教育エレクトロニクス機器

大阪大学工学部 宮 脇 一 男
大阪電気通信大学 長 尾 信 次

教育機械化の必要性が次第に認識され、最近、各種の教育機械が販売・導入されて、その成果も発表されている。それらの教育機械を、教育エレクトロニクス機器の考え方でとらえ、新しい機器のいくつかを紹介し、教育オートメーション化の方向について述べる。

1. ま え が き

近来、しばしば、教育オートメーションの声が聞かれる。教育における精神主義をじゅん奉する人士にとっては、唾棄すべき風潮と考えられるであろう。

しかし、体得すべき知識と処理すべき情報が、すさまじい勢で増大しつつある現在、しかも、すぐれた教育者指導者が、逆に、確実に減少しつつある現在、教育のオートメーション、また、止むを得ない。問題はその質である。

質のよいオートメーションは、産業の分野におけると同様に、教育の分野においても、顕著な効果をあげうるであろう。

ティーチングマシンは、教育オートメーションの質を向上するために、なんとしても欠くことのできない用具である。

2. 教育オートメーションの必要性

近来、ようやく教育オートメーションの研究・導入が活発になってきた。この理由は、学習がどのようにして

筆 者 紹 介

みやわきかずお
宮脇一男 昭和 16 年、大阪帝国大学工学部電気工学科卒業。同大学助手、大阪大学助教授を経て、昭和 36 年、同大学工学部電子工学科教授となる。工学博士。正会員。

ながおしんじ
長尾信次 昭和 20 年、官立中央無線電信講習所(現電気通信大学)卒業。運輸省航海訓練所、官立中央無線電信講習所教官等を経て、昭和 37 年、大阪電気通信大学助教授となり現在に至る。

“Educational Electronics Equipment” by Kazuo Miyawaki (Faculty of Engineering, Osaka University) and Shinji Nagao (Osaka Electro-Communications University)

行なわれるか、ということについての知識が増大し、実験心理学者は、その理論を教室の実際問題に応用することに非常な興味をもち、また、主要な発言力の強い心理学者たちも、プログラム学習の根拠である「再教化の原理」に同意する傾向にあるということもあろうが、なによりもまず、教育人口の急増による教育上の需要が、教師の不足をひき起こし、従来の学習指導によるのでは、財政的、技術的に目的を達し得ないということであり、また、事実についての知識が、量的にも、質的にもますます複雑高度化したことによって、いかにしてより広く、より深い学習内容をより多くの人に、しかも、より短期間に教えるかという問題に取り組まざるを得なくなったということである。

さらにまた、教育のオートメーションに刺激を与えているものに、社会的要因がある。つまり、近来の強い国際緊張・圧力のもとで、学校教育界は、内外からいろいろな批判を受けることとなり、社会的動揺は学習内容・教育組織・目的・方法論に対し、変化を起こさせるような刺激を与えた。つぎには、企業や家庭に大きく影響を与えたオートメーションは、教育界だけをオートメーションから無関係なものとしておけなくなったということもある。

このように、教育のオートメーションは、教育の必然的發展の方向であるとして、その科学的導入の諸問題が教育学者、心理学者のみではなく、工学者によってもきわめて積極的な問題として取り組まれざるを得ない理由がある。

3. 教育エレクトロニクス機器

3.1 教育エレクトロニクス機器とは

教育エレクトロニクス機器を、教育の場におけるエレクトロニクス機器と考えるならば、大は、電子計算機・電子顕微鏡から、小は、小形計測器までふくまれること

になり、あまりにも広範囲にわたるので、ここで教育エレクトロニクスの意味を限定しておく必要がある。

教育・学習が効果的に行なわれるためには、さまざまな教育手段を必要とする。かつてはたとえばスレート、黒板などを用意し、それにチョークで要点を板書し、図解を示しながら講義が進められた。さらに進んでは、講義の内容のうち、言葉だけでは理解しがたい事項について、図解・実物見本・標本・写真などを提示する方法が行なわれた。また、写真は、さらに発達して映画となりテレビジョンとなって、それらが講義の補助手段として利用されることになる。

このようにして、講義にも、最もありきたりの方法から、それをより効果的なものにするために、多角的な各種の補助手段が活用されるようになった。これらの補助手段は、教師または学習者の補助をするものとして、学習過程のある部分を再表現したり、写したり、強調したりするために用いられる。いうなれば、教育という場における教育情報の伝達手段として、教育情報の伝達機能を果たしながら発達してきたものが、それらの補助手段としての教育機器である。ここで述べる教育エレクトロニクス機器とは、このような性格をもった機器である。

3.2 教育情報機器の変化

エレクトロニクス技術の発達にともなって、教育情報機器も大いに変化しつつある。従来、教育情報機器は、教育者から被教育者への一方的な情報伝達を行なうものが普通であった。ここ十数年来、教育学習行動に対する研究から、フィードバック効果のある教育エレクトロニクス機器が開発され、実用化されるようになった。

すなわち、従来、一斉教育では、学習効果を確かめるための方法として、ときどき試験を行なってきた。しかし、その試験答案は早くて翌日、普通は1週間後、あるいは1カ月後、ときには学期の終わりに生徒に返されるという状態である。これでは、生徒の学習意欲を高めることにもならないし、学習強化にも役立たなければ、試験問題の作成、実施、採点のために払った教師の努力もむくられない。つまり、従来の一斉教育では、フィードバックが教師にとっても生徒にとっても、あいまいであったため、学習が不徹底になっていたということである。このことの反省から、一斉教育においてもフィードバック効果のある教育情報機器が必要になったが、これを可能にするものがエレクトロニクス機器である。

つぎに、教育の専門家と教師、心理学者とが協力して、ばう大な知識を分析し、それを順序よく整理し、配列して、個人学習に適するように工夫すれば、教師が教壇の上から手放して教授するよりも、被教育者に正確な知識を能率よく与えられるかも知れない、という考えから、

正しいフィードバックを学習過程の中に活用するプログラム学習が考えられ、最近、このプログラム学習研究会も作られて次第にその成果が現われてきている。そしてこのプログラム学習を、さらに効果があがるように機械化する問題として、いわゆる、ティーチングマシンと呼ばれる教育エレクトロニクス機器の研究が活発化しつつあることは、衆知のとおりである。

3.3 ティーチングマシンの特徴

ティーチングマシンを、単純に教育機械と翻訳してしまうと話が混乱するおそれがある。というのは、この用語は少なくとも現在、ある特殊な機能をそなえた教育・訓練機器に与えられた呼称だからである。

以下、しばらくこのティーチングマシン(TMと略記する)のもつ特殊な機能について説明する。対比の便宜上、TMに属しない教育機械の一つ、たとえば、普通の映画映写機をとりあげ、これを使用する教育の場を想定してみよう。

この場合、視聴者がスクリーンに目を向け、スピーカに耳を傾けつつ、思考し、理解し、記憶しようとしても映写の進行が速過ぎて、視聴者の思考、理解、記憶のペースに合わないかもしれない。そして、映画は視聴者におかまいなく、さっさと終わってしまうかもしれない。

従来の教育機械、すなわち、視聴覚教育装置は、すべて被教育者と独立にそのペースを進めるものである。

念のため、ラジオ、テレビジョン、テープレコーダー等も同類のものであることを指摘しておこう。

さて、ここまでくればTMのもつ特殊な機能がわかりやすくなる。すなわち、TMは教育のステップごとに、被教育者の理解・習練の程度をチェックし、その結果にもとづいて次のステップを用意するという機能をもつ。したがって、TMのペースは、被教育者の希望するペースに合わされる。

このことからわかるように、TMはいわば根気のよい家庭教師になぞらえられるものであり、したがって、TMは原則として被教育者1人1人を対象とし、集団教育のためのものではない。

4. 教育エレクトロニクス機器の実用例

4.1 個人用教育エレクトロニクス機器

写真1のTMは、ヒューズ航空会社がTM研究用に製作したものである。スライドは機械前面の透視板に写され、テーブルに録音された音声をイヤホンで聞く。3つの押ボタンがあり、そのうちのどれか1つを押すと、それぞれ異なった像がスクリーンに映されて、子供は記録されている一連の問に答える。テープレコーダーが止まると、各問題に応じて応答するが、正答であれば押しボ

タン横の青ランプがつき、テープレコーダーは再び回り始め、新しいスライドが提示される。もし誤答をしたときは、青ランプはつかないので、2度目の応答を可能にさせてもらうため、黄色のボタンを押さなければならない。生徒が正しい答をしたときだけ、プログラムは次に進められるのである。

LL (Language Laboratory)のブースによく似た写真2は、ペンシルバニア州立大学のオーディオチュートリアルラボラトリー (Audiotutorial Laboratories) とよぶ実験室におけるブースである。この実験室には、たくさんの小さなブースがあって、各ブースには頑丈で、取り扱いやすいテープレコーダーその他、ラボラトリ装置 (たとえばマイクロホン)、植物学標本、必要な補助印刷物が用意されていて、生徒自身が経験的方法によって、自分の手で装置や材料を利用していくように指導される。テープ説明の速さは、生徒の能力に合わせられるし、技術的用語の正確な発音の勉強ができる。さらに、隣人との無駄話でつぶす時間はなく、手と目は机の上のことに集中できるし、自分の望むだけ何度でも巻きもどし、繰り返しができる。実験室は、早朝から夜おそくまで開放できるので、いつでも出入りできる。

電子計算機が、教育手段として偉力を発揮するのは、後述する高次元ティーチングマシンシステムにおいてであるが、個人用TMにも利用され研究されている。たとえば、写真3はそれである。生徒の応答した結果は、電子計算機によって情報として電動タイプライターに打ちだされる。学習プログラマーが作った教材は計算機に読みこませてあり、何百枚ものスライドは、電子計算機制御によるスライドプロジェクターで被教育者に提示される。

生徒は、電動タイプライターのキーを適当に押えて、諸項目の多重選択問題に答える。すると、タイプライターが電子計算機に制御されて結果を文章の形にうちだしもし、そのメッセージが長く、たとえば、生徒の誤りを矯正する必要があるような場合には、付属スライドスクリーンに写しだされる。

4.2 集団用教育エレクトロニクス機器

集団教育の補助手段として、従来、映写機、スライドなどが利用されているが、テレビジョン技術の発達によって、閉回路テレビジョンが多人数教育に利用され、その効果が認められている。

学校建物内の閉回路テレビのことを、ETV (Educational Television)という言葉で呼ぶ。ETVの教育に与える効果については、すでにV. K. Zworykin, A. J. Stodoodらによっても述べられている。Stodoodは、「新しい学校は教室テレビの設備を考慮なしに建築され得ない」とい

写真1 ヒューズ航空会社の試作した TM

写真2 ペンシルバニア州立大学のオーディオチュートリアルラボラトリーの TM ブース

写真3 電子計算機を用いた個人用 TM

ったが、“Teaching Machine Age” といわれる現代においては、TM システムを考えに入れないで、学校建物は建築され得ない、といわれるべきであろう。

図1は、ペンシルバニア州立大学が、最近の教育エレクトロニクス機器開発のために建築中の建物である。各395人を収容できる、4つのくさび形講義室のある建物である。階の中央部の部屋は、教材を保管し、これを学生に提示したり、反応状況を集める電子記憶装置が準備され、図に示されるように、プロジェクターは、黒板の上の半透明スクリーンに背面投映されるようになっている。

図1 ペンシルバニア州立大学が建築中の建物

写真4 大阪電気通信大学の ETV を設備した大教室

写真4は、筆者らが設計した大阪電気通信大学における ETV を設備した大教室である。中央列の前の方にテレビカメラを据えており、学生の机の下にはイヤホンが接続できるようになっている。イヤホンの利用によって、大教室に起こりがちな話し声をおさえ、注意を講義に集中させる効果を得ている。

このほか、大勢の人々が入室できない手術室の様子を観察したり、同時に同じ仕方で見ることができない顕微鏡の実態を、大勢の人が観察できるため、教育に利用されている例は多い。

たとえば、写真5は、Walter Read 陸軍病院の医学教育にテレビジョンカメラを利用しているところで、完全に遠隔操作できる手術台の上方に吊るされたカメラが、大きな電灯装置の上の鏡で反射させられる手術の状況を外部に撮し出している。

細菌学などのコースにおいても、テレビジョンと顕微鏡を組み合わせ、多数の学生が同時に顕微鏡をのぞいて何が起きているかを観察する利用の方法は少なくない。写真6はその一例である。

教育における閉回路テレビジョンの利用は、上述したように、非実験的講義あるいは実験を伴う講義において、マスメディアとして利用しているのがほとんどであるが、電気通信大学(東京都調布市小島町)は、それを工

写真5
Walter Read
陸軍病院の手術室

写真6 顕微鏡とテレビを組み合わせた装置

写真7 集団反応測定装置 (日本電気)

学実験実習指導の多人数教育設備として適用している。

一斉教育においては、生徒の理解度・反応状況を即座に把握できることは、適切な学習指導上重要である。この機能を有するエレクトロニクス機器が反応測定装置で、これは“アナライザー”とも呼ばれ、この装置を導入する学校が増えつつある。写真7は、日本電気製集団反応測定装置の一種である。左側の装置は教師側の部分で、表面上部に見える番号は、生徒の座席番号、各番号の下には3つのランプがついている。右は生徒側の部分で、3つの解答選択ボタンがみえる。教師が提示した問題(刺激)に対して生徒は、選択応答ボタンを押して答える(刺激に対して反応する)。教師側の装置がこれを把握して提示してくれるのである。すなわち、各座席番号の

テレビジョン

下の3つのランプは、各生徒がいずれの番号に解答したかを示してくれる。機械表面下部のメーターは、正答者の割合をアナログ的に表示してくれる。

4.3 遠隔地間教育エレクトロニクス機器

僻地学校の教師不足は、ときどき新聞種となっているが、遠隔地間教育エレクトロニクスシステムの開発は、そのような問題に解決を与えるものである。たとえばこんな例がある。シカゴとアイオワ州北西部の約1000 km離れた隔地間で、電話1本で講義を聞いたり、質疑応答する実験が行なわれた。写真8は、その教育者側(a)と被教育者側(b)である。教師は黒板の代わりにエレクトロライタにボールペンで説明の要点や図を描き、音声は普通の電話回線で目的地に送られる。受講地では、受信された文字や図解が、教室の電子黒板に投映され、声は増幅されてスピーカーで放送される仕組みである。

つぎに、電子計算機を遠隔地間教育に利用する試みもある。これは、IBMの営業技術部が長期間にわたる得意先の技術者訓練に、遠隔地にある端末装置を利用してゆこうとするものである。この方式は、フィラデルフィア、ロサンゼルス、サンフランシスコ、ワシントンおよびコロンビア特別地区に存在する端末装置1050を、

(a) 教育者側

(b) 被教育者側

写真8 シカゴとアイオワで行なわれた遠隔地間教育エレクトロニクスシステムの実験

N. Y. Ponghkeepsie の電子計算機1440と接続させたものである。教材は、1440のディスクファイルに記憶されているが、学生としての技術者は、進度に応じて新しく提示される教材に回答する。その動作は分析され、成績として記録される。特別の質問は、中央コンピューターセンターにいる指導者に電話でできか、他の端末装置に聞けばよい(写真9参照)。

4.4 技能訓練用エレクトロニクス機器

上述した教育エレクトロニクス機器は、いわば知能の向上を目的としたものであったが、これに対して、技能の向上を目的とする教育エレクトロニクス機器もある。これは、Training Machine といったほうがよいが、目や耳などの感覚器官、手や足などの行動の訓練を目的とするものである。たとえば、飛行機や自動車などの操縦、タイプライティングやキーパンチングなどの訓練に用いる機械である。

写真10は、新兵に必要な知識を短時間に能率よく習得させるためのエレクトロニクスシステムである。写真11は、キーパンチャー用のエレクトロニクス機器である。

4.5 その他の教育エレクトロニクス機器

辞典、事典、ハンドブックなどは知識の重要な源泉であり、これらの用具の必要性が今後ますます増大するであろうが、その範囲が広く、複雑高度化すればするほど、その必要な情報を、希望するときに容易に抜き出しうるものが官庁、企業、研究所においてだけでなく、教育の場においてもますます要求され、その機械化が望まれてくる。つまり、情報の蓄積および検索の自動化が不可欠なものとして要求され、このためのエレクトロニクス機器が必要になる。

ビデオファイルと呼ばれ、文書情報を画像として録画テープに記録させ、これを自動即時にテレビジョンスクリーンに映してみたり、また、複写印刷としてもとり出しうるマイクロファイリングシステムは、自動化された情報検索機器の一種である。つぎにそれを紹介しよう。

写真9 電子計算機を用いた遠隔地間教育用システム

写真10 軍事教育用エレクトロニクスシステム

写真11 キーボード訓練用エレクトロニクスシステム

写真12 ビデオファイル

写真12は、ビデオファイル（Videofile）である。

ビデオファイルの記録媒体は、テレビの録画テープであり、素材の記録・顕出はテレビカメラに撮って行なわれ、文書情報がテレビ像として記録・顕出される。

基本的ビデオファイルシステムは、電子的編集機能をもつ録画テープレコーダー、テレビカメラ、番地づけ装置、テレビジョン受像機および静電子プリンターなどである。

ビデオファイルの作成は、新しい文書が1枚1枚テレビジョンカメラに撮られ、同時に録画テープに記録され

同一ポリシーに関連した文書のテレビ像が集められたテープ区分に編入される。だから、このテープ区分は、あたかも印刷物のファイルホルダーのように、特定ポリシーに関連した文書像だけで構成される。それゆえ、このテープ区分は「マグネチックファイルホルダー」と呼ばれる。

マグネチックファイルホルダーには、順番に番地がつけられ、これが磁気テープリールのなかから特定のポリシーファイルを自動的に探すのにつかわれるのである。

ビデオファイルから、特定ポリシーのファイルを検索するには、利用者は彼の机上の制御装置をはたらかせて特定ポリシーの番号をダイヤルすればよい。すると、テレビジョンレコーダーが、正当なテープリールを迅速に探索し、希望のファイルを探し出す。ついで、このホルダーの文書像は、あいた記憶装置に電氣的にコピーされ、ホルダーは他の利用者の応答のために待機することとなる。

記憶装置の文書は、利用者が彼の机上のテレビジョンスクリーンに、ボタン操作によってファイルの文書を散読できるし、もしおのぞみならば、プリンターを記憶装置に接続させ、文書の複写印刷をとることができる。このホルダーが、利用者の用事ずみになったときには、その記憶装置の像は消去されて、次の利用者のためにあけられるのである。

5. 高次元ティーチングマシン

以上、いろいろな形の教育エレクトロニクス機器について述べたが、つぎに大阪科学技術センターに設置がきまった、筆者らの設計にかかる高次元ティーチングマシンについて述べる。

最近、産業教育訓練において問題になっていることは産業の技術革新のスピードに、人間の教育が追いつけないということである。それは、この技術革新時代に、教育方法だけがいまだに手工業の段階から脱却していないということに起因する。しかし、ともあれいま産業教育で急がねばならないことは、教育訓練法の機械化による、大量・均質の技能知識の習得方法の開発である。このような段階において、教育の機械化と結びつかないような、紙だけのプログラム学習のみを先に開発してみても、それでは時代の要請の焦点をぼやかし、教育の近代化、機械化の実施の時期をいたずらに遅らせる結果になるということは明らかであり、高次元ティーチングマシン設置の必要性がここにある。このような高次元ティーチングマシン導入の必要性から、まず、この設備をもとに、次の基礎的研究が行なわれる。

図2 高次元ティーチングマシンの構成図

- (1) ティーチングマシンにおける教育訓練の可能性の限界。
- (2) 従来の教育・訓練法、あるいは、最近のプログラム学習などについて検討し、その改善のための資料を得る。
- (3) 人間能力開発のための新しい知能検査、適性検査のプログラムをつくる。
- (4) 簡単なティーチングマシンを設計するための基礎データを得る。

つきに、本装置の概要を述べる。本装置は図2の系統図に示すように、表示部、制御部および操作部から構成される。

(表示部)

表示部は、特殊スライド映画装置 A, B, C と、オースポット投写装置および、テープレコーダーから構成されている。スクリーンAは全般的な解説、Bは問題と被教育者の回答に対する批判、および、Cはヒントと正解を示すためのものである。

(制御部)

制御部は、制御部本体と被教育者の回答内容を時間の経過とともに記録する個別反応記録器からなる。個別反応記録器は、回答開始後の被教育者の回答状況を時間とともに記録させ、思考過程を分析する。

(操作部)

操作部は、3人が同時に教育を受けられるシステムであり、被教育者は、前面にあるスクリーンの提示内容を読んで、操作部の回答器の選択ボタンにより回答するも

のである。

電子計算機をベースとする本装置の構成は以上のとおりであるが、その動作は、プログラム化された学習内容が記憶装置に保持されていて、本体からの信号により、一般的解説、問題、回答に対する批判、ヒント、正解など順々に提示しながら、被教育者の反応を記録することを繰り返すものである。

6. む す び

以上、教育オートメーションの必要性と、最近の国内外の教育エレクトロニクス機器を紹介し、さらに、高次元ティーチングマシンについても述べたが、教育近代化の方向が理解されえたものと思う。

要するに、教育のオートメ化は、必然的傾向をもつものであり、この方向へ教育を合理的に導くためには、教育のプログラム学習化とともに、これを教育学的・心理学的基礎のもとに合理的に操作できる教育エレクトロニクス機器の研究開発こそが、現在、最も重要であるということである。

(昭和40年12月30日受付)

(参 考 文 献)

- 1) 宮脇一男：人間工学，オーム社
- 2) 村井，稲垣，沼野：ティーチングマシン，牧書店
- 3) 西本三十二，西本洋一：教育工学，紀伊国屋新書
- 4) 吉村，坂本訳編：オートメーションと現代，誠信書房
- 5) 宮脇，飯田：Teaching Machine について，信学会関西支部連大予（昭36.10）
- 6) 宮脇一男：Teaching Machine，信学会オートマトンと自動制御研究委資料（昭37.1）
- 7) 宮脇，大谷：Teaching Machine の一方式について（Ⅱ），昭38電気四学会連大予
- 8) 宮脇一男：教育する機械，OHM（昭28.2）
- 9) 宮脇，大谷：ティーチングマシン，エレクトロニクス，4（1963）
- 10) 宮脇一男：ティーチングマシン，電子工業，11（1963）
- 11) 宮脇一男：Teaching Machine，昭39電気四学会連大予
- 12) 宮脇一男：人間工学とティーチングマシン，産業教育プログラマー養成講座，大阪科学技術センター（昭40.11）
- 13) John E. Coulson: Programmed Learning and Computer, Based Instruction, John Wiley & Sons (1962)
- 14) K. Austwick: Teaching Machines and Programming, Pergamon Press (1962)
- 15) B. L. Griffith and D. W. MacLennan: Improvement of Teaching by Television, University of Missouri Press (1964)
- 16) J. A. P. Hall: Computer in Education, Pergamon Press (1962)
- 17) V. K. Zworykin: Television in Science and Industry, John Wiley & Sons. (1958)
- 18) The Institute for Communication Research of Stanford University: New Teaching Aids for the American Classroom (1960)
- 19) L. P. Greenhill: Electronic Aids to Learning Electronic & Power, Feb. (1965)
- 20) Microfile on Videotape offers New Filing System Speed and Flexibility, International Electronics, Nov. (1964)
- 21) The Encyclopedia Americana, Americana Corp. (1962)