
教育機器システム特集

教育機器および教育システムの展望.....	65
小形計算機による CAI システムの開発.....	68
CAI 学習プログラム記述言語 TEACHTRAN の開発	74
日立カセット VTR の教育機器への応用	79
集団反応分析装置を使用した学習の実際.....	84
集団総合教育用 CLI “SYSTEM 70”	90

教育機器および教育システムの展望

Progress in Educational Equipment and Systems

三 浦 武 雄*
Takeo Miura

要 旨

技術革新の発展に伴い、教育の効率化、質的転換に対する要望が急速に高まりつつある。その現われが最近における教育機器とそのシステム化に対する積極的な動きである。特に電子計算機の発展はこれに拍車をかけていると言っても過言ではない。本稿では主として計算機を用いた教育システムの動向について述べるとともに同システムの問題点ならびに教育効果の定量化の重要性について触れている。

1. 緒 言

技術革新は社会に大きな変化と発展をもたらしめるとともに、教育面に対してもより高度な教育の普及、人材養成の合理化、能率化という大きな課題を与えつつある。すなわち学校教育はもちろん、企業内教育、家庭教育に対しても質的な改革が期待されるようになってきている。特に最近におけるプログラム学習法を中心とした論理的な教育手法や技術革新の成果として出現した各種の視聴覚機器、計算機技術、通信技術がこれらの要望をささえるものとして教育システムの発展に貢献しようとしている。

一方には教育には長い歴史があり、しかも人を対象とする問題だけに単に教育機器が導入されたり、自動化されたりしただけでは前記の目的を達するわけではなく、このシステムのソフトウェアともいべき教材の完備、教育効果の評価手法の確立とあいまってしだいに目的に近づくわけであって、いまやまさに緒についた段階にあるとって過言ではない。

2. 教育システムの動向

最近の動向は関係者の間で言われているように教育のシステム化であろう。その内容は一つは従来の教育のやり方の見直し、すなわち教育のシステムズ・アナリシスである。従来、主として経験的に行なわれていた手法を、目的、手法、評価という立場から見直し、教育条件と教育手法のからみ合いを明確にしようとする動きである。

学校教育におけるティーチング・アナライザ(後述)の導入の目的の大きな意義はここにある。第2は視聴覚機器を教育機器の一部として積極的に利用しようとする動きである。スライド、VTR、CCTV、オーバヘッドプロジェクタなどを用い従来の教育のやり方をより効率化しようとする試みである。第3は計算機を導入し、一部を自動化しようとする方向であってわが国では企業内教育に適用されており、学校には研究用のものが導入されつつある。このシステムにおける大きな問題は、コスト/パフォーマンスであり、学校教育においては教育効果の定量化がまだできない段階においてはパフォーマンスがじゅうぶん定量化できず、したがって適切なコストを算出することも不可能であるので、まずシステムのアナリシスに重点を注いでいるのが現状である。これに対して企業においては教育分野が、かなり限定されており教師の不足、省力化、労働力の確保とニーズも比較的明確なだけに相対的に高価なシステムでも利用される方向にある。教材の面から見ても学校教育に対してはきわめて多くの分野のものを用意する必要があるが、企業内用に対してはその点も容易である。教材作製人口の増加、評価の研究など幾つかの面において学校教育については長い実験期間を要することが想像される。

3. 計算機利用教育システムの動向

表1は計算機を使用した教育システムの概要を示したものである。T.A. (Teaching Analyzer) (反応分析装置)に利用する場合は、

表1 計算機利用教育システムの概要比較

		使用 計 算 機	計算機目的	教 育 対 象	対 象 人 員	教 育 内 容
集 団 用	T. A. (Teaching Analyzer)	ミニコンピュータ オフライン	記 録 データ処理	小・中 学 校 教 育	10~100人	理 解 状 況 把握(はあく)
	C. L. I. (Computer Led Instruction)	ミニコンピュータ オンライン	授業の制御 記 録 データ処理	中 学 ・ 高 校 学 校 教 育 企 業 内 教 育	10~100人	Drill Tutorial
個 人 用	L. A. I. (Logic Assisted Instruction)	ミニコンピュータ オフライン	教 材 作 製 編 集	家 庭 用 学 校 用	1 人	Drill
	C. A. I. (Computer Assisted Instruction)	ミニ小形・中形 オンライン	授業の制御 提 示 記 録 データ処理	企 業 内 教 育 学 校 教 育 (研究用)	10~100人	Tutorial
		大形オンライン	授業の制御 記 録 データ処理	学 校 教 育	100~1,000人	Drill
C. M. I. (Computer Managed Instruction)		中 形 ・ 大 形 オフライン	オートメ学校 運営, 教育課程 のシステム化	CAI と の 併 用	100人~	教育関連情報 の個人別管理

* 日立製作所中央研究所 工学博士

その集計と処理を計算機で自動的に行なうものである。記録があとに残るために今後の教材の選定,進め方の参考に供するのであり,教育システムのアナリシスに有効とされている。C.L.I. (Computer Led Instruction) は T.A. が単に計算機をデータ収集に利用していたのに対し,生徒の反応の総数に応じて教材の与え方を計算機で自動的に選択しようとする方式で,データ収集もオンラインで行なうものであって,後述の C.A.I. (Computer Assisted Instruction) の概念を集団教育用に導入したものである。以上はいずれも集団教育用システムであり,わが国のように集団教育で成功したところにおいては一つの特長のあるシステムといえる。海外にはこのような例は少ない。

L.A.I. (Logic Assisted Instrution) および CAI は個人別教育をねらったものであり,個人の能力別に応じて教育できる点に従来の方式に比べて質的に異なるものがある。まず CAI は 1 台の計算機に対し多数の生徒端末(タイプライタ,スライド,音声,CRT などの表示部とキーボード,ライトペンなどの操作部より成る)を接続し,計算機から順次問題提示を行なったり,生徒端末からの反応を受け付けたり,あるいはそれらのデータを収集したり,評価したりして全く自動的に学習を進行させようとする方式のもので同時に多数に能率的に個人別教育を行なうことをねらいとするものである。もちろん各端末にはそれぞれレベルの異なった生徒,異なった教課が行なわれてよい。このシステムが開発されるに至った動機は Skinner が 1954 年にプログラム学習の理論を提示したことによるものであって,その論理を計算機で行なわんとしたものが始まりで 1958 年 IBM がニューヨーク,ワトソン研究所に最初に実験したものである。アメリカにおける研究中の教育システムの大部分はこの方式である。LAI は CAI のパフォーマンスを犠牲にしてもシステム価格を安くしようと試みた方式である。すなわち,CAI の計算機部分が扱っている学習プログラムに基づく制御機能を,ファームウェアの形で端末のハードウェアとして持たせ,端末装置のみで CAI 類似の学習プログラムを遂行しようとするものである。たとえば学習プログラム用の制御情報と画像情報を VTR に記憶させ,生徒からの反応に応じてその番地を選択し,学習プログラムに応じた問題提示を行なうようにしている。しかし学習ステップが 2,000 程度に限定される。日立製作所ではこの方式を V.A.I. (Video Assisted Instruction) と呼び試用中である。VTR の代わりに放送電波を用いるとか,CATV システムを用いるとかにより特長あるシステムを実現する可能性があり,将来性のあるシステムの一つである。

C.M.I. (Computer Managed Instruction) は直接教育に用いるシステムではなく,教育用の事務処理,資料の作製などを目的としたものであり,スクールオートメーションの一環として学校関係で

は最も早く計算機が実用される分野であると考えられている。時間割の作製,成績表の作製,生徒個人の管理,適性の判定などを計算機に行なわせるものであり,教師はこれからの資料に基づき授業進度の決定,グループ別,教育のやり方などの検討に使用しようとするものである。この結果に基づき CAI 用教材選定を行なっているものを Individual Prescribed Instruction と称し,アメリカのピッツバーグ大学において 200 人のスタッフを置き,大々的に実施している例もある。CAI に比べて問題も少なく効果的であり実現の可能性が大である。

4. 海外における CAI の状況

歴史的には 1958 年 IBM において研究を開始し,1965 年にはアメリカで CAI に関する国際会議が開かれるまでになった。現在,代表的なプロジェクトだけでも 20 余りのものがある。研究対象もきわめて広く語学,音楽,技術教育から医学まで,レベルも大学から幼児までにわたっている。しかし一部を除いては,全体的には早期実用については悲観的である。企業的な動きを見ても 1965 年ころには大いに関心が持たれ,大企業が出版会社と提携し新しい教育産業への進出が図られた。たとえば G.E. とタイムズ社の共同による General Learning Co. はその例であるが,教育市場は予想以上に伸びず,企業的に不成功に終わっている。

表 2 は海外における代表的な CAI を示すものである。全体的に学習端末としてはテレタイプと音声に重点が置かれ,学習プログラムの大部分のものはスタンフォード大学で開発されたものが用いられている。RCA は実用化に対しては最も熱心なメーカーの一つであり,最近低価格化をねらいとして I-71 を開発中である。I-70 はニューヨーク市教育委員会の援助を受け,15 校に対して実験中である。イリノイ大学も将来を有望視している一つで,経済性の問題も PLATO IV で解決できると見ている。スタンフォード大学は CAI に対してきわめて積極的であり,幼稚園から中学 2 年まで 4,000 人を対象に実験教育を行ない,教育効果に対するデータを収集している。1 日 15 分程度の補助教育に実用している。IBM では最近,北アメリカ 11 工場に CAI のネットワークをめぐらし,計算機教育と回路理論教育を行なっていると報ぜられている。

ヨーロッパにおいては,最近 CAI に対する関心の高まり,研究開発に着手されてからいまだ日が浅い。昭和 45 年 7 月わが日本政府と OECD との共催による「教育におけるコンピュータ利用に関する国際セミナー」が開かれたことは周知のとおりである。計算機としては小形のものが使用される傾向にある。

わが国においても最近各所で開発が進められているが,最も大きいものとしては機械振興協会に設置されるもので,端末装置(タイ

表 2 海外における代表的 CAI

開 発 先	使用 計 算 機	学 習 端 末	備 考
RCA	I-70	SPECTRA 70/45	最大 240 台 タイプ, 音声, MF 32 組 ニューヨーク市教育委員会 オークランド小学校 ISL-I
	I-71	SPECTRA 70/35	
イリノイ大学	PLATO III	CDC 1604	CRT KB 20 台 経済的問題を PLATO IV で 解決する見込み (大学~小学校)
	PLATO IV	CDC 6500	
スタンフォード大学	PDP 10 -PDP 1 -PDP 8	タイプ CRT 音 声 フィルム 276 台	教材開発に積極性 全国にサービス
IBM	IBM 1400	タイプ 12 台	Course Writer III (1968) ワトソン (1958)
	IBM 1500	(CRT) スライド 32 台	
	IBM 360	音 声 161 台	
OECD パリ大学ほか 5 箇所	IBM 360/30 ほか	最大 20 台	

ただし MF: マイクロフィルム T: タイプライタ Disp: ディスプレイ KB: キーボード

プライタ・キーボード、スライド、音声、CRT) 30 台で昭和 46 年 4 月ハードウェアが完成する予定である。

なお、CAIにはこれに付随して学習プログラム記述言語の開発も盛んで、IBM の Course Writer は有名である。わが国においても TEACHTRAN が開発された。これらについては別論文で記述されるようであるので省略する。

5. CAI における問題点

CAI については多くの研究がなされているが、その実用にあたっては次に示すような問題点があるため、実用期は相当先になるとも言われている。まず社会的な制約からくる問題点としては、従来の集団教育(学年別教育)から個人別(能力別)教育への質的転換に伴う関係者の理解と学習プログラム作製の人口の増加に対する困難さである。この困難さを征服するためには教育効果という測定しにくい値を定量化し、個人別教育、CAI の有効性を実証するとともにそのデータを教育システムの設計ならびに学習プログラム作製法に反映させて行く必要がある。

技術的な問題点としては

- (1) システムの低価格化
- (2) 学習プログラムの標準的作製法の確立
- (3) システムの広域化、高機能化

などがある。

(1) は最も重要な点である。この点を考慮して最近では計算機システムとしては比較的小形のものが選ばれるようになった。最も重要な問題は端末機器の低価格化であって、現在のように計算機の入出力装置をそのまま用いるのでは高価であり、特に学校教育用としては少なくとも端末方式に対する新しいメディアを必要とすると考えられる。しかも生徒が直接接する部分であるだけにマンマシン性に欠けてはならない。また日本固有の問題である漢字、仮名の扱いについても考慮する必要がある。その点外国では現在のタイプで方式的に満足されている。

(2) の作製法については現在技術的に明確化されていない。きわめて直感的であり経験的である。これを確立するには学習プログラムと教育効果との結び付きを定量化、明確化し、少なくとも将来は学習プログラム自体を計算機の助けのもとで作製できるようにしたいものである。また生徒の能力に応じ計算機が自動的にプログラムを改良していく Smallwood 形プログラムの開発も重要であろう。この分野については教育心理学との結び付きも大であって関係者の協力なくしては解決できない問題である。

(3) の問題は技術的には最も解決しやすい分野である。広域化は計算機 TSS 技術の発展とデータ通信技術の発展により実現の可能性の大なるものであって、たとえば放送、衛星通信による教育システムはこれである。この場合、端末と中央計算機とのソフトウェア、ハードウェアの分担方式の確立が必要となる。高機能化は現在の CAI が通常のプログラム学習に比べてきわめて多様性に富んではいるもののまだじゅうぶんでないところから要望されている機能である。たとえば生徒の反応に対する認識度をより向上させるとか、シ

ミュレーションやゲーム機能を付加させるとかの問題である。ニーズを明確化し、技術的に積み重ねていけば(1)、(2)の問題よりも解決は容易であると考えている。

6. 学習効果の評価

この問題は CAI のみに限らず教育システム全般にわたって重要な問題である。すなわち教育の一部を機械化したり、システム化するにはそのシステムの良さを定量化し、その値を改善していくことが必要である。また教育効果をシステムの関連において実証する必要がある。さらにはこれらの成果として学習プログラムの Computer aided design への結び付きが考えられる。

このような観点から目下計画中または実験中の評価手法を概説すると次のようになる。

- (1) 学習者の行動パターンの特徴抽出による方法
- (2) 主観的心理要因の特徴抽出による方法
- (3) 誤答要因の分析による方法
- (4) 教授活動の特徴抽出による方法
- (5) Goal 分析による方法

(1) は学習者を客観的に基本的な特徴項目で表現し、試験結果との相関分析により、行動パターンと定着度から学習プログラム作製の基本的指針を得ようとするものである。(2) は(1)の方法に学習者の心理反応(たいくつ、むずかしい、くどいなど)をも組み合わせて検討する方式である。(3) は学習プログラムの各フレームの誤答要因を検出し、要因間の不規則性からプログラムの良否を判定する方法である。たとえば質問不良とか、教え方不良とか、フレームの表示方式が悪いとか比較的明確にわかる手法である。(4) はいわゆるベテラン教師と未熟教師の特徴を抽出し、これをプログラムに反映しようとする方式である。(5) は教育や学習の真の目的は何であるかをアンケートにより明らかにし、これを尺度に学習効果を測定しようとするやり方である。以上の方法で得られる諸結果から学習プログラムの法則性を見だし順次定量化に固められていくことになるであろう。アメリカにおいても最近この方面の研究が始められた。

7. 結 言

教育システム、主として CAI の動向と問題点について記述した。このシステムについてはきわめて高い将来性を有しているものの多くの問題点を有し、実用化には企業内教育などの特殊目的を除いて相当の期日を要しそうである。むしろ CMI のほうが先行する可能性がじゅうぶんにある。現段階においては視聴覚機器を組み合わせた教育システムのほうがこれらに比べてはるかに実用的であり、今後急速な発達が期待される。しかし技術革新時代は変化の時代である。新しいメディアによる安価な端末機器の開発、CATV、データ通信の実用化など教育システムを発展させる要因はきわめて多く隠されている。その出現を期待しながら、教育効果の評価などじみちな研究を重ねていく必要がある。