

## WWW を利用した教育支援システムの試作と評価

三浦敦史 磯西徹明 辻順一郎  
三菱電機(株) 情報技術総合研究所

我々は、複数のコンピュータがネットワークで接続された分散処理環境とマルチメディアの特徴を活かしたアプリケーションを構築する基盤技術を開発することを目的とし、その応用事例として教育支援システムを開発している。我々が提案するシステムは、教師と生徒の端末がネットワークを介して接続された電子教室において、教師と生徒の各端末上で動作する電子教材がネットワークを通じて連携した動作を行なう事を可能としている。今回、教師と生徒の情報共有のための動作の連動機能と注釈機能を持った試作システムをWWWを利用して開発した。本論文は、試作システムの機能と実現方式、そして簡単な評価結果と今後の課題について述べたものである。

## Prototyping and Evaluation of Education Support System Using WWW

Atsushi Miura, Tetsuaki Isonishi, Junichiro Tsuji  
Information Technology R&D Center, MITSUBISHI Electric Corporation.

In this paper, we describe the outline of our distributed education support system using WWW, the mechanism to support collaboration among the teacher and students, and the evaluation of the prototype system. In the recent electronic classroom, the teacher can give lessons and students can take them using computers connected through the network. However, the system does not allow them to have effective mutual communication through the network. To support the class in the electronic classroom, we have developed the system using WWW with some useful functions such as sharing teacher's operations and the result on the computer display, and annotating temporarily on the shared display. These functions enable the teacher and students to effectively collaborate with each other.

### 1 はじめに

我々は、複数のコンピュータがネットワークに接続された分散処理環境と、マルチメディアの特徴を生かした分散型アプリケーションを構築するための基盤技術の確立を目指すと共に、その応用事例として教育支援システムの開発を行っている。

本システムは、従来からある自習型教育支援システムに加えて、学校などの教室で教師と複数の生徒とがネットワークを通じて計算機上で双方向のコミュニケーションを行いながら効果的、効率的に演習/自習ができ、さらに教師がオンラインで教材を編集したり注釈付けを(オンラインオーサリング)することも可能な教育支援システムである。

今回はその第一ステップとして試作システムを開発した。この試作システムの特徴は大きく分けて、

教師と生徒の操作の連動や情報の共有といった「分散/共有化機能」と、教師による注釈付けやその場で教材であるオンラインテキストを修正し反映させるような「オンラインオーサリング機能」の2つに分類することができる。これらの特徴を実現するにあたって、計算機ネットワークにおける分散環境下でハイパーテキストを実現するWWW(World Wide Web)とそのブラウザであるNCSA Mosaicをオンラインテキスト(教材)として使用し、Mosaicに改修を加えることによって、教師と生徒の操作の連動や情報の共有、また、オンラインオーサリングを行えるようにした。なお、操作の連動や情報の共有に関しては、「ボタンを押す」といったイベントによるものではなく、URL(Uniform Resource Locator)に着目した方式を、また、教師がその場でオ

ンラインテキストを修正して反映させる部分には WWW のサーバである httpd (hyper text transfer protocol daemon) の機能である CGI (Common Gateway Interface) を利用した。

本論文では、以上のような機能をもつ試作システムの特徴、具体的なハードウェア/ソフトウェアなどのシステム構成、システムが持つ機能、GUI を中心としたユーザインタフェース、そして、内部構造と実現方式について述べ、さらにまた、試作システムを実際に稼働させ簡単な評価を行った結果について報告する。

## 2 背景と目的

我々は、慶応大学湘南藤沢キャンパス (以下 SFC) を中心とした SFC 研究コンソーシアム (約 165 社が参加) 中の「マルチメディア教育ネットワークプロジェクト」に参加し、慶応大学環境情報研究所、NTT データ通信 (株) と共同で研究を進めている。この中で我々は、分散型でマルチメディアを応用した教育支援システムを試作することになった。

試作システムを開発するにあたって、共同研究を行っている SFC の教育システムの現状を調査してみると、情報処理分野の教育 (授業) では一つの教室にネットワークで接続された 40 台ほどの端末を用意し、以下のような状況で授業を行っている (図 1)。

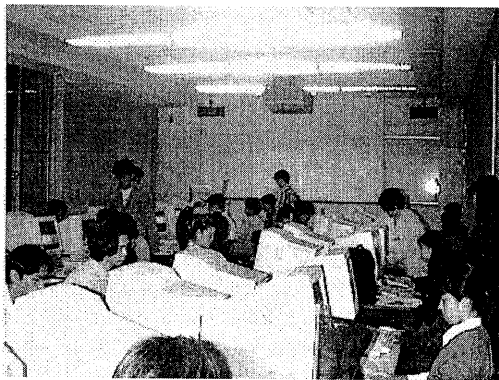


図 1: 授業風景

- 一人一台の UNIX ワークステーション
- 電子化されたオンラインテキスト
- 大画面スクリーン (プロジェクタ) の利用

このような環境下において、現状のシステムは使用されているが、以下のような問題点が生じている。

1. プロジェクタを使用して授業を行う場合、後ろの席の人は見にくく、また、端末の画面とプロジェクタとの視線の移動があるため授業に集中しにくい
  2. 同じアプリケーションを使用して授業を行っても、別々に操作が可能のため、生徒が勝手に操作するので聞いていない生徒が発生する
  3. 注目してほしい場所を示す手段がないために、口で状況を説明したり、プロジェクタを利用しなければならず、生徒に伝わらない場合がある
- 以上のような問題点を踏まえ、このような問題を少しでも解決することを目的として、試作システムの検討と開発を行った。

## 3 システムの試作

### 3.1 特徴

本試作システムの特徴は以下の 2 点である。

#### 1. 分散 / 共有化

教師の指示の下で、教師の端末と生徒の端末が連動し、ハイパーテキスト (教材) の操作の共有 / 非共有、ハイパーテキストの表示の共有 / 非共有を任意に切り替えて授業を進めることができる。また、もう一つの特徴 (オンラインオーサリング) に示すメモ、注釈を教師及び生徒の端末間で共有 / 非共有することができる。

#### 2. オンラインオーサリング

教師や生徒が授業中に容易にメモ、注釈などを作成できると共に、授業中にハイパーテキストの内容に変更を加え、それをその場で即座に利用することができる。

### 3.2 構成

次にハードウェアとソフトウェアの構成について述べる。

#### 3.2.1 ハードウェア

教師用端末と複数の生徒用端末、そして教材用データベースサーバで構成される UNIX ベースの WS を、ローカルエリアネットワーク (10Mbps, Ethernet, TCP/IP) に接続する。総接続台数は想定 40 台ほどである。これは SFC の教室に設置されている端末の台数とほぼ同数である。

#### 3.2.2 ソフトウェア

本試作システムは図 2 に示すような、UNIX 上で動作するシステムであり、教材データベースをサー

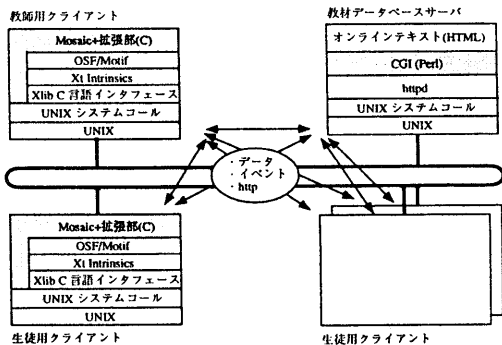


図 2: ソフトウェア構成

バ、教師/生徒用端末をクライアントとするサーバ/クライアント方式のシステムとして、これらの中でデータイベントがやり取りされる。本試作システムでは、網掛けの部分を開発または改修した。

クライアントとなる教師/生徒用端末は、ソフトウェアの構成は同じである。また、サーバである教材データベースは、同じく UNIX システム上に WWW のサーバである httpd を利用して構築され、オンラインテキストは HTML (Hyper Text Markup Language) の形式で蓄積されている。また、オンラインオーサリング機能の一つである、教師によるその場でのオンラインテキストの修正(データベースの更新)には、Perl を使用した CGI プログラムで処理を行う。

### 3.3 機能

本試作システムは、サーバ/クライアント方式で構成され、クライアントである教師用端末上ではメインウインドウ/コントロールパネル/Mosaic 拡張版(以下 Mosaic)の 3つのモジュールで構成し、また、同じくクライアントである生徒用端末上ではメインウインドウ/Mosaic の 2つのモジュールで構成される。これらクライアントの Mosaic は教材データベースサーバ(httpd)と、URL と HTTP を用いてデータのやり取りを行う。

本試作システムの特徴的な機能には以下のようなものがある。

#### 1. Mosaic の起動指示

授業時には、教師は教師用マシンから生徒用マシン上の Mosaic を自動的に起動させることができる。これは各々が起動したメインウインドウがお互いに通信しあうことにより、授業に参

加している生徒のマシンを特定して起動指示を送り、その指示を受けた生徒側のメインウインドウが内部的に Mosaic を別プロセスで起動させるようになっている。

#### 2. 操作の運動/非運動

本試作システムでは、教師と生徒の Mosaic 間で運動したり、またそれを非運動にしたりすることができる。運動状態の時は、生徒は一切操作できないようになっている。例えば、授業中に説明の時は運動状態にして授業に集中させ、説明が終わって各自の演習になった時に運動を解除(非運動)すれば、各生徒は自由に操作することが可能である。また、次に述べるオンラインオーサリング機能で教師が付けた注釈を運動して生徒の画面に全く同じように表示させることができる。

#### 3. オンラインオーサリング

##### (a) 注釈(アノテーション)

授業中に教材を使って説明する際に、ある部分に注目させたい時、また、教材に記述されていること以外にも生徒に対して注意することや、その担当の教師独自で付け加えたい情報などをその教材の上に直接書き込むような機能で、本試作システムでは Mosaic 上に注釈を付けることができる。

##### (b) 授業中における教材の変更

教師が授業中などにその場で、教材の間違いや生徒の意見などによって教材の内容を修正したり。そしてこの修正した教材を生徒側にもすぐに反映させたい場合がある。このような時にこのオンラインオーサリング機能を使用する。

### 3.4 ユーザインタフェース

本試作システムの主なユーザインタフェースについて説明する。

#### 3.4.1 メインウインドウ

メインウインドウ(図 3)は、本試作システムを統合的に扱うことを目的としたもので、このウインドウから「テキスト作成」(教師のみ)、「授業」、「自習」を行うことができる。これらはそれぞれドロップボタンになっている。このウインドウから Mosaic が起動する。

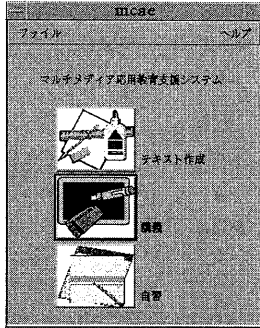


図 3: メインウインドウ

### 3.4.2 Mosaic(拡張部分)

オリジナルの NCSA Mosaic のユーザインタフェースを変更することなく、メニューバーにプルダウンメニューを追加することによって拡張を行った。図 4 がそのメニューである。

「Edit Text」は教師が授業中などに教材を編集する場合に選択する。また、「Working Together」は連動/非連動の制御を行う。これはトグルボタンになっている(連動時はオンの状態)。そして、「MCAE annotate」は注釈付けを行う場合に選択する。これらのメニューは教師でなければ選択することはできない。

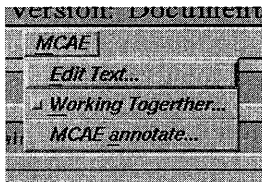


図 4: 拡張部分のプルダウンメニュー

### 3.4.3 コントロールパネル

オンラインオーサリング機能の一つである注釈付け(アノテーション)を行う時に使用するものである(図 5)。コントロールパネルは図 4 の「MCAE annotate」を選択することによって起動される。教師しか使用できない。

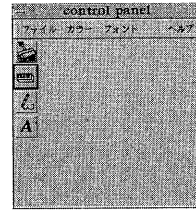


図 5: コントロールパネル

## 3.5 実現方式

本試作システムの実現方式について、特徴である分散/共有化とオンラインオーサリングの観点から概要を述べる。

### 3.5.1 分散/共有化

授業や自習で用いる教材を電子化しハイパーテキストとして扱うために、World Wide Web(WWW)のブラウザとして普及しソースコードも公開されている NCSA Mosaic を使用し、これを改修することによって Mosaic 間(教師-生徒間)で通信を行えるようにした。この通信機能を使用することによって、教師から生徒への説明/指導(講義時)には連動状態にして教師側の Mosaic の操作(アクション)や注釈(アノテーション)を生徒側の Mosaic でもまったく同じように連動させることができ、また、講義後に自習や演習などを行わせるためにそれぞれの生徒に操作させる場合には、連動状態から非連動状態に切替えを行う。そして必要ならば再度連動状態に戻ることも可能である。

連動/非連動の切替えは、それぞれの生徒の Mosaic 上に InputOnly ウィンドウを作成し、連動時には XMapRaised() によってマウスからの入力をブロックして操作できないようにし、非連動時には XUnmapWindow() でウィンドウをアンマップして操作を可能にしている。また、連動状態における教師と生徒の Mosaic 間の通信は、教師側の Mosaic 上で行われるマウスボタンクリックなどのイベントそのものを生徒側に送るのではなく、独自に定義したイベントのタイプ情報のみを XSendEvent() で送信し、クリックされたアンカーやフォーム(ボタン)のコールバック構造体から入手した URL 情報などを X サーバーのプロパティに格納してこれを生徒側が取り出すことによって連動を実現している。連動の仕組みを図 6 に示す。

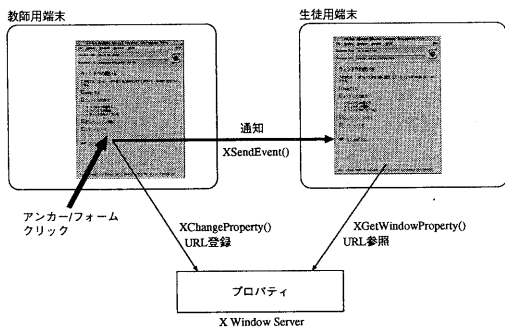


図 6: Mosaic 間の操作の連動

### 3.5.2 オンラインオーサリング

注釈付け(アノテーション)に関しては、教師と生徒それぞれの Mosaic のウィンドウにマップされている InputOnly ウィンドウからポインタの位置とイベントタイプを取得し、その情報を複数のディスプレイ(生徒)の Mosaic に向けて描画を行うようになっている(連動しているように見える)。なお、描画は Mosaic のウィンドウ上に直接行っている。図 7 に注釈の仕組みを示す。

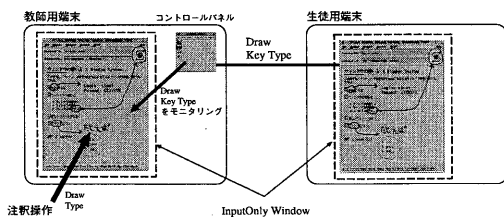


図 7: 注釈の仕組み

また教材のオンライン編集では、教師の Mosaic 上で現在表示されている教材をその場で修正し、この修正データを WWW のサーバである httpd に送信し、これを受けた httpd は予め我々が開発した CGI プログラムを起動することによって、該当する教材データを更新し、その結果を教師の Mosaic へ返す。この更新は直接生徒の教材には反映されない。しかし、連動状態にすることによって、教師の Mosaic 上で **Reload** を実行すれば、生徒の Mosaic でも同じように Reload が行われ、修正したデータが教材に反映されることになる。httpd への直接の改

修は行っておらず、CGI プログラムだけで実現している。なお、教材は HTML で記述されており、教材の作成または修正には HTML ファイルを直接編集する。教材のオンライン編集の仕組みを図 8 に示す。

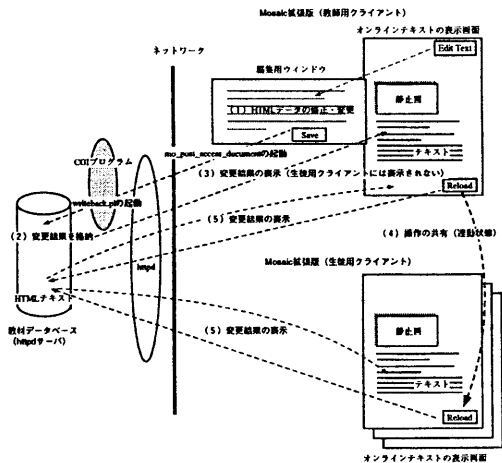


図 8: 教材のオンライン編集の仕組み

## 4 システムの評価

以上のようにして開発した試作システムを、SFC の教室(図 1)において簡単な稼働テストを行った。この教室の環境は、サーバマシン 4 台にそれぞれ 9 台ないし 10 台の X 端末が接続された合計 39 台のワークステーションで構成され、これらはネットワークに接続されている。サーバは別室で管理されており実際に教師と生徒が操作する端末は全て X 端末である。X 端末は 2 社の製品が半分ずつ設置されている。

この中の 1 台を教師用端末、残り(当日は 38 台中 3 台が修理中または故障していた)を生徒用端末として Mosaic の起動時間と連動の遅延等について調査を行った。試験は余分なユーザプロセスを生成せず、本試作システム関係するプロセスのみで行った。表 1 がその結果である。また、今回の実験では httpd サーバは使用せず、NFS でマウントされた教材ファイルをロードする方式をとっている。(SFC では、教材などの共用ファイルは NFS でマウントされ、ローカルファイルとして扱うことができるようになっている)

Mosaic の起動は X サーバの性能に左右され、V 社製のフォントのロード時間が影響し遅延した。Mo-

表 1: 測定結果

	T社 X 端末	V社 X 端末
Mosaic の起動時間	約 30 秒	約 180 秒
アンカー等の運動	約 3～8 秒	約 3～8 秒
注釈の運動	約 2～3 秒	約 2～3 秒

saic が起動すれば (表示されれば)、アンカー等の動作や注釈付けといった運動に関してはほとんど問題はなかった。ただ、イメージファイルが含まれる場合は若干遅延が生じる (プラス 5 秒程)。また、通信はシリアルに行われるため、どうしても最初と最後の生徒用端末で遅延が生じてしまったが、体感的には特に問題になる遅れではなかった。

そして、使用目的に差異はあるが、従来の電子会議システムなどの CSCW のアプリケーションが、運動遅延の影響などで同時に運動できる台数がせいぜい 4～8 台ほどだったのに比べ、40 台規模でも実用可能な速度での運動が確認できた。

なお、教材のオンライン編集に関してはこの試験では実験を行うことができなかったが、別途、上記環境とは異なる環境で試験を行い動作を確認をした。

## 5 考察と今後の課題

上記評価結果を踏まえ、考察と今後の課題について述べる。

### 1. Mosaic に依存しないシステム開発

本試作システムは、開発期間の短縮化を図るため既存アプリケーションとして NCSA Mosaic を利用して内部に修正を加えたが、我々が実現しようとした機能を直接組み込むような形にしたため汎用性がない。現在我々は、慶應大学の萩野助教授が開発している MIO[1] システムを使用して構築したブラウザの開発を慶應大学と共同で行っており、今後は MIO システムに、我々が実現した機能を組み込む形で開発を進める計画である。

### 2. 教材データベースサーバの分散化

使用端末数が増えるに従って、サーバの負荷が増大していくことが予想され一台のサーバでは対応できなくなると思われる。このためにサーバの分散化などの対応が必要である。

### 3. 教材作成部分の開発

今回開発できなかった、教材作成 (オーサリング) 部分の開発を行う。独自に開発するか、または、教師の使い慣れたオーサリングシステムを組み込めるような汎用的な方式をとることに

なると思われる。

### 4. ポインタの運動 (テレポインティング)

今回の開発では、ポインタの運動は行っていない。教師が実際の操作方法を教える時は、教師が動かしたポインタの軌跡を生徒側でも同じように追従させるようにすれば、見ている側 (生徒) にも理解しやすいのではないかと思われる。

### 5. 注釈 (アノテーション)

今回は Mosaic 上に直接注釈を描画していたので、注釈だけを分離して保存したりすることができなかった。今後は注釈をオブジェクトとして扱えるようにして、再利用などが可能になるようにしたい。また、注釈用のシートを透明だけでなく半透明にすることも可能にし、またその半透明度をコントロールできたり、共有シートと個人シート (メモ) などを用意することについても検討する。

### 6. 複数のメディアへの対応

静止画、動画、サウンド等を効率良く使用するための手段が必要である。我々はここでも MIO システムの利用を検討している

## 6 おわりに

我々が開発を進めている教育支援システムの第一ステップとして、「分散/共有化」と「オンラインオーサリング」の機能をを一部実現した試作システムについて、その機能や実現方式を中心に述べた。今後は第 5 節で述べたように、本試作システムで実現した機能を MIO へ組み込む検討を行い、複数のメディアを扱える教育支援システムを開発する予定である。また、開発したシステムを実際の環境 (授業) で使用することによって、そこから得られる情報を本教育支援システムに反映させるつもりである。

## 参考文献

- [1] 大門英明, 岩崎量, 萩野達也: 「Multimedia Information Organizer (MIO) システムの設計」, 情処 マルチメディア通信と分散処理研究会, (1995.11).
- [2] 川田敏則, 味岡義明: 「X ウィンドウシステムを用いた教育支援システム」, 情処研報 94-CE-32, Vol94, No.46 (1994.5.27).
- [3] 下條真司, 宮原秀夫, 松本範久: 「分散処理環境における教育支援通信システムの設計・開発」, 電子情報通信学会論文誌 D-I Vol.J73-D-I No.8 pp.693-701 (1990.8).