

1. 緒 言

職業能力開発では、その訓練方式に最近CAIがとり入れられている。一連の教材をそっくりコンピュータに移植して、コンピュータ画面上で学習内容を説明してゆき、ときどき質問－応答－評価という形態をとるいわゆるフレーム型CAIとか、物理現象を画面上で提示するシミュレーションなど、様々な使い方が検討されている。いずれにしても、コンピュータの特色を活かした使用法を試みるものであり、なるべく、コンピュータなしには指導が困難な部分を取りあげてCAIへの移植を図る、という観点に立っている。

さて、本報は、CAIにおけるテスト問題の構成法をのべているが、次のようにコンピュータの特色を活かして、新たな学習情報を得ている。

CAIのみならず通常のペーパーテストにおいても、テスト問題では多肢選択式を用いることが多い。一般に多肢選択式は、客観的な評価が可能とされるが、反面、あて推量が発生したり、同じ正答でもどの程度の確信をもって回答したのかの情報が不明である。

本報は、CAIのテスト問題で、回答の確信の高低を識別できるような構成法を提案している。これにより、確信度という学習情報が得られるわけで、訓練生がどの程度の確信をもって回答しているかの手がかりをうることができる。そのテスト構成法をゲーム論的CAIと命名しているが、本報では、まずその原理と枠組みをのべ、つづいて職業訓練におけるゲーム論的CAIの成立要件などを述べる。

CAIを実施している職業訓練施設において、その成立要件を満たすようなテスト問題を、ここで提案するゲーム論的CAIの枠組みに置き換えて、回答評価の信頼性を高めたり、関連の教材研究に応用することを期待するものである。

2. CAIでのゲーム論的出題様式

フレーム型CAIにおける穴うめ式の設問では、多肢選択による回答方式がよく採られる。これは再認形式の一つであるが、選択範囲が既知であり肢数が限定されていることから、その回答の際に、導出した解答を各選択肢と照合して合致するものを選抜する（選抜的回答選択）という方法でなく、解答の導出や考察を中途にとどめておき、不完全なりにその結果から正解とは思われない選択肢を排除してゆき、場合によっては多少勘も含めて正解を特定する（消去法的答案選択）という“賢明な”手段が採られることがある。正答選択肢を特定するための一つのテクニックとも考えられるが、これは、出題

内容との関連も含めてよく議論される。おそらくは、正答と確信する度合に直接依存して、その2種類の回答選択法の選択が行われるものと思われ、したがって、回答結果に対して適正な評価や指針を与えるとの視点からは、いずれの方法を採ったのかの明確化が望まれることがある。

そこで本報では、CAIにおいて、同じ正答であっても、消去法的回答と選抜的回答に異なった評価を与えるよう意図した一つの設問において、これら2つの回答方式の識別を容易にするような一出題様式を述べている [1]。

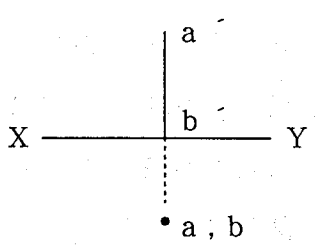
2-1. 選抜的回答選択と消去法的回答選択の識別

まず、例題を一つあげておこう。図1の設問は、学習者によっては消去法的回答選択を行うことが可能である。このとき、もし評価の視点が、「この投影図を見て線分ABの位置・向きを3次元的に理解できること」であれば、回答が選抜的になされたのか否かの識別は重要である。一方、評価の視点が、「同じく線分ABの位置・向きについての正しい記述を所定の選択肢群の中から特定できること」であれば、それは重要な情報ではない。したがって、2つの回答方法を識別できることの意味性は、ひとえに、評価の視点がどこにあるのかに依存することになる。

そのような意味から、ここでは、正解の個数がひとつでその選抜的回答選択がもとめられるという教育指導上の制約を設け、その類の設問に限定して、選抜的回答選択と消去法的回答選択の識別を容易にするような一出題様式を述べている。図2に、発問-回答の過程を示す。同図で、四角で囲った部分は、コンピュータ側からの要求事項

設問

右の投影図で、線分ABは、実際にどのように位置しているか。次の中に正しいものが一つだけあるが、それを選びなさい。



1. 平画面に含まれており、かつ立画面に垂直である。
2. 立画面に含まれており、かつ平画面に垂直である。
3. 立画面に垂直で、Bは立画面に接していない。
4. 平画面にも立画面にも平行である。
5. 平画面に垂直で、立画面に平行である。
6. 平画面に平行で、Bが立画面に接している。

図1 多肢選択問題

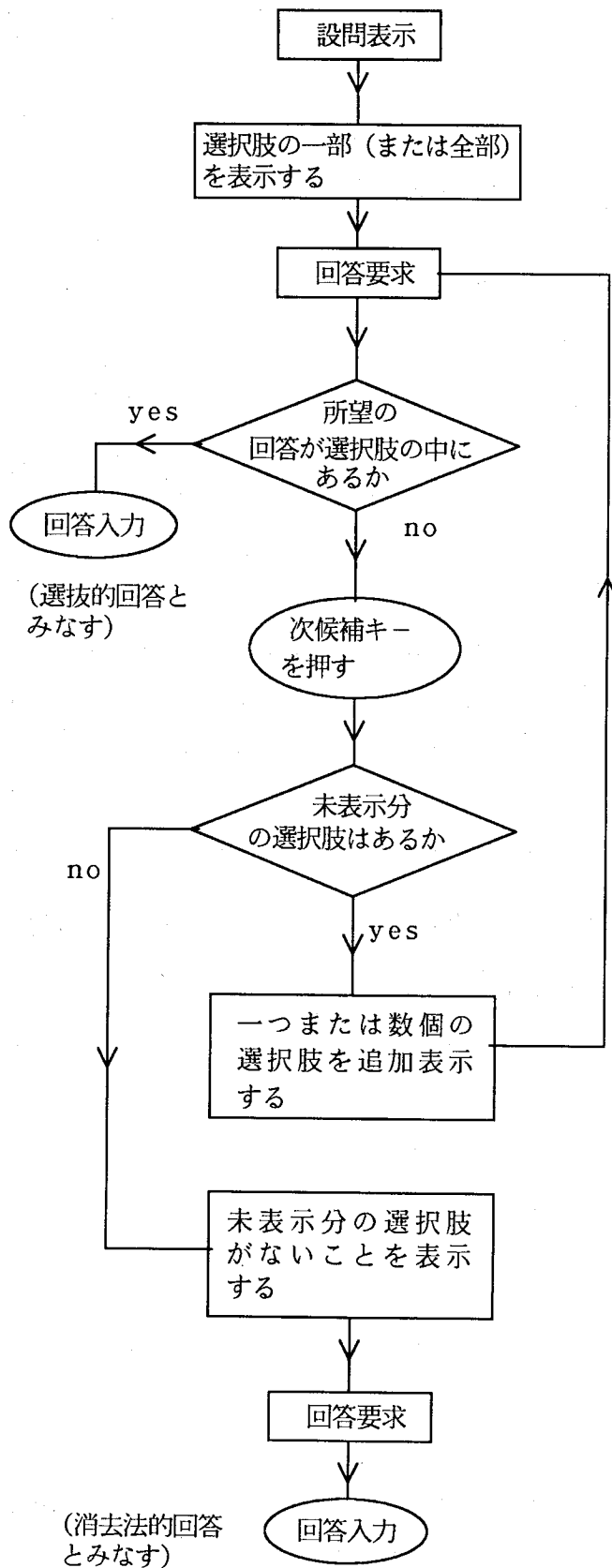


図2 解答入力の手順

または画面表示を意味する欄である。同じく、楕円は学習者の操作を示す。

まず、当該の設問文を、コンピュータ画面上に表示すると共に、予め用意した選択肢群について、その一部（または全部）を表示する。そして、学習者の導出した解答と合致するものがその選択肢群の中にあると思ったときは、それを選抜させる（選抜的回答選択とみなす）。しかし、それがなかったときは、所定のキー（次候補キーとする）を押すことにより新たな選択肢の追加表示を要求するよう、学習者に指示を与える。そして、もしその要求が発生したら、コンピュータは残りの選択肢（未表示分）の中から、どれか1個または数個を追加表示し、一方学習者は再び所望の解答の存否を確認する、という手順を踏む。ただしこの場合、未表示分の選択肢があるかないかは、次候補キーを押すまでは学習者に情報提示しないようにしておく。また、用意した選択肢がすべて表示されたにもかかわらず、さらに次候補キーを押したら、はじめてその時点で、未表示分が存在しないことを提示するとともに、通常が多肢選択回答と同様に、全選択肢の中から正解を一つ選択させる。但し、どれを選択しても、それは消去法的回答選択と見なす。実際に

は、かりに正答であっても、先の選抜的解答選択に対する評価点 e_{draft} より、低い評価点 e_{elim} を与えることとなろう。すなわち、

$$e_{elim} < e_{draft}$$

むろん、このような出題様式と評価方法は、事前に、学習者に通告しておき、できるだけ高い評価を得るよう指示しておく。

2-2. ゲーム論的枠組と決定論的枠組

一般に、学習者はできるだけ高い評価を得ようとするから、2-1でのべた枠組下では、おそらくは次のような概念的方略のもとに回答するであろう。すなわち、導出した解答にある程度以上自信があるときは選抜的解答を志向するものの、必ずしもそうでないときは、“安全を見て”おのずから消去法的回答を行う傾向が生じるものと思われる。したがって、その

表1 ゲーム論CAIでの一局面

		行動 A	
		a_1	a_2
真の状態 Θ	θ_1	u_{11}	u_{12}
	θ_2	u_{21}	u_{22}

事中、ある一つの局面では、表1に示した枠組を想定することができ、一見して、決定理論（またはゲーム理論）の枠組となる。ここに、各変量は、次のとおりである。

Θ : 真の状態 $\theta = \{\theta_1, \theta_2\}$

θ_1 : 画面表示された選択肢群の中に正答あり

θ_2 : 同じくなし

A : 行動 $a = \{a_1, a_2\}$

a_1 : 選択肢群の中から正答と確信するものを一つ選択する。

a_2 : 次候補キーを押す。

U : 効用関数 $u_{ij} \geq 0, \forall ij$

2×2 の行列要素において、 u_{21} は明らかに誤答に対するものであるから、 $u_{21} = 0$ としてよいであろう。また、 u_{11} は選抜的正答による得点であるから、 $u_{11} = e_{draft}$ とする。但し、行動 a_1 によって、誤答を選択することもあり得るから、この行動は、 e_{draft} なる効用を保障するということにはならない。正・誤はあくまで結果論であり、表1での a_1 は、 e_{draft}

なる効用を期待しつつ、正答であると多かれ少なかれ確信して採択する行動である。次に、 u_{12} であるが、行動 a_2 が、表示範囲内に正答選択肢の存在の可能性が少ないとの認識にもとずいての採択であることを考えれば、概ね、 $u_{12} = e_{elim.}$ が成立すると考えてよからう。

このように、ここでの効用関数は、当該の行動によって高々得られる効用を示しており、学習者の期待する効用といえる。効用の期待的表現は、従前の決定理論と異なるであろう [3]。そして、そのような観点からすれば、 $u_{22} = e_{draft.}$ となる。

以上の考察から、先のCAIは決定論的と命名できそうに思われるが、以下のように、必ずしも適切な形容とは言えない。

第一に、統計的決定理論は、統計性と観測値の利用を重要な特徴とする。すなわち、真の状態の起こりやすさを統計データにもとずいて特定（事前確率）するということと、観測値を用いてその値を変更（事後確率）するということ、である。しかし、先の回答入力では、いずれの特徴ももっていない。また、その特徴をもたせようとすること自体、教育上、何ら意味をもたない。

表2 ゲーム論的CAIの枠組

第二に、(これが最も大きな理由なのであるが) 表1では、“行動”の主体がコンピュータではなく学習者にあるということであり、決定論的な形容は、教授方略が決定論的との誤解を与えやすい。

第三に、表1の枠組は、微分ゲームとか逐次ゲームなどのような多段ゲームと相通ずるところが大きい [2]。表1は、表2のように展開することができ、有限段階の逐次ゲームとなる。選択肢群は、逐次表示の都合上、それをいくつか

		行動 A			
		a_1	-----	a_k	a_{k+1}
真の状態 Θ	θ_1	e_{draft}	e_{draft}	e_{draft}	$e_{elim.}$
	⋮	0	e_{draft} 0	e_{draft}	$e_{elim.}$
	θ_k	0	0	e_{draft}	$e_{elim.}$

θ_i : 第*i*区分に正答が存在する $i=1, \dots, k$
 a_j : 第1~第*j*区分が表示された時点で回答選択を行う $j=1, \dots, k$
 a_{k+1} : 未表示分の選択肢が存在しないことを知らされたのちに、回答選択を行う
 e_{draft} : 選抜的正答に対する得点
 $e_{elim.}$: 消去法的正答に対する得点
(注) この枠組下での a_2 は、表1での a_2 と同一の行動ではない

に分割することになるが、 k はそのときの区分の総数を示す。 a_{k+1} の列を除けば、表2は $k \times k$ の利得行列となるが、対角要素とその右上の要素はすべて e_{draft} であり、左下の要素はすべて0である。この表において学習者の回答行動は、行動Aの最左端から順に進むことになる。学習者は a_{k+1} の行動を選択するまでは k の値を知ることができないわけである。これは、人間と“自然”との有限段階の逐次ゲームで、“自然（あるいは神様）”のみがその段数を“知る”、という枠組に帰着する¹⁾。

このように考えてみると、前節での回答方式には決定論モデルとしての実体に乏しく、むしろコンピュータ（または教師）を相手と見なしてのゲーム論的要素の方が強い、といえる²⁾。さらに、自然とゲームを行う、なる考え方も現にゲーム理論に存在し、いずれにしても、当回答方式は、ゲーム理論と何ら概念的な不整合を来すものではない。

3. 職業訓練におけるゲーム論的CAIの成立要件

職業訓練関連のCAIで、被訓練者に対してこの方式を実施するにはいくつかの成立要件が必要になる。

- 1) 被訓練者は、(子供ではなく)大人と想定されるから、この出題様式と回答入力方法を充分納得させることが必要である。さらに、事中に操作上の混乱を招かないよう、予めいくつかの例題でこの出題様式に馴れておく必要がある。
- 2) この出題様式の適用可能な設問は、次の数点が基準となる。
 - ア. 選択肢を相互に比較させて正解を選択させるよう意図した設問でないこと、いわゆる絶対的選択肢であること [4]。
 - イ. 題意から肢数が暗にあるいは明に特定できないこと。たとえば、{上、下}とか{東、西、南、北}などは不適當である。
 - ウ. 選択すべき用語、数式などにあいまいさがないこと。特に、職業訓練では、自然科学系の授業で文字式や数式を使用することが多いが、選択肢が文字式などの場合、その表現形式がほぼ一義に定まること。そして、正解と見なされる解答で、正答選択肢の表現形式と異なっているとしても、それらが恒等であることが一見して明らかであること。
 - エ. ア、イ、ウを前提とし、正解が複数個存在する場合でも、その数を明示すれば、類似の出題様式で適用可能である。
- 3) 一連のコースウェアでは、これに適する設問と適さない設問が混在することになる。

回答の入力操作の混乱を避けるため、この出題様式の設問に対しては、それが一見して明らかになよう、コンピュータ画面上に何等かの表示上の工夫が望まれる。

- 4) 次候補キーによって追加表示する選択肢数は、適度に変化させることが望まれる。なぜなら、たとえば未表示分の肢数が10と仮定して、3つずつ追加表示するとしたら、最後の未表示分は1つとなり、選択肢がすべて”出尽くした”ことが暗に示されるので、不適切な評価につながることもなろう。
- 5) この類の設問は、一人の被訓練者に重複して提示すると、その意図が損なわれることがある。CAIでは、誤答の場合、よく前のフレームに戻って復習し、再度同じ設問に答えるなどするが、その場合は、当該の設問を一般の多肢選択方式の枠組に置き換えて再提示し、回答を処理する必要があるだろう。
- 6) ドリルを目的とするような易しい演習では、大人の被訓練者はこのような出題様式に煩わしさを感じることが予想される。むしろ応用問題とか実力をためす問題で、しかも解答結果が表現上比較的簡単なものが、これに適する。

7) ここでの“選抜的”と“消去法的”は、自信度に類する情報を有しているので、適切なKR情報の選択にも役立つ。その枠組を表3に示す。

表3 KRの枠組

		回答選択法	
		選抜的	消去法的
評価結果	正		
	誤		

8) ここでの回答入力方式は、再生形式の設問を基にして、知識の定着の度合を序列化するのに役立つ。すなわ

(a) 昭和の前の元号は、大正である。

では、明治の前の元号は、何か。

(b) 選択肢 1.天明 2.元禄 3.平成 ELSE -->次候補キー
 4.文明 5.慶応 ELSE -->次候補キー
 6.立教 7.法政 8.安政…

図3 テスト問題例

ち、図3の例で、まず、(a) の設問を提示して、回答を直接コンピュータ入力させ、正答以外のときは、図 (b) を改めて提示して、回答させるという手順を踏めば、定着・記憶の度合を3段階にレベル分けすることができ、教材研究などにも応用できよう。さらに、同じ“選抜的”でも、正答を含む選択肢群の表示の直後に回答入力した場合と、それ以降の“段”で思い直して回答入力した場合を区別するならば、4段階のレベル分けとなろう。

9) 7) での自信度に類する情報は、その後の教授方略の最適化を図るための一パラメータとして活用することが望まれる。特に、職業訓練では、所与のいくつかのテスト問題でその総合得点を高くすることよりも、最適な教授方略であるか否かが、被訓練者自身も興味を示すところと思われる。その意味から、回答行動と得点との関係を明確にしつつも、実際には得点は与えずとも、最大得点を得るように意図して最適な回答行動を採択すれば、最適な教授系列が与えられる旨、被訓練者に納得させておけばよい。(むろん、そのようなCAI論理を構成した上での話ではあるが)

10) e_{draft} と e_{elim} は、片方は固定しておく。たとえば、 e_{draft} は10点としておき、 e_{elim} を1~9点の範囲で適当に定めればよい。1点に近ければ、表示範囲内で多少確信度が低くてもどれか一つを選択しようとする傾向が生ずるし、9点に近ければ、次候補キーを押し続ける傾向が生じよう。ただし、最適な値はいくつかの実験によらなければならない。

4. テスト問題例

職業訓練でよく参照される分野で、ゲーム論的CAIに適切と思われる例を、若干あげておきたい。

図4は、整流回路であり、箱の中にブリッジをダイオードの向きを考慮して選択させることになる。ブリッジは4つのダイオードで構成される、ということが既知と考えれば、全部で16通り(=2**4)の選択肢がある。つまり、選択範囲が既知ではあるが、かなり多いといえるので、ゲーム論的出題様式の対象となろう。

また図5は、やはりブリッジであるが、中間の検流計の振れがゼロになりうるには、箱の中にどのような回路が入らなければならないか、という問題である。これも、素子の様々な組合せが考えられるから、この出題様式の対象となろう。

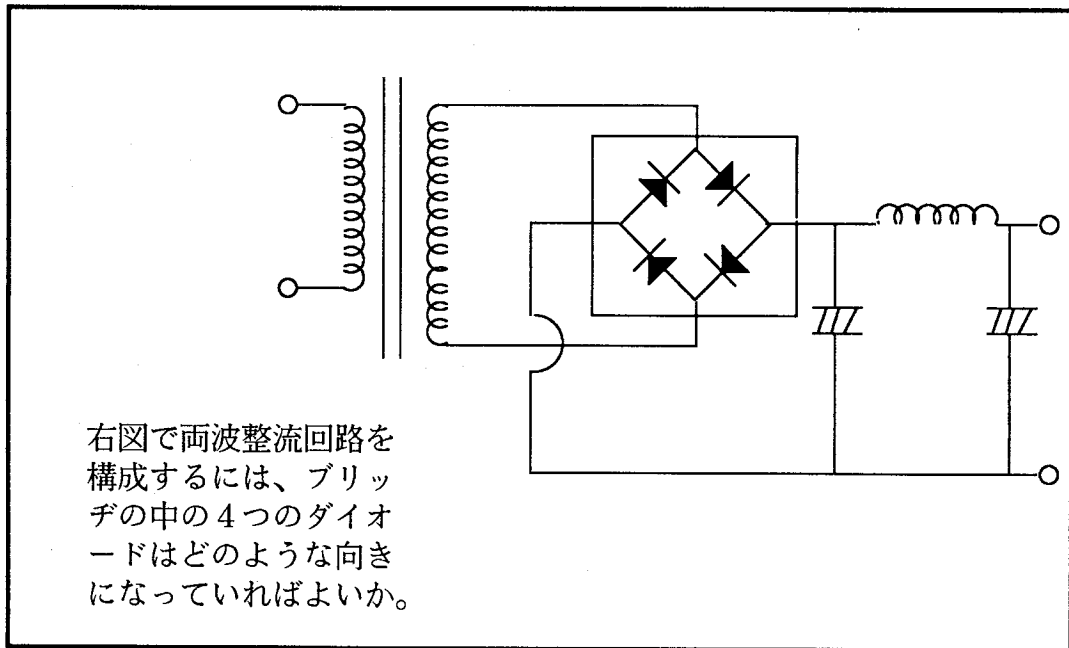


図4 多肢選択問題例～整流回路～

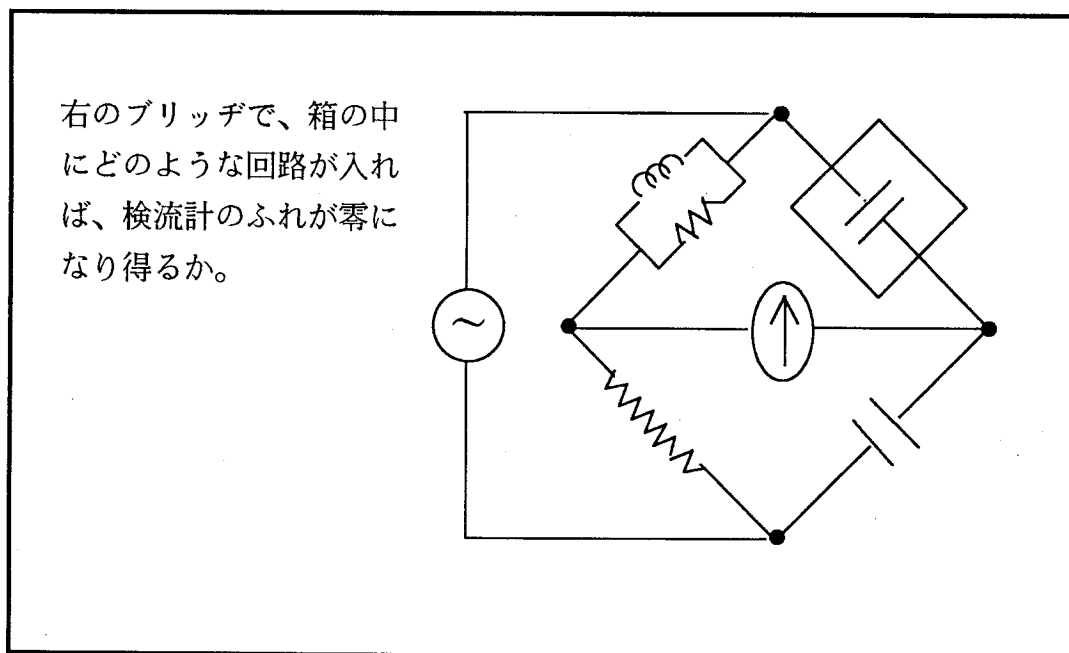


図5 多肢選択問題例～ブリッジ～

5. 評価方法

この出題様式やコンピュータ操作は、被訓練者にとっておそらく初めての経験となるため、何らかの評価を行うことが必要である [資料1]。

教育にかかわる評価用具は、テストとアンケートがあるが、このゲーム論的CAIはアンケートが評価用具となる。すなわち、関連のアンケート項目をいくつか列挙すること

になるが、各訓練現場でとりおこなった教材や訓練生に対応した項目を選定する必要がある。回答データは、単純に平均値 [資料2, 4] をとったり、多変量解析やファジィ積分 [資料3] を用いるなどして、データ解析し、評価を行うことになるが、詳細は略す。

アンケートとしてよく採択されるSD法で、この出題様式に対するアンケート評価項目を表4に例示しておく。

表4 アンケート項目

この出題様式では、		1	2	3	4	5	
1.	面倒だ	-----					簡単だ
2.	つまらない	-----					おもしろい
3.	効果なし	-----					効果有り
4.	CAIに 熱中でき ない	-----					CAIに 熱中できる
5.	平凡だ	-----					ユニークだ

注

- 1) 想定される“手”の範囲が明確でないという、この類のゲームは日常的にもめずらしくない。たとえば、俗な話ではあるが、デパートなどで、バーゲンを狙って所望の物品を購入しようとする場合、一デパートである程度の満足度の物品を見つけたとしても、ひょっとすると、近々別のデパートで類似のセールがあり、より満足度の高い同等品が店頭にならぶかも知れない、などが頭をかすめ苦慮することは、ままある。あるいは、就職・雇用情報をもとにある人がその意思決定を行う際、企業からの当該部所への申し込みが五月雨式であれば、やはり同じような現象が繰り返る。
- 2) ゲーム的CAIなる名称は、ファミコンを用いた遊戯などを想起させ、さらに、本提案がゲーム的要素をとり入れた数多くのCAI研究とはかなり様相を異にするという点から、やはり適切な命名とはいいがたい。

文 献

- [1] 北垣郁雄：CAIでのテスト問題におけるゲーム論的一出題方式についての検討、
信学論、J72D,3,pp. 452 - 454、1989
- [2] 西田俊夫：ゲーム理論、日科技連、1989
- [3] 北垣郁雄、清水康敬：統計的決定理論に基づいた教育システムの適用に関する
意思決定、信学論、J64A、5,pp.386 - 393、1981
- [4] 池田央：新しいテスト問題作成法、第一法規、昭55