

# CAI をサポートする CMI に関する研究

星野 隆

- 〈目次〉
- はじめに
  - 1 CMI の意義と現状
  - 2 CMI の教授前・教授中・教授後の利用形態
  - 3 CMI による教育評価とその留意点
  - 4 CMI による教育支援システムの構築の留意点
  - 5 結 論

## はじめに

CMI (Computer Managed Instruction) の由来は、アメリカのピッツバーク大学のクレーザー (R. Graser) を中心とした教育工学研究グループの IPI (Individually Prescribed Instruction: 個別学習の学習診断情報の支援による教授) の研究の中から生まれた言葉である。

CMI は、コンピュータを用いて、教員による教授活動を管理しながら指導するという意味であった。その後、今日の CMI はコンピュータによる個別学習等の学習過程の診断、評価とその治療を包含するようになっている。

CMI は教育活動を行うにあたって、教授前・教授中・教授後の各時点でそれぞれの学習支援が行われる。CMI の今日的意味合いと今後の方向性を研究することの重要性を痛感し、今回の研究テーマとした。

教育活動の中には、従来の教授活動と CAI を用いた教授活動などがあり、いずれの場合も CMI の必要性・重要性が問われている。

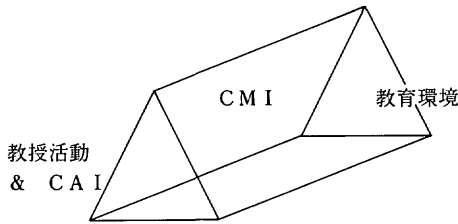
そこで、この論文では CMI の備えるべき機能、その働きとその教育的効果について考察した。とくに CAI による教育では、CAI とタイアップしている CMI のサポートが重要であるマルチメディアを応用した CMI について論ずる。さらに、筆者は CMI と教育評価の関連についても論ずる。

## 1 CMI の意義と現状

CMI は、CAI 教育や一般的座学・実験・演習等の教授前課程、教授中課程、教授後課程でそれぞれの働きがある。特に教授後課程では、中間テスト、節・章末テスト、前期・後期期末テストや年度末の年間の成績処理があり、これらは、各種教育情報管理の中核をなすものである。

教員の教授活動や CAI 教育が前面とすれば、CMI は教員の教育活動の側面に位置し、教育データの収集・整理・分類・加工・運用・評価・改善を中

図 1 教育活動、教育環境と CMI の関係



心とした教育活動の支援をコンピュータで行うことを目的にしている。教員の教育活動の裏面は、教育環境である。教育環境は、教材・教具に加えて、電子メール、電子掲示板、AV 装置、大型スクリーン、パソコン等の設備が課題となる。これを図示すると図 1 となる。

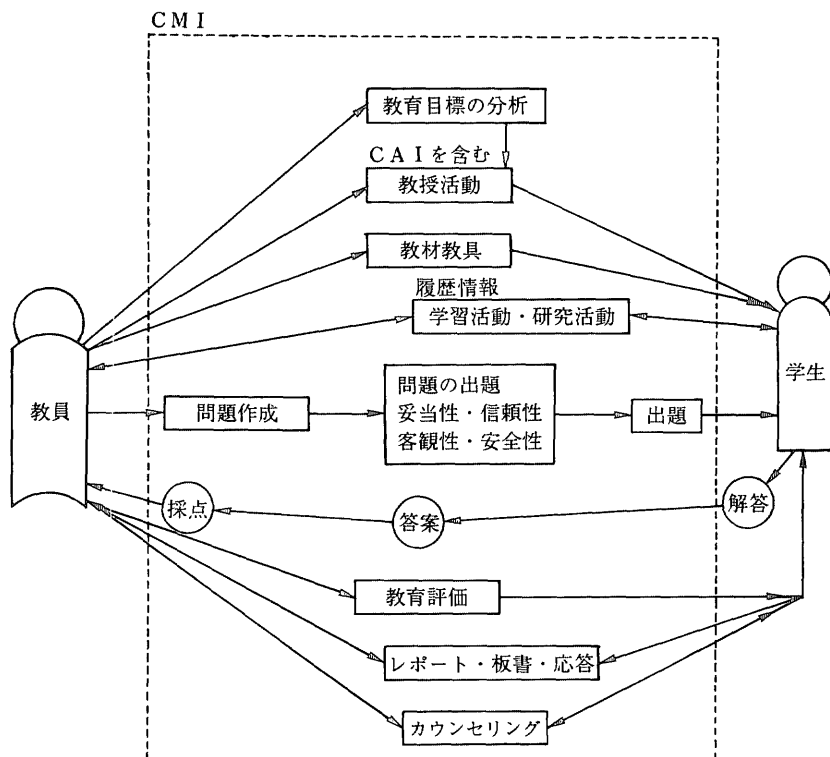
CMI は、教員の教授活動を受けた学生の途中の学習履歴を保存したり、テストなどのあとで結果として生じた成績データを活用して教授活動の運営の支援をすることが主体となっている。それは、それぞれの学生の学習課程における履歴情報を元に、それぞれの学生に適した個別学習指導を行うことが可能になる。

すなわち、授業に対する受け止め方は、学生一人一人それぞれ反応が異なり、個々の反応に合わせた個性を生かした教育が可能となってきた。

個別学習を可能にするには、教育目標を大から中、中から小に分割し、授業の順序に並べたり、それぞれの小さい教育目標に合わせて教育の資料・資材の調達・準備や達成度確認テストの管理、学習状況の履歴情報の収集・整理・分析・活用等の管理や教育評価とその管理をコンピュータを用いて行われなければならない。これらについては次節で論ずる。

CMI システムはコンピュータに支援された管理教育と直訳されるが、教育の主体をなすものは、教員による教授活動であり、それをコンピュータの機能を用いて支援するのである。CMI の働きを図示すると図 2 のようになる。<sup>(1)</sup>

図 2 CMI の働き



CAI や CMI は、あくまでも教員を支援し、補佐するものであり、これらを使わなくても教育活動は、いくらでもできるのである。

しかし、コンピュータを用いた教育情報の管理は、時代の要請であり、複雑化した今日において、むしろ、一般的になってきている。

中央学院大学は、建学早々からコンピュータの導入が行われ、教育部門、事務部門の情報システム化が進み、教育情報データベース管理システムが確立され、年々改良がなされてきている。

教育情報データベースシステムは、教材管理サブシステム、出席管理サブ

システム、成績管理サブシステム、教務事務管理サブシステム、学生管理サブシステムや入試管理サブシステムなどのサブシステムからなる教育統合データベースシステムを目指している。

本学では、5年前から本格的な図書館情報データベース(CGLIS)が完成しているので、独立したデータベースとしてあえて教育統合データベースに入れることはしない。

以上のことより、教育統合データベースは、教材管理サブシステムが完成していないので、今後の課題として、研究し、構築が急がれている。小学校、中学校、高等学校のように文部省からの学習指導要領が出されていれば、教育目標を達成するためにどのような教材を使うと良いかは明白である。しかし、大学教育では、それぞれの大学が、それぞれの特色を出すために教育科目構成、教育目標、教育内容、学習順序や教育で使う教材が異なっているのが普通である。

近年、多くの大学では、大学改革と自己評価が重要課題となり、大学の特色をより鮮明にするために教育内容の充実と個性化が進んできている。

教育内容についても、シラバスを明確にして学生に教科科目の目的、内容、カリキュラムやサービスタイムなどを公表し、学生の履修・学習を助けている。

大学の自己評価は、学生に教科科目教育の後でアンケート調査のためのアンケートを出し、教育内容、教え方や利用した教材等のよしあしなどを評価させるようになってきている。

このような状況なので、教員のシラバスの提出は、当然進むものと考えられる。そこで、大学における教材サブシステムを入れた教育統合データベースの構築の必要性と可能性は日に日に増していると言って過言ではない。

本学では、教員の業績表、学会等の社会での活動報告の提出が義務づけられ、商学部の全教員が提出した。

さらに、一部教科科目のシラバスの提出が求められ、これが全教科科目のシラバスの提出に繋がることは、時代の潮流からみて、むしろ当然のことで

図 3 本学における教育統合データベース

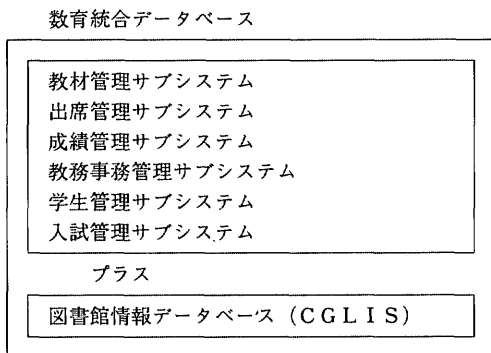
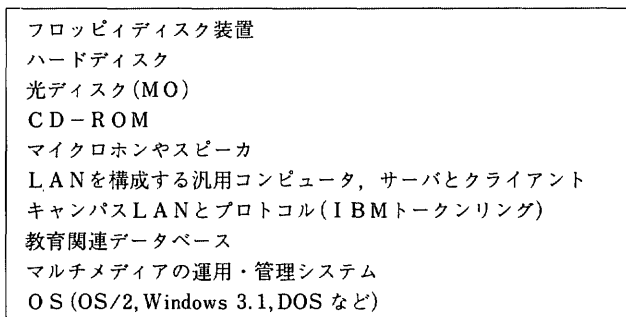


図 4 コンピュータの機能からみた CMI の構成 (学内)



ある。これらのシラバスで、ガイドブックやデータベースを作り、年々更新するようになるだろう。

文部省においても、昨年より全大学教員の業績データベースを構築し、今年もその更新データの提出を求められ、提出した。これにより、学術研究の大学間や教員間の情報交換等の関係が進み、学術の発展がより進展するものと考えられる。さらに、パソコン通信を通して学生がレポートの課題、電子メール、休講情報を利用できるようになるだろう。

教育統合データベースの構成を図示すると図3のようになる。

前述のごとく、CMIは教育情報の管理に加えて教育環境の企画、整備、管理や統制などの機能も含んでいる。

すなわち、CMIを学内に限定して、コンピュータ関連の機能から眺めてみると、パソコン、フロッピーディスク装置、ハードディスク、光ディスク(MO)、CD-ROM、マイクロホンやスピーカなどの教育に関連する多くのメディアはもとより、LANを構成する汎用コンピュータ、サーバとクライアント、LANを介してのデータ通信網とプロトコル(IBMトークンリング)、データベースやマルチメディアの運用・管理とOS(OS/2, Windows 3.1, DOSなど)までも範疇に入れる必要があると筆者は考えている。これを図示すると図4のようになる。

## 2 CMIの教授前・教授中・教授後の利用形態

CMIは、教授前ではどのような働きをするか、教授中ではどのような働きをさせるか、教授後ではどのような働きをさせるかの3つの視点で考えると次のようになる。

### 1) 教授前の利用形態

教員は、教育統合データベースから教育カリキュラムの企画、設計、計画案や実施案作成の段階で、作成のための基礎資料の情報を得ようとする。

すなわち、教員は系統化された各教科科目の教育目標、シラバス、学習履歴、小テスト・節末テスト・章末テスト・学期末テスト・総合テスト、テキスト以外の参考資料や参考文献リストなどの授業に必要なものを教育統合データベースの教材管理サブシステム(以後、教材データベースと呼んで使用する)の中から検索し、準備しておくことが必要である。

また、授業の途中で必要に応じて教材データベースの活用が自由にできるように、前もって準備しておけるようなシステムにしておくことも必要である。

図 5 教材データベースの構成要素項目

教材データベース

授業科目名 教育目標の細分化 授業指導目標 教材と教材配付のタイミング 授業提示物の提出のタイミング 誤り指導のポイント等を記憶 誤り指導のポイント等の管理	担当教員 章名・節名 指導ポイント  授業記録	教育目標 授業計画案 授業内容  テスト問題
--	-------------------------------------	------------------------------------

CAI による個別教育ならば、CAI が各学生の前回の個々の学習の後から継続してできるように、学習履歴等の準備をしておかなければならない。

授業内容が実験、演習、コンピュータシミュレーション等の体験を目的とした教育の場合は、前もってその授業に必要な環境を準備しておかなければならない。

以上のように授業を始める前に、広い意味ではカリキュラムの授業への展開や教育目標を具体的に学生にどう理解させるかという準備から、狭い意味では、それぞれの授業の中で用いる教材の準備などが対象になる。

教材データベースでは、授業科目名、担当教員、教育目標、教育目標の細分化、章名・節名、授業計画案、授業指導目標、指導ポイント、授業内容、教材と教材配付のタイミング、授業提示物の提出のタイミング、授業記録、テスト問題や誤り指導のポイント等を記憶し、管理することになる。これを図示すると図 5 のようになる。

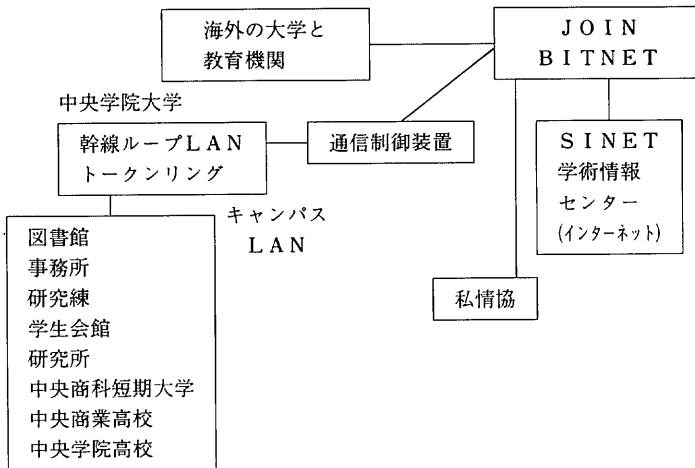
## 2) 教授中の利用形態

教授中は教育活動の本番であり、教員と学生の広義のコミュニケーションの場でもある。これのよしあしが教育効果をあげるかどうかの一番のポイントであり、次のような点が重要な要点であるとともに、論点でもある。

CAI による個別教育の場合に各自の学習履歴を、各自の学習履歴保管エ



図 6 広義の CMI とネットワーク環境



リアに保存しつつ進むようにする。

授業の進み方に合わせて、その時々にあったテストを入れることで学生の理解度を確かめつつ進めるのが良いと考えている。しかしテストの回数にも最適な回数があるので注意しなければならない。

準備されている教材、教具を授業の中の適切な場面で学生に提示し、理解を深めるようにしておく必要がある。

本学では、キャンパス LAN (IBM トークンリング)、BITNET、イサーネット (導入企画) などを通して学術研究情報センター、世界の大学や教育機関 (主にアメリカ) とデータの交換を行っている。これらデータ通信網を利用した CMI システムは、学内の図書館情報データベース (CGLIS)・教材・学習履歴・成績データベースや学外の教材・学術情報データベースを利用した教育活動を可能としており、今、建設されているインテリジェントビルである教室棟の完成とともに、今後より一層の発展を目指して進めている分野である。これを図示すると図 6 のようになる。

CMI とデータ通信網の結びつきとしての可能性から探ってみると次のこ

とが考えられる。

大手大学や大手予備校などの分校・姉妹校を持つ教育機関では、衛星通信を利用した有名教授・名物教官などの特徴のある授業の展開が行われつつあるが、これらの教育ソフトウェアのデータベース化と衛星通信を利用した共同利用など、教育情報管理として CMI は大きな発展性と可能性を含んでいる。

また、日本の放送大学のように、かなり広範な地域社会の学生が大学に通わなくても家庭のテレビを通じて、教育が受けられる教育システムが確立され、社会に定着してきている。アメリカでは以前から、大学やコミュニティカレッジなどが放送設備を持ち、地域社会の学生にテレビを通じて教育するシステムがあり、放送大学の原形となったと考えられる。

これは、前もってスタジオ等でビデオ取りをし、授業ソフトウェアとしてカリキュラムにそって定められた時間に本放送、再放送をして学生に大学教育を提供する方式である。

これも、教材データベースとテレビ放送とが結びついた広い意味での CMI システムと考えて誤りではない。

ただし現在、短期間のスクーリングはあるが放送教育が単方向であり、インタラクティブな可能性を探ることも必要である。例えば、疑問を感じた学生がパソコン通信、電話、ファクスやマルチメディア AV 技術によりインタラクティブな TV システムが可能になることによって質問ができて、その対応として応答もできるような教育システムにまで発展させてこそ、本格的な広義の CMI であると私は考える。

教授中に利用する教材データベースとしては、その授業に該当する章・節に必要な教材や授業内容が必要な時、タイムリーに検索できる機能を持っていることが要求されている。

教材データベースが完成すれば、授業中の小テスト、章末テスト、中間テスト、期末テストなどのテスト問題の作成（形式的テスト問題、診断的テスト問題や総括的テスト問題）が簡単にできるようになる。

学習した時の難易度、学生の反応やテストに対する評価情報が簡単に把握できて、教材データベースに登録できるようにしておく必要がある<sup>(2)</sup>。

### 3) 教授後の利用形態

1つの節、章の教授後は教員が達成度判定テストなどを実施し、その結果としての成績評価、成績診断などの結果の保存とアンケート調査のように学生が主体となって教育システムを評価したりする自己評価の評価結果の保存と授業改善のための利用が中心となる。

成績評価の分析手法には、統計・多変量解析の手法を主に使用する。アンケート調査の分析手法では、数量化理論Ⅲ類や多次元尺度構成法などが主に用いられる。

この分野は、CMIにとって重要な分野であり、コンピュータの一番得意とする分野でもある。

これら評価結果を、成績処理ならば学生に、アンケート調査分析ならば教員にそれぞれフィードバックすることで、学生は自分の欠点を補うように努力するし、教員は教育方法、教育設備や大学の教育に対する姿勢までも改善する方向に向かわせることが可能である。これは前述の大学評価と自己評価に関連する。

教員自身にとっても学生のテストを受けた後の評価結果は、教員の授業に対する取り組み、どのように教えるとどのように反応し、どの程度理解されているかが分かり、教員自身の授業法の研究や授業改善の参考資料となる。

これら授業後の結果を管理するCMIは、運用の仕方によって、その成果が計り知れない重みがあると考えられる。

前述のごとく、CMIは、教員に判断材料となる教育分析データを提供するように支援して、教員が判断して、これからの進む方向を意思決定するのに役立つ。

コンピュータを用いてデータ処理し、教育データを分析し、統計的に解析して、どの位のでき具合だから、学生にどのようにしなさいというように教

員の判断をも代行するようなことは、くれぐれもないようにしなければならない。

教員の指導で重要なのは、CMI から受けた支援情報を適切に判断し、学生に対して適切な場所で、適切なアドバイスができることであると考えられる。

この様な視点からみて、あくまでも意思決定者は、教員自身であり、コンピュータがその役目を代行できるものではない。

データベースとしては、学習履歴、テストの結果などを分析し、評価して授業の内容、指導方法の改善策や新しい情報を教育情報データベースに組込むのがよいと考えられる。

以上のように前述の3つのそれぞれの場面で、教材データベースを早期に完成させて、すでに完成しているそれぞれのサブシステム（データベース）を統合して、教育統合データベースとして構築することに重大な意義を持つことが明確になってきた。

この様な教育統合データベースは、どのような情報を蓄積しておいたら良いかについて考察すると次のようになる。

教授科目の文献・資料の情報

教育目標・カリキュラム関連の情報

教科書・参考書・教材・教具や教育環境の情報

各種テストの問題と解答の情報

教育指導・教育実践の記録の情報

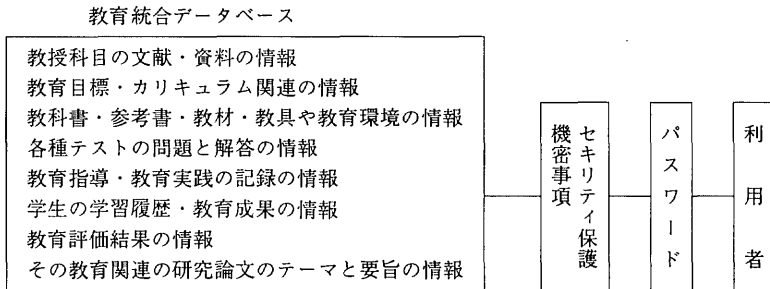
学生の学習履歴・教育成果の情報

教育評価結果の情報

この科目の教育関連の研究論文のテーマと要旨の情報

これらの情報は機密事項を含んでおり、そのデータを必要とし、使用することを認められた人のみがパスワードを使って使用できるようにする必要がある。このセキュリティ保護の問題が情報化の進んだ今日、特に重要問題となってきている。

図 7 教育統合データベースの利用法



また、学習履歴情報は、個々の学生の生の履歴情報（1次情報）を教材データベースに保管しておくことは、データベースの記憶容量からして不可能である。そこで3~4回の授業の後、生の履歴情報を集約加工して、短い加工履歴情報（2次情報）として、教材データベースの保守点検が義務づけられることは、情報管理上、当然のことである。これを図示すると図7のようになる。ここで、データ圧縮・伸長技術が重要な課題となる。

### 3 CMI による教育評価とその留意点

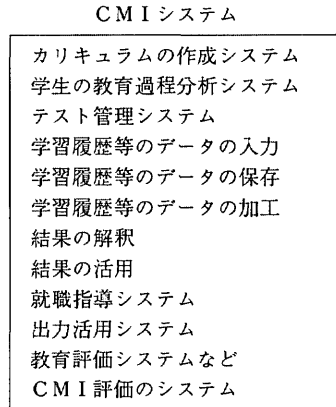
CMI システムはカリキュラムの作成システム、学生の教育過程分析システム、テスト管理システム、学習履歴等のデータの入力・保存・加工、結果の解釈、結果の活用、就職指導システム、CMI 評価のシステム、出力活用システムや教育評価システムなどからなっている。これを図示すると図8のようになる。

このすべての場面に評価が伴ってくる。ここでは、CMI と教育評価との関連について考察する。

教育は多くの側面を持っているが、測定できるもの（表現できるもの）と測定できないものがある。

測定しにくいものとしては、ベテラン教員の優れた教授方法による成果や

図 8 CMI システムの構成要素



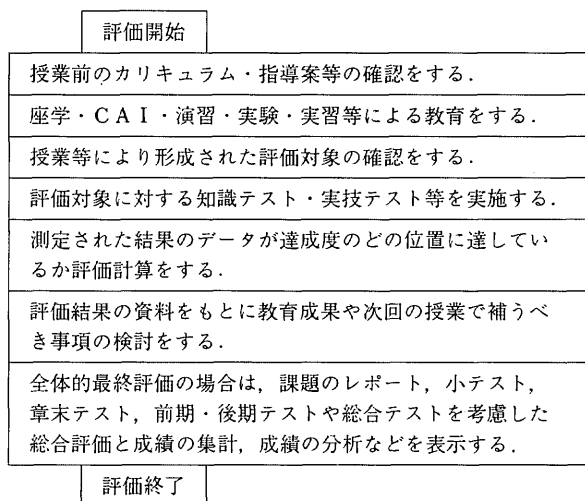
学生が授業を受けた後の満足そうな表情など表現できにくいものがあり、教育評価には入れにくい重要な要素であることには間違いない。

CMI における教育評価の対象は、コンピュータ処理を伴うので測定できるところに焦点をあてている。

#### 教育評価にいたる順序

- 1) 授業前のカリキュラム・指導案等の確認をする。
- 2) 座学・CAI・演習・実験・実習等による教育をする。
- 3) 授業等により形成された評価対象の確認をする。
- 4) 評価対象に対する知識テスト・実技テスト等を実施する。
- 5) 測定された結果のデータが達成度のどの位置に達しているか評価計算をする。
- 6) 評価結果の資料をもとに教育成果や次回の授業で補うべき事項の検討をする。
- 7) 全体的最終評価の場合は、課題のレポート、小テスト、章末テスト、前期・後期テストや総合テストを考慮した総合評価と成績の集計、成績

図 9 教育評価の順序



の分析などを表示する。

教育評価の順序を図示すると図 9 となる。

テストの作成には、その範囲で修得した知識・技能が正しく計量できるように作らなければならない。この場合、CMI の果たす役割は、これまでのテストで出した問題を教材データベースより検索し、そのテストの実施結果のデータなどを調査し、検討して今回のテスト範囲からみて妥当性、正確性、客観性、信頼性と安定性を備えたテスト問題を作成するようにすることにある。

新しい問題に対しては、教材データベースに登録して使用できるようにしておく必要がある。

テストの実施方法は公正で不正のないように机への座りかた、並ぶ順序や持ち物の点検などを考えて実施しなければならない。

テストの採点や結果の評価は、教員の行う大切な仕事の一つであり、筆記試験ならば学生の解答用紙を、また、実技ならば行動・成果等を正確に判断

し、妥当性のある評価を下さなければならない。

テストの評価結果の素点は、コンピュータ処理するために入力ミスのないように正確に入力するようにし、正確に入力されたかどうかのハッシュ・トータルチェックやチェックデジットなどのチェックをして、入力内容にミスのないよう入力する必要がある。(形式的チェック)

成績評価は、コンピュータによる成績評価処理プログラムシステムにより、正しく処理が行われたかどうかの確認をする。(論理的チェック)

コンピュータが算出した評価結果は、吟味し、正しく評価して各学生に成績評価と分析結果を提供するようにする。

これら今回の成績評価結果は、教材データベース上のこれまでの履歴情報に加えて、整理・加工して更新された最新の履歴情報を作り上げる。CMIの重要な機能の一つである。

教務部教務課等の教育データ管理部門は、個人別の成績評価結果を父兄や本人に対して、それぞれ郵送したり、直接配付したりする、さらに総合評価結果の公開と成績不良者に対しては、追試、再試などの情報をフィードバックする必要がある。

この最後のフィードバックで提供された、教員自身による判定・判断の結果である成績評価結果が、学生にどう受け取られ、どのように行動するかが問題点である。

学生の受け止め方と学生の行動は、今後の教育を改善するうえで、さらに評価結果をどう役立てるかを考えるうえで、一番大切な関心事項であると筆者は考えている。

#### 4 CMIによる教育支援システムの構築の留意点

CMIによる教育支援システムは、教育の場面場面で必要な資料・必要な情報がタイムリーに提供できるようにコンピュータを利用したデータ管理システムである。



すなわち、筆者は「CMI は教員が学生に対してレベルの高い教育ができるように各種の教育関連情報がある時は教員に、ある時は学生にタイミング良く支援できるように構築されたコンピュータを用いた情報管理システムである」と定義しても良いと考えている。

CMI を支えているものは、つぎの 5 点の情報関連技術であり、CMI による教育の効果を高めている要因となっている。

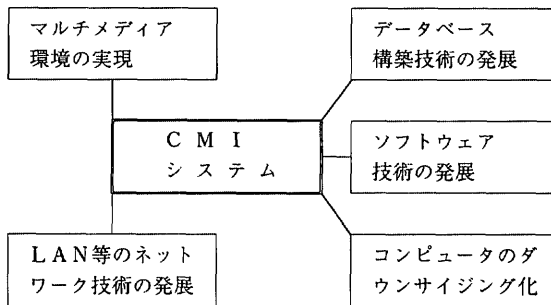
- 1) 今日では、情報処理機器であるコンピュータの性能が向上して音声・画像・動画・文字情報などを合成して使うマルチメディア環境での教育情報の管理が可能になってきている。
- 2) 情報管理技術としてのデータベースシステムの構築のための市販ソフトウェアの充実とデータベース構築言語の簡略化が考えられる。
- 3) ソフトウェア開発言語やソフトウェア開発技術 (CASE) の発展なども近年とみに進展してきていて、ソフトウェアの開発が簡素化された。
- 4) データ通信技術である LAN, WAN, 専用回線における通信速度の飛躍的向上と通信設備の小型化・低価格化は、通信コストを減少させてきている。

そこで学内のそれぞれのデータベースばかりでなく、学外の学術情報データベースや各種データベースサービス提供会社へ接続し、必要なサービスを受けることが可能になってきている。

- 5) コンピュータ技術の発展により今までの大型汎用機でなくても、パソコンを用いたサーバシステムとクライアントシステムでパソコン LAN が可能になってきた。これによるコストダウンは、ダウンサイジングとして情報産業界を席捲しているのが現状である。この技術は、当然現在の CMI システム構築を容易にしている。

これら 5 つの技術に支えられて、必要な時に前もって準備しておくとか、必要に応じてその場で、必要な情報を取り出すことのできるような CMI システムが可能になってきている。この 5 つの情報技術を図示すると図 10 のようになる。

図 10 CMI システムを支える 5 つの最新情報技術



学術情報などは、その場で学術研究情報センターの学術データベースにアクセスして必要な学術情報を検索し、見ることができる、さらに、必要情報の内容のコピーサービスも費用と時間がかかるが可能である。

これからは、各国公立大学・私立大学、各公立図書館や地域社会の生涯教育センター・教育センターなどでの CMI による教育情報の公開・共同利用や情報交換などをおおいに進める必要があると考えられる。

たしかに、自分の大学だけしか蓄積していない教育情報や開発した CMI のソフトウェアを公開するのは、難しく勇気のいることであるが、教育界の改善のため・社会全体の発展にとって大切なことである。

最後に、前述の 5) の技術のもたらした LAN 技術の発展は、コンピュータのネットワーク化を実現し、これに 1) のマルチメディアの技術や 2)～4) の技術を導入することで、CAI と CMI を統合して一つのコンピュータに支援された統合教育システム (CATES) を構築することが可能になってきていると筆者は考えており、このような「コンピュータに支援された統合教育システム (CATES)」の設計段階であり、今後の課題として研究中である。

## 5 結 論

コンピュータに支援された教育とコンピュータに支援された管理として、それぞれ、CAI と CMI がある。この論文は、CMI 重要性を次の 4 点に絞って考察した。

- 1) CMI とは、どんな働きをしているか、そして現状では重要性がますます高まってきていることを論じた。
- 2) CMI は、教授前・教授中・教授後でそれぞれどのような働きをするかについて論じた。
- 3) CMI は教育評価とどう関わるかについて論じた。
- 4) CMI による教育管理システムの構築、特に教材データベースの重要性とネットワーク利用について論じた。

情報処理技術の発展とネットワーク技術の発展は、パソコンがマルチメディア環境で稼働できるようになった。これにより有効で、豊かな教育情報をタイムリーに出せるような CMI システムを構築できるようになってきた。

マルチメディアを駆使した CMI の構築についても、十分可能であり、今後の開発課題であるが、本文の最後に述べた情報技術環境の充実に伴い、CAI と CMI を統合して一つの「コンピュータに支援された統合教育システム」の構築の必要性を痛感しており、その構築に向けてシステム設計の段階に入っており、今後の課題として実践研究を進めたい。

### 〔注〕

- (1) 星野隆稿「情報技術者育成のための CAI 評価の研究(1)」中央学院大学商経論叢、第 8 巻第 2 号、平成 6 年 1 月、62 頁。
- (2) 芦葉浪久「コンピュータの学校教育利用」東京書籍、昭和 61 年 4 月、97-99 頁。

〔参考文献〕

- (1) R. Lewis & S. Otsuki, "Advanced Research on Computers in Education"  
North-Holland, 1991.
- (2) 清水康敬編著「情報通信時代の教育」電子情報通信学会, 平成3年.