アメリカにおける情報処理教育の
実態調査報告書

昭和53年3月

財団法人 日本情報処理開発協会
情報処理研修センター

はしがき

コンピュータの普及にともない，その適用範囲は拡大の一途を辿っており，教育の分野においても，研究対象としてのコンピュータ・サイエンスはもとより，各種の科学技術計算やデータの解析，あるいは情報の交換をおこなう上で不可欠なものとなるなど，今や，コンピュータは絶大な影響力をもつに至っております。

一方で，大学，学校および職業訓練の中で，学習カリキュラムそのものをプログラム化し，コンピュータに組み込み，あるいはまた，そうしたカリキュラムをコンピュータによって実行，管理する個別指導方式が米国およびヨーロッパのいくつかの国で開発されてまいりました。通常，それらは，CAI（Computer Assisted Instruction），CMI（Computer Managed Instruction）と呼ばれておりますが，（財）日本情報処理開発協会　情報処理研修センターでは，米国におけるこれらCAI，CMIの動向を調査するために，昭和52年5月に調査団（団長　筑波大学助教授斎藤信男氏）を派遣いたしました。

この報告書は，調査の成果をとりまとめたものでありますが，上記問題に関心をもつ方々のご参考になれば，さいわいであります。

調査団の派遣に際し，ご助言をいただいた（財）機械振興協会の板谷鋒一氏をはじめ，ご協力いただいた訪問先の方々，また，ご多忙の中を団長として調査にご参加いただいた斎藤信男氏に，厚くお礼申し上げます。

昭和53年3月

（財）日本情報処理開発協会
情報処理研修センター
所長　山内二郎

アメリカにおける情報処理教育の実態調査報告書

はじめに

1977年5月15日から6月1日まで18日間にわたり，CAI（Computer Assisted Instruction）の現状を中心としたアメリカ合衆国の情報処理教育の実態について視察を行った。参加者は，以下の三名である。

斎藤信男（筑波大学）

広松恒彦（情報処理研修センター）

小瀬村克也（情報処理研修センター）

本報告書では，最初に，日程順に従い，訪問先，面会者およびそこにおける調査事項の概要を示す。次に，六つのテーマを設定し，それぞれについて，各地の訪問先で得られた調査結果と，それらに対する筆者らの感想と所見とを述べている。最後に，参加者の総合的所見をまとめてある。なお，9月に行なわれたテキサス大学ホルツマン教授の講演と，得られた調査資料や文献のリストとを，付録として付け加えておいた。日程順の報告を縦軸，テーマ別の報告を横軸と考えて全体を読んで頂きたい。

最後に，この有意義な旅行を企画し実行して下さった情報処理研修センター，および，各訪問先で大変親切にして下さった多くの方々に対して，参加者一同，感謝の意を捧げる次第である。

（調査団を代表して）

斎藤信男

目　　次

1. 調査の目的

今回の調査旅行の主なるテーマは，米国におけるＣＡＩシステムの現状を調べ，その将来性をさぐることであった。情報処理研修センターは，その業務の主要部分が教育であるから，将来の教育手段の主流になる可能性をもつＣＡＩシステムに興味をもつのは，当然であろう。ＣＡＩシステムの研究や開発は，米国や我が国においてかなり以前から行われており，ＣＡＩプロジェクトが全米各地にあり，積極的にその開発が行われたと聞いている。また，我が国においても，いくつかのＣＡＩプロジェクトが行われている。

米国におけるＣＡＩの現状に関しては，我が国から調査団の派遣が何回か行われてきた。それらの報告書は，事前に手に入れることができた。特に，機械振興協会では，実用化したシステムを運用しており，数年前に米国に調査団を派遣している。我々は，訪問先を決定するにあたり，機械振興協会板谷蜂一氏の意見を伺った。ＣＡＩシステムは，米国でも開発途上の技術であるから，それは日進月歩の状態にある。板谷氏らの報告書から事前に得られた知識と，現地で見聞した事実との比較ができ，数年間の間にどのような方向へ進んでいるのかをうかがい知ることができ，興味深かった。

同一のＣＡＩシステムを調査する場合，同じ目的を持っていくのでは意味がないと思い，我々は，「ＣＡＩシステムのユーザ」という立場，すなわち，ＣＡＩを作るのではなくそれを使うという立場から調査してこようと申し合せを行った。ＣＡＩでは，計算機という情報処理システムを利用することにより，人間だけで行うよりももっと質の高い個別教育をすること，また，同じ質ならば，費用の安い教育をすることなどが，その目的と考えられる。このとき，計算機という機械だけを相手にして，本当に質の良い教育ができるのかという疑問が常につきまとう。また，逆に，ＣＡＩを用いるのに適した教育の場面は何かを追及することが重要な問題となる。このような問題点に対し，現地で実際に利用されている場面を調査することにより，何らかの解

答を得てくるのが，本調査の主要な目的であった。Illinois大学，Brigham Young大学，Minnesota 大学などは，その目的のために訪問している。

この調査は，本来，情報処理教育の実態調査という枠組に入っているから，CAIシステムに限らず，計算機を利用した教育，あるいは，計算機自身の教育という場面で特色があり興味を引く事項は，積極的に調査する積りであった。Carnegie-Mellon 大学，Texas 大学Austin 分校などは，その目的のために訪問している。また，各訪問先のコンピュータ・ファシリティの現状や将来構想についても，調査を行うことにした。これらは，平凡な問題と考えられるが，実際に見聞してみると，いろいろの特色がある利用法が見られ，大変興味深い結果が得られた。

2. 訪問先および調査事項の概要

ここでは，訪問先，面会者およびそこで行った調査事項の概略を，訪問の順序に従って述べる。

(1) Brigham Young大学（ＢＹＵ）…… 5/16(月)，5/17(火)

Brigham Young大学は，Utah 州Salt Lake 市の南５０マイルに位置するProvo 市にある。ここには，ミニコンを用いたＣＡＩシステムの代表であるＴＩＣＣＩＴシステムの開発を指導したVictor Bunderson教授がおり，実際にＴＩＣＣＩＴシステムを用いた英語や数学のコースが，大学の正規のカリキュラムの中で採用されている。ここでは，ＴＩＣＣＩＴシステムの全容を調査することにした。なお，当大学での案内や見学の準備は，コンピュータ・センター所長のG. Carlson博士に全面的にお願いした。

① V. Bunderson教授

米国のＣＡＩシステムの研究開発の現状，ＴＩＣＣＩＴシステムの現状と将来構想，ＣＡＩシステムの一般的な問題などについて質疑応答を行う。

② G. Rosaschi 嬢

Rosaschi嬢は，ＴＩＣＣＩＴの英語コースを作成した主要メンバーである。ＴＩＣＣＩＴのコースの作成法，端末の使い方について，説明を受け，ＴＩＣＣＩＴのコース（英語および数学）を実際に使用してみた。

③ H. Hendricks 氏

ＴＩＣＣＩＴのグラフィックス機能（graphic digitizer）について，説明を受ける。

④ J. Bennion 博士

ビデオ・ディスク装置を用いた個別教育システムの構想について，質疑応答を行う。

⑤ L. Browning 教授ほか

Language Translation Center において，自然言語の自動翻訳の研究について話を聞く。

漢字処理システムに，非常に興味を持っている。（Brigham Young大学は，モルモン教団が経済的援助をしているが，モルモン教の宣教のために，自動翻訳を実際に利用したいという要請がある。）

⑥ P. Robison氏ほか

大学内の計算機施設を案内してもらう。

IBM 360/75，IBM 7030(Stretch Computer)，DEC-10など。

⑦ Technology Department

Logic Laboratoryを見せてもらう。学生が，ICを組立てて，端末とのインターフェースなどを作成する実習を行っている。

(2) Illinois 大学…… 5/18(水)，5/19(木)

ここには，現在の米国で最も代表的なCAIシステムと言われているPLATOシステムを研究開発してきたComputer-based Education Research Laboratory（CERL）がある。現在のシステムは，PLATO—Ⅳと呼ばれており，Control Data Corp.（CDC）との共同開発を終え，CDCが商品としてこれを売り出している。Illinois大学は，新しい知能端末を開発して，PLATO-Vへと発展させることを準備中である。ここでは，PLATO-Ⅳの全容を調査することにした。なお，PLATOプロジェクトの当初からの指導者で，CERLの責任者であるD. Bitzer 博士とは，多忙の為面会することが出来なかった。

① B. Sherwood 博士

Sherwood博士は，PLATO—Ⅳのオペレーティング・システム開発の責任者である。

PLATO—Ⅳのシステムの概要，プラズマ・ディスプレイ端末の使い方，

コースウェア作成言語TUTORなどについて説明を受け，質疑応答を行う。また，PLATO−Ⅳの端末を実際に用いて，その機能をデモンストレーションしてもらう。

② J. Stifle 氏

PLATO−V用の知能端末（Programmable PLATO Terminal − PPT）の開発責任者である。

PPTの諸機能のデモンストレーションをしてもらい，プラズマ・ディスプレイの特徴，PLATOの将来像などについて，質疑応答を行った。

③ G. Friedman 教授

PLATO−Ⅳを用いて，計算機科学科の教育を行っている。実際に，FORTRAN，OS，論理回路など，いくつかのコースウェアが開発されていたので，端末を用いて説明を受け，CAIシステムを実際の授業で使うときの問題点，CAIシステムの効果などについて質疑応答をする。

④ 正本和朗氏（日立製作所……イリノイ大学留学中）

計算機センターの諸施設（Cyber 175, DEC−10, IBM 360/75）について，説明を受ける。また，Center for Advanced Computation の計算機施設（PDP11/70, 11/50, ARPA ネットワーク）について，説明を受ける。

(3) Carnegie−Mellon 大学…… 5/20(金)

ここは，現在，米国の計算機科学科でトップ・クラスにランクされており，ソフトウェア全般（言語，OS），新しい計算機システム（C. mmp, Cm*），人工知能などに巾広い研究活動を行っている。ここでは，4月に来日し，情報処理研修センターで特別講義を行ったA. N. Habermann 教授に案内を依頼し，現在行われている研究活動について，その概略を知ることを目的とした。

① P. Hilfinger 氏

ALPHARD 言語の現状と将来について，説明を受ける。

② B. Chansler 氏

Cm* の構想と，その将来について，説明を受ける。Cm* は，C.-mmp の次の段階のシステムとして提案された複合プロセサ・システムである。将来，40 個位のLSI－11のプロセサを持つシステムにする積りとのことである。

③ S. Harbison 氏

C. mmp の現状と将来について，説明を受ける。このシステムは，現在，ハードウェアの設置が完了し，計算機科学科の主要計算機システムとして開放されている。具体的なプロジェクトとして，ALGOL－68 のプロセサを実現したいと思っている。

④ P. Feiler 氏

FAMOS（Family of Operating System）について，説明を受ける。これは，OS の新しい設計法の提案であるが，Cm* のOS の設計を，この方法で行うことにしている。

⑤ 鈴木則久氏（Assistant Professor），横井俊夫氏（電子技術総合研究所），武市正人氏（電通大），安西祐一郎氏（慶応大）カーネギー・メロン大学に丁度滞在していた人達に集まってもらい，計算機科学科の現状，将来等について，意見をかわした。

(4) Northern Virginia Community College および Hazeltine 社…… 5/23(月)

Hazeltine 社は，TICCIT システムを開発したMitre 社の同系会社である。Mitre 社は，研究・開発を行う非営利会社であり，Hazeltine 社は，その成果を販売する営利会社である。ここでは，コミュニティ・カレッジでTICCIT システムを実際の教育の場面で用いているNorthern Virginia Community College（Virginia 州 Alexandria）へ案内してもらった。

① L. Zingg夫人（Hazeltine 社）

Northern Virginia Community College で，正規のコースとして用いられている場面を見学した。また，TICCITシステムの普及の現状，値段，PLATOとTICCITの差異などについて，説明を受け，質疑応答を行った。

(5) Minnesota 大学…… 5/24(火)，5/25(水)

Minnesota 大学は，Minnesota 州Minneapolisにあり，ここには，CMI（Computer Managed Instruction）の研究で有名なR. Tennyson教授がいる。ちなみに，Tennyson教授は，Florida州立大学から移ってきたが，Florida 州立大学には，PLATO−Ⅳシステムがある。（全米で，PLATO−Ⅳは，三システムしかない。）Minneapolisには，CDC社，Honeywell社などの本社があり，計算機産業が盛んなところである。特にCDC社は，Illinois大学と共同開発したPLATOを商業化しているので，Minneapolisの近くのArden HillsにPLATOシステムを一つ設置して，サービスを行っている。Tennyson教授の紹介で，いくつかのCAI関連の施設を訪問することができた。

① R. Tennyson 教授

学習の適応モデルについて，CAIとCMIとの差異について，CMIの将来についてなどの説明を受け，質疑応答を行う。また，Minnesota 大学周辺の計算機を用いた教育の現状について，説明を受ける。

② F. Cole（CDC Learning Center）

CDCのLearning Centerは，計算機技術の教育のために，CDC社が設置している教育センターである。誰でも，授業料を払えば，開設されているコースをとることができる。

CDCのLearning Center の目的や現状，PLATO−Ⅳのコースウェア，PLATO−Ⅳの値段などについて，説明を受け，質疑応答を行う。

③　R. Davis 教授

計算機に関する教育の現状について，ＣＡＩシステムの将来像，特に，マイクロ・コンピュータの発達による影響について，説明を受け，質疑応答を行う。

④　P. Smith 氏　（心理学科大学院生）

計算機を用いた外国語教育システム，MIL(Minnesota Instructional Language）について説明を受け，ドイツ語に関するコースについて，端末でデモンストレーションをしてもらう。

⑤　R. Franta 氏（University Computer Center ）

Minnesota 大学の計算機諸施設（Cyber 74，CDC 6400），KRONOS システムについて，説明を受け，センターを案内してもらう。

⑥　K. Brunbaugh 氏（MECC）

MECC（Minnesota Educational Computer Consortium ）とは，州政府，Minnesota 大学などが共同して作った組織であり，州内の中学校，高等学校，コミュニティ・カレッジ，大学などに計算サービスを行うことを目的としている。MECC の計算機施設（Univac 1110），MECC のサービスの問題点などについて説明を受け，計算機施設を案内してもらう。

(6)　Texas 大学 Austin 分校……　5／26(木)，5／27(金)

ここには，古くからＣＡＩの研究を行ってきたW. Holtzman教授がいる。ここでも，ＣＡＩプロジェクトが計画されたことがあった。最近では，Austin 分校は計算機科学全般に，良い研究活動を続けている。ここでは，Austin 分校でのＣＡＩの現状，計算機科学科の現状などの調査を目的とした。

①　W. Reed 博士，F. Crow 博士（Computer Graphics Laboratory）

グラフィック・ディスプレイを用いた機械工学科の教育，新しいグラフィック・ディスプレイ・システムについて，説明を受けた。

② C. Warlick 博士（Computer Center）

Texas大学Austin分校の計算機設備（CDC 6400/6600, DEC−10, Nova 840, IBM 370/155）について，CAIシステム（Nova 840）の現状について，大学内の計算機ネットワークの構想についての説明を受け，センターの諸施設を案内してもらう。

③ J. Peterson 博士（System Programming Laboratory）

システム・プログラムの教育用システム（Nova 3），新しいOSの開発，いろいろの端末などについて，説明を受ける。

④ D. Chester 博士

CAIにおける自然言語処理について，ソフトウェアの設計仕様の記述における自然言語の応用について，説明を受ける。

⑤ N. Dale 博士

計算機科学科の学部教育のカリキュラムについて説明を受け，質疑応答をする。

⑥ 国井利泰氏（東大…Texas 大学滞在中）

Texas大学Austin分校の現状について，説明を受ける。

3. テーマ別報告

ここでは，各地で調査した事項を六つのテーマに分けて，その総合的な報告を述べる。3.1から3.3までは，CAIシステムそのものに関する報告である。また，3.4は，各地で見られた興味のある教育の形態や方法について述べ，3.5は，それぞれの計算機施設を総括している。最後に，カーネギー・メロン大学への訪問を3.6としてまとめた。

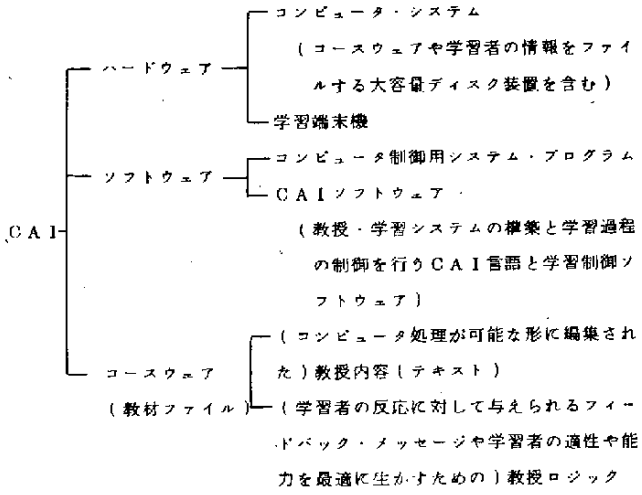
3.1 CAIシステムの現状

アメリカにおいて1950年代の末期に開発がはじめられたCAIは，その後のコンピュータ技術の急速な進歩を背景に，近い将来500万を超える学習端末を利用して年間数千万の生徒，学生，社会人が各学習者の能力，学習履歴等を考慮した適切な個別学習活動を展開するようになることが予測されている。

本節では，CAIおよびCMI（Computer Managed Instruction）とアメリカにおける現状を概観する。

現在のCAIシステムは図－1に示すように，多数の学習用端末機をTSSで操作できるコンピュータ・システムとソフトウェアおよびコースウェア（Coursware）から構成されている。

図－1　CAIシステムの構成



CAIシステムの学習形式として

(イ) 個別教授形式 (Tutorial mode)

(ロ) 練習・演習形式 (Drill & Practice mode)

(ハ) 問合せ形式 (Inquiry mode)

(ニ) 問題解決形式 (Problem Solving mode)

(ホ) シミュレーションおよびゲーミング形式 (Simulation & Gaming mode)

等があり，これらを組合せて最適な個別学習が行えるようにするためのコースウェアを作らなければならない。図－1に示すようにコースウェアは教授ロジックと教授内容から成り，CAIシステムの多くは教材作成者がコースウェアを記述するためのプログラミング言語(これをCAI言語という)を用意している。Michigan大学のK. L. ZinnはCAI言語を次の4つに分類している。

(Handbook on Formative and Summative Education of Student Learning , McGraw－Hill , 1971)

(1) テキストや質問の最小単位をフレームとしてプログラム学習(PI)の体系を記述するもの。

TUTOR(Illinois大学)

COURSEWRITER(IBM)

等30種

(2) 一定範囲の文脈を用いて自然言語で会話しながら学習をさせるもの。

ELIZA(MIT)

等5種

(3) 会話形式の問題を解決する状況を記述するもの。

APL(IBM)

BASIC(Dartmouth大学)

等20種

(4) 教材提示の手続きを記述するもの。

汎用プログラミング言語がこれに相当

一方，学習端末機を通じて学習状況を制御する方式を，J. R. Carbonel は次の2種に分類している。（AI in CAI, an Artificial - Intelligence Approach to Computer Assisted Instruction，

IEEE trans. on Man - Machine System, MMS-11, 4, 1970）

(1) Adhoc Frame Oriented CAI（AFO CAI）

あらかじめ予想反応を分析して体系化されたプログラムに従って制御が行われる→Program Control mode

(2) Information Structure Oriented CAI

（ISO CAI）

1972年頃からTexas 大学のV. C. Bunderson（現Brigham Young 大学）等により提案された方式で，学習の進行を制御する主体を学習者に持たせる，即ち学習の過程であらわれる生徒の臨機応変的反応に対する応答を一定の規則に従いながら生成していく制御方式で，学習者を制御するコマンドをコースに独立のものと，コースの中で使われるものとに分けて設定し，TICCIT システムにおけるコースウェア作成に適用している。（Learner-control mode）。

コースウェアの開発はプログラム学習方式のテキスト開発手順に準じた手続で行われることが多い。現在多くのCAIシステムのコースウェアの内容は，

(1) 学習目標を分析し，教授内容をテキスト・フレーム，教授ロジックをデシジョン・フレームで体系化し，学習者はあらかじめプロ

グラム化された学習体系の中で特定のフレーム系列を選択学習する。

(2) 学習目標の分析と，それをどのように学習させるかの分析を同時に行い，学習者がある程度主体性をもって学習ができる。

に分類できるが，いずれにしても作成者があらかじめ設定した状況の範囲の中でのみ学習コースが選択展開でき，その変更は困難な場合が多い。これに対して，コースウェアの制御情報，教授内容，学習者情報がデータベース的に構造化されていて，学習者の能力や学習履歴，学習状況に応じて学習コースがその都度最適に構成されるような展開が，今後に期待される。

今迄述べてきたように，個々の学習者に対して教材の提示と解答をコンピュータが制御する学習システムがＣＡＩであるが，これに対して最近コンピュータを利用した教授・個別学習の管理を行うシステム即ちＣＭＩの研究開発が活発になっている。ＣＭＩの機能として

(1) 個々の学習者の学習状況のモニタリング

(2) 学習データの蓄積と検索が可能

(3) 学習の進捗状況に適合した教材選定診断と提示

(4) 教授計画に必要なレポートの作成

等をあげることができる。

ＣＭＩにおける学習評価の形式をChicago 大学のB. S. Bloomは次の３種に分類している。

(1) 学習活動の開始時点における位置づけのための事前的評価

(2) 学習活動の途中で行う形成的評価

(3) 学習活動の終了時の学習成果を評価するための総合的評価

ＣＭＩの機能を向上させるためには教授学習過程での評価をどのような情報を用いてどのような手法で行うかについての検討が必要であり，そのためのＣＭＩデータベースの構築等が今後の課題といえよう。

アメリカにおけるＣＡＩの研究開発は１９５８年からの１０年間に精力的に推進され，200に近い大学や研究機関でＣＡＩのシステム開発，実践化研究が行われた。しかし，当時のＣＡＩ開発研究は，システム全体または部分的な機能の向上に貢献したにも拘らず，システムの互換性，開発コストの高騰等開発効率の悪さが指摘されるようになり，公的私的援助資金の不足もあって自然淘汰されだした。

このような反省期を脱して，現在は，content-oriented research的ではなく，system-oriented research に基づく集約化されたＣＡＩシステムの開発研究が活発化している。最近米国科学基金(National Science Foundation, NSF)はPLATO, TICCIT両システムにしぼって資金援助を続行することになった。これは両システムが対称的な性格を持ってはいるが，現在から将来にかけてそれぞれ大規模，および小規模の代表的システムとして開発が進められことが予測される。今回我々がアメリカのＣＡＩシステムの調査対象としてPLATO，TICCIT 両システムを選んだのもこの理由による。両システムの現状については次節で評述するが，本節の最後に，現在もひき続いて研究開発が行われている２～３の代表的なシステムを紹介しておく。

(1) ＩＭＳＳＳシステム（Stanford 大学のＣＡＩ）

このシステムで開発されたストランド構造をもつコースウェア（小学１～８年用算数プログラム，大学単位認定コースとなっているロシヤ語，コンピュータ言語，論理学等のプログラム）は，１９７０年に設立されたＣＣＣ（Computer Curriculum Corporation）より低価格で全米各地に提供されている。最大規模のユーザはシカゴ市教育委員会のもので，UNIVAC 1100システムにより100台の学習者端末を稼動させている。現在BASICを教育するＣＡＩシステム・ＢＩＰ（BASIC Instruction

Program ）の開発において，学習者の反応に対する応答を自動的に生成するシステムの研究が行われている。

(2) ＩＰＩシステム（Individual Prescribed Instruction, Pittsburgh 大学の個別処方的教授システム）

1960年以来，Pittsburgh 大学で研究開発が行われているＣＭＩシステムで，現在300近くの学校がＩＰＩプログラムにより教材や学習評価に関する情報の提供を受けている。このシステムではさらに1973年以降，テストの信頼性向上，採点の効率化を目標としたＣＡＴ（Computer Assisted Testing）とCAIを結合させたオンライン教授管理システムが試行されている。

(3) PLANシステム（Program for Learning in Accordance with Needs ）

1960年以降Westinghouse 学習社が中心となって開発が進められてきたシステムで，現在120の学校がこのシステムを利用し，50,000 人の生徒が学習者として登録されている。PLANでは1モジュール2週間程度の教材が1100以上開発されている。このシステムの特長の1つとして，学習コースの設定と評価を，学習者個人の能力や学習過程の他，学習者がどのような職業につきたいか，両親の希望はどうか，教育目標は，等を参考にして行っている点をあげることができる。

3.2 PLATOとTICCIT

3.2.1. PLATO－Ⅳシステム

PLATO－Ⅳ（Programmed Logic for Automatic Teaching Operation）はIllinois大学のCERL（Computer-based Education Research Laboratory）においてD.Bitzer教授を中心に1960年ごろから研究開発が行われたCAIシステムである。当初Illiac I（中型コンピュータ）に1台の端末機のシステム構成から始まり，その後I，II，IIIと段階的にシステムの拡張がなされ，現在のPLATO－Ⅳ システムでは1000台の端末機を同時に使用して個別学習が可能な，世界最大規模のシステムに発展している。

システム構成を図－2に示すが，その規模と性能は次の通りである。中央の計算機は，主記憶装置の容量が65k語（1語60pit）で，CDC独特の技術である2M語の拡張記憶装置（Extended Core Storage：主記憶との間のアクセス・タイム＝5μsec，転送率＝10MW/sec）を持つCDC Cyber 73システムである。現在の大型計算機の課題は

(イ) 主記憶装置の大容量化

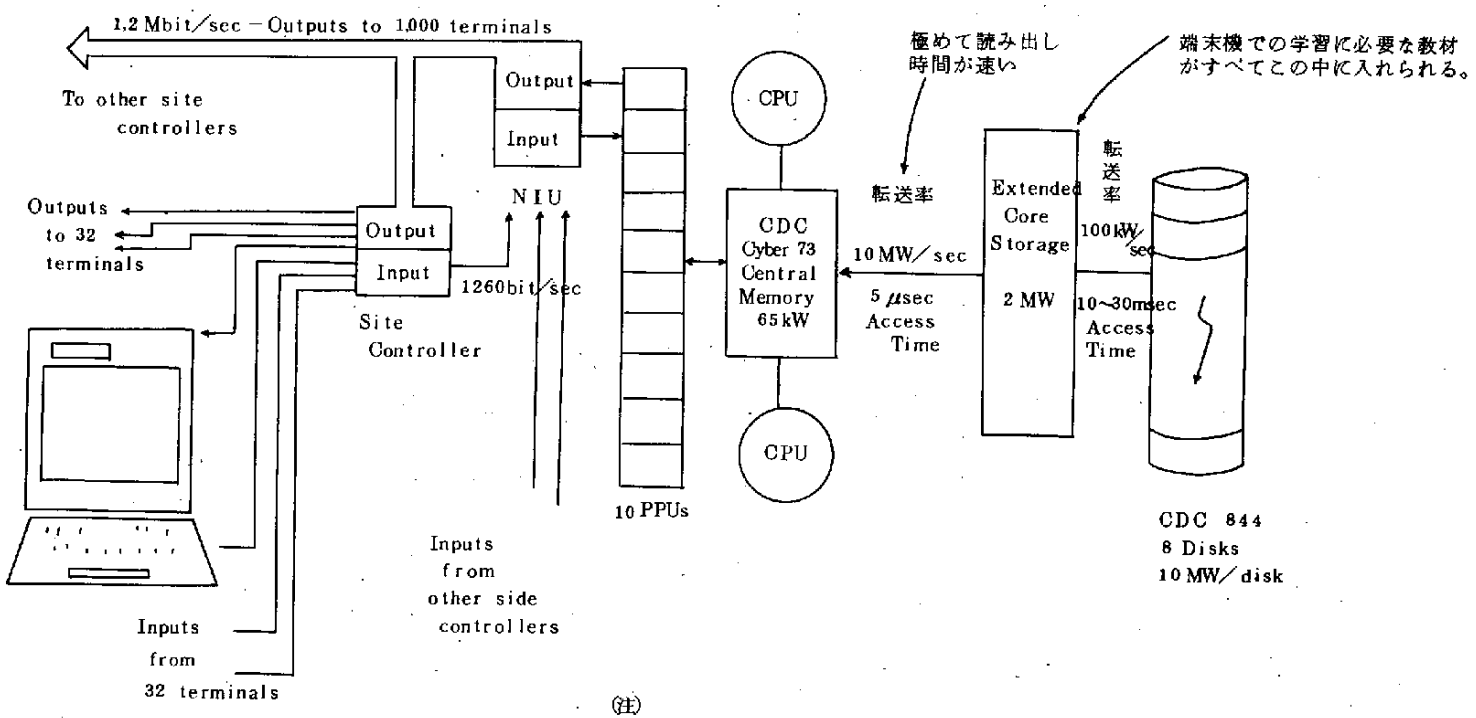
(ロ) 主記憶メモリの高速読み出し

であるが，LSI技術と費用の面でこの両立が困難であるとし，代替案として図－3のように

(イ) 低速アクセスの大容量主記憶装置

(ロ) 数～数10kWの高速バッファ・メモリ（主記憶メモリの読み出しは低速だがCPUから高速読み出し可能）の設置

の型がポピュラであるが，PLATO－Ⅳ システムで我々はCDC独特の技術に接することができた。



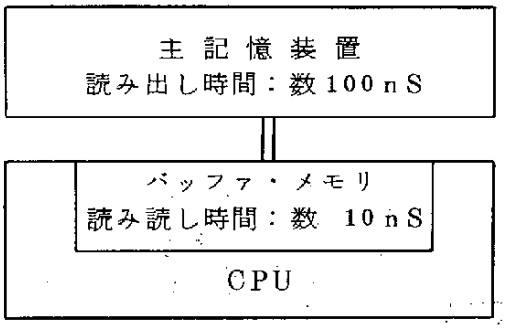
(注)

NIU : Network Interface Unit

1W = 60 bit (1W = 10Byte, 1Byte = 6bit)

PPU : Peripheral Processing Unit Computer

図－2　PLATO－Ⅳ システム構成



図－3　高速バッファ・メモリを持つコンピュータ・システム

PLATO－Ⅳシステムでは，すべての教材は8台（現在）の大型ディスク装置（1台の容量：10W語）にファイルされており，学習者からの要求により必要な教材がECSに移される。ECS内の教材は主記憶との間をスワップ・イン／アウトされながら実行されるが，ECSのアクセス・タイムや転送率が磁気ディスク装置のそれらに較べ，1/10以下および100倍以上であり，この性能により，数百の学習端末と平均レスポンス時間15msec程度での処理を可能としている。このECSが同容量の主記憶メモリに較べて安価であるのは勿論である。

次に，学習端末装置とコンピュータとのインタフェースはNIU（Network Interface Unit），サイト・コントローラ装置（Site Controler Unit）および伝送回線を用いて行っている。NIUによりTV向け用に変換されたデータはサイト・コントローラのライン集中制御方式により1本の回線で32台の学習端末の情報の処理が可能になるよう設計されている。

D. Bitzer教授を中心にコンピュータ・サイエンスの専門家グループによって開発されたこのPLATOシステムはアメリカのどのCAIシステムよりシステムの信頼性が高いと評価されており，システム・ダウンによって学習が中絶されることは稀で，たとえ故障しても数分内に回復が可能ということである。

PLATO－Ⅳシステムの学習端末には，このために独自に開発されたプラズマ・ディスプレイ装置が使われている。この端末のディスプレイ・パネ

ルには22cm × 22cm の大きさの2枚のガラス板から成り，その間にネオンを主成分とするガスが封入されている。このパネルは縦横各 512 のグリッドの電圧を加えられた交点の座標点がオレンジ色に放電する。この放電は電圧の変化に対しても極めて安定しており，パネルに内蔵されているメモリにより消去命令を出さない限り放電は持続する。またこの端末にはパネル後方からカラー・イメージを投影でき，コンピュータから送られてくる画像と重畳させることも可能になっている。このカラー・イメージは4×4インチのマイクロ・フイッシュの中に入れられた256の中から0.2秒程度の速さでセレクトできる。またこのマイクロ・フイッシュは簡単に交換ができる。さらにこの端末にはランダム・アクセスのオーディオ装置と，赤外線センシング装置が付加できる。オーディオ装置はストアされている20分のメッセージを4096の任意のスタート点をランダムにアクセスして（アクセス・タイムは 0.2 秒程度）出力することが可能である。赤外線センシング装置はパネル表面に赤外線ビームが16 × 16のグリッドで放たれており，パネル面上の一点を指で触れるとその座標位置の情報がコンピュータに送られて処理されるようになっている。

PLATO−Ⅳの Illinois システムの約1000台の端末装置は，California州San Diego からMassachusetts州Bostonまで全米に散らばっており，Illinois 大学のキャンパスには約200台程度設置されている。

Illinois 大学	: 200台
同大学周辺の小学校	: 100台
同大学周辺の Community College	: 30台
Chicago	: 100台
Chicago 周辺の Community College	: 30台

図－4　Illinols 大学周辺の端末装置設置状況

これらの端末相互の間の交信も可能で，例えば Illinois の端末が California の端末との連絡ができるように複雑な端末相互間のコミュニケ

ーション・システムが確立されている。これにより教材作成者がレッスン記述に疑問を持ったときはCERLのオーサ・コンサルタントと会話をすることができるし，ある端末で実行中の教授内容を別の端末に出力させることもできる。あるいは端末装置で学習している学習者に対して他の端末で教材を作成している教材作成者が学習者の反応を見たり，質問に答えることも可能である。

現在，PLATO－Ⅳシステムはハードウェアからコースウェアまでを商品としてCDCが販売しており，Illinoisシステムの外，Minnesota州Arden HillsのCDC社，Florida州TallahasseeのFlorida州立大学等，アメリカ国内に計3システム，Canadaに1システムが稼動中であり，この中でIllinoisのシステムとCDCのシステムはNetworkを構成している。今後，さらにWashington，Baltimore，Cleveland等に設置が検討されているようである。

PLATOシステムのコースウェアを記述するために開発されたCAI言語TUTORは，教材作成者や学習者の要求を取り入れて年々改良されており，最近ではアラビア語のレッスン用に右から左へ書くことも可能になった。

TUTOR言語は，グラフィック・ディスプレイに関するものとコンピューテーション・ステートメントに関するものとでそれぞれ独立に構成されており，これらを用いて教材作成者が独自の方法でコースウェアをプログラミングし，会話形式で端末装置を使用してCAIセンタのディスク装置に入れたり，すでに作られている教材を部分的に修正することもできる。これを可能にするためにTUTORの他にコマンド・タグ言語があり，プラズマ・ディスプレイ装置の機能を生かしていろいろの図形を描かせる命令や計算命令等，150種類の条件付命令が使用できる。

PLATO－Ⅳシステムに対する教材の開発は，小学校レベルの読み方や算術，Community Collegeレベルのものから大学の単位取得用，さらには政府機関や社会人の教育訓練用まで広範囲のコースウェアが（10000時間程度，200に近い学科におよぶ）開発されており，PLATO端末を用いて個別

学習が展開されている。コースウェア・ライブラリに登録されている科目には

英語，外国語（フランス語，ドイツ語，ロシア語，日本語，中国語，ラテン語，スペイン語，イタリア語，アラビア語等）数学，論理学，プログラミング言語，計算機一般，ＯＳ，物理学，化学，看護学，政治学，哲学，経済学，会計学，気象学，生物学，図書館学，音楽等，広範囲のものが含まれている。

１つの教材を 30 分学習するために 8060 語が割り当てられており，それぞれの教科に適した教授ストラテジー（例えば，Drill & Practice mode, Tutorial mode, Inquiry mode, Simulation mode）が取り入れられ，柔軟な学習が展開可能になっている。Illinois 大学では毎日 500 人以上の学生がＰＬＡＴＯ－Ⅳシステムを使用して個別学習を行っている。

すでに述べたようにＰＬＡＴＯ－Ⅳシステムのコースウェア開発手順はＴＩＣＣＩＴシステムのそれとは全く異なり，教材作成者独自の方法によって作成され，しかも各教材は教材作成者の権利を守るためにシステム・レベルで保護されており，教育心理学者や授業設計の専門家による改良がやりにくいシステムになっている。これが理由で教材の質のバラツキが大きいという意見も聞かれるが，我々が試みたいくつかの試行では，例えばSimulation mode で化学実験の操作を学習する教材等は大変よくできていて感心しながらプラズマ端末を操作した。システム開発担当者の考えでは，長い年月の間に学習者の選択により良い教材だけが残るということのようである。

3.2.2 TICCITシステム

TICCIT（Time－shared Interactive Computer Controlled Information Television）はMitre社とUtah州Saltlake市の南50マイルのProvo市にあるBrigham Young大学（BYU）との共同開発によるコミュニティカレッジ等における地域教育を志向した小規模のCAIシステムである。Mitre社がハードウエアとソフトウエアの開発を担当し，C. V. Bunderson教授を中心としたBYUの100名程のスタッフがコースウエアの研究開発，評価手法の研究を担当している。

TICCITシステムの構成を図－5に示す。商業用汎用コンピュータ・システムの中からMitre社によって選らばれた信頼性の高いTICCITのコンピュータ・システムは主プロセッサとしてNOVA800（記憶装置の容量：64kW），128の学習端末機を制御するためのターミナル・プロセッサNOVA800（記憶装置の容量：32kW）から成る。

学習端末装置は10MHzのCATVを通じて制御される

カラー・ディスプレイ（ソニーのカラーテレビが使用されていた）

オーディオ

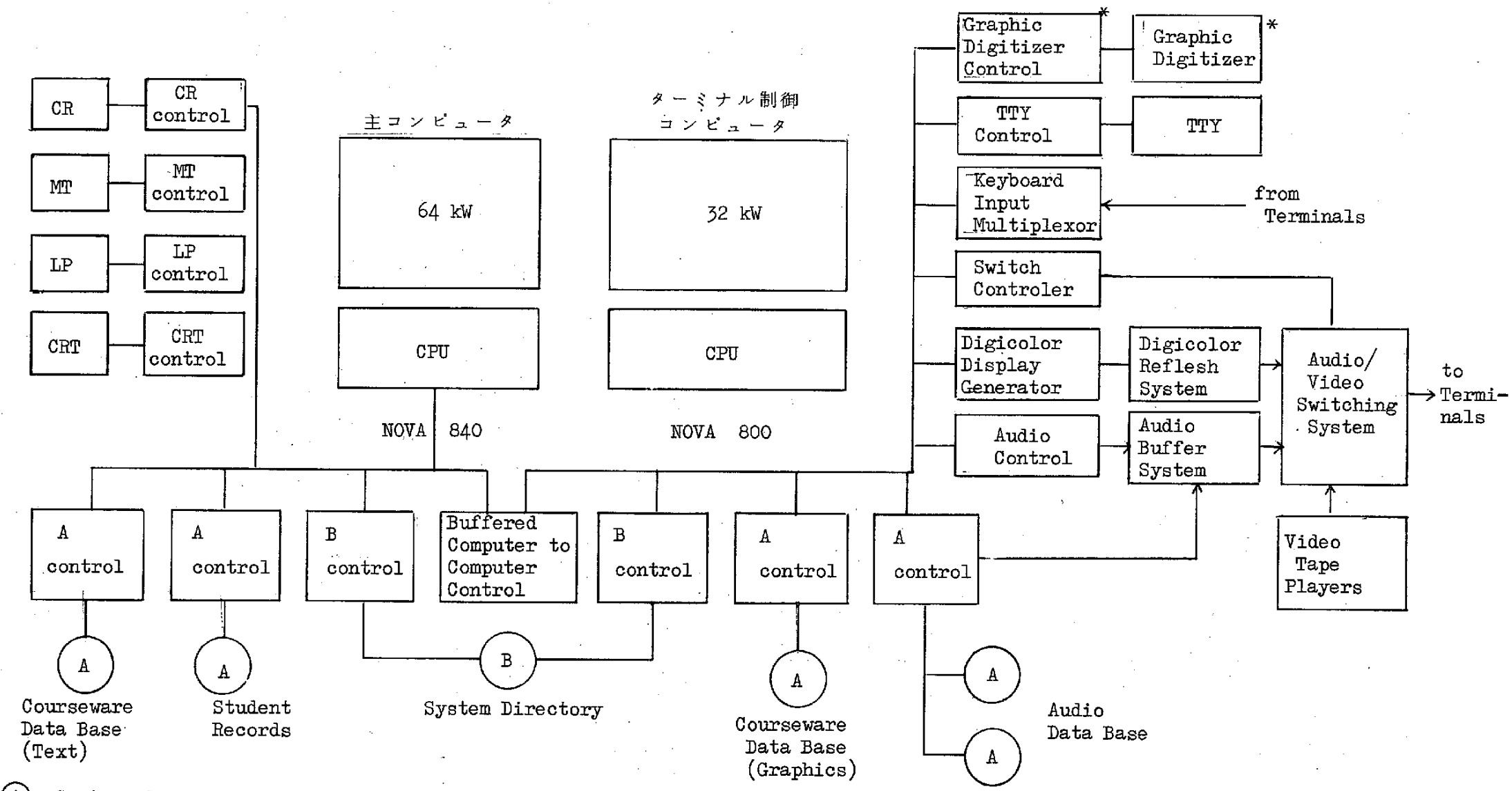
キーボート

から成り1システム最大128台まで制御可能になっている。TICCITシステムはすでにHazeltine社（Mitre社は開発研究担当）から販売されており，学習端末数，オーディオ装置の有無，学習者レコードや教授内容を記録するメモリ容量等により6種類のシステム構成が最低56万ドル（学習端末数32台でオーディオ装置を含まず）から78万ドル（学習端末128台でオーディオ装置を含む）の価格で提供されている。TICCITシステム開発グループはこの価格の50％程度を目標にしているようである。

TICCITシステムのソフトウエアは，

TICCITオペレーティング・システム

アプリケーション・プログラム



Ⓐ: Century 114 Moving Head Disc Memory 12 MW

Ⓑ: Fixed Head Disc Memory 128 kW

* : Optional

図－5　ＴＩＣＣＩＴシステム構成

オーサリング・ソフトウエア

から成る。オペレーティング・システムは100以上の端末を同時に使用してＣＡＩ学習を効果的に行うために特別に設計されたもので，すべての端末がコースウエアの学習およびオンラインによる教材作成のために使用できる。アプリケーション・プログラムはコースウエアを履修するためのプログラム群で，学習者からのすべての入力情報を処理する。このプログラムは

Answer Processing

Advisor

Logging

Primary Instruction

Map

Test Logic

の部分から構成されている。

ＰＬＡＴＯシステムにおけるＴＵＴＯＲのような教材作成用のＣＡＩ言語はＴＩＣＣＩＴシステムにはない。ＴＩＣＣＩＴシステムにおけるコースウエアの作成は，オーサリング（authoring）・チームにより徹底的な検討を加えられながら行われる。オーサリング・チームは教育心理学者，科学専門家，教育機器専門家，プログラマ等多数の分野の専門家から構成されている。コースウエアの開発は次に述べるラーナ・コントロール（learner control)型の学習を行わせるための一定の枠組，即ち4つのレベル（コース・レベル，ユニット・レベル，レッスン・レベル，セグメント・レベル）の階層構造を持つように構築される。教授内容と教授ロジックは別々にファイリングされていて，オーサリングを効率化し，教授ロジックの修正等を容易にしている。コースウエア開発の手法は，目標をいかに学習させるかという目標分析と，一般的法則，その法則に関する質問，事例の説明，例題，法則と事例・例題の関係，ヒント等をどのような系列でどの程度提示するかを検討する方略分析の2つのアプローチを基本として行われている。このようにコースウエア

の作成に工数，費用がかかるので，コミュニティ・カレッジの教材（英語，数学，物理等）を中心に開発されているが，まだ広い教科をカバーするまでにはいたっていない。

次にTICCITの個別学習のラーナ・コントロール方式について触れる。（図6）。

PLATOを含め多くのCAIはプログラム学習方式の展開をそのままとり入れ，教材作成者の設計した学習フレームに従って学習過程を制御する所謂「プログラム制御方式（Program control mode）」に従って教授内容，教授ロジックを構築しているが，TICCITシステムでは学習者の学習過程を制御する主体を学習者自身が行うという「学習者制御方式（Learner control mode）」によって個別学習が行われる。

Learner control modeの下で学習者の能力，学習者の多様な反応あるいは学習者のタイプ

例えば　分析的か総合的か
　　内省的か行動的か
　　直観的か組織的か

に適した学習コースを構築するための学習者制御コマンドが用意されている。TICCITシステムでは学習者制御コマンドを

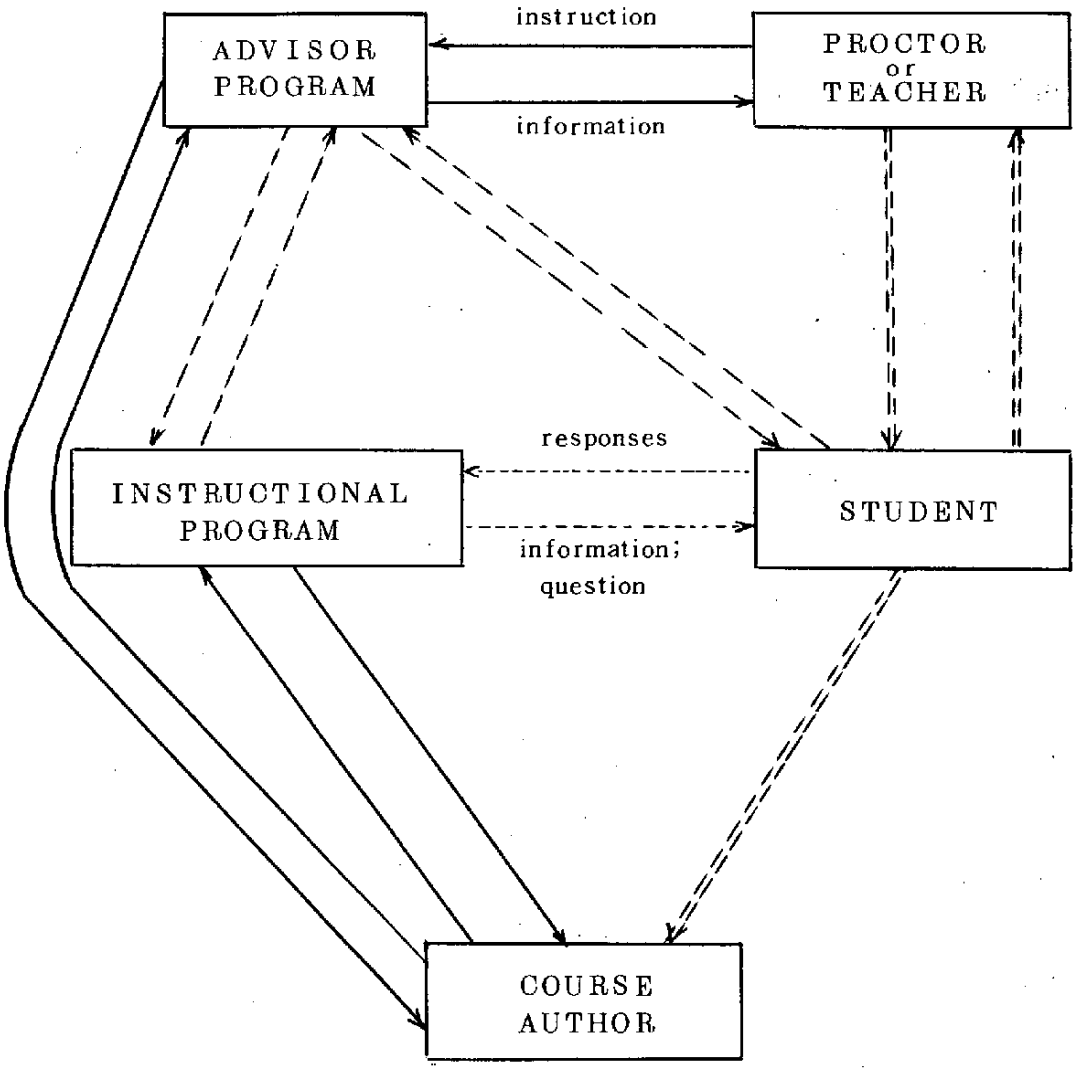
学習コースに独立なコマンド

（BACK，STOP，CALC，REPEAT，～）

学習コースに依存して使われているコマンド

（ADVICE，OBJECTIVE，MAP，～）

に分けている。



---------- L^0 : The basic instructional process

— — — — — L^1 : Control instructions & data

———————— L^2 : Material relating to the overall instructional process

= = = = = = L^3 : Human, natural language communication

図－6　TICCIT CAI学習者制御モデル

ラーナー・コントロール方式における学習展開は学習者の誤回答の訂正や困難な課題に対する適切なアドバイスの提供といった通常の機能の他，

(1) 学習者による学習コースの構築：最良の学習コースを強制的に学習者与えるのではなく，学習者の履修速度と学習者の希望をとり入れた学習方略を学習者の選択により構築させる。

(2) 多様な学習者の反応要求に対応できる教授ロジック：学習者の要望により

main 系列

help 系列

investigate 系列

challenge 系列

等が選択活用できる。そのために自由に情報を検索できる data dictionary が整備されている必要がある。

等学習者が能動的にＣＡＩシステムを制御できる機能を持っている。

このラーナ・コントロール方式のＣＡＩシステムは，学習者側に自己評価，自己学習能力があると考えられる高校，コミュニティ・カレジあるいはそれと同等のレベルの教育において極めて有効であるとV. C. Bunderson 等は指摘している。

ここで，PLATOとＴＩＣＣＩＴの値段について整理しておこう。

(1) PLATO

○ プラズマ・ディスプレイ（ハードウエア）の買取り価格

…… 5,000 ドル

○ 知能型プラズマ・ディスプレイ（ハードウエア）の買取り価格

…… 5,200 ドル

○ PLATOのプラズマ・ディスプレイのレンタル料

…… 500～600 ドル／月

(2) TICCIT（Hazeltine 社の資料による）

現在，TICCITには，六個の異なった構成がある。

System Ⅰ…… 32 端末，1,000人の学生の記録，600時間分の教材の領域

System ⅠA … System Ⅰ ＋ オーディオ装置

System Ⅱ…… 64 端末，1,000人の学生の記録，750時間分の教材の領域

System ⅡA … System Ⅱ ＋ オーディオ装置，さらに150時間分ふえる。

System Ⅲ…… 128端末，4,000人の学生の記録，1,200時間分の教材の領域

System ⅢA … System Ⅲ ＋ オーディオ装置

以上，どのシステムも，次のものをオプションとしてつけられる。

1) グラフィック・ディジタイザ

2) ディスク・ドライブ

3) ソフトウエア・サポート・パッケージ，

さらに，学生用端末には，ライト・ペンがつけられる。

○ システムの価格

System Ⅰ	560,000ドル
System ⅠA	650,000ドル
System Ⅱ	640,000ドル
System ⅡA	730,000ドル
System Ⅲ	730,000ドル
System ⅢA	780,000ドル

○ 周辺装置の価格

☆ 端　末

個　数	ライトペンなし	ライトペンあり
8 ～ 15	2,400 ドル／台	2,700 ドル／台
16 ～ 30	2,350	2,600
31 ～ 50	2,300	2,550
51 ～100	2,250	2,500
101 ～200	2,200	2,450
201 ～400	2,150	2,400

☆ グラフィック・ディジタイザ　240,000 ドル

☆ ディスク・ドライバ　240,000 ドル

☆ ソフトウェア・サポート・オプション　240,000 ドル

3.3 CAIの将来

ここでは，この調査旅行で見聞した事項のうち，ＣＡＩの将来について重要な意味をもつと思われる点をいくつか述べる。これらは，次の二つの主題にまとめられる。

・マイクロ・プロセサがＣＡＩに与える影響

・ＣＭＩ（Computer Managed Instruction）の実現

(1) ビデオ・ディスク・システム

Brigham Young大学のJ.Bennion 博士は，将来のＣＡＩ（あるいは，会話型個別教育システム）として，ビデオ・ディスク・システムの利用を熱っぽく話してくれた。ビデオ・ディスクは，ＶＴＲのディスク版で，我が国でも最近，各社が相次いで商品化を発表している。Bennion博士によれば，Philips社のハードを使い，ＭＣＡ（Music Corporation of America）がハリウッドの名画をディスクにして売り出そうとしているとのことである。ビデオ・ディスクの再生装置は，15 万円位で購入できるが，その録画装置は，80,000ドルもするので，各家庭で購入するわけにはゆかない。ＭＣＡでは，名画のアルバムを売り出しているが，ディスク１枚の製造コストが50～60セントであり，２時間の長さの名画を４枚セットにしたアルバムが２～１０ドルの価格で売られている。

ディスクのトラックは，１インチ当り12500 本あり，１秒間に３０回転する。ディスク片面で，６０分もつので，一枚で２時間の映像が記録できる。画像は，ＶＴＲと同様に，家庭用の標準テレビ受像器で見ることができる。再生には，レーザ光を用いるので，完全な光学システムであるが，勿論，オーディオも録音できる。

ビデオ・ディスクは，ランダム・アクセスが可能であり，そこが，ＶＴＲと異なる特徴である。ＭＣＡで売り出している装置にも，カウンタがついており，任意のフレームに等速に切り換えることができる。Bennion博士は，ビデオ・ディスクのランダム・アクセスの機能をＣＡＩに利用しようとして

いる。博士によれば，ビデオ・ディスク再生装置に，英数字と制御のキーボードをつけ，更に，マイクロ・プロセサと少量の記憶を備えておけば，各家庭で，会話型の個別教育システムが実現できる。たとえば，外国語の学習システム，宿題，オープン・ユニバーシティ，軍事用教育システムなどに使うことができる。

ビデオ・ディスクを用いた個別教育システムのコースウェアは，たとえば，TICCITシステムを用いて充分有効なものを開発しておけば，ディスクに固定してしまうことは差し支えない。TICCITシステムで開発したコースウェアを，大量に複製すれば，購入のコストも低減する。TICCIT自身は，最低システムで2億円近くかかる。これに対し，キー・ボードとマイクロ・プロセサのコストがビデオ・ディスク再生装置に付け加わるだけであり，TVセットは既存のものを使用できるので，会話型個別教育が大変低コストで実現できる。これは，計算機システムの分散型処理の一つの例であろう。低価格のマイクロ・プロセサの出現は，これからの情報処理システムに大きな影響を与えるであろうが，その点を正しく理解して，具体的な提案を聞かされ，大変有意義であった。

(2) PLATO—Vの端末

Illinois大学のCERLのJ.Stifle氏は，次期のシステムであるPLATO—Vの開発を行っており，その機能をいろいろとデモンストレーションしてくれた。

PLATO—Vの端末は，PPT(Programmable PLATO Terminal)と呼ばれている。これはPLATO—Ⅳのプラズマ・ディスプレイに，Intel 8080のマイクロ・プロセサと，16k の記憶(ROM 8k，RAM 8k)を付加したものである。

マイクロ・プロセサで処理することにより，ディスプレイに対する点のプロット，線分の表示，文字の表示などを，端末側だけで行う。また，多種類のI／O 機器の制御が出来，スライド・プロジェクタ，音声装置，アナロ

グ入出力機器，ジョイ・ステック（角度入力装置）などの接続が可能となる。実際，心電図を直接人間の腕に巻いた電極から入力する実験をしてくれた。

端末側に，コースウェア作成言語としてのマイクロTUTORのインタープリータを備えることもできる。こうすれば，中央の計算機は，ＣＡＩのコースウェアのライブラリとして機能し，ユーザは，TUTORで書かれたコースウェアを中央から端末側の記憶にコピーし，その処理は全て端末側だけで行える。この結果，端末と中央との通信の負荷が大巾に減少する。また，プログラムの処理速度も増加する。

なお，このようなPLATO－Vの端末は，標準で5200ドルになり，1977年秋には使用可能になるとのことであった。この端末も，マイクロ・プロセサを利用した分散処理の方向を示している。

(3)　ＣＡＩの計算機システムの将来像

Minnesota大学のR.Davis教授は，R.Tennyson 教授らと共に，同大学のＣＡＩシステムの研究，開発を行なっている。Davis教授は，ＣＡＩに使われる計算機システムの将来像について，彼の見解を示してくれた。ＣＡＩに使う計算機システムを，大型，中型，小型，マイクロ・コンピュータの４つに分類し，それぞれのシステムに対する代表的な主計算機，端末，コスト，限界などについて述べてくれた。

・大型計算機システム

代表的な機種……ＩＢＭ　３７０－１５８，Cyber－７４など

コ　ス　ト……４００万ドル～2,000万ドル

（５１２～４０９６端末を含む）

限　　界……膨大な投資が必要。割り込みの数がふえ，信頼性が落ちる。ソフトウェアの開発に1,000万ドル位かかり，早目に旧式になってしまう。データ通信用のコストが膨大になり，これが最も重大。

このようなシステムは，なるべく小型化しようとすることになる。実際，

この規模のシステムを運用する費用を政府から貰うのは困難になっている。端末の値段は，1台1年につき100ドル程度であればよいが，PLATOのモスクワにある端末は，月に4000ドルにも達している。ローカルな多重機構を設けて，32台位のサポートをしても，やはり費用がかかる。通信コストの一番安いのは，300ボーであるが，これでは，グラフィックスの情報を転送するのには遅すぎる。

・中型計算機システム

代表的な機種……DEC－10／20，HP－3000など

コ　ス　ト……50万ドル～400万ドル

限　　界……投資額は少なくなるが，やはり高い。データ通信のコストは低減し，端末の速度は増加してくる。

大型機では，5人のSEが常駐しなくてはならないが，中型機では，1～2人のSEで充分であり，DEC－20は，必要ないと言われている。中型機を用いたものとして，BloomingtonにあるCyber 74と，MinneapolisにあるDEC－10とを結合したネットワークがある。

・小型計算機システム

代表的機種……PDP－11など

コ　ス　ト……1万ドル～25万ドル

限　　界……端末は，最大32台，グラフィックスの機能がない。

・マイクロ・コンピュータ・システム

コ　ス　ト……24ドル～1万ドル

端末は1台しかつかない。現在，8bitのマイコンが主流であるが，16ビットのマイコンが安く手に入るようになれば，CAIは，ほとんどマイクロ・コンピュータ化するであろうとのことであった。こうすれば，主計算機との間を9600ボーでつないでおき，CAIのコースウェアを一度転送してしまえば，通信の頻度は減り，通信のコストは大巾に減少する。また，カセット・テープやフロッピー・ディスクを介して，プログラムを転送してもよ

い。

8ビットのマイコンは，I／O 用の命令がひどい（Intel 8080 など）。16 ビットのマイコンは，HP，DEC，Interdata，TI 社などが，計画中である。たとえば，

16 ビット

2～4 MHz クロック

32k memory

parallel I／O

serial I／O

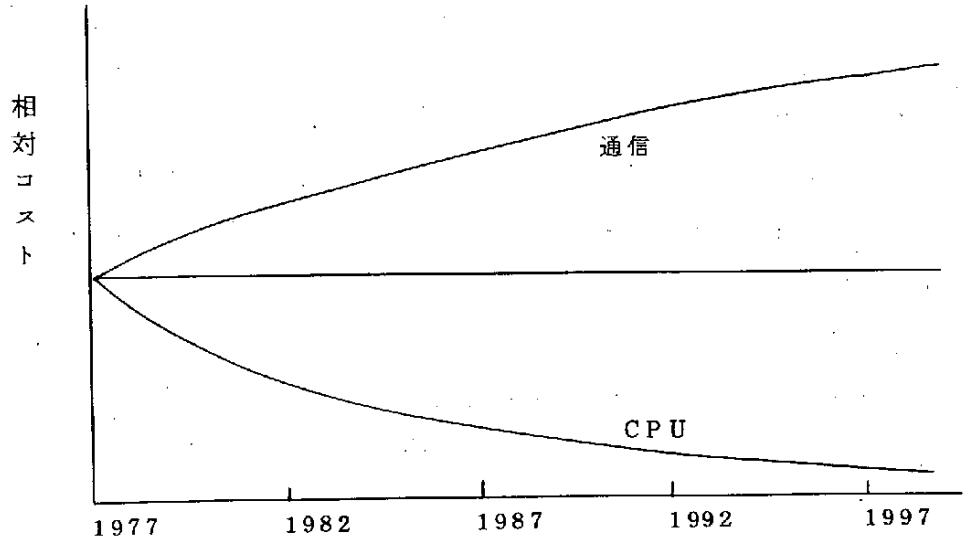
dual cassette memory

2000 character display

some graphics

のような機能をもったもので，1台6000ドル位の値段になる。このようなシステムが，1980年6月頃には使用可能になると期待される。

図－7に示すように，CPUの値段は，減少する一方であるのに対し，通信コ



図－7　CPUと通信のコストの傾向

ストは，増大の一途をたどる。したがって，計算機に費用をかけても良いから，通信の負荷を軽減すべきである。

このようなシステムは，テキストを扱う応用システム，プロセス制御，知能端末などに応用できるであろう。

将来のＣＡＩシステムでは，学生は，オフラインになっている端末を使用する。一方，汎用の計算機システムでは，ＣＡＩの著者用言語や端末のシミュレータを用いてコースウェアを教師が開発し，それをカセットに格納する。学生は，カセットを端末に運んでゆき，その内容を学習する。また，学生の学習の動作をカセットに記録しておき，教師がそれを汎用計算機で処理すれば，学生の記録も管理できる。

Davis教授の話は，ビデオ・ディスク・システムやPLATO Ⅴ の話と全く同じ傾向のものであり，異った場所と人から，このような事を聞いたことは，大変興味深かった。

(4)　ＣＭＩについて

Minnesota大学のR.Tennyson教授は，ＣＭＩ（Computer Managed Instruction）を提唱している研究者である。Tennyson 教授によれば，ＣＡＩは，教材を計算機が提示するシステムであるのに対し，ＣＭＩは，教材の配布を，計算機が整えるシステムであり，その提示は，ＣＡＩでもビデオでもよい。そこでは，学生個人個人の特徴を示すデータを管理している。このＣＡＩとＣＭＩとを結合するものとして，適応モデルをTennyson 教授は，研究している。

適応教育モデルは，診断とそれによる処方とを行う。それを行う時期には，事前(pre-task)と学習中(on-task)とがある。事前の診断としては，事前テストや学習意欲の調査を行い，学習中には，診断や処方を更新してゆく。

適応モデルを評価するために，事後テストと，学習時間とを評価関数として用いて，実験をしてみた。この場合，三つのモデルを考えた。すなわち，

完全適応モデル……事前，学習中の両方の情報を用いる。

部分適応モデル……事前の情報のみを用いる。

非適応モデル……典型的な教材のパッケージを用いる。

法学部で，同じ系列の24個の項目について，上の三つのモデルを用いて学習させ，その結果を測定した。それは，次のようになった。

	事後テスト正答数	学習時間
完全適応モデル	19 問	12分
部分適応モデル	16 問	16分
非適応モデル	13 問	20分

この結果からみると，適応モデルでは，.7 criteria（7割まで学習できればよい）ということができる。

一方，TICCITは，learner control model を用いているが，これは，診断や処方に関して，何もやっていないに等しい。適応モデルとの比較をするために，やはり24項目を学習させて，その学習結果を評価したところ，次のようなデータが得られた。

	事前テスト	事後テスト	学習時間
適応モデル	10問	19問	13分
learner control（TICCIT）	10問	10問	7分

この結果をみると，learner control では，正答数が増加していない。ただし，学生は，テストに答えるとき，推測ではなく，確信をもって答えるようになっていると思われる。learner control は，学習の径路を，学生が自分で選んでいるからである。なお，適応モデルと learner control model とを結合すれば，教材選択の決定に，学生にも責任をもたせることができると考えられる。

Tennyson 教授は，心理学の出身であるが，統計学などにも興味をもっている。多くの異なった見解をもつ人々が，アイデアをもち寄り，今までにな

かったような中間領域での結合が，新しい計算機の応用について重要であると語っていた。

3.4 特色のある教育

ここでは，訪問先各地で見られたいくつかの特色のある教育の現場，考え方，組織などについて述べる。以下の項目は，次の三つの主題にまとめられる。

・教育や訓練に対する考え方……(1)，(2)，(3)

・専門教育のいろいろな方法……(4)，(5)，(6)，(7)

・教育用計算機サービスの組織……(8)

(1) Human Resource Training Center

Brigham Young大学のV. Bunderson教授や，Minnesota大学のR. Tennyson 教授が責任者であるcenterまたはlaboratory は，human resourceという名前が着いていた。我々にとって，人間を資源と考えることは，やや，唐突な感じがする。しかし，米国では，人間の知的能力を一つの重要な資源と考え，教育や訓練はその資源の価値を高めるものと見なされる。地球上の自然資源の奪い合いが，今後の社会の重要な問題となるであろうが，human resourceに関しては，我が国は質の良いものを豊富にもっている。

BYUのTraining Center

ここでは，TICCITシステムのサービスを行っている。コースウェアとして，英語と数学が開発されており，正規のカリキュラムのコースとして，開設されている。32台の端末（SONYのトリニトロン・テレビ受像機を基本にしたもの）がセンターに配置され，学生が自分の時間に三々五々端末を使用するために集まってくる。

学生は，CAIシステムと会話をしながら学習を進めてゆく。ヒントという制御キーが用意されているが，それでもわからない

場合には，proctor と呼ばれる教師に直接質問する。我々が計算機を使用する場合，マニュアルを読むだけではどうしてもわからないことがしばしば起るが，システムを良く知っているSEに直接訊くと，すぐに理解できることがある。現在の計算機技術のレベルでは，自然言語による質疑応答はまだ実用化してはいない。proctor と計算機システムとの協力によって，学生にとっては使い易いシステムになるわけである。

proctor として，どんな人を採用するか決めるのは難しい。我々にシステムを説明してくれたG. Rosaschi 嬢は，英語のコースウェアを開発した主要メンバーであり，proctor に最適であろうが，時間的制約からそれに専念することは不可能である。

Minnesota 大学の Training Center

ここは，教育機器センター的に運用されており，計算機の端末(CDC 6400)だけでなく，マイクロ・フィッシェ・リーダ，ビデオ・カセットなど，いろいろの教育機器が設置され，学生が適当に来て学習をしていた。CDC 6400 の端末は，いわゆるTSSの端末であり，特にCAIシステムが実現されているわけではない。

R. Tennyson 教授は，CAIからCMIへの発展を目指しており，学生の学習の反応から教材の提示を変えてゆく適応モデルを提案している。TICCITの learner controlと，適応モデルとが結合され，学生の profile をきちんと管理したシステムを作れば，理想的なCMIが得られると，熱っぽく話してくれた。学生の教育は，一つのシステムや手段で何でもうまくゆくわけではなく，いろいろの媒体やシステムを場合に応じて使用してゆくという考えが基本にある。

(2) CDC Learning Center (Minneapolis)

CDCのF. Cole氏によれば，CDCは，教育における巨人になろうとして，全米各地に49カ所のLearning Center を設置しているとのことである。MinneapolisにあるLearning Centerには，この郊外Arden HillsにおかれたPLATO Ⅳシステムの端末が設置され，そのほかに，CEの教育用にCyberシステムがある。

PLATOは，CDCが既に商品として売り出しており，使用可能なコースウェアのカタログがある。現在，開発済みでカタログに収録されているコースは，会計学，経営学，問題解決，計算機ハードウェア入門，政治学など多方面にわたっている。政治学など，どんな内容かと思い，実際に実行してみたが，簡単な民主々義の概念を教えるものであった。

このセンターを利用する人々は，(i)CDCの社員，(ii)他の会社の社員，(iii)個人的に希望する者，の三つに分類される。我々の感覚では，CDCの社員教育に使用されるために設けられているのかと考えたが，計算機技術を学びたい人々が，個人的にセンターを利用することを当り前だと受けとめている。ここでは，PLATOの端末だけでなく，計算機技術に関する一般的な講義が開設されており，これも，受講料を払えば，誰でも聴講することができる。ここで訓練を受けた人々が，CDCのために働くことという制約は，勿論課していない。

このセンターに見られるように，米国においては，教育や訓練を受けるのは，あくまでも，個人の能力（すなわち，資源）を高めるために行うという基本的な考え方がある。これは，個人主義の発達している社会では，当然のことであり，我が国の場合と比較すると，興味深いものがある。

以下に，コースウェアのカタログの一部を紹介する。

Introdnction to Computer Hardware（50時間）

- Data Processing Fundamentals（6時間）
- Computer Math（22時間）
- Logic Analysis（8時間）
- Machine Language Programming（14時間）

Machine Language Programming の内容

1. Flow Charting
2. Computer Instructions
3. Computer Programming
4. The Read Next Instruction（RNI），Read Operand（ROP）. and Store Operand（STO），- Hardware Cycle
5. Programming

・構成

PLATO…… 5時間，実際の計算機のシミュレーション，テスト，プログラムの実行

マイクロ・フィルム……(i) Flowcharting Fundamentals

(ii) Computer Block Diagram

(iii) Machine Language Instruction (I)

(iv) Machine Language Instruction (II)

(v) Writing Machine Language Programming

マニュアル……Machine Language Programming

(3) community college

TICCITシステムを実際の教育の場面に適用している例として，Virginia州AlexandriaにあるNorthern Virginia Community College を見学した。

このTICCITシステムは，128個の端末をもち，ビデオ・テープ，音声合成装置なども備えている。午前8時より午後10時まで使用可能であり，途中，2時間の休みが入る。コースウェアは，英語と数学用がある（BYUのものと同じ）。実際に，英語2コース，数学5コースが1学期（quarter）に開かれ，350人づつの学生が受講する。これは，常時，50人が端末を使用することに相当する。将来，スペイン語，化学，英語のreadingなどのコースウェアを開発する予定である。

community college は，米国特有の教育制度で，2年制の短大に相当する。community とついているので，その地区の住民は，希望すれば誰でも入学を許可される。実際，Northern Virginia Community Collegeは，5個のキャンパスから成り，1キャンパス当り7000人の学生を収容している。無試験入学であるから，学生の基礎学力が多様性に富んでおり，英語や数学の入門コースに，個別教育を可能とするCAIを利用することは，適切な方法であろう。

このcommunity college のコースは，多種多様である。四年制大学へ進むことを前提としたGeneral Studies，Science などは，我が国の短大に相当するかもしれない。一方，職業教育を目指したEngineering Drafting，Science Technology，Medical Laboratory Technologyなどのコース

は，中堅の技術者養成のために開設されている。機械製図や，医療の分析技師など，かなりはっきりと限定した職業を目的としていることに，興味がそそられた。前述した様に，community college へは，住民ならば誰でも入ることができるので，自分を訓練して，新しい能力を身につけ，新たな職業に就くことができる。この様な機会を，住民全てに与え，その選択や決定は個人を基礎にしているところは，我が国の実情と大巾に異なるようである。

(4) logic laboratory

Brigham Young大学で見たlogic laboratoryは，興味のあるものであった。これは，computer science，electrical engineering および technology の department が共同で作った laboratory で，一年生に対して論理回路の講義をし，二年生には，digital logicの laboratory workを課す。ここには，ICやlogic cardが多数用意され，また，card を組み立てるStation が多数ある。

回路の配線用の工具も何セットも用意されているので，学生は自由に論理回路の実験や組み立てができる。実際の課題も，TTYのインターフェースや，CRTディスプレイの設計などを含み，また，Nova 程度のコンピュータを組み立てる学生もいるとのことである。

このlaboratoryは，開設以来5～6年になるが，現在，250名位の学生がこの実験科目に登録しているとのことであった。

(5) 機械工学におけるグラフィック ディスプレイの利用

Texas大学Austin分校で，Reed 博士から，グラフィック・ディスプレイを用いた機構学の教育についての話を訊いた。PDP

11/45に4台のIMULACのグラフィック・ディスプレイを接続し，歯車やリンク機構から成るシステムの動作を，アニメーションとしてディスプレイ上に表示する。機構学は，話を聞いただけでは，良くわからない所もあるであろうが，このように具体的な動きを見せられると，大変興味が湧いてくる。

(6) 計算機を用いた外国語の教育

Minnesota 大学の心理学科のPaul Smith氏と会い，そこで開発した外国語教育用の instructional programを見せてもらった。このコースウェアは，computer centerのCDC 6400に接続されているTSSの端末上で，MIL（Minnesota Instructional Language）で書かれている。MILは，FORTRANの拡張版で，interpretive に処理するが，応答は充分速い。

実際，一年間に4000人の学生が，このコースウェアを使用しているとのことであった。ドイツ語のコースを，端末で実演してもらったが，基本的な文法などが学習できる。

このシステムは，FORTRANをベースにし，汎用のTSSの上に開発したコースウェアであることに興味がひかれた。応答時間も充分満足でき，実際に多数の学生が使用している。CAIと大上段に構えなくても，結構，使いものになるプログラムができる実例である。

(7) computer science の教育に適用したPLATO

Illinois大学computer science department の G. Friedman 教授は，PLATOを用いてcomputerの教育を行っている。computerの入門コースを，関連のある学部の学生が一学期（semester）あたり1500人，大学院生が一学期あたり100人

受講している。従来，このコースは，2時間の講義と，1時間の討論（30人位の小人数に分け，Teaching Assistantがつく）とから構成されていたが，最近では，一時間の講義，一時間のPLATOによる自習，一時間の討論の三つの部分から構成されている。このようにしても，学生が落とす率に有意差は見られないとのことであった。

PLATOを使う場合，講義では，基本的な概念やアルゴリズムを話し，PLATOではプログラミング言語の細かい構文などを学習するようにしている。実際に，FORTRANのDO文の意味を，アニメーションを作って説明する（大学院女子学生が作成した）プログラムなど，大変面白そうなコースウェアが用意されていた。

このような入門コースでなく，CS department関連の講義でも，PLATOを利用することがある。たとえば，OSの同期の問題などを理解させるコースウェアが開発されている。

Friedman教授の話により，CAIシステムを，教育の一部として利用することが自然な使い方であると，感じた。CAIで全ての教育を行うと力んでみるよりも，一つの便利な道具として用いることの方が効果が上ると思われる。

(8) MECC（Minnesota Educational Computing Consortium）

MECCは，Minnesota州Minneapolisにあり，Minnesota州内の中学，高校，computing college，universityに，on-lineのcomputng serviceを行う組織である。州政府や，Minnesota大学などが協力して，組織の支援をしている。

ここには，Univac 1110があり，数百の端末に対してTSSサービスを提供している。そのために，dualの特別なcommuni-

cation processor を用いている。ただし，間もなくUnivac システムは，CDC Cyber システムに置き換ることになっている。原因は，TSSの安定性などにあるらしい。

MECC のK. Brunbaugh氏や，案内してくれたMinnesota 大のR. Davis 教授の話によれば，このシステムの実際の効果に疑問があるとのことであった。中学や高校には，それぞれ，1～2台の端末だけしか置かれていないので，utility を配給しているけれども，実際の役には立たないことになる。CAIシステムを作っても，端末の数を考えると，各校で教育用に使うわけにはいかない。結局，各校の事務管理のために，少々使われているのが現状らしい。

このようなサービスの機関は，一見役立ちそうに見えるが，実際に効果を発揮するためには，その運営が大変難しいことを知らされた。MECC の人々はそれに気が付いているが，現状では，どうしょうもないらしい。

3.5 コンピュータ・ファシリティの現状と将来

ここでは，今回の調査で訪問した各地の大学におけるコンピュータ・ファシリティの現状を紹介し，その将来像をさぐる。

(1) Brigham Young 大学

ここでは，コンピュータ・センタの副所長であるP.Robison 氏によって，大学内の大型コンピュータの施設3カ所を案内してもらった。

• IBM 7030（STRETCH コンピュータ）

これは，現存する同型コンピュータ唯一のもので，6年前に，政府（原子力委員会）から寄付されたものである。筆者も，IBMの第二世代の計算機の最高峰としてうわさに聞いたことがあったが，それが現在でもちゃんと動いているのを見てびっくりした。計算機を，腰を落ち着けて使っているという印象を与える。これを専用に保守している技官が2人居たが，保守用の部品は，勿論大学が自分で持っている。

STRETCHは，並列演算装置や，先廻り制御機構を用いて，速度を上げている。実際，IBM360／65の半分の速度であるので，学内でも数値計算専用に使えば，ユーザは充分たくさんいる。また，固定の大型ディスク装置が，4メガ語あり，補助記憶となっている。主記憶は，64ビット／語の大きさで，64kW のコア記憶を利用している。アクセス時間は，2 μsec ということであった。

ソフトウェアは，FORTRANとAssemblerだけしかないが，主として数値計算に用いるので，問題は起らず，64ビット／語の方が精度の点で魅力があるとのことであった。

• DEC－10

これは，学内の一般研究用のためにサービスをするシステムであり，端末32台，主記憶128kWをもつ。TOPPS－10 というオペレーティング・システムの下で動いており，10～15％がバッチ処理，残りはTSSの処理である。

• IBM 360/65

このシステムは，HASPとBYUで開発したオンラインとを合わせたオペレーティング・システムで運用されている。学生の簡単な実習に使うこともあるが，主として，大学の管理運営のために用いる。オンラインで動く，大学の教官や学生の人事管理のデータベースを，BYU で開発した。

これらの三つのシステムは，それぞれ，用途を別にして，互に相補うようになっている。

(2) Illinois大学

ここでは，PLATOシステムを動かすCyber 70 があるほかに，CSO (Computer Service Office) が三つの大型システムを有している。また，当大学留学中の正本氏（日立製作所）に案内されたCenter for Advanced ComputationにあるPDP−11システムは，典型的な研究用ミニコン・システムであった。

• CSOのシステム

ここには，次の三つの大型システムがあり，学内にサービスをしている。

☆ Cyber 175……250端末，NOSでオペレートする。

☆ DEC−10 (dual) ……80端末，TOPPS−10でオペレートする。

☆ IBM 360/75 …… OS/MVTでオペレート。バッチ専用。

このうち，IBMが事務管理用，CyberとDEC−10は，研究用に主として使用する。CSOは，一般的な計算機センターとして運営されている。

• PDP−11システム

Center for Advanced Computationは，多くの laboratory の一つである。ここには，PDP−11/70および11/50の二セットがあり，両者ともARPAネットワークに接続されている。ARPA 用のIMP (Interface Message Processor) は，PDP−11に標準的に組み込まれており，新しく設ける必要はない。また，両システムとも，Unix オペレーティング・システムで運用されていた。Unix にはARPAネットワーク用のソフトが含まれ

ている。正本氏は，11/50から11/70へ，ARPAネットワークを介してファイルの内容の転送をする実験をしてくれた。

PDP−11システム，および，Unixは大変使い易そうなシステムとのことである。この位のシステムが，laboratoryに当たり前のように置いてあり，それを自由に使いこなしているのが，なんともうらやましい。TSSや計算機ネットワークの普及に対して，ここで見たシステムは大きく貢献するだろうと感じた。

(3) Carnegie-Mellon大学

ここでは，Computer Science DepartmentのHabermann教授とその大学院生と会ったので，CS Departmentの現状だけを調査してきた。ここには，有名なC.mmpシステムがあり，現在，これは，CS Departmentの主計算機として使われている。このシステムの次期のものとして，LSI−11を数10個集めたCm*システムを開発中である。そのほかに，DEC−10システムがある。兎に角，現在の米国のトップクラスのCS Departmentであるので，コンピュータ・ファシリティは充分過ぎるほどあるように思われた。

(4) Minnesota大学

この大学では，コンピュータ・センターは，キャンパス内にはなく，Minneapolis市内のあるビルの中にある。その理由は，学生の紛争の際に，攻撃の的になるのを避けるためで，そうしないと，保険会社が保険の対象にして呉れないとのことである。

コンピュータ・センターのR.Franta博士に説明を受けた。この主計算機システムは，Cyber 74とCDC 6400である。Cyber 74は，研究用に用い，バッチとTSSのサービスをする。CDC 6400は教育用に主として用い，TSSだけのサービスをし，ライン・プリンタもついていない。両者は，ESS (Extended Core Storage)で結合されている。

両者のオペレーティング・システムはKRONOSといい，NOSを修正したもので，TSS用であるが，バッチの能率も良い。RJEは，60カ所に

あり，2400ボーで接続されている。

Cyber 74 は，先まわり制御をしている。これは，14 個のＰＰＥ（Peripheral Processor Element）をもつ。このうち，一台がスケジューラになり，チャネル・ファインダーとして働く。ディスクは，2×10^{12}字（6 bits／字）の容量をもつ。ただし，ファイルのバック・アップは，何も行っていないとのことだった。

そのほかに，事務管理用にＩＢＭの計算機を別に持っている。

(5) Texas 大学 Austin 分校

ここでは，コンピュータ・センター所長のWarlick博士に案内をしてもらった。ここには，いくつかのシステムがあった。

• CDC 6600と 6400

これが，センターの主要計算機で，128個のＴＳＳのラインと，32ＲＪＥとをもっている。ここで，1日約1000ジョブを処理する。このオペレーティング・システムは，自分達で開発したもので，ディスクは600M字しかない。パーマネント・ファイルとしては，磁気テープを用いる。これは，経験上，パーマネント・ファイルがアクティブになるのは，少ないと考えているからである。オペレータは，磁気テープのマウントを，1日1200回位行なわなければならない。

• DEC－10

これは，TSS のラインを64 本もち，主として学部学生の教育用に使っている。たとえば，物理では，ＢＡＳＩＣを用いている。また，テキストの処理にも多く使われる。

• Nova 840

これは，CAI 用に専用に使うシステムで，32 ラインをもつ。ソフトウェアとしては，BASICだけ用いている。CAI は，化学で特によく開発されている。たとえば，質量分析，物理化学，実験のシミュレーションなどでCAI を用いている。

• Σ－5

これは，16本のTSSのラインをもち，工学部で用いている。

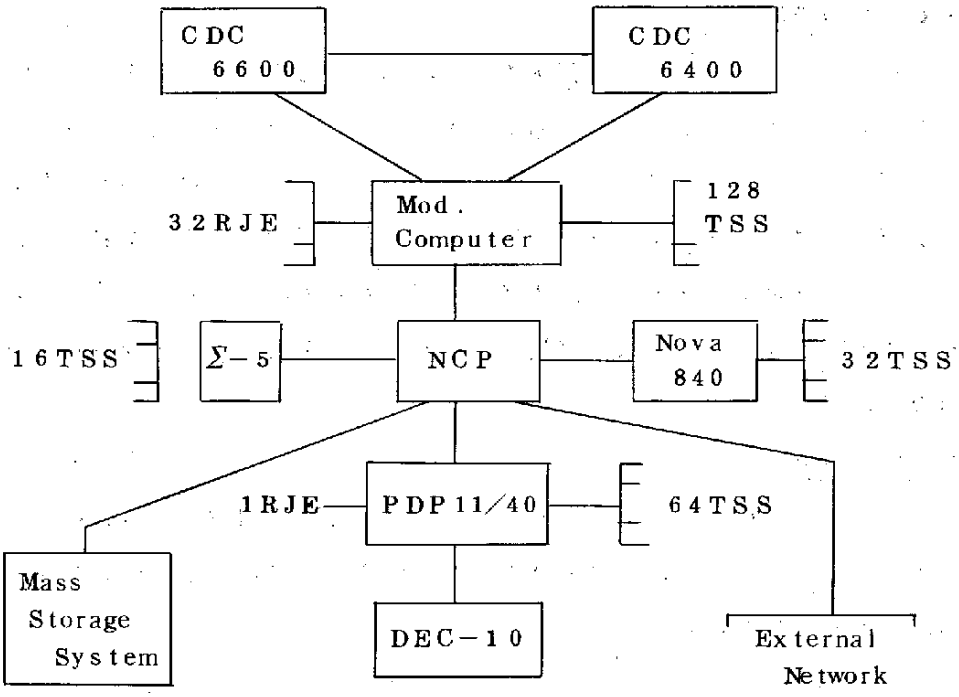
• IBM 370/155

これは事務管理用であり，事務室，学部長室などに端末が設置されている。

• PDP－11/45

これは，Communication Department で，タイプセッティングのために単独で用いている。ここでは，camera-readyのイメージを作り，オフセット印刷が出来る。

以上種々のシステムを，図－8のように接続して，キャンパス内のネットワークを作ることが，将来の構想である。



NCP：Network Control Prossor

図－8　テキサス大学オースチン分校のキャンパス・ネットワークの構想

以上が，各大学のコンピュータ・ファシリティを調査した結果である。これらの印象をまとめると，次のようになる。

(i)どの大学でも，決まったパターンに沿ってシステムを導入していること。

- 一般的なサービス ……Cyber など
- 研究専用のサービス ……DEC－10 など
- 事務管理用 ……IBM など
- その他特殊目的用 ……PDP－11，Nova など

一つのシステムで，全てのことをサービスすることはできないので，目的に応じて適したシステムを導入するのは，当然のことである。このとき，機種まで一致してくるのは，やはり，それぞれの目的に最適なものを選んでいるからであろう。

(ii)古いシステムでも，自分達の要求にあわせて，独自の方法で使用している。

BYU の STRETCH や，Taxas 大学 Austin分校の磁気テープをパーマネント・ファイルの格納場所としたTSS システムなどは，それぞれ独自の考え方で改良して，システムを使いこなしている例である。このように，腰を落ち着けて使いこなすところは，我国には少いのではないだろうか。

(iii)将来，ネットワーク化が進みそうである。

いくつかの計算機システムを，それぞれの目的に応じて使用するので，全体を結合するネットワークを作るのが分散処理の意義を高めることになる。

3.6 コンピュータ・サイエンスの現状

(Carnegie−Mellon 大学計算機科学科を訪問して)

Carnegie-Mellon大学の計算機科学科は，現在，米国のトップクラスの学科の一つとして認められており，多くの研究を行っている。今回の調査旅行では，CAI と直接関係はないが，径路の途中であり，直接この眼で確かめる意味で，CMU の計算機学科に立ち寄った。

4月に来日したA.Habermann教授に依頼し，いくつかの研究テーマの現状と将来との話を聞いた。

(1) ALPHARDについて(P.Hilfinger氏)

ALPHARDは，抽象データ型をもつ言語として発表され，また，その検証システムを作るということでも注目されている。このコンパイラは，1977年の夏には完成の予定である。一般に，operational に semanticsを記述する言語では，その証明は難しい。Hilfinger氏は，データ構造の実現法について，詳しい説明を行ってくれた。

(2) C.mmpについて(S.Harbison氏)

C.mmpは，PDP−11 を16個集めた複合プロセサ・システムである。これは，1972年に開始され，3年間にわたって開発された。各プロセサは，OSから見て，等価なものである。

このOSはHYDRAと呼ばれている。これは，capability を基礎としたシステムであり，また，型のあるobject を定義できる。更に，ポリシーとメカニズムの分離を実現するように設計している。

現在，ハードウェアは完成した。性能を測定すると，プロセサの数が4〜8個のところで，最適になる。そこで，プロセサにcasheをつけることを考慮中である。このシステムは，計算機科学科の主計算機として使う積りである。

これまでに，音声認識システムのHARPYをこのシステムで作成したが，DEC−10に比べて5倍速かった。今後の予定として，ALGOL68 の言語

プロセサを開発する予定である。また，人工知能用言語として，L* を開発中である。

(3) Cm* について（B.Chansler 氏）

Cm* は，C.mmp の次期システムとして開発中である。C.mmp は，クロスバー・スイッチを用いて，主記憶を共有し，すべてのプロセサは等価に見える。これに対し，Cm*は，図－9 に示すように，プロセサをclusterという群に分け，その間をbusでつなぐ。プロセサは，LSI－11と128kの記憶とを対にして構成する。

アドレス空間は，一様に見えるが，記憶参照には，三つのクラスがあり，それぞれ，アクセスの速度が異なる。

local → 3μsec

cluster → 6μsec

intercluster → 15μsec

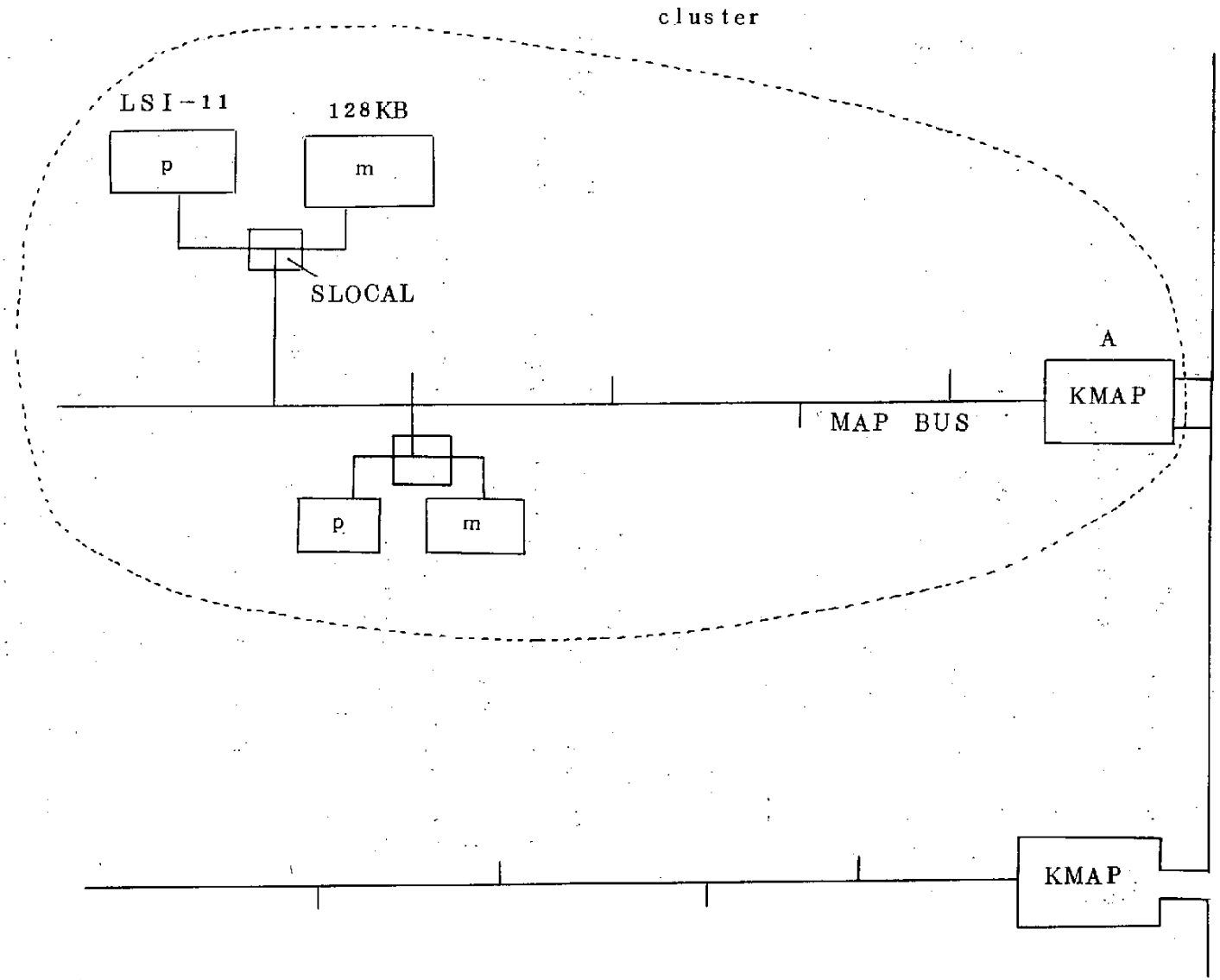
記憶の管理は，セグメントを用いて行なう。セグメントの写像は，KMAPが行う。これは，マイクロ・プログラム可能なプロセサである。また，capability を基礎として用いている。

現在，KMAP3 台と，プロセサ 10 台とで構成されている。これは，プロセサ 30 台位にまで拡張する積りである。将来，ユーザとの間に良いインターフェースを作ること，ALGOL68 を実現することなどを考えている。なお，このシステムのソフトウェアは，BLISS－11 で書いている。

(4) FAMOS について（P.Feiler 氏）

FAMOSは，Family of Operating System といい，ミニコンの上に修正し易いOS を開発することを指す。具体的には，モジュール化の指針，階層構造との関係などをはっきりさせる。

Habermann 教授は，このような OS を設計する言語として，新しい設計言語を開発中である。BLISS では，オブジェクトは型をもっていないが，新しい言語では，オブジェクトは必ず型をもつ。また，path expression を用いることができるので，検証には便利である。



図－9　Cm*の構成

4. 総　合　所　見

この調査旅行で見聞したいろいろの事項をいくつかにまとめ，それらに対する調査団一同の見解を示す。

(1) ＰＬＡＴＯとＴＩＣＣＩＴは，現在，米国で使用されている代表的なＣＡＩシステムであり，対照的な性格をもつ。

現在，米国で実用的に使っているＣＡＩは，ＰＬＡＴＯとＴＩＣＣＩＴシステムである。ＰＬＡＴＯはとＴＩＣＣＩＴは，対照的な性格をもつ。

ＰＬＡＴＯは，Cyber システムのように大型計算機を用いるのに対し，ＴＩＣＣＩＴはNova のようなミニコンピュータを用いる。

ＰＬＡＴＯは，ＴＵＴＯＲ言語というコースウェア作成用言語を用意し，教師の自由な発想に基づいて教材を作成する。一方，ＴＩＣＣＩＴは，Learner Control方式を用い，カリキュラムの構成の仕方を一定の枠組に沿って行い，教師の自由さは少ない。また，いわゆる汎用の言語は用意されていない。ＰＬＡＴＯ は，広範囲にその端末を配置し，多くの人々にそれを使用させて，コースウェアを作ることに参加させるので，比較的多くのコースウェアが作られている。それに対し，ＴＩＣＣＩＴでは，あらかじめきちんと作り上げたコースウェアを専門家が用意するので，現在のところ実用になっているコースウェアは少ない。

単的に言えば，ＰＬＡＴＯは良くできた計算機システムであり，ＴＩＣＣＩＴは，良くできた個別教育機械である。

両者に，優劣をつけることはできず，目的に応じて，適，不適がある。しかし，両者とも，この程度まで開発されていれば，実際に使用してみたいという気を起こさせることは確かである。

(2) ＣＡＩシステムは，他の教育手段と一緒にして使うと，効果がある。

一つの教育の科目に於いて，それをＣＡＩだけで授業をしたり，また，学んだりすることは，教師にとっても学生にとっても，あまり奨められること

ではない。ＣＡＩを主として使うにしても，それで足りないところは，別の教育の形態で補うべきである。ＰＬＡＴＯでは，特にこの傾向が強くなり，むしろ，ＣＡＩは一つの補助手段として使う方が効果的であろう。ＴＩＣＣＩＴは，教育モデルにのっとった完結した教育システムと考えられるけれども，やはり何らかの補足が必要だと思われる。

(3) ＣＡＩの非人間的な側面を補う一つの方法として，proctor 制がある。

proctor は，巡廻教師と言えばよかろうか。端末室にいて，学生の質問に適宜答える人を差す。本来，質問も機械に対してするのが正しい姿であるが，実際には，人間に簡単に質問できれば，大変便利であり都合が良い。機械は，自然言語の処理も未だ不得手であり，proctor が質問を受けて答える役を当分すべきである。

(4) 教育の現場で，計算機をいろいろの方法で利用している。

計算機を教育の現場で利用するとき，ＣＡＩシステムという完結したものを用いなくても，現在利用できる技術の範囲でいろいろの工夫をしている。たとえば，Minnesota 大学の外国語教育用プログラム（ＭＩＬで書いたもの）や，Texas 大学Austin分校の機械工学におけるコンピュータ・グラフィックスの利用がある。この様に柔軟な態度で計算機を利用することは，大いに役に立つであろう。

(5) 教育や訓練に対する考え方が，我が国とは異なり，個人の能力の開発は個人の責任で行っている。

人間の知的能力は，一つの資源であり，それを向上することが重要である。その教育は，個人の責任において行なう。MinneapolisのLearning Centerは，そのような教育を提供するために開設されている。ＣＡＩによる個別教育の普及は，そのような機会を便利に提供することを促進することになろう。

(6) マイクロ・プロセッサが低価格で提供されると，情報システムの分散処理が着実に進行する。この傾向は，ＣＡＩシステムにおいても見られ

る。

Minnesota 大学のR.Davis 教授の話では，処理装置をたくさん使って，通信を軽くすることがこれからのシステム設計で考慮すべき点である。この傾向は，video disk system を用いた個別教育システムの提案や，ＰＬＡＴＯ－Ｖの端末の設計に，すでに定着している。低コストのＣＡＩの実現は，徹底的な分散化が進んだときに初めてできるのかもしれない。

(7) 計算機システムを，それぞれの状況に応じて独自の方式で運用している。

Brigham Young 大学で，ＩＢＭ 7030(Stretch Computer) を現在も自分で保守しながら運用していること，Texas 大学Austin分校でＣＤＣ 6000 システムで磁気テープをオンライン・ファイルの媒体として使用していることなどに見られるように，それぞれの環境に応じて，古い計算機や形態でも自信をもって採用している。この様な腰を落ち着けた利用法は，我が国でも学ぶべきである。

付　録　1

ここに掲げる一文は，テキサス大学のホルツマン教授が昭和 52 年 9 月に来日された際に，情報処理研修センターにおいて行った講演の草稿を翻訳したものである。

テキサス大学オースティン分校は，今回の調査の訪問先の一つであり，同教授には細部にわたる日程を組んでいただき，調査団，同大学におけるコンピュータ利用の実態をつぶさに見学することができた。ちょうどその項，米国ではＣＡＩの評価研究の結果がまとめられつつあり，わたしたちはそれに関する情報は入手できなかったが，この一文には，その成果の一端が披露されているようである。その意味で，この一文は米国のＣＡＩの現状を知る上の参考になるものであり，同時に，米国におけるＣＡＩ開発の試行錯誤の歴史を概観するについて，恰好の資料になろうと思う。

なお，ホルツマン教授は，心理学および教育学を専門とされ，現在は，テキサス大学のHogg Foundation for Mental Healthの所長である。日本では，“Computer-Assisted Instruction, Testing and Guidance“（邦訳：「ＣＡＩシステム」，Ⅰ基礎編，Ⅱ実践編；共立出版）の編著者として知られているが，National Science Foundation や National Assesment of Educational Progress の諮問委員として，あるいはNational Testing Service の委員として活躍され，ＣＡＩの研究動向について精通している方である。

アメリカ合衆国におけるCAI
― 過去・現在・未来 ―

テキサス大学　W. H. ホルツマン博士

1960 年代のコンピュータ技術の急速な進歩は，ごく近い将来における教育技術の革命を約束するものであった。コンピュータをベースにした教育における先駆的な努力は，1975 年までに，米国の大半の学校が数百万人の学生たちの個別教育のために経常的にコンピュータを導入するであろうと予測する熱列な指導者を生み出した。“第四の革命”と題する高等教育についてのカーネギー委員会の報告書によれば，中心部分としての高速コンピュータを伴うエレクトロニクスの開発は，数世紀前の印刷術の発明や書物の普及以来，もっとも重要な教育における技術革新と目されている。

コンピュータ・システムは，大学やカレッジにとって図書館や科学実験室と同じように本質的なものになっている。大学でのコンピュータは代表的な大きな大学のキャンパスで，毎年，何百万というドルが費やされるという驚くべき割合で成長し，多くの学生たちは，広汎・多岐にわたる情報の処理や問題解決にコンピュータを利用する方法の習得を要求されている。大学内部の管理は，教育活動や学術調査あるいは学問研究の必須の部分としてのコンピュータなくして，効果的に機能することは今やほとんどできなくなっている。テキサス大学にあっては，キャンパス中の全カレッジの 50 に及ぶ学科が，教育および研究計画の必須の部分であるコンピュータを活用している。

15 年前には，コンピュータは端末をほとんどもっていなかった。未処理のデータは，大抵は分析のために単一のコンピュータに届けられた。遠隔操作の端末やデータ通信製品の雨後のタケノコのような急増は，コンピュータの利用方法そのものを根定的に変えてしまうものであった。現在，約150 万台のコンピュータの端末が合衆国で稼動していると概算されている。コンピュータの端末の数は，1 9 8 0 年までに合衆国では400万台を越えると予測す

る専門家がおり，全体としてのコンピュータ産業より早い成長である年間約25％の割合で増加している。

コンピュータが全ての大学，大半のカレッジにおけるアカデミックな活動の必須の部分となることは疑いないとしても，小・中学校ではまだその期待にこたえるところにはいっていない。まだ，実際的な教育に用いるほど，コンピュータはその潜在能力を実現していない。過去・現在の教育におけるコンピュータの利用についてもっと綿密に吟味しようではないか。とくに，こうした利用法は，一般に，ＣＡＩとかＣＭＩといつた言葉で集約される。

教育の対象としてのコンピュータ科学に加うるに，教育におけるコンピュータが目指している主要な使い方には少くともほかにもある。事務管理サービスは広汎な応用であり，通常，商工業においてうまく開発された技術を，単純に移し変え，応用することを意味する。第２の大規模な利用は，教育管理サービスで，学生の入学の情報処理，記録の継続的な更新，授業計画の作成，学生の登録，コースの段階の報告などを含んでいる。第３の広範囲な利用としては，図書システムのためのファイル管理がある。大きな学問上の意義として，第４に，問題解決の道具としてのコンピュータ利用がある。高校やかなりの小学校でさえ，今やその目的のためにコンピュータを導入している。マイクロ・プロセッサの急激な発達は，何百万という単位の人々に問題解決の道具としてコンピュータを使わせる。コンピュータの教育利用の残る２つはＣＡＩとＣＭＩであり，それらは，それ自体，教育の過程を変更し，また，あらゆる種類の教育活動にとって深い関わりをもっているという理由で，教育におけるコンピュータの最も根本的な応用となる。

ＣＭＩは，カリキュラムの要素や，学習が学生たちに適合するような方法で，それらをまとめ上げるとともに，学生の成績の行跡を保存するためのコンピュータ利用を含んでいる。カリキュラムの編成は，学生の最近の進歩や目標に従って，個々の学生のために処方される。アチーブメント・テスト，必要とされる診断上の手続きや学生のガイダンスのための参考情報などもま

た処方され，蓄積され，要求があり次第，検索されるであろう。事務員や教員の助力は，ある部分についてこのような機能を満たすことができるが，しかし，教育管理のためのコンピュータの補助システムが，高度に開発された個別教育のプログラムの来るべき成功にとって本質的なものであることは明らかである。

ＣＡＩにあっては，教材それ自体が，コンピュータや教育機器として働く端末に格納されている。学生は，学習すべき教材に直接働きかけて，相当な潜在能力をもった高度に個別化した教育形態を現出する。教育機器として，それ自身特別な端末を利用するＣＡＩと，あらゆる種類のカリキュラムが採用されるＣＭＩとの違いは，留意すべき重要な区別なのである。個別教育という概念は，教育において新しいものではない。その言葉自体，ほとんど100年の間，教育者によって一般的な方法として使われてきた。しかし，効果的にそれが実施されたのはまれであった。その理由の大半は，教育において各人に絶えず注意したり，適時に適処で個々の学生に教育手段を当てがうことが，コンピュータが出現するまでは不可能だったことによる。個別教育の究極的な姿は，カリキュラムの主要な部分がコンピュータに蓄積されるときにのみ可能となる。そして，そのコンピュータは，学生が学習すべき教材に高度に個人的な方法で働きかけることができるようなものである。

わずか15年前には，ＣＡＩの原型による実験はきわめて素朴なものであった。ＩＢＭの1401のような既成の道具 — それは他の目的のために設計されたものだったが — を用いながら，簡単な練習問題，演習用プログラムやゲームまがいの教育が，どうすればコンピュータを教育に採用できるかという予備的な着想をテストするために開発された。こうした初期の試みは，多くの人々の想像力を急速にかきたて，教育目的のためにコンピュータを利用する新しい道具の設計を促した。心理学者，教育学者および工学者は，1960年代の初期のころ，こうした冒険的な試みで，初めて共に仕事をした。この分野のリーダーにはつぎのような人がいた。イリノイ大学のDonald

Bitzerとその同僚たちは，1960年にＰＬＡＴＯと呼ばれるコンピュータをベースにした教育システムの実験を開始した。スタンフォード大学のPatrick Suppesとその同僚たちは，その大学で，1960年代の中ばに，広範なドリルや演習用のプログラムを開発した。ピッツバーグ大学のRobert Glaserとその助手たちは，ＣＭＩのモデルを小学校のレベルでの個別教育のために開発した。マサチューセッツ工科大学のMarvin MinskyとSeymour Papertの開発したＬＯＧＯ－コンピュータでの学習の展開を促進した言語－での作業は，ＰＬＡＴＯで採用された会話型ソフトウェアのためのモデルであったために，特に注目に値した。1960年代の初期には，さまざまな機会に，ＣＡＩや，それに関連した着想に道楽半分に手を出していた沢山の人々がいたけれど，こうした特殊な開発成果をより細かく検討することは有意義である。というのは，ＣＡＩが教育をどのように変革できるかという多様な着想を生み出しながら，1970年代初期においても開発が続けられたからである。

ＰＬＡＴＯプログラムは，白黒テレビジョン・セット，蓄積型真空管メモリや教育機器のために特別に組み立てられた単一キー・セットで間に合わせに作られた単一の端末をもって開始された。この端末はIlliac のコンピュータに連結されたので，学生はキー・ボードの使用を通して，コンピュータと通信することができ，コンピュータはテレビジョンの画面にメッセージを記録することによって学生と対話をすることになった。1961年にシステムに2番目の端末を付加することによって，ＰＬＡＴＯⅡは開発された。1963−1966年の間に，ＰＬＡＴＯⅢは，最新のコンピュータであるＣＤＣ1604でオンライン操作をする20台の端末から構成された教育用端末の122枚のトランスペアレンシーの任意一枚をコンピュータが選択して，良質の視覚映像が得られた。広範囲にわたる教材はＰＬＡＴＯⅢのためにイリノイ大学の教員によって準備され，1970年までに需要は10万端末・時間に達した。

ＰＬＡＴＯの最初の 10 年間には，グラフィック・ディスプレイの会話型利用のために必要なコンピュータ処理の種類や量に関して，多くのことを学んだ。新しい言語であるＴＵＴＯＲは，教材作成の手順を簡単にするために必要なソフトウェアを提供したので，技術系の教員は彼ら自身のコースウェアをよく書いたものである。この経験は，それ以前に試みられたものと相当差異のある新しいハードウェアを組み込む広汎なシステムであるＰＬＡＴＯを設計するための基礎となった。PLATO Ⅳ のためのBitzerの予備設計では，彼の新しい教育用端末が大型のＣＤＣ 6600 と連絡された4000 台の独立した端末に拡張することができるという結論になった。1970 年に，彼は200万語の記憶をもつ中央コンピュータや新システムのソフトウェアのコストが，600 万ドル（又は，5年割賦で120万ドル／年）になろうと予測した。4000 台の端末・システムが，1年に300日として，1日に8時間使用し，4000 台の学生用端末が750万ドルで作られると仮定すると，彼は学生の利用時間にたいする基本的なコストがたったの 34 セントになるであろうと結論した。従来の教育コストが相当余計にかかりそうであるとみなせば，1970 年にそれが発表されたときに，この大胆な計画が何故あのようなセンセーションを惹起したかが容易に理解できよう。

ＰＬＡＴＯの本質的な特色は，イリノイ大学のコンピュータを用いた教育研究所（Computer-based Education Research Laboratory）で発明されたプラズマ・パネル，高性能グラフィック・ターミナル，シートマイクロフィルム用のランダム・アクセス映写システム，コンピュータ制御の音声や音響を自動選択するランダム・アクセス・オーディオ・システム，タッチ・エントリー装置，通常電話回線でターミナルをサポートするための通信システム，テレビジョン・チャネルあるいは極超短波での送信，そしてまた，何千台というターミナルＩ／Ｏの要求を操作するためのインターフェイスなどから成り立っている。そのプラズマ・ディスプレイ・パネルは商業生産に付され，他の装置は1971 年までに，原型を開発した。また，ＣＤＣ 6500 を中

央コンピュータとして採用した。舞台は今やコンピュータをベースにした教育システムであるPLATO Ⅳ の大事な国家的なデモンストレーションの場面に移っている。

ＣＡＩへの全く異った第２のアプローチは，スタンフォード大学でSuppesとその助手たちによる初期の仕事から生れた。Suppes や Atkinson たちは，ドリルと演習によるアプローチが理想的な実験になるような学習の数学的定式化に特に関心をもっていた。ＰＤＰ－１に，改良したキーボードをもつモデル―33テレタイプの端末を電話回線によってつなぎ，1年生から6年生の子供たちのための算数における幅広い問題 ― 演習プログラムをSuppesは開発した。1967 年の６月までに，限定された種類のＣＡＩにおいて膨大な実験データと経験を提供しながら，1500 名以上の生徒がこのデモンストレーションに参加した。

算数プログラムの初期の成功により，Suppesは個別教育システムに果敢に挑戦した。そのシステムでは，オーディオや視覚ディスプレイによってカリキュラム教材が提示され，学生は陰極線管上に表示された解答枝のひとつに触れることのできるライト・ペンや標準的なキー・ボードで応答する。ＩＢＭはこの初期の成果に非常に興味を示し，特殊な教育用端末を開発し，Suppesの要求にあうような新しいコンピュータをベースに，教育システムに相当投資して開発すべきであることを十分納得した。ＩＢＭ1500 と呼ばれるシステムのハードウェアは，キー・ボードとライト・ペンをもつ32にのぼる陰極線管の端末のついたＩＢＭ 1800 システムであり，オペレーティング・システムに付随したソフトウェアがあった。最初のシステムが開発されてすぐに，ＩＢＭは学生用端末を完成させる新しいランダム・アクセス・オーディオ・ユニットを発表した。そして，ついに，限定された教科制作用言語が，対話型の個別教育用プログラムを簡単に作り，実際の教育に使うために，開発された。

たった数ダースのこうした実験的システムはＩＢＭによって提供された。

それら全ては，研究や1967年に始まるデモンストレーション事業のために使用された。このＩＢＭのコンピュータ・システムはＣＡＩ用のシステムとして生産され，商品として作られた初めてのものであった。Suppesとその同僚たちによって，Palo Altoの Brentwood小学校に設置された初期の原型システムは，より多岐で能力のあるＩＢＭの1500システムによってとってかわられた。

ＩＢＭ1500の能力は実に見事なものであり，もし，ユニット価格が高くなければ，そのシステムはより一層迅速に普及したであろうと思われる。この新しいシステムの最初の製品は1967年6月にテキサス大学の新しいＣＡＩ研究所に設置された。陰極線管，ライト・ペン，キー・ボードだけから成る8台の端末でスタートしながら，広汎な研究がVictor Bundersonの指揮下で，テキサス大学において開始された。当初は，4台のタイプライタ端末をもつＩＢＭ1401を採用し，程なく，16台の端末をもつＩＢＭ1440システムによって引き継がれた。その一部はテキサスのオースティンから数百マイル離れたところに設置された。しかし，どれも新しいＩＢＭ1500教育システムと比較できるものではなかった。1500のターミナルのどんな形状の設備をも収納する特殊なテーブルを装備し，音響を絶縁した注文設計の学生用図書館指定席を9つ作った。カレッジの化学，数学，ドイツ語，統計学およびコンピュータ科学の主要な研究プログラムが始まった。加えて，教育技術を扱う多くの研究プログラムやソフトウェアとコースウェア技術の両方の改良が開始された。2年以内にBundersonのひきいるテキサス大学の研究所は著しい好評を博した。

Bundersonと彼の同僚たちは，ＣＡＩの周辺に構築された精密な新しい原理を産み出すために，教育の設計と，コンピュータ科学，教育学あるいは心理学の交流の重要性を強調した。教育用端末は標準型のカリキュラムを提示する装置だけではないとみなされていた。豊富な表示能力をもった1500システムの魅力ある機能は，学生の学習の機会を最大限にするために，問題－演

習，個人指導の交互作用および実験シミュレーションを結合することをまさに可能にした。Bundersonとその同僚たちは，カリキュラムのさまざまな段階で，学習者がコントロールし多数の選択の自由を行使できるような，カレッジや高等学校のレベルの教育に専念した。Bundersonの目的は，個別教育のための監視のモジュラー・システムを作ることにあった。学生は学習すべき課題の中で，素速く，効果的に動作することができた。診断用の練習問題，補助用のループ，分岐戦略，学生による積極的なコントロールを与えることは，この仕事をたいへん困難なものにした。

テキサス大学およびスタンフォード大学のプログラムは多くの期待に見合うものだった。どちらも，心理学や学習技術に相当重点をおいた。どちらも似かよったハードウェア，ソフトウェアのシステムを組み込んでいた。ある大事な箇所で両者は本来，異なっていた。スタンフォード大学の研究所は，簡単な問題一演習あるいは個別指導方式における児童について，仕事を行った。洗練された数学的な技術が，小学生の読み方と算数についての学習計画を最適化するために採用された。テキサス大学の研究所は，個別的性質の基幹のカレッジ教育を作り出す最終的な目標を伴ういくつかのカレッジの学科における成人の学習に専念した。正規のコースにたいする付属物として急いで準備された学習計画と違って，正規のCAIは，目標と目的の申告，細い行動の分析，カリキュラムの原理の体験的な繰り返しテスト，教育の継続，分岐，内容のフィード・バックと修正，最後にコントロールした状態での実地試験と確認，などを包含している。かかる教育は，教育の設計，プログラミング，媒体の製作，評価において，特殊な技術的な熟練を要するために非常にコストがかかる。

数個の媒体のついた端末をもつ，申し分なく開発されたシステムとして，月間15000ドルに近いレンタル料のIBM1500システムの高いコストは，その限界要因であることが証明され，たった24台のシステムが製造されたにすぎなかった。1960年の後半までに，多くの人々は，タイム・シェアを

ベースにしたＩＢＭ1500 システムの殆どの機能を実行できる，よりユニット・コストが低い大型システムを探していた。テキサス大学で私たちは，コア・メモリとディスク容量の約半分が学内に分散された，多くのタイプライタ，映像プロジェクタ，その他の教育用端末を運転するために割当てられたＩＢＭ360/50でもって実験を行った。システムの残りは，大学における教育および事務管理のデータ処理に投入された。テキサス大学での，殆どの学問上および教育上のコンピュータ活動は，ＣＡＩに関する研究と開発はもちろん，管理目的のためにも 360/50 を残しながら，一段と大きい科学計算用のコンピュータＣＤＣ 6600 によって達せられた。

共有型多目的コンピュータは，ＣＡＩが日中の間に利用することができるのに対して，行政用および商業用のコンピュータ活動の多くが夜間に利用できるという理由から，理論的には優れたものであった。あいにく，利用できる限られた資源ではあまりにもその仕事が難しいことがわかった。多目的コンピュータをＣＡＩの主要な部分として使うことは，71 年に放棄されねばならなかった。Bunderson は正現のＣＡＩのために利用できる独立したシステムを探し始めた。彼は，ＴＩＣＣＩＴと呼ばれる，ＭＩＴＲＥコーポレーションによって設計された新しいシステムに彼の求めるものを見出した。そのシステムは，タイム・シェア型，会話型，コンピュータ管理情報テレビジョンというものである。特別に設計された二，三のサブシステムを付帯した標準的なハードウェアによって構成されたＴＩＣＣＩＴは，カラー・テレビ装置，音声入力のための一対のヘッドフォンとキー・ボードで構成された端末を配して設計された。２台のミニコンが100台の端末をサポートすることができた。学外の特殊な端末は，一般の通信テレビジョン・システムを経由するコンピュータ・システムに接続させることができた。Bunderson と協力者は，ＴＩＣＣＩＴプログラムの国内でのデモンストレーションの振興に関して，ＭＩＴＲＥコーポレーションと早速協力した。

1960 年代の第３の主要な開発はピッツバーグ大学の Robert Glaserの

指揮下の学習研究開発センターで開発された。教育に関して，初めて国家に助成された研究機関であるピッツバーグ大学のセンターは，指導技術，小学校児童のための個人教育，および教育管理のための小型コンピュータ・システムの開発に従事した。スタンフォード大学－テキサス大学のＣＡＩ研究機関やＰＬＡＴＯシステムと異り，学習研究開発センターの個人教育は，コンピュータによってカリキュラムを蓄積・管理するよりも，むしろ一連の個別化したカリキュラムを混ぜあわせるために職員を利用して，コンピュータがいずれなすであろうものをシミュレートすることから取りかかった。Oak Leaf 小学校での個別処方教育〔ＩＰＩ〕計画は，こうした新しいアプローチのためのモデルとして提示された。プログラム化した教育と基準参考テストとを用いて，学校の各児童にたいして１日につき数時間の教育を行なった。何千という小さなカリキュラムや膨大な診断テストは，児童の個別的な要求や，教材の学習における児童のレベルに応じて速かに呼び出すことができるように大きな部屋に格納された。多くの点で，ＩＰＩの実験は，システムが開発されたときは，コンピュータが管理するであろうことを，人間がシミュレートしたものであった。

Oak Leafの実験から個別教育について学んだところは大きい。当初，予想されていたより，コンピュータにカリキュラムをオンラインで設置することがはるかに困難なものであることが証明された。しかしながら，基礎的な心理学上および教育学上の研究は，急速に新しい学門分野，教育技術の開発を導き出し，それらは，工学，心理学，教育学およびシステム分析を結びつけた。ＩＰＩのカリキュラムは，何千という学校に広められ，個別教育を世間に受け入れさせる土台を提供した。４つの主要な構成要素が，ＩＰＩと他の適応学習プログラムの中で示される。これらは，つぎのような操作の系列で記述できる。

1. 観察できる学生の行動から見た学習目的の指定
2. 学生の参加能力の評価

3. 学生の個々の必要性に適合した教材あるいは経験の割り当てと選択

4. 学生の履習と進歩の継続的な評価と監視

1971年までにいくつかの主な実験計画において，満足できる進歩をみたので，何百万ドルというコストをかける，いくつかの国家的なデモンストレーションのプロジェクトに着手することが正当と見なされた。教育の主流となるＣＡＩに関する２つの競合するアイデアが，念入りな試験をするに足るほどに進んだ。その第一は，イリノイ大学のＰＬＡＴＯシステムから芽生え，第二は，ＭＩＴＲＥコーポレーションとテキサス大学のBundersonのグループによって組織化されたＴＩＣＣＩＴシステムから出てきた。では，これら二つのアプローチにおける，その哲学と目的との本質的な差異は何か？

ＰＬＡＴＯシステムは，何千台という遠隔地におかれた教育端末を有するきわめて大きな中央コンピュータを利用するという理念に基いている。その端末は，さまざまな異った機能を同時に実行できるものである。同時に，多数の学生たちに教える英語や数学のようないくつかの標準化したカリキュラムがなければならないと同時に，同じ時間に，教育的本質に関係のない活動がほかの端末で引き受けられるようもくろまれていた。換言すれば，沢山の端末をもつ大型コンピュータは，各インストラクタが，彼が最上であると思うどんな方法においても，彼自身の考えを実行することができる教育用システムを構成するということであった。二，三の標準化したコースを除いては，ＰＬＡＴＯシステムは教育上のスタイルや端末での内容の自由を許容するよう設計されていた。そうしたスタイルや内容に対するコントロールが，中央から行使されることはほとんどない。ＣＡＩを始めるための最上の方法は何かという点に関して，自分自身のアイデアをもっている多勢のインストラクタがいる大規模で雑多な大学にとって，ＰＬＡＴＯシステムは理想的に見えた。

対照的に，ＴＩＣＣＩＴシステムでは，全カリキュラムが，教育のために本格的に利用する前に完全に開発され試験されており，間違いなく簡単に使

えるシステムと考えられていた。（ある特別に設計されたサブ・システムを除いて）標準的なハードウェアを使用している一群の端末は，教育目的のためにだけ操作される専用システムとしての2台のミニ・コンピュータによって運転されている。ＰＬＡＴＯとＴＩＣＣＩＴとは，実のところほとんど競合してしていないにもかかわらず，両者は，カレッジ・コースにＣＡＩを供給することについて，二つの相異るアプローチを興味深く対比させている。また，各システムに対して，費用効果比，製品が一般的に受け入れられるかどうか，他の技術的な問題などに関して相当議論の余地がある。こうした理由から，米国科学基金（National Science Foundation － NSF）はＰＬＡＴＯとＴＩＣＣＩＴ双方についての大規模な実地試験を後援することを約束した。

イリノイ大学のコンピュータ利用教育研究所（ＣＥＲＬ）は，ほぼ1000台のプラズマ・パネル・ターミナルをサポートするために，ＰＬＡＴＯのハードウェアとソフトウェアを統合し，開発することを受諾した。同研究所は同時に，大学，コミュニティ・カレッジ，小学校あわせて，少くとも500台のプラズマ・ディスプレイ・ターミナルのネットワークを設置し，管理し，維持することを約束した。そして最後に，イリノイ大学のBitzerとその協力者は，小学校で読み方と算数，コミュニティ・カレッジでの会計学，生物学，化学，英語および数学，大学での物理学，化学，外国語の教育のための正規のコースウェアと教育プログラムを開発し，運用することに同意した。米国科学基金（ＮＳＦ）はこうした活動に500万ドルを交付し，イリノイ大学も同等の額を出して，実地試験は，最初，1973年9月に開始するよう予定された。

同じころ，ＭＩＴＲＥコーポレーションは，現在はブリガム・ヤング大学に転任したBundersonとその協力者たちと一緒に，２つのコミュニティ・カレッジに，それぞれ128台の端末をもつＴＩＣＣＩＴシステムを開発することを約束した。彼らはまた，コミュニティ・カレッジの英語と数学のため

のコースウェアと教育用プログラムを開発し，管理することを約束した。米国科学基金は，こうした活動に400万ドルを委ね，ブリガム・ヤング大学に設置された32台の端末をもつＴＩＣＣＩＴでの最初の予備試験が行われたのち，1974年に実地試験を開始するよう計画した。

ＰＬＡＴＯとＴＩＣＣＩＴでの主要なデモンストレーションに加えて，米国科学基金は両システムの評価に着手するためにEducational Testing Service（ＥＴＳ）と契約した。この第三者の評価は，学生の学習から費用効果比に及び，結果の念入りな測定と，両プロジェクトの公平な監視を保証するために，特に重要であった。過去4年の間に，ＰＬＡＴＯとＴＩＣＣＩＴの実験は大きな関心をもって見守られてきた。その仕事は，今や完了し，最終的な評価の報告書がＥＴＳによってまとめられつつある。彼らが現に達成した特別な成果と最初の目的とを心に留めながら，各プロジェクトのハイライトのいくつかを考察してみよう。

PLATO Ⅳの実験

PLATO Ⅳの中央コンピュータは，1分間に約400万の令令が実行可能なＣＤＣ Cyber 73-24である。4000台というターミナルの最初の見積りは，楽観しすぎていることがわかった。学生用端末は，当初，予想されたよりもっと小さなグループにばらまかれた。更に，一般利用という概念はきわめて雑多な利用を助長したので，一時に少数の授業よりも，多数の授業が行われた。このような理由で，ＰＬＡＴＯⅣは，最初に企画された4000台はおろか，1000台の端末さえ維持することは難しかった。予想以上に授業の数がふえ，コースウェアの制作における問題はコンピュータの記憶空間を多く必要とし，多くのアプリケーションは，当初予期した以上のコンピュータ能力を要求した。また，適切なオーディオ・システムを開発する過程で

も問題に出くわした。システムを提供するために拡大した主記憶装置を準備することの難しさゆえに，開発日程は一層遅れてしまった。その結果，最初のデモンストレーションは1974 年の9月まで延期された。2年間のデモンストレーションは1976 年の夏まで続けられた。

デモンストレーションのための学生用端末は，本来，プラズマ・ディスプレイ・パネル，英・数字キー・セットそしてディスプレイ・パネル上に256のカラー映像のどの一枚でも投影できるシート・マイクロフィルムのスライド・プロジェクタで構成されている。加えて，いくつかのディスプレイ・パネルで，学生によるシステムとの会話に付加的な方式を提供する接触感応機能が開発された。ある端末は，視覚ディスプレイと同期する聴覚教材を提供するための音声装置をもっている。この複数媒体を用いた端末は，際立って多用性がある。プラズマ・パネルは固有のメモリをもち，ひとつの映像を持続するために，反復的な再作図を必要としない。ディスプレイの一部は，授業材料におけるアニメーションの利用を可能にするように，スクリーンの残りの部分とは無関係に変化させることができる。カラー写真の背後の映写には，コンピュータによって発生される教材や画像を重ね映しにすることができる。数百台のグラフィック・ディスプレイ・ターミナルは，中央コンピュータにおけるスワップ記憶として使う高速の拡張コア・ストレッジがあるので同時に操作される。

ＰＬＡＴＯシステムを使用するための授業材料を編成する制作者が利用するために開発したソフトウェア言語ＴＵＴＯＲによって，多くの問題が開発された。コースウェアの開発は，最初に着手したBitzerとその協力者より一段と大きい努力を必要とする。ＡＩＯＳと呼ばれる包括的オンラインの百科辞典が，TUTOR言語の使用について制作者を援助するために開発された。そのようなサービスが必要とされる時に，遠隔地からのユーザのディスプレイの画像を用いたオンライン・コンサルタントもまた有用だった。

コース制作の3つの専門家グループが研究所内に設置された。そのうちの

2グループは小学校向けの算数と読み方に関する仕事のためであり，三つ目はカレッジ・レベルでの会計学，生物学，化学，英語および数学の，5つの学科におけるコース，教材の開発のためのものであった。米国科学基金（NSF）の計画のもとで管理されているこれらの3つの主要グループに加えて，イリノイ大学の多くの学部のスタッフは，多様な科目についてCAIのための彼ら独自のアイデアを開発し続けた。こういう昨今のプログラムの質は，Stanley Smithによって開発された化学のプログラムのような本当に目立つコースから，充分に開発されていないつまらない練習問題にまで及んでいる。

米国科学基金の後援下の主な活動は，コミュニティ・カレッジのレベルでの教育を提供するためのPLATOのデモンストレーションであった。5つのコミュニティ・カレッジが実地試験用に選抜された。イリノイ大学の近くに位置する，あるコミュニティ・カレッジは，すでにPLATOⅢシステムを使っており，主に，周辺の小さな市街に住む白人の中産階級の学生によって構成されていた。3つのコミュニティ・カレッジは，約150マイル離れたシカゴにあり，そこは，通信ネットワークのテストに役に立った。そのうちの2校は黒人学生が主であり，3つ目は，主に白人学生から成っていた。シカゴで5番目の教育機関は，元来，成年者向けの訓練センターであり，他のものには典型的である標準的なカレッジ・プログラムはもっていなかった。イリノイ大学に近い方のカレッジは28台の学生用端末をもち，シカゴの3つのカレッジはそれぞれ24台の端末をもっており，成年者向け訓練センターは16台の端末を配置していた。PLATOによって提供された5つのコースを履習する学生の数は，1974年の秋の学期に，81名から319名に及んでいる。デモンストレーション計画の初年度の終りまでに，8000名を越える学生が，上記の5大学でPLATOシステムを履習した。

学生による実際の利用を綿密に考察してみると，コースと授業にまたがる相当な変化がみられる。たとえば，生物学のコースを修了した学生一人当り

の学期にたいする平均時間数は5.0時間から10.7時間と一様でない。大抵の場合には，ＰＬＡＴＯでの教育は全コースの小部分を構成している。インストラクタはいくらでも多くまたは少く，彼らが希望するだけ自由にそのシステムを利用するということを想起しなければならない。いかなる授業においても要求される，予め確定されたＰＬＡＴＯのカリキュラムなどはない。全ての教育が，インストラクタによって完全に管理され，かつ学生のレベルに応じて個別化されるべきであるという基本的な哲学の帰結として，開発者たちはこの偏差を予期していた。最近の分析では，ＰＬＡＴＯの授業は，インストラクタがコースの授業を行うために最適であると思ういかなる流儀でも，ＰＬＡＴＯの端末を利用するものであることが判明した。かかる環境のもとで，学生の学習に与えたＰＬＡＴＯのインパクトについて体系的な評価をくだすことは，不可能ではなくとも非常に困難であった。

ＥＴＳによって実施された評価は，明らかに偏重のない，全くよく均衡のとれた準実験的な設計を採用した。無作為化は学生やインストラクタの指名については無理であった。多勢のインストラクタがＰＬＡＴＯと非ＰＬＡＴＯの両方のクラスを教えて以来，ある体系的な比較が，標準コースとＰＬＡＴＯコースに関してなされた。

ＰＬＡＴＯを評価するために用いられたアチーブメント・テストは，カレッジのインストラクタと協同したＥＴＳによって作成された。コースの概要は，会計学，化学，英語および数学において，項目を選択する際の指針として役立った。事前テストと事後テストのデータは，ともにＰＬＡＴＯと非ＰＬＡＴＯのコースのために収集された。テスト項目を，ＰＬＡＴＯの教育内容と対照することはなされなかった。

体系的なデータは，学生の態度，意見，行動に関して入手された。訓練された専門家による観察は，実験のさまざまな時間での学生の標本に対してなされた。アンケートのデータはインストラクタから入手した。そして最後に，ＰＬＡＴＯシステムによって自動的に記録された大量のデータは，学生の進

歩と習性とを更に知るために分析された。

PLATOのクラスにおける学生の減少と，標準的な方法で教えられたクラスの学生の減少とは差がなかった。学生の態度におけるごく僅かな差異はPLATOシステムにその原因を帰すことができた。学生たちが非人格的に扱われるとか，PLATOだから他の学生やインストラクタから孤立することになるといういくつかの批判についての不安は，全く不当であるように思われる。PLATOシステムを利用していたインストラクタと学生たちは，大抵，PLATOにたいして好意的であり，その利用の継続を希望する。非PLATOクラスの多くの人たちは，PLATOを利用できないことに不平を訴えていた。

アチーブメント・テストの結果は，概して，PLATOで学んでいるコミュニティ・カレッジの学生が，標準型のカリキュラムの学生よりよくも悪くもならなかったということを示していた。とはいえ，標準的なコースに比較して，PLATOには学力の低い学生には効果が少く，程度の高い学生にはより効果的であるという傾向があった。対比すれば，初等数学のPLATOの学生は，非PLATOの方をしのぐ相当な進歩を示した。一方で，PLATOの読み方教育を受けさせられた幼稚園や1年生の児童はそのような向上を示さなかった。

PLATOシステムで学んでいる学生を直接観察すると，PLATOシステムを供与されたカレッジにおいて，種々のコースや授業で，学生にたいする個別教育を同時に与えていたということを示していた。学生たちはシステムを使用するについて，大体，ゆったりとし，且つ注意深くしており，端末の操作についてはうまくこなしていた。彼らの態度は，投げやりであるより意気込んでいることの方が多かったし，受動的であるより積極的であった。端末での学生の態度は，学期の始めから終りにかけてそう変化しなかった。混乱と不満の原因となるようなものはほとんどなかった。

教育の5つの目標地域（上記のカレッジや訓練センター）以外のインスト

ラクタたちが，ＰＬＡＴＯシステムを利用する機会をもったということは興味深い。ＰＬＡＴＯ端末は，データ処理についての授業を始め，フランス語や音楽に及ぶあらゆるものに利用された，Bitzerとその同僚のユーティリティという考え方が，イリノイ大学とちょうど同じように，コミュニティ・カレッジにとっても妥当なものであることが立証された。

評価の主要な問題の一つであるＰＬＡＴＯシステムの費用効果比は実験の過程で早々と放棄された。端末は，当初予想されたより，はるかに高くつくことがわかり，また，費用効果比の厳密な調査を行なうための実験計画は，実施が不可能であることがわかった。

ＰＬＡＴＯの実験はどのような方法で成功したのか？また，どうしてその目的を達成することに失敗したのか？最初の計画より開発費がかさみ，また長い時間を要したとはいえ，充分に構成されたシステムは信頼でき，また，多勢のインストラクタや学生にとって魅力的なものであることがわかった。遠隔端末をもつＰＬＡＴＯのような大型コンピュータをベースにした教育システムが，同一時間に異った授業を受ける何百という学生に個別教育を施すことが可能であることを示す実験は，大成功だった。ＰＬＡＴＯでの集中的な作業と，標準型コースを利用した同量の学習とをいかにうまく比較するかという適切なテストを，実験することはできなかった。コースの学生の利用法やＰＬＡＴＯを採用するインストラクタの多様な方針は，そのような体系的な比較をすることを不可能にした。少くとも，学習成果に関する限り，ＰＬＡＴＯが標準型教育よりも良くも悪くもないことがわかったということはできる。

学生の端末時間当りのＰＬＡＴＯのコストは，設計者が当初提案したよりもっと大きかった。基礎コストは，コースの性質により学生の時間当り２ドルから４ドル程度になるとBitzerが主張するとはいえ，より，現実的なコストの見積りは，ＰＬＡＴＯ端末の使用にたいして，ＣＤＣ（Control Data Center）が請求する学生の時間当りの価格である。ＣＤＣによって

管理される 30 の学習センターで採用されているＰＬＡＴＯのコースは，時間当り 12 ドルから 15 ドルの費用がかかるのが典型的な場合である。164 台，あるいはそれ以上の端末を年リースにしたときの端末の使用料は，ＰＬＡＴＯの使用に際しBitzerが提言したよりはるかに高く，月当り1000 ドルを越えている。ＰＬＡＴＯ端末の買い取り価格は１万ドルに近い。明らかに，その価格は，ほとんどのカレッジや大学と同様公共の学校教育にとってまだ法外なものになっている。

５ケ月前に，Control Data はＰＬＡＴＯをベースにした教育活動を再編成し，独立した教育関係の会社を創立した。伝統的な授業の上昇するコストと競い合うように，先き行き５年のうちにコストを十分に引き下げられると期待されている。Magnavox社は現在，競争できる価格をもつマイクロ・プロセッサの制御装置をもつＯＲＩＯＮ－ 60 プラズマ・ディスプレイを製造中である。ＰＬＡＴＯターミナルの原型は，イリノイ大学のコンピュータ利用教育研究所で開発された。ＰＬＡＴＯのプラズマ・ディスプレイ・パネルや他の形式は高度に革新的で強力なものであることが立証された。ＰＬＡＴＯシステムが今後どういう方向に進むかということを見きわめるのは難しい。米国と同様に諸外国の工業用あるいは軍事用の教育にたいして，そのシステムを販売するＣＤＣの積極的な計画の成功に多くはかかっている。ＰＬＡＴＯの国内でのデモンストレーションは，国内に潜在する多くのユーザの関心を再び煽ることに，大きな成功を収めた。

ＴＩＣＣＩＴの実験

通常のカレッジのコースに付属して主に利用されてきたＰＬＡＴＯと異り，ブリガム・ヤング大学によってカレッジのために開発されたＴＩＣＣＩＴシステムは，ＣＡＩの本格的な応用である。英語と数学とは，コミュニティ・カレッジのレベルでの２つの最も重要なコースとして選ばれ，カレッジの新入生に対しこうした分野での技能を上達させるために使われた。本格的な

応用は，教師の役割を含む完全な教育システムの再設計を必要とする。コース（教科課程）の設計とプログラムの作成は，教員や学生によるよりはむしろ設計・制作チームによって完全に実施されている。コースにおける全ての教育は，自己ペース型の時間割と等級づけのシステムに適合しなければならない。こうした理由から，ＴＩＣＣＩＴは，デモンストレーション計画への適用については，ＰＬＡＴＯよりはるかに徹底した取り上げ方をしている。教室での教師は，新しい役割の中で，コース内容の教師としてよりも，むしろ主として学生個人の助言者，診断者あるいは問題解説者として存在する。ＣＡＩの本格的な応用では，授業での提示は教師によってはなされないのである。

ＴＩＣＣＩＴを用いた本格的教育は，ＣＡＩが通常のコースに対する附属物としてのみ利用される場合に比べて，カリキュラム群の設計・分析・修正をより多く要求する。国内のデモンストレーションのためにブリガム・ヤング大学で開発された数学のプログラムは，おもに代数を扱っているが，それはＩＢＭ1500 を利用したテキサス大学の研究所で開発された代数のＰＲＥＳＫＩＬＬプログラムの直系にもあたる。本質的に単位に分かれたカリキュラムは，多くの診断テストや補習用の枝分れを伴う階層的な概念に基いている。もし学生が，入口地点で，特定の学習単位のために事前に必要な技能において，十分な能力を発揮することに失敗すると，彼は診断情報を与えられ，他の選択枝，あるいは彼にふさわしい練習問題に関する助言を与えられる。学習者制御コマンドや言語（Learner Control Command Language）を使えば，学生は彼自身のペースで進むことができる。学生は，彼が選択しないいかなる教材を見ることも強いられない。コンソール上の９個のボタンを用い，実例，解釈，追加演習，難易とり混ぜた問題そして他の補助手段にアクセスすることによって，学習者が彼自身の学習目標をコントロールすることを奨励される。学生はまた，本格的な学習に入る前に様々な学習単位を概観し，いくつかのものを試してもよい。助言者はいかなる予期せぬ問題についても助

力するために，つねに身近にいる。

ＴＩＣＣＩＴシステムにおけるハードウェアのユニット・コストと信頼性とは，可能な限り高信頼性のある商業用の部品を利用することによって最小限度に保持されている。学生用の端末は，標準的なカラー・テレビジョン受像機，特殊な制御ボタンを備えたタイプライターのキー・ボード，そしてヘッドフォンを経由するオーディオ・メッセージによって構成している。ＭＩＴＲＥによって設計された特殊なディジカラー・システムは，格納されているディジタル・メッセージを，必要に応じてカラー・ディスプレイに変換する。ビデオ・カセット・テーププレーヤーも利用できるし，また，ＴＩＣＣＩＴのシグナルは普通の有線ＴＶの受信と完全に互換性がある。また，ライト・ペンは画面上の映像を指示するために用意することもできる。

128台に及ぶ端末は２台の小型コンピュータによって稼動される。国内のデモンストレーションのために，２つのコミュニティ・カレッジに設置された基本システムは，ターミナル・プロセッサとしてのData General Nova 800と，メイン・プロセッサとしてのNova 800であった。学生用の全ての端末は二，三の教室に集中されている。

ＴＩＣＣＩＴのオーディオ・システムは，端末へ事前に収録したオーディオ・メッセージを伝達する。オーディオのための２つのディスク記憶は，約２時間半のディジタルに記録された章句をもっており，同時に20人の学生に対して音声を任意に提供できる。

ＴＩＣＣＩＴ実験の主要な目標は，コミュニティ・カレッジのレベルでは，コストが有効となる代数や英作文についての正規の教育を提供することにあった。最初の目標は，１時間当りの学生一人について１ドル以下にコストを引き下げることにあった。設計者はコース完成の目標を，学生が伝統的な授業において同等の学習の修了に必要とする時間より25％少い時間になることを目指した。他の目標は，ＴＩＣＣＩＴの人気による学生の登録の著しい増加，学生の少くとも85％がマスターすること，学生側の効率の向上，学課にたい

するより積極的な態度，学生の側の大いなる自信などを含んでいた。かくも大胆で，具体的なやり方で目的を述べることは，期待を増進していた一部の従事者たちに失望の可能性を増大したが，評価は容易になろう。

ＥＴＳによって行われた評価は，４つの基本的な領域に集中した。すなわち，学生の成積，教師側の受け容れと教師の役割，実施，および，教育の条件である。協力する２つのカレッジで，ＴＩＣＣＩＴプログラムによって提出されたコースに対し設計者の目標に密接に附随する特別な質問がなされた。ＴＩＣＣＩＴの授業の成果と，通常の授業の成果との比較は，ＴＩＣＣＩＴの相対的な価値についての特別な情報を提供した。数学と英語のコースが，全コースにたいする主要な教育になって以来，その評価は，多様な構成要素においてというよりもＴＩＣＣＩＴを全体としてとらえていた。学生の成績，減少，態度および活動に関するデータは，コースの始業時と修了時の両方で収集された。特別なモジュール（単元）についての項目的なテストが学生に対して与えられた。２つのカレッジで，ＴＩＣＣＩＴによるかなりの率の学生は，伝統的な講義コースの学生より，数学のコースを修了することに失敗した。1975 年から６年にいたる学期の間に，ＴＩＣＣＩＴの数学コースに登録した 1372 名の学生のうち，たったの 218名，すなわち 16 ％の学生が合格の成績でコースを実際に修了したに過ぎない。伝統的なコースで履習単位を獲得した割合は 50 ％だった。英語のコースでの結果は，そこまで劇的ではなかったが，似たようなものだった。厳密な実験計画が，ランダムに条件に割り当てた学生を使ってのＴＩＣＣＩＴのデモンストレーションで採用されたので，ＴＩＣＣＩＴプログラムを主要な教育として使うことは，２つのコミュニティ・カレッジでのコース修了率に否定的な影響を与えたと結論づけただけである。

学生の成績についての評価は，ＴＩＣＣＩＴの影響力に，一層の光明を投げかけた。ＴＩＣＣＩＴのプログラムのもとで数学のコースを実際に修了した学生たちは，伝統的な教育方法での同じ学生たちに比べて，事後のテスト

に高い得点を獲得した。しかし，伝統的なプログラムでの場合よりも，ずっと少い割合の学生しかコースを修了しなかったのでこうした結果は解釈に苦しむものである。このコースに執着し，スケジュールに沿って修了することは，カリキュラムの階層における全てのモジュールについて申し分のない熟達を示す場合にのみ可能であるが，そのときは，代りに伝統的な講義コースを履習した場合よりも，おそらく，よりよく学課を理解したことになると云ってもよいだろう。

英語コースについての学業成績の結果は，学生の入学能力によって異るものだった。英語のＴＩＣＣＩＴプログラムは，予備テストで高得点を示した学生にたいして，最も大きくプラスの影響を与えた。このデモンストレーションでは“よりましな”とよぶ学生でさえ，多くの大学が単に平均的とみなしているものに近いということに留意するのも有益であろう。小グループのディスカッションや作文の課題でＴＩＣＣＩＴの英作文のプログラムを補い，インストラクタが綿密に作業をする積極的な役割をになう時には，もっとも肯定的な結果が得られた。

二つのコミュニティ・カレッジでの数学と英語の両教科に関しては，正規の教育が，程度の低い学生にＴＩＣＣＩＴシステムを当てがうことについて深刻な疑問を惹き起しながら，多くの学生に対して難しいことがわかった。

コミュニティ・カレッジにとっての経費は，通常の学級教育プログラムにおけるよりも，ＴＩＣＣＩＴの教科過程における方が29％高いことが証明された。代表的なコミュニティ・カレッジの学生にたいする教育道具としての低い効果とつながったこうした高い経費は，国家的なデモンストレーションが設定された２つのコミュニティ・カレッジにおいて，３ケ月前にＴＩＣＣＩＴの放棄を引きおこした。ＭＩＴＲＥ社はＴＩＣＣＩＴの販売をHazeltine社に引き渡した。ひき続く研究・開発は，ブリガム・ヤング大学を含む施設で継続されている。軍隊での応用はかなりの成功であることが証明されつつある。海軍は対潜哨戒機の搭乗員に，最初と，再訓練を施すた

めに2箇所でＴＩＣＣＩＴを利用している。マックスウェルの空軍基地の移動用のＴＩＣＣＩＴシステムは，調理助手と倉庫係を訓練するために使用されてきた。ＴＩＣＣＩＴの最新の応用のひとつは，ハンディキャップのある学生に特別な教育を提供することである。家にしばりつけられた子供たちは，彼らの家庭で，そのままのテレビジョン・セットを操作して，広範囲の教育的なレッスンやゲーム，そして，シミュレーションにアクセスする。特殊なキー・ボートにより，コンピュータ・システムにつながる電話回線を経由して，コンピュータに格納された会話型のデータにアクセスする。

数学と英語の学生の成績に期待した目標を達成することには失敗したが，デモンストレーションとしては，ＴＩＣＣＩＴシステムは成功した。ＴＩＣＣＩＴとＰＬＡＴＯの実験の両方から非常に多くのことが学びとられたが，これは，ＣＡＩにおける次代のシステムを設計するために極めて貴重なものとなろう。

将来の見通し

ＰＬＡＴＯとＴＩＣＣＩＴの実地試験に対する国家的な実験では，これら二つの注目すべき実験に数百万ドルが費やされたが，将来のＣＡＩシステムの設計に必要ないくつかの回答を提供した。二つのプロジェクトにより，現在の水準は遅滞や挫折に起因する信頼の限界を突破した。CAI をおもに使うことは，特殊化された中での技術領域を除いては普及しそうにもない。教育を補助するためのコンピュータの利用は，小学校から高度な大学院までにおよぶ教育のあらゆるレベルで増大し続けるだろう。コンピュータおよびエレクトロニクス革命が進行し続けるにつれ，コストは着実に下がるだろう。Bitzer とその助力者たちは，ＰＬＡＴＯのコストが 1980 年までに伝統的なな教育のコストを下まわるだろうと予言しているが，こうしたコストがＣＡＩにとって明らかに有利になるまで，特に公共の学校教育で使用されるまでに 10 年は要するといえるであろう。

コンピュータの付属的な利用は，アメリカの教育の中ですでに広汎に普及している。教育目的のための何百台という端末が，代表的な大きな大学の構内にはすでに存在している。カレッジや大学の国家的および地域的な機関はコンピュータをベースにした教育に関する膨大な量の情報の交換を行っている。主要なコミュニケーション・ネットワークにより，所定の遠隔端末から無数のプログラムを呼び出すことを可能にしている。

遠隔地で操作するコンピュータ処理がますます多くなるので，データ・コミュニケーション・システムの重要性はいよいよその影を大きくしている。合衆国内部では，電話会社と他の通信システムとの間で大きな戦いが進行中である。もし，こうした論争が相互に関わる会社間の競争のために都合のよいように解決するならば，分散型データ処理は低価格で繁盛することになろう。そのような開発は，ＣＡＩの魅力を加速させることができる。ＴＩＣＣＩＴのような小型の独立システムは，必要なときに，非常に大きな資源に，低価格でアクセスできるようになるであろう。ＰＬＡＴＯような大規模なユーティリティ・システムは，地理的な位置にかかわらず，効果的に操作することができる。

有線化した構内は，教育におけるコンピュータの利用の促進を約束するもう一つの重要な新しい開発である。ダートマス・カレッジでのデモンストレーション・システムは，数ケ月前には十分作動するようになった。同軸ケーブルはダートマスのキャンパスのあらゆる大学の施設に連結している。ビデオ・ケーブルとして同時に敷かれた特殊なケーブルは，現在，ダートマスのコンピュータ・ネットワークにとって必要とされている100本の賃借電話線に代って高速コンピュータ・データを伝送する。ダートマスは世界でもっとも重厚にコンピュータ化したキャンパスのひとつであって，ダートマスのほとんど全ての学部が教育の一環としてコンピュータを利用している。ケーブル・テレビジョンとコンピュータ・ターミナルは，主要な機関の教育の能力を大きく拡張することができる。

多くの点で，ＴＩＣＣＩＴシステムは少し時期尚早に出現してしまった。ＭＩＴＲＥ社は，ＴＩＣＣＩＴに対する大きな期待をケーブル・テレビジョンが過去５年間に比べて，急速に成長し，理想的なコミュニケーション・システムを提供することにか睹ている。同軸ケーブルが遠隔地からの高度な会話を可能にする２本のケーブルをもつテレビジョンがＭＩＴＲＥ社の計画の最終目標である。

米国の工業の情報部門は，現在，国民総生産の 27 %以上の割合を占めており，米国の労働力の 50 %近くを雇用している。コンピュータと通信とが混合され，電子式の通貨移送システムが拡張するにつれ，また，娯楽と教育のための標準的なテレビジョンのバリエーションが増大するにつれ，ＣＡＩの魅力は大いに高揚されることになろう。こうした型態の私的なネットワークは，ＩＢＭ，チェイス・マンハッタンや軍部のような大規模な組織の中に存在する。

標準的テレビジョンのバリエーションを待望する市場の徴しは，家庭で使うビデオ・ゲームの販売における最近の急増見られる。標準的テレビジョン・セットに取りつけ可能な小さな装置は受像機をホーム・ビデオ・ゲームに転換し，映像だけが，実際にゲームの活動の中でバリエーションの可能性の限界を与えてくれる。1976 年には，前年度の 10 倍の 35 万台を越えるビデオ・ゲームが米国で売られた。初めてのプログラム化されたゲームが，１年前に，フェアチャイルド・カメラ機器（株）によって紹介された。ＲＣＡ（株）も現在，独自のコンピュータ・ベースのゲーム・システムをもって市場参加しているし，テキサス・インストルメンツは今年末にプログラム化したモデルを提供することになろう。マイクロ・プロセッサをベースにしたゲームは，いくつかのより高価なＣＡＩのプログラムにおいてすでに行なわれている，一種の教育活動に非常に似てきている。

何百万という家庭にすでにあるテレビジョン受像機や有線ＴＶ，あるいは電話線を基礎にする基本的なアイデアは，堅実なものである。教育のモジュ

ールの研究・開発コストが大勢のユーザに拡散されることだけが，設計者たちが過去 10 年間に予告してきた低レベルにユニット・コストを引き下げることになろう。マイクロ・プロセッサ・コンピュータ，標準型テレビジョン・セット，簡単なキー・セットそれにビデオテープ装置を結合すれば，特に有線ＴＶが利用できれば，家庭用の強力な一般目的の端末を構成することになろう。法律的な論争が解決されたならば，米国の主だった多くの企業は二・三年の内に数百万という家庭における何かこうした可能性に賭けるであろう。その技術的な成否はすでに論証されてきた。

今述べた類いのホーム・ターミナルが与えられたとしても，それは，教育用モジュール，ゲーム，閲覧用ファイル，計算機器，そして教育に関係するその他のあらゆる種類のソフトウェアやコースウェア製品を設計し，販売するための小さな一歩に過ぎない。ユーザによって要求された時間と場所に個別化教育を提供する夢は，今なお相当強く生きている。ＣＡＩとＣＭＩの実験の次の波は実に面白いものとなるはずである。時期尚早の偉大なアイデアは依然として偉大なままなのである。しかし，時間と環境が変化して，その完全な実現化を達成するであろう。

日本は米国よりも，こうした技術上の発展を実現することにおいて，多くの点で，よりふさわしい国でさえある。テレビは完全に日本文化に浸透し，至るところで充分に受け入れられている。コンピュータ技術はたいへん急速に発達しており，通信網は国土をおおっている。比較的均質な社会，過密だが高度に教育された住民，そして小さい地理的区域などは全て，コンピュータを基礎とする教育の開発を促進しやすい性質をもっている。私たちは，教育における第 4 革命を仕上げるについて，あなたがたと協力することを歓迎するものである。

付録２　資料リスト

ＰＬＡＴＯ関係資料

I. CERL (Computer-based Education Research Laboratory, University of Illinois, Urbana Illinois) Report

I-1. Donald Bitzer and Dominic Skaperdas, The Design of an Economically Viable Large-Scale Computer System, CERL Report X-5, 1969

I-2. D. Bitzer, Roger L. Johnson and D. Skaperdas, A Digitally Addressable Random-Access Image Selector and Random-Access Audio System, CERL Report X - 13, 1970

I-3. Thomas Andre, Is the New Item Priority Effect an Experimental Artifact? CERL Report X - 16, 1970

I-4. Robert C. Grandey, An Investigation of the Use of Computer-Aided-Instruction in Teaching Student How to Solve Selected Multistep General Chemistry Problems, CERL Report X - 19, 1970

I-5. John Risken, Written Composition and the Computer, CERL Report X - 31, 1971

I-6. Elizabeth R. Lyman, An On Line Document Retrieval Strategy Using the PLATO System, CERL Report X - 21, 1971

I-7. R.A. Avner, Objective Criteria for Evaluation of Grading Scales, CERL Report X - 18, 1973

I-8. Jack Stifle, D. Bitzer & M. Johnson, Digital Data Transmission via CATV, CERL Report X - 26,

I-9. Jack Stifle, The PLATO IV Student Terminal, CERL Report X - 15, 1974

I-10. Kathy A. Lutz, Multimode Knowledges of Results in PLATO Courseware, CERL Report X - 38, 1973

I-11. Maryann D. Bitzer, Martha Boudreaux and R.A. Avner, Computer-Based Instruction of Basic Nursing Utilizing Inquiry Approach, CERL Report X - 40, 1973

I-12. Charles R. Necco, The Use of the PLATO System in an Operations Research Course, CERL Report X - 36, 1972

I-13. Paul T. Tucker, A Large Scale Computer Terminal Output Controller, CERL Report X - 27, 1971

I-14. James P. Neal & David V. Meller, Computer-Guided Experimentation - A New System for Laboratory Instruction, CERL Report X - 30

I-15. Elizabeth R. Lyman, PLATO Curricular Materials, CERL Report X - 41, 1976

I-16. Bruce Sherwood and Jack Stifle, The PLATO IV Communications System, CERL Report - 44, 1975

I-17. Paul T. Tucker, Auxiliary Mass Storage System, CERL Report - 45, 1975

I-18. Jack Stifle, A Preliminary Report on the PLATO V Terminal CERL Report X - 46

I-19. Mary S. Manteuffel, Implementing PLATO in Biology Education at Three Community Colleges, CERL Report X - 47, 1976

I-20. Glenn M. Polin, Macsys : An Automated Curriculum System for Elementary Mathematics, CERL Report X - 48, 1976

I-21. Elizabeth R. Lyman, PLATO Curricular Materials, CERL Report X - 41 No.5, 1977

I-22. Bruce Sherwood and Jack Stifle, The PLATO IV Communication System, CERL Report X - 44.

II. MTC (Military Training Centers Project, Computer-based Education Research Laboratory, University of Illinois, Urbana Illinois) Report

II-1. Eileen Call-Himwich, An Assesment of Lesson Review as a Formative Evaluation Tool, MTC Report-8, 1977

II-2. J.P. Neal, The CGE-PLATO Electronic Laboratory Station Structure and Operation, MTC Report - 6, 1976

II-3. J.P. Neal, The CGE-PLATO Electronic Laboratory Instructional Programs, MTC Report - 4, 1974

II-4. Larry Francis, Merle Goldstein and Eileen Sweeney, PLATO User's Memo - Lesson Review, MTC Report - 3, 1975

II-5. Larry Francis, PLATO IV Terminal Peripheral Devices, MTC Report - 9, 1976

CERL (Computer-based Education Research Laboratory, University of Illinois, Ubana Illinois) 刊行資料

II-6. James R. Ghesquiere, Celia R. Davis and Charlene A. Thompson, Introduction to Tutor, 1974

II-7. Community College English Lesson Index, 1976

II-8. Bonnie A. Seiler and Charles S. Weaver, Description of PLATO Whole Number Arithmetic, 1976

II-9. Elementary Reading on PLATO IV, 1977

II-10. Elaine Avner, Summary of Tutor Commands and System Variables (4th edition), 1976

II-11. Elizabeth R. Lymann., PLATO Highlights (3rd edition), 1975

II-12. Kathie G. Herrick, Community College Biology-Lesson Catalogue, 1976

II-13. Louis V. DiBello, Tamar A. Weaver and Keith Bailey, Catalogue of PLATO Mathematics Lesson (for community colleges and adult education), 1975

II-14. The Fractions Curriculum, PLATO Elementary School Mathematics Project, 1975

II-15. Elaine Avner, PLATO User's Memo Basic Bit Operation, 1975

II-16. Larry Francis, The Tutor Training Course: Lessons Learned, 1976

II-17. Community College User's Report, 1975

II-18. David V. Meller, Using PLATO IV, 1974

II-19. Community College English Lesson Index, 1976

II-20. Elaine Avner, PLATO User's Memo Summary of Tutor Commands and System Variables, 1976

ＰＬＡＴＯ関係資料その他

II-21. Roger F. Paulson, Control Data Corporation, Control Data PLATO System Overview - A Multimedia Computer-Based Educational Delivery System

II-22. Nos Version 1, Time Sharing User's Guide, Control Data Corporation

II-23. Nos Version 1, Terminal User's Instant Manual, Control Data Corporation

ＴＩＣＣＩＴ関係資料

IV. I-CUE (Institute for Computer Use in Education, Division of Instructional Research, Development and Education - Brigham Young University, Provo Utah) Report

IV-1. Michael B. Fee, The TICCIT Math Course, I-CUE Technical Report - 19, 1976

IV-2. Gaylene R. Rosaschi, The TICCIT English Course, I-CUE Technical Report - 16, 1976

IV-3. Junius L. Bennion, Possible Application of Optical Video Discs to Individualized Instruction Systems, I-CUE Technical Report - 10

IV-4. Victor Bunderson, Team Production of Learner-Controlled Courseware - A Progress Report, I-CUE Technical Report - 1

TICCIT関係資料その他

V-1. An Overview of the TICCIT Program, The MITRE Corporation, 1976

V-2. Victor Bunderson and Gerald W. Faust, The National Society for the Study of Education, Programmed and Computer - Assisted Instruction - The Psychology of Teaching Method, 1976

その他

VI-1. Introduction to Computation Center Services, Computer Center, University of Texas at Austin

VI-2. The Undergraduate Syllabus in Computer Sciences, The University of Texas at Austin, 1977

VI-3. A Multi-Microprocessor Computer System, Department of Computer Science Carnegie Mellon University

この報告書は，日本自転車振興会の機械工業振興資金による補助金の交付を受けて実施した「昭和52年度情報処理教育に関する調査研究等補助事業」の一環として作成したものです。

昭和53年3月発行

財団法人　日本情報処理開発協会
情報処理研修センター
〒105　東京都港区浜松町2丁目4番1号
（世界貿易センタービル　7階）
TEL　03（435）6511（代）