

- [26] PLATO Computer-Based Education System, PCDI GSM Reference Manual (in Japanese), Japan CDC.
- [27] Self, J. A. (1974) Student Models in Computer-aided Instruction, International Journal of Man-Machine Studies, 6: 261-276.
- [28] TDK TUTOR System User's Manual (in Japanese), TDK.
- [29] Waks S. (1986) An Attempt to Install Electrical Engineering Technology Education in Disadvantaged Students Through Controlled Personalised Instruction, Research in Science & Technological Education, 4: 153-161.

2-4 CAIコースウェア構築用シェルの開発

2-4-1 緒言

オーサリング・ランゲージあるいはオーサリング・システムによりコースウェアを作成することは、いずれの場合についても操作性その他の点で満足できるものではないことが、前節までで明らかになった。これは、ソフトウェアの作成においてコンピュータと人間との対話、すなわちマン・マシン・インタフェースが十分に考慮されていなかったためである。

そこで、本研究ではプログラミングや操作法などに悩まされることなく、ワードプロセッサで文書を書き、グラフィックエディタで絵を描くという専用市販ソフトウェアのデータをそのまま利用してCAIコースウェアを作成することができ、さらに完成したCAIコースウェアを快適な操作環境で学習できるCAIコースウェア構築用シェルを開発する。そして、このシェルは、コースウェアの作成および学習においてどのような利点を備えたのかを検討し、考察する。

2-4-2 CAIコースウェア構築用シェルの概要

ここで開発するシェルは、コースウェア作成者が、より簡単にコースウェアを作成できるように、また、学習者がより快適に操作ができるようにというコンセプトのもとに作成するものである。シェルは、図2-4-1に示すように、ドライバ部およびデータ部に大きく分けられ、コースウェア作成者はデータ部だけの作成を行い、ドライバ部については全く関知する必要はない。すなわち、作成者はコースウェアの内容（シナリオ）となるテキストデータと、それに付属するグラフィックデータを作成し、これらデータ部をシェルに組み込むだけで、1つのコースウェアを完成できるわけである。

以下に、このシェルの概要について、コースウェアを「作る側」と「使う側」の2つの立場から述べる。

まず、「作る側」においてであるが、例えば、Aというコースウェアと、Bというコースウェアを作成する場合、A、B共に、コースウェアの実行を司るシステムプログラム部分と、コースウェアの

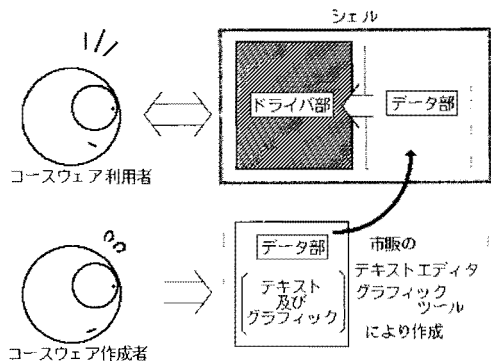


図2-4-1 シェル

内容となるシナリオ部分が必要となってくる。オーサリング言語やBASICなどのプログラム言語を用いた場合には、オーサあるいはプログラマは1つのコースウェアにつき1つのシステムプログラムを書かねばならず、AおよびBのシステム部が似通っている場合、各々についてシステムプログラムを記述するのは非常に非能率である。そこで考えられるのが、システムプログラムの統一化である。システム部と、シナリオ部を完全に切り離し、一つのシステムプログラム上で、様々なシナリオが実行できるようにできれば、コースウェア作成者はシナリオの作成のみで、コースウェアを作成することができる。また、そのシナリオを別のものに替えるだけで、新たなコースウェアを実行できるようになる。このように、言わばシナリオ・プレイヤーの役目を果たすソフトウェアが、ここで作成するコースウェア構築用シェルである。

ところで、シナリオデータは、テキストファイルとグラフィックファイルに分けられる。コースウェア作成者は、フレームごとのテキストファイルと、それに対応したグラフィックファイルを用意すればよい。ただし、これらのファイルは、特定のフォーマットでフロッピーディスクなどの記憶媒体に記録されている必要がある。この規格については後述するが、なるべくコースウェア作成者にとって開発上の制約事項とならない様に心がけた。また、市販のアプリケーションソフトウェアなどを利用して、より効率的に作成できるようなユーティリティプログラムも作成し、コースウェア作成キットとして添付することにした。たとえば、グラフィックファイル作成には(有)ツァイト社のグラフィックエディタソフトウェア「Z's STAFF kid / kid98」が使用できる。また、テキストファイル作成はMS-DOSのフォーマット形式で文書ファイルを作成できる日本語ワードプロセッサならば利用できる。さらに、シナリオデータの差し換えが簡単に行えるように、初期設定部分を切り離してコンフィグレーションファイルとし、柔軟性を持たせた。また、プログラムのほぼすべてをサブルーチンとして記述し、作成者がプログラムを改良・変更する際に、分かり易いプログラムとなるよう努力した。また、OPTION機能を設け、たとえば光ディスクファイルのような外部周辺機器の操作や、アニメーションなどの特殊プログラムルーチンの実行なども可能にすることで、コースウェア作成者によるオリジナルコースウェアの作成の道も開いた。

つぎに、「使う側」からみた概要を述べる。シェルは、学習する側にとってコースウェアの「顔」となる部分であるから、その操作性に最も重点をおく必要がある。

まず、コンピュータに指示するデバイスとして、マウスを使用する。シェルのすべての操作は、このマウスで行える。マウスは、パーソナルコンピュータ用の簡易入力機器として最も普及してきたものである。平面における人間の手の動きに追従し、ボタンが少ないために誤操作が少ない。また、安価かつ小形であるため、デバイスとしての導入がしやすい。これらの点を考慮し、キーボードはもちろん、ライトペン、タッチスクリーンをしのぐ入力機器と判断し、採用した。

さて、シェルは、メインメニュー画面、コースウェア画面、ヘルプ画面、さらに存在する場合にはオプション画面と、最大4つの画面を持つ。

メインメニュー画面(写真2-4-1)は、① MARKER入力、② コースウェア実行、③ 章選択によるコースウェア実行、④ コースウェア終了などを司り、それぞれのスイッチが存在する。

① MARKER入力(写真中のMARKERの部分)は、学習者がコースウェア実行中に中断したときの「しおり」として扱われるものである。すなわち、学習者がコースウェアを中断

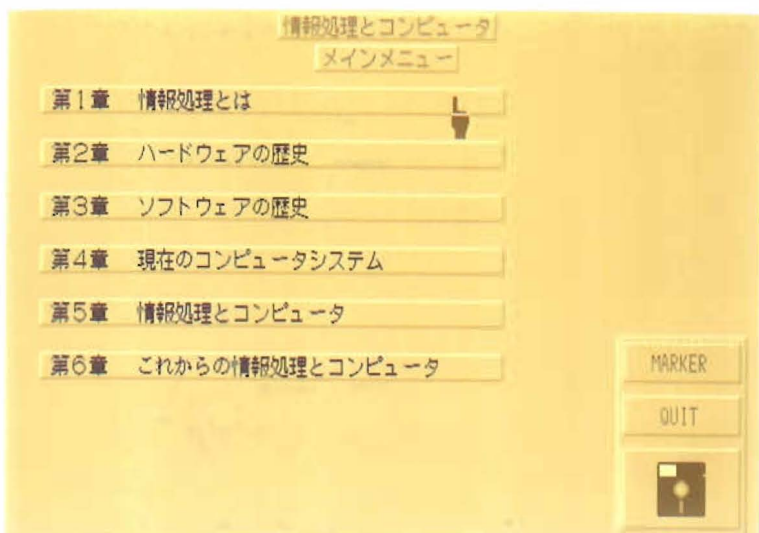


写真2-4-1 メインメニュー画面

した際、中断したフレーム番号を学習者が任意に決めた三桁の数字（MARKER部をマウスでクリックすると、上部の空白部分にテンキーが表示され、このキーを使ってマウス入力する）と共に、フロッピーディスクなどに記録しておくもので、再開時にそのMARKERである三桁の数字を再び入力すると（中断時と同様）、前回の続きがすぐに実行できる。

- ② コースウェア実行スイッチ（写真中、ディスクで示されたアイコン部分）は、通常、コースウェアを使用する際のスタートとして使用されるものである。また、コースウェア途中でメインメニュー画面に戻った場合、このスイッチを使用すると元のフレームに帰還できる。
- ③ 章選択スイッチ（各々の章が表示されているタイトルパネルの部分）は、任意の章を直接実行する際に使用するもので、それぞれの最終表示フレームが記憶されており、続きを実行するときに便利である。
- ④ コースウェア終了スイッチ（写真中のQUITの部分）により、コースウェアを終了し、親プロセス（BASICインタプリタ、またはMS-DOSのコマンド状態）に帰還すると同時に、ディスクにMARKERデータを書き込む。なお、本シェルでは、学習履歴などを記録したりする学習管理についてはサポートしていない。

コースウェア画面（写真2-4-2）には、四つのエリアが存在する。

- ① グラフィックエリア（写真中、左上の部分）は、251ドット四方のグラフィック画面で、フレームごとの絵を表示する。8色カラー表示が基本であるが、必要があれば8階調モノクロ表示も可能である。また、ディスクからの高速読み込みにより、フレームの移動と共に瞬時に画面を書き換えることができ、利用者はディスクアクセスタイムを気にすることはまずない。
- ② テキストエリア（写真中、右上の部分）は、コースウェアのテキスト（の一部）を表示する。エリアに入り切らない文書は、後述のスクロールスイッチにてスクロールできる。文書は全角文字19桁（禁則処理含まず）で、1フレーム当たり最大99行まで使用できる。また、プログラムのわずかな改造で、1フレーム当たりの行数をメモ



写真2-4-2 コースウェア画面

りの許す限り増加させることができる。

- ③ インフォメーションエリア（写真中、左下の部分）は、現在の章数・章名、およびフレーム数・フレーム名、さらに全章数・全フレーム数を表示する。フレームの任意移動を行う際には、スイッチの動きにあわせてインフォメーションの内容がリアルタイムに変化する機能も持っている。
- ④ コントロールエリア（写真中、右下の部分）は、コースウェアにおけるフレーム操作を行う部分である。フレームの前進・後退、およびテキストエリアのスクロール操作、メインメニューへの帰還など、コースウェア画面におけるすべての操作はこのエリアで行う。

ヘルプ画面（写真2-4-3）は、コントロールエリアでの操作を簡単に解説したもので、コースウェア画面との行き来が簡単に行える。

オプション画面は、オプション機能を使用した際に表れる画面である。今回呈示するコースウェアでは、オプション機能に光ディスクファイルをサポートさせている。すなわち、コースウェアによる学習中にオプション機能呼び出した場合、その時点で学習していたフレームの内容に対応している光ディスクの画像（動画あるいは静止画のいずれか）を自動的に呼び出し、学習者に呈示する。また、画像が動画であるならば、フレーム内における光ディスクの基本操作（停止、早送り、コマ送り、スロー再生、リプレイなど）を、オプション画面上に表示したスイッチ（写真2-4-4：光ディスクファイルのコンソールのそれと似せてある）を用いて行えるようにしている。また、オプション画面においても、章やフレームの移動がコースウェア画面上のものと同様に行えるようにしてある。

この他、コースウェアのタイトルが表示できるようになっている。タイトルは、画面最上部の中央に位置するようにセンタリング処理が為され、その文字数によってタイトルパネルが自動的に伸縮する。ただし、タイトル名は全角文字で39文字（半角78文字）以内である。

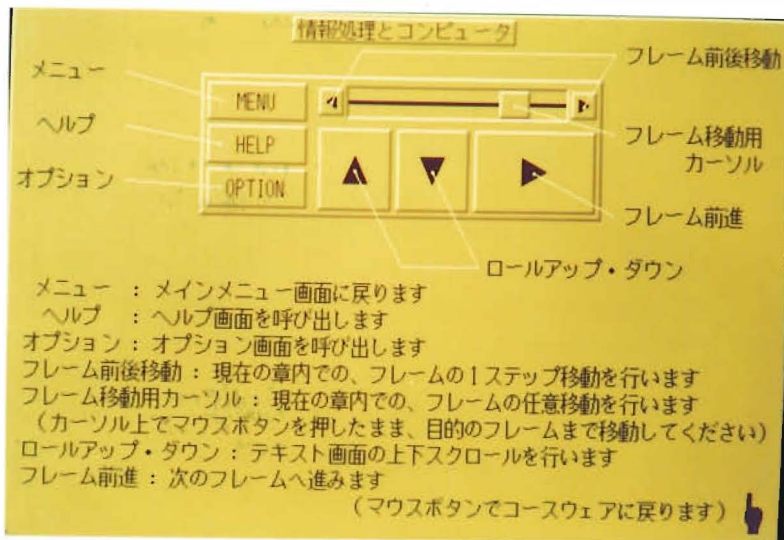


写真2-4-3 ヘルプ画面

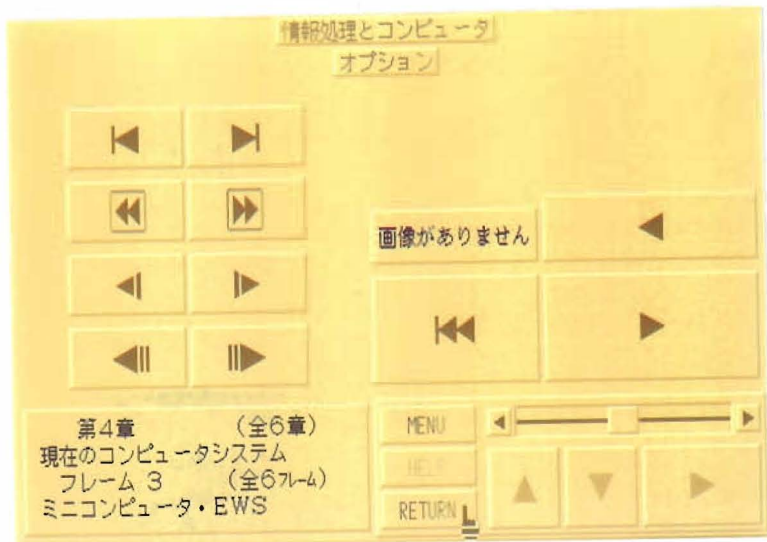


写真2-4-4 オプション画面

2-4-3 操作性について

先にも述べた通り、シェルはコースウェアの顔であり、学習者がこのシェルを扱いきれないと、学習すべき内容を理解するのに大きな支障を来すことになる。このシェルでは、そういった欠点をなくす様に、操作性および視認性などの点に十分な配慮を施したので、それらの点について特筆する。

1 マウス

入力機器としてマウスを使用する。ユーザは、シェル立ち上げから終了までのあらゆる操作をマウスによって行えるため、キーボードに触れる必要が一切ない。メニュー操作やフレームの前後および任意移動、テキストスクロールの操作はもちろん、MARKER入力もグラフィック描画によるテンキー表示で、キーを押すのと同じ感覚で行える。また、スィッ

チを「押す」という感覚に少しでも近づけるため、マウスカーソルを指の形に作成した。

2 画面

画面表示においては、全画面を統一したタイプのものでした。スイッチ類や、各エリアの枠表示などは、中間色の濃淡を用いたグラフィック描画により凹凸があるように見せた。また、文書の表示などについても、これまでのような黒地に白文字といったような不自然な配色ではなく、淡い黄土色の地に黒文字の自然な配色にした。

3 実行速度

ユーザの思考の妨げとならないよう、実行がなるべく高速であるように心がけた。例えば、テキストエリアのスクロールなども、書き換えがなるべく目立たないようなアルゴリズムを採用した。また、グラフィックエリアの書き換えによるデータ読み込みのディスクアクセスタイムも、BASICプログラムで考えられる理論上最高速のルーチンを開発した。なお、本シェルはMS-DOS版N88-日本語BASIC(86)インタプリタで書かれている。

4 操作性

「操作にマニュアルを必要としない」というコンセプトに基づき、無駄な操作や必要性の薄い機能などを極力排除した。従って多機能とはいえないが、必要な操作はすべて簡単に行える。

操作に必要なスイッチ類(写真2-4-2参照)は一つ所にまとめ、マウスの無駄な移動が少なくなるようにした。また、多用されるスイッチは大き目にしたり、操作上関連性の強いスイッチ群はまとめて並べたりするなど、スイッチの配置についても配慮した。

本シェルは、いくつかのスイッチによって章移動・フレーム移動・テキストスクロールなどの操作を行う。通常、学習時に使用されるスイッチは、フレーム進行スイッチ、テキストスクロールスイッチである。学習者は次フレームへの移動をフレーム進行スイッチによって行い、各フレームのテキストスクロールをテキストスクロールスイッチによって行うことが、基本的操作のすべてである。フレーム進行スイッチは、その操作量が多いことを考慮して大き目にしており、右下隅に配置している。また、このスイッチは、後述するフレーム操作スイッチと異なり、いちいちメインメニューを介して章移動を行わなくてもよい様に、章を飛び越しての移動を行うことができる。一方、他のフレーム操作におけるスイッチであるが、同一章内におけるフレーム移動を容易なものとするために、専用のスイッチ3つを設けた。まずフレーム前後移動用スイッチであるが、これらはその名のとおり、フレームの前後への1ステップ移動を行うものである(ただし、他の章への移動は不可能)。もう一つが、フレーム任意移動用カーソルスイッチである。これは、章の長さを表すカーソルバー内に、現在の章内でのフレーム位置を表すカーソルブロックが存在し、このブロックにマウスカーソルを合わせ、ボタンを押しながら左右に移動させ(ドラッグ操作)、希望のフレーム(インフォメーションエリアにリアルタイムに表示される)でマウスボタンを離すことによって、相対する任意のフレーム位置へ瞬時に移動できるというものである。カーソルブロックはフレーム位置を表すとともに、章における大体のフレーム数を学習者が把握できるように、フレーム数によってブロックの長さが変化している。具体的には、例えばある章においてフレーム数が6であった場合、ブロックの大きさはカーソルバーの大きさの $1/6$ となる(図2-4-2)。



図2-4-2 カーソルバー

2-4-4 シェルの使用に必要なパーソナルコンピュータシステム

以下に、本シェルを使用するために必要なハード/ソフトウェア構成をまとめる。

- CPU

日本電気 (株) パーソナルコンピュータ

PC-9801 CV/UV/UX/VM/VX/RX/RA/XL/XL2/RL

以上の内、2HDディスクドライブ2基以上、またはハードディスク搭載のもの
VM2/UV2などは16色パレットボードが必要

XL/XL2/RLについてはノーマルモード時のみ使用可能

また、上記機種種の互換機(セイコーエプソン(株)PC-286シリーズ)でも動作可能

- ディスプレイ

アナログRGB高解像度ディスプレイ(400ライン・24kHz)

- マウス

MSマウス、または相当品(PC-9872Uなど)

- ソフトウェア

PC-9800シリーズ用日本語MS-DOS Ver 3.1以上

MS-DOS版N88-日本語BASIC(86) Ver 3.0以上

2-4-5 評価

コースウェアの評価結果を表2-4-1に示す。なお、評価は各々の評価項目(アンケート用紙上ではランダムに並べてある)について、5段階(-2,-1,0,1,2)で区分された評価値の該当する値を○で囲む様に指示した。被験者数は6名である。

まず、コースウェアを「作る側」から考察する。「シェルの扱いやすさ」、「操作方法の習得のしやすさ」、「エディタの使いやすさ」、「日本語(漢字)の表示能力」、「文字の表示速度」などの項目については、評価値が2.0と最高の評価である。とくに、前者の3つの項目はコースウェアのシナリオをソフトウェア化する際の評価であり、本シェルでは、①コースウェアの作成が文字テキストおよびグラフィックのデータ生成だけで、②加えてその生成が市販の日本語ワードプロセッサとグラフィックエディタという、その作業専用で作られたアプリケーションツールを用いて容易にできるため、③さらにフレーム移動などの面倒な処理もシェルドライバがすべて行ってくれ、作成者がフローチャートなどを描いて頭を悩ませる必要が全く無いため、これらの点が高く評価されたものと考えられる。また、後者の2つの項目、および評価値が1.8である「グラフィックの表示速度」、「シェルの物理的な大きさ」「使用可能な記憶装置の種類」などは、シナリオを考える際に考慮しなければな

表2-4-1 評価結果

評価項目	評価値
シェルの扱いやすさ	2.0
起動に要する時間	0.8
シェルの物理的な大きさ	1.8
実行時における機器の静寂性	1.0
操作方法の習得のしやすさ	2.0
外部機器の制御	0.5
使用可能な記憶装置の種類	1.8
日本語(漢字)の表示能力	2.0
文字の表示速度	2.0
グラフィックの表示速度	1.8
エディタの使いやすさ	2.0
開発途中での実行のしやすさ	0.3
デバッグのしやすさ	0.3
マウス制御	2.0
実行のしやすさ	2.0
シェルの応答性	1.8
総合	2.0

らない項目であり、この場合にもかなり高く評価されているのが分かる。

つぎに、「使う側」から考察する。評価値が2.0と最高の評価である項目は、「操作方法の習得のしやすさ」、「実行のしやすさ」、「マウス制御」、「文字の表示速度」などである。また、「グラフィックの表示速度」、「シェルの応答性」などについても、その評価値が1.8とかなり高く評価されている。本シェルの開発においては、フルマウスオペレーション、アイコンなどによる視認性の向上と操作の簡略化などを積極的に考慮したが、その効果が前者の3項目に端的に反映されているものと考えられる。また、コースウェアによる学習を快適に、そして効率よく進める上で最も重要となるファクタは、シェルからの応答待ちがゼロとなることである。後者の3項目は、正に学習を円滑に進める上で大切なシェルの速応性に係わる評価であり、この点でも本シェルは高く評価されていることが認められる。

なお、本シェルではニューメディアなどに対応できるようにオプション機能を用意したが、今のところ、対象となる外部機器との通信制御を言語レベルで処置しなければならない。しかしながら、学習上サポートされた方がよいと判断された推奨機器が明らかにできれば、その制御ルーチン、たとえば、ここで作成した光ディスクファイルの制御ルーチンをアプリケーション・ソフトウェアの形で用意すれば解決する問題であり、これにより誰でもが容易にその機器をコースウェアに組み込むことが可能となる。

2-4-6 結言

本研究において開発したCAIコースウェア構築用シェルは、コースウェアの作成者が最も使いやすいワードプロセッサやグラフィックエディタを用いてデータファイルを作成でき、利用者（学習者）は完成されたコースウェアをマウスのみによる操作で、思考を中断されることなく学習できるという特色を持っている。これにより、たとえば文章をBASICのDATA文などで手動改行して記述し、グラフィックスをBASICのコマンドで方眼紙と格闘しながら描いたり、あるいはコースウェア開発支援ソフトウェアの、あくまで付け足しでしかないような、使い難いテキストプロセッサやグラフィックエディタを使用して作成する必要はなくなった。また、機能拡張による外部機器の操作、今回の例では光ディスクファイルを操作することにより、より高質の知識情報を学習者に提供することができる。

ところで、ここでのシェルは学習者に情報を一方的に提示するだけで、学習者からの応答を受け付けない。すなわち、たとえば1-2で開発したようなコースウェア側が問題を提示し、学習者が解答するといった機能はサポートしていない。したがって、学習者とコースウェアの対話性が乏しいといえる。しかしながら、シェルが出題し、学習者が解答をし、その解答によってシェルが自動的に流れを変えていくような、いわゆるチュートリアルタイプのコースウェアである必要はなく、要は、教育用ツールとしてどの様にこのシェルを利用するかが重要であろう。これによって、本シェルの教材作成支援ツールとしての価値が評価できるであろうし、このシェルを使って作成したコースウェアの活用も期待できるであろう。

2-5 おわりに

オーサリング・ランゲージ TDK TUTOR LANGUAGE あるいはBASIC言語などでコース

ウェアを作成する場合には、コンピュータのほとんど全ての機能を使えるため、細かい制御ができると共に、インターフェイスポートも操作できるため多くの外部機器と接続が可能である。しかしながら、プログラミングの知識が必要であり、かつコースウェア開発に要する時間の点でもオーサリング・システムの場合に比べ、多くの時間を必要とする。また、TDK TUTOR LANGUAGE によりコースウェアを開発した場合と、BASIC言語により開発した場合とを比較したところ、大規模なコースウェアを作成する場合には TDK TUTOR LANGUAGE が、あまり大きくないコースウェアの場合には BASIC言語の方がより使い易いということが明らかになった。これに対し、オーサリング・システム PLATO COURSEWARE DEVELOPMENT SYSTEM では、コンピュータ言語の知識がなくても比較的容易にコースウェアを作成でき、さらに光ディスクなどの外部機器との接続が簡単であり、加えて個々の生徒の学習履歴の記録など、学習管理も非常に容易にできる。しかしながら、数値演算機能では劣っており、グラフィックスなどの機能も貧弱である。とくに、グラフィックスによる動画はオーサリング・ランゲージやコンピュータ言語による場合より劣り、その結果、コースウェアにとって大切な視認性に欠けるなどの欠点がある。したがって、解説文や静的グラフィックス、あるいは簡単なアニメーションなどから構成されるコースウェアを開発する場合に適したツールであるといえる。そして、これらの諸結果から、コースウェアの開発に当たっては、まずオーサリング・システムで大まかな骨格を作り上げ、ついで、これをオーサリング・ランゲージのレベルに翻訳し、オーサリング・システムでは実現困難な図形や動きなどはこのレベルで改良するという、新しい形のツールの出現が望まれる。

一方、本章で開発したCAIコースウェア構築用シェルは、操作性の非常に優れた、言い替えればマン・マシン・インタフェイスが十分に考慮されたシェルであることが、評価結果から明らかになった。とくに、コースウェア作成者は最も使いやすいツールやエディタを用いてデータファイルの作成ができ、また、利用者はマウスのみで操作で学習できる点で優れていることが実証された。加えて、サポートできるメディアのマルチ化にも対応しており、この点でも優れていることが認められた。