

集合教育に用いる即応型 e-ラーニングシステム 基本部の開発および使用経験

菅原典子 織田恵太 赤池英夫 角田博保
電気通信大学 情報工学科

集合教育に用いる即応型 e-ラーニングシステムを開発している。このシステムで取り扱う講義資料は、OHP シートのメタファーである提示シートを単位として構成されている。現在、基盤となるサーバー部と講義参加者間のコミュニケーション支援機能を持ったシート提示部を試作し、実際の講義で使用した。試作システムには、メモ機能、小テスト機能、掲示板機能、レーティング機能などが実装されている。本稿ではシステムの構成と実際の講義での使用経験について報告する。

Realtime e-learning System for Classroom Education: Implementation and Experiment Evaluation of the Basic Component

Noriko SUGAWARA Keita ODA Hideo AKAIKE Hiroyasu KAKUDA
Department of Computer Science, The University of Electro-Communications

We are developing an e-learning system for classroom education. Materials handled by our system are represented as a set of presentation sheet, which is a metaphor of that of overhead projector's. As a trial implementation, we set up a server which is heart of the system and partly completed a sheet viewer that supports communication between participants in lecture. And then, we have used it in actual lecture several times. This prototype provides following features: note-taking to any sheet, short tests, bulletin boards, and self-rating the degree of understanding. How the system was implemented and the experience obtained via lectures are described in this report.

1 はじめに

近年、教育機関ではネットワーク接続された計算機を利用する学習形態が増加してきた。筆者らの所属する研究室でも、数年前から WWW を用いた講義支援システム (旧システムと呼ぶ) を開発 [1, 2]、運用 [3-7] している。旧システムのこれまでの使用経験をふまえ、今回新たに集合教育に用いる即応型 e-ラーニングシステム (本システムと呼ぶ) の開発に着手した。本稿では、本システムの概要と実際の講義での使用状況について報告する。

以下、本システムの設計と実装について 2 章、実際の講義での使用結果を 3 章、システムの改良点について 4 章で述べる。

2 講義支援システムの設計と実装

本システムは、次節に示す要求事項を満たすように設計、実装されている。これらの要求事項は旧システムの使用経験から得られたものであり、詳細については「集合教育に用いる即応型 e-ラーニングシステムの構想」[8] を参照されたい。

2.1 要求事項

本システムが想定する物理的環境は次の通りである。

- ペンタプレットの接続されたコンピュータ端末が 1 人 1 台ずつあること。
- 各端末はネットワーク接続されていること。

- 講義資料の表示されたスクリーンがあり、講義参加者から見るができること。

本システムに要求される機能は以下の通りである。

- 講義資料表示機能
 1. 教師がシートという単位で用意した講義資料を学生端末に表示できること。
 2. 表示するシートは学生が任意に選択できること。
 3. 複数枚のシートをオーバーラップウィンドウ方式で表示できること。
- メモ機能
 1. シート上の任意の場所にメモ書きができること。
 2. 教師のメモが学生端末にリアルタイムに反映されること。
 3. メモの表示・非表示の切り替えができること。
- 小テスト機能
 1. 教師から学生に解答を求める問題シートを提示できること。
 2. 学生は問題シートに対して個別に解答することができること。
- コミュニケーション機能 (掲示板機能)
 1. リアルタイムに質疑応答が行なえること。
 2. 任意のシートに関係した発言の投稿、閲覧を行なえること。
 3. 講義全体にわたった内容の発言の投稿、閲覧を行なえること。
 4. 上記 2、3 の 2 種の発言を一元管理し、網羅的に検索、閲覧できること。
 5. 各シートに対し、その内容を理解したかどうかを投票できる機能 (レーティング機能) を有すること。
- 通信記録機能
 講義資料の配信や小テスト提出など、本システムを介した通信を記録でき、教師側でその閲覧が可能なこと。

なお、運用に対する要求であるが、本システムで予復習も行なえるように講義時間外にも利用できるようにすること。また、受講者が 70 名程度の講義に対応できること。

2.2 設計方針

前節の要求を満たすため、以下の設計方針をたてた。

クライアントサーバー方式を採用し、クライアントには専用ソフトではなく一般的な Web ブラウザを用いることにした。これにより、利用者は Web ブラウザを使用できればどこからでも学習できる。

テキストや図からなる講義資料を学習者の好みに応じて拡大・縮小表示できるように、描画には SVG[9] を用いることとした¹。SVG は豊富な基本描画機能に加えて、フィルターやアニメーションといった高度な機能も提供する。さらにスクリプトと組み合わせることにより、ユーザの操作に反応する Web ページを作成可能である。

2.3 外部仕様

本システム全体は総合サーバー、教師クライアント、学生クライアントから構成される。システム概念図を図 1 に示す。講義資料はサーバーが管理し、クライアントの要求に従って適宜転送される。

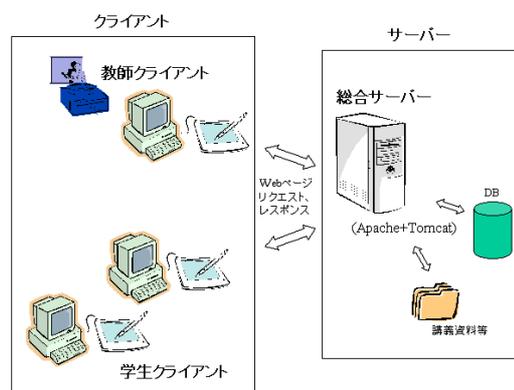


図 1: システム概念図

¹このため本システムでは、Firefox(バージョン 1.5)を使用している。

2.3.1 講義資料の構成

本システムで取り扱う講義資料は、OHP シートのメタファーである提示シート（以下、シート）を単位として構成されている。シートとは、テキストや図などを用いて具体的に表現した講義内容を、適度な物理サイズ²に分割したものである。教師が作成し、サーバーにアップロードしたシートを、受講者が Web ブラウザで閲覧することになる。

シートはその内容から教材シートと問題シートに分類される。教材シートは、教師が学生に講義内容を提示するためのシートである。問題シートは、教師が学生に解答を求めるためのシートであり、小テストやアンケートなどの際に使用する。シートの並び順を示したものがシナリオである。

2.3.2 クライアントの機能

クライアントは、ログイン、講義資料の閲覧、メモ書き、シートの表示管理、問題シートの解答、掲示板の閲覧と書き込みなどができる。クライアントの画面例を図 2 に示す。



図 2: クライアントの画面例

クライアントの画面は、シナリオウィンドウ、シートウィンドウ、掲示板、ツールバーからなる。これらのウィンドウは、自由に移動、拡大・縮小することができる。また、シートウィンドウは複数枚表示することができ、最も手前に表示されているものを「アクティブなシートウィンドウ」と呼ぶ。シートウィンドウを複数枚表示した例を図 3 に示す。シナリオウィンドウに

はシート名の一覧が表示されており、ここで選択したシートがアクティブなシートウィンドウの内容となる。

シートには、手書きによるメモ、あるいはキーボード入力によるテキストメモを直接書き込むことができる。学生のメモはプライベートなものであり他の学生には見えないが、教師のメモは書き込まれるたびに全学生の画面にリアルタイムに反映される。教師と学生のメモを区別するために、教師のメモは薄い色で表示される。また、メモの表示・非表示は切り替えることができる。

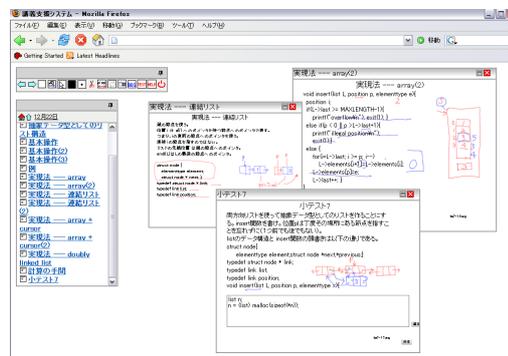


図 3: シートを複数枚表示した例

問題シートは問題文と解答欄からなる。解答欄には答えを入力するためのテキストフォーム、解答を開始あるいは再開するための編集ボタン、解答を提出するための送信ボタンがある。

掲示板では発言の投稿、検索、閲覧ができる。全体掲示板には投稿された全ての発言が表示され、シート掲示板には 1 枚分のシートに対して投稿された発言だけが表示される。本システムではシート掲示板、全体掲示板に投稿される 2 種類の発言をデータベースで一元管理するために、一般的に普及しているスレッド型の掲示板システムではなくタグ型の掲示板システムを採用している。タグとは掲示板への発言に関連するキーワードのことであり、発言を投稿する際に添える。タグを指定して検索することで、シート掲示板と全体掲示板の両方から目的の情報を抽出できる。また、タグは新規に案出することもできれば、既存のタグから選択することもできる。タグの入力は必須ではなく、投稿時に与えなければ掲示板のタグ欄は空のままとなる。タ

²具体的にはシートウィンドウの大きさであり、使用するコンピュータ端末の表示能力や視認性などから決まる。

グが指定されていない発言を探すには、全文検索を行えばよい。またシート掲示板にはレーティング機能がある。これは、閲覧中のシート内容に対する理解度を受講者に自己評価させる機能である。結果は即座にグラフ表示され、教師は受講者の理解度を講義の進行に反映させることができる。

ツールバーには、シートウィンドウの新規作成、ウィンドウ管理、メモの描画色やフォントサイズの変更、ログアウトなどの機能が用意されている。

2.4 内部仕様

サーバー側は Apache、Tomcat、MySQL と Java サブレットを組み合わせ、クライアント側には JavaScript、DHTML、Ajax を使用した。

2.4.1 講義資料

講義資料は、シート内容を SVG で記述したシートファイルと、シートの並び順が記述されたシナリオファイルからなる。これらのファイルは、各講義に対応して作成されるサーバー上のフォルダに格納される。

ユーザごとのメモデータは講義資料のフォルダとは別に保存しており、シートがリクエストされた時に、指定された講義資料にそのユーザのメモをつけて返す。

2.4.2 クライアント側の処理

ウィンドウの移動や拡大・縮小、メモの書き込みなどは、JavaScript や DHTML などを用いクライアント側で処理する。

2.4.3 サーバーとの通信

講義資料の取得、書き込んだメモの保存、教師のメモをリアルタイムに反映させる場合などはサーバーと通信する必要がある。このときサーバーとの非同期通信を行ないクライアント側でスムーズに動くようにした。これは Ajax を用いて実現している。例えば、シナリオからあるシートが選択された場合、バックグラウンドで、講義資料を取得するサブレットをサーバーに

リクエストして SVG データを取得し、シートウィンドウの中身だけを置き換えている。この結果、画面全体ではなく、一部だけの更新が可能となっている。

2.4.4 掲示板

掲示板への投稿用の入力フォームから与えられた内容は、サーバーのデータベースに格納される。使用するテーブルは発言管理テーブル、シート管理テーブル、タグ管理テーブルの 3 つである。各テーブルに格納されるデータを表 1 に示す。

表 1: 各テーブルに格納されるデータ

テーブル名	格納されるデータ
発言管理テーブル	発言 ID、投稿日時、ユーザ ID、タグ ID、本文、シート ID、ハンドルネーム
シート管理テーブル	シート ID、ユーザ ID、受講者の投票結果
タグ管理テーブル	タグ ID、タグ名、登録日時、最新利用日時、利用回数

新たなシートを表示する際には、発言管理テーブル中のシート ID を用いて該当シートに対する発言を抽出、シート掲示板を生成し、シートウィンドウに隣接するよう配置する。

3 実際の講義での使用結果

試作システムを本年度後学期の講義で使用した。この講義は情報工学科夜間主コース 2 年次の学生を対象としたプログラミング通論であり、毎週 90 分、19 名の受講者に対して行なわれている。

本システムは 14 回ある講義の内の 5 回目から導入し、現在使用している最中である。本システムを使う前の講義では、紙の講義資料を配布し、プロジェクタのみを使って説明するといった従来の方式を通常の教室で行なった。一方、本システムを使用した講義は、同時に 130 人ほどが計算機を使える部屋 (情報工学科教育用計算機室) で行なった。学生には 1 人 1 台の計算機端末とペンタブレットが与えられ、教師は前面に

設置されたスクリーンに本システムの画面を映し出して説明を行なった。初回にはシステムの機能や使い方について簡単に説明したプリントを配布した。紙の講義資料は毎回配布し、小テストも実施した。実際の講義風景を図4に示す。

以下の節では、講義での使用を通して得られた通信記録の解析とアンケート調査の結果を考察とともに述べる。



図 4: 計算機室での利用状況

3.1 ログデータの解析

本システムではクライアントとサーバーの間の通信内容を時刻とともに記録している。これにより、特定のユーザがいつログインしたのか、どのシートを選択したのか、どのようなメモをいつ取ったのか、小テストに解答したのかなどが分かる。以下、これらのログデータを解析した結果について述べる。

3.1.1 閲覧されているシート

本システムでは学習者に任意のシートの表示を認めている。これは、教師の説明ペースではなく、個々の学習者の理解度に応じて必要な講義資料を閲覧できるようにするためである。例えば、理解の不十分な事柄があれば説明済みのシートを再び見直したり、現在説明中の内容は理解したので更に先の講義内容に目を通すといったことができる³。そこで、教師が説明しているシートに対して、実際には学生がどのシートを閲覧したかを解析した。

³教師が説明しているシートにはシナリオにマークが付くので、いつでも戻って戻ることができる。

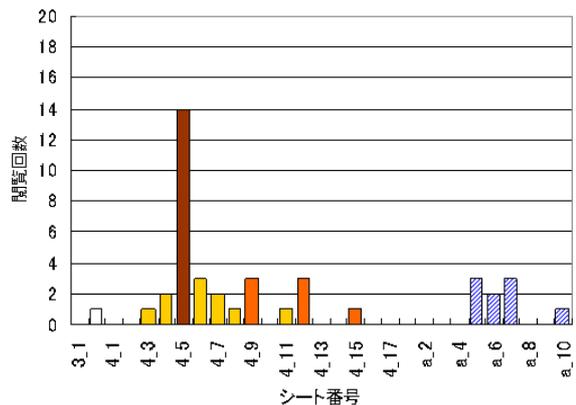


図 5: 閲覧されているシートの例

シートには各々を一意に区別するためのシート ID が付けられている。シート ID は講義の回と講義内のシートに振られた連番からなり、 n 回目の講義の、シナリオで示された順番で m 番目のシートは、シート ID n_m を持つ。ただし、アンケート用のシート ID は、アンケートを表す a と、アンケートの実施順に 1、2、... と振られた番号からなる。

4 回目の講義で、教師がシート ID 4_5 のシートを表示して説明している時のシート閲覧状況を図5に示す。この回にはシート ID が 4_1 ~ 4_17 のシート(このうち、4_9、4_12、4_15 は問題シート)、 $a_1 \sim a_{10}$ のアンケートシートが用いられていた。

図5より、教師が表示しているシートへの参照が一番多く、その他のシートを参照している学生もいることが分かる。問題シートは他のシートに比べて若干閲覧数が多く、理解が早い学生は先に進んでいるようだ。アンケートに答えている学生もいた。この傾向は他のシートに対しても見られた。

3.1.2 シート表示枚数

学生が同時に何枚のシートウィンドウを開いているか調べた。

表2は、開いたシートウィンドウの最大枚数と人数の対応を講義ごとに示したものである。半数以上は1枚しか表示していないようだが、2枚表示している学生も約1/4いた。ただし、複

数枚のウィンドウを開いている場合、副次的に用いられているシートウィンドウの表示は一時的なものであった。

表 2: 最大シート表示枚数

枚数	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
1	5(人)	11	9	9	10
2	5	3	6	4	4
3	2	2	1	0	1
4	2	0	0	1	0
5	2	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0

3.1.3 メモ機能の利用状況

メモ機能の利用状況について調べた。教師は、現在説明しているコード部を示したり、データ構造の図を描くために、手書きメモを多用した(図 6)。5 回目の講義までに用いた全シート 118 枚中 70.3% に手書きを行っていた。これまでの板書と同等のことができるため教師には活用されたようだ。一方、メモ機能を使った学生は数名程度であり、主に関数の説明をテキストメモとして記録していた。

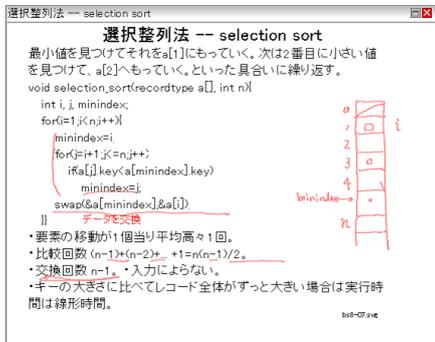


図 6: メモ機能を使い説明を行なっている例

3.1.4 掲示板の利用状況

掲示板の発言内容を調べたところ、授業内容についての質問、意見の投稿は行なわれず、本システムの使用法に関する質問がほとんどであった。

学生から投稿された発言に指定されたタグは、“help”のような一般的な語か、もしくは指定されていないかのどちらかであった。これは、発言の内容がシステムに関する質問であり、専門

用語や固有名詞などを入れる必要がなかったためであると考えられる。

3.1.5 アクセス状況

本システムの利用を開始した講義日からの、サーバーへのアクセス状況を図 7 に示す。アクセス数が多いところは講義が行なわれた日(図では・印で示している)である。講義後にも本システムを利用している学生のいることが分かる。講義後 3 日以内では平均 2 回程度、10 日以内では平均 1 回程度のアクセスがあった。講義時間内に終わらなかった小テストの提出や復習用に利用したと考えられる。

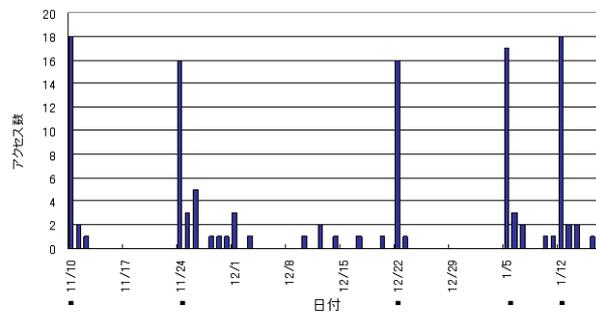


図 7: 学生のアクセス状況

3.2 アンケート調査

4 回目の講義の後に当日の受講者 14 名にアンケートをとった。アンケートは小テスト機能を利用し、本システム上から提出してもらった。

(1) 授業中にメモを取ったか。

いつもとっている	4
たまにとっている	6
ほとんどとっていない	0
全くとっていない	3

(2) どこにメモを取っているか。

紙(プリントやノート)	8
オンライン(システムのメモ機能)	2
その他	0

ほとんどの学生がメモを取っているが、まだ本システムのメモ機能はあまり使われていない。

手書きメモを使用したときにシステムの反応が遅くなるという感想があった。

(3) 教師のメモがリアルタイムに画面に反映されるのはどうか。

よい	11
手動更新時でよい	0
なんともいえない	3
教師のメモは表示しなくてよい	0

スクリーンに映った内容が見えにくい時に便利といった意見や、リアルタイムで反映されるので、教師の説明と一致していてよいといった意見があった。

(4) シートは何枚表示しているか。(自由回答)

1	9
1枚か2枚	2
2	2
適宜	1

1/3の学生が複数枚シートを表示すると答えた。複数表示させている学生の意見として、基本1枚で、よく分からなかった時に2枚表示させるといった意見や小テスト時に見たいところを適宜増やして見ているといった意見があった。

(5) オーバーラップウィンドウ方式はどうか。

使いやすい	1
まあ使いやすい	2
動作が軽くなればよい	9
あまり使いやすくない	0
使いにくい	1

「動作が軽くなればよい」も入れて、9割の学生がオーバーラップウィンドウ方式はよいと回答した。ただし、ウィンドウの表示方式に関わらず、必要に応じて複数枚シートを表示し、一方のシートを参照しながら、他のシートにメモを取ったり、小テストに解答する際に、シートの高さを調節し表示内容の一部が隠されないようにできる点は良いと考えられる。

(6) 掲示板の機能を利用したことがあるか。

ある	3
ない	10
気づかなかった	1

(7) 掲示板をどのような用途で利用したか。

教員、TAに質問するため	2
他の学生と情報を共有するため	1
自分のメモにため	0
その他	0

(8) なぜ掲示板を利用しなかったか。

授業に集中しているため	1
特に質問事項がないため	5
システムが利用しづらいため	0
その他	2

掲示板を利用しなかった学生は、半数以上が質問事項が無かったことが理由であると答えている。さらに、アンケートを実施するまでに本システムを用いて講義を行なったのはわずか4回に過ぎず、また学外から予習、復習を行なうことができなかったため、質問をする機会が少なかったことが原因として考えられる。

(9) タグを用いたこの掲示板システムをどう思うか。

便利だと思う	4
不便だと思う	0
よくわからない	2

タグ自体は便利だと感じられるようではあるが、利用する機会が少なかったため初めてタグを用いたシステムに触れる学生にとってはあまり直観的ではなかったようだ。

(10) 予習用に使いたい。

利用したい	4
家から使えるなら	5
どちらともいえない	1
利用したくない	2

現在はネットワーク設定で学外からは利用できないようにしているが、予習用にも使いたいといった意見が多かった。

(11) 今後もこのような講義を続けたほうがよい。

よい	9
なんともいえない	1
よくない	2

操作に対するシステムの反応の遅れに関して不満はあるものの、システム全体に対する印象は概ね好意的であった。

4 システムの改良

現在、本システムは基本部の開発が終了した段階である。今後改善すべき点を以下に列挙する。

(1) システムの応答性

今回、システムの反応速度が遅いといった指摘を受けた。原因は描画処理にあると考えられるため、現在軽量な SVG 記述の方法を検討している。また今後、クライアント PC の性能向上やウェブブラウザの SVG 描画速度の改善により解消されとも期待している。

(2) アニメーション

講義資料としてテキストや静止画像だけでなく、受講者の理解を助けるためにアニメーションも扱えるようにする。またそのためには、シートのオーサリング時に SVG 形式のアニメーションを作成できる機能が必要となる。

(3) 動画

教師の授業の様子をシートに対応させて配信する予定である。

(4) メモ機能と掲示板の連動

メモと掲示板の発言を関連付け、シート上のどの部分に対する発言であるのかを明確に指定できるようにする。この実現にはメモに ID を付加し、発言 ID と対応させればよいだろう。

(5) 発言同士の相互参照機能の付加

掲示板上的各発言に対して、コメントを行なえるようにする。このときコメントは通常の投稿と同様に扱われ、コメントされた発言に対しハイパーリンクで関連付けられる。これにより発言同士の相互参照を可能にし、利用者間のコミュニケーションを支援する。

5 おわりに

本研究では、集合教育に用いる即応型 e-ラーニングシステムの基盤であるサーバー部と講義参加者間のコミュニケーション支援機能を持ったシート提示部を試作し、実際の講義で使用した。

今後、システムの完成度を高め、より多くの利用者に対する長期に渡る使用を通して本システムの有効性を検証する。

謝辞

本研究は文部科学省科学研究費基盤研究(C)(No:17500628)の補助によって行なったものである。

参考文献

- [1] 角田博保, 赤池英夫: 「予習・講義・復習支援システムの試作」, 平成 11 年度 情報処理教育研究集会 講演論文集, pp.649-652 (1999)
- [2] 小島勇治, 赤池英夫, 角田博保: 「WWW を用いた講義支援システムの開発」, 2001 年度情報教育シンポジウム講演論文集, pp.123-128 (2001)
- [3] 及川啓之: 「講義支援システムのログ解析」, 電気通信大学情報工学科卒業論文 (2003)
- [4] 朝日啓太: 「手書き入力および携帯端末による講義支援システムの改良 - メモ書きシステムの開発 -」, 電気通信大学情報工学科卒業論文 (2003)
- [5] 石上雅裕: 「手書き入力および携帯端末による講義支援システムの改良 - 携帯端末システム・補助サーバシステムの試作 -」, 電気通信大学情報工学科卒業論文 (2003)
- [6] 角田博保, 赤池英夫, 朝日啓太: 「WWW を用いた講義支援システムの運用」, 情報処理学会研究報告, 2003-CE-70, pp.27-34 (2003)
- [7] 角田博保: 「WWW を用いた講義支援システムの運用経験と問題点の検討」, 平成 16 年度 情報処理教育研究集会 講演論文集, D3-10 (2004)
- [8] 角田博保, 赤池英夫, 菅原典子, 織田恵太: 「集合教育に用いる即応型 e-ラーニングシステムの構想」, 情報処理学会研究報告, 2006-CE-83, (2006)
- [9] SVG1.1 Specification,
<http://www.w3.org/TR/SVG/>