

ハイパーメディアの連動機能を用いた教育支援システムの試作

三浦敦史 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によって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教育支援を行うアプリケーションを構築する基盤技術を開発している。我々が提案するシステムは、教師と学生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、教師と学生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、教師と学生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 MIO と呼ばれるハイパーメディアを用いてアプリケーションが作成できるプラットフォーム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、そして今後の課題について述べたものである。

Prototyping of Education Support System for The Electronic Classroom

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

In this paper, we describe the outline of our distributed education support system for electronic classroom, the mechanism to support collaboration among the teacher and students, and the evaluation of the prototype system build on the Hypermedia System MIO which is developed at Keio University. The MIO system is hypermedia system used as on-line text in the classroom. And we developed some mechanisms such as sharing teacher's operations and temporarily annotations among computers in the classroom, and control the sharing. Using this system for real classroom in the Keio University, we can confirmed the efficiency of the system for collaborative education environment.

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おり、その第一ステップとして、WWW を利用した教育支援システムを開発した [1]。このシステムは、WWW を利用する際のブラウザの一つである NCSA Mosaic をオンライン教材として使用し、教師と学生の間で(教師の)操作やアノテーションの連動、また、教材のオンライン編集を実現したものである。

今回の教育支援システムの試作には、第一ステップでの今後の課題であった、NCSA Mosaic に依存しないシステムの実現を行うために、慶応大学の萩

野助教授が中心となって開発している MIO (Multi-media Information Organizer) システム [2] を利用した。MIO を用いて既に iplmio というハイパーメディアライクなオンライン教材(コースウェア)が作成されており、我々は開発の効率化や期間短縮を図るために、この iplmio に連動機能と注釈機能を付け加えることとし、MIO の一部に改修を行うことによって本システムの機能を実現した。

本論文では、上記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、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、試作システムを実際に授業で稼働させた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の中の「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、NTT データ通信（株）と共同で研究を進めており、この中で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している。

近年、コンピュータリテラシをカリキュラムに採り入れる大学や高校などが増加している。このような授業では、例えば学生一人につき一台の端末で講義や演習を行うような形態となっている。ここで、実際の教育現場を見てみると、例えば共同研究先でもある SFC では、授業へのコンピュータの利用を促進するために、約 40 台のワークステーションを並べた電子教室が 6 教室用意されており、情報処理関連の授業はこの電子教室を用いて、学生一人に 1 台のワークステーションを配置する環境で実施されている。また、キャンパス内には、数百台のワークステーションが設置されており、学生は、空き時間に自由にそれらのワークステーションを用いて自習を行なえるようになってきている。このような環境の下、情報処理関連の授業の他、語学や一般の授業においても、自習用のプログラムやオンラインテキストが用いられることが多く、積極的に授業にコンピュータを利用する風土が作られてきている。しかしながら、その利用は、自習型のプログラムが主であり、電子教室での授業における教師と生徒の協同作業としての側面から見ると、次のような問題点が指摘できる。

- 学生が自分でオンラインテキストを操作するために、授業の進捗とは関係なく勝手にオンラインテキストを読み進めることが可能なため、教師が口頭で行なう説明を聞いていない学生や、操作に夢中で補足説明等を聞き逃す学生が多い。
- 教師の端末の画面を教室の前部に設置された大型ディスプレイに投射することが可能であるが、画面サイズや解像度が十分でなく、教室の後ろの方の学生には何が表示されているかを認識できない場合が多い。そのために、学生は、画面上に表示されるテキストの文字列等、表面的な認識に集中し、講義の内容そのものに対する注意が散漫となり、授業に対する理解の促進が阻害される。

- 教師が電子的なオンラインテキストを用いて講義を行なう際に、各学生は自端末において、教師の説明する速度に合わせた操作を行なう必要があるが、操作そのものに注意が向いて、授業の内容に関する注意が疎かになる恐れもある。
- 大型ディスプレイによる教師画面の提示を行ないながら授業を進める場合に、学生は自信が操作するオンラインテキストが表示される自端末画面と、教室前部の大型ディスプレイの間で頻繁に視線の移動を行なわなくてはならず、授業に対する集中を阻害される要因となる。

以上のような問題点を解決するために、我々は教師と学生が使用するオンラインテキストを連動させ、教師が自画面上で行なった操作を学生端末に反映させることによって学生自身の画面を電子黒板として利用したり、また、教師の講義時にはオンラインテキストに対する学生の操作を禁止することによって各学生が教師の操作および説明に集中できるようにし、さらに教師が行なった講義内容について、各学生が自分で端末を操作することにより、実際にオンラインテキストを使用しながら演習や自習を行なうことが可能なハイパーメディアシステムを開発した。

3 MIO システム

3.1 MIO システムの概要

我々は本システムの試作で MIO と呼ばれるシステムを利用した。MIO は、Multimedia Information Organizer の略であり、SFC において情報処理教育に用いられているハイパーテキストライクのオンラインテキストである iplohp の後継システムとして開発されているシステムである。MIO システムはコンピュータにおけるマルチメディア素材を統一的に扱うための基盤システムとして、萩野助教授を中心に開発されている。

iplohp と呼ばれるものは、OHP (Over Head Projector) 教材を電子化したものであり、モノクロではあるがビットマップイメージやアニメーションを多く使用し、親しみやすい情報処理教育のためのオンライン教材ソフトウェアとして開発されたものである。iplohp は 1992 年度から導入されて現在に至っているが、以下のような問題が出てきている。

- ・マルチメディア処理機能に欠ける
- ・専用のスクリプト言語に拡張性がない

- ・ WYSIWYG 編集機能がない
- ・ ネットワークコラボレーション機能がない

MIO システムはこれらの問題点を解決したオンライン教材ソフトウェアを提供するための基盤を提供することを目的としており、マルチメディア素材の作成・編集・利用を統合的に、且つ容易に行なえるようにするためのプラットフォームとして位置付けられる。我々の提案する連動／注釈機能は、このうちの「ネットワークコラボレーション機能」に相当するものである。

なお、現在の MIO システムのバージョンは 2 であるが、本システムではバージョン 1 で実現した。

3.2 iplmio

本システムは、iplmio 上での機能実現を目標にしている。iplmio は、MIO Hyper Text Browser および、その上で開発された情報処理のためのソフトウェアであり、以下のような機能を持つ。

- ・ カード形式のコンテンツ記述
- ・ カードリンク機能
- ・ 隠しオブジェクト機能
- ・ アニメーション機能
- ・ プログラム提示機能
- ・ プログラム実行機能

SFC では、iplmio を一年生に対するプログラミング基礎講座で用いており、語学等の他教科においても iplmio の利用が検討されている。図 1 に画面例を示す。

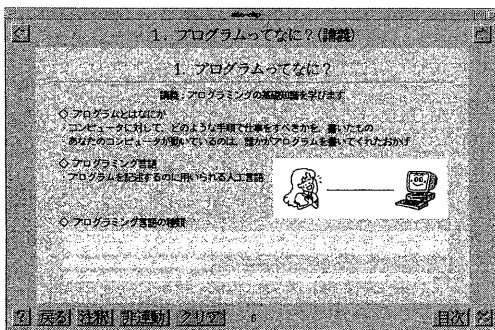


図 1: iplmio 画面例

4 システムの試作

上述したように、本システムでは MIO を利用し、iplmio 上で連動機能と注釈機能を実現した。ここでは、電子教室における教師と学生の協同作業としての講義と演習を支援するために試作したシステムについて説明する。

4.1 機能要件

教室における集成型授業では、教師は自端末で操作を行いながら講義を進めることになる。従って、学生側の端末画面に表示される教師の操作と、口頭での説明とは同期している必要があり、操作の連動はリアルタイムで行わなければならない。一方、電子教室における、コンピュータを使用した授業は、教師からの座学による講義と、実際のコンピュータを学生が操作しながら学ぶ演習を組み合わせることに意義がある。その際に、教育効果を上げるためには講義と演習の連続性が重要であり、一つのオンラインテキストを用いて講義時の連動状態と演習時の各自の操作（非連動）状態を随時切替えることが必要となる。

教師が講義を行なう場合には、重要ポイントの指示、補足説明の実施など、オンラインテキストのコンテンツに記述されていない付加的な情報を随時提示する必要も出てくる。この傾向は、標準的な既存のテキストを用いて授業を行なう際にはより顕著となり、講義中に教師がオンラインテキスト上に随時補足事項を書き込むことも出来たほうがいい。

我々が使用を想定している、電子教室等における授業を支援するための連動方式として要求される機能をまとめると以下ようになる。

1. 40 台規模の端末においてリアルタイムでの操作の共有が可能であること
2. 連動状態／非連動状態の随時切替が可能であること
3. 教師によるオンラインテキストへの一時的書き込み（注釈）が可能であること
4. 教師と学生の間の双方向通信をサポート可能であること
5. 教師による授業時のオンラインでのコンテンツ修正が可能であること

今回の試作においては、上記必要機能のうち(1)、(2)、(3)について実現し、(4)、(5)の実現は行っていない。

4.2 連動機能の実現

4.2.1 連動の方式

iplmio は、ハイパーメディアを利用したオンラインテキストであり、ユーザはマウスを用いて、オンラインテキストの要素であるボタンやアンカー等をクリックすることにより学習を進める。従って、複数の端末で動作する iplmio を連動させるためには、オンラインテキスト上のどの操作対象(オブジェクト)に対して行なわれた操作であるかということを検出し、連動させている各端末の同じ操作対象に対して同一の処理を行なうことが必要となる。

本システムのベースとなる MIO システムは LISP(SCHEME) にオブジェクト指向の概念を取り入れた MIO-LISP を基本としており、この MIO システムにおいて、オンラインテキスト上に表示されるボタン、テキスト等の要素は、全てオブジェクトとして定義されている。例えば、図1では、上部の左右に配置された二つのボタンは、GIF イメージを貼りつけたボタンオブジェクトとして定義されており、カード上に配置されたテキストの一部はマウスのクリックにより表示される隠しテキストとして定義されている。そして、各ボタンオブジェクトには、マウスでクリックされた際に行なう処理として「ページ移動処理」が定義されており、ボタンが押されれば定義されているページへジャンプする。また、各隠しテキストに対しては、マウスのクリックに伴いその内容の表示・非表示を行なう処理(表示・隠蔽)が定義されている。

従って、連動を実現するためには、各操作対象としてのオブジェクトと、そのオブジェクトに対して実行される処理を特定し、それを別の iplmio に伝えてやればよい。

4.2.2 連動の概念

図1に対応した連動方式の概念を示すのが図2である。各端末において、オンラインテキストが起動されると、MIO システムは、コンテンツの内容には依存せず必ず表示されるオブジェクトをまず作成し、ついで、その教材のコンテンツに基づいてその他のオブジェクトを生成し、画面上に配置するとともに各操作に対応した処理をハンドラリストに登録する

(図2①)。これらの各オブジェクトの生成は、同一のコンテンツを用いる場合には必ず同じ順番で生成される。従って、隠しテキストのように同じ種別で複数のオブジェクトが生成される可能性がある場合には、生成順にシリアルな番号をつけることにより各オブジェクトの識別が可能となる。この結果、各オブジェクトに対してオブジェクト識別子が付与されて、各オブジェクトに対する処理に対応した識別子と組み合わせて、テーブル形式で保持される。次

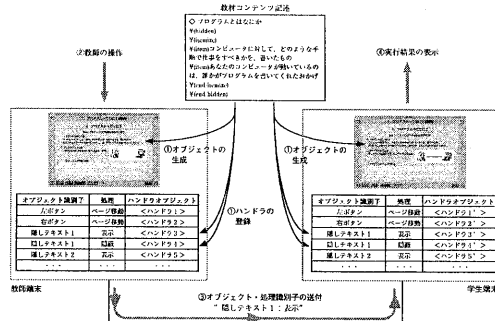


図2: 連動の概念

に、実際の連動状態での操作時に、例えば、図1において、「隠しテキスト1」が教師によりクリックされ、その表示処理が行なわれたとする(②)。教師側端末においては、教師のマウスのクリック操作にともない、その操作対象である「隠しテキスト1」および、そのクリックにより行なわれる処理が「表示処理」であることが認識される。教師側端末は、この操作対象とその処理を表す識別子「隠しテキスト1: 表示処理」を他の学生端末に対して同報通信する(③)。この識別子を受信した学生端末では、iplmioの起動時に登録された操作対象の識別子のテーブル、オブジェクトに対する処理の識別子のテーブルを調べて、受信した識別子に対応するオブジェクト「隠しテキスト1」と処理「表示処理」を決定して、その処理を実行して学生端末にその実行結果が表示される(④)。

このように構成することにより、オブジェクト識別子と処理識別子のみを転送することで、少ない情報転送量によって操作の共有が実現できる。さらに、MIO-LISPでは、各関数はプロシージャと呼ばれる一つのオブジェクトとして定義され、そのプロシージャには、その処理が行なわれる文脈を示す

「環境」とよばれる状態変数を持つ。各オブジェクトに対する内部処理は LISP の関数として表現され、プロシージャとして定義されることとなる。そして、その各オブジェクトの内部関数としてのプロシージャは、環境としてそのオブジェクト自体を保持することとなる。従って、各操作対象に対する処理を行なうプロシージャオブジェクトを特定することができれば、操作対象のオブジェクトとその処理を同時に特定することとなる。

本システムの連動機能では、このプロシージャオブジェクトを利用し、各オブジェクトの生成時にそのオブジェクトにおけるプロシージャに名前をつけて保持し、その名前を通知することにより連動機能を実現している。本システムの連動方式においては、「プログラム実行機能」を用いて、教師用オンラインテキストから学生端末上でのオンラインテキストを自動的に起動し、制御する形態をとっている。

4.3 注釈機能の実現

4.3.1 注釈の方式

ここで述べている注釈とは、教師が授業中にオンラインテキストについての講義をする際に、その重要な点を丸で囲ったり、下線を引いたり、あるいは、補足説明を記述したりといったように、一時的にオンラインテキストに対しての書き込みを行うものであり、本機能はこれらの注釈内容が各学生の端末上でも連動して表示されるものである。

注釈には、上述した注釈以外に、学生(や教師)が個人的なメモとしてつける注釈がある。今回の試作では教師が授業時において学生に向けての注釈を行うことが出来る機能のみを実現した。また、注釈はオブジェクトとしては扱わず、一度つけた注釈は保存されないし、位置の移動も出来ない。そして、ウィンドウを注釈の上に重ねると消えてしまうという簡素なものであるが、教師の行う注釈が、教師の講義(話し)に連動して一時的に重要点等を指摘するマーカー的なものが多いという点を考慮すると、現段階では注釈を保存したりすることが出来るような機能の実現は今後の課題として考えている。

4.3.2 注釈の構造

図3に注釈の実現方式の構造を示す。図3では、教師と学生端末上で iplmio が動作し、そのウィンドウが端末画面上に表示されている。各端末では、

iplmio の起動時にそのウィンドウのウィンドウ ID を X サーバのプロパティに登録し、教師端末による各学生の iplmio ウィンドウの認識はこの X サーバプロパティを利用して実現している。また、各端末で

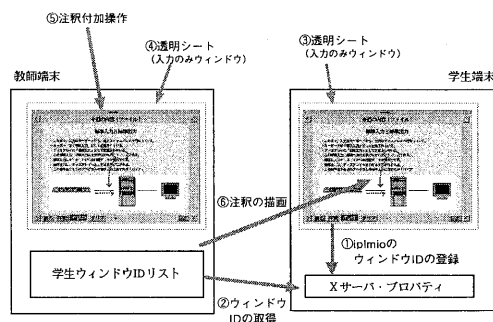


図 3: 注釈の実現方式

は、iplmio 用ウィンドウと同じ位置、サイズを持つ入力のみ透明なウィンドウを作成し、このウィンドウを iplmio のトップウィンドウの上にマップして iplmio ウィンドウに対して行われた入力イベントを横取りすることにより、教師端末における注釈の入力、学生端末における連動時の操作の禁止を実現している。通常の動作時にはこの入力のみウィンドウはアンマップされており、マウス等による入力がそのまま iplmio ウィンドウに渡される形となる。

注釈付加時に教師端末によって行なわれた操作は、教師端末の入力のみウィンドウから入力位置を検出し、教師端末上の iplmio ウィンドウに対して注釈の描画を行なうと共に、直接学生側の各 iplmio ウィンドウに同じ内容を描画する。

5 評価

本システムの簡単な評価を、SFC での授業において、実際に 40 台規模の電子教室での講義に本システムを使用し、学生に対してアンケートを行なった。この講義は一年生に対して実施される、(C 言語を用いた)プログラミングの基礎を教育する講義である。

講義中、教師端末のサーバマシンがトラブルによりダウンしたため、講義の際の連動状態のみでの使用となったが、全般的に学生の印象は良いものであり、各自に端末画面で教師の操作を見ることができ

るため、大型ディスプレイに比べ見やすく視線の移動も少ない点、従来のスタンドアローン形式のオンラインテキストに対して、教師の話しとオンラインテキストの動きとが同期している点などが好評であった。

6 考察と今後の課題

今回の試作では、連動機能と教師による注釈機能を実現した。上記評価を踏まえて、考察と今後の課題について述べる。

プロセス間通信の方式

現在のシステムでは、教師端末上で起動されたオンラインシステムが初期化ファイルに記述された学生用端末上にリモートシェルを用いて学生用のオンラインテキストを起動する形態をとっている。また、教師の操作に対応したハンドラ識別子の送信においても、リモートシェルの標準入力に対するコマンド入力 (LISP インタープリタに対する入力) を用いている。この結果、教師端末上において約 40 台の端末に対するリモートシェルの起動を行なう形になっており、教師端末に対する負荷が高くなってしまっている。

これらの問題点を回避するために、MIO システムにプロセス間通信を行なう機能を追加し、各学生が各自の端末においてそれぞれオンラインテキストを起動して、MIO 自体のプロセス間通信機能により教師の端末上のオンラインテキストとの情報授受を行うことが望まれる。

注釈の連動のサポート

教師によるオンラインテキストへの一時的書き込みとしての注釈は、今回実現した連動機能とは別の方式で実現しており、教師側の端末が学生側の端末上のオンラインテキストのウィンドウ上に直接注釈を描画するような形式としている。

注釈に関しても、連動機能に動的に生成されるオブジェクトを取り扱うような機能を付加することにより、注釈も統一的に扱うことが望まれる。これにより、教師が行なった注釈により生成されるオブジェクトをファイルに書き出すことで注釈の保存が可能となる。

双方向通信

本システムでは、操作の連動は教師端末から学生端末への一方のみが可能であり、任意の学生の操作を教師端末に反映させたり、他の学生端末に同報通信したりすることはできない。この連動のための通信を双方向から可能とすることにより、教師による任意の学生の演習状況の監視、学生／教師間の質問応答のサポート、任意の学生を指定することによる演習操作の他の学生への提示等が可能となると思われる。

7 おわりに

我々が開発を進めている教育支援システムの連動機能と注釈機能を、MIO と iplmio を用いて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 4.1 節で述べたように、本試作システムでまだ実現できていない機能の追加等を検討して実装し、さらに情報量の多い複数のメディアを扱う状態においても教師と学生間の共同作業という観点から、ネットワークを利用する際の遅延問題や情報量の圧縮なども考慮してシステムを開発していく予定である。また、開発したシステムを実際の授業等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ていくつもりである。

8 謝辞

本システムを試作するにあたって、MIO システムを利用させて頂いた。この MIO システムの開発者である慶應義塾大学環境情報学部 萩野助教授ならびに、萩野研究室の皆様へ感謝致します。

参考文献

- [1] 三浦敦史, 磯西徹明, 辻順一郎: 「WWW を利用した教育支援システムの試作と評価」, 情処マルチメディア通信と分散処理研究会 95-DSP-73, Vol 95, No.115, pp.1-6 (1995.11.30).
- [2] 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 95-DSP-73, Vol 95, No.115, pp.117-122 (1995.11.30).