

CAIの現状と今後の課題

——情報処理技術との関連において——

星 野 隆

- <目 次>
- 1 はじめに
 - 2 CAI研究開発の背景
 - 3 CAIの分類と情報処理技術との関連
 - 4 CAIの有効性と問題点
 - 5 CAIの問題点の解決策
 - 6 まとめ

1 はじめに

情報化社会において、産業界の OA 化, FA 化, LA 化, データ通信の拡充, 衛星通信など, あらゆる方面にコンピュータが利用されるようになって来た。この現象はコンピュータのハードウェア技術, 周辺機器やデータ通信網などの高速性, 多様性そして便宜性が向上したからである。コンピュータはソフトウェア技術の面で大きな進歩をとげた, それに加えて, 企業経営に利用される十分なソフトウェア資産も蓄積されるようになった。

さて, 教育界においても, 情報化は例外ではない。この論文では, 教育へのコンピュータ利用の面から Computer Assisted Instruction(CAI)について論ずる。

現在, 開発されている CAI には完璧なものは非常に少ないとか, ほとんどないといわれている。

そこで, なぜ, 完全なものがないのか。論者は CAI に関する諸問題とその解決策について論じた。それを有効なものにするには, どのように CAI を構築すべきかを考察するのが目的である。

さらに論者は CAI の有効性と問題点, CAI の今後の動向についても論述する。

2 CAI 研究開発の背景

CAI の歴史は 1954 年にアメリカの B.F.Skinner が米国心理学会で「The Science of Learning and Art of Teaching」なる論文を発表し, その中の TM (Teaching Machine)理論からである。この理論は新しく「プログラム学習」と「教える機械」による個別化教育を理論づけたもので, 当時において画期的な独創的発想であった。

TM は, その後, 数年でコンピュータを用いた CAI の誕生へと発展した。CAI の開発研究はアメリカで, 1958 年に米国 IBM とハーバード大学の共同研究で,

IBM 650 というコンピュータを用いて開始されたのが最初とされている。それにはアメリカの国策としての研究投資が深くかかわっていることが明らかである。

この背景には、コンピュータの発展と普及、新用途の開発への精力的努力、さらに個別化と最適性を尊ぶアメリカの国民性が影響をおよぼしていると思われる。

1959年にはイリノイ大学でSOCRATESというCAIシステムが開発され、これが今日のCAIの原型となっている。その翌年、1960年には同じくイリノイ大学とコントロールデータ社とで汎用機用の大規模なCAIを旨としたPLATOが開発されて、SOCRATESは役目を終えたが、CAIの元祖として、歴史的意義は高く評価されている。PLATOはその後、バージョンアップを重ねて、多くのCAIコースウェアが開発され、現在では1万5千時間以上に及ぶコースウェアが存在し、教育訓練システムとして利用されている。

さらに、1972年には小型コンピュータ用のCAIとしてTICCITが産学協同の形でプリンガムヤング大学で開発利用された。

この間、アメリカを中心とする先進国で研究が盛んになり、日本においては、1963年に電総研の田村、香川大学の小林らによって、個々に研究・開発が行われたのが最初である。

コンピュータに関連する技術が発展し、その発展につれて、各種の入出力メディアが開発され、その技術がCAIにも応用され、年を追うごとに充実したCAIシステムが構築されて来ている。

画像入力(イメージ・スキャナ)、音声出力(CD-ROM)、画面上入力(マウス、タッチセンサー)、静止画、動画(DVI: Digital Video Interactive)等の技術が開発され、改良されている、現在、1990年こそが本格的CAI元年と言っても過言ではない。

すなわち、優れたハードウェア技術に支えられて、優れたオーサリングシステムが開発され、簡単にグラフィックス、カラーの動画、静止画入出力ができ、シミュレーション手法による動画、音声入出力などが簡単にCAIコースウェアに組み込める時代になって来たのである。

これからCAIコースウェアを開発しようとする場合、以前のような1時間の

授業のCAIのコースウェアを開発するのに、延べ100時間以上／1人のように長時間をかけなくても、原稿作りから20時間以内／1人でできる時代に入って来ている。しかも、この時間は開発メディアの開発により、更に縮まるものと考えられる。

これらCAIソフトウェアの開発手段(オーサリングシステム)の簡素化は、直接、教科を教育している教員による、その場に合ったCAIコースウェアの開発が活発に展開される時代になりつつある。

現在、あるCAIソフトウェアを学生に使わせてみて思うことは、学生がいかに忍耐強くても、CAIの授業は一つのクラスに1日あたりの受講総時間を5時限(ただし1時限は90分)とすると多くても2時限が限度である。それも、各1時限全部をCAIによるのはいかに優れたCAIであっても学生にとっては苦痛であると言われている。

授業におけるCAIの組み込む方法などを良く考えて、しっかりした授業時間の設計をしないと効果的に行えないと考える。また、コンピュータ室等の設備にも制限があるので、それらの上手な時間割の作成も大きな課題である。

さらに、人間工学的に見て、高度な技術を取り入れて開発されたCAIでも、すべての学生に、完全に適合したものなどは考えられない。従ってCAIを使用するには、まず使用目的を明確に絞って開発し、利用をしていかないと中途半端になってしまうと考えられる。

一方我国におけるCAIソフトウェアの開発の背景にあるマイクロエレクトロニクス技術、コンピュータ技術、ハイパーメディア技術等の発展は、優れたCAIコースウェアを作る場合に創造的研究開発を行い、教育成果を上げていく土壌が整って来たと言える。

その視点から考えると、CAIはコンピュータ技術の能力に大きく関連していると同時に、CAIの問題は教育の場に本当の意味でのCAIを導入するための最適な環境作りを行えるかいかということである。

これらの点から見て、CAIが比較的効果を上げたのは軍隊における軍事教育、企業における社内教育、塾による生徒の教育など目的が明確な教育である。

総合的にみると、CAIによる教育はハードウェア面、ソフトウェア面から教育

表 2-1 CAI の歴史

世界	年	コンピュータ	日本
	1945	ENIAC 完成(米)	
	1949	EDSAC 完成(英)	
B. F. スキナー TM理論(米)	1954	パラメトロン(日本)	
crowder ブランチ式 TM(米)	1958		
IBM とハーバード大 CAI の研究開始			
(米)イリノイ大 CAI システム SO-CRATES 開発 CDC 社	1959		
(米)イリノイ大 大型用 CAI PLATO (I) 開発	1960		
(米)イリノイ大 PLATO(II) 開発	1961		
(米)スタンフォード大 IMSSS 開発	1963		電総研(現), 香川大で CAI 研究開始される。
	1964	IBM 360	
	1965	ユニバック 1108 FACOM 230-10	
	1966		香川大学 KANACOM - 1 開発
(米)スタンフォード大 IMSSS の改善	1967		
(米)知的 CAI SCHOLAR 開発, PLATO(III)	1970	IBM 370	CAI の実用化研究盛んになる。
(米)ユタ州のプリンガムヤング大にて TICCIT 開発	1972		
(米)イリノイ大と CDC 社 PLATO (IV)	1979		
	1980	パソコン	
	1984	16ビットパソコン	
	1985	LAN システム (データ通信)	スタンドアロン型 LEARN UP(ニューシス)(音声付き)
(米)ユタ州教育委員会 パソコン CAI (音声合成)	1986	ラップトップパソコン	
(米)オクラホマ州立大 衛星通信と CAI	1987		
	1988	32ビットパソコン	通産省による CAI 「CAROL」開発 学習ソフトウェア情報 研究センターの設置
(米)ユタ州立大学など人工知能 CAI 研究中	1990		動画対応 CAI(VTR 対応 CAI), 人工知能 CAI の研究中。

界を中心に、まだ、多くの解決しなければならない問題点が山積している。

表2-1はCAIの歴史を表にしたものである。

3 CAIの分類と情報処理技術との関連

教育はあくまでも、人と人との相互作用の上に成り立つ一つのシステムである。

CAIシステムの基本的思想はコンピュータが教員の役目を代行するというよりも、教員が行う授業を補うものであり、授業をより広く発展させるのに役立つ使い方をすべきである。

言い換えると、CAIは教員が行う教育活動の一部をコンピュータに支援させたもので、学生一人一人が同時に独立した進度で、各人がコンピュータと会話しながら学習をしていくのが基本である。

CAIが学習の理解を助けるためにはコンピュータ特有の機能を使ってグラフィック、シミュレーション、音声、ハードコピー等により、理解しやすく、より洗練された教育活動を行い、奥深く、幅広くそして高度な教育目標を達成することである。

CAIの構成要素は次のようになっている。

- ① コンピュータシステム(Computer System)
- ② OS(Operating System)
- ③ CAI コースウェア(CAI Courseware)
- ④ CMI(Computer Management Instruction)
- ⑤ オーサリングシステム(Authoring System)
- ⑥ エグゼキュータシステム(Executor System)
- ⑦ ネットワークシステム(Network System)
- ⑧ CAI コースウェア別テキスト(Text)

これを関連図にして示すと図3-1のようになる。

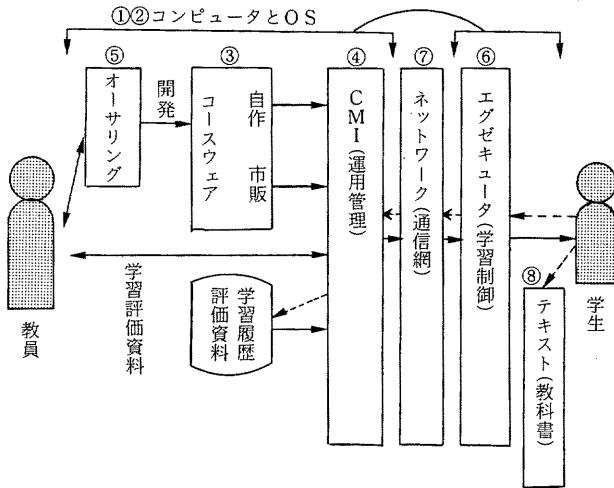
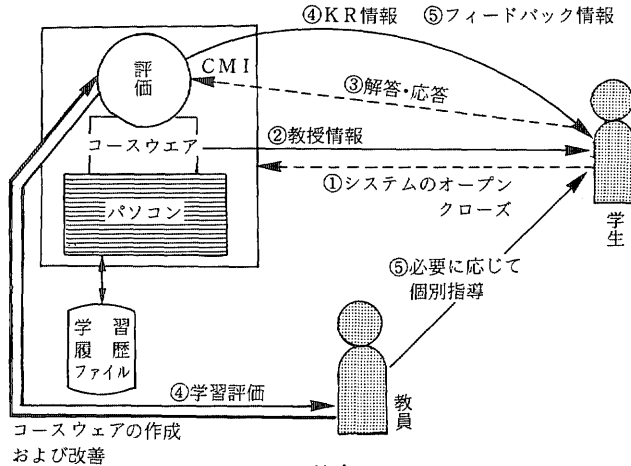


図3-1 CAIシステム図

CAIシステムを学生が利用する場合はどのような手順で行われるか、その際の教員の働きはどうあるべきか順を追って考える。

- ① 学生が目的のCAIコースウェアを選んで、学生コードか利用者コードを登録して、学習する場所を選定する。
- ② 説明文、説明図、説明音声や問題などが教授情報として学生に提示される。
- ③ 学生はそれら説明文、図、音声などから意味を理解し、問題等に解答する。この際必要な場合はヒントを読んだり、直接教員の指導を受けるなどして、応答する。
- ④ この応答を解釈して、評価し、その応答にマッチした適切なKR(Knowledge of Results)情報を学生にフィードバックする。
- ⑤ ここで、前に進むべきかを判定し、理解していれば次に進む、理解していない場合は角度を変えた視点で説明文を読んだり、聞いたりして、②、③の順序を経て、再度評価を受ける。このようにして、正しく理解すると次のステップの学習へと進むことができる。

これを図示すると図3-2のようになる。



(1) CAI のコンピュータ構成による分類

CAI を使用するコンピュータシステムの構成タイプによる分類は次のようになる。

各コンピュータを独立的に使う方式のスタンドアロン(Stand-alone)型とホストコンピュータと他のコンピュータを通信網で結んで使う方式のネットワーク(Network)型がある。

- a) スタンドアロン型
- b) ネットワーク型(LAN 型)

a) スタンドアロン型

CAI コースウェアを用いるコンピュータが一台一台独立していて、それぞれがCMIを持っていて、それぞれの学習履歴をとることができるシステム構成である。たとえネットワークされていても、ネットワークを使わず、単体として用いる場合はスタンドアロン型になる。

現時点では日本をはじめとして、外国でも、スタンドアロン型 CAI が主流を占めている。

スタンドアロン型の特徴は学生数が少人数の場合は良いのであるが、多人数教育の場合に CAI のコースウェアがばらばらであったり、学習履歴ファイルの管理が個人別に分かれているので個人管理には良いのであるが、総合的管理をする場合、大変繁雑となる欠点がある。

ただし、費用的な面から見れば通信回線、通信制御装置やホストコンピュータが必要ないので低費用で済むのが利点でもある。

欠点としては次のようなことが上げられる。

① CAI コースウェアの変更がある際に全員のフロッピーディスクでのコースウェアを回収し、個々に修正しなければならない。

② 総合的見地から全学生の成績評価表などを算出する場合、全員の学習履歴ファイルを集めて集計し統計をとる必要があり繁雑である。

これらの欠点により、CAI によって教育をしようとする教員の「やる気」を削ぐ結果にならないように考える必要がある。

b) ネットワーク型(LAN 型)CAI

マイコンやワークステーションを数 10 台集めて、通信回線で結んで、ホスト機との間やあるいはコンピュータ間、ワークステーションとホスト機の間ネットワークを作って、CAI の実行をホスト機が集中コントロールするタイプのシステムである。

ネットワーク型 CAI は長所も多く、だんだん利用が増加して来ている。

1) ネットワーク型 CAI の特徴は、ハードディスク、磁気ディスク、光ディスクを備えて、データをホスト機のセンター側で一括管理していることである。従ってホストコンピュータ側で CAI コースウェアの進行する状況を把握し、問題点をキャッチできるので、適切なコントロール、助言、KR 情報を出すことが可能なシステムである。

すなわち、CAI システムの総合的な管理が可能なシステムである。

2) さらに CAI コースウェアが 1 セットあれば、多くの端末、ワークステー

ション、パソコン(端末として)に分配できる。

3) 膨大なCAI教材をデータベース化し、ネットワークを通じて、学生に合った個別のコースウェアを検索できるのもネットワークシステムの利点である。

4) 総合的な見地からみた学生の学習の進捗状況に合わせて個別指導を行うことができる。

5) CAI コースウェアの変更などは、データベース上の一つのコースウェアを変更すれば良いので修正等が簡単である。

欠点としては次のような点が考えられる。

1) コンピュータシステムの設備費用が大変高額になることである。

2) 大型、中型コンピュータを稼働させておかないといけないので、パソコンで簡単に動かすようなことが出来ないのが問題点となっている。

すなわち、LAN システムは個別授業と一斉授業を一体化したような多様性に富んだシステムである。

(2) CAI を用いた学習様式による分類

CAIソフトウェアを構成する学習様式には、どのようなタイプがあるか分類する。

ごく最近までは学習様式別に CAI ソフトウェアが分類されていた。しかし、現在では単独の学習様式の CAI ソフトウェアが少なくなりつつある。

最近までの学習様式は、①ドリル・演習様式、②チュートリアル様式で大半をしめていた。今日では、コンピュータシステムの性能の向上と CAI 開発のためのオーサリングシステムの充実により、③問題解決様式、④シミュレーション様式、⑤情報検索様式などの高度で効果的な学習様式で CAI 化することが比較的簡単に可能になって来ている。

上記のように、CAI コースウェアを 5 つの様式に分けたのは、1985 年 12 月「文部省社会教育審議会教育メディア分科会」の出した指針の中である。

さらに、一つの学習様式で CAI 化するのではなく、①から⑤の学習様式を数種類使って組み合わせる統合型の CAI ソフトウェアが開発されつつあるのが現状である。

前述のように考えると学習様式別によるCAIソフトウェアの分類の意味は希薄になって来ていると言っても過言ではない。

しかし、基本的に見ると各種の学習様式からCAIソフトウェアは構成されているのである。従って、学習様式にはどのような型があるか、どんな特徴を持っているかを分類形態別にあらためて述べることは、それなりの意味があると考ええる。

①～⑤まで、順次その特徴を述べると次のようになる。

① ドリル演習様式(Drill and Practice Mode)

ドリル・演習様式は練習・演習様式といい、基礎的な知識、技能を育成することを目的としている。そのために練習問題を次々に提出し、学生の能力や状態に応じて、最適な学習ができる方式である。

ドリル・演習様式は今までに一番多く開発され、使用もされているタイプのCAIである。

② チュートリアル様式(Tutorial Mode)

チュートリアル様式は個別教授型といわれ、コンピュータが教員の一部機能を代行して、教授内容を説明したり、作業を指示したり、問題に解答をさせたりする方式である。

画面の内容と構成だけでなく、予想される学生の解答、それぞれの解答に対するKR(Knowledge of Results)情報の提示、その評価、それぞれの解答に対する分岐先などの情報を一つの単位とする方式をとることが多い。①と②のタイプのCAIが開発もしやすく、現在では多く市販されている。

①と②2つの様式を組み合わせ、学習者に教育内容を教え込もうとするCAIも開発されて来ている。

③ 問題解決型(Problem Solving Mode)

問題解決型とは学生がコンピュータと対話しながら、あたえられた問題を解釈し、解決していく方式である。

問題解決型 CAI コースウェアは学生が考えるであろうと予測される思考過程をケース別に分けてプログラム上で記憶しておき、学生はコンピュータと対話を通して問題を解決していくタイプの CAI である。

すなわち、教え込み型と異なり、問題解決型はあたえられた問題をいかに解くか、その過程をコンピュータがコントロールして、評価しながら、正しい解答なり結論が導かれるようにするタイプである。特に問題解決型は問題を解く過程に重点を置いている。

④ シミュレーション様式(Simulation Mode)

シミュレーション様式はコンピュータを用いてシミュレーション(模擬実験)やゲームをしながら、実際の状況の予測や意思決定などの能力を向上させることを目的とした CAI である。一般には

- a. 現象を設定する。
- b. 仮説を立てる。
- c. 実験し結果を解析する。
- d. 設定した現象と照合する。
- e. すこしずつ設定値を変化させる。

a～e を繰り返しながら、規則性を解明し、法則や理論を理解するのに優れた CAI で、実用化される学習様式の主流になろうとしている。

特に、シミュレーション様式の CAI は実際のものを使った実験で行うと危険があったり、高温、低温などの悪環境や、費用が高くかかる場合にデータをあたえるだけで擬似実験ができる。また、データを変えるだけで、種々のケースの擬似実験ができるので有効である。

さらに、実際の模型(モデル)実験ではなかなか観察できないものをシミュレーションならば拡大したり、縮小したりして観察することが可能である。シミュレーションでは、ゲーム感覚で実験できるのも利点である。

⑤ 情報検索様式(Information Retrieval Mode)

情報検索型は検索・問い合わせ様式といわれ学習情報をデータベース内に登

録しておき、学生が必要に応じて利用するタイプである。

CAIのコースウェアを通じて、学生が質問したり、計算を依頼するとコンピュータがそれに対して応答し、学生は自分の要求にマッチする情報を受けながら学習を進めることができるタイプである。

この場合はデータベースに問い合わせしてから解答を得るまでのターン・アラウンドタイムが問題となり、早い応答がないとタイミングが合わず学習の効果は上がらないのが欠点である(図3-3)。

現在において開発されるCAIソフトウェアはこれら5つの型の機能を必要に応じて、適切な方法で組み合わせて構築するようになって来ている。

CAIの各種コースウェアを中心とするCAIソフトウェアを購入や開発する時は、展示発表会やデモンストレーションなどに足繁く出向いて見学すべきである。

その理由はあるCAIソフトウェアが目的の教科目の内容に適するものか、学生に教育する際に効果的なものかを十分に検討した上で、購入するなり、自己開発の参考にするのが肝要である。

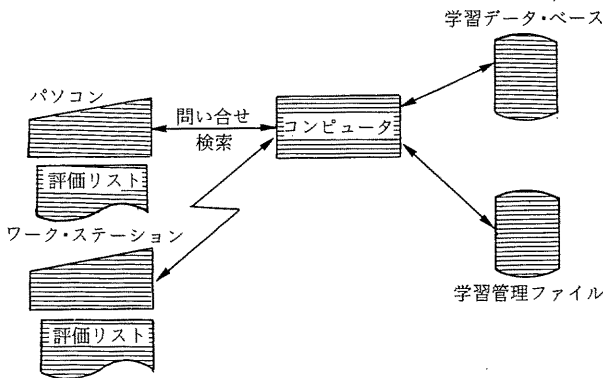


図3-3 情報検索様式

(3) CAIの機能面からの分類

CAIが前述のように学習形態の合成型態を取り学習様式別の分類が不可能な

昨今では、むしろ機能面からの分類が良いと考えている。CAIソフトウェアは機能面から分類すると次のようになる。

- ① フレーム(Frame)型 CAI
- ② データベース(Data Base)型 CAI
- ③ 自動生成(Automatic Processing)型 CAI
- ④ 知的(Intelligent) CAI

これらの4つの型のCAIの特徴について述べる。

① フレーム型 CAI

フレームとは学習を制御するための最小単位のことである。フレーム型CAIはこのフレームを学習の順序に従って連結して登録し、それを順次画面に提示して学習を進めていくタイプである。

すなわち、フレーム型CAIの構成は、

- a) 教授内容の提示
- b) その範囲の問題の提示
- c) 問題に対する応答
- d) その応答に対する評価
- e) KR 情報
- f) 対応策の情報
- g) 次の画面への分岐先

などを一つにまとめたものからなっている。

フレーム型のCAIはコースウェアを作成者が、aからgまでを十分に検討して、できるかぎりの対応策を考えて記述しなければならない。

このフレーム型CAIが、現在実用化されているCAIの主流をなしている。

② データベース型 CAI

データベース型CAIは教授する内容を、あらかじめデータベース内に登録しておいて、学生が学習したい学習項目を表示されたメニューから選んで指定すると、その教授内容が表示されるタイプである。

この型のCAIはデータベースを構築するのに時間がかかる。それは学習目標や教授内容とそれに対して予想される反応、さらにその評価などをデータベース上に記憶しておかなければならない。

このデータベースを利用する場合は学生の学習履歴や能力に即応した教授内容をデータベースから選択して、提示された内容で学習していくタイプのCAIである。

③ 自動生成型CAI

自動生成型CAIはコンピュータが持っている乱数発生機構によって自動生成されるタイプのCAIである。

すなわち、自動生成型は問題や説明を学生の能力に合わせて、プログラムによって自動的に数字などを変化させて、前にやった問題と異なる問題を作り出して提示し、それらの解答や反応を処理し、評価しながら順次学習していくタイプのCAIである。

このタイプのCAIとしては数学、統計学などの論理的なCAIに適している。

④ 知的CAI

知的CAIは学生が入力した対話や質問に対して、その内容の意味を理解し解釈して、適切な対応をするタイプである。学生はあたかも先生と対話しているように適切で柔軟な応答をするタイプで、これが完成するようになれば理想的なCAIとなる。

この知的CAIがかかえる問題は多くの種類の言葉を解釈する辞書や、その授業に関する内容についての辞書が必要になるので完成したCAIを作るのに時間がかかる。

これも光ディスクのように入出力速度の早く、大容量の周辺機器の開発が進んできているので、近い将来には良い知的CAIが完成するものと期待されている。従って、現在では研究段階といっても良いであろう。しかし、部分的な技術は急速に進歩しており、実用化は早まるだろう。

ファジィ(Fuzzy)理論であるあいまい工学的手法による最適化は現在実用化

に入っているが、知的 CAI の意思決定機構に応用される可能性も高く、知的 CAI の飛躍的發展が起こるものと論者は期待している。

知的 CAI はまた人工知能型 CAI ともいわれる。

CAI の分類法としては、3 つの大分類があったが、教育の内容によって、向き、不向きのタイプがあるので、よく検討して、その教科目にあった CAI を作り、使用していく必要があるがその際複数の機能を組み合わせるようになって来ている。

4 CAI の有効性と問題点

(1) CAI 教育の有効性と限界

CAI システムを学校教育に導入する理由は、何故かを前もって調査することが必要である。現在の一斉授業による教育システムではどうしても解決できない行き詰りを解決する手段として、CAI システムが研究開発されたのである。

今日の画一化された学校教育では図 4-1 の示すように、優秀すぎる学生、学校教育に適応する学生、落ちこぼれ学生の 3 層に分けられる。現在のように学生指導要項に従って行われる学校教育における一斉教育では学習目標と指導要項が規定されており、それにそったカリキュラムでの教育を行えば、画一化されるのはやむを得ない現象である。

このようなカリキュラムで、学力のバラバラな学生に、一斉授業で教育を行えば、学生には、個人差があり、早く理解するもの、理解するのに時間のかかるものがでてくるのが当然である。

教員が三つの層のどこかに焦点を当てて教育したとすれば、他のグループが不満、不理解がでてくる。教員は教育効果が高くなる中程度の学生に焦点を当てて教育するようになるのが一般的である。もし、学生の学力がほぼ一定の選抜クラスである程度のレベルのものを対象としているのであれば、一斉授業で十分効果が上がると考えられるので例外となる。

しかし、学力にばらつきのあるクラスにおいて、前述のごとき弊害が起きる

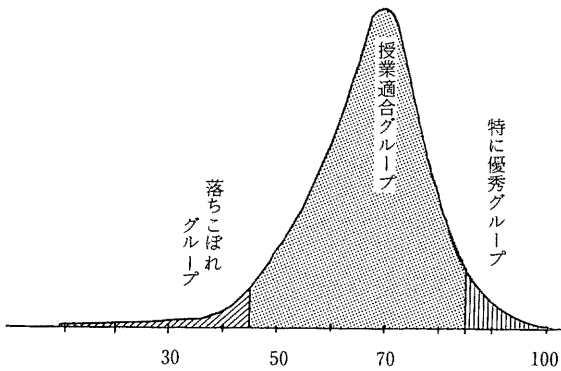


図4-1 学生の三層化現象

のは現在の教育システムのやむを得ない問題点である。

それらの欠点を解決しようとして、情熱のある先生によって補習授業を正規のカリキュラム以外に放課後行うなどの対策がなされて来たのが現実である。

これらの問題を解決するためには教育の画一化から脱却し、教育を個別化する教育が提案されたり、習熟度によるクラス編成などが考えられた。後者は学生の差別化になるなどの理由で問題点があり、公立の学校を中心に敬遠されているところが多い。

前者の個別化・個性化教育の理論はハーバード大学の心理学者でTM(ティーチングマシン)の父である B.F.Skinner が 1954 年に発表した論文「The Science of Learning and the Art of Teaching」によって理論的根拠があたえられた。

その考え方の一端を紹介すると次のようになる。どんな学生に対しても、必ずできるという小さなステップを設定し、その教育目標に向かって、論理の展開順に並べれば、その教育目標に到達すると考えられる。

こうした考えに従えば、理解不足の学生は存在しなくなり、教育目標に到達する時間に差が生ずるだけになることを発見したのである。

これを可能にしたのがプログラム学習であり、それを機械を用いて行ったのがティーチングマシンを用いた教育方式であった。

今日の学校教育が目標としているものは、情報化社会に対する対応と国際化と画一化から、個別化、多様化への改革である。

このような教育の個別化に対する要望に答えるのに現在のCAIではまだ不完全な部分も多く、改善しなければならないが、優れている部分もある。

なぜならば、CAIは方法の個別化、目標の個別化が可能になったからである。

CAIでは、教育の評価方法が、現在の一斉教育とは多少異なったものとなる。それは、現在の集団授業の中に教育目標と教育方法の多様化を認めることが可能になり、一斉教育の欠点を補うことができる。

すなわち、CAIによる個別化教育は細分化されたカリキュラムによって、教育目標を一歩一歩設定して、各学生がどこを学んでおり、どんなところに問題があるかを前もって調べて資料をもって教育に当るのが良い。

これら資料によって、個人個人への適切な指導が行える授業こそが、理想的な個別教育システムであると考ええる。

CAIの授業では図3-2のように学ぶ学生が主役であり、それだけに教員はカ

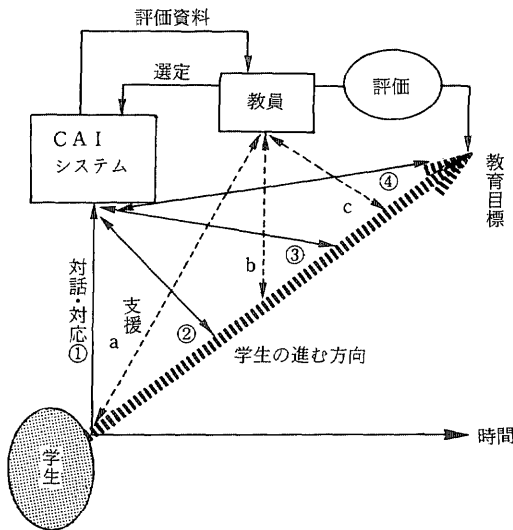


図4-2 CAIによる学習過程図

リキュラムを作り、課題や教材などを選定することを誤ると学習がスムーズに進まなくなる。

具体的に述べると、まず適切な CAI 教材を学生にあたえ、学生は、それに従って学習を進めていく。この過程で教員の役割は学生の勉学の努力につねに関心を持って見守り、必要に応じて援助し、学習が円滑に進むよう支援する役目を担うことになる。これを図的に表現すると図 4-2 のようになる。

(2) CAI システムに関するテーマ別問題点

CAI システムが前述のごとく、コンピュータ関連の技術の開発が近年、特に発展速度を早めており、従って、昨年まで、不可能なことが今年に入って実用化されているものも多々ある。

また、CAI システムを導入する環境も社会の認識とあいまって、徐々に整備されつつあり、大変喜ばしいことである。

しかし、急速な発展に対応して、その受け入れ態勢を考慮しておかなければならないし、それと同時に技術的側面に対しても CAI における整合性として、新たに解決しなければならない問題点も出現していることも事実である。

これらを分析し、その問題点と解決策を指摘する。

1) 教員の CAI に関する研修

① CAI を利用するために、または教員に CAI に関する理解を得るために CAI の予備知識や CAI を用いた教授方法を教員全員が研修し、CAI による教育の理解と限界を知ってもらう必要がある。

② 教員自身が自分で CAI のコースウェアを開発したいと希望するならば、CAI を開発するための最新の設備、その作り方などをメーカーなり、ベテランの教員による研修などを企画し、実施する必要がある。

なぜなら、教員は自分の担当科目であるので、独自のノウハウを持っており、自己の CAI として作れるならば、教育効果も向上するからである。

③ CAI に関心ある教員のグループ活動による CAI コースウェアのパイロットモデル作りは、時間がかかるが有効な研修の一つである。この場合成功

の鍵はリーダーの指導性とグループ構成員の努力である。

2) CAIを導入する際のハードウェア面からの問題点

① スタンドアロン型か LAN 型かのいずれにしても、1人1台のコンピュータを設備した CAI 教室を準備できるかどうか、1人1台でなくとも、数人で1台の方が学生同士が協力して考え、学習できると論ずる学者もあるが、原則として、1人1台で学習した方が CAI による教育での知識の定着率は高い。

② 授業以外の時に学生が復習なり予習する際にコンピュータが使えるか否かが問題となる。CAI 教室の利用が多くなると、ほとんど空き時間がなくなり、CAI 利用が実質上不可能になる。そうした場合の一つ別の CAI 教室を用意しなければならない。

③ 教員が自作の CAI コースウェアを開発しようとするとき、効率的な機器が実用化されたら、すぐ吟味して、その機器を導入していけるようなハード面での財政的バックアップ体制が整備されているか、どうか、もしされていなければ早急に対応して、教員の CAI 開発をしようとする意欲を盛り立てる体制作りをしなければならない。

3) CAIシステムのソフトウェア面からの問題点

① 現状では、1時間の授業の CAI コースウェアを開発するのに多くの時間(20時間以内/1人)がかかることが多い。そこで市販のソフトウェアで間に合わせようとする、教員の考えているような授業のシナリオになっていないという問題がある。

② また、優れた市販の CAI コースウェアがあったとしても、それを一教室に 50 台なら、50 セットを備えようすると大変高価なものとなる。文部省からの助成などはハードウェアに対するものはあっても、ソフトウェアに対する助成は限定されるなどの問題を含んでいる。

③ 市販の CAI コースウェアが不備な点があるので修正しようとしても、修正をすることなどできないように保護(プロテクト)がなされている場合が多く

修正ができないことが問題である。

④ ①で述べたように、自分に合った CAI コースウェアを教員が開発するには時間がかかりすぎて、開発する情熱がさめることがある。そこで前述したハードの面ばかりでなく、ソフト面からのノウハウの公開などの協力体制が必要である。

なぜならば、良い CAI コースウェアの開発手法が確立しておらず、作者の力量、アイデアや創造力に依存することが多いからである。

⑤ 完成された市販ソフトでなく教員自身で開発した CAI ソフトは修正が簡単にできるが、そのためにはシステム分析、ドキュメンテーション(文書化)をきちんと整備しておく必要がある。

⑥ CAI の画面上における色使いは一画面にはせいぜい 3～4 色が良い。あまり多色であるとわかりにくい。

4) 著作権の問題

① 設備でもふれたが、市販の CAI ソフトウェアは知的産出物であり、無断で複製(コピー)・使用は許されないことが、著作権法で定められている。スタンドアロン方式で、50 人の学生が同時に使う場合 50 セットのパソコンと CAI コースウェアを準備しなければならない。

この点でソフトウェアの種類が増加するとソフトウェアのコストが膨大になることが問題である。

② ①の場合、設備面で多少費用がかかるが、LAN システムによる CAI システムを組むと、ソフトが 1 セットあれば、それを 50 台に分配できるのである。はたして、このような LAN システムの場合に 1 セットで良いのか、それとも、50 台で使うのだから 50 セット準備しなければならないのか、法律的解釈上の問題点が存在する。

③ 市販ソフトウェアをユーザーである教員によって改良する場合の著作権上どのように取り扱うのかの問題がある。

5) CAI システムの操作上の問題点

① 画面や文字情報の入出力が早くできる機能の開発がされること。グラフィック画面などの表示に時間がかかりすぎると思考が妨げられることがある(光ディスクの入出力)。

② 応答が簡単で早く対応できるような機能の開発が望まれる。マウス、タッチセンサー、音声による応答など、応答の動作が簡単にできるような開発が望まれる。

③ 辞書が充実していて、検索が早く行えるようなシステムが要求されている。光ディスク、CD-ROM、磁気ディスク、固定ディスクなどのランダム・アクセス入出力周辺機器の性能アップの問題などがある。

④ 操作性の複雑さの解消に努める。キーボードでタイプインする文字数の削減なども問題である。

⑤ オーサリングシステムの高度化と操作性の向上が切望されている。この問題が解決すると、とかく CAI コースウェアの開発に時間がかかりすぎるという問題が解決し、楽に CAI コースウェアの開発が可能になる。

カラーイメージ・スキャナによる画像データの取りこみや、VTR による動画、静止画を入れた動画による CAI コースウェアの開発などが実現しつつあり、さらに急速に研究が進められている。

6) CAI システムの機能面からの問題

① コンピュータの小型化とデータ通信の高速化、簡約化の問題。コンピュータはノート型が出現して、簡単になったが、カラーの鮮明度やパソコン通信などのデータ伝送速度のスピードアップなどが要求されている。

これにより、家庭や出先での CAI による教育も可能になると考えられる。

② 静止画、動画を VTR より CAI に取りこんだりできる CAI のオーサリングシステムの開発も望まれる。

③ シミュレーション画像による CAI 開発用オーサリングシステムの機能アップ問題。

これは、ある画面の一部分を動的に動かしてアニメーションを作るような感覚で CAI コースウェアの開発をする。この機能の開発が進むと理想的な CAI に

一歩近づくのではないだろうかと考える。

④ スタンドアロン型CAIはフロッピディスクが多くて、操作が繁雑になるので、固定ディスク、ICカードなどを駆使して、フロッピのさしかえ回数を減少させる必要がある(これは操作上の問題でもある)。

⑤ データ通信(特にBS:衛星通信)などによるCAIソフトウェア利用の学習などが実現可能な環境として、インテリジェント・スクールやインテリジェント・キャンパスが設置されつつあるが、効果的に具体化されることが望まれる。

7) カリキュラム上でのCAIによる教育の頻度の問題

① CAI教育はどんなにすぐれたコースウェアであっても、1日に1,2時限が限度である。

② CAIコースウェアは教育科目の性質上、シミュレーション様式の手法によるCAIでないと教育効果が上がらない場合もある。CAIの開発にはその教科目に合った様式を数種類組み合わせ、効果を上げるべきである。このCAI教育の過程でビデオ上に表示される画面はあまり長く見ていることによる視力の低下や精神衛生上の問題が指摘されている。

これら問題点は、今後、CAIによる教育がスムーズに学校教育の中に組み込まれるようになる場合に、どうしても何らかの方法で解決していかなければならない重要課題である。

5 CAIの問題点の解決策

情報処理技術の発展に伴って、CAIコースウェアを開発する技術は比較的簡潔で効果的になって来ている。

CAIの今後の動向は現在のCAIシステムの問題点をどう解決していったら良いかにかかっている。そこで、すでに述べた問題点についてそれぞれの対策を論ずる。

1) 教員の CAI に関する研修の対策

行政の単位である県、市の教育委員会などの地域社会単位に CAI を中心とする研修機関を設置するとか、その地域の大学、高校、中学などの CAI 教育で優れている学校を主幹校として、そこを中軸として研究、研修する体制を文部省などの指導の下に確立するのも良策である。

国の機関である、通産省の中央情報教育研究所は、優れた CAI「CAROL：Computer Aided Revolution on Learning システム」を開発しており、その研修が行われているので、集中講座や夏休み講座等を利用して、研修するのも対応策の一つである。

2) 設備面での問題点の対策

設備面は資金も必要であり、柔軟な対応が可能な組織作りが大きな課題となる。それらを対応策別に見ると次のようになる。

① 新しい技術による新製品やハードウェア面の改良が行われた CAI 関連の製品が販売されたら、検討して効果的と判断したならば導入して、実験的に試用評価したり、実践的に利用できるように研究するために、予算を確保しておくなどの支援体制を整備しておくことが必要である。

このような新しい技術の導入に即応できる体制が、CAI 教育の発展にとっては、大きな原動力となる。

② 現在、ノート型パソコンは小型で性能が向上し、しかも、低価格で販売されて来ている。そこで、将来、学生が個人的に購入したり、学校から借りたりして必要に応じて持ち運びするようになることは十分に予測される。

そこで、コンピュータ関連の授業では、パソコン室の机の下のコンセントに差し込むことによって、大型コンピュータなどの LAN システムに接続し CAI システムによる学習ができるようなシステムを作るのも一つの対策である。

③ CAI システムを用いた教育はコンピュータシステム、CAI ソフトウェアシステムを設備するのに財政的な負担が多く、文部省等の政策的援助が大きな鍵となる。

3) CAIシステムのソフトウェア面からの問題点と対策

CAIシステムのソフトウェアの問題点は市販のソフトウェアと自作のソフトウェアに関連し、著作権の問題にも関連する。著作権問題は次に述べることにする。

① 市販のCAIソフトウェアはスタンドアロン型だと1クラスで使うパソコンの台数分が必要であり、費用面から大変高額なものとなる。しかも、各教員が学生の指導に使用するとき、各教員の指導方法に適合したCAIはいまだ数少ないのである。

そこで、CAIソフトウェアを開発する業者か、教員が開発をする場合には、各教育機関の学年別、教科目別のカリキュラムを調査し、それぞれの教育機関の教科目に合ったカリキュラム作りとそのカリキュラムによるCAIソフトウェアの開発を進めるべきである。両者が産学共同の形態で協力して作るのも良策の一つである。

② 特に、先生が自分の授業に合ったCAIを作るためには効果的で高度な技法のものを簡単に作れるようなオーサリングシステムが開発されることが要求される。

4) 著作権の問題の対策

ソフトウェアの著作権の問題は、コンピュータを導入するとそれに利用するソフトウェアに関連して、必ず起こる問題で昭和60年改正で制定された。

ソフトウェアの複製は著作権法第113条の「侵害とみなす行為」、第119条の「罰則」などで禁止されている。そこで次のような対策が問題となる。

① 市販ソフトウェアの購入はパソコンを50台で50人クラスで用いる場合にスタンドアロン型ならば50セット揃えなければならない。

そこで、いかに優れたCAIソフトウェアであっても、授業に導入するには大きな財政的負担を伴うことになる。そこで、同一CAIソフトウェアの本数が多い場合は、その本数に比例して、割引価格にするなどの対策を考える必要がある。通産省の「CAROL」はこのような対策を行っている、これを全体のCAIソ

ソフトウェアに適用できないものだろうか検討する必要がある。

② 市販のCAIソフトウェアは一般にプロテクト(保護)されているが、利用する先生が、必要に応じて、手直しなどによる改良ができるような支援体制が備えられたら良いと考えている。しかし、これは大きな問題を含んでいるのでよく検討しなければならない。

最初の開発者には当然著作権があるので、ユーザーが改良した場合には著作権がどうなるのか、解決しなければならない法律的問題が生じてくる。

③ LANシステムを用いた場合には技術的には1セットのCAIソフトウェアがあればLANシステムが50台のワークステーション(又はパソコン)から構成されている場合に50台に分配できる。

前述したように、LANシステムに対するソフトウェアの揃え方は著作権上はどうあるべきか、法的な解釈上の問題が課題として残っている。

このように情報処理技術の発展による可能性は広がって来ているが、それによる著作権の侵害とその保護対策が^{1タテ}臆ごっこになって来ている。

また、それに関連した問題としては、CAI関連のデータベースの保護の対策である。また、商法、刑法や民法等の関連法規による保護も必要である。

自然災害、人為的災害に対して、いかに教育情報を保護するかは、このような情報化社会に生きる我々にあたえられた課題でもある。

それには技術的に、法律的にあらゆる対策を考えておかなければならない。

5) CAIシステムの操作上の問題の対策

操作上の問題はハードウェアが開発されると、それに伴って、それをコンピュータで有効に利用するために、OS(オペレーティングシステム)が開発される。

① 新しいメディアの導入にはOSの整備などで人手による操作を極力少なくし、自動化するようにしなければならない。

② CAIコースウェアの開発技術であるオーサリングシステムの発展によるCAI作成の簡素化は、CAIの操作性向上を促進するものでなければならない。

③ 自作のCAIコースウェアは高度なソフトウェア技術などにより操作を

簡略化するよう努力が要求される。

すなわち、操作上の問題は高度な内容を簡単に行えるように改善するに尽きる。

6) CAIシステムの機能面からの問題の対策

① CAIシステムの機能としては、1)ドリル・演習様式、2)チュートリアル様式、3)問題解決様式、4)シミュレーション様式、5)情報検索様式の5つの従来の様式に加えて、新たに人工知能様式、ニューロ様式などの様式を必要に応じて、組み合わせた複合型CAIや統合型CAIが全盛を迎えることを望んでいる。

② 環境としてインテリジェント・スクールやインテリジェント・キャンパスの建設が進むことはますます、効果的なCAI学習が可能になると考えられる。

7) カリキュラム上でのCAIによる教育頻度の問題の対策

コンピュータ、パソコン、ワークステーションの台数による制限もあるが、CAI教育の人間工学的側面や医学的側面からみても、CAIはビデオ画面を見ることによって情報を得たり、応答するので、眼が疲れたり、長時間椅子に座っていると身体全体が疲れたりする。

そこで、時間数に制限をつけて、1日に多くても2時限以上のCAI教育はカリキュラム上に入るべきではないと考えている。

特にコンピュータの台数による1クラスの利用時間の制限もあるので、最適なCAI教育の時間は1日1時限くらいが限度になると考えている。

この対策として、音声入出力などを導入し、なるべく眼に負担のかからないCAIシステム作りも要求される。

6 まとめ

CAIシステムが教育の手段として、役立つものであることが、世の中で広く認知されるためには、本論で論じた問題点の対策が一つ一つ解決されなければなら

らない。その結果として優れた CAI が開発されることになる。

4, 5 章において、それぞれの問題点, 対策を論じたが, すべてが解決されるには, 今後, 早くても 10 年近い歳月を要するであろう。

① 情報技術面としてハードウェアが研究・開発され, それら技術を実用化する研究が進んでいる。

ハードウェア技術としては, コンピュータシステム全体の処理速度の向上, 記憶媒体の多様化と記憶容量の拡大, 周辺装置の多機能化, 音声による入出力や小型化などの技術が日々研究され改善されつつある。

② それら実用化された技術を CAI に取り入れるためのソフトウェア技術の発展と, 今までに開発済みの既存技術と融合させる努力がなされなければならない。

③ これら CAI システムは CAI を利用して学習する学生にとって, 学力向上からも, 使用上からも, 使いやすく快適に利用でき, 満足感のあるものにする必要がある。

④ 学生が CAI 学習によって, 疑問にぶつかった時に, データベースを検索し, 調べて学習を進める際に, すみやかに, 有効なアドバイスが得られるようにデータベースが構築されている必要がある。

⑤ CAI システムを開発する際は, 一定の流れで構築されているのではなく, 学生の学習の流れに従ってシナリオが動的に組み立てられ適切な学習ができるようにシミュレーション, ゲーム, 知的 CAI 手法などを組み合わせ, 生きた CAI が開発されることを期待する。

特に知的 CAI はいまだ研究段階の域を出ていないが, コンピュータ技術の発展により有効な CAI を開発することが可能になる。

このような理想的 CAI が完成すれば, 教員の役割は, 個別教育となるので, その場に適した応答が要求される。さらに, 教育評価の方法も研究課題である。

CAI を使って, 学生が楽しく, 効果的に教育を受けられるようにするのが目的である。

そのためにも, CAI の中で, 各種の手法をその場に応じて組み合わせて学習できるような CAI ソフトウェアを開発しなければならない。

さらに、CAIはどんな科目にも向くのではなく、長所、短所があるので効果的に使える所で適用するようにカリキュラムの研究が必要である。

最近では、人間の神経細胞、脳の働きに近い能力を持つ情報処理システムとして「ニューロ」の研究が盛んになろうとしている。このニューロコンピュータが完成すれば優れたCAIシステムを作ることが可能になると論者は確信している。

このように考えると、今後の研究は、教科目を担当する教員による科目内容の分析とその教育に対して、各種の教育メディアを組み合わせることで教育成果を上げるように努力することである。

また、前述の対策案は、我々教員にとって今後の研究課題である。

なお、本論は、通産省の(財)日本情報開発協会の中央情報教育研究所にて「CAROL委員会」、「CAIワーキング・グループ」に参画した経験をもとに、現在の情報処理技術の水準との関連において考察しながら、整理統合したものである。次に実践例についての研究発表をする予定である。

〔参考文献〕

- (1) 堀口敏夫著『プログラム学習とTM』大日本図書 昭和47年 p.2.
- (2) 大塚明郎編『教育工学の新しい展開』第一法規 昭和52年 p.290.
- (3) R. Lewis & E. D. Tagg: Computer Assisted Learning North-Holland 1980.
- (4) D. Sleeman & J. S. Brown: Intelligent Tutoring Systems, Academic Press, 1982.
- (5) 中村和彦他著『コンピュータ支援の教育システム——CAI』東京図書 昭和62年.
- (6) 多和小太郎稿「コンピュータ著作物の権利保護」日本経営科学研究所『Computer Report』昭和62年6月～昭和63年1月.
- (7) 文化庁編『著作権法ハンドブック』著作権資料協会 昭和60年.
- (8) 教育情報科学研究会編『教育情報科学1(教育とシステム)』第一法規 昭和63年.
- (9) 教育情報科学研究会編『教育情報科学2(教育とコンピュータ)』第一法規 昭和63年.

- (10) 堀口秀嗣著『コンピュータと教育情報処理』東京書籍 昭和61年。
- (11) 浜野保樹著『ハイパーメディアと教育革命』アスキー出版 平成2年。
- (12) 菅井勝雄著『CAIへの招待(理論編)』同文書院 平成元年。
- (13) 西之園晴夫編『教育工学実践にとりくむ力量』ぎょうせい 平成2年。
- (14) 渡辺茂他監『CAIハンドブック』フジテクノシステム 平成元年。