

産業技術領域における総合的教育システムの開発

古谷博史・桐田襄一・足立明久・荒木 光・大井重光・田渕春三
手島光司・福岡則夫・梁川 正

Development of an Integrated Computer-Assisted Instruction System for the Industrial Arts

Hiroshi FURUTANI, Jyoichi KIRITA, Akihisa ADACHI, Hikaru ARAKI, Shigemitsu OI, Syunzo TABUCHI,
Koji TESHIMA, Norio FUKUMA and Tadashi YANAGAWA

Received April 30, 1991

抄録：技術を人間生活の中で総合的に捉え、そこに含まれる種々の技術の内容を学習者が主体的に習得できるようコンピュータを用いた教育システムを開発した。本システムはコンピュータの持つデータベース機能・グラフィック機能・ネットワーク機能を活用して、学習者が検索したい知識を任意の場所から自由に検索でき、相互に関連する事項を同時に参照できるよう作成した。学習者が参照しようとする項目はメニュー方式で検索することができ、また各項目にあらかじめ付与したキーワードから検索することもできる。さらに、互いに関連する事項はウィンドウ機能により、同一画面上で参照することができる。こうした目標を満足させるため、システム開発はパーソナルコンピュータ（パソコン）より高い機能を持つワークステーション上で行った。

索引語：産業技術，CAI，データベース，ウィンドウ，ワークステーション

Abstract: We have developed an integrated computer-assisted instruction system for the industrial arts. The system was designed for a learner to understand systematically the roles of the industrial arts in human life, and to acquire active technical knowledge of them. The learner can easily obtain desired data from any place and display many related data on one screen by the use of database, graphic and network systems. One method of searching for desired data is to use menu screens, and the other is to use key words. The related data can be displayed on the same screen by using the window system. To satisfy these purposes, the system was developed on a workstation which has much power than personal computers.

Key Words: industrial arts, CAI, database, window, workstation

1. は じ め に

産業技術教育において、電子技術・メカトロニクス・バイオテクノロジーなど各分野の技術の急速な進歩に伴い、学生にとってそれらの内容を理解することが次第に難しくなってきた。さらに社会や産業の高度化、情報化が進展するなかで、種々の技術の関連やそれらが人間生活に与える影響を総合的に把握することが困難になりつつある。そのため、技術や社会のこのような変化に対応できるよう、産業技術教育の分野でも教育のシステム化を進めていく必要がある。本研究は、技術の進歩に対応した知識を提供するとともに、個々の専門技術を他の専門技術との有機的なつながりのなかで総合的に学習し得るような教育システムの開発を目指して行われた。産業技術科学科では2年間にわたり、コンピュータ支援による教育システムの開発と産業技術教育用データベースの作成を行ってきた。その結果、このたび目的とする教育システムの一応の完成をみたので、ここにその設計思想、システムの概要および使用経験について若干の考察を加えて報告する。

本システムは、教育用データベースとその多様な利用を可能にする検索システムとを組み合わせたいわゆるデータベース型CAI(Computer Assisted Instruction)システム¹⁾である。システム中には産業技術の各分野の知識が入力され、それらは全体で一つのデータベースを構成しており、各分野ごとに独立にデータベースを作成したものではない。システムの特徴は、通常のCAIのようにパソコン上ではなく、それより機能の高い機種(ワークステーション)上にシステムを構築した点にある。我々がシステム構築にワークステーションを採用したのは、以下の理由による。

- (1) パソコンより演算がはるかに高速であり、必要とするデータをすぐ取り出すことができるとともに高度な検索機能を持たせることもできる。
- (2) 優れたグラフィック機能を持っており、ウィンドウシステムを使って複数の知識データや関連する図表を同一画面上に同時に表示することができる。
- (3) ネットワーク機能が優れているため通信回線さえ張り巡らせば学内の任意の場所からシステムを自由に利用することができ、教師から学生への連絡、学生からの質問や解答の通知が容易である。

これらの機能により、学生は必要な知識を簡単な操作によりすぐ取り出すことができ、そうして取り出した知識をまとめて表示することにより産業技術の全分野の総合的理解が可能となる。

2. システムの概要

2.1 システム環境

システムの開発は図1に示すSONY製ワークステーションNWS-1460(主記憶8MB(メガバイト))を用いて行った。本製品は、中央処理装置としてMC68030、数値演算処理装置にMC68882を持つ。外部記憶装置としてハードディスク装置240MB(組み込み)+240MB(拡張)計480MBを持つ。さらに、光磁気ディスク装置を接続しデータベースを光磁気ディスク上に保存できるようにした。光磁気ディスクは取り外し可能な媒体で、一枚当たり594MBの記憶容量を持つ。ワークステーションにはパソコン(PC9801)を一台接続し、パソコンからデータを転送



図1 ワークステーション

できるようにした。データベースを作成する場合、ワークステーションのワープロソフトを使ってデータ入力が可能であるが、ほとんどの教官にワークステーションの使用経験がないためデータはパソコンを使って入力した。そのため、パソコンのデータをワークステーション側に転送する必要があったからである。

2.2 システム開発

システム設計において最も配慮したことは、マンマシンインタフェース（使い勝手）の良さという点である。基本的な操作はほとんどマウスを用いて行うようにし、キーボード入力は必要なものだけに制限した。画面表示にはウィンドウ機能²⁾を利用し、一つの画面上に複数の異なった情報を表示できるようにした。データベース検索では、簡単な操作ですぐ必要なデータが高速に検索できるよう操作性の良さを優先し、AND や OR などを用いた複雑な検索は除外した。ワークステーションの基本ソフトウェア（OS：オペレーティングシステム）としては UNIX^{2),3)}を採用し、プログラム開発はC言語で行った。ウィンドウシステムは、X-ウィンドウを採用した。X-ウィンドウ²⁾はマサチューセッツ工科大学で開発されたシステムで、複数のウィンドウを開くことによりあたかも数台の端末を使っているかのように作業できる。またイメージリーダーから入力した画像データも扱うこともできる。システム設計は本学科で行い、プログラムの開発は日本電子計算(株)に依頼した。

2.3 データベース

データベースの内容は、各教官が分野ごとに分担して作成した。本研究で作成したデータベースは分野・章・節・項目という4段階の階層構造を持ち、もっとも下位の階層を項目と名付け、その中に具体的な知識データを入力した。表1に全分野の内容を示した。この中には「共通」という分野を設け、各々の専門分野に共通する内容を入れていくことにした。また各分野には対応する問題のデータベースを設け、学習者が自習する上での便宜を図った。図2に情報基礎分野における階層構造の一部を示した。この図からわかるように、データベースは下位の階層になるほど枝別れしていく木構造を持っており、分類上は階層型データベース⁴⁾に属する。しかし、後で述べるようにデータベースの各項目はキーワードによっても互いに関連づけられており、階層構造による検索とは別にキーワード検索も可能になっている。具体的な知識データは個々の項目に入力していくが、その一つの例を図3に示す。各項目は、タイトル、担当者名、本文、キーワー

表1 分野一覧

1. 共通	12. 共通問題
2. 技術科教育	13. 技術科教育問題
3. 製図	14. 製図問題
4. 木工	15. 木工問題
5. 金工	16. 金工問題
6. 農学	17. 農学問題
7. 電気	18. 電気問題
8. 機械	19. 機械問題
9. 商学	20. 商学問題
10. 職業指導	21. 職業指導問題
11. 情報基礎	22. 情報基礎問題

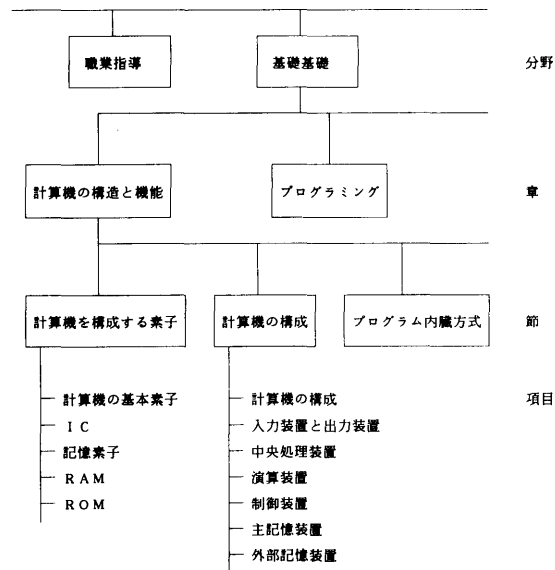


図2 データベースの構成（情報基礎の一部）

ドからなるテキスト部とそれに付属する図や表から構成される。一つの項目には任意の個数の図や表を付け加えることができる。テキストはパソコンのワープロで作成し、ワークステーションにファイル転送する。ただ残念なことに、パソコンで作成した文章はワークステーションへ転送すると罫線や上付き、下付き、アンダーラインなどの文字飾りが表示できないため、数式などを表現する場合に必要な特殊表記ができない。そのため、数式などは別途ワープロなどで作成した

組織培養繁殖

梁川 正

従来から行われている挿木、接木、取木、株分けなどとは異なり無菌培養で植物の種苗を大量に繁殖する技術である。植物の組織培養は当初、肥料や植物ホルモンの働き、あるいは根や芽、花ができる仕組みを研究するために考え出された方法である。ところが、1950年代に組織培養によってウイルスを持たない苗が育てられること、短期間に苗を大量に増殖できることが明らかになり、急速に実用化が進んだ。

現在では、花卉、野菜、果樹、作物、林木など多くの作物で世界各国において組織培養による苗生産が行われており、昭和63年度の我が国における組織培養を利用した苗生産は9社だけで5000万本を越えている。とくに、ラン類やカーネーションの苗は組織培養によって生産された物が主流となるほどに日常的な技術となっている。

組織培養によって育成された苗は以下のような特徴を持っている。

- 1) 増殖された苗は遺伝的性質が均一である。
- 2) 病害（とくにウイルス）に感染していないので収量、品質が高まる。
- 3) 季節や環境に左右されずに植物体を増殖できるので、生産、出荷計画を立てることができる。
- 4) 増殖率が著しく高いので、新品種を短期間に増殖して普及できる。
- 5) 低温条件にすることにより、わずかな空間で多数の品種を保存することができる。

キーワード：無性繁殖、栄養繁殖、植物組織培養、大量増殖
バイオテクノロジー、育種への応用、植物生長調節物質

図3 項目の例

ものをイメージリーダーで入力した。図や表も、イメージリーダーにより入力した。

2.4 システム構成

システムは、図4に示すよう四つのサブシステムから構成される。

(1) データベース検索サブシステム

学生がデータベースの内容を検索するために使用する。最も通常の検索では、メニューに従って上位の階層から下位の階層へ、分野→章→節→項目と順次目的の知識データへたどりつく。これはちょうど我々が本を読む時に、目次に従って目的とする文章にたどりつく方法に相当する。さらにこれとは別に、キーワードを用いたキーワード検索も可能である。これは、本の末尾に付いている索引を利用して文章を捜す方式に対応する。このためデータベース作成者はあらかじめ項目にキーワードが付加しておく必要がある。

(2) 電子掲示板サブシステム

教師が学生に対して通知をするために使用する。例えばその日の学習内容の指示、学生に対する問題の掲示、学生からの質問に対する返事、等なんでも自由に書き込むことができる。掲示板は教師ごとに用意されている。

(3) 電子メールサブシステム

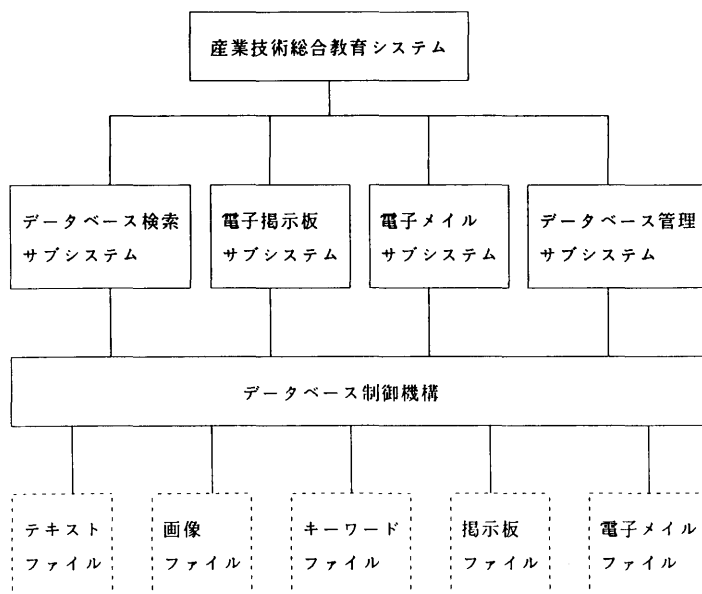


図4 システム構成図

学生が教師へメール（手紙）を書いて、教師用ファイルへ配達（データ転送）するためのシステム。教師の出題した問題の解答やレポートを提出したり、質問を書いたり様々な目的に使用できる。システムはワープロ機能とファイル転送機能とからなる。

(4) データベース管理サブシステム

データベースのデータを追加・変更・削除するためのシステム。したがって教師のみが使用し、学生のユーザーは使用できない。しかし、複数のユーザーがこのシステムを使用するとデータの管理上問題があるので、教師の中から「データベース管理者」を一人定めてその教師がデータベース管理の全責任を持つようにする。他の教師が自分の分担する分野のデータベースを変更する場合は、データベース管理者に依頼して行う。

3. システムの利用

システムの利用の概要を示すため、学生が情報基礎^{5),6),7)}について学習する場合を例にとって操作の流れを紹介する。学生は、システムに登録されたID番号とパスワードを入力し、ウィンドウシステムを起動する。システムの実行命令（RUN）を入力するとウィンドウ上にマスターメニュー画面が表示される（図5）。このメニューの「掲示板」にマウスの位置（矢印で示される）を合わせマウスのボタンを押すと学生に対する掲示板の内容が表示される（図6）。掲示板は、共通のものと教師ごとの掲示板があり、学生はそこから選択してその日の指示を受ける。また、マスターメニュー（図5）において「ワープロ」を選択すると電子メールサブシステムのワープロプログラムが起動され、それを使って教師に対するメッセージを書き込むことができる。

システムの中でもっとも重要な機能を持つデータベース検索サブシステムは、マスターメニ

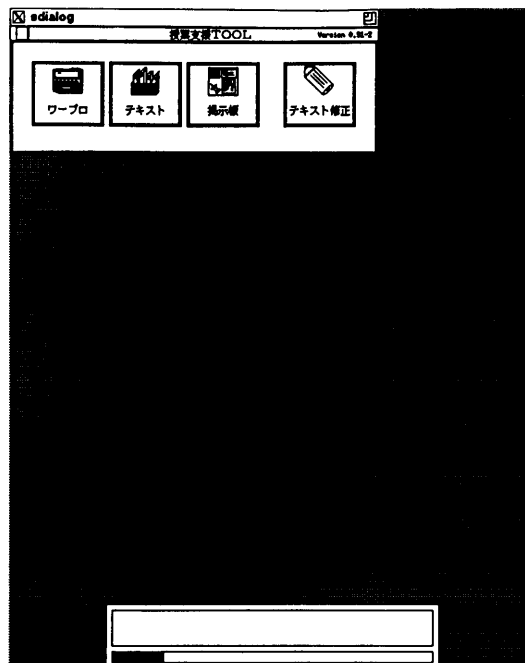


図5 マスターメニュー

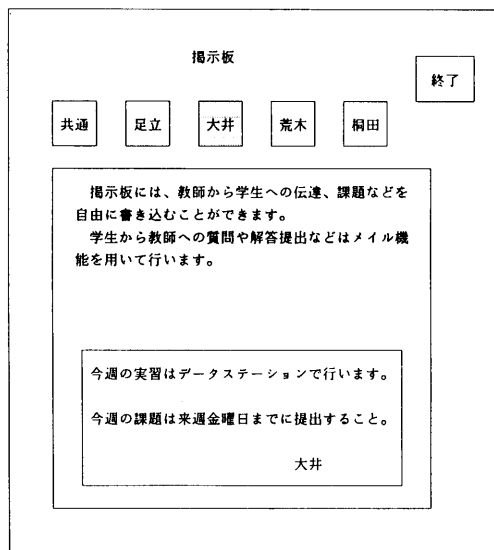


図6 掲示板

ユー（図5）の「テキスト」をマウスで選択することによって起動される。すると図7のように分野の一覧が表示されるので、その中から「11. 情報基礎」を選択する。その後、章、節、項目の選択画面がウィンドウに表示されるので、それらを次々と選んでいくと最終的に目的とする項

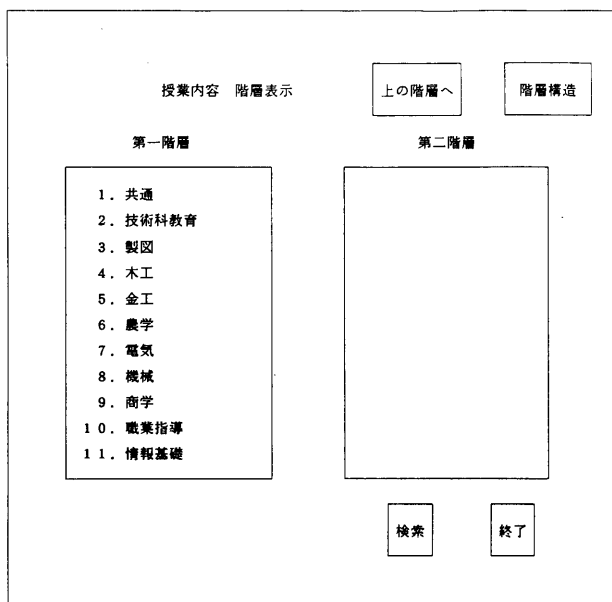


図7 分野選択画面

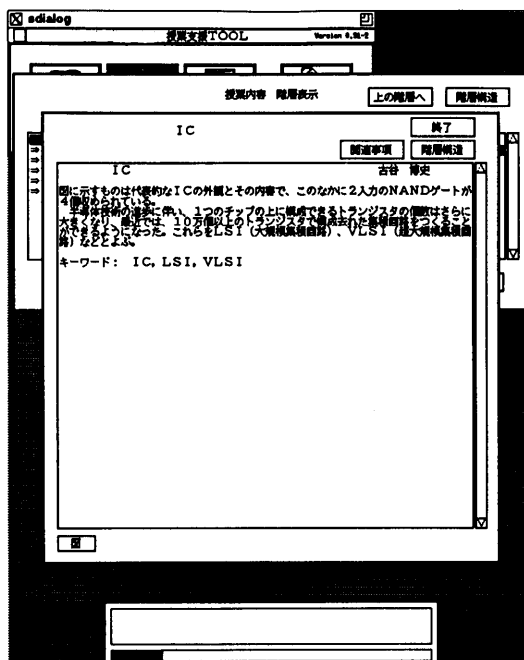


図8 項目参照画面

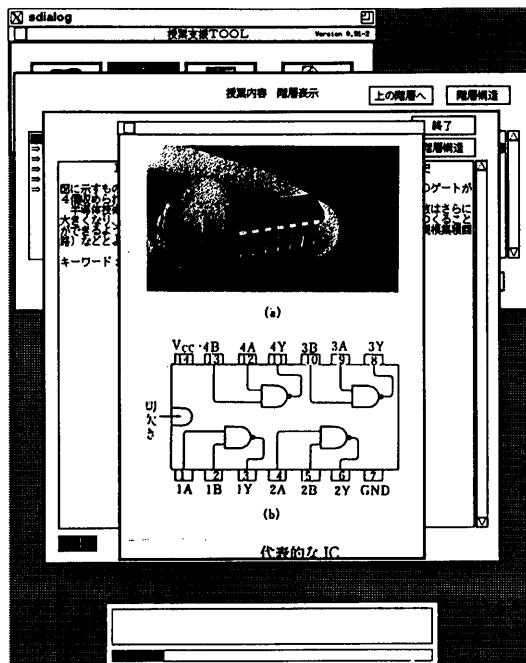


図9 説明図の表示

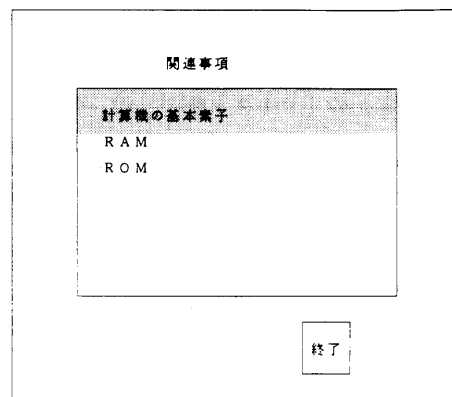


図10 関連事項検索画面

目、いまの場合は項目「IC」の内容が図8のように表示される。この項目には説明図が付加されているので、図9のように説明図をウィンドウに表示することができる。

以上が最も標準的な検索方法であるが、こうして検索した項目「IC」についてもっと知りたいと思った時は、図8の中の「関連項目」を選択して「IC」に関連した項目を検索することができる。図10は関連項目検索画面の例で、この中から「計算機の基本素子」を選ぶとその内容が新しいウィンドウに表示される。項目同士の関連を付けるのは各項目に付加したキーワードである。

キーワード	項目
HDLC	IC
I/O	計算機の基本素子
IBG	RAM
IBM	ROM
IC	
IEEE	
IF	
INPUT	
INS	
IPL	
ISDN	
ISO	
JCL	
JIS	
JOB	
LAN	
LIFO	

終了

図11 キーワード検索画面

すなわち同じキーワードを持つ項目は、関連項目検索機能を用いて互いに検索することができる。いまの例では、「IC」も「計算機の基本素子」も同じキーワード「IC」を与えられていたため、こうして検索することができたのである。従って、異なる分野にまたがる項目の間にも関連を付けることが可能であり、この機能を利用して学生は複数の分野にまたがる知識の学習を行うことができる。

システムは、キーワード一覧表（図11）の中から一つキーワードを選ぶと、そのキーワードを与えられた項目の一覧が表示され、その中から目的の項目を選択する。

最後に、マスターメニュー（図5）の「テキスト修正」は、データベース管理サブシステムを呼び出すための表示である。この中ではテキストデータや画像データの登録、削除など様々な機能を実行することができるが、ここではその詳細は省略する。

4. 考 察

コンピュータ支援による教育システム、CAI、は誕生してすでに30年の歴史を持っている。CAIの歴史の初期において、教育という極めて人間的な行為を代行するには当時の技術は極めて未熟であり、またコンピュータも非常に高価であったため、教育の現場に普及するにはいたらなかった。しかし、1980年代にはいりハードウェア、ソフトウェア技術の進歩とパソコンの出現に伴って、CAIは急速に教育の中に浸透し始めた。現在は、試験的システムから本格的な実用システムへと発展しようとしている段階である。このような状況の中で様々な種類のCAIが報告されているが、最近注目を集めているものに環境型CAI⁸⁾と呼ばれるものがある。環境型CAIではCAIを教材、教育環境の一つとして捉える。複数のコンピュータをネットワークで結合し⁹⁾、楽器やビデオなどの教材を接続したり、教育用データベースを組み込むなどして学習環境を整え、学生の自発的な学習活動を支援する。我々が開発したシステムも基本的にはこの思想に沿って設計した。その意味から、今回開発したシステムはあくまで出発点であり、これを中核として各種

機能の追加・ネットワークの整備などを行い、学生の教育環境を整備したいと考えている。

本システムを構成する三つの重要な要素は、データベース、グラフィック、ネットワークである。システム自体は汎用性を考慮して設計してあるため、今回作成したもの以外でも様々な種類のデータベースを稼働させることができる。また、学生の課題として学生自らがデータベースを作成することも教育的に意義のあることである。ワークステーションは優れたグラフィック機能を持ち、ウィンドウシステムの利用により画面上に文章データばかりでなく画像データも自由に表示できる。このため、学生にとってわかりやすい、印象的な画面をつくることができる。画像はカラーでも良く、画像のデータベースなどを作成することも可能である。ネットワークは教師と学生・学生と学生との自由な通信を可能にし、教師への質問ができない、学生の反応が分かりにくいといった従来の CAI の欠点を補う手段として、これからの CAI において重要な役割を果たすことになりそうである⁹⁾。今後ネットワークの整備が進めば、学生は学内の任意の場所からネットワークを通じて自由にシステムに接続することができるようになる。

これまでの CAI システムはパソコン上に作成される例が大半で、ワークステーションを用いた CAI システムはまだあまり多くない。その最大の理由としては、ワークステーションがパソコンよりも高価であり、教育現場に導入するには価格面から難しかったことが挙げられる。また、CAI システム作成者の側からみても、ワークステーションはパソコンに較べてはるかに高い技術力を要求されるため、ワークステーションの機能を駆使して CAI システムを開発できる人材が少なかった。しかし、最近の半導体技術の進歩によりそのような状況も次第に変化しつつある。たしかにワークステーションはパソコンより高価であるが、最近発売された低価格製品ではパソコンの2倍程度の価格のものもあり、価格はこれからさらに低下していくものと思われる。すでに、情報処理産業ではワークステーションを用いたシステムの開発が一般化しつつあり、ワークステーションを使用する情報処理技術者の数は大幅に増加している。従って、かつて一部のマニアだけのものではあったパソコンが大量の一般ユーザーを獲得していったように、これから情報処理の専門家以外の人々にもワークステーションの利用が広がってゆく可能性が大きい。

最近のワークステーションは次第に小型化されてきており、パソコンに近い大きさになっている。しかしその演算機能は非常に高く、数年前の大型計算機なみの能力を持つものもある。またその多くは、基本ソフトウェア (OS) として UNIX を採用している。UNIX は AT&T 社の Bell 研究所で開発された。その後、各企業や大学で機能の追加や改善が行われ、次第に高い評価を受けるようになってきた。このため、多くのメーカーはワークステーションの OS として UNIX を採用するようになり、現在では標準的な OS としてワークステーション利用のための共通の土台となっている。UNIX のもとでは、異なったメーカーの製品であってもファイル構造・操作法などが共通しており、他のメーカーの製品ともネットワークにより容易に接続することができる。UNIX は強力なコンピュータネットワークの機能を持ち、グラフィック機能が充実し、優れたウィンドウシステムを持つ。先に述べたように、これらの特徴はこれからの CAI システムを開発する上で是非必要な機能である。今後の CAI システムへのワークステーションの利用に注目していきたい。

最後に、実際にシステムを使用した感想について述べておく。ほとんどの操作はマウスだけで行うことができたため、初心者でも大変簡単にシステムを使用することができた。また、次々とウィンドウを開いて参照したい知識データと呼び出すことができ、従来のシステムのようなメニューを後戻りする煩わしさが無かった。データ検索はほとんど瞬時に行うことができ、最も時間

のかかったキーワード検索でも数秒で完了した。今回の最大の反省点は、画面の小ささであった。購入した14インチのディスプレイでは、ウィンドウを複数開いた場合には画面が非常に見にくくなる。せめて17インチ以上のディスプレイを購入しておくべきであった。他の反省点としては、画面展開において操作の思わぬ煩わしさがあったことである。ウィンドウをたくさん開いていくと、次の画面を出すために前の画面を一つ一つ消していかななくてはならなくなる。この操作が思ったより面倒であった。画面展開についてはもう少し工夫の余地がありそうに思われた。今回の作業であらためて痛感したことは、データベース作成にはあまりに膨大な時間を要するという点である。一つの項目におよそ400字程度のデータが入るとして、分野当り10章、1章で10節、1節当り10項目とすると一つの分野で原稿用紙1000枚程度のデータが必要になり、これだけのものを準備することは大変な労力を要する。こればかりは、コンピュータでは解決できない問題でCAI作成者の協力体制などこれから検討すべき課題である。

5. お わ り に

産業技術科学科の教官が協力して産業技術の全分野にまたがる総合的なコンピュータ支援教育システム、CAI、の開発研究を行い、その成果を報告した。システムはワークステーション上に構築され、それが持つ高い演算機能と優れたデータベース機能・グラフィック機能・ネットワーク機能を十分に活用できるよう設計した。開発したプログラムは、データベース検索サブシステム、データベース管理サブシステム、電子掲示板サブシステム、電子メールサブシステムからなる。操作はほとんどマウスを用いて行い、できるだけキーボードを使用しないですむよう工夫した。画面展開では、ウィンドウシステムを利用して次々とウィンドウをオーバーラップさせていき、メニューを後戻りせずにすむようにした。また、従来のCAIシステムの欠点である教師と学生間の意志疎通の欠如を、ネットワーク機能を利用した電子掲示板、電子メールなどにより補うよう工夫した。

今後の課題としては、データベースの「箱」の部分は一通り完成したので、これから「中身」、すなわちデータベースの内容を充実していく必要がある。さらにデータベースが学生にとってより使いやすい、親しみやすいものになるために、ワークステーション、パソコン、ネットワークなどコンピュータ環境の整備を進めていくことが重要である。

本研究は平成元年度、平成2年度特定研究経費「国際化、情報化に対応した産業技術の総合的技術教育システムの開発研究」の研究成果の一部である。

システム開発に協力していただいた日本電子計算(株)に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 後藤忠彦：コンピュータと教育情報システム：東京書籍（1986）。
- 2) 日本電子計算株式会社編：UNIX 入門：翔泳社（1990）。
- 3) 斎藤信男編：ユーザズ UNIX：岩波書店（1988）。
- 4) 小碇暉雄：データベース入門：啓学出版（1983）。
- 5) 八村広三郎：計算機科学の基礎：近代科学社（1989）。
- 6) 畑栄一：ハードウェアの基礎知識：マグロウヒル出版（1989）。
- 7) 栗原章浩：情報処理一般：マグロウヒル出版（1989）。

- 8) 大槻説乎, 山本米雄: 知的 CAI パラダイムと実現環境, 情報処理, 第29巻, pp.1255-1265 (1988).
- 9) 芦葉浪久: CAI コースウェア作成技法: 東京書籍 (1987).