The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	コンピューターによる学習装置 : その開発と展望
Author(s)	田中, 正吾
Citation	大阪大学大型計算機センターニュース. 1972, 8, p. 1-7
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/65167
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

⊙ 解　説

1. コンピューターによる学習装置 ― その開発と展望―

大阪大学人間科学部教授

田　中　正　吾

(1) CAIとは

コンピューターのソフトウエアの開発がすすみ，人間とコンピューターの間で情報のやりとりが会話型でできるようになると，このような技術を教育ことに授業過程の改善のために使えないだろうかという考えが生れた。

今から約17年前，IBM の研究所でこの最初の実験が試みられた。ラスとアンダーソンらはIBM650 という機械を用いて，ハーヴァード大学の心理学者スキナーのプログラム学習およびティーチングマシンの理論に基き，コンピューターを彼のいうティーチングマシンとして用いることに成功した。この研究はその後発展して，IBM1500 という学習装置のシステムを生み出し，この特殊な領域の言語としてCOURSEWRITER と呼ばれるものを生み出した。

その後，このような研究はイリノイ大学，ハーヴァード大学，スタンフォード大学などに広まり,CAI(computer-assisted instruction) と呼ばれるコンピューター技術のアプリケーションの一領域として確立されるようになった。

わたしたちの研究室でも，数年前から OECD の共同研究プロジェクト「高等教育におけるコンピューターの利用」に参加して，CAIの研究を始めることになった。他の参加機関はケンブリッヂ大学の応用数学教室，パリ大学理学部物理学教室，アムステルダム大学教育学研究所，ベルギーのルヴエーン大学の一般物理学研究所などである。その外，ドイツのチュービンゲン大学の新学習方法センター，イタリーのバリー大学，チューリッヒにあるスイス連邦立のエコール・ポリテクニックなどとも研究情報交換のネットワークを組んでいる。

今年の夏はユネスコ主催の「開発途上国の大学におけるコンピューターの利用」の国際会議がルーマニアのブカレストで開催され，私も日本を代表して参加する機会があったがスペイン，ルーマニア，ユーゴスラビア，チェコスロバキア，ブラジルなどの開発途上国で目下CAIに対する関心が急速に高まりつつあり，スペインでは教員養成機関73大学にCAIの全国規模のネットワーク計画がつくられつつあり，3年後に完成の予定であるが，これによって授業のアルゴリズムを厳密に訓練された教師たちが小，中学校に赴任した暁に，スペインの教育にどんな変化がおこり，引いてはあの陽気な国民性の上にどんな変化がおこるか大いに興味あるプロジェクトである。このためにスペインは世界銀行から150万ドルの借款をすることになるのであるが，これはスペインの国の教育予算の0.5パーセントに当るという。これは教育投資のコスト・エフェクティブネスの研究としても興味あるものである。この0.5パーセントの新規教育

投資増は年に数パーセントずつ増えつづけているスペインの国家予算の傾向からいえばそう大きな苦痛ではないと思われ，それがもたらす国家利益の大きさを考えるとコストエフェクティブネスから見て大変割のよい投資といえるのではないか。

(2) ＣＡＩのハードウエア

わたしたちの研究室のＣＡＩシステムのハードウエアは，次のようなコンフィギュレーションをもっている。

1．中央処理装置　HITAC－10

　　記憶容量　20kW(1 Word 16 Bit)

2．学習者用端末　2台

　A．タイプライター

　B．タイプライター（文字はカナ，英大文字，数字と，．＝－÷？！などの特殊記号）

　　これはCAI用に特別に設計されており，ファンクションキーとして，ANS(解答済) HINTなど8つをもっている。

　C．ランダムアクセスのできるスライドプロジェクター，収容枚数80枚（イーストマンコダック社のカローセル 950）

　D．ヴィデオテープレコーダー(VTR)

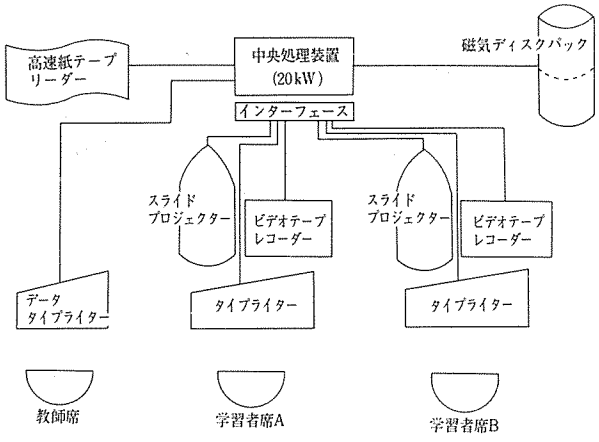
　　「動く映像」音声，音などを提示できる。これもランダムアクセスができるように特別のインターフェースがコンピューターとの間に挿入されている。

3．教師用データタイプライター

4．教材を収容するための外部記憶装置としてディスクパック。

　　記憶容量　250万ビット

ブロック図をかくと第一図のようになり，写真は第2図の通りである。



第1図　大阪大学人間科学部CAIシステムの機器構成

第2図

これらのタイプライターでは漢字が使えない。普通の漢字カナ交り文を提示する必要がある時はスライドプロジェクターを用いている。

さて，これでどんな教科が学習できるだろうか。われわれは過去2年間にわたり，幼稚園の園児から大学生までわれわれの実験室に来てもらい，英語の文法，理科の実験，算数，統計学などを実験的に学習させて結果を見てみた。そこでわれわれが得た知見としては，もし，教材さえよくできていれば普通の授業に見られないすぐれた効果を挙げ得るということであった。そこで今年からは，われわれが担当している教養部の心理学実験Bの一部のトピックをこの装置を用いて実施している。つまり，目下，一部実用化段階に入りつつあるというところである。

(3) CAIのソフトウエア

さて，CAIによる学習はハードウエアシステムがあるレベルまであれば，あとはソフトウエアの良否が学習を成功させるか否かの最大のヴァリアブルになる。

これには教科の教材そのものと，その教材の流れを制御し，展開していくためのオペレーティングシステムとの二領域がある。教科の教材は大体普通の講義1時間単位を「単元」として区切り，各単元はさらにステップに分けられる。学習者はステップバイステップに学習していくことになる。これがこの学習の特色の1つである。1単元は内容により普通，30ステップから100ステップ位に分けられる。

各ステップにはタイプライターにメッセージをタイプアウトさせるだけのものもあれば図とか漢字カナ交り文をスライドで提示するもの，ヴィデオテープレコーダーで動く映像や音声の説明を伴うものなどさまざまである。ランダムアクセススライドプロジェクターのトレー（5×5cmのスライドを80枚収容しているホルダー）はその単元ごとにとりかえるのが普通である。タイプライターにタイプアウトされる提示内容や学習者が正解した場合のフィードバック情報，

つまり「ヨクデキマシタ．ツギニススミナサイ．」とか「マチガイデス．モウ1ドヨク　カンガエナサイ．」などはテープでコアに読み込ますなり，ディスクに前もって入れておいて，そのコースのコードや単元の番号をキーインすることによってディスクからコアに随時呼び込むことになる。

オペーレーティングシステムの方はあらゆる教材の単元に共通で，端末のタイプライター毎にキーインされたものをコアによみ込んだり，コアにあるものをタイプアウトしたり，学習者によってキーインされた解答を予め入れてある正答と照合したり，時間制限をしたり，正答，誤答のカウントをとったり，割込み処理をしたりするプログラムである。これはＣＡＩシステムを開発しているプロジェクトチームの教育哲学なり教育思想の反映でもあり，これが教育学的に正しい方向にないといけない。ここに基本的な間違いがあるとＣＡＩは学習者を望ましい方向に伸せないし，創造性を培うことができない詰込み教育をすることにもなる恐れがある。ＣＡＩのシステムの開発は絶えずレベルアップをしていかねばならない仕事でどこかで終るということはない。このような仕事を多年にわたり一定の目標に向ってしかも未知の領域を開拓していくにはまず正しい教育思想が要求される。次に要求されるのはこの目標を実現する技術でシステム設計，プログラミング技法，さらにＣＡＩの場合，学習実験を通してよりよい理論構築をしていかねばならないので，そのような教育心理学的実験の技法も必要になってくる。このようなプロジェクトはチームメンバーの分担と協議によって行われ，それぞれの教材の学問領域の専門の学者の参加もなくては不可能である。

われわれのところの言語はまだ開発の途上にあり，目下アセンブリー言語を用いている。

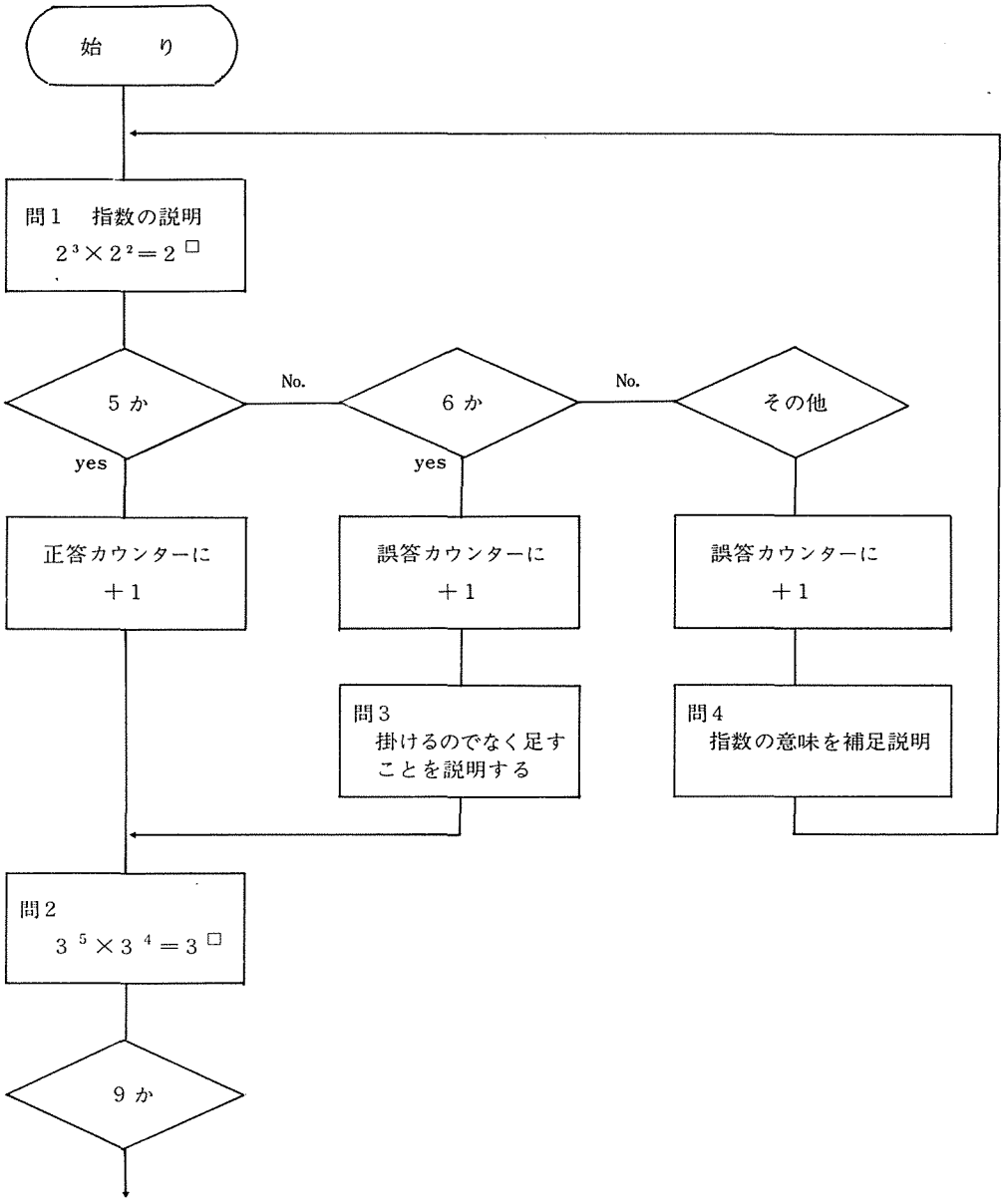
しかし，たとえば，大阪大学で生物学を教えている先生がこの実験室にきて，アセンブリー言語から勉強してもらわないとその生物学の教材がつくれないというのでは困るので教材を自動的にコードしていく「オートコーダー」というサービスプログラムがつくられていて，初心者でもこの用い方を数十分で習い，あとは自分の教えたい事柄を「教材の流れ図」とスライドの内容書にその内容を書いてくれば，あとは教材のコーディングが自動的に行なえるようになっいる。

また，このような学習装置では実際に学生に学習させた後，その教材を訂正しなくてはならないことがよくおこる。これは学習の質を高め，幅広い能力の学生にそれぞれ自分の学習能力を最高度に伸ばしてもらうために是非必要なことなので，そのためのサービスプログラムも目下開発中である。

最初にその単元のテープを読み込ますなりディスクから呼び込むなりすると，「ステップ」ごとのリストが作成されてタイプライターにタイプアウトされる。訂正したいステップの番号をキーインすると，そのステップを構成している全ステートメントがタイプアウトされる（普通3，4行から20行未満である。）その時各行には自動的に行番号が付加されるようになっているのでその行番号をキーインして，新しいステートメントをキーインして訂正したり，10飛びにつけられている行番号の間の行番号をキーインして行と行の間に新しい行を挿入したりできる。ま

た削除したい場合は行番号をキーインして「×」を打てば削除できるようになっている。

わたし達の研究室には毎年，現場の先生方が何人か各地の教育委員会の推薦を受けてＣＡＩの研究にこられる。この先生方は自分の教えようと思う単元（章といってもよい）をステップに分けて，流れ図に書いてみる(第３図)。そしてこれが授業のアルゴリズム(論理)からいって妥当かどうかをよく検討してみなくてはならない。ここに授業の流し方について先生方の千差万別の考え方がでてくる。



第３図　教材の流れ図

どれがいいかは教育心理学の実験と検証を経て決定されねばならないことで，直線型とかブランチング型とかその混合型とか，いろいろの方式について目下実験中である。

(2) ＣＡＩのもたらす効果とそのコスト

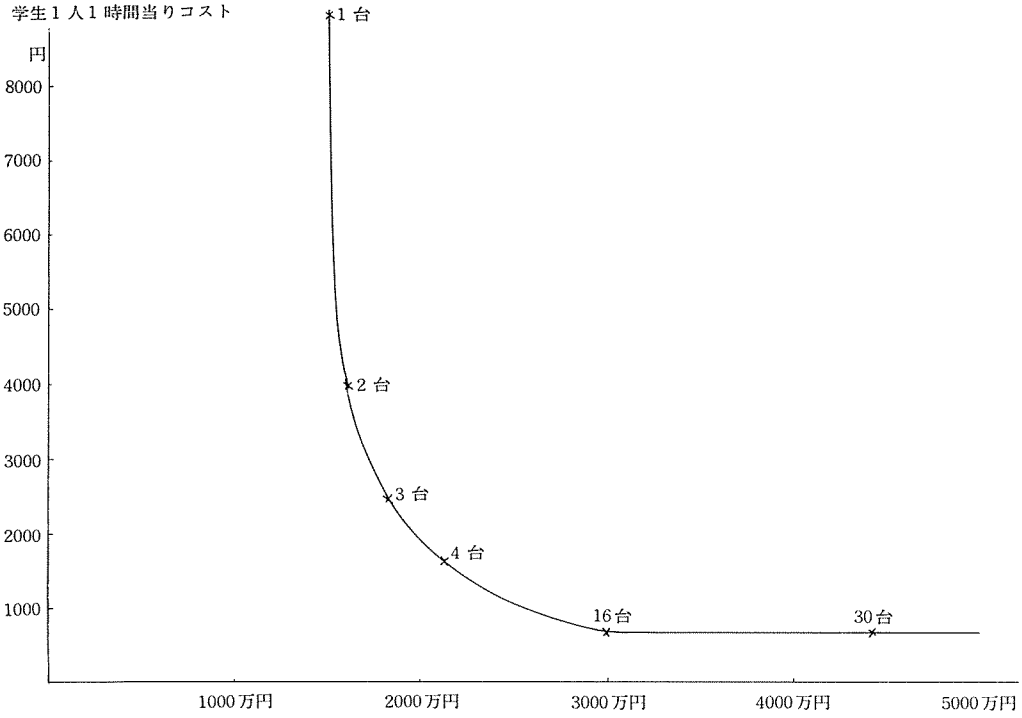
コンピューター自身まだつくられてから27年にしかならない若い機械であり，今後パターン認識とかホログラフィーを用いた記憶装置とかハードウェア面の技術開発がどこまで進むか誰も予測できない。もし，音声のパターン認識が技術的にもっと進むと教養部でやっている外国語の発音の学習で「アンブレラ」の最後の「ラ」が正しくない時，コンピューターの方で「アナタ　ノ　ハツオン　ハ／ʌmbrerə／デス.」とタイプアウトし，ことに最後の誤っているラのところは赤印字してくれるようになるだろう。ＣＡＩもハードウエアーの面でここまでくると発音の学習で大いに使いものになるだろう。

ソフトウエアの開発も無限であって，オペレーティングシステムは勿論，教材の「流し方」の研究がＣＡＩの実験を通して研究されるにつれて学習者の創造性をよりよく伸ばし，培うものが開発されるようになると思われる。従って現在の段階ではＣＡＩのもつ究極の効果というものは誰も予知できない。このことを承知の上，現在の段階で実現されているすぐれた効果とそのよってきたる所以は次のように概括できるだろう。

1）多人数でも個人ペースでそれぞれの学習者が学習できるので，一斉授業の時のように，ついていけないものが途中で脱落したり，優秀者が自分の能力をもてあますということがない。このことは教養部などで，留年者はその大部分を未然に防止できることを意味する。また優秀者は従来の一斉授業の半分ないし３分の２位の所要時間で完全にマスターし終ることがわれわれの実験を通してわかっているので，学部４年間のカリキュラムを３カ年で終えることのできる学生もかなりの数いると思われる。こういう学生は１年早く大学院に入ってもよいのではあるまいか。

2）学習者のさまざまな思考に合わせて前もってプログラミングできるし，学習者の多様化している能力に合わして，やさしいステップからむつかしいステップまで多段階的に用意しておき，学習者が学習し始めてから，その途中の成績をコンピューターに判断させながら，その学習者の思考方式と能力に最適のコースを随時細かく軌道修正できる。このことは留年予防には勿論，創造性の啓培にも非常によいのではないかと思われる。

ただ問題はコンピューターの中央処理装置や学習端末の値段がまだ非常に高価なことであろう。われわれのところで試算した結果にすると，次の第４図の通りである。この図によると学習端末の数が30以上になると，１学習端末当り，１時間のコストが約600円位になる。目下，コンピューターの値段は急速に下りつつあるのでもっと安くなることは予想できる。教育設備の投資についての政策立案ないし，決定者，その管理者にとってこれが高いか安いかは判断の分れるところであろう。ただし，長期の展望に立てば立つ程，これは安いという判断の方に傾くことだけは確かである。



第４図 ＣＡＩの学習端末当りの１時間のコスト

(5) 今後の展望と問題点

今世界中で一番大きなＣＡＩシステムはスタンフォード大学のそれで，地元のカリフォルニア州の小学校は勿論，遠く3000km離れたテネシー州やミシシッピー州の小学校とも電話回線を介して結ばれており，そこの小学生達はスタンフォード大学でつくられたすぐれたＣＡＩ用数学教材で学習できるようになっており，その端末の総数は数百台に及び１人15分位の学習単位で毎日千数百人の生徒がこれで学習を受けているという。

また，すでにいくつかの大学で実際に教えてみて効果をあげている領域に，医学，生物学，数学，統計学などがある。たとえば遺伝学の授業なども，遺伝子のさまざまな組み合せを学生自らシミュレーションモデルを使ってやってみるとその結果をすぐコンピューターが計算して出してくれるので遺伝現象の理解に非常に役立ち，従来の授業では挙げ得なかった効果をあげ得るということだし，宇宙科学でも，人工衛星の軌道について加速度をいろいろに変えることによってブラウン管(CRT)にさまざまの軌道をえがかせてみてよりよい理解をうることができる。これらコンピューターを利用するのでなかったら不可能な領域に使うことによって大学の教育をレベルアップできることは確かである。それには，そのような大学の教材を作成する作業をプロジェクトチームをつくって今後やっていかねばならないと思う。阪大の中で１人でも多くの先生方にこれを用いて授業効果をあげていただきたいと思うし，いずれは他大学や小，中学校の教室とも電話回線を介してネットワークをつくりあげたいと思っている。