

個別学習用システムについて

佐野勝久

(沖電気工業 K・K ソフトウェア事業部 企画部)

はじめに

マン・マシン・システムの主要な応用分野の一つとして、個別学習システムをあげることが出来る。

従来、学校教育から、企業内教育に至るまで、集団学習の形態が基本約であるが、これに対し、教師と学習者が1対1で進める個別学習は、学習者個々の性格と能力に応じた教育が行える点で理想的である。

電子計算機による個別学習システム(CAI—Computer Assisted Instruction—)は、その多重処理能力、大量データの記憶能力、高速演算能力、などを活用し、多数の学習者が自己のペースに応じて、各々異なる学習を同時に進めて行くことが出来る。

CAIのソフトウェアは、①学習コースや教材に關係したもの(教育用ソフト)と、②教育用ソフトを、うまく稼働させるための計算機まわりのソフト(計算機用ソフト)の二つに分けられる。

本稿では、義務教育現場におけるCAI活用の初のケースとして、東京都のある正立中学校で行われているシステムについて、その計算機用ソフトを中心として述べる。

開発の留意点

本システムは、OKITAC-4500会話型システムをベースとして開発され、その中のCAIサブシステムを大巾に改良したものである。

特に義務教育への適用に関し、研究用としてではなく、実践的運用に耐えうるものであることを前提条件とし、

- (1) 大量の学習プログラム開発と、その改善に対処しうる言語(機能面、記述性、融通性から)
- (2) コースの構造と学習者の履修状態の把握
- (3) 詳細な学習経過記録の自動収録
- (4) 定常的な運用をスムーズに行なうためのユーティリティプログラム群
- (5) コース毎に異なる使用文字セットの扱い

などの諸点に特に注意を払った。

会話型システム

OKITAC-4500の会話型システムは、インラインで接続された多数のターミナル(タイプライタまたはディスプレイに、オプションとして、画像や音声出力装置をつけたもの)から、自由にプログラムの投入、文法チェック、実行、修正、カタログなどを行なうことができ、使用できる言語としては、FORTR

AN, CAI言語(OASIS-45), アセンブラの3種類が用意されている
 図1に会話型システムのソフトウェア構成を示す。

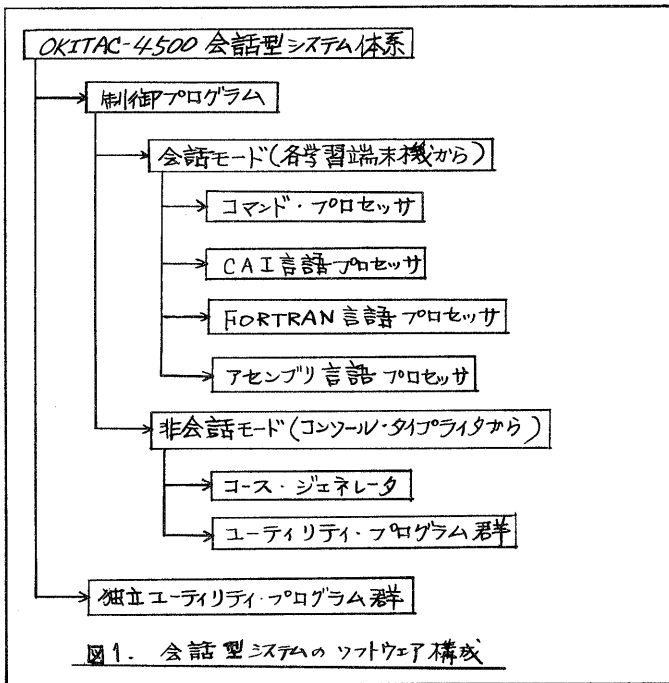


図1. 会話型システムのソフトウェア構成

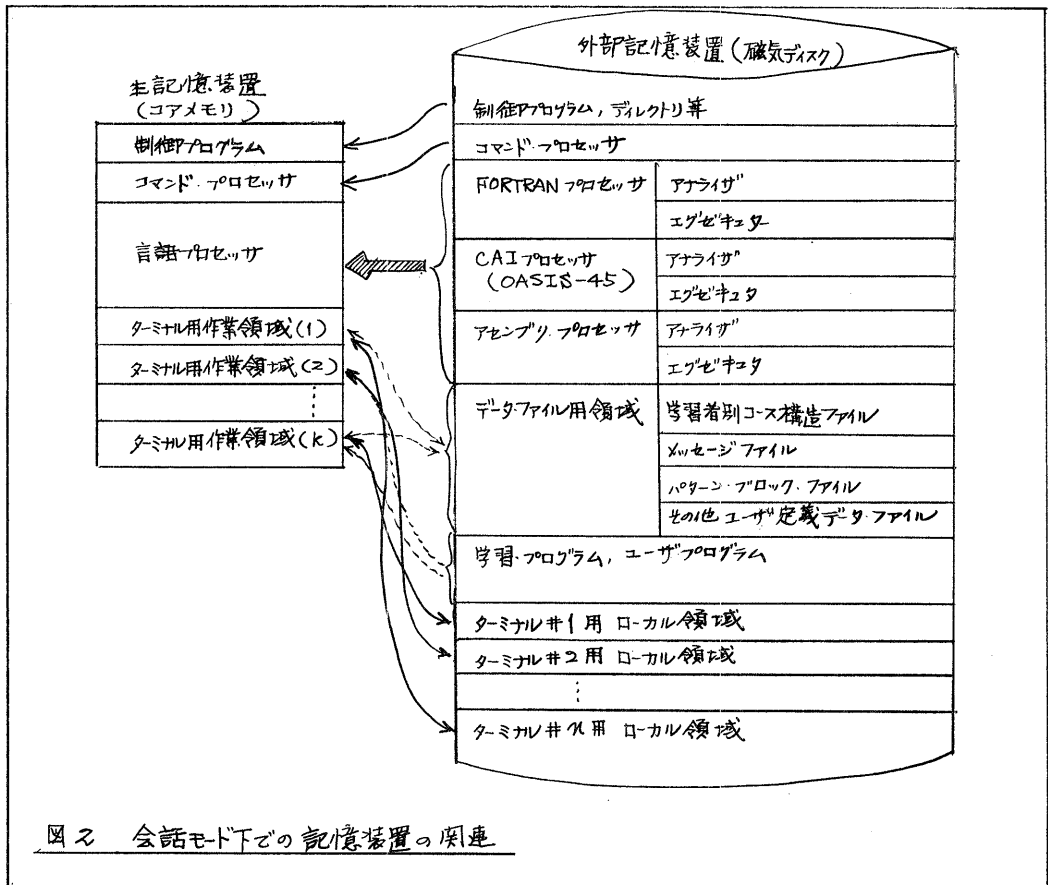
会話型システムは、稼働形態により、会話モードと非会話モードに分けられる。会話モード下では、すべてのターミナル(CAIのときは学習端末)は、いつでも使用可能な状態にある。4つのプロセッサは、再入可能(re-entrant)構造をとり、時間的負荷を軽くしている。但し使用されている言語プロセッサがターミナル間で異なっているときは、秒単位で分割し、磁気ディスクからのオーバーレイによりサービスを行っている。

図2は、会話モード下での主記憶装置と外部記憶装置の使用例を示したものである。

接続されるターミナルの台数を n とする。磁気ディスク内に n 個の作業領域が、主記憶装置内に k 個($1 \leq k \leq n$)の作業領域が、システム・ジェネレーション時に割当てられる。磁気ディスク上の領域(図2で、ターミナル専用ローカル領域)は、ターミナルと1対1に対応し、操作中(投入, チェック, 修正, 追加, 実行など)のプログラムと、それに関連して必要なテーブル類が入れられる。容量は、ターミナル当たり約 $(1200/n)$ K語である。

一方、主記憶装置上のターミナル用作業領域は、主としてソースプログラムや変換テーブル及び入出力バッファとして使われる。そのうち、ソースプログラムは、磁気ディスク内から、部分的に読み込まれて実行される。一般には、ターミナルの個数よりも、主記憶装置上のターミナル用作業領域の個数の方が少なく、このとき、制御プログラムにより、ターミナル用作業領域のロールイン/アウトが行われる。タスク切替のタイミングは、入出力命令発生時、または、一定長のソースプログラム・ステップを連続して実行したときである。

FORTRAN言語, CAI言語, アセンブリ言語の各プロセッサは、



(1) ソースプログラムの文法チェックを行ない、実行時に参照するテーブルを作成するプログラム——アナライザ

並び

(2) 作成されたテーブルを参照しながら、ソースプログラムを解釈実行するプログラム——エグゼキュタ

に分かれています。それぞれターミナルからの ① S C コマンド、② R U N コマンドによって実行される。但し C A I による学習のときは、より容易に開始できるようになっている。

コマンド・プロセッサ

コマンド・プロセッサは、ターミナルを介して、プログラム作成者（又は学習者）がシステムと対話する際用いられるプログラムである。

会話型システムでは、操作性の良さが生命であり、コマンド・プロセッサの機能如何が、大きな影響を及ぼす。以下にコマンド・プロセッサの機能を掲げる。

(1) ターミナルのオープンとクローズ。

(2) ソースプログラムの入力と出力。入力媒体としては、ターミナルのキーボード、紙テープリーダなどの他、センタ側のカード・リーダや紙テープリーダなども指定できる。出力媒体も同様。

- (3) ソースプログラムの表示と変更。 行の挿入, 文字の挿入。ブロック又は行単位の削除。行単位の変更, 文字単位の変更。行単位又はブロック単位の追加。行単位の置換え又はコピー。プログラム名の変更。
- (4) ソースプログラムの登録と削除
- (5) ソースプログラムの結合
- (6) ソースプログラムの文法チェック
- (7) ソースプログラムの実行(区間指定可)
- (8) C A I 学習者モードの実行
- (9) データファイルの定義と削除
- (10) 特殊文字パターン・ブロックの定義
- (11) 変数の値表示と値の設定

F O R T R A N ・ プロセッサ

J I S 5 0 0 0 レベルの会話型 F O R T R A N で、インタプリタ形式であるため、実行段階でのエラーが、適確につかめ、エラー発生時の変数の内容を表示させたり、新しい値を設定して再試行できる。基本外部関数は、機械語のみで磁気ディスクに格納されており、呼出されるべき。ターミナル用作業領域内に読み込まれ、直接実行される。

アセンブリ言語プロセッサ

O K I T A C - 4 5 0 0 の機械語とは独立させ、ビット, デジット, 文字, / 語, 2 語, 実数型など各タイプのデータを、簡単に操作できる。

以上が、O K I T A C - 4 5 0 0 会話型システムの概要であるが、これらの機能はそのまゝに生かし、中心部である C A I 言語の拡充, コースジェネレータの開発, その他ユーティリティファイル設定などを行なった。

C A I 言語 (O A S I S - 4 5)

基本的には、標準 C A I 言語に準拠するもので、特徴的な点を次に示す。

(1) T Y P E 文

オペランドとして ①表示すべき文字列 ② D A T A 文につけられたラベル ③標準メッセージファイルに登録してあるメッセージの番号 ④内容を表示したいカウンタの番号の各種を指定でき、メッセージの結合も可能である。

(2) 思考時間 次の2通りの指定が可能

標準思考時間(秒) ---- 実際の思考時間が、設定値に比べて大きかったか、小さかったか。

打切時間(秒) ---- 設定値に達すると、システム側から自動的に、「応答待ち」状態を解除する。

(3) 予想回答の定義と、学習者反応の判定

予想回答は、フレーム毎に15種類指定でき、各文字列は24文字まで

可能。

判定条件には

- ①ダイレクト・マッチ(全一致)
- ②キーワード・マッチ(部分一致)
- ③トレランス・リミット(許容範囲)

があり、②のキーワード・マッチの場合は、コンマをデリミタとし、予想反応のキーワードの集合をA、学習者反応をBとすると、

- $A=B$ (順不同での全一致)
- $A \supset B$ (1部しか回答せず)
- $A \subset B$ (回答の他、余分あり)
- $A \cap B$ キ中 (合っている部分あり)

の4種のタイプを、各予想反応毎に指定できる。

③のトレランス・リミットは、任意の長さの (≤ 24) ナ進数(小教英も可)で許容の限界値を示し、反応との比較により、一致条件をセットするものである。

上記の他、文字のサプレス(ブランク・サプレス, コンマ・サプレス, 指定文字のサプレス)が可能。連続して2個現れたとき、その1個のみサプレスなどの条件もある。

(4) カウンタとスイッチ

スイッチは、SW0 ~ SW31 の32個、この他、予想回答との比較判定の結果としてセットされるスイッチ(ANDインディケータ)が16個計48個使用可能。学習経過記録には、無条件で全部記録される。

演算は、AND, OR, NOT の3種。

カウンタは、ACC0 ~ ACC51 の計52個あり、整数型の四則演算を行なう。

カウンタは、符号+15ビットで構成され、コースの中で自由に使用できるが、あらかじめCAI言語プロセッサまたは、コースジェネータで、意味付けされ、自動的に計数されるものがある。

図3に、カウンタ番号とその内容を示す。

0	通過フレーム数(日報用)	13	キ-問題フレーム数(累計)
1	通過問題フレーム数(〃)	14	キ-問題正答数(〃)
2	正答問題数(〃)	15	学習時間(〃)
3	最高配点合計(〃)	16	正答要求回数(〃)
4	得点合計(〃)	17	ヒント要求回数(〃)
5	キ-問題フレーム数(〃)	18	制限時間不バー回数(〃)
6	キ-問題正答数(〃)	19	レベル1フレーム評価用
7	学習時間(〃)	20	レベル2フレーム評価用
8	通過フレーム数(累計)	21	レベル3フレーム評価用
9	通過問題フレーム数(〃)	22	推移確率用カウンタ
10	正答問題数(〃)	23	試行回数カウンタ
11	最高配点合計(〃)	24	マイクロフィシのベースカウンタ
12	得点合計(〃)	25	思考時間

図3 システム定義カウンタ

(5) 学習者からの要求

学習者が、学習中に自由にシステムに要求できることは

- ① ヒントの要求
 - ② 正答の要求
 - ③ 後戻り参照
 - ④ 用言等の解説要求
 - ⑤ 途中での小休止要求
 - ⑥ 途中での中断/学習再開の要求
 - ⑦ ヒント等の解説途中で元に戻ることの要求
- のク通りである。

(6) 日報の提示

各学習者が、その日の学習を終了したとき、当該の学習端末に対し、自動的に、次の内容の日報が約30秒間提示される。

- ① 学習者名
- ② 学習月日
- ③ 開始/終了時分
- ④ 学習コース名
- ⑤ 学習時間
- ⑥ 通過フレーム数
- ⑦ 問題数
- ⑧ 正答率
- ⑨ キーフレーム数
- ⑩ キー問題正答数
- ⑪ 評価メッセージ

(7) 学習経過記録

学習者が反応する都度、図4で示すような情報が、レコードノズル語づつ順次、磁気テープに書出される。

多数の学習者が同時に学習している場合、混在した形で記録される。

図4からも分かるように、本システムで取扱いうる情報はほとんど含んでおり、これらは月単位、年単位などでまとめられ、コースの分析や評価のための貴重な基礎資料となる。

学習者番号	スイッチ0～31
学習者名	カウンタ0～51
学習コース名	反応情報フラグ
サブコース番号	回答要求番号
フレームラベル	学習者の反応内容
マイクロフィッシュ番号	一致状況フラグ
表示データラベル	制限時間
フレーム種別	その他
コメントフィールド	
学習開始日時	
学習中断日時	
学習再開日時	
レコード・シーケンス番号	
図4 学習経過記録の内容	

(8) 学習端末機

学習端末機は、マイクロフィッシュ表示装置と、CRTディスプレイの組合せで構成される。

① マイクロフィッシュ表示装置

30シート/スタック

72コマ/シート。約2000コマのランダムアクセス可能。

② CRTディスプレイ (OKISCOPE-500D)

ビットフリーのディスプレイで、文字ジェネレートはすべて、ソ

フトで行なり。画面は 192ビット×256ビットで、1文字は
12×8でジェネレートし、基本文字セット（英、数、カナ、一部
の特殊文字）を除き、コースト応じて特殊文字パターンブロックを
定義できる。

現在使われているものに、次のような記号がある。

\pm , $\sqrt{\quad}$, 2 , n , \exists , \supset , \subseteq , ϕ , kg , m^2 , \square , \rightarrow , ...

コース・ジェネレータ

教育用ソフトウェアである学習プログラムの開発は、質的・量的にきわめて大
変なことであるが、特に義務教育への適用を考えると、膨大なものとなる。

1つの打開策として、計算機の知識の全くない一般の教師が手軽に記述できる
FIF (Fill In the Form) 形式の言語を開発し、少ない記述量で、複雑な手
続きまで表現できるようにする必要がある。

コース・ジェネレータは、このような目標で開発され、RPGに似たパラメー
タ用紙に記入されたデータを読取り、目的語として、前述のOASIS-45を
自動生成するものである。

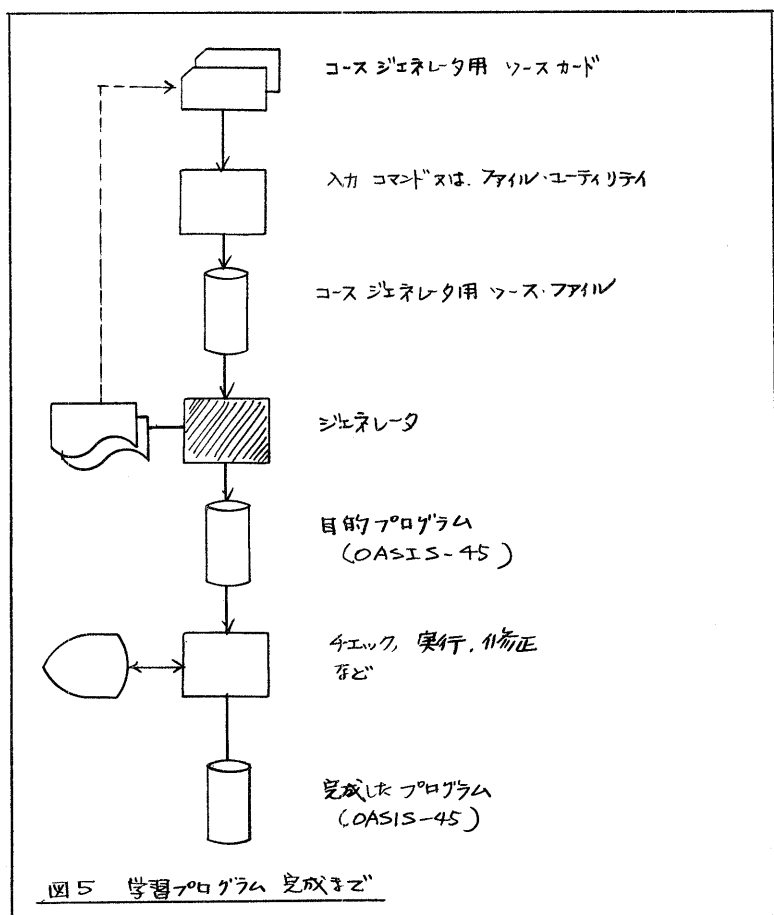


図5は、コース・ジェネレータを使用したときの学習プログラム完成までの流れを示したものである。図中、斜線部のところが、非会話モードで運用する部分。

コース・ジェネレータのパラメータは、6種類に分けられ、各種類の記入用紙にまとめられている。

(1) コース定義部 コース又はサブコースに対して1個あればよく、全般的事項を指定する。マイクロフィシユのベースアドレスの指定、特殊文字パターン・ブロック名の指定、正答率による区分けの指定などである。

(2) フレーム定義部

これは、各フレームの最初で必要で、このフレームで提示すべき質問や説明の内容と、それに対する応答条件を規定し、カウンタ操作や、次に制御を移すべきフレームなどを与える。

(3) フレーム制御部(1)

正答要求¹、ヒント要求¹、時間切れなどの処置を指定する。

本システムでは一般に、問題に対し、同一フレーム内で3回までの試行を基本としている。

(4) フレーム制御部(2)

各予想回答に対し、正答/誤答区分、得点、マッチタイプ、予想回答の内容、繰返しの指定、各試行に対するサブルーチン、又はメッセージ表示の指定などを行なう。

(5) ディジジョン・フレーム

説明や、問題提示のフレームではなく、カウンタやスイッチを操作して次のステップへの意志決定を行なうフレームである。

(6) データ部

ここでは、ラベル付で記述されるデータがそのまゝ TYPETEXT による表示の対象となる。

ファイル

CAI学習を導入し運用する際、常に学習者個人毎の進捗状況、コースの開巻テスト、登録の状況、毎日の学習記録の状況、などが毎日に管理・保持されなければならない。

(1) 学習者別コース構造ファイル

各コースは、最大32のサブコースに分割でき、各学習者が、どのコースを、どの段階まで学習しているかを記録しているもので、これによって前回終了時点からの自動再開と、サブコース単位で、予定進路を変更することなどができる。

(2) メッセージ・ファイル

約2000種の標準的なメッセージ(各々行分、128文字)を、あらかじめ番号をつけておき、プログラム作成の際、必要に応じて、メッセージ番号で参照・表示するためのもの。

(3) パターン・ブロック・ファイル

コース毎に変な特殊文字パターンを登録しておくもの。制御プログラムで文字ジェネレート用に使用される。

(4) プログラム・ファイル

ソース・プログラムを登録するためのファイル。C A I 言語で書かれたもの、FORTRAN 言語で書かれたもの、コース・ジェネレータ用に書かれたもの、など異なる形式のプログラムが一括して管理される。

(5) 学習経過記録ファイル

内容については、前述の通り、磁気テープに記録される。

ハードウェア構成

図6にハードウェアの構成を示す。

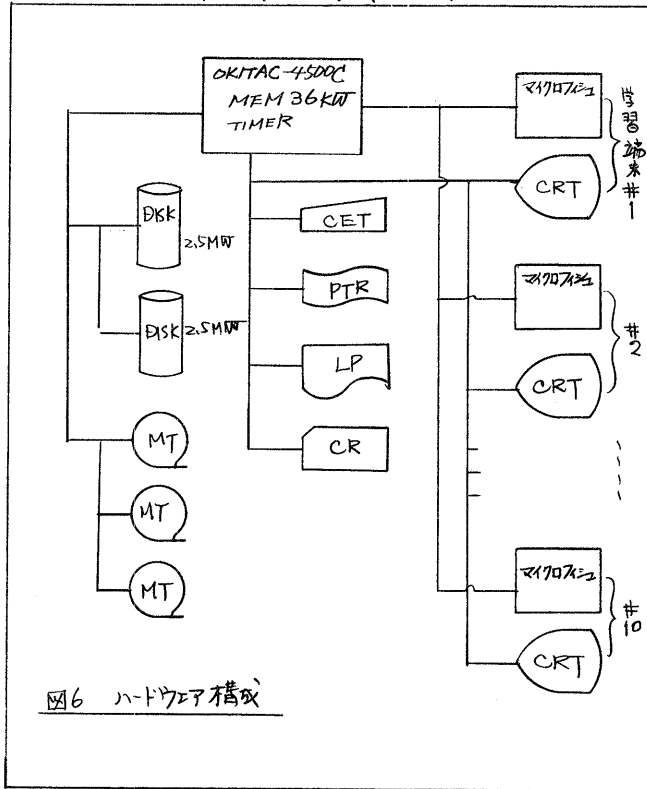


図6 ハードウェア構成

問題と将来の方向

現在、中学校1年の数学を対象として、学習プログラムも着々整備されつつあるが、コースの量が非常に大きく、1サブコースで、OASIS言語で5000行に達するものもある。OASIS言語では、1行に複数スタートメント記述できるので、実際のステップ数は、尚一層大きなものを作りう。進度についても、個人差が大きいので、10名同時に学習する場合、コースは、中広く用意されていなければならず、現有システムでは、同時に学習することのできるコースの大きさは、OASIS換算で、約60000行である。プログラム・ファイルについて容量・管理面からの再考が必要であろう。

次に、言語の問題がある。ジェネレータは、機能面の融通性を多少抑えてでも非常に記述しやすく誰でも書けるために必要であるが、手続き型の専用言語が、必ずであろうか。APLやMUMPSなども検討してみる価値がありそうである。

今回は、英数カナと同レベルの特殊文字に限って、ジェネレータの対象として、簡単な図形や、漢字を取扱ったら、はるかに便利になるであろうし、技術的には、特に困難を英は、なさそうである。

言語の見直しと方向付け、プログラム・ファイルの大容量化、漢字の取扱い、学習端末の改善、などが今後の方角と思われる。

関係各位の御指導を得ながら、よりよいシステム作りのため努力して行きたい。