

《解 説》

CMI (Computer Managed Instruction) について

佐 藤 隆 博*

1. まえがき

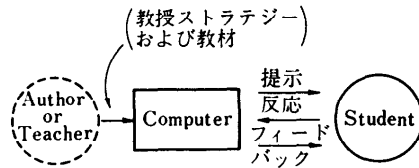
教育において利用されているコンピュータの数は年々増加している。その利用 (Computer uses in Education) のうちで最も多いのは、コンピュータの原理・動作や FORTRAN・COBOL などプログラミング教育に代表される情報処理教育 (Computer Education) のための利用であろう。この場合には、コンピュータそのものが教材・教具である。第2は、事務処理・統計管理 (Administration) のための利用である。たとえば、入試事務処理、入学時の登録 (registration)、時間割 (scheduling)、教育計画、生徒の健康管理、資料、予算、設備、備品等の統計管理など事務管理的な利用である。第3の利用は、教育研究のための利用である。研究機関において、教授・学習過程の研究のために、実験や統計分析・記録、シミュレーションなどに利用する。そして、第4の利用は、教育のための利用、もう少し狭義に言うと、学習指導のための利用である。つまり、学習指導のための補助的な道具として利用する。この目的のための代表的な利用法の一つが、CAI (Computer Assisted Instruction)¹⁾ である。十数年前から研究が進められ、現在なお実践的研究の段階である。そして最近注目を集めているもう一つの代表的な利用法が本稿で述べる CMI (Computer Managed Instruction) である。

2. 教育のためのコンピュータ利用
(CAI, CMI, etc.)

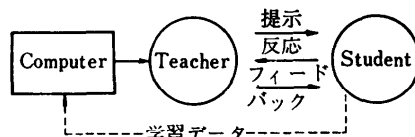
教育のための、もう少し狭義に、学習指導 (教授: Instruction) のためのコンピュータ利用に限定して述べる。

2.1 CAI と CMI

CAI: 1958~1959 年頃、アメリカの IBM, BB & N, SDC および ILLINOIS UNIV. などにおいて CAI の研究に着手した。当時の CAI は行動主義心理学の



(a) CAI: 学習者はコンピュータの端末と直接対話する。



(b) CMI: Instructional Decision のため教師がコンピュータを利用する。

図 1 学習者と教師とコンピュータの関係

“刺激-反応-強化”の理論から生れた、B. F. Skinner によるプログラム学習の技法をコンピュータに応用させようとしたものであり、現在もなおこの方向の研究・実践が多い。この場合のコンピュータの利用の形式は、図1(a)に示すように、コンピュータは学習者の方に向いていて、学習者がコンピュータの端末と直接対話するのである (on-line)。教材と教授ストラテジーはコンピュータ内にストアされている。

CAI による学習の仕方には、学習内容や学習目標、システムの機能などによって種々のモードがある。たとえば、Drill and Practice mode, Tutorial mode, Author mode などが一般に CAI と呼ばれているが、広義には、Problem Solving, Inquiry (Information Retrieval), Simulation などの mode も CAI の範ちゅうに含まれる。CAI 研究の最近の方向としては、Frame Oriented CAI から Information Structure Oriented CAI の研究²⁾や学習者に応じて適した教材をコンピュータ内で制御・編集する generative CAI の研究³⁾がある。

CMI: 最近、実践的研究や一部の実践が増してきているのが CMI である。CMI のコンセプトとしての

* 日本電気(株)中央研究所 コンピュータシステム研究部

実際のプロジェクトはいろいろあるが、明確な定義はないようである。厳密な定義は必ずしも必要ではなかろう。H. J. Brudner⁴⁾ は CMI を次のように説明している。“CMI とは、教師が学習指導過程をうまく取り仕切ったり、導いたりするのを助けるためのコンピュータ利用のことである”。要するに、CMI システムの基本的なコンセプトは、学習指導過程において教師が最適な decisions を行なうために利用する情報・管理システムである。

CMI におけるコンピュータ利用の形式を図 1 (b) に示す。CAI の場合と比べるとその違いは明らかである。CMI の場合には、コンピュータは教師の側に向いていて、教師がコンピュータと対話するのである。この場合、教師と学習者の間の学習形態は通常の教室での一斉授業でもプログラム学習形式の個別指導でもいずれでもよい。また、CMI では学習者に与える教材の特性はコンピュータ内にストアされるが、教材の内容そのものはコンピュータとは切り離されている。そして、学習者とコンピュータとは off-line である。教師は、学習データや指導上のデータをコンピュータに入力して、分析結果を得る。この分析情報を授業進行のコントロールに利用するのである。データ処理としては、一般に batch 処理である。

このようなコンピュータ利用では、データ収集とファイルやデータのストアのための配慮があれば、計算センターなどの一般の batch 処理システムを利用すればよい。大がかりな設備と教材の開発を必要とする CAI に比べて経済的であり、しかも実際であるので早い普及が見込まれている。

学習指導のためにコンピュータをこのように利用する考え方が整理されてきたのは比較的新しい。1968 年 New York Institute of Technology の CMI が紹介され⁵⁾、同じ頃、数プロジェクトの研究および実践が行なわれた。これらのほとんどは個別化指導のためのものである。すなわち、①準備された教材を学習者ひとりひとりに与えて多人数の個別化指導を行なう、②そのとき学習者に対して最適な decision (学習コース・教材の選定など) を行なうために教師がコンピュータを利用する、③そのためには、各学習者のパフォーマンスをモニタしてコンピュータに入力する、④データを積み重ねていって、教授システム (カリキュラム、教材内容、教授ストラテジーなど) そのものを改善していく、といった考え方が基本である。

このような考え方が適用できるのは個別化指導に限

らない。我が国の学校での授業のような集団での一斉学習にも十分適用できる。classroom 単位の授業のための CMI システムとしては、SDC の IMS (Instructional Management System)⁶⁾ がそれである。我が国で研究・実践されているほとんどはこれであり^{16), 17)}、小型コンピュータや大学の計算センタなどを利用して、いわば、教師のための Classroom Information System (CIS) である。

2.2 その他の利用

理工科および数学教育のための図表などを Display 上に作成したり、フィルムに収録するための利用などがある。

表 1 は、K. L. Zinn⁷⁾ による Computer Uses in Instruction の分類である。

3. CMI システムの機能

3.1 学習指導過程における decision-making

学習指導において、教師は学習者に教育情報 (説明、発問、提示などの働きかけを含む) を与え、それに対して学習者が反応し、その反応結果に応じて教師は再び情報 (Knowledge of Results, 強化あるいはヒントなど) を与える。つまり、教師は意図的に学習者にある目標行動を形成させようと働きかけて、彼らが望ましい反応をするように配列した刺激系列をスケジュールに従って与えて、“刺激—反応—強化”をくり返させているのである。このように見ると、学習指導の過程は目標をもった制御の過程の一つであるとみなすことができる。これをモデル的に表現すると図 2 のようになる。この図において、学習者がある目標を達成するように働きかけるとき、教師は学習者が行なうであろう行動 (反応) と結果をある程度予想または期待して働きかける。その結果として、学習者の行動に変化 (O and/or C) が起こる。教師はこの変化の様

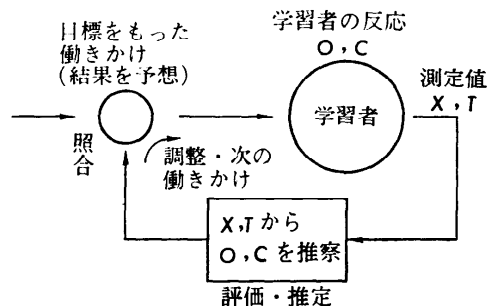


図 2 測定と評価のシステムを含んだ学習指導過程

表 1 Computer Uses in Instruction

INSTRUCTION AND LEARNING PROCESS

Drill
 Skills practice
 Author-controlled tutorial
 Testing and diagnosis
 Dialogue tutorial
 Simulation
 Gaming
 Information retrieval and processing
 Computation
 Problem solving
 Model construction (procedural)
 Display construction (graphic)

MANAGEMENT OF INSTRUCTION RESOURCES AND PROCESS

Student records: selection and summarization
 Materials files: retrieval via descriptors
 Desired outcomes, job opportunities, interests, etc.

PREPARATION AND DISPLAY OF MATERIALS

Procedures for generating films, graphs, etc.
 Laboratory for developing and testing text and graphic materials
 Procedures for generating of text on an individual basis
 Procedures for automatically editing and analyzing text materials for new uses
 Information structures for representing knowledge, objectives and materials

子や度合いを順次観測（観測値 X, T , etc.）して、そのなかから学習進行をコントロールするためのフィードバック情報を得るのである。

学習指導はこのような“教師の働きかけ——学習者の反応——フィードバック情報による調整”の過程である。この過程の各段階において、いかに指導していけばよいかという“decision”は教師には常につきものである。この decision のためにフィードバック情報を得るのであるが、それはどのような情報であろうか。

教師が指導過程において知りたいことは、一つには、学習者はこれまでの学習内容が十分理解できているのであろうか、指導計画の段階で予想または期待した通りの学習を行なったのであろうか、ということである。

もう一つには、教材やその配列あるいは授業の進み具合は適切であったであろうか、ということである。前者は学習者の能力や理解に関する情報であり、後者は教師自身の指導の適否に関する情報である。指

導の各段階において、適切な instructional decision を行なう際に、このようなフィードバック情報を利用するには、学習者や教材等に関する豊富なデータを収集して、分析・評価を行ない、そして含まれている意味を解釈しなければならない。このような考え方で教師がコンピュータを利用するのが CMI (Computer Managed Instruction) である。

CMI システムの機能として重要なものは、データの収集、評価法および理論（学習者を評価するテスト理論だけでなく指導系の評価法の開発が必要である）・処理法、および instructional decision である。さらに、これらの機能を高めるためには、記録の保存、ファイルおよびアクセスなどである。次に各々の機能について簡単に述べる。

3.2 測定と評価

(1) 学習者の反応に関する測定値

学習者の反応を捉えれば、学習に関する情報はもちろんのこと、指導に関する評価情報を得ることができる。学習者の反応には、外見上観察可能な顕在反応 O

(overt response) と外見上は観察不可能な内部的な陰在反応 C (covert response) がある。これらの反応 O, C に対しては、“テスト”や“練習問題”などを用いて測定値を得ている。その測定値の代表的なものは、得点と反応時間である。得点とは、ある学習者がある課題を達成したか、しないか、あるいは達成の程度の測定値である。これに対して、反応時間とは、学習者がある課題を解き終るのに要した時間であり、学習者の行動を推定するためには重要な測定値である⁸⁾。

得点および反応時間の各測定値を、それぞれ得点マトリックス X および反応時間マトリックス T と書き表わす。

$$X = (x_{qr}) = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & & & \vdots \\ \vdots & & & \vdots \\ x_{N1} & \cdots & \cdots & x_{Nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$T = (t_{qr}) = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & \cdots & t_{1n} \\ t_{21} & & & \vdots \\ \vdots & & & \vdots \\ t_{N1} & \cdots & \cdots & t_{Nn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで、 x_{qr} および t_{qr} は、それぞれ、 q 番目の学習者の r 番目の問題に対する得点および反応時間である。

この他にも、アンケート調査、学習に関する意識調査など、得点や反応時間以外の有用なデータも得られる⁹⁾ がここでは省略する。

(2) 学習の評価と指導の評価¹⁰⁾

学習者の反応に関する測定値 X を得て、学習者の学力や学級内での序列を決定するために理論的に取扱うのがテスト理論である。従来、評価というと、学習者のテスト得点だけに目を向けていた傾向があった。

ところで、得点マトリックス X を眺める方向を変えると問題（それに関する指導）の特性がわかる。つまり、問題の特性をみるには、 X を転置した X' を取扱えばよい。このように、学習の評価と指導の評価は表裏一体をなすものであり、ただ評価の対象と主体が異なるのである。前者では、学習者を対象に、彼らの学力や成績、理解の程度などを教師が評価する。これに対して、後者では、一連の指導や使用した教材について教師自身が各自で指導の確認・反省および改善を行なうのである。学習の評価は学習者の学習過程 (learning process) の改善を目的とし、指導の評価は教師の指導 (教授) 過程 (teaching process) の改善を

目的としているのである。要するに、学習指導過程において適切な decision を行なうためには、学習と指導の両面について評価を行なわなければならないのである。

指導の評価を行なう場合には、教師は指導計画の段階で、あるいは学習者に働きかける段階で彼らの反応をある程度予想 (予測) して、その予想 (予測) と実測値とを照合して検討を行なうのである。そのとき留意しておかねばならない重要なポイントが二つある。

その一つは、教師が学習者に働きかけるとき、その働きかけと予想した学習者の反応とがどのような関係にあって、尺度づけられているかということである。つまり、教師の働きかけの程度に応じて学習者の反応を予想してそれを尺度上に位置づける (たとえば、直観的反応、あるいは分析的反応、それとも試行錯誤的反応など) ことである。典型的な例をあげてみると、教師の働きかけが十分準備されているスモールステップの陽な提示であると、学習者の反応は直観的反応、単純な反応となるであろう。ところが、陽な提示に比して陰な提示が増してくると、学習者は分析的思考・反応をするであろう。前者はプログラム学習の各フレームに対する例であり、後者は練習問題の例である⁸⁾。

上記の反応の予想とその位置づけに加えて、もう一つの大切なポイントがある。それは、学習者の反応に関する測定値 (X and/or T) から彼らの学習行動 (O または C) を推察することである。実測値から学習者の反応を推察することができてはじめて予想または予測との照合ができるのである。このような評価のために、測定値 X および T を分析・集約して学習者の行動 O または C を推察するには、計量的に取扱わなければならない。

(3) 診断的評価、学習形成過程の評価、および総合評価

学習の評価と指導の評価を別の側面からとらえると学習指導の段階によってあるいは評価の目的・機能によって次のような三つのタイプに分類される。すなわち、診断的評価、学習形成過程の評価、および総合評価である¹¹⁾。

i) 診断的評価、または初期評価 (Diagnostic Evaluation)

学習コースや単元のはじめに前提となる学力を診断して、学習者を分類する。学習コースや指導法を選択するために利用する。

ii) 学習形成過程の評価 (Formative Evaluation)

表 2 評価の類型

評価の タイプ	診断的評価 (Diagnostic Evaluation)	学習形式過程の評価 (Formative Evaluation)	総合評価・まとめの評価 (Summative Evaluation)
目的 機能	○ 位置づけ・分類 (学習のはじめにあたって生徒を分類する) ・ prerequisite (前提条件) となる知識・技能の有無決定 ・ 知識・技能の水準の決定 ↓ - 指導法 学習コース ○ 学習進行中の“つまづき”の原因をさぐる	○ 学習進行中のフィードバック情報を得る (学習進行中の各段階において生徒と教師へのフィードバック情報を得る) ・ 習得の程度把握 ・ 誤り(つまづき)の指摘 ・ 生徒へ強化、プロンプトを与える ・ 指導法の検討 ○ 学習進行のコントロール ○ 一連の指導や教材の改訂	○ 学力の証明や段階づけ ある期間(学期), ある学習コースについて, 生徒の学力の進歩, 目標達成の程度を知る⇒評定 ○ カリキュラムや学習コース, 指導計画の効果を検討・改善を行なう
時期	○ Initial Evaluation - 入学直後 - 学年や学期のはじめ - 単元や学習コースのはじめ ○ 学習中の“つまづき”を発見したとき	○ 学習指導中 - 毎学習指導時 1~2 週間毎 - 単元毎	○ 単元の終り 学期末, 学年末
道具 (テスト課題)	・ 入試のための模範テスト ・ 標準テスト (ex. 入学後の実力テスト) ・ readiness test ・ pre-test	・ 当該学習内容に関して準備したテスト ・ プログラム学習の pre-post test ・ Drill Exercise, 小テスト(単元末テスト) (Teacher made)	・ 小テスト (単元末テスト) ・ 中間, 期末, 学年末テスト (Teacher made)
出力	○ 学習内容の各要素について 個人個人のプロフィール	・ 個々の課題について 個人個人の正誤, および学習進捗の一覧表 ・ 学習推移のプロフィール ・ 学習の安定性・不安定性 } 注意係数 ・ 異なる教材の指摘 ・ 教材の特性(反応曲線)……ワイブルパラメータ	・ Total score, または目標毎の sub score ・ 順位, 序列 ・ 信頼性係数
処理法 ・ 理論	・ S-P 表処理 ・ テスト処理 ・ プログラム学習の評価マトリックス	・ S-P 表処理 ・ R-T 分析 ・ 応答曲線 (ワイブル解析) ・ 学習推移分析 ・ プログラム学習の評価マトリックス	・ テスト処理 ・ テスト項目分析

表 3 得点一覧表

The table displays a comprehensive record of student performance. It includes columns for individual students and rows for various subjects and tests. The data is presented in a grid format with many small cells containing numerical scores.

学習の進行をコントロールするために各段階において、学習者および指導の評価を行なう。

Ⅲ) 総合評価 (Summative Evaluation)

ある学期、ある学習コースについて、学習者の学力の進歩、目標の達成の程度を知る。クラス内での学習者の序列を決める。

これら評価のタイプを表2にまとめておく。

(4) 分析・処理

学習者の得点や学習進度などの学習データあるいは学習や授業に関する意識調査やアンケートなどのデータをただ集めて眺めるだけでも decision の助けとなる。学習診断や処方を与えるためには、あるいは教材や指導法を改善するためには、これらのデータをさらに分析する。

i) テスト得点処理¹²⁾ : 得点マトリックス X の行および列がそれぞれ学習者と教科に対応する。得点

表 4 S-P 表

一覧表(表3), 標準(Z または T) 得点, 合計得点, 学習者の序列, 各教科の得点分布などを得る。

ii) テスト分析(項目分析)¹²⁾: X の行および列が, それぞれクラスの学習者とある一つの教科のテストの各項目に対応する。信頼性係数, D -index¹³⁾ などを求めてテストの妥当性, 信頼性および各項目の妥当性を検討する。

iii) S-P 表分析¹⁴⁾: X の行が学習者に, 列が一連の学習課題, 練習問題に対応する。 X の要素 x_{qr} が 1 または 0 で構成されているとき, 次のような処理を行なう。まず, X の行および列について, 得点の和を求める。次に, 行については(学習者の)合計得点の高い順に, 列については(問題の)正答数の多い順にならべかえる。このようにならべかえられた 1, 0 の得点表を S-P 表という。この S-P 表は, 得点の統計量を図表的に示して, 目で見て全体のパターンを読取ることができるだけでなく, 個々の学習者や問の性質を検討するのに便利である(表4)。

iv) 学習反応曲線: 行および列が, それぞれ学習者と課題とからなる反応時間マトリックス T のある列ベクトルの要素をとり出す。この要素の大きさの確率分布関数は, 学習者がある課題にどのような反応をしたかを示すもので, 集団学習反応分析装置(レスポンス・アナライザ)¹⁵⁾ の記録として得られる反応曲線と同じものである。これを図3に示す。図3において, 時刻 t_s で課題が与えられ, t_h で最初の学習者が回答し, t_e で教師は回答を打切る。 E はそのときの回答率である。その後, 正答を示して学習者に照合させ, それと一致した者を改めて調べる, その割合 R を測定する。この R は先の S-P 表におけるある問の正答者数(正答率)に対応する。

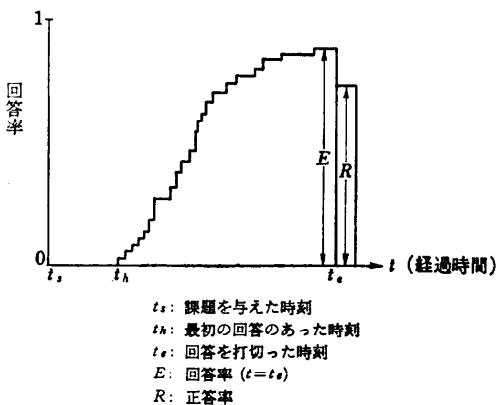


図3 学習反応曲線(反応時間の累積分布曲線)

この反応曲線の形は, 学習者の反応(O and/or C)を推定する際に多くの手がかりを与えてくれる。なぜなら, 反応曲線には次のような基本的性質がある。

たとえば, 同程度の学力の学習者に単純な課題を与えたとき, 反応時間の密度関数は

$$(1/\tau)e^{-t/\tau}$$

なる指数関数になり, 反応曲線の形は指数分布型となる。ここで, τ は平均反応時間である。また, 平均反応時間 τ_1 および τ_2 の2つの単純な同質の課題が重なったときには, 平均が $\tau_1 + \tau_2$ なる指数形分布となる。ところが, 2つの課題が全く異質で, つまり独立的過程であると, 反応曲線の立上りは少しなめらかになり, 二次系のステップ応答のような型になる。このときの密度関数は

$$\{1/(\tau_2 - \tau_1)\}(e^{-t/\tau_1} - e^{-t/\tau_2})$$

で与えられる¹⁶⁾。

この他に, $t_h - t_s = T_D$ (無回答時間) が曲線の時間軸のスケールリングの単位となり, 打切時機 t_e を決めるうえで有用であることが多くの実験・実践で確かめられている。

反応曲線の形状をとらえるために, あるいはコンピュータ処理するために数量的に取扱うには, 曲線にワイブル分布をあてはめて解析すればよい¹⁷⁾。反応曲線はワイブル分布 $F(t)$,

$$F(t) = \begin{cases} 1 - e^{-(t-t_0)^m/\tau} & t > t_0 \\ 0 & t \leq t_0 \end{cases}$$

によって表わされる。ここで, m は曲線の形を表わす形状パラメータ, τ または $\tau^{1/m}$ は時間軸の尺度を表わす尺度パラメータ, そして t_0 は無回答時間 T_D を意味する位置パラメータである。

このほかにも, 学習者の追跡調査, 進路指導, 因子分析等の多変量解析などを応用した分析・処理法がある。

(5) 出力

編集および分析・処理結果の出力の仕方やレイアウトは, 教師が結果を解釈し, 利用する際に重要である。分析された数値がすべて網羅されているのがよいのではない。教師が利用しやすいレイアウトで出力されるように適切な編集が必要である。たとえば, 表4の S-P 表のように統計量が図表的に打出されていると利用しやすい。平均・分散のような特性値だけでは変化のあるところがまらめられて, 特徴を見落してしまうこともある。

3.3 決定(instructional decision)

学習指導過程の各段階において、教師はコンピュータの出力を参照して instructional decision を行なう。まず、初期(診断的)評価の段階では、個別指導の場合には学習者の background や前提条件を調べて学習コースや指導法を決定する。一般の授業の場合には、新入生に実力テストを行なって指導法や教材を決めている。学習指導過程においては、教師は学習者の習得の程度を基準値と照合し、誤り(つまずき)を指摘したり、強化やプロンプトを与える。また、指導法を改めたり、指導の進度をコントロールする。後述の IPI のような個別化指導の場合には、個々の学習者に処方を与えて、教材などを選択する。ある学習コースや学期の終りの段階では、学習者の学力の進歩や目標達成の程度を決めたり、進路指導などを行なう。さらにカリキュラムや学習コース、全体の指導計画の効果を検討して改善を行なう。

3.4 データ収集およびコンピュータへの入力

CMI システムの重要なポイントの一つは、学習データの収集とコンピュータへの入力である。まず、学習データ収集法としては、OMR の利用がある。OMR は、学習者に直接書き込ませるという利点と、パンチャーが不要という利点があるが、マークのミスなどによって reject されることが多い。コンピュータセンターのようなサービス機関の完全なクローズの運用では問題があり、処理依頼者がその場で処置できるようなセミオープン的な運用が必要である。次に、アナライザの出力が自動的に紙テープにパンチされるものがある¹⁸⁾。これを使うと、データ収集およびコンピュータへの入力が容易である。このほかにも、コーディングシートの工夫²⁷⁾や反応データのコンピュータ入力など CMI データ収集に関する研究が行なわれている^{18), 19)}。データ収集とコンピュータへの入力は、現場の教師が CMI システムを利用するうえでの最大の問題であるだけでなく、システム運用にも関連してくる重要なポイントである。

3.5 記録保存、ファイルおよびアクセス

記録の保存、ファイルシステムとそのアクセス方式は CMI システム設計上重要なポイントである。各学習者の background データ、最近の学習状況の記録・保存に加えて、新しいデータによる更新を行わなければならない。また、これらのデータからクラス単位に、あるいは個々の学習別に必要な情報を任意に取り出さねばならないのである。

4. CMI のモデル

4.1 個別処方的学習指導: IPI/MIS

2.1 で述べたように、アメリカの CMI プロジェクトのほとんどは個別化学習の management と進路指導のためのものである。その代表例として、ピッツバーグ大学の IPI/MIS* (個別処方的学習指導のための CMI システム)を紹介しておく²⁰⁾。

IPI の学習指導モデルは次のようである。

①学習目標の明細化: 各単元について、目標、それにつづく下位目標、前提条件が分析され、それぞれの階層構造が明確に記述されていること。

②初期行動の測定と診断: 生徒の background (知能テストや適性テスト、その他)や最近の学習結果がコンピュータに入力してある。ある学習コースのはじめには、レディネステストやブリテストなど学習法やコースの選択のための位置づけテストを行ないコンピュータに入力する。コンピュータは教師に診断情報を提出する。

③学習方法の選択: 前項の診断によって各生徒の学習方法などを決める。

④継続的モニタと評価(学習形成過程の評価): 学習進行中の生徒の学習経過はモニタされ、各単元毎にテストが行なわれ、ある基準(criterion)によって評価される。評価結果に基づいて教師は次の教材を決定したり生徒に処方を与える(表5)。生徒に関する情報は学習の進行にともなって更新される。

⑤指導システム全体をモニタして改善していく。

この IPI のシステムの情報処理・管理には図4に示すようなコンピュータシステムが使われている。このシステムでは、基本的データは学校にある光学読取機からカードに移され、端末(1050)によって読取られる。そして、センターの生徒用ディスクファイルに編集して記録される。編集に誤りがあれば学校の端末に打出される。生徒用ディスクファイルには、生徒が現在学習している単元のテストデータや処方データおよび background データが入っている。生徒が一単元を完了すると、その単元のデータはスクラッチファイルに書き込まれる。そして、その日の終わりに、スクラッチファイルから生徒用磁気テープに更新される。生徒用テープには、各生徒の全ての学習履歴が入れている。

* Individually Prescribed Instruction/Management and Information System

表 5 各生徒に与えた処方 (学習課題の選択) の例

```
>SSatt d d8stuff (e65wwc) as F8.
```

```
>SSload d main.
```

```
LOADING STARTS AT LOC 070200
```

```
PRETEST, PRESCRIPTIONS, AND POSTESTS FOR MATH D8 SKILL 2.
```

ID	PRETEST	PRESCRIPTIONS (UNIT TASK NUMBERS)	PRESCRIBER	POSTEST
294	70	1 2 3 5 6 7 15 16	6	90
102	70	2 3 8 9 10 13 14 15 17	6	99
124	60	4 6 7 10 11 13	6	60
168	80	9 12 3 16 17 15	6	80
181	70	4 6 7 8 9 10 12 14 16	0	99
226	70	1 2 3 4 5 6 7 8 10 11 13 14 15	9	80
317	80	1 5 6 7 16 17	5	99
341	80	4 6 9 11	5	90
352	70	1 2 3 4 5 7 9 10 12 14 17	10	90
363	70	6 7 8 9 10 11 12 14 17	10	99
385	60	5 6 7 8 12 13 14 15	5	99
408	70	2 3 4 6 7 13 15	10	99
432	80	5 6 7	10	90
476	50	1 2 3 4 6 7 9 11 12 14 17	10	70
501	60	1 2 4 6 7 8 9 13 15	5	90
567	60	1 2 6 7 11 13 15 16 17	5	70
578	50	4 5 6 7 11 13 15 16 17	5	90
614	80	1 5 7 11 12	10	90
636	30	1 3 6 10 13 14 17	5	99
647	70	1 16 17	5	99
669	60	1 2 3 4 7 9 11 13 15 17	10	80
671	70	5 6 7 11 12 13 14 15 16	5	90
682	80	5 7 8 9 22 23 13 15	5	99
693	60	1 2 3 4 5 6 7 9 10 13 15 16 17	5	80
1058	50	1 2 3 4 5 6 7 8 10 11 12 13 14	4	70
1036	80	3 7 8 9 13	4	99
1025	70	1 2 10 16 17	4	80
1014	60	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	9	80
999	60	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	4	70
738	50	1 2 3 5 6 7	4	50
1105	80	7 11 13 9	3	99
1116	50	1 2 3 4 5 6 8 10 13 15 17	3	80
1173	80	1 2 3 4 5 7 8 9 11 13 15 16 17	11	90
1231	60	1 2 3 5 6 8 10 11 12 14 17	3	99
1242	70	3 4 5 6 7 8 9 15 16 17	3	90
1297	50	1 2 3 4 6 7 8 10 11 13 15 16 17	3	90
1333	0	1 2 3 4 6 7 13 14 16 17	3	99
1377	70	1 3 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	3	90

```
M: END OF JOB
```

Printout 5. Pretest, prescriptions and posttests for skill 2 of mathematics unit D Division.

この MIS システムの主な機能は、データ収集、生徒の学習進度のモニタ、処方を与えること、および生徒のつまづきを診断すること、である。

4.2 Classroom Information System (CIS)

4.1 は完全に準備された学習コースや教材によって個別化指導を management するためのモデルであった。

次に、我が国の普通の授業形態をとっている場合には、ドリルや演習問題のデータや毎時のアナライザー

のデータ、単元毎の小テストおよび中間・期末テストなどを、小型のコンピュータ、あるいは計算センターで batch 処理する。学習者集団全体の傾向をつかむことと、指導を改善すること、さらに学習者個人個人の学習状況をとらえることが目的である。この場合には、レスポンス・アナライザは有力な学習データ収集装置となる。日常の処理には各学校に小型コンピュータを備えておけば十分活用できる。ところが、ある地域の一般校が教育センター等のコンピュータを利

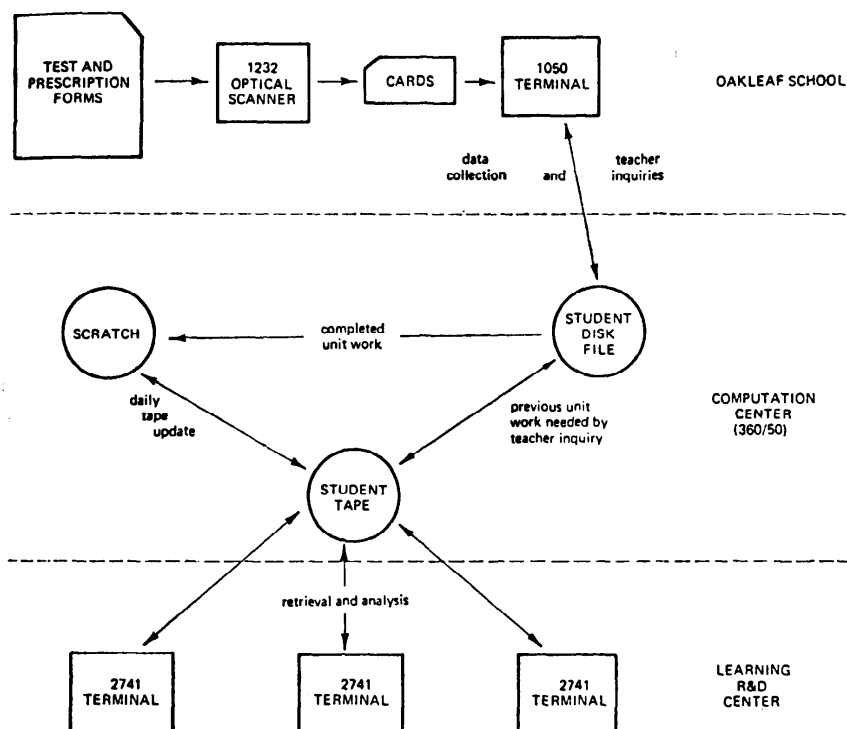


図 4 IPI/MIS のコンピュータシステム

表 6 アメリカの CMI プロジェクト

プロジェクト	研究機関または実施機関	機 能	対 象
IPI/MIS (Individually Prescribed Instruction/Management and Information System)	Univ. of Pittsburgh, Learning Research and Development Center	個別化指導のモニター 学習診断・評価および処方を与える	小 学 校
AIMS (Automated Instructional Management System)	New York Institute of Technology	テスト処理 学習進捗に関する分析・評価	高 校
PLAN (Program for Learning in Accordance with Needs)	American Institutes for Research, Westinghouse Learning Corporation	多人数の個別化指導のモニター 個々の生徒への教材配分計画	小 学 校 高 校
IMS (Instructional Management System)	System Development Corporation and South-west Regional Laboratory for Educational Research and Development	教室授業における評価と個別 評価 (学習進捗, つまづき, 治療 のための情報)	小 学 校
CAM (Comprehensive Achievement Monitoring)	Stanford Univ. and Univ. of Massa- chusetts	テスト処理 テスト項目分析	高校の初級
FSU (Florida State Univ.)	Florida State Univ.	CAI/CMI モード (IBM 1500 (CAI)+PDP 8)	教育学部の 学生
ENRICH	U. S. Navy	CAI/CMI	NRTF

用する場合には、データ収集およびコンピュータへの入力、および運用の仕方を十分検討しておかねばならない。

5. CMI の現状

5.1 アメリカ

アメリカにおける CMI プロジェクトの主なものを表 6 に示す。大部分は IPI/MIS のような個別化指導

のための利用である^{4), 5), 6), 21), 22)}。ただ、SDC の IMS は通常の教室授業での利用も含まれている。

5.2 日本

アメリカの個別化指導のための CMI に比べて、我が国の CMI 研究・実践は一般の教室授業を対象にしている場合が多い。部分的な実践はかなり以前からあったが、“CMI”というコンセプトをもって研究・実践が盛んになってきたのは最近である。1970 年 7 月、

日本政府と OECD 共催の「教育におけるコンピュータ利用に関する国際セミナー」²³⁾において、そして昭和46~48年度の文部省の特定研究「科学教育」²⁵⁾の中に CMI がとりあげられた。また、慶応大学工学部(藤田研究室)、岐阜大学教育学部教育工学センター(TOSBAC-40)などにおいては早くから研究に着手し、教育現場での実践的研究が進められている。東海大学の教育工学研究所ではコンピュータ・センターを利用して大学教育のための CMI の実践が行なわれている²⁴⁾。一方、地方自治体の教育センターなどで CMI 的な利用計画が増えてきた。たとえば、愛知県教育センターでは県下の学校のために総合的な教育情報処理システム(NEAC-2200 モデル 375)を開発中であるが、そのサブシステムとして、CMI システムがある。宮城県教育センター(FACOM 230-25)でも、アナライザーのデータ処理など CMI の研究を行なっている。また、最近では、中・高校で小型コンピュータを導入する例も多く、愛知県立東郷高校(HITAC-10)、香川大付属高松中学校(NEAC-M 4)ではテストデータ、学習データの処理をして指導へのフィードバックに利用している²⁶⁾。

6. あとがき

前述のように、我が国における CMI 研究および実践のアプローチは、アメリカの場合とは異なっている。それは、学校制度の違いや教育の実情などによるのであろうが、実情に最も適したものを選ぶべきである。

このような考え方で CMI システムを導入すると、通常の学習指導システムを大きく変革しなくてもよいので、CAI の実践に比べてスムーズである。ただ、ここで留意しておかねばならないことは、CMI システムは、単に学習データ処理の自動化だけにコンピュータを使っているのではない。編集・処理によって得られる“意味ある情報”を得るためのものである。それ故に、この情報の価値を十分認識しておく必要がある。このことは、CMI システム導入効果の認識にも結びついてくる。また、これらの情報を利用する際に、どのように解釈して、どのように取扱ったらよいかによって、情報が生きて使われることにもなり、あるいは死んでしまうことにもなる。時によっては、適切さを欠いた利用にもなりかねない。

今後の研究課題として、上述の教育と直接関連ある分野の研究が必要である。また、システム運用面から

考えると、データ収集およびコンピュータ入力など、教師の側に立った man-machine 系問題、新しい評価理論・分析法、あるいはシステム構成に関して多くの研究課題がある。

以上、CMI について、事例を含めて概説した。拙稿が何らかのご参考になれば幸甚である。

終りに、教育情報処理システムの研究に関して日頃からご指導を賜わっている慶応義塾大学工学部藤田広一教授、教育学および現場利用の立場からご検討ご助言を頂いている帝塚山学院大学平田啓一助教授ならびに愛知県立内海高校平野利治教諭の各先生方に深謝する次第である。また、この方面の研究の機会を与えて下さった日本電気株式会社植之原道之中央研究所長、村上博美部長、藤野喜一郎長代理はじめご協力頂いている関係者各位にお礼を申しあげる。

参考文献

- 1) 佐藤隆博: CAI について, 情報処理, Vol. 11, No. 2, pp. 155~167 (1970).
- 2) J. R. Carbonell: AI in CAI, An Artificial-Intelligence Approach to Computer-Assisted Instruction, IEEE Trans., Vol. MMS-11, No. 4, pp. 190~202 (1970).
- 3) E. B. Koffman: A Generative CAI Tutor for Computer Science Concepts, SJCC, pp. 379~389 (1972).
- 4) H. J. Brudner: Computer Managed Instruction, SCIENCE, Vol. 162, pp. 970~976 (1968).
- 5) News release: Computer Managed Education, Educ. Tech., 8 (No. 10), pp. 16~17 (1968).
- 6) B. Y. Kooi & C. Geddes: The Teacher's Role in Computer Assisted Instructional Management, Educ. Tech., February, pp. 42~45 (1970).
- 7) K. L. Zinn: A Review of Computer Uses in Instruction, ACM INTERFACE SIGCAI, Vol. 4, No. 4, pp. 30~34 (1970).
- 8) 藤田広一, 佐藤隆博, 平田啓一: Computer Managed Instruction のための教育評価について, 信学論 D, Vol. 55-D, No. 10, pp. 631~637 (1972).
- 9) 藤田広一, 有田富美子, 別府基明: 生徒の学習状態を推察するためのデータ収集とその活用, 信学会教育技術研究会資料 ET 73-10 (1974-01).
- 10) 佐藤隆博: 学習指導の評価, 教育工学研究, Vol. 55, pp. 33~39 (1972).
- 11) Bloom, Hastings and Madaus: Handbook on Formative and Summative Evaluation of

- Student Learning, McGraw-Hill (1971).
- 12) 肥田野直編：心理学研究法 7, テスト I, 東大出版会 (1972).
 - 13) 池田史：心理学研究法 8, テスト II, 東大出版会 (1973).
 - 14) 佐藤隆博, 竹谷誠, 藤田広一, 永岡慶三：コンピュータによるアナライザのデータ処理(1)——S-P 表の理論と分析——, 信学会教育技術研究会資料 ET 73-3-1, pp. 1~11 (1973).
 - 15) 平田啓一, 佐藤隆博：アナライザ, 明治図書 (1973).
 - 16) 特集：CMI 研究の現状と展望, 信学会教育技術研究会資料 ET 73-3 (1973-06).
 - 17) 特集：CMI についての特集, 信学会教育技術研究会資料 ET 73-10 (1974-01).
 - 18) 藤田広一, 佐藤隆博, 園田紀明：CMI データ収集システム, 信学会教育技術研究会資料 ET-73-3-9, pp. 79~84 (1973).
 - 19) 後藤忠彦, 成瀬正行：岐阜大学教育工学センターの CMI システム, 信学会教育技術研究会資料 ET-73-3-10, pp. 85~94 (1973).
 - 20) W. W. Cooley & R. Glaser: An information and Management System for Individually Prescribed Instruction, R. C. Atkinson & H. A. Wilson (Ed.) "Computer-Assisted Instruction", Academic Press, pp. 95~117 (1969).
 - 21) W. Dick & P. Gallagher: System Concepts and Computer-Managed Instruction, an implementation and validation study, Florida State Univ. Tech. Memo., No. 32 (1971).
 - 22) J. F. Marshall: Computer-Assisted Instruction Activities in Naval Research, Computers and Automation, January, pp. 10~13 (1973).
 - 23) 文部省大臣官房編：教育とコンピュータ (特集), 文部時報, 11 (1970).
 - 24) 坂倉梅子, 井上靖, 吉沢将仁, 菊川健：OMR による客観テスト処理, 信学会教育技術研究会資料 ET 73-9-7, pp. 36~44 (1973).
 - 25) 特定研究 科学教育総括班：昭和 46 年度文部省科学教育研究報告, 特定研究科学教育総括班 (1972).
 - 26) 宮西嘉広, 宮崎正夫, 森本絢子：ミニコンピュータによる学習データの処理と指導へのフィードバック, 信学会教育技術研究会資料 ET 73-10 (1974).
 - 27) 平野利治, 佐藤隆博, 竹谷 誠, 高橋千恵子：現場における学習データ処理のためのコンピュータセンタ利用の試み, 信学会教育技術研究会資料 ET 73-3-7, pp. 60~65 (1973).

(昭和 49 年 1 月 19 日受付)