

# 小形計算機による CAI システムの開発

## CAI System Utilizing Mini-computers

平野 睦房\*  
Chikafusa Hirano

津田 順司\*  
Junji Tsuda

武市 宣之\*  
(Noriyuki Takeichi)

### 要 旨

企業内教育と教育の研究を主目的として想定し、小形計算機を用いた CAI システムを開発した。CAI における学習の流れを分析して、これを定形化し、CAI の機能仕様を検討し、融通性の高い教授機能を小形計算機で実施できることを示した。また、この機能を活用した学習プログラムを作成するための言語として、TEACHTRAN と称する言語システムとそのコンパイラを備えている。

本システムは 50 人以上、約 100 人の学習者を同時に個人別教育することができると見込まれている。学習端末にはスライド、オーディオ、CRT ディスプレイ、キーボード、ライトペンなど各種の端末機器を汎用的に接続して使用できる。

本開発経験を基にして、CAI 標準言語の利用可能な TEACHTRAN を持ち、30 人の個別学習が可能な CAI システムを電算機各社と協力して開発中であり、近く機械振興協会に設置される予定である。

### 1. 緒 言

CAI とは Computer Assisted Instruction、つまり計算機の助けによる教育の略であり、学習者が学習用端末を介して計算機と通信しながら教授を受ける方式に付けられた名前である。

CAI のねらいの第 1 は、個人別指導の理想を実現するための現実的手段を提供しようとするところにある。電子計算機的能力を過信し、機械に人間の教育をすっかりゆだねてしまうという思想に発しているのではない。個人別指導が教育の理想であることは言をまたないが、多数の学習者が一人の教授者から教授を受ける際には、当然個人別指導の実際には限界がある。この限界を計算機の同時処理能力で拡大したり、また機械的に教授できる部分を計算機に肩代わりさせることによって、教授者が学習者の個人別指導に当たる時間をより多く確保したりする。これら両面の機能により個人別指導の徹底を助けるところに CAI の第 1 義的なねらいがある。特に今日の教育が置かれている環境は、技術革新の時代であり、学習すべき情報量や技術が増大し、現実に高等教育が一般化する傾向に進んでいる。このような環境に対応する効率的な教授手法と、拡大する個人格差に対処する個人別指導手法とが協調して発展しているとはいいがたく、CAI の実用化が貢献しうる環境にあると考えられる。

CAI のねらいの第 2 は、教育の研究における有力な測定機として利用しうることである。学習効果は教授内容（素材および手順を含む）、学習者の特質および教授者と学習者間の情報伝達媒体の 3 者の要因で支配されるものであろう。CAI での情報伝達は人間同士の会話ではなく、なんらかの機械的媒体を通して行なわれるという観点で、一定の阻害要因（不便さ）を形成することは否定できないが、しかし、このことが教授内容と学習者との間の通信過程をあいまいさなしに記録することを可能にする。その結果、学習効果を支配する上記 3 種の要因が厳密に測定記録できることになる。学習過程をこのような意味で測定し、記録する手段は CAI 以外では考えられないであろう。これらの記録データを基にして教授学習過程が定量的に分析され、CAI の教授内容の改善ばかりでなく、広く教授活動の効果を上げる要件が定量的に分析されるようになることを期待したい。

### 2. 小形計算機による CAI 開発方針の概要

今回開発した CAI システムは、上記のような CAI 本来のねらいをじゅうぶんに満足することを前提としていることはもちろんであ

るが、さらに下記のような特定の意図を加えて試作開発されたものである。

その第 1 は表題に示されているように、小形計算機を中心に構成している点である。アメリカでは CAI 試用の実例がすでに数年に及んでいるが、いずれも中形以上の規模の計算機を用いていた。この理由として想像されるころは、CAI の効果を検討することがおもな研究対象とされており、小形計算機の限られた能力だけで CAI に必要な機能を達成するシステムを開発する努力が避けられていたものと思われる。しかし現時点では、アメリカの試用研究の結果から、CAI の学習効果について確信を得るに至っており、本開発では、CAI の最大の問題点と目されるコストを可能な限り下げするために、小形計算機の利用を真剣に検討すべきであるという方針を持って臨んでいる。この際、次に述べるように、本 CAI の適用目的に必要な機能をじゅうぶんに満足することを念頭に置いて検討が進められていることはもちろんである。

意図の第 2 は本開発になる CAI の適用対象を企業内教育と、教育の研究とに置いたことである。その動機は、上記のように小形計算機を用いてコスト低減を目ざしても、なお教育コストとして一般に想定されるより高いコストになることは容易に予想されることである。これに対し企業内教育では目的が明確であり、企業内教育のコストは比較的明確に計算されうる場合が多い。また教育の研究手段としては前記のように無二の手段である。そこでこれらの適用分野に適合する CAI が最も社会的貢献をなしうるものと考えられる。

上記のような適用分野を想定すると、CAI システムの規模は学習者 50 人程度を受け入れられること、また特に研究用途を考慮して、教授機能（受け入れられる学習プログラムの機能形態）が豊富で融通性に富んでいること、ならびに各学習者の学習経過が漏れなく記録できることなどの機能仕様が不可欠になる。さらに、受け入れられる学習プログラムの機能が豊富であれば、これを作成し、計算機言語で記述することが困難になるため、学習プログラム記述用言語を開発する必要性が生ずる。

以上のような適用分野を想定したうえで、一つの単位システムとしての実用的な CAI システムのあり方を探り、その結果、真に実用的な CAI を実現するうえでの技術上の問題点の研究を進めることを長期的な目標と考えている。この過程では CAI システムが広く試用され、生徒用端末機器のあり方の検討や学習プログラム作成上の教育的課題の研究を進めることが必要であると思われる。

以下に報告する内容は技術上の諸問題が中心となっているが、本

\* 日立製作所中央研究所

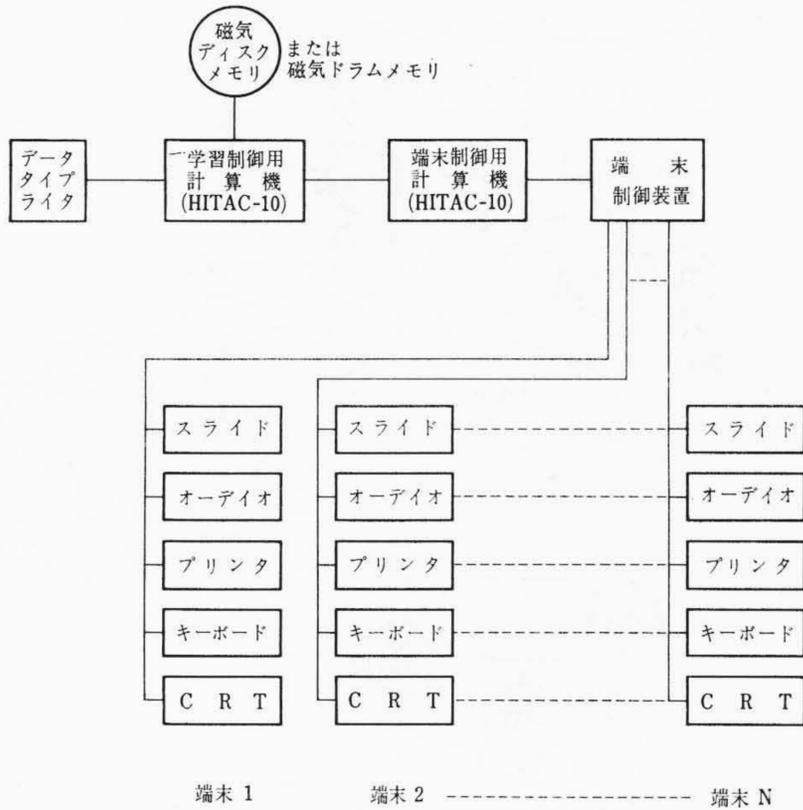


図1 CAI システムの構成

CAI システム開発上問題とした諸点について述べ、関係のかたがたのご参考に供するとともに、ご批判をいただきたいと考えている。

### 3. CAI システムの構成

#### 3.1 システムの概要

CAI システムの基本的な構成は図1に示すとおりである。各学習端末は、図に示したような多様な端末機器から構成され、ランダム・アクセス・スライド、ランダム・アクセス・オーディオ、キーボード、プリンタおよび CRT ディスプレイなどを任意に組み合わせて学習用端末を形成する。これら学習端末は端末制御用計算機を介して学習制御用計算機に接続される。学習制御用計算機の役割は、ディスクに収納された学習プログラムに従い、学習者に対して教材の提示を行ない、学習者の応答を分析して所定の処理を行なうこと、また学習者の学習経過を記録することなどである。これに対して端末制御用計算機の役割は、学習制御用計算機から送られてくる情報に従って学習端末機器を制御し、学習者に問題や説明あるいは注意などの提示を行なうことと、学習者からの応答を学習制御用計算機に転送することである。

本システムは典型的なマン・マシンシステムであり、計算機の使用法からいえば、同時に多数の学習者に対して異なった学習プログラムのサービスを行なうオンラインのマルチプログラミング・システムである。このような CAI システムの要点は、ハードウェアでは、(1) 教育を対象とすることを考察し、端末機器にじゅうぶんなマン・マシン機能を持たせることおよび (2) 計算機と端末機器とを含めて一端あたりコストを安くすることであり、ソフトウェアでは、(3) 種々の形式のプログラムが自由に組めるようなシステム構成とすることおよび (4) オンラインのマルチプログラミングのソフトウェアを小形計算機で、いかにマン・マシン性を維持して実現するかに関する問題である。

#### 3.2 CAI 用計算機の具備要件

計算機に対して要求されなければならない条件は、

- (1) 小形、低価格であること。これは2.で述べた方針に基づくものである。
- (2) オンライン・リアルタイム処理機能がある程度備えていること (割込み機能、その他の機能)。

(3) 多数の特殊端末機器の持続が容易であること。

(4) オンラインで使用する高速補助メモリが接続できること。CAIの動作中には、ディスクまたはドラムのような高速補助メモリに収納された学習プログラムを必要に応じて主記憶装置 (計算機コアメモリ) に転送して使用したり、また学習者の応答記録を一定量ごとに主記憶装置から補助メモリに転送収納することが必要である。このための高速補助メモリは、収納すべき学習プログラムや経過記録の量がきわめて少ないときは必ずしも必要ではないが、数十人が数時間の CAI 授業を受けるというように、実用的規模の運用を考える場合は不可欠である。

(5) 数値計算用の命令はあまり必要でないが、論理演算命令、ブランチ関係命令が充実していること。CAI動作で必要となる計算機処理を分析すると、このような性質を持っている。

(6) 32 kW 以上のコアメモリを持つこと。50人以上の学習者を同時に個人別学習させるためには、この程度のコア容量がどうしても必要になる。

(7) 計算機処理能力の高速性も必要である。CAIでは、計算機の応答時間の短いことは、重要な要件の一つであろう。学習者が答を入れてから、計算機の応答があるまでの時間があまり長いと、教育効果を低下させる危険がある。本システムでは、50人の学習者が全員同時に入力した場合でも、応答時間は5秒以内に収めることを考慮している。これは最悪の場合であるから、通常の場合の応答時間は1秒以内である。応答時間を短くするためには、速い計算機を使うとともに、ソフトウェア面でも工夫をこらす必要がある。

#### 3.3 端末機器の具備要件

本システムでは、図1に示したような種類の学習端末機器を規定した。これらの具備要件について考察すると、次のとおりである。

##### (1) スライド

スライドは学習者の視覚に訴えることと、非常に情報量の多い図や文章を計算機に負担をかけずに提示できる点で CAI の端末として現状では最も有効なものと考えられる。特にわが国の教育機器には欧米と異なり、ひらがな、かたかなおよび漢字を欧米で使われる英数字のほかに必要とする。このような多種類の文字を印字または表示することを、プリンタや CRT 表示装置で行なうとすると非常にコスト高になる。この観点から、わが国ではスライドプロジェクタの必要性が欧米よりも高いと考えられる。

技術上問題となる点はランダム・アクセス機能である。この種の市販品もないことはないが、収納できるコマ数、アクセス速度、価格などの諸点で改善が望まれる。

##### (2) オーディオ

CAI で音声を使用する効果については種々論議があるようである。効果を期待しえないとする理由は、スライドのように視覚で訴えるものに比べて情報伝達の確かさと使用上の融通性に欠けること、さらにかえって学習者の注意力を減退させるおそれがあるというような点である。しかし、文字を習得する以前の幼児に対しては不可欠であり、またそうでなくても適切な音声の使用が学習プログラムの自由度や定着度の向上に役だつこともじゅうぶん期待できそうに思われ、また語学や音楽では音声が必要であるので、本システムではシステムに加えてある。技術上の問題点は高速なランダムアクセスのできるものが低価格で実現されなければならないことで、現在この種の装置は市販品に適当なものが見あたらない。

##### (3) プリンタ

プリンタは CRT 表示装置ほど融通性はないが、現状では CRT より安価であるために、CAI 端末として一般的に使われている。問題点は消去修正が困難で、一字前を消去するとか、それまで入力

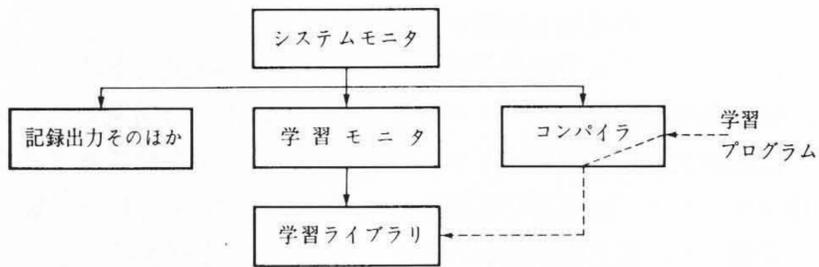


図2 ソフトウェアシステム構成

した全メッセージを消去して新たに入力し直す程度のことしかできないこと、印字のときの騒音があること、また日本語の教育に必要な漢字やひらがなの使用がきわめて困難なことである。

(4) キーボード

プリンタやCRT表示装置で使用する文字に対応したキーを並べるが、単に入力だけであるならば特定のコードを特定の文字に対応させるという約束を計算機に記憶させておくことによって融通性のある使い方が可能である。このような使い方をするために、キーボードにはキーマットを用いる。キーマットとはキートップの部分をくり抜いたマット(シート)で、これをキーボードにかぶせると、キーマット上に書かれた記号に従ってキーを用いるようになる。

この方式はキーで入力した文字と印字または表示される文字とが一致していない場合には、マン・マシン性をそこなうことにもなりかねないこと、計算機の処理負担の増すことなどの問題も付随しており、端末のあり方に関する今後の研究課題の一つである。本開発になるCAIシステムでは、たとえば特定のキーに「直線」という意味を与え、そのキーを押した場合には、「チョクセン」と印字させるように端末制御計算機から制御することができるようになってい

(5) CRT表示装置

使用上の融通性が高く、計算機で作られる情報によって臨機応変に画面が変えられるので、リアルタイム性を必要とする場合に効果的である。またライトペンを利用すれば画面を通して学習者の応答を計算機へ入力できる点でもマン・マシン性にすぐれている。技術上の問題点は高価であることと画像の分解能力がスライドに比べて悪いことである。

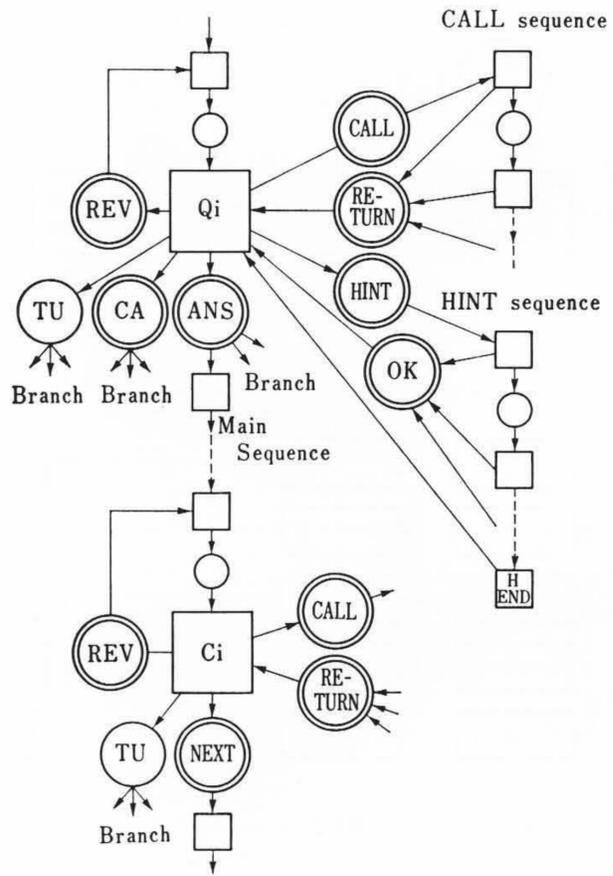
3.4 ソフトウェアシステム

CAIによる教育を実施するためには次のような手順が必要である。

- (1) 学習の目標を設定し、学習者をそれに到達させるため学習の行動を分析し、学習プログラムを作成する。
- (2) 学習プログラムを計算機に入力し記憶させる。
- (3) 学習プログラムに従って学習を実行する。
- (4) 学習者の学習経過記録を出力する。

これを行なうためのソフトウェアとして開発の必要なものは、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。学習プログラム記述用の言語を必要とする理由は次のとおりである。CAIでは学習者ごとに学習教科も異なり、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次々に学習プログラムを切り換えなければならない。これを制御するプログラムはたいへんめんどうなものなので、直接計算機を動かせるようなプログラムを学習プログラム作成者にかかせ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シーケンスについて煩わしいことを考えずに簡単に学習プログラムの書ける記述用語が必要になる。

本CAIシステムのソフトウェアシステム構成図は図2に示すとおりである。コンパイラは上に述べた学習プログラム記述言語で書



注) Qi 問題提示  
Ci 説明提示

ブランチ条件  
①生徒の解答内容、および時間切れ  
②生徒の要求  
③生徒の過去の学習経過などの組合せ

TU 解答制限時間を越えた場合、自動的にブランチする。

図3 CAIにおける学習形式

かれた学習プログラムを、計算機が実行できるような機械語のプログラムに翻訳する働きをする。この結果、得られる学習ライブラリはディスクの中に収納される。学習モニタは、学習プログラムの指示に従って個々の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器の動作の管理監督を行なうものである。学習記録出力プログラムはCAI学習の終了後にオフ・ラインで使用される。これらの三つのプログラムをうまく結合して、学習準備、CAI学習、結果出力の三つの動作モードの間の移行を円滑にし、CAIの操作性を良くするためにシステムモニタプログラムが用意されている。

記述言語は上記のように、学習プログラムを計算機に入力するために不可欠であるという必要性から設けられているが、一方、この言語で記述できる能力がCAIで実施できる教育アルゴリズムを規定することになるという意味で、ユーザーにとって関心の高い問題となる。換言すれば学習プログラム記述言語の機能は、CAIシステムの機能が定められたのちに、その機能を利用する効率的手段として定められるべきものである。本CAIシステムではTEACH-TRAN (Teaching logic Translator) と称する学習プログラム記述言語を持ち、その詳細は別題で述べているが、その機能は次に述べるような学習機能を想定して定められているものである。

4. 学習の流れ

本CAIシステムでは、研究目的に使用することを考慮して、融通性の高い教育アルゴリズムを想定し、これを受け入れられるようにした。

図3は本システムで想定した学習の流れを示したものである。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、円は学習者の応答を示す。学習者に提示される教材は、内容的に問題と説明に区別される。問題は学習者の解答を期待するものであり、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る。図では  $Q_i$  が問題提示を  $C_i$  が説明提示を表わしている。

教材は次の3種の sequence によって構成される。(1) Main sequence は教師の設定したおこな学習経路であり、すべての学習者がとおる可能性を持つ。(2) Hint sequence は Main sequence における問題を解くことがむずかしい学習者に与えられる 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が終了すると自動的に元のプログラムに戻る。途中の任意のステップであっても学習者が解答を見いだした場合は OK 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 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ところ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 PETURN 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、解答が入力されると、(ANS) 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、どうしても答のわからない学習者には正答要求 (CA) を出すこともできる。このときプログラムがそれを許し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。

以上に述べたように、ここでは教材内容を一方的に学習者に押しつけるのではなく、その時々状況によって学習者側に生ずる要求を受け入れられるように考慮した学習プログラムにも実現できるように工夫したわけである。なお、学習プログラムを Branch させる条件としては次の三つが可能である。(1) 学習者の解答内容、(2) 学習者の要求、(3) 学習者の過去の経過。これらの組合せにより、非常に融通性のある教育アルゴリズムの実験研究ができるように考慮されている。

### 5. 試作システムの実際

#### 5.1 端 末 機 器

図4は本CAIシステムによる学習の例である。写真に出ている端末機器のほかに、前記のように各種の機器が目的に応じて汎用的に接続されうるようになっている。具体的には、出力機器として、プリンタ、ランダム・アクセス・スライド (RAS)、ランダム・アクセス・オーディオ (RAA)、CRT ディスプレイの4種類、入力機器としてキーボード、ライトペンの2種類を接続している。

今回開発した端末機器の仕様は表1に示すとおりである。表中でRAS1は、ランダム・アクセス・スライド(タイプ1)、RAS2は同じくタイプ2、RAAはランダム・アクセス・オーディオ、CRTはカソード・レイ・チューブ (ブラウン管) 表示装置をそれぞれ表わし

ている。図5はそれらの外観である。

学習形式としてブランチ形式を基本とする場合、これらの出力機器にはランダム・アクセス機能が不可欠である。このとき、アクセス時間は学習者に心理的影響を与える要因として重視する必要がある、3秒以内であることが要求される。この数値は学習者が応答してからその結果が出力されるまでの時間で、計算機の処理時間と出力機器のアクセス時間の和であり、小形計算機を用いて100人を同時教育する場合を想定して、学習者の待ち時間が5秒を越える確率をほとんどゼロにするという条件から設定したアクセス時間である。CRT ディスプレイは、使用上の融通性が高く、文章的な問題での応答入力装置として、また計算機の処理結果の図形表示装置として有効な利用が考えられる。また、ライト・ペンを利用すれば、学習者の応答を画面を通して入力することができ、マン・マシン性にすぐれている。モデルシステムでは、CAIにおけるCRTの有効性を確認する目的もあり、CAI-orientedに経済性を重視した装置を新たに開発した。

入力機器については、汎(はん)用性の見地からキーボードとライト・ペン (CRT の場合) を用いる。応答形式として constructive response (メッセージによる応答) を考えれば、キーとして次のような機能のものが必要である。

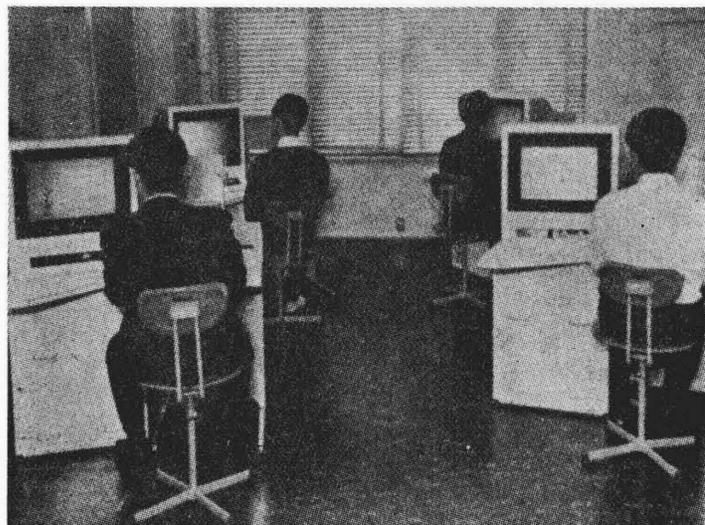


図4 試作CAIシステムによる学習

表1 学習用端末機器の仕様

機 器 名	仕 様
RAS 1	こ ま 数 : 80, アクセス時間 : 最大 3s, 35 mm スライド 使用
RAS 2	こ ま 数 : 6,000, アクセス時間 : 3s/±30 こま, 16 mm ロールフィルム (カセット式) 使用
RAA	フ レーム 数 : 512, 再生時間 : 5s/フレーム (フレームの接続 使用により最大 160s の音声提示が可能) アクセス時間 : 最大 3.5s, 音 質 : 200~5 kHz 磁気テープ使用 (アドレス信号1トラック+音声8トラック) 再生途中での中継機能
CRT	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 表 示 機 能 : 表示内容 : 文字 (定形表示)+図形 文字表示 : 文字種類 : 英文字, かな文字, 特殊記号 表示形式 : 16行×32列 文字発生速度 : 平均 6 μs/字) 図形表示 : 種 類 : ベクトル (実線のみ) 表示能力 : 最大 250 ベクトル 表示速度 : 20 μs/full scale</li> <li>◦ 入 力 機 能 : キーボード : メッセージキー, メッセージ編集用制御キー, 応答キー (8種) ライトペン : 位置座標検出</li> <li>◦ 1台の制御部で8端末を時分割制御</li> </ul>
キーボード プリンタ	文 字 種 類 : 英数字, かな文字, 特殊記号 印 字 速 度 : 10 字/秒 キーボード : メッセージキー, 応答キー 全二重方式



図5(a) ランダムアクセススライド(左)とキーボード付きプリンタ(右)

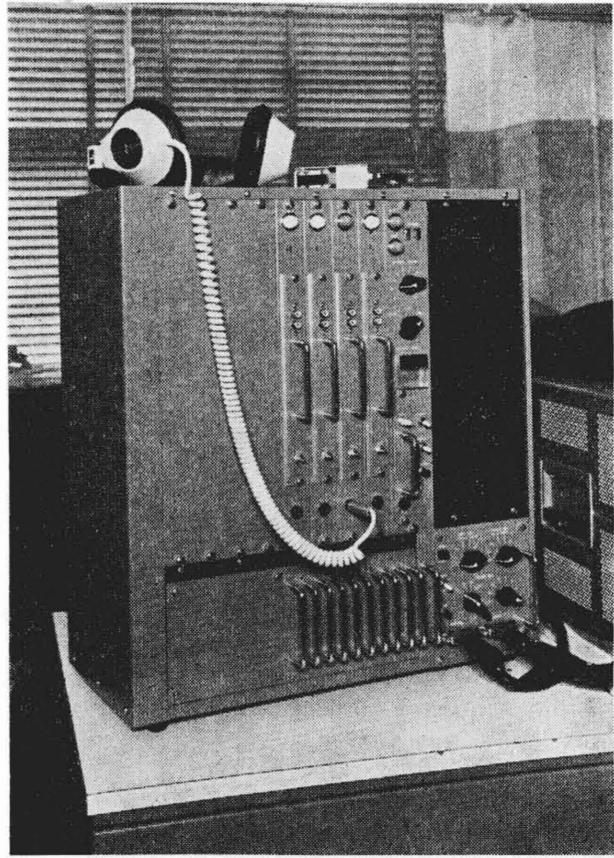


図5(c) ランダムアクセスオーディオ装置の録音再生装置



図5(b) CRTディスプレイによる学習

- (1) メッセージを入力するためのメッセージキー
- (2) 入力したメッセージを途中で修正するための編集制御キー
- (3) 応答の終わりを示すとともに、応答の種類を区別するための応答キー

メッセージキー2は英数字、かな文字および Fortran 教育などに必要な若干の特殊記号が用意されている。また Constructive response では、学習者の的確な応答入力を可能にし、入力メッセージの修正を容易にするために、学習者入力を1字ごとにプリンタまたはCRTに feed back し、確認出力を行なうことが不可欠である。

NAME***ASAKAWA								
TMNL	DATE	KYOKA						
1	70 4 1	FA						
TTIME	ACC1	ACC2	ACC3	ACC4	ACC5	ACC6	ACC7	ACC8
1420	0	8244	82411	7985	8224	1	0	0
STEP	ETIME	KEY	ANS					
C1	14	NXT						
C2	6	NXT						
Q3	51	AN1	2;6					
C7	13	NXT						
Q8	46	AN0	TAISU=2*ALOG(X)					
C9	15	NXT						
Q8	46	AN0	TAISU=2.0*ALOG(X)					
C9	9	NXT						
C10	15	NXT						
Q8	35	AN0	TAISU=2.0*ALOG(X)					
C11	1	TU						
Q8	86	AN2	TAISU=2.0*ALOG(E)					
Q13	30	AN2	2.0*X					
C18	9	NXT						
Q19	55	AN1	EXP(2.0*X)+3.0					
Q23	26	AN0	5.0*X+1.0					
C24	14	NXT						
Q23	42	AN0	(5.0*X)+1>0					
C24	11	NXT						
Q23	22	AN1	(5.0*X)+1.0					
Q28	70	AN1	SQRT(SIN(A)+COS(B))					
Q34	52	AN0	Y=(SIN(X))**2					
C36	31	NXT						
Q34	39	AN1	Y=SIN(X**2)					
Q39	31	AN1	Z=SIN(X)**2					
Q43	29	AN1	N;N					
C46	8	NXT						
C47	43	NXT						
C48	18	NXT						
Q49	61	AN1	3;5					
Q52	50	AN1	TAN(X)=SIN(X)/COS(X)					
Q56	55	AN0	2.0*TAN(A+B)					
Q56	52	AN0						
Q56	4	AN0						
Q56	5	AN0						
Q56	4	AN0						
Q56	4	CA						
C58	1	TU						
Q56	21	AN1	(2.0*TAN(A+B))					
Q60	41	AN0	FUNC=					
C61	7	NXT						
Q60	53	AN1	FUNC(A,B,C)=					
Q64	75	AN1	D*FUNC(E,F,G)-3.0					
C68	7	CAL						

図6 学習経過記録の例

また、3番めの応答キーについては、必要とされるキーの種類は先に述べた学習機能（学習の流れ）に対応して定められる。本システムでは次の8種類を設けている。(1) ANS: 回答の終わりを示す。(2) NEXT: 説明を理解したことを示す。(3) CA: 正答要求。(4) REV: 前回のステップに戻る要求。(5) HINT: ヒント要求。(6) OK: ヒントを理解したことを示す。(7) CALL: 参考教材の要求。(8) RETURN: 参考教材を理解し、元のステップに戻ることを要求する。

これらの応答キーはタイプライタまたは CRT 表示装置に付属するキーボードの右側にまとめて配置されている。これらのキーの役割は図3の学習の流れと対応させて見ればよく理解できる。

5.2 システム仕様の概要

(1) システム構成図は図1のとおりである。学習制御用計算機のコア容量は16kW (16ビット/W) で試作されたが、10人以上100人までの学習者に同時個人別学習を行なわせるには、32kWのコアが必要になる。計算機機種はHITAC 10またはCLOAP-2000Eのいずれかである。端末制御計算機にはコア容量4kWのHITAC 10を使用した。ただし、端末のキーボードで使用するキーマットの仕様いかんでは、この計算機のコア容量を8kW以上にすることも必要になる。

学習端末としては(表1参照)、1形端末(RAS1, RAA キーボード付きプリンタ)を4組、2形端末(RAS2, RAA, CRT, キーボード, ライト・ペン)を2組、計6端末を試作した。前記のように汎用的に任意の端末を接続できるので、容易に端末数を拡張することができる。昭和45年10月に日立製作所の60周年技術展に展示した際には、一時的に端末数を10組に拡張して一般参

観のかたがたの試用に供した。

(2) システムの最大容量は50 端末以上(50 人以上の学習者の同時個人別学習)であり、50 人の学習者に与える待時間は3秒以下(3秒以上待たされる確率は1/100程度)になるように考慮されている。

(3) 同時に使用される学習プログラムの種類は特に制限されない。ただし、学習プログラムの総量が、ディスクまたはドラムの記憶容量を越えることはできないので、その面で制限される。

(4) 学習者の経過記録を学習単位終了ごと個人別に出力することができる。これら記録の内容は、学習者が通過したプログラム・フレーム名、各フレームでの所要時間(秒)、応答キーによる反応およびキーボードまたはライト・ペンによる反応が含まれている。紙テープ、カードに出力したり、印字したりすることができる。図6はその一例である。

(5) 学習端末の使用法として想定しない手順の操作を学習者が行なった場合は、システムとしてはこの操作を無視するか、またはタイプライタや CRT 表示装置を用いて注意のコメントを出力する。

6. 結 言

小形計算機を用いて、上記のように高い機能を持ったCAI システムを開発した。これらの開発は昨年昭和45年夏にほぼ完了したものであるが、現在、この開発経験を基にして、CAI 標準言語を使用可能にするなど、機能強化を施した本格的CAI システムを日立製作所が主契約者となって機械振興協会に納入すべく製作中である。



特許第492541号 (特公昭39-29662号)

竹内久祐・大沢真人・保田和雄

分光分析器中空陰極ランプ用陰極

この発明は分光分析器中空陰極ランプ、特に原子吸収分析用光源として用いられる中空陰極ランプの陰極に関するものである。

原子吸収分析に用いられる光源においては、スペクトル強度が強くなり、しかもスペクトル線幅が狭いことが要求される。この要求を満たすために原子吸収分析における光源としては、一般に中空陰極ランプが用いられる。しかし、従来一般に用いられている中空陰極ランプでは一種の輝線スペクトルが放出されるにすぎないので、複数元素の原子吸収分析のためにはランプをいちいち取り替えないとするとともに、Pb, Zn などのような低融点金属を分析する場合は、それらがとけるのを防止するため電流値を小さくしなければならず、したがってスペクトル強度が弱いという欠点があった。

これらの問題解決のために、本発明者は Zn と Cu からなる溶融合金を作ってみたが、それらの金属の配合割合を二種の輝線スペクトルが得られるとともに切削ができるように選ぶと得られる輝線スペクトル強度が弱く、また輝線スペクトル強度を強くするように選ぶ

と切削が困難になるという問題があった。

この発明は複数種の純金属を粉末とし、それらのうちに二種以上の金属を混和成形後焼結して合金を作り、その合金を所定の陰極形状に成形するもので、これによれば、一つのランプでもって複数種の輝線スペクトルが得られ、またそのスペクトル強度が強いとともにそのスペクトル線幅もじゅうぶん狭く、しかも切削加工が容易であるというすぐれた効果を期待することができる。

一実施例として、本発明者は Pb 粉末 15% と Cu 粉末 85% とを混和成形後、600~850°C で1時間焼結して電極を作ったところ、この Pb-Cu 焼結合金の電極においては Cu が海綿状となり、その間に Pb が充てんされているために電極温度が 500~600°C となって Pb が溶融しても電極は形を変えなかった。また、Cu, Pb の両輝線スペクトルの強度はじゅうぶん強いとともにその線幅もじゅうぶん狭く、しかも切削加工が容易であった。(高田)