

CAI と教材開発支援システム

CAI and the System for Developing CAI Material

真田 克彦, 越智 秀章*

(1990年10月15日 受理)

Katsuhiko SANADA and Hideaki OCHI

はじめに

近年, 学校におけるコンピュータの普及はめざましいものがあり, コンピュータを使ったCAI (Computer-Assisted Instruction) による教育が, 学校教育のカリキュラムにも徐々に取り入れられるようになってきている。しかしながら, CAIの普及という点では, 欧米諸国と比べてはるかに遅れている。これは, わが国の講義主体の一斉授業, さらには受験体制等がCAIの普及に対する障害の大きな要因となっていると思われる。

また, アメリカやイギリスでは市販の教材ソフトの中から選択して利用できるほど, CAIが質・量共に普及しているのに対して, わが国においては, 教室において使用できる教材ソフトが非常に少ない。このように, ソフトウェア, 特に適切なオーサリングシステムの開発研究の遅れが, CAIの普及の遅れの大きな要因でもある。

CAIが当初期待されたほどの発展を見せていない原因をまとめてみると,

- ① CAIの導入に必要な教育理念の変更がなされていない
- ② CAI教材開発には膨大な人的資源の投入が必要である
- ③ コンピュータが良好なヒューマンインターフェースを提供できるだけ発展していない
- ④ 情報処理教育以外に利用できるコンピュータの台数が少ない

等があげられる。(清水他 1989)

①, ④は, わが国の教育をとりまく基本的な問題であるが, ここでは論じない。しかし, I部において, CAIの理論的側面について論ずる。これによって, CAIと教育理念との関係がある程度明確になるであろう。

②, ③は, 今日のCAIソフトの不足の原因でもある。II部においては, CAI教材作成の現状について論ずる。この中から, 現状の打破の方向を探りたい。III部においては, 筆者等が開発している教材開発支援システムMODELSを紹介し, CAIソフト開発についての我々の方向性を示

* 鹿児島工業高校

したい。

I C A I の理論的側面

1.1 教育のプログラム

教育において、“学習”とは「わからない」状態から「わかった」状態へ推移することであると考えられる。したがって“教える”という仕事は、「わからない」状態から「わかった」状態へ推移するように情報を与え、知的活動を喚起し、誘導することであると考えられる。したがって、これについての手順を教育のプログラムということになる。(東 1977)

教育のプログラムは、そのよって立つ学習観によってプロクラミングの方略が異なってくる。行動主義の立場と認知理論の立場の違いによって、その違いは非常に明確なものとなっている。

東(1977)ではさらにそれと関連して

*学習活動を誘発する課題が、どの程度の主観的不確定度のものが適当か。

(不確定度を小さくして学習の挫折を避けるべきである (Skinner) という主張と、不確定度が小さすぎる課題は十分に学習活動を誘発し得ないという主張が対立する。)

*プログラムをどの程度まで、またどういう仕方で個人の特性に順応しうるものとするか。

(個人の能力、認知スタイル、性格、既習知識などにより最適な方法が異なる。)

*認識の水準をどのように押さえるか。

(行為の水準、知覚的映像の水準、言語の水準。)

等によって、教育のプログラムのプログラミング方略が異なってくる。しかしながら、これらの問題も含めて最も基本的な問題は、「教育がどこまでプログラムが可能か」という問題である。教育の一部あるいはかなりの部分をコンピュータに代行させようとする場合、その場面によっては人間よりも有能である場合もあるし、人間には遠く及ばない場合もある。

I部では、教育のプログラムをコンピュータで実行させるためのC A Iの研究の変遷について、理論的な考察を行う。

1.2 行動主義と認知理論

(1) 人間に関する2つのモデル

行動主義が客観的に観測可能な行動を問題にし、科学的・実験的方法を採用するのに対し、認知理論では我々が認識しているとは何か、つまり人間の知覚の仕組み、学習、記憶、更に合理性の構造などを探究する。両者の対比を見るために、1968年のアメリカ心理学会におけるシンポジウム「人間に関する2つのモデル (Two Models of Man)」の行動主義系心理学者と認知理論系心理学者の議論をまとめた表(表1)を示す。(菅井 1987) この表は人間に関する2つのモデルの比較が、行動的モデルと認知的モデルのもとに行われており両者の違いを明確に表していると思われる。

表1 人間性に関する2つのモデルの比較

(Hitt, 1969よりZimbardoのまとめ)

	行 動 的 モ デ ル	認 知 的 モ デ ル
①心理学研究の対象は—	行動, 行為	意識, 自己覚醒
②人間行動は—	予測可能である	予測不可能である
③人間とは—	情報伝達体である	情報生成体である
④実在性の基礎となるのは—	客観的物質的世界である	経験的主観的世界である
⑤個人ひとりひとは—	他の人々とまったく同様に法則により支配される	特有のものであり, 全体に共通する法則によって分類されない
⑥人間の記述は—	絶対的な言葉で行われる	相対的な言葉でのみ, なされなければならない
⑦人間の特徴は—	単独に, または互いに独立に研究される	全体として, すなわち相互依存的システムとしてのみ研究される
⑧人間性や人間とは—	具体性, 現実性, 経験の客観的事実	潜在力, 生成のダイナミックなプロセス
⑨人間は次のように理解できる—	科学的, 論理的, 経験的に完全	ある程度まで理解できるが決して完全にはいかない

(菅井, 1987)

(2) 両モデルと情報技術との関係

表1③の比較によると, 行動的モデルでは人間とは情報伝達体であるという人間観がとられ, 「機械と同じように, 人間に注入される情報の量に応じて知能が高くなる」と考えられる。これに対し, 認知モデルでは人間とは情報生成体であるという人間観に立ち, 人間はアイデアを生み出し, 新しい理論を作り出すなど情報を受け入れるだけではないと考える。(菅井 1987)

行動主義では, Shannonの情報理論の通信図式にみられるように, 情報→通信路→情報の単方向の情報技術が中心となり, 刺激→反応(S→R)という一方向性の因果論理のもとに研究が進められ構築されることになる。Skinnerの反応→強化理論もこのような背景から生まれてきたものである。

認知理論では, サイバネティックスにおけるフィードバックの考えにみられるような, 双方向情報技術が中心となる, 認知発達心理学のPiagetの理論は, 生物体(主体)と環境(客体)とが互いに作用しあい, つねに新しい構造を作っているという双方向性の相互因果理論に基づいている。

現在は認知理論の隆盛の時代であり, 人間の知的活動のコンピュータによるシミュレーションとしての人工知能研究が盛んであり, 関連諸科学も含む新しい学際領域として認知科学が誕生している。

(3) 両モデルと授業モデル

人間の2つのモデルである行動的モデルと認知的モデルによる授業の対比として, 菅井(1987)による伝統的授業と学習者中心の授業の比較表を表2に示す。伝統的な行動的モデルの授業では教師→学習者の図式による一方向性の授業であり, 教師は知識の分配者であり, 生徒は受動的に学習

するというこれまでの一斉授業が考えられる。学習者中心の授業では生徒は能動的な学習活動を行い、教師は教育経験へのガイドとしての役割を果たし創造的な表現や発想が重視される。このようにみても認知的モデルの考えがその基盤になっていることがうかがえる。

表2 伝統的な授業と学習者中心学習との対比

(D. Brandes & P. Ginnis, 1986より)

	伝統的な授業	学習者中心学習
1	分離教材	統合教材
2	知識の分配者としての教師	教育経験へのガイドとしての教師
3	受動的な生徒役割	能動的な生徒役割
4	生徒はカリキュラム計画に関しない	生徒はカリキュラム計画に参加する
5	記憶、練習、機械的学習の強調	主として発見のテクニックによる学習
6	評点などによる外部報酬, すなわち外発的動機づけ	外部報酬や罰は不必要, すなわち内発的動機づけ
7	学問の基準に準拠する	学問の基準に準拠しすぎない
8	定期的なテストがある	テストはない
9	競争の強調	グループによる協力作業の強調
10	教室環境に限定される授業	教室環境に限定されない授業
11	創造的な表現をほとんど強調しない	創造的な表現を強調する
12	認知領域が強調され, 情意領域は無視される	認知・情意領域が等しく強調される
13	プロセスにはほとんど価値がおかれぬ	プロセスに価値がおかれる

(菅井, 1987)

1.3 パラダイム変換とCAI研究の変遷

菅井(1983)は、行動主義から認知理論の学習観への変換をパラダイム変換と呼んでおり、パラダイム変換によるCAI研究の変遷(特にアメリカにおける)を次のように分類している。

- ① 行動主義訓練パラダイム期(～1959)
- ② パラダイム変換期(1960～1969)
- ③ 認知・発達パラダイム期(1970～)

①における古典的なCAIはAFO(Ad-hoc Frame Oriented)CAIとも呼ばれる。フレームが中心となり、そこには説明や問題などが“刺激”として学習者に提示され、学習者はコンピュータに向かって何らかの“反応”を示す。更に学習者に対してKR情報などの“強化”が与えられる。すなわち、行動主義系の学習理論における基本的図式である刺激→反応→強化が繰り返し行われて学習が進行する仕組みになっている。AFO・CAIは必然的に受動的人間観に基づくものであり、教え込み型のCAIとなる。典型的な例は訓練演習(drill and practice)様式のCAIである。この型のCAIはコンピュータの能力を十分に利用しているとは言えず、また教科書より大して多くを行っておらず、電子ページめくり機と批判的に呼ばれることもある。しかしながら、現在実用化されているCAIの多くはこの範囲を出ていない。

②は①と③の移行期であり、CAI概念の変質と拡張の動きが生じてきて、知的行為の多段階形成理論、応答する環境の構成、自動生成CAIへのアプローチなどの摸索が行われた。実用的にはモデル、代理強化、代理体験、観察などを基礎概念としたシミュレーション・ゲーム様式、発見・問題解決様式等のCAIが研究された。現在この様式のCAIは最も効果的に利用されている。

③では認知理論をベースにした知的CAI (Intelligent CAI) の研究が盛んになってきて、その研究は人工知能研究と車の両輪のごとく密接な関係をもって進められてきている、とくに知識情報処理の研究とその進歩はめざましいものがある。この方法をCAIに導入して、学習者の主体的な質問や要求と、コースウェア側の教育的配慮を伴った説明や注意等をうまく両立させて、学習者とコースウェアの両方が主導権を持つ (双方主導権: mixed initiative) CAIの実現の試みが行われている。対話・問い合わせ様式 (例 GUIDON)、コーチ様式 (例 WEST)、誤答・診断・治療様式 (例 DEBUGGY) 等の試みが行われている。

II CAI教材作成の側面

2.1 CAI教材作成の現状

CAIで利用される教材、すなわちCAIコースウェアあるいはCAIソフトをCAI教材あるいは単に教材と呼ぶことにする。

現在開発されているCAI教材の問題点はいろいろ指摘されているが、例えば次のような事項をあげることができる。(町田 1989)

- ① 1時間全体の生徒の学習を管理するために、プログラムの開発時間が膨大にかかる。
- ② 学習は、あらかじめ組み込まれたコースウェアに影響され、変更はかなり難しい。
- ③ 教師の指導力の高低に影響される度合いは少ないが、その反面、指導力を発揮する場面も少ない。
- ④ すべての場면을想定したコースウェアを作ることは不可能であり、生徒の自由な発想を引き出せない。

このように、教材開発には非常に多くの時間と人的資源を必要とすること、さらに出来上がった教材に柔軟性がないことが常に指摘される問題点である。また作成されたCAI教材は、特定の機種、OSに依存しているため、これらの教材は限られた範囲内でのみしか使用できない。

現在市販されているCAI教材や教師が作成したCAI教材は、プログラミング言語かオーサリングシステムを用いて作られており、最近では現場教師が作成した教材もかなり存在している。しかし、これらの教材は広く利用されているわけではなく、ほとんどは現場に埋もれているのが現状である。

2.2 プログラミング言語による教材作成

プログラミング言語（最も多く使用されている言語はBASIC）でCAI教材を作成するとき、意欲のある教師は非常に興味を持ちながら楽しくプログラムを組むことができるが、回を重ねるにしたがってプログラミングの新鮮さが失われて煩わしさだけが残るのが普通である。また、プログラミングは非常に多くの時間と集中力を必要とする仕事であり、他にしなければならない多くの仕事を持っている教師には実行し難い面もある。

将来CAIが小学校から大学まで、教育のあらゆる段階で使用されることが想定されるとき、コンピュータのプログラミングのプロでない一般の教師が、CAI教材を作成することを前提として考えなければならない。しかし、大多数の教師は市販の教材を利用することになり、ときたま教材を自作するときには、オーサリングシステムを利用することはあっても、プログラミング言語を用いての教材作成は例外と考えてよいであろう。

2.3 CAI言語による教材作成

ここでいうCAI言語とは、CAI独特のコマンドを備えたプログラミング言語と考えてよい。例えばCAI教材作成者が予想した解答と学習者が答えた反応との照合コマンドや、枝別れの条件を組み込むコマンドなどはCAI独特のものである。

しかしながら、教材作成のために非常に使いやすくてきたCAI言語であっても、一般の教師がそれを使いこなすことを期待することは無理である。教師は他の多くの仕事を持っているだけでなく、教材作成にあたっては、教材のプログラミングのことよりも教材の教育内容により多く心を使わなければならないからである。したがって、より使いやすい、より優れた機能を備えたこの種のCAI言語がこれから作られ、それによるCAI教材が多く作られることは結構なことであるが、一般の教師が教材を作成するときは、完全にプログラミングから解放されるような、優れたオーサリングシステムが出てくることが望ましい。

2.4 オーサリングシステムによる教材作成

オーサリングシステムとは、CAI教材の設計、入力、デバックを支援するシステムであり、プログラム言語に精通していなくても容易に教材を作成できるツールである。

理想的には、2.1で指摘したような、CAI教材の問題点を克服できる機能豊富なシステムであって、しかも使いやすく教育的要求に柔軟に対応できるシステムであることが望ましい。しかし現実にはこれらの機能の豊富さと使いやすさという相反する要求を満たすことは難しいと考えられる。

最近のCAIでは、コンピュータ画面だけでなく、音声、静止画像、映像などあらゆるメディアをコンピュータと結合して提示することが可能となってきている。したがって、オーサリングシステムにおいても、これらの可能性に対応する必要性も求められている。

ここで最近のオーサリングシステムの機能を整理してみる。

(1) 文章・図形入力

文章を入力するときは、ワープロを用いて入力するように文章を入力できる。あるいはワープロで入力したテキストファイルを取り込むことができるようになっている。

図形の入力は、カーソルまたはマウスを用いて画面上の位置を指定して、線、四角形、円や任意の図形さらに色づけなどの操作を簡単にできるようになっている。さらに、最近は入力した図形の複写、移動、回転、拡大、縮小などの編集操作機能も備わってきている。

このように、コンピュータに不慣れな教師でも簡単に文章・図形の入力が可能になってきている。

(2) 画像入力

図表や写真等の入力は、イメージとして入力できることが必要とされる。入力機器としてはイメージスキャナが主流であるが、カメラやVTR信号からの入力も考えられる。イメージの拡大・縮小・回転、複写などイメージ編集機能も備えられるようになってきており、教材の作成はより便利になってきている。

(3) 問題作成と解答処理

問題の入力は、問題の型により、文章だけの場合、数式のある場合等により支援ソフトが異なってくる。また解答処理も、選択の場合、穴埋めの場合、数式の場合、文章の場合等によって異なる。通常行われているのは、正解を入力しておき解答と照合する方法である。さらに、解答処理についても幾つかのパターンがある。

(4) プログラミングの結合

オーサリングシステムによる画面作成だけでは、シミュレーションなどのダイナミックな提示効果を持った教材を作成することはできない。そのためにプログラミング言語で作成したプログラムを結合できる機能がどうしても必要である。このようなプログラムは、利用者が作成するか既成のものを利用することになるが、Ⅲ部で述べるようなプログラムの部品化により、部品を組み合わせで教材を作成することにより可能になる。

(5) エグゼキュータ

エグゼキュータは、出来上がった教材ソフトを実行する段階で、入力された指示の通りにその制御を行うシステムである。オーサリングシステムは、その出力を中間言語（あるいは記号化されたデータ）で行い、エグゼキュータは、その中間言語を実行させる働きをするのが通常である。

画面入力の際に、表示速度の設定、順序の設定、位置の設定、色の設定、部分的消去、表示画面の時間的消去、表示途中での待時間の設定、画面の重ね合わせ機能等の機能を指定しておき、実行時に指定通りに実行されるシステムも多くある。これらの機能を用いると、簡単なアニメーション教材も可能になるが、指定の仕方が次第に複雑になり、非人間的な作業を強要することになり、簡単に教材を作成できるというオーサリングシステム本来の趣旨に合わなくなってくることになる。

以上まとめてきたように、既存のオーサリングシステムも機能が豊富になり、かなり高度なC A

