

# C A I (Computer-assisted Instruction) の現状と

## 日本の教育に意味するもの

川 合 治 男

### 一 C A I とは何か

多額の政府資金のおかげでコンピュータ利用の研究は、大学にかぎらず、会社、研究所などでさかんに進められている。今日までに合衆国教育局はコンピュータに関するあらゆる種類の研究にほぼ三四〇〇万ドル援助している。そのうち一三〇〇万ドルほどはコンピュータの教育利用に関する一〇〇以上のプロジェクトに使われている。これらの研究協力は、一九六五年制定の Cooperative Research Act や National Defence Education Act の Title VII に基づいている。また、一九六五年に Elementary and Secondary Education Act が制定されて以来、その Title III に基づいて、百十二のコンピュータ関係の研究に、一五〇〇万ドル以上支出されている。

これらの研究はおよそ六つの分野にわけられている。(1)

#### 1 Computer-assisted Instruction (CAI)。

2 特殊なデータ分析のためのプログラミングコンピュータでなければ入手できないデータを分析したり、翻訳したりするためのプログラミング。

3 シミュレーター 実際の生活場面を設定して訓練したり、研究したりするためにコンピュータを利用するもの。

4 情報処理 コンピューターの記憶装置を生かして、教育と教育研究に関するデータをたくわえたり、取り出したりするもの。

5 教育計画や教育管理にコンピュータを活用するもの。

6 コンピューターに関する人材を養成する教育のカリキュラム。

ここで、これらのコンピュータの大体の構造にふれる必要がある。コンピュータの活用をすすめるための情報はプログラムと呼ばれ、それは電子記号に翻訳されたうえで、磁気テープに収められる。それとは逆に、取り出された情報は翻訳されて、紙にタイプしたり、カードに穴をあけたり、またはテレビのスクリーンに像を映し出したりする。

生徒の側にある装置 (console と呼ばれる) は電話線などでコンピュータと結ばれるので、どんなに遠距離でもかまわない。この装置はテレビと同じようなスクリーン、light-pen (本体とコードで結ばれているペンで、それをスクリーンに触れると、その触れた位置が記録される)、タイプライター、イアホーンとマイクロホーンなどからできている。写真、文字、絵、表、数式などはスクリーンに映し出すことができるし、マイクロフィルムや本のページも拡大して、スクリーンに映写される。音楽などにはイアホーンが使われる。ドリルなどはテレタイプでスクリーンに問題が打ち出され、生徒はタイプライターで答を打つ。タイプライターの使えないような子供には、特に light-pen が適している。これに似た装置は、電子板と呼ばれるもので、その板の上に light-pen で絵や字を書くと、電子的にそれが記録される。(2)

ニューヨーク州の Yorktown Heights にある I.B.M 研究所の Instruction Systems で使われている装置は I.B.M 一〇七〇データ

処理システムに四〇の I.B.M 一〇五〇が電話線で連絡されている。スライドなどの像は本体のコンピュータで操作される。(3)

Stanford の C.A.I. システムは、一六人の生徒に同時に、別々の教材を提示することが可能である。生徒用の console にあるスクリーンは 18x23cm の大きさで、それには一行あたり四〇の字で一行の文字や数字を映写できる。また線画も映写される。映像や音声で提示される問題に生徒が反応する仕方は三通りある。light-pen でスクリーンに触れる、タイプライターを打つ、あるいはマイクロホーンを通して自分の声を録音する、の三通りである。(4)

ペンシルバニア州立大学でも I.B.M 研究所と同じ装置を用いている。教材のプログラミングにも I.B.M 研究所で考案された *course writer* と呼ばれるコンピュータ言語が使われている。プログラムを取めたり、伝達したりするコンピュータは、大学のコンピュータセンターにあり、生徒用 *console* の I.B.M 1030 と電話線につながれる。このターミナルには、改造された電気タイプライター、*randomaccess* スライド映写機とテープレコーダーがついている。コンピュータは一人一人の生徒の反応を評価し、正しい反応の場合には、さらにスライドを映したり、テープを聞かせる。または次の問題をうち出す。もし正しくない反応が予期されたものであれば、特別の手がかりが与えられ、生徒はもう一度反応する。もし予期されない反応の場合はコンピュータは一連の手がかり

をタイプに打ち出させるか、正しい答の理由を説明する。あるいは一連の small-step の質問を与える。Branching するかどうかの決定は、特定の答、誤答の数、または生徒自身の判断などにもとづいている。

一九六七年からニューヨーク市では、一五の学校で六〇〇〇人の生徒がコンピュータを利用して、読み、書き、数学を学習するようになった。このシステムは ESEA (Elementary and Secondary Education Act) の Title III にもとづき三年にわたって、二五〇万ドルの資金を得ている。このシステムはスタンフォード大学で開発された。

これと同一システムがケンタッキーの Morehead の学校でも用いられている。この学校の二年と六年のクラスは一九六六年から算数の指導とテストを毎日、スタンフォード大学のコンピュータから受けている。三〇〇〇キロ以上の距離を通常の電話線で結んで、すぐれたプログラムで教育するというのは画期的な試みである。翌年には、このプログラムは一年から八年までだけでなく、成人教育にまで拡大された。同時に、東部ケンタッキーの八つの county が Morehead State College にあるセンターを通してスタンフォード大学のコンピュータと結ばれた。

このシステムによると一つのレッスンはほぼ五分間ぐらいのもので、終り次第、タイプライターは一人一人の生徒に正答数、誤った

反応をした質問の一覧表、反応に要した時間などを紙に打ち出す。生徒はその紙を保存できる。

この試みは連邦政府の資金援助ですすめられ、また大陸横断の電話も、近距離電話並みの特別の扱いを受けている。(7)

CAI 関係の研究で、昨年度最高額の政府資金を受けたフロリダ州立大学の CAI センターでは、一般教養の物理をコンピュータが教えている。学生は週三回センターで物理を学ぶ。コンピュータは最初教材を提示し、次にそれについてテストをする。フィルムやテープを用いて説明を深める。(7)

低所得家庭の子供に就学前教育を受けさせるプロジェクト (Headstart) とか、貧しい高校生に大学進学を保証して特別教育を受けさせるプロジェクト (Upward Bound) (どちらも主として黒人対象) などを担当している Office of Economic Opportunity も CAI を取り入れてゐる。Brooklyn の Responsive Environment Program Center では、一台三万ドルの console を二十台使って就学前児童から小学校三年生まで、それに中学、高校生、成人などの教育をしている。シカゴでも同じ試みがなされており、ここでは一〇〇人以上の三才半から四才半の幼児が talking typewriter で読み方を学んでいる。このプロジェクトにはシカゴ教育委員会と Cook County Department of Public Aid も協力してゐる。(8)

## 二 CAIの長所について

言うまでもなく、コンピュータを取り入れた教育システムは、能力の異なる個々の生徒に、その程度に応じた教育をすることが期待できる。同時に教師にとっては、教育管理の負担が軽くなり、生徒だけでなく、教師自身の評価もより効果的に行なえることを意味し、遅れた生徒には、補習にも役に立つ。生徒の誤った反応は、即座に機械で明示され、それは同時にプリントされるので、進度の記録を保存できる。

一般に確認されているCAIの長所は次のようなものである。

コンピュータは生徒に一つ一つのフレームを完全に把握することを要求する。つぎに何が提示されるかは、これまでの生徒の反応によってきめられる。生徒はプログラムのどの部分でも残して先へ進むことが許されない。個別学習の長所がCAIにはみられる。すなわち、中途で断続することのない能動的な反応、反応の即時評価、次のより高度な内容のステップへ進む前に、誤った反応を正しくするなど。ここでみられるコンピュータと生徒間のコミュニケーションの様式は、単に情報の伝達と受容の過程ではない。その過程では常に生徒が一つのステップを理解していることを前提としている。

学習量は生徒ひとりひとり異なる。教師はこれまでの教室ではと

ても不可能であった個人指導もできるようになる。なぜなら彼もはやさまざまな雑務、たとえば事務的な記録、評価、練習問題の採点などから解放されるので実際に教える時間は増大するからである。同時に彼は機械のできない仕事をする。たとえば正しい話し方、報告の仕方、あるいは、お互にどうコミュニケーションするか、ということ教えることができる。

コンピュータは○×式だけでなく、生徒が答える文字、絵、図で書くような反応も判断できる。(9)これがこれまでのティーチングマシーンと非常に異なる点である。生徒のまちがった反応や困難度に応じて、彼を適当なステップへ導く。

コンピュータは *programed text* にくらべて、ずっと実際的な生活場面を設定できる。生徒には、設定された問題場面に関する情報が提供される。次に生徒に決定を下すよう要求する。彼の決定は *system* にフィードバックされ、次に提供される情報の基礎となる。彼は以前の決定と、新しい情報とに基づいて、再び決定を下す。時には全く不合理な場面を設定して、生徒をわざと混乱させたり、生徒にチャレンジさせたりすることもできる。教科書ではこういふことは考えられない。

*programed text* にくらべると、コンピュータはずっと可能性にとんでいる。大きなコンピュータでは、何人もの生徒を同時に教え、しかも、個々の生徒の柔軟性を保つことができる。おそらく

一台のコンピュータが、いくつかの異なった教科を同時に教えることもできるであろう。(11)

数学の分野では、CAIに発見法 (guided discovery approach) に大きな関心がもたれている。生徒は一つ一つの質問に答えていくことによって、あたかも自分で発見するかのように学習を進めていく。機械で方程式を解いていく場合、彼は自分の学習の過程を、グラフ、絵、数式としてスクリーンに映し出されるイメージで観察することができる。彼は式が変わるごとに、これからのように変化するかを発見することができる。式の操作の結果がコンピュータに即座にフィードバックされ、その結果がスクリーンにどのようにあらわれ変化するかを発見することによって、彼は自分の考えをどのようにも試すことができる。(12)

プログラマーにとつては、これらの学習過程は、次にそのプログラムを改訂するのに役立つ。この結果を分析すれば、生徒の思考過程を明らかにすることができる。(13)

コンピュータはさまざまな目的に利用できるもので、長い目でみれば有利な投資とみられる。programed text にくらべたら、かえって経済的で場所を取らない。この新しい技術の中には、普通のハイスクールや大学でもすぐに応用できるものはいくつもある。教育局 (Office of Education) の調査によると、いくつかの学校が、一つのコンピュータシステムを利用すれば、学区の予算の1%以内

で、コンピュータのすぐれた利点をうけることができるという。たとえば一二〇、〇〇〇人の小学生、四〇、〇〇〇人のハイスクール生徒、二、〇〇〇人の大学生のためにはコンピュータの設備費、人件費その他で、年間八〇万ドル必要となるであろう。一方同じ数の生徒、学生をもつ学区の年間予算はほぼ一二〇〇万ドルであろう。(14)

教育により多くのコンピュータが取り入れられるにつれて、system という概念も同じく、教授の場の中に応用されるようになる。教授における system というのは、ある教授目標を達成するのに必要な要素の総体である。system の概念をとり入れることによって行われるものは、すなわち、これまでに学習や教授、テストなどについて研究されたものの組織的な応用とみることができる。それは個人差や個々人の要求に応じた診断、教授、カウセリング、評価を総まとめにしたものであり、管理技術、情報処理、教授技術などを総合した効果的な技術である。この systems approach には通常コンピュータが取り入られる。

教授 system にあつては、教授目標が具体的な行動内容で明示される。つまり生徒はどんなことができるべきであるか、どの程度までできるかなどが明らかに示されている。system は生徒が教授目標を満足いく程度に達成したかどうかの診断をする。個々の特定の教授目標に関する診断だけでなく、一人一人の生徒の全体的な個人

差、態度、経験、興味、学習量と程度、学習のスタイルなどを、従来の普通の教授ではとても及ばないほどにこまかく記録する。

### 三 C A I は日本の教育に何を示唆するか

第一次大戦後の学校統合とスクールバスのために、へき地教育が問題でなくなったアメリカと違い、海と山の日本にとっては、へき地教育は宿命的と言えるだろう。へき地の教師は、教室とそれに関連した仕事以外に多くの時間を費さなければならない。学校が唯一の文化センターとあっては、そこで催されるさまざまな行事に顔を出さなければならない。村にとっては欠かせぬ存在であり、成人教育の講師でもある。これでは教室の生徒が忘れられるのも無理はない。視聴覚教具と言っても、テレビカスライドくらい。テレビは見せっぱなしで、「活用」という概念とはほど遠いのが普通、フィルムライブラリーから遠いので、映画はまだまだ娯楽の域を出ないのが実情であろう。

C A I によって恩恵をこうむるものとして、第一に頭に浮かぶのは、へき地教育である。へき地の生徒は C A I によって、教科のエキス、パートの指導を受けることができる。プログラムは教科専門家の合作である。教室では、生徒はいつでも自分の番を待って時間を無駄にする必要もない。コンピュータを使った学習では、生徒一人一人に、程度に応じた教材が、のぞましい順序で提示され、必要

な場合には、矯正的な練習問題も与えられ、即座にフィードバックがなされ、結果が記録される。生徒はもはや多数の中の一人ではなく、学習活動の主役となり、常に能動的となる。わからない時には、手をあげて教師の指導をうける。教師は、彼の進度、トラブル、興味、くせなどをよく理解してくれるようになる。

C A I が軌道にのれば、量産のために生徒用の *programs* が安くなり、そのうえ、一台のコンピュータを多くの学校が共有して、時間を少しづつずらして使えば (*time sharing*)、教育委員会も経費を節減できる。各県の大学の教育学部、教育委員会などでカリキュラム委員会を構成すれば、カリキュラムの中央統制という心配も少なくなるであろう。

クラスの生徒数がいまだに四〇人、四五人というのが普通の日本の学校教育にあつては、C A I は大きな効果をあげるであろう。コンピュータ・プログラムがあたかも個人教師のような存在となり、生徒は教室でわからないことがあるたびにプログラムの教えを受けることができる。こうして教授はより個別化される。

教師の役割も当然、現在とはちがったものになる。C A I が、彼の責任分野の多くを受け持ち、彼はコンピュータではできない仕事をし、これまでは不可能であったような責任を果たすことも考えられる。C A I の導入によって、彼の人間性、人間としての存在がクローズアップされるようになる。

数学、理科にくらべ、国語教育の分野にはプログラム学習のプログラムが少ない。その一つの理由は「漢字」である。特に多岐選択法を取り入れたプログラムでは漢字のドリルを扱うことは不可能に近い。小学生が字を覚えるには、漢字を実際に自分で何度も書いてみなければならぬ。これがCAIでは可能になる。生徒が *Feedback* でスクリーンに字を書くとコンピュータがそれを分析したうえで、正しいかどうかを告げ、さらにどこをどう改めるか、どのように綴るかをイアホーンを通して、あるいはスクリーンの映像によって、伝えることができるのである。

外国語教育に音声が無意味である。 *programed text* だけで英語を学ぶのは退屈で効果がない。それなのにプログラム学習でレコードやテープが同時に使われるのはそれほど多くない。だから英語教育では、プログラム学習というより *L. L. (Language Laboratory)* の方が一般的で、それにプログラム学習の概念を取り入れようという努力がなされる。ところが *L. L.* にも問題は残る。それは殆んどの場合、コミュニケーションの一方交通で、真の個別化という問題は依然として残るからである。*L. L.* 教材は生徒一人一人の興味や要求に応じたものではないのである。

CAIはこれらの問題を解決できるであろう。ただし個々の発音を正すことができるかどうかは疑問である。それには特別の装置、たとえばオシログラフのようなものが必要であろう。会話の具体的

な場はスクリーンに映し出される。音声教材はヘッドセットを通して流される。生徒はタイプを打つか、マイクホーンを通して声を録音したりして反応する。 *Picture Speech* (CAIの主要な研究者の一人、*Stanford* 大学) が描く想像図のように、生徒とコンピュータとの、ほんとうに純粋な対話が可能になれば、(15) CAIで外国語の学習の効果をあげることができる。それまでには言語の、文章論的、意味論的、音声学的な諸問題が解決されていなくてはならない。つまり文章構造、単語の意味、語群、単語の用いられる頻度、などに関する問題が、特にCAIのために研究されなければならないだろう。

更に、CAIの大きな効果が期待されるのは進路指導である。コンピュータは、生徒の学習結果をあらゆる学校段階を通して保存する。そのため、彼の問題点、興味、特殊能力を容易に知ることができる。ここでは精神的失業者の問題も起らない。大学進学者も自分に最も適した大学、学科を選択できる。したがって浪人問題も少なくなると期待できる。大学進学希望者は自分の能力、適性をよく知ることができるので、無理な入学試験を受けることもなく、能力と興味に合った大学の入試を多分まちがいがなく、パスし、適性を生かすことができる。

現在浪人の費している無駄な金と時間がCAIのために生かされたとしたら、コンピュータのための多額の費用も決して不経済と

は考えられない。この日本独特の浪人という社会問題は一朝一夕には解決されず、それには、多くの問題、たとえば入試制度、大学教育、一般社会の人材養成制度、文部行政、管理などが関係してくるが、そのどれもが、C A I とコンピュータの導入によって、いくらかでも解決されるといえないだろうか。

C A I で使われているコンピュータの大きな力は、情報を貯えることにある。コンピュータの無限の情報を必要に応じて再び取り出すことによつて、上記の問題解決の糸口がつかめるだろう。コンピュータのこの能力と、無限とも言えるほどのプログラムによつて学習が個別化されたことを考え合わせると、ティーチングマシーンにあつた「機械が人間を教えることができるだろうか」という疑問反撥も、C A I にはまったく当てはまらなうと考えられる。コンピュータにはそういう批判を無にするに足るだけの可能性あり、しかもコンピュータ技術も日夜進歩しているのである。

### 註

- (1) "Computers in Education," *American Education*, III (Nov., 1967), p. 20.
- (2) Herbert A. Morris, "Computers in Higher Education," *Illinois Education*, LVI (January, 1968), p. 202.
- (3) Roger Glaser, "The New Pedagogy," *University of Pittsburgh Working Paper I* (November, 1965), p. 12.
- (4) Richard C. Atkinson, "Reading Instruction under

- Computer Control," *American School Board Journal*, CLV (September, 1967), p. 16.
- (5) Alan C. Riedesel, "Computer-assisted Instruction: Implications for Teacher Education," *Arithmetic Teacher* XIV (January, 1967), p. 24.
- (6) "How Schools Use New Technology for Instruction," *Nation's Schools*, LXXX (October, 1967), p. 69.
- (7) "The Versatile Computer Is a Professor," *American Education*, III (November, 1967), p. 8.
- (8) Robert T. Eiley, "What We Know, so far, about Computer-assisted Instruction," *Nation's Schools*, LXXX (October, 1967), p. 64.
- (9) Alan C. Riedesel; op. cit.; p. 24.
- (10) Walter Dick, "The Development and Current Status of Computer-based Instruction," *American Educational Research Journal*, II (1965), p. 42.
- (11) Robert F. Bundy, "Computer-assisted Instruction: Now and for the Future," *Audiovisual Instruction*, XII (April, 1967), p. 347.
- (12) Alan C. Riedesel; op. cit. p. 24.
- (13) Walter Dick; op. cit. p. 53.
- (14) Louis R. Brigham, "The Time Is Now," *American Education*, III (November, 1967), p. 1.
- (15) Patrick Suppes, "Computer-assisted Instruction," *Electronics Age*, XXVI (1967), pp. 2-6.