

心理学分野でのコンピュータ支援学習システムの開発 — CTPシステムの構成とその学習効果 —

河村 敦 ・ 井原 零
作陽短期大学情報処理科

林 春男 ・ 坂田 省吾
広島大学総合科学部

畑本 恵子
広島中央女子短期大学生活科学科

石原 茂和
尾道短期大学経営情報学科

山上 暁
甲南女子大学文学部

CTPシステムは心理学分野における、個別学習者、一斉学習の教授者、および研究者を支援する環境型CAIシステムである。特徴的機能として、効果的ナビゲート手法としてのStructure Browser、体験学習を可能にするデモンストレーション、さらに、一斉学習を支援する供覧型教材機能を備えている。本研究では特にこれらの特徴の1つである、一斉学習場面での供覧型デモンストレーション機能における教材としての学習効果について検討した。言語的説明がまったく与えられなかったにもかかわらず、120名の大学生のほとんどが、提示画像を正確に認識し、さらに、デモンストレーションの意味する内容を概念的に学習することできた。

DEVELOPING A COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION SYSTEM IN THE FIELD OF PSYCHOLOGY

THE CONSTRUCTION OF CTP SYSTEM AND THE EFFECTIVENESS OF CLASSROOM DEMONSTRATIONS USING CTP SYSTEM

Atsushi Kawamura^a, Rei Ihara^a, Haruo Hayashi^b, Shogo Sakata^b,
Keiko Hatamoto^c, Shigekazu Ishihara^d and Akira Yamagami^e

^aDepartment of Information Science, Sakuyo Junior College, 2050-13 Yazu, Okayama, 703 Japan

^bDepartment of Behavioral Science, Hiroshima University, 1-7-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, 724 Japan

^cHuman Factors Laboratory, Hiroshima Chuo Women's Junior College, 3-1-15 Gion, Asaminami-ku, Hiroshima, 731-01 Japan

^dDepartment of Management Information, Onomichi Junior College, 1600 Hisayamada-cho, Onomichi, 722 Japan

^eDepartment of Psychology, Konan Women's University, 6-2-23 Morikita-cho, Higashi-Nada-ku, Kobe, 658 Japan

Our "CTP" system is an environmental CAI system which assists self-educated learners, instructors who have a lecture in classroom, and researchers in the field of "Psychology". This system equips a navigator with structure browser, demonstrations for self-education, and classroom education as distinctive functions. The present study was conducted to examine the effectiveness of the "CTP" system as a computer software for the classroom demonstration. The 120 undergraduates perceived the stimulus correctly. They also understand the gist of demonstrations, without verbal explanations.

1. はじめに

ある学問領域の知識体系を効率よく学習・教授することは、良質な教材 (courseware) があって初めて可能となる。しかし、こうしたコースウェアが存在している学問領域は数少ない。とくに、主として自然言語を用いて知識体系が構成されている人文・社会科学系の諸領域においては、数式による体系化が可能な領域に比べ、誰もがそのコースウェアを通してその学問領域を学習・教授することのできるような標準的教科書の開発は非常に難しい。

コースウェアの開発を困難にしている理由は、作業量の膨大さである。開発には膨大な時間と労力を必要とし、学問の専門化が進んだ今日では一人で全領域を網羅することは事実上不可能であり、多くの人々の協力をもってはじめて可能となる事業である。しかし、作業量の膨大さは良質なコースウェアの開発を困難にはするが、本質的に不可能にするわけではない。したがって、ここに良質なコースウェアを開発・検討するという研究課題が成立することになり、従来より個別的・独立的に得られてきた学問的知見を共通の基盤の上に統合する手段として、コンピュータによる支援が不可欠な要素となると考えられる。

本研究組織のメンバは、大学において心理学や情報科学を教える経験を通して上記のような問題意識を持ち、コンピュータを利用した心理学のコースウェアの開発プロジェクトをすすめてきた。このプロジェクトは「コンピュータ版心理学テキスト」の開発を目的とするところから、“Computerized Textbook of Psychology” 略してCTPプロジェクトと名付けられている^{1)・2)}。CTPプロジェクトでは、情報科学的視野から心理学知見の統合及び教育を支援する新しい学習・教授環境の構築を目指して、環境型CAIシステムの開発を目的としている。すなわち、本プロジェクトが対象としている心理学分野における学習理解のためには、テキストによる現象の解説のみでは不十分であり、現象を体験することのできるシミュレーションやデモンストレーションが不可欠である。さらに、個別学習に劣らず、一斉学習場面で教授者によって教示されるということも、学習理解のための重要な要因である。したがって、テキスト提示のみの従来型CAIでは力不足であり、シミュレーションやデモンストレーションによる現象体験機能、くわえて、一斉学習場面における教授者を支援する供覧機能を備えたCAIが必要となる。

本稿の構成は以下の通りである。まず、従来よりなされてきたCAI研究との比較を通してCTPの研究的位置づけを明らかにした後、CTPの構成について説明する。ついで、CTPシステムにおける供覧機能の知識伝達度についての評価実験結果を報告する。

2. CAI研究におけるCTPの位置づけ

本研究は、心理学をはじめ多くの知識を学習者・教授者が自分なりに系統づけて整理することにより学習が成り立つような知識領域での学習・教育を支援するためのCAIを開発することを目的としている。このような本研究の、CAI研究における特徴的位置づけとして以下の4点が挙げられる^{1)・2)}。

(1) 非線形構造の知識領域を扱う

現在我が国でCAIとして実用化されているものは、ほとんどが小・中・高校レベルの、算数・数学の練習問題、国語や英語の単語力のドリル等であり、扱っている個々の知識内容はほぼ線形に関連し、学習者に提示する順序も固定化されていることが多い³⁾。一方、心理学などのような大学・生涯教育が対象とする知識領域は、個々の知識が様々に関連した非線形構造をなし、この中から、学習者・教授者

が自発的な興味や必要によって知識を導き出すためのC A Iはほとんど開発されていない。非線形知識領域のC A Iには、提示する知識構造の再検討とプロトタイプ構築、プロトタイプとして設定された知識構造の明確な表示機能、知識構造や構成順序に制約されない自由な参照機能、さらに、ユーザに適した知識構造への再構築化・知識追加機能が必要である。

(2) ナビゲート手法の必要性

C A Iにおいて学習者が必要な知識を捜し出す手法として、キーワードで検索するデータベースを応用した例⁴⁾もあるが、知識要素の量が膨大になると、学習者は検索キー自体が見つけ出せなくなる。したがって、学習者が必要に応じて関連知識を迷わず捜し出せるようなナビゲート手法を取り入れることが必須である。現在のところ、このためには知識内容全体をハイパーテキスト構造にすることが最も有力な手法であると考えられている⁵⁾。ハイパーテキスト構造にくわえて、知識項目間の関係構造概観と知識取得が容易に行える構造(C T Pではこれをストラクチャ・ブラウザ: structure browser とよぶ)が必要である。

(3) 現象体験による学習機能の必要性

従来のC A Iでは、テキスト読解による学習および提示された練習問題に対する学習者の解答から、学習者のもつ誤った知識を検出・矯正することに重点が置かれている⁶⁾。一方、C T Pが対象とする心理学分野では、現象を実際に体験し帰納的に知識を獲得していくことが学習の重要なステップとなる。したがって、テキストの提示だけではなく、アニメーション、シミュレーション、デモンストレーション、簡易実験などを豊富に体験できる現象体験機能が不可欠である。

(4) 教授者を支援する供覧機能の必要性

現象の解釈に柔軟性が必要とされ、他人の反応との対比・相互作用によって理解が促進される知識領域を学習することは、従来のC A Iでは提示する知識が固定的・一方的なものとなるために不可能であった。この問題を解決する方法の1つは、一斉学習場面において、教授者が適切な現象を提示しながら解説を行うことである。しかしながら、従来のC A Iでは、個別学習場面における学習者のみの支援を目的とし、一斉学習場面における教授者の支援については考慮してこなかった。そこで、一斉学習場面において、容易に現象体験を行うことができ、かつ、教授者の知識の教授を支援する供覧機能が不可欠となる。

以上のような必要性を満たす心理学コースウェアの作成を目的とするC T Pの構成について以下に説明する。

3. C T Pの構成

心理学コースウェアを構築する上での重要なポイントとして、1) 心理学学習者・教授者が学習・教授する内容についての厳密な検討、2) 検討された内容を学習・教授するための環境の充実などが挙げられる。C T Pにおける教授内容とシステム環境について概要を説明する^{1), 2)}。

3. 1. C T Pの心理学内容構成

心理学知識の体系を検討し直し、C T Pプロジェクトとしては「認識者としての人間」「生物として

の人間」「環境適応者としての人間」「社会的存在としての人間」の4つの観点から4単元12部構成で体系化を行うことを決定した(表1)。

3. 2. CTPのシステム構成

CTPシステムは、(1)心理学学習者が、学習対象を概観しながら細部にわたる心理学知見を容易に独習することを可能にし、(2)システムを利用して講義を行う教授者が、教授内容および教授順序を容易に作成・変更することを援助し、くわえて、(3)特定の目的や専攻に応じて知識を体系化しようとする研究者が、心理学知見を効率的に管理・運用できるようにすることを意図している。これらの異なるレベルのユーザを支援するために、CTPシステムは以下の3つのサブシステムからなる(図1)。

表1 CTPにおける心理学内容構成

認識者としての人間	感 覚 知 覚 認 知
生物としての人間	遺伝的基礎 発 達 睡眠と覚醒
環境適応者としての人間	学習と条件づけ 動 機 と 感 情 思 考 と 言 語
社会的存在としての人間	パーソナリティ 社 会 行 動 ストレスと病理

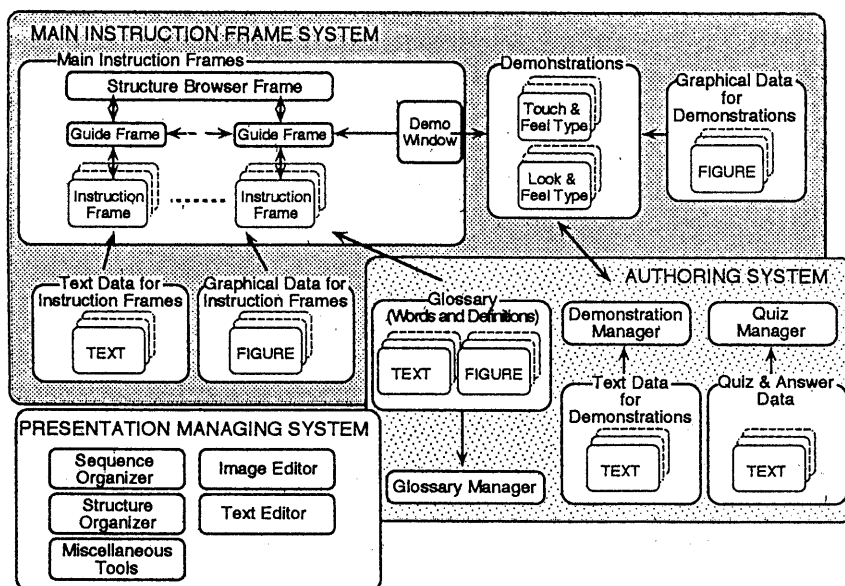


図1 CTPのシステム構成

(1) Main Instruction Frame System

学習者が心理学の知識を系統づけてまとめ、心理学的考え方を身につけることを支援するための基本的教授システムであり、以下のユニットで構成されている。

(a) Hierarchical Guide Frame (図2)

心理学知見を階層構造的に管理し、概念を系統的に教示する。

- ・各階層から上位、下位、同階層の他の学習項目の参照が可能である。
- ・中間の階層を通過し、目的階層に進むことが可能である。

(b) Structure Browser Frame (図3)

心理学知見の相互関係を鳥瞰し、学習項目を提示する。

- ・学習項目の心理学における位置づけ、他の項目との関係を容易に把握することができる。
- ・学習順序に最小限の枠組みと高い自由度を与えている。

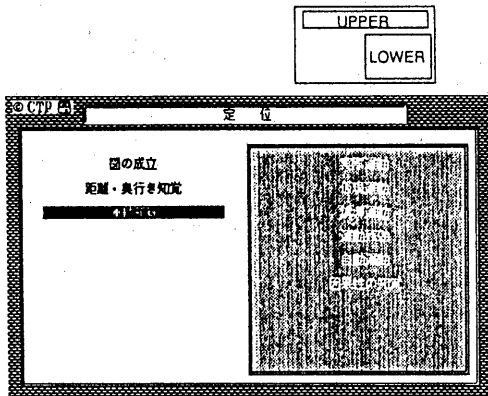


図2 Hierarchical Guide Frame

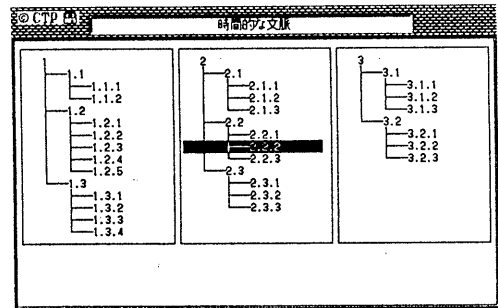


図3 Structure Browser Frame

(c) Instruction Frame (図4)

学習項目に関する解説と関連項目を提示する。

- ・問題提起と解答という構成により要点を容易に把握することができる。
- ・関連項目を即座に参照することができる。

(d) Demonstrations (図5 A, B)

シミュレーションやアニメーションを提示する。

- ・学習内容の現象について直接提示、供覧実験を行うことができる。
- ・独習環境のみならず、一斉学習場面での教材資料としても使用することができる。

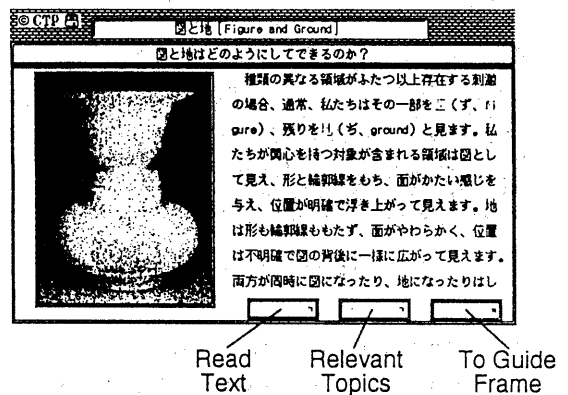


図4 Instruction Frame

(2) Authoring System

教授者が学習者の理解促進のために利用、および教授者と学習者が共に理解を促進するために利用するシステムであり、以下のマネジャプログラムによって構成される。

(a) Demonstration Manager (図6)

一斉学習場面でのDemonstration 操作



図5 A Personal Demonstration

のためのマネジャである。

- ・ Demonstration の選択、実行手続きの操作を簡単化する。

(b) Glossary Manager (図7)

疑問項目を検索、参照するためのマネジャである。

- ・ 項目間の関係構造による制約を受けずに検索が可能である。
- ・ 単語の一部分指定による検索も可能である。

(c) Quiz Manager

学習者の理解度を測定し、理解不十分項目の示唆をするためのマネジャである。

- ・ 理解促進のために必要な参照項目を即座にフィードバックする。

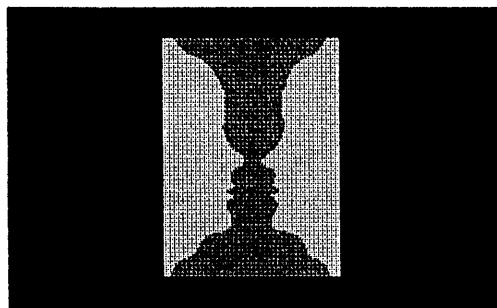


図5B Classroom Demonstration

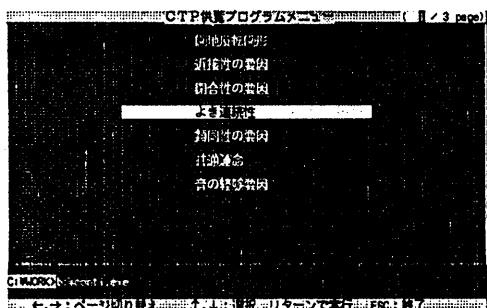


図6 Demonstration Manager

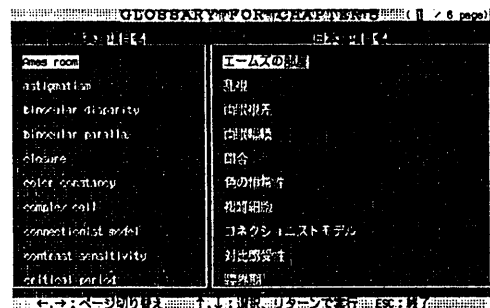


図7 Glossary Manager

(3) Presentation Managing System

知識モジュールの再構築や提示順序を変更することによって、ユーザに一層適合した心理学体系に改編することを可能にするシステムであり、以下のユーティリティプログラムによって構成される。

(a) Sequence Organizer

Demonstration Manager で実行する Demonstration を容易に選択、決定するためのツールである。

(b) Structure Organizer

Hierarchical Guide Frame、Structure Browser Frameで提示する知識モジュールの関係構造を教授目的に合わせて変更するためのツールである。

(c) Image Editor

CTPシステムで使用する画像データを作成・編集するためのツールである。

(d) Text Editor

CTPシステムで使用するテキストデータを作成・編集するためのツールである。

(e) その他

CTPシステムの構築を補助するためのその他のツールである。

以上のような内容構成、システム構成に加えて、コースウェアの構築には、学習効果や操作性についての評価実験、さらにユーザの利用環境についての人間工学的検討が挙げられる。以下に、CTPシステムの特徴の1つであるデモンストレーションの供覧機能における学習効果評価について述べていく。

4. 供覧型CAIシステムとしての学習効果評価実験

現在、大学等における供覧型教材としてはビデオが一般的であり、視聴覚教室には必ずビデオ装置が装備されている。また、一部ではCD-ROMが導入され始めているが、ビデオに比べて一般的ではない。このようなマルチメディアの使用によって、既存の知識に対する見方や捉え方が変化していくと思われる⁷⁾。しかし、ビデオ・CD-ROM教材ともに高価であり簡単に揃えられるものではない。しかも、一般に普及しているビデオ教材は教授内容が固定的・一方的であり教授者の意図に完全に合致する内容に巡り会うことは希である。くわえて、内容の一部分の反復提示操作は煩雑であり、さらに致命的なことは、提示順序の変更、内容の一部改定や新たな知識の追加が不可能なことである。

以上のような従来の大学等における供覧型マルチメディア教材の欠点を解決するとともに、心理学実験刺激や現象のデモンストレーションによる体験学習が可能な供覧型教材としての機能をCTPシステムは備えている。このシステムを用いて学習者・教授者の必要性やレベルに合わせた現象を実際に体験させることによって、理解の促進や知識の定着がより深まると思われる。しかし、従来の個別学習主体のCAIに対し供覧型CAIでは、1台のテレビ画面で数人が学習する、あるいは教室全員が1つの大スクリーンで学習する環境となる。この場合、コンピュータのRGB出力をビデオコンバータによって変換しビデオ入力しなくてはならない。ここで問題になるのは、ビデオコンバータの性能である。個別学習におけるRGB直接出力に比べ、ビデオ出力では色合い・鮮明さが劣ることは避けられない事実である。また、ビデオコンバータの画像の鮮明度に比例して価格も上昇する。これがビデオコンバータの普及、ひいては、供覧型コンピュータソフトウェア教材の普及を妨げている要因の1つとなっている。しかし、一斉学習における必要性から、将来的に供覧型コンピュータソフトウェア教材と廉価で高性能のビデオコンバータが普及すると考えられる。従って、現在の環境下での廉価である程度の画像提示能力を持つビデオコンバータを用いた一斉学習場面において、供覧型CAIが教材としての使用に耐えるか、また、教授者の意図に沿った学習が可能であるかということを検討することは意義があると思われる。

4. 1. 実験目的

1つの画像提示装置によって複数の学習者が同時に学習を行う現在の視聴覚教室環境において、一斉学習場面におかれた学習者が、提示された現象を正しく認識し、学習できるかどうかを評価するために、以下の2つの実験を行った。

(1) 供覧型CAIについての機能性評価実験

個別型CAIの画像提示環境よりも過酷な条件下の供覧型CAIにおいて、提示される画像の変化が学習者によって正しく認識され、教材としての機能を果たしているかどうか。

(2) デモンストレーションによる体験学習についての学習効果評価実験

予備知識のない学習者に対して、学習内容についての説明を与えずに現象のみを提示した場合でも概念が帰納的に獲得されるかどうか。

4. 2. 供覧型CAIについての機能性評価実験

(1) 実験方法

(a) 実験日時

1992年11月26日15時～16時30分

(b) 実験場所

広島大学東千田キャンパス総合科学部視聴覚教室

(c) 実験環境

教室の大きさは約縦15m×横10.5m、164人収容、暗幕による遮光はしていない。

(d) 被験者(学習者)

大学1年生を対象とした一般教養科目の心理学受講生120名。

(e) 実験装置

パーソナルコンピュータ(NEC PC98-DX)1台、ビデオコンバータ(デジタルアーツ DSC-02M)1台、天井に釣り下げられたテレビ6台(20インチ)。コンピュータのRGB出力をビデオコンバータでNTSCコンポジット信号に変換しテレビ出力。

(f) 実験教材

CTPシステム「知覚」の章の「図と地」から、図地反転図形として最も一般的な「ルビンの壺(壺と横顔)」、および従来⁹⁾の図を参考に作成した「王様と乞食」「グラスと瓶」「ローソクと恋人」の4種類の図地反転図形。

(g) 実験手続き

教授者が提示図形の2つの領域の輝度を8-0、15-0、0-15、4-9、4-15(PC98の16色表示画面では0が最も暗く、15が最も明るい)の順で変化させ、各輝度において、提示図形のどちらの領域が図として見えるかを「非常にある図形に見える」「ある図形に見える」「どちらかという図形に見える」「どちらかという別の図形に見える」「別の図形に見える」「非常に別の図形に見える」の6段階で学習者に評定させ、評定用紙に記入させた。

(h) 分析方法

各輝度における、6段階の評定人数を2段階ごとに合計し、「ある図形に見える」「どちらにも見える」「別の図形に見える」の3段階の評定値とした。次に、各図形におけるこれらの評定値の比率に差があるかについて χ^2 検定を行った。

(2) 実験結果

図地反転図形では、輝度の高い領域が図として知覚され易い傾向を持つことが知られている⁹⁾。今回のデモンストレーションにおいても、領域の輝度変化に対応して学習者の反応が変化した(図8)。各図形の各輝度条件における評定値の比率に差があるかについて検定を行ったところ、「ルビンの壺(壺と横顔)」の15-0、8-0、4-9、4-15条件を除いて有意な差が認められた($p < .005$)。次に各輝度条件間において、輝度の違いにより評定値の比率に差が生じるかについて検定を行ったところ、一方が優先的に図として見える輝度条件(「王様と乞食」では王様の顔に見える)の15-0・8-0と、どちらも図として見える輝度条件(「王様と乞食」では王様の顔と乞食の姿が見える)の4-9・4-15との間に「ルビンの壺」を除いて有意な差が認められた(「ローソクと恋人達」の15-0条件と4-9・4-15条件では $p < .05$ 、その他は $p < .005$)。一方が優先的に図として見える輝度条件の15-0・8-0と、他方が優先的に図として見える輝度条件(「王様と乞食」では乞食の姿に見える)の0-15との間には「ローソクと恋人達」の15-0条件を除いて有意な差が認められた。

($p < .005$)。どちらも図として見える輝度条件の4-9・4-15と、他方が優先的に図として見える輝度条件の0-15との間には有意な差が認められた($p < .005$)。

以上のように、教授者が「ある図形を図として知覚させたい」「どちらかの図形を図として知覚させたい」「他の図形を図として知覚させたい」と意図して行った操作に対応して、学習者の反応が変化しただけで、画像提示環境が過酷な一斉学習場面における輝度や色調が劣化した画像出力であっても、供覧型CAIによって提示される画像の変化は学習者によって正しく認識され、教材としての機能を十分に果たすことが示された。

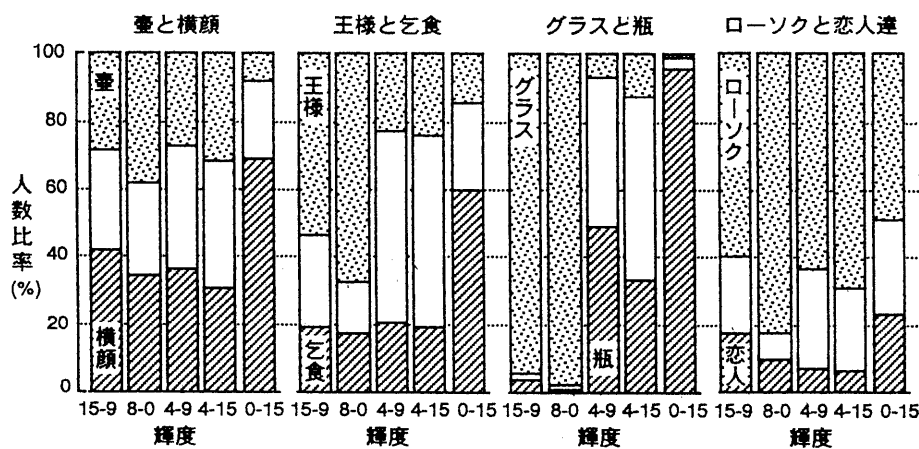


図8 各図形の各輝度条件における学習者の反応比率

4. 3. デモンストレーションによる体験学習についての学習効果評価実験

(1) 実験方法

実験日時、場所、環境、被験者、装置については4. 2. 1. の実験と同様である

(a) 実験教材

CTPシステム「知覚」の章の「群化の要因」から、「閉合性」「類同性」「よき連続性」「近接性」「共通運命」の5種類のゲシュタルト法則。

(b) 実験手続き

教授者が教材についての説明を一切行わずにデモンストレーションを操作し、学習者にデモンストレーションを見て理解できたことについて自由に記述させた。

(c) 分析方法

各デモンストレーションについての学習者の自由記述を2名の実験者が独立に分類した後に照合し、6から8カテゴリーに分類し各カテゴリーにおける人数を求めた。次に、各カテゴリーを適切な記述、不適切な記述、無回答(分からないを含む)の3群に分け、3群の人数比率に差があるかについて χ^2 検定を行った。

(2) 実験結果

学習した内容について、分からないと答えた者は1割に満たないほど少なかった。これに対して何らかの解答をした中では、概念的に適切な記述、現象的に適切な記述が一番多く、全学習者の5割以上で

あった(図9)。例えば、「閉合性の要因」では、120人中61名が概念的に適切な記述である「形がまとまる」と答え、33名が現象的に適切な記述である「四角形が見える」と答え、18名が不適切なカテゴリーの記述をし、8名が無回答であった。3群における人数の比率の差に違いがあるかについて検定を行ったところ、各ゲシュタルト要因とも有意な差が認められた($p < .005$)。

以上のように、予備知識のない学習者に対して、学習内容についての説明を一切与えずに現象のみを提示した場合でも、概念が帰納的に獲得されたことから、学習においてデモンストレーションが有効であることが示された。

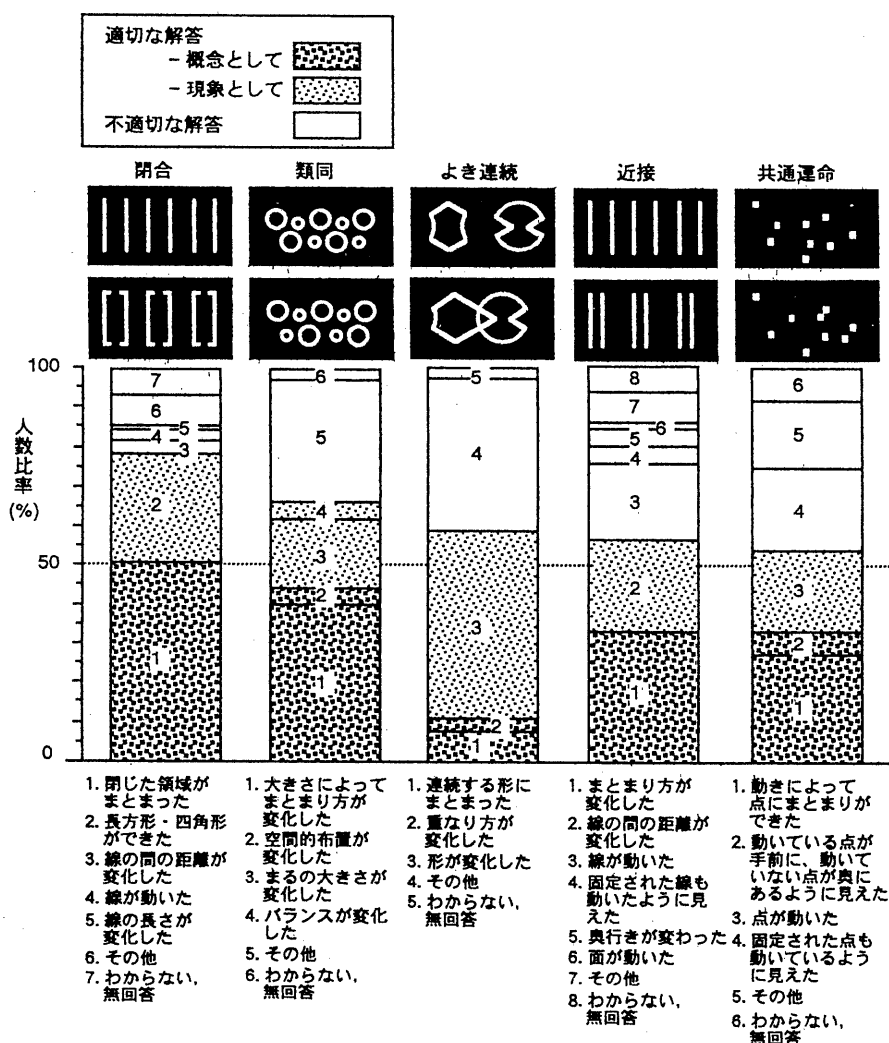


図9 各要因の各カテゴリーにおける学習者の反応比率

4. 4. 学習効果評価実験についての考察

以上の実験結果から、現在の一般的な大学などの視聴覚教室において、廉価で、ある程度の能力を持つビデオコンバータを用いても、CTPの供覧型CAIシステムの提示画像は正確に知覚され教材とし

て十分に機能することが証明された。したがって、理解促進のために一斉学習が必要な知識領域においては、CTPの持つ供覧型CAI機能が教授者の教授を支援するためのシステムとして非常に有効であると考えられる。さらに、適切な現象の提示（デモンストレーション）は、画期的な学習効果を持つことが示された。特に、今回は学習内容についての説明を行わずに得られた効果であるから、教授者の説明が加われば、テキスト提示のみの従来型CAIによる個別学習に比べてかなりの効果が期待できると思われる。将来的に、廉価で高性能のビデオコンバータが普及すれば、上記のような供覧型CAIの利点によって、CTPの一側面としての供覧型コンピュータソフトウェア教材も普及すると思われる。

5. おわりに

CTPプロジェクトは、大学教育や生涯教育などで期待されていながら、これまで扱われなかった知識領域の学習と教育を支援し、かつコンピュータの利点を生かした、体験学習を積極的に盛り込んだ環境型CAIシステムを構築することを目的としている。CTPプロジェクトで開発を行っているシステムは、心理学だけでなく、情報科学や哲学といった他の領域に於ても、有効な学習・教授支援システムとなることが期待できる。現在はワークステーションでの開発を行うと同時に、従来の活字教科書との学習効果・使いやすさの比較検討を行い、システムの充実を図っている。

【参考文献】

- 1) 井原, 河村, 林, 坂田, 山上, 石原, 畑本: "コンピュータ版心理学テキストの作成手法の開発(1)", 情報処理学会研究報告, Vol. 92, No. 77, pp. 19-27 (1992).
- 2) Hatamoto, K., Ishihara, S., Hayashi, H., Sakata, S., Ihara, R., Kawamura, A. and Yamagami, A. : "The CTP Project: Computerized Textbook of Psychology", Smith, M. J. and Salvendy, G. (Eds.) Human-Computer Interaction: Applications and Case Studies, ELSEVIER, pp. 444-449 (1993).
- 3) 芦葉浪久: "CAI コースウェア作成技法", 東京書籍, pp. 101-216 (1986).
- 4) 塙, 伊藤, 田中: "知識の自由探訪を支援するシステム", 信学技報, ET 86-7, pp. 1-6 (1986)
- 5) Nielsen, J.: "The art of navigating through hypertext", Communications of the ACM, 33, 3, pp. 296-310 (1990).
- 6) Sleeman, D. and Brown, J. S. (Eds.): "Intelligent Tutoring System", Academic Press (1982).
- 7) Robert, S. W.: "Multimedia in the classroom and the laboratory", Computers in Physics, Vol. 7, No. 4, pp. 426-442 (1993).
- 8) Kay, K.: "Take a closer look", Bright intervals books (1988). 芦ヶ原伸之(訳): "視覚の遊宇宙", 東京図書 (1989).
- 9) 大山正: "図と地の知覚", 和田陽平, 大山正, 今井省吾(編), 感覚知覚ハンドブック, 誠信書房, pp. 470 (1969).