

知的な対話型CALシステムの試作(2)

°平賀 正樹*

馬原 宗俊**

後藤 哲博***

*富士通

**富士通大分ソフトウェアラボラトリ

***TNBソフトウェア

あらまし 現在のCAL(もしくはCAI)では、問題とその正解を予め用意する必要があった。しかし、システム自身に問題を解く機能を持たせることにより、学習者が自由に問題設定を変更することができ、対応する正解はシステムが自動的に求めることができるようになる。このような考えに基づき、対話型学習、シミュレーション学習などを目的としたCALシステムを、パソコン上に試作した。

本報告では、その特徴について説明するとともに、教材作成支援ツールへの可能性について述べる。また、現状の問題点や今後の課題などについても言及する。

Development of a Prototype of Intelligent Interactive CAL System (2)

Masaki HIRAGA

Munetoshi MAHARA**

Tetsuhiro GOTOH***

*Fujitsu Ltd.

**Fujitsu Oita Software Laboratories Ltd.

***TNB Software Ltd.

*17-25, Shinkamata 1-Chome, Ota-ku, Tokyo 144, Japan

**17-58, Higashikasugamachi, Oita-shi, Oita 870, Japan

***3-17, Suehiromachi 2-Chome, Oita-shi, Oita 870, Japan

Abstract In current CAL (or CAI) systems, it is necessary for course developers to prepare problems and answers previously. However, if a system has a function to solve problems, it will be possible for learners to change problems and the system becomes possible to get correct answers automatically. Based on this idea, we made a trial CAL system which aims to be an interactive and simulation learning on a personal computer.

In this report, we describe the characteristics of the system and the possibility of authoring tools. In addition, we also describe the current and the future problems of the system.

1. はじめに

対話型学習、シミュレーション学習などを目的としたプロトタイプを、パソコン（FMR-70）上に作成した。これは主に、システム自身（CAL教材）に、次のような機能をもたせることを目指したものである：

- (1) システム自身が問題を解答できること
[自動正解抽出、アニメーション表示]、
- (2) その解答過程を、学習者に説明できること
[説明文生成]、
- (3) 問題の条件設定を、ある程度任意に、学習者が変更することを許容すること [CAL教材の部品化]。

また、知識表現（フレーム）¹⁾ やオブジェクト指向技法²⁾ の考え方を導入し、中学校理科より題材を得ている（4教材）。

その概略については、すでに説明している³⁾ が、本報告では、その詳細について述べると共に、教材作成支援への可能性について触れる。また、問題点や課題についても論じる。

なお開発言語は、GC-LISP と Mind である。

2. 自動正解抽出

ここで、自動正解抽出は、次の二つの機能による、二重構造をもつものを意味する：

- (1) モデルにおいて未決定値を抽出する機能、
- (2) 例えば選択肢問題などを想定して、選択肢から最適な解を（複数）選択する機能。

図1Aにより、運動と仕事という単元の、人が物体に対して仕事をするに関する問題を例にして、その概要について説明する。

最初に未決定値の抽出処理)では、まず、解答（オブジェクト）が欠落しているような構造をもつ対象モデルと、システムが正解値を求める際に参照する情報である正解抽出用データから、この例では、「人」の仕事率の値がまだ埋められていないようなモデルを生成する。それから、この場合は、仕事率（不明の属性値）に「250」が埋められたモデルを生成する（2.2, 図1C）。

次に最適な解の選択（処理）では、このモデルや、正答となる属性値の条件などを指定する選択判定データ、選択肢から、仕事率が「250」である「人D」を選択すると同時に、その総和が「250」となる「人A」と「人B」の組合せも、システムは自動的に選択する（選択・組合せに関しては、事前の条件設定で可変）。

2.1 公式のデモン

モデルを構成する部品（オブジェクト）には、図1Bに示すような、デモン（ある条件のもとで起動されるプログラム）を設定した。ここで公式のデモンと呼んでいるものは、未決定値の抽出で利用する（2.2, 図1C）。

2.2 未決定値の抽出

これは、モデル中の未決定値を抽出することであり、図1Cにその過程の例を示す。

この場合、起動データと呼んでいるものを、予め設定している（人の仕事率を求める）。この起動データが「人」の仕事率にアクセスすると、対応する公式のデモン（仕事率 = 仕事 ÷ 時間）が起動され、そして、その過程（1 ~ 18）で、値を自動的に設定していく。

<p>問題（例）： 2秒間の仕事で物体が10m動いた。 誰のおよそ右で物体の選択肢は、 50kg重とする【問題の図示は省略】。</p>	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>⊖</td><td>⊖</td><td>⊖</td><td>⊖</td> </tr> <tr> <td>人A</td><td>人B</td><td>人C</td><td>人D</td> </tr> <tr> <td>100</td><td>150</td><td>200</td><td>250</td> </tr> </table> <p>注) 数値：仕事率，単位：kg重m/s</p>	⊖	⊖	⊖	⊖	人A	人B	人C	人D	100	150	200	250
⊖	⊖	⊖	⊖										
人A	人B	人C	人D										
100	150	200	250										

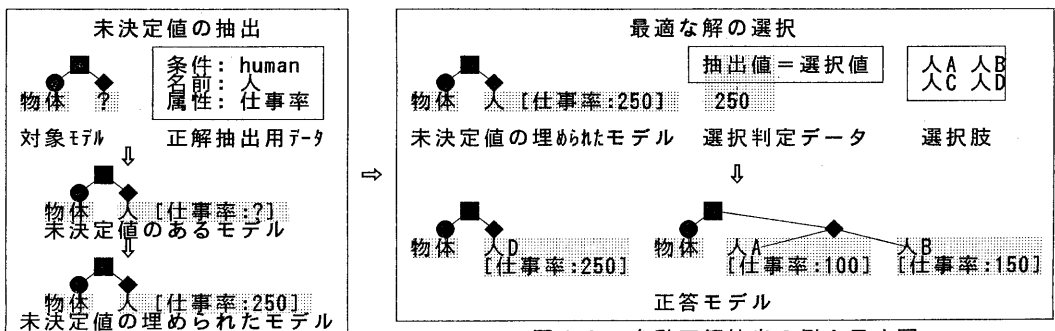


図1A 自動正解抽出の例を示す図



図 1 B ※参照時（且つ値が何もない時）に起動。
オブジェクトに設定される公式のデモンstrationの例を示す図

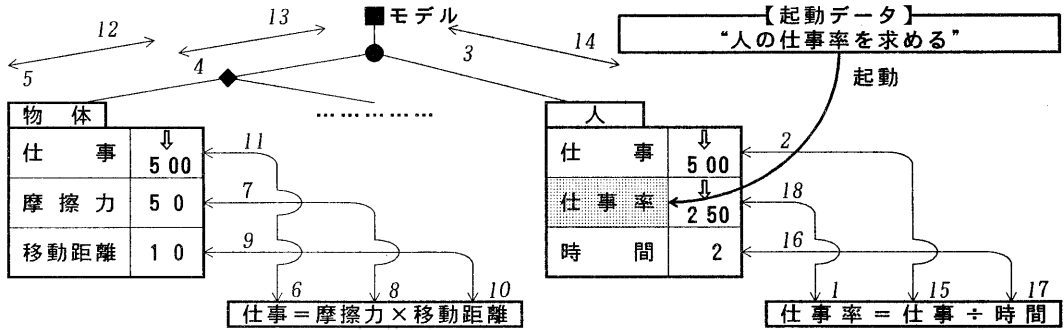


図 1 C モデル内の未決定値の抽出過程の例を示す図

3. アニメーション表示

これは、モデルに対応させてアニメーションを表示させることを意味する。2.2（図 1 C）で述べた未決定値の抽出を利用している。

図 2 A により、説明する（この例は、図 1 A の問題（例）と同じ領域で、仕事率 [1.50] と時間 [3]、摩擦力 [5.0] が事前に明らかになっていることを前提としている）。

最初に、起動データ（物体の移動距離を求める）他から、未決定値の抽出の後、さらに、未決定値の埋められたモデルと、起動データから、ここで、獲得情報データというものを生成する（物体の移動距離はxx）（3.1、図 2 B）。

次に、この獲得情報データ（物体の移動距離はxx）により、アニメーション表示を制御するためのものであるアニメーション実行データを「物体をxx分動かす」ように更新する（3.2、図 2 C）。そして、この更新されたアニメーション

実行データにより、独立したアニメーション・ツールがアニメーション表示を行うわけである。

これにより、モデル操作部とアニメーション制御部が独立していることから、例えばCAL教材の設計の際、各々、別々に考えればよいといったメリットも生まれた。

3.1 未決定値の抽出

図 2 B で示すように、これは2.2（図 1 C）で説明した例と同じ要領で行う。ただし最後に獲得情報データを生成する（物体の移動距離は9(m)）。

3.2 アニメーション実行データの更新

アニメーション実行データを更新する例は、図 2 C のようになる。先の獲得情報データ（物体の移動距離は9(m)）により、人が仕事をす前から、人が仕事をした後の状態を計算し、更新するわけである。

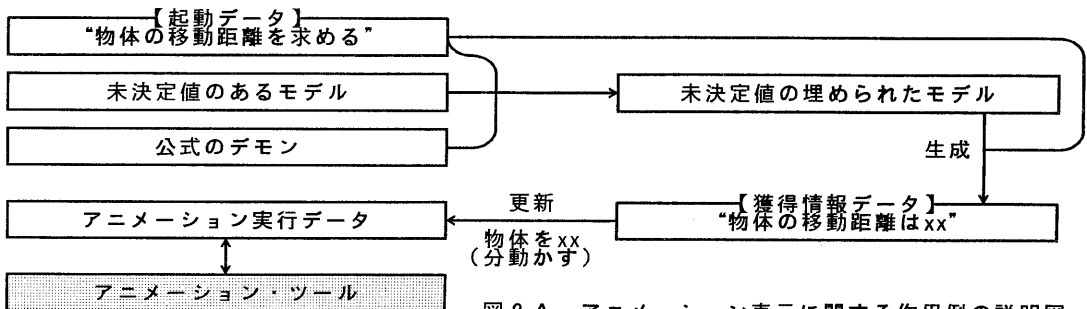


図 2 A アニメーション表示に関する作用例の説明図

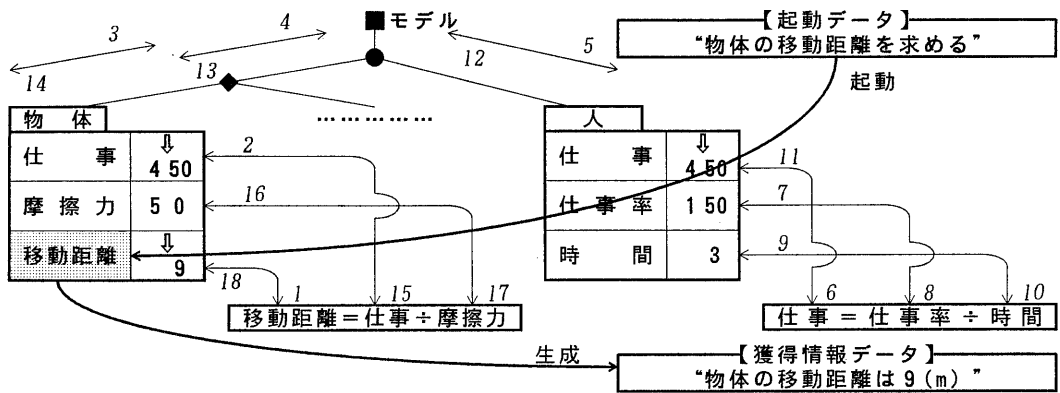


図 2 B モデル内の未決定値の抽出過程の例を示す図

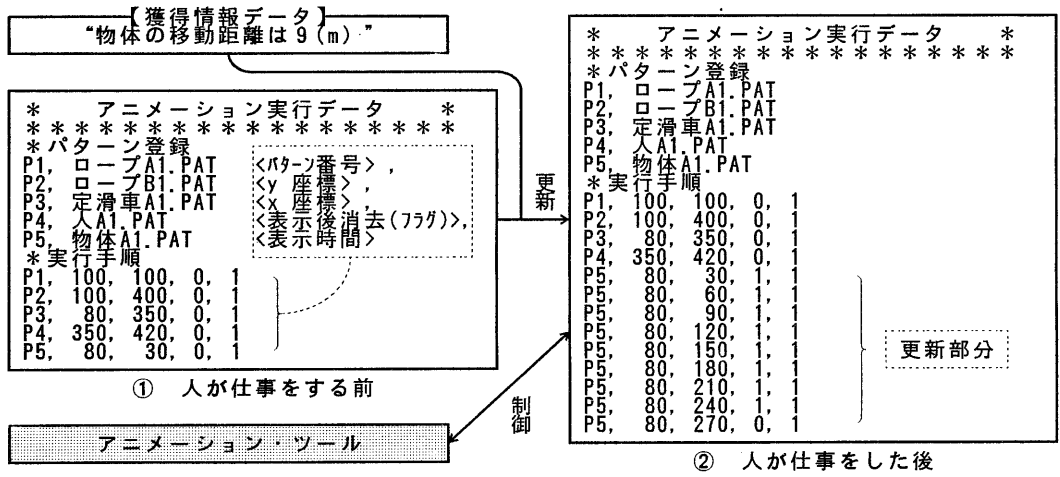


図 2 C アニメーション実行データの更新の例を示す図

3.3 自動正解抽出のアニメーション表示
 参考までに、前の自動正解抽出（2を参照）
 に関し、図 2 D の問題（力とその表し方という
 単元のばねと重りの釣合い）を例にして、その
 アニメーション表示する例を図 2 E に示す。

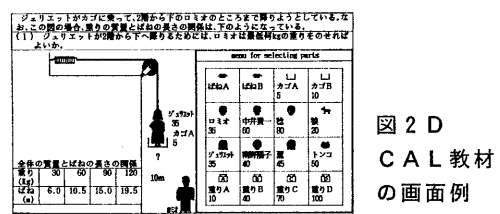


図 2 D CAL 教材の画面例

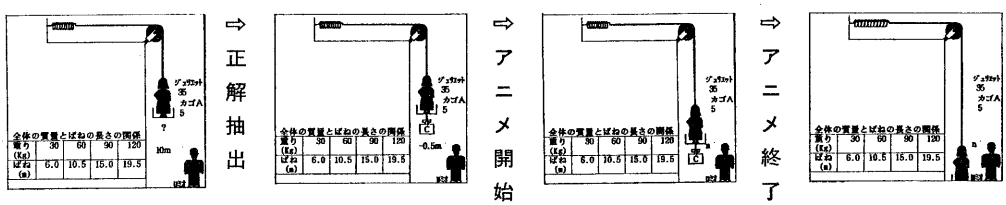


図 2 E 自動正解抽出のアニメーション表示の画面例

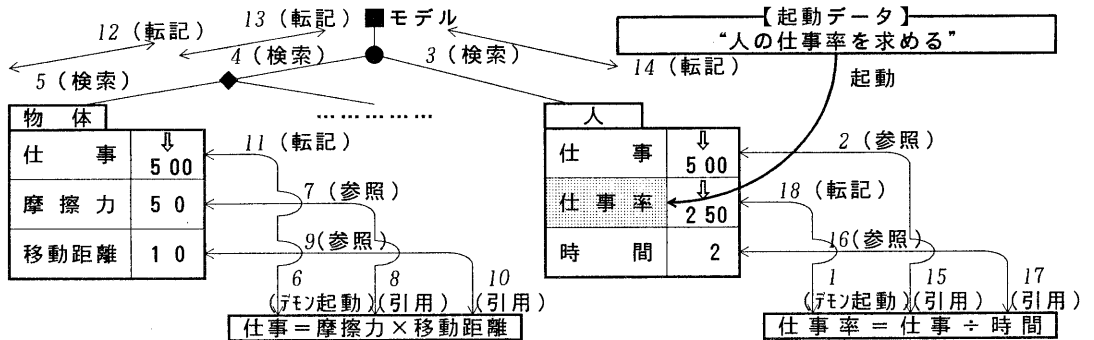


図 3 C モデル内の未決定値の抽出過程の例を示す図 (※例は、図 1 C と同じ)

表 1 文生成用データの設定過程の例を示す表

順番	文生成用データ		
	事実における属性設定	根拠における属性設定	結論における属性設定
1	<JZM (1, 1)> ⇐ "仕事"	<KHD (1)> ⇐ "仕事 ÷ 時間"	<KZM (1)> ⇐ "仕事率"
2-5			
6	<JZM (2, 1)> ⇐ "摩擦力"	<KHD (2)> ⇐ "仕事 × 移動距離"	<KZM (2)> ⇐ "仕事"
7	<JZC (2, 1)> ⇐ "50"		
8	<JZM (2, 2)> ⇐ "移動距離"		
9	<JZC (2, 2)> ⇐ "10"		
10			<KZC (2)> ⇐ "500"
11			
12-14			
15	<JZC (1, 1)> ⇐ "500"		
16	<JZM (1, 2)> ⇐ "時間"		
17	<JZC (1, 2)> ⇐ "2"		
18			<KZC (1)> ⇐ "250"

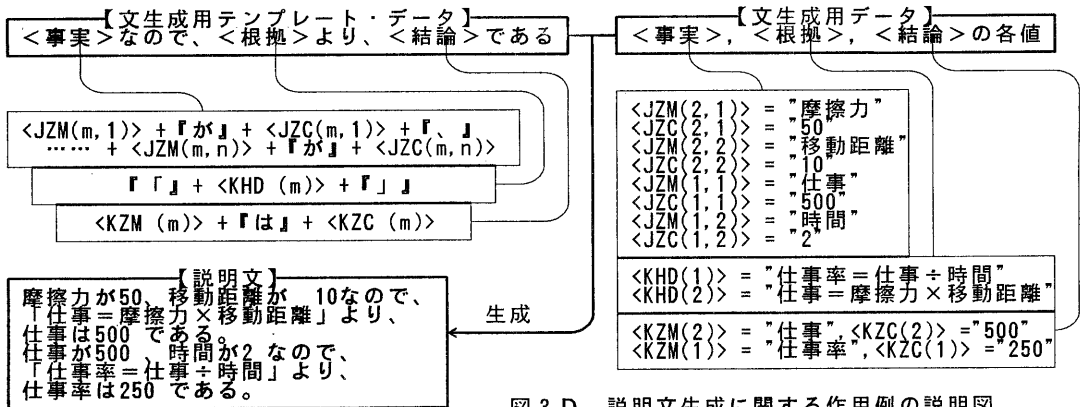
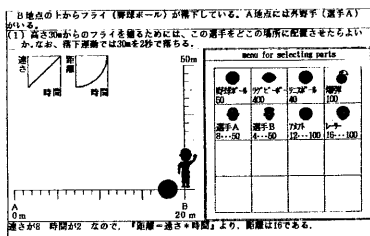
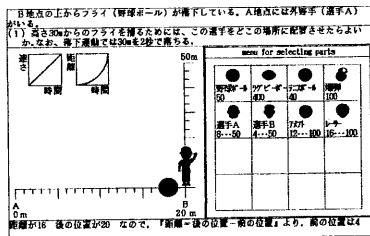


図 3 D 説明文生成に関する作用例の説明図



最初の文の生成



次の文の生成の実行画面例 (最下行)

5. CAL教材の部品化

グラフィックに限定すれば、ここでのCAL教材の部品化は、従来のCAL教材のテキスト／グラフィック単位によるものに対して、画面構成要素単位によるものを意味する。

5.1 学習者による問題の条件変更

簡単なばねと重りの釣合いの問題を例として、図4Aに示す。ちなみに制御部の中の処理部の各処理は、今回作成したプロトタイプでの学習の流れを反映しており、これらにより説明する。

まず最初に、初期設定において、部品(オブジェクト)、問題要素データ、モデル生成用ルールを、作業領域部にもってくる。この例では、モデルの生成に関連する部品は、(a1)～(a5)までのものであり、残りの部品は、表示における背景のための付属部品となる(5.2, 図4B)。なお、この識別は、モデル生成用ルールが行う。また、問題要素データにより、問題内容としては、「ばね」が1つ(「ばねA」と「重り」が2つ(「重りA」と「重りB」として設定されている。

それから、学習者による属性変更を受ける。

このとき学習者は、例えば、「ばねA」を「ばねB」に置き換えたり、「ばねA」の属性値を変更するといった操作を行うのである((b))。

そして、システム自身が正解抽出を行う。

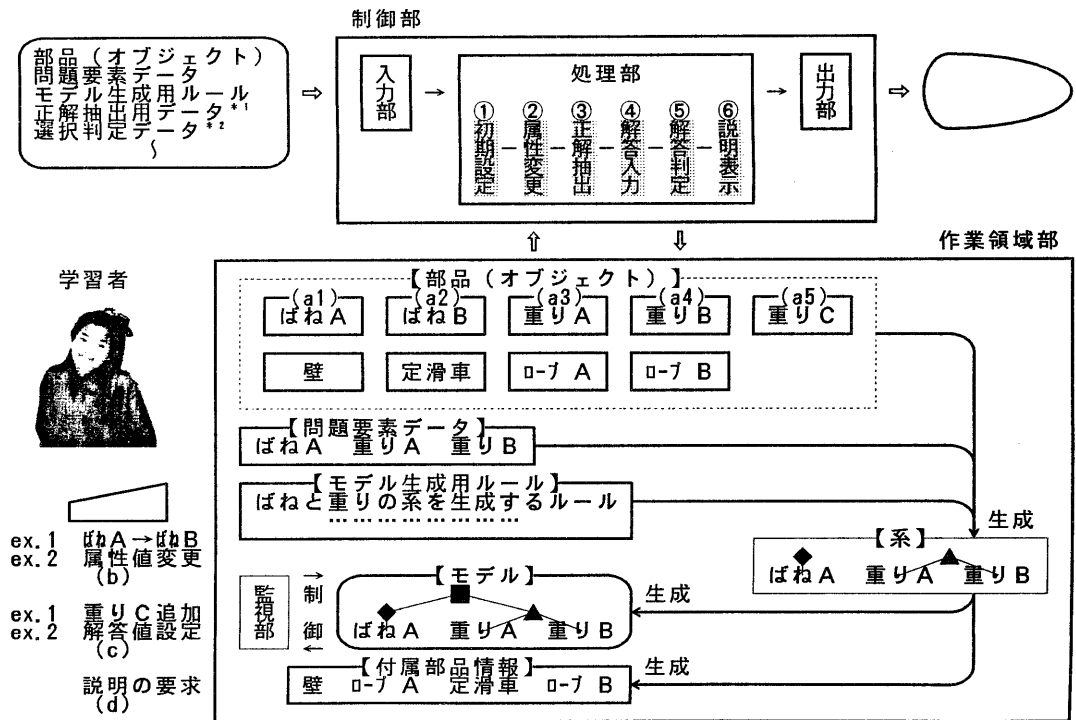
これらの過程においては、システム内部にモデルを生成する。この例では、途中経過(系)を経て、ばねと重りの釣合いをイメージするモデルが生成される。

次に、解答入力¹⁾で、学習者は、例えば、「重りA」と「重りB」に加えて、更に「重りC」を付加したり、「重りB」の属性値に求める値を設定する((c))。

それから、解答判定²⁾では、その結果を表示し、学習者にフィードバックする。学習者の解答が誤り(もしくは無解答)であった場合は、システムが自動正解抽出の過程をアニメーション表示する。

そして、最後に、学習者が要求すれば((d))、説明表示において、システムがその正解抽出の過程を日本語で説明するわけである。

以上のようにして、問題の条件設定を、学習者が変更できるようにしている。



*1, *2: 2および図1Aを参照。ここでは説明を割愛。

図4A CAL教材の部品化という視点からみた構成説明図

5.2 教材作成支援ツールへの展望

このような部品化から、教材作成支援ツールへアプローチすることも可能だと考える。

図4Aで示したように、ここで教材作成者は、部品（オブジェクト）、問題要素データ、そしてモデル生成用ルール、を所定の形式で作成するわけである（2.、図1Aで示したように、実際は、正解抽出用データや選択判定データなど

も必要であるが、ここでは、ごく簡単なグラフィックを例にしたので、割愛した）。そして、生成されたモデルと付属部品情報は、図4Bのような手順で表示される。

ただし現段階では、教材作成支援のための専用エディタなどは装備していないため、単に、そのための枠組を提示するのにとどまっている。

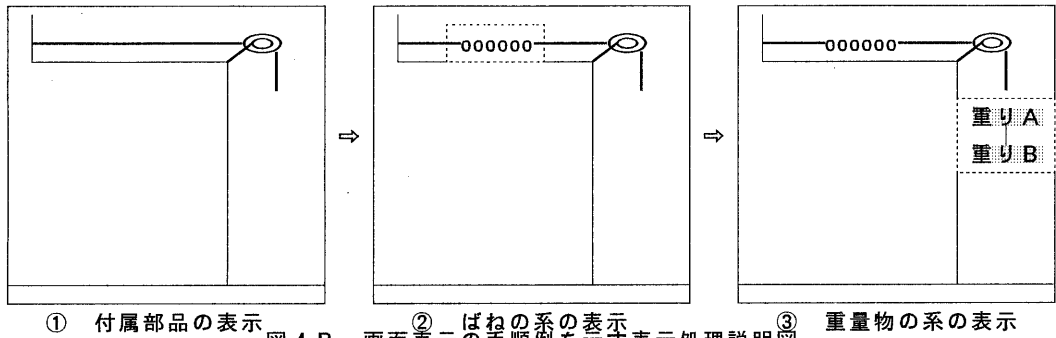


図4B 画面表示の手順例

6. おわりに

以上のように、CAL教材という視点から、学習者が問題の条件変更できること、システム自身が自動的に解答できること、そして学習者に説明可能であることを、統合的にひとつのシステムとして捉えるためのシステムの構造を、示した。また、教材作成支援ツールへの可能性についても触れた。

これは、従来のCALシステムよりも、柔軟な機能を提供するためのひとつの手段である。また、このような柔軟性は、対話性および学習者にとって知的な印象を与えることにつながると考える。

最後に、MMIの改善や、このような枠組の中で更に適用領域を拡張すること（CAL教材の数を増加させること）などが、今後の課題として挙げられている。また、アイコン言語などの視覚言語^{4)・5)}から構築するアプローチも提

言されている。

7. 補記

このようなCALシステムを試作する上で、Rocky's Boots⁶⁾ や、SOPHIE⁷⁾ などといった、対話型学習環境を提供するものから影響を受けている。

ただし図4Aなどからも分かるように、現状では、ドリル&プラクティス型の域を出ていない。これは今回試作した機能を提示するためのものに過ぎない。また、同じような理由から、表示（学習者への提示）などについても不十分である。従って、例えば、組立キット的な要素やゲーム的な要素を加えたような、（学習者のための）道具といったイメージのものへ展開させる場合などでは、まだ、根本的な課題が残されていると言える。

参 考 文 献

- 1) 小林：知識工学。昭晃堂（1986）。
- 2) 鈴木編：オブジェクト指向。共立出版（1985）。
- 3) 平賀，馬原，後藤：知的な対話型CALシステムの試作。1991年電子情報通信学会春季全国大会講演論文集 [分冊 1]，SA-9-5，p.1-444（1991）。
- 4) Levine, H. & Rheingold, H. 著，椋田訳：コンピュータ言語進化論。アスキー出版局（1988）。
- 5) IEEEソフトウェア編集委員会編：IEEEソフトウェア'88。岩波書店（1988）。
- 6) たとえば，Piestrup, A.: Game Sets and Builders. BYTE, June, pp.215-219 (1984).
- 7) たとえば，Sleeman, D. & Brown, J. S. 編，山本，岡本監訳：人工知能と知的CAIシステム。講談社サイエンティフィック（1987）。