

# データベースを核とする eラーニングシステム構築方法

## Database-Centered e-Learning System Construction Method

白田 由香利\*

Yukari SHIROTA

昨今、大学教育においても双方向型マルチメディア教材を提供するeラーニングシステムの導入が増加している。筆者は昨年度より、大学用数学マルチメディア教育支援システムe-Mathの開発を行っているが、この経験から得た結論は「eラーニングシステムはデータベース中心に構築すべきである」ということだった。本稿では、一般的eラーニングシステムに対する要求事項をまとめ、データベース中心のeラーニングシステム構築の重要性を述べる。次にデータベースを中心とするシステム開発事例として、e-Mathのもつ2つの機能、(1)学習者の個人進捗度に合わせて動的に教材を提示する機能、及び、(2)学習者の個人進捗度に合わせて動的に数学のテスト問題用紙のWebページを作成する機能を説明する。

The number of universities that offer a variety of interactive multimedia teaching materials by e-Learning systems has been increasing. The author has been developing a personalized multimedia assisted education system for business mathematics named e-Math since January 2002. Through the system development, the author has thought that e-Learning systems have to be designed and constructed around the databases. In the paper, requirements for general e-Learning systems are explained, and then, the importance of database-centered e-Learning system construction is described. In addition, the paper shows the following two personalized assisted education features that e-Math offers as examples; (1) dynamic selection and display of teaching materials, and (2) dynamic generation of drill book HTML files.

### 1. はじめに

昨今、大学教育においてもインターネットを用いたeラーニングシステムの導入が増加している。本稿で対象とするeラーニングシステムとは、従来のネットワークを介したWeb教材システムだけでなく、放送における教育番組システムも含んでいる。放送のデジタル化により、デジタルチューナーの上り回線を利用して、学習者の理解度、習熟度情報を収集し、その結果を教育番組にフィードバックし、デジタルデータ放送と家庭内のデータ蓄積用装置を利用することが可能となった。それにより、従来のリアルタイム視聴だけでなく、蓄積型視聴及びノンリアルタイム視聴形態による、学習者の進捗に合わせた教育番組を提供することが可能となる[1]。

我々の目指すeラーニングシステムとは、こうしたデジタル放送とインターネット通信が融合された、高機能な双方向機能をもつマルチメディア教育支援システムであり、本稿では、従来のネットワークを介したWeb教材システムだけでなく、近未来のTVの教育番組を含めた教育支援システムを含めた広い意味での教育システムをeラーニングシステムと呼ぶ。

本研究の背景を説明する。筆者は2001年度より経営学科において、経営数学の講義を担当している。対象は、主に経営学科1年生である。講義担当者としての課題は、あまりにも質問者が多く、また、同じ内容の質問が繰り返して学生から個別に質問され非効率であることだった。その問題解決のため、2002年1月、大学用数学マルチメディア教育支援システムe-Mathの開発に着手した。このシステム開発は現在も続行中であるが、このシステム開発経験から得た結論は「eラーニングシステムはやはりデータベース中心に構築すべきである」ということだった。そこで本稿では、e-Mathシステムでの事例を基に、どのようにデータベース中心のeラーニングシステム構築を行うべきかを論じる。

### 2. 教材作成ソフトウェア

本節では、eラーニングシステムの中核をなすコンテンツである教材をいかに作成するかについて論じる。対象をマルチメディア教材とし、その教材作成ソフトウェアとして普及しているものをあげ、その特徴について説明する。

#### 2.1 TVML (TV Program Making Language)

TVMLはコンピュータで番組台本を記述するプログラム言語で、CG等で番組を作りだすことを可能とする。NHK技術研究所が中心となって開発した[2, 3, 4]。TVMLは、コンテンツ自動生成等の言語をベースとしたシンボリック処理と、CG生成など映像音声を生成する信号処理の両者を結びつけることが容易に行えるツールとして利便性が高く、学習者の進度に合わせて動的に生成された日本語を仮想キャラクタに喋らせる場合、適している。

NHK技術研究所では、TV4U(TV for You)と題してパーソナルな番組作成を研究しているが、以下にあげるそのシステム特徴[5]は、e-Mathの研究テーマである「個人進捗度に合わせた動的教材の提示機能」と全く重なるものである。

- 収集したデータから番組を自動生成すること。
- 視聴中随時、割り込み質問を可能とすること。
- キャスター、セット、BGM等、好みに応じた演出をパーソナライズすること。

TVMLは見て面白い番組が制作できるので、TVでの教育番組とWebを統合した教材を作成する場合には、TVMLが最も適していると言える。

数学用の教育コンテンツ作成としてさらに筆者がTVMLに対して望む機能として以下がある。

- (1)数式を入力すると正しく読み上げる機能
- (2)数式を入力すると仮想キャラクタが板書をする機能

数学の授業では、数式の正しい書き方を示す必要がある<sup>1</sup>。また、数学科向けの授業では、学生に数式を理解するための時間を与えるため、仮想キャラクタが人間のテンポに合わせてゆっくり数式を板書してくれる機能が望まれる。例えば、

\* 正会員 学習院大学経済学部  
yukari.shirota@gakushuin.ac.jp

<sup>1</sup> 例えば、行列やベクトルの変数記号の書き方や、偏微分演算子の書き方等である。

LaTeXの数式部分のテキストを入力すると、キャラクタが板書してくれるような機能が望まれる。

## 2.2 Microsoft Agent

マイクロソフト社のMicrosoft Agentとは、ディスプレイ上で各種の動作をしたり、日本語や英語等の言葉を喋ることができるユーザインターフェイス用のキャラクタである[6]。例えば、WebのHTML文書の先頭に、キャラクタ情報及び喋らせたい台詞テキスト等を付加することにより、Webページの上に人物や動物のキャラクタが出現し、テキスト通りの台詞を喋ってくれる。CG機能（カメラアングル指定等）やスタジオセット等、凝った番組演出をしたい時はTVMLの方が適しているが、Windows系のOS上でキャラクタに動的に生成した日本語を喋らせたい場合は、Microsoft Agentが最も簡単なツールと言える。

## 2.3 Acrobat

アドビシステムズ社の Acrobat でもマルチメディア教材の作成が行える。教材のファイル形式として Acrobat5.0 で作成される PDF を採用した場合の特徴は次のとおり[7, 8]。

- 映像ファイルの貼り込みが可能
- 音声及びテキスト注釈ノートの付与が可能
- PDF 閲覧のためのソフトウェアである Acrobat Reader が無料でダウンロード可能
- セキュリティの内容設定が可能
- Web ブラウザの画面に表示可能で、表示の見かけが変わらない
- Windows でも Macintosh でも利用可能

図1にPDFに映像ファイルを張り込んだ画面例を示す。図1右上の画像エリアをマウスでクリックすることにより映像再生が始まる。PDF用映像ファイルの作成方法に関する技術的な考察については[9]を参照して頂きたい。

## 2.4 Microsoft PowerPoint

マイクロソフト社の PowerPoint2002 でも、ビデオ及び音声等を付加したマルチメディア教材が作成できる。スライドに対してナレーションを録音して、スライドとの同期情報を保存すれば、授業の無人プレゼンテーションが可能となる[10]。

## 2.5 Stream Author

サイバーリンク社の AstreamAuthor は、動画と PowerPoint のスライドが同期したプレゼンテーションコンテンツを作成するソフトウェアである[11]。パソコンとビデオカメラを接続し、PowerPoint の資料を使いながら授業をすると、それだけでプレゼンテーションコンテンツが完成するので、授業や講演会の様子を記録しネットワーク授業に活用することが簡単に行える[12]。さらに、画面録画機能により、コンピュータの操作方法を動画で記録させつつ、教師がマイクを通して入力した説明の音声を同期させて記録可能である。この機能によりコンピュータリテラシー関連の授業教材の質向上と、教材作成コストの削減が図れる。

## 2.6 まとめ

上記の教材開発のための既存ソフトウェアの特徴をまとめてみよう。教材として仮想キャラクタに自動生成した日本語を喋らせたい場合は、TVML や MicroSoft Agent が向いている。一般に、教材は講義をするレクチャーモードと、問題を解かせて理解度を測るドリルモードの2つに大別できるが、レクチャーモード用教材作成ツールとしては、PowerPoint や StreamAuthor が向いている。その理由はこれらのソフトウェアはプレゼンテーションを主目的とする

ものだからである。また、ドリルモード用教材作成ツールと



図1 映像ファイルを挿入した PDF 教材画面の様子

Fig.1 A Sample Screen of PDF Teaching Materials with Movie Files

しては、Acrobat が適している。その理由は、Acrobat は元来文書を表示することを主目的とするソフトウェアだからである。しかしどのソフトウェアも単独でレクチャーモードとドリルモードの両方をカバーすることは可能である。教師は、自分の目的に応じてその時利用し易いソフトウェアを選べばよいだろう。素材をデータベースに格納しておけば、それら素材を合成して、必要な教材を作成することは容易であるからである。

## 3. e ラーニングシステム用 DB への要求事項

本節では、e-Math システム開発の経験を基に、e ラーニングシステムで用いるデータベース（以下、DB）への要求事項を述べる。筆者の主張する要求事項は以下の2点である。

- (a) e ラーニングシステムに関するデータは、論理的にまとまりのある分割可能なコンテンツとして全て DB に格納すべきである
- (b) システム柔軟性を保つため e ラーニングシステムは DB を核とするシステム構築をすべきである

以下では、上記の要件について順に説明する。まず要件(a)を説明する。ここで言うところの、論理的にまとまりのあるコンテンツとは、一つの学習単元に対応するマルチメディアデータ集合を指す。教材を論理的に分割する利点は以下のとおり。

1. 分割しておいた方が、再利用が容易。  
リンクによって再構成することも可能。
2. 分割しておいた方が、著作権処理及び課金管理の際、処理が複雑化しない。

例えば経営数学で「微分における合成関数の法則」の学習ユニットを作成したとする。微分の合成関数の法則は、他の学習ユニットからも参照されることが多い。よって、このような学習ユニットは、微分という大きなテーマ教材として物理

的にひとつのファイルにしてしまうよりは、小さく分割しておいた方が、再利用が容易である。

2つ目の利点(上記 2)は、教材をデジタル著作物として見たときの、その著作権処理や課金処理に関する利点である。教師は他の教師が作った素材を自由に組み合わせて使いたい場合、あるいは一部のみ使わせて頂きたいことが、しばしばあるが、その際教材は細かく分割しておいた方が各教材の利用状況が詳細に分かり、再利用の実態把握に有効である。

次に上述した要求事項の(b)に移る。eラーニングシステム構築において、最も重要なことは、「DBを核とするシステム構築をする」ことであろう。eラーニングシステムには以下のような関連DBが存在する。

- 学習者管理 DB,
- 成績管理 DB,
- 学習履歴管理 DB,
- Web教材コンテンツ管理 DB,
- テスト問題と解答集 DB,
- 課金管理 DB.

メーカーが開発したeラーニングシステムを使う場合、DBを、個々のeラーニングシステムのソフトウェアとはデータ独立に保つことが重要である。それにより、eラーニングシステムのバージョンアップ、あるいは他のメーカーのシステムへの移行も容易となりシステムの柔軟性が保てるからである。

#### 4. e-Mathでの事例紹介

本節では、データベースを核とするeラーニングシステムの利点を説明するため、e-Mathシステムにおける2つの教育支援機能を示す。本e-MathシステムはWebDBシステムであり、プログラムにはPHP Version4を使っている。データはMicrosoft Accessで入力し、それをMySQLに変換して、PHPプログラムからアクセスしている。

##### 4.1 動的な教材提示機能

まず、e-Mathシステムの「学生の個人進捗に合わせた動的な教材提示機能」を説明する。著者が提案するシステムの構成を図2に示した。学習者全体の学習履歴に関するデータ及び学習プロフィールはDBに蓄積されており、そこから個人の学習履歴データ及び、学習者全体の学習履歴に関する統計情報が得られる。

e-Mathでは行き詰った学習者はSOS信号を発することができる。学習者からSOS信号が入力されると(図3のSOSメニューエリア参照)、SOSの分析を探る「原因分析エージェント」が起動され、問題解決に有効と考えられる教材の候補が提示される。

学習者は候補の中から望みの教材を選択する。すると、「教材検索エージェント」が、DBとしてホームサーバ上あるいは遠隔地等に存在するデジタルアーカイブ上のDBを検索して、目的の教材を見つけ出し、提示してくれる。DBスキーマはこれらの機能実現のため、図4のように設計した。スキーマの詳細については[1]を参照して頂きたい。

その時々々の学生の反応に応じて、適切な教材を動的に提示する、という機能を実現するためには、DBを核とするシステム構築が適している。理由は、予め論理的に分割されて教材が格納されているため、システムが学生のために教材を検索し、表示するという処理が作りやすいからである。

筆者は既に、e-Mathシステムの基盤部分の開発を完了したが、DBを核とするシステム構築することで、システム全

体をシンプルにすることができた。これにより高いシステム柔軟性が保たれている。

#### 4.2 動的なテスト問題用紙 Web ページ作成機能

DBに格納する中心コンテンツは教材であるが、テスト問題とその解答集や教師の赤字のコメント等も部品化してDBに蓄積すると再利用が容易である。以下では、e-Mathにおける動的なテスト問題用紙ページ作成機能を説明する。

e-Mathシステムでは、学習者がドリル問題に答えて、正

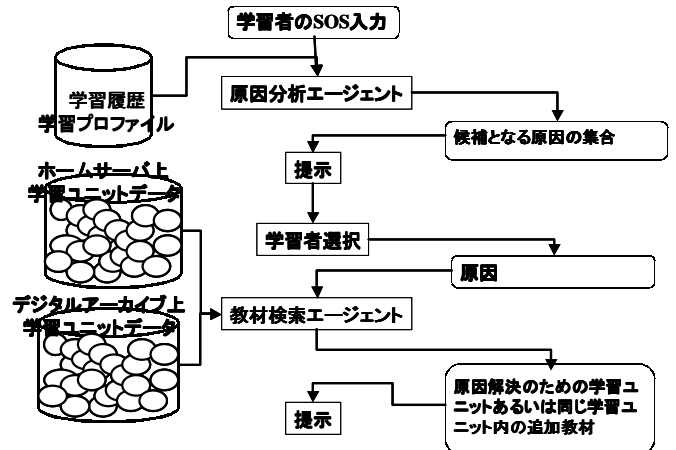


図2 SOS入力から該当学習ユニット提示までの流れ  
Fig.2 System Flowchart from SOS Input to Display of Teaching Materials

解と思う番号を送信すると、結果の正誤情報と、ともに、その回答内容に合った教師の丁寧なコメントを提示してくれ

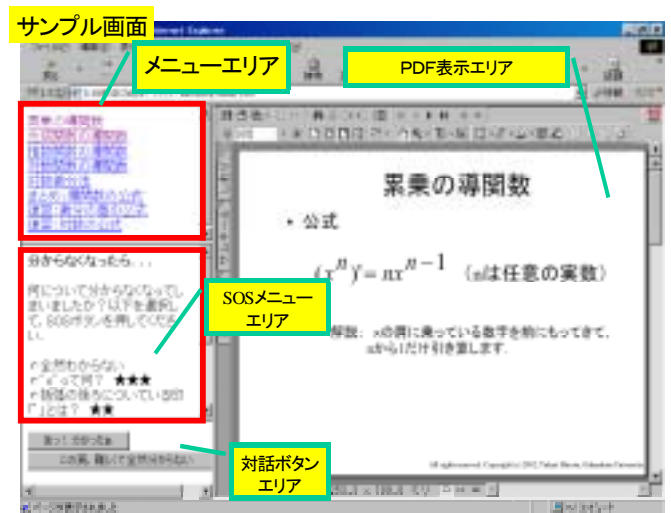


図3 e-Mathの画面例  
Fig.3 A Sample Screen of our e-Math System

る。そして、その学習者が次にどのような問題を解いたら学習が効率的に進められるかを判断し、適切なドリルを選んで提示してくれる。例えば、回答が間違っていたら似たような問題を選んで再度学生に解かせる。そのために、解かせる問題を動的に提示する必要がある。場合によっては、複数の問



題をまとめて1枚のテスト問題としてまとめて提示したい場合もある。提示はWebブラウザ上で行うとする。

その時、数学教材のHTMLファイル作成で問題となることは、以下のようなものである。

- 数式部分をどのような形式で格納するか
- 数学問題の多数の素材をどうレイアウトするか

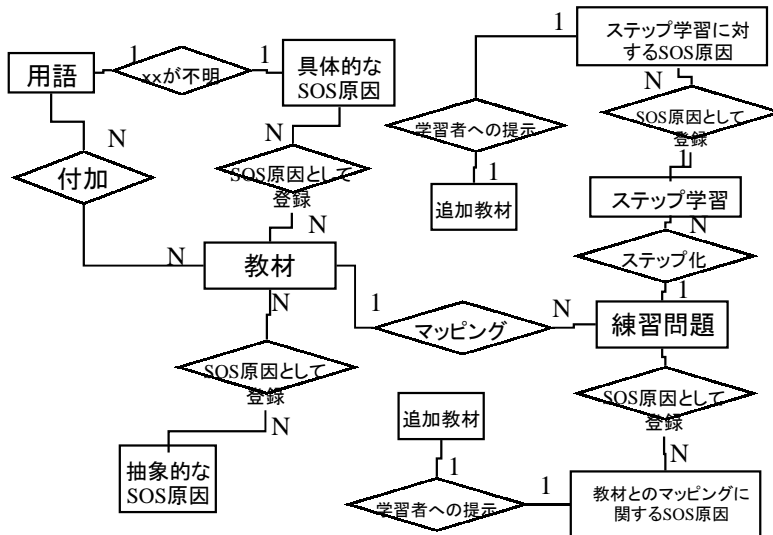


図4 e-Mathシステムのデータベーススキーマ  
Fig. 4 Data Schema of our e-Math System

そのため、e-Mathでは、数式部分は別途JPEGあるいはGIF形式の図として格納し、レイアウト情報として、その縦横サイズもDBに格納した。

既存ツールとしては、数式用マークアップ言語 MathMLがある[13]。MathMLを使わなかった理由は、想定する教師はテスト問題をWORDで作成する方が多いと考えたからである。また、一度PowerPointで作成したスライドから数式部分をカット&ペーストして利用することも多い。さらに、図で格納した方が、内容がすぐ見える、レイアウトのためのサイズ情報が確定する、等の利点もあるからである。

しかし、数式部分をどのような形式で格納するかは主たる問題ではない。筆者は問題や解答、教師のコメント全てをDB化し、共有して活用したい、そして、自由に組み合わせたい、ということが筆者の主張である。

### 5. まとめ

本稿では、初めに一般的eラーニングシステムに対する要求事項をまとめ、データベース中心のeラーニングシステム構築の重要性を述べ、次にデータベースを中心とするシステム開発事例として、筆者の開発中のシステムe-Mathのもつ2つの機能、(1)学習者の個人進捗度に合わせて動的に教材を提示する機能、及び、(2)学習者の個人進捗度に合わせて動的に数学のテスト問題用紙のWebページを作成する機能、を説明した。DBを基本にシステム構成を行うと、eラーニングシステムの柔軟性が増し、e-Mathで示すような、個人進捗度に合わせて動的に教材を作成、提示する機能の実現も比較的容易に行うことが可能となる。

### [謝辞]

本研究は(財)放送文化基金の平成14年度研究助成によるものである。ここに記して謝辞を表す。

### [文献]

[1] 白田由香利:「個人進捗に合わせた双方向機能をもつマルチメディア教育支援システムのモデル化」,電子情報通信学会データ工学研究会,信学技報DE2001-108,2001年10月,東京,pp.1-8.  
 [2] NHK放送技術研究所TVMLサイト,  
<http://www.strl.nhk.or.jp/TVML/Japanese/Jsite/p.html>.  
 [3] 林正樹:「番組記述言語TVMLを使った情報の番組組化」,情報処理学会DBS研究会報告,Vol.2000, No.10,2000-DBS-120-13,2000,pp.91-98.  
 [4] 道家守,林正樹,牧野英二:TVMLを用いた番組情報からのニュース番組自動生成,映像情報メディア学会誌No.7,2000,pp.1097-1103.  
 [5] NHK技術研究所,「~パーソナルで楽しい未来のテレビライフ~TV4U(TV for You)」,平成14年度技研公開展示資料,2002年5月,p.11.  
 [6] マイクロソフト社,Microsoft Agent,  
<http://www.microsoft.com/msagent/default.htm>.  
 [7] アドビプレス:「アドビ公認トレーニングブックアクロバット教室5.0Windows & Macintosh」,インプレスコミュニケーションズ,2001年.  
 [8] 井村克也:「Acrobat5.0PDFビジネス徹底活用」,ソシム,2001年.  
 [9] 白田由香利:「効果的かつ低コストなWeb教材開発手法-経営数学Web教材事例の報告-」,日本経営数学会全国大会予稿集,2002年6月7~8日,神奈川,pp.32-37.  
 [10] 田中巨,インプレス書籍編集部:「できるPowerPoint2000Windows版」,インプレス,1999.  
 [11] サイバーリンク(株),AstreamAuthor,  
<http://www.cli.co.jp/products/license>.  
 [12] 旺文社,StreamAuthor旺文社DI edition,  
<http://www.kidswave.co.jp/SA>.  
 [13] Goossens, M., and Rahtz, S.(著),鷺谷好輝(訳):「LaTeXとHTML/XMLの統合」,アスキー,2001.

### 白田 由香利 Yukari SHIROTA

学習院大学経済学部教授。東京大学大学院理学系研究科情報科学専門課程博士課程修了。理学博士。経営におけるデータベースシステムの応用研究に従事。情報処理学会,電子情報通信学会,日本経営数学会,ACM等に所属。日本データベース学会理事。