

教育支援システム“CAI”

Computer Based Education System “CAI”

近年のパーソナルコンピュータの発達及び文部省の教育方法開発特別設備に関する補助金により、学校現場でのコンピュータの普及は職業高校から普通科高校、更に小・中学校へと急激に増加している。このような教育現場へのコンピュータ適用で最も注目されているのがCAIである。

一方、企業でも導入教育・研修などCAIに期待する声は大きい。

日立製作所では、これらの多様なユーザーの中から、日本電信電話株式会社、学校法人横浜アカデミー、日立製作所社内の教育部門の要求により、以下に記述するCAIシステムを開発し、製品化した。

本論文ではこれらの代表的な適用事例を挙げ、その特長及び適用分野について述べるとともに今後のCAI技術の動向について論ずる。

前野 剛* Takeshi Maeno
 近藤 晋** Susumu Kondō
 吉岡健二*** Kenji Yoshioka
 山本強志**** Tsuyoshi Yamamoto

1 緒 言

我が国でのCAI^{*1)}(Computer Assisted Instruction)の研究は1960年代から始まり、1970年代に入って先駆的なシステムが実用化されていた。しかし、これらのシステムは各々の顧客仕様に合わせた個別システムの色彩が強く、またシステムとしての柔軟性に乏しかったため一般教育機関への普及には至らなかった。

近年になってパーソナルコンピュータの発達により、CAIを中心とする教育分野でのコンピュータ利用の関心が非常に高まってきている。

本論文では、自然画を教材に採り入れた画像応用CAI装置“P-VIEW”、企業内導入教育で実績を挙げている“MIGHTY CAL”(Computer Assisted Learning)と大学予備校で基礎学力養成のために導入された「統合形CAIシステム」について、それらを実際に適用している事例を紹介する。

2 教育システムの動向

2.1 コンピュータの適用分野

学校教育でのコンピュータ利用の目的として、筑波大学の中山は次の2点を挙げている¹⁾。

「第一の目的は、児童・生徒ひとりひとりを大切に、個性を尊重する質の高い授業を実現することである。」

「第二の目的は、教育の実証化・科学化を図り、実証的データに基づいて教育の改善に寄与することである。」

ここで言われている第一の目的のためのシステムがCAIであり、第二の目的のためのシステムがCMI^{*2)}(Computer Managed Instruction)と言えよう。

2.2 システム機能と形態

CAIシステムは大別して、TUTORIAL(学習課題を教授する。)、SIMULATION(図形・アニメーションを使って、動的に技能養成やゲーム的な教授をする。)、そしてTESTING(学習結果の評価測定を行う。)の三つに分類される。また設問や解答結果の表示方法として、文字・図形(線画)・自然画を静止表示あるいは動きを付けて表示するなど機能的に多岐にわたっている。

またCAIを用いて学習する場も個人学習から40人を超えるクラス単位の一斉学習と規模的にも広範囲である。したがって、CAIシステムとしてこれらの機能・規模をカバーするため種々のハードウェアやシステム形態が考えられてきた。

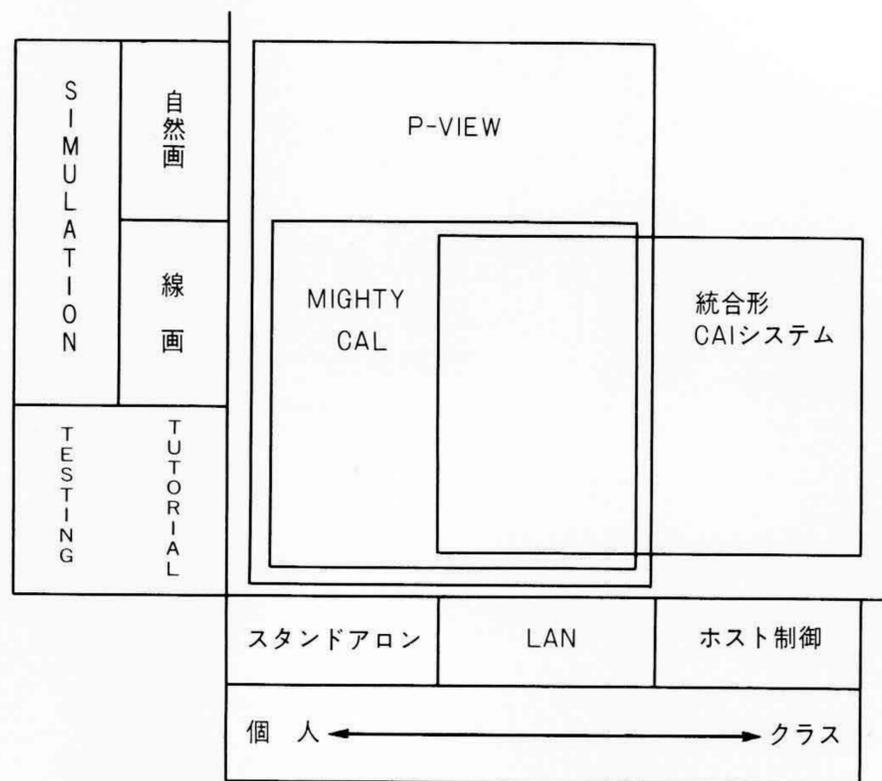
CAIシステムのハードウェア機能とシステム形態の関係及び本論文で報告する代表的な日立CAIシステムの位置づけを図1に示す。

現在の主流として、ハードウェアは16ビットパーソナルコンピュータを用い、教材も文字・図形を利用するものであり、システム形態としては、スタンドアロンがLAN(Local Area Network)接続のもので、自然画を使った教材やCMIと統合化したシステムは少ない。

※1) CAI：コンピュータを利用した教育を言う。狭い意味では、個人学習及び指導システムを指す。

※2) CMI：コンピュータを利用して学習結果を分析し、教育に役立てるためのシステムを言う。

* 日立製作所大森ソフトウェア工場 ** 日立製作所OA開発工場部 *** 日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社
 **** 日立コンピュータコンサルタント株式会社



注：略語説明 CAI(Computer Assisted Instruction)
 MIGHTY CAL(MIGHTY Computer Assisted Learning)
 LAN(Local Area Network)

図1 CAIシステムの機能とシステム形態 個人学習からクラス学習まで、TUTORIALから自然画SIMULATIONに至る種々の利用形態に対し、日立製作所のCAIシステムの位置づけを示す。

LANシステムとして、教育の特性を考慮した「教室用ネットワークCAVIN^{※3)}(Computer Aided Video Instruction Network)シリーズ」を使用することによって、教師と学習者間の円滑なコミュニケーションを実現することができる。

3 教育支援システム

以上述べたように、教育分野でもその対象によってシステムへの要求は様々であり、画一的なCAIシステムですべてを網羅することは至難の技である。これらの多様なニーズに対応するため、開発・製品化した三つのCAIシステムの概要について以下に述べる。

3.1 画像応用CAI装置“P-VIEW”

P-VIEWは、クリアな画像情報と音声の再生ができる光ビデオディスクプレーヤと、各種情報検索や処理を得意とする16ビットパーソナルコンピュータとを組み合わせ、画像、音声、パーソナルコンピュータ情報と各種情報媒体が利用できるマルチメディア情報利用システムである。図2にP-VIEWの外観を、図3に装置の構成を示す。

3.1.1 装置の特徴

P-VIEWの特徴は次に述べるとおりである。

(1) 眼精疲労の少ない高精細な画像の表示

高精細処理装置によるY-C(輝度信号-色信号)分離と走査線補完により、ノンインタレース化によるちらつきのない高精細な画像を提供する。

※3) CAVIN：教育のコミュニケーションを実現する教室用ネットワークである。



図2 P-VIEWの外観 機の左そでの下に、高精細処理装置が収容されている。

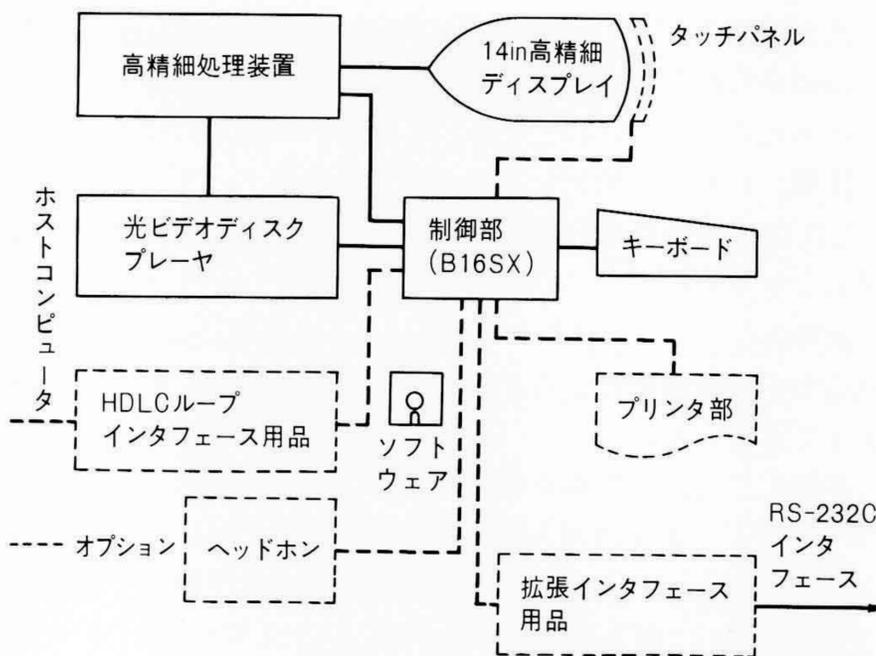


図3 P-VIEWの構成 オプションとしてタッチパネルを持つので、より臨場感のある使い方ができる。HDLC(High level Data Link Control)ループインタフェースは、最大254台のP-VIEWをホストに接続することが可能である。

(2) スーパーインポーズ

光ビデオディスクからの自然画にパーソナルコンピュータの出力をスーパーインポーズ(重畳表示)ができる。

(3) 大容量かつ高速な画像検索

30cmの光ビデオディスクの両面に静止画2万7,000枚を収容でき、検索時間も最大約2秒と高速である。

(4) 画像検索も容易なCAI言語と学習プログラム作成支援プログラム

BASIC言語と同等のCAI言語を用意している。また、プログラムを意識しないで、ディスプレイと対話しながら学習プログラムが作れる学習プログラム作成支援プログラムがオプションで用意されている。

3.1.2 主な適用対象

P-VIEWは以上のような特長を持っているため、下記のような教育分野に適している。

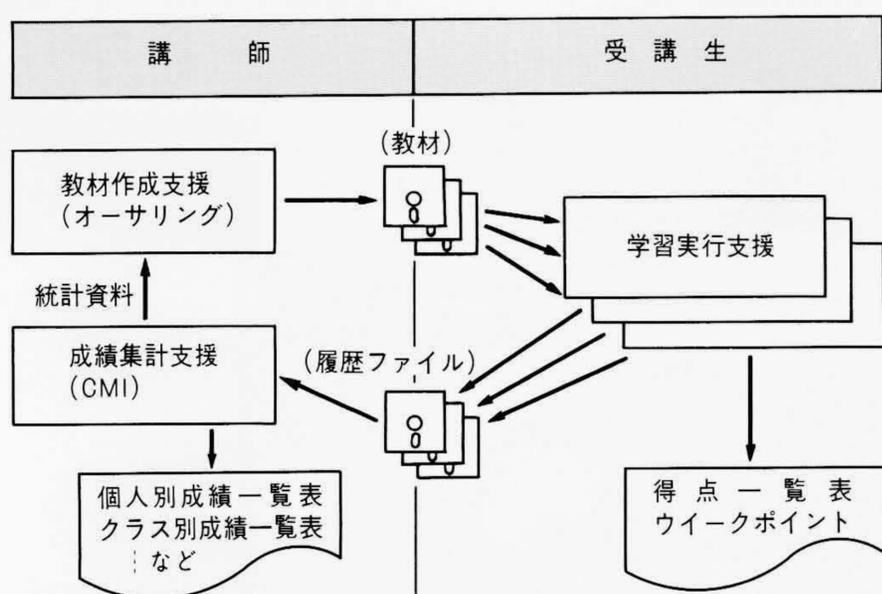
- (1) 自然画・動画を教材に採り入れた訓練形CAI
(例) 機器保守員や自動車修理の実習
- (2) 高精細画像による実画を利用した医療・理科学教育
(例) 化学・物理の実験シミュレーション
- (3) 文書マニュアル化が困難な企業導入教育
(例) 電話の応待やマナーの教育

3.2 パソコンCAIシステム“MIGHTY CAL”

パソコンCAIシステム“MIGHTY CAL”は、パーソナルコンピュータB16シリーズ用に開発されたCAIシステムであり、教材の作成、学習の実行、成績の集計と一貫した機能を持っている。MIGHTY CALの機能概要を図4に示す。

3.2.1 MIGHTY CALの特長

- (1) 操作の容易なオーサリングシステム^{※4)}
メニュー ガイダンス方式の採用により、簡単な操作で教材の作成ができる。
- (2) 図形・画像を利用した変化のある教材を作成可能
 - (a) イメージスキャナ、ディジタイザを接続することにより、地図、簡単な図面、フリーハンドの絵などの画像情報を教材に取り入れることができる。
 - (b) 画像情報を含め、画面を順次重ね合わせることができ、動きのある画面を表示できる。
- (3) 柔軟な解答解析・学習評価機能
 - (a) 解答中のスペースの有無や複数回答の容認など、教材の特徴に応じ、柔軟性のある解答解析が行える。
 - (b) 学習中にヒントや説明をワンタッチで呼び出すことができる。



注：略語説明 CMI(Computer Managed Instruction)

図4 MIGHTY CALの機能概要 成績集計支援で得られた統計資料をもとに教材を改訂することによって、より効果的な教材の作成が可能となる。

- (c) 学習終了時に、得点やウィークポイントが表示され、学習の成果が即座に把握できる。
- (d) 教室用LANシステム(CAVIN)を使用することにより、クラス全員の成績を一度に転送、集計できる。

3.2.2 主な適用対策

- (1) パーソナルコンピュータ単体での小規模な自習システム
- (2) LANを利用した中規模学習システム

3.3 統合形CAIシステム

統合形CAIシステムは、ホストコンピュータとパーソナルワークステーション2020又はパーソナルコンピュータB16/MXとを組み合わせ、教材の作成から学習、学習結果の統計分析処理までをカバーする中・大規模向けCAIシステムである。システムの概要を図5に示す。

3.3.1 システムの特長

統合形CAIシステムの特長は次に述べるとおりである。

- (1) CAIとCMIの機能分散
本システムはワークステーション主体のシステムであるが、生徒の学習来歴情報は、学習する生徒数により大量になる。そこで学習の運用形態を、授業を行う機能そのものはワークステーションで、授業を管理・分析するCMI機能はホストコンピュータでと機能を分散している。
- (2) 教材作成の容易性
教材の作成はワークステーションを対話形式により行うため、教材の作成・改訂が容易にできる。また、教材のテスト機能、文書化出力機能も備えている。
- (3) 生徒成績データの一元管理
学習者の学習来歴情報は、ホストコンピュータのデータベースに一元管理する。これを分析することにより、学習者への指導資料、講師の研究資料の作成が容易となる。
- (4) 現行の授業形態への適用性
時間割に基づいた従来の授業形態の中で、座学と併用して運用することが可能である。

- (5) 自主的な学習と管理教育との併用
各種授業形態(正規授業、自習、復習)への対応が可能である。また、能力別・進捗別の教材設定と制御、学習者に応じた適切な教材展開をする教材ができるため、自主的な学習にも講師の管理下の授業にも適用できる。

4 主な適用事例

4.1 企業内教育(職能教育への適用)

日本電信電話株式会社中央電気通信学園(以下、中央電気通信学園と言う。)のCAIは、昭和48年から実用に供されており我が国で最も歴史のあるシステムである。中央電気通信学園では昭和60年に従来のスライド方式のCAIに代えて光ビデオディスクとパーソナルコンピュータを用いた新しいCAL^{※5)}(Computer Assisted Learning)システムにP-VIEWを導入した。図6は新しいCAL教室を示すもので、47台のCAL学習装

※4) オーサリングシステム：CAIの教材を作成するための支援システムである。

※5) CAL：CAIと同意であるが、学習する側に主導権があることを強調してよく使われる。

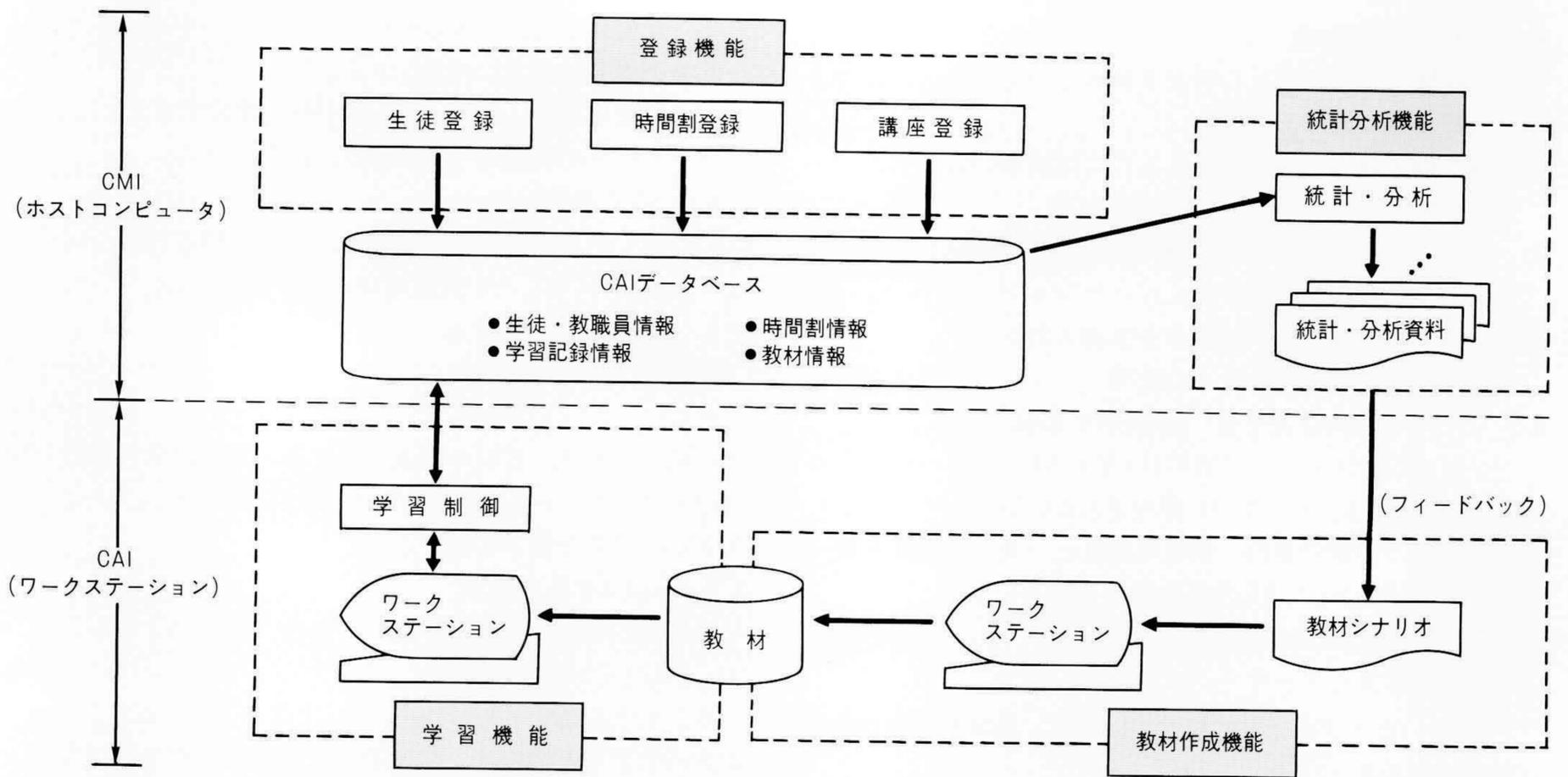


図5 統合形CAIシステムの概要 CAIデータベースを中心として、ホストコンピュータのCMIとワークステーションのCAIが結合されている。

置が置かれている。学習は正規の昼間授業のほか、夜間も22時まで開放されており自由に使い、CALの実を挙げている。日本電信電話株式会社ではCAL教室を全国13箇所の学園や研修センタに設置する計画で、昭和60年度から導入が開始された。昭和61年度からはCAL学習装置は更に小形化されている。日本電信電話株式会社では長年の経験を生かした教材を豊富に用意しており、社内で使用するほか社外にも販売している。

4.2 企業内教育(情報処理教育への適用)

日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社及び日立製作所の社内教育部門では、CAIシステムとして、MIGHTY CALを導入し、社内技術教育に成果を挙げている。教育の内容は

新入社員を対象とした導入教育、及び初級技術者の情報処理教育が中心である。教育(コースウェア)の開発は各社が分担し、完成した教材をグループ内で流通させ、また教材の質的向上を図っている。現在表1に示す教材が開発済みであり、グループ内各社で使用されている。情報処理教育へのCAIの適用については、本来の教育内容のほかにコンピュータ(特にキーボード)操作に慣れるという面での副次的効果も大きい。MIGHTY CALの主な導入効果を表2に示す。

4.3 一般教育(大学予備校への適用)

学校法人横浜アカデミー(以下、横浜アカデミーと言う。)のCAIとして、統合形CAIシステムが昭和61年度から適用されて



図6 日本電信電話株式会社中央電気通信学園のCAL教室 昼間の正規授業のほか、夜間も22時まで開放されている。

表1 既成教材(情報処理教育編) 情報処理教育に関しては、言語教育を中心として既成教材を提供している。

区 分	教 材 名
大形 計 算 機	(1) COBOL入門 (2) PL/I 入門 (3) FORTRAN入門
小形 計 算 機	(1) C言語入門 (2) PASCAL入門
そ の 他	(1) 情報処理技術者試験 2種 (2) COMET and CASL

表2 MIGHTY CALの導入効果 効果は、適用分野、適用方法により異なるが、企業内教育では、講師負担軽減の効果が大きいと言える。

	効 果
受 講 者	(1) マイペースで学習でき、学習効果が上がる。 (2) 自分のウイークポイントが分かり、弱い点を重点にして勉強ができる。 (3) 繰返し学習により、知識の定着化が図れる。 (4) 自分で操作しながら学習を進めるため、集中力が持続できる。
講 師	(1) 授業時の負担が軽減でき、遅れている受講者の重点指導ができる。 (2) 受講者の理解度、進捗度が把握でき、よりきめの細かい指導ができる。 (3) 教材の弱点が、把握でき、改訂が容易である。

おり、現在、数学と英語を主体にCAI授業を行っている。CAI教室を図7に示す。

CAI教室では、41台のB16/MXが利用されている。授業は予備校の本科生のほか、夏期講習などで一般の学生にも利用されている。

また授業は、現在希望者を対象に行っているが、申込者が多く盛況である。また授業も、学生が学習につまづくと何度も復習を重ねるようになり、また学生と講師とのコミュニケーションも、講義だけの授業と比べて密となり、学習効果を挙げている。

横浜アカデミーでは、長年の受験教育に基づく豊富な経験を生かし、独自の教材を順次作成し適用している。

5 今後の課題

CAIは現在ようやく実用の段階に入り、様々なハードウェア、ソフトウェアが出現している。今後のCAIは以下に述べる2点を中心に発展していくものと思われる。

(1) マルチメディア化

静止画・音声・自然画というマルチメディアCAIの基本的技術はサポートされているが、教材作成・改訂を容易にするため書換可能形光ディスクなどの新しい機器とその利用ソフトウェアを整備し、マルチメディア化のいっそうの推進が図られねばならない。



図7 学校法人横浜アカデミーのCAI教室 横浜アカデミーでは、大学受験などの学習に活用されている。

(2) 知的CAIの推進

知識工学を応用した知的CAIについては、AI(知識工学)の発展とともに研究が進められている。しかし、教育分野でのAIの応用はハードウェア面、ソフトウェア面だけでなく教育工学の見地から、教育理論の解析、学習者側の適正モデルの設定などの研究の比重が高い。これらの問題は、ハードウェアメーカー、ソフトウェアメーカーと教育工学の専門家、及び教育現場の教師とが、よりいっそう強い連携をとって解決していく必要がある。

6 結 言

本論文に述べたように、各ユーザーともCAIの適用により効果を挙げつつある。これらのCAIの光ディスクによる高精細画像やCAI/CMIの有機的な統合などの技術的基盤を基にして、更に効果的なCAIシステムを構築していく。また昭和61年7月に設立されたCEC(財団法人コンピュータ教育開発センタ)に日立製作所も積極的に参画するとともに、情報処理大学校構想のCAROL^{*6)}(Computer Aided Revolution On Learning)についても対応をしていく。

終わりに、これらのシステム開発に当たり御指導いただいた日本電信電話株式会社、学校法人横浜アカデミーの関係各位に対し、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 中山：CAIシステムと学習プログラム，日本経営総合研究所(1981)

*6) CAROL：情報大学校の標準カリキュラムに基づく情報処理技術者育成用CAIプログラムである。



Deep-UVレジスト(MRS)を用いたジョセフソン集積回路用リフトオフプロセスの検討

日立製作所 平野幹夫・矢野振一郎・他2名

電子通信学会論文誌 J69-C, 7, 816~824 (昭61-7)

ジョセフソンデバイスは、極低温の超電導トンネル現象を応用した素子であり、高速のスイッチング動作と低消費電力を兼ね備えた性能を持っていることから、将来の超高速計算機用の要素素子に適するものと期待される。それには、高集積化技術の開発が不可欠である。

従来、ジョセフソン集積回路のパターン形成は、低温リフトオフ法が用いられ、現在では $2.5\mu\text{m}$ ルールのパターン形成技術が開発されている。しかし、ジョセフソン集積回路のLSI化が進むにつれて、パターンの微細化が要求されるようになり、このため従来よりも優れた高精度なパターン形成技術の開発が必要になってきた。Deep-UV用レジストMRS(Micro Resist for Shorter Wavelengthsの略)は、 300nm 以下の短波長領域に強い感度を持ち、光の吸収が強いため架橋反応がレジスト表面近傍で起きるなどから、段差部の多いジョセフソン集積回

路用パターン形成の高精度化、微細化に適するものと考えられる。

本論文では、MRSレジストを用いたリフトオフマスクの形成条件、微細化の検討、更にジョセフソン集積回路試験チップを用いて、集積化プロセスへ適用した際の問題点とその改善結果について述べた。

リフトオフに適したオーバハング構造の単層レジストマスクは、Deep-UV密着露光と現像処理によって作製した。MRSレジストを用いた低温リフトオフ法($\sim 70^\circ\text{C}$)は、最小寸法 $0.8\mu\text{m}$ の線幅及び線間隔のPb合金配線パターン、及び $1.5\mu\text{m}$ 平方の接合形成用SiO開口部パターンを形成できることが分かった。

MRSによる新リフトオフプロセス技術を用い、Nbグランドプレーン膜、Pb合金電極膜など計13層、最小配線寸法 $1.0\mu\text{m}$ 、最小接合寸法 $1.5\mu\text{m}$ 平方で構成したPb合金系ジョセフソン集積回路試験チップを試作

した結果、本プロセスは集積回路の $1\mu\text{m}$ 線幅の微細パターン形成に適用できることを確認した。一方、試験チップ内に形成した42個の接合を直列に接続した回路から接合電流のばらつき(σ_{max})を調べた結果、 $5\mu\text{m}$ 平方の接合で $\pm 30\%$ 、 $2.5\mu\text{m}$ 平方で $\pm 55\%$ であった。この結果は、従来のAZレジストを用いたリフトオフ法の場合に比べて約3倍大きな値であった。接合電流のばらつきの原因は、下部電極表面に生じるMRSレジストの残さ(渣)に起因するものであった。その残さは、遠紫外光の中で発生させたオゾン(O_3)の表面清浄化処理によって除去でき、この対策によって、接合電流のばらつきは $\frac{1}{2}$ に低減した。

以上の結果から、MRSレジストを用いたリフトオフ法は、Pb系ジョセフソン集積回路のパターン形成法として十分適用できる見通しが得られた。

ロボットにおけるAI応用

日立製作所 中野善之・亀島鉦二

日本機械学会誌 89-815, 1174~1179 (昭61-10)

ロボットは、AI(人工知能)を備えることによって原子力をはじめとする大規模プラントのメンテナンスなど、新しい分野へ応用範囲を広げようとしている。本論文は、その研究開発の現状と将来展望について述べている。

ロボットでのAIシステムは、人間の命令及び周囲の状況を理解するプロセス、並びに行動を計画し実行するプロセスから構成され、目的に応じてその重点が決められる。自律形ロボットでは推論・判断に関する知能が重視され、代表例としてマクロ命令に従い自律的に部品を組み立てるロボットがある。また、2台のカメラで撮影した左右像の対応点を効率よく探し出し、3次元形状を認識するネットワーク算法が開発されている。また、超音波レーダによるまばらなエコーから、ヒューリスティックな手法

により物体形状を認識する方法が開発されている。知覚形ロボットでは、事象を直感的に把握する機能を重視する。そのため、環境モデルによる予測画像とカメラによる検出画像とを比較し、その不一致の程度によりロボットの計画ルートからのずれを検知する方法が開発されている。

ところで、いかに高度なロボットでも作業の大枠は人間が与えるので、その知的インタフェースは重要であり、言語を介してロボットに指示を与える方法、ロボットの行動を手続きネットでは表現し、予測できない事態へも対応する手法、環境を階層的に表現した移動用地図などが開発されている。

本論文では、AIロボットの具体例として、自律移動ロボットの研究成果が紹介されている。このロボットは、環境モデルと観測データとの照合から知識ベースを構成し、

これに基づいてカメラの映像を理解することによって、自律的に移動するものである。

最後に、今後の課題を展望してみる。ロボットを巧妙に動作させるには、多くの情報が必要であり、他方、人間が容易に操作するためにはロボットへの入力をより少なく限定する必要がある。このギャップを埋めるものとしてAIへの期待が大きい。特に認知科学の発展により、AIの研究はいつそう活発になるであろう。また、半導体技術の急速な進歩を背景としたセンシング及び制御技術の寄与するところも大きい。このように、知能ロボットは関連する様々な先端技術を取り入れ、実環境で本格的に行動する移動ロボットの開発期にさしかかっているとしている。