

情報処理技術者試験対策用CAIに関するシステム開発の実践的研究

星 野 隆

- <目 次>
- 1 はじめに
 - 2 CAI開発についての研究目的
 - 3 CAI教育コースウェアの開発に関する基本問題の検討
 - 4 提示画面であるフレームの設計
 - 5 CAI開発ツールのオーサリングシステム
 - 6 学習に対する評価の問題
 - 7 CAIコースウェアの評価と文書化
 - 8 本学におけるCAIを開発・利用する環境としての
キャンパスLAN
 - 9 結 論

1 はじめに

本論は情報処理技術者試験対策用のCAIシステムを開発する前段階のシステム設計についての実践的研究である。

通産省の委託による日本情報処理開発協会の中央情報教育研究所の情報処理技術者育成標準カリキュラム⁽¹⁾は、情報処理技術者を育成するためのCAIであるCAROLの開発を目的として、教育達成目標を示したカリキュラムである。

通産省の実施している情報処理技術者試験の合格規準も、このカリキュラムを遵守しているといって過言ではない。

そこで、本学においても、情報システムコースと情報科学研究所の主催で、論者が担当して、有志の学生を対象にした受験対策の特別講座を開いている。

特別講座と並行して、情報処理試験対策の総仕上げとして、各テーマ別出題範囲にそって情報処理試験対策用CAIを開発する。

受験を希望する学生には、情報処理対策用CAIを活用して、合格を旨とした個別教育を計画している。

そこで、この研究は情報処理試験対策用CAIシステムの開発についてのシステム設計について論ずる。

2 CAI開発についての研究目的

CAI コースウェア教材開発の主な目的は、その該当科目の教育目標を具体的に達成するために、教員による教授活動の過程をコンピュータを利用して代行し、学生の学習過程に効果的作用をおよぼすか、否かを究明する。

教員による教授過程は教育目標をどう具体化し、教授するか、それにはどんなカリキュラム、順序、狙いで学生に知識の定着をはかるかを解明する。

その過程をコンピュータに代行させるにはどのようにCAIコースウェアを開発し、どう処理をさせるかの初期計画を立てることから始める。

ここで教材作成過程を通じて、どのような教材を、どのようなタイミングで、

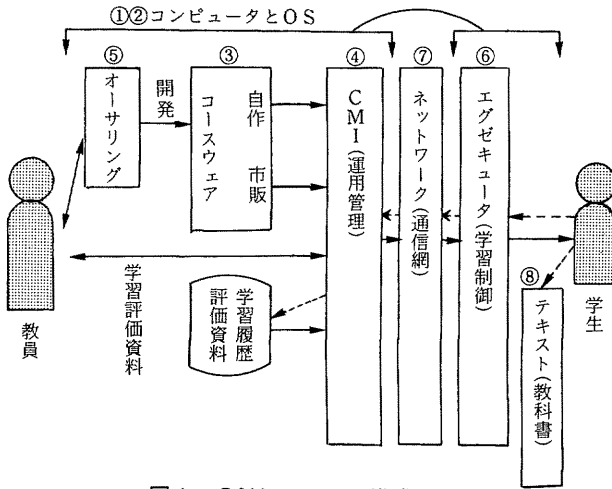


図1 CAIシステムの構成要素

どのように提示するのが最良なのかを究明する。

上記研究によって、CAIを一部分に用いるのか、大部分に用いるのか、授業の形態の中で講義（フレーム型）、演習（ドリル型）や実習（シミュレーション型）等に用いるかによって、CAIのタイプが異なってくる。

例えば、講義で学習している時、不明な所があったら質問したり、説明を要求して、その講義の知識の補充に用いることがある。

ここで留意することは、カリキュラム全体、教材などの中での相対的な関係や位置づけを考慮に入れておくことである。

CAIシステムの構成要素を図で示しておくことと図1のようになる。⁽²⁾

学生の学習過程に関する研究は次のような点を究明することにある。

(1) CAIコースウェアを開発するにあたってはこのCAIコースウェアの教育目標、その対象者、そしてどれだけの必要性があるかを前もって調べておく必要がある。

(2) 教育目標を前もって明確にしておくことによって、学生が達成すべき到達点を達成したか否かで判定し、評価する。言い換えれば、学習成果が上がったか、どうかか問題である。

CAI コースウェア開発の目的は、いかに学生に学習成果の上がる CAI コースウェアを提供するかにある。

(3) 各章の教育目標と各章を構成する各教育項目とが一致性があるかどうか検討する必要がある。秀れた CAI 教材は、カリキュラム全体の中での位置づけや、各学習項目間の相互に論理的 consistency を持たせるようにするのが良い。

(4) CAI コースウェアの開発に際しては、学生の学習意欲を高めるようにする。さらに学生が自主的に学習できるような CAI コースウェアを作るように考慮するのが良い。

(5) 学習目標や学習内容について分析して、細かい目標行動までに分解して表わしておくが良い。

誤答の原因はその前のこの部分を理解していないからであるというように、学生の実態を把握するためにも必要である。これによって次の指導が正しく行なわれる。

この論文で骨子となる教育目標は前述の通産省の情報処理技術者育成標準カリキュラム⁽¹⁾である。それには I の基礎編と実務 3 年程度以上の II の専門編がある。I は情報処理技術者試験 2 種に相当するので、その基礎編の学習の流れを図にすると図 2 のようになる。

この中で、ハードウェア⁽³⁾についての教育目標と内容の構成を図 3 で図示すると次のようになる。

これらハードウェア全体の教育目標を章分けしたが、各章について、目標(章における教育項目と目的を明確にする)、内容(章における教育順序構造を明示する)や用語(この章で理解しなければならない教育要素である用語を列記する)を定める。これら目標、内容、用語を組みこんで理解しやすい CAI を作ったのが「CAROL」である。

ハードウェア⁽⁴⁾の場合は、章ごとに定められた目標、内容、用語をカリキュラムの例で示すと図 4 のようになる。

通産省の情報処理試験では、第 2 種、第 1 種、特種、システム監査、オンライン技術者等の各試験ごとに、教育目標を具体的にして、情報処理試験科目と

I. 基礎編

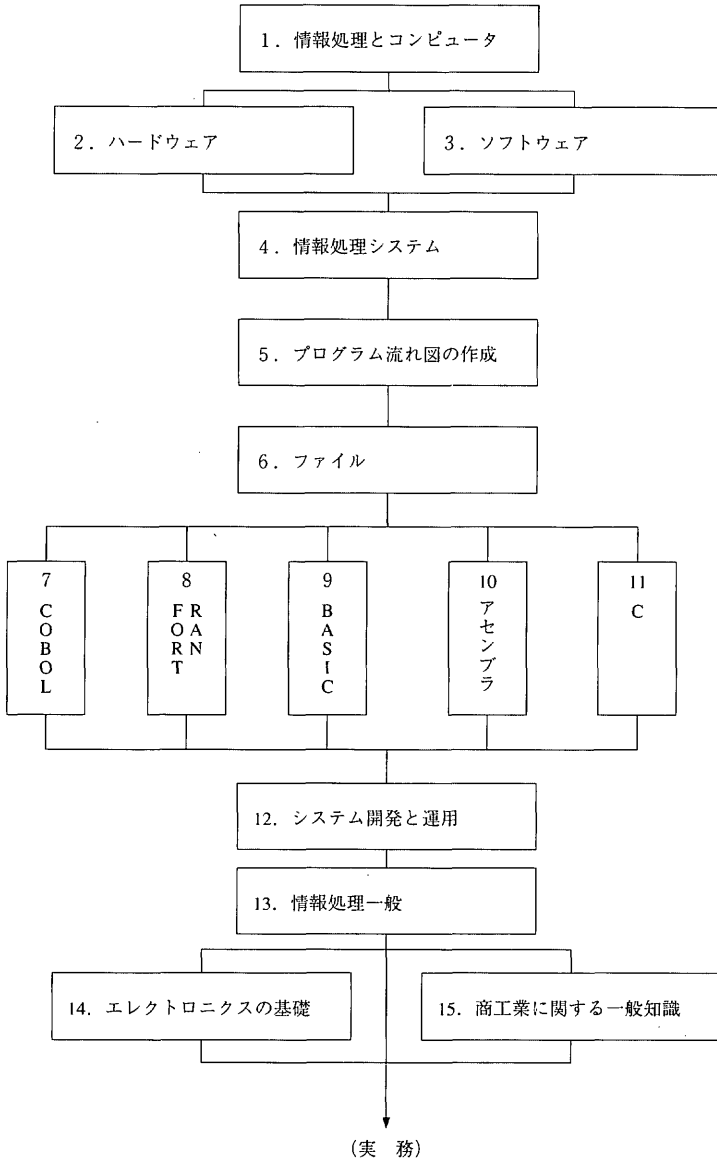


図2 情報処理技術者育成用標準カリキュラムの学習の流れ

教育の目標		
<p>ハードウェア全般にわたっての基礎知識を習得させることを目標とする。高級言語が普及し、一方ではコンピュータ・システムが複雑化した今日、利用者はもとより専門職のプログラマとしても、ハードウェアに関する知識はかならずしも必要でないとも考えられる。しかしコンピュータをより有効に活用するためには、コンピュータを単なるブラック・ボックスとして取り扱うのではなく、ハードウェアについてもある程度の基礎知識を持つことが肝要である。ただし技術的内容や原理に深く立ち入る必要はない。</p>		
内容の構成		
内	容	時間数
第1章	コンピュータの基本構造	2
第2章	データ表現	6
第3章	記憶装置	6
第4章	演算・制御装置	8
第5章	入出力装置	6
第6章	コンピュータの種類	4
第7章	データ通信システム	8
合 計		40時間
<p>※上記の時間数は、講師が講義を行った場合の講義時間数の目安である。</p>		

図3 ハードウェアの教育目標、内容の構成

目 標
<p>コンピュータは制御装置・演算装置・記憶装置・入力装置・出力装置から構成されていること、その各々の役割り・機能・相互の関係を認識・理解させる。</p>
内 容
<p>1.1 コンピュータの特徴 1.2 コンピュータの構成 1.3 各装置の役割り・機能 1.4 各装置の相互関係</p>
用 語
<p>制御装置、演算装置、記憶装置、入力装置、出力装置、主記憶装置、補助記憶装置、中央処理装置 (CPU)、周辺装置</p>

図4 第1章 コンピュータの基本構造の目標、内容、用語

1. ハードウェアの基礎知識	
①アーキテクチャ	命令、プログラムに見えるレジスタ、割込み、アドレス修飾、サブルーチンリンケージ、スタック、仮想記憶、記憶保護、特権モード、入出力方式、記憶階層など。
②中央処理装置	バッファ記憶装置(キャッシュ)、多重プロセッサなど。
③外部記憶装置	フレキシブルディスク(フロッピー)を含む磁気ディスク装置、磁気テープ装置、光ディスク装置などの特徴、物理的構成(シリンダ、トラック、セクタなど)、容量、性能など。
④入出力装置	カード読取り装置、せん孔テープ読取り装置、プリンタ、プロッタ、スキャナ、OCR、OMR、マウス、タブレット、音声入出力装置などの入出力装置の特徴など。ワードプロセッサ、データエントリシステムなどのオフライン入出力機器と端末装置も含む。
⑤通信制御装置	伝送路、伝送方式、通信用機器など。
⑥その他	デジタルとアナログ、計算機の基本構成、計算機の種類、構成素子、論理演算、情報の表現方法、誤り対策、エミュレーションなど。

図5 第2種情報処理技術者試験科目の説明

し、それぞれの学習目標を提示している。

例として、第2種のハードウェアの知識、ソフトウェアの知識、関連知識とプログラムの作成能力などの内でハードウェアの知識の学習目標を示したのが図5⁽⁵⁾である。

学習目標を具体化するために、教育目標を設定する場合はどのような点に留意したら良いかについて述べる。

(1) 何を教えるかを明らかにすることが教育目標の設定となる。そこで、教育目標を構成する部分的教育目標の互いの関連性と、全体からみた時の構造を明らかにすることによって、教育目標を設定する。

これら作業によって、教育内容の各要素をどんな順序で学んだら良いか、最終的に目的とする知識が修得できるかを検討しておくことが必要である。

(2) ある段階の教育目標を立てるとき、前提条件として、その前の段階でどのような知識を理解しておかなければならないかを明らかにしておくことが必要である。

(3) 教育目標をどのように教えるか、その際にCAIコースウェアをどのように導入するかという教授設計を検討する。

(4) CAI コースウェアで学習した後で、教育目標を修得する学習の目的が達成したかどうかを評価し、判定するための資料を得るための達成度テストの内容などについても準備しておくことが必要である。

ここで、教授目標より教授内容の順序づけの手順を図で書くと図6のようになる。⁽⁶⁾

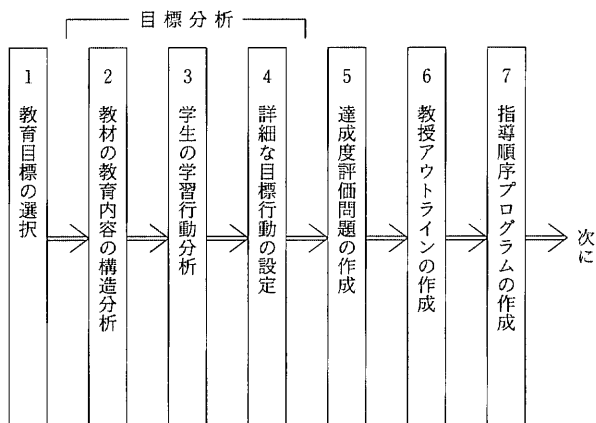


図6 教授内容の順序づけ手順

さて、教育目標を大、中、小の教育目標に分け、それらを構造モデル化する技法にISM (Interpretive Structural Modeling) がある。ISMはJ.N. Warfieldによって1976年に出された著書『社会システム』⁽⁷⁾で発表された。それは対象システムに関する要素を、要素間の関係に基づいて有向グラフとして階層表現をする手法である。

この構造モデル化手法ISMを教育構造分析に応用したのが「ISM構造学習法」⁽⁸⁾で学習カリキュラム分析などに有効な手法である。

3 CAI教育コースウェアの開発に関する 基本問題の検討

CAI教材の開発は教員によって、所定の書式の設計用紙として、フレーム設

計、画面設計、シミュレーション設計や音声がある場合の同期をとる設計用紙などを下記のような手続きで提示する。

(1) 各提示教材であるフレームの説明文などの内容と、それらフレームを指示するパラメータである番号、提示時間の制約などの属性を記述する。

(2) 学習中、学習後の小テスト問題のフレームの作成をする。

(3) その小テスト問題に対する予想解答に対するそれぞれの診断治療フレームの作成をする。各問の正答や誤答に対する対応策として、正答ならば次に進み、誤答ならば、ヒントやワンポイントアドバイス、再学習のフレームを入れるようにする。

(4) 学生の今までの学習歴や特性等によって、既に理解していれば、その課題のテーマを省略して、理解していないテーマから学習できるようにする。

(5) 学生の反応分析、すなわち、応答データを分析して、それぞれの対応に対して、必要に応じてKR情報 (Knowledge of Results) を出したり、誤答に対する再教育コースに分岐させたりする。

以上のような学生の理解度に合わせた指示などを記入して、CAI コースウェアを開発する。

具体的対応策

教授法の設計は教材の属性としての教育目標、カリキュラムの位置づけ、教育レベルからみた難易度などに加えて学生の能力や特性、教員のそのテーマに対する視点や目的で成立する。これを図にしたのが図7である。

このCAIによる学習過程での教員の役割は、学生の勉学の努力をつねに関心を持って見守り、必要に応じて援助し、学習が円滑に進むように支援する役目を担うことになる。

CAIの開発はそのテーマを学習するカリキュラムの内容をCAIのコースウェアに作り上げることだと言って過言ではない。

学生に最適な学習ができるような学習コースウェアを提供するように心がけることが肝要である。

CAIコースウェアを開発するポイントを列記すると次のようになる。

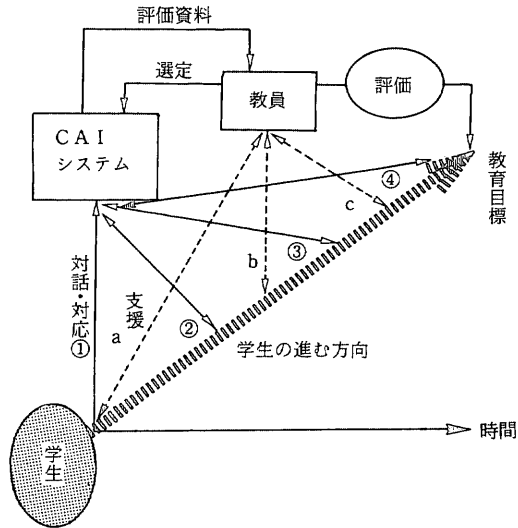


図7 CAIによる学習過程図

(1) 学習のレベルに合わせて、多様な道筋を準備して、マルチメディアの活用も可能なかぎり考慮する。

すなわち、アニメーション、シミュレーションによる動画、ビデオ、CD、光ディスクなどによる音声やコンピュータ処理などをそれぞれの最適な場面に入れて、CAIが組み立てられるようにする。

(2) 到達度評価問題に対して、解答のタイプに応じて適切な応答情報が提示され、学生に説明、助言、指示が充実していることが望まれる。

(3) 学生が学習意欲を持てるようにCAIコースウェアを構築するのと相俟って、テキスト、ワークブックなどの補助教材やマニュアル類を整備する。

(4) 適切な学習に必要な標準時間を設定して、学習期間と学習目標達成の期間的設計が必要である。

これらCAIコースウェアの構築のポイントを考慮に入れて設計する。

そこで「CAIコースウェアのシステム開発の流れ」を図示すると図8のようになる。

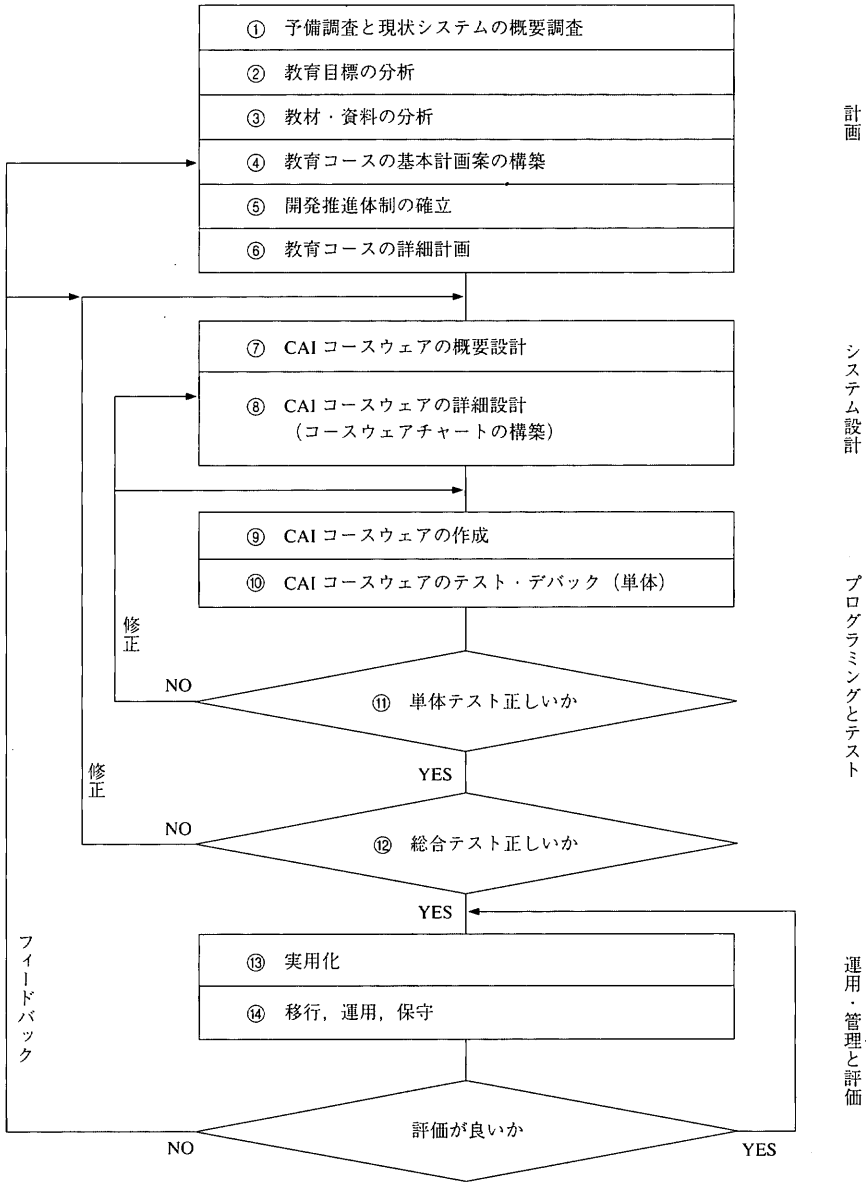


図 8 CAIコースウェアのシステム開発の流れ

4 提示画面であるフレームの設計

CAIのコースウェアの内容はコンピュータのディスプレイ上に主に表示される。場合によってはビデオ画面やスクリーン上に投影される場合もあり、これによって学生は情報を得る。

その内容は文字、図、グラフ、画像や音声などで表現される。画面の提示方法が適切で教育目標とも一致していることが必要である。

提示画面の表示方法にはハードウェア的側面とソフトウェア的側面がある。

ハードウェア的側面

前者のハードウェア的側面が備えていなければならない編集機能として、次のような点が必要で、画面の表示がスムーズで、かつタイムリーであることが要求される。同時に技術的な側面からチェックしておくことも必要である。

- (1) 画面表示の文字の大きさ、文字のスタイルや配置方法がわかりやすく、適切であるか。
- (2) 画面表示の色の使い方、一画面で用いる色数の限度（2色～3色）、グラフィックが簡単に入力でき、写真などの色がカラーイメージスキャナ等で簡単に入力できるか、さらに、音声情報が入るようにできると良い。
- (3) コンピュータの処理速度にも関係するが、画像が短時間に換えられる機能が大切な要素の1つである（処理の早いCPUを持つ）。
- (4) 画面が見やすいか。

画面の中の(1), (2), (3), 動画(アニメーション)、シミュレーションなどを最適に組み合わせて、学生にとって理解しやすく、見やすく、眼も疲れず、学習効果の上がるようにするのが、よいCAIコースウェアの備えるべき大切な要素である。

すなわち、画像の他に音声、言葉や記号の情報をフレームを設計する上で、最適なものになるように工夫しなければならない。

- (5) 画面表示を時間的に制限する。

- (6) 選択機能はどんな機能を持っているか。
- ①多岐選択の限界 (IBM: 5者択一)。
 - ②入力する1画面の大きさ (IBM: B6判)。
 - ③マウスで選択する。
 - ④タッチセンサーで該当する場所を選ぶなどの他に画像編集を補助する機能などもある。

ソフトウェア的側面

画面作成する時のソフトウェア的側面から備えていなければならないこととして、次のようなことに注意が必要である。

(1) 新しいテーマのコースウェアに入る場合は必ず学習目標、キーワードなどを提示し、学習の目的を明確にしてから開始するようにする。

(2) 電子教科書めくり機のように説明の羅列にならないこと、さらに、一面面に多くの情報を入れすぎないようにすること、なるべく、説明を簡潔にすることなどに注意する。そうでないと学生が飽きてしまう。

(3) 説明ばかりでなく、演習問題を解いたり、計算をさせたり、ノートにポイントを書かせたりする。

(4) 一つの説明が長くて一面面に入らない、そこで、次々と消えるので、後で理解に関連する場合は、ノートに書かせるためのコメントを入れておくのが良い。コメントは見やすく色分けなどをしておくなどを考える。ただし、一面面に2~3色程度にし、下線や網かけは多用しないようにする。

もし、マルチウィンドーの機能を持っているならば、画面のすみにポイントを残しておいても良い。

(5) 画面に重ね書き(オーバーレイ)、部分消去などや動画などで説明を入れるようにする。

以上のような画面編集を駆使して画面設計の多様化をはかる。

画面作成の手順

提示画面であるフレームは大きく分けると次の5つになる。

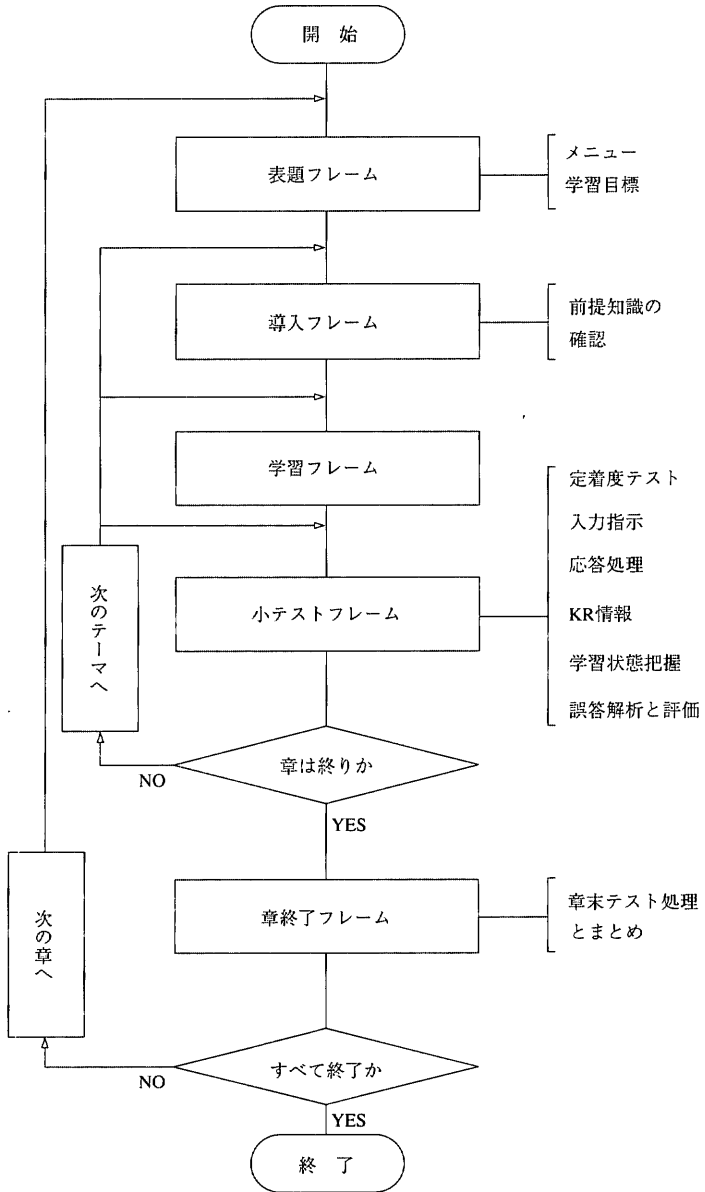


図9 フレーム作成手順

画面には、(1)表題フレーム、(2)導入フレーム、(3)学習フレーム、(4)小テストフレーム、(5)章終了(章末テスト)フレームなどがある。

(1) 表題フレームの作成

表題、学習目的の記述、作成者名や学習テーマのメニューなどの見出しを書くフレームである。

(2) 導入フレームの作成

教育目標を明確にして、学生が学習を開始する前に必要な知識として知っていないなければならない。そこで、事前テストなどで、たしかめるのも良策である。

(3) 目的のテーマでの学習フレームの作成

教育目標にそって、学習順序にしたがった提示順の流れを作り、その学習内容に従って、種々の編集機能を駆使し、フレームに対して教育的狙いを反映させるように作成する。

(4) 小テストフレームの作成

学習した知識が定着したかどうかを見きわめるために、節の終わりで小テストを設定して、質問しその解答によって、誤答ならば、再度別な方法で学習し、再度テストを受けさせて、正答ならば次の節の課題へと進むようにする。

(3)～(4)を繰り返して、章が終了するところで、(5)の章末テストを設ける。

(5) 章終了(章末テスト)フレームの作成

章末テストで、正解であれば次の章へ進む。この際、質問とその解答に対するフィードバックとテストの結果の評価状況を記憶する機能を組み込み、それによって、学生の進捗状況をチェックすることができるように作成する。これを図示すると図9のようになる。

5 CAI開発ツールのオーサリングシステム

オーサリングシステム (Authoring System) の技術の限界が CAI コースウェアを開発する機能の限界でもあると言って過言ではない。

オーサリングシステムの構成は主に次のような3つの機能からなっている。

(1) 教材を作成する場合の支援機能 (設計支援, 入力支援, デバック支援)

(2) CAIを用いた学習の学習管理機能

学習した履歴情報を記録しておいたり、ファイルの管理、CAIの運用管理などのサービスプログラムの整備、運用をしている（実行管理支援）。

(3) CAIの運用時間、小テストや章末テストの成績状況などを教員に知らせる機能などがある（評価支援機能）。

さて、オーサリングシステムはCAIコースウェアを開発するオーサー（教員）の要求に柔軟に対処できることが要求される。

3つの機能別に分けて備えるべき機能について記述する。

(1) 教材を作成する場合の支援機能

①文章入力ができる機能

文章入力、文章の修正や削除が簡単に行なえる。すなわち、説明文、質問文、ヒント文、解答文やKR情報などを示す文章が簡単に入力できることが望まれる。

②図形、画像を作成する支援機能

図表、図形、画像などのグラフィック機能、アニメーション（動画）を用いた設計が比較的簡単で、カラー入力がイメージスキャナなどで、簡単にできる。さらに修正、変更も簡潔にできること。

③反応の様式が選択ができる機能

画面のレイアウト、待ち時間の設定とそれぞれの対象の教材、課題にふさわしい反応様式を設定できること。

④CAIとマルチメディアとのインターフェイスが可能な機能

CAIとビデオディスク、CD、光ディスクやテープレコーダなどのマルチメディアとの接続をして、必要に応じてコントロールが可能であることが大切である。

⑤音声付きのCAI教材の作成ができる機能

文字情報フレーム、画像フレームとその場合に合った音声の同期をとり、上三に組み合わせて、五感をフルに生かして理解しやすいCAIが開発できること。

⑥フレームの構造化定義によりCAI構造化できる機能

⑦オーバーレイ画面作成ができる機能

(2) 実行・管理支援機能

①学習の制御機能と学習状態の監視機能を簡単に使用できる。学生の学習速度や興味と理解の特色に応じて、学習の過程を最適にコントロールできる。

②プログラミング言語の学習とCAIのリンクがうまくとれる機能を有する。

③電子メール機能を持っていること。

④LANシステムによるプログラムやファイル転送機能を持っていること。

(3) 評価支援機能

①学習履歴がとれること。

学習履歴を記録しておくことによって、後で学習履歴を調べて、改善するためにフィードバックすることができる。

②学習進捗状況がとれる機能

学習進捗状況やそのファイル管理ができる機能を持っていること。学生に対して、きめ細かい指導ができる。

③解答照合処理ができる機能

解答の正解と照合処理ができる機能として、二者択一、多者択一、論理演算的照合、文字照合やスペルチェックなどの機能を有すること。

この章で、オーサリングシステムの限界がCAIコースウェアの限界であることを前述したが、そのオーサリングシステムに大きな変革をもたらすようなツールが開発されてきた。

それはパソコン、AV(オーディオビジュアル)、ビデオカメラとビデオ表示、音声と画像のコンパクトディスク、レーザーディスク、OHPなどのマルチメディアを組み合わせて、CAIコースウェアを開発しようというオーサリングシステムが開発されてきている。

例えばユニシスの「Showare」として発表されてきている。

今後のCAIは設備にも高額の資金がかかるが、それなりの効果的なCAI開発ツールが登場しており、学習効果が上がるコースウェアができると期待される。

だから、現在開発されているCAIコースウェアはいずれ、それら機能を統合したものへと変わることが期待されている。

6 学習に対する評価の問題

学習に対する評価の問題は提出問題の選択と解答の種類に対するそれぞれの対応処理の2つに分類される。

前者の問題の提出の目的は次のようになる。

(1) 学習の問題の提出の目的は学習した内容を理解したかどうか、また、その発展問題が解けるかなどを調べることで、学生の理解度を高めるものであることが要求される。

(2) 解答を読んで、目標の到達点に達しているかどうかを判断できる問題を出題する。

(3) 説明画面にもタイミングを見て小問題を入れてみる。

(4) 同一テーマに対して、種々の角度から質問して理解度を測定できるようにする。

(5) CAIの場合は問題の解答が選択される場合が多いが、簡単な記述式の語一致で行なうのも良い。

後者の解答に対する対応処理は正答ならば問題ないのであるが、誤答の場合には次のような点が問題となる。

(1) 学生がテスト問題などで誤答をした時、どう指導するか等のフィードバック情報であるKR情報をどのように出すかが問題である。

すなわち、応答処理の中で誤答に対して、どのように対応すべきか研究するのがCAI教材開発のポイントである。

(2) 誤答に対して、原因を指摘し、診断して、それぞれにマッチした治療をするためのフレームに分岐させる必要がある。

また、誤答に対して、そのタイプによりどんな原因で発生したかの情報分析をして誤答パターンに分類し、それぞれに、正しい理解が得られるように指導する研究が要求される。

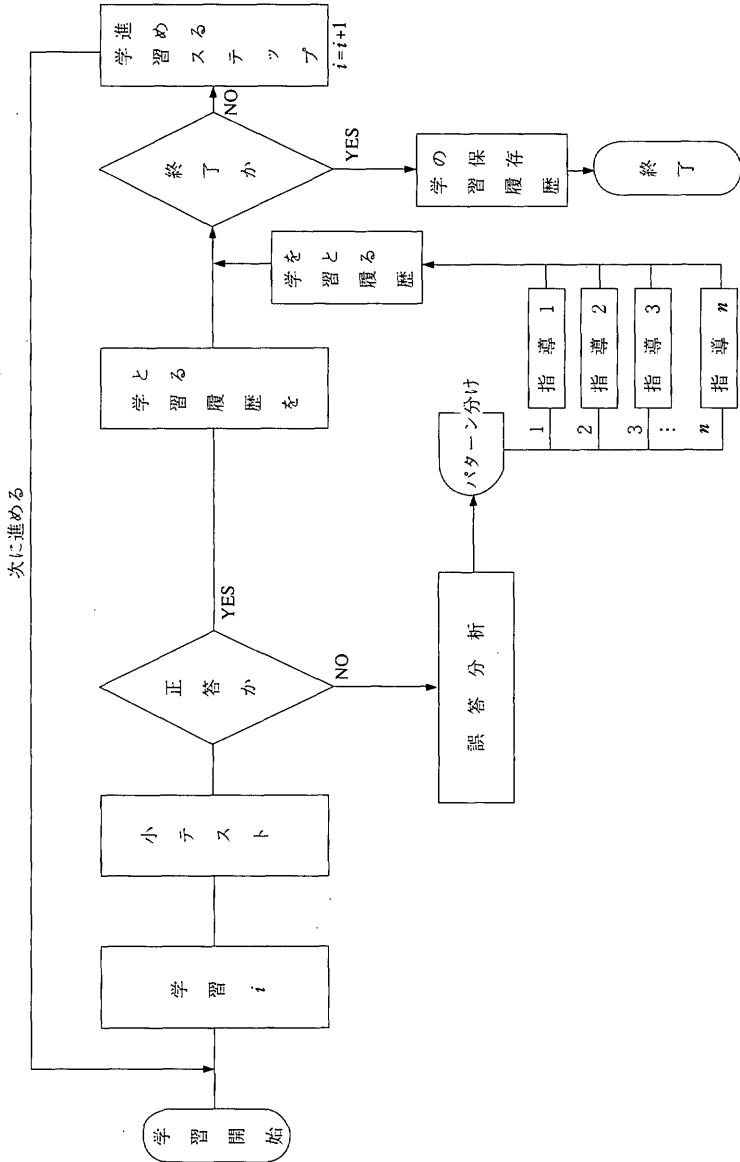


図10 誤答に対する反応図

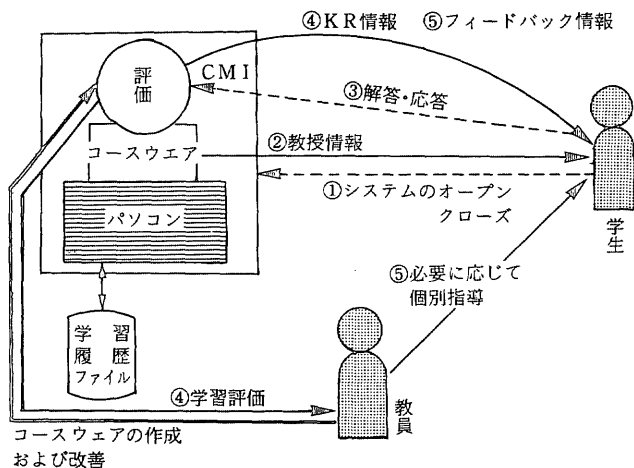


図11 CAI 教育システム

(3) 誤答に対する対策が適切で、学習意欲を高めるように動機付けがされるフィードバックができるようになるよう検討する。

(4) 誤答である場合にはヒントをあたえたり、資料を提示する場合もある。誤りのあった場合にはよく考えさせ、関連画面を示し、理解を早めたり、深めたりするようにする。

(5) 解答のパターンにより個人差も考慮に入れ難易度で分類して、それぞれの学習指導コースに分けたり、解答のパターンで指導も変えるような分岐ができるように工夫されていると良い。

これら誤答に対する対応を図示すると図10のようになる。

教員や学生がCAIコースウェアに対して、そのつど、その場面場面に合った適切なコントロールができるようにCAIのプログラムが設計されているかチェックし正しく対処ができるようにする。

ここでCAI教育システムを図示すると図11のようになる。

学習過程の履歴と学習成果の評価と改良

学習過程の履歴と学習成果などの評価をし、その結果を分析してフィードバ

ックする。これによって、CAIコースウェアは改良され秀れたCAIとなる。

ここで、フィードバックの働きとしては次のような点が考えられる。

学習後のテストの結果を評価して、その評価結果がフィードバックのための資料となる。

- (1) 正解ならば、正解であることを伝える。
- (2) 誤答の種類によって、それに一致したヒントや助言を出す。
- (3) 誤答の種類に応じた再教育と再テストをして、正誤によって反応を変える。
- (4) 学習に方向性を持たせ、意欲を高めるものにしなければならない。
- (5) 学生の応答履歴によって、KR情報を変える。

これらフィードバックを通じて、評価され、これによってコースウェアの改善につながるようにする。

さて、CAIコースウェアを使用して、教材内容や学習項目、学習フレームの配列順序の良否などのCAIコースウェアの全体の流れの評価を教員や学生の指導後のアンケートなどで得るようにすることが肝要である。

これによって、CAIコースウェアを試用、実用して、より使用効果の上がる本格的CAIを開発するための資料を得るように努める。

7 CAIコースウェアの評価と文書化

7.1 CAIコースウェアの評価

CAIコースウェアの評価はコースウェア設計者の教授目的が何であるかを勘案して、十分に検討することが要求される。

この検討作業を通して、コースウェアの良い点、悪い点を指摘して、改善策を作り改善する。

CAIコースウェアの評価規準は大きく分けると次の3つに大別される。

- (1) CAIコースウェアの善し悪し。
- (2) 学生にとって学習効果が上がるものか。

(3) CAI教育に適した環境が整備されているか。

それぞれの評価規準の項目を記述する。

(1) CAIコースウェアの善し悪しを判定する項目。

- ①CAIによる教育順序が教育カリキュラムと整合性がとれているか。
- ②CAIが興味が持続できるような魅力的なものか。
- ③CAIが理解しやすく、操作性が良いか。
- ④学習内容のレベルが適当であると考えられるか。
- ⑤学習時間とそれに対する学習範囲が妥当であるか。
- ⑥CAIコースウェアの内容による使用後の疲労度はどうであるか、あまり
疲れると次に響く。
- ⑦演習の問題量と問題の程度が適切であるか。
- ⑧音声によるナレーションが適切であるか。
- ⑨CAIを改良するためのメンテナンスが簡単であるか。
- ⑩入力操作、入力情報の確認の明朗性、入力から応答までの時間は早いか。

(2) 学生にとって学習効果が上がるものかを判定する項目。

- ①学生が学習後の成果に対する満足感があるか。
- ②履歴情報や進捗状況の確認がとりやすいか。
- ③画面の動画、静止画、図などの表示速度や見やすさは良いか。
- ④音声付きのCAIが学生にとって効果的か。

(3) CAI教育に適した環境が整備されているかを判定する項目。

- ①CAI教室が設備されているか。
- ②CAIを使いたい時に使えるか。
- ③テキスト、マニュアルが整備され、利用しやすいか。
- ④学生が用いる設備などで疲れやすくないか（イスの構造、画面の見やすさ
など）。
- ⑤LANシステムなどが整備されていて、ファイル管理が簡単であるか。
- ⑥マルチメディアとインターフェイスのよくとれたCAIコースウェアであ
るか。

これらの、項目について、そのコースウェアを利用する教員、学生に対して

評 価

(1) 総合評価

①学習終了後の満足度
 ア. 大変良い イ. 良い ウ. 普通 エ. 悪い オ. 大変悪い

②学習成果が期待どおりに上がったか。
 ア. 十分成果有り イ. かなり上がった ウ. 上がった
 エ. あまり上がらなかった オ. 成果無し

③テキスト、マニュアルの充実度
 ア. 大変良い イ. 良い ウ. 普通 エ. 悪い オ. 大変悪い

④履歴情報
 ア. 大変良い イ. 良い ウ. 普通 エ. 悪い オ. 大変悪い
 カ. 無い

⑤全体的な疲労度
 ア. 全く疲れない イ. ほとんど疲れない ウ. 普通
 エ. 少し疲れる オ. 大変疲れる

⑥バグ等メンテナンスへの対応
 ア. 大変良い イ. 良い ウ. 普通 エ. 悪い オ. 大変悪い

⑦既存の他のCAIとの比較
 ア. 大変良い イ. 良い ウ. 普通 エ. 悪い オ. 大変悪い

*その理由を以下にご指摘してください。

操作性	
教授内容	
提示情報	

図12 CAROL評価のアンケート用紙

(4) 提示情報(指定した記号を回答した場合、該当フレームを具体的に指摘してください)

① 1画面の情報量

ア. 大変多い イ. 多い ウ. 普通 エ. やや少ない オ. 大変少ない

(ア、オの場合)

フレーム

②文字の配置等レイアウト

ア. 大変良い イ. 良い ウ. 普通 エ. 悪い オ. 大変悪い

(エ、オの場合)

フレーム

③イラスト(図解・例示)のわかりやすさ

ア. 大変わかりやすい イ. わかりやすい ウ. 普通

エ. わかりにくい オ. 大変わかりにくい

(エ、オの場合)

フレーム

④画像の鮮明度と配色

ア. 大変良い イ. 良い ウ. 普通 エ. 悪い オ. 大変悪い

(エ、オの場合)

フレーム

⑤音声・画像の効果の度合い

ア. 大変良い イ. 良い ウ. 普通 エ. 悪い オ. 大変悪い

(エ、オの場合)

フレーム

⑥動画・アニメーションの効果の度合い

ア. 大変良い イ. 良い ウ. 普通 エ. 悪い オ. 大変悪い

(エ、オの場合)

フレーム

図13 フレームに対するアンケート

5段階評価をさせるアンケート調査などで評価情報を集めてCAIコースウェアの改善などの資料とする。

アンケート用紙については次のように考える。

①CAIによる教育順序が教育カリキュラムと整合性がとれているか。

1. 大変良い 2. 良い 3. 普通
4. 悪い 5. 大変悪い

②CAIが興味が持続できるような魅力的なものか。

1. 大変魅力的 2. 魅力的 3. 普通
4. 魅力的でない 5. 大変魅力的でない

③CAIが理解しやすく、操作性が良いか。

1. 大変良い 2. 良い 3. 普通
4. 悪い 5. 大変悪い

上記の例のようにアンケートを、設計して教える教員と学習する学生から書いてもらって回収し、分析して評価し、その結果によってCAIコースウェアを改善してより良いものへと改良する。

ここで、通産省の委嘱を受けて、日本情報開発協会の中央情報研究所のCAI研究部会で論者も参画した「CAROL」の評価用アンケート用紙の総合評価のアンケートの一部分を図示すると図12⁽¹⁾のようになる。

また、フレームに対する評価についてのアンケート用紙の提示情報(フレーム画面)⁽²⁾の一部分を図示すると図13のようになる。

このアンケートはCAI研究者にとって大変役立つ資料の1つである。

7.2 ドキュメンテーション (文書化)

CAIコースウェア開発では教授方法等の経験的知識を蓄積して、それを考慮に入れて、教授学習モデルを作り上げる必要がある。

これらの教授学習モデルをコンピュータに代行させて、学生の能力に応じた個別教育ができるようにしたのがCAIコースウェアである。このようなCAIコースウェアはつねに不備な部分を調べて、改善していかなければならない宿命にある。

そこでCAIが完成されるとドキュメンテーション（文書化）を作り、次の修正に備えておかななくてはならない。

アンケート等による改善要求がでるとドキュメンテーションを調べて修正箇所を改善する。

教科書やマニュアルには教育内容を表わすフレームの順序と学習コースのガイドラインを示しておくことと学生にとって有効である。

どのように学習の流れをコントロールしているかについても、流れ図等とコンピュータによる開発資料をきちんと整理してドキュメンテーションを作っておかないと、修正をするときにどのようにしたら良いか等を調べる際に大変に苦労する。

CAI コースウェアに完全なものは少なく改良するのが当然のことで、日常茶飯事のことである。また、修正する時はCAIコースウェアの作成者が直すとは限らない。そこでわかりやすく文書化しておけば、作成者でなくても修正をたえることができるからである。

さらにCAIの操作法マニュアルを作っておくことも大切である。

また、CAIコースウェアを広く利用してもらうようにするには、データバンクに登録したり、専門誌で発表するのが良い、また著作権のことも考える必要がある。

8 本学におけるCAIを開発・利用する 環境としてのキャンパスLAN

本学はLANシステムとしてIBMのトークンリング・システムを使ってキャンパスLANが設置され、そのIBMシステムは仮称として中央学院大学のエンタープライズ・システムとして図14のように構築されている。

具体的には、60台の端末でCAIコースウェアが利用できる環境になっている。

また、CAIコースウェアを開発するオーサリングシステムは、IBMの機器を使用して光ファイバーを使い、独立したLANを構築している。これを図示すると図15のようになる。

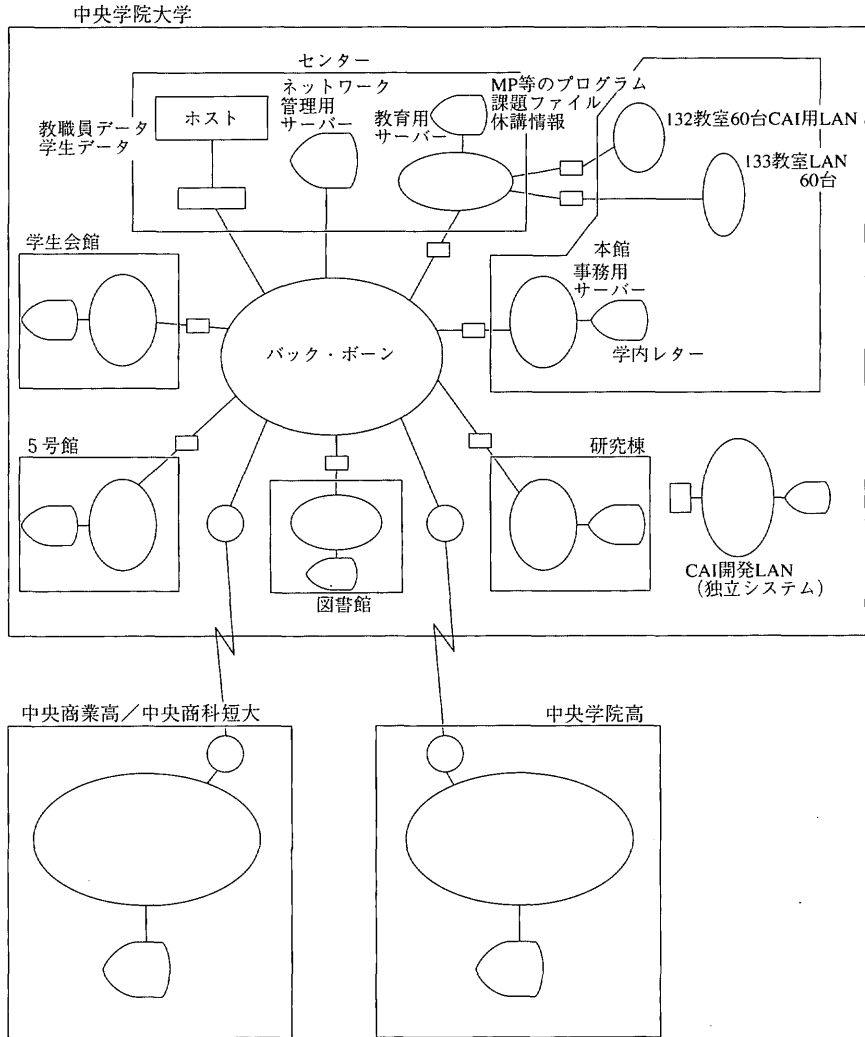


図14 中央学院大学のエンタープライズ・システム (仮称)

機器構成と主な実行形態

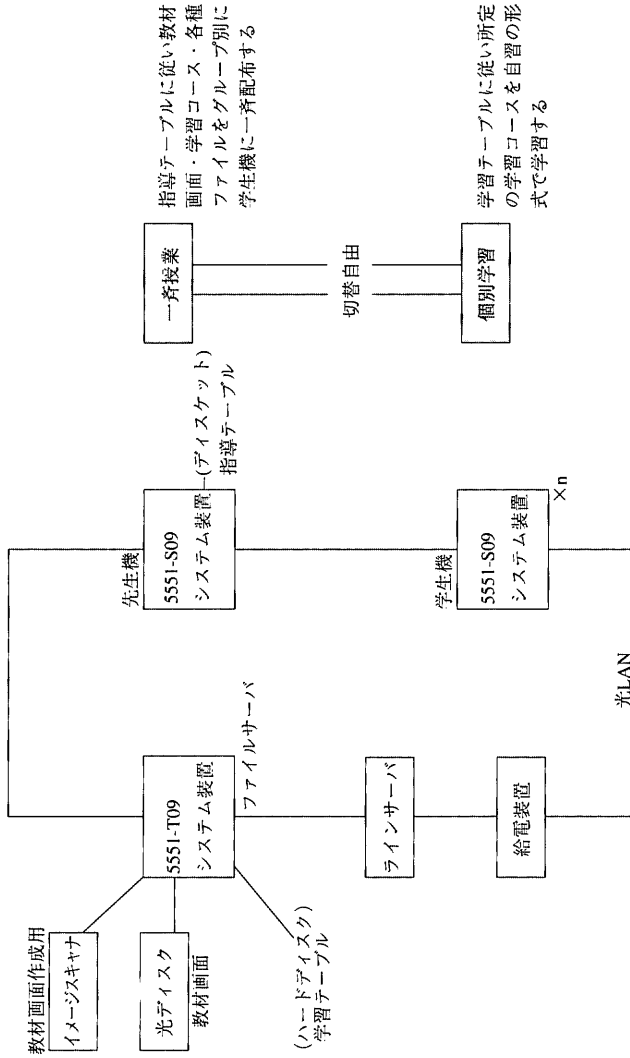


図15 CAIオーサリングシステム (アルプシステム提供)

CAI教育はこのCAIオーサリングシステムで開発したCAIコースウェアを光ディスクに格納して、IBMの60台の端末にて、一斉授業形式か個別授業形式で行なっている。

ここで、CAIオーサリングシステムを用いてCAIコースウェアを開発する作成手順は次のようになる。

(1) CAIコースウェアを開発するために設計された詳細設計資料を準備する。フレーム原稿、読みこみファイルの内容の形態、画面(B6判)設計書などを整備入力できるようにする。

(2) オーサリングシステムの起動と使用ファイルを開く作業をする。

(3) 文字情報、画像情報やファイル内情報をイメージスキャナ、FD、HD、CD、光ディスクやキーボードより入力する。

(4) 入力された画面(フレーム)上の不備を消去、移動、回転、拡大、縮小、追加や削除して修正する。ここで暫定的に色を付ける。

(5) 配色変更、範囲を四方形で指定してその範囲内の色の変更をする。フレーム上に適当に範囲を決めてその内に何色、外は何色と指定して色付けをする。

(6) 作成されたフレームをCDやFDにファイル名を決めてファイルとして格納する。

(7) ここで、フレーム作成が終了かどうか判定して、続行するならば(3)~(7)を繰り返して順次作成する。

(8) 終了ならばCAIコースウェアが出来たかどうか判定し、終了していなければ一時終了する。

(9) 終了していれば、音声同期をとるためにナレーションをフレームと対応させながら録音する。

(10) テスト、デバック、修正を繰り返して完成したら、この作業を終了する。

(11) 本番に使用する。

本学では現在使用しているオーサリングシステムはカラーイメージスキャナでないので色付け作業が入る。

このようなCAIコースウェアの具体的開発手順を図示すると図16のようになる。

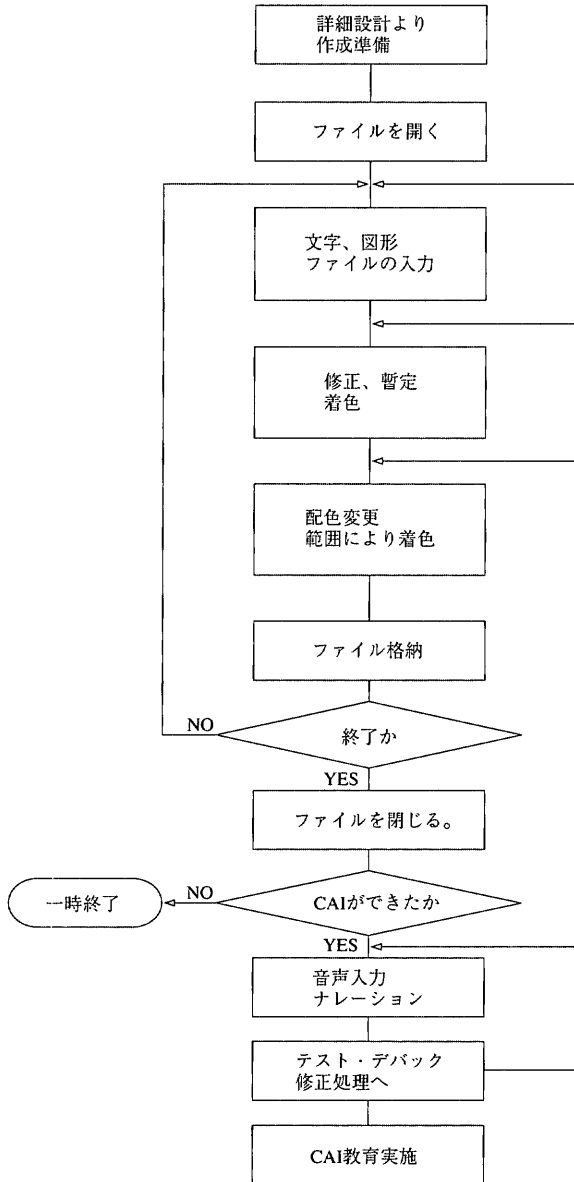


図16 CAIコースウェア作成手順

CAIコースウェアの具体的作成は次の課題として次回の論文で報告する。

9 結 論

本論文は情報処理技術者試験対策用のCAIコースウェアを開発するにあたって教育目標の明確化，教育目標より指導項目の具体的構造化をした。

主たる論点はシステム設計，フレームの設計，オーサリングシステム，学習の評価などのシステム設計段階と各段階における設計上の問題点について論究し，その留意点と解決法について論述した。

今後CAIコースウェアを開発する技術としてはマルチメディアを駆使したCAI開発のためのオーサリングシステムが登場して，より開発が簡素化されることと，学生にとって効果があがるCAIコースウェアが作成されることが期待される。

これらの点を考慮に入れて，学生にとって効果的CAIコースウェアを実際に開発する段階は次の課題としたい。

〔注〕

- (1) 中央情報教育研究所編「情報処理技術者育成標準カリキュラム」日本情報処理開発協会，昭和63年。
- (2) 星野隆稿「CAIの現状と今後の課題」中央学院大学商経論叢第5巻第1号，平成2年，39頁。
- (3) 前掲書(1)，11頁。
- (4) 前掲書(1)，12頁。
- (5) 通産省「第2種情報処理技術者試験の受験の手引き」日本情報処理開発協会。
- (6) 星野隆稿「情報処理系専門学校における教育評価」教育情報研究，第3巻第2号，日本教育情報学会，昭和63年，64頁。
- (7) J. N. Warfield: Social Systems, John Wiley & Sons, 1976.
- (8) 佐藤隆博著『ISM構造学習法』明治図書，昭和63年。
- (9) 星野隆稿「CAIの現状と今後の課題」前掲書(2)，50頁。
- (10) 同上書，40頁。
- (11) 中央情報教育研究所編，前掲書(1)，289～290頁。

- (12) 同上書, 293~294頁.

〔参考文献〕

- (1) Stephen M. Alessi : Computer-Based Instruction, Prentice Hall, 1991.
- (2) 教育情報科学研究会編『教育情報科学 1 (教育とシステム)』第一法規, 昭和63年.
- (3) 渡辺茂他監修『CAIハンドブック』フジテクノシステム, 平成元年.