

# 多肢選択式問題を対象とする CAI の問題作成方式

津 森 伸 一

## A Method of Problem-Making for CAI System Which Provides Multiple-Choice Problems

Shin'ichi Tsumori

### Summary

The purpose of this study is to propose a method of problem-making for CAI systems which provides multiple-choice problems.

CAI systems categorized in traditional-CAI have been widely used until now, since their algorithms are simple for teachers to make original materials by themselves, and they don't need a particular user-interface such as a keyboard, and so on.

However, most traditional-CAI systems can't analyze students' answers in detail to provide individual actions, since they generally provide multiple-choice problems and can't receive enough information from students to diagnose mistakes and guide them individually. As a result, it is too difficult for systems to provide suitable problems to students individually.

Based on this background, this paper proposes a method for choosing candidates to provide multiple-choice problems. To carry this out, the result of a paper-test which was given to the students in class was analyzed.

In this paper, the results of the paper-test and proposing a method of problem-making are discussed.

Key words: Traditional CAI, Multiple-Choice Problem

#### 1. はじめに

多肢選択式問題（以下「選択問題」）による出題形式の用途は広く、これまでもセンター試験、自動車免許試験等の試験や問題集等、様々な用途で活用されている。従来型の CAI システムにおいても、選択問題を用いた問題演習方式がこれまでに多く開発・実用化されてきた。更にインターネットの利用による Web-based CAI が開発されるようになり、実践例も報

告されている [1]。

従来型 CAI のパラダイムは、アルゴリズムが単純でありオーサリングツールのようなソフトウェアを用いて比較的容易に実現できる、ドメインの依存度が比較的小さく種々の科目に応用できる、またゲーム機や携帯電話程度の入力インタフェースでも充分実現できるというメリットがある。しかし、一般に従来型 CAI で用いる問題や説明を表すフレームは事前に教師によって作成されるため、学習者個々の理解状況にきめ細かく対応するためには相当数のバリエーションを持つフレームを作成する必要がある、教師に多大な負担が掛かる。更に、選択問題の性格上、問題に正解できるだけの知識を持たない学習者が偶然正解する、いわゆる「ヤマ勘」による正解の可能性が記述式問題に比べて格段に高く、真の理解状況を答案の正否状況から測定するのが困難という問題がある [2]。

このような問題を解決するため、筆者は選択問題の形式を採りながら、個々の理解状況にきめ細かく対応した問題や説明を提示する CAI の実現を目指している。このためには、大きく次の2点の問題を解決する必要がある。

#### (1) 理解状況のモデリング

ここでは、答案入力の自由度の低さと正確な理解状況の把握というトレードオフを解消する必要がある。上述したように選択問題は1問の正否状況により理解状況を詳細に測定することは困難だが、過去の複数問の結果を用い適切な推論を行うことによりある程度の理解状況の推定は可能であるものと考えられる。

#### (2) 問題作成方式の考案

理解状況に応じた難易度を持つ問題を作成する方策が必要である。

本稿ではこのうち(2)について述べるものとし、情報処理用語の指導 [2] を対象とした問題作成方式の構築方法について議論する。なお、(1)については文献 [2] でも少し触れたが、詳細は今後の課題とする。まず、第2章で選択問題の難易を決定する要因について実験結果を用いた考察を行い、第3章ではその結果に基づいた問題作成方式の提案を行う。

## 2. 選択問題の難易について

### 2-1. 選択問題の特徴

$n$ 者択一式の選択問題は答案の種類が高々 $n$ 通りに限られるため、ほぼ無限通りの答案を作成できる記述式問題に比べ、学習者から見ても一般に平易な問題と思われがちである。しかし、逆に自身の答案の範囲を有限個の選択肢群に限定する必要があるため、例えば、以下のような場合には、記述式問題に比べ却って難しく見える可能性がある。

- ・ 正解と思える解答が選択肢の中に存在しない或いは複数個存在する
- ・ 知識を有しない (知らない) 選択肢がある

これらは何れも、問題に正解するための知識が完全でない状況下で起こるものであり、選

択肢の与える情報が解答を困難にする典型的なケースであると考えられる。

このように、選択問題においては、学習者が問題の題意を理解できないということがない限り、択肢をどのように組み合わせるかが問題の難易度を大きく決定づけることになる。そこで以降は、問題の難易度は問題に与えられる択肢群の組み合わせ方法のみに依存するものとする。

## 2-2. 実験の内容

最初に、選択問題を難しく見せる要因がどこにあるのかを調べるために、本学学生を対象としたテストを行い、その結果を分析した。

実験の内容を以下に示す。

### (1) 対象科目

本学学生の必修科目である「コンピュータ概論」（主にコンピュータのハードウェア・ソフトウェアのアーキテクチャに関する基礎科目）を対象とし、この科目に登場する情報処理用語の内容を問う出題を行った。

### (2) 被験者

本学生活情報コース1年次の36名に対し実験を行った。なお、全学生が「コンピュータ概論」の講義を既に受講済である。

### (3) 実験方法

【付録】に示した選択問題（14問）を、ペーパーテストの形式で学生に解かせ、各問題に対し、以下の情報を答案用紙に自由に記述させた。回答時間は特に指定しなかったが、約20分で全員が答案の作成を終了した。

#### a) 正解と思われるものの候補

全ての択肢より確実に不正解と思われるものを除いた択肢群であり、確実に正解と思われる択肢群と正解／不正解を判定できない択肢群の和集合を意味する。

#### b) 解答

最終的に答案として提出する択肢群であり、a)の部分集合になる。

#### c) a) から b) を選択した理由

最終的に b) を答案とした理由や根拠を記述させたものである。

なお、問題には正解が複数存在するものを数問加え、学生には全ての問題に複数個の正解があるかも知れないことを事前に示唆している。また、白紙答案を作成することは認めず、仮に「ヤマ勘」によるものであってもそれを理由として示した上で全ての問題に回答することを義務づけた。

## 2-3. 結果と考察

表1に前節で示したテストの結果を示し、以下表の意味について説明する。

## (1) No.

【付録】の問題番号を示す。

## (2) 正解の選択肢数

問題に与えられた選択肢群中の内、正解となる選択肢の個数を示す。

## (3) 正解者数

被験者36名中、問題に正解した学生数を示す。

但し、複数の正解がある問題については、全てを選択しないと正解と見なさない。

## (4) 正解率 (%)

(3)の被験者(36名)に対する割合である。

## (5) 解答に迷った数

前節の「正解と思われるものの候補」の集合と最終的に選択した「解答」の集合が一致しない被験者の数を示す。従って、残りの学生は迷うことなく正解したか誤ったかの学生数を意味することになる。

表1 テスト結果

No.	正解の 選択肢数	正解者数	正解率 (%)	解答に 迷った数
1	1	14	39	20
2	1	20	56	16
3	2	13	36	9
4	3	2	6	13
5	1	15	42	13
6	1	24	67	11
7	1	7	19	18
8	1	23	64	12
9	2	5	14	13
10	1	32	89	6
11	1	13	36	5
12	1	24	67	14
13	1	21	58	8
14	1	13	36	10

以下に表1を基に分析した結果を示す。なお、以降の議論の中には本来同一の問題を使っ

て異なる測定を行った結果に基づき議論する必要があるものもある（例えば問題は同一で選択肢が異なるような問題）が、今回の実験の性格上、ある問題の正否が他の問題の正否に影響しないように出題を配慮した。従って、問題の分野の違いや問題の表現方法が答案に与える影響については全て無視するものとする。

表1より、今回の実験条件の範囲内では以下のことが言える。

(A) 正解の選択肢数が複数個ある問題は誤り易い

本テストでは3問（No. 3、4、9）がこれに該当するが、正解率は36%、6%、14%となっており、他の問題に比較して総じて低い。この理由として、「選択問題＝択一式」という図式が根強く残っていることが考えられる。表には示していないが、「正解と思われるものの候補」で正解を導き出しているにも拘らず、その中から最終的に1つの選択肢に絞ったために不正解になったケースもあった。当然のことであるが、 $n$ 者択一式の場合の回答パターンが $n$ 通りであるのに対し、正解の選択肢数を示さない場合は $\sum_{m=1}^n nC_m$ 通り（例えば $n=5$ の場合は31通り）と非常に多くなるため、「ヤマ勘」に頼った場合の正解率は低くなることになり、確率上も正解が困難なケースであると言える。

(B) 選択肢の文字列に重複する文字が多い問題は誤り易い

例えば、No.7の「XGA」「SVGA」（正解率19%）のように、選択肢の文字列が重複する割合が多い場合も総じて正解率が低い。本問の場合、これらは階層的に同じ上位カテゴリに属する用語でNo.1は「メモリ」、No.7は「解像度の単位」に属する。これらは概念上似た用語であり、両者を明確に区別することができなければ正解を導くことが難しい例である。

(C) アルファベットによる略称を用いた問題は迷い易い

情報処理用語には英語表記の頭文字を集めた3、4文字程度の略称が多数存在する。

No.1、7、12の問題は何れも略称表記の意味を問うものであるが、表1によると多くの学生がこの問題において解答を絞ることに苦勞していることが分かる。これは英語の不得手な学生が多いため、略称を原義でなくそのままの形で暗記しようとした結果であると考えられることができる。

他にも選択問題を難しくする要因はあると思われる。本CAIではこれらを全て問題を作成するための知識としてデータベースに蓄えるという形式を採用することにより、知識の追加や変更を行ったり、難易度計算の精度の向上や多種の難易度を持つ問題を作成することを容易に行うことができる。

### 3. 問題作成方式

これまでの議論に基づき、答案の正否状況に応じて種々の難易度を持つ問題を作成するための方法の提案を行う。

### 3-1. 教材モデル

本 CAI は、経済産業省主催の初級システムアドミニストレータ試験の午前問題解答に必要な程度の情報処理関連用語を演習を通して修得することを目的とする。情報処理用語の説明に必要な情報は、例えば参考文献 [3] においてはほぼ図 1 に示すように図解される。図中、「シンボル」は教材にアクセスするためのユニークな識別子であり、「用語名」「別称」等は属性名、「RAM」「(ラム)」等は属性値を示している。属性値の中で括弧で囲まれたものはリストを意味しており、複数の値を取り得ることを示唆している。

また、関連語は当該用語を説明するために不可欠なものではないが関連知識として役に立つと思われるもの、親クラスは当該用語を概念上包含するもの、子クラスは当該用語が概念上包含するもののシンボルを表す。親クラス、子クラスに表現されるシンボルを他の教材へのポインタとすることにより教材は階層的なソースラスとして表現される。

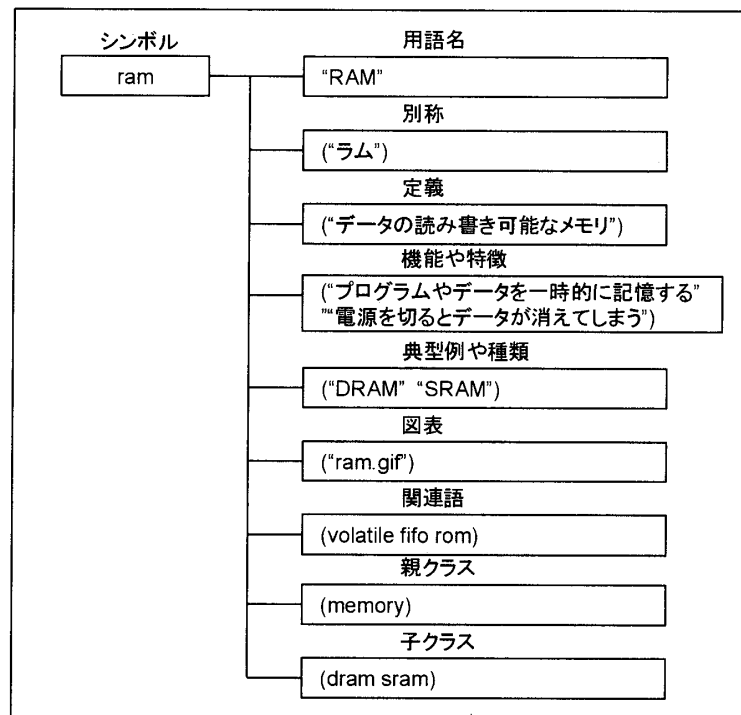


図 1 用語の教材モデル例

### 3-2. 問題のモデル

本 CAI では、以下の形式の出題を行う。

- (1) 用語名から定義を求める問題、或いはその逆の問題  
前者の問題例を図 2、後者の問題例を図 3 に示す。

次の中で、「RAM」の定義の説明として適切なものはどれでしょう。

- (A) 書き込みができず、読み出しだけが可能な記憶装置
- (B) データの読み書き可能なメモリ
- (C) データの記憶と、取り出し方式の1つ。先に入れたものから順に取り出す方式
- (D) 一定時間アクセスしなかったり、電源を切ると内容が消えてしまう性質

図2 用語名から定義を求める問題の例

次の中で、「データの読み書き可能なメモリ」のことを何というでしょう。

- (A) ROM
- (B) RAM
- (C) FIFO

図3 定義から用語名を求める問題の例

- (2) 用語名から機能や特徴を求める問題、或いはその逆の問題  
前者の問題例を図4、後者の問題例を図5に示す。

次の中で、「RAM」の機能や特徴の説明として適切なものはどれでしょう。

- (A) 電源が切られてもデータは消えない
- (B) 電源を切るとデータは消えてしまう
- (C) ジョブのスケジューリングでは先に入ったジョブから実行され、データの移動では先に格納されたデータから取り出される

図4 用語名から機能や特徴を求める問題の例

次の中で、「電源を切るとデータは消えてしまう」ものはどれでしょう。

- (A) ROM
- (B) RAM
- (C) FIFO

図5 特徴や機能から用語名を求める問題の例

以上の出題は、出題形式毎に用意されるテンプレートと図1の教材モデルを用いて行う。図1によると、図表を問う問題や、ある概念の上位概念を問う問題を出題することもできるが、本稿では説明を省略する。

さて、全ての問題は図6に示す内部構造を持つ。なお、図6は図2の問題を表現する内部構造である。以下、図6の内容について説明する。

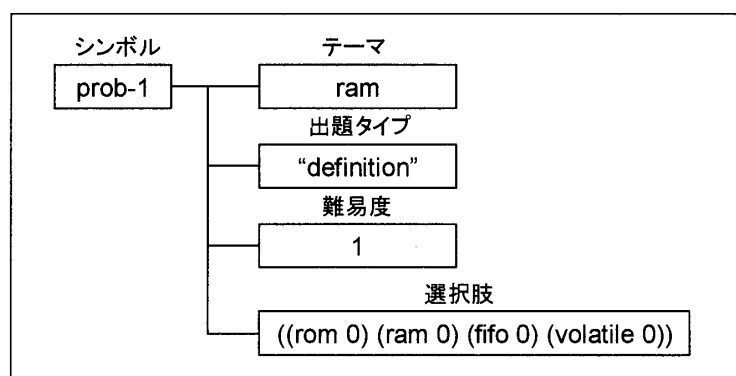


図6 問題の内部構造

・シンボル

各問題に付されるユニークな値である。

・テーマ

図1で表現される教材の中から選択された、学習者に出題する対象となるシンボルを表す。すなわち問題の正解となるシンボルであり、図6の構造は「RAM」を正解とする問題であることを意味している。

・出題タイプ

図2～図5のいずれの形式で出題を行うかを示す。例えば図6はシンボル名から定義を求める問題であることを示す。

・難易度

当該問題の難易度であり、次節で示す方法により計算される。

・選択肢

問題に含む全ての選択肢を示す。選択肢は出題タイプの内容に合致するものが選ばれ、例えば図6の場合は図1の「定義」が選択肢として与えられることになる。各選択肢は要素数2のリストで表現され、2番目の要素は図1の「定義」を示すリストの第n番目の要素（先頭は0）であることを示している。



### 3-3. 問題の難易度

2-3で述べたように、本稿においては、

(条件1) 正解の選択肢数が複数個ある問題

(条件2) 選択肢の文字列に重複する部分が多い問題

(条件3) アルファベットによる略称を用いた問題

は、その条件に該当しない問題より難しい問題であり、更に上記の条件に多く合致するほど難しい問題であるものと定義する。ここでは、(条件1)～(条件3)は全て同程度に問題を難しくする因子であると仮定して、各因子に1点を付し、(条件1)～(条件3)の何れの条件にも合致しない問題を0点として難易度を定義する。このルールに従うと、例えば図2～5の問題については、図2と図4は条件3に合致するので難易度1、図3と図5は条件2と条件3に合致するので難易度2となる。

### 3-4. 問題作成方法

ある問題の正否状況から次に出题する問題を決定する方法を図7に示すフローチャートを用いて説明する。

#### (1) 正否判定

正否判定は学習者が選択した選択肢の順位（何番目の選択肢かを表す数値）と図6の「選択肢」のリスト内の順位が一致するかしないかを判定することにより行う。

#### (2) 問題に正解した場合の次問作成

問題に正解した場合、同じテーマを用いた、より難易度の高い問題の作成を試みる。例えば、(条件3)による難易度1の問題に正解した場合、(条件1)(条件2)の何れかを満足するようなシンボルを教材モデルより探し、難易度2の問題を作成することを試みる。成功した場合はその問題を出題し、失敗した場合は同じテーマの出題を諦め別のテーマを用いた出題を行う。

#### (3) 問題に誤った場合の次問作成

問題に誤った場合、同じテーマを用いた、より難易度の低い問題の作成を試みる。例えば、(条件3)による難易度1の問題に誤った場合、(条件3)を満たさなくするようなシンボルを教材モデルより探し、難易度0の問題を作成することを試みる。成功した場合はその問題を出題し、失敗した場合は同じ難易度を持つ別の選択肢群を選ぶ（問題に誤った場合はテーマは変えないものとする）。

## 4. おわりに

情報処理用語の指導を対象とした問題作成方式の構築方法について述べた。選択問題を対象とする CAI の優位性の1つは、方式が他のドメインにも比較的応用し易いことであり、本

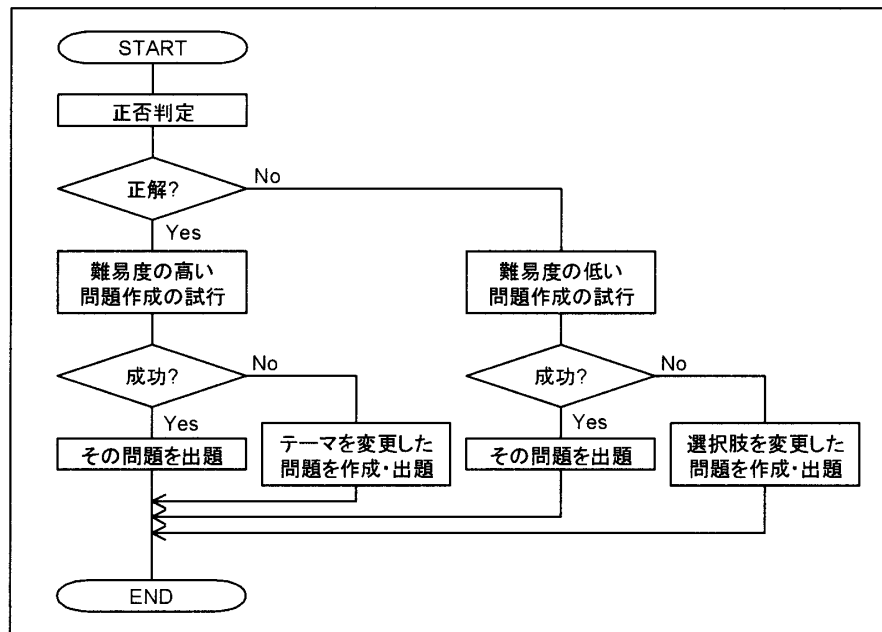


図7 正否判定に基づいた問題作成の方法を表すフローチャート

稿で述べた方法に汎用性がどの程度あるかは興味深いところであるが、まずは情報処理分野という特定のドメインにおいて有効な CAI を開発したいと考えている。

今後は本方式のプロトタイプを実装し、システムによる学習の有効性について検証していく予定である。

(本稿は平成14年度岐阜聖徳学園大学短期大学部研究助成による成果の一部である。)

#### 謝 辞

本稿の作成に当たり、本学生活学科生活情報コース1年次生に実験の協力を頂きました。ここに謝意を表します。

#### 参考文献

- [1] 仲林 他：「WWW を用いた知的 CAI システム CALAT」、電子情報通信学会論文誌 D-II、Vol. J80-D-II、1997
- [2] 津森：「情報処理用語取得のための Web-based CAI の検討」、岐阜聖徳学園大学短期大学部紀要第三十四集、pp.111~120
- [3] 「標準パソコン用語事典」、赤堀侃司 監修、秀和システム

多肢選択式問題を対象とする CAI の問題作成方式

- [4] 津森 他：「インターネットを用いた知的教育支援システムの構成」、人工知能学会知的教育システム研究会資料、SIG-IES-9702- 7
- [5] 「教育システム情報ハンドブック」、教育システム情報学会編、実教出版
- [6] 「インターネット時代の教育情報工学 2」、岡本敏雄編著、森北出版

【付録：テスト出題問題】

【第1問】 「データの読み書き可能なメモリ」のことを何と言うでしょう。

- (1) ROM
- (2) RAM
- (3) (1)、(2)のいずれでもない

【第2問】 「DRAM」と「SRAM」の違いは以下のどれでしょう。

- (1) 「DRAM」はリフレッシュ動作が必要だが、「SRAM」は必要でない。
- (2) 「SRAM」はリフレッシュ動作が必要だが、「DRAM」は必要でない。
- (3) (1)、(2)のいずれでもない

【第3問】 「入力装置」はどれでしょう。

- (1) 光学式マウス
- (2) タブレット
- (3) CPU
- (4) RAM
- (5) LCD
- (6) (1)~(5)のいずれでもない

【第4問】 「CPU」に含まれない装置はどれでしょう。

- (1) 主記憶装置
- (2) 補助記憶装置
- (3) 制御装置
- (4) 出力装置
- (5) (1)~(4)のいずれでもない

【第 5 問】 1946年に作られた世界最初のコンピュータはどれでしょう。

- (1) ENIAC
- (2) EDSAC
- (3) UNIVAC I
- (4) IBM
- (5) PC-8001
- (6) (1)~(5)のいずれでもない

【第 6 問】 プリンタの解像度に使われる単位はどれでしょう。

- (1) dpi
- (2) bps
- (3) (1)~(2)のいずれでもない

【第 7 問】 「1024×768」ドットの画面モード（解像度）を表すのはどれでしょう。

- (1) XGA
- (2) SVGA
- (3) VGA
- (4) UXGA
- (5) SXGA
- (6) (1)~(5)のいずれでもない

【第8問】 カーボン紙を用いた複写式の伝票類に印刷できるプリンタはどれでしょう。

- (1) インクジェットプリンタ
- (2) ドットインパクトプリンタ
- (3) サーマルプリンタ
- (4) カラーレーザプリンタ
- (5) モノクロレーザプリンタ
- (6) 熱転写プリンタ
- (7) (1)~(6)のいずれでもない

【第9問】 「CD」の中で記録したデータの削除を行うことができないものはどれでしょう。

- (1) CD-ROM
- (2) CD-R
- (3) CD-RW
- (4) (1)~(3)のいずれでもない

【第10問】 コンピュータで使われる情報単位である「バイト」は何ビットを表す単位でしょう。

- (1) 8ビット
- (2) 16ビット
- (3) (1)、(2)のいずれでもない

【第11問】 Web ページを提供するために必要なサーバはどれでしょう。

- (1) ファイルサーバ
- (2) プリントサーバ
- (3) ftp サーバ
- (4) NFS サーバ
- (5) (1)~(4)のいずれでもない

【第12問】 「OSI 参照モデル」の第三層に当たる層はどれでしょう。

- (1) 物理層
- (2) ネットワーク層
- (3) (1)、(2)のいずれでもない

【第13問】 「オフィスや建物内のような、比較的狭い範囲内で構築するネットワーク」を何と言うでしょう。

- (1) LAN
- (2) WAN
- (3) イン트라ネット
- (4) (1)~(3)のいずれでもない

【第14問】 通信速度の単位として使われるものはどれでしょう。

- (1) bps
- (2) ドット
- (3) Hz
- (4) バイト
- (5) (1)~(4)のいずれでもない