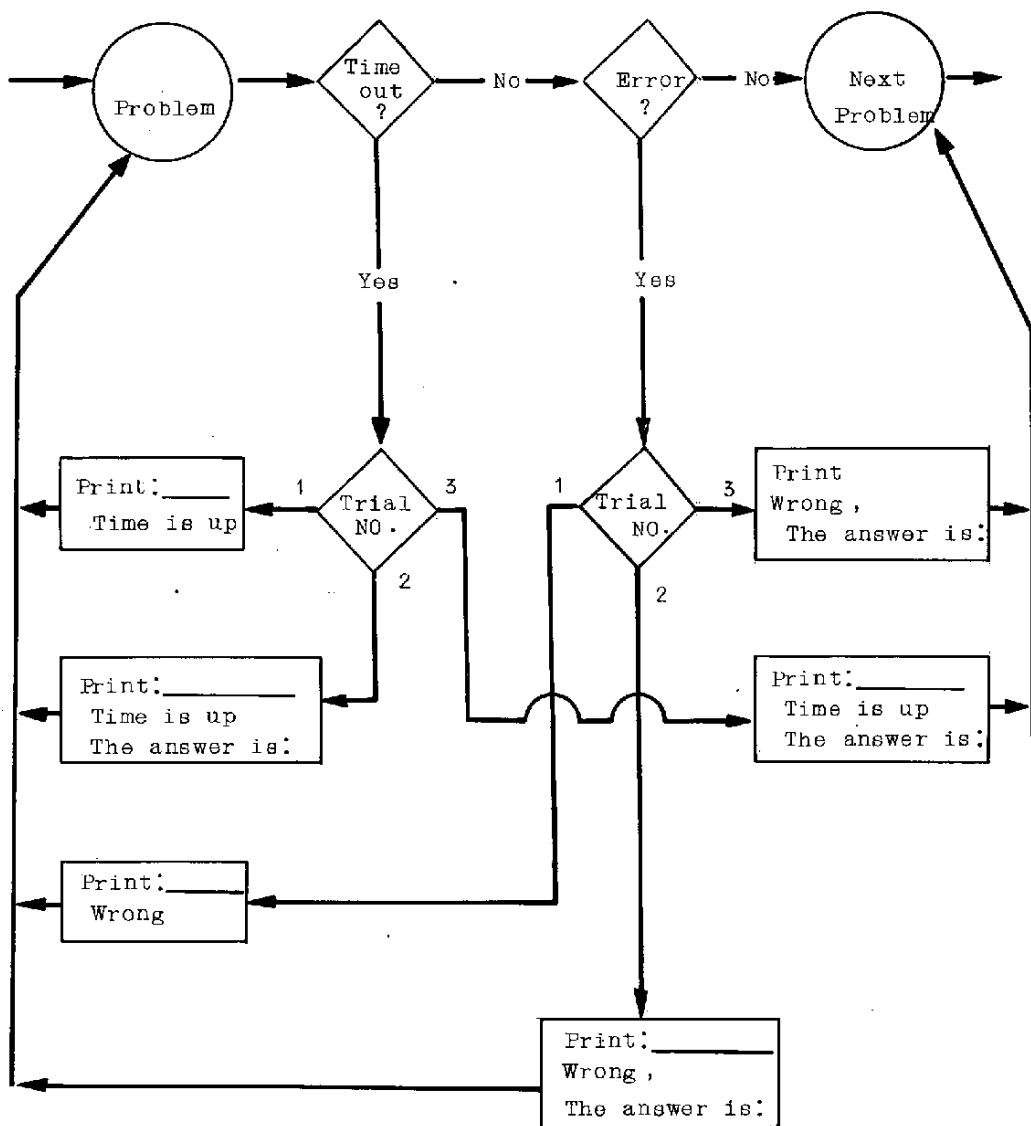


図5-1-5 算数のDrillの Program logic フローチャート

表5-1-2 Results of First-year Russian Autumn-quarter Final Exam

(Common Portion)

<u>Number of Errors</u>	<u>Number of Students</u>	
	<u>Computer-based</u>	<u>Regular</u>
3 . 5	1	
5	2	1
6	3	
7	1	
8	2	
9	3	
1 1	3	
1 3		1
1 5	1	
1 6	1	1
1 7	2	
1 9		1
2 1	2	1
2 2	1	1
2 3		2
2 5	1	1
2 7	3	
2 9		1
3 0		1
3 1		2
3 3	1	
3 4		1
3 7	1	
3 8	1	
4 1		1
4 3		1
4 5		1
5 3		1
6 1		1
6 4		1
6 5		1
7 2		1
7 6		1
7 9		1
9 3		1
9 7		1
1 2 0		1
1 4 1		1
Total NO. Students	2 9	2 8
Total NO. Errors	4 5 7 . 5	1, 3 7 2

(3) Dial - a - Drill

1967年の末にCarnegie Corporationによってこのパイロットモデルが供給された。できるだけ低価格のシステムで毎日の算数の練習問題を与えようという狙いである。この学習端末は家庭の電話を用いるもので、タッチトーンダイヤルから学習者が解答を入力できるように若干の改造がされている。

最初の年は5人の生徒でこの計画を開始した。5. 1. 2で述べたことと同様な算数のDrillを毎日の夕方に家庭の電話で受けさせることを行なった。所定の時刻になると、CAI教師が生徒に電話をかけ、次に計算機と生徒を接続させるだけで、後は計算機の制御で自動的にCAIが進行する。

このDrillは時間で制限しており、5分間で出来るだけのDrillを受けることになっている。加減乗除などの問題が与えられるが、これらは計算機のディスクから発生された音声によって学習者に供給される。ディスクには、59語の言葉と学習者の名前とが記憶されていて、これを編集して用いることで、教材を提供するようになっている。学習者は10問からなる単位毎に成績を評価され、その正答率にしたがって、図5-1-3と同じように次のレッスンの難易度が選ばれる。

(4) Brent wood システム

カリフォルニア州のEast Palo AltoのRavenwood市地区にあるBrentwood小学校に設置されたシステムで、公立の初・中等学校に設置されたものの中では最初のものでと云われる。IBMの1800形計算機による1500形システムが用いられている。1966年から本格的稼働をしているといわれている。

学習端末は16組で、算数とReadingの教育とあわせて、学習行動のデータをとることを目的にしている。1966年(プロジェクト初年度)には100名以上の学童がこのCAIで教育を受けた。この数はこの小学校の該当学年の全員数である。毎日の授業の30分間を全学童がCAIにより教育を受けている。クラスの一部の生徒はCAIの授業を受けるので、教室の教師とCAI室の監督者とがそれぞれ別に授業を分担している。教室の教師がCAI室に出向くことは自由になっている。

図5-1-6が学習端末の構造である。表示装置としてCRTのDisplayとスライドのImage Projectorとがある。Displayには英数字、若干の特殊記号、若干の絵が表示できる。Image Projectorには16mmのフィルムストリップからカラーの絵を表示できる。学習者はKeyboardを押すかLight penでDisplayの字や絵を指すかどちらかで解答する。学習プログラムはCourse writer IIを用いて記述されるようになっている。

(5) その他

小学校低学年を対象にした Reading の Drill は 1969 年の初めから始まっているといわれている。イヤホンから音声の指示を受けて、生徒はテレタイプ keyboard で解答する。音声は図 5-1-1 の Digitized audio によって計算機で発生する方式がとられることになっている。Ravens wood 地区の端末のうち 40 端末に、この種のイヤホンが装置されることになっている。

また Stanford プロジェクトの中で唯一の英才教育用プログラムとして Logic & algebra がある。小学校 5 年生以上を対象としたもので、テレタイプを用いた Tutorial (概念を教える) のプログラムである。能力に余蘊のある特定の生徒に対して適用されている。

この CAI による教育の過程で得られた各学習者の反応データはすべて保存されており、これを基にして、教材の分析と改良を行なうとともに、学習プログラムをより個別化する (速度、深さ、学習スタイル等) ように改良が進められている。学習者の反応データによる分析や研究がむしろ Stanford 大学の主なプロジェクト内容であるので、この方面の研究が精力的に進められているようである。

(平野委員)

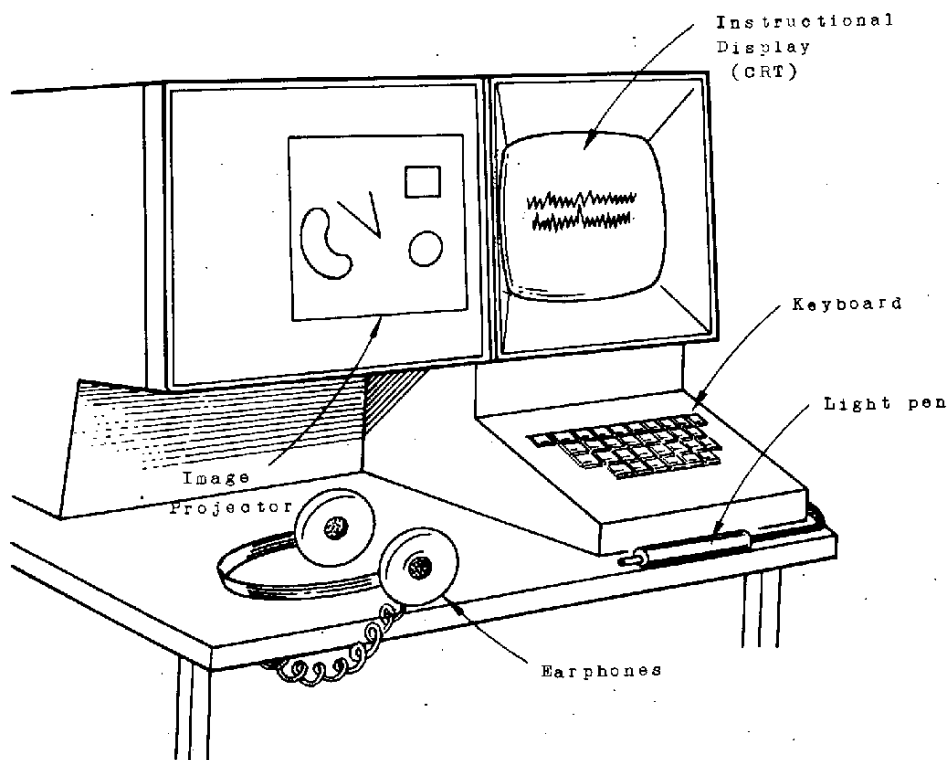


図 5-1-6 学習端末の概要

5・2 RCA のシステム

5・2・1 システムの概要

RCA Instructional 70 Systemは汎用性をもったCAI機能を備えている。調査によればRCAのCAIシステムは教育に次のような援助を与えている。

- ・ 初級、中級、大学レベルの授業教材
- ・ 成人教育や補修コースのような特殊教育教材
- ・ 処理と記録保存の管理
- ・ 教育方法と理論に関する研究に有効な情報

現在、教材の適用範囲は、2学級から6学級までの数学のドリルと復習である。これらの教科の教育手法は、スタンフォード大学の専門家によって開発され、RCAのコンピュータを用いるようにL. W. Singer Companyにより改められたものである。現在、初級レベルの綴り方、解釈、科学の教科について計画中である。

このシステムには、既に用意されているコースの他に、別のコースを準備するのに便利な言語を用意している。さらにこのシステムには、学校に通っている人々、これから学校に入学しようとしている人々の記録保持や給与計算など学校管理の機能もある。運用操作は簡単であり、コンピュータの専門家のためではなく、職業的教育者が使用できるように企画されている。

5・2・2 システムの構成

(1) システムの機器構成

システムの主要要素は次の4つであり、それらの関係は図5-2-1に示す。

中央処理装置

集線装置

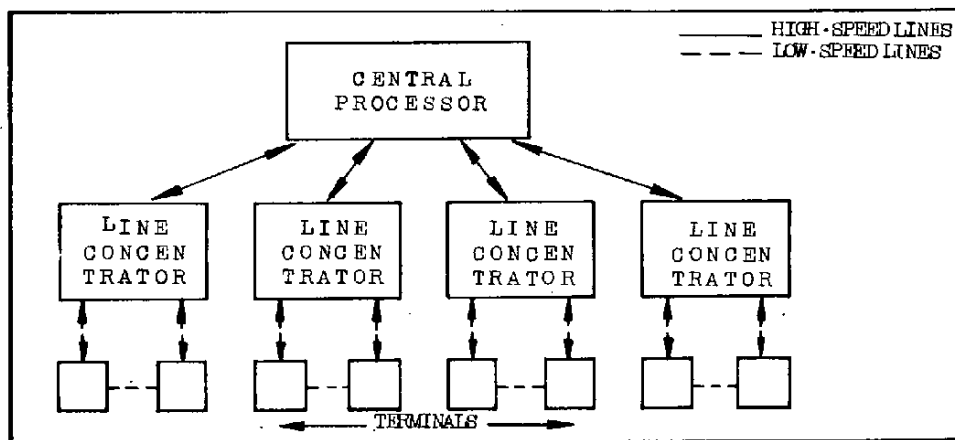
学習者端末

通信回線

図5-2-1でHigh - speed line は2000ボー、又は2400ボーである。Low - speed line は110ボーである。

中央処理装置はSpectra 70/45Gで262, 144バイトのコア容量をもち、システム全体の管理制御、教材選択、各学習者の記録保持等を行なう。

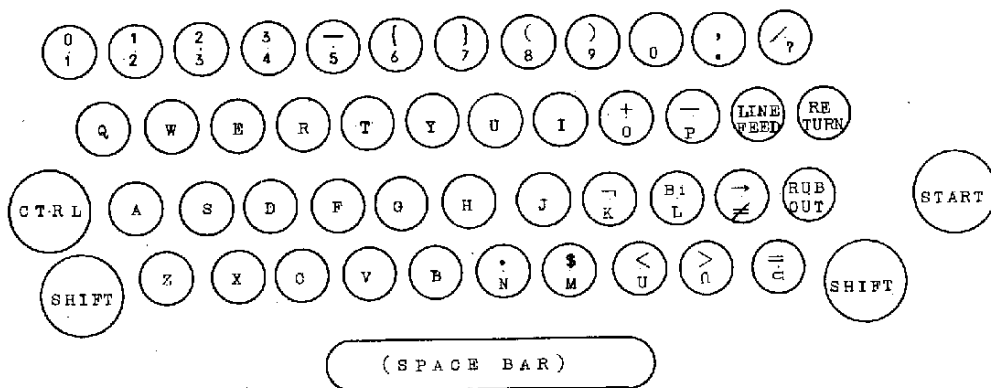
図 5-2-1 主要機器要素の関係



集線装置は RCA 680 で、1 台当り 48 端末の接続が可能である。機能は、端末と中央処理装置との間のメッセージのやりとりの管理である。この他に、端末に対する標準メッセージの生成や、中央処理装置の指示に従って標準処理を行う機能もある。

端末は RCA 733 であり、学習者はこの端末のページ式プリンタを通じて教材を受け、その応答をキーボードで行う。

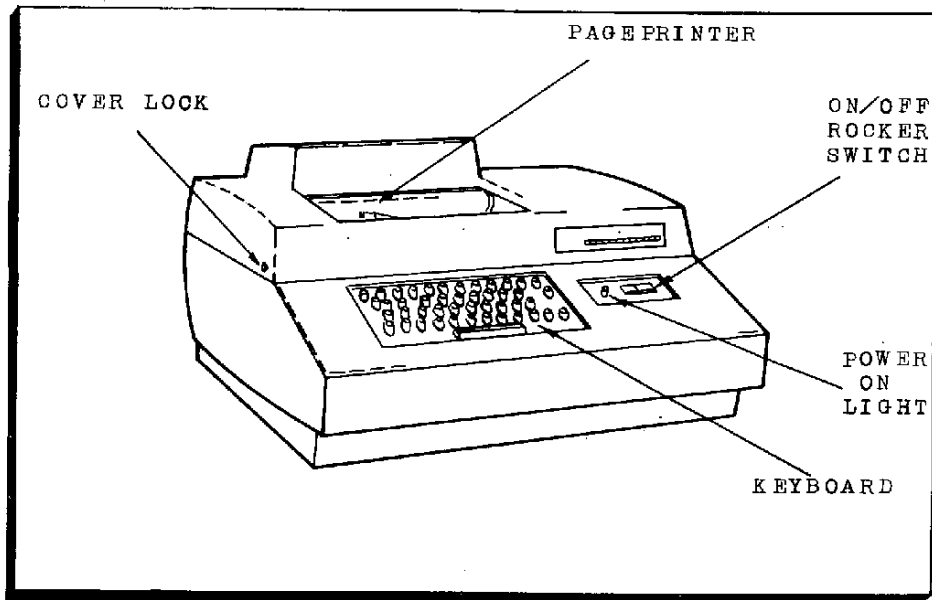
図 5-2-2 RCA 733 学習端末キーボード



この端末には Receive mode と Write mode の 2 つの mode がある。学習システムから受けたメッセージは Receive mode の間プリントされ、キーボードからは Write mode の間に文字を入れることが許される。これらの mode に関する操作はすべて RCA 680 集線装置によって制御される。

全体の機器構成を図 5-2-4 に示す。図 5-2-4 で示されているカード読取機、カードセ

図5-2-3 RCA733 学習端末



人孔機，ラインプリンタはプログラミング・サポートのために主として使用する。また，ラインプリンタは学習者の履歴のリポートなどを出力するときにも使用する。磁気テープ装置は，プログラミング・サポートの他に端末での学習者の行動をロギングするために使う。磁気ディスク装置は，教材の保管と記録の蓄積に使用する。

(2) システム・プログラム

システム・プログラムは次の4つの部分からなる。

Instructional 70 Operating System

Text Editor

Data Translator

Report and Update Programs

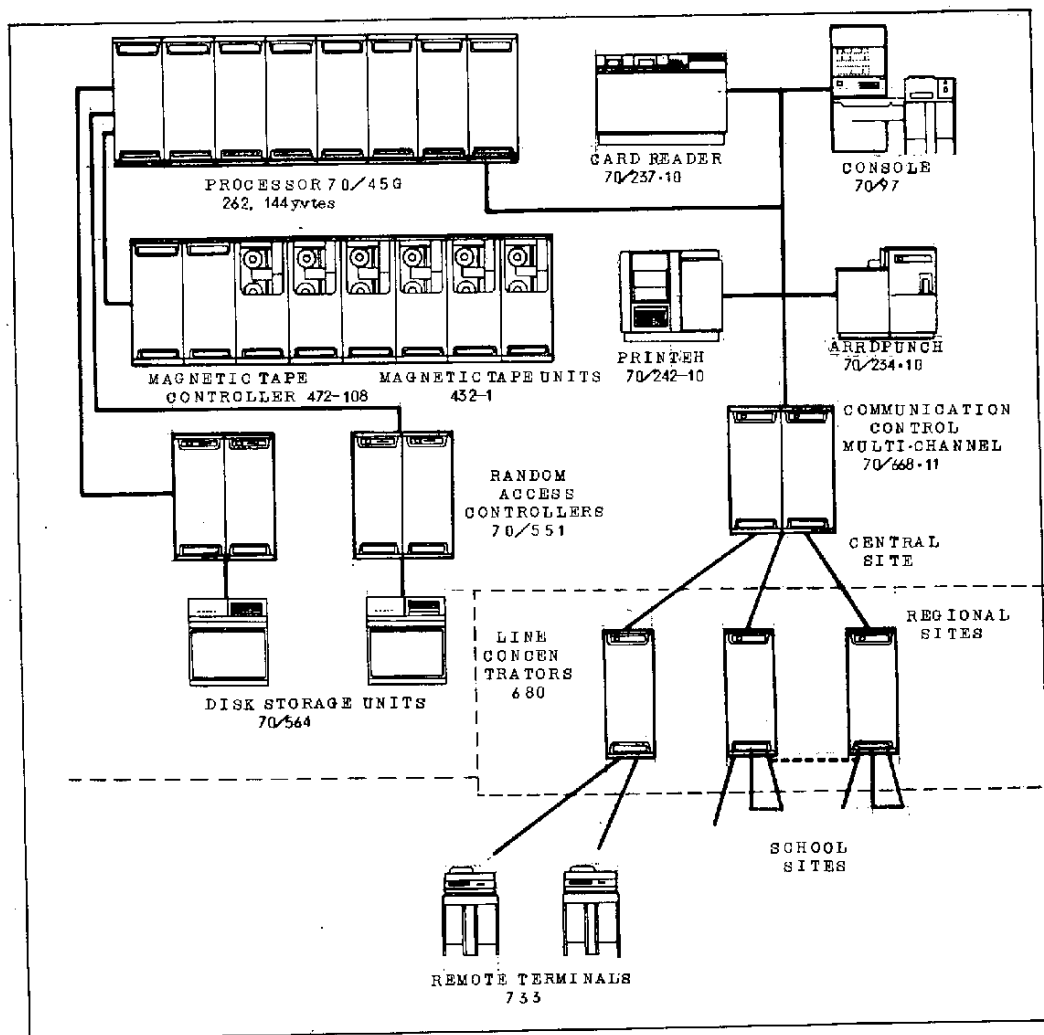
上にあげたプログラムは，CAIを行うためにon-lineおよびoff-lineで処理する。

学習端末で行われるreal-time communicationはon-line処理でなされる。

off-line処理は，on-line communicationのための教材の準備，CAIプログラムを行う学習者の情報ファイルの更新，それらのファイルにある情報をまとめてレポートを作成する等を行なう。

教材作成は幾つかのフェーズに分かれる。教材そのものは，2つの部分からなる。1つは論理的な部分で，処理プログラムである。もう1つは物理的な部分で，curriculum data base

図 5-2-4 C A I における典型的なシステム機器構成



と呼ばれるものである。

処理プログラムは学習端末から入れられたデータを処理し、判別し、この入力に対して適切な応答を表示する。処理を表示する。処理プログラムは、Instructional System Language-1 (ISL-1) で書かれ、interpreter object code に変換された後実行される。

curriculum data base は学習者に提示する質問と、学習者の応答と比較するために質問に対する正答を含んでいる。これらのデータを処理プログラム的一部分として用意することもできるが、このやり方では各教科で処理プログラムをコーディングするときプログラミングの重複になる。また有益なカリキュラムを使用するには相当の容量が要求される。そこで、教科に必要なデータをディスク上におき、表示または比較のために用意したプログラムで処理する方法が一層効率的となる。

Text Editor Program はディスク上に教科用データファイルを生成したり、修正、削除のための指令を与える。

Data Translator Program は、Text Editor によって生成されたデータを調べ、数学のドリルや復習の処理プログラムに期待された形式に数学の教材を変換する。

Instructional 70 Operating System は、on-line 処理で、処理プログラムの実行を制御し、コンピュータとディスクと学習端末との間のデータ転送を行う。

Report and Update Program を用いて、各生徒の学習状態、クラスの進行状態のレポートを得たり、翌日の学習教科の決定を行うことができる。

図 5-2-5 にシステムの流れを示してある。

オペレーティング・システムは 4 つのサブシステムからなる。

- Control Monitor

内部処理を行える遠隔端末の走査と他のサブシステムの制御。

- Interpreter

Interpreter object code に変換された処理プログラムを実行する。

- Disc Input / Output Control System (DIICS)

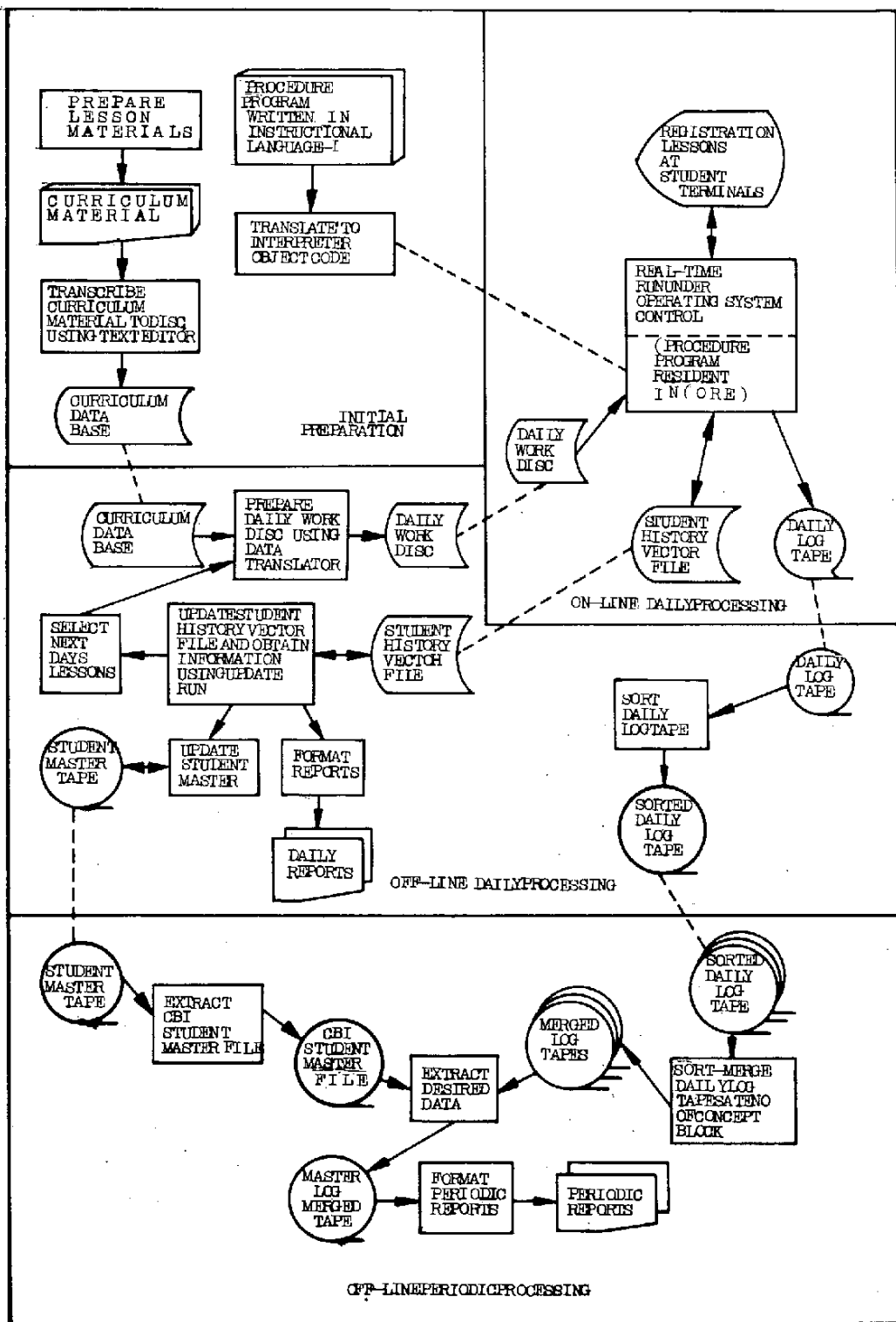
遠隔端末を除く全ての入出力装置とコンピュータとの間のデータ転送を制御する。

- Communication Input / Output Control System (CIOCS)

遠隔端末とコンピュータのデータ転送を制御する。

その日の real-time 処理の開始で、システムが稼動すると、Control Monitor に制御が渡る。制御をうけると Control Monitor は TST (Terminal Status Table) をシーケンスに走査し始める。遠隔端末で学習者または C A I 教師が START キーを押して開始の信号を送ると T S T に指示がなされる。T S T には、学習者の識別コードやファイルの識別コード

図 5-2-5 システムの流れ



のような情報はもちろんのこと、端末の学習管理上必要な情報が含まれる。

Control Monitor が動作可能な端末を見付けると、処理プログラムを実行するために Interpreter に制御を渡す。

Interpreter は処理プログラムを実行するが、データ転送の要求にぶつかると、それが遠隔端末とコンピュータ間の転送であれば CIOCS を呼ぶために、また、ディスク装置とコンピュータ間の転送であれば DIOCS を呼ぶために、Control Monitor に制御を渡す。データ転送は内部命令の実行に比べ時間がかかるので、内部処理とは切り離して行えるようになっている。そこでデータ転送が開始されると制御は Control Monitor に戻される。そこで Control Monitor は再び T S T を走査し、Interpreter を始動する。以後はこの繰返しになる。

5.2.3 Instructional System Language — 1

処理プログラムと curriculum data base は別々の要素であるが、両者は密接に関連がある。

処理プログラムを準備することにより、カリキュラムの作成者は間接的に curriculum data base におけるファイルの構成を定義していることになる。いいかえれば、処理プログラムがどのようにデータを使い、どんな形態でデータが実行されるかという完全な知識がなければ、curriculum data base を準備したり修正したりすることはできない。

処理プログラムは Instructional System Language - 1 (I S L - 1) で書かれ、実行するために Interpreter object code に変換される。

I S L - 1 で使用できる文字

英字 A ~ Z

数字 0 ~ 9

特殊文字 = + - * / . , ; : () & " > < < < < { } 空白

プログラム例

```
①                    START   DRILL:
②                    OPEN(1,6,NOFILE):
③                    ACCESS(1,6,NOFILE):
④                    NUMBERWRONG:=0:
⑤                    TOTAL:=0:
                     TIMER:=10:
⑥ { NEXTPROBLEM:QUESTION:= INPUT(1,END);
```

```

CORRECTONE: = INPUT(1,END);
⑦      TOTAL: = TOTAL+1;
      LASTCHANCE: = 0;
⑧  ASK:  DISPLAY(POSITION(0,1), QUESTION);
⑨      RESPOND(A=CORRECTONE);
⑩      IF ANSWER=CORRECTONE THEN GO TO
      NEXTPROBLEM;
⑪      IF TIMEOUT THEN LASTCHANCE:=LASTCHANCE+1;
⑫      IF TIMEOUT AND LASTCHANCE=3 THEN
      {
        NUMBERWRONG:=
        NUMBERWRONG+1; DISPLAY(POSITION(0,1),
        " TIME IS UP, ANSWER IS ", CORRECTONE);
        GO TO NEXTPROBLEM;;
      }
⑬      IF TIMEOUT AND LASTCHANCE < 3 THEN DISPLAY
      (POSITION(0,1), " TIME IS UP , TRY AGAIN ");
      GO TO ASK;;
⑭      LASTCHANCE:=LASTCHANCE+1;
⑮      IF LASTCHANCE= 3 THEN NUMBERWRONG:=
      {
        NUMBERWRONG+1;
        DISPLAY(POSITION(0,1), " ANSWER IS ",
        CORRECTONE); GO TO NEXTPROBLEM;;
      }
⑯      DISPLAY (POSITION(0,1), " TRY AGAIN ");
      GO TO ASK;
⑰  NOFILE: DISPLAY (POSITION(0,1), " SORRY, YOUR
      LESSON IS UNAVAILABLE." ); GO TO FINIS;
⑱  END:   DISPLAY(POSITION(0,2), " THAT IS ALL FOR TODAY.
      YOUR SCORE =", (TOTAL-NUMBERWRONG)*
      100/TOTAL, " PERCENT. ");
⑲  FINIS: DISPLAY(POSITION(1,1), " GOOD-BYE. ");
      FINISH;

```

(解説)

① STARTステートメントは処理プログラムの始まりを示す。この処理プログラムの名称は

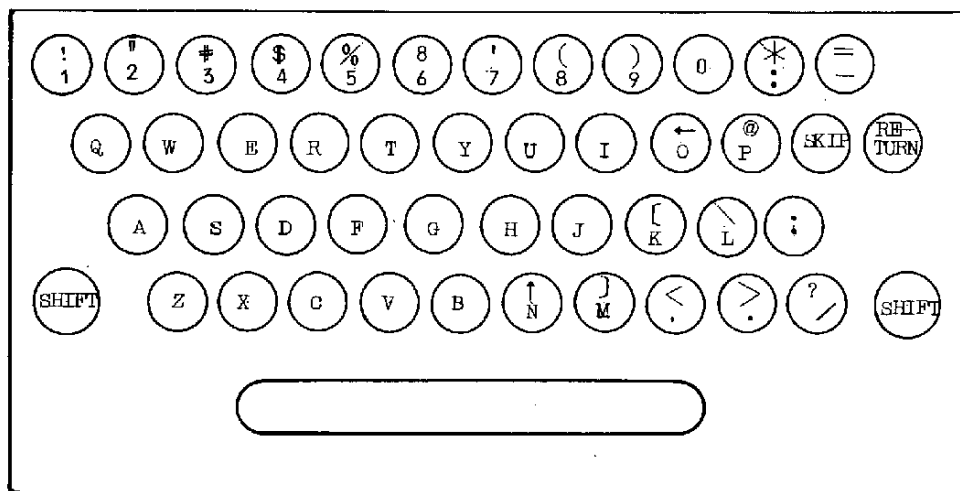
DRILLである。

- ② OPEN はdata base ファイルをアクセスできるようにする。もし、ファイルが見つからなかったり NOFILE というラベルをもったステートメントへ制御が移る。
- ③ 既に開かれているファイルのあるアイテムに位置づけするのがACCESS ステートメントである。もし、アクセスされたアイテムがファイルの終りを示すコードであれば制御はEND というラベルをもつステートメントに移る。
- ④ 変数NUMBERWRONG に0を割当てて。
- ⑤ 応答時間を10秒以内とする。
- ⑥ これらのステートメントは教科ライブラリからアイテムを読む。この処理プログラムでは、問、答、問、答、…… という順序でファイルが構成されている。もしファイルの終りを示すコードが確認されたらENDのラベルをもつステートメントに制御が移る。
- ⑦ TOTAL の値に1を加える。
- ⑧ 質問を提示する。
- ⑨ 学習者用端末からの応答を許す。学習者の応答とCORRECTONEの内容を1文字毎に比較する。もし異なれば端末に「NO」と表示される。
- ⑩ 比較の結果、応答と正解が等しければ、制御はNEXTPROBLEM というラベルをもつステートメントに移る。等しければ次のステートメントに制御は移る。
- ⑪ もし時間制限を越えているならLASTCHANCEに1を加える。
- ⑫ これら一連のステートメントは時間制限が切れて、しかも3回同じ質問を試みて答えられなかった場合の処理である。このときはNUMBERWRONG に1を加えて、「TIME IS UP, ANSWER IS」と打たれた後、正解が書かれる。そしてNEXTPROBLEM に制御を移す。
- ⑬ 1回目あるいは2回目に試みたとき時間制限をうけた場合の処理で、「TIME IS UP, TRY AGAIN」とタイプし、ASKに制御が移る。
- ⑭ LASTCHANCEに1を加える。これは誤答をした場合に実行される。
- ⑮ 3回目に試みたとき誤答をすると、これら一連の処理が実行される。
- ⑯ この2つのステートメントは、1回目あるいは2回目に誤答をしたとき実行される。
- ⑰ ファイルが見つからなかったとき実行される。
- ⑱ 成績が表示される。
- ⑲ FINISHステートメントは処理プログラムの終りを示す。

以上のように、このプログラムは、1つの質問に対し、最大3回まで試みられるように出来ている。3回誤ると正答を提示し、その間に対して正解できなかったということが記録され、その日の学習の最後に正答率が提示されるようになっている。

TEXT EDITOR Program はコマンド形式で、data baseの更新処理を行う。TEXT EDITOR の使用者は User's File Directry に名前を登録し、RCA 6051 Video Terminal でファイルの作成を行う。キーボードからコマンドとデータを入れ、ディスプレイ上の上半分に表示する。コマンドの結果に対する表示は下半分に出力する。

図5-2-6 RCA 6051 Video Terminal のキーボード



各データ・ファイルは一連のアイテムとして蓄積される。これらのアイテムはTEXT EDITOR によって1, 2, ………, 400までの番号が付けられ、各アイテムは127文字までの文字で成りたっている。これらの形式は、ディスク上のデータ割当ての検索に最も有効なファイルとアイテムの大きさである。アイテムの中には、RETURN (carriage return) と]を除くRCA 6051のキーボード上のどんな文字も含んでよい。RETURNと]はTEXT EDITORが制御用として特別に使用している。

5・2・5 数学のドリルと復習の機能

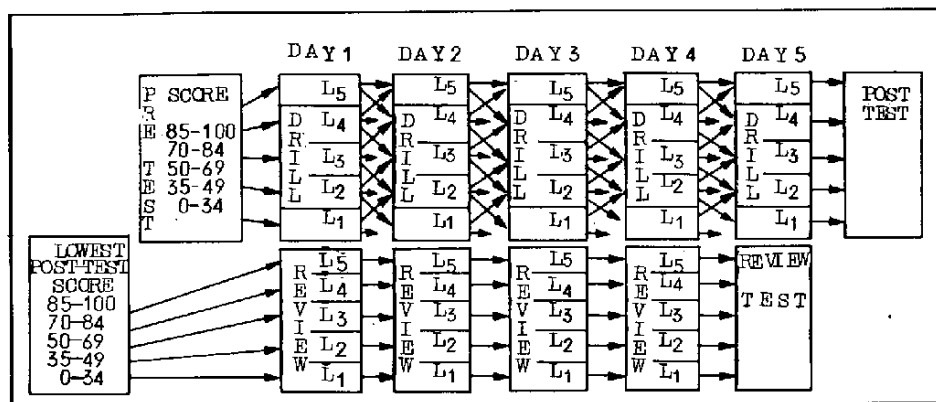
現在RCAのCAIシステムとして使用されている数学のドリルと復習の構成を紹介する。RCA Spectra70/45,1台で同時192台までのRCA 733の端末を動かすことができる。

CAIプログラムの参加者として登録されている学習者がドリルと復習を始めることができる。登録されている番号と苗字をタイプインすると、システムは学習者が登録されているかどうか調

べ、見つければ学習者の名前を出力する。そこで学習者が空白のキーを押せば確認されたことになる。この時点で、システムは生徒にその日の教材を提示し始める。

数学の授業は一連の concept block から成立している。一つの concept block は特定の概念や考えについて（例えば分数といった概念について）述べたもので、7日間又は授業時間単位で7区分に分割されている。各 concept block 内で、教材は困難度によりいろいろなレベルに分かれている。

図 5-2-7 Concept Block の例



concept block の最初の日にプレテストを行い、2日目のドリルのレベルを決める。2日目以降85%以上とれば次の日には1つ上のレベルにいけるし、60~84%なら同じレベルに留まる。60%以下なら1つ下のレベルにさがることになる。学習者が4つの concept block を完全にやりおえると、後はドリルの教科に加えて復習が与えられる。復習は、以前やった concept block のうちポストテストの点が一番低いものから選ばれる。この点が次の4日間のレベルを決定する。復習のテストの点はその concept block のポストテストの点数とおき代る。学習者は1つの concept block を別々の教材で4度まで復習できる。

ドリル、復習、テストの形式は同じである。問題が端末に提示され、学習者が答をタイプインする。誤った答をしたり、時間内に（通常10秒）答えられなかったとき、もう一度同じ質問を提示する。もし2度目でもダメなら正答が提示され、その質問を再び出し、最後の試みをさせる。それでもダメなら、システムは再び正答を提示し、次の問題へ進む。

C A I 教師は学習者用端末を使って、C A I プログラムの学習者の登録を行ったり削除したり学習者の現状を書出させることができる。また、他の端末で行われている学習の状況を監視できる。

学習者用端末ではカリキュラム中のどの教科でも呼出しデモンストレーション用の学習を行うこともできる。この場合、記録をとらないという点以外、普通の学習と異なる点はない。

学習を途中で止めるときには、C A I教師はその学習者の教科を止めるようにシステムに要求できる。その場合の記録は更新されない。C A I教師は concept block の順序を受持ちのクラスに最も合ったように変更することもできる。

数学に関して、C A I教師と管理者向けに5種類の報告書が与えられる。C A I教師にとくに興味があるのは、前日の学習に関する個人および学級の情報を与える Daily Status Report や1つの concept の中で学級の進行状況を示す Concept Block Progress Report である。これらの報告書の詳しい内容は次の節で示す。

5・2・6 報告と更新のためのプログラム

報告書の作成とファイル更新および翌日の学習のための curriculum data base の準備はオフラインで行われる。

毎日、学習が終ると更新のための処理が行われる。作成される報告書は Daily Status Report と Student Map Report である。更新および修正される情報ファイルは Student History Vector File と Concept Block Name File と C A I student master tape である。報告を作成するための情報は、Student History Vector File の一部で、学習実行中、数学の処理プログラムにより導入された情報である。

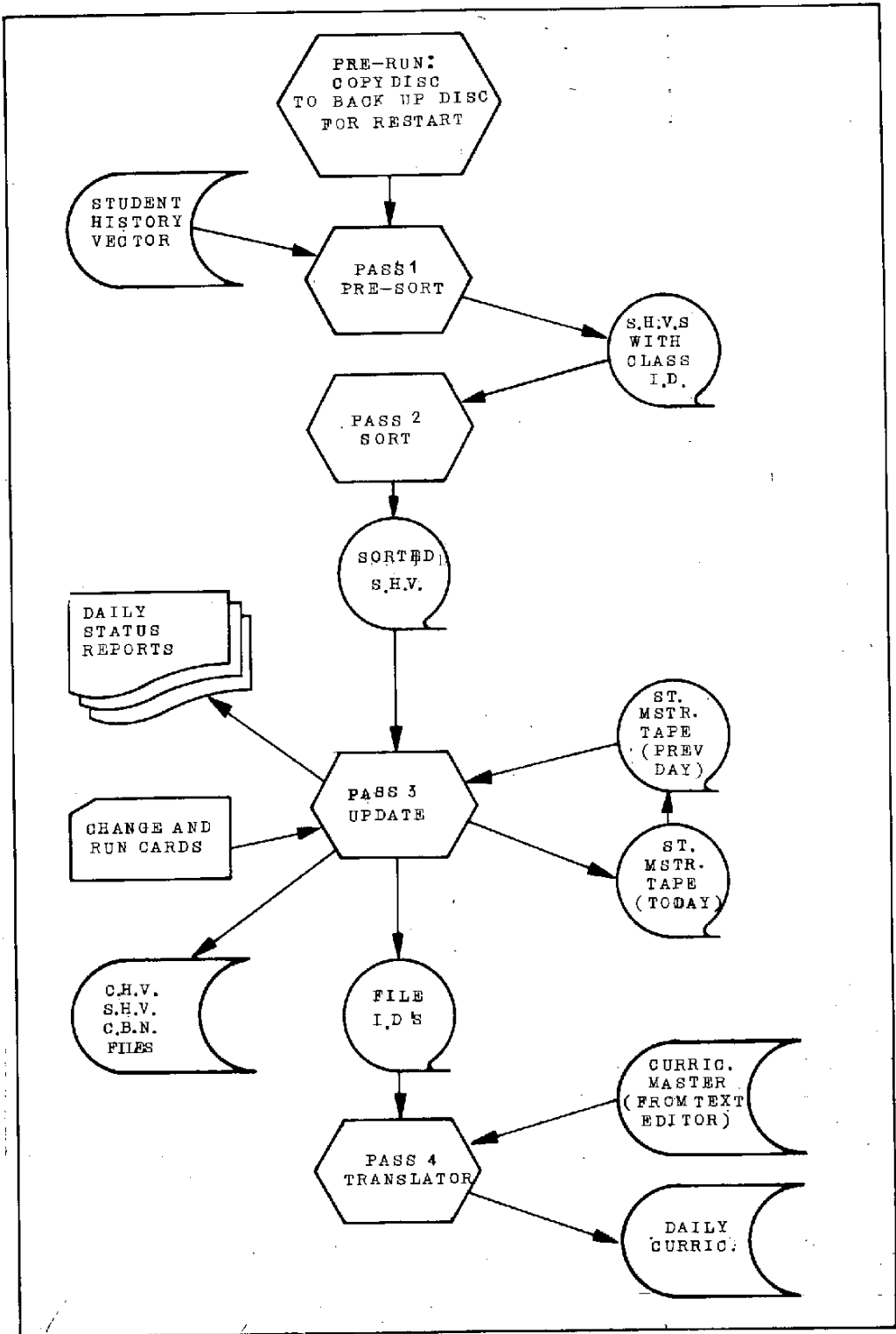
更新の処理は4つのパスから成る。その構成を図5-2-8に示す。

(1) Daily Status Report

この報告書には次のような内容が盛込まれている。

- ・ 学級で学習中の concept block のリスト
- ・ 1つの concept block 内でおこなわれている学習者の名前
- ・ 当日参加しなかった学習者の名前
- ・ いま行っているドリルで90%以上の成績をとっている学習者の名前
- ・ いま行っているドリルで30%以下の成績をとっている学習者の名前
- ・ いま行っている教科の成就が自己の平均より20%以上も上である学習者の名前
- ・ いま行っている教科の成就が自己の平均より20%以上も下まわる学習者の名前
- ・ 各 concept block のポストテストの正答率の平均のリスト
- ・ 各学習者の次回の教科のリスト
- ・ 復習を行う学習者の人数とその concept block 名
- ・ システムの具合がわるくて一時的に学習できなかった学習者数

図 5-2-8 更新処理の概略図



次にDaily Status Report の例をあげる。

DAILY STATUS REPORT

SCHOOL: GRANT

TEACHER: MRS. VELMA GRAY

SUBJECT: ARITHMETIC

CLASS: 1

GRADE: 3

DATE: 20 JAN. 1967

YOUR CLASS IS CURRENTLY WORKING ON:

CONCEPT 1. ADDITION AND SUBTRACTION
HORIZONTAL FORMAT SUMS 0-18

CONCEPT 2. MIXED ADDITION AND SUBTRACTION

CONCEPT 12. ADDITION, SUMS 0-18
HORIZONTAL AND VERTICAL

CONCEPT 13. SUBTRACTIONS. SUMS 0-18
HORIZONTAL AND VERTICAL

CONCEPT 25. SPECIAL DRILLS
ADDITION AND SUBTRACTION

THE FOLLOWING STUDENTS ARE BEHIND IN THE NUMBER OF LESSONS
COMPLETED AND SHOULD BE ENCOURAGED TO CATCH UP.

MARCY GREEN (CONCEPT 12)

DUANE JONES (CONCEPT 12)

THE FOLLOWING STUDENTS DID NOT RUN TODAY:

EDDIE DOE

LINDA MARTIN

MARCY GREEN

THE FOLLOWING STUDENTS SCORED ABOVE 90 PERCENT ON THEIR
CURRENT DRILL MATERIAL:

BECKY BROWN

ERIC MYERS

JOEY GOLDSTEIN

WILLAMAE JACKSON

THE FOLLOWING STUDENTS SCORED BELOW 30% ON THEIR CURRENT
DRILL MATERIAL:

HUMPHREY BASSETT
MARGARET WHIPPLE
ALEX MAGRONSKI

THE FOLLOWING STUDENTS PERFORMANCE ON THEIR CURRENT
LESSON IS ABOVE THEIR INDIVIDUAL AVERAGES:

NAME	AVERAGE PERCENT	CURRENT PERCENT
MICKEY TRIMBLE	70	91
LISA KY	55	80

THE FOLLOWING STUDENTS PERFORMANCE ON THEIR CURRENT
LESSON IS BELOW THEIR INDIVIDUAL AVERAGES:

NAME	AVERAGE PERCENT	CURRENT PERCENT
LINDA NEWMAN	80	29
HAZEL CHAPULKNIK	85	64
MARCIA BLACK	40	17

THE AVERAGE PERCENT CORRECT FOR:

CONCEPT 12 IS 73
CONCEPT 13 IS 85
CONCEPT 25 IS 97

STUDENTS NEXT LESSON

CONCEPT 12	LEVEL	DAY
STUDENT NAME		
MARCY GREEN		PRE TEST
DUANE JONES		PRE TEST
BECKY BROWN		POST TEST
EDDIE DOE	5	2
LISA KY	5	2
JOEY GOLDSTEIN	3	1

TOTAL STUDENTS-6

CONCEPT 13

STUDENT NAME	LEVEL	DAY
MARGARET WHIPPLE		PRE TEST
HUMPHREY BASSETT		POST TEST
HAZEL CHAPULKNIK	5	5
LINDA MARTIN	5	4
ELSIE ADDINGTON	5	3
MICKEY TRIMBLE	5	2
LINDA NEWMAN	5	1
WILLAMAE JACKSON	4	4

TOTAL STUDENTS-8

CONCEPT 25

STUDENT NAME	LEVEL	DAY
ERIC MYERS	4	2
ALEX MAGRONSKI	2	5
MARCIA BLACK	1	2

TOTAL STUDENTS-3

REVIEW CONCEPT	NUMBER OF STUDENTS
1	6
2	8
25	3

THAT IS ALL FOR TODAY

(2) Student Map Report

この報告書は各学習者について、彼の concept block 中費やした時間と率がドリルと復習に分けてリストされる。学習者は名で識別される。

次に例をあげる。学習者は3名しかあげてないが、同様の結果が学級の学習者全てについてなされる。また実物では REVIEW は DRILL の右横に印字される。

STUDENT MAP FOR CLASS 1

SCHOOL: GRANT

DATE: 20 JAN. 1967

*****DRILL*****

CBI NO.	CB	D	L	PRETEST PCT	PRETEST TIME	LAST LESSON PCT	LAST LESSON TIME	CB TO DATE PCT	CB TO DATE TIME	YR TO DATE PCT	YR TO DATE TIME
119	25	3	4	96	281	100	233	98	799	88	2199
120	13	4	5	70	204	78	146	80	562	89	5046
121	13	0	5	80	244	64	166	0	0	80	5928

*****REVIEW*****

CB	D	L	LAST LESSON PCT	LAST LESSON TIME	CB TO DATE PCT	CB TO DATE TIME	YR TO DATE PCT	YR TO DATE TIME
12	2	5	70	60	78	25	75	503
1	4	3	100	45	94	159	94	159
2	3	4	94	38	87	210	87	210

(3) Concept Block Progress Report

この報告書は1つのconcept block が完全に終了したとき出力される。というのは1つのconcept block 内でもいろいろなレベルで学習している者がいるし、更に別のconcept block を学習している者もいるので、全ての学習者がそのconcept block を終了してからでないと意味がない。報告書は2つの内容に分かれる。

1. Student Progress Map

- ・ そのconcept block が実行された日のドリルのレベルと正答率
- ・ 学習者のconcept block の平均。これは正答数をドリルの中で行って全質問数で割って求められる。

2. Level Difficulty and Student Progress

- ・ concept block の中のどのレベルが一番多く行われたかが示される。
- ・ 最後の日にレベル3であった学習者の人数
- ・ そのconcept block が実行された日のドリルでの各レベルの平均点
- ・ ポストテストの平均点
- ・ ポストテストの平均点を下まわる成績をとった学習者の名前と、そのポストテストの点数次にConcept Block Progress Report の例を示す。

CONCEPT BLOCK PROGRESS REPORT

SCHOOL: HOOVER
TEACHER: NELSON
GRADE: 03
CLASS: 02
DATE: 15MARCH 1967

CONCEPT BLOCK 2

ADDITION, SUM0-18

I. STUDENT PROGRESS MAP:

JANE EDWARDS

	PRE- TEST	DAY 1	DAY 2	DAY 3	DAY 4	DAY 5	POST TEST
LEVEL	-	4	4	4	3	4	-
% CORRECT	72	78	81	58	85	85	80

TOM BAKER

II. LEVEL DIFFICULTY AND STUDENT PROGRESS:

DURING THIS CONCEPT BLOCK PERIOD, MOST STUDENTS PERFORMED
AT LEVEL 4.

THE FOLLOWING STUDENTS PERFORMED BELOW THE AVERAGE LEVEL
3 ON

FIRST DAY		LAST DAY	
NAME	LEVEL NO.	NAME	LEVEL NO.
BOB NEWMAN	2	SAM BAKER	1
ETHEL UNANSKI	1	MARVIN MCPHEE	2
JANET PARKER	2		

THE AVERAGE DRILL SCORES FOR EACH DAY OF THIS CONCEPT
BLOCK ARE;

DAY	SL1	SL2	SL3	SL4	SL5
1	65	73	81	85	93
2	72	77	80	81	88
3	70	72	85	87	90
4	68	81	87	79	91
5	71	78	84	83	89

THE AVERAGE POST-TEST SCORE WAS 78%

THE FOLLOWING STUDENTS SCORED BELOW AVERAGE ON THE POST-TEST:

NAME	SCORE (%)
MARY WILKINS	75
DENNIS OHARA	77
.	
.	
.	

(4) Problem and Student Lists Report

内容は次のようなものである。

- ・ 各問題に対して1つの学級で正解, 誤答, 時間制限を行った学習者の数と率
- ・ 学習者数
- ・ ドリルの平均点
- ・ ドリルの学級の平均点より悪い成績の学習者数と, それらの学習者が誤りを行ったり時間制限になった問題のリスト

次に Problem and Student Lists Report の例を示す。

PROBLEM ANALYSIS: PROBLEM AND STUDENT LISTS

SCHOOL: COOLIDGE

TEACHER: JONES

GRADE: 04

CLASS: 08

DRILL: 11431203

DATE: 08 MARCH 1967

PROB. NO.	CORRECT		WRONG		TIMEOUTS	
	NO.	PCT.	NO.	PCT.	NO.	PCT.
1	14	87.5	1	6.3	1	6.3
2	16	100.0				
.						
.						
.						
20	14	87.5	2	12.5		

16 STUDENTS

THE AVERAGE SCORE WAS 71

THE FOLLOWING STUDENTS SCORED BELOW AVERAGE ON THIS LESSON AND MISSED THE FOLLOWING PROBLEMS:

NAME	PROBLEM	NUMBER
	WRONG	TIMEOUT
KEN JONES	1	
	7	
	11	
	16	

NAME	PROBLEM	NUMBER
	WRONG	TIMEOUT
BARBARA REYNOLDS	3	
	9	
	12	
	15	
.		
.		
.		

(5) Problem/Latency Analysis

この報告書はカリキュラムを企画したり修正したりする人々に使用されるもので、次のような内容を含む。

- ・ 全問題数と全学習者数
- ・ 正解、誤答、時間制限が行われた問題の数と率
- ・ 各問題に対する平均応答時間、および各問題を自己の平均応答時間内で正解を行った学習者数と率、誤答を行った学習者数と率、それと時間制限を受けた学習者数

全ての問題を通じて正解，誤答の応答時間の平均と分散および正誤合せた応答時間の平均と分散，更に費した全時間

次に Problem / Latency Analysis の例を示す。

PROBLEM/LATENCY ANALYSIS: CLASS AVERAGES AT EACH LEVEL

SCHOOL: MCKINLEY

TEACHER: WILSON

GRADE: 04

CLASS: 08

DRILL: 11440905

DATE: 08 MARCH 1967

48 PROBLEMS, 9 STUDENTS

	CORRECT	WRONG	TIMED OUT
NUMBER	413	18	1
PERCENT	95.6	4.1	0.2

PROB. OVERALL					----CORRECT----		----WRONG----		TIME
NO.	MEAN	LAT.	NO.	PERCENT	MEAN	LAT.	NO.	PERCENT	MEAN LAT. OUTS

1	2.9	7	77.7	2.5	2	22.2	4.5
2	2.2	9	100.0	2.2			
3	3.9	8	88.8	4.0	1	11.1	3.1

48	1.5	9	100.0	1.5
----	-----	---	-------	-----

LATENCY	MEANS	VARIANCES
CORRECT	1.7	1.1
WRONG	3.1	7.2
OVERALL	1.8	1.6
TOT ELAP	221.8	

(日立製作所 教育センター部 岡田雅彦，松田節子)

5.3 GE-TUTOR システム

TUTOR という呼称はイリノイ大学の PLATO システムのためのプログラム作成用言語にもつけられているので、それと区別する意味で、GE-TUTOR とよぶ。

GE-TUTOR とは GE の 235 コンピュータ、400, 600 シリーズのコンピュータを用いて行なわれているタイムシェアリングシステムにおける対話形式のプログラミング言語 BASIC (Beginner's All Purpose Symbolic Instruction Code) を指導するための、一種の単目的 CAI システムである。

このシステムの特徴は、BASIC の運用のために用いられる機器をそのまま用いて BASIC の指導を行なうところにある。

ここで紹介しますのは GE-235 コンピュータを用いた GE-265 タイムシェアリング・システムのための TUTOR である。TUTOR の紹介の前に GE-265 タイムシェアリングシステム、および BASIC 言語の紹介をしておこう。

5.3.1 GE-265 タイムシェアリングシステム

GE-235 コンピュータを遠隔端末装置により共同使用するもので、概要は以下の通りである。

(1) ハードウェアの構成

テレタイプはベル・システムのモデル 33 又は 35 が用いられる。このモデルの主な違いは、モデル 35 の方は紙テープの読取、穿孔機能が標準であるのに対し、モデル 33 の方はオプションとなっていることである。

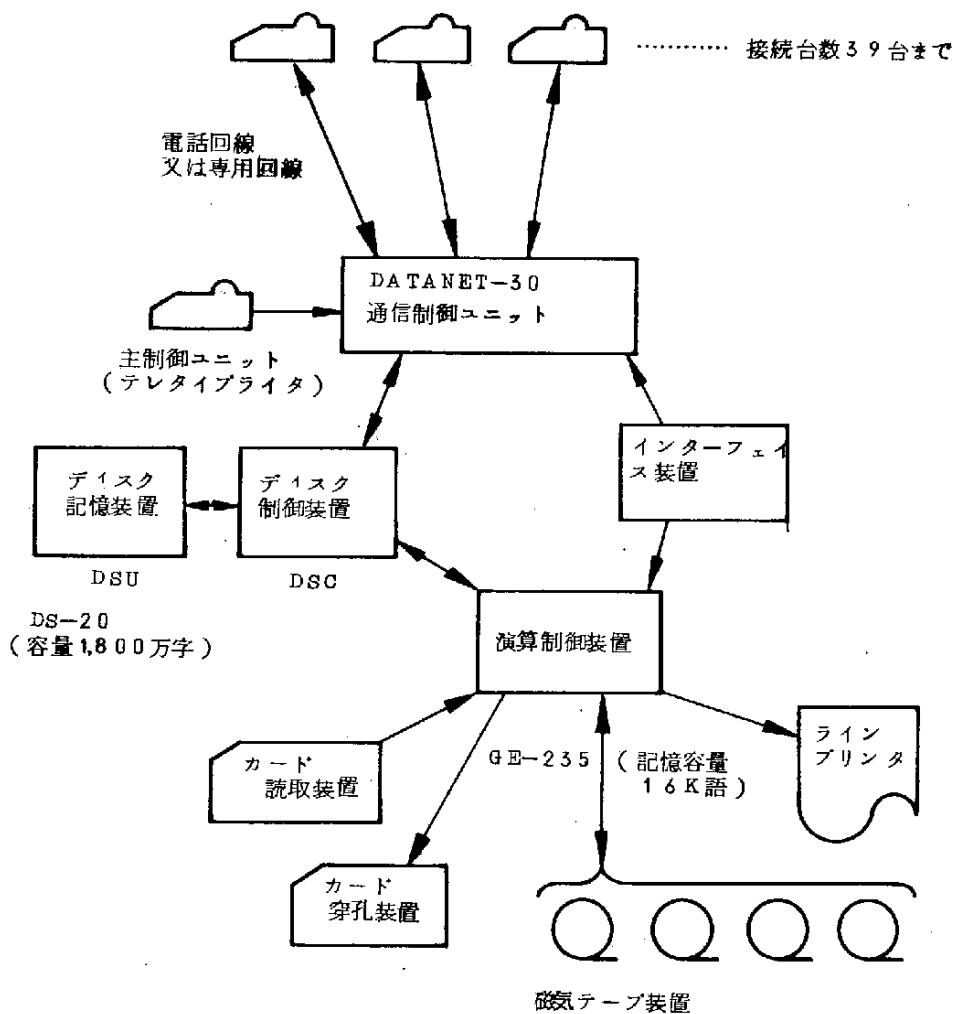
DATANET-30 はストアド・プログラム方式のデータ通信制御装置で、遠隔端末装置からの指令を解釈し、GE-235 に対し指定プログラムの実行を指示するための命令を下すのが主な役目である。DATANET というのは GE の登録名である。

(2) ソフトウェア

タイムシェアのためのオペレーティングシステムのもとで動く BASIC と ALGOL の二つの算術演算用言語プロセッサが備えられており、使用者はシステムとの対話形式でこれらの言語を使うことができる。

図5-3-1 GE-265タイムシェアリグシステムの構成

遠隔端末装置群(テレタイプライタ) 転送速度 100語/分



(3) GE-265システムの使用形式

使用者の遠隔端末がシステムと接続されてからは次のような順序で用いられる。

- 1) 使用者はHELLO とタイプする。
- 2) システムがUSER NUMBER-- と問かけるので、使用者はそのあとに自分であらかじめ与えられている番号をタイプする。
- 3) システムがSYSTEM-- と問かけるので、使用者はBASIC 又はALGOL, と自分の使用したい言語名をタイプする。

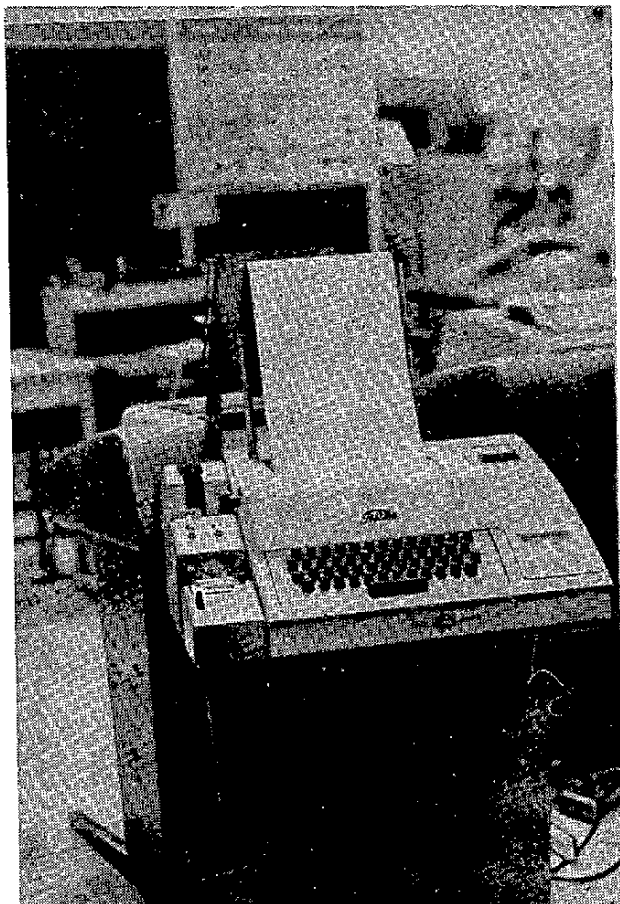


図5-3-2 3A型遠隔端末装置DTZ5003A(テレタイプ モデル33と同じ)

- 4) システムがNEW OR OLD -- と問いかける。NEWというのはこれから新しくプログラムを作り始めることであり、OLDというのはすぐに使用者の作った、あるいは作りかけのプログラムがある(システムが記憶している)ことを示す。使用者はこのいずれかをこの後でタイプする。
- 5) OLDと使用者が指示した場合、システムは、
 OLD PROBLEM NAME --
 とタイプしてその名を問うので、使用者はそれをタイプする。
- 6) システムがREADY とタイプする。
- 7) このあとはBASIC や ALGOLにおける規則にしたがってシステムと使用者との対話形式でプログラムの作成を行なう。

8) 作成が済んだら、使用者はRUNとタイプする。

9) システムはそのプログラムの実行を開始する。

タイプライタ用紙上に出るものを以下にまとめて示す。

図 5-3-3 GE265 システムの使用例

```
HELLO  
USER NUMBER -- T12345  
SYSTEM -- BASIC  
NEW OR OLD -- OLD  
OLD PROBLEM NAME -- SEKIBUN  
READY
```

プログラム作成のための対話

```
RUN
```

実行結果

下線を施したものが使用者のタイプするところである。

5.3.2 BASIC 言語

BASIC言語およびその言語プロセッサは、1963年アメリカの国立科学財団(National Science Foundation)からの補助金により、ダートマス大学において、ジョン・G・ケメニー、トーマス・E・クルツ両教授の指導で開発された。ダートマス大学がGE265タイム・シェアリング・システムのユーザであったことから、この言語システムはその後GEの400シリーズ、600シリーズのタイム・シェアリング・システムにも採用されている。BASICは科学技術計算を目的とした英文と数式の形式をもったプログラミング言語である。そのフル・ネームの示すとおり初心者を対象としており、FORTRANよりも簡単であって、わずか16種のステートメントから成っている。そのステートメントとその機能は次のとおりである。

LET	計算式を示す
IF	判断(二分岐)

GO TO	無条件ジャンプ
GO SUB	サブルーチンへとぶ
RETURN	サブルーチンからもどる
FOR/NEXT	ループ計算用
READ/DATA	DATA で示したデータを READ で読む
RESTORE	データの再読込み
INPUT	端末のキーからデータを入れる。
PRINT	結果のタイプ
END	プログラムの終り
REM	注釈用
DIM	配列, 表を扱うためのディメンジョン用
DEF	関数定義用

BASICの解説書から例題を引用してこの言語の用いられ方を紹介しよう。

例題 2元連立1次方程式をとく。

$$\left. \begin{array}{l} ax + by = c \\ dx + ey = f \end{array} \right\} \text{より}$$

$$x = \frac{ce - bf}{ae - bd} \qquad y = \frac{af - cd}{ae - bd}$$

($ae - bd \neq 0$)

このためのプログラムをBASICの文法にもとづいて次のように作る。先に示したREADYのあとに続けて使用者がタイプする。

```

選  課  10  READ A, B, D, E
        15  LET G = A * E - B * D
        20  IF G = 0 THEN 65
        30  READ C, F
        37  LET X = (C * E - B * F) / G
        42  LET Y = (A * F - C * D) / G
        55  PRINT X, Y
        60  GO TO 30
        65  PRINT "NO UNIQUE SOLUTION"
        70  DATA 1, 2, 4,

```

```

80 DATA 2, -7, 5
85 DATA 1, 3, 4, -7
90 END
RUN

```

左端の番号はプログラム作成時の参照のため必ず入れるようになっていて、しかも上から昇順につけねばならない。この番号をたよりにステートメントの追加、削除、挿入が行なわれるからである。数式の前に必ずLETとするのもBASICの特徴です。このプログラムのデータもDATAとタイプしそのあとにつづけて用意する。これでプログラムに誤りがないうち、使用者はRUNとタイプしキャリッジ・リターンする。するとシステムはこのプログラムの実行を始める。その結果は次のようにタイプされる。

```

LINEAR          10:37      DEC. 17, 1965

4              -5.5
.666667        .166667
-3.66667       3.83333

```

```

OUT OF DATA IN 30
TIME:          0 SECS.

```

実行の前にプログラム名（この場合LINEAR）と時間、日づけが印字され、そのあと結果がタイプされる。このプログラムの30番のステートメントのところでデータが尽きたことを示している。計算時間が最後にタイプされるが、この例のようにCとFの値を3件とりかえて計算しても0.5秒に満たないようなものは0秒と示されます。

もしプログラムの中にエラーがあると、システムはそのプログラムを実行せずにエラーメッセージをタイプする。たとえば、先のプログラムで

```
37 LET X = (C * E - B * F) / G
```

となっていると

```
ILLEGAL FORMULA IN 37
```

とタイプする。使用者はその番号のステートメントのみを

```
37 LET X = (C * E - B * F) / G
```

とタイプすれば、これが自動的に前のものと入れかわる。このようにプログラムの修正も対話式で行なわれる。

5.3.3 GE-TUTOR

GE-TUTOR は GE-265 タイム・シェアリング・システムのユーザであるフィルコ・フォード社によって開発された。

GE-TUTOR は BASIC 言語の文法を学ぶと同時に、ストアプログラムの概念、ループ計算、サブルーチンの使い方、タイム・シェアリング・システムで用いるシステムコマンドの使い方なども身につくように作られた、いわば「プログラム独習」用のシステムである。ここで、システム・コマンドとは、GE 265 システムの使用形式のところで出てきた、HELLO とか NEW とか、OLD といったように BASIC の文法とは関係なく、使用者とマシンとの対話のために使われる「一種の命令」のことである。

GE-TUTOR を用いる機器は BASIC を用いる機器と全く同じものでよく、その他に必要なものは何もない。GE-TUTOR 自身も BASIC を用いて作成されている。GE-TUTOR は次にあげるように全体で 35 のレッスンから構成されているが、それからもわかるように、BASIC に直接関係のあるレッスンよりもシステム・コマンドの使い方を示すレッスンの方が多くなっている。

5.3.4 TUTOR の学習内容

- 1) 行番号、演算記号、INPUT, LET, PRINT, および END ステートメントの使い方
- 2) PRINT, GOTO ステートメント, RUN, SAVE, UNSAVE, STOP, および GOODBYE 等のシステム・コマンドの使い方
- 3) 変数名のつけ方
- 4) READ および DATA ステートメント
- 5) 添字と DIM ステートメント
- 6) システムコマンドおよび BASIC ステートメントのまとめ
- 7) IF..... THEN ステートメント
- 8) IF..... THEN および FOR と NEXT ステートメント。TAPE および KEY システムコマンド
- 9) 標準関数の解説
- 10) 紙テープパンチと読取について
- 11) 標準関数の使い方

12) 標準関数のまとめ、関数定義のしかた (DEFステートメント)

13) GOSUB, RETURNおよびREMステートメント

14) 関数およびサブルーチンの使い方のまとめ

15) ステートメントおよびシステムコマンドのまとめ

以上でBASICの文法とシステムコマンドの学習が一応終了し、残りの16~35では更に高度のシステムコマンドの説明や実際例などを扱っている。たとえばプログラムの長さをどうするといった、かなり慣れてきた段階で必要になることがらをとりあげている。したがって初心者向きの学習は第6レッスンで、また、やや高度な使い方をする向きには第15レッスンでまとめがあり、更に高度の向きは残りのレッスンに進むというやり方である。(第16~35レッスンの内容は少々特殊になるので省略する。)

各レッスンには説明といくつかの問題が設けられている。学習者は説明を読んでその問題に答える(指定のとおりタイプをする)わけである。システムはその応答によって次の説明又は質問をする。

紙数の関係でとても全レッスンの詳細を紹介するわけにはいかないので、レッスン1のみやや詳しく述べることにしよう。

GE-TUTORの使い始めは、もちろんBASICと殆んど同じであるが、ただ、OLD PROBLEM NAME--のあとにはTUTO1\$***とする。(図5-3-3でSEKIBUNとあったところ)これがGE-TUTORのシステムのレッスン1の名前となっている。学習者がRUNとタイプレキヤリジ・リターンすると、GE-TUTORがレッスンの内容を印字してくる。

LESSON 1 ***SELF TEACHING BASIC***

THIS PROGRAM IS A SELF TEACHING COURSE IN THE FUNDAMENTALS OF "BASIC" PROGRAMMING. INFORMATION WILL BE PRESENTED AND A SERIES OF MULTIPLE CHOICE QUESTIONS ASKED AS YOU PROCEED. TO ANSWER A QUESTION, SIMPLY TYPE IN THE NUMBER OPPOSITE THE ANSWER OF YOUR CHOICE AND DEPRESS THE RETURN KEY AT THE RIGHT SIDE OF THE KEYBOARD... ARE YOU READY ?

1 = YES, 0 = NO... YOUR ANSWER ? 1 ← 学習者がタイプする。

もしここで0をタイプすると、システムは「BASICプログラミング入門」を読んでからもう一度試みるよう指示してくる。

いま0をタイプしたとすると、システムは次のようにタイプしてくる。

GOOD... LETS BEGIN

STATEMENT ...

A "BASIC" PROGRAM IS AN ORDERED SET OF STATEMENTS
DESIGNED TO GUIDE THE COMPUTER IN THE SOLUTION OF
YOUR PROBLEM .

QUESTION ...

WHAT WOULD YOU CONSIDER THE BEST METHOD OF DEFINING
THE ORDER OF YOUR STATEMENTS?

1 = SUBMIT THE STATEMENTS IN THE DESIRED ORDER .

2 = PRECEDE EACH STATEMENT WITH A NUMBER AND SUBMIT
THEM IN ANY SEQUENCE .

YOUR ANSWER?

またここで1をタイプすると次のようにタイプしてくる。

THAT WOULD CREATE A PROBLEM IF WE LEFT SOMETHING
OUT IN THE BEGGINING OR WANTED TO MAKE A CHANGE
SOMEWHERE ELSE IN THE PROGRAM .

TRY AGAIN ...

この答は1又は2に限る、イタズラをして3とか4とかYESなどとタイプすると、

1 THROUGH 2 ONLY VALID ANSWER ... YOUR ANSWER ... ?

と注意が出され、再度答を求められる。正解のときは次のとおりになる。

GOOD ... WE WILL THEN NUMBER EACH STATEMENT AND
SUBMIT THEM IN ANY ORDER .

NOTE ... A STATEMENT MUST BE CONTAINED ON A SINGLE
TELETYPE LINE .

QUESTION ...

DO YOU THINK THE STATEMENTS SHOULD BE NUMBERED
CONSECUTIVELY SUCH AS 1,2,3,4, ETC . ?

1 = YES , 0 = NO ... YOUR ANSWER ?

この場合、1は誤答で、次のような文章が出る。

THAT CREATES A PROBLEM IF WE WISH TO ADD SOMETHING
BETWEEN , SAY , LINE 3 AND 4. WE WOULD HAVE TO RENUMBER
ALL FOLLOWING STATEMENTS .

ざっと以上のように学習がすすむ。レッスンの最後にシステムは

END OF LESSON1

YOUR REQUIRED 6 TRIES TO CORRECTLY ANSWER 4.
QUESTIONS FOR A 66.6667 PERCENT EFFECTIVENESS ...
CONGRATURATIONS .
IF YOU ARE READY FOR LESSON 2 RUN PROGRAM "BASIC2."
TIME: 12 SECONDS

とタイプしてくる。

このように学習者が質問に回答した回数が教えられていて、レッスンの最後に報告される。上に示された12秒というのは、レッスン1を処理するのに要した中央演算装置の使用時間である。

後のレッスンではこのような前のレッスンで得た記憶を打ちこむよう学習者は要求される。そしてそれを累積した値をそのレッスンの後に示す。

参考文献

1. GE-265 Time Sharing System Operating System Reference
Manual June - 1966 General Electric Co.
2. Time Sharing Equipment and Program for Desk Side Computers.
General Electric Co.
3. BASIC Language Reference Manual June 1965 Rev. May 1966
General Electric Co.
4. Time - Sharing BASIC Language
Aprogrammed Instruction Course.
1968. General Electric Co.
5. "Programming Self - taught" by Hal B. Becker Communications
Specialist G. E. Co.
COMPUTERS and AUTOMATION for Oct. 1967

(東芝電算機事業部教育課 原田雅美)

5・4 PLATO システム

5・4・1 システムの概要

米国イリノイ州立大学で実験中の PLATO System の概要についてのべる。

PLATO は Programmed Logic Automated Operations の略である。同大学での CAI の研究は 1959 年にスタートしたといわれているので約 10 年の歴史をもち、現在全米で研究中の 75 のプロジェクトの中では長い経験をもつものの一つといえる。1959 年にイリノイ大学で製作した真空管式の電子計算機 ILLIAC-1 に 1 台の学習端末機を接続して実験をスタートしてからシステムは PLATO I, II, III と発展しており現在は PLATO III が運用されている。これは 1964 年に導入された CDC 1604 を中心として 70 台の学習端末が接続されている (1969 年現在)。システムのセンタは Computer-Based Education Research Laboratory (CERL と略す) にあり、D. Bitzer 博士が所長をしている。この研究所の 2 階に CDC 1604 およびインターフェイス装置を収容した計算機室と学習端末 20 台をもつた CAI 用の学習教室がある。PLATO の研究目的は次の 2 点にあるといわれる。

(1) 教育の分野で計算機がどんな役割を果たすことができるかという CAI の教育効果について実験を行ってきた。

(2) 経済的な CAI システムの開発。

現在は PLATO III によつて (1) の研究を行うと同時に、CDC の 6400 という大型計算機を使い、イリノイ大学で開発したブラズマ・ディスプレイを利用して学習端末 4096 台をオンラインでコントロールする PLATO IV の開発を進めている。当システムは 1974 年に全システムが完成する予定とのことである。ここで PLATO III の次の項目について概要をのべる。

◎ハードウェアの概要

◎ソフトウェアと Teaching Logic

◎学習プログラムの開発状況と CAI での学習状況

◎その他

CAI システムでは、CAI の教育理論、学習プログラム記述言語と運用ソフトウェア、学習端末と学習方法、学習プログラムの開発等が互に密接な関係にあるため、米国各地の大学の CAI 研究に多くの政府資金が投じられている。

5.4.2 ハードウェアの概要

CAIのハードウェアは、計算機本体とI/O 装置、計算機と学習端末を結合するインターフェイス装置、学習端末等に大別できる。PLATOⅢでは計算機とインターフェイス装置はCERLにあり、学習端末はCERLの学習教室と遠隔ターミナルのCAI学習教室に分散してある。インターフェイス装置と学習端末とはビデオケーブルと電話線で結ばれている。CERLと遠隔ターミナルとの関係を図5-4-1に示す。

(1) 計算機本体とI/O 装置

計算機本体：CDC-1604（48ビット/語，コアメモリ32K語。1960年頃に発売された技術計算用の中型計算機）

磁気ディスク：CDC-852×2台

磁気テープ：CDC-1607×4台

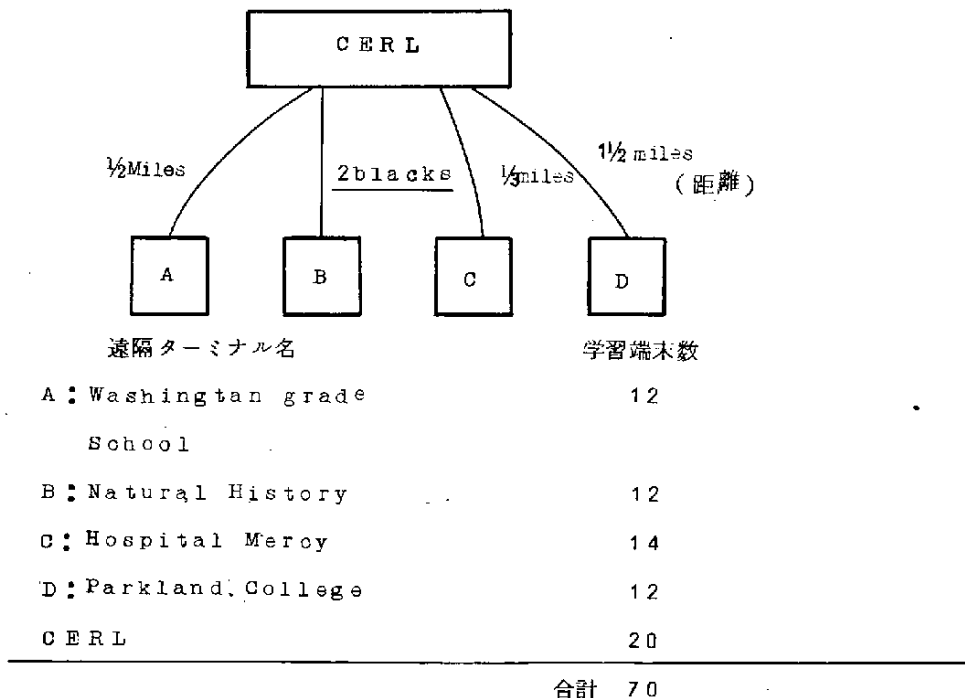
ラインプリンタ：CDC-1612

コンソール：CDC-1604

ディスプレイ：CONRAC社製

IBM電動タイプライタ

図5-4-1 CERLと遠隔ターミナル



(2) インターフェイス装置

計算機と学習端末は図5-4-2のようにスライドセレクト、ストレージ・チューブ等を含むインターフェイス装置を介して接続されている。スライドセレクトは61枚の標準35mmフィルムを61個のレンズと光電管を使ってフライング・スポットで走査するタイプのものが2台用意されている。そして122種類の画像のうちの任意のものがElectronic Bookとして学習端末に提示できるようになっている。Electronic BlackboardのStorage Deviceとしてストレージ・チューブが各学習端末と1:1の対応で接続されている。ストレージ・チューブは高価なためか20台しか実装されていない。したがって70台の学習端末のうち同時には20台しか動作できない。

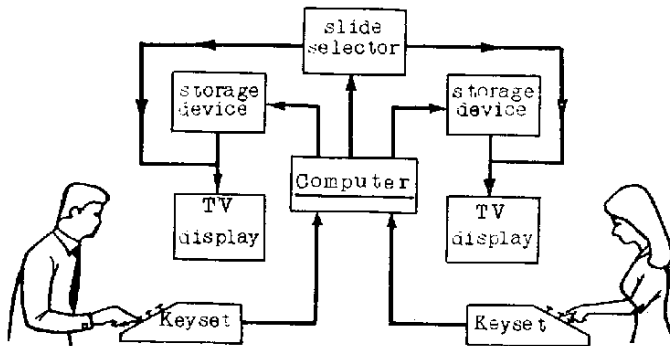


図5-4-2

5.4.3 ソフトウェアとTeaching Logic

CAIのソフトウェアは学習プログラムを記述する言語と、著者がその言語を使って作った学習プログラムをCAIシステムで動作させる運用プログラムに大別できる。PLATOでは学習プログラムを記述する言語としてTUTORを使っている。これは1968年の後半から使用され始めたとのことである。それまで使われていたGENERALという言語はもう殆んど使われていない。その理由はGENERALは、学習プログラムがスライドに頼っているため、同時に1科目しか授業や編集作業ができない。

学習プログラムが磁気ディスクに記憶できない。などである。TUTORの特色は次のようにいわれている。

- 1) Individual Attention
- 2) Ease in Lesson Construction
- 3) Complete Data Handling
- 4) Computation Ability

5) Visual Displays

6) QJdging

7) Drill and Practice

運用プログラムは学習プログラムのインタープリタとオンラインモニタ、サービスプログラムから構成されている。これらのプログラムはイリノイ大学で開発したCATO (Compiler for Automatic Teaching Operation) というコンパイラ言とCDC 1604アセンブラで記述されている。

CAIの教育方式 (Teaching logic) としては次の3方式を採用している。

1) Tutorial logic : 個別指導ロジック。

まず最初に教材を生徒に示し、これに関係した質問に解答するように指示する。順序のあらかじめ決まっている教材、質問をつぎつぎに生徒に学習させていくが、質問に正しい答のできなかった生徒には補助の教材例にブランチさせたり、生徒の要求により更に高度の教材例にブランチさせる機能をもっている。生徒はヘッドホーンの音声を聞き、TVの画像を見て解答をキーから打ちこんで行く。計算機に蓄積されている学習プログラムには質問に対する正解、予想されている誤答、それに対する強化文が書かれているので各学習者は、各自の学習成績に適したルートで学習を進められる。

2) Inquiry logic (Diagnostic logic) : 質問ロジック。

このロジックでは計算機側から、生徒に問題を示す。生徒はこの問題をとくために、コンピュータに質問して必要な情報をもって問題を解いてコンピュータに判断してもらう。正解なら次の問題が提示される。つまり生徒とコンピュータ間の対話を多くしながら学習を進める方式といえる。

3) Drill and Practice

算数の四則演算とか外国語の練習の時に使う手法で問題をランダムに生徒に提示し答えさせて学習するものである。

PLATOではこの3方式について多くの学習プログラムを作り学習効果を検討している。たとえば大学生に電気工学を教えるのに Tutorial logic と Inquiry logic の両方で学習プログラムを作り、同じような2グループに学習させてみたところ Inquiry logic の方で学習したグループの方が成績がよかったという報告も公表されている。

TUTORは現在PLATOⅢで使われている学習プログラム記述用言語であるから、これについてやや詳しくのべる。学習プログラムの単位を Unit と呼んでいる。Unit は

◎生徒のスクリーンに表示する事項 (スライド、文章、グラフ等)

◎生徒の解答をどう取扱うかをきめる。

◎次にどのUnit に行かせるか。

を記述したものである。これらを記述する。Statement は Command + Tag の形式をとっている。

たとえば

WRITE HOW ARE YOU TODAY? のうち WRITE が Command で, HOW ARE YOU TODAY? が Tag である。そして生徒のスクリーンに HOW ARE YOU TODAY? と表示される。COMMAND は次表のように約 50 種類も用意されているが基本的には十数種で普通の学習プログラムが書けるといわれている。

1) Lesson Command	7ケ
2) Display "	8ケ
3) Response "	14ケ
4) Branch "	6ケ
5) Splicing "	1ケ
6) Calculation "	15ケ

計 51種類

このように多種類の Command が作られたのは心理学, 化学, ラテン語 etc と学習プログラムの種類がふえるにつれて各分野の学習プログラム作成者の要求を次々にとり入れてきた結果とのことであるが更に増加すると思われる。

前述したように学習プログラム作成者はこれら Command の全部に精通する必要はなく自分の分野に必要な 10~20 種類の Command を使いこなせばよいとされている。1 例として算数の学習プログラムと、それが生徒のスクリーンにどんなに表示されるかを示す。QUEST 8 という Unit は次のように記述されている。

```
UNIT QUEST 8
WRITE ANSWER THESE PROBLEMS
    3 + 3 =
    3 x 3 =
ARROW 309
WHERE 701
WRITE TAKE YOUR TIME
ANS 6
WRITE 320
WRITE VERY GOOD
```

ARROW 509
WHERE 701
WRITE KEEP CALM
ANS 9
WRONG 6
WHERE 520
WRITE MULTIPLY,, DO NOT ADD

生徒がUNIT QUES 8に進むと、スクリーンに下のように表示される。

ANSWER THESE PROBLEMS
 $3 + 3 =$ →
 $3 \times 3 =$

TAKE YOUR TIME

これは一番初めのWRITEとARROW 309の次のWRITE Command によつて作られたものである。生徒がもし2番目の問題をまず答えたいときにはコントロール・キーのARROWを押すと→が2番目の問題の答のところに下る。そして次のように画面が変わる。

ANSWER THESE PROBLEMS
 $3 + 3 =$
 $3 \times 3 =$ →

KEEP CALM

これは初めのWRITEとARROW 509の次のWRITE Command によつて表示された。ARROWのTag の4数字は2桁づつで上下18例左右48行のうち1つの組合せで矢印の位置をきめている。生徒が初めの問題として6とタイプするとスクリーンは次のように変わる。

ANSWER THESE PROBLEMS

$3+3=$ → 6 OK VERY GOOD

$3 \times 3=$

TAKE YOUR TIME

2番目の問題に6とタイプすると次のように

ANSWER THESE PROBLEMS

$3+3=6$ OK

$3 \times 3=6$ NO MULTIPLY DO NOT ADD

KEEP CALM

表示が変わる。生徒が6を取消すと、右の文字も消えて新しい答えを待つ状態になる。

5・4・4 学習プログラムの開発状況とCAI教室での学習状況

PLATOでは1959年よりシステムⅠ, Ⅱ, Ⅲと発展してきた間に個人授業の自動化の可能性を見出すために、約60種類の Teaching logic を使っている300個の学習プログラムが作られたとされている。学習プログラムの範囲も下記のように小学生, 中学生, 大学生, その他と広い項目にわたっている。

- | | |
|----------------------------|----------|
| (1) electrical engineering | (大学生を対象) |
| (2) Geometry | (中学生を対象) |
| (3) biology | (生物学) |
| (4) nursing | (看護技術) |
| (5) library Science | |
| (6) Pharmacology | (薬学) |
| (7) Chemistry | (大学生を対象) |
| (8) Algebra | |
| (9) Math drill | (小学生を対象) |
| (10) Computer Programming | |

(1) foreign languages (大学生を対象)

これらの学習プログラムは次のように分類して公表されている。

(CERL REPORT X-2 may, 1968)

◎ Teaching Program	題 名	使用言語	使用システム	内容概要
A Tutorial Logics				
B Inquiry Logics				
C Combination Logics				
D Drill and Practice				
Logics				
◎ Research Program				
◎ Demonstration Program				
◎ Service Program				

大学生対象の学習プログラムはそれぞれの分野の教授か助教授の指導の下で、大学院の学生が作成に当たっている。又 Political Science と看護技術の学習プログラム作成については2年位の作成期間で5万ドル前後の資金が外部団体から交付されていた。看護技術の学習プログラムは CERL 所長 Bitzer 氏の夫人が自ら学習プログラムの編集・デバックを行ない、毎日1～2時間近所の病院にある学習端末で授業を行なっている。小学生向けの Math drill については現場経験の長いベテラン女教師がフルタイムで学習プログラムを作っていた。CAI 学習は1クラス30名を10名づつのグループに分け10分間位づつ交替で端末の前にすわり四則演算の練習(drill and Practice)を行なっている。その日のうちに生徒の学習成績を分類印刷して、次のプログラム作成の資料にしている。学習後に早く全問題がとけた児童には金色と銀色の折り紙でつくった勲章をほうびとして与えるようなことも実行している。小さな小供でもタイプライタの操作はうまく、自分の名前をさっさとタイプインしている。1969年9月25日の CERL のスケジュール表を次に示す。表中 SITE は端末のある場所(図5-4-1参照)を、LOGIC は使用言語 TUTOR 又は GENERAL の区別を、PAOK は学習プログラムの格納されている磁気ディスク・バック名を示す。

Thursday Sept. 25						
Time	Event	SITE	STAFF	Logic	Stations	Pack
10-11	Life Sciences class	Nat.H.	Arsenty	T	12	C & E
11-12	Elem.math	Wash	Stenberg	T	12	E. & D
1-3	Mercy Nursing	Mercy	M. Bitzer	G		
3-4	French class	CERL	Myers	T	20	C & D
4-5	TUTOR Code check	CERL		T		C & D
6-8	Latin class	CERL	Scanlan	T	20	D & E
8-10	Life Science Codecheck	Nat.H.	Arsenty	T	3	C & E

この日は7時間の授業と3時間の学習プログラムの編集が行なわれていた。4時～5時のTUTORのCode checkの時間帯ではTUTOR言語を使い、CとDの磁気ディスクを使う学習プログラム作成者が自分のプログラムの編集作業を行うことができる。但し目下CDC-1604のコアメモリが32KWしかないため、同時には2～3種類しか作業できないようであった。学習プログラムの作成には端末をAuthor modeにしてキーから入力する。紙テープとかカード入力は使っていない。端末をAuthor modeにして働かせると他のプログラムをこわしたり、使用中の他の端末に影響を及ぼすので特殊なコードを知っている人だけ、このコードをキーから入力してAuthor modeに入れる。

Author modeでは下記の機能を使って学習プログラムの作成と運用が自由にできる。

- 1) Edit
- 2) Read in
- 3) Data
- 4) Start
- 5) Stop
- 6) Delect
- 7) Print
- 8) Record

学習プログラムの作成者は自分の作っているプログラムを直接TVのブラウン管で確認しながら編集、修正ができるので非常に便利である。CAIの大学生対象の学習状況の1例をのべる。2時間の学習プログラムの場合、最も優秀な学生は1時間位で学習を終了するが2～3人は2時間

かかっても学習を完了できない程度を目標としている。教室には2人の大学院学生が補助者として学習者の質問に答えるために巡回している。学習者は1人1人ちがった進度で真剣に学習している。時々廊下においてあるコーラの自動販売器で喉をうるおしに出かける学生もいる。CAIの学習でも単位がとれるようになっている。1969年の夏、高校の先生方にデジタル技術を教える夏期学校がCERLで開催されていた。1日に3時間前後の黒板とかスライドによる学習と、3時間以上の実習が代表的な毎日のスケジュールで、今後CAIを採用する場合にも、まずこの程度の利用がよいのではないかと考えさせられた。

PLATOはCAIの研究機関で、CAI教育の実施機関でないため、学習プログラム記述言語もいろいろな機能の変更が続けられる。学習プログラムもCAIの研究に有数なものに限定して作られている。

5.4.5 PLATO IV

目下計画中のPLATO IVの概略についてごく簡単にのべる。CAI実用化の一つの障害はコストが高すぎる点にある。PLATO IVでは大型計算機CDC-6400に4096台の学習端末を接続しタイムシェアで、これらの端末の面倒を見ることにより、CAIのコストを米国での小学校の授業コストのレベルまで(254-304)をもって行こうとしている。学習端末は図5-4-3のように同大学で開発したブラズマ・ディスプレイを利用し、計算機出力とマイクロフィッシュの画像と重畳する方式のものを使うとのことである。音声は磁気ディスク上に録音しておき、多端末に分配するものの試作を進めている。1974年に全端末を含むシステムの完成を目標にprojectが進められている。本projectの予算計画を次表に参考のために示しておいた。

(富士通システム部 阿部千秋)

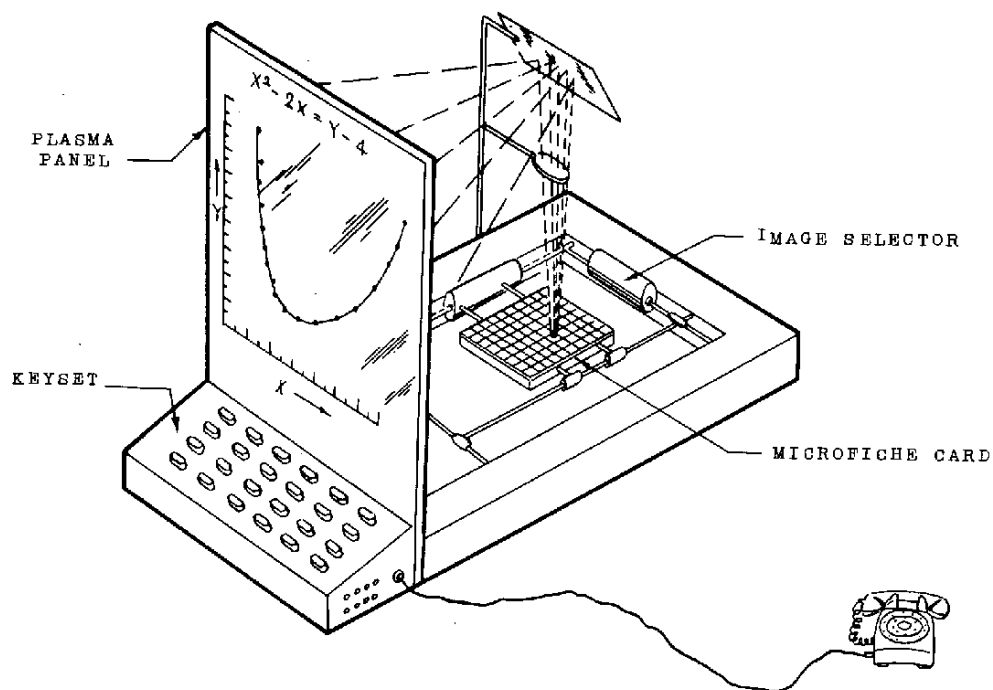
Item	Total Cost in millions of dollars	Cost/year in millions of dollars	Cost per student contact hour
Computer and extended memory	4.5	0.9	8¢
Software	1.5	0.3	4¢
4000 student terminals	7.5	1.5	15¢
Subtotal	13.5	2.7	27¢
Lesson material			3¢
Data distribution lines			4¢

TOTAL

34¢

☒ 5-4-3

STUDENT TERMINAL



5・5 IBMのシステム

5.5.1 IBMのCAIシステム開発の歴史

IBMが電子計算機を教育の分野、とりわけ学習過程に適用しようという研究に着手したのは、今から13年前のことである。

ちょうどこの1年前、ソビエットが世界にさきがけてスプートニクをうちあげたことはアメリカ中に大きなショックをひきおこした。それまでソビエットより技術的に進歩していると信じていたアメリカの人たちは、これを契機として技術的遅れをとりもどそうと努力をはじめた。そのため人間の新しい能力、とりわけ科学的能力を多量に開発し、人材を育成する教育が一挙にクローズ・アップされたのである。その一つのあらわれが、国防教育法の制定であり、これが呼び水となって教育手法や内容の改善研究が志向されることになった。他方、めざましい技術革新と、新たな情報の渦に対処してゆく、豊富な人材を養成するための教育内容の現代化の動きは、ハーバード大学の認知心理学研究所長であるブルーナを中心として米国各地で展開されていた。

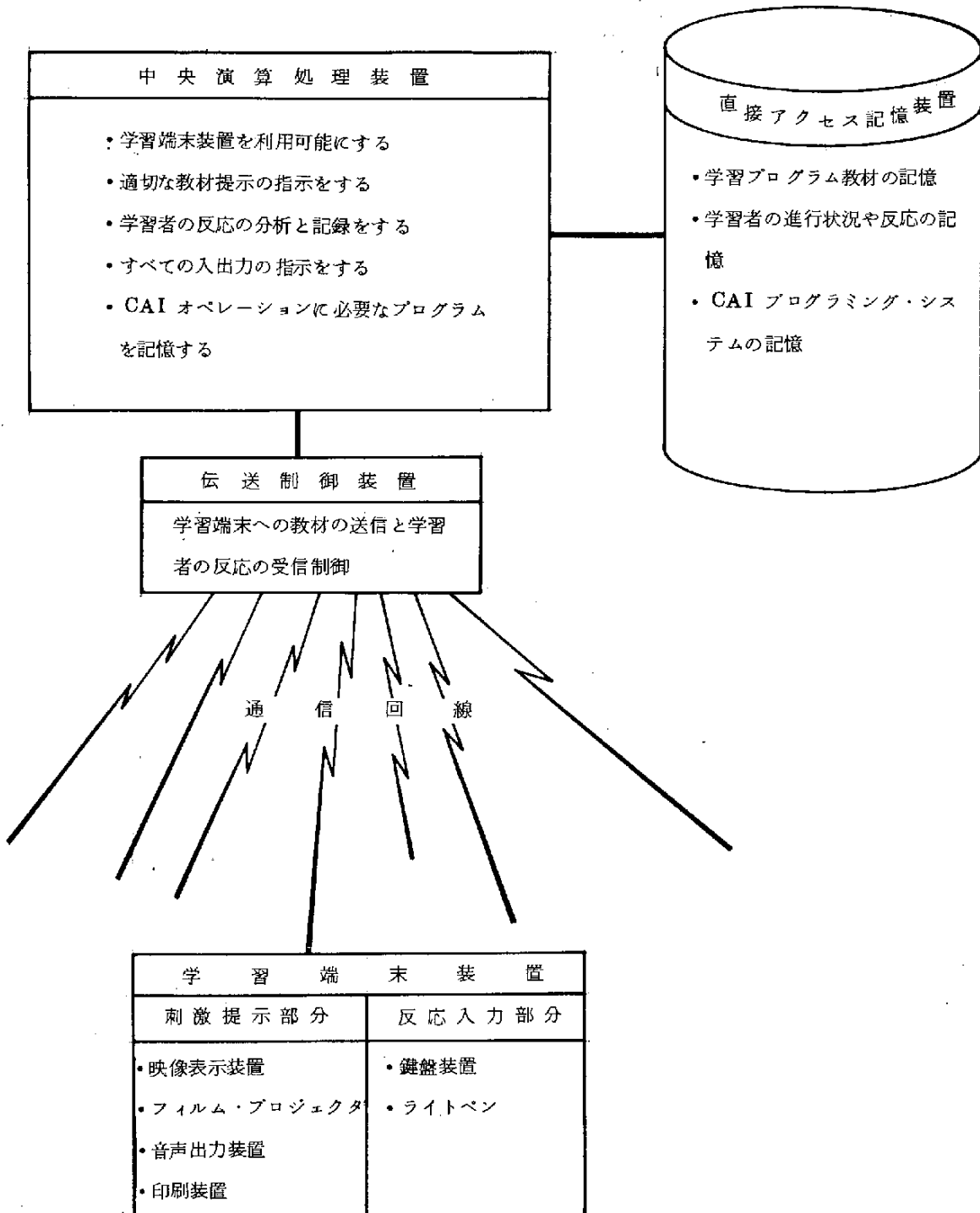
このような社会的状況に呼応して、IBMは1958年から電子計算機を教育に応用する試みを開始したのである。この研究の初期の段階では、2進数演算を教えるのに電子計算機1台とタイプライタ1台を使用していた。最初は学習端末装置としてこの1台のタイプライタだけしか使用しておらず、学習者に対する学習指導は口頭によって行い、それに対する応答だけをタイプライタで行なうものであった。これがIBMのCAIの萌芽である。

CAIに対するIBMの基本構想が出来上ったのは、1961年に開発されたシステムからである。当時の実験システムは、650と呼ばれる汎用の電子計算機システムを改良したものであり、学習端末装置と電子計算機を直結するために特別に設計された装置がとりつけられていた。このシステムを使って、統計学コース、ドイツ語コースや速記タイプのコースなどが開発された。この時点ですでに、多肢選択法による応答ではなく、学習者自身が組立てた答で応答する方法を採用するに至っている。

IBMの学習用電子計算機システムの研究は、ワトソン研究所で続けられた。この初期の実験研究にもとづいて、学習用電子計算機システムの基本構成としてつぎの4つの要素を必須のものと考えるに至っている。

- ・学習教材や学習者の成績などを記憶しておくための直接アクセス記憶装置（たとえば、磁気ディスク装置や磁気ドラム装置のようなもの）
- ・学習端末装置と直接アクセス記憶装置に記録されている学習教材との間のインターフェイスの役割りを果たす中央演算処理装置
- ・学習端末装置と電子計算機の間でのメッセージの送受信を指図するための伝送制御装置

図5-5-1 IBM CAI システムの基本構成



・学習端末装置

以上の基本構成を示したのが図5-5-1である。このようなハードウェア・システムの構成とプログラム作成手法ならびに学習者との情報交換のための実験的方法などの研究によって、CAI用の新しいシステムが開発されるに至った。

まず最初に開発されたのが、1964年に開発された1440 CAIシステムである。これは、教材作成用の特有言語として、コース・ライタ I (Course writer-I) と呼ばれるソフトウェアをともなったものであった。IBMはこのシステムを使って、SRA社 (Science Research Associates) と共同で多くの分野の教材開発を試みた。代数、ドイツ語、統計、電子計算機科学、物理、生物、社会学などのCAI教材をコース・ライタ I を利用して開発したのである。

1440 CAIシステムの成功と、さらに高尚でCAI専用のハードウェア・システムの開発の要請によって、1965年学習システム開発部門 (IBM Instructional Systems Development Department) の設立が行われた。

この部門では、学習専用の電子計算機システムとソフトウェアの研究開発に専念した。その結果、1966年1500学習専用システムを開発するに至った。1500 CAIシステムは、プログラム学習の原理にしたがった学習システムであるが、それまでのプログラム学習の概念へのアプローチを一段と前進させたものであった。このシステムでは、フィルム表示装置、映像表示装置、音声応答装置ならびに文字表示装置のような多様な学習装置が組織的に統合化して使用できるようにした。学習者は、教材やコースの編成に応じて鍵盤装置かライトペンのどちらかを使って、応答を入力することが可能になった。

最初の1500システムが導入されたのは、1966年7月であり、カリフォルニア州の東バロ・アルトにあるブレントウッド小学校であった。このシステムは、スタンフォード大学の科化学部にある数学研究所の実験研究のプロジェクトの一環としてブレントウッド小学校に導入されたものである。このスタンフォード—ブレントウッド共同システムでは、主として小学校の算数と読書 (Reading) の分野の教育研究で使われ現在も継続されている。

1500 CAIシステムは、IBM 1130汎用電子計算機を改良した学習専用システムであるのに対して、S/360 CAIシステムは、システム/360汎用電子計算機をそのまま利用する方法である。このシステムのCAIソフトウェアはコース・ライタ III と呼ばれ1968年に開発された。電子計算機システムの処理能力が高速化すると一台の電子計算機を学習という一元的目標のためだけに専有することは、不経済となる。つまり、中央演算処理装置に遊休時間が生じてしまうのである。多数の学習者が各自端末装置を使って同時平行的に学習に専念しているときでさえ、中央演算処理装置では遊びが生じている。この空き時間を他にふり向けながら、同時

に学習制御をもやらせようというのが S/360 CAI システムのねらいである。いわゆる、多重プログラム処理のもとでの CAI である。一台の電子計算機で通常のデータ処理や教育データ処理を行いながら、同時に学習教材の提示と反応の分析などを行ってゆくという開放的システムをめざしたものである。

IBM の CAI は、初期の研究段階、1400 シリーズによる実験段階、1500 システムという学習専用システムによる実用段階さらに、S/360 による開放的システムによる応用へと発展してきているのである。

5.5.2 ハードウェア・システム

CAI のハードウェア・システムを構成する基本要素は、中央演算処理装置、直接アクセス記憶装置、伝送制御装置および学習端末装置である。

中央演算処理装置は、電子計算機プログラムが記憶され、解析実行されるためのものである。したがって、CAI オペレーションに必要なプログラムは中央演算処理装置に付属する主記憶装置に貯えられ、そのプログラムの働きによって学習教材を直接アクセス装置に記憶させたり、学習者に最適教材を選択提示することの指示をしたり、学習者から入力された反応を分析したりする。

直接アクセス記憶装置には、学習プログラム（教材としての説明、質問、ヒントや解答などが系統的順序に並べられたもの）、学習者の進行状況と反答状況の記録および電子計算機のソフトウェア（CAI 用プログラミング・システムを含む）が記憶保管されている。

伝送制御装置は、学習端末装置を中央演算処理装置に接続すると同時に通信回線の制御の機能を果すものである。

学習端末装置は、学習者に刺激教材を提示し、学習者の反応を入力するための諸装置からなる。学習端末装置は、単に学習者だけのものではなく、コース作成者が学習プログラムを入力したり、修正したりする仕事にも使われる。

このようなハードウェア・システムの基本要素を基礎として開発された IBM システムは、つぎの3種類である。その1つは、1400 シリーズ・システムを用いたもので、4つに大別される。

- ・ IBM 1440-1448 システム（図5-5-2参照）
- ・ IBM 1460-1026 システム
- ・ IBM 1440-1026 システム
- ・ IBM 1401-1026 システム（図5-5-3参照）

いずれのシステムも学習端末装置としては、タイプライタ形式の1050を用いたものである。二番目のシステムは、学習専用システムとして開発された1500 システムである。このシス

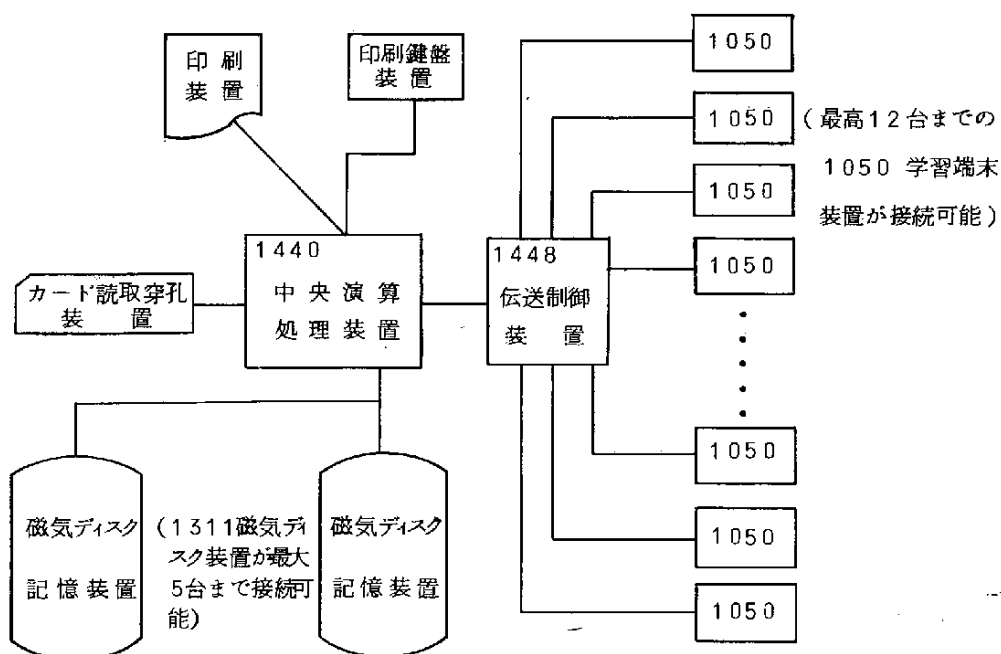


図 5-5-2 1440-1448 CAI システムの典型的システム構成

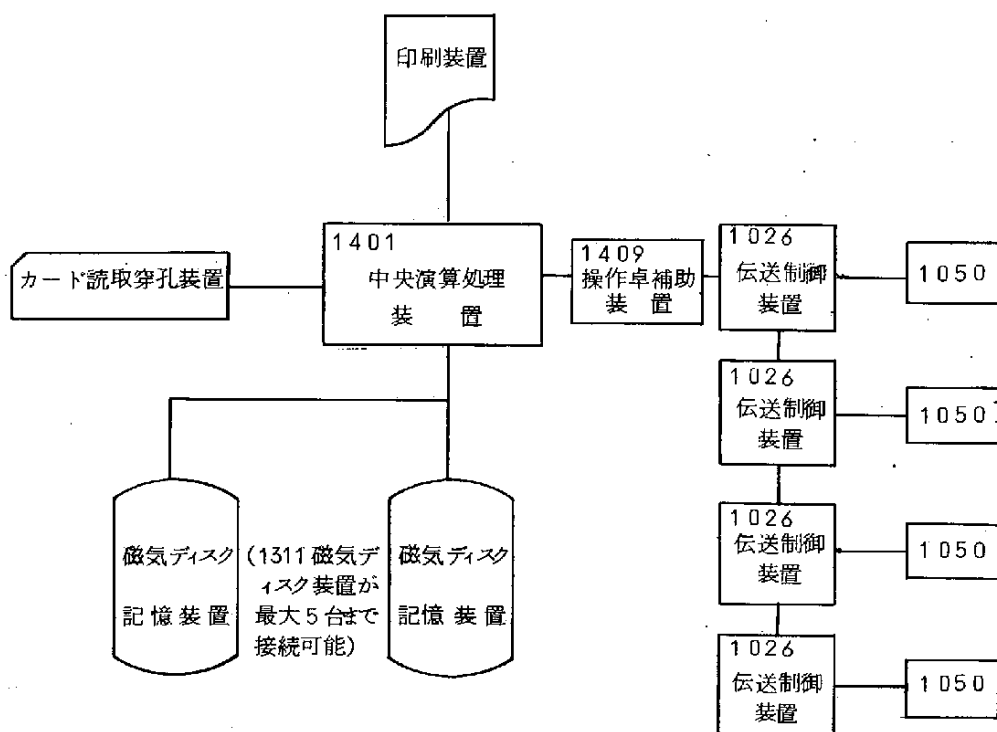


図 5-5-3 1401-1026 CAI システムの典型的システム構成

テムは先述したように IBM 1130 システムを改良したもので、学習端末装置には、映像表示装置、フィルム表示装置、音声出力装置などが使われている。

三番目のシステムは、多重プログラムによる開放的利用をめざした S/360 システムである。学習端末装置としては、印刷鍵盤装置（タイプライタ 状の装置）、乱順序とり出しの出来るフィルム・プロジェクタとテープ・レコーダが取付け可能である。最高 161 台の学習端末装置が接続できる。

以下、これらのシステムを簡単に紹介する。

(1) 1400 シリーズ・システムを用いた CAI

図 5-5-2 と図 5-5-3 に示したシステム構成が、1400 シリーズの典型的な CAI システムである。

前者は、1440 電子計算機システムに 1448 伝送制御装置を接続したものであり、この制御装置によって最高 12 台までの 1050 端末装置を制御することができる。各教室や学習室におかれた 1050 端末装置は電話回線を通じて、中央の電子計算機センターにある 1448 伝送制御装置に直結されている。この端末装置は図 5-5-4 の写真で示しているように印刷鍵盤装置で構成されている。電子計算機から学習教材がタイプされ、学習者はそれを読みとったうえで

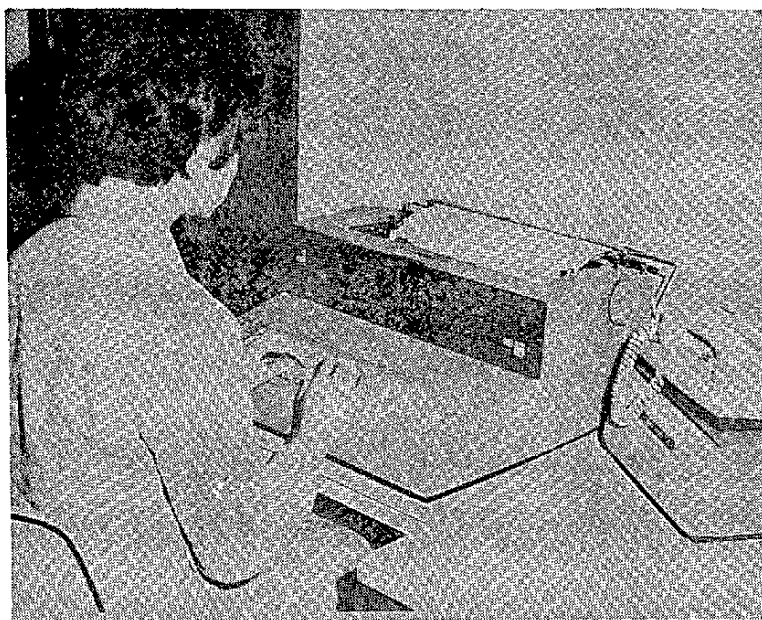


図 5-5-4 1050 学習端末装置の例

応答反応を鍵盤装置で入力する。電子計算機からの伝送速度は、学習者の鍵盤速度よりはるかに速いので、同時に複数人の学習者があたかも1人ずつこのシステムを占有しているかのごとく自由に、自分の学習能力に見合った速度で学習してゆける。なお、何人かの学習者が、端末装置を用いて学習しているときに、コース作成者は別の端末装置を使って学習プログラム教材の入力や改訂を行うことも可能である。

図5-5-3に示した1401-1026 CAI システムでは、最高4台までの1050端末装置しかとり付けることができない。その他の点に関しては、1440-1448 CAI システムとはほぼ同じである。

1400シリーズのCAI システムでは、いずれも最低2台の1311磁気ディスクの記憶装置を必要とする。1台は、CAI が必要とするプログラムのライブラリ、学習プログラム教材（1台で5コース分まで収容可能）、学習者やコース作成者の諸データなどの保管用に用いられる。他の1台は、各学習者の反応状況を記録するのに用いられる。この反応状況の記録は、あとで汎用プログラムを使って印刷し、分析することができるようになっている。

(2) 1500学習システムの構成

IBMの1500学習システムは、CAIのために特別に設計開発したものであるが、そのベースになっているのは1130システムである。したがって、CAI システムとして用いていない場合には、通常のデータ処理にも使える。

図5-5-5に示したのが、このシステムの典型的構成である。

1131中央演算処理装置には、8,192語の主記憶装置と一枚の交換可能なディスク・カートリッジがくみ込まれている。このディスク・カートリッジは、51万2千語の容量があり、主としてプログラムを格納している。さらに、1131中央演算装置には操作卓がついており、入力用の鍵盤と出力用の印刷装置からなっている。

1501学習端末制御装置には、24,576語の磁気コア記憶装置、映像表示記憶装置およびいくつかの制御回路がくみ込まれている。制御回路は、つぎの役割りを果たすためのものである。

- 4枚の交換可能なディスク・カートリッジからなる2310磁気ディスク装置の制御
- 1505音声アダプタ装置の制御
- 最高32台までの学習端末装置の制御

1505音声アダプタ装置は、最高8台までの録音テープを内蔵し、学習端末装置への音声の転送と学習者の反応の録音制御を行う。学習端末装置に取付けられているイヤホンなどの音声出力装置を通じて、すでに録音済みの説明や質問を乱順序で選び出して出力できる。録音テープは4トラックからなっており、容易に交換することができる。1本のトラックは、各教材の番地を示すのに用いられる。残りの3本のトラックが録音用である。1本のトラックに40分ぶんが

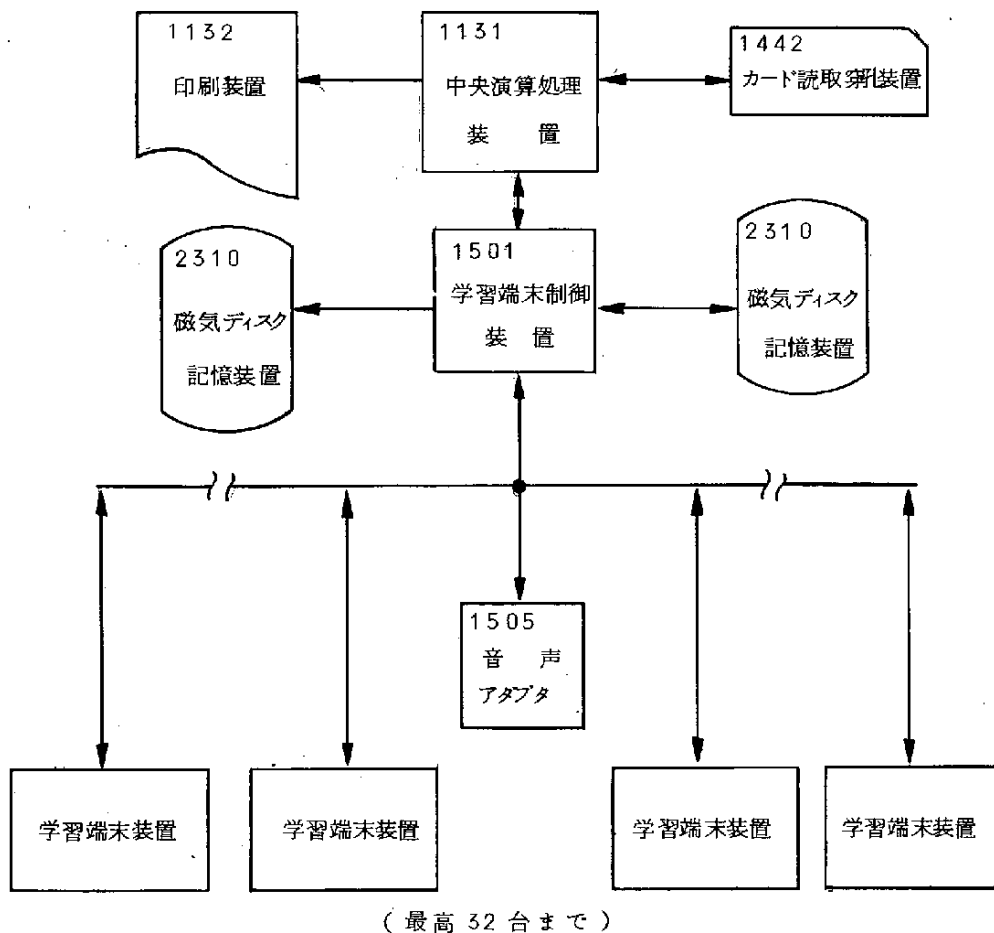


図5-5-5 1500学習システムの典型的システム構成

録音できるので、合計して2時間分の容量をもっている。なお、3本のうちの1本のトラックには、学習過程で、学習者が音声で反応したものを録音することもできる。したがって、語学教育などで有効に使える。

学習端末装置は最高32台まで制御可能である。各端末装置は、つぎの諸装置を自由に組合せて構成できるので、目標とする学習内容にもっともふさわしい効果的装置の選択ができる。

- ・音声入出力装置（マイクロフォンとイヤホン）
- ・学習表示装置とライトペン
- ・フィルム表示装置
- ・鍵盤装置

図5-5-6がその代表的構成を示している。

1) 音声入出力装置

1505音声アダプタ内の録音テープに接続されており、音声による刺激教材の提示をイヤホンから行なう。逆にマイクロフォンを通じて学習者の反応を録音し、あとで学習者や教師がこれを検討することもできる。一回の解説や質問は5分以内であり、学習者の進行状況に応じて必要なメッセージがアドレスされ、テープ上のどこにあっても乱順序にとり出すことができる。

学習者の音声録音ができることから、語学教育に特に有効である。たとえば、音声で学習者に正しい発音を教えたあとで、反復させて録音し、ただちにその学習者の発音と正しい発音とを再生し比較することができる。この録音能力の別の使い方としては、学習者の一連の反応を録音しておいて、あとで教師が学者反応の分析に使う。

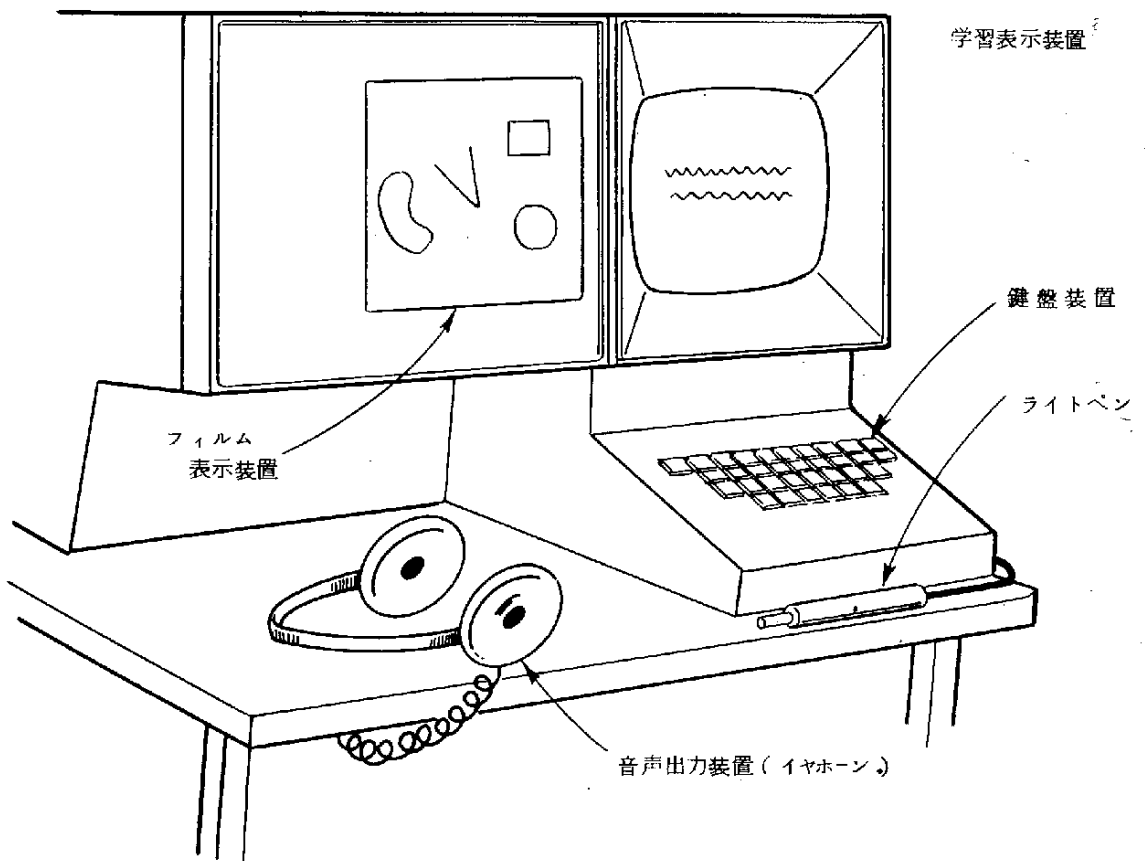


図5-5-6 1500学習システムの学習端末装置の構成

2) 学習表示装置とライトペン (図5-5-7 写真の左側), 鍵盤装置

1510 CRT ディスプレイ装置は, 学習表示装置, ライトペンおよび鍵盤装置で構成されている。表示画面の大きさは, 6×8インチであり, 表示できる文字は最高126種類で, 英数字のほかには使用者が定めた記号や図形などの表示も可能である。表示すべき情報は, あらかじめ教材の一部としてシステム内に記憶しておき, 学習者の応答反応に応じて適切な表示内容が選択されて, 映し出される。また, 鍵盤装置から入力したデータを表示して確認することもできる。

学習者は, 鍵盤装置から反応を入力することも出来るが, ライトペンを使って表示画面を指すことによって入力することも可能である。ライトペンで指示した点の座標が, 学習者の選択した答として解釈されるのである。

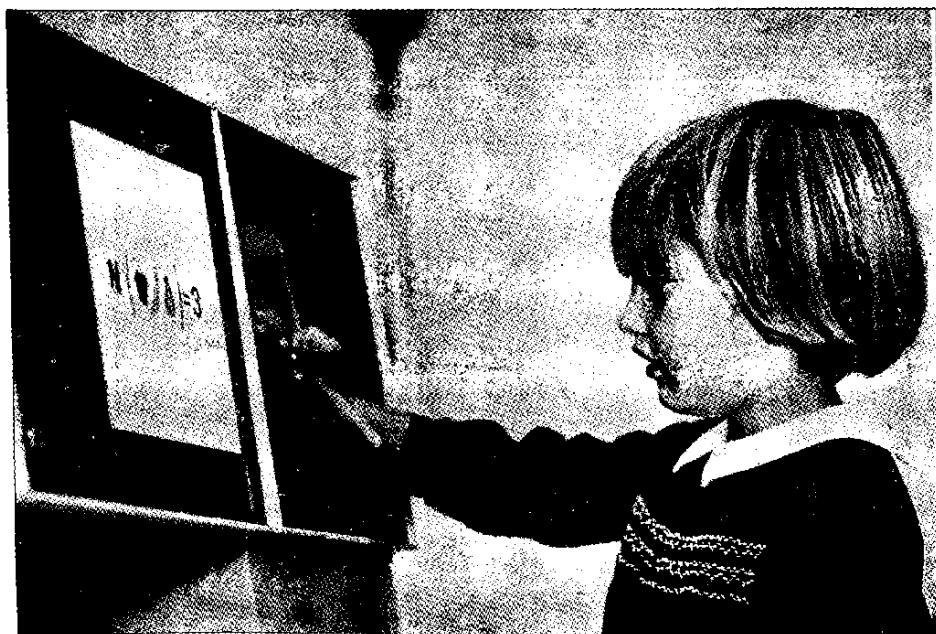


図5-5-7 1500学習システムの学習端末装置の使用例

3) フィルム表示装置 (図5-5-7 写真の右側)

卓上型の7×9インチのスクリーン上に写真, チャート, 図面などが投映される。これは, 普通のスライド・フィルムを用いたもので最高1000コマまでを一本のカートリッジに入れて使用する。フィルムは, 白黒でも, カラーであってもよい。学習プログラムの指示にしたがって, 前後どのような順序にでもとり出して投映できる。

音声装置からの音声と同期させることによって効果的な視聴覚教育が行なえるのである。

(3) システム／360 CAI システムの構成

1500システムが学習専用という目標にもとづいて研究開発されたのに対して、システム／360 CAI システムは、第三世代の汎用電子計算機であるシステム／360のハードウェアをそのまま適用したものである。ただし、データ通信システムに普通に使われる1050型端末装置ないしは2740型端末装置を学習端末装置として利用することから、これらの装置にフィルム・プロジェクタとテープ・レコーダが特別に接続できるようになっている。ともあれ、システム／360システムでは、その高速性と多重プログラミングの機能を活用してCAIのオペレーションと通常のデータ処理を同時平行的に行なえる強みがある。

システム／360 CAI システムの典型的な構成を示したのが、図5-5-8である。

中央演算処理装置としては、システム／360のモデル30、40、50、65、75のうちのいずれでもよい。主記憶装置の大きさは、64Kバイトから1024Kバイトまで許される。中央演算処理装置では、2311または2314磁気ディスク装置に収容されている学習教材を選択し、学習者の応答を分析したり、最高161個の端末装置と中央演算処理装置間でのデータの流れを制御したりする。

2311あるいは2314磁気ディスク記憶装置には、それぞれ取換え可能な1316および2316ディスク・パックが記憶媒体として使われる。これらディスク・パックに学習プログラム教材の全てが、各学習者やクラスの成績とその他の学習管理情報とともに記憶されるのである。システム／360 CAI システムでは、最低2台のディスク記憶装置を必要とし、そのうちの一方はコンピュータ・プログラムのライブラリとして使われる。

さらに磁気テープ装置も最低2台必要である。一つは、学習者の反応記録をとるのに必要であり、他方は、コース学習教材を再編集するオペレーションに使われる。

2701または2703伝送制御装置を通して最高161台の1050型または2740型学習端末装置が接続される。図5-5-9に示したのが1050型のそれである。学習教材は、タイプライタ型式の印刷装置、フィルム・プロジェクタまたは音声（テープ・レコーダによる）を通して提示される。一方、学習者の応答は、鍵盤装置から入力される。

フィルム・プロジェクタは、コダック社のカラーセル（Carousel）という製品であり、80枚の35ミリのスライドガフのトレイに収容できる。それぞれのスライドは、どんな順序でも投映することができ、学習プログラムで指定した時間のあいだ映し出されている。表示スクリーンは、端末装置の左上にあるが、プロジェクタそのものは、図5-5-10の写真で示しているように、左側のひきだしの上段に内蔵されている。

テープ・レコーダは学習者に音声でメッセージを送る。メッセージは、学習教材を作成する段階であらかじめ録音しておく。一本のテープには、40分のメッセージしか入らない。メッセー

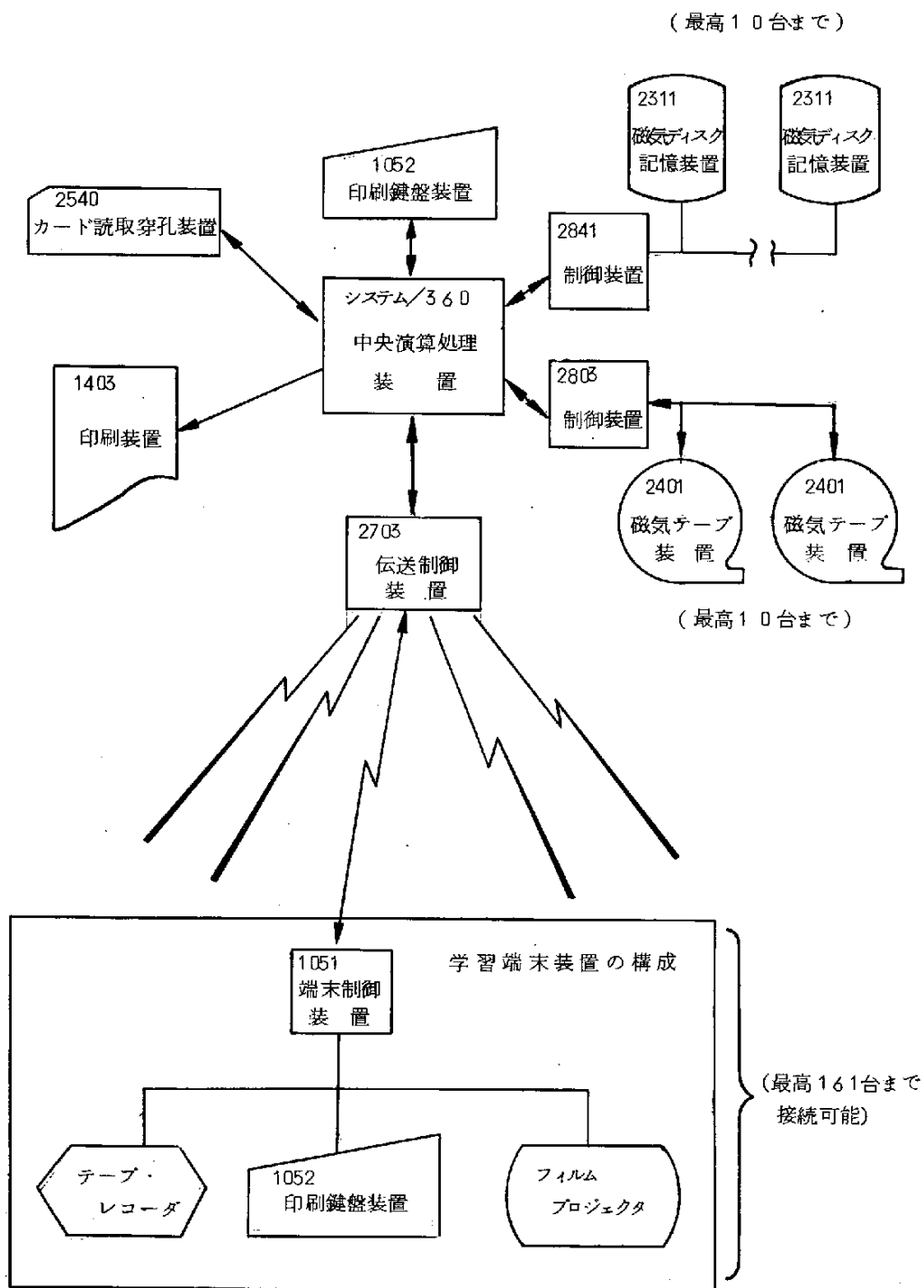


図 5-5-8 システム/360 CAI システムの典型的システム構成

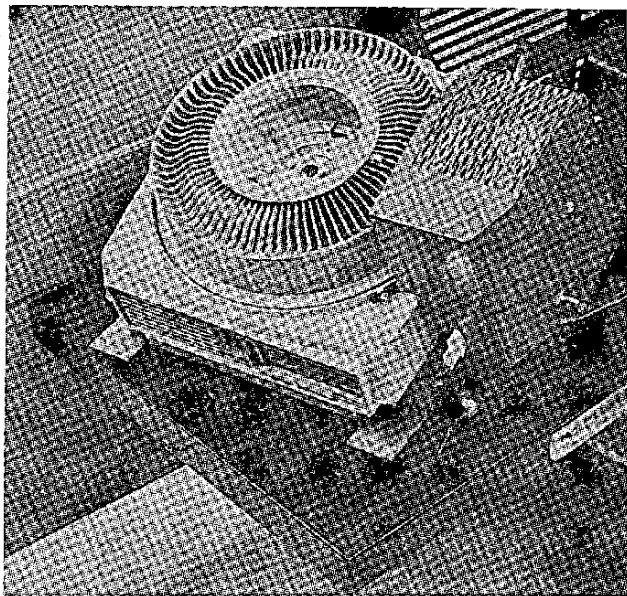


図5-5-9 システム/360 CAI システムの学習端末装置の例

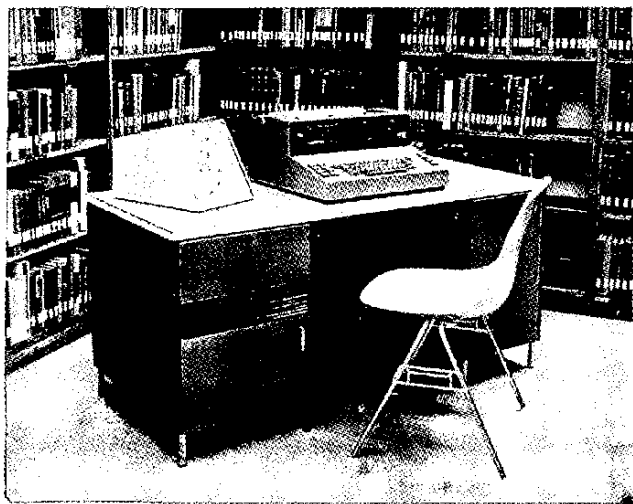


図5-5-10 フィルム・プロゼクタ

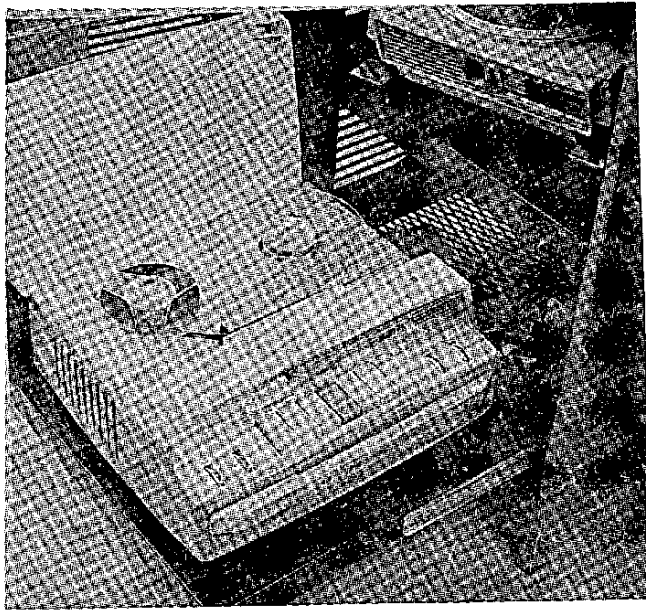


図5-5-11 テープ・レコーダ

ジは、アドトスと一緒に録音されているので、学習プログラムの指示にもとづいて、電子計算機がどのメッセージでも自由に選択再生してくれる。図5-5-11の写真にあるように、学習端末装置の左側のひきだしの下段に設置されている。フィルム・プロジェクタにどのトレイをセットすべきかとか、テープ・レコーダにどの録音テープをセットすべきかとか、学習プログラムで指示される。学習者は、その指示にしたがって適切なトレイやテープのセットを行なうことになる。

学習教材が、印刷装置、録音テープあるいはフィルムやこれらの組合わせで提示されると、学習者は、鍵盤装置で答えをたたき込むことによって応答する。この装置は、図5-5-9の写真に示されている通りである。

これまで学習端末装置という名前でよんできた装置は、じつは教師が学習教材を作成するためにも使用される。したがって、ある一つの端末装置を使って学習教材が作成されているときに、別のいくつかの端末装置では学習者が一生懸命勉強しているといった状況におかれることもある。もちろん、各々の学習者は、同一コースの学習ではなく、それぞれが選択した異種コースを学習していてもよい。

5.5.3 ソフトウェア・システムと運用者

IBM の CAI システムの制御と運用をつかさどるプログラミング・システムは、コースライターと呼ばれる一連の組織化されたプログラム群である。このコースライターは、オペレーティング・システムのもとではじめて機能することができるようになっている。

オペレーティング・システムは、コース教材の作成作業、学習過程あるいは成績反応の分析作業といった CAI 特有の仕事や一般のデータ処理などを、統一的に制御することによってシステム全体の生産性の向上とサービスの向上を目標としたソフトウェア・システムである。

コースライターはプロセッサと学習プログラム教材作成言語に大別される。後者は、教師（またはコース作成者）が学習プログラム教材を作成するさいに使用する言語である。一方、コースライター・プロセッサは、コース作成者が、コースライター言語を使って入力する学習教材を一定の形式に整えたうえで、磁気ディスクの装置に記憶させたり、学習過程において磁気ディスク装置から学習教材を選択提示する役目を果すプログラムである。

コースライターには、上記以外のプログラムとして各コースに関する学習者の応答成績状況を分析し、報告書を作成するためのユーティリティ・プログラムがある。

1400 シリーズの CAI では、コースライターⅠが、1500 学習システムでは、コースライターⅡが、そしてシステム/360 の CAI では、コースライターⅢがコンピュータ・ソフトウェアとして用意されている。いずれのコースライターも、その基本構造に変わりはない。ただ、コースライターⅡは、コースライターⅠの使用経験を生かして、改良と機能の拡張をはかっている。その主なるものは、コース作成者による学習教材の作成や教材の追加、削除の機能の拡充と多様な学習端末装置に対してのソフトウェア機能の追加である。それに、コースライターⅡでは、コース作成者が新しい機能を追加する必要が生じた場合、コースライターⅡのプログラムに新しい機能を追加することを容易にしている。つまり、急速に進歩しつつある CAI システムへの要求を将来的にも充足してゆくことができる開放的ソフトウェア設計となっている。

コースライターⅢは、基本的にはコースライターⅡを踏襲しているが、学習プログラムのブランチ機能の拡充、各種パラメータの設定や制御などの機能が拡大されることによって、より柔軟性に富んだ学習プログラムの作成と処理が可能になっている。

ここでは、コースライターⅢを中心にしてそのプログラム構成と機能および運用方法などを概観してゆくことにする。

(1) CAI システム運用に関係する人々

コースライターの構成や機能を理解するには、まずシステム運用に関係をもつ人々についての認識をもっておくことが前提となる。

普通の学習過程においては、教師と学習者の関係あるいは教材を中だちにした関係で学習が進

行してゆく。電子計算機を使用した学習では、電子計算機で選択提示される教材と学習者の反応という関係で進められる。

したがって、CAIシステム運用にあたっての主役は、あくまで学習者である。一方、CAIシステムのかくれた主役は学習プログラム教材の開発である。いかに電子計算機がすぐれ、そのソフトウェアがすぐれていても、学習プログラム教材が最適化されていないかぎり、効果的学習は全く期待できないからだ。学習プログラム教材を容易に電子計算機に入力できるようにするためのものがコースライタ言語である。

学習者は、電子計算機を援用した学習指導で完全に自学できるとは限らない。特別な補足指導を受ける必要も生じるであろうし、端末操作上の援助を要する場合もある。この種の仕事をこなうのがモニタである。

さらにシステム全体の管理や、コース作成者、コース名あるいは学習者などをシステムに登録するといった仕事をこなう人として監視者が必要になる。

図5-5-12で、コース作成者、学習者、モニタおよび監視者の相互関係を示した。

CAIシステムにおけるコース作成者の役割りは、学習プログラム教材を開発したうえで、コースライタ言語を使ってその教材を電子計算機に入力することである。単にコース教材を開発するだけでなく、作成した教材をテストし、評価することによって教材の修正と改善を行う必要がある。コース作成者は、学習端末装置をコース作成者モードで使用する。

学習者は、端末装置を学習者モードで使用する。他の端末装置のオペレーションとは無関係にコースを受けてゆくことができる。学習者は自分の能力に応じた速度で進むことができるし、自分の要件に一番ふさわしい教材内容が提示される。必要なら援助を求めることも出来る。その援助は、補足説明の教材で行なわれることもあるし、モニタによって行なわれることもある。

モニタの主要な役割りは、学習者を補足援助することである。彼らの質問に答えたり、必要な援助指導をする。単に端末操作にかゝわる質問に応ずるだけでなく、学習内容自体に関しても監視と指導を行なう。しかし、モニタは、学習者と同じ場所にいる必要はない。端末装置や電話を通して応答してやればよい。

監視者は、学習端末装置を監視者モードにして使用する。監視者モードにすることによって、他の学習端末装置や電子計算機システム全体の制御ができるようになる。監視者は、システム使用の特権をゆだねられた人であるので、コース作成者や学習者が必要としないようなシステムに関する知識や技能が要求される。なぜなら、電子計算機操作の全体を監視し、システム利用の計画を立てる仕事をまかされるからである。つまり、学習者に関する管理(学習者のコースへの登録、削除あるいは学習者記録の修正)、コース作成者とコースにかゝわりのある管理(コース作成者やコース名の登録、削除など)、システム・オペレーションの管理(コースのスケジューリ

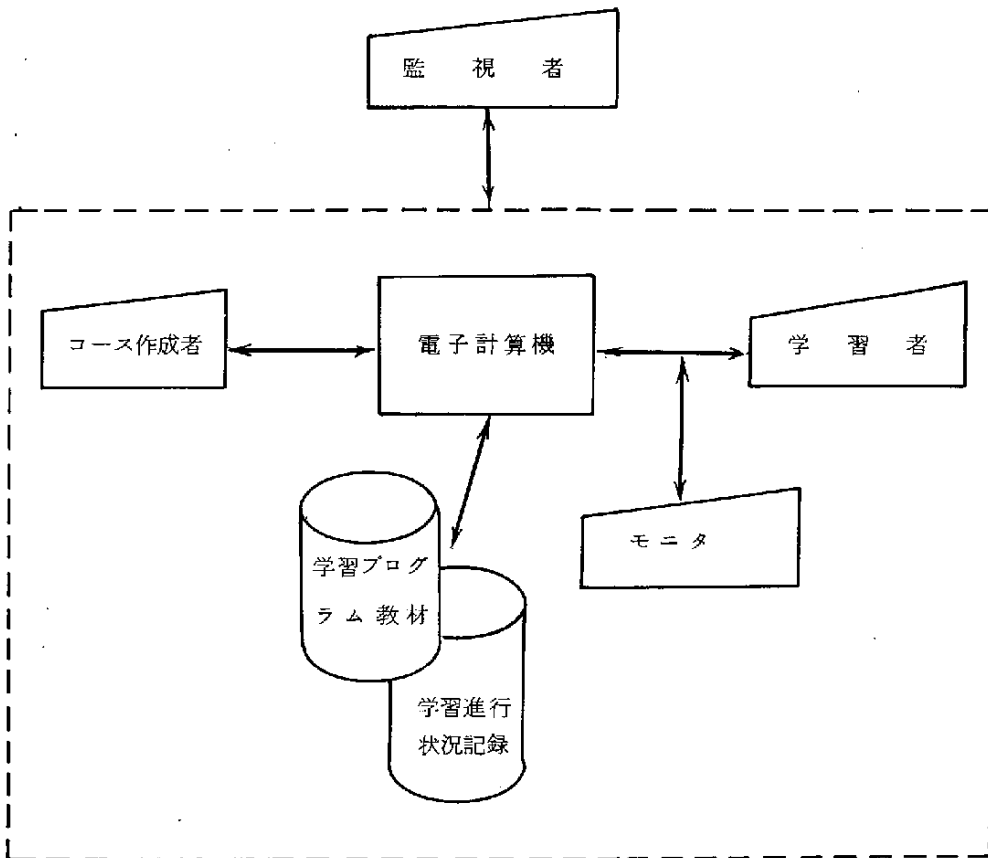


図5-5-12 CAIシステムの運用に関係する人々

ング、学習反応状況の分析印刷、学習教材ファイルの保守と管理など)を行なうのが監視者である。

コース作成者、学習者、モニタ、監視者などCAIシステムの運用に関係する人々に奉仕するのが、コースライターである。以下これらの人々との関係を主体にコースライターⅢの構成と機能を説明する。

(2) コースライターⅢの構成と機能

コースライターⅢは、システム/360ディスク・オペレーティング・システムのもとで動く(システム/360オペレーティング・システムのもとで機能する特別なコースライターⅢもあるがここではとりあげない)。

ディスク・オペレーティング・システムでは、最高3つまでの処理プログラムを同時平行的に実行することができる。1つの背景部と2つの前景部と呼ばれる区画にそれぞれのプログラムが

記憶されたいうで実行される。CAI プログラムは、通常、前景部の 1 区画を利用する。もう 1 つの前景部の区画と背景部の区画は、一般のデータ処理プログラムを平行的に処理してゆくのに適用される。

図 5-5-13 に示したのが、コースライタⅢの構成と相互関係である。コースライタⅢのプログラム群は、ディスク・オペレーティング・システムの一部として制御プログラムや処理プログラムと一緒に一台のディスク・バックに収容されている。

コースライタⅢのプログラムは、プロセッサと端末入出力制御ルーチンおよび学習者反応プロセッサからなっている。さらにコースライタⅢの構成要素として、コースライタⅢ言語がある。

プロセッサは、CAI 制御ルーチンのもとに監視者用ルーチン、コース作成者ルーチンおよび学習者ルーチンがある。

監視者用ルーチンは、監視者が端末装置から入力した指令にもとづいて、コース名やコース開発者の登録、学習者の登録や学習プログラム教材を収容する場所を磁気ディスクに確保するなどの機能を果す(図 5-5-13 ①を参照)。

コース作成者ルーチンは、コース作成者が学習プログラム教材をコースライタⅢ言語を使って入力したものを一定の形式にとりのえたいうで、磁気ディスク上に書き出す。そのほか、教材の修正や改善作業を行ないさいにもその役割を果す(図 5-5-13 ②を参照)。

学習者ルーチンは、学習プログラム教材を磁気ディスク装置から選択したいうで、学習者に提示すると同時に、学習者の応答を分析し、つぎの提示教材を決定する。さらに、学習者の応答結果を記録として磁気ディスクと磁気テープ上に記憶させる機能を果す(図 5-5-13 ③参照)。

端末入出力制御ルーチンは、通信回線の制御と学習端末装置の制御の役割りを果す。

学習反応プロセッサは、コースライタⅢで磁気テープ上に記録した学習者の学習反応状況と成績状況などを印刷する機能を果す。ただし、このプログラムは、ディスク・オペレーティング・システムの背景部の区画でのみ実行できる。

コース作成者が、学習プログラムを作成する過程で用いる言語が「コースライタⅢ言語」である。コースライタⅢ言語は、何らかの特別な学習法に基礎をおいて考案されたものではない。したがって、この言語は、特定の学習法を無理強いするものではない。コースライタⅢの CAI システムを構成する物理的装置の制約の範囲内で、コース作成者自身が最適な学習手法をみだして学習プログラムを開発してゆく場合の便利な道具である。

この言語を使うと、学習者への種々な刺激教材の提示と積極的応答を促すための質問、質問に対する正答と予想される誤答、誤答を正すためのヒントや予習の指示などを自由にプログラム化することができる。

さらに、この言語を使うことによって、学習者の学習反応を科学的に分析することで最適学習進

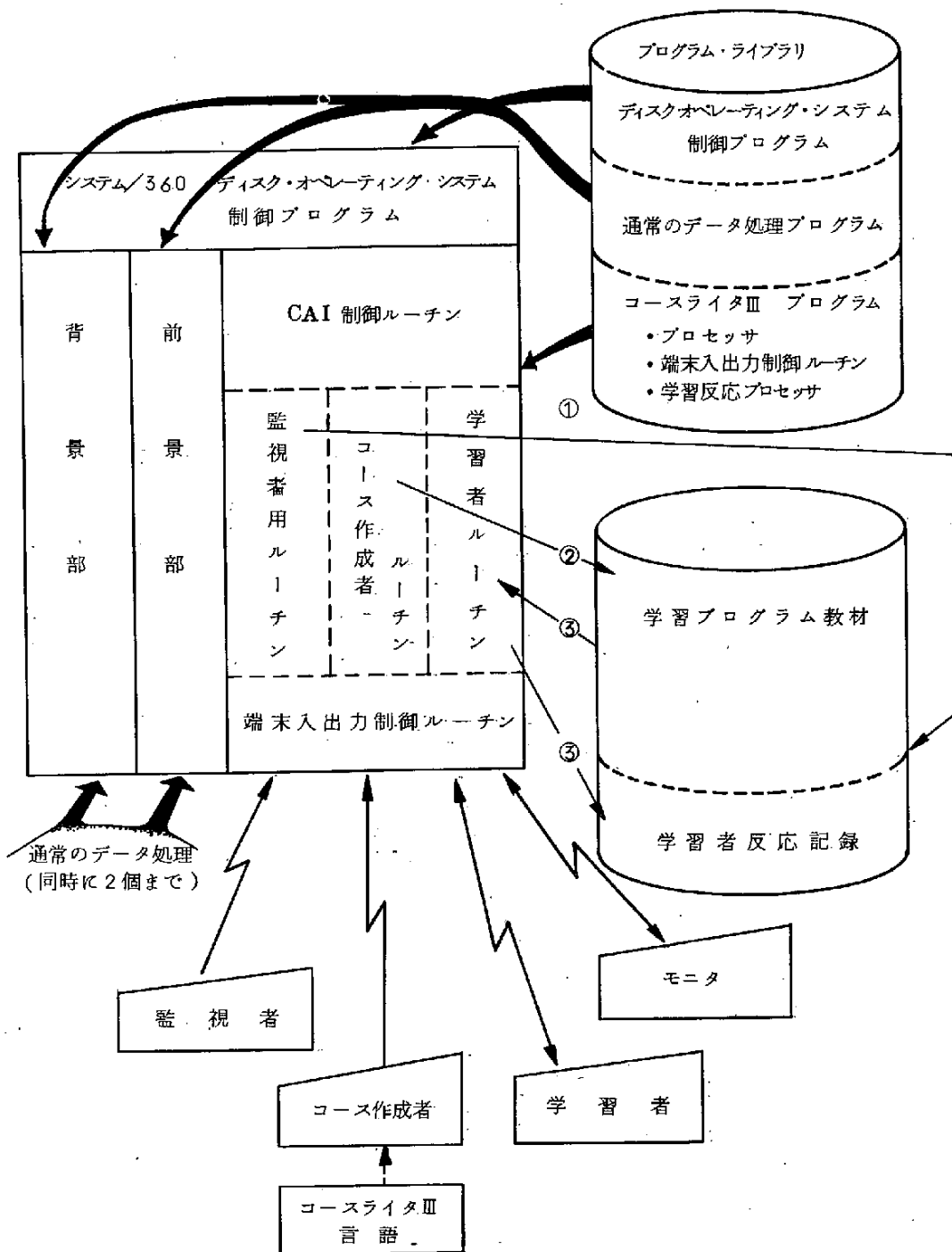


図5-5-13 コースライターⅢの相互関係

路をたどるように学習過程の制御をすることができ、必要に応じてその進路を修正することもできる。

図5-5-14に示したのが、コースライターⅢ言語を使用して作成した学習プログラムの一部である。この例にあるように、教材内容の機能を定義するには、単純なオペレーション・コードを使う。これらのコードは、操作機能を表わす略字で示される。たとえば、一つの質問は、オペレーション・コード「qu」(question)を用いて指定する。テキスト欄に書かれた内容が学習端末装置に提示されるのである。質問に対する正答は「ca」(correct answer)というコードで指定する。学習者の応答に対して、学習者に何らかのコメントを与えたいときには「ty」というコードを用いる。図5-5-14の例で質問に対して学習者が「3025」という正しい応答をした場合には「Very Good」という文章がタイプライタで印刷される。

予想される誤答は、「wa」(wrong answer)というコードを記入したうえで示す。不確定または判定不能な答が示された場合のコメントは「un」(unknown answer)というコードをオペレーション・コード欄に記入したうえで、テキスト欄にそのコメントを表示する。学習者がこの種の応答をした場合には、テキスト欄のコメントがタイプライタで打ち出される。

Label	Operation Code	Blank	Text
	qu		To square a two-digit number ending in 5 we can :
			1. Multiply the leftmost digit by its successor
			2. Write 25 after the result of step 1.
			Example: The square of 25 is:
			1. 2 times 3 (leftmost digit times its successor)=6
			2. Write 25 after the result of step 1. =625
			Question: The square of 55 is
	ca		3025
	ty		VERY GOOD
	wa		3055
	ty		We can see how you made this mistake. You seem to
			understand rule 1, but we suggest that you have another
			look at rule 2 and then try again.
	un		Please study the text and the example and then try again.
	qu		Let's try the next one.
			Question: The square of 35 is

図5-5-14 学習プログラムの例

予期される答の場合には、「aa」(anticipated answer)、学習者の学習進路を変更するには「br」(branch)を、音声テープを特定のメッセージが録音されている位置まで動かす指示は「au」(audio position)、フィルムの特定コマを選定するには「fp」(film position)など合計30種類のオペレーション・コードが使える。

コースライター言語は、前述のようにきわめてやさしい言語である。コース作成者にとって重要な知識は、この言語以前の問題、つまり、開発対象としているコース内容に関する十分なる知識と各種学習手法あるいは学習プログラムや視聴覚教材作成の手法に関する知識や技術である。

5.5.4 CAIシステムの運用手順と各種操作指令

コースライターによるCAIシステムの運用手順をみておこう。その過程を図5-5-15である。

まず、どのようなコースが誰れによって作成されるかの登録作業から開始される。コース名とコース作成者名やその番号などが監視者の手で登録される。誰れでも自由に登録することは出来ない。混乱をふせぎ統一的なシステムの管理を行なうために、その権利を与えられた人、つまり監視者だけがこの仕事を行なうようにしている。監視者は後述するような監視者用指令を使って、コース名やコース作成者の登録を行なう。この登録作業を通して磁気ディスク記憶装置上に教材を貯える場所が確保される。

つぎに、登録されたコースの教材をコース作成者が作成する、コース作成者用指令とコースライター言語を使って教材の入力とテストおよび改訂作業を行なう。この時に働くコースライタープロセッサのプログラムがコース開発者ルーチンであることはまえにもふれた。もちろん、目下のコース作成中に他の学習端末装置では、すでに開発済みのコースを学習していてもよい。

学習プログラム教材が磁気ディスク上に完成すると、そのコースを受講する学習者の登録が行なわれる。この作業も監視者だけに許された仕事である。この作業を通じて各学習者の進行状況や成績を記録する場所が磁気ディスク上に予約される。

登録された学習者には、そのコースを学習する資格が与えられたことになる。学習者用指令を使って学習を開始する。学習過程で、モニタは学習者の進行状況をチェックし、補足援助をする。コースライタープロセッサの学習者用ルーチンは、学習教材の選択提示と応答の分析だけでなく、各学習者の進行状況や応答成績の記録をとる機能である。

(1) 監視者用指令とその使用例

監視者用指令には、コースや学習者の登録などをはじめとして26種類の指令がある。

図5-5-16に監視者用指令の使用例のいくつかを示しておいた。大文字で印刷されている行は、すべて電子計算機から出力されたメッセージであり、監視者がキー・インする指令は小文

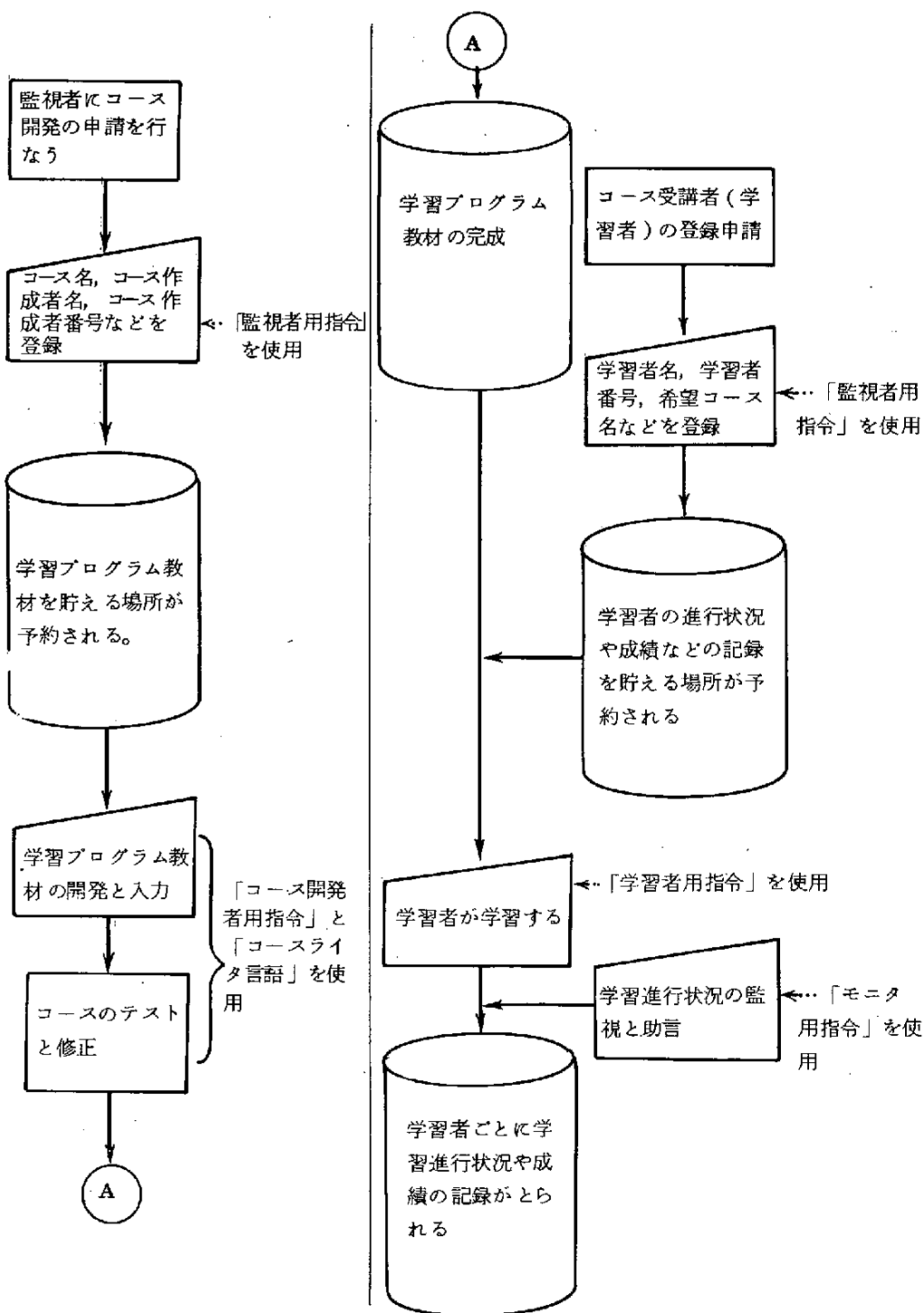


図5-5-15 CAIシステムの運用手順

オペレーション の開始	sign on ③ TYPE YOUR NUMBER x09240 ③ 06/01/70 10:00 LINE4 TYPE COMMAND
コース登録	register course daisu/a002900/J. EMURA/43/2000 ③ COURSE REGISTRATION FINISHED
学習者の 登録	register student ③ TYPE STUDENT DATA sansu/s100201/taro suzuki ③ REGISTRATION COMPLETED-REMAINING RECORDS=53 TYPE STUDENT DATA /s100205/jiro yamamoto ③ REGISTRATION COMPLETED-REMAINING RECORDS=52 TYPE STUDENT DATA end ③
オペレーション の終了	sign off ③ LINE IS SIGNED OFF

図5-5-16 監視者用指令の使用例

字の行である。

操作の開始にあたって、「sign on ③」を入力する。CAI システムにおいて端末装置を操作するには、まず、これをキー・インする。そのあとで、その監視者に賦与されている監視者番号を入力する。この番号の最初につけられている“x”が、監視者番号であることを意味し、これによって監視者ルーチンが主記憶装置にローディングされて機能するようになる。

コース登録は、「register course」という指令で行なわれる。“daisu”というのが登録コース名、“a002900”がコース作成者番号、“J. EMURA”がコース開発者、“43”が教材を収容する磁気ディスク・パックの番号、“2000”は、教材を収容するに必要と予想される大きさ（ブロック数）である。その他、このコースを受講する最大学習者数などを指定することもできる。

学習者を登録するには、「register student ③」という指令ではじめる。そのあとで、学習者が受けるコース名(sansu)、学習者番号(s100201)、学習者名(taro suzuki)などの指令を与える。同一コースに2名以上を同時に登録する場合には、2番目以降の学習者の登録には学習者番号(s100205)と学習者名(jiro yamamoto)だけでよ

く、コース名は不要である。すべての学習者の登録が終ると「end ③」でその終りを知らせる。

端末装置のオペレーションを終了するには「sign off ③」とキー・インすればよい。

以上の指令のほかに、監視者指令には、各端末装置にメッセージを送る指令(send)、学習者の登録削除指令(remove student)など22種類がある。

(2) コース作成者用指令とその用例

コース開発者用指令には、教材内容を磁気ディスク上に記憶させる指令や教材の一部を追加、削除する指令など11種類の指令がある。図5-5-17の写真は、コース作成者がこれら指令とコースライタⅢ言語を利用して、学習プログラム教材を作成している様子を示している。

一方、図5-5-18では、コース作成者用指令の使用例をいくつか示している。オペレーションの開始は、監視者用指令と同じように「sign on ③」ではじまる。そのあとでコース開発者番号をキー・インする。この番号の最初は“a”という文字で始まり、これによってコース作成者ルーチンが機能するようになる。コース番号をキー・インしたあとで開発コース名(sansu)を知らせる。

学習プログラム教材は、「insert after コース名」指令の直後から入力してゆく。この指令をキー・インすると自動的にステートメントの順番を示す番号(0-1)がうち出される。そのうしろに一行ずつ学習プログラム教材の内容をタイプ・インしてゆく。一行(つまり、③をキー・インするまで)ごとに新しい順番を示す番号がタイプ・アウトされる。教材作成を打切するには「end③」指令をうちこめばよい。

すでに出来上っている教材の一部に追加を行なうには、やはり「insert」指令を使用する。ただし、コース名の代りに、どのステートメントのあとに追加すべきかを示す記号(この例ではsansu-0-14.)を入れる。

教材の一部を削除するには、「delete」指令を使う。オペランドでどのステートメントからどのステートメントまでを削除するかをキー・インする。1つのステートメント(つまり一行)だけを削除するときは、1つのオペランドでことたりる。

以上の指令以外に、教材の一部を新しいステートメントで改訂する指令(replace)、ある部分の教材の順序を変更する指令(move)、教材内容の特定部分を印刷して調べるための指令(type)、学習者モードに切りかえて内容を自分でテストしてみる指令(go to)、逆にコース作成者モードにもどす指令(author)などの指令が用意されている。

なお、オペレーションの終了には、やはり「sign off」指令を使用する。

(3) 学習者用指令とその用例

学習者用指令は、わずか5種類しかない。これは、学習者の端末装置の操作を可能なかぎり単純化するために最少限におさえられた結果による。



図 5-5-17 コース作成者の学習プログラム教材作成作業

学習者用指令の用法を示したのが図 5-5-19 である。学習者が学習を開始するには、やはり、「sign on ①」の指令を使用する。そのあとで、その学習者の登録番号をキー・インする。番号の最初の文字“s”は、学習者であるということを表示し、これによって学習者ルーチンが機能するようになる。学習者番号を入力したら、あとは受講を希望するコース名をたたき込む。これで学習が開始できることになる。すでに該当コースを途中まで学習している場合には、

教材作成 の 開始	sign on ③ TYPE YOUR NUMBER a002340 ③ 06/01/70 10:10 LINE4 TYPE COURSE NAME sansu ③ YOUR NAME IS J. EMURA BLOCKS REMAINING = 830 TYPE COMMAND
教材挿入 の 作業	insert after sansu ③ 0-1 qu To square a two-digit number ending in 5 we can: ③ 0-2 1. Multiply the leftmost digit by its successor. ③ 0-3 2. Write 25 after the result of step 1. ③ 0-4 ⋮ ⋮ ⋮ 0-14 qu Let try the next one. ③ 1-1 Question: The square of 35 is ③ 1-2 end ③ TYPE COMMAND
教材追加 の 作業	insert after sansu-0-14 ③ 0-15 Review the previous question. ③ 0-16 And try the next one ③ 0-17 end ③ TYPE COMMAND
教材の 1部削除 の作業	delete sansu-0-15/sansu-0-16/ AN EOB WILL DELETE 2 STATEMENTS TYPE cancel TO PREVENT DELETION ③ DELETE COMPLETED end ③ TYPE COMMAND
作業の 終了	sign off LINE IS SIGNED OFF

図5-5-18 コース作成者用指令の使用例

学習の 開始	sign on ③ TYPE YOUR NUMBER s100201 ③ 06/01/70 13:00 LINE4 TYPE COURSE NAME sansu ③ YOUR NAME IS TARO SUZUKI
教材提示 と 応答	To square a two-digit number ending in 5 we can: 1. Multiply the leftmost digit by its successor. 2. Write 25 after the result of step 1. Example: The square of 25 is: 1. 2 times 3 (leftmost digit times its successor)= 6 2. Write 25 after the result of step 1. = 625 Question: The square of 55 is ____. 5555 ③ Please study the text and the example and try again. 3055 ③ We can see how you made this mistake. You seem to understand rule 1, but we suggest that you have another look at rule 2 and then try again. 3025 ③ VERY GOOD 電子計算機からの教材提示 学習者の応答
解答援助 の 要求	Question: The square of 55 is ____. 3855 ③ Please study the text and the example and try again. 3255 ③ Please study the text and the example and try again. help ③ 3025 3025 ③
学習の 終了	sign off ③ LINE IS SIGNED OFF

図5-5-19 学習者用指令の使用例

前回中断したつぎの教材内容から学習が再開される。

図5-5-19の教材提示と応答の部分で示した例は、図5-5-14の学習プログラムを使って、学習した場合の例である。学習教材は、タイプライタで自動的に印刷され、学習者が応答するためにキー・インする内容もタイプされる。プログラム化された教材提示と学習者の応答のくり返して、学習がどんどん進められてゆく。

学習者がどうしても正解を見出せない場合には、「help ⑬」指令をキー・インすることによって、電子計算機の援助をあおぐことができる。学習者が、つぎに進むためには、電子計算機が出力してくれた正解を自分でもう一度キー・インすることが要求される。時には学習者が“help”を求めても、正解を与えないような学習プログラムにすることもできる。その場合には、この指令をキー・インすると「NO HELP ALLOWED」とタイプされる。たとえば、コースの中の一部でテストを行なうような場合、その部分では“help”の機能が働かないようにしておいた方がよいといった場合に適用される。

学習を終了したいときには「sign off ⑭」指令を入れるとよい。

以上の指令以外に、学習過程において補足説明を必要とする場合には、「go to 補足説明の項目名 ⑮」という便利な指令がある。また学習過程で、コース作成者にメッセージを送りたい場合には「①① メッセージ内容⑯」指令を使えばよい。ただし、この指令が使えるのは、該当コース作成者の端末装置がオンになっているときにきがる。

なお、モニタ用指令としては、学習者の学習状況を把握する指令や学習端末装置が接続されている通信回線の状況をとらえるための指令などが用意されている。

5.5.5 お わ り に

1968年8月の米国CAIガイドの調査報告によると、CAI用に使われているIBMの電子計算機システムは196台である。スタンフォード大学やテキサス大学などの大学を中心にして進められているCAIプロジェクトで活用されている例が多い。同時点でのコースライタの使用数も123にのぼっている。

最初にふれたように1958年からのCAIシステムの研究・開発の志向がやっと10年後にここまで到達したのである。教育における電子計算機利用の潜在的可能性は非常に高いのであるが、真に効果的利用を行なうためには、年月を要する地道な基礎研究と開発が要求されるのである。

5・6 UNIVAC のシステム

5・6・1 システムの概要

UNIVACのCAIシステムは、主としてUNIVAC 1108電子計算機システムとUNIVAC COPE 300。CRTディスプレイ及びテレタイプライタを使ったシステムで構成されている。現在実際に行なわれているものでは、

ニューヨーク市立大学……………語学教育コース

(City University of New York at HOSTOS Campus)

デンバー大学……………中学クラスの算数

(University of Denver)

ウイスコンシン大学……………中学クラスの算数

(University of Wisconsin)

米国陸軍……………エレクトロニクス基礎講座

(U.S.Government military)

UNIVAC社内……………

(Federal System Division)

コンピュータ・オペレータ教育コース

フィールド・エンジニア教育コース

プログラマ・教育コース

等がある。

これらのアプリケーションは、すべてUNIVAC 1108 COPI により教材の作成とオペレーションが行なわれている。

COPIとは Computer Oriented Programmed Instruction の略でUNIVAC 1108又は1106大型電子計算機の制御のもとに、リアル・タイム又はタイム・シェアリング・システムによるCAIソフトウェアである。

現在稼働中のものは COPI-Ⅱと称し、学習教材のファイルには FASTRANDⅡ型磁気ドラム及びFH 432高速磁気ドラムを備え、通信回線を通して多数の学習者端末が時分割

方式で同時にコントロールされている。(図5-6-1)

尚次のステップとしてC O P I-Ⅲの開発が行われ音声出力、スライドプロジェクタ、マイクロフィッシュ・プロジェクタ、等がコンピュータコントロールされ、完全なTSS・CAIシステムが完成することになっている。

5.6.2 C O P I の構成

C O P I-Ⅱは次の三つのエレメントから構成される。

- (1) コース・アセンブリ
- (2) インタラクティブ・システム
- (3) 記録の分析とデータの評価

以下にこれらの概要を説明する。

(1) コース・アセンブリ (Course Assembly)

先づC O P I-Ⅱの記述様式に従った学習教材を入力データとして、教材ファイルを作成するこのアセンブリ・ランはUNIVAC 1108/1106のバッチ・ランの1つとして処理される。この時処理に必要なコントロール・カード及び学習プログラムの形式上のエラー・チェックが行われ、アセンブリ・ジャーナル及び磁気テープ上に学習プログラムのファイルがアウトプットされる。ここで完成した磁気テープは、次のインタラクティブ・システムの入力ファイルとして使用される。(図5-6-2, 図5-6-3)

(2) インタラクティブ・システム

この部分は会話モードで、学習者に学習プログラムを提示する部分である。学習者はコンピュータより要求される通りに、自分の名前と学習者番号(最初の場合は名前だけでスタートする。この時、コンピュータより新しく登録した学習者番号が提示される)を入力すると、前回学習したプログラムの最後のフレームがディスプレイされ、前回に継続して学習が行なわれる。又この部分では、教材の提示だけでなく、学習の進行過程や正・誤答の状況など、逐次学習者情報テーブルに記録され、後の評価のプロセスで使用されるデータを作る。

学習プログラムの内容によっては、一担その教材から離れて、計算機として学習者端末を利用し、再びもとの学習プログラムにもどることができる。例えば、*CALCの5文字をキー・インすると該当の端末は、カリキュレーション・モードにかわり、四則演算(+, -, *, /)指数演算(**), 平方根(SQR), SIN, COS, TANなどを含む簡単な式のデータをインプットすると、その演算結果を即時に得ることができる。そして*TERMの5文字をキー・インすると、元の学習プログラムが再び提示され、その学習が続行される。

更にC O P Iでは学習者用のディスプレイと学習プログラム作成者のそれとが、ハードウェア・アイデンティフィケーションにより区別できる。そして、作成者の端末からは、* E D I Tという機能が利用できて、必要に応じて学習プログラムの部分的な修正が端末を通じて行なうこともできる。この機能は学習者が勝手に学習プログラムを変更できないように、学習者用端末からはロックされている。

(3) 記録の分析を評価

学習プログラムの提示のプロセスで、逐次磁気ドラム上に記録された学習者の情報は、学習が終了すると一担磁気テープ上に移される。このテープを入力ファイルとしてG R A D E (General Record Analysis and Evaluation)のプログラムを実行させると、3種類の集計データを得る。

一番目のリストは学習者1人1人について、各フレーム毎に、経過時間、得点の状況、学習者の解答がすべてリストされる。

二番目のリストは学習プログラムに着目して、各フレームについて、何人の学習者がそれをリファラーし、その解答が予め用意してある予想解答 (Anticipated Response) 毎にどのように分布されているかを計算してリストする。

三番目のリストは、各学習者がどこまでの課程を消化したかを示す一覧表である。

これらのデータにより、学習者各人の学習状況の把握と、解答のバイアスを検討し学習プログラムの評価を行なうことができる。

5.6.3 C O P Iによる学習プログラム

(1) 学習プログラムの構造

C O P Iによる学習プログラムは、一般の教科書と同様に、先づコース・アイデンティフィケーション (教科名) が与えられ、その中にいくつかのレッスン (学課) が作られている。各レッスンはいくつかのフレーム (Frame) より構成され1つのまとまった学課となっている。

フレームは、いわば連続した知識の単位で、その1つ1つが学習者に提示され、対話が行われる。

C O P Iではデータ・フレームをデジジョン・フレームの2つに分けて考えられる。

データ・フレームは、学習者に直接提示する内容を含んだフレームで、

質問文又は説明文

予め用意した解答

学習者に対する強化文

から構成される。

デシジョン・フレームは、作成者がより効果的な指導が行なえるように学習者の経過状況を評価し、以後の進路を決定したりするためのもので、学習者に提示される内容は含まれない。

先に説明したコース・アセンブリによってこれらの区別がはっきりされるように、各データ・カードの最初の2文字がコントロール・ファンクションとして使用されている。

ID…………コースの始まりを示す

LN…………レッスンの始まりを示す

FR…………データ・フレームの始まりを示す

DE…………デシジョン・フレームの始まりを示す。

そしてこれらの2文字の後に10文字までの英数字を使って、それぞれの名前をつけることにより他のものと区別される。更にその他のA～Zの2文字の記号は、データ・フレームの中の強化文のシンボルとして使用される。

(2) データ・フレーム

COPYではUNISCOPE CRTディスプレイ装置を学習者用端末として使用するようになり、デザインされている。従って1度に提示されるデータの大きさは、64文字を1行に、最高15行まで許される。そして、この大きさの説明又は質問文と学習者からの応答の処理方法及び分岐方法、強化文などを含めて1枚のワーク・シートに記入することにより、各フレームが出来上がる。(図5-6-5)

(1) 解答の見定め方と強化

学習者に提示するフレームの中に、質問を含む時、作成者はあらかじめ2.5個までの予想回答を準備しておくことができる。更に、学習者のまちがいがやすい答、まちがいを含んだ答など、それぞれの内容に応じ点数を与えることもできる。

予想回答(Anticipated Response)に対してCOPYではマッチ(match)とよぶ処理が実施される。このマッチには作成者の要求に従って次のようなタイプを適時に活用できる。

1) ダイレクト・マッチ(Direct Match, DM)

DMは作成者の用意した答と生徒の答が完全に一致したときのみ正解とする。

2) フォネチック・マッチ(Phonetic Match, PM)

PMでは作成者の回答と学習者の回答の両者を比較し、多少綴りのまちがいがあっても発音が非常に近ければ、それで可とする。例えばfatherとfartherといったケースが考えられる。PMは英語の発音を音声学の見地から8つのグループに分割し、それらのグループを代表する1つの文字におきかえて、両者を比較する。

3) キーワード・マッチ (Keyword Match, KM)

回答を文章で求めるような時に、KMにより学習者の答の中に不可欠な単語や熟語をあらかじめ選定しておき、これがすべて含まれていれば可とする。したがって表現は自由である。

4) ポジティブ・マッチ (Positive Match, POSM)

学習者の肯定的な表現にはいろいろある。YES, OK, I THINK SO, CERTAINLY, …… 等々たくさんの答のどれを使ってもよいようにあらかじめ記憶されており、そのファイルのどれかに一致すればマッチは成立する。

5) ネガティブ・マッチ (Negative Match, NEGM)

POSMと同様、否定のためにNEGMでは、NO, WRONG, FALSE, などたくさんの言葉が記憶されている。

このほかに予想しなかった答の出た場合に対処するノーマッチ (NM) などもある。

これらのマッチ・タイプは、すべて予想回答の次に該当する略号を記入するだけで、指定の通りの扱いが自動的に行われる。

次に強化の与え方であるが、これの指示としてPRINT AA というような形が使われる。ここでAAは強化文の頭につけられた記号を示している。

(ii) 分岐の方法

分岐型の学習プログラムでは、学習者の答に従って正答の場合および誤答の場合の次に与えるフレームは、作成者によって指定される。GOPIでは、予想回答の後にマッチタイプを書き、必要なら強化文の指定をして、GOTO FRAME 2 という形で次に進むフレームの名前を記入する。(図5-6-6)

学習プログラムの作成者は、時として学習者に典型的なある質問を与えてみて、その答によっては、別の手段でより詳しく説明を与えたい場合がある。GOPIではこんな時のために、DOという分岐形式を採用することができる。DOによる分岐方法はあたかも電子計算機プログラムのサブルーチンの如きものであって、次の図のように示すことができる。(図5-6-7)

DOは1つのDOの中に最高3段階まで入れることもできる。したがって、可成り複雑な内容でも学習者の能力により十分に詳しく、あるいは早い進度で先へ進むこともできる。

(3) デシジョン・フレーム

GOPIでは学習者1人1人にSIT (Student Information Table) が用意され、設問に対する答の評価を逐次集計している。作成者は予想回答に対して、-9~99の中で評点を与えることができるので、これらの累計の結果によって、学習者の理解の程度を判断することができる。

このフレームは、学習者に提示するのではなく、作成者が評価するフレームなので、説明文や

質問などのデータは含まれず、評価のステートメント、分岐の指示とカウンタのクリアの指示だけで構成される。

5・6・3 評価の方法

予想回答につけられている点数は、各SITの中で正の点数、負の点数が、別々に合計され且つ両者の和も計算される。

POSCT.....プラスの合計点

NEGCT.....マイナスの合計点

CTプラスとマイナスの合計点

これらのカウンタに入っている点数を次の判定記号によってテストする。

EQ 等しい ($=$)

NE 等しくない ($\neq$)

LT より小さい ($<$)

GT より大きい ($>$)

LE より小さいか等しい ($\leq$)

GE より大きいか等しい ($\geq$)

判定条件の部分を満足した場合、その右側に書いた分岐の指示が実行される。

又デシジョン・フレームで、分岐の条件が調べられた後、各カウンタを0にもどしたい時は、クリアの指示を与えることもできる。(図5-6-8)

大体以上がCOPIIによるUNIVAC CAIシステムの概要であるが、特別電子計算機の言語に精通している必要はなく、UNISCOPE上にどんな形式にデータをディスプレイしたいかに考えを集中させることができる。

(犬 伏 委 員)

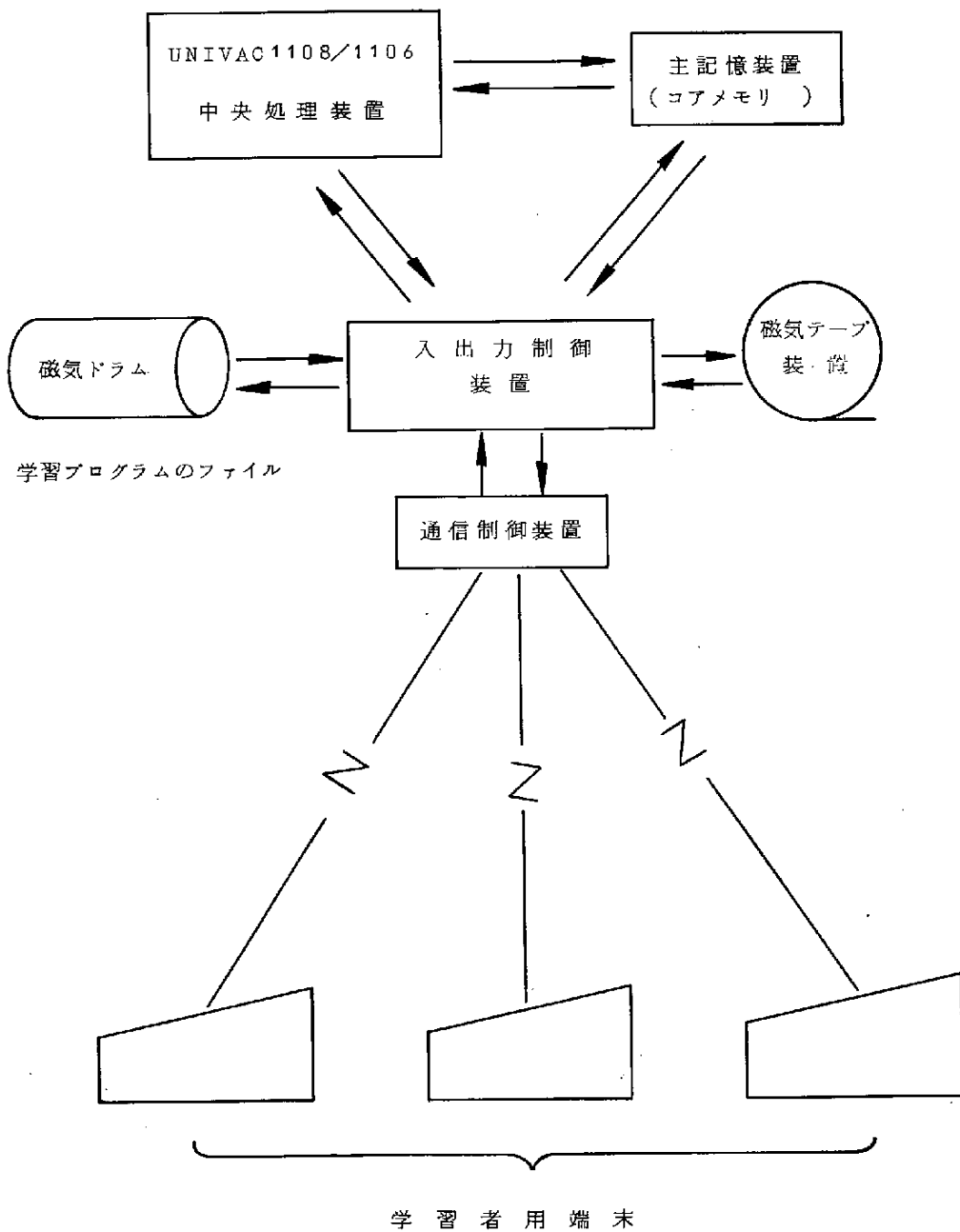


図 5-6-1 UNIVAC CAI システムの構成

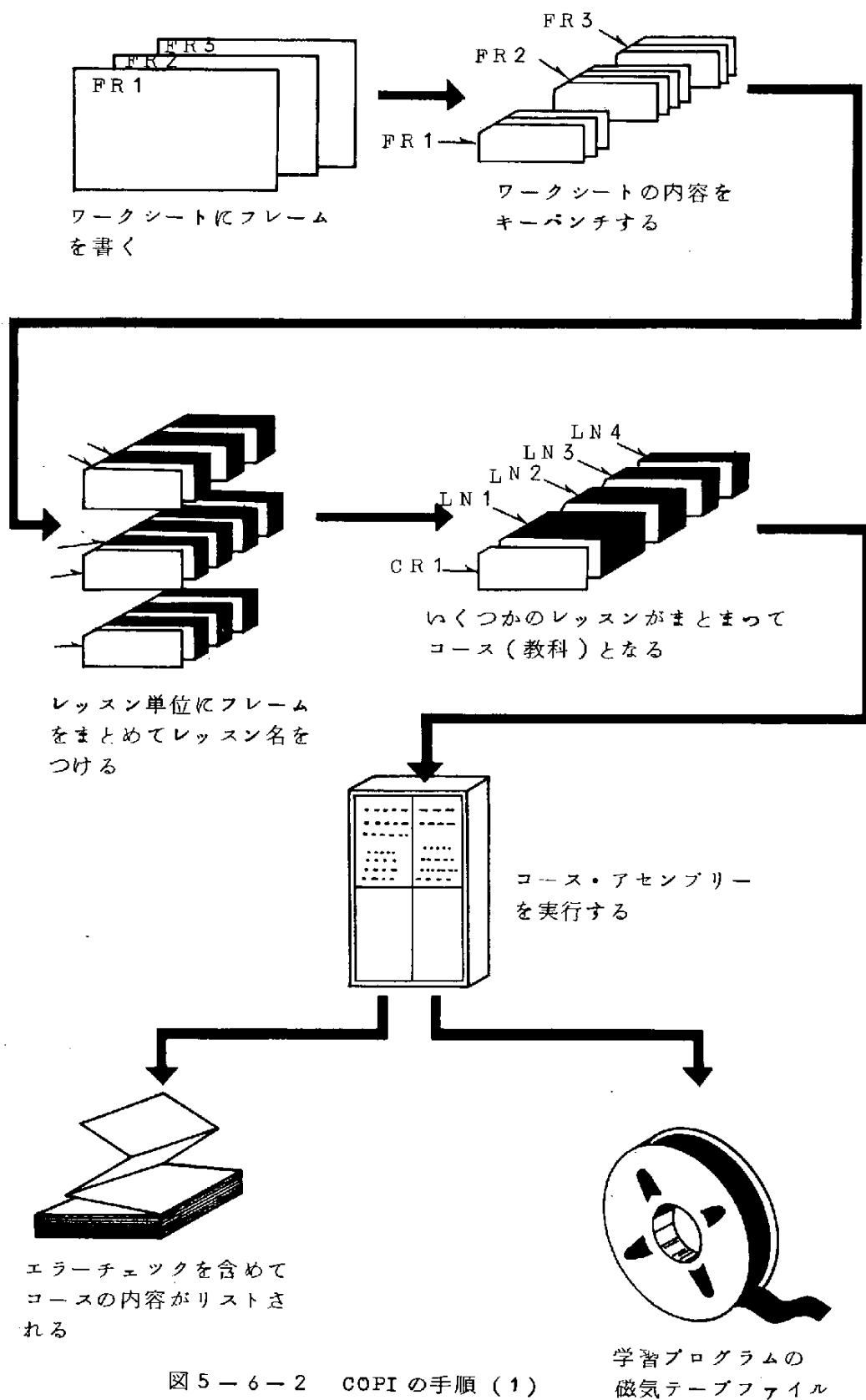
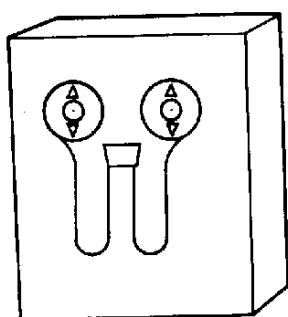
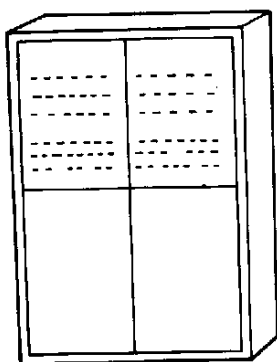


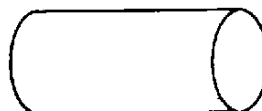
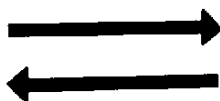
図 5-6-2 COPI の手順 (1)



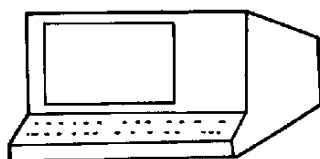
コーステープを磁気テープ装置にかける



磁気テープの内容はまずドラム上に
移される



各レッスンごとに磁気ドラム
からコアストレージに移され
る



各学習端末より学習者は
必要なレッスンを選択し
て学習が開始される

図 5 - 6 - 3 C O P I の手順 (2)

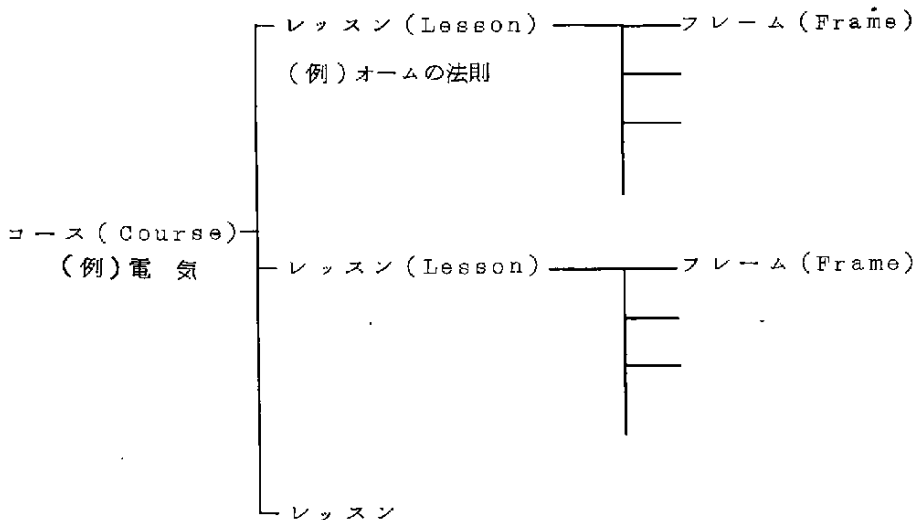


図 5-6-4 学習プログラムの構造

FR	フレームラベル (10字以内の英数字とスペース)	
	テキスト 質問を含めて15行以内である。 最後には一…をつける。	
点	予想回答 (25行までの予想回答が許される)	……強化及び指示……
A	強化文はA~ZZで始まり	
B	25行まで許される。	
ZZ	終りは……	
FR		

図 5-6-5 データ・フレームの構成

FR ALPHA1

COPI LANGUAGE IS QUITE LOGICAL AND SIMPLE.

DO YOU AGREE?.....

YES---DM, PRINT A, GOTO ALPHA4----(ALPHA4 フレームへ)

NO---DM, PRINT B, GOTO START1----(START1 フレームへ)

-----NM, PRINT C, GOTO ALPHA1----- (ALPHA1 フレームへ)

A VERY GOOD, YOU ARE READY TO CONTINUE.....

B PERHAPS YOU SHOULD BE MORE OPEN MINDED.....

C A YES. OR NO RESPONSE IS ALL THAT IS REQUIRED.....

図 5 - 6 - 6 データ・フレームのコーディング例

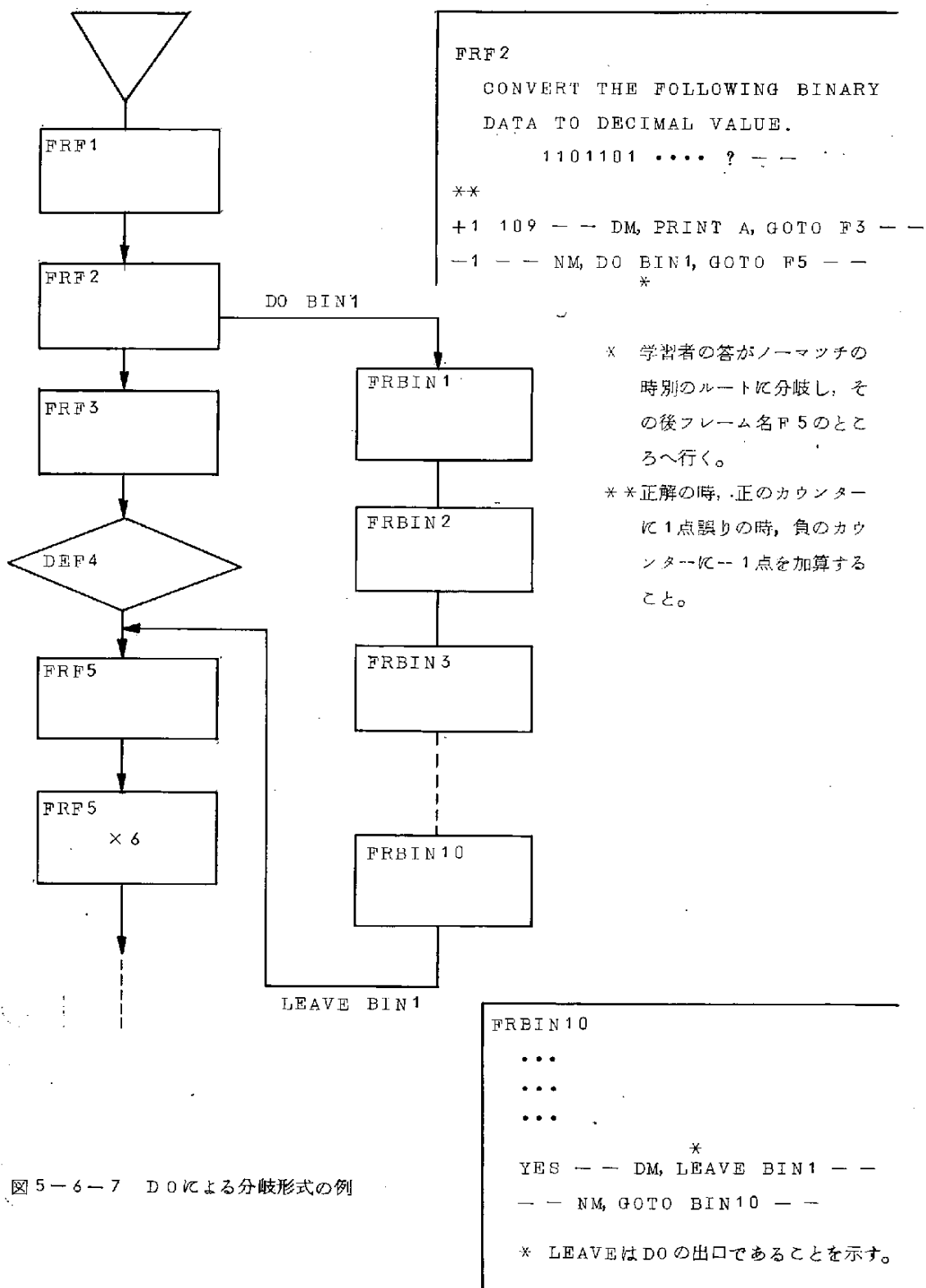


図 5-6-7 DOによる分岐形式の例

```

      *
DE 13
      NEGCT GT 15 -- CL NEGCT,
              **
      GOTO 331 --
      CT LE 10 -- GOTO 330 -- ***
      -- CL CT -- ****

```

(注) * デンジョン・フレーム

** もし⊖点が15以上のときは、⊖持点を0にして、331フレームへ行く。

*** 合計点が10点以下のときは、330フレームへ行く。

**** そのどちらでもない場合、合計点を0にして次のフレームへ進む。

図 5-6-8 デンジョン・フレームの例

5・7 日立製作所のシステム

5・7・1 システムの概要

日立CAIシステムは、50～100人の学習者を対象にして、完全な個人別学習指導が行なえることを考慮したCAIシステムであり、しかも、これを小型計算機を用いて実用規模のシステムとして実現したものである。

今回開発したシステムは、小型計算機を用いることによって経済的な実用性を考慮すると同時に、上記諸効果を可能な限り追求したものである。このシステムで想定している当面のニーズは、企業内教育と教育の研究用としての用途である。学校教育におけるCAIの利用も将来のニーズとして予想されるが、その場合、学校業務全体の情報処理システムと有機的に結合されることが必要となろう。

(1) システムの構成

図5-7-1は日立CAIのシステムの基本的な構成図であり、図5-7-2は学習端末室の外観である。本システムは、大容量ディスク・メモリを備えた計算機システムと、キーボード、プリンタ、CRTディスプレイ装置、ランダム・アクセス・スライド、ランダム・アクセス音声出力装置から成る端末装置から構成されている。これらの端末機器は、使用目的に応じて任意に組合わせて生徒端末を構成することができる。

計算機システム内には、複数教科の学習プログラムがライブラリの形で記憶されており、学習者は任意の時間に、自分の希望することができるようになっている。計算機は呼出された学習プログラムに基づいて学習者対話を行ない、生徒の回答に応じるなどして次に提示する教材を決定したり、採点を行なったり、あるいは、学習者のヒント要求に応じるなどして学習を進行させることができる。

端末装置は、学習者とシステムの接触点であり、良好なマン・マシン・コミュニケーションが行なえるよう考慮されている。学習者は、プリンタ、CRT、スライド、音声出力装置によって教材の提示を受け、キーボードあるいはライトペンによって回答を行なう。

(2) システムの性能

1) 50～100人の学習者が、それぞれ自分の希望する科目を自分のベースに従って学習することができる。学習者が応答してから次の教材が提示されるまでの待ち時間は数秒以内である。

2) ライブラリとして記憶できる科目数はとくに制限はないが、学習ステップの合計数、つまり学習できる延時間はメモリ容量の制約を受ける。(1万ステップ程度を記憶させることは、

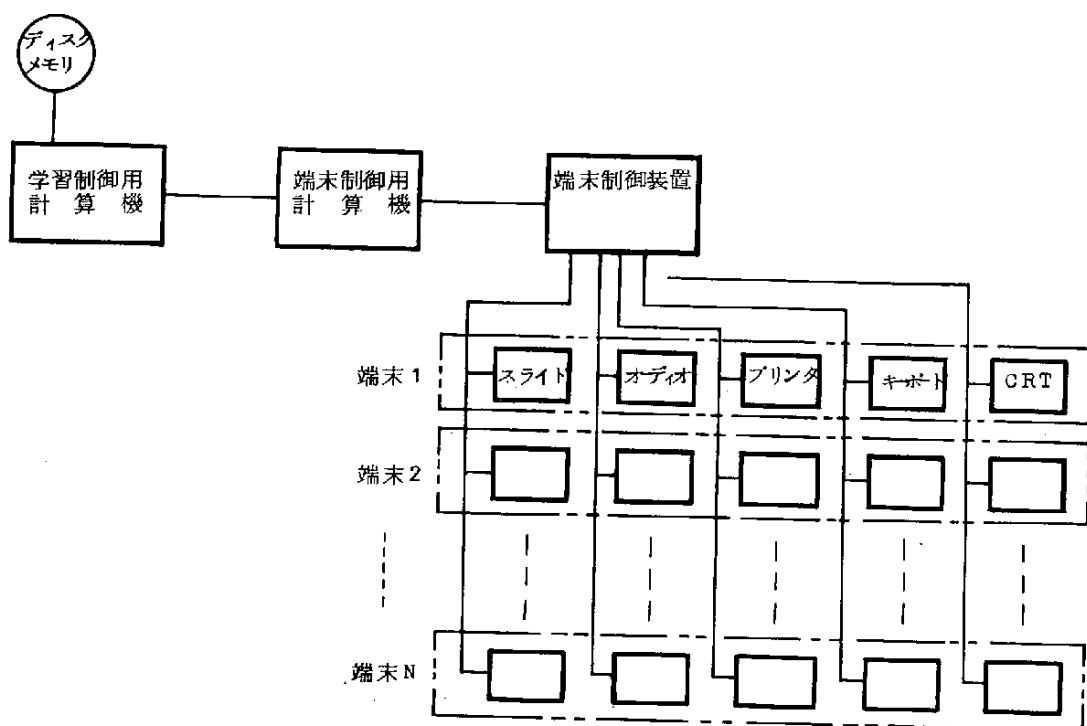


図 5 - 7 - 1 C A I システム 構成 図

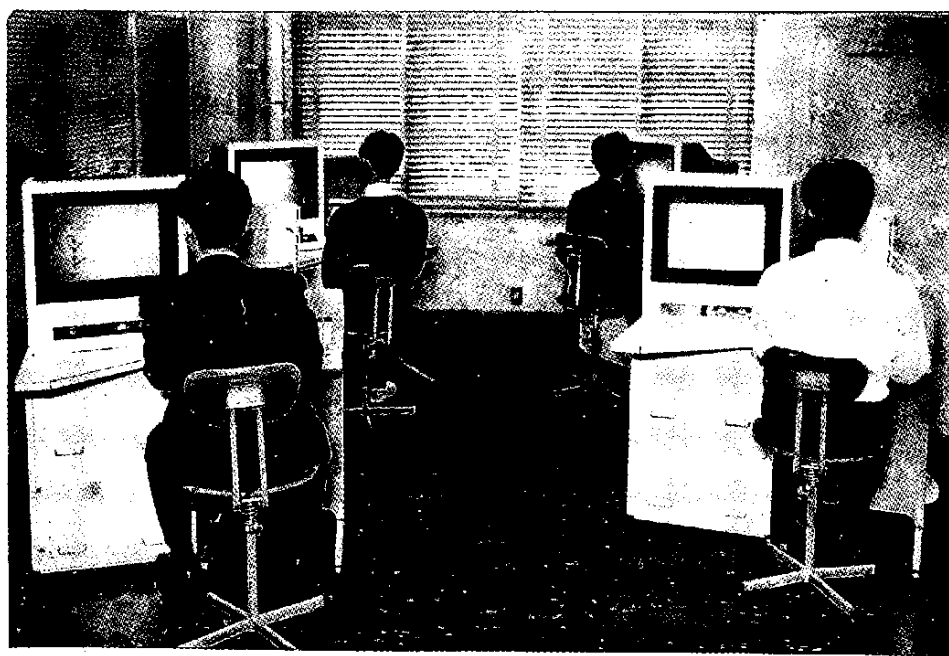


図 5 - 7 - 2 学 習 端 末 室 外 観

比較的容易である)

(3) 学習機能の概要

1) 問題に対する回答形式は、多枝選択式だけではなく、簡単なメッセージで回答させることもできる。またCRTに表示された図形をライトペンで指示させて回答させることもできる。

2) 実施できる学習形式は、ブランチ形式を基本としており、ブランチの条件としては、学習者の回答内容、過去の学習経過(得点、誤答回数など)、応答時間の制限、その他学習者からの要求などを用いることができる。

3) 学習者は、学習プログラムによって提示される問題や説明に答えるだけではなく、ヒント要求、正答要求、教材要求を出すことができる。

4) 学習者の応答所要時間を制限するようにプログラムすることができる。

5) 学習者毎の学習経過の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。ステップ名称、回答内容、応答の種類、応答所要時間、その他全所要時間、得点(得点をとるようにプログラムされている場合)など。

(4) 実施できる学習の形式

学習端末のキーボードには、メッセージ・キーと応答キーの2種類のキーがある。メッセージ・キーは回答メッセージを入力するためのキーであり、応答キーは、応答の種類を指定するためのキーである。応答キーは8種類のものを用意しており、次のような機能をもっている。

ANS: 回答入力の最後を示すために使用する。

NEXT: 説明が提示された場合、説明を理解し、次のステップへ進むことを要求するためのキー。

HINT: ヒント要求をするためのキー。

OK: ヒントを理解し元の問題へ戻ることを要求するためのキー。

CA: 正答要求をするためのキー。

REV: 前回提示されたステップへ戻ることを要求するためのキー。

CALL: 参考教材を要求するためのキー。

RETURN: 参考教材を理解し、元のステップへ戻ることを要求するためのキー。

図5-7-3は本システムで実施できる学習形式を上記応答キーとの関連において、四角は学習プログラムのステップを示し、円は生徒の応答を示す。学習者に提示される教材は内容的に説明と問題とに区別する。説明は学習者がそれを理解したかどうかの了解応答を期待するものであり、問題は学習者の回答を期待するものである。図でO_iが説明提示を、Q_iが問題提示を表わす。

学習プログラムは次の3種のSequenceによって構成される。

1) Main Sequenceはコース作成者の設定した主たる学習経路であり、標準的な学習者が通る可能性を持つ。

2) Hint Sequenceは、Main Sequenceにおける問題を解くことが難しい学習者に与えられる。これは生徒のヒント要求(HINT)によって与えられる。Hint SequenceではMain Sequenceと同じ形式で学習が進行する。Hint Sequenceが終了すると自動的に元のプログラムへ戻るが、途中のステップであっても学習者が答えを見出した場合はいつでも元のプログラムへ戻ることができる(OK)。

3) Call SequenceはMain Sequenceで与えられる教材のほかに、学習者が余分の練習をしたいとか、参考資料を見たいとかいった要求がある場合に与えられる Sequenceである。この機能によれば、学習者は次々にCallを行ない自分で学習対象を選びながら満足するまで深く追求するといった主体性のある学習が可能となる。Call SequenceでもMain Sequenceと同じ形式で学習が進められる。

つぎに学習者の応答について述べると、問題提示においては通常、学習者の回答が予想されており、回答が入力されると、その内容に応じて学習プログラムの分岐が行なわれる。答がわからないときにはヒントを要求したり、別の教材が欲しいときにはCall要求ができることはすでに述べた。さらに、どうしても答えのわからないときは正答要求(CA)を出すこともできる。このときプログラムでそれが許されていれば、正答が与えられ、適当な次のステップへ分岐が行なわれる。一方、説明提示においては、学習者がその内容を理解し了解応答(NEXT)を行なうと次のステップへの分岐が行なわれる。さらに各ステップへ戻ることを要求することもできる(REV)。また、各ステップでは、学習者の応答時間を制限することも可能で、制限時間内に応答しなかった場合は、Time upとして対処するステップへ分岐が行なわれる。(TU)

以上述べたように、ここでは教材内容のうちから一方的に学習者側に生じる要求を受入れられるように考慮した学習プログラムとなっている。

5.7.2 ソフトウェアの構成

—学習プログラム記述言語 THACHTRAN—

CAIのソフトウェアとして開発する必要のあるものは、学習プログラムを記述するための言語と、学習プログラムを実行するためのオペレーティングシステムである。図5-7-4に本システムのソフトウェアの構成を示す。コンパイラは学習プログラム記述言語で書かれた学習プログラムを計算機が実行できる機械語のプログラムに翻訳するものである。この結果得られる学習プログラムはライブラリとして、ディスクに登録される。登録された学習プログラムは、学習時に学習者の学習が円滑に進行するように、プログラムの実行や、端末機の動作の管理監督を行な

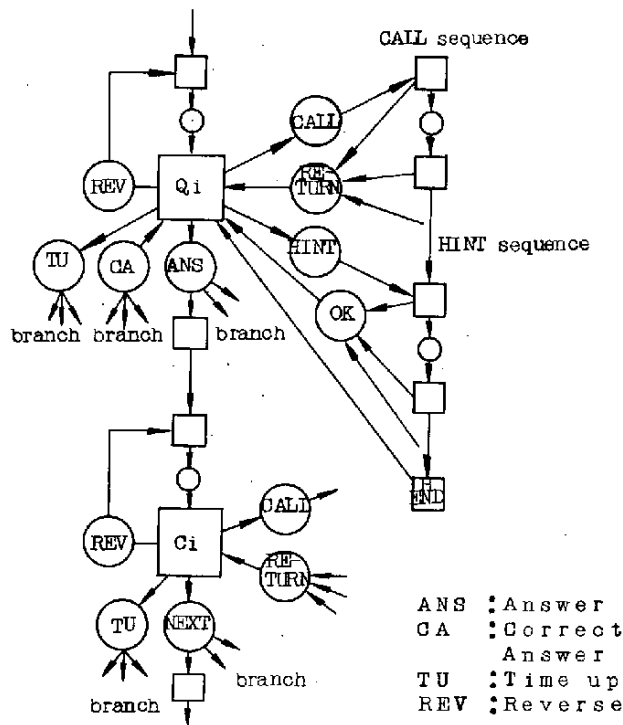


図 5-7-3 実施できる学習形式

う学習記録を出力するためのルーチンである。これら3つのプログラムをうまく結合して、学習準備、学習、結果出力の3つの動作モードの間の移行を円滑にし、CAIの操作性を有効にするのがシステム・モニタである。

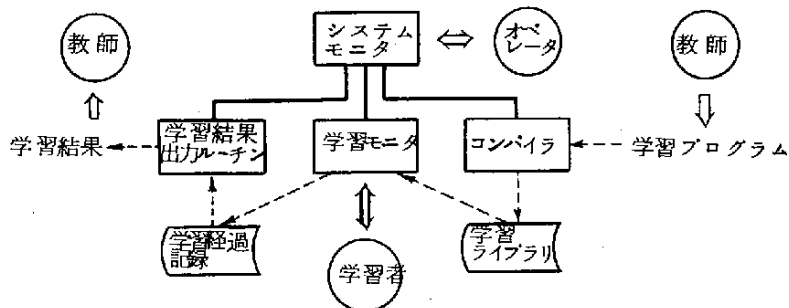


図 5-7-4 ソフトウェア構成図

学習プログラムを記述するための専用言語を必要とする理由は次の通りである。CAIでは学習者毎に学習している教科も異なり進度も異なる。これを計算機の側から見ると、ある学習者から他の学習者へと次々にプログラムの実行を切換えなければならない。これを制御するプログラムは大変面倒なものとなるので、直接計算機を動かせるプログラムを学習プログラム作製者にかけることは不可能に近い。そこで、同時に多数の学習者を教育するといった煩しいことは考えずに学習プログラムが書けるような記述言語が必要となる。

本CAIシステムではそのような言語としてTEACHTRANを用意している。TEACHTRANは、学習プログラム作成上必要とされる機能のうち現時点で予想し得る限りのものをなるべくすべて記述できるように考慮している。なお、学習プログラム記述言語については国内の標準化を計るべく、電子協が幹事機関となってCAI言語標準化を行なったが、TEACHTRAN

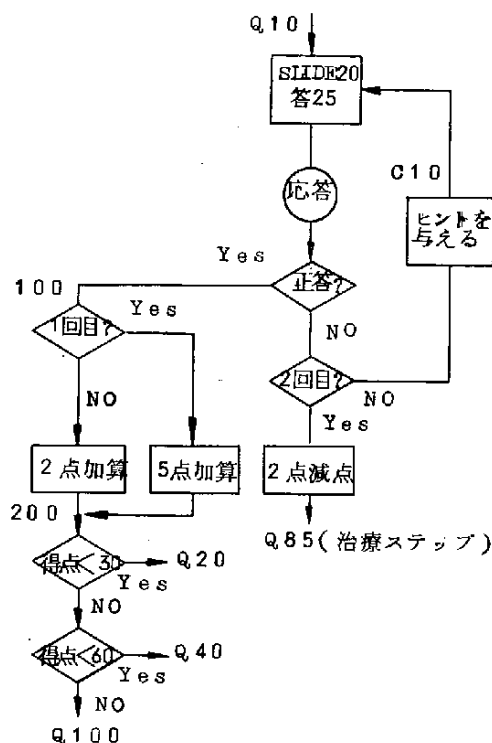


図 5 - 7 - 5 学習プログラムのフローチャート

はその原案として提案され、若干機能拡張されたものの、第一次標準言語の母体として利用された。

ここではTEACHTRANの詳細な説明は省略することとし、具体的な学習プログラムの例を用いてその記述機能の一部を紹介するために留める。

さて、仮りに問題は $5 \times 5 = \dots\dots\dots$ であるとし、これを第20番目のスライドを使って提示するものとする。これに対して生徒が誤答であれば得点を2点減点して治療用のステップに進ませる。正答である場合、1回目に正しく答えられたのであれば5点を与え、2回目で正しく答えられたのであれば2点を与える。その後、それまでの学習の合計得点が30点未満の人、30点以上で60点未満の人、60点以上の人の3段階に分け、それぞれに適したステップに分岐させる。この学習流れをフローチャートで表わすと図5-7-5となり、これをTEACHTRANで記述すると図5-7-6のようなプログラムとなる。このプログラムでは、ACC₁、ACC₂なる2つの計数器が、それぞれ得点の計数および応答回数の計数に用いられている。

図5-7-6に従ってプログラムを順に追って説明すると、①ではACC₂を0にして応答回数の計数準備を行ない、②でスライド20を指定して、問題の提示を行なう。③は、この問題の予想解答を示している。ここで計算機は学習者の応答待ちとなる。これに対して学習者が何等の回答をすると④が実行される。④では、ACC₂の内容に1を加算してACC₂に入れており、これによって応答回数が1回計算されたことになる。⑤では、学習者の回答と予想回答が一致したかどうかの判定を行っており、一致すれば（正答であれば）100の番号の付された記述へ飛び、一致しなかった場合（誤答の場合）⑥へ進む。⑥では、応答回数の判定を行っており、応答回数が2回目以上であれば、治療用ステップQ85へ進み、そのときACC₁から2が引かれる（2点減点）。応答回数が1回目のときは、⑦へ進む。⑦では“ ”で囲まれた文章をヒントとしてプリンタに印字し、印字を終って1秒たつと（⑧）、⑨で自動的に元の問題Q10へ戻される。学習者が正しく25と答えた場合は⑨から⑩へ飛び、⑩で1回目の応答であるかどうか判定される。1回目の応答であるときは200の番号の付けられた記述（⑪）へ進み、その際5点が加算される。2回目の応答であるときは⑬へ進み、このときは2点が加算される。ついで⑬が実行されて、得点が30点未満の場合はQ20へ進み、30点以上60点未満ならば、Q40へ進む（⑬）。60点以上の場合にはQ100が実行される。

以上説明したことからわかるように、TEACHTRANによれば、学習のフローを直観的に理解しやすい形でプログラムに移すことができる。またこの例に見られるようなかなり複雑な学習理論でも記述することが可能であり、融通性の高い記述機能を持つ言語であるといえる。

```

ACC2 := 0 ①
Q 10 SLIDE: 20 ②
ANS: "25" ③
ACC2 := ACC2 + 1 ④
IF ANS1 + → 100 ⑤
IF ACC2 ≥ 2 → Q 85 / ACC1 := ACC1 - 2 ⑥
C 10 TYPE: "5 × 3 = 15, .5 × 4 = 20 デスネ。
モウイチド ヨクカンガエテ コタエナサイ" ⑦
TIME: 1 SEC ⑧
→ Q 10 ⑨
100 IF ACC2 = 1 → 200 / ACC1 := ACC1 + 5 ⑩
ACC1 := ACC1 + 2 ⑪
200 IF ACC1 < 30 → Q 20 ⑫
IF ACC1 < 60 → Q 40 ⑬
Q 100

```

図 5-7-6 学習プログラム例

なおTEACHTRANで用いられるステートメントを表5-7-1に示す。

表5-7-1 TEACHTRAN ステートメント一覧表

LABEL	DESCRIPTION	説明
Q _i (又はC _i)	SLIDE : j TAPE : k (C)TYPE: "....."(m,n)/(m',n') (C)DRAW : (x ₀ , y ₀)(x ₁ , y ₁)... : (x _m , y _m)/(x _n , y _n).../... TIME : ℓ SEC ANS : "....."/"....."/... REQ : HINT/CANS ANS : (x ₀ ~ x ₁ , y ₀ ~ y ₁)/ : (x ₂ ~ x ₃ , y ₂ ~ y ₃)/...	スライド第 j コマを提示 音声テープ第 k 番を提示 タイプライタ又はCRTで"で囲まれた文章を提示 (m, n)はその表示先頭位置, (m', n')は解答文表示先頭位置 各座標点を折れ線で結んだ線画を表示 /は線の切れ目 応答制限時間 ℓ 秒 予想解答文を"で囲んで書く 各予想解答は/で切る ヒント要求, 正答要求を許す 位置指定の予想解答として $x_n \leq x \leq x_{n+1}$, $y_n \leq y \leq y_{n+1}$ の範囲を定める
[j]	IF (条件) → C _i → Q _i / Ass. / Ass. / ... IF ANS n IF TIME UP IF HINT IF CANS IF SW n IF ACC n { $\geq$ } ACC n' (又は N)	条件が成立した時は, まず, /で区切って任意の数だけ並べた Assignment Statement を実行, 次に C _i で指定される挿入説明を表示し, 最終的に Q _i で指定される Statement へジャンプする。 生徒解答が予想解答の n 番目と一致した時 応答が制限時間内に来なかった時 ヒント要求があった時 正答要求があった時 スイッチ n がオンの時 ACC n と ACC n' (又は整数 N) が左の関係にある時
[j]	SW n := 1 (又は 0) SW := 1 (又は 0) ACC n := ± ACC n' (± ACC n' (又は N))	スイッチ n をオン (又はオフ) にする。 (スイッチは状態を記憶するために使用) すべてのスイッチをオン (又はオフ) にする。 右辺の計算結果を左辺へ入れる。(ACC は回数, 得点, などをカウントするために使用)
#	教科名 AID n RECORD SPRECORD HEND END	教科名の定義 応答処理の補助プログラム n 番の呼出し 学習経過記録の開始 学習経過記録の停止 ヒントシーケンスの終了 プログラムの終了
¥	注釈文	注釈文の挿入
*		1 Statement が数行にわたる場合の継続記号

(注) 各ブロックは上から Presentation Statements, Branching Statements, Assignment Statements, Miscellaneous Statements を表わす。

5.7.3 システムの操作

本CAIシステムでは、システムの能率的な運用を可能にするため、これに参画する学習者、CAI教師、オペレータにとって扱い易いシステムになるよう十分な考慮を払っている。

まず学習者に関していえば、システムが動作中であれば、任意の時刻に学習端末に座り、希望する科目を呼出して学習出来るようになっている。この場合、学習を開始するために学習者の行なうべき操作は極めて単純である。その操作を具体的に説明すると、まず最初にCALLキーを押して計算機を呼ぶと、計算機は“教科書をどうぞ”とプリンタに印字して来るので、希望する教科名をキーボードから入力しANSキーを押せばよい。それが終わるとつぎに計算機は“名前をどうぞ”と印字して来るので、自分の名前を入力しANSキーを押せばよい。後は学習プログラムによって導かれる通りに応答を行なうことによって学習が進められる。学習開始時に入力誤りをすると、その都度注意が印字されるので、正しく入力できるまで繰返せばよい。学習を終りまでやらす途中で打ち切りたいときは単にENDと入力してCALLキーを押すだけでよい。

つぎに、CAIシステムにおける教師の役割としては、学習プログラムの製作と学習者の個人指導を考えている。学習プログラムの製作に関しては、TEACHTRANを使えば簡単にプログラムが組めることはすでに述べたが、プログラムのチェック作業についても学習端末の1つを使ってオンラインで行なえるなど便利な援助機能を持たせている。また、学習者の詳細記録が得られることから、これを活用することによって個々の学習者の能力や性格が正確に把握でき、きめの細かい個人指導を行なうことができる。またこの学習記録は学習プログラムの改良や教育手法の研究にも役立て得るものである。参考のために学習経過記録の一例を図5-7-6に示す。図において、縦の欄は左からステップ名、応答所要時間秒、応答の種類、回答内容が記録されている。

最後にオペレータの行なう操作については、コンソール・タイプライタからコマンド(制御指令)を打込むだけでシステム全体が制御できるようにしており、しかもコマンドの種類を最少限に押されて、操作の簡単化を計っている。またスライドのように教材を端末装置自体に装着するものについては、その着脱が容易に行なえるようにし、学習者でも扱えるよう考慮している。

(平野委員)

図 5-7-6 学習経過記録の例

NAME***ASAKAWA

TMNL DATE KYOKA

1 70 4 1 FB

TIME ACC1 ACC2 ACC3 ACC4 ACC5 ACC6 ACC7 ACC8

1494 0 8244 824117986 8224 1 0 0

STEP	ETIME	KEY	ANS
Q1	20	AN1	3
Q4	23	AN1	TION
C7	11	NXT	
Q8	40	AN1	1
Q11	50	AN1	UNCTION;END
Q15	47	AN1	FUNCTION;END
Q18	15	AN1	ETURN
C22	13	NXT	
Q23	31	AN1	FUNCTION;RETURN;
C26	25	NXT	
C27	26	NXT	
Q28	213	AN1	1;3;7;4
C32	18	NXT	
Q33	67	AN1	4;5;6
Q37	63	AN0	1
C38	8	NXT	
Q37	15	AN1	2
C40	11	NXT	
Q41	15	AN1	FUNCTION
Q44	18	AN1	1;2
Q48	26	AN1	ROUTINE
Q51	21	AN0	6;5;3
C52	9	NXT	
Q51	12	AN1	2;5;3
C54	6	NXT	
Q55	18	AN1	2
Q58	23	AN1	UBROUTINE;END
Q61	19	AN1	SUBROUTINE;RETURN
Q64	34	AN1	ROUTINE;RETURN;E
Q68	12	AN1	1
Q71	33	AN1	1;2;ROUTINE
Q74	55	AN0	3;KEISAN
Q74	30	AN0	3;ADRESS
Q74	5	AN0	
Q74	4	AN0	
Q74	4	AN0	
Q74	4	CA	
C76	1	TU	
Q74	20	AN1	4;C, D
Q78	33	AN1	SUBROUTINE;KEISAN
Q82	46	AN1	C;A;B;D=ABS(A-
Q86	18	AN1	RETURN;END
Q89	44	AN1	1;2;5
Q92	34	AN1	SUBROUTINE
Q95	10	AN1	CALL
C98	22	NXT	
Q99	87	AN1	1;5;4;7;6
C102	9	CAL	

5・8 東京芝浦電気のシステム

5・8・1 システムの概要

最近の教育は、従来の集団の一斉授業から個人の能力に応じた“個別学習を行なう”方向に進んでいる。CAIというプログラム学習もコンピュータを利用した一種の個別学習といえよう。

プログラムされた教材を用いる便利な教育装置がいわゆるティーチング・マシンであるが、これにコンピュータの能力をフルに用いると、複雑な学習プログラムもかなりな程度にまで処理できるようになり、とくにタイムシェアリング・システム(TSS)などのオン・ライン技術を利用すれば数十人の学習者が同時に、しかも別々の教科をあたかも自分一人でコンピュータを専用して学習しているかのように勉強できる。

これから述べるシステムはTOSBAC-5400タイムシェアリング・システムを利用してTSS/FORTRAN(JIS7000レベル)を学習させようとしたものである。端末装置としては、一般のテレタイプ30台のほか東芝が独自に開発したパーソナル・トレーナというスライド表示装置をオフラインで使用した。図5-8-1、図5-8-2パーソナル・トレーナには、FORTRANの教材である80コマのスライドが格納されており、学習者はすべてスライドの順番にそってコンピュータと対話形式で学習をすすめていくことになっている。

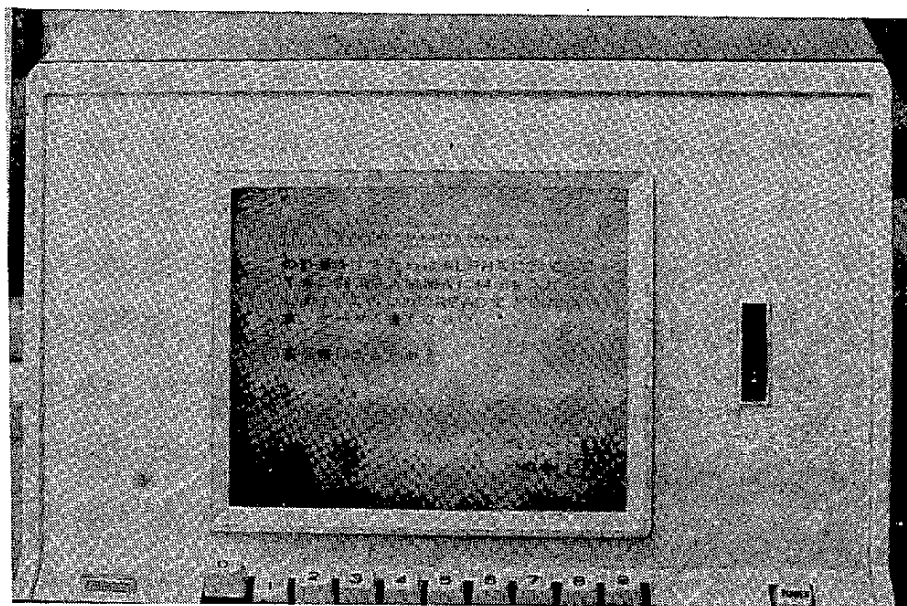


図5-8-1 パーソナル・トレーナ(ランダムアクセス形の投影器)

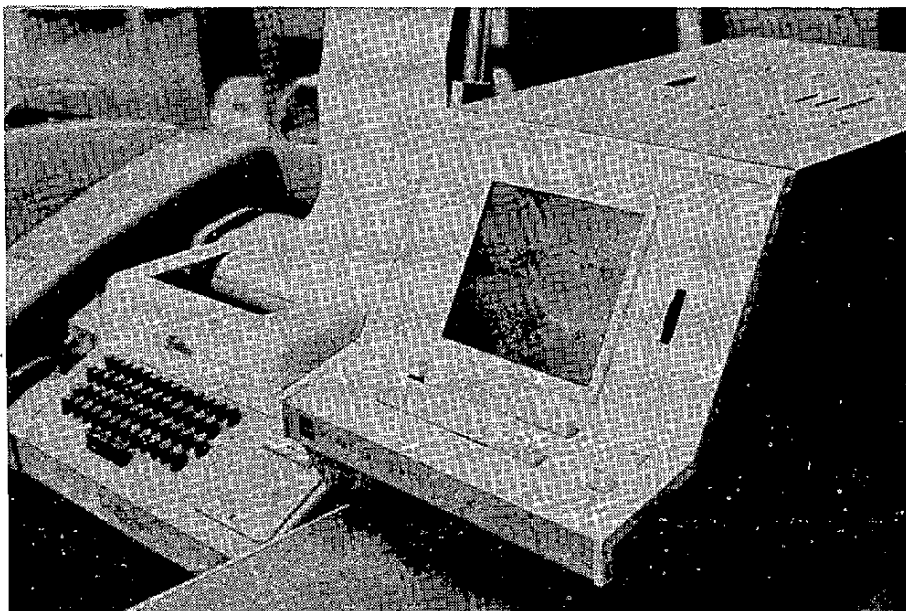


図5-8-2 テレタイプ(3A型遠隔端末装置DTZ5003A)パーソナル・トレーナ

ソフトウェアの全般的構成は、学習プログラムと教材ファイルおよび各学習者の学習記録ファイルとからなり、教材ファイルはパーソナル・トレーナ内に格納されたスライド教材と磁気ディスク装置内に格納された補助問題ファイルとにわかれている。TOSBAC-5400用TSS/PORTTRAN言語によってプログラミングされた学習プログラムは、各生徒の学習記録ファイルの内容、すなわち各人の進捗状況を参照しつつ、一定の順序に配列されたスライド教材の表示を行なう。もちろんそれはオフ・ラインであるから学習者の操作によって行なわれる。

スライドが示されたあと、つぎに計算機はその教材の内容に関して質問のメッセージを出力する。この際の応答形式は、わかり易い簡単な英語を用いた対話形式のメッセージが使用されている。

5.8.2 TOSBAC-5400の機器構成

詳細な説明に入る前に、まず使用する計算機TOSBAC-5400の器番構成について説明

しょう。

図5-8-3 ス ラ イ ド の 一 部

四則演算記号 (arithmetic operation symbols)

加減乗除は、それぞれ $+$ 、 $-$ 、 $*$ 、 $/$ で表わします。べき乗の記号は $**$ です。FORTRANでは、一般の算術式と違って記号の省略は許されません。

<u>一般式</u>	<u>FORTRANステートメント</u>
$a + b$	$A + B$ (addition)
$a - b$	$A - B$ (subtraction)
$a \times b$ または $a \cdot b$	$A * B$ (multiplication)
$a \div b$ または $\frac{a}{b}$	A / B (division)
a^3	$A ** 3$ (exponentiation)

1 - 1

→ 1 - 2

符号 “=” (equal sign) の意味

FORTRANの算術ステートメントの“=” (符号)の意味は、“左辺と右辺が等しい”ことをいうのではなく、“右辺の演算結果を左辺の名前に貯える”ことをいいます。たとえば、つぎの例は

(例) $SUM = SUM + 1.0$

“SUMに1.0を加えて、その結果をSUMにおきなさい”ということです。

ただし“=”の左辺の名前は一つしか許されません。

1 - 2

→ 1 - 3

べき乗の指数の型

べき乗(power)の指数(exponent)は普通、正または負の整数ですが、べき乗される値が実数の場合のみ、指数に整数と実数が使用できます。この場合、型の違いは許されます。

(例) $Y = 2 ** 3$ 実定数 * 正の整数

$Y = 2 ** (-3)$ 実定数 * 負の整数

$X = P ** I$ 実変数 * 整数

$X = A ** P$ 実変数 * 実変数

1 - 3

→ 1 - 4

四則演算に関する注意事項

FORTRANでは、四則演算においてつぎの点に十分に注意して下さい。

1. 演算記号は省略できません。
2. 必要な箇所には必ずかっこ(parentheses)を入れます。
3. 算術式は必ず一行に表わします。

一般式

$$X = \frac{a + b}{(c + d) \cdot e}$$

FORTRANステートメント

$$X = (A + B) / ((C + D) * E)$$

1-4

→ **1-5**

TOSBAC-5400の機器構成

<u>台数</u>	<u>機器名</u>	<u>モデル番号</u>
1	TOSBAC-5400本体	32 KWコア・メモリ Time of Day Clock コンソール ダイレクト・アクセス・パッケージ(DAP 930) フローティング・ポイント・ハードウェア
1	カード読取装置	CRZ 201
1	カード穿孔装置	CRZ 201
1	ライン・プリンタ(オン・ライン)	PRT 201
1	磁気テープ制御装置(7×8)	MTC 330
4	磁気テープ・ハンドラ	MTH 200
1	ディスク制御装置	DSC 200
1	ディスク・ストレージ・ユニット	DSU 204
1	プログラマブル・ペリフェラル・スイッチ	PS 6010
1	DATANET-30(16 KWメモリ)	
1	コモン・ペリフェラル・チャネル(PS 60)	CPC 930
3	ビット・バッファ・ユニット	BBU 932
30	ビット・バッファ・チャネル	BBC 932
1	コンピュータ・インタフェイス・ユニット	CIU 931

台 数	機 器 名	モデル番号
1	制御用端末装置（テレタイプライタ）	Model 35/33
1～29	遠隔端末装置（テレタイプライタ）	Model 35/33
1～29	パーソナル・トレーナ（オフ・ライン）	PTM101/201

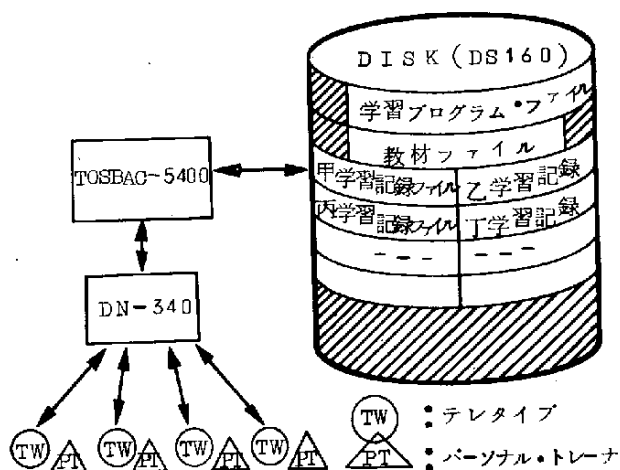
ここでこのシステムの特徴をいくつかあげてみよう。

(1) ファイルの構成

ファイルは大別してFORTRAN学習プログラムのファイルとデータ・ファイルとに分かれている。データ・ファイルとは学習用の教材ファイルと各生徒別の学習記録ファイルである。（図5-8-4を参照のこと）

このように、学習プログラムと教材ファイルとがわかれていたため、教材だけの追加、削除、訂正が可能となり、また学習記録ファイルから学習者の成績を必要のつど知ることができる。

図5-8-4 ファイル構成図



特に重要なことは、各学習者の学習状況を見て、教材ファイルの組み換えができるということである。

教材ファイルは、パーソナル・トレーナ用のスライド教材（これを外部教材とよぶ）と、それに関連した質問メッセージ（これを磁気ディスク内格納の内部教材とよぶ）とからなり、スライド教材はオフ・ライン操作で処理される。

学習プログラムは、各生徒の学習ステップに応じてスライド教材を表示しつつ、それに関連した質問をタイプライタ・メッセージで提示する。従って学習プログラムは、各教材スライドに関連したディスク内の質問メッセージを引き出す役割をもつことになる。

スライド教材の総数は80コマで、それが8課にわかれており、各課約10のスライドに対して50～60個の質問メッセージが用意されている。

各課は自由に呼び出して使用することができ、また各生徒が同じ課を学習することもできる。また途中で打ち切って、翌日その続きから再び開始することもできます。

(2) 端 末 機 器

端末装置は基本的にはテレタイプであるが、補助装置として教材スライドを格納したパーソナル・トレナがオフ・ラインで使われる。学習プログラムと補助問題の質問メッセージファイルは、紙テープ・リーダーから読み込まれる。

(3) 応 答 形 成

学習は簡単な英語を使用して行なわれる。特別な命令などは使用しないようにしてある。もちろん、スライド教材は日本語を使用しており、重要な用語には英語が付されている。

(4) 学習のすすめ方

スライド教材はリニアに構成されており、各学習者はスライドの順番に沿って、コンピュータと対話形式で学習をすすめる。学習プログラムは各生徒の学習記録ファイルの内容、すなわち解答の正誤状況を参照しつつ、一定の順番に配列されたスライド教材について質問のメッセージをタイプ・アウトするという形で学習をすすめる。

解答がまちがっている場合は3回まで試みさせ、3回以上になると正解を示し、その問題に関連した補助問題に移す。正解の場合はもちろんそのような補助問題はとばし、つぎの新しい質問に移す。

5.8.3 学習プログラムの概要

学習プログラムの各モジュールの構成と、その機能について簡単に説明する。

(1) 学習プログラムの内容

学習プログラムはつぎの各モジュールから構成されている。

<u>モジュール名</u>	<u>内 容</u>
\$ SET.....	どの課を学習するかを生徒に指定させ、必要な学課の教材ファイルと各個人の学習記録ファイルを用意させる。
\$ TYPE.....	教材ファイルを読み込み、機能コード(後掲)を参照しながら質問または指示メッセージの編集をしてタイプ・アウトする。
\$ READ.....	生徒の解答を読み込み、解答と正解との照会のための準備をする。簡単な答、たとえばYES/NO形式の場合には、このモジュール内で解答の照合を行なう。
\$ MATCH.....	解答と正解との照合をし、エラーの場合は、その誤りの箇所を

モジュール名

内 容

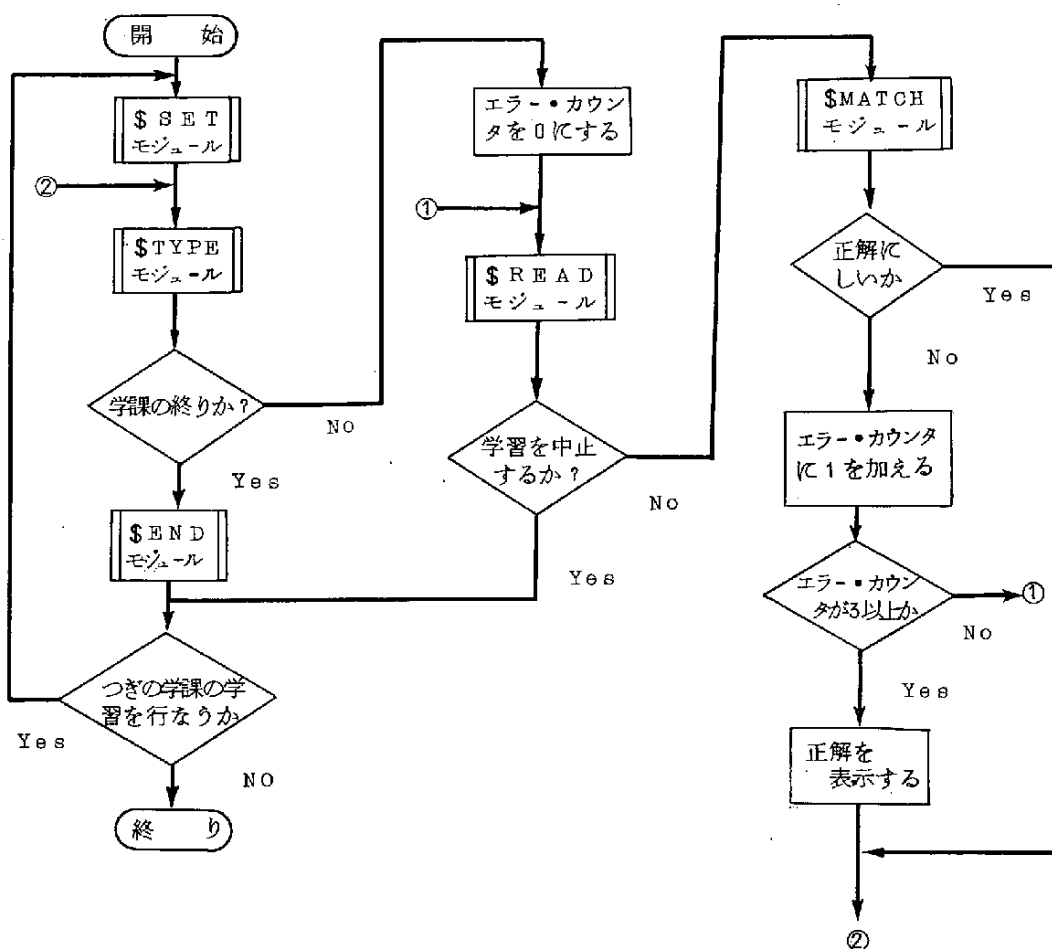
指摘するメッセージを出す。解答がFORTRAN ステートメントの場合には、その文法的チェックをもあわせて行なう。

\$END.....途中で学習を打ち切った場合、または課の学習を終了したとき、それまでの学習成績をタイプ・アウトすると同時に、それらを磁気ディスク内の学習記録ファイルに書き込み、同時に教材ファイル、学習記録ファイルを閉じる。

以上の各モジュールが、どのような流れで実行されているかを、つぎに流れ図によって説明する。

(2) 学習プログラムの流れ図

図 5 - 8 - 5 学習プログラムの流れ図



流れ図から明らかなように、この学習プログラムでは、\$TYPE、\$READ、\$MATCHの各モジュールを規則的に繰り返しながら、学習者からの学習の中止の指令、または学課の終了の指令によって新しい学課ファイルの選択または学習そのものの終了が行なわれるようになっている。教材ファイルおよび質問メッセージファイルが別ファイルになっているため、FORTRANのみならず、COBOLその他一般のプログラミング言語の学習にもこの学習プログラムが基本的には利用できる。

(3) 学習プログラムの機能的特徴

学習プログラムの特色ある機能としては、特につぎの編集機能と、解答の判定機能があげられる。

編集機能

質問その他のメッセージを印字するにあたり、教材の単元構成とのつながりをつけるうえからも、また読みやすく、わかりやすい英文メッセージをタイプ・アウトするという観点からも、学習プログラム自体に編集の機能が付加されている。

すなわち特定の機能コードを定め、学習プログラム作成者は教材を作成する際に、必要な箇所にそれを挿入しておく、その結果教材が編集されて出力されることになる。

以下そのいくつかをあげて説明してみよう。

機能コード

内

容

- ①②： この記号はスライドの指定に使われる。1つの学課は簡単に説明すると、いくつかのユニットにわかれ、各ユニットに対しては5～6の質問メッセージが用意されている。この各質問1つ1つをアイテムと呼ぶ、ユニットはスライドの各フレームに対応する。たとえば、①②：SLIDE 1-1と書くとき実際のメッセージとしては、次のようにタイプ・アウトされる。

```
( 1 : 1 )
SLIDE NUMBER 0-1
DO NEXT . YES / NO ?
```

- ①： アイテム（すなわち各質問メッセージ）の区分指定
①②① 課の終り

図5-8-6 FORTRAN学習プログラムのリストの一部

HELLO

USER NUMBER -- D002

PASSWORD

XXXXXX?

READY

RUN:-BIG:CAI***

CAI 10:00 THURSDAY 44,08,21

WOULD YOU LIKE TO CHANGE THE SEQUENCE OF LESSON ? YES/NO
? 1

(1 : 1)

SLIDE NUMBER 0-1

DO NEXT. YES/NO ?

? YES

READ THE MESSAGE CAREFULLY, AND TYPE IN THE ANSWER.

WHICH IS CORRECT ? TYPE IN THE NUMBERS.

1)FORTRAN IS A ASSEMBLY LANGUAGE.

2)FORTRAN IS A PROGRAM.

3)FORTRAN IS A PROGRAMMING LANGUAGE FOR BUSINESS DATA
PROCESSING.

4)FORTRAN IS A PROGRAMMING LANGUAGE FOR SCIENTIFIC CAL
CULATION.

? 4

GOOD

IN FORTRAN, AN INSTRUCTION IS CALLED A STATEMENT. CORRECT

? TYPE IN YES/NO.

? YES

GOOD

(1 : 2)

SLIDE NUMBER 0 - 2

DO NEXT. YES/NO ?

?

SMALL LETTER CAN BE USED IN FORTRAN. CORRECT ? TYPE IN YES/NO.

? YES

THE CORRECT ANSWER MUST BE "NO"

WHY ?

THE REASON IS (1)NO STATEMENT NUMBER, (2)FIELD SPECIFICATION ERROR.

WHICH IS CORRECT ? TYPE IN THE NUMBERS.

? 1

GOOD

HOW TO WRITE A FORTRAN STATEMENT, IF THERE IS "PRINT 10, A" WHERE A IS "-51.23" ? YOU MUST USE "1H1" AS CARRIAGE CONTROL.

WRITE A FORTRAN STATEMENT

? FORMAT(1H1F5.29)

YOU MISSED STATEMENT-NUMBER.

TYPE IN THE STATEMENT-NUMBER.

? 10 FORMAT(1H1, F5.2)

YOUR ANSWER IS

10 FORMAT(1H1, F5.2)FORMAT(1H1F5.29)

ALL RIGHT ?

? NO

TYPE IN YOUR ANSWER AGAIN.

? 10 FORMAT(1H1, F5.2)

YOUR ANSWER IS

10 FORMAT(1H1, F5.2)

ALL RIGHT ?

? YES

YOU MADE 1 ERROR(S) IN THIS PARENTHESIS.

ERROR IS SHOWN IN ?

(1H1, ????)

TYPE IN YOUR ANSWER AGAIN.

? 10 FORMAT(1H1, F6.2)

GOOD

(. 3 : 5)

SLIDE NUMBER 2 - 3

DO NEXT. YES/NO ?

? YES

IS THE FOLLOWING VALID?

PRINT 213750 A, B

CORRECT ? TYPE IN YES/NO.

? NO

GOOD

*** LESSON END ***

WOULD YOU LIKE TO CONTINUE ? YES/NO

? NO

THE EXPRESSION "V-3.1" COULD NOT BE WRITTEN IN THE LEFT
OF "=" SIGN IN FORTRAN ARITHMETIC STATEMENT.

FILL IN THE FOLLOWING BLANKS AND ANSWERS MUST BE
SEPARATED BY COMMAS IN SEQUENCE.

1) $A = 3 + 2$ $A = (\quad)$

2) $I = 8.1 + 1.7$ $I = (\quad)$

? 5., 9

GOOD

LESSON 1. FINISHED. THANK YOU.

*** LESSON END ***

WOULD YOU LIKE TO CONTINUE ? YES/NO

? NO

+++ YOUR REPORT +++

LESSON	UNIT	QUES	ERROR	NOANS
1	- 1	2	0	0
1	- 2	5	1	0
1	- 3	0	1	0
1	- 4	2	0	0
1	- 5	3	0	0
1	- 6	4	6	1
1	- 7	4	5	1
1	- 8	2	3	1
1	- 9	2	1	0
1	- 10	3	2	0

STOP

RUNNING TIME: 40.8 SECS I/O TIME : 243.9 SECS

- " ? " and answers must be ケンジャルマッチ
separated by commas in
sequence .
- 08 Match the following. { 多項目の正解とのラン }
Type in the answer such { ダム・マッチ }
as 1-A, 2-B, 3-C,
- 09 Type in a FORTRAN { FORTRANの式の文 }
expression { 法的なチェック } }

最後にこのシステムの使用法について簡単に解説しよう。

5.8.4 システムの使い方

(1) システム・イニシェーション

TOSBAC - 5400 タイムシェアリング・システムを使用して、学習プログラムおよび学習用教材を磁気ディスク内に格納するための操作およびそのためのタイプ・イン・メッセージはつぎのとおりである。この場合学習プログラムおよび教材は、紙テープに穿孔されているものとする。もちろんテレ・タイプより読み込ませることも可能であるが、ここでは省略する。

USER NUMBER - - 0000 タイム・シェアリング・
TYPE OLD OR NEW : NEW : CAI*** } システムの呼び出しと、
学習プログラム・ファイル名の指定を行なう。

TAPE
KEY
SAVE : , , E, R } 学習プログラムを紙テープ・リーダーより格納する。ファイル名は
CAI***として登録される。

NEW : LESSON 1
TAPE
KEY
SAVE : CAI, , R
⋮
教材の学課数だけ繰り返す } 質問メッセージファイルを紙テープ・リーダーより格納する。
ファイル名は LESSON 1, LESSON 2,
として登録される。

(2) 学習者の使い方

学習者がはじめて学習を開始するときは、つぎのメッセージをタイプ・インしなければならない。

第1回目の使用時のタイプ・インメッセージ

USER NUMBER - - XXXXX (該当のユーザ番号をタイプ・インする)

TYPE OLD OR NEW: NEW:ANSFILE (学習記録ファイル名をタイプ・インする)

SAVE: , , R, W (学習記録ファイルがファイル名ANSFILEとして登録される)

RUNBIG: CAI***.....CAIの学習プログラムを呼びます。

途中でやめる場合は\$FINとタイプ・インするとそれまでの成績表が打ち出され停止する。解答を間違えてタイプ・インし、その場でもう一度タイプし直したいときは\$AGAINとタイプ・インし正しい答を入れ直す。

2回目以降はつぎのような要領で学習をすすめる。順を追ってその手順を説明すると、

- ① 学習者は、学習をはじめるにあたって、テレタイプにつぎのメッセージをタイプ・インし、Carriage Return キーを押して待つ。(下線の部分のみをタイプ・インする。)

```
USER NUMBER - - XXXXX .....(該当のユーザ番号をタイプ・インする)
PASSWORD
XXXXXX ? .....(該当のパス・ワードをタイプ・インする)
TYPE OLD OR NEW: RUNBIG: CAI***.....(CAIの学習プログラムを呼び出す)
```

- ② 学習プログラムが呼び出され、以後、簡単な英文メッセージがタイプ・アウトされるので、よくその内容を読んでその指示のとおりにする。
- ③ 答をタイプ・インするときは、タイプ・インし終ったとき必ずCarriage Return キーを押す。
- ④ もし間違った文字をタイプ・インしたときは、Carriage Return キーを押す前に、Back-Arrow キー(←)でその文字を訂正する。訂正のしかたは、テレタイプ上のShiftキーを押しながら訂正削除する文字ごとにBack-Arrowキーを押す。そしてそのあとに正しい文字をタイプ・インする。

例を示すと

1 1 0 Y = A + B ←←← C + B

とタイプ・インすると

1 1 0 Y = C + D

と与えたことになる。

- ⑤ 学習プログラムがパーソナル・トレナーのスライド番号を指定する場合は、たとえば

SLIDE NUMBER 2-1

DO NEXT. YES/NO?

とテレタイプに打ち出す。この例のようなときは、パーソナル・トレナーの上段の押しボタン [2] を押し、つぎに下段のボタン [1] を押すと、該当の映像がスクリーン上にうつし出される。スライドの内容を理解し終ったならば、YESとタイプ・インする。あとは、テレタイプのメッセージに従って学習をすすめる。

- ⑥ 学習を途中でやめる場合は、\$FINとタイプ・インする。ひとつの課の学習が終ると、つぎのようなメッセージが打ち出されるので、そこでやめたいときはNOと、つぎの課をひきつづき学習したいときはYESとタイプ・インする。

WOULD YOU LIKE TO CONTINUE? YES/NO?

- ⑦ 学習を終えたならば、最後にパーソナル・トレナーのリセット・ボタンを押す。

(ビジネスオートメーション 第1プログラム部 岡裕記)

5.9 三菱電機のシステム

5.9.1 システムの概要

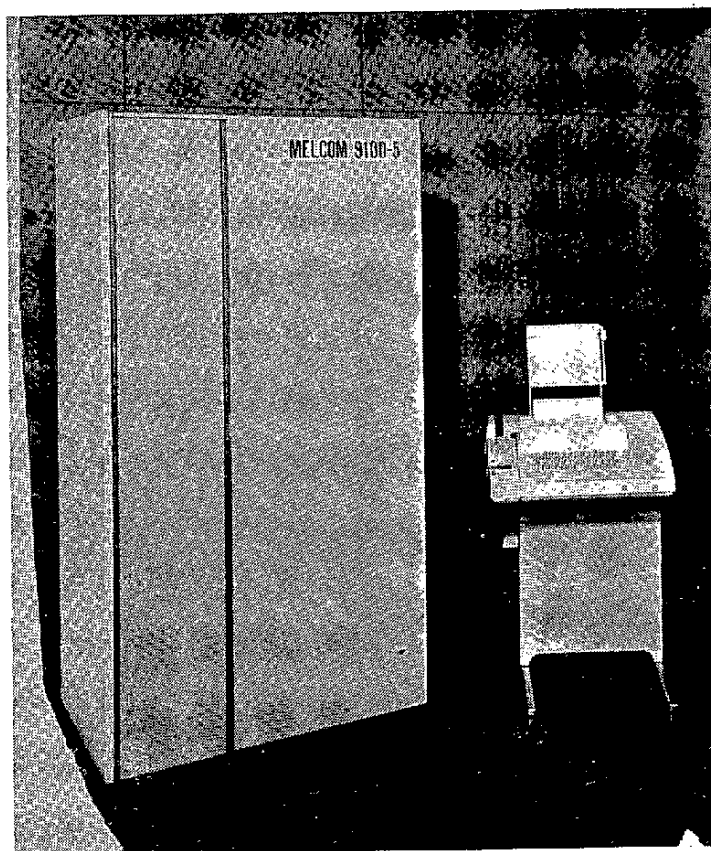
三菱CAIシステムは小型電子計算機と多数個の端末機器を中心として構成されており、計算機の処理能力を活用して多数の学習者を対象とする個人ベースの学習進行を可能にしたシステムである。その特長は次の通りである。

- 1) 学習プログラムの流れを制御する計算機プログラムを容易に書くためのCAI言語プロセッサが準備されており、各種の教科のプログラムを速かにしかも容易に作成できる。
- 2) 学習における教科内容や問題の提示、学習者との応答等入出力を円滑に実現するための端末装置が備えられており、システムと人間の間の情報交換をうけもつ。その動作はソフトウェア・システムによって確実にバックアップされている。
- 3) 端末機器はビルディング・ブロック式に構成され、教科内容、学習対象の種別、規模に応じて適当なものが使用できる。
- 4) 小規模の企業内教育用から多数の学習者を対象とする一般教育用まで、システムの構成を自由に選定できる。
- 5) 計算機用標準型入出力装置および大容量ディスクメモリを備えているので、CAI用学習プログラムを当面必要なだけ機械に入れておくことができる。また、必要に応じて外部のライブラリから入れかえることが容易にできる。
- 6) 学習の進行と同時に学習経過の記録をとってプリントすることができ、また必要に応じそれを紙テープなどの形で他の計算機へ送ることができる。
- 7) 電子計算機はプロセス制御応用などで過酷な設置条件のもとに稼働の実績をもつ小型計算機であるので、高い信頼性と保守容易性をもっている。
- 8) CAI以外の標準用ソフトウェアが豊富に備えられており、プログラミング言語の学習用にシステムを使用した場合など、種々な計算の実行を学習と直結して行なうことが可能である。またCAIの空き時間には汎用計算機として活用することもできる。

5.9.2 システムの構成

MELCOM-CAIシステムの構成は次の通りである。

(1) 電子計算機システム



(2) 中央処理装置

記憶容量	8 K語～16 K語
サイクルタイム	2.5 μ
語長	16ビット
演算方式	2進並列
加算時間	10 μ
命令形式	単一アドレス方式
番地方式	相対・間接・直接可
割込みレベル	64
電波異常保護	あり

1) 磁気ディスク

平均アクセスタイム	16.7 ms
-----------	---------

容 量	1台当り 32 / 64 K語
台 数	最大4台

2) 周辺入出力装置

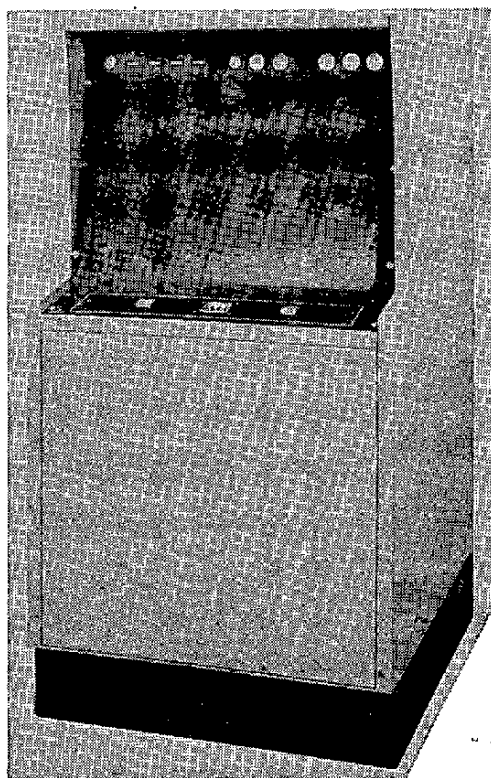
システムタイプライタ	10字/秒(印字, 打鍵, 読取, 穿孔)
タイプライタ	15字/秒
紙テープリーダー	200字/秒
紙テープパンチ	35字/秒
カードリーダー	100枚/分
ラインプリンタ	240行/分
磁気テープ装置	30KB/秒, 60KB/秒

(3) OAI 端末装置

1) I 形学習端末

チャート・ディスプレイ

ス ラ イ ド	35mmフレーム
選 択 速 度	2.5秒以内
ス ク リ ン	484×330mm



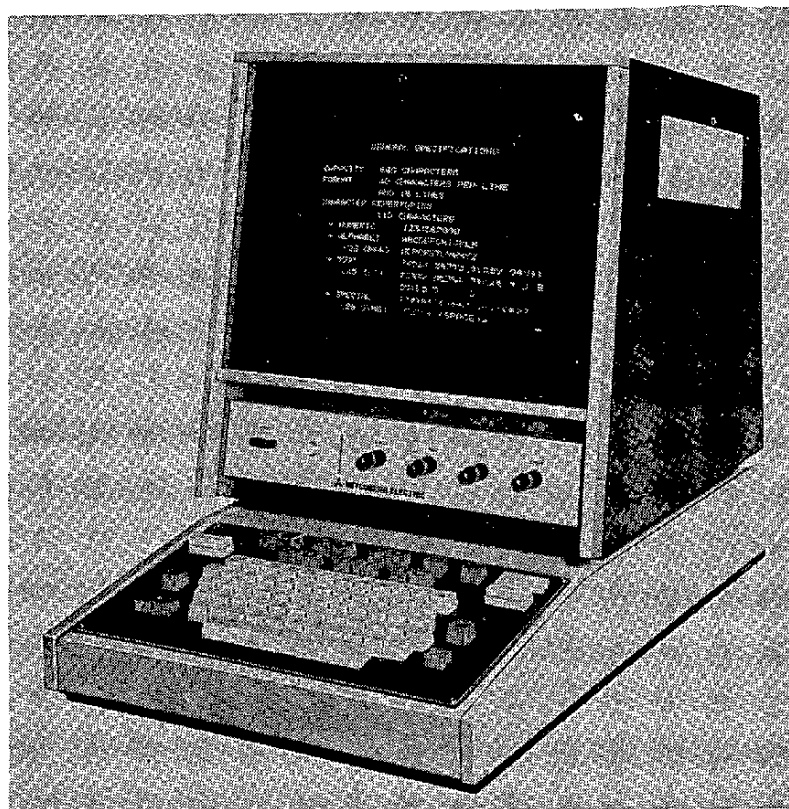
タイプライタ

印 字 速 度 15字/秒

2) II形学習端末

キャラクタ・ディスプレイ

表 示 容 量 640字(40字×16行)



キ ー ボ ー ド

表 示 文 字 英文字(26) 数字(10) カナ(45)
特殊記号(29)

3) III形学習端末

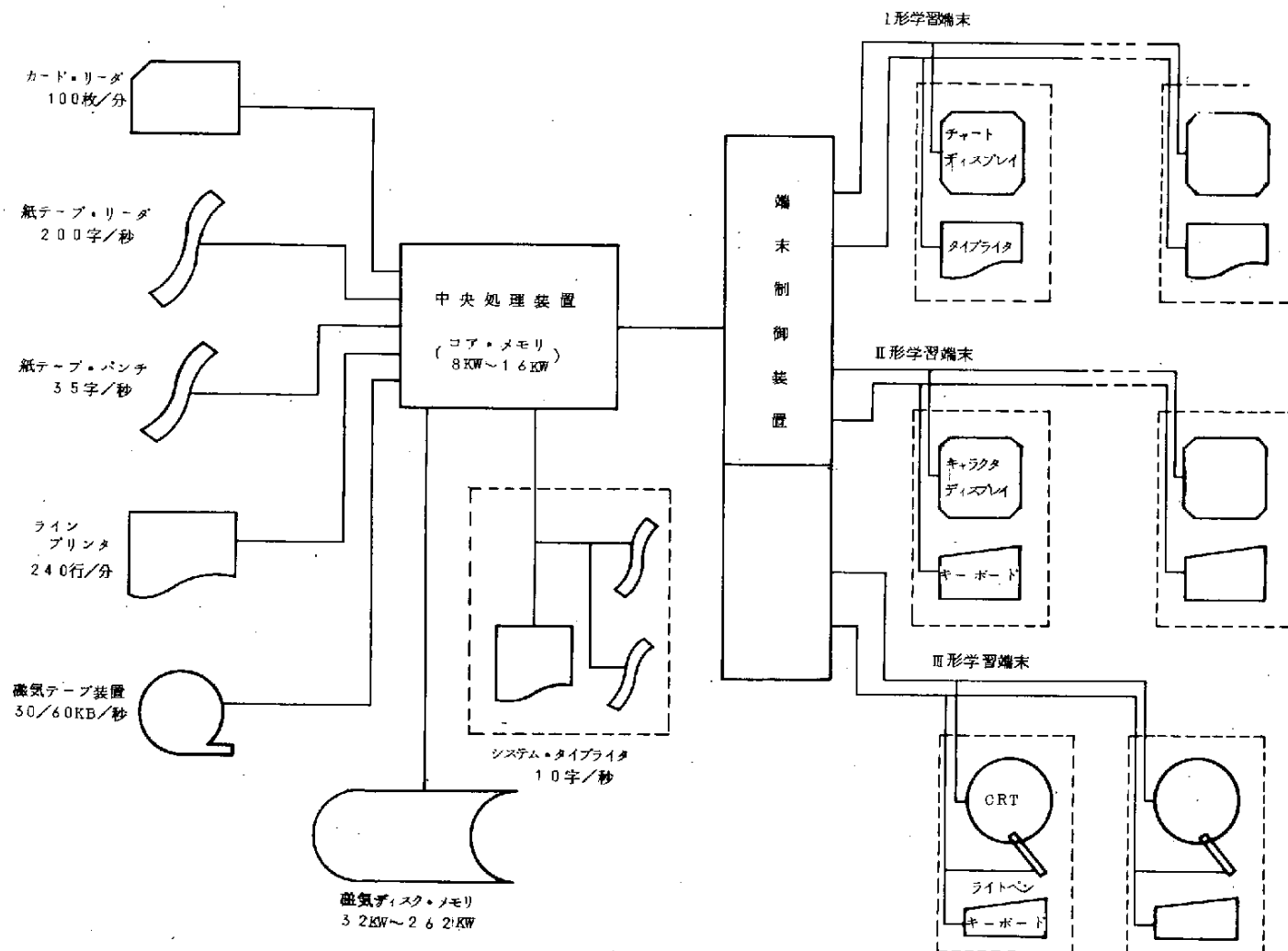
CRTディスプレイ、ライトペン

キーボードまたはタイプライタ

(4) ソフトウェア

CAI言語プロセサ(コンパイラ)

CAIモニタ (スーパーバイザ)



学習プログラム

一般には設置先で作成されるが、FORTRAN 言語コースなどが供給される。

FORTRAN コンパイラ

アセンブラ

ユーティリティ・プログラム

(首 藤 委 員)

5・10 日本電気のシステム

5・10・1 システムの概要

日本電気㈱におけるCAIシステムには2種類の電子計算機が使用されている。1つは小型電子計算機であるNEAC-1210を用いたCAIシステムであり、もう1つは汎用電子計算機であるNEAC-シリーズ2200を用いたCAIシステムである。

これら2つのCAIシステムは、それぞれ香川大学付属高松中学校と(財)能力開発工学センターに導入されており、CAIシステムの開発に活躍している。この両システム共、現在それぞれの電子計算機が導入されているところなら、最小の費用でCAIシステムの実験やフィールド・テストを行なうことが可能である。

次にこれらのCAIシステムについてそれぞれ説明する。

5・10・2 NEAC-1210によるCAIシステム

小型電子計算機、NEAC-1210をベースとした、CAIシステムを昭和43年に開発し、香川大学付属高松中学校に納入したが、これは実験機として設計製作したものである。然し、納入以来実施(使用)結果により、更に改良、レベルアップの要望が強くなったことは、その効果が大きいことを意味する。

(1) システム構成

このCAIシステムは、次の様に構成されている。

NEAC-1210電子計算機	1式
本 体	1台
入出力タイプライタ	1台
紙テープリーダ(機械式)	2台
パンチ	1台
追 加 機 器	
紙テープリーダ(光電式)	1台
パンチ	1台
接続制御装置	1台
画像提示装置	
スライド映写機	2台

スクリーン	1台
音声提示装置	
ランダムアクセステーブデッキ	1台
音声増幅器	1台
スピーカ	1台

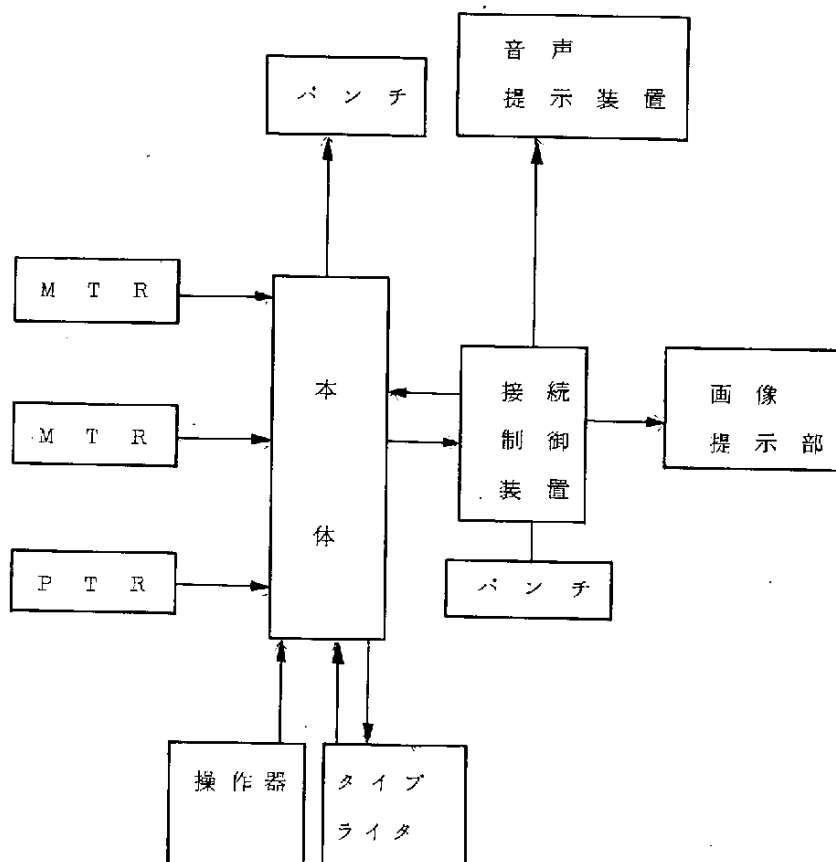


図 5 - 1 0 - 1 ブロックダイアグラム

(2) システムの機能

教師にかわって、電子計算機が予め読み込んである学習プログラムに従って、自動的に学習を進めて行くもので、このプログラムには学習者の回答内容により、次に提示すべき解説、或いは問題をいかなるものにするかを、プログラミングしてある。

つまり、学習者が画や音声で提示してあるものについて、タイプライタで回答すると、電子計算機で正誤の判断を行ない、任意のステップから任意のステップにスキップしたり、バックしたり、自由に操作できる。タイプライタの回答は、キーボードからの英字、カナ文字、数字等を用いて行なう。

電子計算機とのコミュニケーションは、このタイプライタと、画像、音声或いは文章のタイプアウトにより十分行なわれる。

(3) 機器の概要

本 体 磁気ドラムを記憶装置としてもち、6桁の数値(=1短語)を500語収容できる番地が、000から494まである。

2短語を結合して、12桁の1長語としても使用可能。四則演算は2進化2進法を用いた(1桁4ビット)、固定小数点方式

命令は、1アドレス方式で26種類ある。

入出力装置

入出力タイプライタ	1台
NEACライタ	数字、英字、カナ文字等48キー 2段シフト、印字速度600桁/分
紙テープリーダー	(8ビット)
機械式(MTR)	読取り速度560桁/分 2台
光電式(PTR)	読取り速度2400桁/分 1台
パンチ	せん孔速度1000桁/分 2台

語の構成

数値語

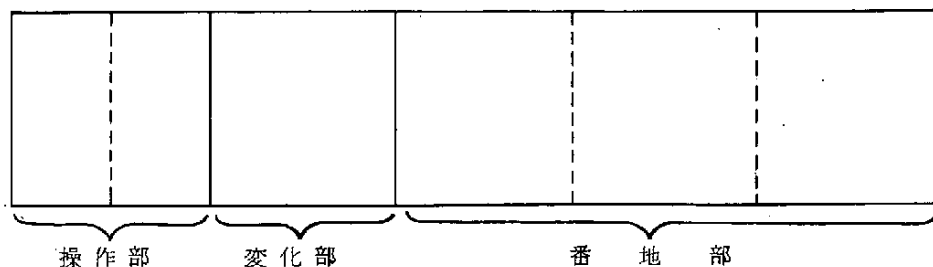
文字語

命令語 すべて6桁の数字よりなり、操作部(Operation Part)と変化部(Variant Part)番地部(Address Part)に分けられる。

操作部 2桁の命令コードがはいる。

変化部 1桁の数字がはいり、語長と入出力装置の指定を行なう。

番地部 3桁の番地、または入出力、桁移動の桁指定を行なう。



視聴覚提示装置

画像提示部

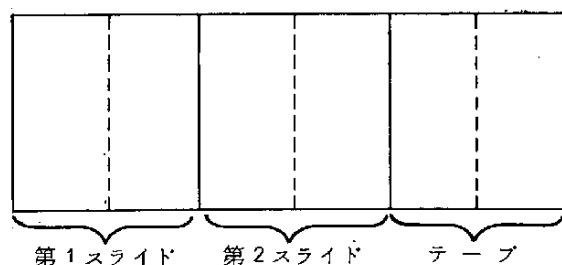
コダック・カローセルを一部改造したもの 2台

35mm紙マウント、スライド80枚を、1～80番地に収容できるマガジンを利用したスライド映写機で、接続制御装置によって制御され、それぞれ独立し任意のスライドを1枚選出し、デイライト・スクリーン上に映写する、ランダムアクセス・スライド映写機である。アクセスタイムの平均は約3秒である。

音声提示部

リモートコントロール方式の特殊テープデッキを使用し、接続制御装置により制御される2トラック2チャンネル方式で、1トラックにナレーションを他のトラックに信号を記録し、信号の選択により画像に合ったナレーションをだすもので現状は、5号テープ1巻に番地0～99の区分したナレーションを収容している。テープ速度9.5cm/sec、アクセスタイムの平均は2.5秒以内である。

提示語の構成：



第1スライドの番地（2桁）、第2スライドの番地（2桁）とテープのナレーションの番地（2桁）を組合せた短語で構成されている。

接続制御装置

NEAC-1.210の第2パンチ出力に接続し、その出力により視聴覚提示装置を制御するも

のである。提示語の数字出力を受けるとカウンタを動作させて、第1スライド映写機、テープデッキ等の位置指令レジスタをセットし、入力情報の終了を待つて駆動パルスが発生させ、正しい視聴覚提示を行わせる。

パンチを1台追加したのは、ON-LINE で学習者の授業反応の処理表を作るためである。

また、OFF-LINE は、月末などで学業成績、出欠等の事務処理を行うのに便利である。

5.10.3 NEAC-シリーズ2200によるCAIシステム

汎用電子計算機であるNEAC-シリーズ2200を中心としたCAIシステムは、主にモデル50をベースとして開発され、昭和44年3月に(財)能力開発工学センターに納入された。このシステムは同センターにおけるCAIシステムに多大の貢献をすると共に同年8月のコンピュータショーにNECBES (NEC Computer Based Education System) として発表展示された。

このNECBESはNEAC-シリーズ2200モデル50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進行を行なうコンピュータ側のプログラムおよび学習プログラムなどのソフトウェアより構成されている。以下これらについて説明する。

(1) NECBESの機器構成とその機能

NECBESの機器構成は学習者の使用する学習端末装置と、これらの端末装置をコントロールする電子計算機システムに別けることができる。

このNECBESの機器構成は図5-10-1の通りである。

(2) NEC学習端末装置

このNEC学習端末装置は日本電気㈱が、NECBES用にまったく新しく開発した端末装置であり、学習者に対する電子計算機からの提示および学習者の反応を電子計算機に送るための装置である。

このNEC学習端末装置の外観図は図5-10-2の通りである。次に各部の機能について説明する。

画像提示部

この画像提示部は、学習者に対して、問題とか、説明などの刺激を与えるもので、ランダムアクセス可能なスライドプロジェクタとスクリーンとに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トレイによりランダムにスライドを取り出しスクリーンに映写することができるものである。

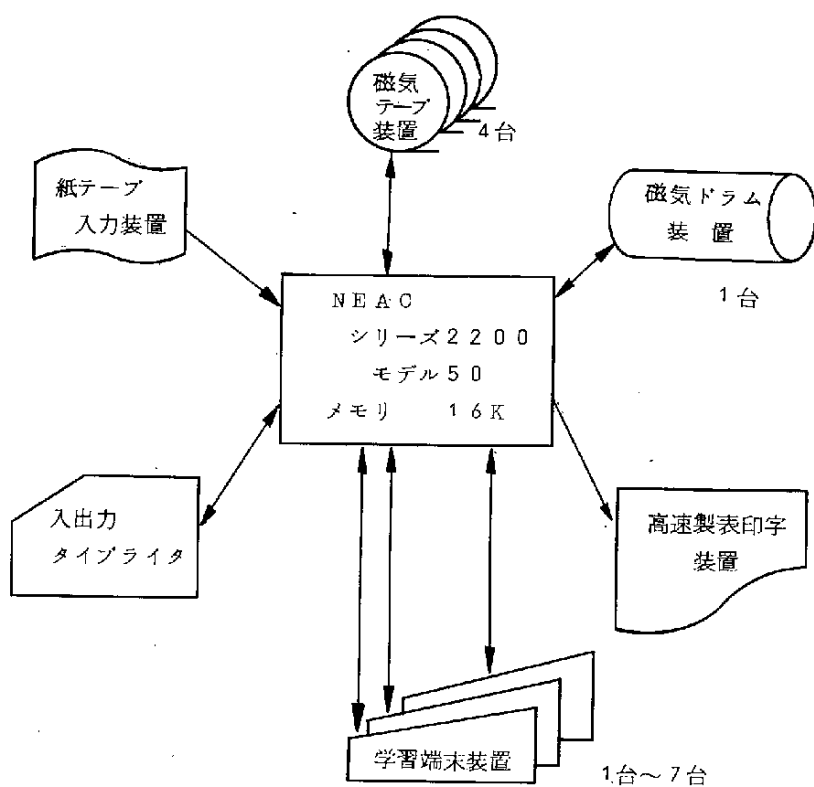


図 5 - 1 0 - 1 NEAC の機器構成図

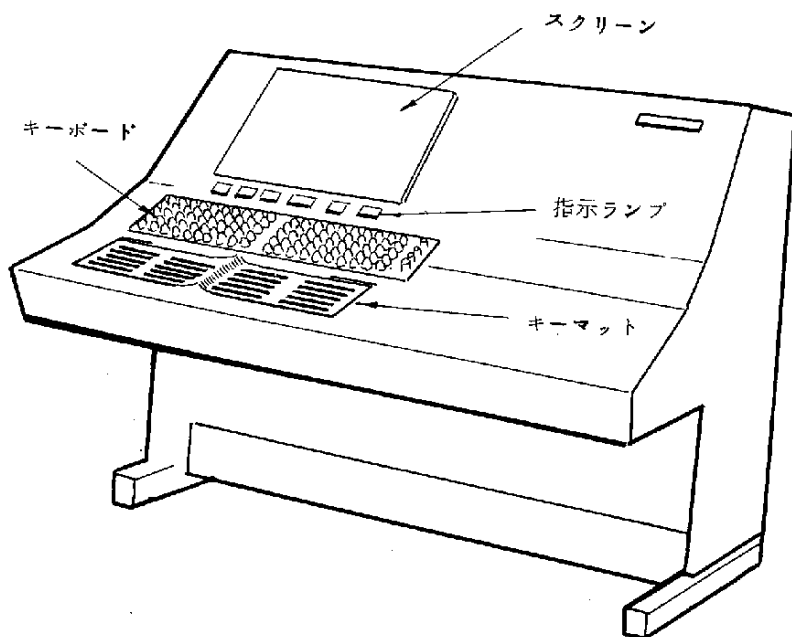


図 5 - 1 0 - 2 NEC 学習端末装置

こゝに使用されているトレイは簡単に交換することができ、学習プログラムのスライドをこのトレイに入れておくことにより学習時の教材を即時に提示することができる。

スクリーンはNEO学習端末装置の前面にあり、明るい場所においても鮮明な画像が得られ、学習時に目の疲労がないよう工夫されている。

反応装置部(キーボード部)

この反応装置部は、画像提示部で与えられた刺激に対し、学習者が何らかの反応を示す。その反応を電子計算機に入力するための装置である。

この反応装置部は、5(縦)×20(横)すなわち100個のデータ・キーと5つの学習ファンクションキーの105キーの押しボタン式キーボードである。

このデータ・キーは、小学校低学年の学習者でも、学習できる様ひらがなが50音順に並べられていたり、その他数字、ローマ字、特殊記号が並んでいる。またこのデータ・キーはキーマツトをかぶせることにより各キーに漢字を意味付けたり、単語を与えたりすることができ、数学や化学式等の教材も学習することが可能である。

ファンクションキーには次のものがある。

1. はじめ
2. おわり
3. ヒント
4. やり直し
5. 次へ

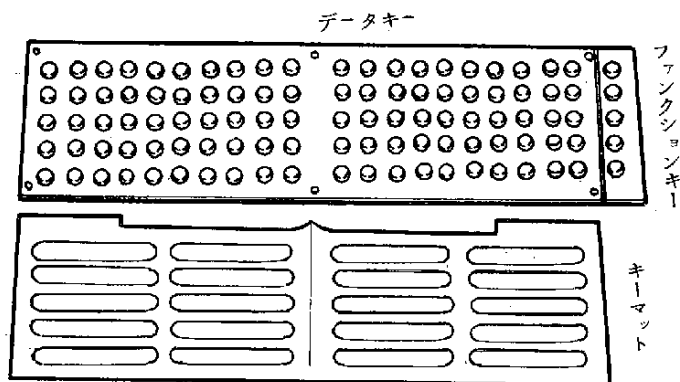


図5-10-3 キーボード部

指示ランプ

この指示ランプ部はスクリーンの下に位置しており、学習者が何を行なえばよいか、また、学習者の反応が正しかつたか、誤っていたか等を表示する。

指示ランプには次のものがある。

- 電 源 電源が入っているかを示す。
- どうぞ 学習者が回答を入力して良いことを示す。
- やり直し "やり直し"キーを押した時に、やり直し可能かどうかを示す。
- 正 入力した回答が正しかつたことを示す。
- 誤 入力した回答が正しくなかつたことを示す。
- ヒントなし ヒントキーを押してヒントがない時に点灯する。
- 一字やり直し 入力キーにおいて入力ミスの時一字やり直させる時に点灯する。

(3) 電子計算機システムの機器構成

このNECBESにおいて学習端末装置をコントロールする電子計算機には、汎用コンピュータであるNEAC—シリーズ2200モデル50が用いられている。

中央処理装置

中央処理装置では学習時において学習の進行をコントロールするコントローラを記憶させておくことにより、学習プログラム等のコントロールを行なうことにより、その構成は次の通りである。

記憶容量	16K字
メモリスイクル	28/字
命令形式	2番地方式
インデックスレジスタ	6
関接アドレス指定	可能
命令の種類	35+2
入出力チャネル	3

磁気テープ装置

システムプログラムや各学習者別のファイル、学習プログラム、また、学習時の記録に用いる。

データ移送速度	8.9K C
磁気テープ巾	1/2 インチ
トラック数	7

磁気ドラム装置

学習時における学習プログラムを記憶させておくのに使用する。

記憶容量	82K C 字
平均アクセスタイム	8.3ms
データ移送速度	103K C

入出力タイプライタ

各学習端末装置に何を学習させるか等，システムを制御するコンソールとして使用する。

印字速度	560字/分
紙テープ読取速度	560字/分
紙テープ穿孔速度	900字/分

紙テープ入力装置

システムをコントロールするための情報や，コンパイルするための学習プログラムの入力に用いる。

読取速度	300字/秒
読取方式	光電式
テープ走行速度	76cm/秒
紙テープ規格	6単位

高速製表印字装置

学習プログラムのコンパイルリストまた，学習時の記録の製表に用いる。

印字速度	200行/分
文字の種類	109
改行速度	424mm/秒
印字位置	120字

(4) NECBESのソフトウェア

NECBESのソフトウェアには，教育側の学習プログラムと，電子計算機システムのソフトウェアの2つに分類できる。ここでは，電子計算機システムのプログラムについてのべる。

NECBESのソフトウェア体系は次の通りである。

学習コントローラ

スーパーバイザ

スケジューラ

I/O コントローラ

ドラム管理ルーチン

学習プログラム言語コンパイラ

SCAII-Lコンパイラ(標準CAI言語第1次案)

統計処理プログラム

製表ルーチン

このシステムでは、学習者が学習端末装置より学習の開始を要求すると、学習コントローラは、学習プログラムを磁気テープファイルより磁気ドラムにファイルする。その後、この学習プログラムにより必要に応じて学習が進められる。

学習時においては、各学習端末装置の記録を磁気テープに記録し詳細な統計報告書を作成することができる。

(日本電気データ通信システム事業部 第4システム技術部 小荒井 順)

5・11 富士通のシステム

5・11・1 システムの概要

CAIは一台の計算機の助けを借りて、多数の生徒に同時に違うことを教育して行くことにあ
る。富士通では、これらのことを実現するためにSHEBA-7というタイムシェアリング・モニ
タを使用している。

SHEBAとは“time Sharing Environment for Bearing All purposes”を略して名付けたものである。SHEBAはそのことばの通り、あらゆる目的（仕事）
を引受ける、タイムシェアリング・ソフトウェアということの意味する。

SHEBA-7は中型計算機でもタイムシェアリングを行うことを目的として作られたベーシッ
クなソフトウェアである。CAIシステムはこのSHEBA-7を使い次の事柄に重点を置き開
発された。

- ① 企業内教育とCAIシステムの研究、主に使用出来る。企業内教育では、BATCHシステ
ムとしても使用出来ること、また少なくとも2教科以上の教育が同時に出来ること、という機能
が必要である。

システム研究の場合は、端末がどのようなものであろうと接続可能であること、ソフトウェ
アに拡張性があること、等の機能が必要である。

- ② 教材の作成が容易である。

教材の記述式DATA形式になっているため、誰でもすぐに憶えられる。

- ③ フィードバックを速くして教育効果をあげる。

これは、平均応答時間を端末数に比例するようにしており、最大でも3秒にとどめるように
した。

- ④ 生徒1人当りの費用を安価にする。

生徒数64人が使えるようにし、生徒1人当りの費用を安くした。

- ⑤ 同時に違う事柄を教育出来るシステムにする。

このため、外部ドラム装置にすべての教材が入れてある。

- ⑥ 各個人の記録を保存する。

成績の集計、参照が可能なように磁気テープに保存する。

- ⑦ 教材作成のデバックを容易にする。

教材作成のためのコマンドを準備し、デバックを容易にしてある。

5.11.2 C A I システムの機能

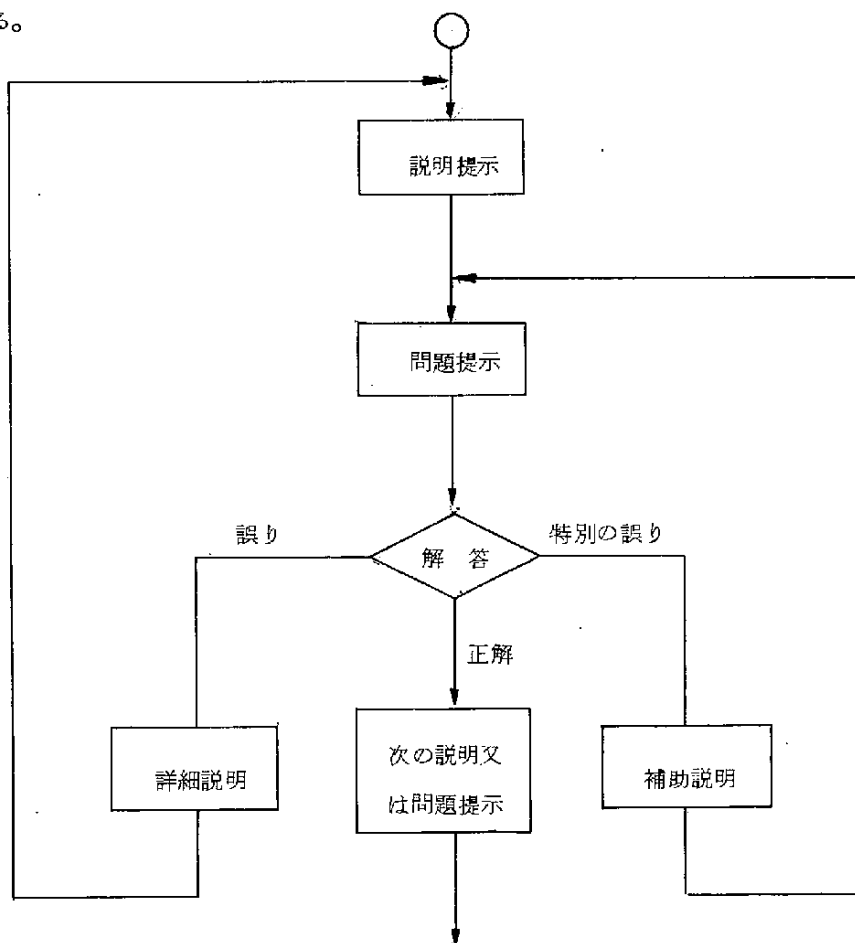
応答時間 平均3秒(64台のとき)

収容教材 最大6000ページ

接続端末 最大64台

収容教科目 最大5教科

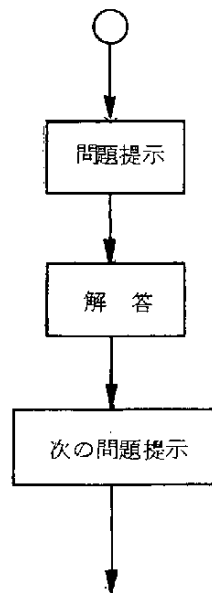
teaching logic は tutorialに行なうようになっており, drill & practiceも行なえる。tutorialの場合教材によって種々異なってくるが大体次図の形式になる。



特別の誤り方をした場合には補助説明を行ないもう一度解答させる。その他の誤り方をした場合はくわしい説明を行ない, 解答させる。

正解であれば次の説明又は問題を出す。

drill & practice の場合は次のようなパターンとなる。正誤に関係なく問題は次々と与えられる。



5.11.3 ハードウェア

中央の計算機は FACOM 270-30 を使用している。

その特長は次の通りである。

- ① I C (integrated circuit) の使用
I C を使用することにより、高速化、高信頼性、小形化、低価格をすべて満足している。
- ② 高速化
C A I の応答時間を速めている。
- ③ 高信頼性
C A I の長期連続運転が可能となる。
- ④ 小形化
設置面積が少なくてすみ、重量も軽いため設置場所を自由に選べる。
- ⑤ 低価額
生徒 1 人当りの費用が安くなる。
- ⑥ 高速大容量記憶

同時教育可能生徒数が多くなり、教材も多量のものが制御可能となる。

⑦ 入出力装置の同時動作

入出力装置は割り込み機能を十分に発揮し、中央処理装置と同時並行処理を行う。

⑧ タイマー

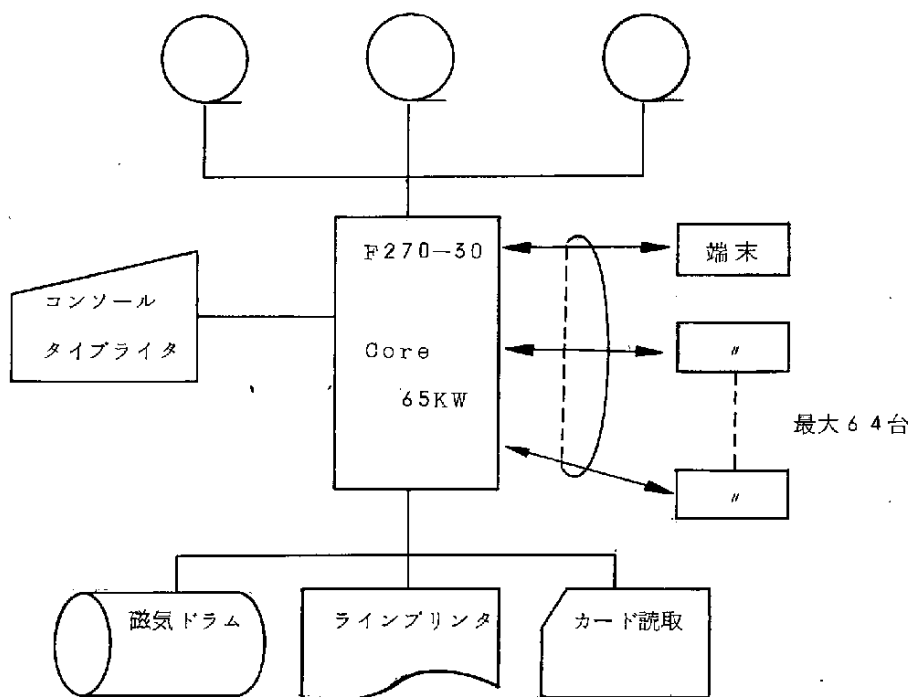
タイマーがあるため生徒の応答の評価、教材の評価に役立つ他、生徒との応答制御も可能となり、より有効な教育が出来る。

(1) ハードウェアの性能

装 置 名	項 目	性 能
中央処理装置 (F270-30)	記 憶 容 量	65KW
	アクセス・タイム	900ms
	加 減 算 時 間	1.8 μ s
	乗 除 算 時 間	1.8 μ s
	インデックス・レジスタ	3個
磁気テープ装置 (F603D)	転 送 速 度	41.7/60KC
	記 録 密 度	556/800rpi
	I R G	19mm
	書 込 形 式	N R Z I
磁気ドラム装置 (F624A)	記 憶 容 量	2,097,152バイト
	平均アクセス・タイム	20ms
	転 送 速 度	100KB/秒
カード読取装置 (F664A)	読 取 速 度	800枚/分
	ホ ッ パ 容 量	3,000枚
	スタッカー容量	3,000枚
ラインプリンタ装置 (F642A)	活 字 種 類	128字種
	印 刷 速 度	500~1,500行/分
	印 字 数	136字/行
コンソール タイプライタ装置 (F801A)	活 字 種 類	88字種
	印 刷 速 度	15字/秒
	印 字 数	130字/行
キャラクタ ディスプレイ装置 (F6221B)	ブ ラ ウ ン 管	12インチ
	表 示 字 数	50字×20行
	字 の 大 き さ	4×2.8mm
	字 種	128種
タイプライタ装置 (F791A)	活 字 種 類	128字種
	印 刷 速 度	15字/秒
	印 字 数	120字/行

(2) 機器構成

磁気テープ装置



① 磁気テープ装置

最小1台でも可能である。

教材作成用

教材保存用

成績記録用

システム用

② コンソール・タイプライタ

主にシステムの運用上に使う。

③ 磁気ドラム

システム用

教材用

④ ラインプリンタ

システムの状態表示と成績の作表用

⑤ カード読取装置（又は紙テープ読取装置）

教材作成時のプログラムの入力装置

5.11.4 ソフトウェア

ソフトウェアの構成は次の部分より成っている。

モニタ

teaching logic

教材作成用プログラム（CAI言語）

(1) モニタ

次の機能をもっている。

割り込み処理

TASK制御

コマンド

端末制御

入出力制御

時間管理

① 割り込み処理

このルーチンは種々の条件（memory protect invalid operation, parity error, data channel interruption, その他）が発生したときの処理をする。

② TASK制御

各種プログラムが同時併行に動作するように制御する。

プログラムのスイッチは次の条件が発生したときに行なう。

1. それ以上プログラムが動けなくなったとき（I/O 処理等のため）。
2. I/O の動作が完了したとき。
3. プログラムが終了したとき。

③ コマンド

コマンドにはコンソール用と端末用との2種ある。

1) コンソール・コマンドには更に次の6種ある。

ON 端末を動作可能とする。

OFF 端末が動作出来ないようにする。

SAVE システムの状態を磁気テープ装置に記録し、後にその状態よりrerun可

能とする。

RERUN SAVEされた状態を再現し、システムをスタートする。

MESSAGE コンソール・タイプライタ(先生)より各生徒にメッセージを送る。

RESTART システムのdownに備えてシステムの状態が変わるたびにincrement
dump を自動的にとっている。

このコマンドを実行することによりdown する一つ前の状態よりスタートする。

2) ターミナル・コマンド

ターミナル・コマンドとして次の7種ある。

- ”ハジメ” 生徒が授業を開始するとき計算機に知らせる。
- ”オソリ” 生徒が授業を終了したとき計算機に知らせる。
- ”ソウサ” システムの使用法を説明する。
- ”ページ” ページ数を指定するとそのページより授業を始める。(デバック用)
- ”セツメイ” 教材でさらにくわしい説明を求める。
- ”セイセキ” 成績を見るときに使う。
- ”コウモク” 計算機に現在入っている教材の名前を知る。

④ 端末制御

生徒使用の装置(タイプライタ又はキャラクタ・ディスプレイ)の制御を行う端末用IOCSである。

⑤ 入出力制御

これは中央処理装置に継続されている入出力装置のIOCSである。

⑥ 時間管理

時間の集計を行なっている。

(2) Teaching logic

Teaching logic は次の4つの部分より成る。

説明(問題)の提示

応答処理

成績記録

インクリメンタル・ダンプ

① 説明(問題)の提示

教程表に従って説明又は問題を提示する。

ドラム内に入っている教材を引き出し、端末へ提示する。

提示可能な文字数は1ページ当り最大500文字である。

② 応答処理

問題を提示した時の生徒からの答を判定し、その結果を知らせる。

1. 応答の時間制限を設定出来る。
2. 生徒からの答の最大文字数は20文字である。
3. 答の中のブランクまたはスペースは無視する。
4. 問題は1ページ当り1問である。

③ 成績記録

成績記録には次の情報の記録を行なう。

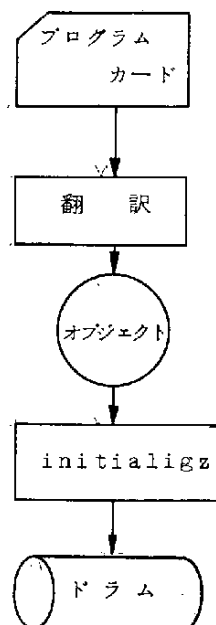
1. ページ数
2. 正誤
3. 応答時間(秒単位)
4. その他

④ インクリメンタル・ダンプ

システム・ダウン時に一つ前の状態よりrerunを出来るようにするためシステムの状態が
変る毎にドラムにその情報をダンプする。

(3) 教材作成用プログラム(CAI言語)

これはBATCH処理で行なわれる。そして、その様なプロセスを経て教材は作られる。



プログラム構成は次のような形式である。

教 材
教 程 表

教材作成用ステートメントを次に示す。

① ¥MATERIAL...教材名

教材の名前を定義する。

② ¥FRAME ページ数

¥FRAME～¥ENDにはさまれた本文がメッセージとして端末に表示される。

③ ¥CURRICULUM 教材名

¥CURRICULUM～¥FINISHにはさまれた本文が教程表となる。この教程表に従って教材を端末に表示する。

5.11.5 今 後 の 課 題

今後の課題として次の事柄を研究，調査中である。

① man-machine Communication 端末の開発

② 教材の開発

③ CAI言語の開発

(富士通システム部第1システム課 阿部千秋)

5・12 能力開発工学センターのシステム

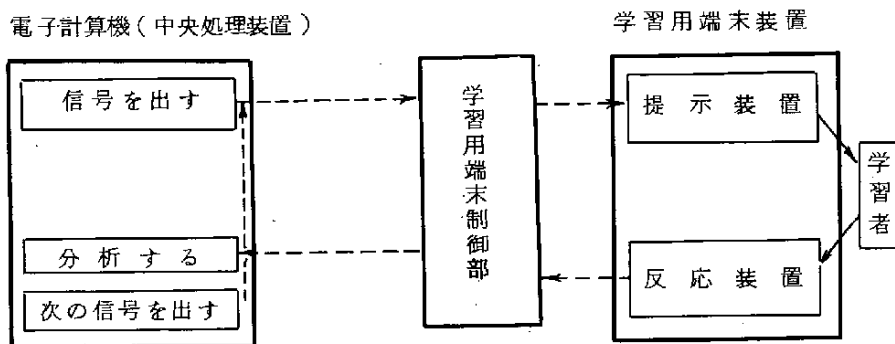
5・12・1 システムの概要

能力開発工学センターは、1968年に発足して以来、CAIシステムによる学習のあり方について、主として教育上の問題点を明らかにするという見地から研究をすすめている。研究のテーマは(1)CAIシステムにおける学習プログラムはいかにあるべきか。(2)プログラムの目的を十分に達成しうのような学習の場を形成するためにはいかなる学習用端末装置を設置すべきか。(3)学習者の行動を診断指導するものとして電子計算機をいかに活用すべきかの3つである。いずれもCAIシステムを構成する上での基本的な問題と考えられる。以下各テーマについて実際の研究状況を示す。

5・12・2 CADEC システム

システムの構成概念図は、図5-12-1の通りである。システムの愛称はCADEC(Center for Ability Development Engineering Computer System)と呼ばれている。

図5-12-1 カデックシステム構成概念図



このシステムにおいては、電子計算機は反応装置からの信号を受けとって分析し、その結果に応じて提示装置に対して信号を送るという役割を果たしている。学習用端末装置2セットが連動され、2人が同時にしかも個別に学習することができるシステムである。

システム全体の機器構成は図5-12-2の通りである。

中央処理装置は、NEAC2200シリーズのモデル50(記憶容量=16KC)を使用し、中央線より下側に示された各入出力装置は、オフラインの作業に使われる。学習結果の記録は、高速製表印字装置を用いて、学習後に一括して出力する。学習用端末装置の機能は次の通りである。

図5-12-2 学習者とコンピューター間のコミュニケーション・システム

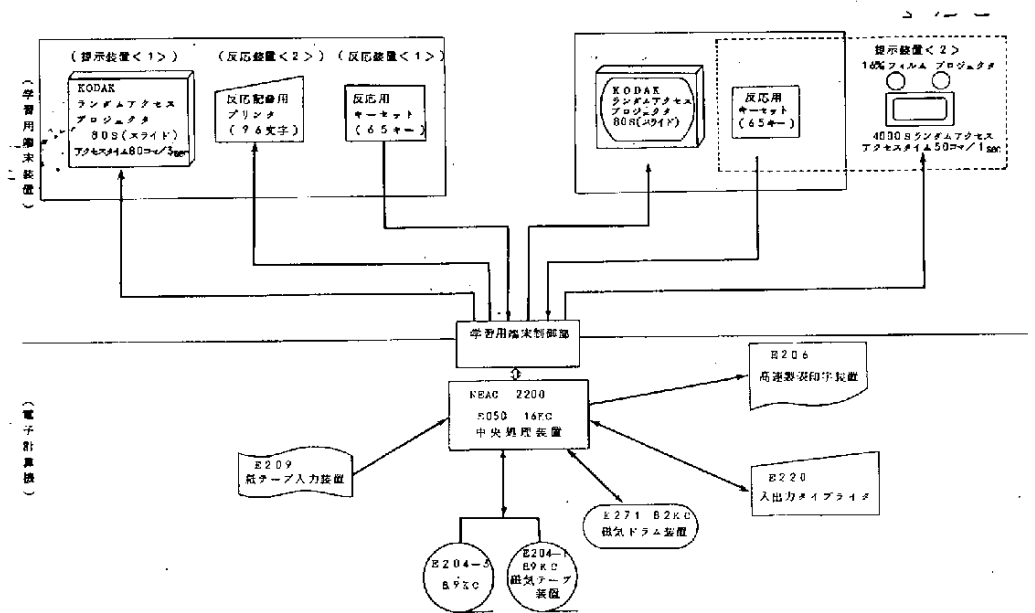
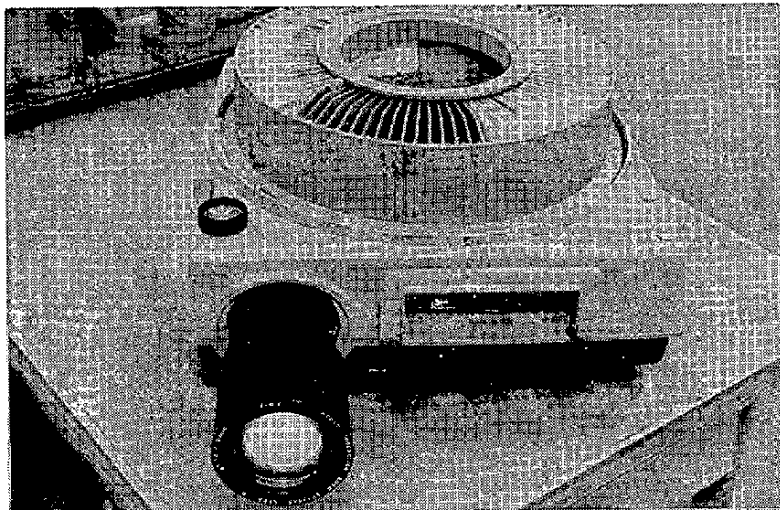


図5-12-3-①



提示装置<1>KODAKランダムアクセスプロジェクタ(図5-12-3)

1. 1コマごとにマウントしたスライドを前後両方向へランダムにアクセスしてスライドに含まれた教材を提示することができる。
2. スライドは最大80コマを1トレイに収納することができる。
3. アクセスに要する時間は、最大3秒である。

提示装置<2>16ミリフィルム・ムービーランダムアクセスプロジェクタ(図5-12-4)

図5-12-3-②

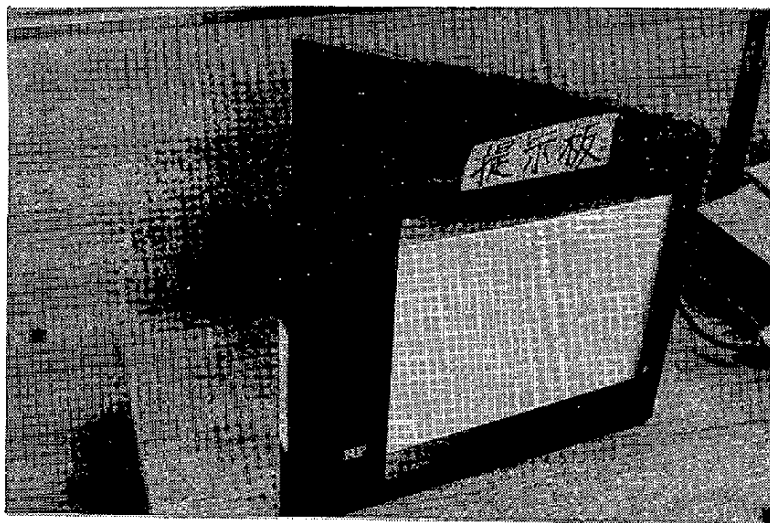
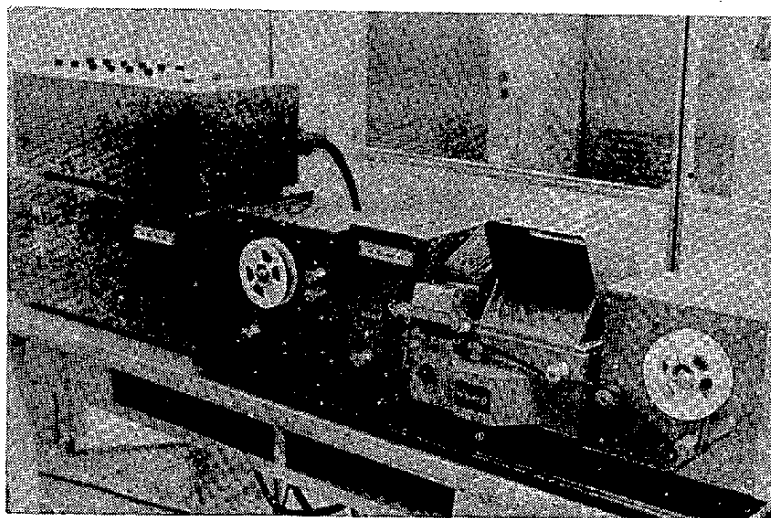


図5-12-4



1. 16ミリフィルムを1コマ単位および一連のコマ数をムービとして提示する。
2. コマ数は最大8000コマまで収納することができる。
3. アクセスに要する時間は、72コマにつき1秒である。
4. ムービ提示は、1秒24コマ、12コマ、6コマ、3コマの4段階に切りかえることができる。
5. ムービの単位コマ数は、64コマ、128コマ、256コマ、512コマの4段階に切りかえることができる。

反応装置<1>反应用キーセット(図5-12-5)

1. 65キーを備えている。
2. 連続x秒で反応可能
3. 65キーのうち、5つをファンクショナル・キーとし、60を反应用キーとして使用する。
4. ファンクショナルキーの機能は次の通りである。

はじめ 学習プログラムの途中からスタートステップに戻す機能。学習者が途中で交替するときなどに使う。

おわり 学習を停止したことを電子計算機に記憶させる機能。学習者が途中で学習を停止したことの記録をとるのに使う。後日再び継続する場合には、この記録によって自動的に学習箇所が提示される。

ヒント 学習者が提示されたステップに対する反応の仕方が不明の場合に用いるキーとして準備される。学習プログラム作成者の意図に従って必要なスライドを提示することができる。

やり直し キーセットで反応する場合に、キーの押しまちがいを修正する機能をもつ。学習者は、**次へ**のキーを打つ以前にまちがいに気がついた場合は、このキーによって、消し、やり直すことができる。

次へ 反応が終了したことを電子計算機に伝える機能をもつ。このキーによって、次の教材が提示されるか、診断処理が開始されるかする。

5. 反应用キーは、学習プログラムに応じて、自由に文字または記号を与えることができる。下のようにキーマットをキーにかぶせることにより、学習者はそのキーマットの文字または記号を使用することができる。キーマットの例として、数類学習用のキー配列を次にあげておく。(図5-12-6)

反応装置<2>反応記録用プリンタ(図5-12-7)

1. 学習者の反応内容を即時に記録して提示する機能をもつ。いずれのコンソールにもオプションとして併置することができる。

2. 96文字のシリンダ方式によるものでシリンダは交換可能。

なお、現在以下の諸機器からなるトラブルシューティング訓練のための学習用コンソールを開発中である。

・ グラフィックパネル

これは自動制御システムの系統図に、計器を組みこみ、各単体、バルブなどのチェックポイントには赤、青、黄のランプがつくようにしたものである。学習者の反応によって、学習者が頭に描く回路を提示できるようにしてある。

図5-12-5

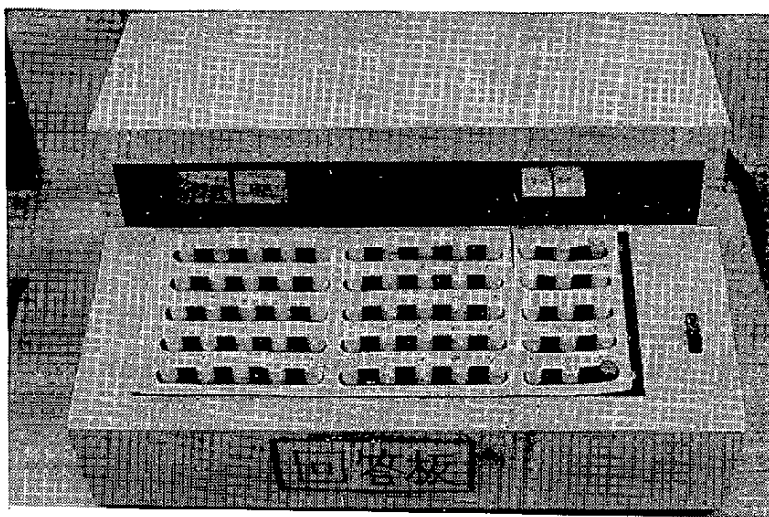


図5-12-6 分数学習用キーマットのキー配列

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	m	MAT	はじめ
ま	や	ゆ	よ	り	ろ	//	2	3	a	cm	÷	おわり
な	に	の	は	ひ	ふ	ほ	0	x	-	Km	x	ひと
さ	し	す	せ	た	ち	つ	て	と	分	ℓ	-	打ち なおし
あ	い	う	え	お	か	き	こ	ん	=	cl	+	次へ

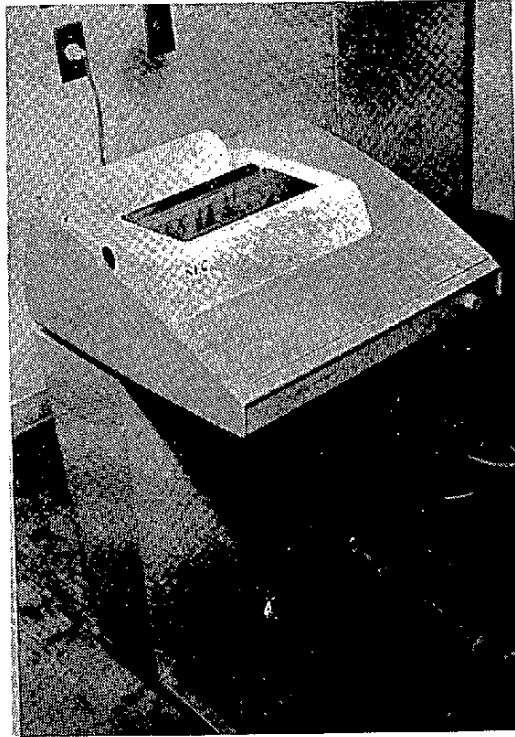


図5-12-7

- ・ 音声出力装置

学習者に対する行動の指示，行動結果の伝達を主として行なうための装置である。

- ・ CRTディスプレイ装置

- ・ ムービ提示装置

- ・ 反応用キーセット

5.12.3 学習プログラムについて

1) 学習プログラム作成の基本的考え方

学習プログラムは，学習者の行動を制御するものである。すなわち，学習者を，プログラムされた行動の場におくことによって，行動をさせ，行動させた結果に対して修正をしていくということをくり返す。これをどういう順序でどのように構成するか，決めることが学習プログラムを作成するうえで重要なことである。

学習の過程による類型としては，チュートリアル方式のものが中心である。現在トラブ

ルシエーティングについての学習プログラムを試作中である。

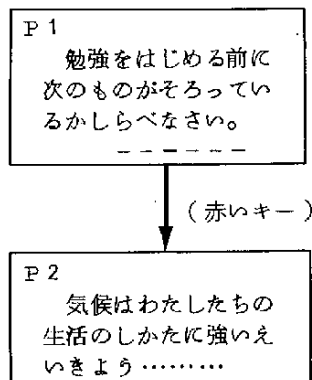
2) 学習プログラムの実例

学習指導活動の基本的な論理は、学習に行動をさせ、その行動を診断して、指導するということであるが、具体的には、いくつかの類型にわけることができる。ここにチュートリアル方式のプログラムの実例をあげておく。

(☐ は、スライドの内容、左上隅の記号と数字は、スライド番号を示す。)

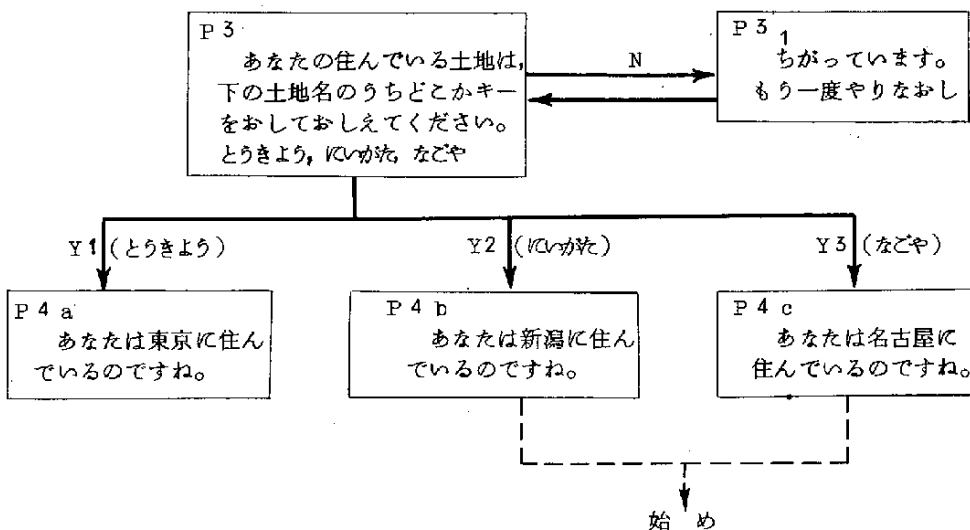
a. 学習者が自分の意志で進路を決定する場合

① 提示教材を読み終って次へ進む

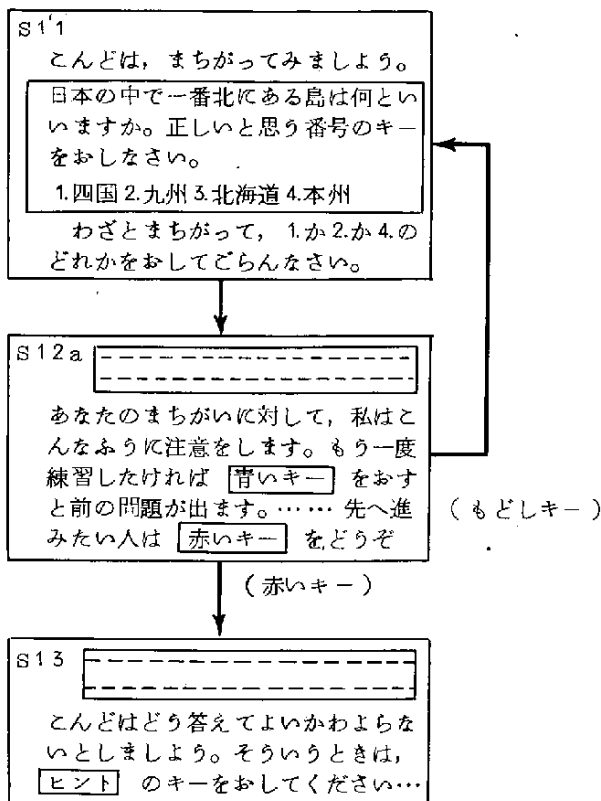


② 学習者が、希望または前提行動によって、進路を選択する。

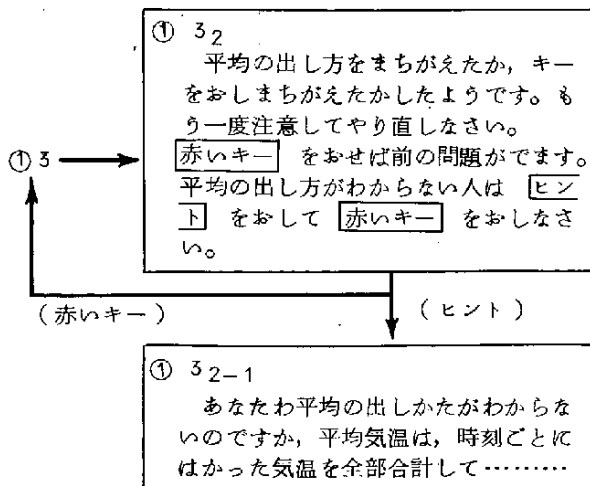
(Yは正しい反応、Nは誤の反応を示す。)



- ③ 直前のステップをもう一度やり直す。

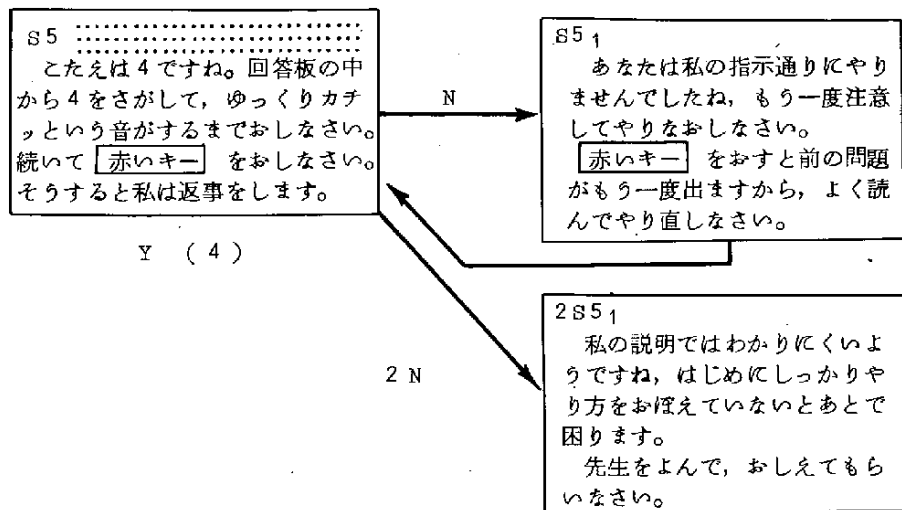


- ④ 与えられた指示では反応できず援助を求める。

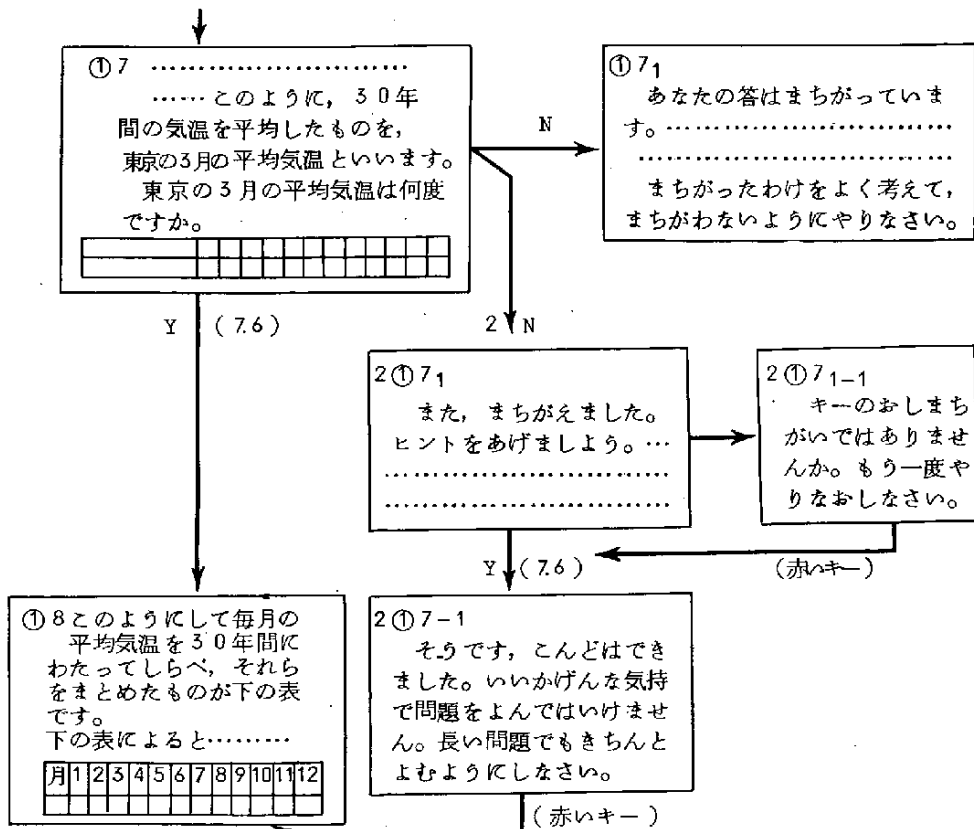


b. 学習プログラムによって指導する場合

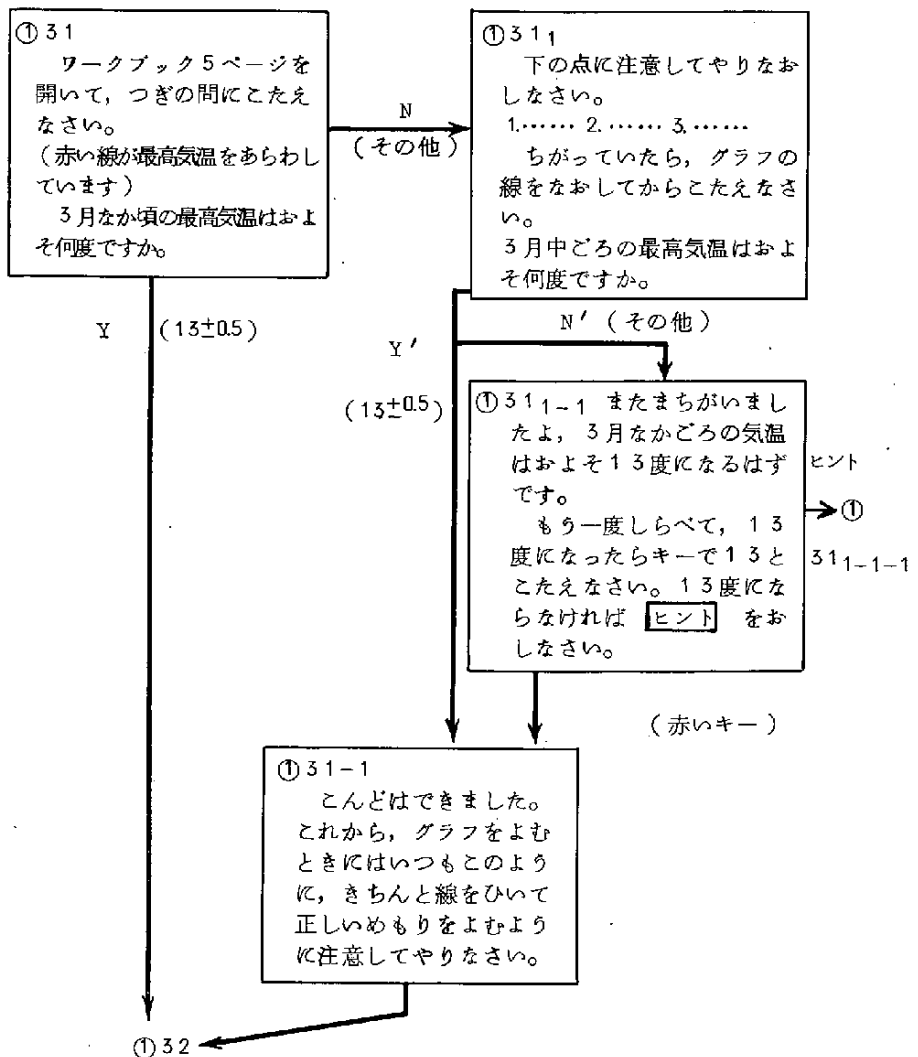
- ⑤ 誤の内容を知らせて、くり返し学習させ、誤答がN回に達したら停止する。(2Nの2は回数を示す)



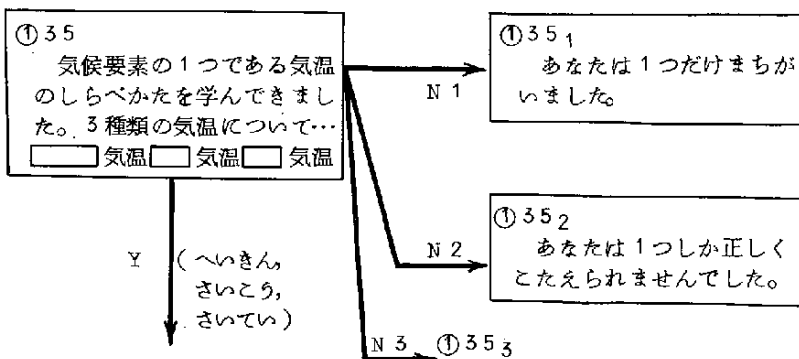
- ⑥ 誤の内容を知らせて、ヒントまたは既習ステップを学習させる。



⑦ 誤の内容を知らせて、しらべ方および正答を与える。



⑧ 誤の内容を知らせて、できるまでくり返えさせる。



提示教材および反応行動に含まれる要素について、「2つの土地の気候のうつりかわりを比較する」という行動を例にして分析してみると次のようになる。

気候の見方における提示・反応の類型

提 示 内 容		反 応 の 内 容	
行 動 の 対 象	行動の指示・フィードバック	測 定 行 動	表 現 行 動
二つの土地のグラフ (気候のうつり かわり) 気 温 降水量 晴日数 雨(雪) 風日数 霧日数	<u>問いかけ</u> (例)・2つの土地の季節 のちがいのしらべ 方をべんきょうし ましょう。 <u>直接的な行動の示範</u> (例)・表のよみ方を矢印 で示す。(矢印の 順序でみなさい) ・グラフのよみ方を 図で示す。 ・表の記入の仕方を 示す。 <u>直接的な行動の指示</u> (例)・矢印のようにみな さい。 ・ にはいる ことばをキーでう ちなさい。 ・ちがいの長さを計 算しなさい。 <u>暗示(プロンプト)</u> (例)・文章を示し、一部 を空白にしておく。 グラフに矢印を記 して、そこをみな さい、と指示する ・注意すべき箇所に ○印をつけておく。 <u>評 価</u> (例)・表のよみ方がちが っています。 ・グラフの目盛がま ちがっているよう です。	2つの土地の気候 のうつりかわりを 示したグラフを比 較して季節のはじ まりの時期をくら べる。 同じようにして季 節のおわりの時期 をくらべる。 同じようにして季 節ごとの長さをく らべる。 記入した表をよみ にとって、土地ごと に季節のうつりか わりについてまと めてとらえる。	反応用紙にとらえ た結果を記入する 記入した結果をみ てキーでうつ。 誤っていた場合は 正答をみて自分の 表を修正する。

c. 学習プログラムの開発および利用状況

学習プログラムとして完成しているものはチュートリアル方式による「コンピュータ入門Ⅰ」(7トレー分)のみであるが、実験的レベルとしては次の各教科についてそれぞれ一部が試作されている。

チュートリアル方式

新しい考え方による分数(小学生用)

電気の性質のしらべ方()

気候の見方()

普通預金実務入門(銀行新入社員用)

トラブルシューティング

温水ボイラー自動制御システム故障発見(自動制御装置運転者用)

なお、「コンピュータ入門Ⅰ」は、毎月10数名位の学習者による実験的学習が実施されている。

5.12.4 C A I 言語作成の観点

本システムの電子計算機プログラムは学習プログラム作成者が学習の流れを記述するプログラムと、そのプログラムを動作させるコントロールプログラムとから成立っている。学習の流れを記述するプログラムとしては、アセンブラ言語を主として使っているが、昨年電子工業振興協会によりC A I標準言語第一次案が決まったので、この標準言語を合わせ使用して、C A I言語として望ましいものを明らかにしていきたいと考えている。

C A I言語を考える場合、学習者の反応を診断する方式を明らかにすることが必要である。それぞれの診断、方式に個々の言語が準備されることが望ましいからである。当センターで現在まで明らかになった診断方式をあげると次の通りである。

- 1) 予想反応との完全一致によって診断する。
- 2) 予想反応との部分一致によって診断する。
- 3) 予想反応の範囲内(有限個)にあることを診断する。
- 4) 予想反応の範囲に許容範囲をもたせて診断する。
- 5) 小数点を無視する。
- 6) 濁点を無視する。
- 7) K. B. I N (入力OK)に対する不注意を無視する。
- 8) 反応順序を無視する。

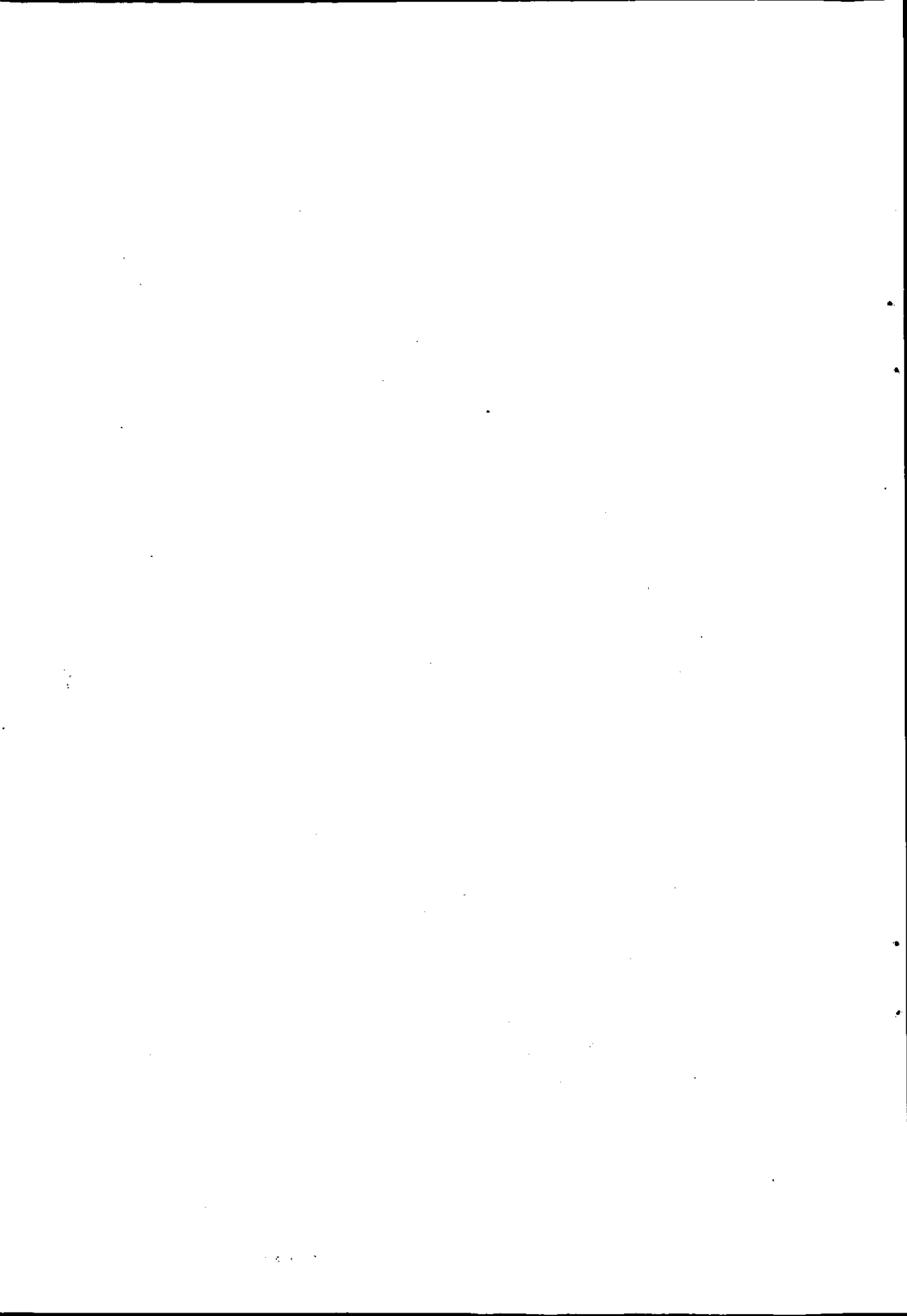
9) 正答の数によって診断する。

10) 誤答回数によって診断する。

11) 過去の誤答回数によって診断する。

以上のような形で診断方式を明らかにしていき、そのそれぞれについて日本語によるC A I言語を作成して行きたい。当センターでは現在そのための材料整備に努力している。

(小沢委員)



5・13 (財)機械振興協会のシステム

近年、わが国はもとより海外諸国においても教育に関する問題、とくに教育の合理化、能率化についての問題がクローズアップされている。これらの社会的要請に基づき、各種の教育機器の開発が盛んに行なわれている。その中でもっとも効果が期待されているC A Iについて、(財)機械振興協会は、その開発、普及促進、産業教育充実等の観点から、当協会の事業の1つである新機械普及促進事業の1プロジェクトとして、1968年に開発計画を決定した。

このC A Iシステムの開発は3ケ年(製作期間2ケ年、試用期間1ケ年)計画で、総経費3.5億円をかけ、1971年3月末完成を目標に進めており、まずハードウェアについては、(株)日立製作所、日本電気(株)、東京芝浦電気(株)、および松下通信工業(株)の4社が協力し共同開発を行なっている。各社の製作分担は(株)日立製作所が電子計算機を中心に周辺機器、日本電気(株)がキーボード、プリンタおよび端末機器を設置するブース等、東京芝浦電気(株)がランダム・アクセス・スライド装置(R・A・S)およびランダム・アクセス・音声出力装置(R・A・A)、松下通信工業(株)がC R Tディスプレイ装置である。

またハードウェアの開発と平行して1970年5月よりソフトウェア(学習プログラム)の開発に着手し、開発テーマとして、電子計算機の教育用プログラム、および数値制御工作機械関係等6テーマを決定し、1971年3月末までに完成させるべく作業を進めている。

本システムが完成すれば日本で唯一の完全なC A Iシステムが開発されることになり、その成果の普及が期待される。

以下、当協会のC A Iシステムについて、その概要を簡単に紹介する。

5・13・1 システムの概要

(1) 概 要

本システムは小型電子計算機(HITAC 10, 32K語)を使用した計算機ベースの個人用C A Iシステムであって、大容量ディスク・メモリを備えた計算機システムとキーボード、C R Tディスプレイ(Cathode Ray Tube Display)(ライトペン付)、ランダム・アクセス・スライド、ランダム・アクセス・音声出力装置をもつ端末装置、8組(一型学習端末)とキーボード・プリンタ、ランダム・アクセス・スライドをもつ端末装置、22組(二型学習端末)により構成されている。

また学習プログラム言語として、標準C A I言語(日本電子工業振興協会作成の第1次案)を

もちい、計算機内には複数の学習プログラムが内蔵されている。計算機はこの学習プログラムにもとづいて学習者と対話を行なう。

また、学習者の反応を受けて採点したり、学習者のヒント要求に応じたり、正答要求に対し、つぎに提示する問題を決定することのできるような構造となっている。

端末装置については、学習者に対して能率的なマン・マシン・コミュニケーションが行なえるよう設計しており、学習者はCRTディスプレイ、スライド、オーディオ装置等によって問題等の提示を受け、キーボードまたはライトペン等によって回答を行なう方式である。

本システムによる学習過程をブロック図に表わすと図5-13-1のようになる。

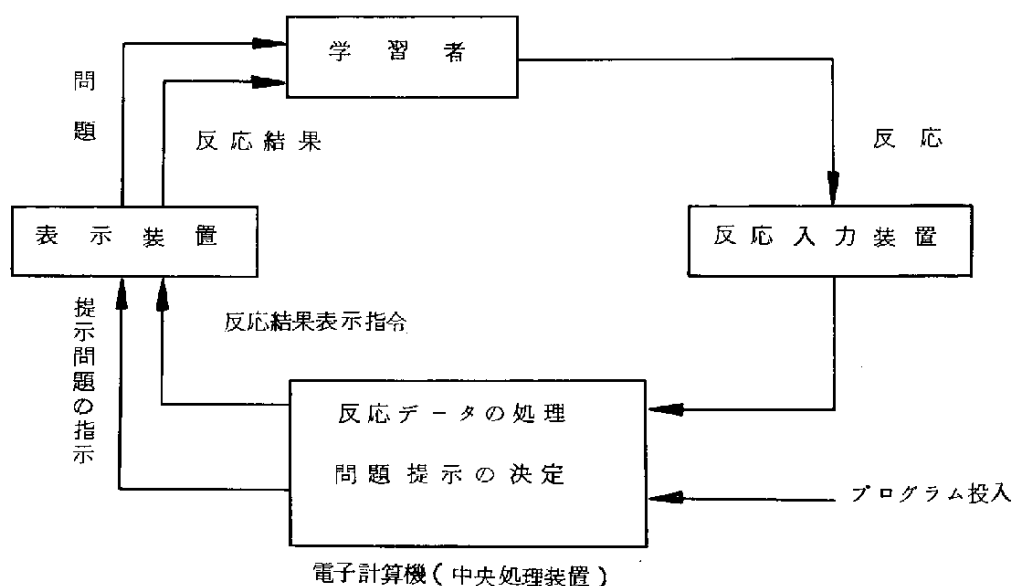


図5-13-1 本システムによる学習過程のブロック図

(2) 性能

- 1) 50人(現端末装置は30台)の学習者が同時に問題提示の要求をした場合待ち時間は3秒以内で使用できる。
- 2) 学習するプログラムの科目(現在6学習プログラムを開発中)は無制限である。しかしながらハードウェアの構成(磁気ディスク記憶装置容量)から、学習ステップは6,000~10,000程度のステップ、学習の延時間で表現して、200時間に相当する学習プログラムを収容できる。(1ステップとは、問題提示からつぎの問題提示までの学習プログラムの長さをいう。)

- 3) 問題提示に対して生徒が回答すると、計算機は学習者の成績、プログラムの経過および所要時間を記録し、回答および過去の成績に基づいて学習者の能力を判定し、それに応じてつぎの問題を提示する。
- 4) 学習者の応答には、問題の回答、説明の了解、そのほかヒントの要求、正答要求など特殊な応答ができ、合計6種類の応答ができるようになっている。
- 5) 学習経過記録は、学習者の学習終了後出力される。その記録内容は、学習科目名、学習者の氏名、提示した問題についての回答、所要時間等を含んでいる。

(3) システムの使用法

- 1) このシステムでは、学習プログラムの流れは最大限の自由度をもたせてある。
 - (イ) 問題の指示と単なるコメントの提示ができる。
 - (ロ) スライドやオーディオ・テープの特定のコマを出力するように、プログラムすることができのみでなく、CRT Display 上に表示する文字や図形をプログラムすることができる。
 - (ハ) 問題提示に対する回答形式は、O X式だけでなく、任意のメッセージやライトペンの指示により回答することができる。
 - (ニ) 学習者の応答は、問題に対する回答だけでなく、ヒント要求、正答要求などの応答を許し、これに対する処理をプログラムすることができる。またヒントの用済などを表わす応答に対しては、とくにプログラムしなくても適切な処置を行なわれるように、システムプログラムがバック・アップしている。
 - (ホ) 過去の得点の経過で分岐を決定するようにプログラムできる。
 - (ヘ) 回答の所要時間の制限をプログラムでできる。
 - (ト) 上記のような学習プログラムの多種類の可能性について必要のないときは、全く記述しないで済ませることができる。
- 2) 学習プログラム作成者が記述する動作以外に、本システムはつぎのようなバック・アップ機能を自動的にこなす。
 - (イ) 学習経過の記録を学習プログラム各ステップごとにとり、学習終了後にカードで出力する。
 - ステップ名称
 - 学習者の回答内容
 - 学習の応答(6種の応答の区別)
 - ステップ所要時間

- 全所要時間
- 得点(得点をとるようにプログラムされている場合)
- (a) 全学習者に対して、つぎのような時間管理を行なう。
 - 各ステップの所要時間の計
 - 各ステップで所要時間が制限された場合の時間管理と事後処理
- (b) CALL 応答に対して、要求されているステップを実行することができる。
- (c) REV 応答に対して、前に提示を行なったステップに戻ることができる。

(4) 機器構成

1) 電子計算機システム

中央処理装置

記憶容量	32 K 語
サイクルタイム	1.4 μ s
語長	16 ビット
演算速度	加減算 2.8 μ s
	乗算 9.8 μ s
演算方式	2 進並列
命令形式	1 アドレス

テープ読取機

連続読取最大速度	500 字/秒
読取方式	光電式
符号	8 単位

テープせん孔機

せん孔最大速度	110 字/秒
停止特性	最終せん孔した字の次の字をせん孔できる位置に停止
テープ収納容量	テープ1巻 (270 m)
符号	8 単位

ラインプリンタ

印字可能文字数	110 字
---------	-------

最大印字速度	150行/分
ドラム回転数	366 r. p. m
紙送り速度	550 mm / 秒

カード読取機

最大読取速度	250枚/分
読取方式	光電式
スタッカ容量	1,000枚
ホッパ 容量	1,000枚

カードせん孔機

最大せん孔速度	90枚/分
スタッカ容量	1,300枚
ホッパ容量	1,200枚

磁気ディスク駆動装置

呼び出し時間	25 ms
位置決め時間	25 ~ 135 ms
ディスク回転数	2,400 r. p. m $\pm 5\%$
記憶容量	2,000 K語 (ディスクバック, 2台)

ディスクバック

上記駆動装置に装着して使用するものである。

オフラインカードせん孔機, 検孔機

手動最大速度	10欄/秒
自動 "	20欄/秒
スタッカ容量	500枚
ホッパ 容量	500枚

総括制御装置

総括制御装置は中央処理装置と通信制御装置と結合して, 端末装置と中央処理装置間

の情報伝達を総括制御する装置である。

通信制御装置

データ送出部 16ビット並列

アドレス送出部 8ビット並列

ストローブ送出部 1ビット

キーボード、プリンタ、ランダム・アクセス・スライド、ランダム・アクセス音声出力装置、CRTディスプレイの制御回路を有する。

周辺機器制御装置

周辺機器の制御装置は中央処理装置と各周辺機器を結合する電子回路より構成されている。

学習情報表示板

学習者（端末装置）からの呼び出し、計算機の使用可否、端末制御機器の動作、故障端末などについて、表示板にランプにて表示する。

ソフトウェア

システムプログラムおよび言語コンパイラ。

2.) 端末機器

キーボード

キーマット方式

文字キー 65（5段×13キー，2段シフト）

符号 8単位，標準（ISO）コード

接続方式 多線式

文字の種類 英字，カナ，数字，特殊記号

プリンタ

符号 8単位，標準（ISO）コード

印字方式 タイプホィール式，プラテン固定

印字速度 1,000字／分以内

1行印字数	125字
印字可能文字数	128字
印字ピッチ	10字/インチ
改行間隔	6行/インチ, 3行/インチの2段切替え
インクリボン	1色(黒)

ランダム・アクセス・スライド装置

原画様式	16mm 映画フィルム
原画コマ数	最大3,000コマ
1コマに収容できる	13行, 20字/行
情報量	
フィルム移動速度	±50コマ/秒
スクリーン	スクリーンは透視型, 寸法, ヨコ300mm, タテ220mm 傾斜, 75°
騒音	74ホーン以下

ランダム・アクセス音声出力装置

録音媒体様式	着脱可能な磁気シートをドラム面に巻きつける方式
磁気シート1枚に収容	最大384メッセージ
できる情報量	
1メッセージの長さ	最大15秒
磁気シート録音方式	集中録音制御部に内蔵している親機(既に録音されているもの)より端末(子機)に転送録音する。
情報転送録音時間	1シートあたり5分 転送録音は任意の数(端末)を同時に可能
待時間	3秒
(手切アクセスタイム)	
発生様式	ヘッドホーン(音量調節可能)
音声の周波数範囲	200~4,000 Hz

CRTディスプレイ(図形コントローラを含む)

使用ブラウン管	16インチ, カラーブラウン管
表示方式	ドット方式
表示モード	文字モード, 図形モード(直線, 円弧) 但し, 文字モードについてはカラーである。 図形モードおよび図形モードによる文字表示は白色
文字のドット構成	5×7ドット(ヨコ5, タテ7)
文字数	20行, 32字/行(最大640字)
文字の種類	最大128文字可能, 英字, カナ, 数字, 特殊記号
文字間隔	1ドット
行間隔	3ドット
色間隔	赤, 緑, 青, 白
文字の大きさ	約7×7mm
フレーム数	30枚/秒以上
ライトペン付	

(5) 付図説明

C A Iシステムの構成(図5-13-2)

システムの構成をブロック図にまとめたもので, 矢印で情報の流れ方向を示す。

1型学習端末(図5-13-3)

CRTディスプレイ, ランダム・アクセス・スライド, キーボード, ランダム・アクセス・オーディオ, ライトペンよりなる1型学習端末である。

CRTディスプレイ(図5-13-4)

CRTディスプレイおよびライトペンを示す。

ランダム・アクセス・スライドおよびヘッドホーン(図5-13-5)

ランダム・アクセス・スライドおよびランダム・アクセス・オーディオのヘッドホーンを示す。

キーボード配列(図5-13-6)

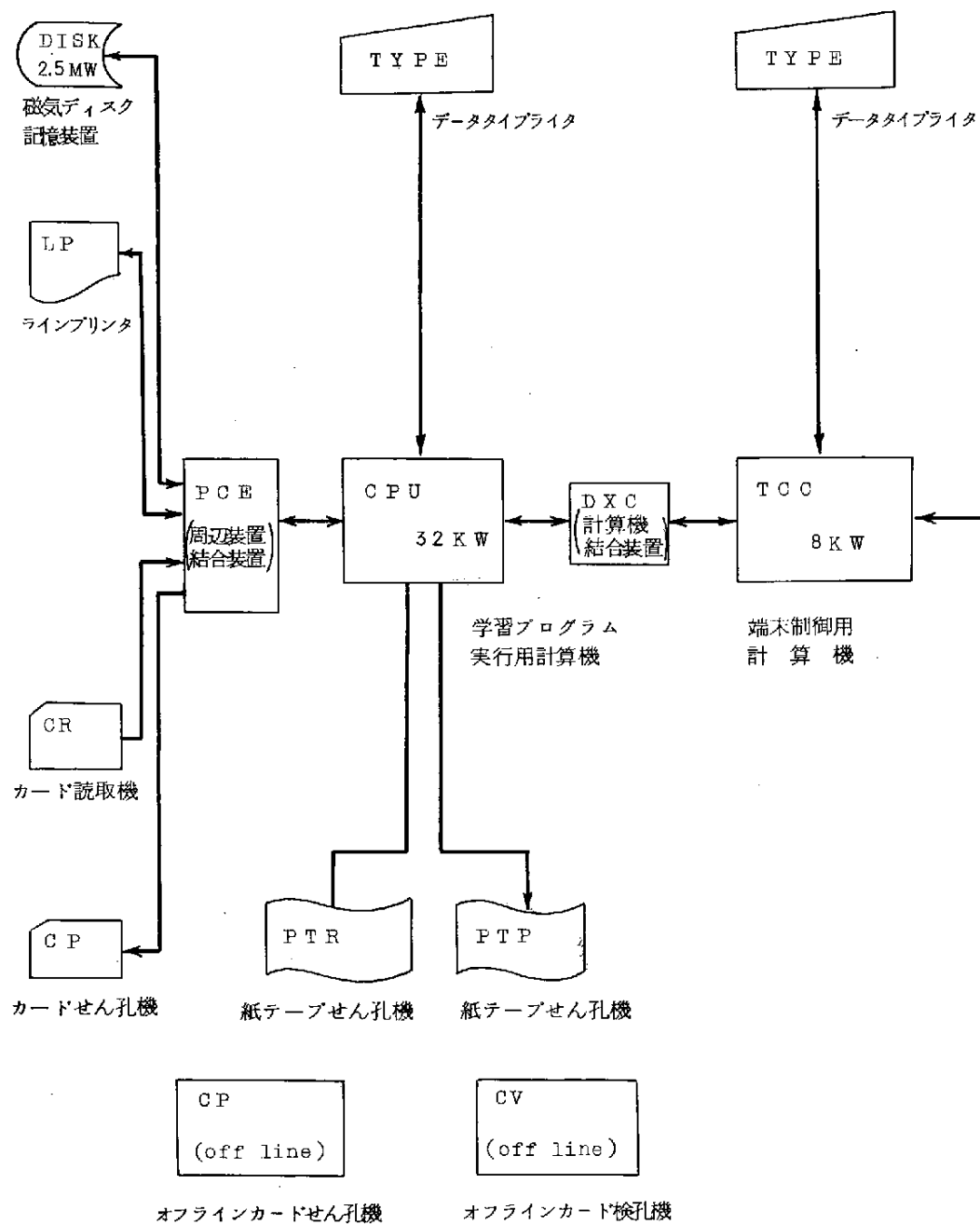
標準ISOコードよりなる65コの文字キーは, そのキー単独では, 左側に書かれてある文字を表わし, カナキーを押じたままでは, 右側に書かれてある文字を表わす。

この他に, 特殊キー2コ, 応答キー6コ, 予備キー2コがある。

C R : プリンタおよびCRTディスプレイにおいては, 改行復帰となり印字されない。

- DER : 以前に入力した文字を消去する。(計算機内に格納していた文字)
- ANS : 問題が提示された場合は、解答入力の最後を示すために、このキーを使用する。説明が提示された場合は、説明を理解し、つぎのステップへ進むことを要求するために、このキーを使用する。
- HINT : ヒント要求をするためのキー。
- CA : 正答要求をするためのキー。
- REV : 前回提出されたステップへ戻ることを要求するためのキー。
- CALL : 計算機を呼び出したり、または参考教材を呼び出すためのキー。
- OK : ヒント・シーケンスから元のプログラムへ戻ることを要求するためのキー。

図 5-13-2 C A I システム構成図



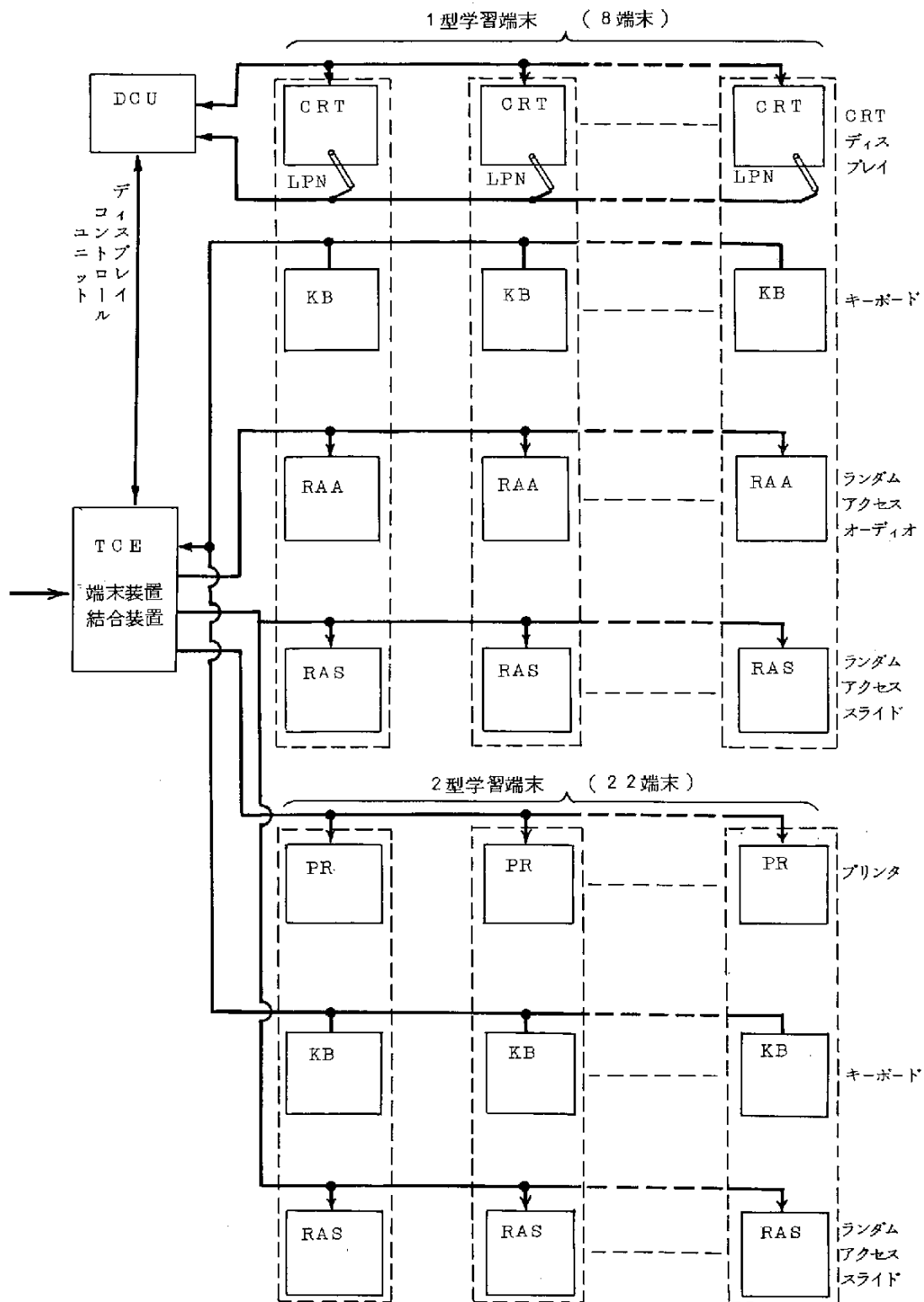


図 5-13-3 I 型学習端末装置

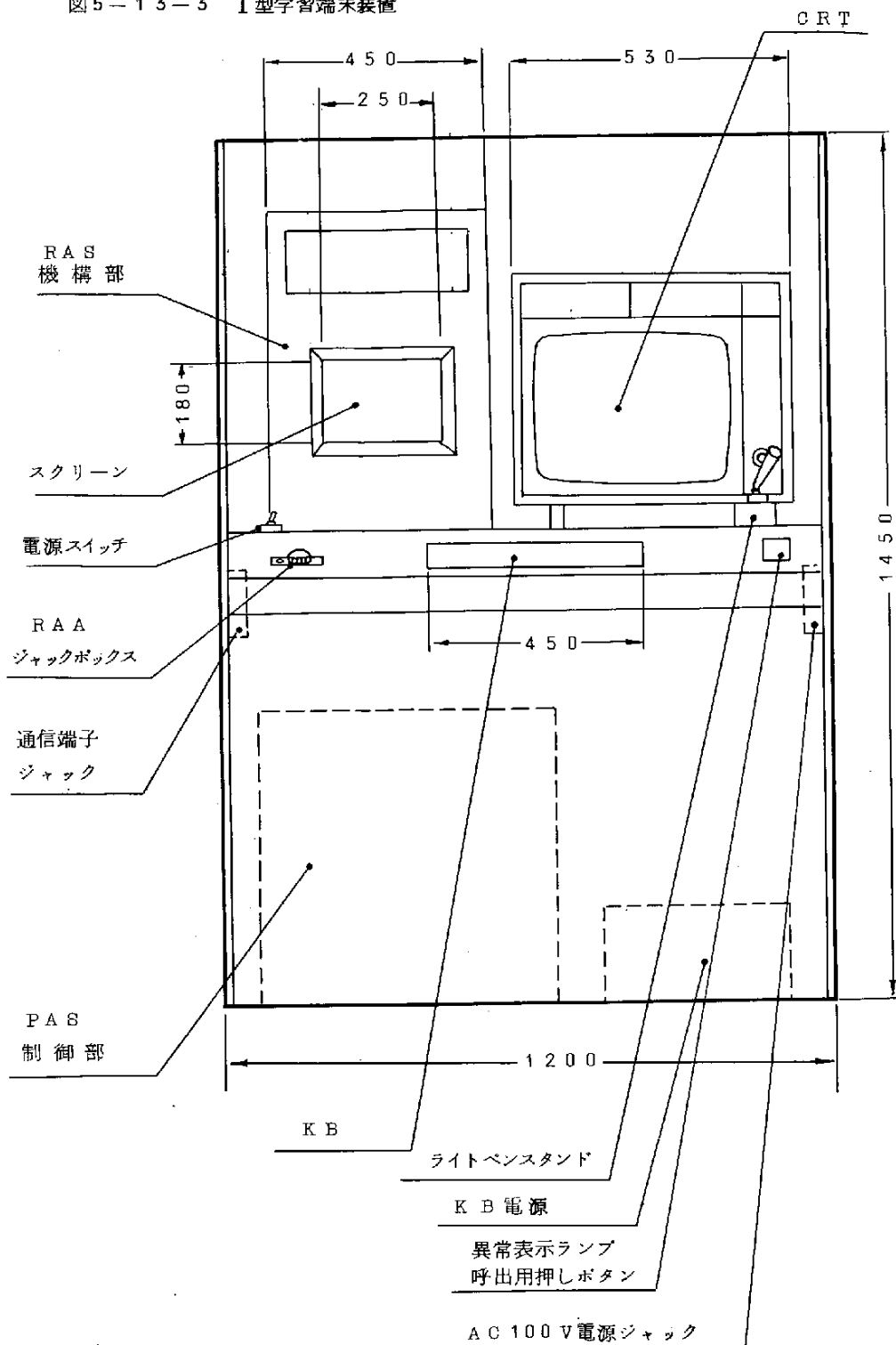


図5-13-4 CRTディスプレイ

単位：mm

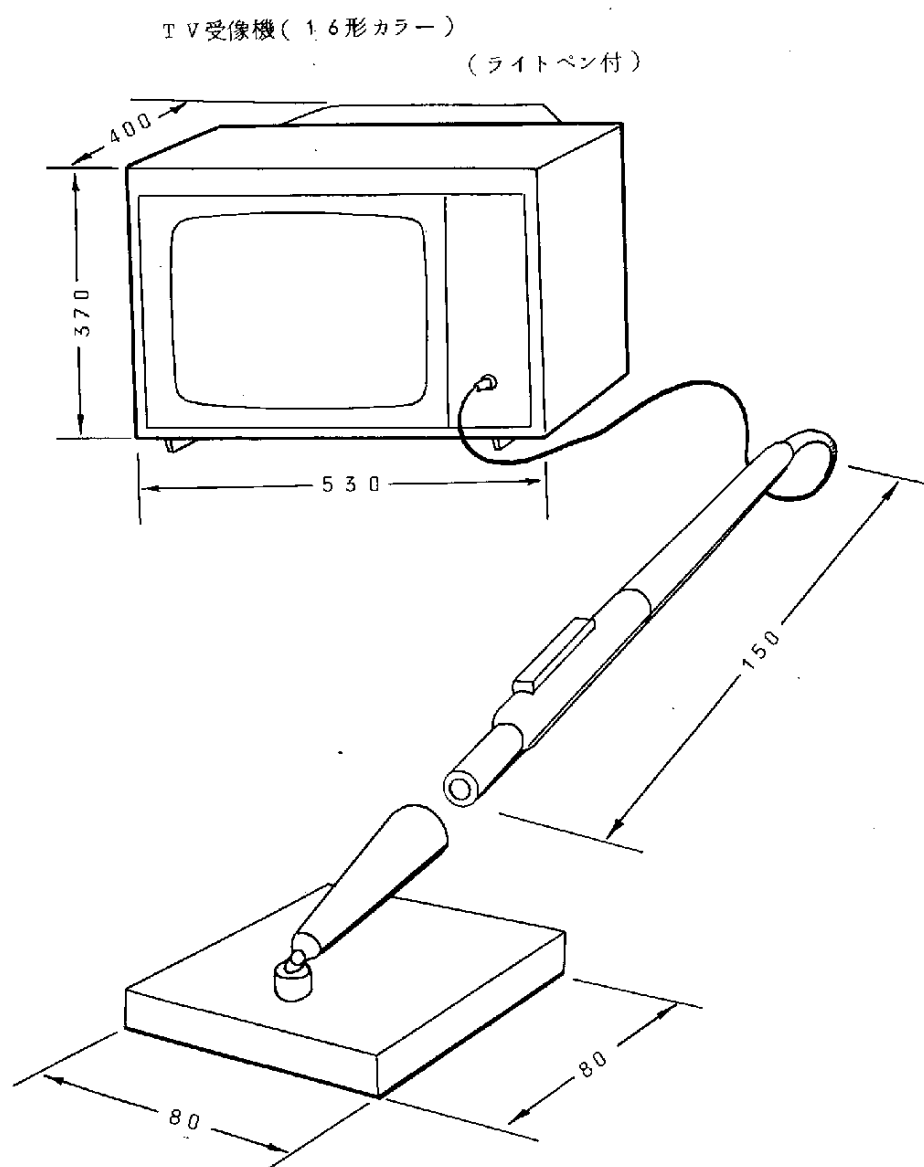
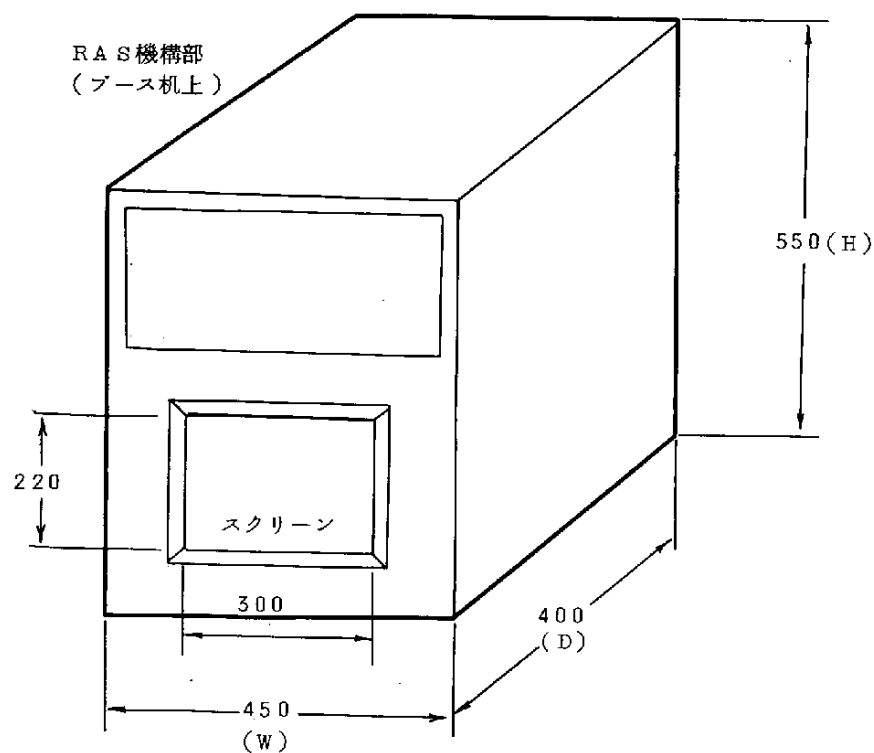
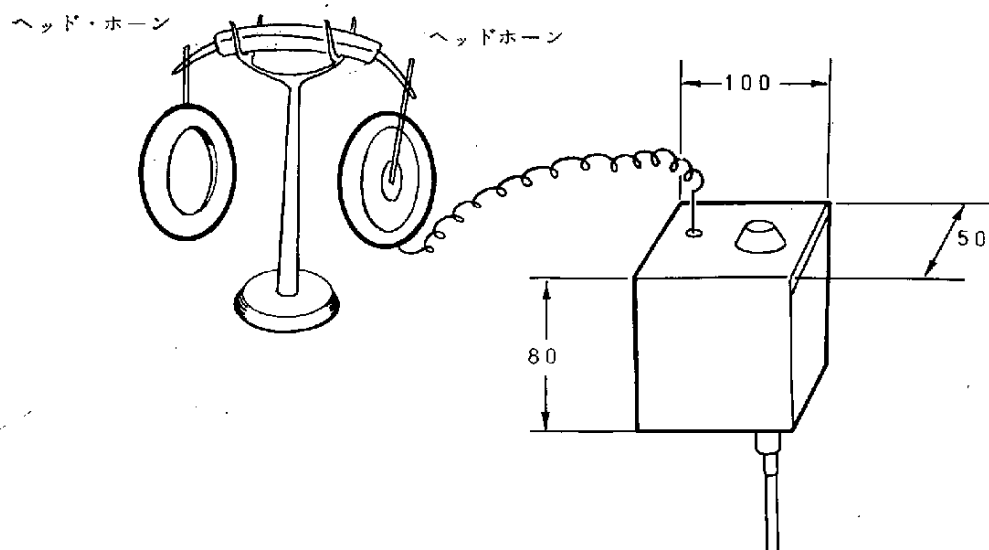


図5-13-5 ランダム・アクセス・スライドおよびヘッド・ホーン

ランダム・アクセス・スライド

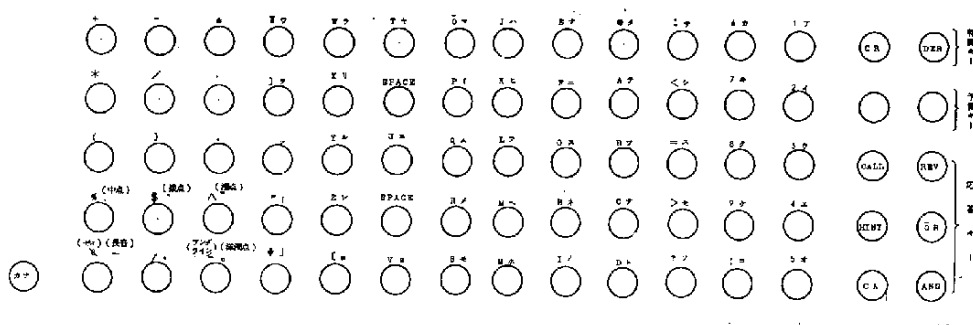


単位：mm



R A A ジャックボックス
(ブース机表面)

キ - ホ - ト 配 列



5・13・2 学習の流れ

(1) 学習の基本的な流れ

CAIにおける基本的な学習の流れは、つぎの四段階が考えられる。(図5-13-7)

- イ) 問題の提示
- ロ) 学習者の応答
- ハ) 学習者の応答の内容や過去の学習経過の判定とその結果によるブランチ
- ニ) 各ブランチに対する評価

からなるプロセスをくりかえすことによって学習は進む。

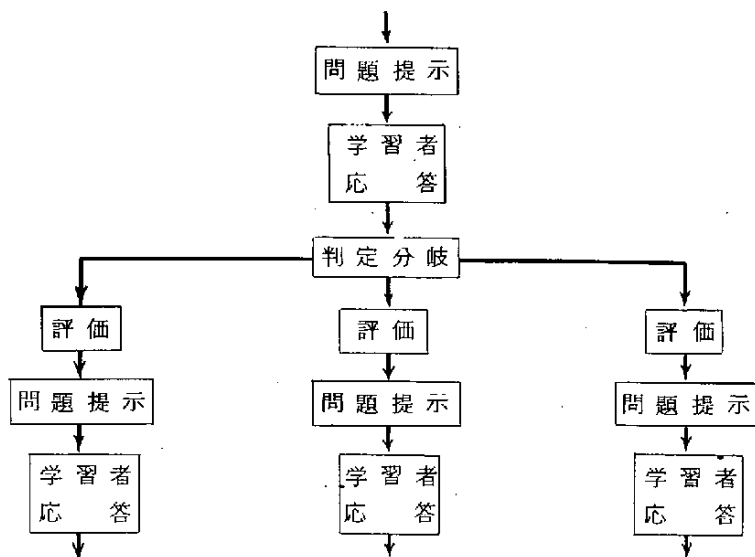


図 5-13-7 学習の流れ

(2) 学習者の応答と学習の進み方

学習者の応答と学習の進み方の関係を図5-13-8に示すとおり、提出された問題について、通常学習者はそれに対して解答を行なう。II型学習端末においてはキーボードによりタイプライタから解答メッセージをKey inし、それが終ってANSキーを押すと、これがはじめて解答として電子計算機に読み取られる。ANSキーを押す前ならば、学習者が納得がいくまで任意に解答を修正することができる。また、I型学習端末においては学習者の要求があった場合、ライトペンを使ってCRT Display上の位置を指定することによって解答することもできる。システムプログラムは解答を受け取るとその内容を判定し、それによって適当な次のステップを選択する。

学習者が解答を見出せない場合に備えてhint sequence を用意することができ、学習者はHINTキーによってそれを要求する。

hint sequence が終了したとき、あるいは学習者が途中で問題の答がわかりOKキーを押したとき、sequence は自動的に元の問題にもどり学習者は解答を行ない、以後はMain sequence に沿って進む、更にどうしても答のわからないときは正答を要求するようなプログラムもできている。学習者が正答を要求するときにはOAキーを使う。このとき、プログラムは正答を提示し、その後適当なステップへ進ませる。

REVキーは1つ前のステップに戻ることを要求するためのキーで、学習者が前のステップで与えられた説明をもう一度見たいとか聞きたいときなどに使うことができる。

HINTキー、OAキーは学習者に乱用されると教育上悪い効果を生ずる恐れなどがあるので、学習プログラムを作成する者はプログラムでその要求を許すかどうかを指定することができ、これらが許されない場合は学習者が要求しても適当な注意を与えるだけで、sequence は先に進まない。

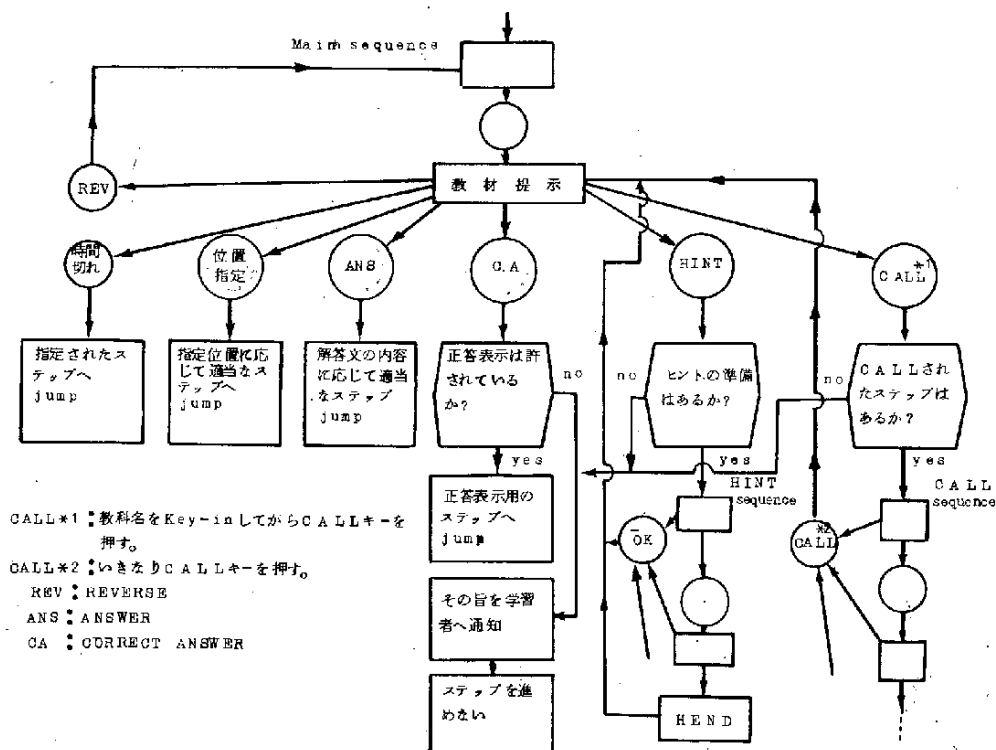
さらに学習プログラム作成者は学習者の応答時間を制限することができる。この場合、学習者が制限時間内に答えられなかった場合はTime up の条件が成立し、対応する適当なステップへブランチングが行なわれる。

CALLの機能はつぎのような学習方法を想定したものであり、有効な使用が考えられる。Main Sequence で与えられる学習において、ある学習者はさらに余分のトレーニングをしたいと希望するかも知れないし、またある学習者は与えられた説明に対してより詳細な説明を必要とするかもしれない。

CALL機能はこのようなとき、学習者が必要としている教材に自由に到達するための手段を与えるものである。CALL機能の使い方としては、学習者に問題または説明を与えると同時に、そこで参照が可能な教材のリストを示し、その中から学習者の希望する教材名をKey inし、

CALLキーを押すとその教材が提示される。Call Sequence は一つの教材（例えば数表とか公式）からなってもよいし、またMain Sequence と同様、いくつかの教材の連なりからなってもよい。学習者はあるCall Sequence の中から他のCall Sequence を呼ぶこともできる。このようにして、学習者は自分で工夫しながら準備された教材の中から必要なものを選択して行くことによって自主的に学習を進められる。

図5 - 1 3 - 8 学習者応答と学習の進み方



Call Sequence からMain Sequence の元のステップへ戻るには直接CALLキーを押せばよい。

提示された教材が説明の場合には、問題の場合と異なり、学習者は解答する必要はなく、説明の内容をよく理解したらANSキーを押しつぎのステップへ進めばよい。その他のキーの使用方法については問題提示の場合と同様である。

6. CAIシステムの開発上の問題点

6. C A I システムの開発上の問題点

6・1 C A I の 範 囲

C A I システムの開発上の問題点を検討するに先だってこの章で採り上げる C A I の範囲を定めておきたいと思う。C A I には未だ厳密な定義付けがなされていないので「教育」と言う極めて広く且つ困難な問題に電子計算機を導入するために、或は電子計算機を教育に役立たせる際の困難性を論ずるために、予め考える範囲を絞っておかないと話が際限無く拡散してしまうからである。

今回の報告書では C A I として主に直接学習者が教育を受ける場面（学校で言えば授業）に電子計算機を導入することを前提に述べている。本章でもそれを踏襲して話を主として「電子計算機による授業」に限りたいと思う。

あえて問題をこのように限定しても C A I に関係する人々の立場は非常に多様であり、夫々の立場からみた困難性がある。これを拾ってみると先づ教師の側と、学習者或は生徒の側から見た問題点が幾つかある。（この場合、教師は C A I によって授業を進めてゆく教師を考えることとする）。次に C A I のお膳立てを担当する側として教育プログラム作製者と教育機器（電子計算機システムと端末装置）の供給者としてのメーカ側の人々、更に教育研究者と工学研究者が関係する。またより広い教育の計画者としての教育関係政府機関の人々や企業内教育計画を担当する人々があり、その背後に学校教育における生徒の父兄とか、企業内教育においては教育を受ける人々の所属する職場の責任者がおり、そして最後に教育を必要と認めている人間社会が控えている。

このように多くの人々が夫々の立場から C A I を眺めているのであるから、その開発に当って発生する問題点は多岐多様である。

以下、これらの多くの立場からみた時に問題になると思われる事項について述べることにする。

6・2 教育の本質に関する問題

(1) 目標の不明確さ

多くのシステム開発の問題はそのシステムに課せられた目標が明確に定義付けられ、システム設計者はその目標を求めつゝシステムを構成してゆく。C A I も教育システムであるから、出来ればそのような手法を採用し構成してゆく。C A I 教育システムであるから、出来ればそのような手法を採用したい。しかしながら、教育の場合は「人間をどうするのが教育なのか？」又、そ

のようにするためには「人間の何処を如何にすれば良いのか？」などが明らかにされていない。

具体的に言えば、例えば外国語の単語を憶え込ませるにしても、頭の中のどの部分をどのように変化させれば記憶したことになるのかと判らない。更に憶え込むまでの過程をみても「繰返し反覆する」、「連想によって憶える」等々のケース・バイ・ケースの動作は説明できても、「繰返すと何故記憶されるのか?」、「連想を起すとは脳細胞レベルではどんな現象が起っているのか?」等々の具体的な動作が判っていないのであるから、外部から直接頭脳の状態を希望する状態に変形してやる手段が判る筈がない。

更に大きな教育目標になると、「教育によって人間をどのような状態に持ってゆくべきか?」が判らない。これも具体例を挙げれば例えば学校教育の最終目標の一つである「期待される人間像」とはどんな人間像なのかについてすら国内に多くの論議を醸し出したことは記憶に新たな所である。

(2) 教育効果の定量的評価の困難性と測定の困難性

一般的に言えば教育の目標が定量的に示されない以上その効果を測定する評価関数を決定することは出来ない。

先に述べたように「人格の向上、形式」と言ったようなマクロな教育目標を掲げる場合には学習者の素質や希望なども絡んで、より具体的、より定量的にこの目的を達成するのに必要な教育内容を設定することは困難になる。従って「目標が不明確である以上、教育効果の定量的評価は出来ない」と言うことになるのは止むを得ない。C A Iを開発する上にこれが1つの大きな問題点であるがこれはC A I以前の問題とも言えよう。

次に、この大問題は一応回避し、教育の目標をより具体的レベルに引下げ、手の届きそうな、より単純な範囲に限定して検討を進めることは勿論可能であり、その意義も少くないであろう。

例えば教育の目標を「特定の英語の単語 1,000 語の綴りと意味を記憶すること」、「旋盤の一般的取扱法を修得すること」などのレベルにしておき、「この目標を最短時間に達成すること」を狙って教育の成果を競うとすれば、教育効果を一応定量的に評価することができる。

しかしながら、これもあくまで「一応」であって、例えば外国語の単語を記憶する場合でも憶えた単語が本当に身に着いていて即座に応用できるまでになっているのかどうか、その単語の発音はどうか、教育に要した経費はどうか等々を加味した評価関数は未だ決定を見るに至っていない。

また、このような関数が適正に決定されたとしても、この関数を最大(又は最小)にする上で、例えば多人数をグループにして教育する場合と1人ずつ教育する場合の差異、単語の意味の類似性を考慮して学習すべき単語の配列を決める効果、同一単語を繰返して教える場合の繰返し頻度の影響、学習環境の影響、学習する時刻の影響等々が定量的に捉えられていない。

このような影響は学習者の個人差、置かれた心理的条件などによって相当異なるので非常に測定が困難なことは事実であるが、C A I以前の教育の問題として解明されなければならない事柄であらう。

6・3 情報処理技術上の問題

電子計算機を中心とする情報処理技術のレベルがC A Iの開発に関係する事項を (1) 電子計算機本体、(2) 端末側、(3) 人間と計算機の接触面 の3つに分けて考えてみる。

(1) 電子計算機本体

学習者の反応結果を整理したり、提示する問題を選定、表示したりする能力の点ではC A Iの要求を一応満足しているものと考えられる。しかし、電子計算機の価格は決して安いものではなく、特に記憶装置の価格が高いため多人数向けのC A Iや学習歴を沢山利用するシステムは高価になる。

(2) 端末装置

学習端末としてはタイプライタ、スライド・プロジェクタ、音声装置、C R Tディスプレイ装置などが使われている。これらは現在製作可能で且つ比較的廉価なのが特徴であるが、必ずしも満足すべきものではない。

問題点をあげれば、次の通りである。

(i) タイプライタ

タイプライタは音がやかましいのが欠点で、沢山のブースを並べて学習するには好ましくない。

(ii) スライド・プロジェクタ

スライド・プロジェクタは確かに便利であるが、電子計算機の命令によって沢山の画面(コマ)の中から任意の画面を選定して投映する場合、指定画面の選択に比較的長時間を要する欠点がある。現在市販されているものではコダックの選択投映機(約100枚のスライドが入っている)や数千枚を持っている連続式の映写投映機があるが、前者は選択速度が遅い上に収納枚数が少なく、後者は連続フィルムになっているため任意の画面を取出すのに時間がかかるほか、図面の書き換え(入れ替え)に不便である。

収納すべき画面の数は学習プログラムの大きさやキメの細かさにもよるが、少くとも数百コマ以上は必要で、数千コマ以上を要することも少なくない。時間的な要求としては学習者が反応を示し終ってから次の画面を出すまでの時間(即ち電子計算機が学習者の回答を受取り、正誤の判定等の教育データの処理を行って次の問題を指定するまでの時間と、指定を受けた画面を探し出し

てスライドとして提示するまでの時間とを含めた時間)が3~5秒以内であることが望ましい。

従って数千コマ以上の中から特定の1コマを選定、提示するのに1~2秒しか許されないことが多く、更にスライドの外に動画や映画の指定部分を提示を求められる場合には速度の点で更に工夫を要する。選択速度を上げるのにマイクロフィッシュのように多数の異なるマイクロフィルムを組合わせた画面を先づ選び出し、その中から更に希望の一画面を選択する多段選択方式が最近一部で用いられつつあるが、これは選択速度をあげる有効な手段の一つであろう。

(iii) CRT表示装置

ブラウン管の上に画面を画かせて表示する方式には次のものがある。

a) 画面表示

ビデオ・テープ・レコーダ(VTR)の普及により画面を表示できるようになって来たので、動画や説明図等をブラウン管上に表示し、スライドと同様の効果を持たすことが可能になって来た。しかし、この場合もVTR側の選択制御が早くなくてはならないので、時間の点に難がある。

b) 電子計算機による図形の作製表示

コンピュータ・グラフィックスの技術を活用して幾何画や図面の表示等が出来るようになった。この場合の難点は電子計算機側の記憶容量が大きくなること、図形作製用ソフトウェアが大きくなること、ディジタル方式を用いるので表示図形に不連続性が目立つことなどの欠点があり、更に価格が高くなるのも好ましくない。

(iv) 表示装置及び端末装置の一般的条件

表示装置や端末装置の問題点をあげれば次の通りである。

a) 字形、図形の鮮明度

タイプライタはその印字は鮮明であり、人間の視覚による情報伝送用には十分であろう。しかし、スライド・プロジェクタやブラウン管によるものは鮮明度(コントラストと分解能)がタイプライタに比較して極めて低劣で、眼が疲れやすい。

b) 表現速度と情報量

表現速度からみるとタイプライタは非常に遅い。印字或は印画形式のものはタイプライタのように単純な情報(文字)を表示するもの(印字)以外は全く遅くて使えない。将来はフクシミリのような図形表示能力のある高速印画装置の出来ることが望ましい。

ブラウン管を利用する表示装置が更に鮮明になれば、多くの情報を電子計算機側から学習者に送るのには便利であろう。逆に学習者から電子計算機側へ情報を送る場合は、学習者の手書き情報が電子計算機に入るようにすることが望ましい。この用途にはブラウン管と電子計算機の組合せは必ずしも有望ではない。

c) 価 格

現在のタイプライタでも多少高価すぎる。ブラウン管やライトペンを用いるものは学習端末としては更に低廉にならなければ本格的な需要は出ないであろう。

d) データの保存性

タイプライタ以外は消えてしまうので好ましくない。近年COMと呼ばれるハード・コピーのとれる電子計算機用出力装置が出始めているが、その発達に期待したい。

e) 入力形式

人間が端末から入力する場合、タイプライタのキーボードから入力する方法が多いが、日本人は特にタイプライタを叩く習慣が薄いので不具合である。出来るだけ手書きで入れられることが望ましい。

(3) 人間と機械のインターフェイスとして

従来から教育は教師が学習者に教えて来た。近年教材が多岐多様になり、かなり豊富になったとは言え、教師が授業の中心であり、学習者との情報交換は殆んど教師との間で行なわれて来た。即ち人間と人間との情報交換であった。

C A I の場合には電子計算機が表面に出て、学習者と計算機が端末機器を介して情報交換を行なうのであるから、端末機器は学習者(人間)と電子計算機(機械)の間の情報交換をとり持つインターフェイス・デバイスとして考えなければならない。

電子計算機の方でも最近人間と機械の間の情報交換装置としての端末装置の性能が問題になって来たが、比較する前例は無かった。しかるにC A I の場合は冒頭に述べたように従来の授業が人間対人間の情報交換で行なわれていたので、端末機器の情報交換用インターフェイス・デバイスとしての性能は直接人間対人間の情報交換のスムーズさと比較される。即ち、要求される目標性能の水準が素晴らしく高いことになり、その結果不十分な点が多数指摘されている。

主な点を列挙すると次のようになる。

(i) 発声・聴覚系による情報交換機

人間対人間の情報交換に最も広く使われる情報交換方式であるが、現在の技術では電子計算機の力を借りて音声を合成、発生することは一応可能であるが、人の言葉を聴き分ける能力は未だ殆んどないと言って良い段階である。C A I において必要なのは機械から人間への情報伝達で問題の説明などの予め用意されたものを音声で出せば事足りる場合が多い。(次に述べる音声識別の方が十分進歩し、且つ電子計算機による自然語の処理能力が著しく向上しないかぎり、予め用意した内容の音声化で済むことが多いであろう)。したがって録音テープの再生とか、フィルムに録音された音声の再生で済み、大雑把に言えば現在の技術で一応間に合うであろう。

逆に音声認識の方は未だ基礎研究の段階である。ただし、C A I の場合には必ずしも100%

自然語が認識出来なくても「正しい」「間違い」などの予め指定した簡単な限られた用語の認識が出来るだけでも、今日多く使われている押印やタイプライタによる学習者の回答よりは優れていることが多いので、十分利用価値があるであろう。

概括的に言って発声・聴覚系による情報交換技術の未発達性はC A I 用人間機械システムの情報交換に著しい障害となっており、C A I 開発のハードウェア面での最大の難点とされている。

(ii) 視覚系による情報交換

学習者が書いた（又は印刷した）文字や図形を電子計算機側で読取る技術は近年急速に進歩した。文字に関してはタイプライタなどで印字したものなら大雑把に言って何とか読める段階にきている。しかし、C A I の場合にはタイプライタ印刷文字が読めることはあまり重要ではない。と言うのはタイプライタを使うならキーをコード化して直接電子計算機に符号として入れるのが常識であり、学習者がタイプライタを使わねばならぬこと自体が不満である。

手書き文字の認識も書き方に制限をつければ相当読める段階まで来たので、学習者側から文字で入力したものを電子計算機が識別することは射程内の技術と言えそうである。

図形の識別は図形の変化が多いので簡単にはゆかない。円や直線等なら良いが、図形の持つ意味の把握は極めて困難と言えよう。ただし、C A I の場合には予定している図形の特徴の可否を判断するだけで済むことが少くないので、それらの用途には近く実用出来るであろう。

電子計算機側から学習者への文字、図形の描出技術はタイプライタ、スライド、ブラウン管などで一応整っている。

(iii) 触覚による情報交換

タイプライタに代表される触覚的情報交換機能は十分満足される段階にある。たゞし人間は触覚による情報交換には適していないので、この種の情報交換機器が完成されても「人間と機械の情報交換がスムーズになった」と言う実感は持てないであろう。しかし、現在のC A I は殆んどこの機能の力を借りて成立っている。

(iv) 情報の理解能力

上に述べた(i)～(iii)の各種情報交換機能は電子計算機に情報を入れるまでの話であって、入って来た情報を電子計算機が始末出来るか否かには関係ない。

すなわち、ここで注意を要するのは、「電子計算機が文字を認識した」と言うことと、「文字で表現された文章の意味を理解した」と言うこととは大違いで、文字を識別出来たからと言って学習者の書いた回答を計算機が読みとなし、人間同志の筆談に相当する形式でC A I を進めることが出来る訳ではない。文章の意味の把握は未だ模索段階である。

(v) 総合機能の開発

既に述べたようにC A I 端末機器としては聴覚、視覚、触覚等に訴える装置の開発が夫々進

められなければならないが、人間と機械のインターフェイスとしてはそれらの総合機能も重要な要素である。即ち、スライドを見せながら声で説明する。しかも要求があればスライドの図はそのままで再度声で説明する。というように各種機能を組合わせる必要がある。

更に、人間は単一の感覚器のみに刺激を与えるよりも、適当な組合わせて数種の刺激がある方が快適であり、学習効果もあがることはバックグラウンド・ミュージックの効果からも判るであろう。

このような端末機の人間工学的総合設計は心理学的、あるいは生理学的要素が入るので困難な問題であるが、必ずこれからやらねばならぬ問題である。

6・4 開発費の問題

電子計算機の価格は他の教育、特に授業に使う教材に比較すると相当高価であり、例えば約30人の学習者の同時学習を前提とする通産省の新機械普及事業のシステムでもハードウェア・コストが約2億5千万円に上っている。このほか約6000ステップの学習プログラム開発費、その他で約1億円余分に必要になる。しかもこの程度の開発では甚だ不十分で、やっと歩き出した程度に留まっている。

この例が示すように、CAIの開発には相当多額の経費が必要であることは否定出来ない。しかしながら、若し将来タイムシェアによる公共情報サービスが普及すればハードウェア・コストの相当の額が公共投資として利用できることになり、コストダウンが期待されるであろう。

従来CAIの経済性を論ずる場合には、CAIのために要したハードウェアならびにソフトウェアの経費と教師の人件費、教材費等とを比較する方式がとられることが多かった。そしてCAIの場合には教師による教育に比べて短時間に同一レベルまで教えることが出来るので、教育期間が短縮されることによって生ずる経済効果を推定して1人当たり教育費からその分を差引き、CAIの経済的裏付けにすることが多かった。

この種の考え方は教育によって達成する目標が簡明な企業内教育（例えば航空機の操縦とか旋盤の取扱などを教えたりする）の場合に成立つことが多い。しかし、一般教育のような広汎な教育目標を追求する場合には多くの疑問が残るであろう。ことにこの様な考え方も勿論一理あるが、これでは多額の開発投資を正当化するには不十分な場合が多く、開発投資意欲を減退させるとまではゆかなくても、これを促進するには十分とはいえない。開発費が高いことが決して前向きの要素でないことは事実である。しかし、これが果して不当に高いか否かには疑問がある。

元来教育は短期的視野の下にコストバランスを考えるべきものでは無く、将来の国民あるいは民族の発展を願っての先行投資であるから、現在教師に任せている集団教育の欠点を補ない、個

人の才能を伸すための教育が可能ならばC A Iに多少の経費を投じて文部省予算から家庭の教育支出までを含めた国全体での教育投資額の中で考えて十分手の届く額で収まるであろう。

むしろ問題なのは、従来の教師による授業と電子計算機を導入した授業とに本質的な教育上の差異を求め得るか否かにかかっているのであらう。この点、従来の教育そのものの欠点が問題であるが、例えばキメの細かい教育に関する個人別データの整理一つを取上げてみても電子計算機無しでは不可能なことは明かであるから、電子計算機の導入により教育の質的な高まりが期待出来ることは間違いないであろう。

極言すれば、電子計算機の導入により従来の教師による授業では不可能なことが可能になることを考えると開発投資額の多少の増加よりも、どれだけC A Iによって教育の質的向上が実現出来るかが問題である。残念ながらC A Iは未だ実績に乏しいので、この答を的確に数量的に示すことは出来ないが、開発投資に価する課題であることは間違いあるまい。

なお、わが国の教師不足から来るその質的低下の対策などからもC A Iは当然期待に答え得るものであらう。

6・5 開発体制の問題

C A Iの開発は教育研究者、電子工学研究者、エレクトロニクスのメーカー、教育実務者（教師）教育行政担当者等が丸となって推進しなければ実現出来ない。

日本の現状で言えば電子計算機を中心とする電子技術関係者は非常にアクティブであり、メーカーも教育業界に比べれば大規模で且つ新技術の開発意欲が強い。しかしながら教育関係は産業的には未熟であり、教育研究者や教師の側は研究開発投資に関しては電子産業界に比べると必ずしも恵まれていない。

この両者は従来殆んど交流が無かったため、C A Iの開発を進めるためには新たに開発体制を確立する必要がある。

特に早急に着手すべき問題として、学習プログラムを作り、且つ実際にこのプログラムで教育してみる。さらに、その結果をフィードバックして学習プログラムを洗練させるために現場の教師が早くC A Iに手を染めるなど、学習プログラムを作製する人口を増やす必要がある。

また、このような努力を効果的にするためには現場教師に学習プログラムが作り易いようなC A I言語の開発と、出来た学習プログラムの蓄積が可能のためにC A I言語を標準化しておくことが必要である。研究途上にあるC A Iの言語を如何にしてC A Iの進歩にマッチさせつつ標準化してゆくかは、C A I人口を増加させることと共に困難な課題の一つであらう。

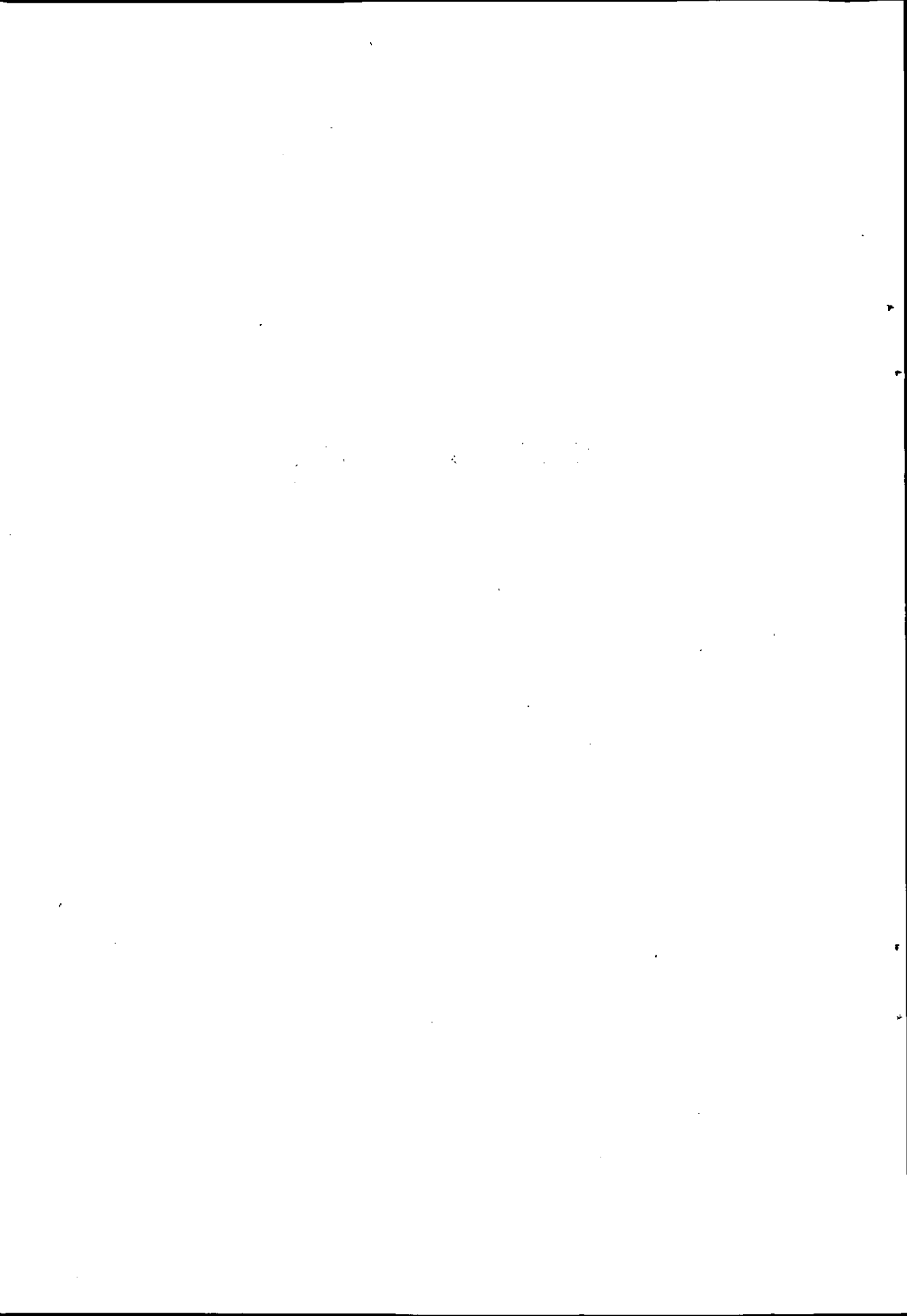
また、日本独自の問題としては、教育制度上文部省の果す役割が非常に大きいので、C A Iに

対してもその辺の積極的なバックアップが得られないとC A Iの巾広い順調な発達は見込めない。
また、これ無くしてはC A Iも企業内教育以外には実施の場が得られず、従ってC A Iの伸びも
大して期待できないであろう。

更にC A Iは世界的に見ても未だ開発途上にあり、国際的な協力開発体制が出来れば単にC A
I そのものの進歩のみでなく、その効果を全人類的に及ぼすうえでも極めて有効であろう。

(野 田 委 員)

7. CAIの現状と将来



7. C A I の 現 状 と 将 来

米 米 開 会 の 挨 拶 米 米

(C A I の 今 後 を さ ぐ る)

- 司 会 野 田 委 員 長 -

情報処理技術動向調査委員会ではC A Iの現状、および将来の展望などの問題について、これまで検討してまいりましたが、そのとりまとめとしまして現在生じている問題、あるいは今後問題となること、さらに将来どのようなものを開発していくか、といったことにつきまして調査報告を出すことになりました。

申し上げるまでもありませんがC A Iについては、まだいろいろな論議がのこされています。たとえばコンピュータひとつとりあげてみましても、それがいったいどこまで伸びるのか、ということじたいが判っておりません。このようにC A Iは非常に難しい面があります。

そこできょうは「C A Iは将来どうなっていくのか」「いったいどういうところが問題になるのか」などにつきまして、各方面のC A Iに造詣の深い方々にお集りいただきまして、忌憚なくお話し合って頂き、C A Iの今後の方向をさぐってまいりたいと存じます。

この章は「C A Iの現状と将来」と題して昭和45年3月26日に開催された座談会の記録をまとめたものである。座談会の出席者は次のとおりである。

司 会 者	野 田 克 彦	(電 気 試 験 所 電 子 計 算 部)
講 師	矢 口 新	(能 力 工 学 開 発 セ ン タ ー)
	岡 本 昭	(文 部 省 統 計 課)
	吉 本 英 夫	(香 川 大 学 教 育 学 部)
	山 口 昭 穂	(日 本 電 信 電 話 公 社 中 央 学 園)
参 加 者	情 報 処 理 技 術 動 向 調 査 委 員 会 委 員 一 同	

7・1 C A I に関する意見

＊＊ 新しい教育理念の確立こそ急務 ＊＊

- 矢口 講師 -

C A I の実体を把握する

現在、C A I ということが、いろいろとりざたされ、そのことばも大変流行しているわけですが、どうもその実体はよくつかめていないように思います。

これを紹介する学者もまたすくなくはないのですが、現実にはなかなか思うようなものが見つからない、というのが実状のようです。

いまの日本のC A I の実状は、いろいろな面であまりにも貧困すぎる。ですから私個人の感じから申しますと、いまここでこういう座談会をもつことは、いささか時期尚早の感じがいたします。

ただいま日本のC A I の現状は貧困であると申しましたが、その例としまして、いま問題とされております、お金の面であります。

しかし、金がかかるのは、いずれの国もおなじで豊かな国だけがC A I を開発するというようなものではないと思います。

さまざまな国がその実状に応じて新しい分野を開拓しています。

そういう点でわが国ではなにか基本的なものが欠けているのではないか、という気がします。それについては、いろいろあげられますが私はなかでも日本の教育者—学校教育に携わる人ばかりでなく産業界で教育に関係している人をもふくめてですが—そういう人達の「教育」に対する考え方がマンネリ化していることが第一にあげられるのではないかと思います。

それをもっと具体的に申しますと、日本の教育というものは百年来、どうも「話をする」こと、いまはやりのことばでいうと「情報を伝達する」という考え方であったと思います。

最近のアメリカの新聞である教授が書いたものをみてみますとC A I の特色の第一は、
to correct error であるといっています。

わが国で一般にいわれていることとはニュアンスの違ったいい方をしているわけです。

私自身も以前から、そのように考えていましたので、なるほど、うまいことをいったものだと思ったわけであります。

教育というものは話してやるとか情報を伝達するということではなくて人間の行動（心理行動もふくめて）の仕方を正していく、ということではないかと思うのです。

それはたりないところを補なってやる、といういい方でもよいでしょうし、あるいは違っているのを直してやる、といういい方でもよいと思います。極端ないい方をしますと、生まれたばかり

りの赤ん坊にはまったく人間としての行動の規範がない状態—おとなの目から見れば、まったく間違いだらけの状態—であるわけです。それをだんだんと人間らしく正していく。正していくためにはなにかをやらせ、それを見て直していく、それが教育ではないかと思うのです。

そのような基本的な考え方がいまの日本の教育者に欠けているのではないかと思います。

それが欠けているために最近よくいわれるところのプログラムをつくり直す、という考え方がでてこないのではないかと思います。

ダイナミックな教育はコンピュータ利用によって可能

このプログラムをつくり直す、という根本にある考え方は生徒に行動をやらせ、その行動を直してやるという考え方をたててその方向にプログラムをつくり直す、ということです。ですからプログラム・テキストになったものでも必ずなにかある具体的な事実を自分で判断し、処理をしなければならぬ。

そのようなことがあるためにそれを直す必要がおこってくる。もし直す過程で間違っていたら、もういちどやり直すという形をとる。

それがもっと大勢の生徒を相手に、ごく少数の先生で教育しなければならないということになると、その直してやるという、いわば先生と生徒の間のはなしの交換のなかに、たんにことばだけでなく行動をもふくめた広い意味での対話を、もっとダイナミックに能率的に行なう必要がでてくる。

それにはどうすればよいか、ということを考えて場合、必然的にCAIの必要性が生まれてくる。そしてまた、そのなかにコンピュータを活用し、その力を借りようとする考え方が当然おこってくるわけです。

基本的なフィロソフィをふまえて

これは基本的なフィロソフィだと思いますが、それが日本の現状では欠けているように思います。

アメリカやヨーロッパにおいても実践面でこれが欠けているということを学者が指摘しています。そしてCAIというものもそのような基本的なフィロソフィをふまえなければならないことをとくに強調しています。

それをヌキにしてはかえって人間に害をあたえることになるということを警告しています。

私はCAIを考える基盤として、そういう基本的なことがらを考えることが非常に大事な、そ

してより根源的なことであると思います。C A I の発展や展開ということもそこを出発点として語られるべきであると考えます。

そのへんの掘り下げが不足しているところに日本のC A Iをいまひとつ発展させない大きな原因があると思うのです。

教育機器の利用とその根底に潜むもの

ここで具体的に日本の教育界の動きをみてみますと、いわゆる機器の利用ということが非常に叫ばれている。しかし、それは学習者の集団に対し教師が話してやるとか情報を伝達するというなかでの道具としてだけしか使われていない。ですからテストをもっと上手にやるためにとか、教師の労働を軽減するためにとかいう考え方でしか教育機器は入ってこない。

機器の導入ということがきわめて安易に考えられているのです。C A Iがいちばん問題にしている、ひとりひとりの行動を正して新しい行動をつくり上げていくというところにはいたっていないというのが実状です。

このような状態では日本の教育は将来正しい方向に進めないのではないかという危機を非常に強く持たざるを得ません。

したがってC A Iを推進していこうというのであれば、機器の必要性ということも相当深く掘り下げて検討されるべきではないかと考えます。

戦後の学校教育のなかで視聴覚教材がとり入れられ、教育が近代化した、といわれていますけれども、そのような意味であまり近代化したとはいえないのではないかと私は思います。

C A Iを受け入れる体制づくり

そのようななかでC A Iは金がかかる、金がかかるから学校教育にはなかなかとり入れられないというようなことがいわれる。

ところが実は高いから、金がかかるから入れられない、というのではなくて、そういうことに基づいて教育をするという体制ができていない、というのがほんとうなのではないかと思います。

学校教育でいいますと、たとえば教員の養成の問題からはじめなければなりません。

そういうものが着実に積み上げられていないとC A Iは将来順調に伸びて行かないだろう、と思います。

このような考え方に立ちますと、われわれがこれからやらねばならぬことはC A Iというものをどう使って、どういうものにしていくか、という基本的な研究であります。

C A I システム利用への段階

ここで海外の研究の歴史をみてみますと、アメリカでは10年、イギリスにおいてもわれわれの3倍ぐらいのキャリアをもっています。その研究の段階としましては二つありまして第一に実験的な研究の段階です。

これはたとえば私どもの能力開発工学センターにおける場合ですと、実際にコンピュータがどんなふうに使えるだろうか、逆にいえばコンピュータに使われながらどんなことができるだろうか、ということをも2年ばかり模索してまいりましたが、そこから将来こんなことができそうだということを見出す—そういう段階です。これをもっと多くのグループがやってみるということが必要です。

アメリカでは、そのようなプロジェクトがすでに80ぐらい、イギリスでも20ぐらいできております。

第二には、現実の問題として実際にそういうものが入ってきたとき、教育がどう変わるか、というトータル・システム研究の段階であります。

進捗差は当然に表れる（スタンフォード大学の実験）

とかくC A Iに関し、とくにプログラム学習に対して、あれは非常に具合が悪い、あれでやると生徒の進捗差がめいめい変わってしまう、というようなことを8～9割がたの先生がみな一様にいっておられますが、これはだいたい話として非常におかしなこととして生徒の個人差ということを考えれば進捗差は当然あらわれるべきもので、あらわれるのが具合が悪いというのであれば、そもそも現在の教育が生徒の個人差を考慮していない、ということになるのではないかと思います。

進捗差の問題については1968年から69年にかけてのスタンフォード大学でのおもしろい研究があります。

これは小学校の1年から6年までの児童を対象に数学だけについて1年間実験学級を設け、一方はプログラム・テキストだけ、もう一方はC A Iの機器を1日15分全部の児童について使ってみたわけです。これはたんにドリルだけで要するに to correct error であります。

answer が出たら、すぐにそれを直してやって、いろいろなケースの間違いを集計し、さらに基本的なたりないところを教えてやる。

このようにドリルを中心としたプログラムで実際に実験を行ない、その進捗のちがいで評価をしたわけです。

その結果C A Iを使いますと1年半から2年半ぐらい、プログラム・テキストを使うと半年から1年ちょっとぐらい進度が早い、ということをいっています。

単純に考えましても6年のものを2年間短縮できるから1/3の時間の節約となります。

この時間をどのように利用すればよいかといいますと、さらに学習のレベルを上げるために使ってもいいですし、また教師と生徒の交流の場にするとか、あるいは実習や実験にあてるとかいろいろと考えられるわけです。

海外ではこのようにユニークな研究がすでに行なわれています。

。 安易な導入は危険

こうなってきますと、いま現に行なわれているものとは、はっきりと違った形の教育があらわれてきます。教科書のほうも当然いまのものとは違った形のものに変わってきます。

そのような見方にたちますと、C A Iがいったいどのように使われていくのか、という基本的な問題はこれからまだまだ研究していかなければなりません。

これをいいかげんにしてC A Iを採用してみたところでかえって混乱を増すばかりで、ほんとうに教育を革新するということになりません。

新しい教師、教育を育てる

この基礎的な試験研究の間にC A Iをこなしていける教師を養成していかなければなりません。私のところで実際にC A Iを使ってみて、システムをつくることから評価、修正というところまで全体として考えてみますと、いまの教師や教育者のやっている仕事の大部分はどこにも入らない。システムをつくることは、いまの教師や教育者にはできないし、ましてそれを用いて治療し診断し、その結果をつかむ、あるいは教材を評価し、修正する、というようなことはできない。

はたしてこのような状態でいいものかどうか、まことに深刻な問題だと思うのです。

これまでの伝統的な教育観ではC A Iを評価することはできなくなってきました。

したがって、C A Iにふさわしい新しい教育の基本理念を確立し、それに合わせた教師なり教育者をつくるかどうか、わが国の教育の将来を左右するのではないか、と思います。

米米 研究の一本化、体系化を推進 米米

(C A I に対する文部省の構想)

— 岡本 講師 —

まず私自身の立場から申しますと私は文部省のなかでコンピュータの管理や運営にあたっておりまして直接に C A I とか教育工学を主管しているわけではありません。

私個人としては C A I について関心をもっていますが、省内にはまだそういうものを主管する機関または課はできておりません。

そういう意味から申しますと文部省は遅れている、ということもいえるかもしれません。

実験校 22 校を指定

文部省で C A I あるいは教育工学の問題をとり上げました最初の動機といたしますのは、昨年 1 月、O E C D から教育におけるコンピュータの利用に関して共同研究を申し入れてきたことからであります。

またおなじころ、ユネスコからアジア地域におけるプログラム学習について日本でセミナーを開くよう、要請がありました。

そこで 44 年度予算におきまして各県 1 校ずつ 22 の中学校を研究実験校に指定し、オーバーヘッド・プロジェクタとか V T R とかいった機器について研究に着手したわけです。

また新構想大学懇談会などにおきましても情報科学を基礎とした教育内容の近代化とコンピュータによる C A I を教育のあらゆる分野に本格的に導入すべきである、という提案がなされ、昨年 8 月の情報処理に関する会議の中間報告でも C A I に関してふれておりまして省内の機運も高まってまいりました。

C A I 研究連絡会議

このようないきさつがありまして 45 年度の予算では教育システムの研究推進のための予算を要求し、これがわずかでありますが 200 万円認められました。

しかし、これですぐさま教育システムの研究ができる、というわけではありません。

現在、一部の大学や研究所あるいはその他の機関で行なわれております、それらの教育システムに関する研究は、各個ばらばらに行なわれているようにみうけられます。

それらを文部省が主体となってとりまとめていこうということでもあります。

このため文部省としましては研究推進のための連絡会議を設け、このなかに二つの部会一つは教育システムに関する部会、もう一つは教育工学に関する部会で、両方合わせ20人の委員を委嘱し、各地で行なわれている研究や情報を交換していこうという構想であります。なぜ部会をこの二つにわけたかといいますと、これは部内でもいろいろ議論がありました。

現在、教育機器がいろいろなところに散乱しており、その使い方もまちまちであります。

そこでその正しい利用のし方を指導する。むろんそれにはC A Iもふくまれており、それらの教育機器の応用、開発といったものを研究していく。これが教育工学の部会です。

これに対し、もっと根源的にいったい学習というものは何なのか、そこでどの部分が機械処理に適しているのか、ということ、ただ単に機械があるから使うというのではなく、もっと根本的に教育とはどうあるべきか、学習とはどうあるべきかということを検討し、この部分は機械にやらせた方がよい、この部分は人間でなくてはならない、といったはっきりした方向づけを行なう必要がある。これをやらないで教育工学だけをやるというのはテクニックだけの教育、教育不在の教育になってしまう、という懸念があるというので教育システムの部会も平行させていくべきだ、ということになったわけです。

教育機器のメーカーも加える

こういった基礎的な作業はとてども短期間でできることではありませんので5年とか10年という長期的な事業としてやっていくという考え方です。

もうひとつ、この連絡会議のなかに教育機器のメーカーを加えるかどうかの問題ですが私の個人的な考え方としてはメーカーも加えた方がよいと思っています。

それはハードウェアというものはソフトウェアと密接に関連していますから、それがどのようなところで適用されるかによってハードウェアは変わってきます。

当然こちらの考え方をよくお伝えして、それにふさわしいハードウェアを開発していただく。そのためにメーカーの代表にも加わってもらいたいという考えです。

根本に戻って吟味する

つぎにC A Iの可能性について考えますとやはり初めに教育の目標とか内容をじゅうぶん吟味する必要があります。具体的に申しますと算数、国語、理科、社会といった教科の問題があります。さらにその教科のなかにも、それぞれの領域があります。その全部をC A Iでやるべきかどうか、まずカリキュラムの編成自体にも問題があります。つまり教育の目標や内容というものを現時点においてもういちど再検討し、なにが21世紀の子供にとって重要な、そして基礎的な能力であるかといった根本論議にまでさかのぼってじゅうぶん検討する必要があると思います。

さらに具体的に申しますと、ことばとか文字、図表、映像といった学習の媒体にはそれぞれの特徴と限界があります。

これは盲学校とろう学校とで比較・実験をした結果からも目でうけるものと耳でうけるものとは違っていることが明らかにされております。そのような学習媒体による違いを考慮したうえで、それが子供に伸ばしたい能力とどのように関連しているかというようなことをよく吟味する必要があります。

技術開発が可能性を生む

C A Iの可能性のなかでその位置づけ、役割りについて私の感じではドリル的な算数の計算とか英会話といったかなり基本的な言語能力に関する問題についてはかなり成功していると思います。

大学で英文学を学んでも英会話はあまり上達しませんから、こういうものは一応C A Iの機械でランゲージ処理をして、そこで能力に応じた学習をするようにすべきです。

おなじ学習にしてもC A Iに向いているものとそうでないものがあるわけです。

しかしまた今後の技術開発にともなって現在われわれができないと思っていることでもどんどんできるようになってくるのではないかと思います。

それからC A Iの場合にも、たんにコンピュータだけの問題だけでなく端末機をどのように結びつけるかという問題があります。

いずれにしても教科書の役割は大きく変わってきます。教材として分解されてプログラムに入るようになると教科書はなくてもよいのではないのでしょうか。

ただし、そういうことになっても機器にふりまわされる教育であってはならない、ということは痛切に感じます。

必要な P P B S の展開

C A I についてシステムをつくるのに金がかかる、それをやるためのスタッフがそろわない、という金と人との問題において、まずお金の面ですが、今後の技術開発によっては大型のコンピュータについても、あるいは端末機についても、だんだんと価格が低減していくでしょうし、わが国の経済成長力からいっても決して難しい問題ではないと考えます。

国の財政的な援助については最近のいわゆる財政の硬直化から大蔵省の方も投資効果のはっきりしないものについてはこれを縮小していく傾向にありますので、これをある程度明確にしなければなりません。それにはいわゆる P P B S 的な考えをしていくことで見通しがたてられると思います。

S・E 的教師の育成がカギ

つぎに人の面ですが、いまの先生方の大部分が抱いているであろう、きわめて素朴な危惧—自分達の仕事が機械に侵されるのではないか、という—をどうすべきかという問題があります。これは消極的なものですがもうひとつ、積極的な面から考えますと C A I のプログラムについて教師の専門性をかりないことにはそれが生きてこない、という面があります。このへんにポイントをおいて考えますと、いわゆるシステム・エンジニア的な教師に育てる、あるいは育ててもらい、ということが大きな課題となってきます。残念ながら、いまの教師にそのような気概がないような気がいたします。したがって他の者、たとえばシステム・エンジニアのなかで教育に比較的関心の高い者、そういう人を引っ張ってくるかしなければならない。

このいずれの方法をとるかで、かなり議論がわかれるのではないかと思います。

いずれにしても教師は人間であり、コンピュータは機械でありますから、マン・マシンシステムとして相対的なシステムのなかで学習というものを構造化していき、さらにこんどはそのマン・マシンシステムをどのように分解していったらよいのか、ということをおまえて考えていかなければならないと思います。

＊＊ 教師の動作研究を基礎に ＊＊

(香川大学における自動教育システム)

— 吉本 講師 —

一斉授業の効率化から

香川大学で現在行なっておりますのはC A Iの研究はいわゆる、狭義の意味のC A Iを研究対象としているわけではありません。一般に教育の機械化をどう進めていくかという問題であります。

現在、われわれのところに導入されておりますシステムは、特別なコンピュータによってコントロールされている自動教育システムが2種類、それに教育機器をある程度システム化しているという試みから将来全自動につながるものとして、半自動教育システムと呼ばれるシステムが4セット導入されています。

半自動教育システムは機械の助けをかりて人間 — 教師の行なり一斉授業の効率を高めているという考え方をもとにつぎのように構成されています。一つは情報である教材の提示をする機械、もう一つはこれによって生徒の反応チェックするための集団反応計測装置、さらに生徒の反応データを記憶する記憶装置の三つであります。これをどういうふうにコンピュータと結びつけていくかが、われわたの関心事の一つであります。

科学的なデータ観念の導入

こうした場合、やはりこれまでお話がありましたように授業のプロセスとかあるいは授業そのものについて抜本的な反省がなされなければならないということです。

そのなかでとくにわれわれが強調したいことは、いまの教育が学習のデータに対して科学的な観念を持っていないということです。

現在、ふつうの学校で行なわれているデータ観念といえば学期ごとに1～2回の試験をし、そのデータをとっておき、その平均点を出すと標準偏差を出して、ごくかんたんな推論を行なり、という程度のものでしかないわけです。これでは生徒の一人一人について条件をいろいろと提示したり、コントロールしたりするということはほとんど不可能であります。したがって、まずこのあたりにコンピュータを導入してデータ解析をもっと適確なものにし、生徒の特性に応じた授業が可能になるようなシステムを考えなければならないと思います。

オンラインでデータ処理

われわれがここで半自動教育システムと呼んでいるねらいは一つにはコンピュータの利用によって学習データを集中的に管理していくことと、将来教授プロセス自体を自動化するための準備段階としての研究であるということです。

香川大学におきましては公立の中学校20校が共同研究校として参加しており、ほぼおなじようなシステムが各校最低1セットずつ導入されています。

そして、香川大学のプログラム開発センターで開発した標準プログラムが現在のところ中学2年の数学に関しては全教材についてのプログラムが完了していますが、これを定期的に各校へ流して行く。この教材の中には最初あるいは最後のところに必ずいくつか生徒の学習効果の結果をチェックするプログラムを入れてあります。このデータを記憶装置によって記憶させ、これをセンターへ伝送し計算処理するという方式をとっています。

いまのところ教材を流すところまでは行っているのですが、データ処理はパッチ処理であり各校ではそれぞれデータをシートに書き込んでセンターへ伝送し処理しています。将来はこれら各校の端末機をセンターのコンピュータとオンラインで直結し、処理したデータを送り返す、というところまでもっていきたいと考えております。

本年度の計画では標準プログラムを配布するところまでもっていく予定で、データ処理については45年度から手をつける計画です。

その準備段階として県下の中学校の生徒14,000人のデータ処理について、要員の訓練と実験を昨年中ですと18回ほど行ないました結果、ほぼ実際に処理できる見通しがたちました。

つぎに公立学校におけるCAIの問題ですが、CAIは個人学習であって集団学習はCAIではないという考え方があります。しかし、われわれはそうは考えておりません。必ずしもCAIとはいわなくてもよいわけですが一斉授業の自動化(グループCAI)も、とくに義務教育のレベルでは、それはそれなりに意義があると思います。

システムの能力はほぼ教師に匹敵

香川大学で研究している自動教育システムには日本電気と共同で開発したカネコム1号があります。これは最初、必ずしも授業のオートメ化だけに限定して考えていたわけではなく、だんだんと焦点を狭めてまとめあげたものです。昭和40年の時点では一斉授業の自動化ということに重点をおいて研究を進めていました。そこで自動教育システムで行なう授業と従来の教師の行なう授業とでその結果にどのような差があったかということですが、その差異はあまり見受けられなかったのです。

つまり20年位数学を教えてきた能力的にも平均以上の教師が教えた結果と自動教育システムで教えた結果とでは統計的にほとんど差異はないということが何回かの実験によってもてております。その他にも疲労度の問題では機械が教えても人間(教師)が教えてもほぼ似たような結果が出たこと、および内向的な生徒はある程度機械に向き、外向的な生徒はあまり向かない、といった結果も明らかになっています。

ふつり学校の授業時間は中学・高校とも50分ですが機械で教えた場合、中学校ですと30分ぐらいが適当ではないでしょうか、教師が50分で教えたと同じぐらいの内容を機械ですと30分で十分理解できるというデータが得られています。

教師の動作を分析してシステムにとり入れる

KANECOM1号は人間の行なう一斉授業をかたんなる単能式のコンピュータでシミュレーションするシステムです。最初リーアプログラムの提示しかできなかったのですが去年改造してメインプログラムにある条件(学習時間、通過率)を入れておきまして、その条件に合えばメインプログラムからつぎのメインプログラムへ進み、合わなければサブプログラムが提示されるようになっています。これは人間教師の動作に非常によく似た段階に達しています。これをわれわれはKANECOM2号と呼んでいます。昭和40年から中学校の2年の初等代数や幾可といった問題は年間を通して完全にこのシステムで学習できるようになっています。すなわち1週5時間のうち4時間をシステムで行ない、あとの1時間に演習を行なっています。すでにこうした実験研究を4回終っているわけでありす。

その結果、基本的にいえることは自動教育システムというようものを考える場合、まずもって、人間教師の動作をもっと適確に分析し、研究する必要があるということです。

タイムシェアリング用CAI言語の必要

さらにこのシステムを将来どのように発展させるかということですが、最近NEAC-M4(8K)というミニチュアコンピュータを導入しました。これに集団用の装置を1セット新たに開発し、さきほどのKANECOM2号と新たに開発したシステム(これは実験を伴う教科に適するようなシステムである。)KANECOM3号との連結を、5月までに完成したいと考えています。

現在は集団用装置が2台、個人用端末装置が1台(NEAC-1210コンピュータ)あり、個人用はそのパンチ出力を使ってコントロールするという、非常に苦しい使い方をしていますので、こんど考えておりますシステムではこれを切り離して個人用はNEAC-M4と端末機を連

結するようにします。個人用端末機は3台のうち1台は入出力のI/O タイプライタを用い、他の2台は絵と声ができるようにします。

ですから集団用の装置2台と個人用端末機3台が割り込みによってコントロールされることになります。

なお個人用CAIシステムについてはNEAC-1210によってコントロールされているわけですが、そのコントロールプログラムはマシンランデージで組まなければならないため学校の先生がたには、これがわずらわしいようです。そこで現在NEAC-1210用のCAI専用プログラム言語を開発しています。これを実験的に先生がたにやらせてみますと、かなりよく理解できましたので実用性はあると思います。つまりこれはアセンブラを使うための訓練でもあります。さきほどのシステムをタイムシェアリングに結びつけるためにも、こうした言語を開発したいと考えています。

主要5教科を自動化

CAIについて将来開発してみたいと考えているものは主要5教科つまり国語、社会、理科、数学、英語についてであります。これらの教科については、ある程度コンピュータで自動化したシステムで教授・学習を行いたいと思っています。

しかし集団学習には限界がありまして例えば非常に能力の秀れた生徒、あるいは逆に標準よりかなり劣った生徒には不向きであります。そういう上下合わせて約1割位の生徒に対しては個人学習とすることを考えています。

こうしますと合計5台で全ての生徒に対しても個人学習ができる状況になります。

いまのところM4は32Kバイトまで増設可能ですがまだそのシステムは開発されていません。しかしやがてはそういったものを開発し、集団用の装置と個人用の声の出るものをM4によってコントロールするところまで開発したいと考えています。

できれば大学の計算センターに学習データを全て伝送しておき、センターの計算機だけでは不可能な場合は更に他のコンピュータ(M4の特性ではデータの格納は適当でない)と連動して大規模なデータ・バンクを確立しておき、それらのデータのなかから必要なものだけをとり出してきて端末機で学習する方法を考えています。たとえばAという生徒について、ステップを決定するときにデータはセンターからの呼び出し方式をとって、過去の学習の結果、いわばカルテによって決定するシステムを採用したいと考えているわけであります。

米米 C A I は常識的な線でペイ 米米

(電電公社における企業内教育)

- 山口 講師 -

訓練の合理化がねらい

私どもの電電公社では新入社員の訓練に非常に力を入れております。

たとえば大学卒の新入社員ですと、およそ3年間徹底的に訓練しないと一人前の社員として使えないのが現状です。高校卒でも約3カ月間、非常なハード・トレーニングを行なっております。それに要する訓練費というのも相当な金額となり、しかも年々増加し、放っておけば天井しらずというような状態です。しかし技術の進歩が激しいために教育訓練をしないわけにはいかず、これを切ることはできません。

それで、なんとかこれを合理化したい、というのが幹部の考え方で、われわれ担当者も張切っているわけであります。

私どもの電電公社はもともと半官半民であるといわれますが、それゆえに双方の利点と欠点とを併わせ持っているわけです。ですから民間企業に比べれば変わり身が遅いかもしれませんが他の官庁に比べれば相当素早く動いているのではないかと思います。

また電電公社は、創設以来伝統的にアメリカのベル電話会社のシステムと比較しながら、モノを考えるとという習慣があります。ですからC A I に関してもベル社の情報も相当、入ってきております。

そのようなことから C A I については、割り合い幹部の理解が行き届いているように思います。

総合的な採算ベースは 6 0 億円

電電公社における教育訓練の費用は、全国に13ある学園の教官の人件費、訓練を受けるために第一線の事業活動からはずれる者の人件費、これを合わせますと年間およそ160億円になります。

実際には職場内訓練とか学園の外で別に行なわれるものもありますから、これを加えますと0.5倍ぐらひは増えますので、これも合わせますと240億円ぐらひになります。

そのほかにも校舎、実験装置、教材といったものをふくめると、ちょっと計算できませんがその倍ぐらひはあるものと推定されます。だいたい人件費の10%は訓練費として使われている

ことになると思われます。

このような状況から考えますと、プログラム・テキストとかティーチングマシンとかCAIを使いまして、もしかりに3割の訓練時間の短縮が可能であるとしてとしますと、45年度ではおよそ60億円の投資でも、ちょうどバランスがとれます。

1年間、一生けんめいにCAIのプログラムをつくりましますと、その後3年間ぐらいいは無修正で使えますから、少なくとも2年間は教材費はゼロでいくことができます。

これで一応採算が合いますので、われわれとしては年間60億円程度のプログラム教材をつくる事が許されるでしょう。

これを1人当りの訓練費にしますと、社員が27万人おりますから、年間2万3千円という金額になり、きわめて常識的な金額になります。

45年度までに1,300時間におよぶプログラム・テキストを作成

公社内では最近プログラム・テキストによる教育がブームになっておりまして現在、全国で約200名のプログラマを養成しています。

昭和44年度では全部で700時間ちかいプログラム・テキストができており、45年度ですと約600時間のプログラム・テキストができる予定で、合計1,300時間にも及びます。

このようになってまいりますと新入社員の訓練については業務系列のうち全体の50%はこれでやることができます。技術系だけについてですと80%ぐらいができることになります。こうなりますと教官は大幅に減らすことが可能となります。

公社の教官というのは、教育については素人でありまして学校の先生のように一生、教官でいよう、という者はおりません。教官になって3年もすると、早く第一線にもどりたいという者ばかりで幹部が教官の増加を嫌うと同時に本人も嫌っているということで公社全体としても教官を少なくしようという大勢の動きであります。したがってプログラム・テキストによって教官が大幅に減るということは、そのような動きに沿ったものである、ということが出来ます。

プログラム学習の採算性

これを費用の面からみた場合、たとえばコンピュータ関係ではCOBOLとかFORTRANのプログラム・テキストについて計算しますとCOBOLによる訓練では一つのテキストがおおよそ3500円かかります。これを平均して30時間使いますから1時間当たり約120円となります。FORTRANでは、18時間で1,700円ですから、1時間当たり100円となり非常に安くあがります。講義に

については、たとえば教官が1年300日を懸命に講義するとして、1日3時間の講義をすれば1年900時間、この教官の年俸が200万円として、1時間当り約2,200円かかることになります。

さきほどのFORTRANとくらべてみますと、教官1人が20人の生徒を完全にコントロールできれば、ちょうどおなじくらいになるわけです。COBOLでは18人ということになります。

しかし実際には1人の教官が18人とか20人の生徒を完全にコントロールすることはむずかしいと思います。

したがってプログラム・テキストに関しては決して異常なほど高い経費でやっているわけではなく十分に採算に合っているものと考えています。

つぎにハードウェアの面ですが、公社では集団用ティーチング・マシンとかプログラム教材をさかんに使っております。現在使っているティーチング・マシンがはたしてCAIであるかどうか疑問がありますが、ともかくそのティーチング・マシン — およそ200万円ぐらいのものですが — を各通信局(支社に相当)の学園においてコンピュータのプログラムの養成(入門課程)を、ほとんど教官なしでやろうとしています。

その費用の概算をやってみますと、年間3～4回使えば採算がとれると思われれます。

各通信局では少なくとも年3～4回は同じ訓練が行なわれますから、うまく採算に合うわけです。

残った問題としては教育放送だとかVTRであるとか、いろいろ考えておりますが、ここではフィードバックの機能がありませんし、はたしてどの程度の学習効果があるのか、わかりませんので、ここではふれないことにします。コンピュータについては1台のコンピュータが約4億円、耐用年数7～8年と考えて、だいたい同時に90人ぐらいの人がタイムシェアリングで使えれば講義と採算的に同等であるというおおよその計算をしています。

プログラムの養成もCAIで

現在、公社で問題になりますことは、われわれが現在もっとも頭を悩ませている電子計算機のプログラムの養成であります。

これはいくらお金を積みましても先生になってくれる人は、そうかんたんにはみつかりませんから、なんとか機械に置き換えるよりほかに手がない、ということです。

現在4,900人のプログラマーがおりますがこれを昭和52年の末まで25,000人にする、というのが至上命令です。われわれはこれに対してかんたんに「できます」と答えているのですが実際には相当にむずかしい問題であります。

いま全国で約100名のプログラムの教官がいますが、このままでいきますと52年には10

倍の1,000名の教官がいなければならないことになります。これは絶対にあり得ないことです。ですからプログラムの養成はどうしてもCAIでやらなければならないのです。

とりあえず47年度からFORTRAN, COBOL, ASSEMBLERを教えるCAIの端末を公社全体に設置して訓練しようとしています。これは必ずしも学園だけでやるものではありませんで電話の回線があればどこへでも端末をつけようという方針です。

なお、さきほどふれましたプログラム学習とCAIとはどこが違うかという問題ですが、われわれはCAIというのはオンラインのデバッグが可能のものである、と考えています。プログラム・テキストですとどうしても最後にコンピュータのところへきてデバッグの実習を別に行なう必要があります。実務処理ができる高価なコンピュータをたんにデバッグに使うのは非常にもったいないわけです。ですからやはり一歩すすんでシミュレータの機能を持ったCAIに向うべきだと考えるわけです。

最近、公社では電子交換機が導入されましたがこれはアセンブラ言語で動作するようになっておりますので、これもCAIでやろうと考えています。

以上のべましたようにわれわれはCAIはどうしてもやらなければならない、という切迫したうけとり方をしています。

学校などですと予算的な面でむずかしいことがあります但公社のような企業体ですと、そういう点では比較的ドライに割り切っています。また目の前に迫っているいろいろな問題を考えるとどうしてもそのように割り切らざるを得ない、というのも事実であります。

あり得ぬモラルの低下

最後につけ加えたいことはプログラム・テキストなどでは精神教育という面は全然行なわれていませんので、その点が心配でしたが、各学園に聞いてみますと案に相違してプログラム・テキストで訓練している者は際だって態度がまじめであるということです。

これはなぜかといいますと、彼らはみな一様に目標がはっきりしていて張り合いがある、プログラム・テキストは、はっきりした目標に対して構成されているので、つい自分でも頑張っちゃってしまい、ということで本人達は非常に張り切って緊張してやっている、ということです。

このようなことをみてみますと、むしろ問題なのは目標がなんだかはっきりしなくて、わけのわからないことをダラダラやっている教師または教育そのものではないか、という気がします。

プログラム・テキストでやったから人間性が疎外されるとかモラルが低下する、などという

ことはない、ということです。

ましてや、C A Iはプログラム・テキストと違って、決まった判断をすると、すかさず適切なヒントを与えて、非常に親切に教えることができます。

これはやはりC A Iの今後の方向を考えるうえで非常に大事な示唆を与えているのではないかと思います。

7・2 パネルディスカッション

＊＊ C A I の経済性 ＊＊

視点は教育の近代化

ただいま講師からお話しがありましたように教育に C A I を使った場合かなり高価なシステムになるようです。電々公社の場合は独特の企業形態にあるため比較的明確に採算性がうちでせるのではないのでしょうか。教育というものは基本的に金のかかるものですが、金をかけたら少なくとも、それだけのもの、あるいはそれ以上の成果のあがる教育が必要だというアプローチの姿勢ができていなければならないと思います。

たんに経済的な面だけをとりあげて云々するのではなく、ほんとうの意味での教育の近代化ということを考えてこそ教育には金がかかるものだ、と考えるべきではないかと思います。

(江村委員)

効率を第一に考える

これまでは安かろう、悪かろう、で教育機器を使っているようです。それはコスト・パフォーマンスといいますが実証的な研究による裏付け、それがなかったことにもよるでしょう。

しかし、これからは金銭的に高いものでも大局的に効率のよい方法をとるべきだと思います。わが国の経済力からいってもそうそう高価なシステムは望めないにしても、じゅうぶんにお金をかけ、いままでの教育ではできないような、もっとすばらしいことをするということは決してむずかしいことではないと思います。

(山口講師)

それ以前に認識の問題

私は日本は現在でもたいへんなお金をかけて教育をやっていると思っています。

教育にお金をかけなければ近代化国家になれないという考え方をすれば50万人あるいは、それ以上といわれる先生方にお金を出して、先生が教えるのと、コンピュータを使って教えるのではどちらが経済的か、ということを考えるべきではないでしょうか。

もっと基本的には「人間」をどうつくっていったらよいのか、そのためにより以上効果的な方

法はないのか、といった認識のし方ができてくれば、ただたんに高いとか安いとかいう議論は起らないと思います。ですからいまの段階で高いとか安いとかいわれるのは、そういった認識がまだできていないからだと思います。

(矢口講師)

現状の教育はムダが多い

それに関連しまして、さきほど電々公社の例でおはなしがありましたが、大学卒業者に3年間の訓練をしなければダメだ、というところにすでに問題があるのではないのでしょうか。

先生に高いお金をはらって大学卒業者におなじような講義をなん度もやるかわりに一カ所に生徒を集めCAIを使って集中的に教育をやったなら、いまいったお金のムダはなくなるとしますと、いま以上にお金をかけなくても、いまの範囲内でかなり効率的な教育が可能なのではないのでしょうか。

(岡本講師)

かかりどころを明確にする

こんにちCAIというのはまだ本質的に理解されていないようで、教育のシステムに組み入れる場合でもどうしてもっと効果的なものができるのか、という批判があります。

大学教育にしてもCAIという特別な角度からみた場合、多くの問題があると思われます。CAIシステムを採用しますとカリキュラムやその他講義によってはかなり時間が短縮されるでしょう。けれども、さきほどのおはなしにありましたように、トータル・システムという面ではまだ多くの問題を残しているわけです。

私としてはいまでも大学では現在のような2年間の教養課程はあった方がよいと思っています。それがCAIに置き換えられた場合、その効果という面ではっきりした見通しがたてられるべきだと思います。

それから企業内教育のことですが、ふつうの企業の意識からすると教育には金がかかる、といわれますが、そのかかりどころがいったいどこなのかははっきりとしていないのが実状ではないのでしょうか。

やはり本質的にどういったところで教育費のムダがでているのか、という地道な検討を積み上げていかなければトップは納得しないのではないかと思います。

(山王堂委員)

トータルシステムを切替える

いまの大学生や高校生は共同して困難をのりこえ、なにかを創造していくということをほとんどやっていない。そのために企業に入ってからそういう面での教育や訓練をするのにたいへん時間がかかります。そのようなことから、いまの学校教育は企業が求めている教育をしていないのではないかという批判がでるわけです。したがって、いまの教育のなかにC A I をとり入れてはたしてどれだけの効果があるかということもありますが、そのまえに教育のトータル・システムをどう切り換えるか、ということが提起されて初めてC A I が定着するのだ、という考え方をすべきではないかと思います。

企業のトップの方にもおなじようなことがいえますが基本的には教育全体のあり方とか姿勢というものが、いまだに切り換わっていない、というところに問題があるのではないかと思うのです。

(矢口講師)

＊＊ C A I の展開と可能性 ＊＊

(ひらめき・情緒・感情・モラルの問題)

C A I への期待は根本的問題の解決から

時間をかけないとわからないことですが、プログラム学習をやった者の態度がまじめであり目標を明確につかんでいることから察しますとC A I の効果は大きいと思われます。問題はC A I 自体ではなくもっと別のところにあるのではないのでしょうか。

(岡本講師)

創造性訓練 旧いカラをやぶる

それにつきましては創造性訓練というのがありまして、たとえば、事例研究とかK J 法が、電電公社で普及されつつあります。この創造性訓練は、小人数の集団で、徹底的に討論をし、旧いカラを破る方法です。このような創造性訓練は、コストパフォーマンスの点で、C A I より有利なようです。

(山口講師)

C A I には限界がある

創造性の開発については、ある面では効果があげられるが、ある面では絶望的だということも

あるだろうと思います。それがどんなものであるか議論することはむずかしいと思いますし、私自身よくつかめません。

けれども問題は創造性の構造タイプを変えるところにあると思います。

企業内の訓練の場合は主として技能的な面に向けられていますから、そういう面では効果はまちがいないものですが、そうでないところはC A Iではむずかしいのではないかと思います。トータル・システムを考える場合そういった点を明確にしていきたいと思います。

(江村委員)

可能性はじゅうぶん

創造性を養うということについてC A Iではそういうことはできないと決めてしまうのは非常に危険だと思います。

概念を破るということはC A Iで一对一でできるわけですからディスカッションの場合にも一对一でやるのであれば、より効果的であるということも考えられるわけです。

もうひとつ大事なことはいつもデータを提示してそれに対する人間のものの見方を出して、そこでフィードバックするということはC A Iでは可能であるということです。

いまの教育では事実を出すということがありませんから知識をあたえることはできてもそれ以上のことはできない、という欠点があります。

事実を出して考え方を訓練する、という面ではC A Iは強いのだと考えたいのです。

いわゆる発明というものも、それが事実をこまかく分析し、さらにそれを集積して新しいものを生み出す、ということであると思われますので、それはC A Iでは可能である。

ですから、そういう点でもC A Iは無限の可能性をもっていると思われるのです。

(矢口講師)

プログラム学習への期待

プログラム学習ではまだ創造性を養うというところまでいっていないでしょうが、そのへんの可能性、見通しについては……………

(野田委員長)

創造性、モラルは高められる

C A Iで創造性を開発することはできます。そのプログラムも理論的にはいますぐにでもつく

ることはできます。

訓練についてそれがたんに知識、技能の習得で創造やモラルを高めることは期待できないという見方がありますが、われわれはこれとはまったく違った見方をしております。

電電公社ではあるひとつの訓練をうけてエクスポートになったひとは職場へ戻ると、実力が認められれば、それぞれどこかの長といった地位に昇進していきます。ですから自分で勉強し、これを修めるといことは自分の能力が社内でどんどん認められていくということです。

そういうわけですから、たんなる知識や技能であっても本人にはじゅうぶん創造性やモラルを高めることができるわけであります。（山口講師）

技法の組み合わせが問題

そのように考えますと、いまの教育のもっている問題とおなじことになります。

いまのC A Iはあるところのある範囲の処置だけしかできないことになってコンピュータができないから先生を呼びなさいといって降参してしまうことになりかねません。そこで、創造性訓練のための技法をどのように組み合わせていくかということを明らかにする必要があります。

教育には、講義かC A Iしかないと思込んでいる方がおられるようですが、教育技法はほかに多数あって、それらを旨く組み合わせるべきです。（山口講師）

欠陥のある現在の教育

こういうことはいつも話題にのぼるのですが引っぱり出された教育で、はたして創造性が養えるでしょうか。

創造性が養えるような方法なりプログラムなりがあるのならそれを機械ですることはそれほど困難なことではありません。

しかし、それができないということは逆にいえばいまの教師のやっている教育が創造性を養えるような教育ではない、ということになると思います。

知識を伝達し、それを定着させるというのであればそれほど時間をかけなくてもC A Iによる教育は現在の時点である程度可能性はあると思われます。（江村委員）

いわゆるひらめきについて

C A Iの可能性をいまの時点で考えるか将来の時点で考えるかによって議論がわかれることと

思います。いわゆる「ひらめき」についてもいまの時点で考えるならば子供が自然のものをみて「ひらめく」度合の方がC A Iから受けるよりはるかに高い。それはC A Iのコンピュータがそれだけの情報を与えてくれているからで、将来は子供がひらめくような情報をコンピュータが与えるところまで発展するでしょう。

(野田委員長)

現実をふまえて

私の方は現実に日本の教育を行なっている先生方の立場から見えています。ですから可能性がないというのではなく、現実の問題としてお金のことや、それ以前にやらねばならない基礎的なことがあちこちにあるということを現状にたって申しあげているわけです。

それを考えますと現実に80万人もの先生方がおられるという事実に対して、どうすればもっとも効果的な教育ができるのか、それに対しC A Iはどのような効用と役割をもっているのか、というようなことを理解してもらえ方向に導くことが必要なのではないでしょうか。

(岡本講師)

＊＊ C A Iとプログラム ＊＊

学習プログラムの適性とタイプ

C A Iの学習プログラムを書く人の適正の問題ですが、これを書くのに適した人はふつうの教科書を書くのが巧い人とおなじことでしょうけれど、たんにものをよく知っている人ではなくて、さらにもっとほかの要素をもった人でなければいけないと思いますがどのようなタイプの人が適しているでしょうか……………

(野田委員長)

われわれの経験だけでいいますと、教育プログラムを作成する場合、三つのタイプが必要です。

- 1) 教える内容についてよく知っているひと。
- 2) プログラム学習についてよく知っているひと。
- 3) その教科の内容についてまったく勉強したことのないこと。

この三つの n 倍のひとをうまく組み合わせていけばよいと思います。ですから一人だけでつくる

のではなくてグループのプロジェクトとしてすすめていくべきだと考えます。

なお、このグループに知能指数の低いひとが入っていると非常に具合がわるいのです。

私の経験からいいますと、頭が悪くてそれを丸暗記でカバーしている先生は、生徒の立場を考
える余地がなく強引に自分の主張を通してしまい、とんでもないプログラムができあがってしま
って、まことに始末がわるいのです。

やはり頭のよいひと、論理に強いひと、ベストセラーがつくれるひとでなければいけません。
つまりいま生徒はどんな気持ちでいるのだろうか、らくな気持ちでやっているのだろうか、それとも
つらいのだろうか、といった相手の気持ちの動きを察することのできるひとがそれを盛り込んでプ
ログラムをつくる必要があります。そうでないとシステムそのものに人間性の疎外をきたす
おそれがあります。

ですから知能、感情の両方の面ですぐれたひとが望ましいわけで、だれでもよいというわけに
はいかないようです。

なお年齢についてはあまり関係がないように思います。

(山口講師)

プログラムステップの問題点

プログラムステップについて、その長さはどの程度のものがいいかといった問題についてはい
かがでしょうか……

(野田委員長)

オーバーラップの手法を入れる

C A I のシステムについてかんたんなテストをした結果では生徒の評判はよいようです。デー
タの記録のなかにも学習しにくいという問題は入ってきません。

プログラミングの過程でうまくプログラムが書けていない場合にはデータがおかしくなってし
まい調べてみるとソートがおかしい、ステップがあらずぎる、あるいはこまかすぎるとい
う問題がでてくるわけです。

しかし、ステップがあらずぎるからとか、こまかすぎるからどうだというのはちょっと早計の
ようです。

ふつうリニアプログラムですと、非常に小さなステップで道筋を追っていますので、見通しが
きかなくなって個々のことはわかるけれども、最後になってなにをやったのかわからなくなっ
てしまう、ということがあります。

そういうときにはプログラムのところどころにオーバーラップのようなものを入れて、き

うはこういうものをやるんだという目的を、なんども繰り返してははっきりさせるという方法をとればよいのではないかと思います。われわれのところではそのようにあらいステップも組み入れてやっております。

(吉本講師)

アセンブラの開発

一般に公立学校に流しているプログラム開発の経緯を考えてみますと、プログラマはまず教科の内容がわかり、学習指導の方法に関してある程度の経験、とくに生徒の心理状態がつかめるかどうか、ということが重要です。

もうひとつはコンピュータに対する基礎的な知識が要求されることです。それがよく身についていないとほんとうのプログラムができません。

そこでアセンブラをつくったのです。これはCAIの言語COBOL, FORTRANといったむずかしいものではなく、一般の先生方にもわかるかんたんなものです。

現在日本でもいくつかのCAI言語が開発されつつありますが、それもだれもが使える適用範囲の広いものでなければならないと思います。

(吉本講師)

個性的な要素を加える

CAIで教育を行なう場合、機械に向く生徒と向かない生徒とふた通りあるように思われますが、これはもっとよく考えなければならない問題でしょう。

CAIは個々の人間の能力に合わせているというけれども、個々の人間はそれぞれ個性をもっていますから、たとえば自分には英語の方が向いているというような場合にそれにどう対処していったらよいか、ということが重要な問題になると思います。

けれどもCAIを進めていけばこの問題もうまくコントロールできるのではないかと思います。

(山王堂委員)

外向性は不向き?

機械に向く、向かないというのは現在のシステムを前提にしていることです。外向性の生徒が向かないというのは、いまのシステムでは自分の意思を示すのはせいぜいボタンを押すことぐらいで機械に対して思想を發表することができない。よしんば發表できたとしてもなんら評価されない。また大勢のなかでうまくやったと賞めてももらえない。

こうしたことから外向性の生徒は、はげみをなくし機械での学習をいやがるのです。

(吉本講師)

賞めことばを入れる

プログラムをつくるうえで注意することはある問題を示して正しく答えたら必ず賞めことばを入れてやることです。われわれのところのプログラムではCOBOLやFORTRANのなかでおいに賞めことばを入れています。

こうするだけのことで大の男たちが感激しています。面と向って「君は秀才だ」などといわれるとお世辞をいっているのだと思って信用されませんがライン・プリンタで「アナタ　ワ　ス　グ　レ　タ　　サ　イ　ノ　ウ　　ノ　　モ　チ　ヌ　シ　デ　ス」と打ちだされたものを見るとなんの抵抗もなく素直に受け入れる気になり得意にさえます。ですからCAIではどしどし賞めてやってよいのです。それをせずにいくら論理的にやっても満足感は得られません。それはプログラムで学習者の感情を配慮していないからだと思います。

(矢口講師)

有用なプログラムの要素

たしかにそのとおりで、われわれのところでも実際に賞めことばを入れています。そのようにして学習意欲を盛り上げていくのでなければ有用なプログラムにはならないわけであります。

ふつう、教師は意識的にではないにせよ、このようなことをやっているわけですから、CAIにおいてもそのような観念は入れるべきだと思います。

(山口講師)

人間サイドの問題を検討する

われわれのところではその反対でありまして3回おなじところでまちがうと「3ペン　マワッ　テ　ワ　ン　ト　　イ　イ　ナ　サ　イ」というのですが、これもまた効果があります。

子供達も「あっ、またまちがってしまった！」といって喜こんでいるのです。ですからいろいろなことができるわけです。機械での学習でも、つめたく、味もそっけもないものではないのだということを考えさせることです。

ですから私は機械の問題を云々する以前に人間の問題がより重要であると思います。

またCAIの範囲ももっと拡げて行かなければならないと思います。たんに機器を使っただけの教育というような小さな問題ではないと思います。

(矢口講師)

プログラムに感情の移入はできる

非常によくつくられ活用されたプログラムで勉強しますと、おそらく精神的な面で愛情を強く感じるのではないかと思います。

まちがったら親切に「こうではないですか」、できたら「よくできました」といってやれただけで、必ず、感情をゆすぶられるでしょう。

私の経験でいいますと、このテキストで勉強した人から「あなたがあのテキストをつくった人ですか」といわれたとたん10年の昔からの知り合いのような感じになってしまうのです。単独型のプログラムテキストですら、感情の移入はできるのですから、まして絢爛豪華なCAIのプログラムなら大いにほれこまれてしまうだろうと思います。どうして人間疎外などというのが私には全くわかりません。

(山口講師)

＊＊ CAIによる教育システムの確立を目指して ＊＊

高まってきた現場の関心

私の方へは県内あるいは他県から現職の教員が、いわゆる内地留学ということで何人かまいりまして集団用の自動教育の指導を受けています。これにはかんたんなマシン・ランゲージもふくまれていまして、だいたい3カ月で完全にマスタしています。ただし、こういう人達は教員のなかでもよいほうの人ではないかと思います。いずれにせよ、一般の教員を内地留学ということでやりますと、だいたい3カ月で現在の機械化のレベルに対応できるだけの能力をもたせることが可能です。ですから教師の側のレベルアップもそれほど悲観したものではないと思います。それから計算機自体がどんどん使い易くなっていきますから今後大いに希望がもてる面もあります。

最近のムードとしては、たとえば新居浜市の中学校10校が一挙に機械を導入し、われわれのところと手をつないでやっています。それだけ教育行政の立場にある方や現場の先生方が関心をもっているということでありまして見のがせないことです。

こういうことをみてきますと、教育の世界にコンピュータが入ってくる、といっても、それほど強いアレルギー反応はおこさないと考えます。

(吉本講師)

教師とメーカのタイアップ

C A Iによる教育のシステムが生徒に適合しているか、あるいは機械の性能からいってどのような教科が適しているか実証的に明らかにし、そのうえでプログラム学習をどのようにすすめていったらよいのかということを検討してみる必要があるのではないのでしょうか。

メーカにしてもあらゆる教科が使えるよいティーチングマシンをつくるにはどうしたらよいかで頭を悩ませています。こういったことは私達もやっていますがやはり先生と一緒に研究していかなければならないと思います。

(平野委員)

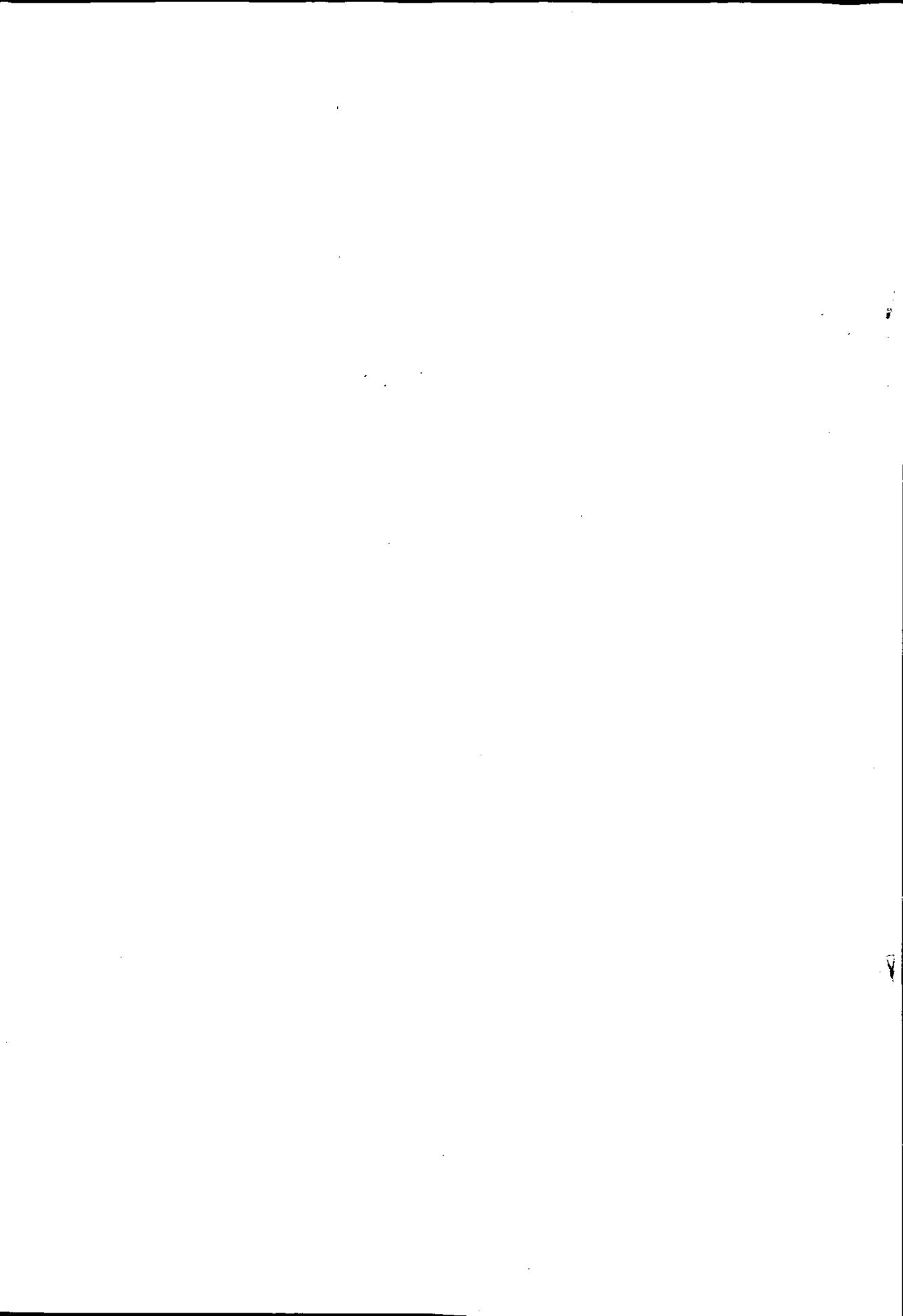
共同研究で効率的な展開

文部省としましては、これまで出ましたいろいろな問題について、それらをふまえながら全国のいろいろな方がやっておりますものをここでとりまとめ、比較研究してみる必要があります。生徒の側の問題、教科の問題をおりまぜて研究していくことが大切で、効果が出るまでに時間がかかります。とりあえず現在の機器を授業で使っていき、かんたんなものから成果を積み上げてゆくのがよいと思います。実際にそういうこともやっているのですが実験ですと条件が統一できず、いろいろと複雑な問題もあって困難な面が多いようです。そこでなんとかむだのない共同研究の体制をつくらうということで、この4月から、これらの研究の連絡会議を発足させてゆきたいと考えているわけです。

(岡本講師)

まだ、いろいろとお話し合いいただきたいことが残っておりますが、大分時間も超過いたしましたので、これで閉会させていただきます。ご多用中をご出席くださり、C A Iの明るい見通しを皆様方のおのおのお立場から、お話しいただきましてどうもありがとうございました。

(野田委員長)



禁無断転載

昭和45年6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21号地1番5

機械振興会館内

TEL (434) 8211 (代表)

印刷所 有限会社 タカミ・プリント

東京都港区芝1丁目2番15号

TEL (451) 6993番

