

# パソコン・ウィンドウ環境における CAIコース開発

上田 宏一  
金城短期大学

Enrique R. Filloy G.  
金沢工業大学

寺下 陽一  
金沢工業大学

あらまし 我々は、海外技術者教育向けCAIコースウェア開発を行っているが、今回システムのプラットフォームとしてパソコン用ウィンドウシステムを導入した。このことにより、パソコン全体の能力が向上し、ウィンドウ上で動作する高性能な開発ツール群を用いて、ウィンドウシステムの特長を活かした高機能なコースウェア開発を行うことの有効性について調べることができた。この過程で検討、吟味し、採用した設計手法、オーサリング手法についてその概要を説明する。

## A DEVELOPMENT OF CAI COURSEWARE IN THE ENVIRONMENT OF PERSONAL COMPUTER WINDOW SYSTEM

Koichi Kanda

Enrique R. Filloy G.

Yoichi Terashita

Kinjo Junior College

Kanazawa Institute of Technology

1200 Kasama-machi, Matto-shi,  
Ishikawa 924, Japan

7-1, Ohgigaoka, Nonoichi-machi, Ishikawa-gun,  
Ishikawa 921, Japan

Abstract We are developing "The CAI courseware for the education for overseas engineers". This time we introduced the window system for a personal computer as the platform of the system. By this, the capacity of a personal computer has expanded, and we could research the efficiency of developing of more capable courseware by making use of high capable developing tools which act on the window and the merit of window system. We examined carefully the above process and adopted a designing method and an authoring method. We are going to explain the outline of the both methods.

## 1. はじめに

最近のパーソナル・コンピュータは、ハードウェアの急速な進歩によって、従来使用されてきたMS-DOSではその能力を十分に発揮できるような環境とは言えなくなってきたと思われる。

そこで新たに登場し、徐々に日本でも広まりつつあるウィンドウシステムは、従来大きな壁であったメモリの使用制限を取り外しただけでなく、GUI(グラフィカル・ユーザ・インタフェース)本来の目的であるユーザとのインタフェースの向上に大きな役割を果たし、あらゆる方面へのPC利用の可能性を広げたと言える。

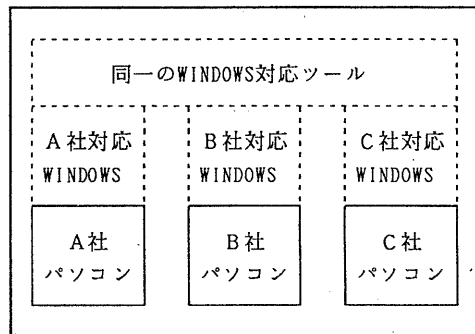
本研究では、特にCAIの分野においてこの利点を活用できる部分が多いのではないかと考え、GUIの特徴を積極的に取り入れることにより、従来MS-DOS上のみで行われてきたCAI開発に比べてかなり異なった新しいCAI開発技法に取り組んでみた。

## 2. ウィンドウ環境の利点

従来、CAI開発用のツールは多数開発されてきたが、汎用性に関しては不十分に思われ、またそれ自体閉じているものが多かった。さらに他のツール・言語とのインターフェース、融通性にも必ずしも満足できるものではなかったと思われる。

近年、PC用のGUIとして幅広く使われたMS-WINDOWS3.0は、それをベースとしたツール間に一定レベルの互換性が保証されていることに加え、異なったメーカの機種間においてもそれぞれに対応したMS-WINDOWS3.0を導入しさえすれば、異機種間で変更の無い同一の開発ツールがほとんど同じ環境で利用できるといふ強力な統一環境を実現している。このことによって、この環境で作成したCAI教材については各機種ごとに変更を加える必要がなくなり、開発者の負担を減らすばかりでなく、多くの開発者および利用者間で統一された開発や操作環境がCAI開発に多大な利点を与えると考えられる。(図1)

またウィンドウ・システム自体が情報表示にすこぶる有効であることも大きな利点である。



(図1) MS-WINDOWS3.0の統一環境

さらにパソコンの利用メモリ制限をウィンドウ・システムが大幅に拡大させたため、メモリ消費の大きいグラフィクスを多彩に扱えるようになったことや、複数のパッケージを同時にメモリ上に常駐させ必要に応じて各パッケージを実行させる手法が可能となった。これは、CAI開発に大きな柔軟性、拡張性を与える。

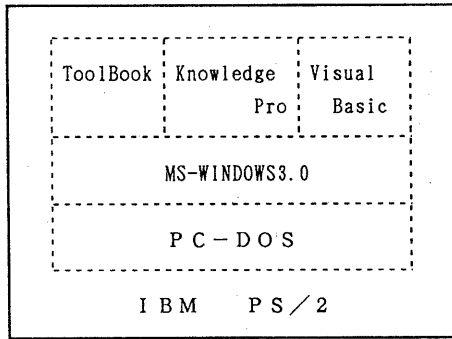
またこのウィンドウをベースにしたツールには、従来のプログラミング言語(BASICやC等)の持つ機能に加え、多くのユーザインターフェース操作機能を持つ、スクリプト言語と呼ばれるオブジェクト指向の強力な言語が備わっている。

これらのことから、ウィンドウ・システムの作り出す環境は、CAI開発に最適な要素を備えているとすることができ、ウィンドウの特徴を生かした新しいCAI開発技法について次に詳細に述べることとする。

## 3. 開発の環境および技法

### (1) コースウェア開発の背景

我々は、開発途上国の電気通信技術者の育成のためのCAI開発を行っている。そのため、国際標準に合わせる必要があり、ハードウェアとしてはIBM PS/2あるいはその互換機を採用し、それに英語版のソフトウェアを使用して、英語を用いて教材提示を行うこととしている。



(図2) 開発環境

(2) 開発環境および使用ツール群

上記のマシンにPC-DOSが載ったものを対象とし、さらに次のようなツールを用いることにした。

(図2)

・MS-WINDOWS3.0 (Microsoft社)

PC-DOS上のGUIとして、上に述べたMS-WINDOWS3.0を採用した。これは、基本的にマウス操作だけで、カーソルの移動、プログラムの実行、各種ファイルの管理が容易に行えるシステムである。一つ問題点としては、メモリ量が少ないとパッケージの実行時に十分な能力が発揮できないため、最低でも2メガバイト必要となることである。

以下に示すツールは、全てこのMS-WINDOWS3.0の環境が必要となる。

・ToolBook (Asymetrix社)<sup>3)</sup>

CAIコースの内容を具体的に表現するツールとして用いた。これは、本の感覚でページごとにテキストやグラフィクスを配置でき、それらの表示をスクリプト言語で制御して効果的なプレゼンテーションを行える。またページ間のナビゲーションも柔軟に実行でき、ハイパーテキストとしての機能も備わっている。大抵のモジュールは、ToolBookを用いて作成した。

・KnowledgePro (Knowledge Garden社)<sup>1)</sup>

このツールは、ウィンドウ上での強力なハイパーテキスト機能に加え、プログラムの実行時に推

論機能を用いることができる。コース作成に当たってはこの推論機能に注目し、コース全体を総合的に管理する部分(TUTOR)と索引作成に用いた。

・VisualBasic (Microsoft社)

ウィンドウ上でBASIC言語を用いてプログラミングを行うための開発ツールである。PC-DOS上で実行できる、従来のBASIC言語で作成されたシミュレーション・プログラム群が既に存在していたので、それをウィンドウ上で実行させるために用いた。

・その他

複雑な数式記号を入力できるMathType (Design Science社)や、ウィンドウ上のグラフィクス情報をツール間で自由に取得・移動できるScrapbook+(EIKON社)等も用いた。

(3) コースウェア設計方針

・分散モジュール設計

システムのプラットフォームとして採用したMS-WINDOWS3.0はメモリの利用枠を大幅に広げ、同時に複数のプログラムをメモリ内に常駐させることを可能とした。そこでコースウェアの設計に当たっては、コース全体をいくつかの特徴的な機能に分け、それぞれを別々のモジュール(プログラム)単位として開発することにした。

実際のコース実行中には、LESSON, TUTOR, RECORDのモジュールが常にメモリ内に常駐し、他の部分は必要に応じてメモリ内に呼び出される形式である。ここで簡単に各モジュール(機能)について述べる。

・TUTOR

利用者の学習進行状況の管理や、誤操作に対する警告およびアドバイスの表示、各モジュールの実行状態の管理、利用者の入力項目の検索等を行う。

コース実行中には各実行モジュールから種々のメッセージが発せられ、それがTUTOR内の規則と一致した場合ある種の動作が起こる仕組みになっており、コース全体の制御を行う部分である。

・ LESSON

コース内容をページごとにテキストやグラフィックス等で表現する部分である。各テキスト等の表示、消去や各ページの移動はページ内のボタンをクリックすることによって実行できる。また、利用者の現在位置の提示やランダムなページ間移動に用いられる目次(マップ)をも含んでいる。

・ INDEX

利用者がある特定の項目について知りたい時、コース内の特定項目の表示、検索、その内容を示すページへの移動・表示を行う索引部分である。

・ HELP

利用者がコースの学習の進め方やボタンの使い方等を知りたい時に、画面上に表示できる。

・ RECORD

各利用者の学習進行状況を記録する部分である。

・ DRILL

学習の單元ごとに、利用者が自分で内容の理解度を知るために行う演習問題である。

・ SIMULATION

利用者がある単元の理解をさらに深めるために、色々なパラメータを入力して実際のケースをシミュレートする部分である。既存のBASICプログラムをVisualBasic用に修正を加え、ウィンドウ上で実行できるようにした。(図3)

・ オブジェクト指向プログラミング

オブジェクト指向は、データと手続きを一体としたオブジェクトと言う概念を用いて、できるだけ自然な形でモデル化することによって、複雑な問題に対処していこうとする考え方である。種々の処理はすべて、階層性を持ったオブジェクトに発信することによってなされるので、プログラミング作業の複雑性が大幅に低減できる。

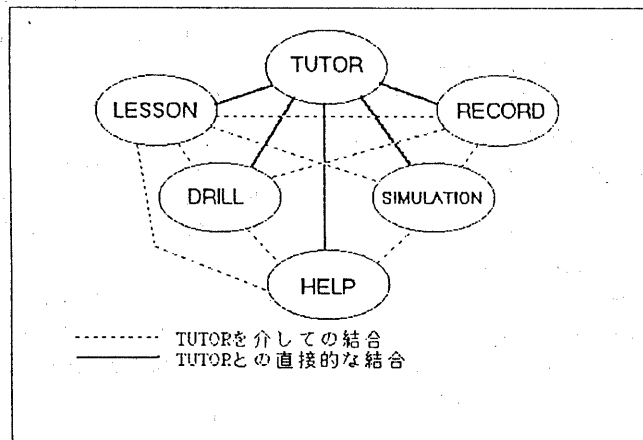
我々のコースウェアでは、ページ間の移動、テキスト、グラフィックスの表示・消去、各モジュールの実行等をそれぞれ別々のボタンに割当てており、利用者はそれらのボタンをクリックすることにより目的の処理を行うことができる。この方法により、開発者は各処理の複雑なシーケンスを考えながらのプログラミングを行う手間が省け、また利用者は各自の学習ペースや考え方に合わせてボタン操作による学習を進めていけばよく、双方に多大な利点をもたらしている。

4. コース実行の詳細

(1) 全体制御機構

MS-WINDOWS3.0上では同種開発ツールによる異なったモジュールや、異なった開発ツールで作成されたものでさえ同時にメモリ内に常駐することが可能である。

その際、異なったモジュール間でデータの受け渡しを行うには、MS-WINDOWS3.0によって提供されているDDE(Dynamic Data Exchange)<sup>3)</sup>の機



(図3) モジュールの構成

能を用いて行うことができる。この機能は、互いをサーバーまたはクライアントとして設定でき、クライアントからサーバーに対してデータを送受したり、命令を実行できるようになっている。

我々のコースウェアでは、ToolBookの強力なプレゼンテーション機能とKnoeledgeProの推論機能に注目し、コース内容であるテキストやグラフィックスの扱いについてはToolBookを用いてモジュールを作成し、利用者の学習過程やコースの管理を行うモジュールはKnowledgeProによった。<sup>1)</sup> これらの間でDDEを利用してデータ交換を行い、インテリジェントなコースウェアとしての機能を活用できるようになった。

またVisualBasicは、より高度なDDE機能の活用が可能であり、その利用について今後さらに取り組んでいきたいと考えている。

## (2) プレゼンテーション方式

ページ移動が行われた直後は、基本的にページ内に表示されているのは各種のボタンのみである。各ページ中のテキストやグラフィックス等の扱いは、全てボタン(ディスプレイボタン、バックボタン)を通して行われる。(ただし、ハイパーテキストまたは索引で呼び出されたページは、その項目について述べられているテキスト等が既に表示された状態である。)

ディスプレイボタンは、ページ内に9個存在し、

1番から順番に実行可能となっている。それは前の番号が実行されていない限り、その番号が実行可能とはならないよう制御される。よって常にテキスト等の表示の順番は常に保たれる。またディスプレイボタンは、実行の度画面上から消去されるので、利用者が同じテキスト等の表示を繰り返すことを防いでいる。

前に表示されたテキスト等を再び見たい場合には、バックボタンをクリックすることにより1つ前の状態に戻ることができる。

テキスト等の表示方法には次の2種類を用意し、それぞれの場面ごとに適したものを選んでいく。

### (a) 重ね表示

前の画面状態をそのまま残したまま、新しいテキスト等を重ねて表示していく方法。

### (b) 消去

1つ前に表示されたテキスト等を消去して、新しいテキスト等を表示していく方法。

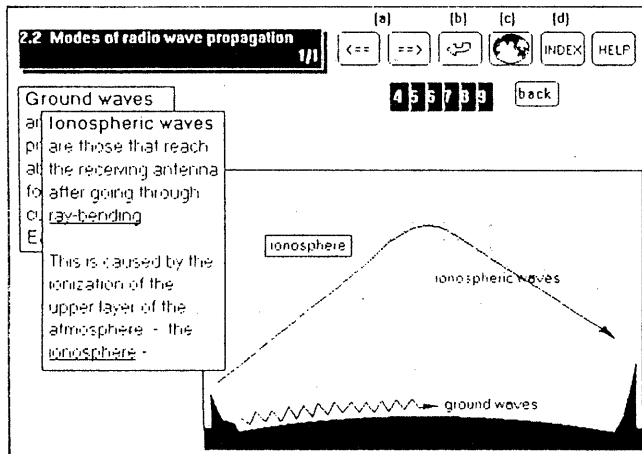
## (3) 学習シーケンスの管理

・コース内のナビゲーション

コースの内容は各ページごとに適当なテキストやグラフィックスの量で分けられており、ページ間の移動方法については以下に示すような種類とした。(図4)

### (a) 前進・後退ボタン

LESSONにはコース作成の台本としたテ



(図4) コースウェアの1ページ例

キスト本の内容に沿って、最初のページから順番に内容が格納されている。そこで、最初から順番に学習を進めたい場合や1つ前のページに戻る場合、前進(後退)ボタンをクリックすることにより次(前)のページに移動できる。

(b) 復帰ボタン

利用者が、現在のページの1つ前に開いたページに戻りたい時にクリックする。特にハイパーテキストによる移動後は効果を発揮する。

(c) 目次(マップ)

マップを用いれば、ランダムに目的とする章、節、または副節に移動できる。各ページのマップボタンをクリックすると、画面にマップが表示される。

(d) 索引

予め利用者が知りたい内容の項目名が分かっている場合、索引ボタンをクリックして索引を利用することができる。索引内の項目名をクリックすればそれを説明しているページに移動できる。

(e) ハイパーテキスト

テキスト内のある項目が他のページで詳細に説明されている場合、その項目はハイパーテキスト化されており、それをクリックすることにより説明のあるページへ移動できる。

・ 学習過程の制御

(a) リスト管理

利用者が学習を進めていく場合、最適な順序で進み、かつ学習のやり残したページが無くなるよう管理する必要がある。このために、本コースはRECORD内に次に示すような3つの要素を持つリストを用意し管理することにした。

- ・ モジュール(LESSON、DRILL、SIMULATION)の名前
- ・ ページの名前
- ・ 学習が終了しているかどうかを示すフラグ  
(「終了」、「未終了」の2状態)

各利用者はそれぞれ、各自のリストを異なるファイルとして持つことができるため、TUTORは各個人の能力に合わせた管理を行えるようになっている。

(b) ポインター制御

リストを実際に管理する方法としては、次のような3つの異なるポインターを用いることとした。(図5)

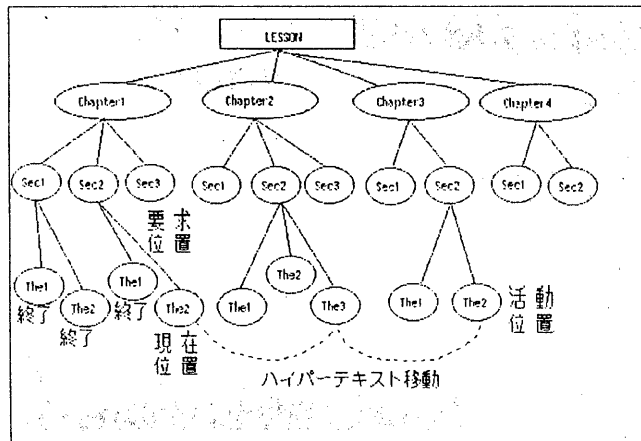
・ 要求位置

TUTORが利用者のリストを参照し、その時点で利用者に学習させるべきと考えているページ。実際は、リスト中の最初の「未終了」ページを示す。

・ 活動位置

現在、画面上に表示されているページを示す。

・ 現在位置



(図5) 学習過程の制御で用いるポインター関係

利用者がハイパーテキストでページ移動を行った場合、最初に出発点となったページを示す。通常は、上の活動位置と同じである。

現在位置と活動位置は、利用者がハイパーテキストをクリックし、リンクされたページに移動するまでは通常同じままである。しかし、ハイパーテキストを利用した直後は、現在位置はなお出発点のページを示したままであるが、活動位置は現在表示しているページに更新されるので、これらのポインタの情報をを用いて、TUTORは、利用者がハイパーテキストを用いてナビゲーションを行ったことを認識する。

#### (c)ナビゲーション管理

TUTORは、上記のリストとポインタの情報を内部の規則と照らし合わせて、利用者のナビゲーション全体を管理する。

まず利用者がコースに対してある操作を行うと、ある種のメッセージが発せられる。そのメッセージを受け取ることによって、TUTORは利用者の次にやりたいと考えていることを知ることになる。そこで、リストとポインタ情報から、TUTORは利用者が今行おうとしている操作が適切であるかどうかを判断する。

もし、それが適当なものであれば、利用者の要求した操作を妨げない。しかし、そうでない場合、利用者の意図した操作の結果について警告し、代わりにその時点で最も適切な操作を提案する。

なお、利用者が警告を無視し異なった方向に進んだならば、TUTORは新しい位置から学習を進められるように自分自身を調整する。これは、利用者が何度も繰り返される警告に縛られないためにとっても重要な点である。しかしながら、コース内には再設定位置が存在し、利用者がそこに到達すると、TUTORは再度利用者をコース内の最適な位置にいかせることを試みる。

#### (4)質問応答制御

DRILLは、利用者の理解度を自分自身で判断するために行う演習問題である。1つの演習問題は、1ページ内にLESSONと同じようにテ

キストやグラフィクスを含み、最後に問題や入力行(利用者が答を入力する)、okボタン(答を入力し終わったことを知らせる)を表示する。

利用者の解答の評価には、次に述べるような特別な機構を用いた。

ある演習問題での利用者の解答過程は、正しい答を返すまでに何度利用者が入力を行ったかの回数で、6つのレベルに分けられる。それぞれのレベルによって異なった意味のメッセージが、システムによって複数与えられており、実際には同レベルの中からランダムに選ばれて表示される。これは、コースの単調性を避けるのに有効である。その6レベルとそれに対応するメッセージの型について簡単に述べる。

##### 1 最初の入力で正解が答えられた場合。

メッセージは、簡単な説明と共に解答者の卓越な成績を認めたものとなる。

##### 2 問題ごとに定める最後の機会か、その1つ前での正解。

解答者は、問題ごとの難易度によって決められた回数内で正解した。メッセージは、解答者の優れた成績を簡単な説明と共に評価する。

##### 3 システムによって正解が提示された後の正解。

解答者は予め決められている回数を越えて入力していたので、既にシステムから正解を与えられていた状態であった。メッセージは、確認とレベル5で与えられるものを結びつけたものになる。

##### 4 最後の機会より前の誤答。

メッセージは、返答が正しくなかったことを知らせ、あるヒントを与える。

##### 5 最後の機会での正解。

解答者は決められた回数内で、正解を答られなかった。メッセージは、LESSON中の対応する部分を再学習することを提案し、通常は正解も提示する。

##### 6 返答が1度もできない場合。

解答者は、入力行に答を入れることなくokボタンをクリックした。利用者に問題に答えるよう促すメッセージが出される。

## 5. 開発経過

以上のような開発方式に基づき、現在以下の3種のコースの開発を行っている。いずれも海外の技術教育に用いられる予定のものであり、解説言語は英語である。コース内容、教材原案については学内外の専門家の強力を得ている。

### (1) 「トラフィック理論入門」(学習時間約4時間)

先にBASICで作成されていたものを新方式で再開発、かつ内容の追加を行う。工程の約50%終了。

### (2) 「マイクロ波回線設計」(学習時間約8時間)

基本的には新しく開発するものであるが、設計に関する種々のシミュレーション・プログラム群(BASIC)が既にあり、これらをほぼそのままの形で組み込んでいる。工程の約20%終了。

### (3) 「確率・統計」(学習時間約10時間)

すべて新規開発。工程の約10%終了。

## 6. まとめ

今回のコースウェア開発では、CAI開発におけるウィンドウ利用の可能性を探るという面が強く、各ツール本来の機能を十分に利用したとは言えないのではないかと考えている。特に推論機能については、エキスパートシステムの組み込み等さらに高度な利用法が可能と考えられるので、今後さらに研究を進める必要がある。またVisualBasicについても、今回従来のBASICプログラムをウィンドウ対応に変換するために用いただけであったが、その強力なDDE機能を用いてToolBookとの効果的な共同利用を行うことにより、さらにきめの細かいコースウェア作成が可能となると考えている。さらに、レーザーディスク等を用いたハイパーメディアの利用も積極的に行う必要があると思われる。

日本国内では、最近になってWINDOWS3.0についての利用が話題になり多方面での利用が意識され始めてはきたが、日本語対応のパッケージは少なく、特に今回我々が用いたような開発ツールはほとんど無い状態である。(実際には、日本語WINDOWS3.0上で我々の用いたツールは全く問題な

く動作し、漢字も簡単に扱えることを確認しているので、現在の状況でも日本語のコースウェア開発は可能である。)幸いにも我々は、海外向けのCAI開発を行うという立場から、いち早く海外でのPC利用環境を知る必要があり、結果としてウィンドウというCAI開発に適した環境に取り組むことができた。

そしてこのウィンドウ環境、およびそれに付随する種々のツール群により、従来困難と考えられていた、あるいは可能であっても実現には多大な労力を要するような諸機能が、比較的簡単な操作で実現できることが、開発を通じて確認できた。また、ウィンドウ・システムの本来の特長であるスクリーン上の視覚効果は教育上極めて有効であり、この面に沿って新しいCAIの方向(電子ブックなど)が発展するのではないかと考えられる。

## 「参考文献」

- 1) Bielawski, L. and Lewand, R. : Intelligent Systems Design, John Wiley & Sons (1991)
- 2) Barker, P. and Giller, S. : Design Guidelines for Electronic Book Production, International Conference on Multi-Media in Education and Training, pp.179-182, (1991)
- 3) Pierce, J.R. : ToolBook companion, Microsoft Press, (1990)