# 自動問題生成機能を備えた UNIX 用マルチメディア CAI

吉川 慎一

平成 7 年 2 月 27 日

# 内容梗概

近年のソフトウェアシステムの開発やネットワーク環境において、UNIX ワークステーションの利用はごく一般的なものとなってきている。またコンピュータの発達により、アニメーションや音声などのマルチメディアによる提示機能が増してきている。毎年研究室に配属される新 4 回生にとって、UNIX の主要な概念の理解や操作方法の修得は必要不可欠なものとなってきている。このような背景から、新 4 回生を対象とした UNIX 教育支援用知的 CAI システムをマッキントッシュのハイパーカード上で構築する。

本システムは、教材知識、学生モデル、指導戦略の 3 つの部分から構成されており、指導戦略には、最短路学習機能、高度個別学習機能、概念の細分化による誤答処理機能、双方向主導対話機能、そして自動問題生成機能がある。本年度は、教材データベースに含まれる解説文や表や事例ベースなどから、履歴ファイルを参照して学生の学力に応じた問題を生成し出題する自動問題生成機能と、システムのカラー化を含む、アニメーション、音声といったマルチメディアの導入を行う。

自動問題生成機能、システムのカラー化、アニメーション、音声、その他の機能の 5 つの項目について、研究室の 4 回生と院生 15 人に評価してもらった結果、自動問題生成は、理解済の問題を解かなくて良いなどの意見がある一方で、似たような出題が多いという意見もあり、事例ベースの数を増やす必要がある。マルチメディアの導入は、システムのカラー化などでは、学生にインパクトを与えることに成功したが、アニメーションなどにもう一工夫欲しいといった意見が出された。今後は、UNIX 問題解決支援システムとのリンクによる自動問題生成に必要な事例の使用と、ビデオ画像などを使用したマルチメディアの改良などが望まれる。

# 目 次

**1 はじめに** **1**

**2 UNIX 教育支援用知的 CAI システム** **3**
2.1 システムの特徴と構成 . . . . . 3
2.1.1 システムの特徴 . . . . . 3
2.1.2 システムの構成 . . . . . 4
2.2 ハイパーカードによる実現 . . . . . 6
2.3 教材知識 . . . . . 7

**3 自動問題生成の実現** **13**
3.1 ランダム生成 . . . . . 13
3.2 履歴参照型生成 . . . . . 17
3.2.1 履歴ファイルの表現方法 . . . . . 17
3.2.2 事例の表現 . . . . . 20
3.2.3 履歴参照型の自動問題生成方法 . . . . . 21
3.3 事例による UNIX 問題解決支援システムへの応用 . . . . . 27

**4 マルチメディア** **29**
4.1 アニメーション . . . . . 31
4.2 音声 . . . . . 35

**5 実験** **37**
5.1 実験方法 . . . . . 37
5.2 実験結果 . . . . . 37
5.3 システムの評価と改善点 . . . . . 37

**6 おわりに** **40**

**謝辞** **41**

**参考文献** **42**

# 第 1 章　はじめに

現在の CAI システムは、オーサリングシステムと呼ばれる教材作成支援システムを備え、さらにグラフィック ・音声 ・自然画などのマルチメディアを積極的に取り込み提示効果をあげている。

しかし、この CAI の主要な役割は、事前に用意された正答や誤答を用いて判定した学生の応答の正しさに従って、次にどのフレームを実行するのか決定し、該当するフレームを提示するということを繰り返すだけであり、事前に予想していなかった学生の質問に答えることや、間違いを指摘し指導したりすることはできない。このような背景から、伝統的 CAI の短所を補うべく新たに知的 CAI の研究が 1970 年頃から行われるようになった。

知的 CAI の目標としては、(1) 学生の能力、学習状況に応じた最適なコースが設定できること、(2) 学生がシステムに対して疑問点などを質問できる機能、すなわち 「双方向主導対話」を実現すること、(3) 学習者の誤った解答に対して、誤答原因の特定を行い、適切な指導を行えること、(4) 自然言語による入力や出力ができることなどである。以上が、現在知的 CAI と呼ばれているものの要件である。 [1]

UNIX は現在、ワークステーションなどで広く使われているオペレーティングシステムであり、コンピュータサイエンスの研究に携わる者にとっては不可欠な知識となっている。大学の研究室においても、ソフトウェアの開発は通常 UNIX マシン上で行われている。そこで、UNIX に関する知識を修得するために、学生がそれぞれの能力に応じて学習を進められるような CAI システムの必要性が出てくる。

また、コンピュータの発達、普及によって、グラフィック ・アニメーション ・音声 ・ビデオ映像などの提示機能が充実してきた。これらの融合であるマルチメディアを、効果的に活用した CAI ソフトを開発していくことは、目に見えず抽象的になりがちな概念を扱う CAI システムにとって大変有意義なことである。 [20]

本研究の目的としては、対話型学習環境に加え、高度に個別化された学習コースを提供し、研究室配属の新 4 回生および UNIX 上級者を対象とした UNIX 教育用の知的 CAI システムを、多様なマルチメディアの機能と操作性の優れたユーザインタフェースを合わせ持つマッキントッシュのハイパーカード上で構築することである。

本システムでは、最短路学習、高度個別学習、概念の細分化による誤答処理、双方向主導対話、自動問題生成及びマルチメディアの導入の 6 つの特徴を用意する。 [22, 23, 24]

最短路学習は、学生が学習したいと思う該当項目までを、システムが一番適していると判断した経路で学習を進めていく機能である。高度個別学習は、自動問題生成と密接につながっており、学生とシステムの履歴ファイルより、学生の理解度に応じた出題を行う機

能である。概念の細分化による誤答処理は、学生の履歴より教材知識の概念ごとの理解度を求め、概念の細分化を行い、学生に理解が不足している概念を認識させ、さらに関連する問題を出題する。双方向主導対話は、学生からシステムへ質問や要求を伝える機能である。自動問題生成は、学生とシステムの履歴より学生の学力に応じた問題を自動的に生成し出題する機能である。マルチメディアでは、教材にアニメーションや音声を導入することにより、教育効果を上げることを目的とする。

このうち本年度は、これまで要求はあったものの実現されていなかった、従来の文字の羅列による学習にとどまらない、アニメーション、音声、ビデオ画像といったビジュアルな動作を教材に取り入れ、学生にインパクトのある教材を提供するマルチメディアの導入と、学生の履歴と事例の履歴より、学生の理解不足の概念を判別し、学力に応じた出題を可能にする自動問題生成機能の作成を行った。

自動問題生成とマルチメディアの導入に関連した CAI システムとして、ハイパーカードで、カラーピクチャーと QuickTime を駆使した金城学院大学の「ハイパー科学館」[14]、地球環境を題材にした多岐選択や穴埋め問題の自動生成を行う、学習情報通信システム研究所の知的 CAI システム「EARTH'93」[18, 21]、音声とアニメーションなどの手法を使用した琉球大学の「ダイオード及び応用回路のシミュレーション」[20] などがある。

本システムにおける自動問題生成は、教材データベースに含まれる解説文や表や事例ベースなどを用いて問題を自動的に生成するだけでなく、履歴ファイルを事例と学生に用意することにより、学生の学力に応じた出題を行うことが可能である。

本論文の構成は、2 章において本システムの特徴と構成を示した後、システムおよびユーザインタフェース部のハイパーカードでの実現について述べる。3 章では、自動問題生成について、その問題生成から出題までの手順と UNIX 問題解決支援システムへの応用について述べる。4 章では、ハイパーカードのカラー化やアニメーションの導入、およびハイパーカードのオーディオ機能を用いた音声の導入などのマルチメディアについて述べる。5 章では、本システムの評価実験を行い、その実験方法と実験結果、および実験結果からの考察点、改善点などを示す。そして最後に、研究を総括し、得られた意見と今後の改善点を示す。

# 第 2 章　UNIX 教育支援用知的 CAI システム

## 2.1　システムの特徴と構成

### 2.1.1　システムの特徴

本システムの特徴を各項目別に以下に示し、説明する。

(1) 最短路学習機能

ある学習項目を学習するためには、前提となる知識が必要となる場合がある。学生自身がその前提となる知識を認識することは困難であるので、システムがこれを判断する機能を有する。つまり、学生が学習項目を選んだときに、システムがその前提となる知識を判断し、まずその前提となる知識を学習させた後、選択された項目の学習を行わせる。この機能により、学生はある項目を学習するにあたって、その項目に達するための最低限の知識を含めて、最短経路で学習を進めることができる。

(2) 高度個別学習機能

システムを使用している学生の能力を判断し、それに応じた問題を提供する。実際には、学生の履歴ファイルとシステムの履歴ファイルを比較することによって、学習途中に学生のレベルが変化したとシステムが判断した場合に、出題する問題を切り換える。

(3) 概念の細分化による誤答原因の特定

学習項目を概念別に細分化し、概念ごとに理解度を求める。それによって、学生がどのくらい理解しているか、また、どの学習項目について理解が足りないかを明らかにする。この機能により、学生は細かい概念の単位で自分がどのくらい理解しているかを知ることができる。

(4) 双方向主導対話

従来の CAI システムにありがちな、システムから学生への一方的な学習方法を改め、学生からシステムへ質問や要求を伝えることが出来ることを双方向主導対話という。

これをシステムに組み込むことによって、システムが学生の意志を無視することなく、両者が相互に主導権を持ちながら学習を進めることができる。

(5) 自動問題生成機能

学生の理解度に応じた問題出題を行うことを目的とした機能であり、学生および事例の履歴ファイルより学生の理解不足の概念についての問題を生成し、出題を行う。この機能により、同じ問題を繰り返し学習するといったことがなくなり、学生に必要とされる概念についての出題がスムーズに行われる。

(6) マルチメディア

アニメーション、音声、効果音を取り入れて学生が楽しく学習できるようなシステムを目指す。アニメーションを取り入れることにより、学生にインパクトを与え、教育効果の向上を図る。また、随所に音声でのアドバイスなどを用意し、文字を読む煩わしさを解消する。そして、システム全体をカラー化することで解説図などの表現力が広がり、視覚的に楽しめるようになる。

### 2.1.2 システムの構成

本システムは、Macintosh のハイパーカードを使用し、HyperTalk というオブジェクト指向の言語を用いて記述する。

システムの全体の構成を図 2.1に示す。

(1) 指導戦略

本システムの重要な機能である自動問題生成、高度個別学習、最短路学習、概念の細分化による誤答処理、双方向主導対話と、それらを制御する制御部からなる。

(2) 学生モデル

各学生の履歴ファイルを保存する。履歴ファイルには、学習の進行状況や各項目の理解度が格納される。

(3) 教材知識

UNIX に関する教材とその学習順序を関係付けた概念グラフと、全体的な理解度を格納する履歴ファイルからなる。教材には、解説文、問題、アニメーション、音声といったものを格納する。

(4) ユーザインターフェース

ユーザインターフェースとしては、システムと同じハイパーカードを用いる。

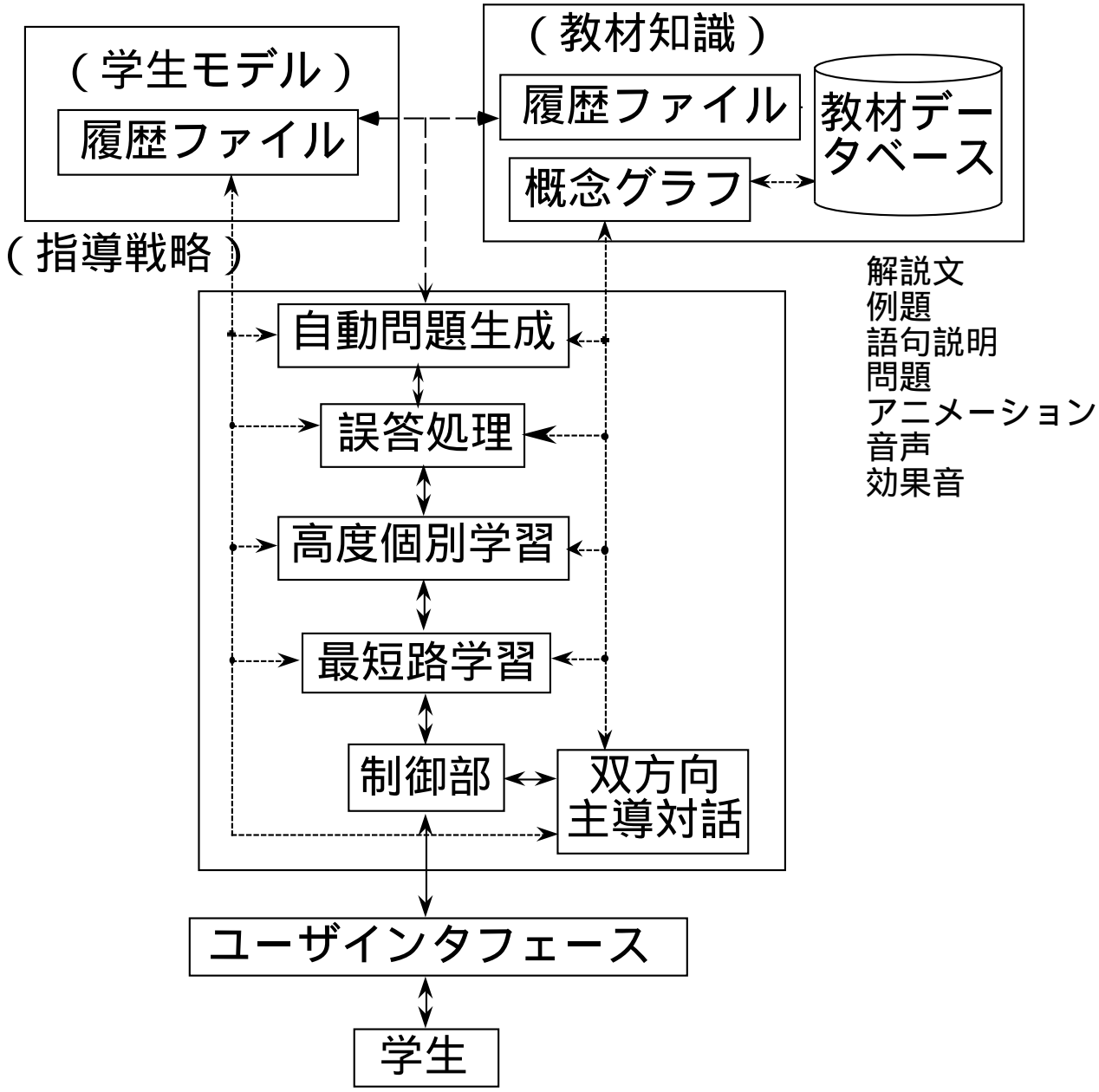


図 2.1 システム全体の構成図

## 2.2 ハイパーカードによる実現

ハイパーカードは、Macintosh に標準的に用意されているアプリケーションで、外見上はカード形データベースの形をとる。ユーザは 1 枚のカードを基本単位として、カード 1 枚 1 枚に文章、絵を描くことができ、これらのカードはスタックというファイル的役割を果たすもので構成される。つまり、1 つのスタックの中に一まとまりのカード群が入っているわけである。

カードの中には、フィールド、ボタンというオブジェクトや、グラフィックを置くことができる。フィールドは、主にテキストを格納するためのもので、文章はこのフィールド上に書き込む。ボタンは、主にカードの呼び出しや、様々な処理の起動用として機能させることができる。

ハイパーカードの強力な点は、これらのカード群を制御する HyperTalk という言語が用意されているところである。HyperTalk はオブジェクト指向形言語で、マウスの操作などにより出されるメッセージを受けとって、プログラムの実行が行われる。カード上のボタンやフィールドに HyperTalk でプログラムを記述し、それらをマウスでクリックすることでそのプログラムが実行される。また、スタックやカードにもプログラムを内蔵することができる。

HyperTalk は、カードをリンクする機能を持っており、あるカードから任意のカードを呼び出すことも可能である。そして、音声やアニメーションを作成することもできるため、マルチメディアを駆使したシステム作成にも役立てることができる。

本システムでは、これらのハイパーカードの特徴を生かして、リンク機能、マルチメディア機能を利用した分かりやすいシステム作成を目指している。

以下に、ハイパーカードを用いる上での利点をまとめてみる。

(1) リンク機能

あるカードに書かれた情報に関連した情報が他のカードにも記述されている場合、それらのカードをリンク機能を用いてつなげることにより、相互にカードを呼び出したり、1 つのカードから関連した情報を順次呼び出したり、複数のカードにツリー構造やグラフ構造を持たせたりすることが可能である。

(2) 整理されたテキスト

1 枚のカード上にボタン、フィールドなどのオブジェクトを付加することにより、テキストを有効に格納できるので画面が見やすく、思考パターンが妨げられにくい。また、マルチウィンドウ環境にあるため、複数のカードを表示することができカードの大きさの変更も可能である。

(3) 音楽、音声機能

カードを開いたとき、ボタンをクリックしたときなど、アクションがあったときに、音楽や音声を流すことができる。音声はサンプリングによって取り込むのでデータ量

は多くなるが、音声によって解説文を朗読したりすることも可能であり、教育効果の向上が期待できる機能である。

(4) グラフィックス、アニメーション

カードには自由にグラフィックスを書き込むことができるし、文字との混在も可能である。文章だけでは分かりにくい点も図解することで理解しやすくできる。

また、アニメーションのセル画のように、少しずつずらした絵を何枚かのカードに描き、それらのカードを順次表示することによって、アニメーション表示させることができる。

最近のバージョンのハイパーカードでは、拡張機能を使用して QuickTime Movie の制御を行うことが可能である。

## 2.3 教材知識

教材知識には、複数の概念を学ぶべき順に階層化しグラフにした概念グラフと、UNIX の概念や使用方法に関する教材を格納しておく。

教材には、UNIX の基本的な使い方から、システム管理者に必要な知識まで、UNIX に関する全般的なものを項目別に用意する。表 2.1 、表 2.2 、表 2.3 に用意する教材の項目名を示す。

1 章では、ファイルシステムの概念、ファイルシステムに関するコマンド、ファイルシステムの内部構造について説明する。

2 章では、UNIX の利用のために、基本的なログインからログアウトまでの方法やコマンドの使い方、プロセスの概念、及び c シェルなどについて説明する。

3 章では、現在標準的なスクリーンエディタである NEmacs について、その概要から使用法までを説明する。

4 章では、端末間の通信について様々な方法を述べ、TCP/IP ネットワークについて詳しく説明をする。

5 章では、現在 UNIX の標準的なウィンドウシステムである X ウィンドウシステムについて、その概念から基本的な使用法の説明とアプリケーションの紹介をする。

6 章では、システム管理者に必要な様々な内容について説明する。

教材は、解説文、例題、語句説明、問題、音声の形式で用意する。

教材知識のレベル分けを図 2.2 に示す。

これらのレベル分けおよび概念グラフを参照することにより、最短路学習を行う際にどのような前提知識があるかを調べる。教材知識のレベル分けのうち、5 章の概念グラフを図 2.3 に示す。

図中 「L」とあるのはその章、あるいは節のレベルを示しており、数が大きくなるにしたがって難易度が増していく。

表 2.1 1 章、2 章の教材知識

| | | |
|---|---|---|
| 1章 | ファイルシステムの扱い方とその構造 | |
| | 1節 | ファイルシステムの概要 |
| | 2節 | ファイルシステムコマンドの基礎 |
| | | （１）ワーキングディレクトリとホームディレクトリ （２）ディレクトリの内容を見る （３）ワーキングディレクトリの移動 （４）完全パス名と相対パス名 （５）名前の付け方 （６）ファイルの内容を見る （７）ワイルドカードキャラクタとメタキャラクタ （８）ファイルのコピー （９）ファイルの移動 （１０）ファイルの削除 （１１）ディレクトリの作成と削除 |
| | 3節 | ファイルシステムコマンドの応用 |
| | | （１）ファイルの所有権と保護 （２）アクセス許可モードの参照と変更 （３）ファイルに対するユーティリティコマンド |
| | 4節 | ファイルシステムの内部構造 |
| 2章 | コマンドの使い方と関連する仕組み | |
| | 1節 | 基本的な使い方 |
| | | （１）ユーザ名とパスワード及びユーザの保護 （２）ログイン及び入力時における注意 （３）コマンドの入力 （４）パスワードの設定と変更 （５）ログアウト |
| | 2節 | シェルの概念 |
| | | （１）シェルの概念 （２）標準ファイル （３）リダイレクション |
| | 3節 | 実行管理の方法 |
| | | （１）プロセスとバックグラウンド処理 （２）プロセス間通信とパイプ （３）コマンドの実行とプロセスの制御 （４）ユーザによる実行の制御 （５）フィルタの概念 |
| | 4節 | c シェルの機能 |
| | | （１）シェルの種類 （２）シェル変数 （３）環境変数 （４）別名変数 （５）ヒストリー機能［１］ （６）ヒストリー機能［２］ （７）ヒストリー機能［３］ （８）環境設定 |

表 2.2 3 章、4 章の教材知識

| | | |
|---|---|---|
| 3章 | 文書テキストの作成、修正方法 | |
| | 1節 | ＮＥｍａｃｓの概要 |
| | | （１）画面表示　（２）入力モード　（３）キーとコマンド　（４）多重ウィンドウ |
| | 2節 | ＮＥｍａｃｓの使用法の基礎 |
| | | （１）起動と終了　（２）テキストの入力、挿入　（３）テキストの基本的な消去　（４）カーソルの移動　（５）リージョンの設定　（６）取り消し　（７）テキストの検索　（８）表示の制御　（９）ヘルプ機能　（１０）テキストの消去およびコピー　（１１）テキストの置き換え　（１２）ウィンドウの制御　（１３）バッファの制御とファイル操作　（１４）シェル操作コマンド |
| | 3節 | ＮＥｍａｃｓの使用法の応用 |
| | | （１）キーマップの変更　（２）システム変数の変更　（３）Ｌｉｓｐによるカスタマイズ機能　（４）多重プロセス機能　（５）メール機能　（６）Ｘウィンドウとの整合性 |
| 4章 | 他端末、他システムへの通信方法とその原理 | |
| | 1節 | 他端末通信の使い方 |
| | | （１）端末間の通信（２）自システム内端末への強制的な送信　（３）ｗｒｉｔｅによるメッセージの送信　（４）ｍａｉｌコマンド　（５）ｔａｌｋコマンドによるメッセージの送信　（６）その他の端末間メッセージ送信機能 |
| | 2節 | ＴＣＰ／ＩＰ ネットワーク |
| | | （１）ＴＣＰ／ＩＰネットワークの基本事項　（２）ＴＣＰ／ＩＰネットワークの仕組み　（３）利用者情報　（４）遠隔端末　（５）ファイル転送　（６）遠隔ジョブ実行　（７）電子メール　（８）総合メールサービス |

表 2.3 5 章、6 章の教材知識

| | | |
|---|---|---|
| 5章 | Ｘウィンドウシステム | |
| | 1節 | Ｘウィンドウの概要 |
| | | （１）ウィンドウシステムの概要<br>（２）Ｘウィンドウの特徴 |
| | 2節 | Ｘウィンドウの使用法の基礎 |
| | | （１）Ｘウィンドウの起動　（２）ｘｎｗｍ<br>（３）ｕｗｍ |
| | 3節 | Ｘウィンドウの使用法の応用 |
| | | （１）アプリケーションプログラム |
| 6章 | システム管理の方法とその機能 | |
| | 1節 | システム管理の基礎 |
| | | （１）システム管理者の仕事 |
| | 2節 | システム管理の応用 |
| | | （１）システムの立ち上げ及び立ち下げ<br>（２）新規ユーザ登録及び登録簿管理<br>（３）グループ管理簿及び登録関連機能<br>（４）新しい端末の設定（５）新しいプリンタの接続<br>（６）デーモンプロセス（７）ネットワーク環境の設定<br>（８）システムの保守及びファイルの管理<br>（９）障害の原因追及とその処理 |
| | 3節 | 研究室内での応用 |

| | | （レベル）<br>低 ◀——▶ 高<br>1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1章 | ファイルシステムコマンドの扱い方とその構造<br>1.1　ファイルシステムの概要<br>1.2　ファイルシステムコマンドの基礎<br>1.3　ファイルシステムコマンドの応用<br>1.4　ファイルシステムの内部構造 | ○ | ○ | ○<br>○ | | |
| 2章 | コマンドの使い方と関連する仕組み<br>2.1　基本的な使い方<br>2.2　シェルの概念<br>2.3　実行管理の方法<br>2.4　ｃシェルの機能 | ○ | ○ | ○<br>○ | | |
| 3章 | 文書テキストの作成、修正方法<br>3.1　ＮＥｍａｃｓの概要<br>3.2　ＮＥｍａｃｓの使用法の基礎<br>3.3　ＮＥｍａｃｓの使用法の応用 | | ○<br>○ | ○ | | |
| 4章 | 他端末、他システムへの通信方法とその構造<br>4.1　他端末通信の使い方<br>4.2　システム間ネットワーク | | | | ○<br>○ | |
| 5章 | Ｘウィンドウシステム<br>5.1　Ｘウィンドウの概要<br>5.2　Ｘウィンドウの使用法の基礎<br>5.3　Ｘウィンドウの使用法の応用 | | | ○ | ○ | ○ |
| 6章 | システム管理の方法とその機能<br>6.1　システム管理の基礎<br>6.2　システム管理の応用<br>6.3　研究室内での応用 | | | | ○ | ○<br>○ |

図 2.2 教材知識のレベル分け

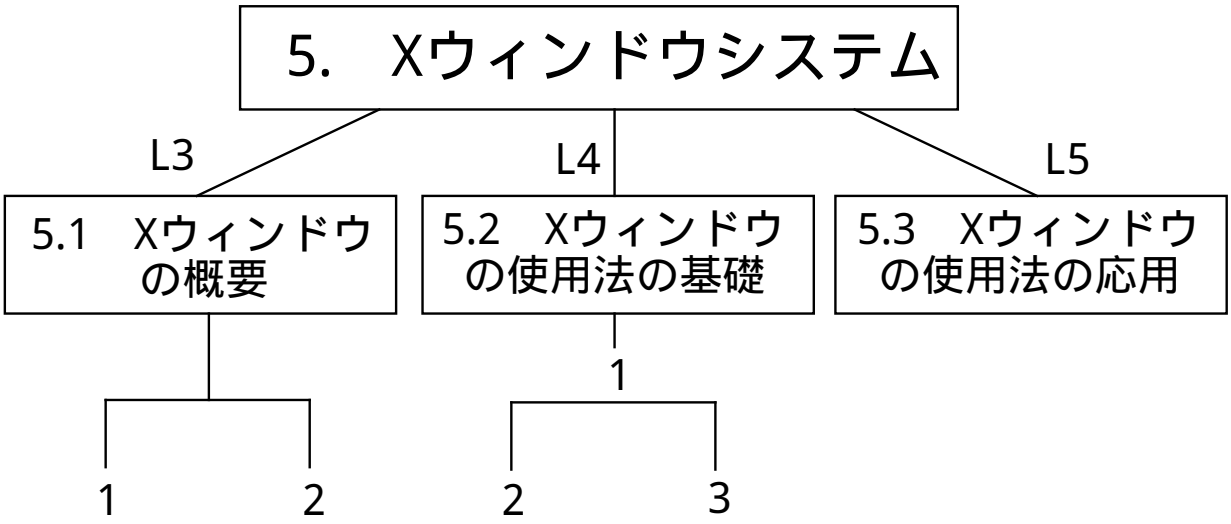


図 2.3 5 章の概念グラフ

例えば、章、節の場合、図 2.2 において、1.2 節 「ファイルシステムコマンドの基礎」は教材のレベルが 2 であるため、レベル 1 の教材である 1.1 節 「ファイルシステムの概要」、および 2.1 節 「基本的な使い方」が前提知識となる。

# 第 3 章　自動問題生成の実現

一昨年度の評価において、問題数の不足と、問題のレベルについてのバランスについて指摘がなされた。こういった点と、双方向主導対話機能の観点からみて、システムが学生の理解度を確認しつつ、学生のレベルにあう問題を提示することが望まれるようになった。本システムでは、これらの要求を解決するための手段として、自動問題生成の実現を目指した。

自動問題生成を行う方法として、本システムは 2 種類用意している。1 つは、多数の出題候補の中から無作為にその中のいくつかを出題するランダム生成である。もう 1 つは、あらかじめ出題する問題文と、その問題文に含まれる、解答となるキーワードを保存しておき、学生の理解度に応じて出題を変更する履歴参照型生成である。

## 3.1　ランダム生成

ランダム生成は、主に解説文や表などで一対一に対応している概念についての自動問題生成を行う。例えば、コマンドのオプションや、特殊キーコマンドの説明などについての出題が可能である。

ランダム生成型の問題生成は以下の手順で行う。

- 2 択、記述式の出題アルゴリズム

  学生が学習項目を選択すると、システム側が出題する文章と解を選択し、同一問題の出題がないかチェックした後、出題予定数に達したら出題を行う。

- 選択式の出題アルゴリズム

  学生が学習項目を選択すると、システム側が出題する文章と解を選択し、同一問題の出題がないかチェックした後、解答群に解答候補を記述し、出題数と解答群の数が予定数に達したら出題を行う。

ランダム生成型の出題アルゴリズムを図 3.1 に示す。

出題形式として、図 3.2 には 2 択用の例、図 3.3 には記述式の例、図 3.4 には選択式の例を挙げる。ランダム型の問題生成を行う際に、図 3.5 に示すような表を用いる。

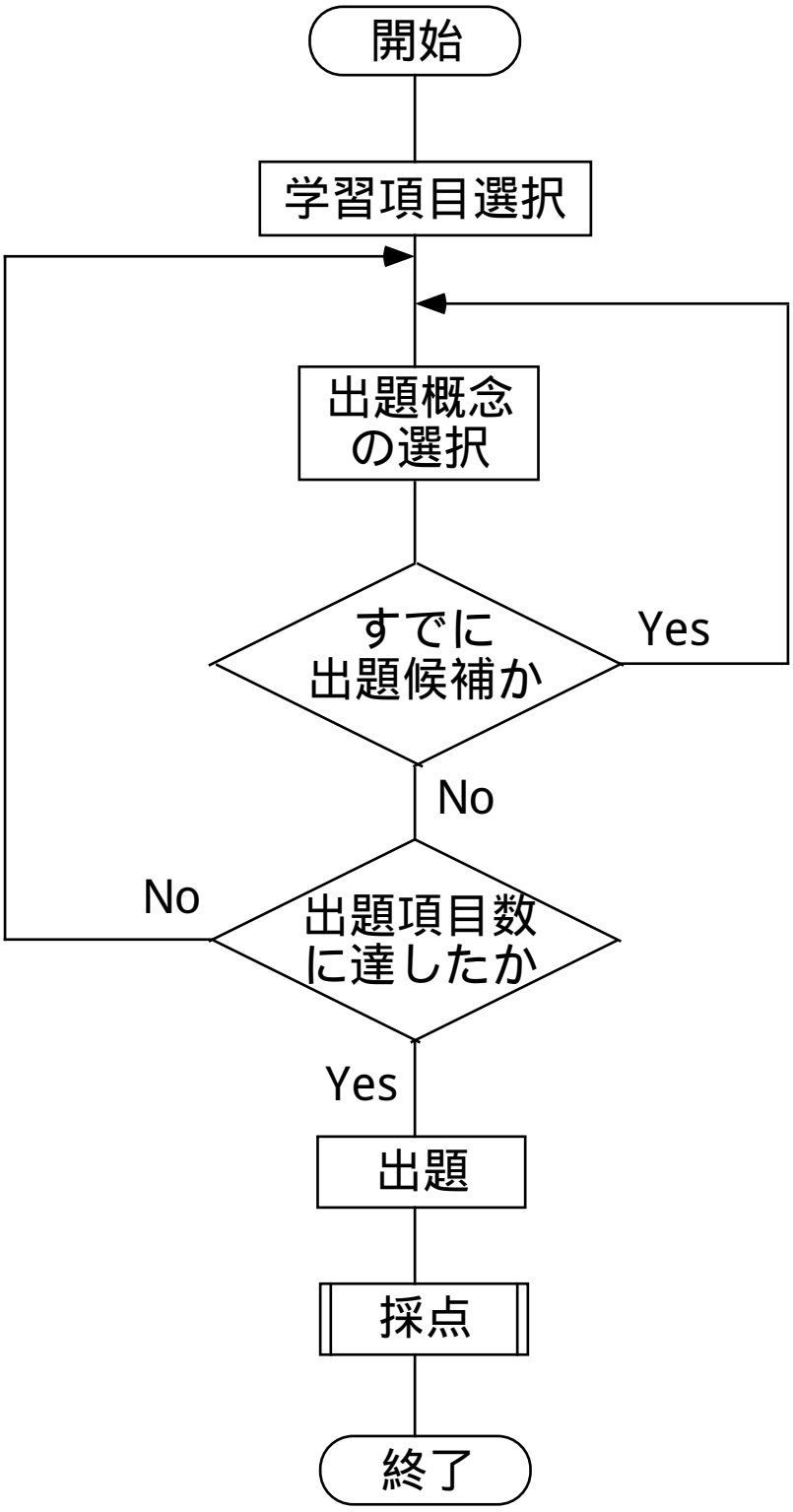


図 3.1 ランダム生成型の出題アルゴリズム

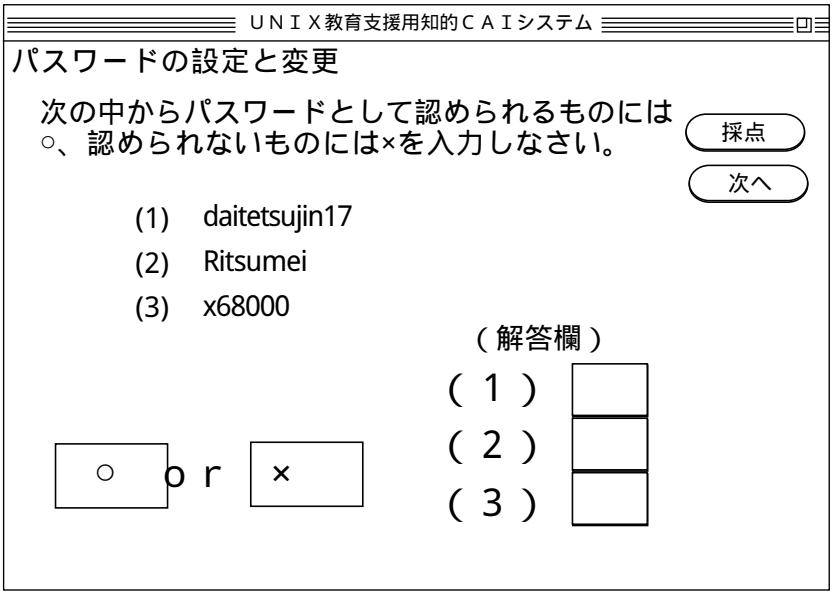


図 3.2 ランダム生成型 2 択出題例

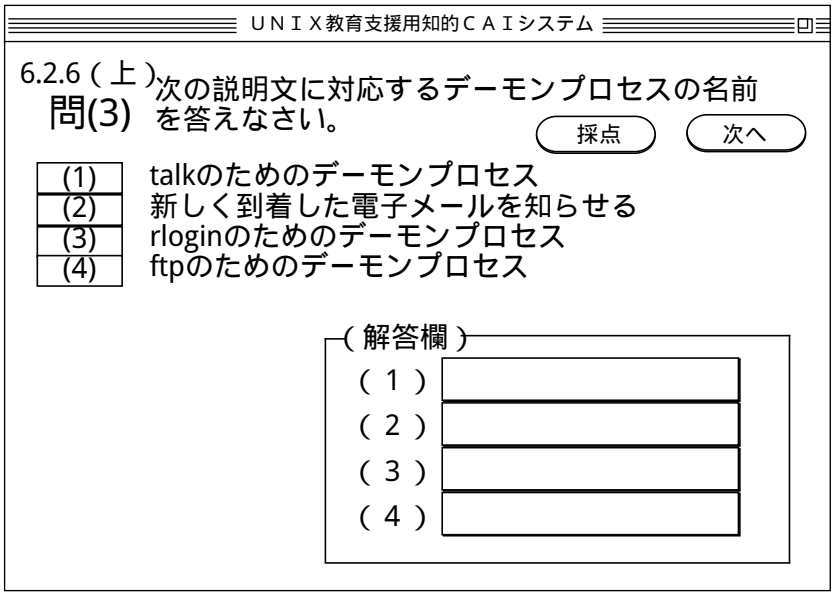


図 3.3 ランダム生成型記述式の出題例

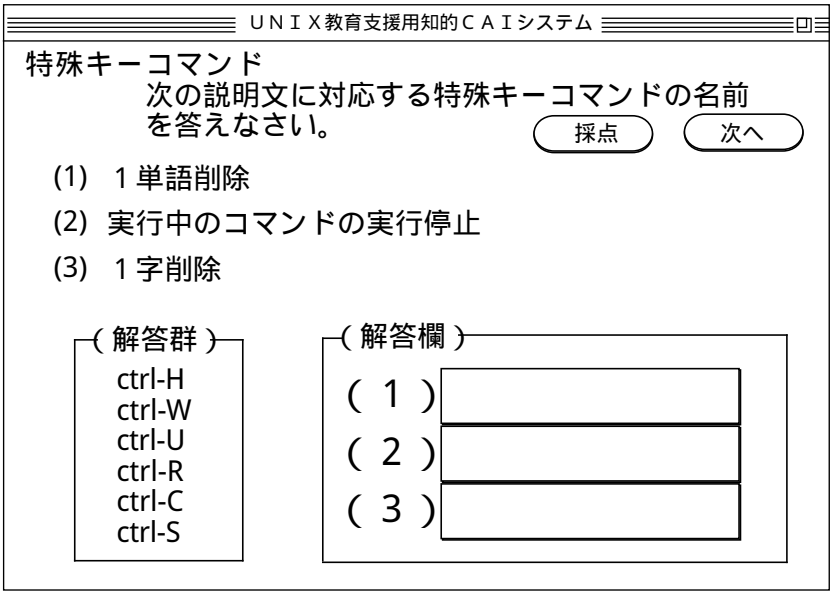


図 3.4 ランダム生成型選択式の出題例

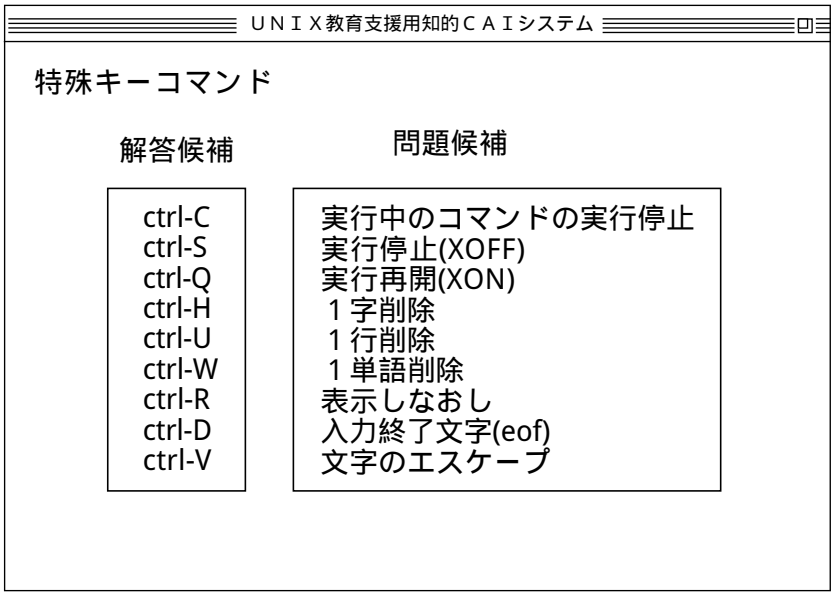


図 3.5 特殊キーコマンドについての対応表

## 3.2 履歴参照型生成

第 3.1 節 (13 ページ) で述べたランダム生成型に、履歴を参照する機能を付加し、学生の理解度を全体的な難易度と比較し、その結果より学生の理解度が不足している概念についての出題を行うのが、履歴参照型自動問題生成の目的である。

履歴は概念用、事例用、学生用の 3 種類用意する。概念用の履歴ファイルは最短路学習機能で参照される。自動問題生成時に関わるのは事例用と学生用の履歴ファイルである。

履歴ファイルは、出題後採点が行われるごとに更新され、概念と事例の履歴ファイルは回を重ねるごとに、全学生の標準的モデルとなる。

### 3.2.1 履歴ファイルの表現方法

履歴としてファイルに保存するものには、概念用と事例用と学生用がある。それぞれの履歴ファイルは、次のような形式である。

(1) 概念用履歴の形式

(概念名, 概念番号, 前提項目, 関連項目, 難易度, 正解数, 参照回数)

具体例を表 3.1 に示す。

表 3.1 概念の履歴の表現形式

| |
|---|
| Xwindow とは?,1,0,0,10,0,0 |
| Xwindow の起動,2,1,3,9,0,0 |
| Xwindow の終了,3,1,2,9,0,0 |
| ・ |
| ・ |
| ・ |

前提項目は、概念用履歴の難易度と概念グラフより最短路学習を行う際に使用する。関連項目は、双方向主導対話で学生からの問いかけがあった場合などに関連知識を提示する際に使用する。

(2) 事例用履歴の形式

(正解数, 参照回数, 難易度)

事例用の履歴は、問題生成に使用する事例ごとに格納され、格納する内容は、出題候補となるキーワードごとの難易度である。

詳しくは、第 3.2.2 節 (20 ページ) で述べる。

(3) 学生用履歴の形式

学生用の履歴は、学生 1 人 1 人に用意され、学習項目の理解度を格納する。学習が終了するごとに履歴ファイルは更新される。

(節番号, キーワード 1 の情報, キーワード 2 の情報, キーワード 3 の情報, …)

それぞれのキーワードの情報は以下のような形式である。

(キーワード i の正解数/キーワード i の参照数/キーワード i の理解度)

具体例を表 3.2 に示す。

表 3.2 学生の履歴の表現形式

| |
|---|
| 5.1.1,2/5/4,0/0/0,1/3/3, … |
| 5.1.2,3/3/10,0/4/0,1/2/5, … |
| ・ |
| ・ |
| ・ |

知識の難易度と学生の理解度は以下のようにして求める。

$$\text{難易度} = \frac{\text{正解回数}}{\text{知識が参照された回数}} \times 10$$

難易度　難しい $0 \longleftrightarrow 10$ 易しい

$$\text{理解度} = \frac{\text{正解回数}}{\text{知識を参照した回数}} \times 10$$

理解度　理解できていない $0 \longleftrightarrow 10$ 理解できている

どれくらい理解できているかを示す評価方法を今回は次のようにする。

$$-10 \leq \text{理解度} - \text{難易度} \leq 10$$

評価　全く理解できていない -10$\longleftrightarrow$10 完璧に理解できている

こうすることによって、難易度と理解度によって図 3.6 のように評価が変動する。評価は、概念の細分化による誤答処理で使用される。

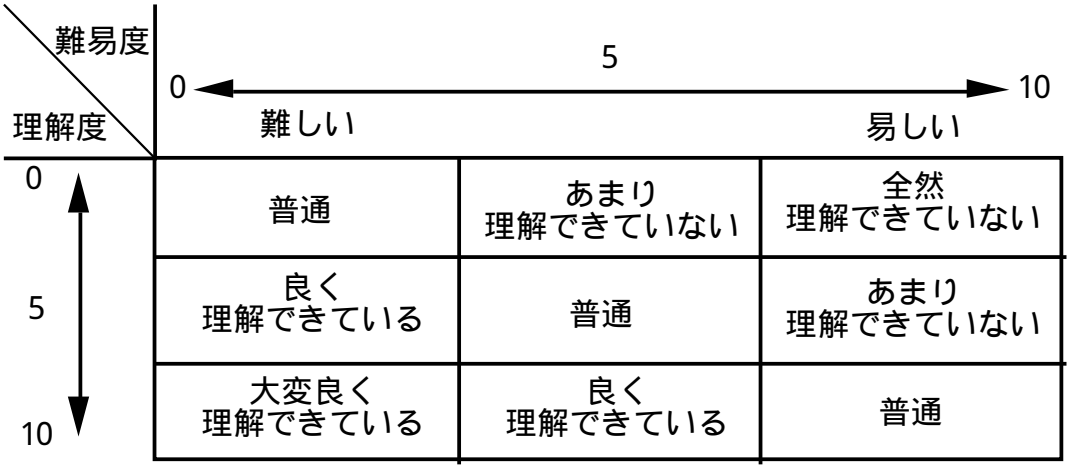


図 3.6 理解度評価相対図

### 3.2.2 事例の表現

出題対象となる概念に関する事例に含まれる項目を以下に示し、その表現形式の例を図 3.7 に示す。

- 概念名

  事例のタイトル

- 説明

  出題する際に使用する概念に関する解説文や例や表など

- キーワード

  出題する際、解となるもので、文章に含まれる

- キー難易度

  出題されるたびに更新されるキーワードごとの難易度

  キーワードの難易度の表現形式は、次のような形式にする。

  (正解数, 参照回数, 難易度)

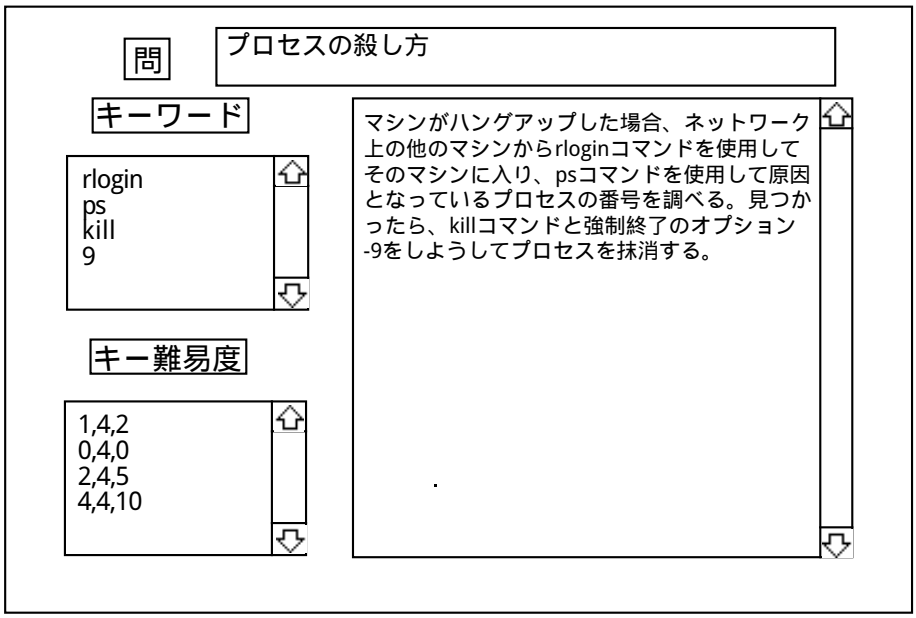


図 3.7 自動問題出題用事例

### 3.2.3　履歴参照型の自動問題生成方法

履歴参照型の問題生成について以下に述べる。

- 履歴参照型の出題アルゴリズム

  学生が学習項目を選択すると、学生の履歴より、過去に学習を行っているかを調べる。初めてならばシステムの履歴から全体に理解できている概念を、過去に学習している場合は、学生の理解度不足の概念を出題候補とする。

  出題候補に重複がないことを確認して、出題候補の事例より問題文を生成し、出題数に応じて解答欄を作成する。

出題形式として、図 3.8 に履歴参照型の記述式の例を挙げる。

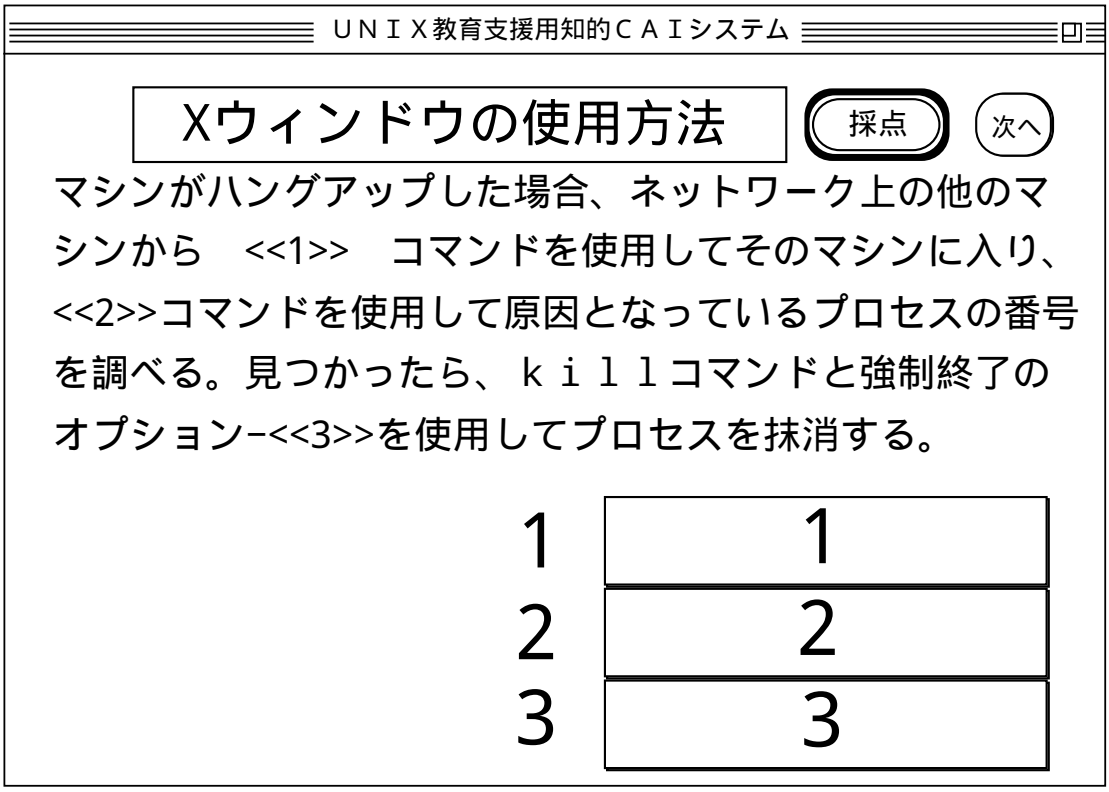


図 3.8 履歴参照型記述式の出題例

履歴参照型の出題アルゴリズムを図 3.9 に示し、問題を生成するまでの手順を学生の履歴がない場合 (図 3.10 参照) とある場合 (図 3.11 参照) に分けて説明する。また、図 3.12 と図 3.13に具体的な解答方法の手順を示す。

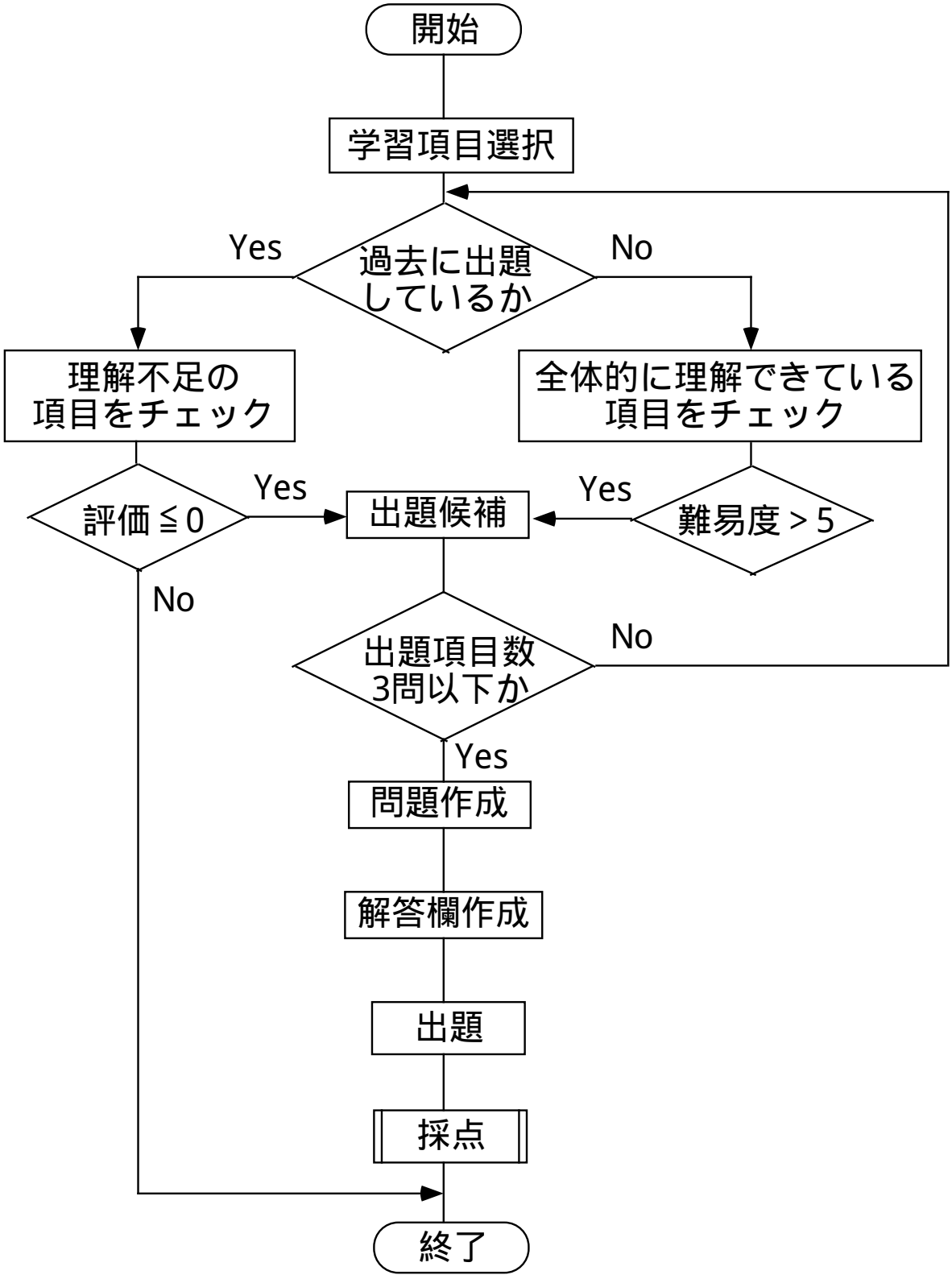


図 3.9 履歴参照型の出題アルゴリズム

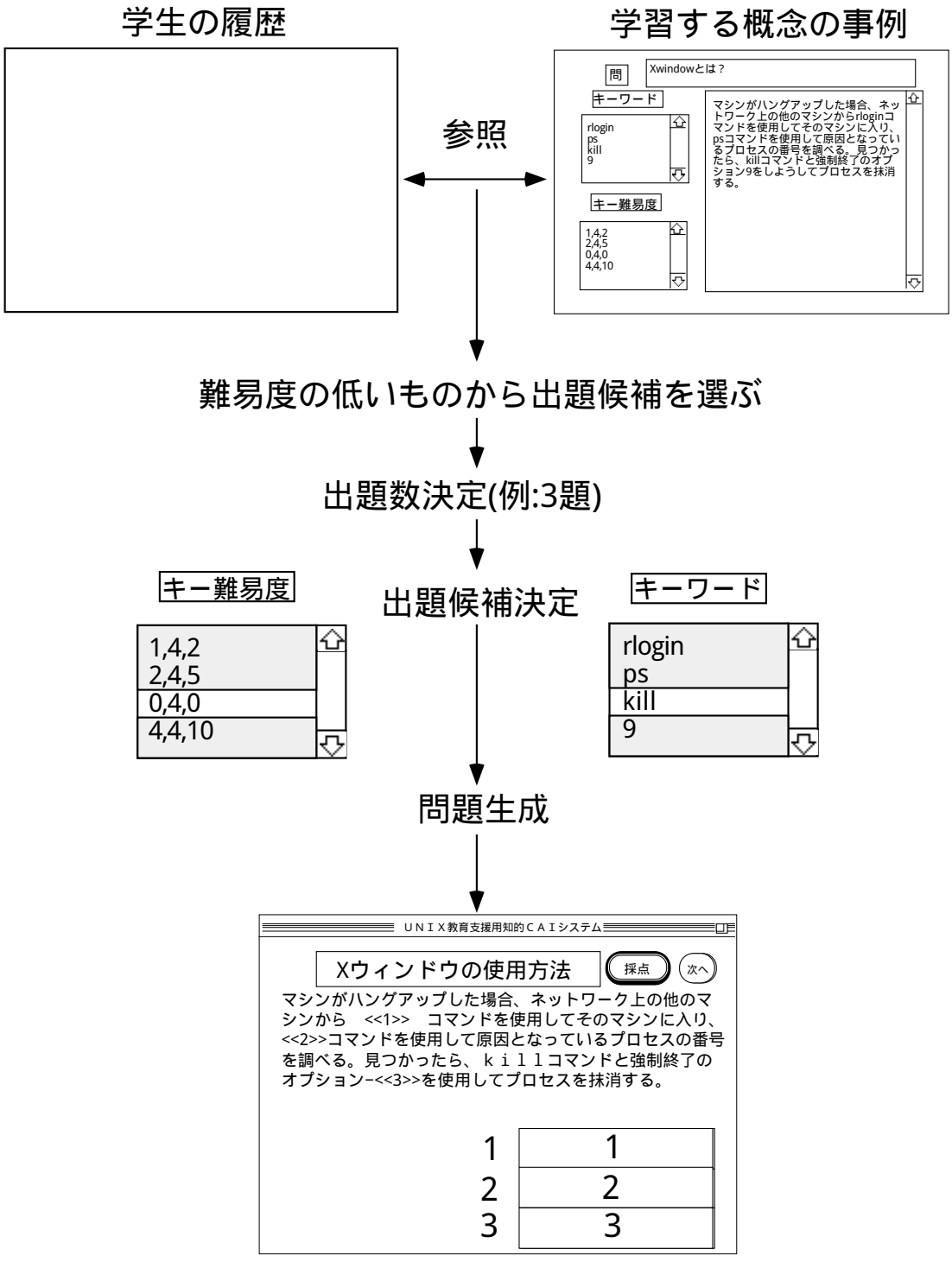


図 3.10 問題生成手順 (学生の履歴なし)

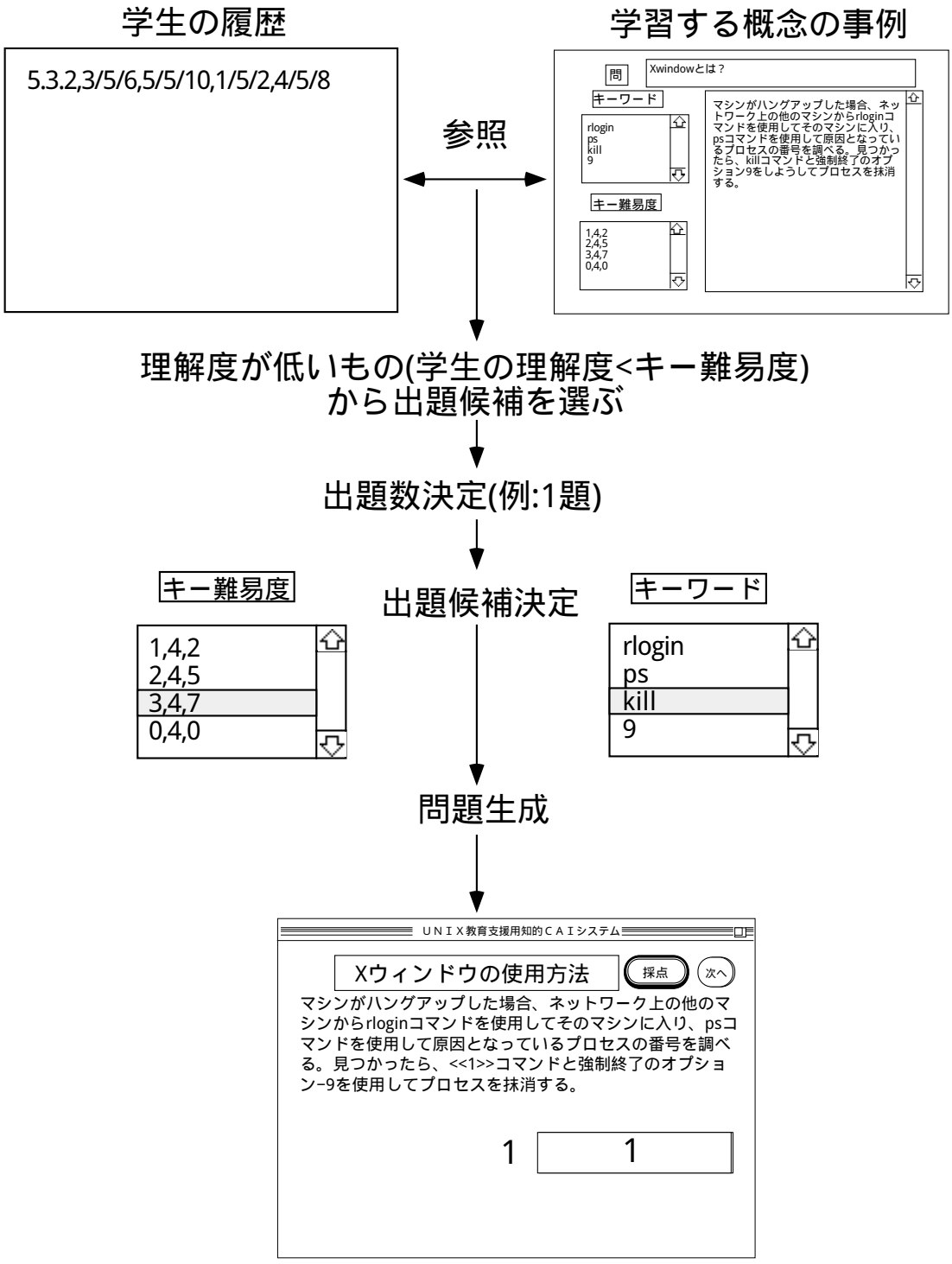


図 3.11 問題生成手順 (学生の履歴あり)

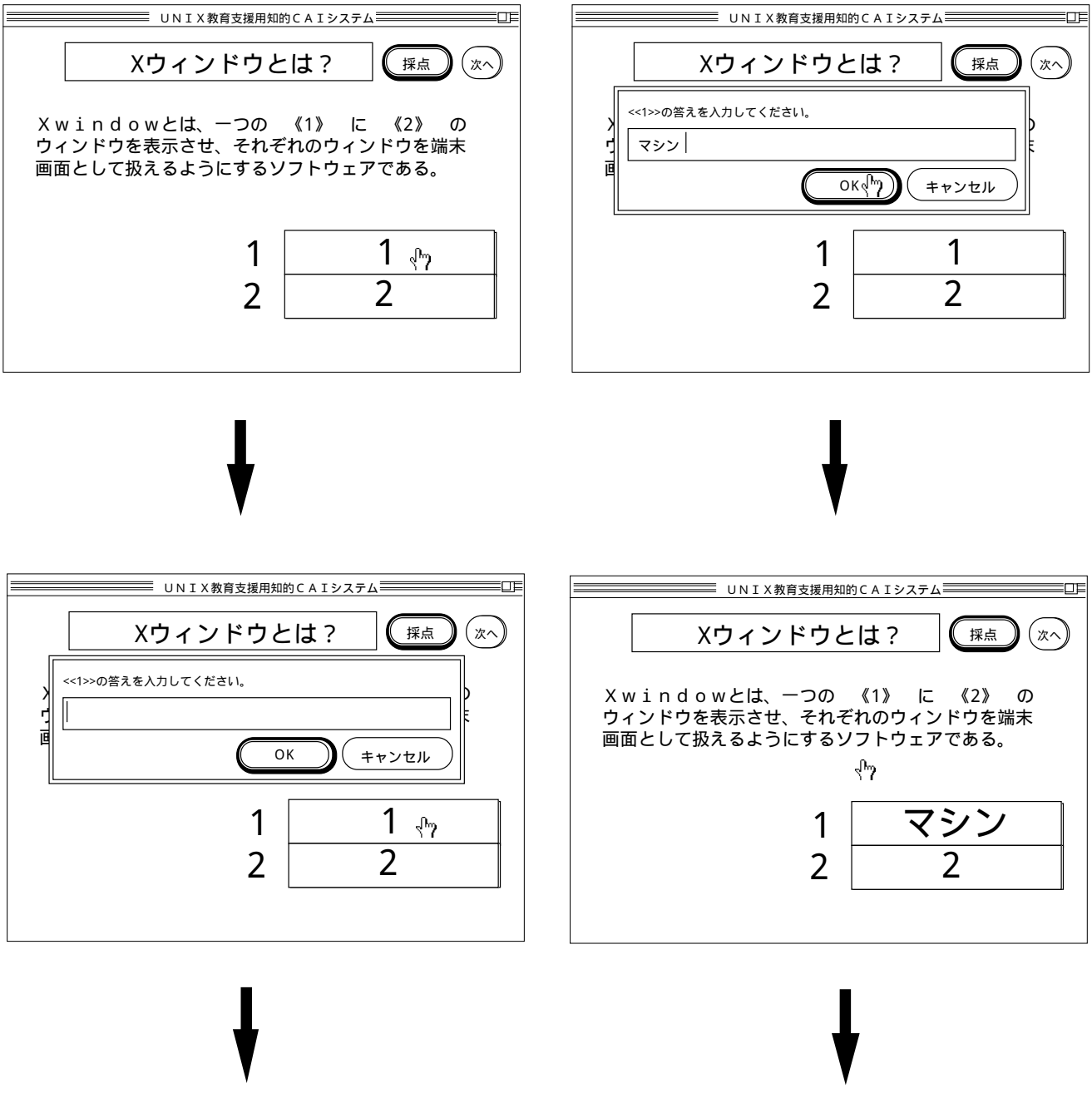
ＵＮＩＸ教育支援用知的ＣＡＩシステム
Xウィンドウとは？
採点
次へ
Ｘｗｉｎｄｏｗとは、一つの 《1》 に 《2》 の
ウィンドウを表示させ、それぞれのウィンドウを端末
画面として扱えるようにするソフトウェアである。
1
2
1
2
<<1>>の答えを入力してください。
マシン
OK
キャンセル
マシン

図 3.12 解答手順 1

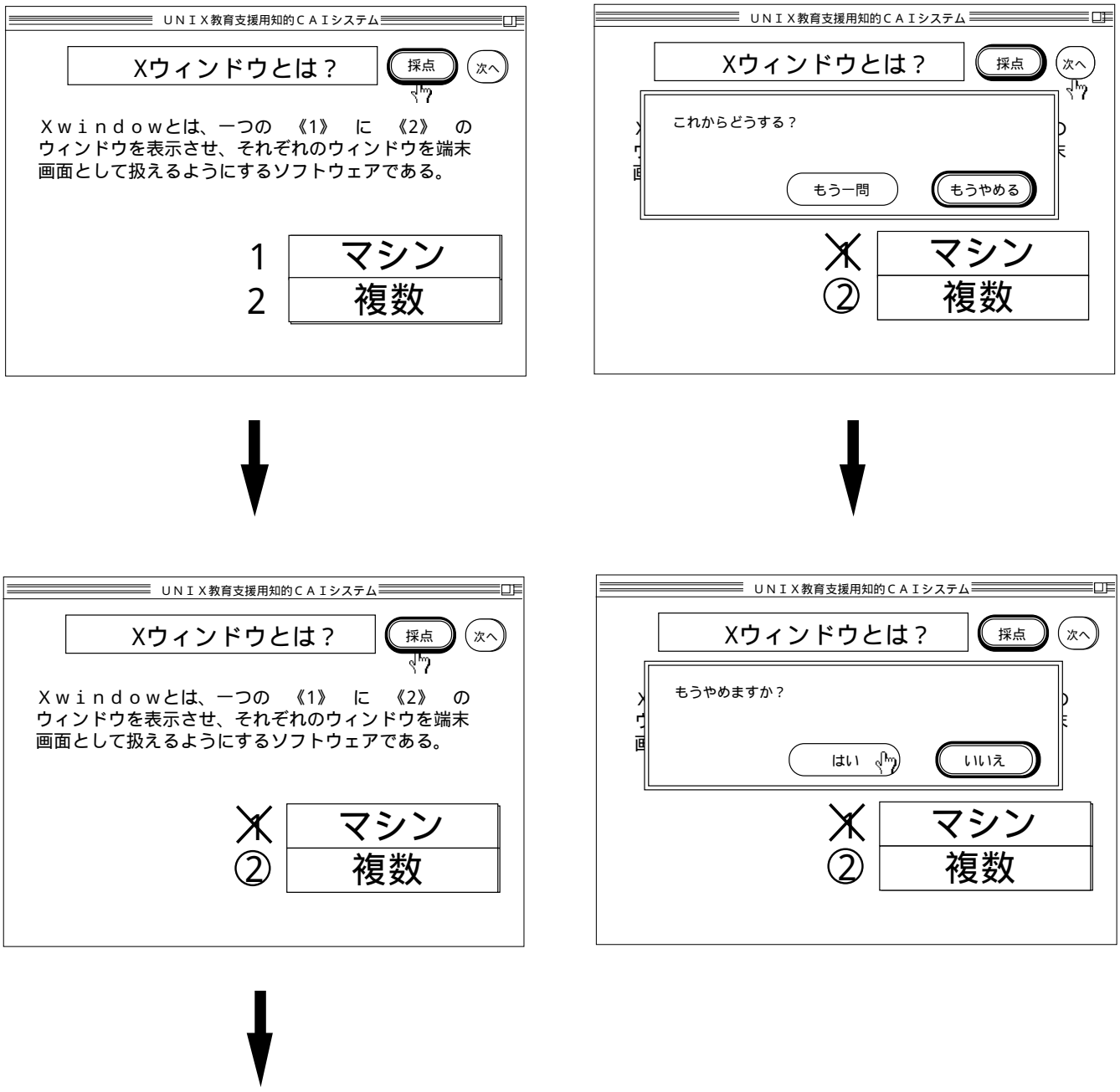
ＵＮＩＸ教育支援用知的ＣＡＩシステム
Xウィンドウとは？
採点
次へ
Ｘｗｉｎｄｏｗとは、一つの 《1》 に 《2》 の
ウィンドウを表示させ、それぞれのウィンドウを端末
画面として扱えるようにするソフトウェアである。
1 マシン
2 複数
これからどうする？
もう一問
もうやめる
もうやめますか？
はい
いいえ

図 3.13 解答手順 2

## 3.3 事例による UNIX 問題解決支援システムへの応用

CAI システムとは別の観点からみて自動問題出題機能の応用を考えたところ、事例による UNIX 問題解決支援システムへの応用に使えるのではないかということになった。

事例による UNIX 問題解決支援システムは、UNIX マシン上で発生する事柄について、使用者がそれに対する解決方法などを記述して、その記述されたものを事例として保存しておき、使用者から質問や要求があった場合、それを提示するシステムである。

事例による UNIX 問題解決支援システムへの応用の事例の構成要素として扱われる情報は、問題解決に用いる事例と、キーワード検索、用語解説に用いられる意味ネットワークの 2 つに分類される。

問題解決に用いる事例は以下の情報を持つ。

- 作者 (.OWNER owner)
- 登録日時 (.DATE 19xx.xx.xx xx :xx)
- タイトル (.TITLE title)
- 内容 (解)(sentence)
- サンプル (.SAMPLE name sentence .SAMPLE __ END)
- 参考文献 (.REFERENCE sentence .REFERENCE __ END)
- キーワード (.KEYWORD key1 key2 key3 ・・・)
- 対象ユーザー (.TARGET class)
- 関連事例 (.RCASE case case .RCASE __ END)
- CAI 用キーワード (.CAI-KEYWORD key1 key2 key3 ・・・)

意味ネットワークの個々の node は、以下の情報を持つ。

- 用語名
- 用語解説用テキスト
- 属性情報
  - parent 用語
  - children 用語
  - 同意用語
  - 類似用語
  - 関連用語

事例による UNIX 問題解決支援システムの構成を図 3.14 に示す。

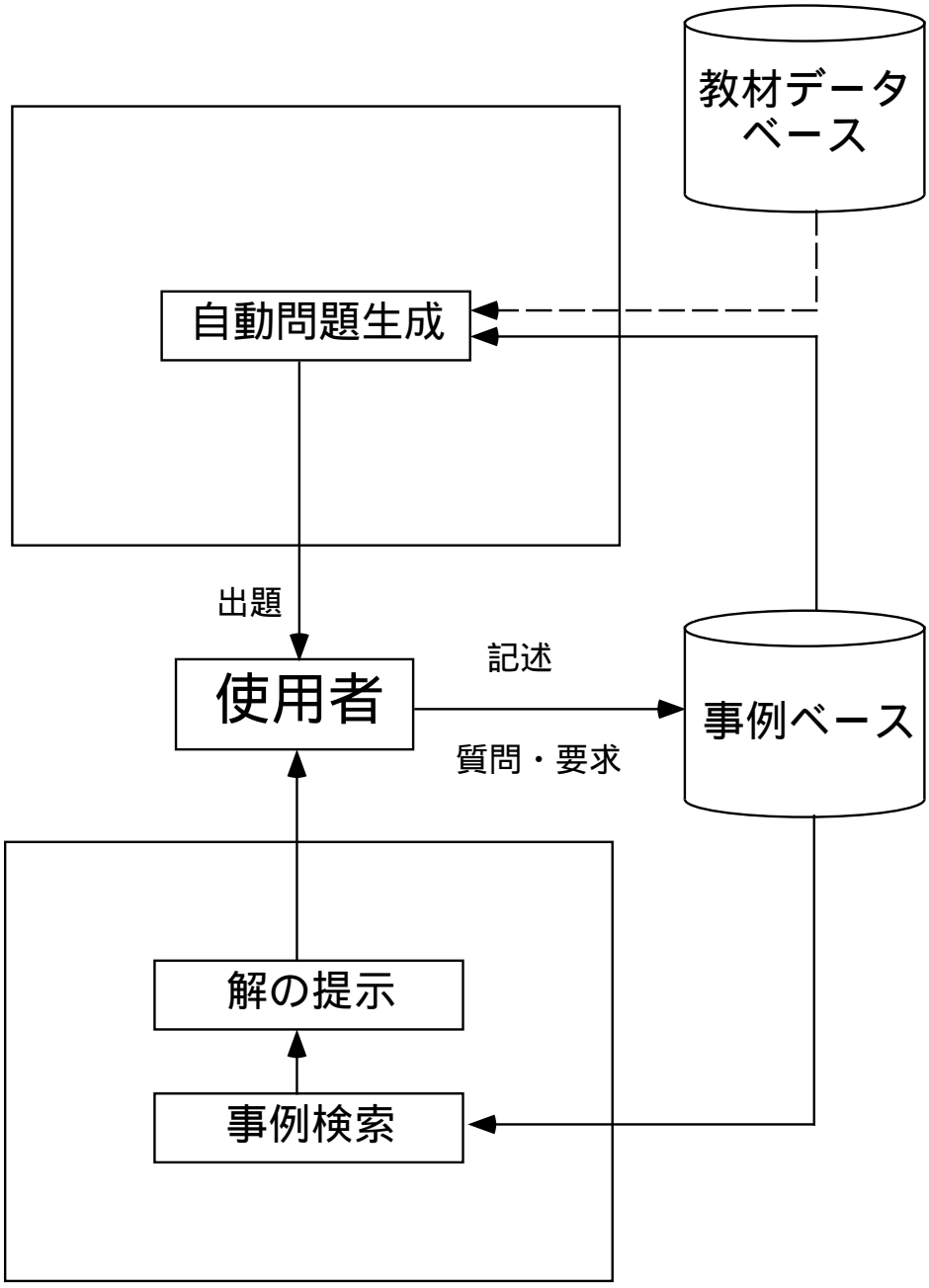


図 3.14 事例による UNIX 問題解決支援システムの構成

# 第 4 章　マルチメディア

本システムの一昨年度の評価で、システムが全体的に地味でインパクトに欠けるといった点が指摘された。本年度は、従来からのコマンドシミュレーションに加え、QuickTime を使用し、アニメーションや音声、効果音の導入、そしてシステムのカラー化などを図り、システムにインパクトを与え、教育効果の向上を目指した。

QuickTime は、Macintosh のシステムソフトウェア機能拡張の 1 つで、サードパーティー開発者がすべてのアプリケーション間で一貫した作法でサウンド、ビデオ、アニメーション等のダイナミックメディアを統合することが出来る。

ハイパーカードで、QuickTime を使用するために、QuickTime Tools というスタックが用意されている (図 4.1 参照)。このスタックは、HyperCard に QuickTime の機能を追加し、HyperCard 内で簡単に QuickTime の使用を可能にする。

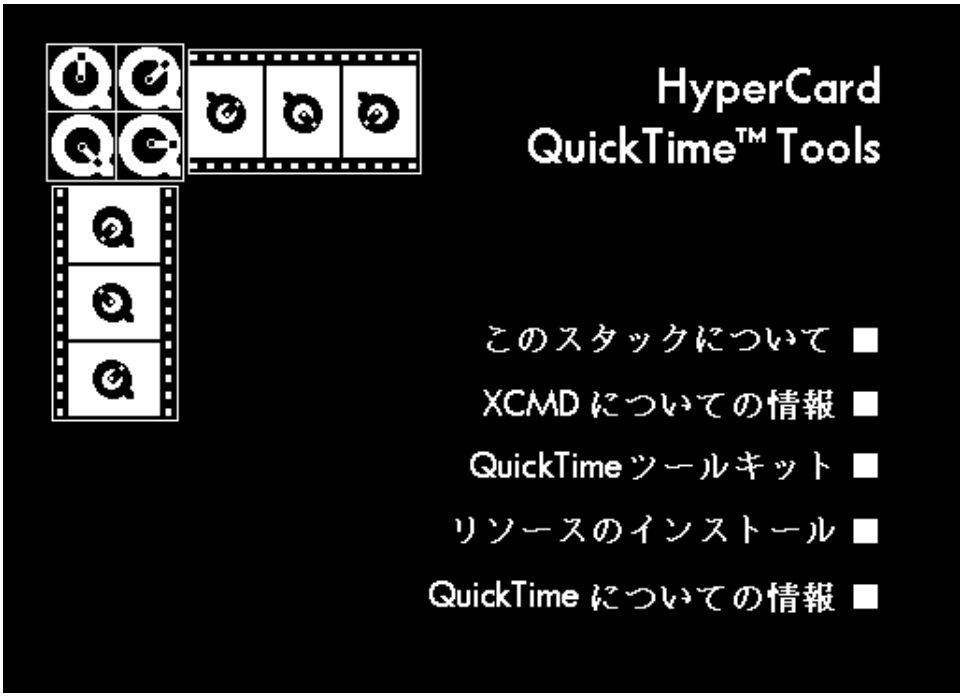


図 4.1 QuickTime Tools のスタック

ハイパーカードにカラー表示を行うことを可能にする拡張機能を持つスタックとして Colorizing HC XCMD があり、これを使用することにより、カードやフィールドやボタンのカラー化や、PICT リソースのバックグラウンドへの張り付けが可能になる。

この Colorizing HC XCMD を使用してカラー化したタイトル画面を図 4.2 に示す。

本システムでは、アニメーション表示に QuickTime Tools を、システムのカラー化には Colorizing HC XCMD を使用した。

図 4.2 カラー化したハイパーカードの画面

## 4.1 アニメーション

ハイパーカードでアニメーションを行うには、大きく分けて 2 つの方法がある。

1 つは、ハイパーカードのカード上にペイントツールを使用して何枚か絵を描き、連続して再生させることにより、アニメーションさせる方法である。

もう 1 つは、前述した QuickTime Tools を使用して、ハイパーカード上で QuickTime Movie を再生する方法である。この場合の Movie ファイルの作成方法には以下の手段が考えられる。

- ビデオで画像を取り込む
- PICT 形式などの静止画を編集する

本研究では、MacroMind Director 日本語版 3.1 を使用し、アニメーションの作成を行う。以下にアニメーションの作成方法を示す。

1. グラフィックソフトで、アニメーションのセルとなる絵を必要枚数描く。
2. 絵を描いた数十枚のセルをキャストメンバーとして、キャストウィンドウに登録する。この状態で、絵がつなぎ合わさったことになる。
3. キャストメンバーを、アニメーションと効果音を同期させる機能を持つスコアウィンドウに登録する。
4. 完成したファイルを QuickTime 形式に変換する。

アニメーションは、システムの 4 章「他端末、他システムへの通信方法とその構造」と、5 章「X ウィンドウシステム」に関連した内容について作成を行った。ネットワーク関連のアニメーションの導入箇所を表 4.1 に、X ウィンドウシステム関連のアニメーションの導入箇所を表 4.2 に示す。

実際にシステムに QuickTime ファイルを組み込んだ例として、ウィンドウシステムについての解説画面を図 4.3 、図 4.4 、図 4.5 、図 4.6 に示す。図 4.3 の右下の「ムービー」というボタンをクリックすると「ウィンドウシステムの概要」に関する QuickTime Movie が再生される。図 4.4 は QuickTime Movie の開始画面、図 4.5 は途中、図 4.6 は最終画面である。「ムービー」というボタンを再度クリックすると、QuickTime Movie は消去され図 4.3 の状態に戻る。

表 4.1 ネットワーク関連のアニメーションの導入箇所

| | |
|---|---|
| UNIXの概念 | ・サーバ・クライアント間のサービスの要求，提供<br>・メールの送受信<br>・メールを他システムへ転送<br>・リモートマウントされたファイルシステムにアクセスする |
| UNIXコマンド | ・rloginコマンドの実行の様子<br>・ftpコマンドの実行の様子<br>・rshコマンドの実行の様子<br>・talkコマンドの実行の様子<br>・phoneコマンドの実行の様子<br>・rlogin後のsetenvコマンドの実行の様子 |

表 4.2 X ウィンドウシステム関連のアニメーションの導入箇所

| | |
|---|---|
| UNIXの概念 | ・マウスで指定したウィンドウでコマンド実行<br>・複数のウィンドウを開ける |
| xnwmの機能 | ・Lower機能<br>・Raise機能<br>・Select機能<br>・Iconify機能<br>・Resize機能<br>・Move機能 |
| uwmの機能 | ・Create Window機能<br>・Iconify at New Position機能 |

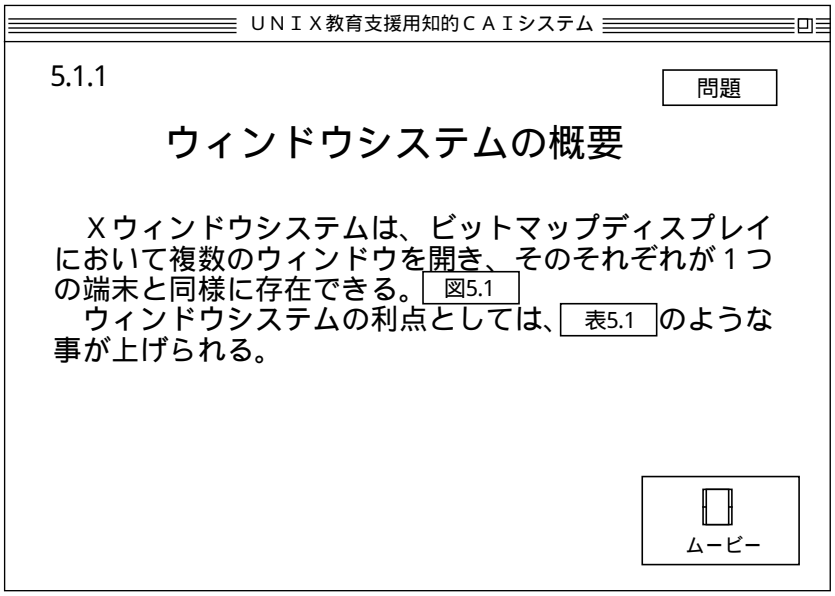


図 4.3 ウィンドウシステムについての解説画面

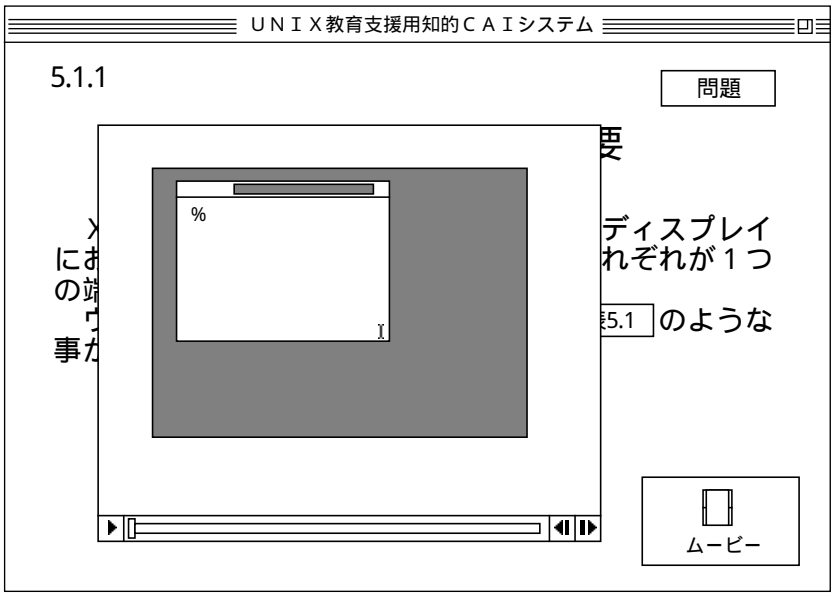


図 4.4 QuickTime によるウィンドウシステムの解説画面 1

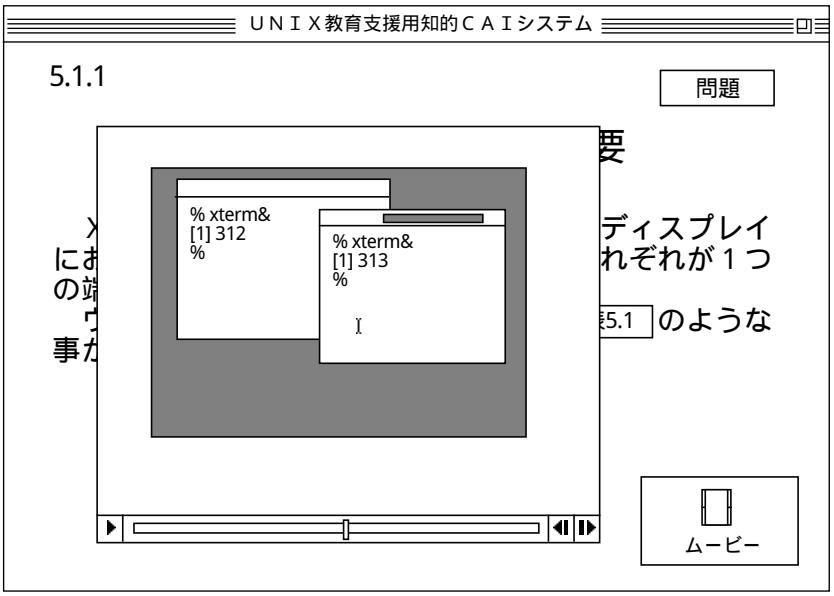


図 4.5 QuickTime によるウィンドウシステムの解説画面 2

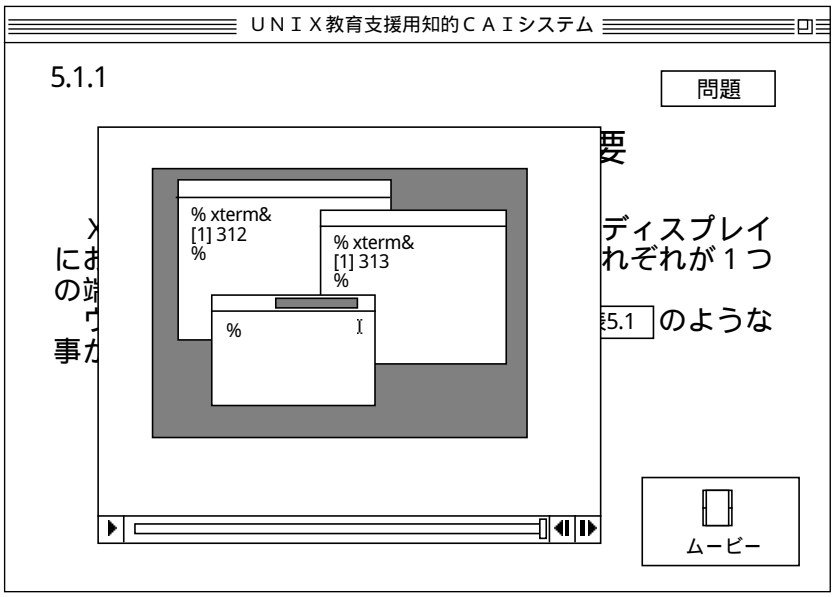


図 4.6 QuickTime によるウィンドウシステムの解説画面 3

## 4.2　音声

ハイパーカードで音声を使用するには、ハイパーカードに組み込まれているオーディオ機能である、オーディオパレット (図 4.7 参照) を使用して音声や演奏の記録 ･編集を行う。

オーディオパレットにはテープレコーダーに似たボタンがあり、このボタンで録音 ･再生 ･編集その他の操作ができる。オーディオパレットの右上にある Edit ボタンをクリックすると、パレットが伸びてサウンドの編集が可能になる。

音声のサンプリングは 22kHz と 11kHz のどちらかを選んで行う。22kHz のサンプリング 1 秒間につきメモリとディスクがそれぞれ 22KB 必要となる。22kHz で録音した場合、3 分の 1 か 6 分の 1 にデータを圧縮できる。

本システムでは、音質とディスク容量の兼ね合いから 22kHz で録音を行い、3 分の 1 にデータを圧縮して音声を使用する。

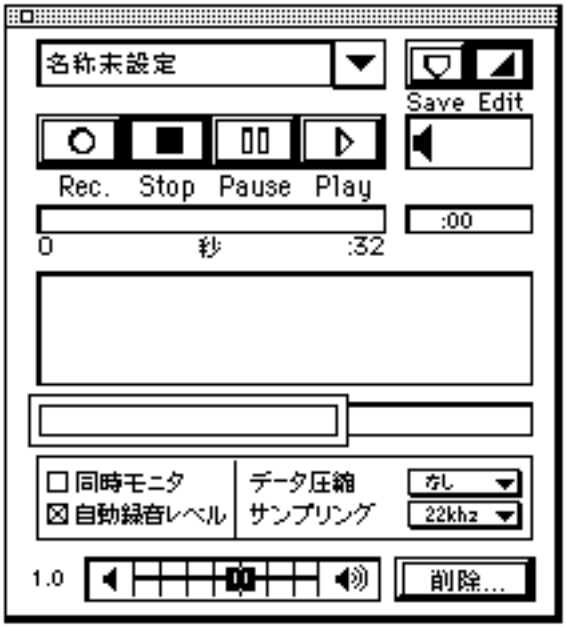


図 4.7 オーディオパレット

システムに使用した音声・効果音は、マッキントッシュに付属のマイクで取り込んだものと、CD から読み込んだものである。
システムに音声を導入した箇所と、効果音を導入した箇所を以下に示す。

- 音声の導入箇所
  - システムの説明
  - 解説文の朗読
  - 採点時の忠告
  - ヘルプ
  - コマンドシミュレーションとの同期
- 効果音の導入箇所
  - QuickTime 中の音
  - 採点時の正解、不正解の音

# 第 5 章　実験

## 5.1　実験方法

自動問題生成機能とマルチメディアの導入を行った、5 章 「X ウィンドウシステム」を使用してもらい、それぞれの機能について三段階評価 (良い、普通、悪い) と批評を研究室の 4 回生並びに院生にしてもらう。

評価してもらうのは、次の 5 つの項目である。

- 自動問題生成機能
- システムのカラー化
- アニメーション
- 音声と効果音
- その他のシステムの機能

## 5.2　実験結果

それぞれの項目に対する三段階評価と意見を、研究室の 4 回生と院生 15 人に使用してもらった結果を表 5.1 に示す。

表 5.1 の三段階評価の数字は 15 人中の人数を示しており、意見はそれぞれの項目に対する良かった点、問題点を示している。

## 5.3　システムの評価と改善点

評価してもらったそれぞれの項目について、良かった点と問題点を挙げ、問題点に対する改善方法を以下に述べる。

(1) 自動問題生成

良かった点として、学生の学力に応じて出題が変わるのが良いという意見が挙げられた。問題点として、事例の数が少なく似たような出題になる恐れがあるという点と、採点の際、類似後の判別などを行っていないという点が挙げられた。

これらの問題点は、第 3.3 節 (27 ページ) で述べた事例による UNIX 問題解決支援システムの事例ベースや意味ネットワークの導入が可能になれば解決できるものと思われる。

(2) システムのカラー化

システムのカラー化については、昨年までのシステムがモノクロで味気ないものだったこともあってか、おしなべて評価が良かった。

改善点としては、使用する色の統一や、もっと多くの図や絵を取り込み、学生のやる気を萎えさせないようなものにすることである。

(3) アニメーション

良かった点として、コマンドや機能が実際に見れるのが良いという意見が挙げられた。問題点として、QuickTime Movie にカラーを使用して欲しいという意見とアニメーションと音声との同期を望む声が多かった。他には、アニメーションの画面サイズが小さい、再生時間が短いという意見が多かった。

これらを改善するには、多くのアニメーションを作成し、一番妥当だと思われる形式を検討する必要がある。

(4) 音声 ・効果音

良かった点として、学習意欲がわいてくる、雰囲気が和らいで良いという意見が挙げられた。問題点として、使用箇所や種類を増やしたほうが良いという意見が挙げられた。

これらを改善するには、学生がどういった場面で音声や効果音を期待しているのかを調査したうえで、どんどんシステムに導入していくべきだろう。

(5) その他の意見

システム全体に関する意見として、システム全体の画面を大きくしたら良い、BGM を使用したら良いなどが挙げられた。

これらの意見は、ほとんどがアニメーション ・画像 ・音声についてのものであり、マルチメディアの一層の導入と、UNIX 問題解決支援システムとのリンクによる自動問題生成の改善を推し進めていくべきであろう。

表 5.1 システムの実験結果

| 項目 | 良い | 普通 | 悪い | 意見 |
|---|---|---|---|---|
| 自動問題生成 | 4 | 10 | 1 | 理解済みの問題をする手間が省けて良い<br>事例をもっと沢山用意すべき<br>同一問題でも違う形で出るのが良い<br>問題を自動生成するという発想が良い<br>前の時との変化が感じられない<br>採点方法を変えたほうが良い<br>採点に柔軟性を |
| システムのカラー化 | 11 | 4 | 0 | パステル調に<br>見ためが良い<br>色を統一したほうが良い<br>進行の単調さがなくなって良い<br>取り組む気が起こりそう<br>市販のソフトのようだった<br>以前より見やすくなった<br>最近ではカラーは珍しくない<br>カラー化の利点が活かし切れていない |
| アニメーション | 3 | 10 | 2 | コマンドや機能が実際に見れるのが良い<br>画面サイズが小さい<br>カラーを使用したほうが良い<br>再生時間が短い<br>対象を特定しにくい<br>表示と音声の同期を<br>音声での説明が欲しい<br>もっと多くの絵を取り込んでは |
| 音声・効果音 | 7 | 8 | 0 | 面白い<br>雰囲気がやわらいで良い<br>ユーザの興味を引くのには十分だ<br>面白い音が入っていてよかった<br>種類を増やしては<br>聞き取りにくい<br>使用箇所が少ない |
| その他の意見 | --- | --- | --- | 全体の画面を大きくしたら良い<br>もっと色々な絵などを取り込んでは<br>システムの使い方の説明が必要<br>採点方法がわかりにくい<br>BGMがあっても良いのでは<br>システムがグレードアップしている<br>出題方法にバリエーションが欲しい |

# 第 6 章　おわりに

本年度は、従来のシステムの特徴である、最短路学習機能、高度個別学習機能、概念の細分化による誤答処理、双方向主導対話機能の改善を図るとともに、新たにシステムのカラー化、アニメーションと音声を取り入れたマルチメディアのシステムへの導入、そして、自動問題生成機能の実現を目指した。

本年度システムに導入した、自動問題生成機能とマルチメディアに関連する、システムのカラー化、アニメーション、音声について研究室の 4 回生、院生に三段階で評価してもらい、それぞれについて意見を述べてもらった。

自動問題生成については、学生とシステムの両方に履歴ファイルを置くことで、学生の学力に応じて出題することが可能になった。

今後、事例による UNIX 問題解決支援システムへ応用することにより、問題生成に必要な事例数不足の解消や意味ネットワークの使用による採点の柔軟性の向上が望まれる。

アニメーション ・画像 ・音声 ・効果音などのマルチメディア機能は、システムにインパクトを与えるといった点では、ほぼ目的を達したと言えるだろう。

しかし、導入箇所やレパートリーの少なさが指摘されており、学生の意見を取り入れて導入箇所を増やし、ビデオ画像の取り込みなども使用したものにしていく必要がある。

# 謝辞

本研究の機会を与えて下さり、御指導いただきました山崎勝弘教授に、深く謝意を表します。また、CAI システムの作成において、貴重な御意見と御指導をいただきました尾崎祐二氏、システムへのマルチメディアの導入を行った朝倉啓之君に深く感謝いたします。

システムの評価のためにシステムを使用していただき、貴重な御意見をいただきました本研究室の皆様に感謝いたします。

# 参考文献


[1] 人工知能学会 ：「人工知能ハンドブック」、株式会社オーム社、pp.826 ~ 886(1990)。

[2] 大重美幸 ：「[日本語] HyperTalk ハンドブック」、BNN(1988)。

[3] 掌田津耶乃 ：『応用 HyperCard』、株式会社ビジネスアスキー、(1991)。

[4] 掌田津耶乃 ：『怒濤の HyperTalk』、株式会社アスキー、(1992)。

[5] 掌田津耶乃 ：『究極のスタックメイキング』、株式会社アスキー、(1993)。

[6] 久野禎子、久野靖 ：『UNIX の環境設定』、株式会社アスキー、(1993)。

[7] 高木茂行 ：『UNIX システム管理』、株式会社アスキー、(1993)。

[8] 小林重信 ：「事例ベース推論の現状と展望」、人工知能学会論文誌，vol.7 No.4,pp.3 ~ 10(1992)。

[9] 小林康弘 ：「事例ベース推論」、人工知能学会論文誌，vol.8 No.1,pp.26 ~ 36(1992)。

[10] 小西達裕、伊東幸宏 ：「学習者に高い自由度を与える対話機構をもつ知的 CAI について」、電子情報通信学会、ET92-19,AI92-19,pp.133 ~ 140(1992)。

[11] 湯田幸八、小森幸樹、戸嶋修 ：「高等教育向け HyperCard スタックウェアの開発 [1]」、電子情報通信学会、ET92-82,pp.69 ~ 76(1992.11)。

[12] 西脇順次、西本浩二、三井直貴 ：「汎用性に富む知的 CAI システムおよびその構築ツールの開発」、電子情報通信学会、ET92-124,pp.39 ~ 46(1993.3)。

[13] 高橋昌威、土屋繁樹、伊丹誠 ：『UNIX コマンドの学習を支援するシステム」、電子情報通信学会、ET93-4,AI93-4,pp.21 ~ 25(1993.4)。

[14] 中田平 ：「ハイパー科学館 CD-ROM の制作過程」、電子情報通信学会、ET93-17,AI93-17,pp.115 ~ 119(1993.4)。

[15] 多田憲孝 ：「知識ベース作成による故障探究の学習支援とその支援システム」、電子情報通信学会、ET93-74,pp.59 ~ 66(1993.10)。

[16] 沖重和彦、高橋信雄 ：『聞き取り学習におけるマルチメディアの利用の試み (II) 』、電子情報通信学会、ET93-112,pp.43 ~ 48(1994.1)。

[17] 松井林生、斎藤明紀、都倉信樹 ：『電子メールを用いた双方向教育支援システムの作成と運用 』、電子情報通信学会、ET93-132,pp.63 ~ 70(1994.3)。

[18] 郭斑、松本哲也、古城則道 ：『知的 CAI システムの問題自動生成について』、電子情報通信学会、ET94-17,AI94-17,pp.123 ~ 130(1994.4)。

[19] 飯田隆之 ： 『協調学習を目的としたマルチメディアシステム』、電子情報通信学会、ET94-24,pp.31 ~ 36(1994.5)。

[20] 朱仲武、新田保秀 ：『電子技術教育に関する CAI ソフトの研究開発』、電子情報通信学会、ET94-61,pp.1 ~ 8(1994.9)。

[21] 松本哲也、郭斑、古城則道 ：『CAI における多岐選択法問題の作成について』、電子情報通信学会、ET94-106,pp.25 ~ 32(1994.12)。

[22] 吉川慎一、尾崎祐二、山崎勝弘 『UNIX 教育支援用知的 CAI システムにおける双方向主導対話の実現 』、第 37 回システム制御情報学会研究発表講演会、3042、pp.263 ~ 264(1993)。

[23] 尾崎祐二 ：『ハイパーカードによる UNIX 教育支援用知的 CAI システムの実現 』、立命館大学大学院理工学研究科情報工学専攻、修士論文 (1993)。

[24] 吉川慎一 ：『UNIX 教育支援用知的 CAI システムの改善と評価 』、立命館大学理工学部情報工学科、卒業論文 (1993)。

[25] 朝倉啓之 ：『アニメーションと音声による UNIX 教育支援 』、立命館大学理工学部情報工学科、卒業論文 (1995)。