

〈論文〉

CAI 教授論理と学習者意志決定機構*

溝口文雄**・佐伯 胖**

Abstract

The present study proposed to decompose the instructional situation into two decision components; one is the decision made by the instructor as to the choice of instructional courses and branching schemes, and the other is the decision by the learner which is made rather independently from the instructor's plan or intention. Thus any instructional systems, especially CAI systems, must be equipped with both the structure reflecting the instructor's decision and the structure reflecting the learner's decision. We further proposed that the real optimization of instructional system must be accomplished by "balancing" the two decision-aspects, rather than pursuing more and more sophistications on only one of the two. From this view we reviewed various CAI systems developed in the past, and at the end, we discussed our experience to develop three CAI systems, directing the better "balancing" of two decision aspects in the system; the results of a series of experiments indicated that the system would be better if it incorporated in its system the learner's own decision in course selection in the light of their evaluation upon themselves together with diagnosis for the learner's decision by means of the instructional logic.

1. はじめに

CAI (Computer Aided Instruction) の教授論理を構成するうえで、もっとも重要なことは学習者の理解の状態を明確に把握し、それにもとづいた教授情報を個々の学習者に提供するための種々のブランチングネットワークをどのようにして実現していくかという点であろう。普通、学習者の理解の状態を学習履歴から決定し、またその履歴に適応する教授論理はいわば学習者の応答状態を学習するような論理を意味しており、教授最適化とは過去の学習履歴に適応し、学習するような論理をどのようにして組込むことができるかという議論が中心であったと言えよう。そして、教授最適化の基礎となる学習状態の数学的定式化は確率的学習モデルにもとづいてなされている場合が多く、最適化は最小のエラー確率で学習するための教材項目の提示順序を動的計画法を用いて決定するという多段

階最適化問題として扱われているようである。たとえば、Groen, G. J., Atkinson, R. C.³⁾ (1966), Matheson, J.⁵⁾ (1964), Atkinson, R. C., Paulson, J. A.¹⁾ (1970), Smallwood, R. D.¹²⁾ (1971) などがその代表的研究としてあげられよう。しかし、いずれもが単語学習や対連合学習のような簡単な教材項目を対象としており、普通の教材を取扱うにはさらに複雑な学習モデルにもとづいた教授論理をつくっていかねばならず、結局、たとえ厳密な数学的モデルが可能であったとしても動的計画法のような“次元の呪い”のある最適化を実行することは不可能であろう。それでは、教授最適化という意味をもう少し幅を持たせて、学習履歴に適応するブランチングをもつ教授論理以外に、学習者側の意図的な働きをどの程度まで教授ネットワーク側に反映できるか、もしできるならどの程度まで許せば最小の計算機コストでしかも最小のエラー数で教授するという意味の教授最適化が達成できるかを考察する。本研究ではこれから導びかれた考え方から具体的な三つの教授ネットワークとして構成し、実験的に教授最適化の概念を明確にしていく。そして、これら

* CAI Instructional Logic and Learner's Decision Strategies, by Fumio MIZOGUCHI and Yutaka SAYEKI (Department of Industrial Administration, Science University of Tokyo)

** 東京理科大学理工学部経営工学科

のシステムでの実験結果から、学習者の教授上の決定に対して最適な教授コースを選択するための教授論理を教授最適化のシステムのひとつとして提案することが本論文の目的である。

2. CAI 教授論理の構造

2.1 教授最適化の次元

どのような教授状況でも二つのタイプの決定が含まれている。ひとつは、教授側の何をいかに教えるかという決定であり、もうひとつは、学習者側の何をどのように学ぶか、また極端な場合、学ぶかどうかという決定である。このことは、CAI についても同様に考えられる状況と言えよう。すなわち、計算機は複雑な教授論理にもとづいて何を、いかに教えるかを決定していくのに対して、学習者側ではいくぶん間接的であるが、学習のペース、学習コースの選択、反応の方法などを決定している。このように計算機に備えられた学習者の反応への適応性、いかえれば学習者への必要最小限の教授的干渉を CAI 論理の決定機構として、次の二点から評価してみよう。(1) 学習者の反応の多様性を適切にコントロールする教授論理がどのように構成されているか、(2) 学習者自身がどのようにして多様な反応をすることが許されているか、これを別の視点でみれば CAI 教授論理を次の二点に分割して考えることを意味していよう。そして(1)として縦軸のデータエレメントに教授ネットワークを構成している基本的なブランチングパターン数(B_p)を、(2)として横軸に学習者に与えられたオプション数(O_p)をとり、Fig. 1 のような二次元の座標を仮定しこれからの議論を進めていこう。たとえば、Fig. 1 の点 A に位置するシステムにかかわる学習者の教授状況を考えてみよう。学習者には教授システムに設定された教授項目の学習コースを自由に選択することができる多数のオプションが与えられており、また応答も種々の方法(例えば、端末のキセットなど)で行なえ、しかも教授システム側は学習者の応答にきわめて多様な情報で反応し、提示することが可能なシステムと考えられる。すなわち、ひとつの仮定として、点 A にある教授システムでは、それ自身は学習者の多様な学習政策に適応することが可能な教授論理を持つという点で理想的な教授状況にあると考えられる。そして、この仮定から教授論理の構成が Fig. 1 の対角線 \overline{AO} に位置している時に、学習者の選択性と教授システムの適応性ととのバランスがとれているものと考えられる。このこと

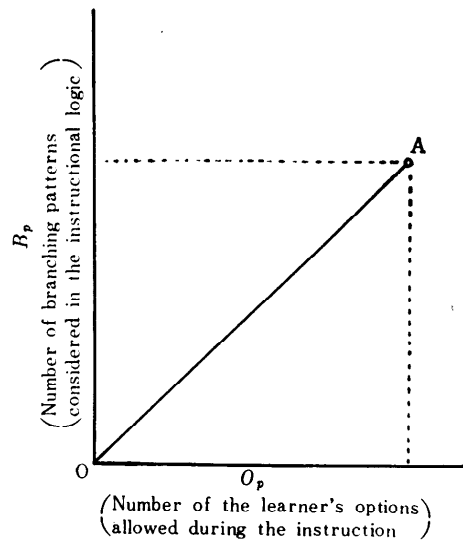


Fig. 1 The Instructional Optimization Space.

は、教授論理上のブランチングネットワークの複雑さのレベルは教授コース間に許された学習者の応答モードの融通性に適切にバランスしていることが必要であることに対応している。したがって、このことから学習者の学習政策における意図的なコース選択、応答の様式を極端に制約しておいて、教授システムの教授論理のパラメータの数 B_p を増していくのは有効とはいえないことを示しているといえよう。同様に、学習者の学習政策にとられる学習コースへの選択権 O_p は教授システム側にその選択権に適応し、対応する能をもつまでは許されないとも考えられる。すなわち、教授論理の構成が学習者の学習政策にバランスした必要最小限の教授的干渉を保ちながら、学習者の意図的な学習上の選択性を同時に生かしつつ計算コストの面および学習能率を高めていくことにも対応している。したがって、 O_p - B_p で構成される座標を教授最適化のためのバランスをチェックする意味で、IOS (Instructional Optimization Space) と名づけておく。ここでは IOS の考え方とそこから導かれる教授論理がどのような構成をとるときに最適であると考えられるかをみてきたが、次に、従来までにすでに開発されたいくつかの CAI の教授論理構成について IOS で検討してみよう。

2.2 CAI 教授論理の評価

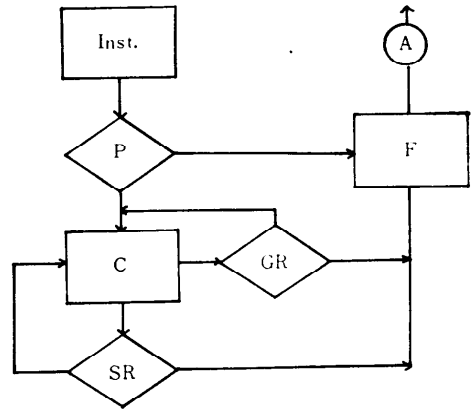
CAI は現在までにさまざまな名称のもとに開発されているが、過去の報告のうち論文誌¹⁰⁾だけでなくテクニカルレポートとして比較的詳しい記述のある教授

論理の SOCRATES^{13),14)}, PLATO²⁾ および IMPACT⁴⁾ について取りあげる。この場合, CAI の評価については実際の学習結果から学習者のパフォーマンスをはかり, 教授論理がどのようなブランチングパターンより構成されているときに高いパフォーマンスとなるかの対応関係を調べることもできよう¹¹⁾。しかし, ここでは教授論理が基本的に何組のブランチングパターンからつくられているか, またどのような学習上のオプションがあるかをマクロにとらえて, 教授論理の特徴を見出し, それが Fig. 1 の IOS チャートでどのように位置づけできるかをみていき, 前章で仮定した教授論理の適応性と学習者のオプションとのバランスをチェックする。この際, IOS チャートのスケールは明確なディメンジョンをとることはできないが, 教授論理側のブランチングパターンの数 B_p および学習者側のオプション数 O_p として CAI を IOS チャート上にプロットしていくことができよう。

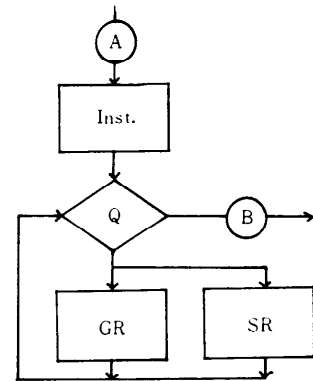
SOCRATES Stolurow & Davis^{10),13),14)} (1965)

によって開発された SOCRATES では, 個々の学習者に対して適切な教授を割当ていくために学習者に関する種々の情報を取入れている。教授システムは学習以前の学習者の適性水準 (A_p), アチーブメントレベル (P_e) および学習者の個人的特徴にもとづいて, 所定の時間 (t) のもとにある教材 T に対して達成されるべき水準 (P_r) から教授プログラムを選定していく。SOCRATES の教授論理では, 例えば Fig. 2 のようにレッスンと問題提示の基本的パターン (B_p) を個々の学習者により変化させることから教授政策の学習者への適応を図るしくみになっている。また, このブランチングの基本的パターンは教材内容の理解状態をテストする段階でも 6 組のバリエーションがあり, レッスンと問題提示の 4 組との組合せから全体として $B_p = 4 \times 6$ 組より構成された教授論理となっている。したがって, SOCRATES では教授システム側が基本的ブランチングパターンの数 ($B_p = 24$) や学習者の特性データ (A_p, P_e, P_r) などの種々のファクターを考慮しているレベルとしては高いが, 学習者自身に許されたオプションの数 O_p は自動的に選定された教授コースを進むかどうか許されていないことになる。したがって, Fig. 3 の IOS チャートで Y 軸方向で高い位置にあり, バランスラインの \bar{AO} からははずれた点となっている。

PLATO Bitzer, D. L., et al.²⁾ (1967) らによる PLATO では, 学習者が学習政策を選択するためのオ



(1) Correction/Rev. Lesson



(2) Correction/Rev. Quiz

Here,

P.....Frame containing short passage and multiple choice question

F.....Feedback frame

C.....Correction frame

GR...General Review frame

SR...Specific Review frame

Fig. 2 Various branching patterns

プションの数 O_p が多いという点で SOCRATES と著しい対比をなしているが, 教授システムの決定機構にかかわるパラメータの数は多くない。すなわち, PLATO の個人指導論理 (Tutorial Logic) では三つの型式のシーケンス, (i) 教授上必要な最小の主シーケンス, (ii) 主シーケンスの問題の補助, (iii) 主シーケンス以外のチャレンジシーケンスをもっているが, 主シーケンスのブランチングは線形になっている。この他に, データシーケンス, 辞書シーケンス, 研究シーケンスがあり, このシーケンスを基本的ブランチングパターンと考えれば $B_p = 6$ となる。この PLATO

では、学習者は教授論理の主シーケンスのどの点からでもいくつかの補助サブプログラムを“Help”で呼び出せるし、同様に情報検索を“Inquiries”することも可能である。このためには外部の端末キキからの内部の教授論理へ直接的に情報を伝える機能をもつ種々のキセットを備えておくことが必要であり、PLATOでは補助シーケンスから主シーケンスにもどるための“AHA!”キキなどのモードスイッチ ($O_p=19$) が考えられている。教授論理の主シーケンスは学習者のエラー応答率、応答時間などにもとづいて分岐することができる。しかし、SOCRATESに較べて学習者の適性水準、達成レベルなどの個人的特性データを特に考慮に入れていない。PLATOではあるシーケンス中の問題だけでなく、さらに進んだ問題についての情報を“Inquires”のモードスイッチで探索しながら解決するプロセスでは、学習者の情報選択、決定に依存している点など、学習者側の自由度は非常に高い状態にあると考えられる。

IMPACT IOS チャートのバランスライン \overline{AO} に沿った位置にあるシステムは Kopstein & Seidel⁴⁾ (1970) によって開発された IMPACT と考えられる。ここでは教授上のコースレベルは学習者の適性水準、教育水準、知的ファクターなどの特性データをもとにして選択、決定される。さらに教授コース中では、種類のブランピングがエラーのパターン、エラーの全個数、応答時間などをもとに決められていく。しかし、IMPACT のもっとも大きな特徴は教授論理のうちの最良のコースを選定するために、学習者の応答に対する学習者自身の自信の度合 (Confidence estimates) または主観的確率 (Subjective probability) に対して VCT テスト (Valid Confidence Testing) を取入れ、それにもとづいた教授政策の決定ルールをもっているところにある。学習者が応答に自信がなく、しかも誤答となってしまう場合には、学習者の理解状態は“Uninformed”に判定される。また逆に、自信があつて誤答となる場合の判定は“misinformed”となる。ただし、この自信の度合を表わす重みづけの方法は、Shutord, Albert によつて開発されたテクニックを用いており、学習者の重みづけは結局、オプション O_p として 9 種類の状態に分けられている。実際に適用されている教授対象はコボルのプログラミングに関するものであるが、問題形式として、(イ)コボル方法の内容理解、(ロ)シーケンス要素の同定、(ハ)コボルのコード化、(ニ)コボルについての質問の四つに分類され

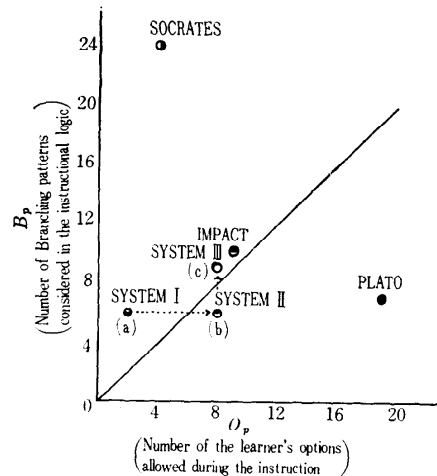


Fig. 3 Evaluations of instructional logics due to IOS chart

ている。そして、各々の問題に対してブランピングパターンのルールが学習者の理解状態のオプションを条件として、たとえば、IF “Uninformed” & (イ), THEN Present Next Display という形式のパターンになる。このブランピングパターンは最大 10 種類 ($B_p=10$) まで用意されている。

2.3 バランスチェックとしての IOS チャート

以上で検討した教授システムを Fig. 3 のように IOS チャート上に位置づけできよう。IOS チャートを導入する第 1 の目的は CAI システムの論理構造をチェックして、教授システム側と学習者側とが最適な相互作用を持つように決定論理のバランスを修正、または改良していくための一般的な方向をチャートから見出していくことにある。例えば、教授システムが Fig. 3 の点 a に位置していたとしよう。このシステムを教授システムの教授コース決定のルール、すなわちブランピングネットワークを複雑にしていくよりはむしろ学習者自身の決定に融通性をもたせていくためのオプションの数を増していけばよいことが IOS チャートから暗示される。そして、この教授システムを改良して学習者自身による決定要素、オプションの数を増したとして点 b に移ったとしよう。このために点 b では、バランスライン \overline{AO} よりオプションの数の増加だけずれていき、しかもそれがシステム側の決定要素とのバランスが保たれない状態となったことを意味しよう。そのためにシステム側の決定ルールの数、決定論理の要素を付加していくことが必要であること

を示していよう。その結果、IOSチャート上の対角線の近くに移って点cとすることができよう。われわれが本研究で用いたシステム（システムI、システムII、システムIII^{7),8)}はまさにこのようなプロセスを通じて開発された。しかし、この場合、ただバランスライン上に移すために機械的に教授論理を組み込むのではなく、教授状況の決定構造をよく吟味したうえで機能を付加していくことが重要である。事実、システムIIIではシステムIIにおける学習者側のブランディングネットワーク選択にあたっての決定分析を行ない、その結果、システムの決定構造の多様性を増していけばよいことが分かったのである。

2.4 教授論理の構成

教授システムにおける教授論理側の決定と学習者側の決定とにみられる最適なバランスの概念を三つのCAI論理を構成して明確にしていこう。

システムI この教授論理ではいくつかのブランディングパターンを用意しておき、それを教授コースの主要シーケンスの種々のポイントに割りつけていき学習者への教授情報の流れをつくる。教授中は各学習者は各フレームひとつひとつに回答していかねばならない。もし、答えが正しい場合に“OK”のタイプアウトで学習者は“reinforced”されて次のフレームに進む。もし、答えが誤りの場合には割り当てられたブランディングのパターンにしたがって正しい解答をだせるまで同じフレームを繰返さなければならないか、あるいは学習者のエラーの数が各フレームに決められた設定値を越えた場合に補助プログラムに分岐し、そこで以前のフレームを復習する場合もある。あるフレームでは分岐せずに正答を示す場合もある。ブランディングは種々と考えられるが、結局、次の $B_p=4$ を基本にしている。Fig. 4はその具体的なフローダイアグラムである。

- (イ) IF A, THEN B
- (ロ) IF A & B, THEN C
- (ハ) IF A & B, THEN C OR D
- (ニ) IF A & B, THEN C ELSE, IF D, THEN E OR F

ここで、例えば(ニ)の場合に、各々フレームをAに問題についてのインストラクションフレーム、Bに問題に設問フレーム、Cに次に進むフレーム、Dを誤りのカウンター設定値、Eに修正および注意コメントのフレーム、Fに補助フレームというように割り当てていけばよい。システムIでは、この基本パターンの

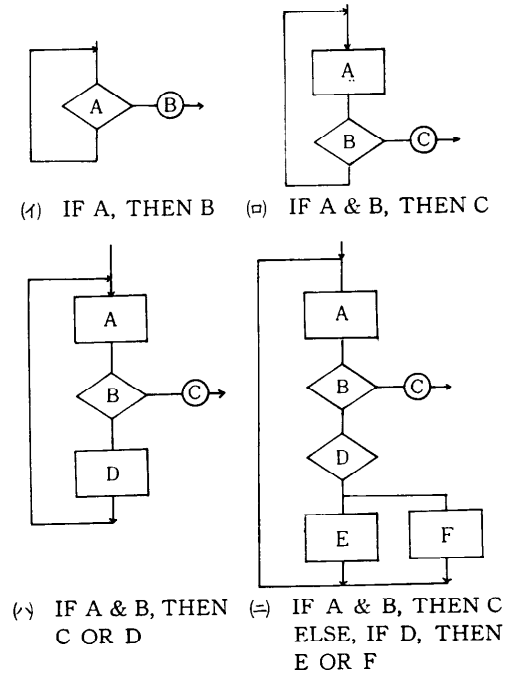


Fig. 4 Basic branching patterns

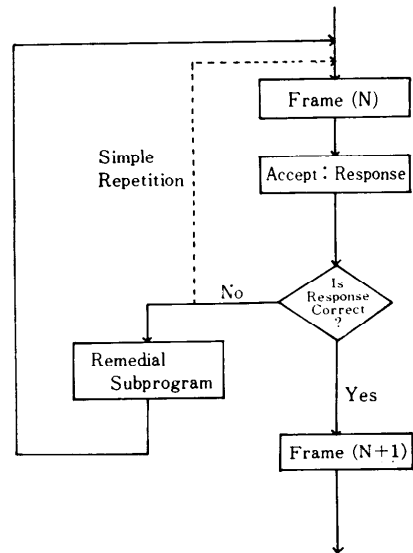


Fig. 5 Flow chart for SYSTEM I

組合せから $B_p=5$ のブランディングパターンを用いている。システムの概略フローチャートを Fig. 5 に示す。

システムII 教材のフレームはレギュラーフレームかキフレームかのいずれかに分類されている。各レ

ギョーラフレームでは、各学習者は三つのモードのうちよりひとつだけを選ぶためのオプションが与えられている。

(i) “Mode C”ではシステムIと同じフィードバックの手順にしたがって現在提示中のフレームに回答する。

(ii) “Mode N”では無条件に次のフレームに進む。

(iii) “Mode A”ではフレームの正答だけを要求する。

また、キィフレームでは各学習者は常にオプションなしで回答していかなければならない。もしキィフレームで誤った場合には、エラーレイトの回答履歴、今までに用いたオプションの記録をタイプアウトすることができ、またそれらの情報にもとづいて以前のどのフレームにでももどることができる。そして、そのいくつかのフレームを再度選んで学習した後にもとのキィフレームにもどり、第2回目の試行でそのキィフレームを通過するようにする。結局、これはシステムIで教授論理側のコントロールに重きを置きすぎたためにIOSチャートでバランスが失われた結果、それを修正するために、システムIIでは学習者の教授コースの選択権として、また学習者自身のペースに適した教授コースを構成していくことができるように上記のオプションとキィフレームでのオプション(レギュラーフレームへの帰還かどうか)など合せてオプション $O_p = 8$ にしてIOSでのバランスを保つ試みをしているのである。その概略フロチャートが Fig. 6 である。

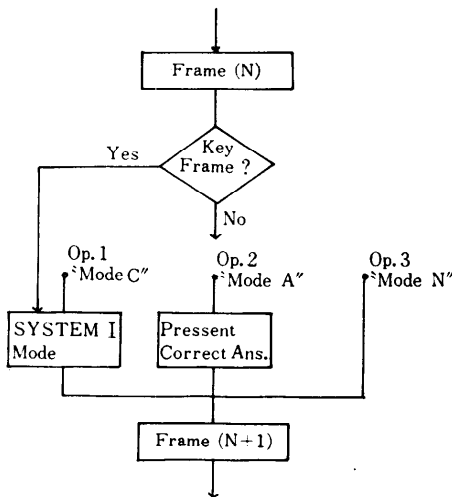


Fig. 6 Flow chart for SYSTEM II

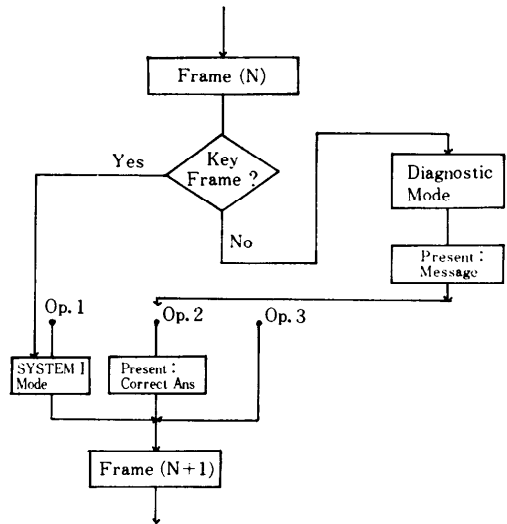


Fig. 7 Flow chart for SYSTEM III

システム III 基本的なブランディング構造は Fig. 7 に示すようにシステムIIと同じであるが、主な違いは教授コースのオプションについての学習者側の決定を診断し、その結果から次のオプションの選定にあたってどれがより適切であるかを学習者にメッセージを与える。例えば、学習者が教授コースの選定にあたり慎重に各学習ステップで進んでいく場合に、エラーの数や選択したオプションのモードをもとに教授システムがオプション選定の診断をして、“Mode A”か“Mode N”の選択をうながすメッセージを発生する。ただし、このメッセージは学習者の回答の処理およびフレームのインストラクションに同時平行してタイプアウトして学習者に与えられる。学習者側はこの診断メッセージにもとづいて、オプションを選定するか、しないかというようなコントロールは直接にはない。したがって、このメッセージとは関係なくフレームに回答していくことも可能である。しかし、もし学習者に与えられたオプションが常に一定で学習が進んでいく場合には、もはやシステムIIIの特長を失なう。したがって、その場合にも学習者の理解状態にもとづいたオプション選択を診断することが必要になってくる。教授システムと学習者との情報処理プロセスを Fig. 8 のように考えて診断の論理方式を説明していく。まず、 n 番目のフレーム f_n に対して学習者はオプション d_n によって教授コースを選定したとする。このとき教授論理側で設定されたブランディングパターン $B_n = (b_1, b_2, \dots, b_k)$ のうちの b_i によって教授情報の提示および応

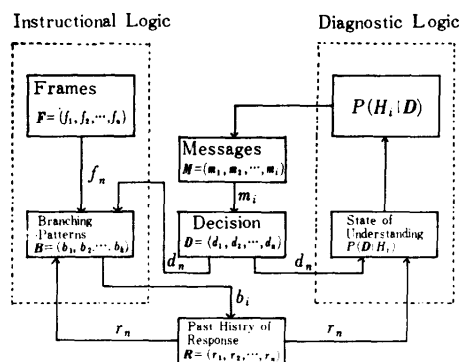


Fig. 8 Block diagram of information processing in learner-instructional logic interaction.

答の形式が決められる。そして、次に $n+1$ 番目のフレーム f_{n+1} に対してどのようなオプションで教授コースを決定すればよいかを診断する。この場合、診断の論理方式は学習者の応答履歴（例えば正答数、誤答数など） $R=(r_1, r_2, \dots, r_n)$ と過去のオプション $D=(d_1, d_2, \dots, d_n)$ からベイズの定理①式にもとづいている。すなわち、学習者が高い理解状態 H_i にある場合にもつオプション D の確率 $P(D|H_i)$ が理解状態 H_i の事前確率 $P(H_i)$ とオプション D の出現確率 $P(D)$ とによって①式のオプション D を学習者が選択した時の理解状態の事後確率 $P(H_i|D)$ に修正される。

$$P(H_i|D) = \frac{P(D|H_i) \cdot P(H_i)}{P(D)} \quad ①$$

ここから $P(H_i|D)$ が求められるから診断メッセージ m_i を発生する基準として $P(H_i|D) > \alpha$ のように設定する。これは確率的に $P(H_i|D)$ がある値 α より以上になった場合に、診断を行なうことになる。実際には、 $P(H_i|D)$ は尤度比を計算して、 $\alpha=0.7$ 以上の場合に診断を行なうとしている。

結局、システムⅢでは教授コース選択のオプション O_p はシステムⅡと同じであるが、そのオプション選択に対する診断という教授干渉が働くために IOS チャートのバランスがシステムⅡよりも良くなっている。

3. 実験

いままで述べてきたシステムⅠ、システムⅡ、システムⅢの三つのタイプの教授論理を FORTRAN 言語により各々システムⅠで約 5000 ステップ、システムⅡで約 7000 ステップ、システムⅢで約 7400 ステッ

プでコード化して IBM 1130 システム (16K) を用いて一連の実験を実施し、各々のシステムを比較する。そして、この実験から教授状況における教授システム側と学習者側の最適な決定のバランス、および診断の概念を明確にする。

3.1 教材と装置

使用教材は 240 コマのマイクロフィッシュよりなるアナログコンピュータのプログラミングに関するもので、教授の最終的目標は連続系システムのシミュレーションのモデル化段階、系のパラメータ変化による動的状態の把握にある。しかし、実験ではこの教材のうちの第 2 章の 52 フレームよりなる加算器、積分器についての基本的な機能、動作を内容にしている。これらのフレームでは各フレームに設定されたエラー回数を越える場合に、補助シーケンスに分岐可能なメインのリニャーシーケンスによって提示されていく。マイクロフィッシュはパーソナルトレーナーにセットされ、フレーム番号はトレーナーのボタン番号に合わせてつけられている。学習者の解答は IBM 1130 のコンソールタイプよりタイプインされ、その結果、フレームへの応答に対する処理がなされ、正解の場合には次に選択すべきフレームの番号がコンソールプリンターにインストラクションとしてタイプアウトされる。学習者はタイプアウトされたインストラクションにもとづいたフレーム番号をパーソナルトレーナーのボタン選択から、それに対応するフレームを呼び出す。

実験には 15 名の東京理科大学理工学部の 3 年および 4 年が被験者として参加した。これらの被験者は三つのグループに分けられ、それぞれグループⅠはシステムⅠ、グループⅡはシステムⅡ、グループⅢはシステムⅢにおいてそれぞれ学習した。コンソールタイプライター、教授項目の選択および応答に必要なコンソールタイプライターの操作方法についてはテープレコーダによるインストラクションとして被験者に学習の初めに与えておく。各システムによる教授後に、被験者全員はポストテストを受けた。

3.2 結果と考察

Table 1 a はシステムⅠ、Ⅱ、Ⅲでの学習のタスクを終了するために要した時間のメジアンとレンジである。ここから明らかなことは、システムⅡとシステムⅢでの被験者はシステムⅠでの被験者より早く学習を終えている。グループⅠとⅡとの平均学習時間差は 30.2 min で、グループⅠとⅢでは 27.6 min である。Table 1 b はポストテストスコア (Max=10 点) のメ

Table 1 Time to complete the task, post-test scores, number of frames to complete the entire course, and number of diagnostic prompting messages.

	(a) Time (min) Med. Range	(b) Post-Test (max.=10) Med. Range	(c) No. of Frames Complete the task Med. Range	(d) No. of Diagnostic Messages Med. Range
Group I :	73 65-123	5 4-10	53 40-55	
Group II :	50 34-63	7 5-7	38 32-46	
Group III:	52 36-70	8 7-9	35 33-36	1 0-8

ジャンとレンジである。ポストテストスコアはグループ I からグループ III までを比べてみると、システム III にいくにつれて増加していく傾向がみられる。どのシステムでも、もし被験者がエラー応答したとすると、その同一のフレームを再試行か、補助フレームへ分岐しなければならないことを考えると、コースで実際に提示されたフレーム数は増加していく。コース中に実際に提示されたフレーム数は Table 1c である。フレームの問題の正答を全部知っており、誤りを侵かさないうで学習した場合には、25 フレームでコースを終了することができる。Table 1d は教授コース中に示された“Mode A”と“Mode N”をオプションを促進する診断メッセージの数である。システム II とシステム III とのフレームの数は、システム III の方が診断メッセージによって少ないものになっており、しかもポストテストスコアは高い値となっているので診断メッセージが有効であることを示していると考えられる。グループ III の一人の被験者のみが教授中に 3 回以上の診断メッセージをうけている。実際に、この被験者は最大の診断回数 8 回であるが、このメッセージを一種の報酬と考えているようである。したがって、この被験者は教授中なんのエラーもないにもかかわらず、タスクを終了するのにもっとも長い時間を要している。また、システム II、システム III の被験者のポストテストスコアが良好なことから、被験者自身の判断と決定によって“Mode A”かまたは“Mode N”のオプションを採用し、しかもその選択決定が全般的に考えて、正しく適切であったことを示している。

4. むすび

本論文は教授状況を二つの決定要素に分割することを提案した。すなわち、ひとつは教授コースの選択にあたっての教授側の決定であり、もうひとつは教授側の計画、意図とはむしろ独自になされる学習者の決定である。どのような教授システムでも、特に CAI シ

ステムでは教授者側の決定を反映する構造と学習者側の決定を反映する構造との両方を備えていなければならない。われわれはさらに、教授システムの現実の最適化が教授側、学習者の決定機構のどちらか一方だけを複雑にしていくよりかは、むしろこの両者のバランスをとることによって達成できることを提案している。この見地から過去において開発された種々の CAI システムを検討し、その後、教授システムの二つの決定面のよきバランスを指向した三つの CAI システムの開発に関するわれわれ自身の経験を議論した。一連の実験結果から、学習者自身が自分を評価してコースの選択決定することが可能であり、しかもシステム側がその決定を診断することができるシステムが効果的であることを示した。しかし、われわれが用いた計算機は通常の小型科学技術用のものであり、本格的な CAI システムにこれらの教授論理を適用するには、診断プロセスの統計計算、および多様性のある診断メッセージをどの程度まで用意するかなどさらに検討する必要があろう。部分的には東京大学大型計算センター内の TSS を利用して、教授論理を BASIC 言語でシステム化を試みている。そして次に研究する点は、本格的な TSS 方式による CAI に対して診断論理さらに生かしていくには教授のためのブランディングパターンがどのような構成となるときに最適になるかを統計的に、実際の学習者の応答データから対応づけしていく必要があると考えられる。

終りに、実験に協力していただいた東京理科大学理工学部鈴木研究室の諸氏、およびシステム開発にあたって水上隆太郎、水上素輔、小谷保夫諸氏の協力を、また文字入力処理について本学講師久保章氏のアドバイスをうけた。また、CAI 言語および教授論理の構成については大阪大学田中正吾氏、京都教育大学西之園晴夫氏、国際キリスト大学中山和彦氏、日立製作所教育センター岡田雅彦氏らとの議論が出發になっている。本研究について昭和 47 年度松永研究助成を受けた。これらの人々、および財団に感謝する次第である。

参考文献

- 1) Atkinson, R. C. and Paulson, J. A.: An approach to the Psychology of Instruction, Technical Report, No. 157, Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences, Stanford Univ. (1970, Aug. 14).
- 2) Bitzer, D. L., et al.: PLATO System: Cur-

- rent Research and Developments, IEEE Trans. on Human Factors in Electronics, HFE-8, pp. 64-70 (1967).
- 3) Groen, G. J. and Atkinson, R. C.: Models for Optimizing the learning process, Psychological Bulletin, vol. 66, pp. 309-320 (1966).
 - 4) Kopstein, F. F. and Seidel, R. J.: Computer as Adaptive Instructional Decision Maker, Professional Paper 1-70, HumRRO, Division No. 1 (System Operations); Alexandria, Virginia. January 1970.
 - 5) Matheson, J.: Optimum teaching procedures driven from mathematical learning models, EES Technical Report No. CCS-2, Engineering-Economic Systems, Stanford Univ. (1964).
 - 6) 溝口文雄: 教育自動化における人間-機械インターフェイス, 人間工学, Vol. 5, No. 6, pp. 389-396 (1969).
 - 7) 溝口文雄, 佐伯胖: CAI 教授論理と決定機構, 電子通信学会教育技術研究会資料 E 72-4, pp. 71-80 (1972).
 - 8) Sayeki Y. and Mizoguchi F.: A CAI system Incorporating Student's Decisions, Abstract Guide of XXth International Congress of Psychology, p. 361, 1972, TOKYO.
 - 9) Sayeki Y.: Human Rationality and Instructional Optimization, Abstract Guide of XXth International Congress of Psychology, pp. 81-82, 1972, Tokyo.
 - 10) 佐藤隆博: CAI について, 情報処理, Vol. 11, No. 3, pp. 155-167, 1970.
 - 11) 坂元, 藤田, 永岡, 木村, 三浦: CAI用学習プログラムのアセスメント, 電子通信学会教育技術研究会資料 E 72-2, 1972.
 - 12) Smallwood, R. D.: The Analysis of Economic Teaching Strategies for a Simple Learning Model, Journal of Mathematical Psychology, Vol. 8, pp. 285-301 (1971).
 - 13) Stolurow, L. M. and Davis, D.: Teaching Machine and Computer-Based Systems. pp. 162-212, In Glaser, R. (Ed.), Teaching Machines and Programed Learning, II, NEA: Washington, D. C., 1965.
 - 14) Stolurow, L. M.: Computer-Based Instruction: Psychological Aspects and System Conception of Instruction, Harvard Computing Center Technical Report, No. 4 (1967).
(昭和 48 年 6 月 11 日受付)
(昭和 48 年 9 月 20 日再受付)