

# XML/XSL を活用した教育システム

村瀬 孝宏\*1 磯本 征雄\*2

**<概要>** インターネットを利用した学習支援システムは、利用場所や時間の制限から開放される一方、教師不在になるため、学習過程でのつまづきチェックとその打開、および学習者の理解度に応じた教授方略が必要である。本研究は、このような問題点に着目し、算数ドリルをはじめ資格試験対策を事例とした学習支援システムを開発した。

このシステムでは、フィードバック制御の一つである PID 制御とファジィルールを組み合わせ、常に目標値に近づけるように作用する最適問題を抽出し、理解度の向上に向かう制御機能、誤った原因を個別に助言する機能を持ち、学習履歴に基づき学習者の誤りの分析を行うことを可能にした。さらに、XML/XSL 技術を採用することにより、学習者個々に適したスタイルの問題を出題することが可能であり、行き詰まり時においてムービーやアニメーション、音声、画像などのマルチメディア教材の提供を受けることができる。

**<キーワード>** PID 制御、ファジィルール、バグルール、XML/XSL、マルチメディア

## 1. はじめに

インターネットを利用した学習支援システムは、利用場所や時間の制限から開放される一方、教師不在になるため、学習過程でのつまづきチェックとその打開、および学習者の学習履歴による理解度に基づいた教授方略が必要である。本研究は、このような問題点に着目し、恣意的な形式的操作に重点がおかれ、学習者が犯す誤りについて分析が比較的容易な算数の計算手続き(算数ドリル)を事例とした学習支援システムを開発した。

本システムは、システムティックな誤り(バグ)について、バグルールに基づいて診断し、誤った原因を個別に助言し、バグの発見やバグの推移など学習者のバグ分析を行うことを可能にした。また、フィードバック制御の一つである PID 制御とファジィルールを組み合わせ、常に目標値に近づけるように作用する最適問題を抽出し、理解度の向上に向かう制御を行うことを可能にした。

さらに、XML/XSL を利用することにより、学習コンテンツのデータベース化によるデータと表現の分離が可能であり、学習者ごとに適したスタイルに WWW ページをカスタマイズす

ることやマルチメディア教材の取り込みを容易にした。とくに、学習過程における困惑状態時に、学習者に対して滞りから抜け出すためのヒントやガイドを、ビデオやアニメーションと音声を組み合わせて表示させることは、教育的効果が大きい。

これらの機能により、学習者の興味を失わせることなく、主体的・自主的な学習を支援することが可能である。

## 2. 研究の背景

Robert Gagne の学習階層理論(1962)は、目標達成能力をさらにより小さな前提能力へと分割する方法へと応用されている。このことは、カリキュラムにより階層化した分類がされ、各項目における必要な能力が明確化されている算数の計算手続きに適用できる。

また、Anderson によれば、学習は、広く知識のコンパイル過程を伴う知識のコミュニケーション過程として考えられている(1985)。算数の計算手続きは、コミュニケーション過程の影響が大きく、誤ったコミュニケーションが、誤った概念獲得の原因となる。

このように獲得しつつあるスキルは、しばし

\*1 MURASE, Takahiro: 中京短期大学 e-mail murase@j-chukyo.ac.jp

\*2 ISOMOTO, Yukuo: 名古屋市立大学 e-mail yisomoto@nsc.nagoya-cu.ac.jp

ば次に行われるべきであるという学習者が信じているステップができない行き詰まり状態になる。Brown, VanLehn の「間に合わせ理論」(1980)によれば、試験のときのような、援助を求めることのできない状況にあるとき、学習者は「間に合わせ」と呼ばれる問題解決を行い、一定のバグのパターンの発生を予見することが可能である。しかし、行き詰まり状態における学習者が、何らかの方法でヒントやアドバイス等の援助を受けることができれば、行き詰まりを乗り越えられる状態に導かれる。

本システムでは、スタイルシートを利用して個別にヒントをビデオやアニメーションの形で提供することにより、行き詰まり状態を脱することができ、行き詰まり駆動学習が可能であるシステムである。

学習者の学習過程の観察可能な出力である誤答データの分析は、問題を解いている際の思考手続きに関し類推することができ、バグルールとして記述される。バグのデータは不可解なことが多数あり、事例数の多さや原因、さらに教育過程の影響について、究明されていない。学習履歴やバグの推移を統計分析することにより、正しい手続き理解に到達するための適切なバグの治療方法を、見出せるものと考えられる。

### 3. フィードバック制御モデル

学習者の理解度に適したレベルの問題を提供することは、教師不在の場合、その不整合により学習者が興味を失ったり、難易度が高く分からないことによりあきらめたりしない工夫が必要である。さらに、限られた時間内に効率よく目標達成度レベルまで能力を引き上げることは、個別学習の環境において有効と考えられる。

時間軸(演習回数)と学習達成度の特性は、科目あるいは分野により違いはあるが、一般的には図1のごとく指数関数的な関係になると考えられる。また、各分野の学習者への達成度をレーダチャートで示すと図1左のようになり、目標レベルまで不得意分野をつくらないことが大切である。すべての分野でこのような学習者の達成度を、効率的かつ短時間に目標学習達成度レベルまで安定的に引き上げる手法として、自動制御理論のフィードバック制御を適応させる。

本システムの構成は、図2のごとく、設定値(目標達成度)とフィードバック要素(学習履歴

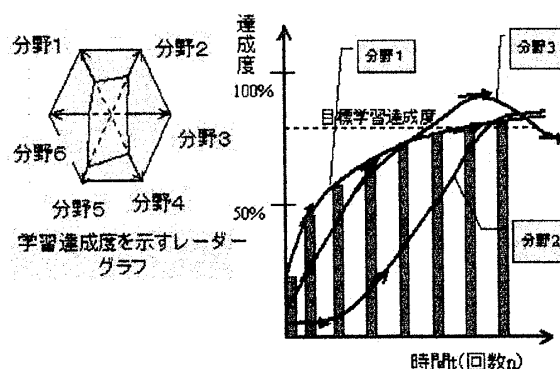
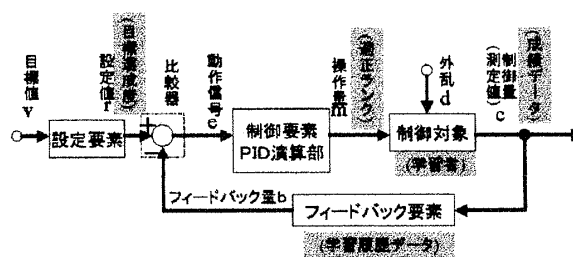


図1 学習達成度の特性

データ)からのフィードバック量とを比較し、制御要素により演算された操作量(適正ランクの問題)を制御対象(学習者)に出力し、その測定値(成績データ)をまたフィードバック要素としている。このような構成で、測定値(成績データ)を設定値(目標達成度)に一致させるよう動作する。



部分が本システムに適応させた部分

図2 フィードバック制御モデル

制御要素に関しては、フィードバック制御の一つであるPID制御を採用した。PID制御方式は、比例(Proportion)、積分(Integration)、微分(Differentiation)動作を基本にし、測定値と目標値の差である偏差を速く小さくする処理をするしくみである。しかし、あいまいさを含む人間を対象とした学習モデルにおいては、研ぎ澄ました最適化手法であるPID制御だけでは、このあいまいさや誤差に対しての余裕がないために、安定的に収束にされない可能性がある。このような観点から、PID制御とファジィ推論を組み合わせたファジィ型PID制御を採用した。

ファジィルールに関しては、前件部変数は出力の偏差  $e$  (P要素)と  $e$  の変化分  $\Delta e$  (D要素) および  $e$  の蓄積値  $\int e$  (I要素)とし、後件部変数は操作量  $m$  の変化分  $\Delta m$  とした。すなわち、ファジィ制御の入出力関係は、 $e, \Delta e, \int e \rightarrow \Delta m$  となる。

#### 4. XML/XSL の学習システムへの応用

XML は、拡張可能なマークアップ言語であり、人とアプリケーションの両方が理解し、処理できる形式でデータを記述するため、情報の交換手段やコンテンツ管理の分野で有効であると考えられている。このような XML の特徴は、Web サーバを利用した教材へも活かすことが可能であると考えられる。さらに、XML の応用範囲は極めて広範で、あらゆる種類のデータが表現でき、いままで取り扱いが容易でなかったマルチメディアコンテンツについても、これまでに比較してより効果的な利用が可能になる。

一方、学習コンテンツの XML によるデータベース化により、データと表現の分離が可能であるが、レイアウト情報がないため、XML をどう表示するかを指定する必要があり、そのスタイル言語に、XSL (extensible Style Language)がある。

ブラウザ上における表示方法を変更する場合、HTML ではすべて作り直しになるが、XML では、XSL のみの作り直しで対応が可能であり、複数の XSL を Web サーバ上に用意し、学習者ごとに適した XSL を選択することにより、WWW ページをカスタマイズすることが可能である。本システムの学習支援システムでは、出題形式や、ヒントや解説の表示方法、間違えた問題の選択表示、問題の並べ替えなど、XSL 選択による個別学習が可能である。

#### 5. 開発システムの機能および構成

##### 5.1 システムの設計思想

本システムは、一つの事例として各学習段階で習得すべき事項が明白なため学習階層理論の適応が容易であり、またバグルールについて多くの研究報告がなされている、算数の計算手続きに適用した。

カリキュラムに基づいて分類された問題は、正解やヒントとともに、データベース化される。また、学習者の成績についても、時系列的に各問題の解答状況と正誤判定、バグの種類を表すコード、正解率が記録され、データベースとして利用される。これらの成績は、教員と学生本人がアクセスすることができ、教員は作成したツールを WWW ブラウザから操作することにより、学生の進捗状況やバグの出現状況および

その推移が統計分析でき、学生は助言を受けることができる。バグ解析については、54 種類のバグルールについて検出可能であり、バグルール追加もできる。

また、複数の問題やヒントの表示方法をスタイルシートとして用意し、教員により個々の学生に適したスタイルシートをデータベースに設定しておくことにより、Web ページの個別化を図った。

##### 5.2 システム構成と処理の流れ

本 CAI のシステム構成と処理の流れを、図 3 に示す。教材は、データベース化され、Web サーバ上で公開される。学習者は、WWW ブラウザを介して Web サーバにアクセスし、演習問題の受信、解答の返信、採点結果の解析処理を経て学習に関する助言や次の演習問題の出題を受ける。この間にサーバにおける CAI は、学習者の解答履歴に合わせて、達成度に対応したレベルの問題をデータベースからランダムに抽出し、動的に XML を作成する。この XML は、さらに適したスタイルシートである XSL により HTML に変換して学習者に出題し、個別学習支援をする。

図 3 において、本システムの OS としてパソコン用 UNIX である Linux を採用し、同 OS の下で動作する Web サーバのソフトウェアは Apache であり、演習問題などの教材を管理するデータベースはオブジェクト指向型 RDBMS の PostgreSQL である。WWW ブラウザからの要求に対し、HTML に埋め込まれたサーバスクリプト言語 PHP は、実行時にスクリプトをロ

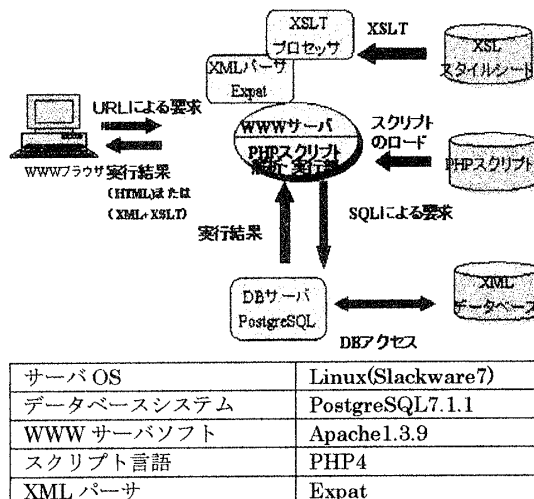


図 3 システム構成と処理の流れ

ードし、SQL 命令により RDBMS に対し問題や正解等の抽出あるいは解答状況の保存を行う。同様に、ファジィ型 PID 制御の処理、バグ解析ルーチンやヒューマンインターフェースの挙動に関しても、PHP スクリプトにより行われる。

XMLを検証、表示するためのXMLパーサは、Expat を使用し、スタイルシート XSL を読み込み XSLT プロセッサにより HTML に変換する。

### 5.3 マルチメディアのデータベース化

学習者が演習問題の解答時に行き詰まった場合や間違った問題の解説時に、音声付きのムービーやアニメーションの動画による解説を行うことは、テキストや画像のみの解説と比較して、理解させる上で効果がある。本システムでは、各問題に対して、音声付き動画、テキスト、画像、音声の4種類のヒントを用意し、各々ヒントは、3段階まで設定でき、個別化を図る

PostgreSQL には、データ型としてラジオプロジェクトというものがあり、容量の大きな画像データをはじめ、さまざまなタイプのバイナリデータを格納できる。本システムでは、テキスト以外の動画、画像、音声について、このラジオプロジェクトを利用した。

動画の一つであるムービーは、一つの問題に対する教員による解説を数十秒間録画し、ストリーミングメディアとして RealPlayer 形式に変換する。

また、アニメーションについても、Web ページ用アニメーション作成ソフトの定番 Flash にて学習者が興味を持つようなアニメーションを作成し、Premier 等のノンリニアビデオ編集ソフトにより音声を付け、ムービーと同様、RealPlayer 形式に変換する。これら変換したファイルをラジオプロジェクトとしてデータベースに保存し、各問題のヒントと関連付けさせた。また、これらのマルチメディアの同期を記述する SMIL の利用も可能である。

### 5.4 実施例

学習者はこのシステムを利用する際、最初にログイン画面にアクセスし、ユーザ名、パスワードを入力する。その後一時的な問題、解答状況を格納するセッションテーブルを作成し、現在の演習問題の進捗状況を図4のように表示する。なお、算数の計算手続きの場合は、1つの

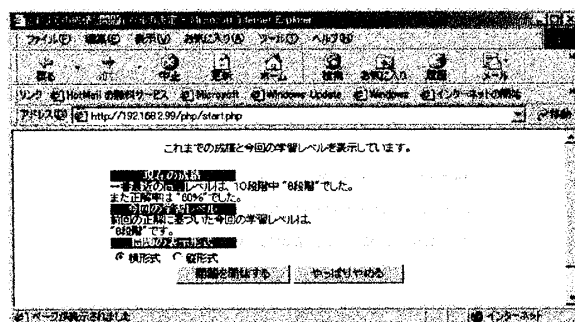


図4 演習問題の進捗状況表示例

項目の問題に限定すると、手続きが単純な作業の繰り返しとなるため、そのレベルより低位の問題を含む形でランダムに出題する。

問題を開始した後は、1問題ごとサーバに送受信が行われ、ヒントは図5のように表示される。図5左はヒントとしてアニメーションが、右はビデオが表示されている例である。

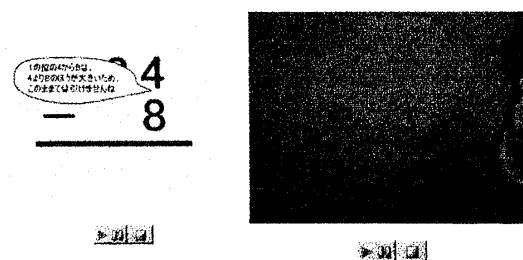


図5 動画による助言場面

## 6. おわりに

本 CAI の特徴は、(1)フィードバック制御の理論を学習支援モデルに適用し、PID 制御とファジィルールにより、学習者個々に適正な問題を出題する機能、(2)バグルールにより誤りを発見し助言する機能、(3)XML/XSL を利用することによりマルチメディアコンテンツを活かした学習者個々に適したスタイルで表示する機能をもつ。

これらの機能により、行き詰まり状態に陥ることから生じる学習者のあきらめや興味をなくすことを避けることで、最適問題の提供や個別の診断・助言により、主体的、自主的な学習を支援することが可能である。

また、CAI の実用化は、1つの事例として算数の四則演算で行ったが、総合的な自己学習システムとして、学生管理から成績の管理まで、また汎用性のある CAI として機能拡張は容易である。