

情報処理用語習得のための Web-based CAI の検討

津 森 伸 一

Consideration of a Web-based CAI System for Learning Terms on Information Processing

Shin'ichi Tsumori

Summary

The purpose of this study is to design a CAI system for learners who are expected to learn terms on the information processing domain to understand lectures in colleges.

This system aims at providing knowledge for learners through problem-solving. It contains a server program which provides a problem to each individual learner. After the learner's answer is sent to the server, the server analyzes both this answer and his/her student model to diagnose his/her mistake and decide on an individual action for him/her, including an explanation and creating the next problem. Since this system is a web-based application, the learner can access it through a simple user-interface wherever he/she is.

In this paper, the structure of this CAI system, the structure of knowledge used with it, and the algorithm for creating problems and explanations are discussed.

Received Oct. 31, 2001

Key words : Web-based Application, Intelligent CAI, Student Models

1. はじめに

平成15年度に高等学校の「情報」科目が新設され、必修科目となる。これにより、既に情報関連科目の学習を開始している実業系高等学校を含め、全ての高校生が情報科目を学ぶことになるため、進学先の大学・短期大学においては、原理的により高度な情報教育を提供できることになり、教育内容や方法に関する検討が盛んに行われている。

一方、大学・短期大学の教員は、進学してくる学生の情報処理に関するスキルやレディネ

スを適切に考慮した上で授業計画を立てる必要がある。これは、理想的には高等学校の指導課程を理解していることを前提とすればよいと考えられるが、現実的には、高等学校間の教育インフラの整備状況や教員のスキルに格差が存在すること、また「情報」科目が「情報 A」「情報 B」「情報 C」の選択必修科目として構成され個々に習得する学習内容が異なること等の理由から、特に科目新設当初は、学生間のスキルやレディネスの格差は非常に大きくなるものと予想される。

このような状況下で、大学・短期大学の教員が効果的な一斉授業を行うことは非常に困難であると考えられるが、これに対する考慮は殆んどなされていない。

そこで本稿では、大学・短期大学の教員が授業を行う上で必要な前提知識を、入学前或いは入学直後の短期間で習得させることを目的とした CAI について検討を行う。

大学・短期大学での情報科目の授業が理解できない大きな要因の 1 つとして、高等学校において習ったはずの情報処理ドメインの専門用語（以下単に「用語」）を正しく理解できていないことが挙げられる。

そこで、本稿で検討する CAI（以下「本 CAI」）は、高等学校で習う情報科目の用語について、問題演習により短期間で理解を定着させることを目的とした学習支援システムとして位置付け、以下の特徴を持たせる。

(1) 学習者が未習得の用語だけを効率良く習得できる

個々が未習得の用語だけを効率良く習得できるものとするため、学習者の各用語に関する理解状況を学習者モデルとして表現し、答案内容と学習者モデルに基づいた指導を展開する。

(2) 学習者のユーザインタフェースが平易である

学習者が必ずしもコンピュータの操作に精通していないことを考慮し、キーボードを利用した複雑な入力避け、マウスでのみの操作で利用できるものとする。出題形式も複数の選択肢から 1 つを選択する、いわゆる選択問題形式とする。

(3) インターネットを用いて利用できる

本 CAI は大学・短期大学入学前の利用を想定しているため、場所を問わず学習できる実行環境が必要である。そこで、システムはサーバ・クライアント構成を採り、学習者はインターネットに接続可能な環境下でサーバにアクセスできるものとする。

本稿では、以上の特徴を持つ CAI の動作と構成について議論する。

2. 指導戦略

2-1. システムの動作

本 CAI のシステム構成を図 1 に示し、各部について説明する。

(1) Web ブラウザ

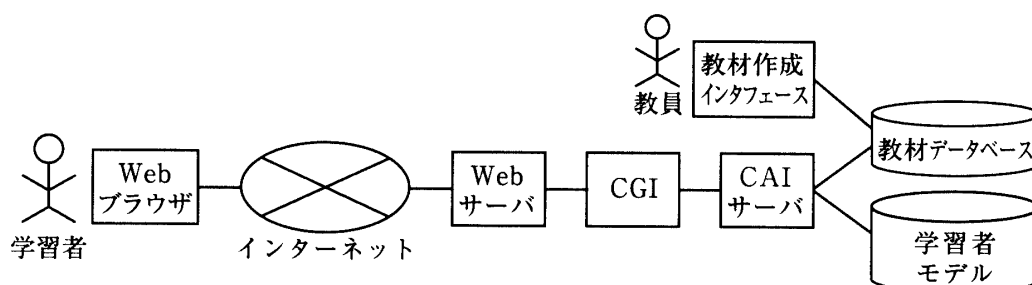


図1 CAIのシステム構成

学習者に問題文や説明文を提示し、また学習者からの答案を受け取るためのユーザインタフェースを提供する。

(2) Webサーバ

Webブラウザに問題文や説明文を送信する。また、学習者からの答案を受け取りCGIに答案を渡す。

(3) CGI

CAIサーバの起動等の管理を行い、また問題文や説明文作成のためのリクエストを発行する。

(4) CAIサーバ

本CAIシステムの中核をなすプログラムであり、問題文や説明文の作成、学習者モデルの更新を行う。

(5) 教材データベース

学習すべき用語に関する情報を格納する。

(6) 学習者モデル

学習者の各用語に関する理解状況を格納するデータベースである。学習者毎に作成され、内容は問題演習を行う度に動的に更新される。

(7) 教材作成インタフェース

教材データベースに格納する教材を作成するための教員用のユーザインタフェースである。詳細については本稿では言及しない。

本CAIは、ドリル&プラクティス型のCAIであり、問題や説明を提示するCAIサーバと、学習者のユーザインタフェースを提供するCAIクライアント間で通信を行いながら学習を進行する。CAIサーバは教材データベースを用いて、HTML文書形式の問題を作成し、CAIクライアントに送信する。学習者はWebブラウザに表示された問題について正解と思うものを選択し、答案としてCAIサーバに送信する。CAIサーバは答案の内容と学習者モデ

ルに記録された学習者の用語に関する理解状況を用いて、HTML 文書形式の説明文を作成し、CAI クライアントに送信する。以上を繰り返すことにより、学習者が全ての用語を習得するまで、学習が継続される。

なお、CAI を利用する前に学習者が既に有している知識については、再度学習を行うことを避けるために、各学習者は事前に自身が理解している項目を自己申告することにより、当該項目に関する用語の学習を行わないように制御する。

2 - 2. 選択問題出題時の問題点及び対策

選択問題はコンピュータによる問題作成や答案の正否判定が容易であるため、CAI システムに多く採用されている。しかし、選択問題は記述問題と異なり、答案の内容から学習者が答えに至った思考過程を得ることができないため、答案内容から学習者の理解状況を推定することが極めて困難であり、結果として個々の理解状況に基づいた説明ができない。

具体的には、以下のような答案に対して、妥当な説明が困難であると考えられる。

(1) 根拠のない正解・不正解

選択問題は提出できる答案が n 通りしかないので、当該ドメインの知識がなくても $1/n$ の確率で正解することができる。また、確率に頼って問題に誤った場合、システムは学習者が不正解に至った理由を把握することができない。

(2) 消去法による正解

不正解の選択肢に関する知識があれば、問題に正解することができる。例えば、正解が「A」、選択肢が「A」「B」「C」のような問題の場合、「B」「C」に関する知識があり、これらが不正解だということが分かれば、「A」が正解だと分からなくても問題に正解できる。

(3) 入力ミスによる不正解

逆に学習者は正しい選択肢が分かっているのに、入力ミスにより不正解となるケースがある。

そこで津森らは、学習者モデルを用いて、選択肢として登場する用語の理解状況を保持し、誤りの内容に応じた指導を行う方法を提案した[1]。しかしここでは、答案は全て学習者の思考の結果と判断しているので、例えば内容を理解した上での正解と「まぐれ当たり」を区別することができない。また、ある用語の正否状況がその用語と意味的或いは構造上関連する別の用語の理解状況に影響することがないので、学習を完了するためには、ドメイン内の全ての用語が正解となる問題を出題する必要があり、学習時間が長くなってしまう。

そこで本稿では、学習者の当該用語に関する理解状況を以下の方法で測定する。

- (1) 答案の正否状況と過去の当該用語に関する学習履歴の両方から理解度を定義する。理解状況を 1 問の問題で判定しないため、正否情報の信頼性を上げることができる。

- (2) (1) は当該用語を問う問題が多くなると効果を発揮せず、出題数を増加しなければならない結果になる。そこで、ある用語に関する理解状況を、他の用語の理解度（レディネス）として反映させることにより、全ての用語に関する問題を出題しなくても学習を完了できるようにする。

2-3. 用語の知識構造

情報処理ドメインに登場する用語は、全てが体系化されたものであり、単に用語とその定義等を対にして記憶するよりも、用語の体系や階層を意識しながら覚えていく方が、時間的に効率も高く、また内容を忘却しにくくなるものと考えられる。

例えば、記憶装置の一種である「RAM」（データの読み書き可能なメモリ）を習得している学習者が、新たに「ROM」（データの読み出しのみが可能なメモリ）に関する知識を習得したい場合、「ROM」の定義の説明だけでなく、既有知識である「RAM」との関係を明示した方が、効率良く習得できる可能性が高い。

そこで、本稿においては、用語を階層的に展開し、

- (A) 用語そのもの（ノード）に関する知識
- (B) 用語間の関係（リンク）に関する知識

の両者を、学習者個々の理解状況に応じて提示することを考える。

用語は、それを表現する任意のシンボルをキーとし、定義や同義語等の内容をシンボルの属性値として持つ構造体で表現するものとし、属性として以下の内容を持たせる。

- (1) 名称
用語の名称を表す文字列
- (2) 定義
用語の定義を表す文字列
- (3) 図表
用語を説明する画像ファイルへのポインタのリスト
- (4) 同義語
同義語（英語名、短縮名等）を表す文字列のリスト
- (5) 関連語
用語の内容に関連する（理解を助ける）用語のリスト
- (6) is-a
用語の上位概念を表す用語のリスト
- (7) part-of
用語を構造上含む用語のリスト
- (8) グループ

学習する或いはしない内容を決定するために、学習単位に用語をまとめたグループの用語のリスト

(9) 要習得

教師が、学習者の習得を必要と考えるか否かの判定を示した2値

用語は、is-a 或いは part-of のリンクを用いて、他の用語とリンクしシソーラスを形成する。このリンクは、問題や説明の作成、また学習者モデルの更新にも用いる。

本稿における知識構造の例を図2に示す。なお、図2に表現した属性値は、参考文献 [2] の表現に基づいている。

	属性名	属性値
シンボル (ram)	名称	“RAM”
	定義	“データの読み書き可能なメモリ”
	図表	(“ram.gif”)
	同義語	(“Random Access Memory”)
	関連語	(volatile fifo rom)
	is-a	(memory)
	part-of	0
	グループ	(記憶装置 シスアド)
	要習得	Yes

図2 用語の知識構造

2-4. 出題する問題形式

本CAIは、図2に示した用語群より、学習者が未習得の用語を抽出し、その用語のうちの適切な属性（例えば「名称」と「定義」）を1対1に結びつけられるかを出題する。図2を用いた場合、例えば以下のような形式の出題を行うことができる。詳細は4章で述べる。

- (1) 用語の定義を問う問題
- (2) 用語に関連する図表を問う問題
- (3) 用語を意味上或いは構造上包含する用語を問う問題

3. 理解状況のモデリング

3-1. 学習者モデルの構造

学習者モデルは、シンボルとその理解状況との対で表現するものとし、その内容を図3に示す。

前節で述べたように、用語は実際には色々な形式で出題されるが、同じ用語を問う問題に

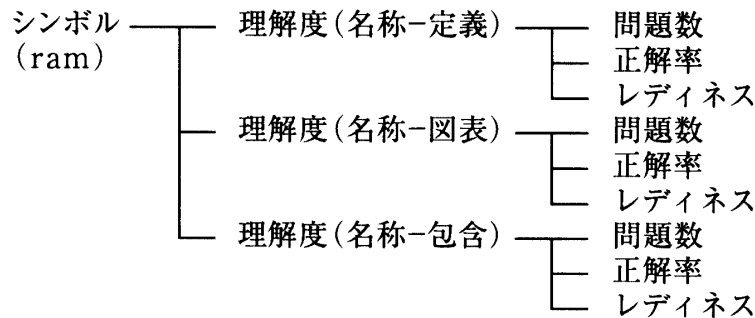


図3 学習者モデルの構成

についても、出題形式により学習者から見た難易度は異なると考えられるため[1]、理解度は出題形式別に計算し、この計算結果と別途設定した閾値の大小関係等の条件から、当該用語の習得／未習得の状況を2値で判定する。

理解度の計算においては、

- (A) ある用語の理解度を、当該用語と意味上或いは構造上関連する他の用語の理解状況に反映する
- (B) ある問題形式の理解度を、別の問題形式の理解状況に反映する

ために、レディネス変数を定義し、正解率とレディネスを用いて理解度の計算を行う。(A)については、シンボルの is-a 属性を利用し、下位概念が上位概念の属性を継承するドメインにおいて、下位概念の理解状況を上位概念に対するレディネスに反映する。例えば、「DRAM (Dynamic RAM)」の理解度を DRAM の上位概念である「RAM」のレディネスに反映する。また、(B)については、例えば「RAM」の定義を問う問題の理解状況を、「RAM」の図表を問う問題のレディネスに反映する。

理解度は正解率 a とレディネス β 、それぞれの適切な重み w_a 、 w_β を用いて、例えば、 $(w_a a + w_\beta \beta) / (a + \beta)$ で算出される0以上1以下の値で表現する。この場合、

- ・「0」は学習者が当該用語を理解していることを説明できない状態
- ・「1」は学習者が当該用語を理解していないことを説明できない状態

を意味するものとする。

図3の問題数は理解度の信頼性を向上するために設けた属性で、当該用語について、設定された数以上の問題を解くことにより理解度が信頼できる数値であると判断する。

なお、学習者が自己申告により既に習得済であるとした用語については、全ての理解度を「1」に設定する。自己申告は図2のグループ属性単位で設定することができ、あるグループを習得済であるとした場合、当該グループの下位に位置する用語は再帰的に理解度を「1」とする。

3 - 2. 選択肢に対する考慮

本 CAI は、図 2 で定義される全シンボル空間の中から、幾つかのシンボルを選択肢として抽出する。

しかし、一般に、概念の全く異なる用語ばかりを用いて選択肢を構成した場合、正解となる用語に関する知識が殆んどない場合でも、不正解の用語を比較的容易に見つけることができてしまい、問題としての価値は低くなる。従って、不正解の選択肢を作成する場合は、正解の用語に概念上近い用語を用いる必要がある。

そこで、本稿では、

- ・ is-a や part-of の属性を利用し、共通の親ノードを持つ子ノードを選択肢として採用する
 - ・ 図 2 で定義された関連語を利用する
- ことにより、概念が全く異なるシンボルを用いた選択肢の生成を極力抑える。

4. 問題作成及び説明作成方法

4 - 1. 問題作成方法

図 4 に問題作成フローチャートを示す。

本 CAI は、学習者が未習得と判断した用語から 1 つを選択した後、図 3 を参照して出題する問題のタイプを決定し、図 2 で定義された知識と予め作成されたテンプレートを利用して問題文を作成する。

「RAM」の定義を問う問題文の例を図 5 に示す。

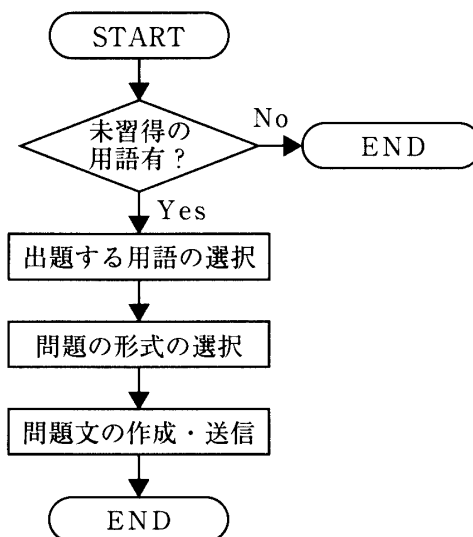


図 4 問題作成フローチャート

次の中から、「RAM」の定義として適切なものを選択しなさい。

- 1) データの読み書き可能なメモリ
- 2) 一定時間アクセスしない場合に、内容が消えてしまう性質
- 3) データの記憶と、取り出し方法の1つ。先に入れたものから順に取り出す方式
- 4) データの読み出しのみが可能なメモリ

図5 問題文例

4-2. 説明作成方法

学習者に対する説明は、問題の正誤判定結果と図2を用いて作成する説明文より構成する。

説明文は、学習者の答案内容と、学習者モデルから得られる当該用語の理解状況を基に作成される。理解状況の判定結果には習得済、未習得、未判定（理解度が空の状態）があり、問題に誤った場合、それぞれ以下のように対処する。

(1) 判定結果が「習得済」の場合

この場合は、

- a) 学習者が以前理解していた知識を忘れた
- b) システムが習得済としていた判断がそもそも誤っていた
- c) 入力ケアレスミス

の何れかであることが考えられるが、これらを判定する術がないため、正誤判定結果のみを示し、説明文は作成しない(再度同じ用語を問う問題を出題し、学習者モデルを再更新する)。

(2) 判定結果が「未習得」の場合

この場合は、以前解いた問題に不正解した後の説明が有効に働いていないと考えられる。そこで、図2を利用して、以前行った説明とは別の説明を試みる。例えば、以前の説明が定義によるものであれば、今回は図表を用いたものに変更する。

(3) 判定結果が「未判定」

この場合は、選択したものが誤りであり、それが何故誤っているかを教える。

本CAIでは、これらをそれぞれIF-THEN形式のルールで記述し、答案内容と学習者モデルの内容により発火したルールのTHEN部を実行することにより、学習者の理解状況に応じた個別の説明を行う。

図6に、図5の問題に誤った場合の説明文の例を示す。

正解は「1」（データの読み書き可能なメモリ）です。

「4」（データの読み出しのみが可能なメモリ）は「ROM」といい、「RAM」と同じくメモリの1種類です。

図6 説明文例

6. おわりに

本稿では、情報関連専門用語の習得を目的としたCAIシステムの構成と動作について説明した。

個々の能力に応じた指導を行うという意味では、ある問題に正解した／誤った学習者に対し、より難易度の高い／低い問題を提示できる能力を備えることが不可欠であり、今後の課題である。

今後は、本CAIシステムのプロトタイプモデルを構築し、本学の学生による評価実験を行って、学習効果を測定する予定である。

参考文献

- [1] 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
- [2] 「標準パソコン用語事典」、赤堀侃司 監修、秀和システム
- [3] 「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