

## 日本における CAIハードウェアに関する 研究開発の動向†

堀口秀嗣\*

東京学芸大学\*

1977年以降の日本の CAI 研究の中で、ハードウェア関係について、論文や研究発表を中心にして動向としてまとめた。動向は次の三つの視点に集約できる。(1)実用実践を目的とした CAI システムの開発、(2)ハードウェア機能の開発・改善、(3)マイクロコンピュータの利用とスタンドアロン型 CAI システムの開発、この動向の底流にはマイクロコンピュータの発展と普及があり、ハードウェア開発も1976年以前の特殊化の方向から、マイコンや TSS 端末のような汎用の学習端末による一般的システムに移行していった。しかし、ハードウェアの問題がすべて解決して移行したわけではなく、応答入力の問題、コストの問題とコースウェアの互換性・移行性の問題が残されている。さらに学級のような集団を対象とした実用実践の CAI システムを考えると、現状のようなスタンドアロン化に対しては、学習記録の収集やコースウェアの配置の問題があることを述べた。

最後に望ましいハードウェア機能と機器構成について提案した。

### 1. はじめに

1976年以前の CAI 研究は、文部省科学研究費補助金の特定研究「科学教育」を中心としておこなわれてきた。その意味から、木村捨雄が執筆した大塚明郎編「教育工学の新しい展開」第6章は、特定研究の成果として CAI 研究のすべてではないとしても、それまでの CAI 研究の内容がまとめられたものといえることができる。

その後6年を経過し、マイクロコンピュータに代表されるテクノロジーの進歩はめざましいものがある。CAI の研究もそれにつれて変わってきている。本研究では、1977年～1982年に発表された論文・研究発表の中で、CAI ハードウェアおよびシステムに関するものを選び出し、さらに一部の研究紀要・資料を参考にしながら、筆者の主観・価値観も多分に含まれてはいるが、その研究・開発の動向をまとめた。

なお、日本における教育工学関係文献に関しては、岐阜大学カリキュラム開発研究センターの EDMARS に収録されており、CAI 関係のキーワードがつけられているものを参考にさせていただいた(後藤 1981)。

また、菊川(東海大)の教育におけるマイクロコンピュータ利用の現状紹介の中でも CAI の動向がまとめられており(菊川 1981)、参考にさせていただいた。

### 2. 実用実践を目的とした CAI システムの開発

#### 2.1 新システムの開発

1976年以前に開発された実用実践を目的とする CAI システムとして、次のシステムがあげられている(大塚 1977)。

- (1)機械振興協会
- (2)国立教育研究所・常盤中学校
- (3)原子力研究所
- (4)電電公社中央学園
- (5)神田外語学院
- (6)筑波大・都立小山台高校
- (7)筑波大学(マルチメディア)

その後開発された実践的 CAI システムを表1に示す。この中で、金沢工大の CAI は学習端末100台を有し、1981年前期には25コースで2,696名が学習しており、システムとしてはフル稼働の状態となっている(村本ほか 1981)。筑波大・竹園東小 CAI は小学校で初の利用として、またマイコンによる漢字かな混り文を提示する最初の CAI システムとして特徴がある(堀口ほか1978 a, b)。

1983年2月7日受理

† Hidetsugu HORIGUCHI\*: Trends in Research and Development of CAI Hardware in Japan.

\* Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei, Tokyo, 184 Japan.

表1 1977年以降に新規開発された CAI システム

研究・設置機関	稼動年度	端末台数	教 科・分 野	システム名称
金 沢 工 業 大 学	1977	100	数学, 物理, 情報工学, 電子工学など	クラスルーム CAI MES-II MILESTONE MILESTONE Jr. CAVIS  HHC による CAI
筑波大・竹園東小学校	78	40	理科, 算数	
日 本 電 子 専 門 学 校	79	34	電子工学, 情報処理	
筑 波 大 学	81	41	情報処理教育, 医学, 統計学など	
筑波大・石岡商業高校	81	25	情報処理教育	
日 本 工 業 大 学	81	40	コンピュータ工学	
都 立 向 丘 高 校	81	50	物理, 漢文	
都 立 調 布 南 高 校	81	50	数学	
都 立 小 山 台 高 校	81	50	英語	
京都市青少年科学センター	82	24		

## 2.2 1976年以前の実践的 CAI システムの更新・移管

初期に開発された実践的CAIシステムは5～10年経過し、更新・移管が相次いでいる。

(1) 機械振興協会はCAI研究の当初の目的を達成し、1979年4月、北海道教育大学函館分校に寄贈した。さらにそのコースウェアは23巻のプログラムブックとして多くの研究者に頒布された。函館分校では自作のコースウェアを開発し、1981年6月～7月に約80名の学生を対象としてCAI授業をおこなった。

(2) 国立教育研究所・常盤中学のCAIは、学校教育に最初に導入されたCAIシステムとして、単に中学校数学ばかりでなく、CAI研究全般に貢献し、1980年筑波大学に移管された。筑波大では教育実習の事前指導用として利用されている。

(3) 筑波大のマルチメディア CAI は、1981年に MILESTONE CAI に更新された(木村ほか 1981)。この更新によって、これまでもっていた機能に加えてビデオディスクを各端末がもち、カラーの動画・静止画が提示できる点、端末にマイコンとフロッピーディスクを内蔵し、オンライン型でもオフライン型でも利用できる点、APL をコースウェア記述言語としている点など多くの特徴を備えた(木村ほか 1982b)。

(4) 金沢工大CAIは、1982年、学習端末を日本語入出力機能をもったものに更新した。今後この入出力機能をどのように活用していくか注目される。

## 2.3 一般の TSS 端末を用いた CAI システム

愛知教育大では、心理学・教育学専攻生の必須授業「測定評価講義Ⅱ」で、CRT ディスプレイ 4 台を用いて、あき時間利用の自習形式で CAI による FORTRAN 入門を習得するように学生に義務づけた(今柴ほか 1981, 北岡ほか 1981)。東海大でも TL というコースウェア記述言語を用いて、通常のコンピュータ端末による CAI コ

ースウェアを開発中である(奥田ほか 1981b)。一部の工業高校、商業高校および大学にはすでに小型～大型のコンピュータと TSS 端末が設置されており、今後情報処理教育を中心として、一般の TSS 端末を用いて学習させる CAI が増加するものと思われる。

## 2.4 印刷物を主提示とした CAI システム

東京都では機器利用による個別学習の実験校として向丘高校、調布南高校、小山台高校に研究を委嘱した。3校が導入した個別学習器は、マイコンを内蔵した選択肢方式による学習器であり、提示内容はあらかじめ用意した印刷物(カード)によっておこなう。学習方式は小山台高校の簡易CAIとほぼ同じで、カードを読み、指示に従って回答を入力すると次に読むべきページが示される。端末台数は各校1学級ずつ計150台である。この研究は、以下の点でとくにその成果が注目される。

- (1) 東京都がCAIの実施に乗り出したこと
- (2) 対象教科が、向丘は物理と漢文、調布南は数学、小山台は英語というように多教科にわたっていること
- (3) 互換性を考慮し、同じハードウェアでおこなわれていること

## 3. ハードウェア機能の開発・改善

### 3.1 グラフィック機能の強化・改善

1977年以前にはほとんど見られなかったグラフィック機能は、この5年間で大幅に改善された。矢代ら(函館工専)はマイクロコンピュータを用いて関数や任意の図形を表示できるCAIシステムを試作した(国分ほか 1980)。このディスプレイは256×256ドットの解像度である。グラフィック機能は、市販品を利用するか自作・特注品かによって解像度やソフトウェア機能は異なる。現在市販されているパーソナルコンピュータ(以下パソコンと略す)のグラフィック表示能力は640×200ドットが主流であ

る。しかし、最近発表されたパソコン(たとえば PC8801, IF800モデル30など)では 640×400 ドットに解像度が高められており、1983年以降はこの程度の解像度が主流になると思われる。特注品としては筑波大 MILESTONE では 640×480 ドットという高い解像度のディスプレイが利用されている(木村ほか 1982a)。最近、大型計算機では端末機としてイメージディスプレイ装置が使用されはじめている。解像度は 780×1024 と非常に高く、ファクシミリを入力装置として作り出された画像(たとえば写真・地図など)もきれいに表示できる。現在はビデオ画像とコンピュータ画像が別画面として提示されているが、豊富なビデオ教材を生かすという意味から、特注品・市販品を問わず、ビデオ画像とコンピュータ画像を同一画面で提示する方法を開発する必要がある。また、市販のグラフィック機能は BASIC などの言語レベルで簡単に利用できる反面、提示速度はたへん遅い。現段階ではアニメーションには利用できない。

### 3.2 漢字提示機能

一部の語学教育(英語教育など)を除けば漢字提示機能は、日本の CAI では必須機能である。1976年以前には筑波大 CAI を除けばスライド、マイクロフィッシュまたは印刷物(カード、ブックなど)を主提示とするものであった。しかし、このような固定的な情報だけでは、教材作成コストの高騰、提示内容の改訂の困難さ、回答への対処の柔軟性に欠ける点、さらには自動生成型 CAI や人工知能型 CAI のような高度な CAI 機能の実現に対して困難な面がある。また、スライドやマイクロフィッシュ提示装置は機械的な動作が必要なため、ハードウェアの保守コストの増大も招いている。

これに対し、1977年以降は漢字かな混り文の提示内容をソフト化する傾向があらわれた。竹園東小 CAI では、教育漢字の範囲ではあるがドットによる漢字提示を実現した(堀口ほか 1978b)。また前迫ら(東工大)は手書き文字をドットグラフィック画像として蓄積し提示するシステムを試作している(前迫ほか 1980)。

1980年以降、16×16ドットの漢字パターン(JIS 第一水準、約3000)用 ROM が半導体メーカーから低価格で発売されている。1981年以降に発表された市販マイコン(たとえば富士通 Micro-8 など)はほとんど漢字 ROM を搭載できるようになっている。このように、漢字提示についてはドット解像度との関係はあるものの、技術面、価格面ともに解決したといえる。

### 3.3 動画提示機能

動画は静止画の組み合わせでは実現できない情報を学習者に伝達することができる。また、学習者の動機づけ

に文字によるより効果があるなど、たいへん魅力ある機能をもっている。1976年以前は動画をコンピュータコントロールできる CAI システムは皆無であった。その後、CAI として研究が進められ、二つの方式が提案された。

第一は、頭出しのできる VTR を利用したもので、戸田ら(神戸大)、矢代ら(函館工専)、安田ら(秋田大)により開発された(戸田ほか 1981, 矢代ほか 1980, 安田ほか 1979)。この方式の利点は、ビデオディスクに比べれば装置が低価格であり、自作教材も容易に作成できる。しかし、ランダムアクセスの観点からは、当然のことながらビデオディスクに劣り、静止画メモリとしての利用や静止画と動画を混在して利用することにも問題がある。

第二の方法は、ビデオディスクによるものである。現在のところ筑波大の MILESTONE、早稲田大の THE システム(寺田ら)により実現されている(木村ほか 1982a, 寺田ほか 1981)。静止画と動画の混在、動画の部分提示、動画の静止画としての利用、ランダムアクセスの高速性・正確性など、機能的には CAI にむいている装置といえることができる。しかし、VTR に比べて装置や媒体が高価である点、書き込みに大がかりな装置を必要とするために教材作成に費用がかかる点、内容の変更ができない点など、実用化のために解決すべき問題もある。1979年2月におこなわれた ADCIS 年会(米国)でも CAI の将来の機器としてビデオディスク特集を組むほどであり、今後注目すべき機器である。

## 4. マイクロコンピュータの利用とスタンドアロン型 CAI システムの開発

### 4.1 マイクロコンピュータを組み込んだ自作・特注システム

1977年以降、マイコンによる CAI システムの台頭がめざましく、実験システムとしては富田ら(福教大)、安田ら(秋田大)、清水ら(北教大函館)をはじめとして、続々と開発されている(富田ほか 1977, 安田ほか 1979, 清水ほか 1978, 1979)。実用実践のシステムとしても、筑波大・竹園東小、筑波大 MILESTONE、日本電子専門学校、日本工業大などが開発されている(堀口ほか 1978a, 木村ほか 1981, 平沢ほか 1979, 片山ほか 1982a)。今後、新技術を取り入れたシステム開発は、ほとんどマイコン化の方向に進むことが予想される。しかしこれらの自作・特注システムはハードウェア面でもソフトウェア面・コースウェア面でもシステム間の互換性がない。このことは、実用実践を目的としたシステムでは効率の悪いことになる。せめてコースウェアの移行性は

配慮しておく必要がある。

## 4.2 市販パソコン利用の CAI システム

大谷（長崎大）は市販のパソコンを用いて CAI 研究をおこなっている（大谷 1980）。この研究は CMI データを CAI の制御に利用していることと、音楽の学習に用いていることに特色がある。岡田ら（武蔵野市立井之頭小）は「数と計算」のドリルプログラムをパソコンで開発し、教室で利用している（岡田ほか 1981）。このような市販パソコンを利用した個別学習については、学会発表はされていないが、マイコン雑誌に毎月のように BASIC で書かれた CAI プログラムが発表されていることから考えても、全国の現場ですでに利用されているものと思われる。市販パソコンの CAI 利用は以下の利点がある。

- (1) 同一の機能のものを自作することに比べれば、はるかに低価格で実現できる。
- (2) BASIC やコンパイラ言語がサポートされている。
- (3) 同一のシステムが大量に売られているので、普及性に優れている。
- (4) コースウェアの移行性に優れている。

とくに 1981 年以降に開発されたパソコンは、漢字提示機能、グラフィック機能がハードウェア面でもソフトウェア面でも優れているので、CAI としての利用価値も大きい。また、最近 10 万円以下のパソコンも続々と発表されており、今後実用実践の CAI システムを構築する場合に利用できる。

## 4.3 スタンドアロン型 CAI システム

これまで述べてきたマイコン利用の CAI システムはほとんどスタンドアロン型 CAI である。スタンドアロン型の利点は

- (1) 小規模なシステム構成が可能である
- (2) 増設や機器の拡張性に優れている
- (3) 低価格である
- (4) ほとんど保守を必要としない
- (5) 付帯設備を必要としない

ことである。市販パソコンによる CAI は普及性、コースウェアの移行性に優れ、価格面から考えても自宅学習（ホーム CAI）にむいている。これまでの CAI はハードウェア開発とコースウェア開発を一体にして考えてきたが、今後はコースウェア開発が単独でおこなわれ、それを専業とする企業が出現することが予想される。しかし自宅学習のためのコースウェアは、学習場面に教師がいないために誤答処理のきめのこまかさが必要とされる。結果としてコースウェアが大きくなることが予想されるので、現時点のパソコンではメモリ容量、ファイル容量が不十分で、実行速度が遅いという問題点がある。また、

コースウェア開発をおこなう場合も、容量不足、支援ソフトウェア不足などの問題点がある。

CAI を学級のような集団で利用する場合、スタンドアロン型 CAI では学習記録の処理、学習の中断・再開の処理、コースウェアの配布など単体利用では問題にならなかった運用上の問題について解決しておかなければならない。

## 5. ハードウェアの今後の課題

### 5.1 学習者の反応入力改善

CAI は学習者とコンピュータとの対話によって学習を進めていく形態である。これまでの研究によって、コンピュータから学習者への働きかけ（提示）については多大な成果をあげてきた。漢字提示の解決など特筆すべき内容であろう。しかし、学習者からコンピュータへの働きかけ（入力）に関しては、選択肢や数値入力に頼っているのが現状であり、CAI としてこの方面の研究はほとんどおこなわれていない。CAI は他の分野と比較しても、最も入力が必要なウェイトを占める分野である。とくに学習者の多くはコンピュータへの入力という作業に熟達しない人たちであり、このような人々が自由に入力できる環境を作らなければならない点で、むしろ条件がきびしいといえる。反応のマッチング技法等、ソフトウェアによる改善が可能な面もあるが、それには限界がある。情報工学分野による解決を待つのではなく、積極的に入力の問題をわれわれの手で解決すべきではないだろうか。入力の改善なくして、人工知能型 CAI など高度な機能の実現はありえない。

### 5.2 新技術の導入とコースウェアの互換性

新技術の CAI への導入は、今後とも積極的に推進すべきものである。このような機能拡充は自作・特注システムによってなされてきた。しかし、これらのシステムによってなされてきた。しかし、これらのシステムはソフトウェアおよびコースウェアの互換性が全くなく、開発システムのコースウェアは最初から手づくりで開発したものだけしか利用できないのが現状である。コースウェア開発に膨大な労力を要することを考えれば、コースウェアがある限られたシステムでしか利用できないのは大きな損失である。現状で完全な互換性を要求するつもりはないが、移行・移植の必要が生じたときに、ほとんど機械的な作業だけでコンバージョンできることが望ましい。とくに実用実践を目的とする CAI システムを今後開発する場合は、この点に関するコースウェア構成・記述上の配慮が必要である。

### 5.3 運転費・保守費のかからない CAI システムの開発

1～2台の実験システムではほとんど問題にならない保守費、消耗品費も、40～50台と学習端末の台数が多くなると問題になる。学校教育の中では、とくに予算上の制約が強く、実用実践を目的とするCAIシステムでは稼動に際して発生する運転費（消耗品など）や保守費はほとんど要しないものでなければならない。学習端末がタイプライタ型からディスプレイ型となってこの問題は改善された。しかし、マイコンによるスタンドアロン型CAIが中心になってきた段階で、再びこの問題がクローズアップされてきたように思う。

第一にディスクが容量に比して高価である点である。現在、ミニディスク1,200円/枚の記憶容量はだいたい300kBくらいである。このディスクに収容できるコースウェアは、テキスト情報も含めると200～300フレーム程度である。これは学習時間にして2～3時間分の容量しかない。このほかに学習記録を保存するためにディスクが必要になるので、40端末のCAIシステムを年間を通じて運転する場合、1,000枚近くのディスクが必要になる。もちろん、これは教材の内容、対象学年、利用のされ方によって大幅に変わりうる数値ではあるが、大量のディスクが必要になることに変わりはなく、それは運転費の増大となる。

第二はディスクドライブの耐久性と信頼性の問題である。スタンドアロン型ではフロッピーディスクとCPUの間のデータ転送が頻繁になるので、現状のディスクドライブでは耐久性と信頼性の点で不安がある。時間の問題ではあるが、早急に大容量（少なくとも20MB以上）で信頼性の高い補助記憶装置を開発しなければならない。

## 6. 今後のCAIハードウェアに関する提案

これまでの動向と問題のうえに立って、今後のCAIシステムとして望まれるハードウェア像について、個人的な夢も含めた提案をしたい。

第一に考慮すべきことは、5.2で述べたように目ざましい進歩をみせるエレクトロニクスの技術を積極的にとり入れつつ、これまでの研究・実践の成果であるコースウェアを継承するためには、コンピュータ自身がそうであったように、CAIシステムも上方互換性を保つことである。それは具体的には入出力に関する標準化・上方互換性をとることに帰着できよう。

出力面では、さしあたり文字、図形、音声、動画について標準化をはかることが必要である。そのためには、

- ①文字の内部コードはすべて16ビットJISコードに統一すべきである。
- ②文字・図形の表示能力は上方互換性を考慮して、論

理空間を定義できるようにすべきである。たとえばNECのマイコンBASICでも文字に関するwidth文と図形に関するview文/window文によってすでに実現されている。

この2点を標準装備することで、既存のほとんどのコースの提示機能に関して上方互換性を有することができる。

入力面では、提示に応じて入力される選択肢入力、数値入力、文字（文章）入力と、非同期に入力される学習者からの要求（中断・再開や学習内容・制御に関する要求）に関して、手順の標準化と装置の開発が必要である。入力手段として、キー入力、音声入力、手書き文字入力が考えられるが、キー入力と手書き文字入力はCAIとして標準装備すべきである。

第二に標準的機能のROM化である。コースウェア記述の容易性と入力の柔軟な処理を実現するためには、反応入力の前処理やマッチング技法について標準的仕様を決めるべきである。前処理・マッチングに関しては木村捨雄による常盤中CAIや筑波大MILESTONEで実現している方法が参考になるが、さらに日本語特有のマッチング手法についても今後研究すべきである。ただし、機能の実現にあたっては、処理速度や記憶容量（辞書など）について慎重な配慮が必要である。

また、従来エグゼキュータがおこなってきたコースウェア記述以外の自動処理部分（中断・再開、学習記録の出力、内部変数の自動更新など）についても標準仕様を決定し、その部分はROMとしてハードウェア化をはかるべきである。

第三に十分な外部記憶容量の確保があげられよう。システムプログラム、コースウェア、学習記録のエリアを考えると、最低限1MBは必要である。ミニフロッピーディスクでも1MBの容量のものが標準化された現状では、それほど困難な問題ではないと思われる。ただしファイル管理、ファイルフォーマットを統一し、媒体としての互換性をもたせることが絶対条件である。

CAIのハードウェアとして、今後もさまざまなvariationが考えられるが、コースウェアの互換性や移行性の容易さを考えると、ある程度の類別が必要となる。そこで、これらの機能が標準実装されることを前提として、次のような三段階の機器構成を提案したい。

1. 最小構成：本体、キーボード（手書き文字エリアを含む）、ミニフロッピーディスク、数行の液晶表示エリアから成る。価格10万円以下、大きさもB5以下のもの。主提示は印刷物やカードでもよいが、家庭用TVに接続して主提示をおこなう方法でもよい。移動性と低価

格を重視し、家庭内教育や学校教育（普通教室）で用いることができるシステム。

2. 標準構成：最小構成の機能を含むことはもちろんであるが、表示能力は640×400以上あり、2～10MBの外部記憶装置をもつ。通信回線（カプラー内蔵）により外部との接続もでき、プリンタも標準装備とする。オプション機器（ビデオディスクや音声入出力装置など）を接続できるように拡張性に富んだハードウェア設計がなされていなければならない。ほとんどのCAIコースはこのシステムで実行できる。価格は30～50万円くらいで実現できるもの。

3. CAI研究用システム：ほとんどのコースウェアが常駐できる外部記憶容量（50～100 MB）をもち、先端的CAI研究ができるもの。内部は32ビットのマイクロプロセッサが実装され、音声入出力をもち、低学年児童や特殊児童など豊富な入出力機能と高度な処理技法が要求される利用にも効果を発揮するCAIシステム。とくに互換性は考慮しないが、オーサリングツールを充実させ、標準構成や最小構成のコースウェア開発用システムとしても活用できる。

## 7. お わ り に

1976年以前のCAIは、日本語という字母の多い字形の複雑な文字をもつ言語の特殊性を克服し、マンマシンインターフェイスの改善をはかることを主眼として開発が進められ、結果としてCAIを特殊装置化していった。しかし、LSI技術の発達と低価格なマイコンの出現から、コンピュータの機能を個人でさえ入手できるようになって、CAIハードウェアに対する考え方は一般化の方向に変わっていった。これは筆者が分担したハードウェア関係だけから得られる結論ではないが、一般化につれて研究の比重がハードウェアやシステム設計からエグゼキュータ機能、オーサリング、コースウェアと評価といったソフトウェアやコースウェア開発の方向に移っていった。メモリの低価格化と漢字ROMの開発によって、漢字提示問題が解決されたことも一つの要因であったと思う。しかし、入力の問題、コストの問題やコースウェアの移行性の問題は、CAIの実用化に入るために解決しなければならないハードウェア上の問題として残されていることを再確認しておきたい。

## 参 考 文 献

- 後藤忠彦ほか(1981) EDMARS 教育工学関係索引語別文献資料。CRDC Report, No. 112  
 後藤忠彦ほか(1982) 教材データベースを用いたCAIの構成。信学技報, ET82-2

- 平沢 進ほか(1979) MES-IIによる技術教育について。CAI学会第4回研究発表大会論文集  
 広瀬 健ほか(1981) ビデオディスクを用いた数学教育—THE システムのコースウェア—。日本科学教育学会第5回年会論文集  
 堀口秀嗣ほか(1978a) マイコンクラスルーム CAI システム。日本科学教育学会第2回年会論文集  
 堀口秀嗣ほか(1978b) マイコンを用いた CAI システム。信学技報, ET78-8  
 今栄国晴ほか(1981) 文系教養課程学生に対する CAI による FORTRAN 教育(1)。日本科学教育学会第5回年会論文集  
 稲富和夫(1977) マイクロコンピュータを用いたCAIシステム—そのハードウェア—。信学技報, ET77  
 稲富和夫(1978) マイクロコンピュータを用いたCAIシステム—そのハードウェア(2)—。信学技報, ET78-4  
 伊藤博夫(1982) ハンドヘルドコンピュータ (HHC) を学習端末とする CAI システムの開発。日本科学教育学会第6回年会論文集  
 神成明宏ほか(1981) マイクロプロセッサによる CAI システム。日本科学教育学会第5回年会論文集  
 神成明宏ほか(1982) 小規模 CAI 専用言語の開発。日本科学教育学会第6回年会論文集  
 葛西清和(1982) 音声を考慮したマイコン CAI。信学技報, ET82-5  
 片山滋友ほか(1982a) 日本工業大学におけるマイクロコンピュータ技術教育 [1]—カリキュラムと教育設備—。信学技報, ET81-11  
 片山滋友ほか(1982b) 日本工業大学におけるマイクロコンピュータ技術教育 [2]—JMC 2000EA 教育用パーソナルコンピュータのシステム構成—。信学技報, ET81-11  
 木戸能史ほか(1981) 情報処理教育に関する一試行—パーソナルコンピュータによる情報処理教育—。信学技報, ET81-3  
 菊川 健(1981) 日本におけるマイクロコンピュータの教育利用の現状。科学教育研究, 5(3)  
 木村捨雄ほか(1978) 小学校教育における CAI システムとその利用。日本科学教育学会第2回年会論文集  
 木村捨雄ほか(1979) 統計解析パッケージを用いた問題解決型 CAI—筑波大マルチメディア CAI システム—。情報処理学会第20回全国大会講演論文集  
 木村捨雄ほか(1981) MILESTONE CAI—システム構成と CAI 機能—。日本科学教育学会第5回年会論文集  
 木村捨雄ほか(1982a) MILESTONE CAI システム(1)—スタンドアロン型/TSS 型 CAI システム端末装置の構成と機能—。信学技報, ET81-11  
 木村捨雄ほか(1982b) MILESTONE CAI システム(2)—CAI モニタと I/O 処理機能—。信学技報, ET81-11  
 北岡 武ほか(1981) 文系教養課程学生に対する CAI による FORTRAN 教育(2)。日本科学教育学会第5回年会論文集  
 北岡 武(1981) LL 様 CAI。信学技報, ET81-6  
 国分 進ほか(1980) マイコンベース CAI のための教材のデジタル化とそのマネジメントシステム。CAI学会第5回研究発表大会論文集

倉重竜一郎ほか(1980 a) 個別学習用マイクロシステムの開発について(Ⅱ). 信学技報, ET80-6  
 倉重竜一郎ほか(1980 b) 個別学習用マイクロシステムの開発について(Ⅲ). 信学技報, ET80-7  
 栗林茂次ほか(1982) 個別学習器とそのシステム. 信学技報, ET81-11  
 前迫孝憲ほか(1980) 手書きボタンを用いた CAI システム. 日本科学教育学会第 4 回年会論文集  
 森本義広ほか(1982) マイコンを使用した演算機能を持つ CAI について. 信学技報, ET82-3  
 村本 紘ほか(1981) 金沢工大の CAI システム—教材の構造と特性—. CAI 学会第 6 回研究発表大会論文集  
 中山和彦ほか(1980) スタンドアロン型 CAI システム—汎用言語 APL をベースにした CAI エグゼキュータ機能—. CAI 学会第 5 回研究発表大会論文集  
 野尻 考(1979) 基トレナとステップ教育. CAI 学会第 4 回研究発表大会論文集  
 岡田 裕ほか(1981) マイクロコンピュータを使った「数と計算」のドリルプログラムの開発と実践(2). CAI 学会第 6 回研究発表大会論文集  
 岡本敏雄ほか(1978) 金沢工業大学 CAI システムの研究・開発. CAI 学会第 2 回研究発表大会論文集  
 奥田富蔵ほか(1981 a) CAI システム“CAPL”(1)—その言語とシステム設計—. 信学技報, ET81-2  
 奥田富蔵ほか(1981 b) 教材と戦略を分離して記述する CAI 言語. 情報処理学会第 22 回全国大会講演論文集  
 大洞信一郎ほか(1980) 図形漢字入出力機能をもった  $\mu$ CAI システム. 情報処理学会第 21 回全国大会講演論文集  
 大谷 尚(1980) パーソナルコンピュータによる CAI—CMI モジュールシステム—音楽の CAI のための実験的研究—. 日本科学教育学会第 4 回年会論文集  
 大塚明郎編(1977) 教育工学の新しい展開. 第一法規, 東京  
 瀬川 清ほか(1981) THE システムのハードウェア・ソフトウェアの問題点. 日本科学教育学会第 5 回年会論文集  
 清水純一ほか(1980) 映像教材を作るための映像検索—VTR のシーン検索と自動編集. CAI 学会第 5 回研究発表大会論文集  
 清水 清ほか(1978) 小さな CAI システムの開発. 日本科学教育学会第 2 回年会論文集  
 清水 清ほか(1979) マイコンベース CAI システムの開発. 日本科学教育学会第 3 回年会論文集  
 清水 清ほか(1980 a) マイコンベース CAI のための教材マネジメントシステム. 信学技報, ET80-9  
 清水 清ほか(1980 b) マイコンベースの教育システム. CAI, 1(1)  
 清水 清ほか(1981) 大学教育を強化するマイコンベース教育システムの開発. 日本科学教育学会第 5 回年会論文集  
 篠原文陽児ほか(1978) 金沢工業大学 CAI システム(Ⅳ)—その機能と運用—. 信学技報, ET78-1  
 高橋 賢ほか(1975) CAI 音声出力装置とランダムアクセス VTR 装置の開発. 信学技報, ET75-6  
 高橋 賢ほか(1978) 金沢工業大学 CAI システムの特徴とシステムプログラム. 信学技報, ET78-1  
 田村三郎ほか(1981) 複式学級におけるマイコンの利用. 信学技報, ET81-6

田村武志ほか(1981) CAI による教育訓練用シミュレーションシステムの開発とその利用効果. 信学技報, ET81-1  
 寺田文行ほか(1981) THE システムのコースウェアの内容. 日本科学教育学会第 5 回年会論文集  
 戸田雄三ほか(1981) VTR とマイクロコンピュータを用いた CAI システム. 信学技報, ET80-11  
 富田真次ほか(1977) マイクロプロセサの教育機器の応用. CAI 学会第 2 回研究発表大会論文集  
 山田明彦ほか(1979) パーソナル CAI. CAI 学会第 4 回研究発表大会論文集  
 山田明彦ほか(1980) 図形と日本語文章編集機能をもった  $\mu$ CAI システム. CAI 学会第 5 回研究発表大会論文集  
 山形積治ほか(1980)  $\mu$ コンピュータによる教育用手書き文字図形の実時間表示システム. CAI 学会第 5 回研究発表大会論文集  
 矢内一生ほか(1980) 児童向きパーソナル型 CAI. 信学技報, ET80-3  
 矢代和祐ほか(1980) CAI のための VTR システム. 日本科学教育学会第 4 回年会論文集  
 安田 浩(1977) Image Display による CAI システムについて. CAI 学会第 2 回研究発表大会論文集  
 安田 浩ほか(1979) 秋田大学の CAI システム. CAI 学会第 4 回研究発表大会論文集

### Summary

This paper reviews research and development of CAI hardware in Japan since 1977. The trends in this field can be summarized into three major categories:

1. Development of practical CAI systems.
2. Improvements in man-machine interfacing and CAI functions.
3. Development of microcomputer and stand-alone CAI systems.

All three trends are a result of the development of low-cost and highly functional microcomputers. Prior to 1976, the purpose of CAI research was usually to develop special-use CAI terminals for presenting the Japanese language (*kanji* and *kana*) or graphics. Since then, however, standard TSS terminals or microcomputers have been used as CAI terminals. This is primarily because these newer terminals are capable of a great variety of functions.

However, not all hardware problems have been resolved. Inputting Japanese and high cost, as well as courseware compatibility, etc., are still barriers to the development of CAI. New problems resulting from the use of stand-alone classroom CAI systems in are how to quickly and efficiently distribute courseware and gather student responses.

At the end of his report, the author proposes a list of functions which he considers desirable of any CAI hardware system.

(Received February 7, 1983)