

## 集合教育に用いる即応型 e-ラーニングシステムの構想

角田 博保      赤池 英夫      菅原典子      織田 恵太  
電気通信大学 情報工学科

e-ラーニングシステムを教師主導型の集合教育(対面教育)に適用し、集合型の長所を最大限に活かしつつ、e-ラーニングの長所を取り入れた新しい授業形態による即応型 e-ラーニングシステムの構想について述べる。WWW を用いた講義支援システムによる過去数年の経験に基づき、システムが想定する物理環境、システムに要求される機能、および、システムの運用に対する要求を提案する。OHP シートのメタファーである提示シートの上にコミュニケーションの場の創成している点が特徴的である。

### On Realtime e-learning System for Classroom Education

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

We describe a requirement for an e-learning system which mixes the strong point of classroom education with that of e-learning. Based on the experience for the past several years with the WWW-based lecture support system, the physical environment which the system assumes, the function required for the system, and the demand for operation of a system are proposed. The creation of the place for communication on the presentation sheet is a characteristic of our proposal.

#### 1 はじめに

筆者の 1 人は、情報専門学科において 70 人程度の学生を対象とした初級プログラミング教育の講義を 10 年来受け持っている。1 教室に一同に会しての講義で、毎回資料を配布し、講義の最後に小テストをするという方法は同じであるが、資料を学生に提示するメディアは、板書、OHP、液晶プロジェクタへと変わってきた。

学生へのアンケート調査によると、講義の効果はあがっていることがわかったが、いくつかの問題も指摘された。(1) 学生の座る場所によって見えにくい場所もある。70 人程度という中規模の講義だと教室の最後列からはどうしても見づらくなる。(2) スクリーンは 1 つなので、学生によって、スクリーンの表示切替えが早すぎたり、遅すぎたりする。(3) 小テストを配ばり、

回収する手間が大きい。(4) 学生の理解度の個別把握がむずかしい。「分かっている者手をあげて」という方法もうまく機能しない。(5) 講義中に質問がしづらい。多人数の前での発言へのためらい。

これらの問題点を解消するために、講義形態に対して次の要望が考えられる。

要望 1 学生がどこに居ても提示された資料を見ることができること。

要望 2 その資料は学生個別に選択できること。

要望 3 小テストの配布が自由に行えること。

要望 4 学生の理解度を個別に把握できること。

要望 5 講義中でも質問ができ、回答も得られること。

この要望を満たすためには、環境を変えることが必要と考え、講義中、学生それぞれにコンピュータ(端末を)を利用させることにした。ただし、一同に会し、教師の講義を聞くという形態は保存しておく。

要望 6 全員に同時に指示を与えられること。

つまり、教師主導型の集合教育(対面教育)にeラーニングシステム(ネットワークを利用した教育システム)を適用しようということである。

そこで、以下の要求 a1-3 を満たした環境で講義を支援するシステム(WWW を用いた講義支援システム-旧システムと呼ぶ)を開発することにした [1,2]。

要求 a1 個人ごとにコンピュータ端末があること。2人に1台とかでは駄目で、各人にそれぞれ端末がなければならない。

要求 a2 各端末はネットワーク接続されていること。同期をとって資料を電子的に配送したいからである。

要求 a3 全員にまとめて資料を提示できるスクリーンがあること。教師が指示を出し、学生の注意を喚起するためである。教師の説明(音声)も全員が聞こえること。

これらの要求の元に、要望 1-6 を満たすべく開発した WWW を用いた講義支援システムは 4 年間実際の講義で利用された [3-7]。要望項目の多くは満たされたが、新たな問題点や改良点も得られた。それらの知見にもとづき、集合型の長所を最大限に活かしつつ、eラーニングの長所を取り入れた即応型 eラーニングシステムの構想を提案する。

以下、WWW を用いた講義支援システムの概要を 2 章で、それを用いて運用した講義での経験を 3 章で述べ、4 章で新システムの構想を述べる。

## 2 WWW を用いた講義支援システム

### 要求事項

システムが稼働する物理環境(ハードウェア)としては要求 a1-a3 を想定した。また、システムの機能に対する要求事項(要求 b) は以下の通りである。

#### 要求 b1 講義資料表示機能

OHP を用いて講義する時に、提示する 1 単位は OHP シートである。このように提示する 1 単位のことをシートと呼ぶことにする。システムではシートを表示する機能が必要である。教師の作成した講義資料は、シートという単位ごとに学生端末に送り、学生は自分の端末で講義資料を見ることができる。教師は強制的にシートを送り、全学生端末に対して統一的に表示することができるとともに、学生は自分で適当なシートを選んで表示することもできる。

#### 要求 b2 メモ機能

シートに対応してメモがとれる必要がある。

#### 要求 b3 小テスト機能

教師が小テストを学生端末に表示させ、それに学生が個別に解答することができる。

#### 要求 b4 質問機能

学生が個別に教師に質問をすることができ、教師はそれに回答することができる。

#### 要求 b5 通信記録機能

資料の送付、学生によるシートの選択等のシステムを通じたコミュニケーションを記録できること。実時間でも後からまとめてでも記録を点検できる。

また、運用上の要求としては、

#### 要求 c1 予習復習に適応可能

予習、復習用としてもシステムを利用できる。つまり、講義時間以外でも利用可能である(eラーニングとしても使える)。

#### 要求 c2 中規模の講義(70人程度)に適応可能

がある。

## システム概要

システムは、ある特定の環境でしか動作しないのではなく、できる限り汎用に動作できるように、全体を Web アプリケーションとして実現した。クライアントサーバー型とし、学生側では専用ソフトではなく一般的な Web ブラウザがあれば利用できる。

システム全体は総合サーバーシステム、教師クライアント、学生クライアントによって構成した。講義資料(シート群)はサーバーが取り扱い、学生クライアントからの指示によって転送される。転送の制御は教師クライアントからできるようになっている。

システムで取り扱う講義資料はシートという単位で構成されている。シートは HTML で記述された 1 枚のページであり、ブラウザで表示される。講義資料には教材シートと問題シートがある。教材シートは文字や図形で表現された 1 枚の表示に対応している。問題シートは学生が解答するためのものであり、問題文と解答欄がある。また、各シートには、学生が質問を記入し、教師が回答するための質問シート、メモを書き込むためのメモシートがそれぞれ対応づけられて生成される。質問、メモの実体はキーボードからの入力文字列であり、図形などは入力できない。

教材シートと問題シートを並べたものがシナリオ(XML)であり、1 回分の講義に対応する。

## 学生クライアントに可能な操作

学生クライアントの実体は、総合サーバーと繋ぐと、Java アプレットが起動され、以降サーバーと連携して動作するようになる Web ブラウザである。

学生クライアントで可能な操作には、次のものがある。(1) ログイン、(2) 講義資料の表示、(3) 問題シートへの解答、(4) メモシートの作成、(5) 質問シートの送受信。

講義資料は図 1 のように表示される。ブラウザの画面は横に 2 つのフレームがあり、左側がシナリオフレーム、右側がシートフレームであ



図 1: 学生クライアントの画面例

る。シートフレームは上下に分かれており、それぞれに 1 つのシートが表示される。上下の切目は自由に変更できるので、1 つだけにしてシートを大きく表示することも可能である。通常、教材シートや問題シートは上側、質問シートやメモシートは下側に表示するが、変更も自由である。シートの表示の許可 / 禁止は教師クライアントからおこなえる。

## 教師クライアントに可能な操作

教師クライアントは学生クライアントで可能な操作に加えて、次の操作が可能である。(1) シート表示の可否設定、(2) 強制シート表示の指定、(3) 質問への回答、(4) 自動採点の設定、(5) 問題シートの受信。

教師側からは小テスト問題など先に見られると困るものは表示を禁止にしておくことができる。また、講義の進行に合わせて、表示を強制できる。強制表示は学生クライアントでは上のシートフレームに表示される。

## 3 講義での運用経験

2001 年度後学期、2002 年度前学期、2003 年度前学期、2003 年度後学期、2004 年度前学期において講義で利用した。後学期は 20 名程度のクラス、前学期は 70 名程度のクラスであり、講義内容は同じである。

講義は計算機室でおこなった。片方の壁に 2

つのスクリーンと2つの液晶プロジェクタが設置されている。部屋の構造上1スクリーンを全員が見るということは不可能になっており、2つのスクリーンに同じ画面を表示する形になっている。教師は1人なので、スクリーン間を適宜移動して講義をすることになった。

### 3.1 客観的なデータ

成績は小テスト、中間試験、期末試験の得点によって1対1対4の比率でつけている。講義に出席した時間やシートを見た時間などの通信記録機能によって得られた数値、および、成績において、相関を調べてみた。その結果は以下の通りである。

1. システムの導入によって小テストの成績は若干あがっている。システムによる成績への悪影響はないようである。
2. 小テストの成績と中間・期末の成績の相関が高い(0.5~0.6)ことがわかったので、小テストをきっちりとやらせることが肝心である。
3. 出席時間と小テストの成績はおおむね相関がある(0.4~0.6)。システムを用いることで出席時間が自動的に管理できている。
4. シート指示回数と成績は相関がない。シートをよくめくるのが成績が良いというわけではない。紙の資料をじっくり読む成績優秀者もいるということである。学生の理解度の目安となるかと期待したが、思惑通りには行かない。学生の理解具合を直接聞く機能も必要であろう。
5. シートを見ている最中に強制表示されるということが結構あった。教師によるシートの強制表示は気をつけなければならない。シートを複数枚、学生の制御で自由に表示できる機能が必要である。
6. メモ回数や質問回数は少なかった。新しいシートを作って、そこにメモするとか質問を書き込むというやり方が使いにくかった。即応型のメモ書き機能が必要である。また、

質問への返答も教師がまさに講義をしている最中なら無理である。

### 3.2 主観的なデータ

アンケート調査から以下のことがわかった。

1. メモは1/3程度の学生がとるが、ほとんどは紙の資料の上である。また、紙の資料は必要であるとのことである。メモはやはり資料の上書き込むのが自然である。
2. スクリーンを見ないで手元の画面だけという学生は1/3である。残りはやはり何かの時にでもスクリーンを見ている。注意を集めるといふスクリーンの意味は果たされている。
3. 講義以外の作業をしているかどうかを聞いてみると、まったくしてない4割、メールをみる程度4割、他のこと2割という結果であった。
4. このシステムは学生の9割が賛成し、反対は1割以下であった。授業をせずに全e-learning化することへの賛成は1割であった。システムは講義時間外でも使われており(80%以上)、復習がやりやすくなったとの意見が半数ほどあった。

学生の希望を個別に聞くと、掲示板機能、音声再生、自由に解ける問題集、小テストの返却機能などがあげられた。

## 4 新システムの構想

3章で得られた知見に対して、要望事項をもとに、要求a、b、cについて吟味し、新しい要求A-Dを提案する。

物理環境としての要求Aは旧システムでの要求aを踏襲するものであるが、メモとして図形等を描きたいとの要望を考慮して、ペンタブレット等によるフリーハンド入力装置を追加することとした。

要求A1 ペンタブ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。

要求 A2 要求 a2 と同じ。

要求 A3 要求 a3 と同じ。

要求 b は旧システムにおいて満たされてはいるが、要望するレベルには達していない場合があるということである。メモ機能、質問機能が余り使われていない点がそれである。システムの機能に対する要求 B は以下の通りである。

#### 要求 B1 講義資料表示機能

- (1) シート単位で表示でき、(2) 表示するシートを任意に選択できる機能は踏襲し、(3) 複数のシートをオーバーラップで表示できる機能を追加する。

#### 要求 B2 メモ機能

より直接的にできるよう強化する。(1) シート上の任意の場所にメモ書きができ、(2) 教師のメモ書きが即応で学生側に反映されるべきである。しかし、学生が書き込んだものは他人に見えては困る。また、(3) 自分のメモと混ざって分りにくくなる場合のために、メモの表示・非表示の切り替えを可能にすべきである。

要求 B3 小テスト機能： 要求 b3 と同じ。

#### 要求 B4 コミュニケーション機能

要求 b4 の質問機能を大幅に強化する。1対1の質疑応答から、多対多へと移行する。シートに対する質問は、新たなシートを作り、そこに書き込んで教師に送り、個別に返答するように旧システムでは実現されていたが、質問項目はどの学生にも見えるようにし、それに対する返答も教師以外でもできるようにすべきである。こう考えると、掲示板と同様なものになる。

まず、(1) 即応で質疑応答がおこなえること、(2) 任意のシートに関係した発言の投稿、閲覧ができることである。シートごとに質問をおこない、それを誰もがみることができるようになることで、教師が教示中で忙しい代りに、別の学生や TA が質問に答えるということが可能になる。これによって、質問への即応性が上がる。すべての

質問がシートに対応づけられているとすると、シートにまたがるような質問はできなくなってしまうので、シートに関連しない質問もできる機能が必要である。そこで、(3) 講義全体にわたる内容の発言の投稿、閲覧ができることも必要である。また、(4) この2種類の発言を一元管理でき、投稿、閲覧ができる必要もある。さらに、学生の理解度を知るために、自己申告させるという形態の1つとして、(5) シートに対して内容を理解したかどうかを投票できる機能も必要とする。

要求 B5 通信記録機能： 要求 b5 と同じ。

運用上の要求 C は以下の通りである。

要求 C1 要求 c1 と同じ。

要求 C2 要求 c2 と同じ。

以上が基本要件であり、さらに拡張要件として以下のものを考えた。

シートは1つの題材をもとに、それを教え、質問をし、メモを書き込みというコミュニケーションの場を創成していると考えることができる。すると、さらに、そのシートを提示しながら教師が教示している状況もそのシートに関係づけると良いと考えることができる。つまり、教師の教示している映像・音声をそのシートに関係づけるのである。このようにすると、講義状況を再生することが可能になる。

#### 要求 D1 動画記録、再生機能

シートに対応して、動画を記録する。後で再生することができる。また、即応で再生することも可能とする。動画は教師が教示しているものと仮定している。これによって、教室の後ろの方で、教師が遠くて見えにくい場合は、画面上の動画を見ることで代りとしてすることができる。たとえば、講義のペースについていけず、ゆっくり後を追いつける場合でも教師の教示状況は動画として後からみることが出来る。つまり、自分のペースで講義を受けることができるようになる。ただし、実際にやってみて、本当にそうかは今後の経験あるのみである。

## 要求 D2 協調学習機能

一同に会した学習に重点をおいているので、時間を共有した協調学習を取り入れることが可能である。小テストの採点を別の学生にさせるといった協調学習を考えている。

以上の要求を満たすシステムが実現できれば、学習意欲のある学生にとっては大きな学習の補助となるであろう。質問をいつでもでき、それに対する回答もすばやく得ることができる。資料にはメモを書き込むことができ、理解の助けとすることができる。一歩進めて、小テストでつまづいている学生に対して、積極的に補助を与えることも可能である。

学習意欲のない学生に対しては、たとえばサボって他の仕事をやってる状況を調べ、授業に集中するよう諭すこともできるであろう。理解したかどうかの投票機能を使わない学生を素早く見つけ、指導することも考えられる。しかし、このような強制をすると、かえってやる気が落ちる可能性もある。

学習意欲はあるが、自分のペースで理解を進めていきたいと考えている学生もいるであろう。与えられた知識が頭の中で熟成されるのを待たなければならぬ場合もある。その場合は、下手な強制をせずに、まかせておいた方が教育効果はでる。

このあたりの見極めは中々難しいと思われる。できるかぎり、学生の自発性にまかせ、しかし、ただサボっているだけの場合は、強く指導するということが大事である。

柔軟に対応できるシステムが一番である。要求 D1 が実現されれば、授業は一律に進めなくても良くなるであろう。

これをさらに進めると、教師がついて指導する学生とそうでない学生に区分ができ、全体の教育効果が大幅に伸びるようになるかもしれない。

## 5 おわりに

マルチメディアシートにもとづいて創成の場の提供を核とする即応型 e-learning システムの構想を述べた。

e-ラーニングシステムには非同期型と同期型があり、基本的に学習者が同じ場所にいる必要

はない。これに対して集合教育(対面教育)は学習者が同じ場所にて一同に会して受講するもので、生身の交流やコミュニケーションができるという利点がある。最近では e-ラーニングと集合教育を交代で利用するブレンディングが使われるようになり、両者の利点を合わせ持たせることができると言われている。本研究は集合教育の中に e-ラーニングをブレンドした授業形態であり、さらに、高度の同期性を持った e-ラーニングの適用例の研究と位置づけることができる。

本稿で示した要求事項の A、B、C を適用したシステムについては試作が終わり、現在運用しているところである [8]。

## 謝辞

本研究の一部は 2005 年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (C)(No.17500628) の援助を受けている。

## 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] 菅原典子、織田恵太、赤池英夫、角田博保:「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-」、情報処理学会研究報告、2006-CE-83、(2006)