

論文

コンピュータ利用展示の現状とCAI

The Present State of the Use of Computers and the Possibilities of CAI in the Museum Displays

高井芳昭
Yoshiaki TAKAI

I はじめに

現在の多くの博物館展示では、情報伝達は、博物館から利用者へと一方通行で行われる。

つまり、展示では、利用者から博物館へと意思を伝えることはできないのである。しかし、このことには問題がある。一例を挙げれば、利用者は展示を見て感じた疑問を即座に解決できないということがある。理想的には利用者の疑問は、すぐ、その場で解決されるべきであろう。そうでなければ、疑問の多くは、そのままにされ、やがて、解決されないままに忘れられてしまうと思われるからである。

また、現在の博物館展示は、一定レベルの利用者を想定して作られている。たとえば、展示の解説文は、中学生程度が理解できるように、作られることが多い。だが、これでは広範な利用者のさまざまな学習要求に十分に対応することは難しい。

コンピュータは、現在の博物館展示がかかえている、これらの問題を解決できるのではないか。また、コンピュータは、社会の中に、急激に浸透している。このことは、博物館展示に、どのような影響を与えているか。

それらのことを明らかにするために、筆者は、次のような調査を行った。

まず、コンピュータを利用した展示の現状については、主要な理工系博物館を中心に、実地調査を行った。次に、CAIについては、文献による調査を中心にした。

以上の調査を終え、この研究を発表するにあたり、御

指導頂いた埼玉大学博物館学主任教授、新井重三先生と、株式会社丹青社取締役、立教大学講師、佐々木朝登先生に感謝の意を表するものである。

II 社会へのコンピュータの普及

「これまでの社会では、情報体系が人間相互のコミュニケーション手段を提供してきた。

第三の波は、こうした手段を倍加する。そればかりか、歴史上はじめて機械同士のコミュニケーション、さらに驚くべきことには人間とそれを取り巻く情報環境、すなわちコンピュータ群との会話を容易にする。一步下がって、より大きな視野に立って見ると、情報体系における革命は、社会を動かすエネルギーと技術の基盤である技術体系の革命に劣らず劇的であることがわかる。」(注1)これは、A・トフラーの『第三の波』の一節である。トフラーは、コンピュータが情報体系における革命を引き起こし、社会を変革していくことを述べている。

なお、わが国において、コンピュータが普及していく様子を示し、かつ、先のトフラーの指摘を裏付ける一つの資料がある。それが、表-1「汎用電子計算機の実働状況の推移」(注2)である。これは、昭和40年度末から50年度末までの状況を示したものである。この表の最も下の段の合計だけを見ても、年を追って、コンピュータの実働数が増加していることがわかる。昭和50年度末の時点で、わが国の汎用コンピュータの台数は、35,305台で、アメリカに次いで、世界第2位であった。

このように、社会の中で、コンピュータは増え続けて

＊ たかいよしあき

株式会社丹青社科学造形研究センター

〒101 東京都千代田区外神田3-8-9 昌徳ビル

連絡先(自宅)

〒110 東京都台東区上野3-14-7

規模別		40年度	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
国内	大型	25 10,285	58 22,088	95 35,627	186 74,602	265 115,681	428 199,631	553 263,428	666 321,154	778 384,389	959 497,738	1,177 643,086
	中型	450 46,519	612 62,724	831 84,326	1,183 117,427	1,655 165,147	2,299 229,926	2,791 281,167	3,209 318,132	3,611 358,139	4,087 408,757	4,502 444,328
	小型	197 4,904	534 13,103	887 20,345	1,311 29,217	1,824 40,089	2,358 52,730	2,850 62,992	3,171 71,819	4,082 89,969	5,605 115,912	7,053 137,803
	超小型	401 2,553	544 3,509	671 4,229	858 5,603	1,214 7,967	1,626 10,698	2,350 15,026	3,485 23,304	5,865 37,638	8,188 52,178	9,731 60,347
	合計	1,073 64,262	1,748 101,426	2,484 144,528	3,538 226,851	4,958 328,884	6,711 492,986	8,544 622,613	10,531 734,409	14,336 870,135	18,839 1,074,584	22,463 1,285,563
金額増加率(%)		55.0	57.8	42.5	57.0	45.0	49.9	26.3	18.0	18.5	23.5	19.6
外国	大型	97 47,237	122 56,403	181 81,904	268 128,096	369 191,362	500 280,896	611 369,709	664 455,390	694 520,318	766 606,990	876 689,697
	中型	439 53,464	500 60,420	557 65,668	629 74,466	721 80,899	871 93,806	978 109,422	1,104 132,015	1,155 143,294	1,354 179,182	1,453 182,781
	小型	328 9,272	236 6,511	324 9,059	433 11,808	605 15,688	822 20,142	940 24,366	1,168 29,390	1,431 34,159	1,732 41,253	2,274 50,272
	超小型	0 0	0 0	0 0	1 6	65 326	578 3,391	1,736 10,110	3,788 22,077	5,827 33,944	7,404 44,387	8,239 50,031
	合計	864 109,974	858 123,335	1,062 156,632	1,331 214,376	1,760 288,275	2,771 398,235	4,265 513,607	6,724 638,872	9,107 731,715	11,256 871,811	12,842 972,781
金額増加率(%)		24.2	12.1	27.0	36.9	34.5	38.1	29.0	24.4	14.5	19.1	11.6
合計	大型	122 57,522	180 78,492	276 117,531	454 202,699	634 307,043	928 480,527	1,164 633,136	1,330 776,544	1,472 904,707	1,725 1,104,727	2,053 1,332,783
	中型	889 99,983	1,112 123,145	1,388 149,994	1,812 191,893	2,376 246,046	3,170 323,732	3,769 390,590	4,313 450,147	4,766 501,433	5,441 587,939	5,955 627,108
	小型	525 14,176	770 19,615	1,211 29,404	1,744 41,025	2,429 55,777	3,180 72,872	3,790 87,358	4,339 101,210	5,513 124,128	7,337 157,165	9,327 188,076
	超小型	401 2,553	544 3,509	671 4,229	859 5,608	1,279 8,294	2,204 14,089	4,086 25,136	7,273 45,381	11,692 71,582	15,592 96,566	17,970 110,377
	合計	1,937 174,236	2,606 224,762	3,546 301,160	4,869 441,227	6,718 617,160	9,482 891,221	12,809 1,136,220	17,255 1,373,282	23,443 1,601,850	30,095 1,946,396	35,305 2,258,344
金額増加率(%)		34.0	29.0	34.0	46.5	39.9	44.4	27.5	20.9	16.6	21.5	16.0

表-1 汎用電子計算機の実働状況の推移。上段セット数。下段金額（単位100万円）。通産省調べ。
（南澤宣郎『日本コンピュータ発達史』中央公論社，昭和57年）

いる以上，その影響は，博物館展示の中にも現れてくるはずである。そこで，次の章で，わが国のコンピュータ利用展示の現状について考察する。

III コンピュータ利用展示の現状

1. コンピュータ利用展示の3タイプ
まず，以下で扱う「コンピュータ」について，明確にしておこう。本稿で扱うコンピュータとは，超大型コン

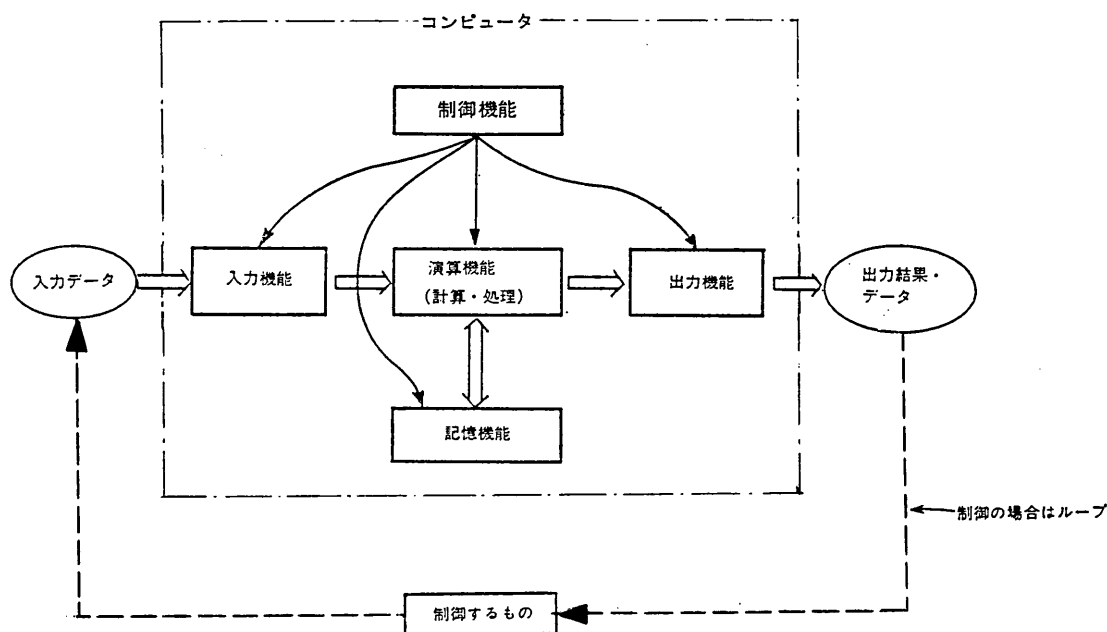


図-1 コンピュータの機能

(システム科学研究所、マイコン研究会著『センサー、コントローラの生かし方、マイコンのホビー活用』学習研究社 昭和57年)

→ 制御の指令

⇒ データの動き(流れ)

ピュータからマイコンまでを含む広範なものである。これらを一括しても、問題はないと考える。何故ならば、コンピュータの差は、計算速度やメモリー、容量等の違いが主であり、コンピュータとしての基本機能は同じだからである。

さて、このコンピュータの機能についてまとめたものが、図-1「コンピュータの機能」(注3)である。

コンピュータには、制御機能、演算機能、記憶機能、入力機能、出力機能という5つの機能がある。制御機能は、コンピュータの中核機能である。この機能は、他の4機能に指令を出し、働かせるのである。演算機能とはコンピュータの目的機能である計算・処理を行う機能である。次に計算機能であるが、これは、コンピュータを働かせるためのプログラムや、処理すべきデータ、計算の途中結果等を保管する働きである。入力機能は、コンピュータが外部からデータやプログラム等を取り入れる機能である。そして、最後の出力機能は、コンピュータの外部へデータや演算結果を出力したり表示したりする働きである。

以上が、コンピュータの内部の機能であった。しかし、このほかに、コンピュータの外部に他の機器を接続し、コンピュータでこれを制御する場合がある。この場合には、出力結果が外部の機器をコントロールし、さらにそ

のコントロールの結果がまた入力として、コンピュータに入るというループ機構になる。

さて、上述のようなコンピュータの機能をふまえ、現在行われているコンピュータ利用展示を見た時、それらは大きく3つのタイプに分けられる。すなわち、①コンピュータを目的とした展示、②コンピュータを手段として使った展示、③教育の目的で、コンピュータを手段として使った展示の3タイプである。

各タイプについて、図-1を用いて説明すると次のようになる。

①コンピュータを目的とした展示は、コンピュータという資料を見せることに主眼を置いた展示である。図-1では、「コンピュータ」の枠に相当する、装置そのものを見せるのである。その際、コンピュータの機能を具体的に示すために、館員による演示や、来館者による簡単な入出力の体験が行われることが多い。

②コンピュータを手段として使った展示は出力結果やデータ、さらに、それらに基づいて制御される外部機器の働きを見せることに主眼を置いた展示である。①のコンピュータを目的とした展示と異り、コンピュータ自体を見せることに重点を置いていない。

③教育の目的で、コンピュータを手段として使った展示は、②のタイプの展示と同様に出力結果やデータ、あ

るいは、コンピュータ制御下の外部機器の働きを見せることに主眼を置いた展示である。ただし、②のタイプと異なる点は、明確に教育を目的として、結果やデータが出力されたり、外部機器が作動することである。

これから、コンピュータ利用展示の3つのタイプについて、それぞれ具体例を紹介していく。

2 コンピュータを目的とした展示

このタイプの展示の具体例として、大阪市立電気科学館の「コンピュータをつかってみよう」という展示を挙げることができる。

その展示の様子を示したものが、図-2である。この展示では、コンピュータは、パーテーションでしきられ

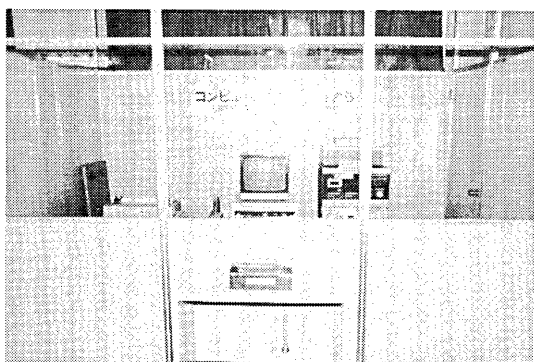


図-2 「コンピュータをつかってみよう」
展示状況（大阪市立電気科学館にて）

た部屋の中央に設置されている。そして、部屋の正面は大きな窓になっており、来館者はコンピュータの姿を全て見ることができる。さらに、図-3は展示されているコンピュータの装置の構成を示したものである。展示で

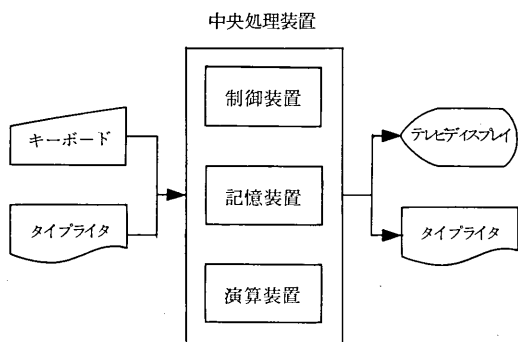


図-3 「コンピュータをつかってみよう」装置構成

は、各装置に「テレビディスプレイ」「タイプライター装置」等のネームプレートがついているので、各装置の

機能が一目でわかるのである。以上から、この展示が、コンピュータという装置を資料として見せるものだと判断できる。

なお、この部屋の外部正面に、キーボードが設置されている。これを使い、来館者はコンピュータに、データの入力ができる。ただし、このキーボードは、アクリルでカバーが施され、数値しか入力できない。さらに、このコンピュータを使って、来館者が試すことができるプログラムは、次の6つである。

- ①シソクエンザン〔四則演算〕
- ②スウヒョウツクリ〔数表作り〕
- ③シュウヘンノナガサノケイサン〔周辺の長さの計算〕
- ④マンネンカレンダー〔万年カレンダー〕
- ⑤デンキカイロノケイサン〔電気回路の計算〕
- ⑥メンセキノケイサン〔面積の計算〕

来館者が数値入力しかできないということと合わせて、プログラムのほとんどが数値演算であるということが、この展示では注目に値する。

他館でも、コンピュータを目的とした展示を見ることができた。調査した範囲では、いずれも、上述の例と同じように、コンピュータを資料として見せる展示であった。そして、他館の場合には、時間を決め、館員が演示を行う形式のものだった。そのため、演示をしていない時には、一層、コンピュータが物として展示されているように感じられる展示であった。

3 コンピュータを手段として使った展示

コンピュータを手段として使った展示の具体例として、本稿では、電気通信科学館の「似顔絵システム」を紹介する。

その展示状況を示したのが図-4である。来館者は、カメラの前の椅子に腰かける。すると、館職員がモニターテレビを見、来館者の顔がカメラにきちんと捉えられていることを確認する。続いて、キーボードを使いコンピュータに指令を入力する。しばらくすると、プリンターが来館者の顔を打ち出しはじめる。

次に、このシステムのしくみであるが、それを図-5「似顔絵システム」の装置構成（注4）に示した。

カメラが捉えた来館者の顔は、モニターテレビに映し出されると同時に、AD変換装置を経て、アナログ信号からデジタル信号へと変換される。つまり、来館者の顔は、各走査線ごとにビット信号に変換されるのである。

そして、このビット信号は、コンピュータ内に取り入れられ、メモリに記録される。続いて、キーボードから入力された指令に従い、一定のプログラムに基づいて、



図-4 「似顔絵システム」展示状況
(電気通信科学館にて)

ビット信号は処理され、プリンタに送られる。そして、プリンタからは、来館者の似顔として出力されるのである。

この展示では、来館者は、以上のシステムの構成やコンピュータの処理プロセスについて理解することは難しいと思われる。何故なら、それらについての解説は無いからである。

来館者が見ることができ、理解できるのは、プリンタの打ち出すのが自分の似顔であるということであろう。よって、この展示では、コンピュータの出力結果を見せることに主眼を置いてい可以说うことができる。

このタイプの展示には、他に、コンピュータゲーム、コンピュータ制御のロボット、コンピュータを使った作曲、さらに、少し特殊なものとしてビデオライブラリー(ビデオテープを代表例とする(注5))等を挙げることができる。いずれも、具体例として紹介したものと同様に、コンピュータが出力した結果やデータ、また、制御下にある外部機器の働きを見せることに重点を置いた展示である。そして、システムや装置を見せることを意図していない展示である。

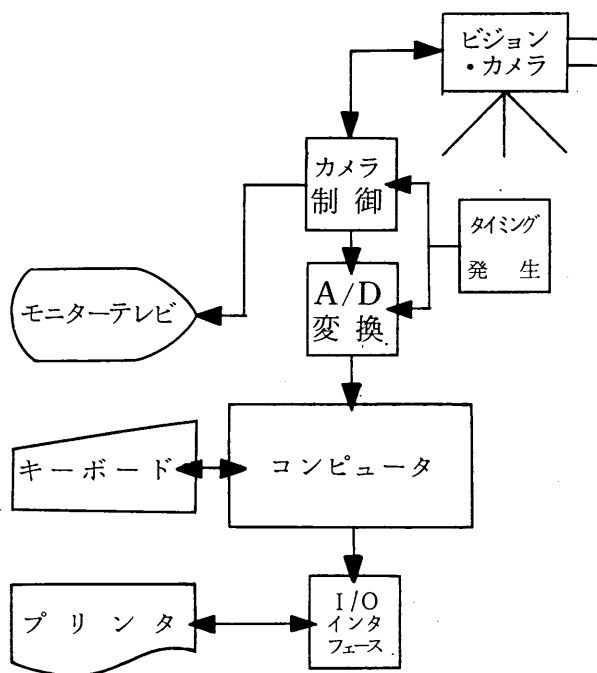


図-5 「似顔絵システム」の展示構成

4. 教育の目的で、コンピュータを手段として使った展示

その例として、電気通信科学館の「プログラムをつくってコンピュータに仕事をさせよう」を紹介する。

この展示の様子は、図-6に示す通りである。

ここで使用されているコンピュータシステムは、キー

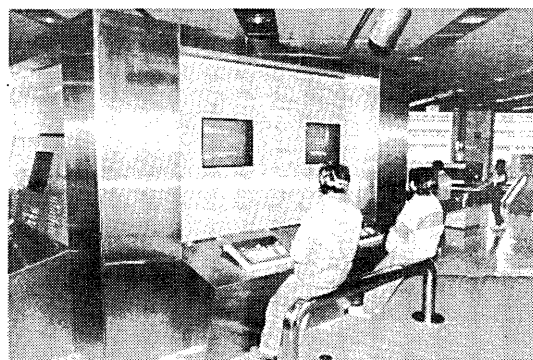


図-6 「プログラムをつくってコンピュータに仕事をさせよう」展示状況(電気通信科学館にて)

ボード、コンピュータ本体、CRTディスプレイである。

来館者は、CRTディスプレイの画面に出た指示に従い、そして、コンピュータの指示とは、プログラムの手本キーボードを操作し、プログラミングを行う。プログラミングが終了すると、そのプログラム通りに、コンピュータが仕事をするのである。

プログラムは4つある。①グラフィック、②年号変換、③体重変換、④平均値の計算である。来館者は、この4つの中から1つを選ぶ。その選択結果、すなわち、これからどのプログラミングをするかを、来館者はキー入力する。ここでは、①グラフィックを選んだとする。そうすると、CRTディスプレイに「ツギノトオリニキーヲオシテクダサイ」というテキストと、入力すべきプログラムが1行ずつ表示される。たとえば、グラフィックのプログラムでは、「100 CLS」と、まず表示されるのである。来館者は、キーボードを操作して、そのプログラムを入力する。そして、入力されたプログラムは、CRTの画面の上の方から順に表示されていく。もし、来館者がキーを誤って入力した時には、CRTの画面に「マチガッタイマス モウイチドヤリナオシテクダサイ」という表示が現れる。

プログラミングを終了すると、CRTの画面上には、図-7のようなプログラムが並び、「プログラムハカンセイシマシタ」というテキストが表示される。なお、図-7は、①グラフィックの場合のプログラム展開である。これは、コンピュータに円を描かせるためのBASICプログラムである。実際に、プログラム実行指令を入力すると、コンピュータはCRTの画面上に円を描き始める。

```

100 CLS
110 A=90
120 FOR C=1 TO 6
130 FOR R=0 TO 360 STEP C
140 Z=(A+R)*3.14159/180
150 X=320+210*cos(Z)
160 Y=90+90*sin(Z)
170 LINE @(320,90)-(X,Y),STEP C

```

図-7 『グラフィック』プログラム

コンピュータの指示に従い、来館者がプログラミングを行い、コンピュータに仕事をさせる。これは、①グラフィックに限らず、他の3プログラムにも共通している。

を指示し、来館者の入力の誤りを矯正し、プログラムが完成すれば、それを来館者に知らせるということであった。よって、この展示は、来館者に、プログラミングの方法を教育し、訓練するためのものであると考えられる。

なお、図-6からも明かなように、この展示で、来館者の注意が最も集中するところは、CRTディスプレイの画面である。その意味で、この展示は、出力結果を見せることに主眼を置いたものと言える。

従って、以上のことから、この展示は、教育の目的で、コンピュータを手段として使った展示と言うことができる。

他にも、このタイプに含まれる展示がある。

コンピュータクイズ、来館者に肥満度や栄養の過不足を教えてくれる栄養コンピュータ、パイロットの操縦訓練装置に手を加えたフライトシミュレーション等がそれである。

表-2 コンピュータ利用展示の現状

展示タイプ	展示展開例	博物館名
コンピュータを目的とした展示	演算の体験または演示	○大阪市立電気科学館 ○科学技術館 ○東京都児童会館 ○札幌市青少年科学館
コンピュータを手段として使った展示	似顔絵システム	○電気通信科学館
	作曲	○電気通信科学館
	コンピュータゲーム	○国立科学博物館 ○東京都児童会館 ○神奈川県立青少年センター ○大阪市立電気科学館 ○札幌市青少年科学館
	ロボット	○国立科学博物館 ○科学技術館 ○東京都児童会館
教育の目的でコンピュータを手段として使った展示	ビデオライブラリー	○国立民族学博物館 ○新潟県立自然科学館 ○サントリーウィスキー博物館
	プログラムをつくってコンピュータに仕事をさせよう	○電気通信科学館
	コンピュータクイズ	○国立科学博物館 ○埼玉県立博物館
	栄養コンピュータ	○国立科学博物館 ○科学技術館 ○神奈川県立青少年センター
	フライトシミュレータ	○国立科学博物館 ○新潟県立自然科学館 ○札幌市青少年科学館

5. 従来のコンピュータ利用展示について

現在のコンピュータ利用展示について、今まで述べてきたことをまとめ、さらに、それぞれの展示がどの博物館で行われているかを示したのが、表-2である。これは、筆者の調査結果をまとめたものでもある。今回の調査は、主要な理工系博物館を中心としたものであるため、この調査結果も、わが国のコンピュータ利用展示を網羅したものではない。しかし、現在におけるコンピュータ利用展示の大勢は捉えることができたと思う。従って、この表-2は、現在のコンピュータ利用展示に対する筆者の分類の根拠を示すものである。

さて、次に、これらの根拠に基づき、コンピュータ利用展示の3つのタイプが、相互にどのような関係になるかを考えてみる。

まず、コンピュータを目的とした展示であるが、これはコンピュータを資料として見せる展示である。そして、このほとんどは、コンピュータに数値計算をさせる展示である。

つまり、この展示は、来館者にコンピュータを会計機等と同じような計算機械という印象を与える展示である。

資料として、しかも、計算機械としてコンピュータを見せている点で、この展示は、コンピュータを利用した展示の中では基礎的なものと言えるであろう。

次に、コンピュータを手段として使い、その出力結果等を見せることに主眼を置いた展示がある。この展示では、コンピュータは四則演算等の単純な数値計算だけに使われているのではない。コンピュータのもつ汎用性(注6)が活用されているのである。

コンピュータを手段として、しかも、汎用性を意識して使っている点で、この展示はコンピュータをより良く使っていると見ることができる。このタイプの展示は、コンピュータを目的とした展示よりも応用的なものと言える。

最後に、コンピュータを手段として使い、出力結果等を見せることに重点を置いた展示ではあるが、明らかに教育を目的としたものがある。これも、第一のタイプの展示に比べれば、応用的であると言える。次に、このタイプの展示と第二のタイプの展示を比較してみる。両者は共にコンピュータを手段として使っている点で一致している。しかし、展示主体が、前者の展示では、鮮明に教育を意図しているのに対して、後者の展示では、教育を意図していない。これが両者の相異点である。この間の事情は、展示主体の意図によって、展示を教育展示とその他に分けることができることに対応するであろう。(注7)

以上に述べたコンピュータ利用展示の3タイプの関係

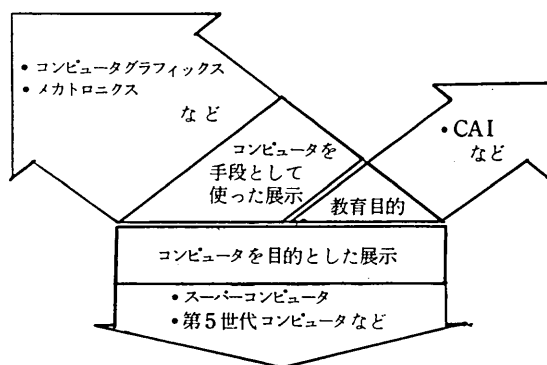


図-8 コンピュータ利用展示の3タイプ

を整理したものが、図-8である。

コンピュータの機能を十分に活用しているという意味で、コンピュータを手段として使っている展示は、コンピュータを目的とした展示よりも高度のものとして位置づけられる。

そして、コンピュータを手段として使った展示の中に、鮮明な教育目的をもったものが含まれることになる。

なお、図-8には、コンピュータ利用展示の現状だけではなく、将来像も含まれている。

3つのタイプの展示から、それぞれ、外に出ている矢印が、各タイプの展示の発展方向を示しているのである。

まず、コンピュータを目的とした展示ではスーパーコンピュータや第5世代のコンピュータが、やがては展示されるようになるであろう。このタイプの展示は、コンピュータという物を紹介する展示である。従って、スーパーコンピュータや第5世代のコンピュータ等の新しいコンピュータが開発され、(スーパーコンピュータは既に開発されているので、)入手し易くなれば、従来のコンピュータとこれらが交替することは自然だからである。

次に、教育以外の目的で、コンピュータを手段として使う展示では、コンピュータグラフィックスやメカトロニクス等の表現方法が使われるであろう。これは、コンピュータがINS(International Network System)に見られるように、すぐれたコミュニケーションのメディアであり、また、コンピュータグラフィックスやメカトロニクスは、コンピュータによって初めて実現された新しい表現方法であることに由来する。

最後に、教育の目的で、コンピュータを手段として利用している展示は、CAI等を取り入れる方向で発展していくことが予想される。そのことについて、次の章で

述べる。

IV 博物館展示とCAI

1. CAIの語義と開発の歴史

コンピュータは、教育の分野でも、さまざまな形で利用されている。教員の給与計算、成績処理などの教務的・事務計算、さらには、教授や学習にまでコンピュータが利用されている。しかし、ここでは、利用者（学校教育の場合には学生）に情報を提示するという点で、展示と深い関連を持つ、コンピュータを利用した教授や学習に的を絞って議論を進める。

さて、この「コンピュータ利用の教授＝学習システム」（注8）であるが、これがCAIなのである。つまり、CAIとは、Computer-Assisted Instructionの略称である。

ところで、このCAIは、ティーチングマシンに端を発している。（注9）教育を行う機械、ティーチングマシンは、アメリカで生まれた。

有名なものでは、1926年にオハイオ州立大学のブレッシーが「テストマシン」を、1954年には、ハーバード大学のスキナーが「ティーチングマシン」を発明した。その後、クラウド等によって、プログラムの複雑な分岐等が行われ、ティーチングマシンには改良が加えられた。しかし、ティーチングマシンの根本的欠陥は補うことができなかった。この欠陥とは、学習者のさまざまな目的や関心に応ずることができないということである。（注10）

一方、1946年には、世界最初のコンピュータ・ENIACがアメリカで誕生した。そして、コンピュータは、条件によって異った作業を命ずることができる条件分岐を本質とする。（注11）従って、コンピュータの誕生が、ティーチングマシンの根本的欠陥の克服を技術的に可能にしたのである。

実際、遅進児教育や黒人地域再開発計画（注12）の一環としての個別教育の必要性や軍事上、教育を改善する必要性から、1958年に、IBM等でCAIの開発が始まった。その後、1964年から68年に、アメリカを中心に、CAIの開発・研究は精力的に行われ、CAIは一応完成をみた。

現段階では、CAIには、3つの代表的なシステムがある。

①「個々の学習者がそれぞれ独自にコンピュータと会話を交わしながら、学習者の要求や学習状態、適性能力に適合させてそれぞれのペースでその適性能力を効果的に効率よく高めていく『学習の個別化』や

『教授の最適化』を実現するシステム。」（注13）

②「コンピュータによってはじめて可能になるコンピュータ制御のゲームおよびシミュレーションによる教育システムで、いわゆる黒板授業や通常の講義形式の授業では実現できない『コンピュータによって強化された教育』を行うシステム。」（注13）

③「単なる部屋やタイプライタや玩具などの受動的・静的環境を、コンピュータによってそれらが学習者に受け答えし教育的に積極的に働きかける『応答する環境（responsive environment）』に再構成し、いわゆる『コンピュータ利用による応答する教育環境』を実現するシステム。」（注13）

すなわち、①学習の個別化や教授の最適化を実現するシステム、②コンピュータによって強化された教育を行うシステム、③コンピュータ利用による応答する教育環境を実現するシステムという3つが、CAIの代表的システムなのである。

では、これらのシステムを使い、どのように学習が進められていくのであろうか。以下に、具体例に即して、CAIの学習形態を見ていこう。

2. CAIの学習形態

CAIの学習形態は大きく5様式に分けることができる。(1)練習演習様式（drill and practice mode）、(2)個別教授様式（tutorial mode）、(3)問合せ様式（inquiry mode）、(4)ゲーム・シミュレーション様式（game and simulation mode）、(5)問題解決様式（problem solving mode）がそれらである。これらの5様式について、具体例を挙げて紹介する。

(1) 練習演習様式

CAIシステムを利用して、基礎的な知識や技能の練習・訓練を行うものである。この様式では、学習者とコンピュータの外面上の相互作用、つまり、入出力は簡単である。

この様式の例として、スタンフォード大学が開発した算数の練習演習様式プログラムを紹介する。このプログラムは、教師が教室であらかじめ教えた概念について、生徒にドリルと復習を行わせるように設計されたものである。学習指導の面では補助的な役割を果たすものと言える。

このCAIの教材は次のような構成である。

カリキュラムは小学校1年から6年までのいくつかの一連の教科書に取り入れられている数学概念の展開と一致するように、ブロック化して系列的に配列してある。

—小 学 1 年—

ブロック	内 容
1	数を数える：0～9までの数
2	順々に数を数える
3	4までの和
4	4までの和：縦書き形式、混合型
5	4までの差：縦書き形式、混合型
6	6までの和：縦書き形式、混合型
7	7までの和：縦書き形式、混合型
8	7までの差：縦書き形式、混合型
9	9までの和：縦書き形式、混合型
10	10までの和：縦書き形式のみ
11	10までの差：縦書き形式のみ
12	10までの和：変数項がある型
13	10までの差：変数項がある型
14	10までの和と差：横書き形式
15	10までの和と差：縦書き形式
16	10までの和と差：変数項がある型
17	10までの和：3数のたし算
18	位ごとのたし算：10以上20未満の数でくり上りなし
19	位ごとのひき算：くり下りなし
20	たし算とひき算の混合型、位ごとの計算、和・差が10になる
21	たし算とひき算の混合型、大小比較
22	1位数と2位数の位ごとのたし算とひき算
23	10までの和： $a + b = c + d$ 型
24	10までの和：変数項がある $a + b = c + d$ 型
25	特別なたし算とひき算
27	特別な混合ドリル

表-3 練習演習様式プログラムにおける概念ブロックの例 (W. H. ホルツマン編, 木村捨雄, 細井正訳『CAI システム II』共立出版1972年)

また、個々のプログラムは学年水準ごとに、20～27個の概念ブロックから構成されている。表-3はその概念ブロックの例である。これは、小学校1年生のプログラムであるが、他にも、6年生までプログラムが用意されている。

さて、それぞれの概念ブロックには、事前テスト、5日間のドリル、事後テスト、そして、数組の復習ドリルと復習の事後テストが含まれている。

これらのドリル問題は、スタンフォード大学内のコンピュータと電話回線で接続されて制御される端末機を通じて、生徒一人一人に提示される。その際、生徒によって問題は異っている。問題が提示されると、生徒は、キーボード付きのテレタイプを使って応答する。

つまり、学習は、コンピュータと生徒との間で、会話をかわしながら進行していくのである。以下に述べるのは、その会話の様子である。

生徒は各自に割り当てられた生徒番号と名前 (first name) をタイプしてコンピュータに指令を送る。それに応じて、テレタイプは、その生徒の苗字 (last name) をプリントし、適切な一組の問題を提示する。そして、その日の問題提示のベースは、その生徒自身によって決められる。図-9は、このプログラムの問題提示と応答形式の例である。(注15) テレタイプはこの

学年	ブロック	問 題	学年	ブロック	問 題
1	1	HOW MANY M'S... R R R R R M R R R R R M	4	2	3 6 -2.3
		...	4	6	3 10. AND 2 FT. = ... FT.
1	2	COUNT. 10 11 ... 13	4	9	36 X (28 + 34) = (... X 28) + (... X 34)
1	4	3 + 1 = ...	5	4	... X 11 = 33
			5	5	2 9 4 ... 15
2	4	9 + 1 = 5 + ...	5	6	1/3 OF 18 = ...
2	5	7 + N = 9 N = ...	6	4	5 / 9 5
2	9	1.1 2...2	6	5	TYPE THE MISSING NUMERATOR OR DENOMINATOR. 2/3 = .../9
2	9	1.0 2...3	6	6	TYPE - OR - OR + 3 + 8 ... 9 + 4
3	1	... + 35 = 38	6	7	(17 X ...) + 9 = 28722
3	4	2 3 1 4 +2.1			

図-9 1年～6年の練習-演習様式プログラムの問題提示-応答形式 (前出『CAI システム II』より)

ような問題の一つずつプリントしていく。その後に、生徒は、点線でアンダーラインが施された箇所へ答えをタイプするのである。その時、答えが正しければ次の問題に進む。答えが誤まっていれば、テレタイプは「違います。もう一度やり直しなさい (NO TRY AGAIN)」というコメントと、もう一度、同じ問題をプリントする。3回目も誤答を入力すると、正しい答えを与えてから、テレタイプは自動的に次の問題を提示する。

なお、生徒に提示されるドリル問題の難易度は、事前テストの成績、または、前日までのドリルの成績によ

事前テストからドリル*		ドリルからドリル	
正答率(%)	ドリル指定水準	ドリル D_i 正答率(%)	ドリル D_{i+1} で指定される水準
0 ~ 19	1	0 ~ 59	1水準下げる
20 ~ 39	2	60 ~ 79	前日と同じ水準
40 ~ 59	3	80 ~ 100	1水準上げる
60 ~ 79	4		
80 ~ 100	5		

* 事後テストから復習ドリルへ移るときも同じ規則を用いる

表-4 枝分れの基準 (前出『CAI システム II』より)

で決定される。表-4に示したように、生徒の成績が正答率80%以上であれば、翌日のドリルは困難度が一水準上げられる。逆に、59%以下の成績であれば、一水準下がったドリルへ枝分かれされる。それ以外は前日と同じ難易度のままである。このことを表わしたものが、図-10の上段のドリル問題提示の流れである。(注16) この図から、成績に応じて枝分かれが実施され、生徒に提示される問題の難易度の最適化が計られている、ということがわかる。

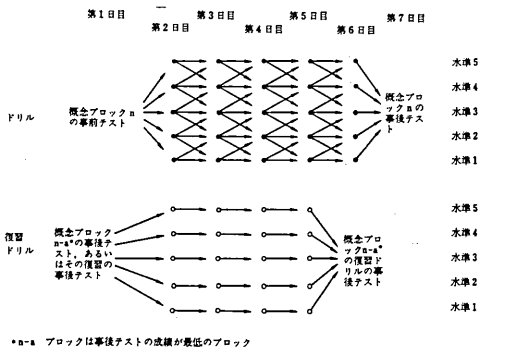


図-10 7日間の概念ブロックの枝分れ構造
(前出『CAI システム II』より)

ところで、図-10の下段に展開されている復習ドリル最適化のメカニズムであるが、これは、生徒の過去の学習履歴との関数で、復習ドリルの問題が決められることを示している。つまり、過去に学習した所で、成績が悪かった所から、復習ドリル問題は重点的に出題されるのである。従って、復習ドリルは、生徒間で単元（ブロック）の異なったものになる。このことは、先に述べた普通のドリル問題が、難易度こそ異なるが、全ての生徒に対して全く同じ単元（ブロック）であることと対照的である。

この練習演習様式を展開するCAIは、学習の個別化や教授の最適化を実現するシステムだと言える。何故ならば、生徒はコンピュータと会話を交しながら、自分のペースで、コンピュータの選択してくれた自分の学習状態に最も適した問題を学習できるからである。

(2) 個別教授様式

個別教授とは、学習者と教師が一对一で、教授・学習過程を展開することを指す。CAIを利用した個別教授様式では、コンピュータが、この教師の役割を果たすのである。この場合には、教授過程は、全て、あるいは、ほとんどコンピュータの制御下に置かれているのである。なお、CAIシステムの基本型は、この学習形態を想定して作成されている。

従って、この様式をとるCAIは、最も典型的なCAIシステムと言うことができる。

さて、その個別教授様式の具体例を以下に紹介する。これも、先に紹介した練習演習様式のプログラムと同様に、スタンフォード大学で開発されたものである。

ブロック	レッスンの数				内 容
	標準カリキュラム	修正カリキュラム	用	ドリル	
1	8	1	0	0	学習端末の使い方
2A	7	5	0	0	集合の導入
2B	3	3	0	0	等しい集合を対応づける
3A	5	4	0	0	要素が一つである二つの集合の結び
3B	3	1	2	2	空集合の結び
4	11	4	1	1	図形——正方形、円、三角形、線分の識別を学習する
5	7	6	0	0	集合の等式の集合
6A	8	7	0	0	数詞0、1、2の導入
6B	9	8	1	1	自然数表記法の導入、数字3、4の導入
7A	5	5	1	1	自然数表記法を用いた和(0-4)
7B	5	0	0	0	数字を使って和を求める。キーボードで答える(0-4)
8	8	2	0	0	復習
9	8	7	1	1	たし算
10	9	2	1	1	図形
14A	4	0	1	1	線分を測る
14B	4	0	1	1	円型の図形、平分の意味
15	6	7	1	1	たし算の式の整合(0-9)
16	7	5	1	1	数を表わす語、ONE-SIX
17A	6	5	2	2	数を表わす語、ZERO-TEN、加数3個の9までの和
17B	9	1	1	1	ひき算
18A	11	6	0	0	6までのひき算の組合せ
18B	6	2	2	2	たし算とひき算を関係づける
19A	12	1	2	2	図形、同じ図形を照合する
19B	11	3	1	1	部分集合
20A	4	3	2	2	復習
20B	6	3	2	2	ひき算、 $c-a=b$ 、 $7<c<9$
21A	11	0	0	0	数を数えて、19までタイプ
21B	6	2	0	0	プレイスバリュー(place value)を含む計算
22	17	6	1	1	数直線を使ったたし算
23	14	1	1	1	10ずつ数える
24	19	2	2	2	5ずつ数える
25	14	2	1	1	たし算組合せ(10-15)

表-5 小学1年のカリキュラム概要—Brentwoodの個別教授様式数学プログラム(前出『CAI システム II』より)

このシステムが扱っている教材は、小学校1年生を対象とした初等数学である。表-5は、そのプログラムの概要を示したものである。(注17)これらの教材は、音声および視覚ディスプレイ装置を使って提示される。それに対して、生徒は標準キーボードで応答するか、または、ディスプレイ上に表示された回答の選択の一つをライトペンで指定して応答する。つまり、教授・学習は、コンピュータと生徒との間で会話形式で進められていくのである。この会話の様子を以下に述べる。

「まず、各生徒はステーションルームに来て、指定されたステーションのCRT画面上に表示された自分の名前を探し、ヘッドホンを着用する。そしてCRTの画面上に表示されている「笑顔」をライトペンで指し示して、プログラムを開始させる。(注18)」すると、たとえば、次のような問題が提示される。「集合を表現するための中カッコの中に乗用車の絵とトラックの絵があり、その右に並べて等号がCRTの画面上に表示される。この表示に伴って、同時に次の音声メッセージが与えられる。

「この集合には二つの要素がある。」

このメッセージに続いて、さらに二つの集合、一つは空集合、一つは汽車と蒸気シャベルを含んだ集合が、お

のおの、その先頭に箱形のマークをつけて、初めの集合の絵より下のところに映し出される。そして、次のような音声メッセージにより、選択を促す指示が生徒に与えられる。

“二つの集合をもつ、もう一つの集合は どれか?”

このとき、生徒にライトペンで応答することを知らせる信号として、小さい“P”という文字(ペンのP)がCRTの一角に表示される。生徒が正しい方の集合の前に表示されている箱形のマークをライトペンで指示すると笑顔が映し出されて、

“そうです。その集合は同じ数の要素をもっています。”

という声が聞こえて、次の問題へ進む。もし、生徒が20秒以内に答えなかったなら、

“下の集合のどちらが二つの要素をもっていますか?”

という声が聞こえ、悲しそうな顔が映し出される。

このカリキュラムのほとんどの問題は、正答に達するまでに三回の応答の機会が与えられるようになっている。三回とも誤答すると、正答、つまり、正しい選択がどれであるかを指示する矢印が表示され、短い音声メッセージが与えられる。」(注19)

このような教授・学習から、コンピュータは、生徒の学習状態を把握し、評価し、適切な教授を処方するのである。その様子を表わしているのが、以下の記述である。

「演習問題に対する第一回目の応答で正答した数を累積し、基準と比較されるようになっている。必要とされる正答数に達すると残りの問題をとばして、次のレッスンに進む。

生徒が基準に達することに失敗したとき…(中略)…直ちに矯正レッスンに分岐される。そのレッスンでは、同じ種類の問題ではあるが、よりやさしい語彙と構文を用いて、ゆっくりとしたテンポで考え方の展開を進めていくのである。もし、矯正レッスンでも基準に達しない場合は、そのプログラムは停止され、監督者からの援助を求める呼び出し指令が自動的に監督者用ステーションにタイプされる。」(注20)

以上から明らかなように、このプログラムでは、学ぶのが速い生徒は、遅い生徒に比べて、かなり先へ進んで学習していくことができる。また、学習の遅い生徒も矯正レッスンで、学習の徹底をはかることができる。

つまり、この個別教授様式を展開しているCAIは、学習の個別化、教授の最適化を実現するシステムだと言える。

(3) 問合せ様式

この様式では、学習者が主体的に自由に、コンピュータを呼び出し、問題や説明を要求したり、計算を依頼すると、それらに対して、コンピュータが必要なデータを提供するという学習が展開されるのである。この学習様式は、コンピュータが教授情報を提示し、学習者がそれに解答するというコンピュータ主導型の学習ではない。自学自習方式の図書館学習の代行と言えるものである。

ここでは、問合せ様式の例として、ISVDによる学習展開を紹介する。

ISVDは、“Information System for Vocational Decisions”, すなわち、「職業決定のための情報システム」の略である。このシステムを一言で言うならば、学生の進路選択に関してコンピュータがガイダンスを行うシステムである。これは、ハーバード大学と、ニューイングランド教育データシステムという団体によって開発されたものである。

まず、ISVDの構成であるが、これは、図-11のように、ガイダンス機とデータファイルとから成っている。(注21)

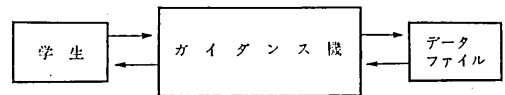


図-11 ISVD認識環境の模式図
(前出『CAIシステムII』より)

データファイルは、13ある。その内、職業、軍隊、教育、個人と家族生活、学生の特性という5つが、主要なデータファイルである。

データファイルには、正確さ、完全さ等を吟味された、広範で膨大な量のデータが収められている。たとえば、職業データファイルでは、850種の職業について、賃金、教育、身体的要件、労働特性、必要な高校の履習課程等、50項目に渡るデータが集められているのである。データの構成は、どのデータファイルでも、ほぼ共通しているので、データファイル全体では、非常に大量のデータが収集されていることがわかるであろう。

そして、このようなデータ群の中から、学生が必要な時、必要とする場所で、必要なものだけを、すぐ、取り出せるようにするのがガイダンス機である。ガイダンス機は、データファイルと学生の間に介在して、学生がデータにアクセスしたり、逆に、学生にデータを提供するのを手助けするのである。さらにこのガイダンス機は、意思決定モデルに基づいて、意思決定の各段階を教え、

学生がモデルに従った意思決定プロセスを進むように、働きかけるのである。

つまり、ISVDとは、ある一人の学生が自分自身を理解し、その上で、進路についていくつかの具体案を定め、それらの案の中から、自分に最適な進路を選択するために、ガイダンス機を介して、データファイルを使わせる相互交渉的なシステムなのである。学生は、このシステムを使い、自分に適した進路を知ることができるだけでなく、データ処理と意思決定の能力を高めることもできるのである。

では、次に、ISVDでの、学生とコンピュータとの間の相互交渉過程を示し、学生のデータ処理、意思決定を、ISVDが、どのように助けているかについて述べる。

図一 12 が、その相互交渉の様子である。（注 22）

図一 12 ISVDによるガイダンスの展開例（前出『CAIシステムⅡ』より）

この例の中でコンピュータのアウトプットはCと大きい文字で、学生のインプットはSと小さい文字で示す。

C：今日はなにをしたいか。

S：来年志願する大学について考えてみたい。

C：君は、これまで、大学進学についてこのシステムを使って探索したことがない。そこで、最初に次のことを知りたい。君は、意中に進学したい大学があるかどうか。もしあれば、その大学名をタイプしなさい。なければ、NOとタイプしなさい。

S：ハーバード大学、ボストン大学、パークレイ。

C：よろしい。進学したい大学を調べるとき、どういうことをやったか。大学案内を読んだり、学生相談員と話し合ったか。できるだけ完全な文で答えなさい。

S：私は、ハーバード大学とボストン大学の大学案内を読んだ。私は、学生相談員と話し合い、二、三度、ハーバード大学の人と会った。私の父はパークレイに行ったので、私はそこへ行きたい気がする。

C：これからの文は、君のいったことを機械が理解したり分析したものである。君は、この問題について家族や学生相談員と話し合い、大学案内を読み、大学当局のひとと話した。

これら以外に、これまで君がやっていないのなら、やってみたらよいと思われることがある。君は、先生とこの件について話し合うとよい。さて、君がこのシステムを使わずに調べた進学希望大学の一覧を見なさい。これが君の現案である。

ハーバード大学、ボストン大学、パークレイ。

さて、君が進路を決めたり、いくつかの大学を考える

これから明らかなように、ISVDでは、学生に対して、まず、導入が行われ、次いで、何をやりたいかが尋ねられる。それから、コンピュータは、学生の答えを処理し、学生が問題としているのは、どの領域であるかを明らかにする。その上で、この領域に関して、探索か明確化か、学生に決定をせまり、そして、必要なデータを学生に提供するのである。

学生が、ガイダンスを打ち切るまで、この過程は、くり返される。そして、適宜、今まで検索されたデータは要約され、学生の復習に役立つように提供されている。

以上より、この様式では、コンピュータが主導して、教授、学習を展開しているのではなく、学生の問いかけを誘発するように働きかけ、学生の問い合わせに積極的に答えているのがわかるであろう。つまり、学生の主体性が失われないように配慮していると言えよう。

に役立ったと思うことをタイプしなさい。重要度の順にそれらをタイプしなさい。

S：面接と父との話し合い。

C：よろしい。大学の選択を行う前に、君は、どのような事柄が志願する大学を選ぶときに重要であると思うか。

S：学業成績とクラス内の順位。

C：ほかには。

S：授業料、試験の成績。

C：ここに、他の学生が重要だと思った事項がある。(1)学科の選択、(2)課程の選択（高校の専攻）、(3)学業成績、(4)クラス内順位、(5)入学試験の成績（PSAT＜進学指導用適性テスト＞、SAT＜進学適性テスト＞、CEE B＜大学入試委員会テスト＞、ACT＜大学協会テスト＞）、(6)課外活動、(7)将来の就職計画、(8)大学進学の目標、(9)大学卒業後の教育・訓練。

C：君のは次のとおりである。

学業成績、クラス内順位、授業料、入学試験の成績。両方のリストを見て、そこから君が大学の選択を考えるのに重要だと思うすべての事項をタイプしなさい。

S：高校の課程、学業成績、クラス内順位、入学試験の成績、授業料、将来の就職計画。

C：よろしい。このISVDのシステムで大学の選択について考えるのにいくつとおりかの方法がある。

君は、大学を選択するために必要な種々の事項について、ある情報を提供するようになっている概念スクリプトを使ってもよいし、進路決定ゲームをしてもよい。進学先について確信を得たいという君に似た学生のデータ

を使って、彼の代わりに大学を選ぶ過程をたどっていく。

もし、君の意中に、ある特定の大学があるなら、教育データファイルを使って、その大学に関するデータを得ることもできる。望むなら、好みを示す文で、君の好みに非常によく合う大学のリストを出させることもできる。あるいは、君は最初に意思決定のユニットを選ぶこともできる。そのユニットは意思決定に関連して君自身や他のことを理解するのを助けてくれるものである。なにをしたいか。

S: 教育データファイルを使う。

C: 君は、教育データファイルを選んだ。(実験的な段階であるので) 次の大学について扱えるようになっていく。ハーバード大学(男子)、ゴーチャー大学(女子)、パークレイ大学(大規模な州立大学)、ボストン大学(宗教団体)、カーネギー大学(技術訓練学校)。次の四つの事項も扱える。

経費(授業料、部屋代と食費、その他の料金を含む)、入学試験の必須科目、選抜の基準、高校時の所要履修課程。

さて、君はこの詳細データのどれでも望むものを質問しうる。

クエスチョン・マークを使わないこと。いつでもやめたいときは、STOPの文字をタイプしなさい。

S: ハーバード大学へいくのに経費はどれほどかかるか。

C: ハーバード大学の授業料は、実験費や保健費を含めて年間2000ドルである。寄宿舎の部屋代と食費は1170ドル。学外居住学生の費用は25ドルである。書籍代と文房具費は年間約70ドル。個人的支出は、部屋の什器、衣類、洗濯と掃除、レクリエーション、その他の私的費用(旅行を除く)を含めて約375ドル。

S: ボストン大学と比べるとどうか。

C: ボストン大学の授業料は1600ドルである。寄宿舎の部屋代と食費は1050ドル。他の書籍代、支給品費を含む経費は約100ドル。実験費が100ドルで、寄宿女子学生の保健費が30ドル。

S: ボストン大学へはいるには、高校でどういう課程を履修しなければならないか。

C: 必要単位数は定まっていないが、最低次のものが必要である。英語(4)、代数(2)、平面幾何(1)、外国語(2)、三角法($1/2$) (数学、生物学、化学、物理学を専攻する者)、生物学、化学または物理学(2) (上記の自然科学を専攻する者および看護学部への志願者)、教養選択科目(5)。

S: どのような入学試験が行われるか。

C: ボストン大学ではSAT(進学適性テスト)と3種のアチーブメント・テストが行われる。英語IまたはII、数学のうち志願者が選択する1科目。

S: パークレイ大学もSATをやるか。

C: 高校時の平均成績、取得単位または履修科目の不足した者、または無資格高校の卒業者はCEE B(大学入試委員会テスト)で入学資格が得られる。入学志願者に対しては、英語、それに、社会または外国語のうちの1科目、数学または自然科学のうちの1科目、計3科目のアチーブメント・テストが行われる。カリフォルニア在住の者には、SATの合計点が1000点以上、3科目のアチーブメント・テストの得点が、1科目最低500.0点以上で合計1650点以上なければならない。州外の者は、SATの得点が1100点以上、3科目のアチーブメント・テストの合計点が1725.0以上必要である。

S: そこの経費はどれほどか。

C: パークレイ大学の授業料は、州外学生は3学期は年間980ドルである。カリフォルニア在住者は無料。部屋代と食費は600ドルから940ドルまでである。臨時経費が242ドル。学生会費11ドル。書籍代と文房具費が約80ドルから110ドルまで。

S: 学生の選抜はどうやっているか。

C: パークレイ大学は、志願者を高校の成績記録とCEE Bの成績で選抜する。同窓生の関係や在住地域は関係しない。

S: ハーバード大学はどうか。

C: ハーバード大学は次の基準で選抜する。高校の生活記録、高校の推薦、CEE Bの得点。また、志願者個人の性格、人格および課外活動への参加状況が重視される。特殊能力や興味も考慮される。

S: ゴーチャー大学へ行くにはどれほど経費がかかるか。

C: 授業料、部屋代および食費、実験費を含む総合費として年間2950ドルである。学生活動費が13ドル。保健費50ドル。体育館用品費27ドル。その他の書籍代、文房具費などが約100ドル。

S: どのような課程を履修しておかなければならないか。

C: 16単位は必須で、次のものが望ましい。英語(4)、数学(3) (2単位は代数、1単位は幾何)、1種類の外国語(3)、歴史(2)、実験科学(1)。リスト以外の選択科目は、入試委員会が入学資格単位として認めることがある。

S: どのように学生を選抜するか。

C：ゴーチャー大学は、高校時の成績記録、学校の推薦、試験の成績を選抜の基礎にする。他の重視事項は、個性、課外活動への参加状況、個人の興味である。同窓生関係や在住地域も考慮される。

S：ここでやめたい。

C：これまでやってきた教育データファイルの探索の要約をしたいか。

S：はい。

C：よろしい。

君は、ハーバード大学については、次の事項に関するデータを得た。授業料、部屋代、食費を含めた経費、学生の選抜方法。

ボストン大学については、次の事項に関するデータを得た。授業料、部屋代、食費を含めた経費、入学するための望ましいまたは必要な履修科目、受験すべき入学試験。

バークレイについては、受験すべき入学試験、授業料、部屋代、食費を含めた経費、学生選抜の方法。

ゴーチャー大学については、次の事項についてのデータを探索した。授業料、部屋代、食費を含めた経費、学生選抜の方法。

君は、カーネギー大学についてはデータを探索していない。

さて、振り返ってこれらの大学についてもっと知りたいことがあるか。

S：ない。

C：明確化の段階に進みたいか。

S：はい。

C：君は、これまで調べた次の大学のうち、どれに志

願したいと思うか。ハーバード大学、バークレイのカリフォルニア大学、ボストン大学、ゴーチャー大学。

S：ボストン大学、あるいはバークレイとハーバード大学。

C：このリストは君の選択順か。つまり、最初のものが最も望ましいものか。

S：違う。

C：選択順にタイプしなさい。

S：ハーバード大学、ボストン大学、バークレイ。

C：君は、選択案ハーバード大学について明確化へ進むよう決定した。君は教育データを使いハーバード大学に関するデータを得ている。

探索のとき、君は次の事項が大学の選択を考えるのに重要であると考えた。学業成績、クラス内順位、入学試験の成績、履修科目、入学目標。

さて、君は、ハーバード大学に入学した者と同じくらい、これらの事項との関係で、その大学を選んだ根拠について、かなりはっきりした考えをもっているに違いない。そのとおりか。

S：もっていない。

C：探索にまでもどって、君とハーバード大学の学生とを比較してみたいか。

S：いいえ。

C：ほかのことをやってみたいか。

S：はい。

C：なにをやりたいか。

S：就職について知りたい。

C：どうやってそれを知りたいか。

S：職業データを使ってみたい。

C：よろしい。

図-12 ISVDによるガイダンスの展開例（前出『CAIシステムⅡ』）

(4) ゲーム・シミュレーション様式

コンピュータのもつ独自の能力（たとえば、高速計算、乱数発生、ディスプレイ能力等）を利用して、自然科学、社会科学における各種の多様な原理、法則や現象をシミュレーション・モデルやゲーム・モデルに構成し、コンピュータに記憶させる。学習者はこれらのモデルから発生される多様な現象に働きかけ、単なる現象のみならず、その背後に存在するモデルを支配している原理や法則を発見的に学習したり、モデルそれ自体を構成したり、ゲームを展開していくという形で学習が展開されるCAIの適用形態が、ゲーム・シミュレーション様式である。

この様式的具体例として、硫化物の定性分析をするシミュレーション様式のCAIを挙げる。このCAIによって、利用者は、分析に関する技術を使いこなさなくて

も、それらを理解してさえいれば、実験室で時間を費さなくても、試料の判定をしたり、化学原理を適用したりする体験ができる。

図-13は、このシミュレーションプログラムの概要を示すフローチャートである。（注23）また、図-14は、このシミュレーション様式における、学習者とコンピュータとの会話の一部を示したものである。（注-24）ここでは、利用者は、コンピュータの指図に従って、普通の実験室での操作に相当する一連の分析行動（添加、ろ過、水洗、加熱、炎色反応等）を行う。

そして、未知の試料に対するこれらの分析行動の結果は、タイプライタで印字されたり、あるいは、カラーズライドで表示されたりする。それらの表示をもとに、学習者は、未知の試料が何であるかという結論を下してい

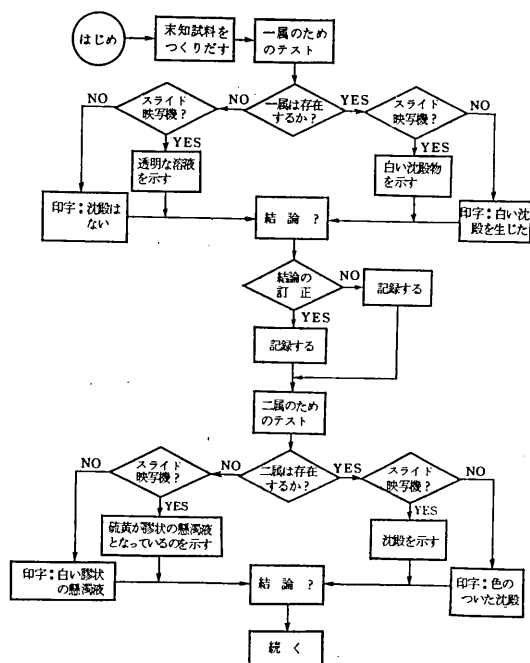


図-13 分属のための教授論理の流れ図
(前出『CAI システムⅡ』より)

くのである。

プログラムは、間違った結果を導くような学生の誤反応をも許容しているが、しかし、分析が完結した時には、誤りの箇所がわかり、学生はそのシミュレーション実験体験の中で必要な部分を繰り返すことができる。

なお、この様式の学習を展開するシステムは、コンピュータによって初めて可能になる教育システムである。つまり、黒板授業や通常の講義形式の授業では実現できない、コンピュータによって強化された教育を行うシステムと言える。

(5) 問題解決様式

ある種のコンピュータ言語の制約内で、コンピュータの諸性能を活用し、コンピュータと会話を交しながら、多様な問題を解決する学習形態である。ある場合には、それらの問題解決過程や結果に対して、コンピュータから教授、援助、評価を受けることもできるが、この様式では、学習者がコンピュータを操作して、主体的に問題解決をはかるところに、その特質がある。

具体例として、ダートマス大学の一般教養の物理学で

コンピュータ: 観察しなさい。黄色の沈殿物の形状を、どのような分析の手順をとったらいかが、指定しなさい。

学 生: 結論を出す。

コンピュータ: 結論を出すのに十分なデータを、あなたは現時点においてもっていないはずである。もう一度答えなさい。どのような分析の手順をとったらいかが、指定しなさい。

学 生: 加える。

コンピュータ: 試薬は?

学 生: NaOH

コンピュータ: OK。濃度は?

学 生: 6M。

コンピュータ: よろしい。量は?

学 生: 8滴

コンピュータ: 沈殿が溶解した。どのような分析の手順をとったらいかが、指定しなさい。

学 生: 結論を出す。

コンピュータ: どのような結論も、まだ出すべきではない。どのような分析の手順をとったらいかが、指定しなさい。

学 生: 加える。

コンピュータ: よろしい。試薬は?

学 生: 酢酸

コンピュータ: よろしい。濃度は?

学 生: 酸性になるまで。

コンピュータ: よろしい。黄色の沈殿が再び生じた。どのような分析の手順をとったらいかが、指定しなさい。

学 生: 結論を出す。

コンピュータ: OK。あなたの結論は?

学 生: 鉛の存在である。

図-14

これは、一属陽イオンのための定性分析のプログラムの一画からとった対話の例である。この学生は、分析の過程において、鉛が白い沈殿 (PbCl₂) として検出されたところまで到達し、さらにその確認テストを受けているところである。白い沈殿が溶かされて、学生がろ過をしている。重クロム酸カリ (K₂Cr₂O₇) が添加されて、その次のコンピュータの応答からこの図が始まっている。

(前出『CAI システムⅡ』より)

問題解決様式の学習形態をとっているCAIを紹介する。

「与える課題は人工衛星の軌道計算で、最初の時間に巧妙に計画された実験のデモンストレーションにより、解くべき方程式の導出をした後、コンピュータの使い方を2回の講義で教える。言語は同大学で開発したBASICで、わずか16のステートメントしかなく、文学部の学生でも4~5時間で簡単に習得できる。

これだけの準備をすれば、あとは学生の自主的判断にまかせられる。地球、月、衛星の質量や位置など自由に選ばせて、周期運動がどのような時になぜ起こるかを、コンピュータの計算結果を観察しながら考えさせるのである。」(注25)

なお、人工衛星の軌道を求める場合、BASICでは、図-15のようなプログラムが必要になる。(注26)これは、プログラムの主要部分だけである。人工衛星の軌道追跡プログラムを組み立てるには、この他に数個のサブルーチンが必要なのである。

いずれにしても、問題解決様式では、学習者はプログラム言語を習得した後、プログラム設計、プログラムフローチャート作成、コーディング、デバッグテストを経

-16-

コンピュータ利用展示の現状とCAI（高井）

て、自力でプログラムを作り、コンピュータに実行させることになる。しかし、図-15のようなプログラムを初学者が自力で作成することは容易ではないと思われる。しかし、問題解決様式で重要なことは、学習者が自分の力でやりとげ、成功感を味わうことである。そこで、この様式では、十分な時間を配分することが必要なのである。ここで紹介したダートマス大学の例では、人工衛星の軌道を求めるのに、一ヶ月をかけるように計画が組まれている。

さて、問題解決様式の学習とは、学習者がプログラムを組み、それをコンピュータに実行させて問題を解いていく形態をとるものである。これは、伝統的な教育ではできない。コンピュータがあって、初めて可能になる学習である。この学習様式を展開するCAIはコンピュータによって強化された教育を実現するシステムと言える。

3. 学習形態から見た博物館展示とCAI

(1) CAIによる4つの学習形態の問題点

ここで述べる4つの学習形態とは、練習演習様式、個別教授様式、ゲーム・シミュレーション様式、問題解決様式である。

さて、先に、教育のためにコンピュータを手段として使っている展示の発展していく先にCAIがあると述べた。しかし、現在あるCAIの全てが博物館展示に適しているとは考えられない。何故ならば、CAIの大半は学校教育において利用されることを前提としているが、学校と博物館展示では、展開される教育や学習の質が異なると思われるからである。従って、まず、博物館展示に適したCAIというものについて検討することが必要になる。そこで、ここでは、環境の面で、学校と博物館展示との根本的相異について考え、次に、その博物館展示という環境に、どのような学習展開をするCAIが適しているのか、を考察する。

博物館展示には、環境面で、学校とは根本的に異なる点が2つあると思う。

一つは、博物館展示の利用者は不特定多数であるということである。柴田敏隆が分類しているように、利用者は、単に要求の度合によっても、初見参の人から、研究者ないしは高度な専門家までを含むことから、このことは明らかである。(注27)それに対して、学校は、特定の生徒、学生を対象としているのである。

これが、第一の大きな相異点であろう。

博物館展示が学校と大きく異なる第二の点は、展示利用者の多くは、ある館を一度しか訪れないことが多く、その利用も、きわめて限られた時間、それも短時間でな

されるということである。(注28)このことは、学校がカリキュラムに従い、長期にわたって教育を展開していくことと好対象をなしている。

さて、以上のように、博物館展示の性格を捉えた時、どのような学習形態のCAIが博物館展示に適しているだろうか。それを、先に掲げた様式ごとに考慮していく。

○練習演習様式

スタンフォード大学で開発されたCAIのところで紹介したように、この様式では、生徒の能力に最も適したドリル問題を提示するために、その生徒の過去の成績をもとにしていた。この生徒の過去の記録などを一括して生徒記録と呼ぶ。そして、この生徒記録は、学習の個別化、教授の最適化を行う際、必要不可欠なのである。(注29)しかし、不特定多数の利用者を対象とする展示で、利用者各人について生徒記録を用意しておくことは不可能である。また、一度しか来館しない大半の利用者のために生徒記録を用意することは無意味であろう。従って、練習演習様式の学習を展開する学習の個別化、教授の最適化をはかろうとするシステムは、博物館展示には適さないとと言える。

○個別教授様式

同様に、個別教授様式をとる、学習の個別化、教授の最適化を実現しようとするシステムも、博物館展示には適さないとと言える。学習の個別化、教授の最適化が生徒記録に基づく以上、このシステムは、博物館展示の中で本格的に展開することができないのである。

○ゲーム・シミュレーション様式

次に、ゲーム・シミュレーション様式の学習を展開するCAIであるが、これらは、いずれも、利用者が「パラメータを変化させ、結果を観察しながら、シミュレートされた器具を操作する」(注30)ものである。パラメータとは、たとえば、分析手法やその器具を操作してデータをとる回数なのである。シミュレーション様式では、パラメータの変化とシミュレートされた結果との因果関係を利用者が把握していることが重要である。そのためには、具体的に、各パラメータがどのような意味をもっているかを、利用者は事前に理解していなければならない。シミュレートされた器具や装置に習熟する必要はないが、それらの扱い方について知っていなければならない。シミュレーション学習は成り立たないと思われる。このことは、分光器を用いる実験のシミュレーションの際に、事前にテストに合格しなければならないことから明らかであろう。すなわち、「実験に先立って、学生は典型的な分光計の基本的構成要素の性質に関する簡単な質問に

答え、合格する必要がある。もし、その質問について十分に良い成績がとれないならば、実験を始めることができず、教材を学習するように指示される。…（中略）…このようにして学習コースの初めに分光計が作動する原理を理解しなければならない。」（注31）ということである。

以上、自然科学分野でのシミュレーションを中心に見てきた。しかし、学習に先立って具体的な各パラメータの意味を理解しなければならないことは、社会科学分野でのシミュレーションでも同じことである。それは、シミュレートされた社会科学分野でのモデルや現象を分析するためには、事前に、学習者は分析手法を知らなければならないからである。

従って、シミュレーション様式の学習を本格的に展開するためには、事前に、これから扱うシミュレートされた対象についてのパラメータの意味を、利用者は知っていなければならない。つまり、利用者は、事前に、多くは専門的な予備知識を持っていなければならないのである。

しかし、不特定多数の人々を対象とする博物館の展示では、利用者に専門的な予備知識を要求することはできない。また、これらの予備知識は、限られた短い時間でしか利用されない、展示の中で、多くの人々に習得させることは困難であろう。

従って、本格的なシミュレーション様式の学習を展開するCAIは、展示には適していないと思われる。

○問題解決様式

さて、次に、問題解決様式の学習を展開するCAIについて述べる。この問題解決様式とは、すでに述べたように、利用者が自分でプログラムを組み、コンピュータを使って、問題解決を行うものである。よって、利用者は、コンピュータを操作できなければならない。最低限、利用者はプログラム言語を知っている必要がある。先のダートマス大学の例では、コースの初めに、プログラム言語の習得に4～5時間を割いているということは、すでに述べた通りである。

現時点で、全ての展示利用者に、プログラム言語を予備知識として要求することはできない。これは、利用者が不特定多数の人々であることによる。また、プログラム言語の習得には、従来の博物館展示の利用時間からすれば、非常に大きな時間がかかる。

従って、シミュレーション様式同様に、問題解決様式も、かなりの予備知識を利用者に要求する点で、現時点では、博物館展示に適さないと言える。

(2) 従来の教育を目的としたコンピュータ利用展示とCAI

従来のコンピュータ利用展示の内、教育の目的でコンピュータを手段として使った展示は、「コンピュータを利用した教授・学習システム」という意味ではCAIと言える。しかし、先に述べた、3つの代表的なCAIシステムを本格的なCAIとみなすならば、これらは、本格的なものとは言い難い。以下にその理由を述べる。

従来の教育の目的でコンピュータを手段として使った展示には4タイプあった。

①プログラムをつかってコンピュータに仕事をさせよう。

②コンピュータクイズ

③栄養コンピュータ

④フライトシミュレータ

以上の4タイプである。

では、これらのどこが、本格的なCAIと言えないのであろうか。

①プログラムをつかってコンピュータに仕事をさせよう。

利用者とコンピュータが一對一となり、コンピュータが手本となるプログラムを提示し、利用者の誤入力やプログラミングの完成を指摘する。この点で、個別教授様式の学習形態に近いと考えられる。しかし、この展示が、先に紹介した個別教授様式をとる本格的なCAIと異なる点は、利用者の学習状況に合わせて、コースウェア（ここでは教材の意味である）を変えていくことができない点である。

この展示では、コースウェアは4つであり、その4つは、いずれも直線型のプログラムである。ここには矯正プログラム等は含まれていないのである。

②コンピュータクイズ

問題を次々と提示し、学習を展開していくという点で、練習演習様式をとるCAIに近いと言える。しかし、すでに述べた本格的なCAIと異なる点は、この展示でも、利用者の状態に合わせて、プログラムを変えていけないことである。ほとんどのコンピュータクイズでは、提示される問題は一定である。

以上より、①と②に共通することは、プログラムは複雑な分岐をするように作られていないということである。つまり、学習の個別化、教授の最適化をはかる本格的なCAIに比べて、①、②の展示は、プログラムが単純化されていると言える。

③栄養コンピュータ

栄養コンピュータでは、一種の問題解決様式が展開されると考えられる。栄養コンピュータでは、自分の肥満度や自分の栄養摂取の状況を知ることができる。この2つが、この場合の問題とみなすことができる。

しかし、この展示が本格的な問題解決様式をとるCAIと異なる点は、予めコンピュータにプログラムが入力しており、利用者は数値を入力するだけで、先に述べた2つの問題を解くことができるのである。ここでは、コンピュータの操作が単純化していることが、本格的なCAIとの大きな違いであろう。

④フライトシミュレータ

シミュレーション様式の学習形態をとるCAIにきわめて近い展示である。

しかし、本格的なCAIでは、器具や装置の作動がほとんど本物に近く、シミュレーション(模倣)が非常に精巧である。それに対して、この展示のシミュレーションでは、器具や装置の操作が、きわめて単純化されている。

従来のフライトシミュレータの展示の多くは、飛行機のコックピットを模倣した空間での、飛行の様子を見せる映像展示と言うこともできる。なぜならば、コックピットのレバーやスイッチは、本物のフライトシミュレータ(もちろん飛行機も)のように作動せず、ある場合には、それらの装置は省略されているのである。

③、④の展示は、ともに、コンピュータによって強化された教育を実現するための本格的なCAIに比べれば、いずれも、コンピュータやシミュレートされた装置や器具の操作が単純化されていることが挙げられる。

従来の教育の目的でコンピュータを手段として使った展示は、本格的なCAIシステムに比べて、いずれも問題がある。

①プログラムをつくってコンピュータに仕事をさせようと②コンピュータクイズは、学習の個別化、教授の最適化をはかる本格的なCAIに比べて、両者共に、プログラムが単純化されている。

これには、2つの原因が考えられる。一つは、展示で使われているコンピュータの容量が小さいということである。つまり、複雑な分岐をする量の大きなプログラムは、展示で使われているコンピュータでは扱い切れないということがあるであろう。

もう一つの原因は、これは先にも述べた、博物館展示の性格とCAIというシステムの性格に起因するものである。つまり、練習演習様式および個別教授様式を展開する、学習の個別化、教授の最適化をはかるシステムに

は、生徒記録というものが不可欠である。

しかし、博物館展示において、前もって、生徒記録を用意することは不可能である。従って、博物館展示の中に、本格的なCAIシステムを取り入れても、学習の個別化、教授の最適化を実現することはできないのである。

そこで、展示の中では、利用者に提示されるプログラム(コースウェア;ここでは教材を指す)は単純化されていてもさしつかえがないのである。

つまり、プログラムの単純化は、博物館展示に、本格的な学習の個別化、教授の最適化を行うシステムが適さないということを反映していると考えられるのである。

次に、③栄養コンピュータと④フライトシミュレータに共通している問題点は、コンピュータやシミュレートされた装置の操作が、本格的な、コンピュータによって強化された教育を行うためのCAIに比べて、単純化されていることである。

すでに述べたように、このタイプの本格的なCAIは、現時点では、利用者にかんがりの予備知識を要求する。しかし、博物館展示の利用者は、不特定多数であり、短時間で展示を見、ほとんどが一度しか来館しない人である。これらの人々に、予備知識の習得を要求することはできない。

もし、博物館展示の中で、従って、予備知識をそれ程必要とせずに、問題解決やシミュレーションを実現するためには、コンピュータやシミュレートされた装置の操作を単純化するしかないであろう。

つまり、展示の中での、問題解決様式やシミュレーション様式が、コンピュータや装置の扱い方を単純化されているのは、これらの様式を展開する、本格的なCAIが、博物館展示に適さないからだと考えられる。

従来の教育を目的としたコンピュータ利用展示で、本格的なCAIに比べ、プログラムや装置等の操作が単純化されていることは、学習の個別化、教授の最適化を行うシステムとコンピュータによって強化された教育を実現するためのシステムが、ともに、博物館展示に適していないということを証明するものである。つまり、プログラム、装置の操作の単純化という、従来の展示の問題点は、博物館の展示と練習演習様式、個別教授様式、ゲーム・シミュレーション様式、問題解決様式を展開するCAIとがなじまないということを証明しているように考えられる。

(3) 問合せ様式の学習を展開するCAI

博物館展示が不特定多数の人々の一過的な利用を前提

条件とする時、問合せ様式という学習形態はこの条件に適合する。

すでに述べたように、問合せ様式の学習とは、いわば、図書館学習といえることができる。

そして、図書館は、社会教育機関として、不特定多数の人々の、ある場合には一過的な利用に対して応えている。このことから、問合せ様式は、他の4様式と異り、博物館展示に適しているものと考えられる。

博物館界でも展示室における図書館学習の必要性が指摘されている。「展示室にはもっと情報量を多く蓄積する必要がある。しかし、それを全部展示する必要はない。利用者の希望に応じて図書館のように資料を提供できるシステムを開発する必要がある。」（注32）この指摘からも、問合せ様式が博物館に適していることを裏付けることができるであろう。

実際に問合せ様式の学習を展開するCAIシステムにおいて、データファイルを十分に準備し、データを即座に検索できるようにしておけば、展示を利用できる時間が短く、ただ一度しかその展示を見ないとしても、また全く異ったスキーマを持っていたり、どのような利用者の学習要求をも満たすことができるであろう。この意味で、CAIを使い展示の中で問合せ様式の学習を展開することは、展示の教育効果を高めることになる。

さらに、大量のデータを整備し、必要なものだけをすぐ取り出せるようにすることは、大きな記憶容量を持ち、高速で情報処理ができるコンピュータの登場によって、初めて可能になったのである。このことは、次の引用からも明らかである。「確かに図書館では、多量のデータたとえば、職業関係の記事は蓄積され、索引がつけられ、相互参照され、一般的に入手しうようになるが、これらは要求されるものの一部にすぎない。

一方、コンピュータはこれのすべてが可能であり、短時間にアクセスすることができる」（注33）ということである。

従って、CAIを使った、問合せ様式は、単に、展示に適しているだけではなく、展示の教育効果を高めるものであり、コンピュータ導入以前には見ることでできなかった新しい学習の形を展示の中へも持ち込むものであると言える。その意味で、今後のコンピュータ利用展示は、まず、CAIを使った展示の中での問合せ学習の実現に力を注ぐべきではないだろうか。

V 現在の博物館展示における望ましいCAI

1. 現在の博物館展示におけるCAIのあり方

先に述べたように、博物館展示の中では、問合せ様式を展開するCAIが、適しているだけではなく、展示の教育効果を高めるものであると言える。

では、具体的には、問合せ様式を展開するどのようなシステムが望ましいのであろうか。

筆者の考えを以下に述べる。

まず、基本的には「展示内容に関連することであれば、誰でも、いつでも、どこでも、何でも、すぐ知ることができる」ようなシステムであるべきだと考える。このようなシステムであってこそ初めて、利用者のどのような疑問にも答えることができる。そして、そのことが、利用者の新しい疑問を引き出し、利用者を知的探求へとかりたてることになるであろう。利用者の学習要求を満たし、利用者へ知的探求への動機づけを行う、それが筆者の考えるCAIシステムである。

そのためには、情報検索は、全く利用者の自主性に任されてしまってよいとは思わない。

利用者が自由にデータを引き出せるようにすることも重要ではある。しかし、そのデータの検索が無駄なく、効率的に行われ、利用者が知る喜びを感じられるようにすることは、より重要だと思われる。そのために、利用者の知的探求行動に、一定の統制を加える必要があろう。ISVDは、単なる情報検索システムではなく、学生の意思決定能力の開発を目的として、一定のモデルに従い、学生の意思決定プロセスに統制を加えていたことを想起すべきである。

従って、これから述べようとするシステムでも、利用者の情報検索は、知的探求、別のことばで言うならば、問題解決のモデルに従って行われるべきであろう。

ISVDが目ざした物は、ガイダンス機であった。それにならうならば、筆者の述べるシステムは「探求機」ということになるであろう。

2. 「探求機」について

先に述べた、博物館展示の中で利用されるCAIシステム、すなわち、「探求機」について、(1)ソフトウェア、(2)データファイル、(3)ハードウェアの順に私見を述べる。

(1) 探求機システムソフトウェア

筆者は、知的探求のモデルとして、図-16を掲げる。これは科学的研究のプロセスを示したものである。すなわち、「まず頭の中(A点)で問題を提起し、次いで、その問題に関係がありそうな情報を探検にいく(A→B過程)。それにつづいて、個々の現象が観察され記録さ

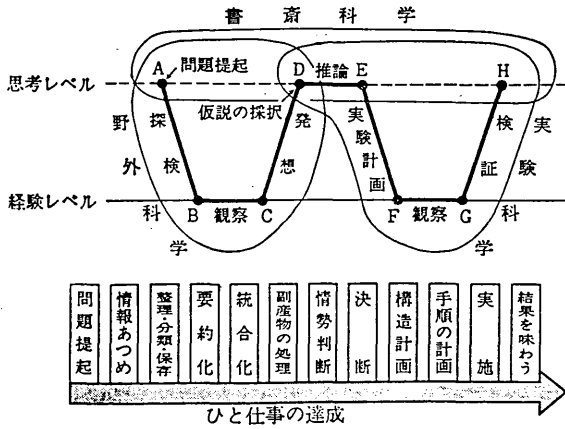


図-16 知的探求のモデル
(川喜田二郎『発想法』中央公論社刊より)

れ(B→C), こうして集めた情報をなんらかの形でまとめる(C→D)。この途中で, 多くの仮説が発見される。その結果, 問題提起とにらみあわせて, なんらかの仮説が採択される(D点)。次いで, もしその仮説が正しいければ事態はこうなるはずであると, 頭の中で推論が展開される(D→E)。さて, 推論通りに現実になっているかどうかをテストするために実験計画が立てられ(E→F), それに基づいて実際に観察と記録が行われる(F→G)。このデータに基づいて, 仮説が正しいかどうかを検証され(G→H), 結論(H点)に到達するのである。」(注34)

なお, これを知的探求のモデルとして, これに基づいて, 探求機システムのソフトウェアの概要を示したものが, 図-17である。

まず, 利用者からの呼び出しを受けて, システムが作動する。初めに, 利用者が知ろうとしていること, すなわち, 問題を明確にする。これは, 図-16のA点に当たる。問題がはっきりした所で, その問題に関連する情報をデータファイルの中で検索する。これが図-16のA→Bの過程である。次に, データファイルから探し出した情報を出力する。図-16ではB→Cに当たる。なお, 利用者は, 出力された情報が不十分であれば, もう一度最初に帰って, 探求をやり直し, 自分の疑問が解決されるまで, この過程を繰り返す。そして, 一応, 利用者の疑問が解決された段階で, 利用者が, 今までに検索した情報について, 要約を行い, 提示する。これが,

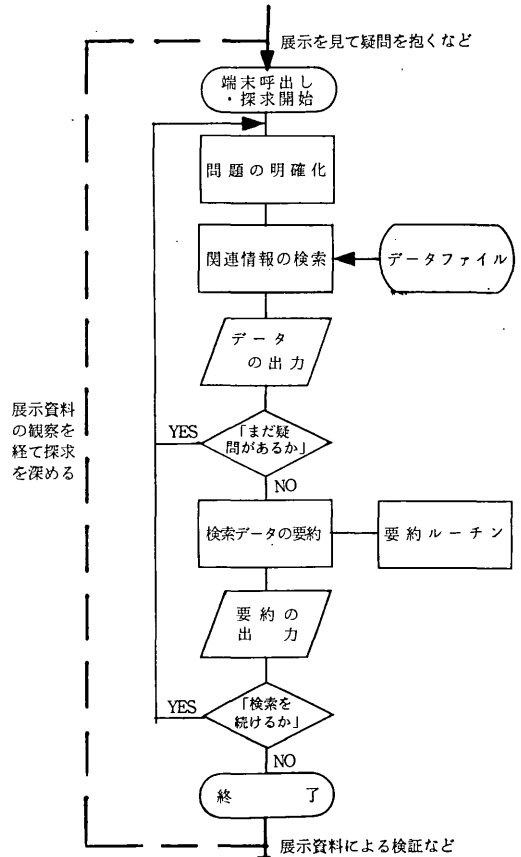


図-17 探求機システムソフトウェアの概要

図-16のC→Dに相当する。こうして, 探求機を使って, 情報の検索を行ったあとで, 利用者は自分の頭の中でそれらをまとめ, 自分なりの推論を行い, 自分の推論

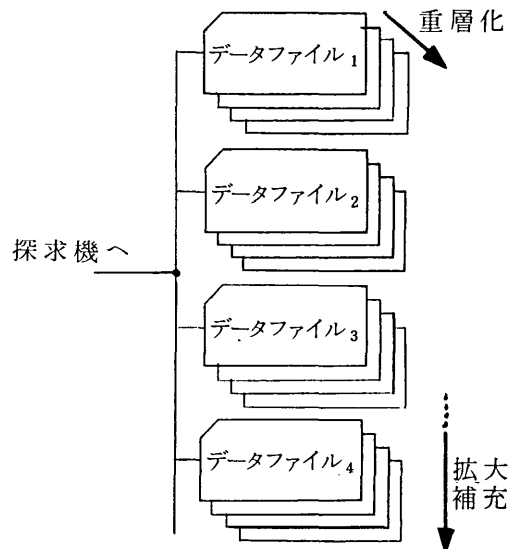


図-18 探求機システムデータファイルの概要

が、事実合っているか否かを、展示されている資料を見て検証し、確固とした知識を得るようになるのである。それが、図-16のD→E→F→G→Hの過程である。

以上が、探求機システムのソフトウェアの概要である。以上のような探求システムでは展示資料は、利用者の思考を確かめるための証拠になる。また、逆に、探求機システムは展示のオリエンテーションとしても役立つことになる。いずれにせよ、探求機システムと展示資料とは密接に結びつき、利用者に大きな教育的な効果を及ぼすであろう。

(2) 探求機システムデータファイル

どのような利用者の展示内容に関連した、どのような疑問にも答えるために、データファイル（図-18）には次の2つの条件が必要である。

第一は、データファイルは、常に拡大され、ファイルの中に収められるデータも、常に更新されるべきである。そのことによって、多種多様な学習要求を持ち、新しいデータを求める利用者に応えることができる。

第二は、データファイルは重層構造にされねばならないということである。これは、一つのテーマについて、学習図鑑から大学の紀要まで、さまざまなレベルのデータを用意しておき、利用者が最も受け容れやすいデータを選ぶようにするものである。利用者のスキーマは多様である。できる限り多くの利用者の知的要求を満たすためには、提供するデータの難易度を変えることが要求されるであろう。たとえば、ある事を説明するにも、小学生に対しては、成人に対するのとは異なり、物事をかみくだき、平易な表現で、ゆっくりと語りかけることが必要であろう。このようなことまでも、データファイルの中で実現しようとするものである。

なお、データは、イラストや写真など、一目見てわかるものや、音声を取り入れ、できる限り多くの感覚器官に訴えるものの方が望ましい。

最後に、先に述べたソフトウェアと、このデータファイルとの性格の相異について述べる。ソフトウェアは、一度開発されれば、どこの博物館でも共通して利用することができるし、また、開発コストを下げるためにも、共用することが望ましい。それに対して、データファイルは、館の展示内容に密接な関わりを持ち、利用者の学習要求を十分に満たすものでなければならない。それ故、その博物館の専門性、利用者及び博物館の立脚する地域性、さらに、それら全てをふまえた博物館の意思というものを十分に反映していなければならない。従って、データファイルは、博物館ごとに、自主開発することが理想的である。

(3) 探求機システムハードウェア

誰でも、どこでも、いつでも、知的探求を行えるように、展示を見て感じた疑問をすぐ解決できるように、また逆に、探求機を通じて得たデータを展示資料を使って検証するためにも、探求機は、できる限り多く、各展示室に分散して配置されるべきである。

ビデオテーク等のように、一ヶ所に集中して設置されることは、探求機の場合には好ましくない。

一方、膨大な量のデータファイルを管理し、求めに応じて即座に必要なデータを取り出すためには、大容量のコンピュータが必要である。

以上をまとめてみると、システムとしては、中央に大型コンピュータを置き、各展示室に端末を設ける。なお、端末と中央のコンピュータは専用回線で結び、大型コンピュータは時分割方式で操作できるようにする。そうす

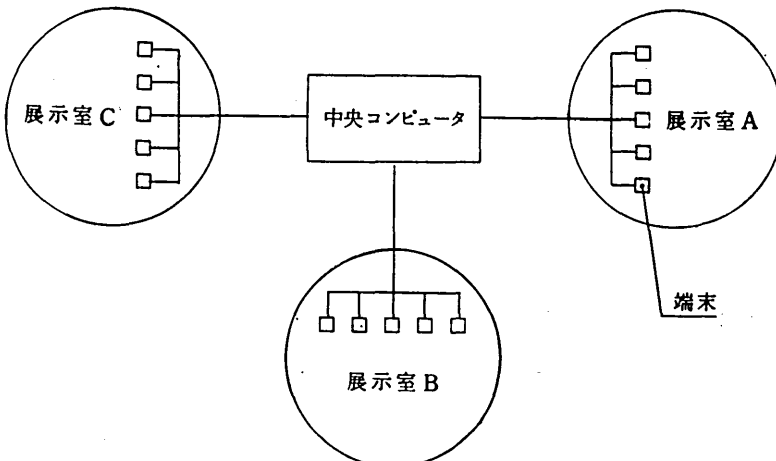
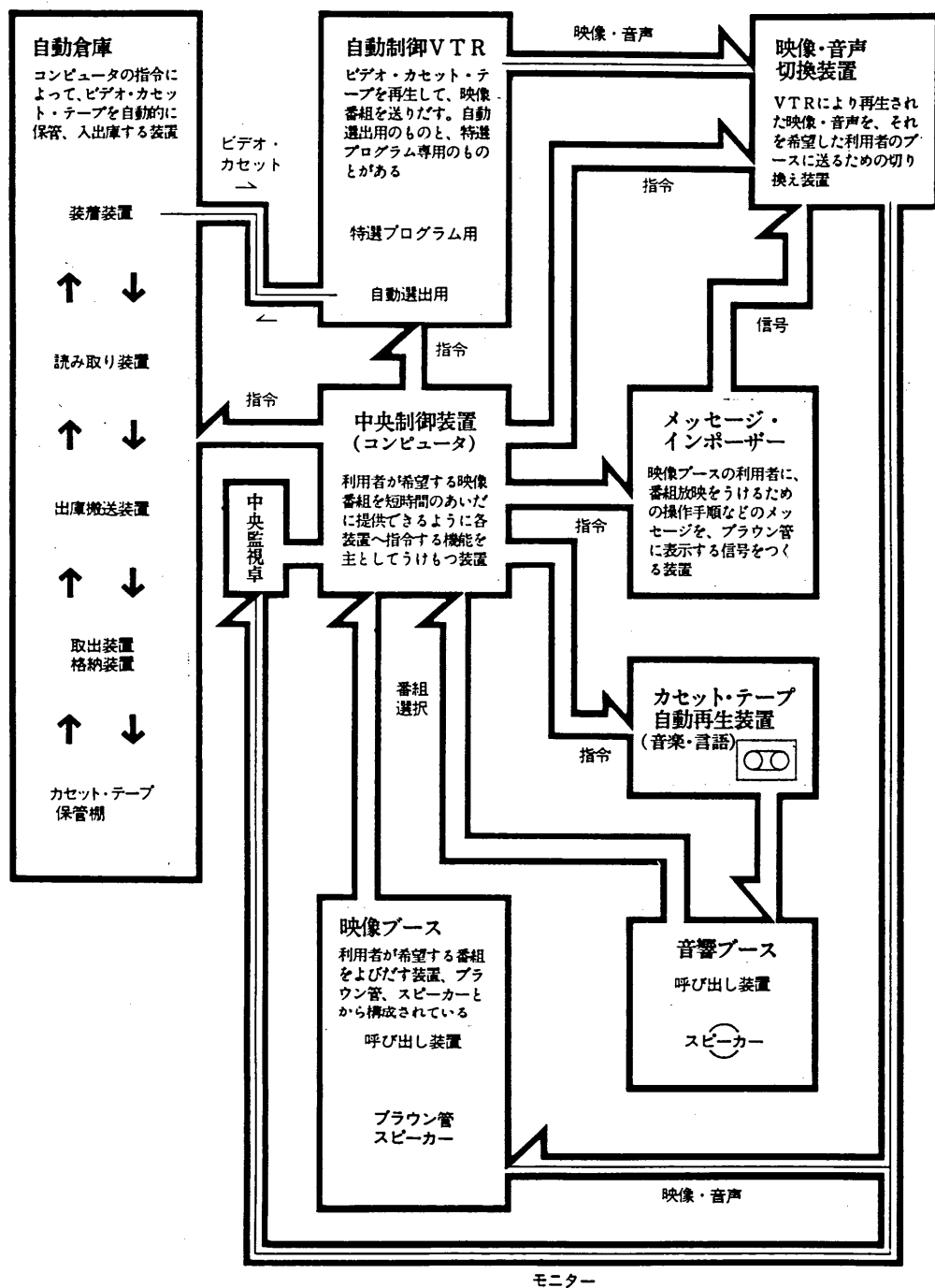


図-19 探求機システムハードウェアの概要

ビデオテーク・システム(国立民族学博物館編
『増補改訂 国立民族学博物館総合案内』より)



ることで、利用者は、各端末を通じて、中央のコンピュータを呼び出し、これらの探求機システムを使って、探求を行うことができる。

これらのシステムを表わしたのが、図-19である。この図の各端末の構成は、キーボード、CRTディスプレイが最低限必要である。

そして、それに加えるとすれば、プリンタと音声入出力装置、タッチパネル等があるであろう。特に、プリンターは、利用者が検索したデータをハードコピーとして出力するので、これを保存して、活用することができるであろう。

以上のように、豊富で整備されたデータファイルを用意し、それらを直ちに検索できるソフトウェアを持ち、使い易いハードウェアを配置するのであれば、博物館を訪れるどのような人の学習要求を満たすことができる。

また、このシステムは、データファイルさえ変えれば、どのような博物館でも利用することができるものである。

VI これからの博物館展示とコンピュータ

今まで、コンピュータを展示に導入することのメリットについて述べてきた。ここで、また、新たに、いくつ

かのメリットを追加したい。

一つには、コンピュータの持つ心理的影響力を挙げることができる。それは、「CAIには視覚と聴覚を合わせてかなりの情報伝達能力がある。それに何よりも画面の動きの変化や楽しさ、画面の転換ごとに入る音楽やチャイムなど、子どもの興味をつないでいく工夫がなされている。」（注35）という状況から明らかであろう。

第二のメリットは、従来の博物館展示の情報伝達回路が展示から利用者へと一方通行であったのに対して、コンピュータを利用した展示では、展示と利用者との相互交渉を可能にしたのである。（注36）すなわち、情報伝達方式の面で、コンピュータは、展示に変革を引き起こしたと言える。

以上に、述べたように、展示へのコンピュータ導入は、利用者への心理的影響力増大という意味でも、教育効果を高める。そして、また、新しい情報伝達方式への可能性を開いた。これらは、コンピュータ導入のメリットである。では、コンピュータ導入には、問題は、ないのであろうか。

コンピュータ、特に、CAI導入には、莫大な費用がかかるというのが、当面の最大の問題である。1974年

秋季学期末試験の共通問題に関する誤答分布

——ロシア語プログラム——

誤 答 数	学 生 数	
	CAI の クラス	通常の授業クラス
3.5	1	
5	2	
6	3	
7	1	
8	2	
9	3	
11	3	
13		1
15	1	
16	1	1
17	2	
19	2	1
21	2	1
22	1	1
23		2
25	1	1
27	3	1
29	1	1
30	1	2
31		
33	1	
34	1	1
37	1	
38	1	
41		1
43		1
45		1
53		1
61		1
64		1
65		1
72		1
76		1
79		1
93		1
97		1
120		1
141		1
学生数合計	29*	28*
平均誤答数	15.8	49.0

a 30人の登録学生中、1人がその学期中に辞めていった。
b 38人の登録学生中、10人がその学期中に辞めていった。

冬季学期末試験の共通問題に関する誤答分布

——ロシア語プログラム——

誤 答 数	学 生 数	
	CAI の クラス	通常の授業クラス
2	1	1
6	1	
6.5	1	
8	1	
9.5		1
10	1	
11		1
12	2	
13		1
14.5		1
16	1	
16.5	1	
18	1	
18.5	1	
19	1	
19.5		1
21	2	
22.5	1	1
23	1	1
23.5	1	
24	1	
24.5	1	1
25	1	
26.5	1	1
27	1	
29	1	
30		1
30.5		1
32.5		1
33	1	
37.5	2	
38	1	
39.5	1	
41	1	
47.5		2
学生数合計	27*	16*
平均誤答数	21.8	24.2

a 最初からの学生中3人は登録していない。2人の新しい学生が途中から参加。そして学生1人はその学期の途中で辞めていった。
b 最初からの学生中13人は登録していない。

春季学期末試験の誤答分布

——ロシア語プログラム——

誤 答 数	学 生 数	
	CAI の クラス	通常の授業クラス
21.5		1
24.5		1
26		1
27		1
31.5		1
32		1
34		1
35		1
37		1
39		1
40		1
41	1	
42	1	1
44	1	
45		1
46		
47.5	1	1
50.5	1	1
51.5	1	1
60	1	1
61	1	
63.5		1
67		1
69	1	
69.5	1	
73	1	
74.5	2	
76.5	1	
80.5		1
81	1	
82	1	
83		1
91		1
92		1
93	1	
106		1
166		1
学生数合計	24*	16*
平均誤答数	53.0	71.1

a 3人の学生は登録していない。
b 3人の学生は登録していない。初めての学生3人は登録した。また1人の学生は CAI クラスから通常のクラスに移籍（本文参照）。

表一6 CAI クラスと通常授業クラスとの比較（前出『CAI システムⅡ』より）

に東京都の常盤中学校では、「学習端末20台をそろえた設備をつくるのに1億7000万円をかけている。」(注37)ということからも、それは明らかである。しかし、費用の問題は、マイコン革命によって、コンピュータの値段が下がったように、技術革新によって、いつか解決される問題のように思われる。

むしろ、展示へのコンピュータ導入を考える時、最大の、そして、根本的な問題は、コンピュータというものに、どのように対処していくかということであろう。博物館は、コンピュータの展示への導入に対して、どのような姿勢を取ればよいのか。それが一番の問題であろう。

展示とコンピュータ、これは、教育とコンピュータの関係性をどのようにするかという問題とも関連している。教育界では、コンピュータというものに対して、あい反する解釈が行われている。ある人々は、「教育コンピュータ化によって教育現場にもたらされるものは、教員の荒廃も含めた教育の荒廃のいっそうの進行」(注38)と、コンピュータに否定的である。また、ある人々は、「私はコンピュータを数学、科学あるいは言語自身といった対象に子供達が適応していくための道具とみなしている。」そして、「コンピュータの存在は学校のない社会を可能にするばかりでなく、むしろそれを必要とするのである。」(注39)と、コンピュータを積極的に評価し、伝統的な教育を否定しているのである。

しかし、どちらにせよ、CAIが効率のよい教育を実現していることは事実である。表-6は、スタンフォード大学で、ロシア語をCAIで学んでいる者と伝統的な教室授業で学んでいる者とを比較したものである。この表より、CAI学習者の方が、脱落者ははるかに少く、また、試験の成績も全体的に高いのである。

このように効率のよい道具が、教育や、また社会全般にも、一層浸透してくるであろうことは、想像に難くない。おそらく、博物館展示の中にも、今まで以上に、コンピュータは進出してくるのではあるまいか。その時になって、コンピュータというものを受動的に受け入れるのではなく、博物館の立場から、コンピュータの長所と短所を冷静に見きわめ、これを十分に使いこなすことができれば、それが、博物館というものを一層発展させることができると考える。

[脚注]

- 1) アルビン・トフラー、徳岡孝夫監訳『第三の波』中央公論社、1982年、P.243
- 2) 南沢宣郎『日本コンピュータ発達史』日本経済新聞

社、1983年、P212~213

3) 図-1は、『センサー、コントローラの生かし方、マイコンのホビー活用』(システム科学研究所、マイコン研究会著、学研発行、1982年)の「図2-4 マイコンといえどもコンピュータ」「図2-5 コンピュータの機能」に基づいて作成した。

4) 図-5は、橋本尚『マイコンがわかる本』(徳間書店、1982年)のP.136の「図-35、富士通LKI T-8による似顔絵システム」をもとに作成した。

5) ビデオテークについて

ビデオテークは「ふつうのテレビとはちがって、数百ある番組のなかから、自分のみたくものをえらんで、プッシュボタンでよびだしてもらい、あとは、コンピュータとロボットがうごいて、そのビデオが自動的にブラウン管にうつしだされるという装置です。」(梅棹忠夫編『博物館の世界』中央公論社、1980年、P.64)という対話や、次に掲げるビデオテークシステム図(国立民族学博物館編『増補改訂 国立民族学博物館総合案内』民族学振興会、1981年、P.199)からも明らかのように、ビデオテークは、コンピュータに制御された映像展示である。

一方、ビデオテークの映像は、教育を目的としたものというよりは、学術的資料という性格の方が強いと考えられる。何故ならば、「わたしのところで、ビデオテークというものをつくって、民族誌映画をあつめて公開しているんです」(梅棹忠夫編『博物館と情報』中央公論社、1983年、P.160)という対話や、テレビ番組からビデオテークの番組を作る際の「不要な画面をカットして濃縮しています。われわれが見て、一般のテレビ放送は密度がうすすぎる。それを圧縮して、ナレーションをぜんぶつけかえるんです。そして、必要なデータや地図を入れて、国立民族学博物館ビデオ監修という字幕をいれて完成品にして番組にしているわけです。」(前出『博物館の世界』P.67)という事からも理解できるように、ビデオテークの番組は、きわめて、情報集約度の高い民族誌映画ということが出来る。従ってこれは、教材というよりは、学術資料として作成されたものであろう。以上のことからビデオテークは、コンピュータを道具として使った展示ではあるが、教育を目的としたものではないと言える。

6) コンピュータの汎用性について

まず、算術演算は、コンピュータの持つ演算機能の一部である。それは、「本質的にコンピュータは、たった四つの基本的働きしかない。…(中略)…入出力

命令は中央演算処理装置（CPU）の内から外へ情報を移したり、その逆をするときに実行される。演算装置によって、コンピュータは四則演算ができる。データ処理においてデータはCPU内を動きまわらねばならないが、さらに関連するデータをまとめ表を作る（主メモリ内で）こともできる。このためにコンピュータは比較や論理演算も行えるのである。」ということから明らかであろう。

そして、それにつけ加えるならば、「月への着陸、主要都市での交通管制、チェス病診断の補助など、コンピュータはすばらしい仕事をしているが、このような仕事も、この四つの基本演算だけで実行できる」ということになる。（ジョン・シュリー、田中英之、菅野良夫訳『マイコンの話』東京図書、1982年、P. 28～29）このように、単に計算だけではなく、どのような仕事にでも対応できることを汎用性と呼ぶ。これについては、「一つの機械でありながら、機械の形を変えたり、ハンダづけをやりなおさなくても、いくつでもちがった仕事を素早くやってくれる（汎用性）」（前出『マイコンがわかる本』P. 16）という記述や、「主として計算機を特徴づけるものは、速さ、記憶容量、汎用性の三つである。…（中略）…汎用性の例；同一の計算機が銀行の計算機をプリントしたり、外観のスケッチから透視図を描いたり、賭事の確率を計算したり、人工衛星の軌道を計算したり、恋人同士の相性判断をしたり、人口統計を計算したりするのに使われる。人間の活動分野で計算機が応用できない分野はほとんどない。」（A. チャンダー、J. グラハム、R. ウィリアムソン、坂井利之監訳『コンピュータ用語辞典（第2版）』講談社、P. 21）という記述から明らかであろう。そして、コンピュータの汎用性がコンピュータプログラムに基づくものであることをアラン・B. エリスは次のように述べている。「コンピュータプログラムは、むしろ青写真に似ている。その青写真は、プログラムで記述された特定の手続きを実行するための特定の機械に、コンピュータが自分自身をつくり変えるのに使うものである。コンピュータはあたかもベンチとネジまわしを装備しているかのごとく、われわれが記述した手続きの要素に一步一步合わせて自分自身を再構築する。これが完了すると、コンピュータはわれわれのプログラムで記述した機械になり、そして、その機械としての機能を果たすことになる。…（中略）…ある意味では、本来、コンピュータは決してそれ自身が機械ではないが、なおかつ多くの機械に

なりうるものである。」（W. H. ホルツマン編、木村捨雄、細井正訳『CAIシステム II（実践編）』共立出版、P. 142

- 7) 新井重三『博物館学講座 第7巻 展示と展示法』（雄山閣出版、1981年、P. 22）で、展示の種類について述べ、その中で、教育展示を次のように位置づけている。

「a）展示の意図による分類、

①提示型展示（鑑賞展示）、②説示型展示（学術還元展示）、③教育型展示（体験学習展示、子供向け展示等を含む）。」

- 8) 木村捨雄「コンピュータ利用の教育システム」『教育心理学（上）』有斐閣P. 96
- 9) 渡辺茂、須賀雅夫『システム工学とは何か改訂版』日本放送出版協会、1982年、P. 168
- 10) 佐伯胖『「学び」の構造』東洋館出版社、1980年、P. 156
- 11) 条件分岐がコンピュータの本質と考えられるということについて、川合宏之は『管理職のマイコン教本』（中央公論社、1982年、P. 23～24）で次のように述べている。「私の感じですが、コンピュータの本質は、高速性や大量データの処理もさることながら、あらかじめ条件判断を機械に包括的にまかせられるという点にあるように思います。…（中略）…最近ポケット電卓も進歩して、簡単な条件分岐を機械が自分で判断できるものも出てきました。さきほど述べたコンピュータの本質から考えれば、この種の電卓は十分コンピュータの仲間にはいる資格がありそうです。」
- 12) 教師養成研究会教育方法部会『教育方法—システムズ・アプローチ—』学芸図書、1977年、P. 152
- 13) 前出『教育心理学（上）』P. 97～98
- 14) 前出『CAIシステムII（実践編）』P. 4
- 15) 前掲書P. 10
- 16) 前掲書P. 12
- 17) 前掲書P. 14
- 18) 前掲書P. 15
- 19) 前掲書P. 15～16
- 20) 前掲書P. 16～17
- 21) 前掲書P. 163
- 22) 前掲書P. 167～173
- 23) 前掲書P. 72
- 24) 前掲書P. 73
- 25) 藤田広一『教育情報工学概論』昭晃堂、1976年、P. 180～181

- 26) 中野主一『マイコン宇宙講座』広済堂出版,1980年, P.P.128~129
- 27) 不特定多数の展示利用者について
柴田敏隆は『博物館学講座 第8巻 博物館教育と普及』(雄山閣出版, 1979年, P.123)で, 来館者の様態を, 博物館への要求の度合によって次のように分けている。(i)「初見参の人」, (ii)「軽い志向を持つ来館者」, (iii)「明確な問題意識をもって博物館に教わりに来る人」, (iv)「研究者ないしは高度な専門家として来館する人」の4種である。これらのことから, 来館者, ひいては, 展示の利用者が多種多様であり, それらが, 不特定多数の人々であることがわかる。
また, 展示利用者が不特定多数であり, それ故, 展示に限界があるということ, を, 佐々木朝登は, 『博物館講座 第7巻』(前出書)P.84で, 「不特定多数の利用者のさまざまなニーズに対応するには, ある一つの考え方にもとづいて, ある階層を想定して計画された展示では不可能である。展示はオールマイティではない。」と述べている。
- 28) 「図書館を利用する人は1日で図書館の本を全部読んでしまおうとする人はいないが, 博物館来館者の多くは全部を見たがる。その代り, 1度来たら2度来ない。」(新井重三『博物館学講座 第7巻』前出書, P.31)
- 29) 「現行の生徒記録は典型的にはセンサス情報, 定期試験のデータ, 出席日数, 成績報告, そのほかの情報から構成されているが, それらは, すべて, かなり静的である。個別化学習のプログラムが確立されたあとでは, 動的な生徒記録の保管をすることが, 生徒の径路と進度の正確な計算を行い続けるうえで不可欠である。」(W.H.ホルツマン編, 木村捨雄, 細井正訳『CAIシステムⅠ(基礎編)』共立出版, 年, P.13)
- 30) 前出『CAIシステムⅡ(実践編)』P.63
- 31) 前掲書 P.75
- 32) 新井重三『博物館学講座 第7巻』P.31
- 33) 前出『CAIシステムⅡ(実践編)』P.162
- 34) 川喜田二郎『発想法』中央公論社, 1977年, P.P.22~23
- 35) 谷岡太郎『コンピューデントの時代』現代史出版会, 1983年, P.79
- 36) 「博物館の情報伝達回路は一方通行(one way)で入館すれば, 一定の順路に従って見学する仕組みになっている。」(新井重三, 『博物館学講座 第7巻』P.31)
- 37) 全国学校事務労働組合連絡会議『教育コンピュータ工場』現代書館, 1981年, P.61
- 38) 前掲書, P.60
- 39) セイモア・A・パパート「コンピュータと学習」『The Computer Age シリーズ 第2巻 コンピュータ・個人・生活』コンピュータ・エージ社, 1980年, P.135