

化学領域におけるマイコンベースC A Iの基礎的研究

専攻 教科領域教育

コース 自然系

学籍番号 M82303

氏名 助川公継

# 目 次

第 1 章	序 論	-----	1
第 2 章	CAIの歴史的背景と現状	-----	6
2-1	CAIの実践例	-----	8
2-2	マイコンを用いたCAIの流れ	-----	13
2-3	マイコンを利用して教育効果を高めるための実施上の課題	-----	19
第 3 章	装置について	-----	25
第 4 章	ユーティリティ・プログラムの作成		
4-1	はじめに	-----	30
4-2	漢字かば混じり文表示のためのプログラム	-----	32
4-3	グラフィック・プログラム・ジェネレータ	-----	35
第 5 章	表示文字種の違いによる学習効果への影響	-----	39
第 6 章	教材の開発		
6-1	はじめに	-----	49
6-2	繰り返しの学習プログラム 中和滴定(強酸-強塩基)	-----	51
6-3	モジュール化によるプログラムの分割 硫酸銅水溶液の電気分解	-----	56
6-4	アニメーションの利用 NaCl水溶液の電気分解, 食塩水の蒸留	-----	64
6-5	モデル化による教材のプログラム ボルタの電池	-----	71
6-6	入力方法にライトペンを用いた教材 上皿天秤	-----	75
6-7	考察	-----	79

第7章	結	論	-----	83		
	謝	辭	-----	85		
	參	考	文	獻	-----	86

## 第1章 序論

コンピュータ(電子計算機)は、本来、数値計算を迅速かつ正確に実行する機械として開発され利用されてきた。しかし、1959年のウズホル会議<sup>1)</sup>において教育の現代化、特に、自然科学教育をどう改善するかが討論され、教授方法や教育課程の面から検討され出すと、教育工学においては、その一分野として、コンピュータを教育に利用しようとする研究が開始された。研究は主に、授業の中へのコンピュータを導入することを目的としたCAI<sup>※1)</sup>と、教師が教授活動を強化する目的でコンピュータを利用するCMI<sup>※2)</sup>へと進められた<sup>2)</sup>。その結果、1960年代の半ばには、アメリカにおいてCAIが実施されるに至った<sup>3)</sup>。CAIシステムの代表的なものとして、イリノイ大学のPLATO (Programmed Logic for Automatic Teaching Operation) が挙げられる。

このシステムによる教授活動は、コンピュータ利用の教育として、いくつか報告されている。<sup>4)5)</sup> (第2章参照)

しかし、当時としては、システムの価格が高いことや、設備規模が大がかりであることなどが原因となり、教育上の有効性が期待されたにもかかわらず、一部の教育現場での利用にとどまっていた。

ところが、1970年以降、小型・高性能で低価格なCPU<sup>※3)</sup>

( Central Processing Unit ) が開発され注目を浴びるようになり、1976年には、それを搭載したマイクロコンピュータ(以下、マイコンと略す)が登場した。そして、教育現場で再びCAIに対する関心が高まり、小型で低価格であるコンピュータを利用しようとする傾向になってきた。1980年に入ってから、マイコン用のCAIソフトウェアも大学の研究室ばかりでなく、民間レベルにおいても開発されてきている。

それに対し、我が国では、日本語(漢字かな混じり)による画面表示の問題や、教育を対象としたソフトウェアの開発があまりなされていないこともあり、マイコンをCAIシステムとして利用するに関しては、その是非を問う段階にまで至っていない。

しかし、マイコンとは別に、スライド、OHPなどの視聴覚機器の有用性については、一般にも認められ、教育現場においても、かなり積極的に取り入れられている。<sup>6)</sup> マイコンを視聴覚機器と比べると、スライドのように部屋を暗くする必要もなく、OHPよりも動的な表現が可能なことなどが挙げられる。

このようにすぐれた特徴を持つマイコンが、将来、視聴覚機器と

同じように教育現場にも導入される可能性は大変高いと思われる。

そのためには、

i) マイコンが教育現場に導入されるには、どのような条件が必要になってくるか。

ii) また導入された場合、教育効果を高めるには、教師がプログラムを開発する際、どのような点に配慮しなければならないだろうか。

を十分に研究することが大切かと思われる。

そこで、本研究を進めるにあたって

(1) 学習成立の前提となる、画面の見やすさ、心理的負担の軽減について、プログラム開発上留意すべきことはどのような点かを明らかにし、その上で教材を開発する。

(2) マイコンを用いたCAIにおいて、教材を開発、実施するには、どのような点に配慮しなければならないか。その条件整備をする。

(3) 教材の作成は、プログラムの開発者が自らの専門分野について行なうことが望ましいと思われるため、開発者が、た

とえ、コンピュータの専門家でなくてもプログラミングができるように、ユーティリティ・プログラムを利用しやすく、かつ、応用ができるような形式で作成する。

以上の3点から、教育へのマイコン利用について研究することを目的とした。

また、対象として「ドライラボ」など視聴覚的にもCAIに向いている化学の領域の部分を取りあげ、化学教育の面からCAIの基礎的研究を行なった。

注1) CAI --- Computer Assisted (あるいは Aided) Instruction の略称で、コンピュータのコントロールによって、教授・学習を実行するシステムである。<sup>7)</sup> 個人ペースで学習をするものから、一斉授業の自動化を目指すものまで、利用の仕方は様々である。

CAIは、そのターミナル(学習者用)を介してコンピュータと学習者がオンラインで連結されているシステムであり、通常は、キーボード上のキーを押したり、命令語を入力することで、学習者とコンピュータがコミュニケーションできるシステムである。<sup>8)</sup>

CBE (Computer Based Education), CAL (Computer-Assisted Learning) とも呼ばれる。<sup>9)</sup>

注2) CMI --- Computer Managed Instruction の略で、教師が教授するスケジュールの作成、あるいは、教授した結果のデータを情報に変換して教師や学習者にフィードバックするシステムである。<sup>10)</sup> 教師を支援強化することから、学習者とコンピュータとはオフラインに繋がっている。<sup>11)</sup>

注3) CPU --- Central Processing Unit の略で、中央処理装置と訳される。コンピュータの中心機能を有する。

制御部、演算部などの部からなり、プログラムによる命令と実行段階で、コントロールの働きを持つ。<sup>12)</sup>



## 第 2 章 CAIの歴史的背景と現状

教育工学で用いられるCAIという用語は、「コンピュータ利用の教授学習システム」あるいは「コンピュータ支援による教授学習システム」と訳される。CAIシステムの開発は、1958年IBMとハーバード大学との共同研究から始められた。<sup>13)</sup>「すべてのひとりひとりの生徒に質の高い普遍教育を」という教育革新の考え方を実現するために、1964~68年にかけて、大規模なシステムの開発と実践化の研究が進められた。その結果、初等教育から高等教育、企業内教育まで幅広く教育実践の場に導入された。この時点で、ある程度、特定の教育現場ではあったが、実験的、実践的成果を上げて一応の完成をみている。<sup>14)</sup>

我が国における最初のCAIシステムの設計は、1966年、電子総合技術研究所で実行された。小林ら(香川大)は、1968年、集田自動教育システムを開発し個別学習を試行した。<sup>15)16)</sup>その後、1970年代半ばごろには、国立教育研究所、北海道教育大学函館分校、岐阜大学、愛知教育大学等で、システムの開発が行なわれた。<sup>17)18)</sup>

このようなCAIシステムは、いずれも一斉授業の中での個別化を目指すもので、数学や物理教育の面で、ある程度評価されている。<sup>19)20)</sup>

しかし、進度の遅い学習者が、正規の授業以外で使用することまでは、十分な配慮がなされていないことも上げられる。

そこで、この章では、CAIの代表的な例であるイリノイ大学のPLATOとわが国でのこれまで実施されたいくつかの例を取り上げ比較検討してみる。さらに、マイコンのCAIの流れと、その教育上の有効性について述べてみる。

## 2-1. CAIの実践例

CAIの代表的な例として、イリノイ大学のPLATOが挙げられる。PLATO開発の中心的人物である Stanley G. Smith は、次のように述べている。<sup>21)22)</sup>

1960年に、イリノイ大学のアーバナ・シャンペイン校で PLATO I として一台の端末による CAI の研究がスタートした。その後、1981年の時点では、独立した研究所 CERL (Computer-based Education Research Laboratory) に研究が移され、PLATO システムのハードウェア、ソフトウェア、およびコースウェアは、ここで研究されるようになった。1981年では、PLATO IV として 1200 台以上の端末を東はボストンから、西はハワイ大学にまで設置している。中央計算機室は、イリノイ大学の CERL にある。この中央計算機と端末とは、TSS (Time sharing System)<sup>23)</sup> で結びついており、多数のユーザーが同時に、通信回路を介して接続された端末装置から、コンピュータシステムのプログラムを実行できるようにになっている。

PLATO 端末システムは、マイクロプロセッサとキーボード。

表示用のディスプレイから成っている。端末機能の特徴について表2-1にまとめてみる。

表2-1 端末機能の特徴

ディスプレイ (プラズマディスプレイ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プラズマディスプレイ (22x22cm) の表示文字種は、数字、英文の大文字、小文字、及び特殊文字(記号など)</li> <li>・ 学習者または使用者は、平仮名、漢字、画素等については、キャラクターセット、ラインセットとして作成できる。</li> <li>・ 簡単な図形の表示もできる。</li> </ul>
タッチパネル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プラズマディスプレイ上に、16x16の格子点を設け、赤外線を通している。このため、パネルにタッチすると、タッチした位置が検出され、計算機に入力できるようになっている。</li> </ul>
スライド	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 4インチ四方のマイクロフィッシュの中に、256枚(最大)のスライドを入れられ、ディスプレイ上に投影できる。また、他の表示と重ね合わせをすることも可能である。</li> </ul>
キーボード	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ディスプレイと接続され、普通のタイプライターとほぼ同じ配列をしてはいるが、この他に、NEXT, HELP, DATAなどのキーも配置されている。</li> </ul>

以上のような装置を用いて学習が進められる。

次にPLATOのレッスンの例を挙げてみる。もし、化学のレッスンをやる場合には、まず先に登録しておいた自分の名前、所属グループ名、パスワードをキーボードよりタイプする。

すると、コンピュータはパスワードを識別したあとで命令待ちとなり、

"CHEMISTRY"とタイプすると図2-2

Chemistry Lessons	
a.	How to use PLATO
b.	General Chemistry
c.	Organic Chemistry
d.	Spectroscopy
e.	Biochemistry
f.	Analytical Chemistry
g.	Introductory Crystallography
h.	Introduction to Polymer Chemistry

図2-2 化学レッスンインデックス  
(藤健, 山本林雄, PLATOシステムによる化学教育, 化学教育 Vol. 29, No. 2, P132より転載)

のような化学レッスンインデックスがディスプレイ上に表示される。

この後、必要なインデックスをタイプすることで学習がはじめられる。

この他に、脇・山本はPLATOの特徴として次のように述べている。<sup>24)</sup>

(1) 原則として24時間使用体制が整っていて、学生、教官等に利用が定着している。

(2) 小学生から大学院学生用までほとんどの教科にわたり、計6000時間のレッスンが作られている。

(3) 図形、グラフィック等を効果的に取り入れたシミュレーションを用いたレッスンが多い。

(4) ドリルが徹底している。

感想として、PLATO利用者は、自分のペースで学習でき、くり返しや、スキッピングも可能となっているなどを挙げている。

我が国においては、国立教育研究所を中心として、CAIについての研究が、1970年頃から進められ、1974年、東京都の常盤中学校にCAIシステムが設置された。さらに、1978年には、

この成果を受けついで、筑波大学の開発によるCAIシステムが竹園東小学校で利用された。<sup>25)26)</sup> また、都立小山台高校<sup>27)</sup>や京都青少年科学センターや金沢工業大学などにも設置され、利用されてくる。

表2-3に、我が国の代表的なCAIの実施例として、竹園東小、小山台高校、京都青少年科学センター、筑波大学のMILESTONE<sup>28)</sup>及びアメリカのPLATOについて、それぞれの特徴及び設置・利用上の問題点を簡単にまとめてみる。

表2-3 CAIの実施例の比較

実施校およびシステム	システムの特徴					設置・利用上の問題点
	端末数	表示文字種	図形表示	学習形態	その他	
竹園東小学校	40	漢字(256種) ひらがな、かた かな、英数字、記号	・カラー表示 ・256×192 ドットマトリックス	個別学習 ドリル	キーボード上のキー の交換により、キ ャク義が変えられる	・完全な対話型ではない ・ソフトウェアの開発が一般的 に難しい ・比較的高価である
小山台高校	50	/	/	カード併用式 によるプログラム 学習	番号のボタンを押 すと各カード学習 を進める	・図形・文章の情報がない ・対話的利用がとまはない
京都青少年科学セン ター	約40 (パーソナル)	液晶表示によ り英数字 かたかなの 一行表示	/	小冊子利用 のプログラム学 習	中央計算機に マイコンを用いて いる	・対話的利用がとまはない ・図形の情報がない
筑波大学 (MILESTONE)	TSS端末 27	漢字、ひらが な、かた かな、英数字 記号	・カラー表示 ・640×480 ドットマトリックス	・個別学習 ・対話的利用 ・演示 ・シミュレーション	・光ディスクに おける画像を表示 ・図形用のキー を持つ	・大規模な設備 ・高価である
イリノイ大学 (PLATO)	* TSS端末 約1200台	英数字 記号 漢字、ひらが なもどまる (使用済定数)	・オレンジ ディスプレイ ・図形その他 スライドも表 示	・個別学習 ・対話的利 用 ・シミュレーション	・ソフトウェアの高積 量が大きい (6000時間) ・タッチパネル機 能も持つ	・大規模な設備 ・高価である。

1983年3月 (\*1981年)

このように、大型コンピュータとその端末を用いるシステムでは我が国やアメリカにおいても、設備や価格の面での制約が大きくなっていく。また、我が国の場合では、PLATOのようにソフトウェアの蓄積量が大きくないこともCAIが現実的に広く行なわれな原因となっていると考える。

## 2-2 マイコンを用いたCAIの流れ

既に述べた問題点(表2-3)のために、大型コンピュータと端末を用いたCAIは、我が国においてもその普及率は顕著なものとはなっていない。

一方、エレクトロニクスの進歩により、コンピュータの小型・高性能・低価格化が1970年代に起こった。20年前の大型コンピュータに匹敵するようなマイコンが当時の価格の1000分の1程度で入手できるようになった。1980年に入ると、個人で所有する者も出てくる程である。パーソナル・コンピュータ(パソコン)と呼ばれるのも、このことに一因があると思われる。

マイコンの出現は大型コンピュータによるCAIの問題点の解決のひとつの方法となった。アメリカにおいては、1976年以降、マイコンを教育へ利用しようとする試みが行なわれてきている。PLATOの最大のソフトウェアをマイコン用に手直し利用しようとする動きもある。我が国においては、1980年頃から国産のマイコンが普及されるにつれて注目されつつある。<sup>29)</sup>

文部省社会教育局視聴覚教育課が、昭和58年1月に全国の公立



及び私立の小学校、中学校、高等学校を対象とした「マイクロコンピュータの教育利用に関する調査」<sup>30)</sup>を行なった。この結果、設置率と平均台数は表2-4のようになっている。

表2-4 マイコンの設置率と平均台数

区分	設置率	平均台数	
小学校	公立	0.1%	1.1台
	私立	5.4	2.4
	計	0.1	1.4
中学校	公立	0.9	1.3
	私立	18.2	3.1
	計	1.8	2.2
高等学校	公立	49.8	3.9
	私立	32.2	4.8
	計	45.6	4.1

平均台数は設置校における平均を示す。

このことから教育用にもかなり使われ始めていることがわかる。

特に、小・中学校に比べ、高等学校においてはすでに約半数近くがマイコンを設置するにいたっている。

また、この調査の利用形態をみると (1)CAI 的利用 (2)CMI 的利用 (3)コンピュータ教育 (4)クラブ活動 の四つの利用形態で分類しており、CMI 的利用 (成績処理、事務処理など) に次いで CAI 的利用とクラブ活動等での利用が多くなっていると報告されている。<sup>31)</sup>

このように、マイコンによるCAIが、アメリカばかりでなく我が国においても大変身近な問題となってきている。

そこで、マイコンを用いたCAIプログラムには、どのようなものがあるか化学教育の面から例を挙げてみる。

Journal of Chemical Education には、1979年以來、Computer Series として、コンピュータ、特にマイクロコンピュータの化学教育への利用についての解説や報文が連載されている。その中からCAIに該当するソフトウェアを拾い出して、まとめてみたのが表2-5である。また、化学教育(日本化学会化学教育部会誌)を中心に我が国で報告されているCAI関係のソフトウェアをいくつかまとめたものが表2-6である。

中和滴定のプログラムは多く取り上げられており、実験のシミュレーションとして非常によく作成されているものである。また、分子の3次元的な図示は、視覚的に訴える上で大変興味深いものである。化学をよりわかりやすく教授しようとする点では、いずれのプログラムも、その目的を失ってははいないと思われる。

しかし、ソフトウェアが個人単位で開発されたままだったり、

あるいは、一部でしか用いられないような場合、共同利用や、流通性の上で非常に残念なことであると思われる。また、教育に利用する以上、プログラムに共通した課題、たとえば、画面の見やすさをどうするかとか個別学習のための条件をどのようなプログラム中に盛り込んだらよいかなど、を整備することも大切かと思われる。

表2-5 Chemical Education 掲載のマイコンCAI用プログラム

プログラム名 あるいは 教材	対象	分類	機種	画面表示・操作等の様式	参考文献
中和滴定	高校	I	TRS-80	B, S	32)
溶液の比重測定	高校	I	TRS-80	G, B, S	33)
ミャルルの法則	高校	I	TRS-80	G, B, S	
水溶液に関する基本学習	高校	A, I	TRS-80	B, S	
水溶液に関する応用学習	高校	A, I	TRS-80	B, S	
溶液の希釈について	高校	A, I	TRS-80	B, S	
物質の温度変化	高校	A, I, O	TRS-80	G, B, S	
中和滴定	大学初級	A, I	Apple II	G, C, A, S	
分光光度計のシミュレーション	大学初級	I	Apple II	G, C, A, S	34)
化学講座のCAI用プログラム	大学初級	A, I	PET 2001		35)
電気化学	大学初級	I	Apple II	G, C, A, S	36)
電位差滴定	高校	I	Apple II	G, C, S	37)
化学の基礎的実験	高校	I, I	Apple II	G, C, S	38)
分子の3次元の図示	大学初級	I, I	Apple II	G, C, S	39)
真空状態での合成	大学初級	I, I	TRS-80	B, S	40)
化学反応のP-X-反応	大学初級	I, I	S-100	G, C, A, S	41)
分子モデルの図示	大学初級	I, I	SORP M100ACE	G, B, S	42)
ボイルの法則	高校	A, I, I	Apple II	G, C, S	43)

分類

- A -- ドリル・練習
- I -- シミュレーション
- U -- 問題解決
- E -- 情報提供・提示
- O -- ゲーム形式の学習
- I -- 個別学習用

画面表示・操作等の様式

- A -- P=X-反応
- B -- モノクロ表示
- C -- カラー表示
- G -- グラフィックス
- L -- ライトペン
- S -- 静止画像

表2-6 しが国における化学用マイコンCAIプログラム

プログラム名あるいは教材	対象	分類	機種	画面表示・操作等の様式	参考文献
中和滴定	大学初級	I.	PC-8001	G. C. A	44)
中和滴定	大学初級	I.	Apple II	G. C. A	45)
中和滴定	大学初級	I.	Apple II	G. C. A	46)
水素原子の電子雲モデル	大学初級	I. I	Apple II	G. C. S	47)
分子の振動	高校	I. I	Apple II	G. C. A	48)
ラザフォード散乱	大学初級	I. I	PC-8001, PET	G. C. S	49)
周期律表	高校	I. K	MZ-80B	B. S	50)
ボイル・シャルルの法則	高校	I. I. K	PC-8001	G. C. S	51)
熱力学と平衡の学習	高校	I. I. K	PC-8001	G. A. C	52)
空気のしくみ	中・高校	I. I. K	PC-8001	G. A. C	53)
分子式から元素含有率の計算	高校	I. K	MZ-80B	B. S	54)
化合物の学習にマイコン利用	高校	A. K	PC-8801	G. S. K	55)
水素発生シミュレーション	高校	A. I. K	FM-8	G. C. K	56)
ミリカンの油滴の実験	高校	A. I. K	FM-8	G. A. C. K	57)
分子量の測定	高校	A. I. K	FM-8	G. C. K	58)
中和滴定	高校	A. I. K	PC-8801	G. A. C. K	59)

分類

- A -- フリル・練習
- I -- シミュレーション
- U -- 問題解決
- E -- 情報提供・提示
- O -- ゲーム形式の学習
- K -- 個別学習

画面表示・操作等の様式

- A -- アニメーション
- B -- モイクロ表示
- C -- カラー表示
- G -- グラフィックス
- K -- 漢字かな混じり表示
- L -- ライトペン
- S -- 静止画像

## 2-3 マイコンを利用して教育効果を高めるための実施上の課題

マイコンを用いたCAIが、我が国でも徐々に広まってきたことがうかがえる(2-2章)。しかし、開発されたソフトウェアは、非常に限られた教育現場や研究機関で行われているのが現状である。

そこで、マイコンを用いた場合、どのような利点があるのか、また、教育効果を高めるためには、どのような点に留意しなければならないのかを述べてみる。

教育においてマイコンを用いた場合、次のような効果が期待される。<sup>60) 61) 62) 63)</sup>

(1) 練習演習により、知識・理解の定着化ができる。

- ・基礎的な技能の訓練を目的に、マイコンを用いて個々の学習者の段階に応じた演習を提示し練習訓練を通して効率よく習得させる。

(2) 個人のペースによって学習を進めることができる。

- ・理解の早い者、遅い者あるいは、繰り返さないとわからない者、感のよく働く者とそうでない者といった個人差に応じて

学習が進められる。時に、進度の遅い者や繰り返しの必要なものには有効である。

(3) 問題や質問を要求したり、必要な計算をさせたりすることで学習者が主体的に学習を進めることができる。いわゆる自学自習ができる。

・授業の前後での予備学習などに適している。

(4) シミュレーションによる適応能力・実験技能の向上

・高価な器具、例えば、直示天秤など、使い方を習熟させる場合、教師がついていなくても、学習者がシミュレーションにより自学自習が可能となる。非常な危険を伴う実験や、長時間かかる実験なども、シミュレートさせることが可能となる。

(5) 即時強化がはかれる。

・練習ヤドリルなど、結果の正否をすぐに知ることができる。

誤った場合には、繰り返したにより強化をはかれる。

マイコンを用いた場合、以上のような利点があると考えられる。

では、このような利点のあるCAIを、有効に使うには、どのような配慮をしたらよいだろうか。

ソフトウェア(プログラム)を開発、作成する立場からまとめてみる。<sup>64)</sup>

### (1) カリキュラムの設計

- ・ マイコンCAIとして適する教材の選抜と配列。CAIによる教授活動の方がより効果的と思える教材を選び、相互に関連のある教材を配列することが、カリキュラムを立てる上では重要かと思われる。独立したプログラムを個々に並べただけでなく、つながりを持たせて単元として取り扱うようにする。例えば、中和滴定のみのプログラムよりその前後に、水溶液の学習や器具の扱い方、整理の仕方などを配置することが効果を高める上でも、必要かと思われる。
- ・ 開発したプログラムの共同利用や、教材の汎用性を高めるような工夫も重要であると考える。現在では、ソフトウェアの共同利用や、蓄積に関して、ほとんどなされていない点からも今後、ソフトウェアの分野別登録などの手段を取ることも大切である。また、個人やグループで開発したもののについても流通性の必要から発表や情報交換等により、



整備していくことが望ましい。

## (2) 見やすい教材

- ・マイコンによるCAIが、特に、進度の異なる学習者に教しているとの考えから、画面表示に関しては、どのようなレベルの学習者でも負担を感じないような表示が必要と考える。
- ・画面に表示される文字に関しては、学習者が見やすいかどうか開発・作成する上でも十分考慮することが大切かと考える。

## (3) 視覚的な面での充実

- ・カラーグラフィックスの利用。画面上に図やグラフなどを表示することは学習者の理解を助ける上でも大変有効である。1982年以降、ほとんどのマイコンがカラー表示ができるようになってきていることから、この利用は開発する上で用いた。複雑な図形の表示となると、画面素子(ドットマトリックス)の問題もあるが、640×200ドットのものもかなりの普及率をあげているので、市販のマイコンでも十

分実行可能である。

- ・動的な画像(アニメーション)。視聴覚機器においてもアニメーションの利用は有効な手段であると言われている。<sup>65)</sup>

マイコンの場合にも擬アニメーションは可能であり、部分的な利用、例えば、気体の発生する様子や、ガスバーナーの炎など、に用いることもできると思われる。しかし、視覚的に有効な手段であるにもかかわらず、プログラミングの困難さなどが原因となり、あまりなされていぬことも事実である。

- ・イメージ化、モデル化しやすい工夫。実際に視覚的にとらえられないような現象をモデル化して表現することはアニメーションと同様、教育上有効と思われるため、プログラム開発上利用することが望ましい。モデル化により学習者のイメージへ訴えることが可能となる。

以上、プログラムを開発・作成する立場からまとめてみた。

しかし、実施する場合には、ソフトウェアの流通性・汎用性をさらに高めるためにも、以下の事にも留意する必要があると考える。

### (1) 教材作成の容易さ

- ・ プログラム作成が容易にでき、かつ、他の人にも理解できるように各機能をサブルーチン化することや、プログラム自体をモジュール化し転用を可能にするよう心掛ける。

### (2) 教材の更新、編集、蓄積

- ・ 作成されたプログラムの更新、編集や、ソフトウェアの蓄積を容易にすようつとめる。

### (3) ソフトウェアの互換性

- ・ 共同利用可能な体制の確立

マイコンを利用して教育効果を高める上では、以上述べたような条件を解決することが、大切な要因であると考えられる。また、広く実施される為にも、重要な鍵になると思われる。

### 第 3 章 装置について

マイクロコンピュータシステムとして、NEC PC-8800 を使用した。本体 PC-8801 は、昭和57年3月発売以来、昭和58年4月の時点で、その販売台数は約17万台に達しており、価格的に教育現場に導入可能な機種として考慮した。

#### ○ 使用したシステム

- ・ CPU --- NEC PC-8801
- ・ 漢字ROM --- NEC PC-8801-01
- ・ カラーディスプレイ --- NEC PC-8853
- ・ プリンター --- NEC PC-8822
- ・ フロッピーディスクユニット --- NEC PC-8881 , PC-80531
- ・ ライトペン --- NEC PC-8045

各システムの外観を図3-1に示す。キーボードのキーの配置を図3-2に示す。

また、システム構成のブロック・ダイアグラムは図3-3の通りである。

図3-1. システムの外観

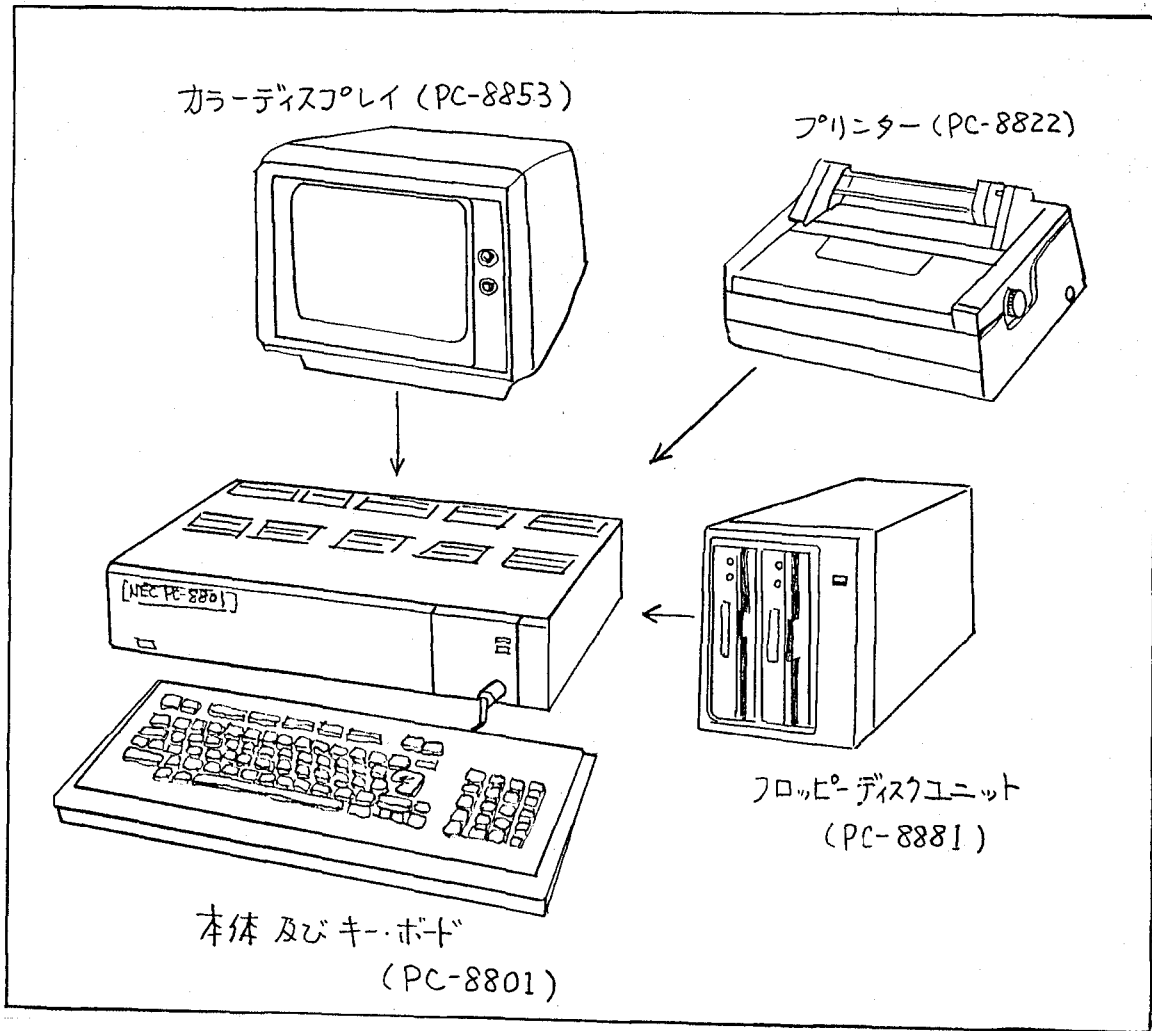
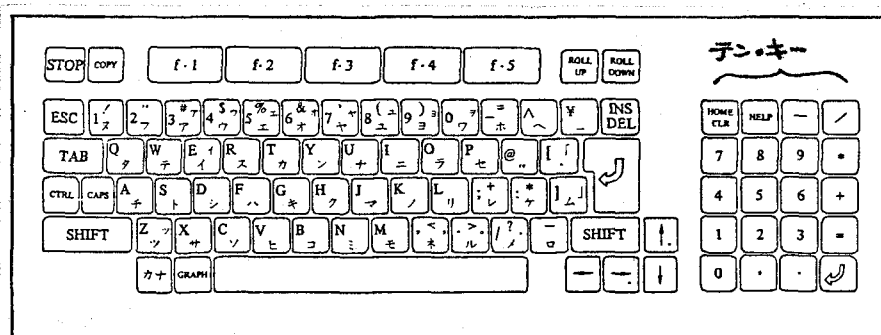
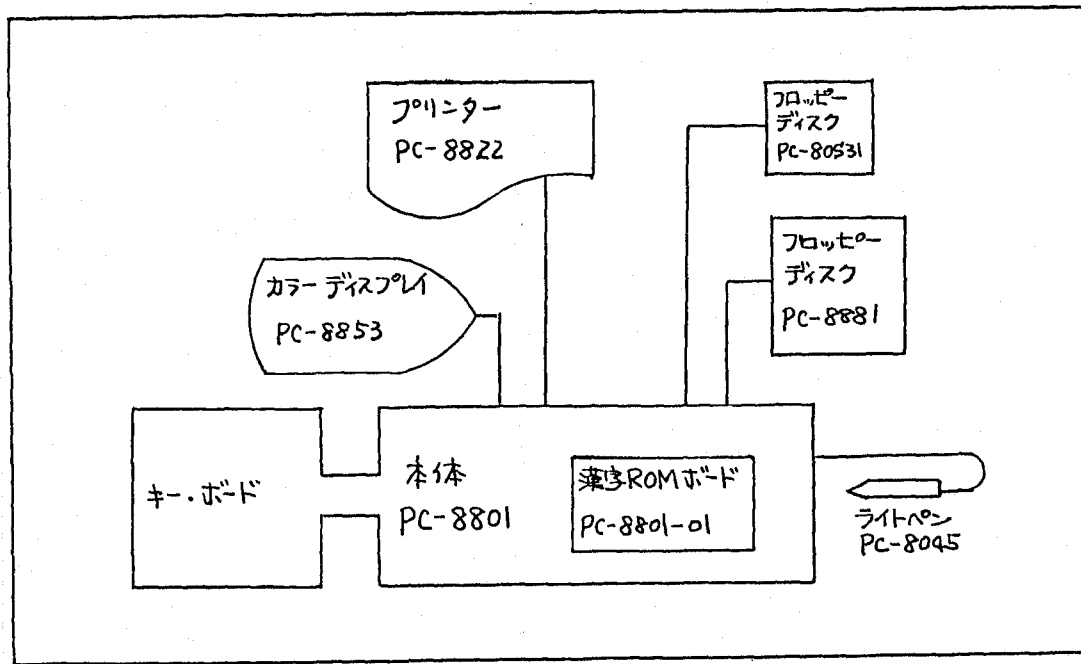


図3-2 PC-8801のキー配列\*



\* NEC PC-8801 ユーザーズ・マニュアルより転載

図3-3 システム構成のブロック・ダイアグラム



○ PC-8801の主な特徴 <sup>66) 67)</sup>

(1) 表示機能

- ・ テキスト表示
  1. 80×25行, 80×20行
  2. 40×25行, 40×20行

1, 2のうちかを選択し、さらに20, 25行のどちらかを選択
- ・ グラフィック表示 (モノクロの場合)
  1. 640×200ドット 3画面 (マルチスクリーン)
  2. 640×400ドット 1画面

1, 2のうちかを選択
- ・ カラーグラフィック表示
  - ・ 640×200ドット 1画面
  - ・ カラー8色 (ドット単位に指定可)
- ・ バックグラウンドカラー --- 8色指定可能
- ・ 画面合成 --- テキストとグラフィックがカラーグラフィック合成

## (2) 漢字表示機能

- ・ 最大 40文字 x 20行
- ・ 文字種類 --- JIS 第一水準の漢字 (2965字)  
非漢字 (約 700種)

(3) LEVEL III BASIC --- 命令・関数 --- 約 120語 (N88-BASIC)

(4) ラベル機能

(5) ライトペン機能

(6) 座標系 --- ワールド座標, スクリーン座標

(7) 入出力関係 --- プログラムの CHAIN, COMMON 機能

などがあげられる。

- N88-BASIC の命令語、関数を表 3-4 に示す。<sup>68)</sup>

表3-4. PC-8801 BASIC の主な命令語・関数

1. コマンド

AUTO, BLOAD, BSAVE, CONT, DELETE, EDIT, FILES, FORMAT  
KEY LIST, LIST, LOAD, MERGE, MON, NEW, RENUM, RUN,  
SAVE, TERM, TRON, WIDTH

2. 一般命令

CLEAR, DATA, DEF FN, DEFINT/SNG/DBL/STR, DIM, END,  
ERASE, FOR...TO...STEP-NEXT, GOSUB-RETURN, GOTO, LET,  
IF...THEN...ELSE, INPUT, INPUT WAIT, LINE INPUT, PRINT  
ON...GOSUB(GOTO), PRINT USING, RANDOMIZE, READ, REM,  
RESTORE, STOP, SWAP, WHILE-WEND, WRITE, SEARCH, SPC, TAB

3. 画面・グラフィック命令

CLS, LOCATE, CSRLIN, POS, CIRCLE, PAINT, POINT, PRESET  
PSET, WINDOW, GET, PUT, VIEW, COLOR, ROLL, MAP, LINE

4. 算術命令

ABS, ATN, CINT, CDBL, COS, CSNG, CVI/CVS/CVD, EXP, FIX  
INT, LOG, RND, SGN, SIN, SQR, TAN

5. 文字列操作命令

ASC, CHR\$, HEX\$, INKEY\$, INSTR, LEFT\$, LEN, MID\$, OCT\$,  
MKI\$/MKS\$/MKD\$, RIGHT\$, SPACE\$, STR\$, STRING\$, VAL

6. 入出力命令

CLOSE, FIELD, GET, INPUT#, LINE INPUT#, LSET/RSET, OPEN  
PRINT#, PRINT# USING, PUT, WRITE#, EOF, FPOS, INPUT\$,  
LOC, LOF

7. キー制御命令・ジョイスティック制御命令

HELP ON/OFF/STOP, KEY, KEY ON/OFF/STOP, ON HELP GOSUB,  
ON KEY GOSUB, ON STOP GOSUB, STOP ON/OFF/STOP, COPY,  
WIDTH LPRINT, LPOS

8. クロック制御命令

ON TIME\$ GOSUB, TIME\$ ON/OFF/STOP, DATE\$, TIME\$

9. ライトペン制御命令・ディスク制御命令

ON PEN GOSUB, PEN ON/OFF/STOP, PEN, CHAIN, COMMON, KILL  
DSKO\$, NAME, SET, ATTR\$, DSKF, DSKI\$

10. 特殊命令

BEEP, CALL, DEF USR, ERROR, MOTOR, ON ERROR GOTO, OUT,  
POKE, RESUME, WAIT, ERL/ERR, FRE, INP, PEEK, USR, VARPTR



## 第4章 ユーティリティ・プログラムの作成

### 4-1. はじめに

マイコンも、漢字ROMが搭載され、かつ、高分解能のカラーグラフィックス表示の可能な機種が主流になりつつある。マイコンを利用する上では、その機能を十分に発揮させて、学習者に見やすく、わかりやすい表示をすることが、2-3章で述べたように大切であると思われる。

それにもかかわらず、漢字表示を用いたプログラムや、高分解能のカラーグラフィックスの機能を生かしたプログラムは、あまり多くない。原因として、「漢字の入・出力の際の手順が煩雑である」ことや、「図形が複雑になればなる程、プログラム作成の図形に要する時間と労力がかかる」ことなどが挙げられる。

そこで、容易に日本語を画面に表示でき、また、図形表示を効率よく行なうために、ユーティリティプログラムを作成することにした。

表4-1は、画面表示に関して、これまでに行なわれてきたプログラムと本研究で開発しようとするプログラムの違いを簡単にまと

めたものである。

表4-1 画面表示に関する比較

	これまでの学習プログラム	本研究で開発したプログラム
表示される文字種	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カタカナ・英文による表示</li> <li>・長い文章にふたりにおと見にくくなる</li> <li>・同音異義語の区別がつかない</li> <li>・H<sub>2</sub>Oの2のような下付き文字などの表示がなくH2Oとなってしまう。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漢字・ひらがな・カタカナ・英文による表示を可能とする</li> <li>・SO<sub>2</sub>のように上付き文字・下付き文字も表示できるようにする。</li> </ul>
グラフィックス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・画面上の図形が単純なものが多い。</li> <li>・カラー表示のできるものでも大部分は原色に近いものである。</li> <li>・複雑な図形になると入力が困難である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高解能のカラーグラフィックスの利用</li> <li>・中間色もある程度出力させるようにする</li> <li>・複雑な図形表示もできるようにする。</li> <li>・アニメーションの利用</li> </ul>

作成したユーティリティ・プログラムの利用により、教材のプログラム開発での能率化をはかると同時に、たとえ、コンピュータの専門家だけでなく、誰にでもある程度の操作ができれば、使用できることを目的とした。

## 4-2 漢字かな混じり文表示のためのプログラム

ディスプレイ上に漢字かな混じり文を表示させるためには、漢字に対応したJISコードを用いなければならない。

例えば、「漢」という文字を画面の左上へ表示するには、プログラム中で、「漢」に対応するJISコード：3441(16進数)を調べてから、次のような命令を用いて行なう。<sup>69)</sup>

PUT (0,0), &H3441, PSET, 7, 0

↓	↓	↓	↓
画面左上の 座標	「漢」に対応 するJISコード	表示する 文字の色 7…白	バックの色 0…黒

同様に、ひらがなの場合も「あ」であれば、2422(16進数)というコード番号を用いて行なう。一文字表示するごとに、PUT(x,y), … という命令を実行することになる。

この作業をそのまま行なうと、非常に時間と労力を要する。そこで、プログラム中に、文字のコードをDATA文として取り組むことにした。また、繰り返し用いる PUT(x,y), … の部分をサブルーチンとすることで、重複を避けるようにした。

この方法を用いると、漢字かな混じり文だけでなく、化学でよく使われる、例えば、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>のような上つき、下つき文字の表示も、

DATA文を呼んで表示するためのサブルーチン中に、行の間隔を  
変えるような工夫をすることど可能となった。

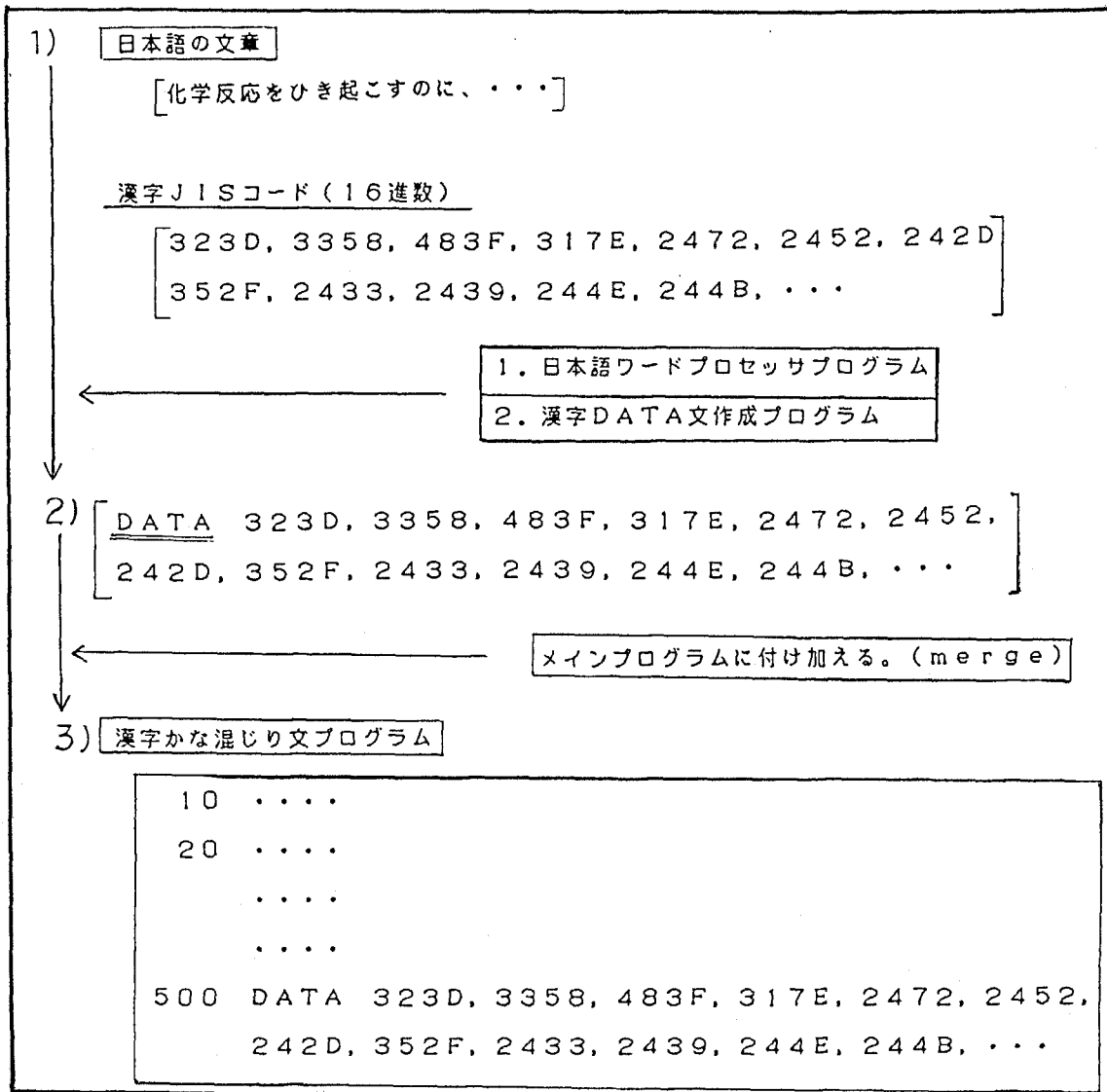
以下、その作成手順について述べる。(図4-2)

- (1) 日本語の文章、例えば「化学反応を起こす」という文章を表  
示したい場合、まず対応するJISコードを調べる。しかし、  
コード表の中から1文字1文字探すことは大変なことである。
- (2) そこで(1)の作業を手際よく、しかも短時間で行なうため、日  
本語ワードプロセッサプログラムを用いる。日本語ワードプ  
ロセッサプログラムで文章を作成し、その作成されたデー  
タを、そのまま用いれば、1文字1文字探す作業が必要でなく  
なるからである。
- (3) ユーティリティ・プログラムとして、ワードプロセッサプロ  
グラムで作成した文章のデータを、自動的にDATA文とし  
て作り直すプログラムを作成する。これを用いて、DATA  
文を作成し、その先頭には行番号もつけておく。
- (4) 作成された、DATA文をプログラム中に組み込み、表示の  
ためのサブルーチンを付け加えて出力(画面に表示)するよう

にする。

こうすることによって、長い文章であっても、漢字DATA文作成プログラムにより、短時間で、プログラム中に取り込むことができるとなった。また、サブルーチンに工夫を加えることで、例えば、 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$  のような下つき文字を、または上つき文字をもつけることができるようになり、化学反応式なども表示できるようになった。

図4-2. 日本語(漢字かな混じり文)プログラム作成の手順



### 4-3 グラフィック・プログラム・ジェネレータ

ディスプレイに図形を描くには、縦と横の座標を用いて行なう。

例えば、図4-3のような三角形を、ディスプレイの画面上に、白色で（画面の背景色は黒であるから）図示するためには、

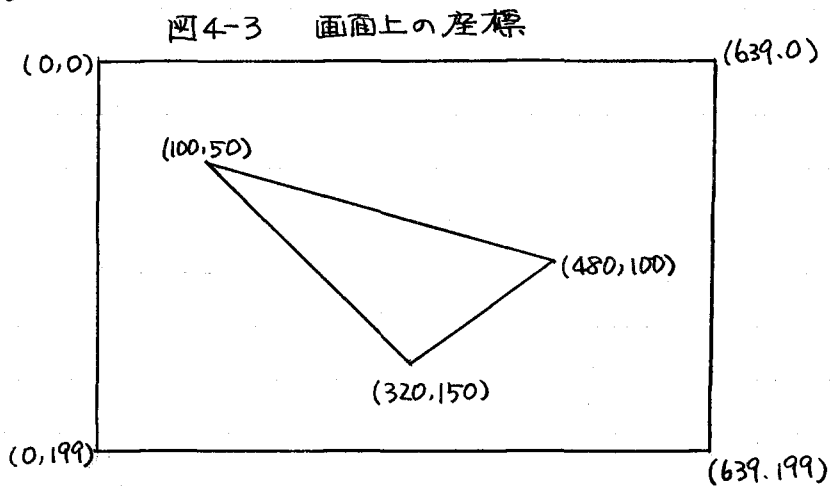
```
100 Line (100,50)-(320,150),7
```

```
110 Line (320,150)-(480,100),7
```

```
120 Line (480,100)-(100,50),7
```

という、BASICのプログラムを作り、それを実行しなければ

ならぬ。



さらに細かい図形を描こうとすると、プログラムは複雑で長くなる。（図4-4）

このように図形が、細かく複雑になればなるほど、多くの座標データが必要となり、プログラムを記述するのに大変な労力を要する。

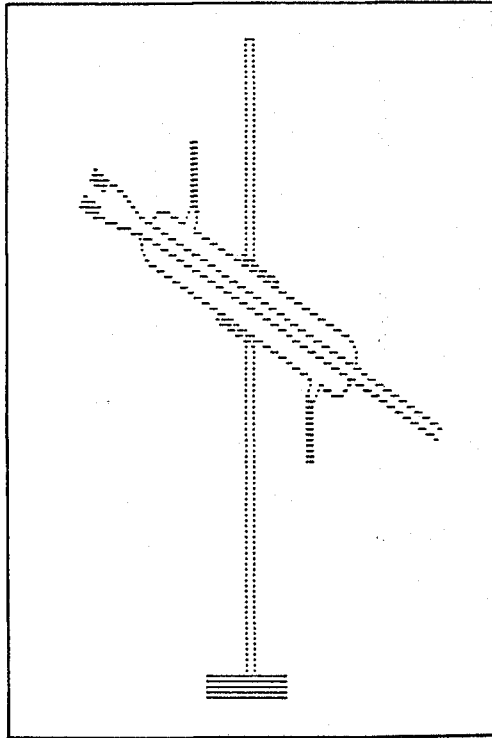


図4-4.

画面上に左のような図形を表示するには、  
下のような BASIC のプログラムが必要と  
なる。

- なお、行番号 140 の PAINT (138,87),7,7 とは、座標 (138,87) を中心として、7 の番号で表わされる色 (白…画面上では) で、7 (白) の境界線まで、塗りつぶすことを意味する。
- その他 POINT (X,Y) : LINE-(X1,Y1) は (X,Y) と (X1,Y1) を線で結ぶことを意味する。

```

100 LINE(139,80)-(132,87)
110 LINE-(141,89): LINE-(167,93): LINE-(313,130): POINT(315,128)
120 LINE-(163,89): LINE-(155,85): LINE-(139,80): LINE(146,82)-(144,84)
130 LINE(142,87)-(140,89):LINE(137,82)-(144,84):LINE(134,85)-(142,87)
140 PAINT(138,87),7,7:PAINT(140,82),7,7
150 LINE(135,84)-(136,83),0
160 POINT(162,92): LINE-(163,95): LINE-(165,97): LINE-(261,122)
170 LINE-(264,122): LINE-(269,120): POINT(272,117): LINE-(272,114)
180 LINE-(270,112): LINE-(180,89): LINE-(175,88): LINE-(171,88)
190 LINE-(168,90): POINT(185,90): LINE-(188,87): LINE-(192,88)
200 LINE-(190,91): POINT(186,91): LINE-(189,91),0: POINT(250,119)
210 LINE-(247,122): LINE-(251,123): LINE-(254,120): POINT(253,120)
220 LINE-(250,119),0: POINT(213,97): LINE-(214,96): LINE-(232,101)

```

```

230 POINT(230,101): LINE-(230,101): LINE-(230,101): POINT(225,100)
240 LINE-(225,100): POINT(219,98): LINE-(219,98): POINT(215,97)
250 LINE-(215,97): POINT(202,107): LINE-(201,108): LINE-(220,113)
260 LINE-(221,112): POINT(220,112): LINE-(220,112): POINT(216,111)
270 LINE-(216,111): POINT(212,110): LINE-(212,110): POINT(208,109)
280 LINE-(208,109): LINE-(204,108): POINT(216,56): LINE-(216,97)
290 POINT(216,112): LINE-(216,174): POINT(220,174): LINE-(220,113)
300 POINT(220,98): LINE-(220,56): LINE-(216,56): POINT(196,174)
310 LINE-(236,178),,BF: POINT(247,122): LINE-(247,134): LINE-(250,134)
320 LINE-(250,123): PAINT(249,126),7,7: POINT(188,87)
330 LINE-(188,75): LINE-(191,75): LINE-(191,88): PAINT(190,83),7,7

```

そこで、次に示すような手順で、自動的に図形等のプログラムを生成するプログラム(グラフィック・プログラム・ジェネレータ)を作成した。<sup>70)</sup>

カーソルを画面上に表示すると共に、作図命令の種類と対象となる座標を記憶しておき、それに基づいてBASICのプログラムを生成するようにした。(図4-5)

このような、線や円・楕円が描け、PAINT(指定した色で塗りつぶす)ができるプログラムを作成することで、ある程度複雑な図形のBASICのプログラムを自動的に生成することができるようになった。

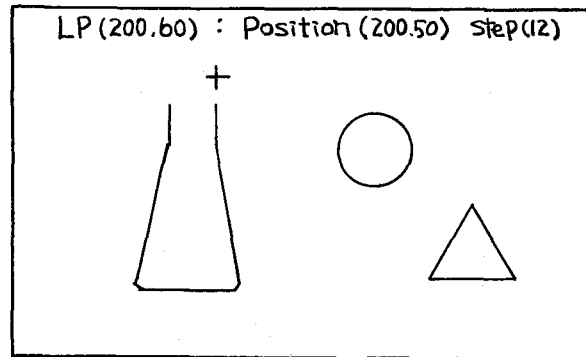
これを用いてプログラム開発を行ったが、時間的に今までよりも速い作成が可能となり、また、開発する上での道具としての役割りも大きいものとなった。



図4-5 図形表示をするプログラムを自動生成する手順

[A]

1. 十字のカーソルを画面上に表示させ、テンキーを用いて移動し、線や円が描けるようにする。下の図で、positionは現在の十字カーソルの座標を示し、LPは図形を描いた最後の点を示している。もし線を引く場合、LPとpositionが線で結びあることになる。



(図を描くプログラムの画面表示例)

2. 各点の座標を、線を描くごとに、あるいは円や三角形などを描くごとに、メモリー内の配列に、その(x,y)座標と命令を記憶させる
3. 作図終了
4. メモリーから(x,y)座標と命令を読み出し、BASICのアスキーコード形式のプログラムとして、順に、自動的に生成し、フロッピーディスクに出力する。



[B] ( ディスク上のファイルをメインプログラムへ付け加えて  
(merge)、作成する。 )

[A] → 図形を描き、それをBASICのプログラムへ自動変換するためのプログラム

[B] → 図形のプログラムを付け加えて作成したメインプログラム

## 第5章 表示文字種の違いによる学習効果への影響

進度の遅い学習者にとってマイコンによるCAIは、自己のペースで学習ができることや、繰り返しによる即時強化が可能なことのために、有効であると思われる。

特に、日本語による見やすい表示は、学習者の心理的な負担を軽減すると考え、教材のプログラムに利用する前段階で、表示文字種による学習効果への影響について調べることにした。実施にあたっては、ディスプレイ上の表示文字として漢字かな混じり文を用いた場合について、カタカナ表示、および英文表示の場合と比較することを行った。<sup>71)</sup>

### 1. 研究方法

- 1) ニューヨーク州立大学の1976年の化学の入試問題<sup>72)</sup>から同程度の難易度と思われるものを選び、我が国の高等学校の化学Iの内容と照合し、同様な形式の問題を追加し、3種類の文字表示によるテスト形式のプログラムを作成した。各プログラムは20問からなり、一問ごとに解答の正誤を判定し正答を確認できるような対話形式とした。また、それぞれの

問題の表示から解答の入力までに要する時間と、解答の正誤を記録した。

- 2) 本学の学部学生(2年生)33名を対象としてテストを実施した。各人に対し、それぞれ3種類の文字表示によるテストを  
(i)漢字かな混じり文 (ii)カタカナ文 (iii)英文 の順で継続して実施した。終了後、質問紙によるアンケート調査を実施した。なお、被験者には、事前に、「問題は必ず最後まで読み、その上で解答すること」、「英文に関しては、辞書の使用は何回でもよい」と指示した。

図5-1は、漢字かな混じり文表示によるものを示している。

(なお、図は、ディスプレイのハードコピーをプリンターでとり、さらに縮小したものである。以下同様)

解答者は、1~4の中から正答と思われる番号のキーを押して解答を入力する。正・誤の判定をして誤答の場合には正答を示したのち次に進む指示を与える。

図5-2は、カタカナ文による表示の例で、この場合、正解したときのものを示している。漢字かな混じり文に比べ、見にくいのが

わかるかと思われる。

図5-1 漢字かな混じり文による表示

[1] 化学反応を、ひき起こすのに必要な最少のエネルギーは、何と呼ばれていますか。

1. 運動エネルギー
2. 位置エネルギー
3. 活性化エネルギー
4. 平均運動エネルギー

解答番号を、押して下さい。 . . . 3

正解です！ 次へ進みます。リターンキー を押して下さい。

図5-2 カタカナ文による表示

[1] ヒョウジュン ジョウタイデ、1リットル ノ O<sub>2</sub> ト オナジ ブンシスウ ヲ モツモノハ、ツギノウチノ ドレデスカ。

1. 1 リットル ノ H<sub>2</sub>
2. 2 リットル ノ CO
3. 3 リットル ノ CO<sub>2</sub>
4. 0.5 リットル ノ Ne

カイトウ バンゴウ ヲ オシテクダサイ . . . 1

セイカイ !! ツギヘ ススマス [リターン・キー] ヲ オシテクダサイ。

図5-3は、英文表示による画面で、同様に、正解した場合を示している。

図5-3 英文による表示、

[1] Which equation represents sublimation ?

1.  $H_2O(\text{liquid}) \rightarrow H_2O(\text{gas})$   
 2.  $H_2O(\text{solid}) \rightarrow H_2O(\text{liquid})$   
 3.  $H_2O(\text{solid}) \rightarrow H_2O(\text{gas})$   
 4.  $H_2O(\text{gas}) \rightarrow H_2O(\text{liquid})$

Please hit the number Key ...3  
 Right ! Hit [Return] key.

2. 結果

表5-4は、3種類のテストそれぞれの解答に要した時間と、正答率の平均を示している。図5-5は、解答に要した時間の度数分布を表わしている。

表5-4. 平均解答時間及び正答率

項目	漢字かな混じり文	カタカナ文	英文	平均
平均解答時間(分)	13.2	13.4	27.8	18.1
平均正答率(%)	64.7	77.9	65.9	69.5

図5-5. 解答時間についての度数分布

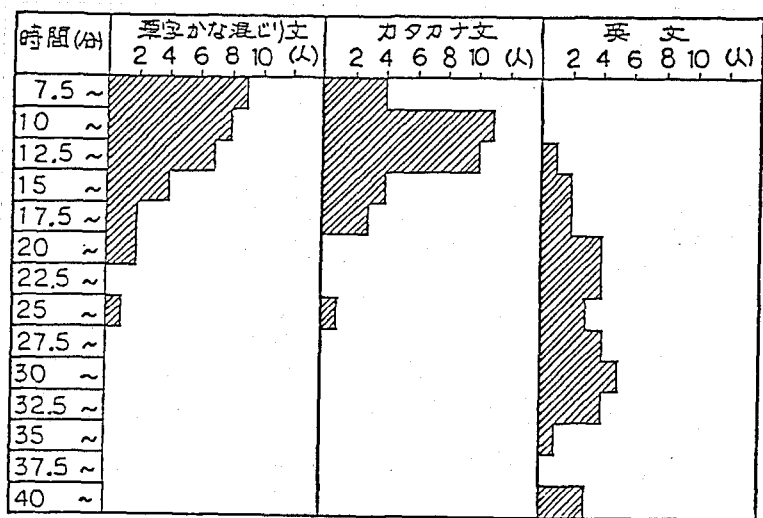


図5-6 解答所要時間と正答率のプロット

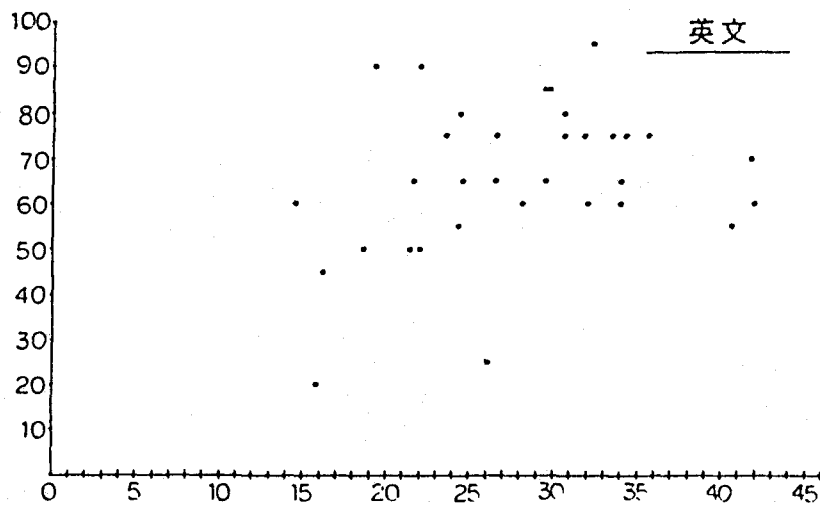
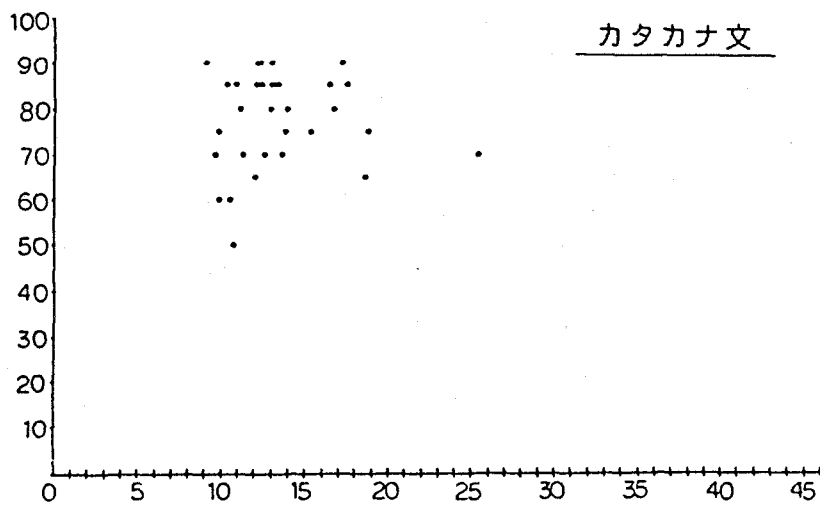
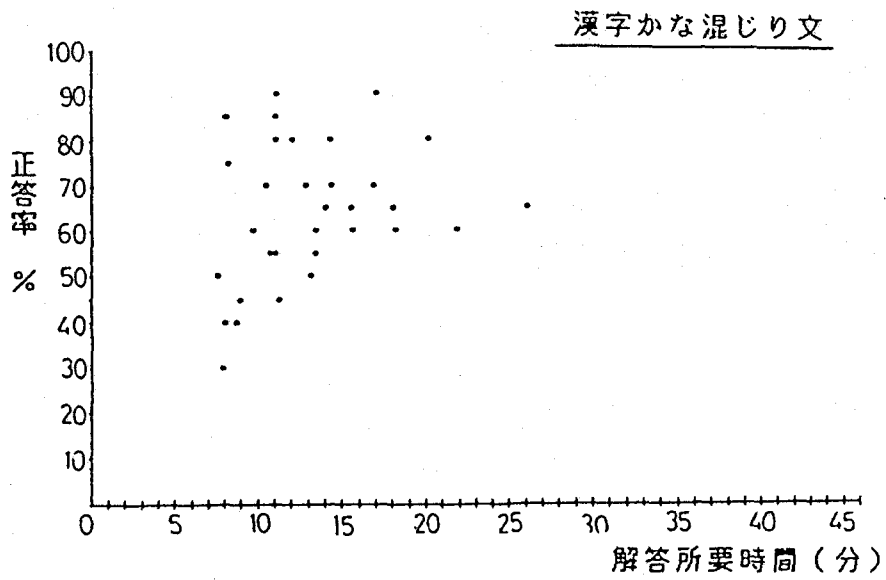




図5-6は、解答所要時間と正答率を縦横の軸にとってプロットしたものである。図5-7は、各問題ごとに正答した者の解答時間を表わしている。

### 3. 考察

英文による場合は、漢字かな混じり文、カタカナ文の場合と比較すると、問題の表示から解答の入力までの時間が倍以上かかっている。(表5-4)

平均正答率では、カタカナ文による場合が、漢字かな混じり文、英文の場合と比べ、高くなっている。これは実施前に、難易度が等しくなるよう配慮したにもかかわらず、テストごとの難易度が若干異なってしまうことが原因と考えられる。

図5-5では、英文による場合が解答時間についての度数分布に漢字かな混じり文、カタカナ文に比べ、かなりのばらつきが見られ個人差があると言える。しかし、非常に解答所要時間の速いものの中には、途中で英語がよくわからず、半ば諦めてしまった者もいたようである。漢字かな混じり文、カタカナ文に関しては、さほど大きな差は出ていない。それは、前述した平均正答率との差が一つの



原因となっていると考えられる。しかし、カタカナ文より漢字かな混じり文の方がいくらか解答時間が短い方に多く片寄っていることから、漢字かな混じり文の方が、読んで意味をとる上で、見易いのではないかとも思われる。

次に、図5-6の個人別に解答所要時間と正答率を表したのを見ると、漢字かな混じり文、カタカナ文に比べて英文による場合のばらつきが多いのがわかる。

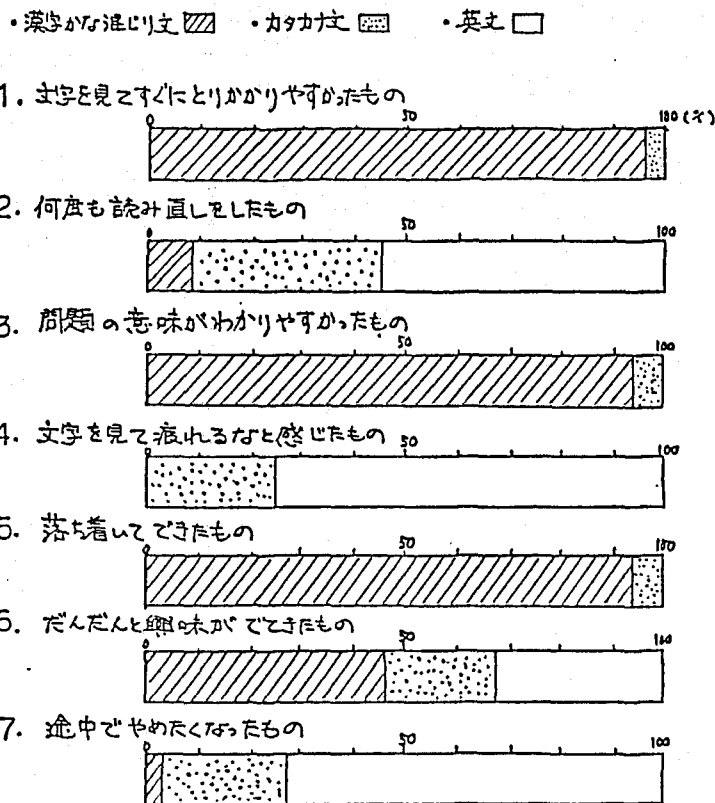
図5-7からは、英文による場合が、各問題の正答率の解答時間においては、漢字かな混じり文、カタカナ文に比べ同様にばらつきが多いのが見られる。英文表示によるものが、他の2つと比べ当然学習者にかかる負担、例えば、意味が取りにくく、特に辞書を用いた場合には、解答に要する時間にひらきがでてしまうといったことが大きな原因となっていると考えられる。

テスト実施後に行なったアンケートの結果をまとめたものを、表5-8に示す。

アンケートは主に、画面表示に関する、印象や、見にくさ、あるいは見やすさ、学習意欲を喚起するようなものという観点から答え

てもらった。

表5-8. 表示文字の違いによる意識調査の結果



この調査結果から、(1)文字を見てすぐにとりかかりやすかったもの、(3)問題の意味がわかりやすかったもの、(5)落ち着いてできたものといった項目で、漢字が混じり文と答えている者が、いずれも90%以上いることがわかる。

それに対し、(2)何度も読み直しをしたもの、(4)文字を見て疲れると感じたもの、(7)途中でやめたくなったもの の項目で英文と答えた者が50%を越えていた。このことは、出題者が、この程度の英文

ならば、日本文と同じ程度と推定したことに問題点があり、事前にある程度、英文の読解力が同程度であることを確かめておくべきであったと反響している。ついで、カタカナ文と答えた者が25~40%となっている。両者を合わせると、75~90%近くにまでなっていることがわかる。

以上のことから、学習者の心理的な負担のひとつとして、表示文字によってもかなり影響があることが確信できた。

また、同じ日本語による表示でも、漢字かな混じり文は、カタカナ文に比べ、読み易く、意味もとりに易いことがあげられ、教育効果を高める上でも有用であるといえよう。

## 第 6 章 教材の開発

### 6-1. はじめに

プログラムの開発については、既に述べたように(2-3章)、画面表示を見やすく、わかりやすくするという学習者に対する配慮や教育的に利用・応用できる教材になるよう心掛けることが大切なことと思われる。

そこで、教材の開発においては、表示文字種を漢字かな混じり文とし、また、カラーグラフィックス(部分的なアニメーションを含む)を積極的に取り入れた。さらに、プログラミングの効率化を図るために、4章で開発したユーティリティプログラムを使用した。

教材は、高校化学の実験の中から多く取り上げられているもので、モデル化の可能なものを対象として選んだ。<sup>73) 74) 75)</sup>

また、教育効果を高めることと、他の教材への応用が可能となることを期待して、以下の条件を設定した。

- ・ 繰り返しによる学習が可能
- ・ モジュール化によるプログラムの分割
- ・ アニメーションの利用

・イメージ化、モデル化

・キーボード以外からの入力

この5項目の全てを満足することが大切であると思われるが、ここでは、あえて、5項目のそれぞれについて、プログラムの開発をし、検討することをねらいとした。

開発した教材は以下の通りである。

(1) 繰り返しによる学習プログラムの例 --- 中和滴定<sup>76)</sup>

(2) モジュール化によるプログラムの分割の例 --- 硫酸銅水溶液の電気分解<sup>77)</sup>

(3) アニメーションの利用 ---  $\text{NaCl}$ 水溶液の電気分解<sup>78)</sup>、食塩水の蒸留<sup>79)</sup>

(4) モデル化による教材のプログラム --- ボルタの電池<sup>80)</sup>

(5) 入力方法にライトペンを用いた例 --- 上皿天秤<sup>81)</sup>

(1)~(3)については、実験のシミュレーションであり、(4)は、電池を理解するための演示用のシミュレーション (5)は、ライトペンを用いた上皿天秤のシミュレーションとして開発した。

なお、(1)~(5)の手法については、今後のマイコン利用上有効なものと思われるため、教材の開発に携わる者の参考となり得ると考える。

## 6-2. 繰り返しによる学習プログラム——中和滴定

繰り返しによる学習は、知識・理解あるいは技能を定着、習熟させる上で、教育的に大変有効である。さらに、結果の直感をよく知り強化していくことは、学習を進める上では大切なことである。ここでは、結果を判断し、フィードバックする例として中和滴定を取り上げた。

### 1. 内容

- ・未知の酸の濃度を既知濃度の塩基で滴定し、酸の濃度を計算させる。(NaOH - HClを想定)
- ・滴定方法として以下の3種類を用いたシミュレーションプログラムである。

(1) ガラス電極によるpH滴定

(2) フェノールフタレインによる指示薬滴定

(3) メチルオレンジによる指示薬滴定

- ・滴定の後、酸の濃度を計算し入力する。

### 2. 目的

- ・滴定が不正確な場合は、もう一度繰り返し、滴定についての

学習および方法を習熟させる。

- ・中和点近くでは、滴下する量をごく少量にして操作をすることが必要であることに気づかせる。

### 3. プログラム開発にあたっての留意点

- ・乱数を用いて、実行の度ごとに酸の濃度を変化させることで繰り返しによる学習と、ゲーム性の導入を目的としてプログラムした。
- ・指示薬滴定においては、溶液の色を徐々に変化するようにして視覚的に訴えるようにした。
- ・滴定終了後、酸の濃度を計算する際には、必要ならば電卓が使用できるように機能も持たせた。

### 4. 画面表示の例(5章の画面表示と同様にプリンターハードコピーをとり縮小した)

図6-1は、はじめに、滴定法を選ぶ場合を示している。この場合は、1.のガラス電極によるpH滴定を選んだことを表わしている。

ついで図6-2は、標準塩基の濃度および未知試料の体積を入力する場面を示している。

図6-3は、ガラス電極によるPH滴定の場合を示したものである。

学習者は、番号のキーを押すことにより、ビュレットから塩基が滴下される。また同時に、その時の塩基の量とPHが画面上に表示され、それに基づいて左側にPH曲線が描かれる。学習者は、PH曲線を目安にして滴定を行ない、中和点を求め、酸の濃度を計算することが可能となっている。

図6-4では、滴定後、酸の濃度を計算して結果を入力し、その答えが合っている場合の画面表示例を示している。



図6-1 滴定法を選び数字で入力する。

\*\*\*\*\* 酸-塩基 滴定 \*\*\*\*\*

どんな滴定法を、使用しますか？

1. ガラス電極によるPH滴定
2. フェノールフタレインによる指示薬滴定
3. メチルオレンジによる指示薬滴定

数字で入力して下さい。      ? 1

図6-2 滴定に用いる塩基の濃度と試料の酸の体積の入力

用いる標準塩基の濃度を モル濃度で入力して下さい。

【 0 < 濃度 < 1 】      ? .5

未知試料を何ml 取りますか  
(5, 10, 15, 20ml)      ? 10

図6-3 ガラス電極による滴定。左側はpH滴定曲線を示す。

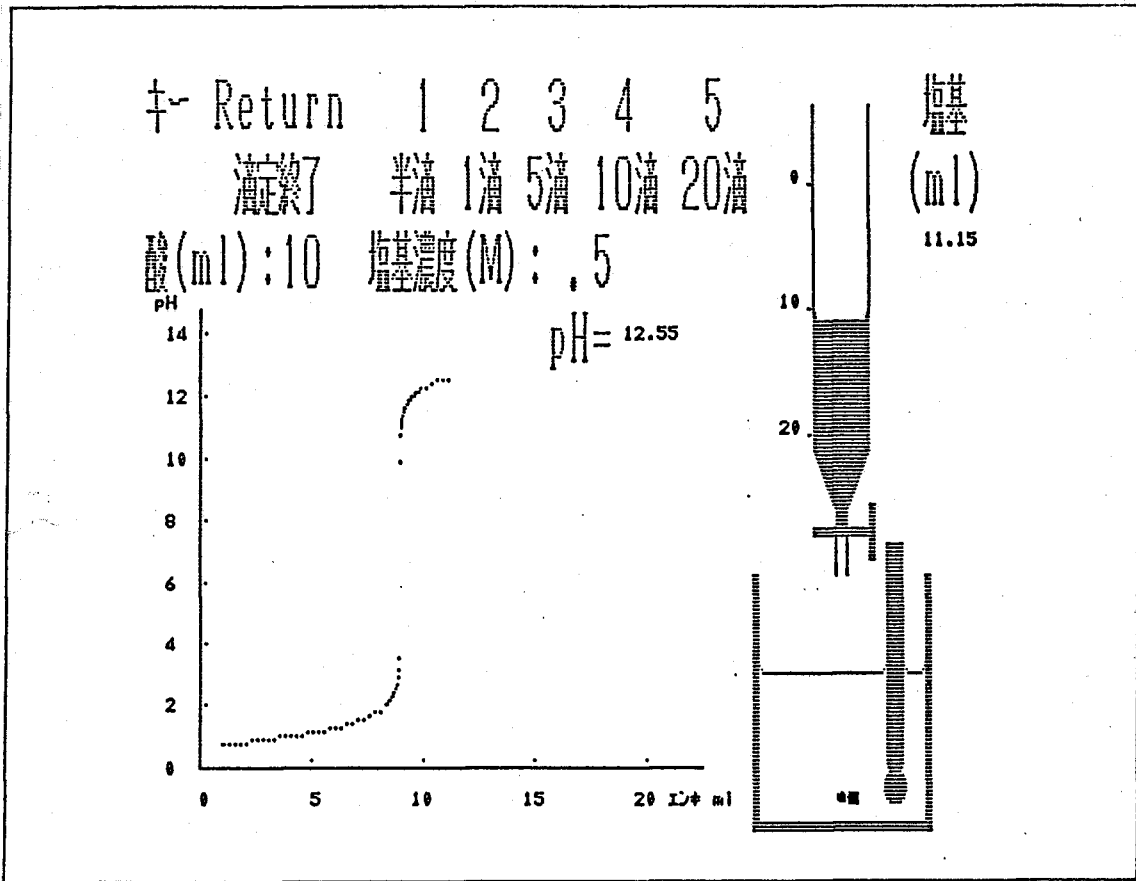


図6-4 求めた酸の濃度が正解の場合

正解です。良く出来ました。

酸の濃度(規定度): .446

- 1 新しい試料でもう一度、滴定を行う
  - 2 やめる
- 1, 2 の数字で入力してください

7 1

### 6-3. モジュール化によるプログラムの分割

#### — 硫酸銅水溶液の電気分解

長いプログラムの場合、内容によってプログラムをいくつかに分割し、同じ内容のものをまとめることは、重複を避け、プログラムをわかりやすくすることからも、開発・作成する立場にとっては、効率化のひとつの手段となる。また、このようにモジュール化されたプログラムは、その機能によっては他のプログラムへの応用にも役立つと考える。

硫酸銅水溶液の電気分解のシミュレーションプログラムを、例として、モジュール化を行ってみた。

#### 1. 内容

- ・ 銅板を電極として用いて、硫酸銅水溶液を電気分解する実験をシミュレートするものである。
- ・ 電気分解前後の陰極の銅板の質量の変化から銅の析出量を求め、流れた電気量とあわせてファラデー定数の値を算出させるものである。
- ・ まとめとして、最後に文献値を表示し、求めた値との誤差を

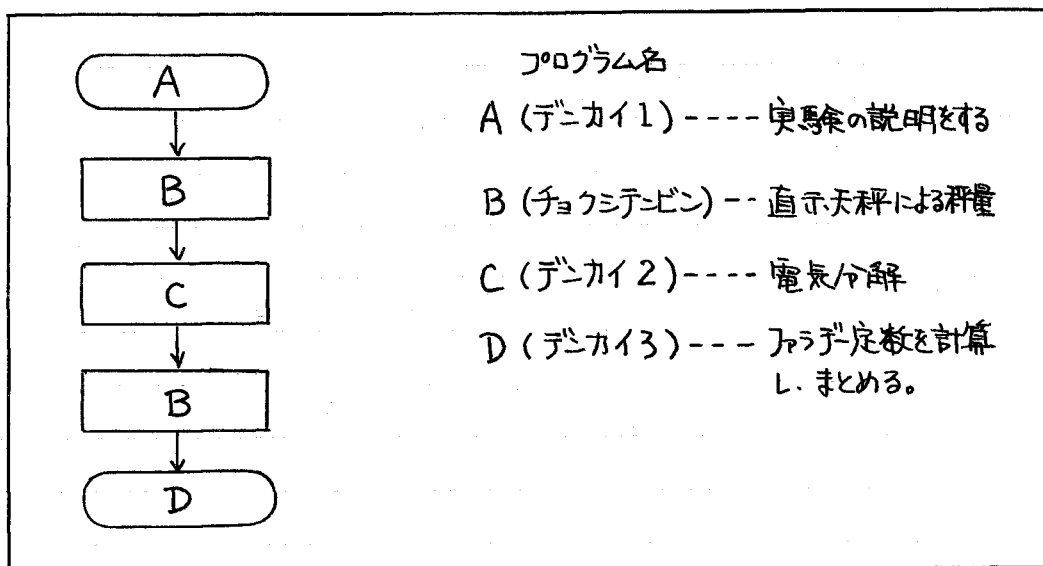
も表示する。

## 2. 目的

- ・ 陰極の銅板の質量を測定する場面では直示天秤のシミュレーションを用い、操作の仕方を習熟させることをねらった。
- ・ 銅板の質量を実行の度ごとに、乱数を用いて変化させ、繰り返しによる学習を可能とし、電気分解の学習と方法について習得させるようにした。

## 3. プログラム開発にあたっての留意点

- ・ 本プログラムは、内容によって4つのプログラムモジュールからなる。



- ・ プログラムは4つのプログラムユニットからなるが、学習者

は最初のプログラム"デンカイ1"を実行するだけで、その後にはプログラム中のCHAIN命令<sup>82)</sup>によって自動的に次々と実行してくれる。CHAIN命令は、モジュール化したプログラムをつなげる働きと同時に、前のプログラムの変数をそのまま引き渡すのに用いられる。

- "チョクシテンビン"のプログラムは、秤量のみプログラムとし、電気分解の前後での電極の質量をはかるものとした。モジュール化することで重複を避けるようにし、また、一部の手直しで他のプログラムへの利用も可能になるようにした。なお、天秤は、ガルトリウス2842型をモデルとした。<sup>83)</sup>
- 電気分解に用いる電極の質量は、乱数を使い実行のたびごとに変化するようにしたため、繰り返しによる学習が可能である。
- 酸素発生の様子は、アニメーションを用いて、実際に発生しているよう視覚的に訴えることをねらった。

#### 4. プログラムの流れと画面表示の例

(1) はじめに実験の説明が、図6-5のように表われる("デカイ")

図6-5 実験の説明

【 硫酸銅水溶液の電気分解 】

＊ 銅板を電極として、硫酸銅水溶液を電気分解します

・陽極での反応・・・(酸素の発生)

$$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$$
$$4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2\uparrow + 4\text{e}^- \quad (4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{OH}^-)$$


・陰極での反応・・・(銅の析出)

$$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$$

◆実験による銅の析出量から、1F(ファラデー)の実験値(クーロン)を算出下さい。尚、電流の強さは200mAとします。

(2) 直示天秤を用いて、実験前の陰極の質量をはかる。("チョクシトシ")

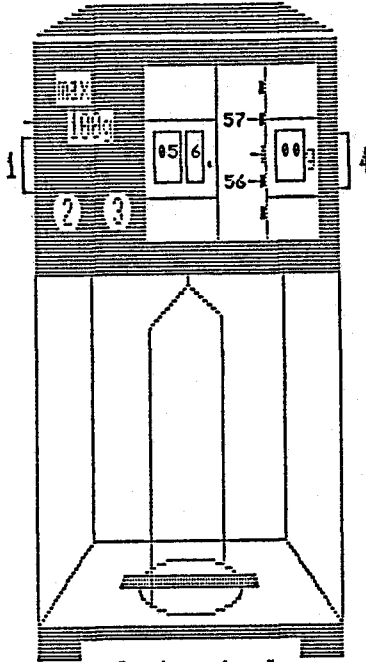
粗秤量の場合のキーは、10g単位と1g単位に分けて行なう。

を該当する へ、カーソルキー ↑ ↓ を用いて動かす。

その後 + キーと - キーを押して分銅の加除を行ない、調節す

る。(図6-6)

図 6-6 粗秤量の場合。ダイヤルによる調節が済んだ場面




[ 直示天秤 ]

【 試料の重さをはかる 】

☐ を ↑・↓ のキーで動かして、**+** で調節

☐ 10g 単位

□ 1g 単位

調節終了... 

《 ダイヤル 及び 対応する キー 》

1. アレストメントレバー

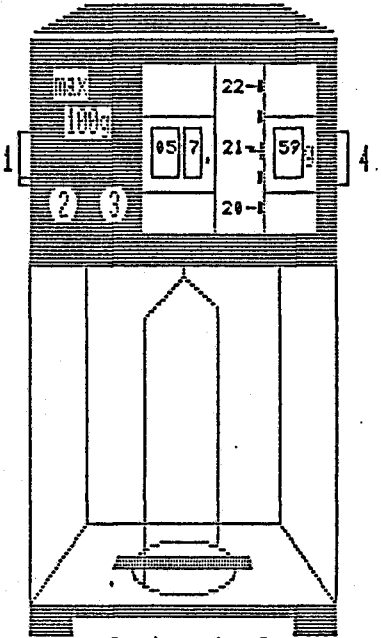
2. 分銅加除ダイヤル (10g 単位)

3. 分銅加除ダイヤル (1g 単位)

4. マイクロメーターノブ

精密秤量は、**+** キーと **-** キーを用い、基線と目盛と合わせて調節する。(図 6-7)

図 6-7 精密秤量。目盛と基線が一致した場面




[ 直示天秤 ]

【 試料の重さをはかる 】

マイクロメーターの状態にします。

**+** のキーで投影スケールの目盛と基線を合わせて下さい

終了... 

《 ダイヤル 及び 対応する キー 》

1. アレストメントレバー

2. 分銅加除ダイヤル (10g 単位)

3. 分銅加除ダイヤル (1g 単位)

4. マイクロメーターノブ

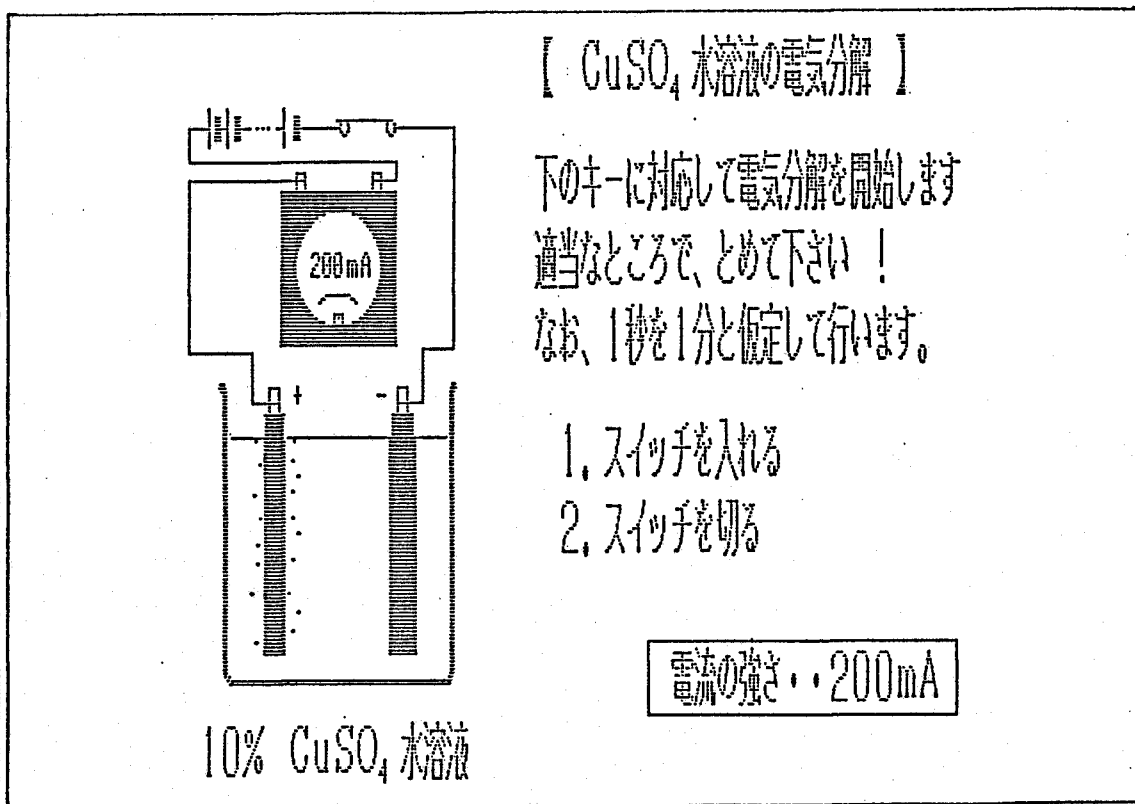
(3) 秤量終了後、図6-8に示すように電気分解を行なう("デカイ2")

①のキーを押すことにより回路のスイッチを入れて電流を流し、電気分解を開始する。

まもなく陽極側から酸素が発生する様子がア=メーションによって示される。

その後、②のキーを押すことで通電は終了される。なお、通電時間は実際の1秒を1分として行っており、実験終了の時点で画面右下に表示される。

図6-8 電気分解により酸素が発生している場面





(4) 次に、再び直示天秤を用いて、電気分解後の陰極の質量をはかる。 ("チョクシテンビン")

(5) 電気分解前後の銅板の質量の変化と通電時間並びに、電流の強さから、1F (1ファラデー あるいは、1モルの電子の電気量) の値を計算する。 (図6-9) ("デシカイ3")

ファラデー定数は、次の式を用いて計算することでおめらゆる。

$$\text{ファラデー定数} = \frac{(\text{電流の強さ(A)}) \times (\text{通電時間(秒)}) \times (\text{銅の1当量})}{(\text{析出したグラム数})}$$

また必要ならば使えるよう電卓の機能をもとり入れた。

図6-9 得られた実験値からファラデー定数を電卓機能を用いて計算する

《 実験結果 》		演算順序 (キー・インの順) 終了... <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ESC</span> のキー
はじめの銅板の重さ	57.2159 (g)	
終わりの銅板の重さ	57.3147 (g)	
電流の強さ	200 (mA)	
通電時間	25 (分)	

以上のことから、1F (ファラデー) の実験値を算出ください。  
右側を電卓の様に使用して下さい  
また、必要なら [Cu=63.546] を使ってください。

まとめとして、ファラデー定数の文献値と比較し、誤差を表示し  
終了する。(図6-10)

図6-10 まとめと文献値との比較

《 実験結果 》		ほぼ正しいと思われます!
はじめの銅板の重さ	57.2159 (g)	ファラデー定数 $9.65 \times 10^4$ (C/mol)
終わりの銅板の重さ	57.3147 (g)	
電流の強さ	200 (mA)	実験誤差 2.34 (%)
通電時間	25 (分)	
実験値を整数型で、入力して下さい		実際の実験と 比較して下さい。
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">98766 (C)</div>		これで実験を終了します!!

## 6-4. アニメーションの利用 — NaCl水溶液の電気分解、 食塩水の蒸留

静止画と比べ、アニメーションによる効果は動きのあるものを、  
視覚的にとらえられるだけでなく、学習者の興味や関心を高める上  
でも有効である。ここでは、例としてNaCl水溶液の電気分解と食塩  
水の蒸留のシミュレーションを取り上げた。

### (I) 塩化ナトリウム水溶液の電気分解

#### 1. 内容

- ・ 20% NaCl水溶液を、白金を電極として電気分解し、その後、  
陽極と陰極に発生した気体について成分を確認するものであ  
る。

#### 2. 目的

- ・ 電気分解の装置について理解させる。
- ・ 気体の成分について正しく確認・理解させる。

#### 3. プログラム開発にあたっての留意点

- ・ 気体の発生については、アニメーション(部分的)を用い、  
視覚的に訴えるようにした。
- ・ 塩素によって、青インクが漂白される様子は、時間をかけて

溶液の色を徐々に塗りかえることで表現した。

- ・ 実験の流れとしては、電気分解による気体の発生、塩素の確認、水素の確認というように分けて行なった。

#### 4. 画面表示の例

図6-11は、タイトルと実験についての簡単な説明を表示したものを示している。この後、電気分解の装置を描き、次に、フェーリング試薬の滴下の様子をアニメーションで図示する。(図6-12)

(図6-12は、画面を一時止めてからプリンターでハードコピーをとり、縮小したものである。)

その後、キー操作で電源のスイッチを入れ開始する。

図6-13は、陰極側から発生した水素が、マッチの炎を近づけた際に、燃焼した様子を画面を一時止めて示したものである。

図6-14は、塩素の性質を調べるため、青インクを滴下している様子を、アニメーションを用いて表示したものを示している。

図 6-11 タイトルの表示と実験の簡単な説明

◆◆◆ 20%NaCl水溶液の電気分解プログラム ◆◆◆

白金電極を用いて、食塩水を電気分解する実験のシミュレーションです。

指示された キー を押して進めて下さい。


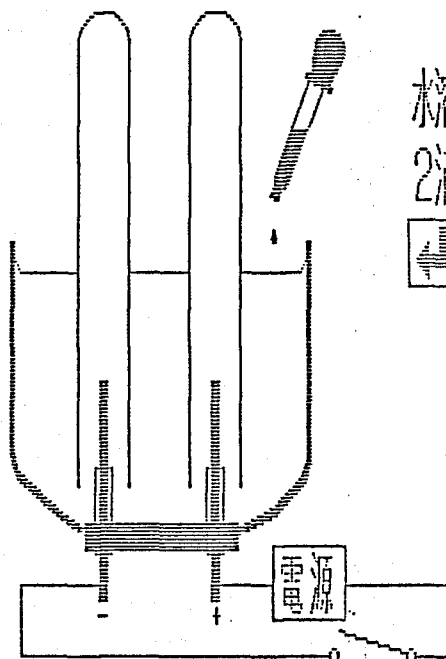
 を押して下さい！

図 6-12 電気分解の前にフェノールフタレイン溶液を加えている場面

【 20%NaCl水溶液の電気分解 】



水溶液に、フェノールフタレイン溶液を  
2滴ほど加えます


 のキーを押して下さい！

図6-13 水素の確認、燃焼している様子

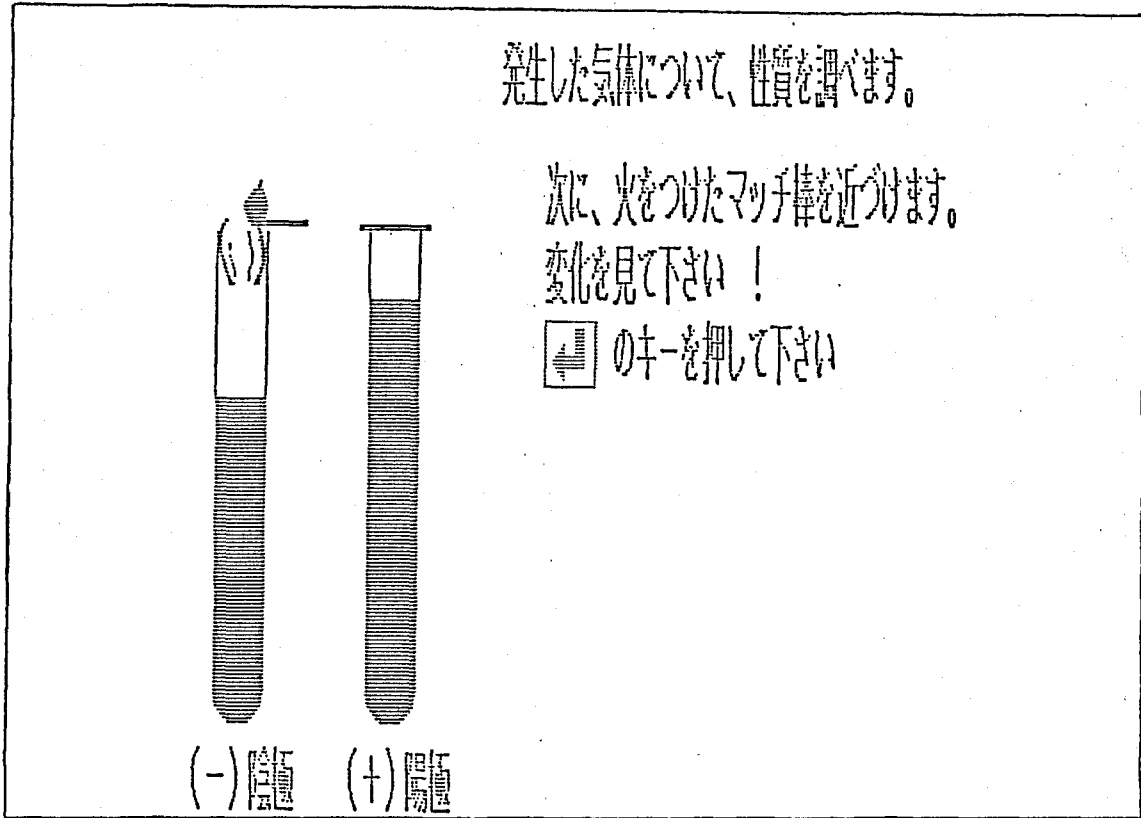
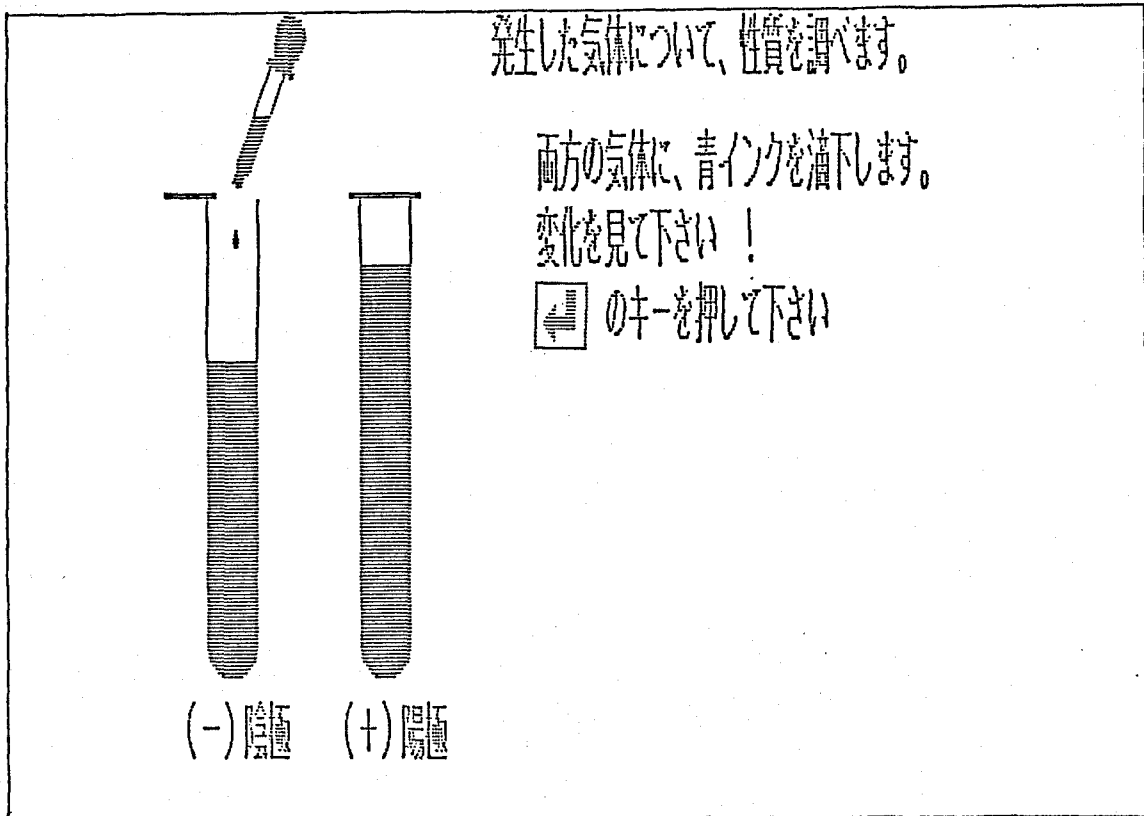


図6-14 塩素の確認のために、両方の試験管に青インクを滴下(カ-表示)



## (II) 食塩水の蒸留

### 1. 内容

- ・食塩水を蒸留装置を用いて、蒸留し、残った溶液と蒸留によって出てきた溶液の成分を、炎色反応、硝酸銀水溶液により調べるものである。

### 2. 目的

- ・蒸留装置についての理解を深める。
- ・蒸留の手順と、働きについて理解させる。
- ・溶液の成分を調べる方法として、炎色反応や、沈殿反応があることを理解させる。

### 3. プログラム開発にあたっての留意点

- ・蒸留装置を表示するにあたっては、実際のものに近づくようつとめた。
- ・溶液の滴下や、沸騰の様子は、アニメーションを用いて表示した。
- ・ガスバーナの炎は、柔い動きを要するので、アニメーションの手法とは別に、マイコンの<sup>84)</sup>パレット機能を用いた。

#### 4. 画面表示の例.

図6-15は、蒸留装置により、蒸留している時の様子を示したもので、画面を一時停止させてプリントしたものである。

図6-16は、蒸留後の各溶液の水分を炭色反応を用いて調べている場合をモデル化したもので、この場面は、ナトリウムイオンの黄色い反応がでていることを示している。

図6-17は、塩化物イオンの有無を調べるために、硝酸銀水溶液を滴下している場面を表わしている。

図6-15 蒸留装置により、蒸留を行っている場面

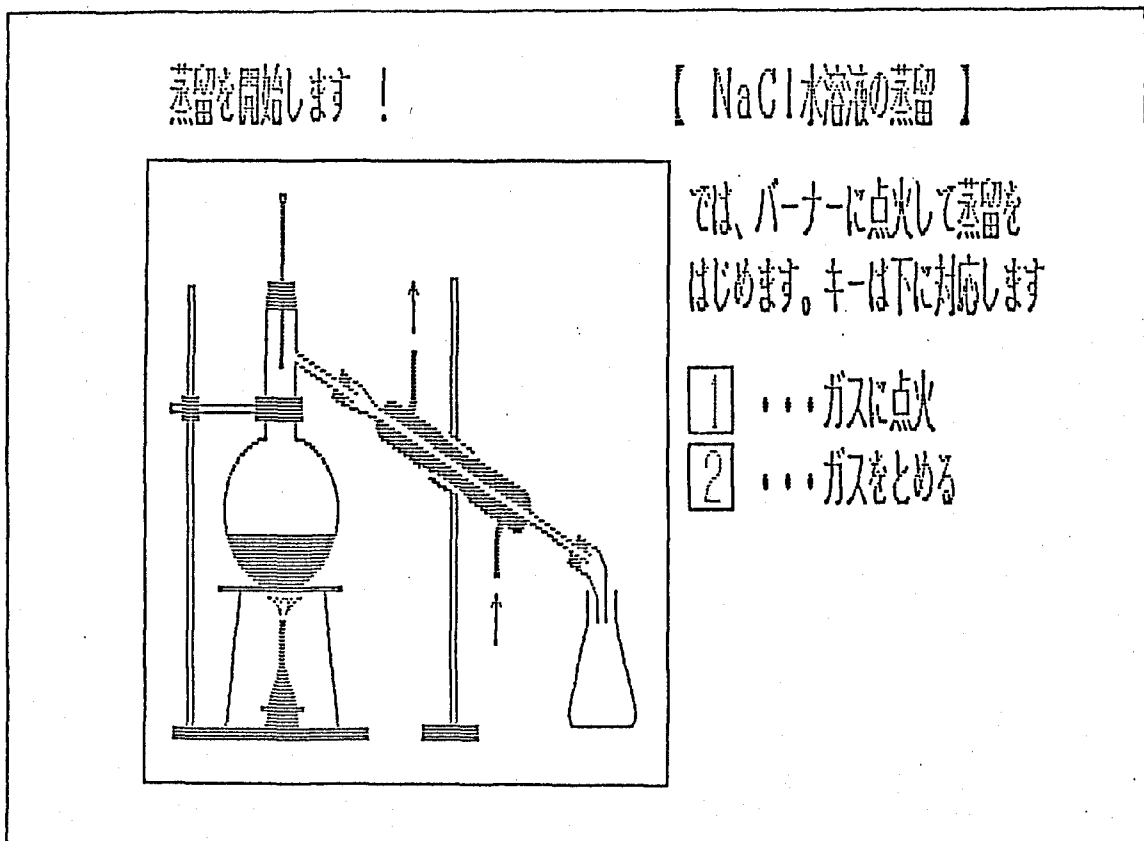


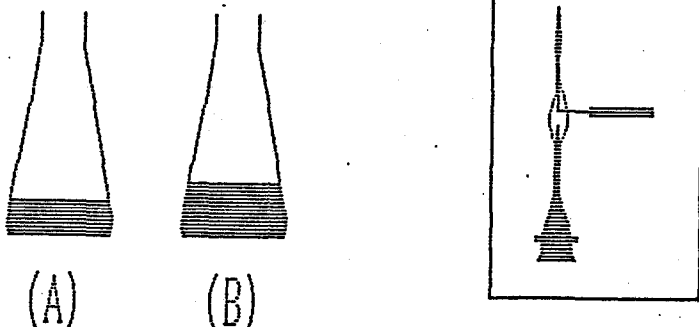


図 6-16 炎色反応によりナトリウムイオンの確認

【 溶液の成分を調べる 】

(A)・・・丸底フラスコに残っていた溶液  
(B)・・・三角フラスコの溶液

まず (A) のフラスコの溶液を炎色反応で調べます。

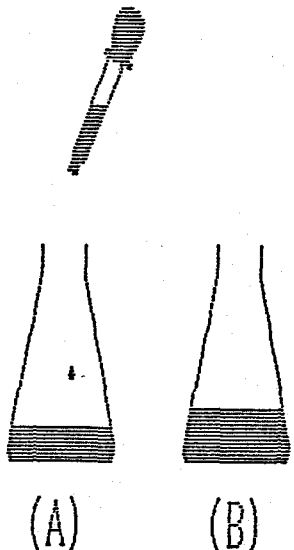


(A) (B)


図 6-17 硝酸銀水溶液による沈殿反応

【 溶液の成分を調べる 】

(A)・・・丸底フラスコに残っていた溶液  
(B)・・・三角フラスコの溶液



次に硝酸銀水溶液を (A) と (B) に加えます

 を押して下さい !

(A) (B)

## 6-5. モデル化による教材のプログラム — ボルタの電池

モデル化とは、直接体験させられない事象・現象を間接的に体験させるために、拡大・抽象化して、学習者のイメージを通し概念を形成させようとするものであり、マイコンによるシミュレーションなどには適していると考えられる。ボルタの電池を例に、亜鉛イオン、水素イオン、水素分子、電子などをモデル化して表示し、動きのあるシミュレーションとした。また、単元を履習したあとの復習に用いることを前提としたプログラムである。

### 1. 内容

- ・ 実際の実験の様子をシミュレートしたあと、亜鉛板・銅板のまわりの様子をモデル化して表示するものである。

### 2. 目的

- ・ 巨視的に実験を直観したあと、微視的に現象をとらえさせることをねらった。
- ・ 電子や、各イオンなどの挙動についての理解を深めさせる。

### 3. プログラム開発にあたっての留意点

- ・ 一部を拡大・抽象化することによって誤解が生じないように。

表示には、常に他の変化も文章の形で画面上に表示するよう  
心掛けた。

- ・モデル化と同時に、アニメーションも使い、視覚的に訴える  
ようにした。

#### 4. 画面表示の例

図6-18は、電池についての説明の場面を示している。図6-19は  
ボルトの電池のシミュレーションを行なっている場面で、このあと  
アニメーションにより、気体が発生してくる様子が表示される。

図6-20は、亜鉛板のまわりの様子を拡大し、モデル化させ、動  
きを持たせて表示したものである。(画面は、一時停止させてからプリント)

図6-21は、銅板のまわりの様子をモデル化したものを示してい  
る。

図6-18. 電池についての説明

【電池について】

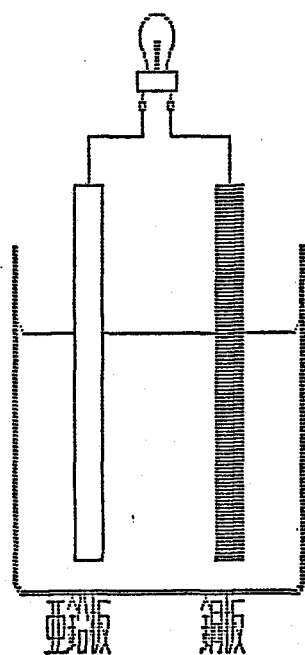
イオン化傾向の異なる2種類の金属を電解質溶液に漬すと、イオン化傾向の大きな金属が負極になり、イオン化傾向の小さな金属が正極になった電池ができます。

ボルタの電池を例にして調べてみましょう！

リターン・キーを押して下さい！

図6-19 ボルタの電池のシミュレーション

【ボルタの電池】



変化をみて下さい！  
次に、それぞれの電極でどのような反応が起こっているのか見えます  
適当なところで、  
②のキーを押して下さい。

図 6-20 亜鉛板のまわりの様子のモデル化による表示

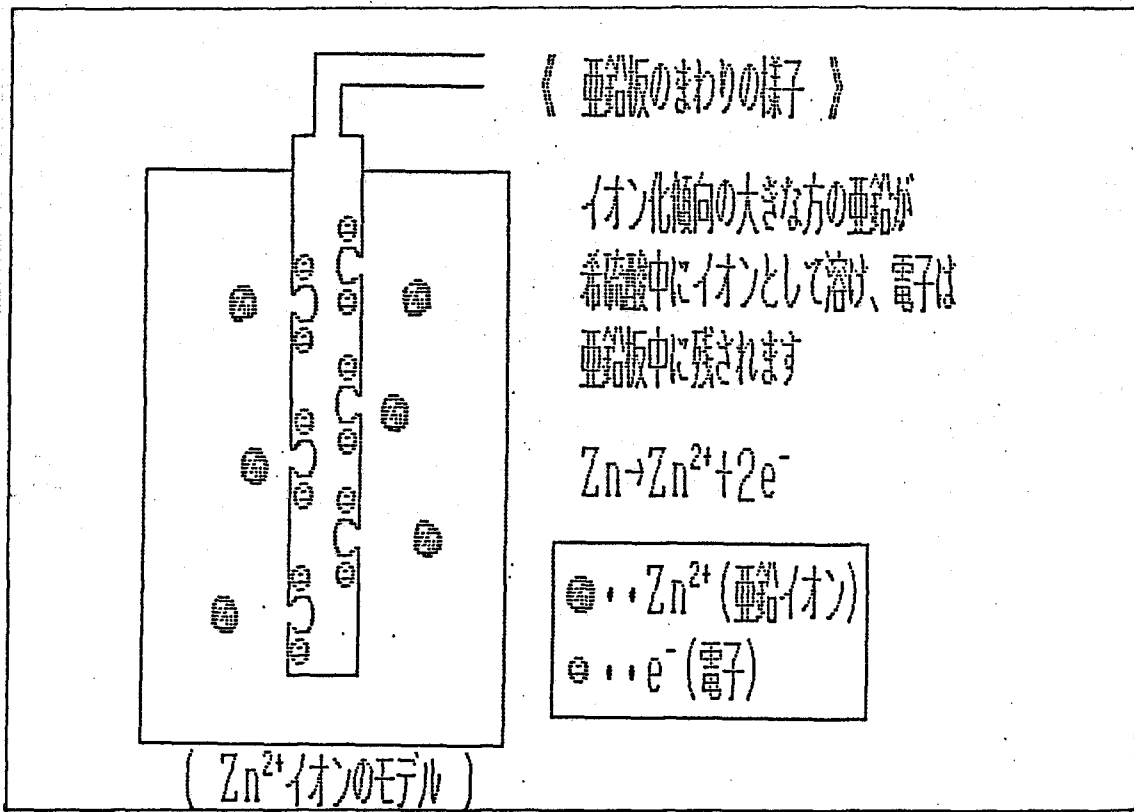
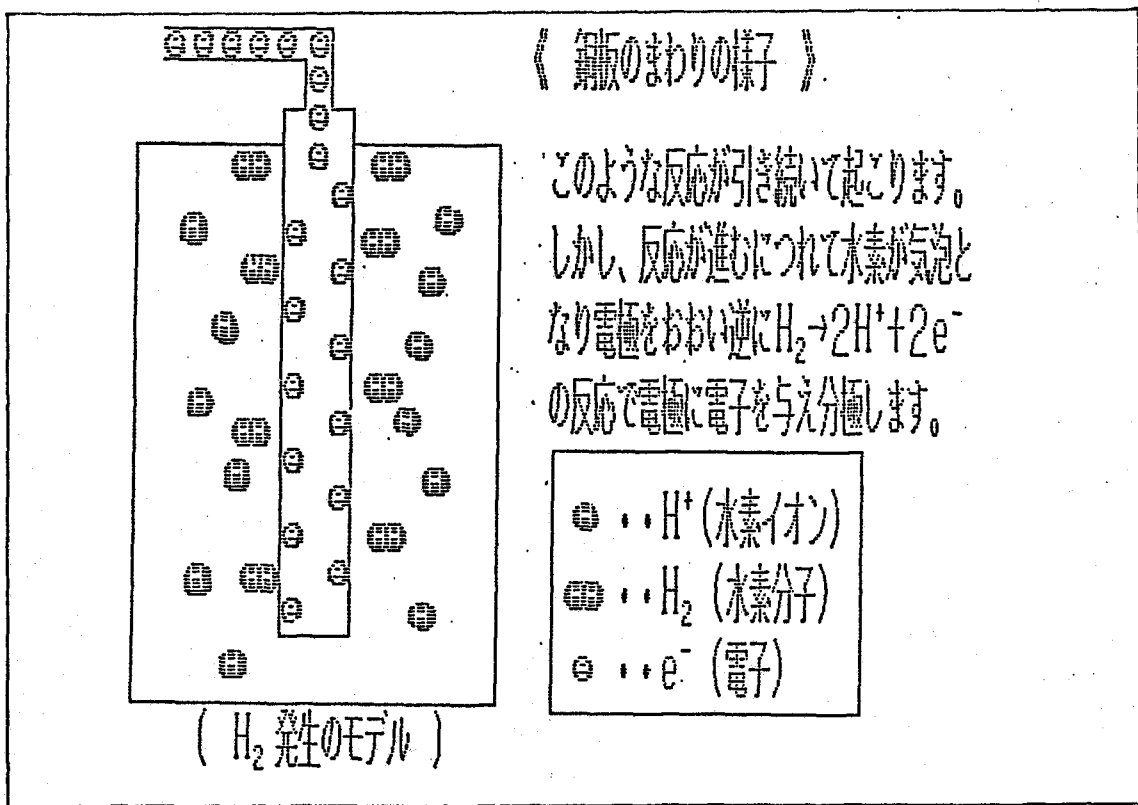






図 6-21 銅板のまわりの様子のモデル化による表示



## 6-6 入力方法にライトペンを用いた教材——上皿天秤

学習者の応答の方法にキーボードを用いることを前提として、プログラムを開発してきた。その場合、できる限り操作しやすいように、リターン・キーを  と、カーソル・キーを   のように表示した。また、使用するキーの数を減らすために、カタカナやアルファベットのキー使用を避け、わかりやすいようにテン・キー(0~9までの数字)で操作の指示をしてきた。

しかし、例えば、10gの分銅を操作する時に、もし  のキーを押すように指示したならば、学習者は、対応する番号と、分銅の重さを混同してしまうような場合も起こり得る。

このように、キーボード上のキーと、画面上の指示との対応が難しい場合や、画面から、視点をできる限り移さない方がよいと思われる教材の場合に、学習者の応答方法に検討を加えることが、必要かと思われる。

そこで、一方法として、ライトペン<sup>85)</sup>を応答方法と用いた例として、上皿天秤のプログラムを作成した。

### 1. 内容

- ・ 上皿天秤を用い、質量未知の試料を測定する。シミュレーションである。

## 2. 目的

- ・ 分銅の加除の順序を習得させる。
- ・ 上皿天秤の取り扱いについて理解を深めさせる。

## 3. プログラム開発にあたっての留意点

- ・ 試料の質量は、乱数を用い、実行のたびにごとに変化するようにしたため、繰り返しによる学習が可能となった。
- ・ 実際の分銅の種類と数量を同じものとし、天秤にのせた場合残りの分銅もなくなるように工夫した。
- ・ 天秤の動きは、白黒モードの状態ごとの画面に、あらかじめ (i) 試料側が重い場合 (ii) 釣り合っている場合 (iii) 分銅側が重い場合 に分けて描いておき、判断させてから (i)~(iii) のいずれかを表示させることで動きをもたせるようにした。
- ・ このプログラムの限界としては、3枚の画面の切り替えでしか表現できないため、釣り合っている時と全く釣り合っていない時の中間での表現が不可能なことが挙げられる。

#### 4. 画面表示の例

図6-22は、試料の方が加えた分銅よりも重い場面を示している。  
 ライト・ペンで  のせる,  おろす, のいずれかを押してから、分銅  
 の横にある  を押すことで、加除の操作が容易になった。

図6-23は、分銅の方が重い場面を示したものである。

図6-24は、釣り合っている状態を表わしている。

図6-22 試料の方が加えた分銅よりも重い場面

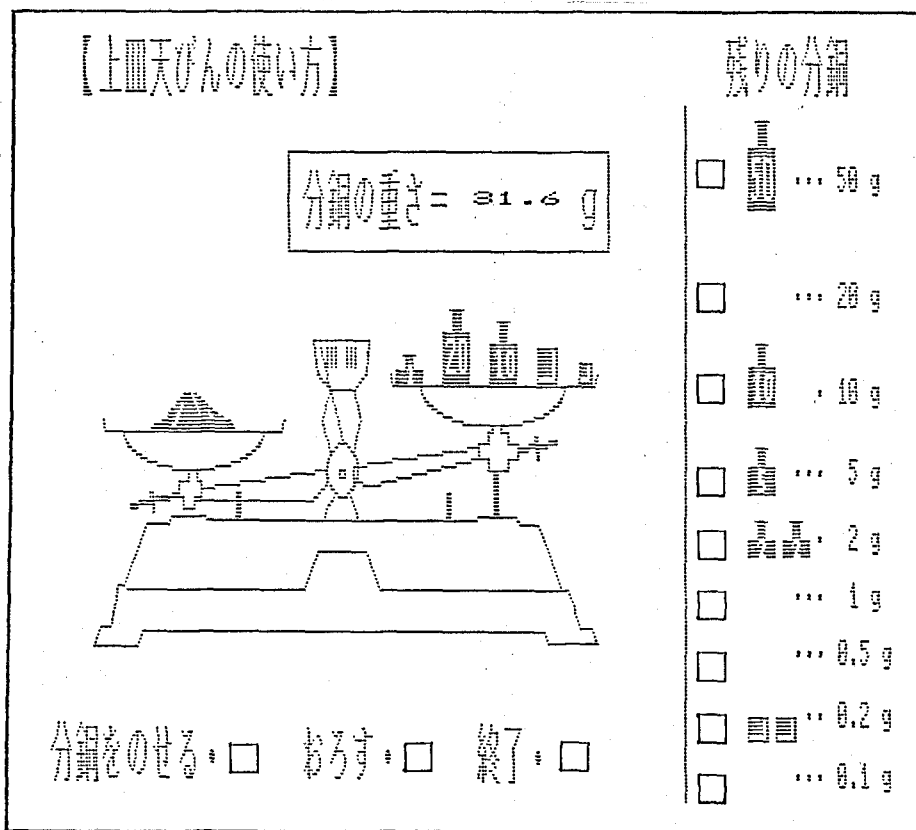
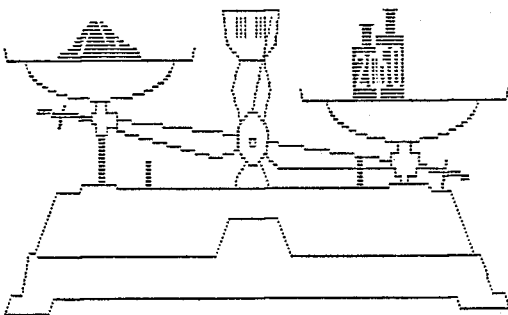




図 6-23 分銅の方が試料よりも重い場合

【上皿天びんの使い方】

分銅の重さ = 70.0 g



分銅をのせる・ おろす・ 終了・

残りの分銅








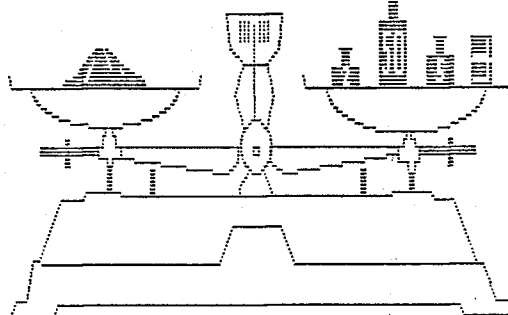
- ... 50 g
- ... 20 g
-  10 g
-  ... 5 g
-  2 g
-  ... 1 g
-  ... 0.5 g
-  ... 0.2 g
-  ... 0.1 g

図 6-24 上皿天秤が釣り合った状態を示す。







【上皿天びんの使い方】

分銅の重さ = 57.4 g



分銅をのせる・ おろす・ 終了・

残りの分銅

- ... 50 g
-  ... 20 g
-  10 g
- ... 5 g
-  2 g
-  ... 1 g
-  ... 0.5 g
- ... 0.2 g
-  ... 0.1 g

## 6-7. 考察

本章の 6-2 ~ 6-5 の 5 つの開発したプログラムについて、本学の学部生 22 名を対象に、実際に使用してもらい、使用後に意識調査を行なった。

調査項目として主に、画面の見やすさ、操作した感想、興味を持ったかといった観点から行なった。結果を表 6-25 に示す。

項目別に見てみると、

- ・「マイコンを使用してどう思いましたか。」については、興味をもったと答えたものが 82% おり、普通であると答えた者はいなかった。マイコン使用に関しては、割に明確な返答があるようであった。
- ・「操作した感想」では、思った通りにできたとする者と、大変わかりやすいと答えた者が全体の 75% 以上いるが、説明不足と答えた者も、全体の 15% ほどいた。
- ・「もう一度してみたいプログラム」に関しては、中和滴定、食塩水の蒸留、硫酸銅水溶液の電気分解、ボルタの電池、NaCl 水溶液の電気分解の順に行われる。

以上が顕著なものとして上げられる。

また、質問項目の(3)に関して「大変わかりやすい画面だと思った理由」として、

- ・文字が小さく図が多かったのよかった。文字が多いと疲れるから
- ・イオンや電子のモデルがわかりやすかった
- ・色彩を用いた表示なので見やすかった
- ・実際に気体が発生しているようだった

とあげたものが多くみられた。その対し項目(4)に関して「見にくい、わかりにくい画面だったと思う理由」には、

- ・文の説明が少しわからないところがあった。

と答えた者が22名中2名ほどいた。

これらのことから、化学においては、図をとり入れ、カラー表示によるプログラムが学習者の理解を助ける上で有効であるということの確信を得た。しかし、9%であるが、文章の説明が少しわかりにくいと答えた者がいたことから、文章を表示する上では、十分考慮すべき点であり、今後の課題とした。

アニメーションやモデル化を用いた手法については、イオンや電子のモデルがわかりやすかったと答えた者や、気体が実際に発生しているようだったと答えた者が多かったことから、大変効果があったと思われる。

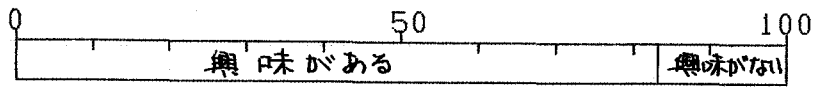
また、ライトペンを使用したプログラムについては、実際にタッチしているような感覚であり、わかりやすいという感想が返ってきた。

カラーグラフィックスや日本語表示によるプログラムは、直接学習者の視覚へ訴える上で有効なだけに、アニメーションやモデル化をさらに用いたことは、有用であったと思われる。また、くり返し学習できるものや、操作活動の多いプログラムほど、もう一度してみたいプログラムとしてあげていることから、十分取り入れることも大切かと考える。

表 6-25 カラーグラフィックスを用いた教材を使用した感想

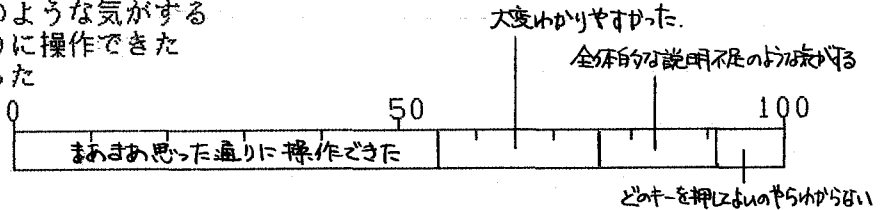
(1) マイコンを使用して、どう思いましたか。

1. 興味がない
2. 普通である
3. 興味がある



(2) 操作した感想はどうでしたか

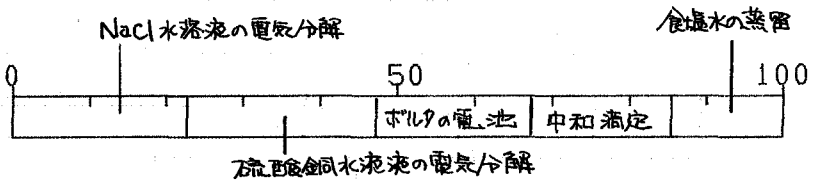
1. どのキーを押してよいのやらからない
2. 全体的に説明不足のような気がする
3. まあまあ思った通りに操作できた
4. 大変わかりやすかった



(3) 大変わかりやすい画面だと思ったプログラムはありましたか。それは何番でしたか (いくつでもよいです)

- ア. はい ————— 100%
1. 硫酸銅水溶液の電気分解
  2. NaCl水溶液の電気分解
  3. 中和滴定(強酸-強塩基)
  4. 食塩水の蒸留
  5. ボルタの電池

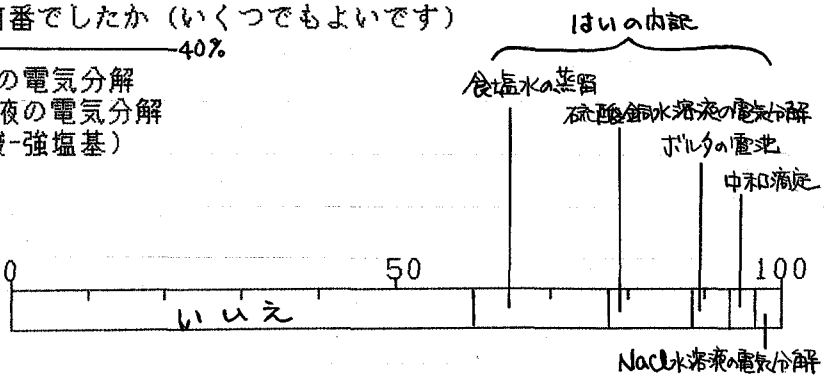
イ. いいえ ————— 0%



(4) 見にくい、あるいは、わかりにくい画面だと思ったプログラムはありましたか。それは何番でしたか (いくつでもよいです)

- ア. はい ————— 40%
1. 硫酸銅水溶液の電気分解
  2. NaCl水溶液の電気分解
  3. 中和滴定(強酸-強塩基)
  4. 食塩水の蒸留
  5. ボルタの電池

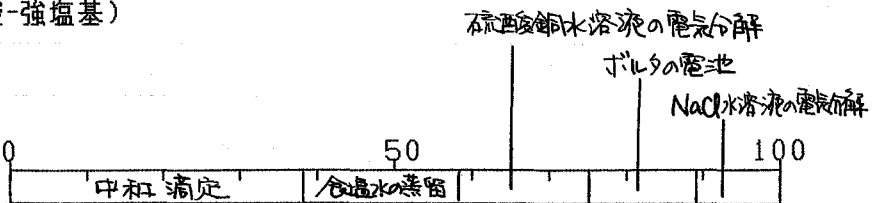
イ. いいえ ————— 60%



(5) もう一度してみたい、あるいは、興味をもったプログラムはありましたか。それは何番でしたか (いくつでもよいです)

- ア. はい ————— 100%
1. 硫酸銅水溶液の電気分解
  2. NaCl水溶液の電気分解
  3. 中和滴定(強酸-強塩基)
  4. 食塩水の蒸留
  5. ボルタの電池

イ. いいえ ————— 0%



## 第7章 結論

マイコンを化学教育へ利用する際の基礎的段階での検討を、特に日本語表示とカラーグラフィックスの利用の面からプログラム開発を中心として行なってきた。本研究を通して、現段階で実施可能な利用の仕方を追求するとともに、教育上の位置付けに関して種々論ぜられて<sup>86) 87)</sup>いること<sup>86) 87)</sup>をもとに、化学教育に関連して、さらに検討してゆくことが大切であると感じた。

これまでの研究を通して得たこととして、次のことがあげられる。

1. マイコンを化学教育に利用する上で、日本語表示、カラーグラフィックスを用いることは、学習者に心理的な負担を与えない点からもまた視覚的に訴えられることから、学習意欲や興味、関心を持たせる上で有効であると確信した。
2. 予備学習、または、補助学習としてマイコンを利用することは、教師が、生徒の理解度をある程度分析する上でも有効であると思われる。
3. 応答方法については、キーボード以外の媒体として、ライトペン、タッチパネルなどの周辺機器の利用も重要な鍵となる。

また、今後の課題として、以下のように考えている。

1. 個別学習を、単に、自己ペースで学習が進められるということだけでなく、個々の学習者のデータファイルを作成し、活用するという面からも考えていきたい。
2. 学習者の応答方法についても、音声入力や、文章による入力など、さらに使い易いような工夫を、プログラム開発の面でも考慮したい。
3. 教材の選択や内容についての十分な吟味が、一層必要と思われる。

本研究を踏まえ、今後、さらに研究を続けていきたいと考えている。

## 謝 辞

本研究をまとめるにあたり、2年間に渡り終始御指導を  
いただいた木原寛助教授に心より感謝いたします。

本研究に対し、御意見、御助言をいただいた藤目清一郎  
教授、足立裕彦 助教授、さらに有益なる御教示を  
いただいた尾関徹博士、資料等 お世話になりました  
玉井輝雄 助教授に深く謝意を表わします。

また、本研究を行なうにあたって種々の御援助を下された  
化学研究室の諸兄に深くお礼申し上げます。



## 参考文献

- 1) J. S. ジルナー著, 佐藤三郎, 鈴木祥蔵訳: 教育の過程, 第1章, 岩波書店 (1963)
- 2) 司馬正次: 教育とコンピュータ, P.94~P.103, 培風館 (1972)
- 3) 木村捨雄: 教育学講座 第6巻 教育工学, 第5章, 学習研究社 (1981)
- 4) Stanley G. Smith, Bruce Arne Sherwood: SCIENCE, vol. 192, No. 23, P.344 (1976)
- 5) Stanley G. Smith, Ruth Chabay: Journal of Chemical Education, Vol. 54 No. 11, P.688 (1977)
- 6) 教師養成研究会編: 教育原理(四訂版), 第4章, 学芸図書株式会社 (1979)
- 7) 古賀行義監修: 教育心理学小辞典, P.58, 協同出版 (1980)
- 8) 東洋編: 教育工学講座3. 教授学習システム, P.266, 大日本図書 (1979)
- 9) 堀内敏夫編: 教育工学講座4. プログラム学習とTM, P.199, 大日本図書 (1977)
- 10) 中野照海編, 木村捨雄: 教育学講座 第6巻 教育工学, P.153, 学習研究社 (1981)
- 11) 東洋編: 教育工学講座3. 教授学習システム, P.228, 大日本図書 (1979)
- 12) アーサー・チャンドラー他著, 坂井利之監訳: コンピュータ用語辞典, P.631, ジルバックス講談社 (1982)
- 13) 清水清: 現代理科教育大系 第5巻, P.279, 東洋館出版 (1979)
- 14) 木村捨雄: 教育学講座 第6巻 教育工学, P.143, 学習研究社 (1981)
- 15) 小林茂広他: 「個人用自動教育装置について」香川大学教育学部報告, 第2部, 177号 (1969)

- 16) 清水清：現代理科教育大系 第5巻, P. 280, 東洋館出版 (1979)
- 17) 上野辰美：視聴覚教育, 第13章, 学苑社 (1978)
- 18) 小池栄一他：奥技講座 教育工学の奥実践5「ティーンマシンと学習プログラム」, P. 39, 学習研究社 (1976)
- 19) 原島 鮮：「電子計算機の物理教育への応用について」日本物理学会報, 20, P. 70, (1972)
- 20) 木村捨雄他：「CAI 算数・数学コースプログラムの開発研究」, No. 1 (1971) ~ No. 13 (1977), 国立教育研究所
- 21) Stanley G. Smith, Stephen Lower, George Gerhold, K. Jeffrey Johnson, John W. Moore : Journal of Chemical Education, vol. 56, No. 4, 219 (1979)
- 22) 脇 健, 山本米雄：化学教育, Vol. 29, No. 2, 132 (1981)
- 23) P-Y = - . チヤンダ他著, 坂井利之 監訳：コンピュータ用語辞典, P. 504, ジェー・バンクス 講談社 (1982)
- 24) 脇 健：化学と工業, Vol. 36, No. 10, P. 708 (1983)
- 25) 木村捨雄：教育学講座 第6巻 教育工学, P. 144, (1981)
- 26) マイコンと教育, 月刊マイコン, 8月号, P. 92, 電波通信社 (1982)
- 27) 下沢隆：化学教育, Vol. 29, No. 2, P. 129, (1981)
- 28) 木村捨雄, 中山和彦, 吉江森男, 山野井一夫：電子通信学会教育技術部/会 会報 ET(81-11), P. 59, (1982)
- 29) 菊川 健：科学教育研究, Vol. 5, No. 3, P. 97 (1981)

- 30) 文部省大臣官房情報処理課編集: 教育と情報, No.304, P.25, 第一法規出版 (1983)
- 31) 文部省大臣官房情報処理課編集: 教育と情報, No.306, P.8, 第一法規出版 (1983)
- 32) G.L. Breneman : Journal of Chemical Education, Vol.56, No.12, P.776 (1979)
- 33) Gerge Gerhold : Journal of Chemical Education, Vol.57, No.2 P.93, (1980)
- 34) G.L. Breneman : Journal of Chemical Education, Vol.58, No.5, P.410 (1981)
- 35) James W. Beatty, Earle S. Scott : Journal of Chemical Education, Vol.59, No.2, P.130 (1982)
- 36) Oliver R. Brown : Journal of Chemical Education, Vol.59, No.5, P.409 (1982)
- 37) Viray Kuman, John I. McAndrews, John W. March : Journal of Chemical Education, Vol.59, No.6, P.515 (1982)
- 38) Victor I. Bendall, H. Powell, M. Taylor : Journal of Chemical Education Vol.59, No.7, P.597 (1982)
- 39) B.R. Penfold, R.S. Temple : Journal of Chemical Education, Vol.59, No.9, P.774 (1982)
- 40) David M. Whisnant : Journal of Chemical Education, Vol.59, No.9, P.779 (1982)

- 41) Charles W. Faker, Edwin L. Jacobs : Journal of Chemical Education, Vol. 59, No. 10, p. 939, (1982)
- 42) Hidehiko Nakano, Osawa Sangen, Yoshitaki : Journal of Chemical Education, Vol. 60, No. 2, p. 98 (1983)
- 43) Robert Suder : Journal of Chemical Education, Vol. 60, No. 9, p. 734 (1983)
- 44) 池田一夫, 馬場史郎 : 化学教育, Vol. 29, No. 2, p. 90 (1981)
- 45) 下沢隆 : 化学教育, Vol. 29, No. 2, p. 91 (1981)
- 46) 山本米雄, 吉川研一, 脇健 : 電子通信学会会報, ET(81-6), p. 79, (1981)
- 47) 下沢隆 : 化学教育, Vol. 29, No. 2, p. 92 (1981)
- 48) 下沢隆 : 化学教育, Vol. 29, No. 2, p. 93 (1981)
- 49) 橋高知義 : 化学教育, Vol. 29, No. 2, p. 94 (1981)
- 50) ストラトフォードコンピュータセンター : テクノポリス 18月号, 徳間書店 (1982)
- 51) 藤本豊久 : 化学PC研究会会報, Vol. 5, No. 1, p. 67 (1983)
- 52) 吉村忠与志 : 化学PC研究会会報, Vol. 5, No. 2, p. 69 (1983)
- 53) 吉村忠与志 : 化学PC研究会会報, Vol. 5, No. 3, p. 89 (1983)
- 54) 田中善正, 山岡清 : 化学のためのマイコンガイド, p. 90, 南江堂 (1981)
- 55) 長谷川俊勝, 田中孝 : 化学教育, Vol. 31, No. 5, p. 388 (1983)

- 56) }  
 57) } 下沢隆 : 化学教育, Vol. 31, No. 3, P. 41 (1983)  
 58) }
- 59) 助川公継, 木原寛 : 化学PC研究会会報, Vol. 5, No. 1, P. 57 (1983)
- 60) 菊川健 : 電子通信学会教育技術部会会報 ET(81-11), P. 77 (1982)
- 61) 木村玲雄 : 教育学講座 第6巻 教育工学, P. 146, 学習研究社 (1981)
- 62) 谷岡太郎 : コンピュータの時代, 第2章, 徳間書店 (1983)
- 63) 池田央 : 教育心理, Vol. 31, No. 12, P. 998 (1983)
- 64) 村田光正 : 電子通信学会教育技術部会会報 ET(81-11), P. 85 (1982)
- 65) 別府哲監修, 伊藤信隆, 金子孫市, 大塚誠造, 小林学編 : 機器利用による理科の指導, P. 88, 大日本図書
- 66) PC-8801 ユーザーズ・マニュアル, 日本電気株式会社 (1982)
- 67) 月刊ASCII, No. 60, 6月号, P. 146 (1982)
- 68) PC-8801 BASIC リファレンス・マニュアル, 日本電気株式会社 (1982)
- 69) PC-8801 ユーザーズ・マニュアル, 第18章, 日本電気株式会社 (1982)
- 70) 工藤丈彦, 神正憲, 田村明史, 構溝和宏共著 : PC-8801 グラフィクの手帳, アスキー出版, (1982)
- 71) 助川公継, 木原寛 : 日本化学会中国四国地区化学教育研究協議会山口大会講演要旨集, P. 13 (1983年8月)

- 72) Philips Perlman : Essentials of Modern Chemistry, Second Edition, Barron's Educational series INC., New York, (1979)
- 73) 文部省 : 高等学校理科指導資料 理科I・理科IIの指導, 第2章第2節, 実教出版 (1982)
- 74) 麓目清一郎監修 : PAC化学, p.59~88, 三共出版 (1981)
- 75) 赤堀四郎・木村健二監修 : 増訂 化学実験集, 講談社 (1981)
- 76) 伏見康治, 野村祐次郎他9名 : 高等学校理科I, p.55, 教研出版 (1983)
- 77) 長島弘三, 井口洋夫他4名 : 新化学I 三訂版, p.163, 実教出版 (1979)
- 78) 長島弘三, 井口洋夫他4名 : 新化学I 三訂版, p.160, 実教出版 (1979)
- 79) 伏見康治, 野村祐次郎他9名 : 高等学校理科I, p.30, 教研出版 (1983)
- 80) 小林正光, 野村祐次郎, 岡村昭 : 高等学校化学, p.112~114, 教研出版 (1981)
- 81) 土坪忠二, 岩橋八洲民他31名 : 中学校理科1/分野上, p.58, 大日本図書 (1980)
- 82) 工藤丈彦, 屋敷誠二, 横溝和宏 : PC-8801 BASIC入門, 第5章, アスキー出版 (1982)
- 83) ガリトリウス ヌカ=カル分析天秤 2842型, 取り扱い説明書, カルツァイス株式会社, ガリトリウス部
- 84) PC-8801 BASIC プログラムマニュアル, p.63, 日本電気株式会社 (1982)
- 85) PC-8801 BASIC プログラムマニュアル, p.283, 日本電気株式会社 (1982)
- 86) 木村捨雄 : 「CAIソフトに必要な条件」, PCマガジン, 2月号, p.45, (1984)  
新紀元社

87) 坂元昂他:「CAI学習プログラムの評価技法の開発」日本教育工学雑誌,  
6, 69-88 (1981)