

対話型電子白板と立ち位置検出装置を用いた

遠隔授業支援システムの設計と試作

福井 賢二 石田 準 坂東 宏和 加藤 直樹 中川 正樹
東京農工大学工学部

Prototyping of a distance classroom learning system using an interactive electronic whiteboard and a standing position detector

Kenji FUKUI Hitoshi ISHIDA Hirokazu BANDO Naoki KATO
Masaki NAKAGAWA

〒184-8588 東京都小金井市中町 2 - 2 4 - 1 6

042-388-7144

E-Mail : kenzy@hands.ei.tuat.ac.jp

概要

本稿では、さまざまな事情により学校での一斉授業に出席できない生徒や、遠隔地で受講する生徒に対し、対話型電子白板と足位置検出装置を用いて授業の内容と教師の筆記動作を配信し、授業に参加させることを目的とした遠隔授業システムの設計と試作について述べる。本システムでは、授業で教師が自然に使用できるようにペンインターフェースを採用する。教室で授業をしている教師の動きを検知して、遠隔地で授業に参加している生徒の PC などアバタを表示させて授業を再現する。本稿ではこれらの設計と試作、利点について述べる。

1. はじめに

近年、パーソナルコンピュータ（以下 PC）の低価格化、高性能化が飛躍的に進み、PC を所有する家庭が増えてきている。また、ISDN や ADSL などのブロードバンド・インターネットのインフラストラクチャー整備や低価格化により、一般家庭でも気軽に常時接続できる環境が整ってきた。更に、平成 10 年 12 月に改定された小学校学習指導要領においては、「各教科の指導に当たっては、児童がコンピュータや情報通信ネット

ワークなどの情報手段に慣れ親しみ、適切に活用する学習活動を充実するとともに、視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること」となっており、PC を有効活用した教育を目指している。筆者が所属する東京農工大学中川研究室（以下 当研究室）では、以前から電子白板を授業内で利用することを提案し、それにより従来の黒板とチョークによる一斉授業の利点と、コンピュータを利用することによって生まれる利点とを融合できる可能性を示してきた^{1)~2)}。

このような背景から、学校の授業で PC が導入

されるようになった。それとともに学校でのインターネット常時接続の環境が整ってきている。

一方、学校現場では病気や怪我などで一斉授業に出席することができない生徒への学習機会の提供や過疎地にいる児童生徒への同時一斉授業の配信など、遠隔教育システムの必要性が高まっている。そのために、これまで多くの遠隔授業の研究・開発が行われている³⁾。

遠隔教育を支援するシステムの多くは、授業の雰囲気伝えるために、授業風景を撮影し、配信する方法をとっている。そのため、撮影するのにビデオカメラなど特別な装置が必要であり、技術者の補助を必要とする。ビデオカメラを用いた遠隔授業システムでは、動画を配信するためにデータ量が多くなってしまう。また、授業をビデオカメラで撮影するためにカメラワークが必要となり、教師一人で授業を配信することができない。更に、教師が必要以上にビデオカメラを気にして緊張してしまい、自然に授業を行うことができないことがある。教師が黒板の前に立つと、教師と板書が被ってしまうため、遠隔地にいる生徒は黒板に書かれている板書内容を見ることができない場合がある。上記で示した通り、授業を撮影するシステムでは、授業を配信するのに多くの労力を要する。

そこで、これらの背景から対話型電子白板(以下、電子白板)と遠隔地にある PC をネットワークで繋ぎ、教師は普段通り授業を進めながら、少ないデータ量で一斉授業の内容と雰囲気を配信するシステムの設計を行う。

2. 基本設計

2.1 基本概念

遠隔地にいる生徒にとって重要な情報は、板書内容と教師の動きである。本システムは、教師の立ち位置とペンの状態を元に、遠隔地にいる生徒側の PC で教師を模すアバタを生成して、教師の動きを再現する。そして、黒板の代わりに電子白板を使用することで、板書内容を遠隔地にいる

生徒の PC に再現する。

立ち位置を検出する方法として様々な方法があるが、カメラを使用しない方法を採用することで、教師は緊張することなく普段通りに授業を行うことができる。

教師の立ち位置と文字の情報を元に遠隔地の生徒の PC に授業を再現するので、少ないデータ量で実現できる。また、板書をベクトルデータとして転送することで、画像では不鮮明になる点も解決できる。

2.2 ハードウェア構成

本稿では、従来の一斉授業環境に、遠隔地にいる生徒が参加することを想定する(図 1 参照)。

教師側の環境として、一般的な黒板の代わりに電子白板を用いる。電子白板は PC とプロジェクタ、ペン入力タブレットをホワイトボード程度の大きさにしたもので構成される。大型タブレットとプロジェクタの代わりに大型ディスプレイとペン PC を統合した形式のものもある。入力は電子ペンとイレーサによって行われる。この電子白板を黒板の代わりに用いることによって、教師は黒板とチョークを用いて授業を行っている時と同じように円滑に授業を行うことができる。本システムでは、電磁誘導式の電子白板の利用を前提とする。この電子白板は、感圧式の電子白板と違い、電子ペンと電子白板が接地していなくても、電子ペンの位置を感知することができる。

教師の立ち位置を検出する装置としては立ち位置検出マットを使用する。

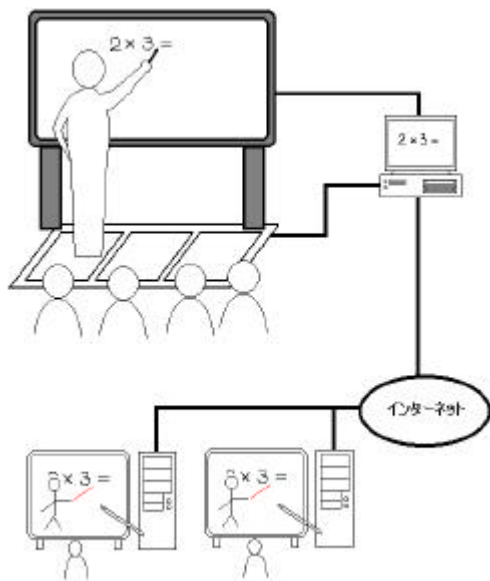


図 1. システムの概要

また、教師側 PC は、授業の雰囲気発信するために、外部とのネットワーク接続が可能であることを前提とする。

一方、遠隔地にいる生徒側の環境として、表示一体型タブレット付きの PC を前提としているが通常の PC でも利用可能である。更に、サーバにアクセスできるようにネットワーク環境が整っていることを想定する。

本システムは、教師側 PC をサーバ、遠隔地にいる生徒の PC をクライアントとするサーバ/クライアント方式とする。

2.3 基本機能

本システムの基本となる機能は、(1)遠隔地にいる生徒のディスプレイに教師の代わりとなるアバタを表示して、アバタが擬似的に授業を進めること、(2)授業で書かれた板書内容をネットワーク経由で配信すること、(3)双方向通信を可能にすること、である。

(1)の機能を実現するために、立ち位置検出マットで教師の位置情報を検知し、そのデータを遠隔地の生徒の PC に配信する。このデータを元に遠隔地にいる生徒の PC でアバタを用いて、教師の動作を再現する。

次に、板書内容を配信する手段として、電子ペ

ンで電子白板に書いた位置とペンの色と太さの情報を逐次遠隔地にいる生徒に送信する。このことによって遠隔地にいる生徒の PC で電子白板の内容を再現させることができる。

また、ビデオカメラを用いた遠隔授業のように教師から遠隔地にいる生徒へ片方向で授業を行うのではなく、教師と生徒が円滑にコミュニケーションをとるために双方向通信を行うことが必要である。

2.4 アバタ生成方式

本節では生徒用システム内で表示するアバタについて述べる(図 2)。アバタは、次の二つの情報をもとに生成される。

(1)ペン情報

遠隔地にいる生徒に電子ペンの位置、電子ペンが電子白板に接触しているかどうかによって切り換わるモードの状態

(2)立ち位置情報

立ち位置検出マットで検出された教師の立ち位置の情報

上記で述べたペン情報と立ち位置情報を元に、アバタを動作させる。教師のペン位置情報から、アバタが手に持つチョークや指示棒の先端の座標に反映させ、検出した教師の立ち位置情報から、アバタの表示位置に反映させる。

アバタの動きには、教師が黒板に板書するとき、説明している箇所を指示するとき、板書内容を消去するときの 3 種類の状態がある(表 1)。教師が電子白板にペンをつけて、文字を書いているときは、アバタは板書をしている動きをする。また、電磁誘導式の電子白板は電子ペンと電子白板が接地していなくても位置情報が取れるので、教師が電子白板に電子ペンをつけずに空中で留めているときは、アバタは指示している動きをする。さらに、教師がイレーサを使って板書を消す時と、消しゴムボタンを選択して板書を消す時は、アバタは板書内容を消去している動きをする。

アバタは、教師側の電子ペンの位置情報により立ち状態と屈み状態を切り替える。ペンの位置が電子白板の上部の場合には立ち状態のアバタを、下部の場合には屈み状態のアバタを表示する。

生徒側 PC で再現するアバタは、教師を模したものであるため授業を教師の性別や年齢などに応じて、複数のアバタを用意し、教師のイメージが浮かびやすいようにする。

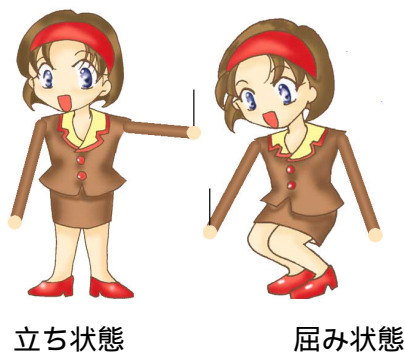


図 2. アバタの一例

表 1. アバタの動作

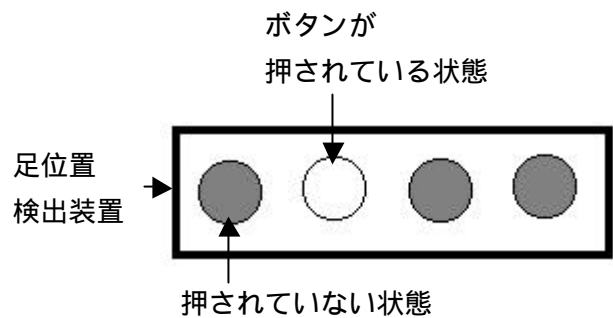
| 教師の動作 | アバタの動作 |
|---------|------------------------|
| 板書 | ペンを持って、電子白板の方を向いて板書動作 |
| 指示 | 指示棒を持ち、生徒の方を向いて説明箇所を明示 |
| 板書内容の消去 | 黒板消しを持ち、電子白板の方を向いて消去動作 |

2.5 立ち位置の検出方法

本システムでは教師の立ち位置を検出する装置として、複数のボタンが等間隔に配置されたマットを電子白板の前に数枚敷き詰めて、一定の時間毎に教師の立ち位置を検出する。

このマットでは、ボタンが ON の状態を 1、OFF の状態を 0 とした、2 進数列で立ち位置データを

表現する。教師が白板の前に敷き詰めたマットの上のボタンを踏むことにより、位置情報を取得することができる。(図 3 参照)



位置データ 0 1 0 0

図 3. 足位置検出装置の概要図

3. プロトタイプ的设计

3.1 教師側機能

3.1.1 板書機能

教師は電子白板に授業の内容を自由に板書することができる。この機能では電子ペンによる文字入力、消去を行うことができる。文字入力の際は、ペンの色、太さの変更を可能とする。さらに、黒板消しの代わりとしてイレーサを使用できるものとする。黒板を使って行う授業と同じような操作で授業を進めることができる。

3.1.2 閲覧機能

教室内で行われる一斉授業では、教師が回覧して生徒の状況を把握することがある。たとえば、教師が問題を出し、生徒がその問題を解いている間に教室内を回覧し、その解き方を見て生徒が授業の内容を理解しているか確認するときがある。しかし、遠隔地にいる生徒の状況を把握するのは

難しい．そこで双方向通信を行える利点を利用して，生徒が3.2.2で述べる機能を用いて，書いた内容を教師が確認できる機能を付ける．教師側に電子白板とは別にディスプレイを持ち，教室内の生徒が見ることができないようする．このようにして遠隔地にいる生徒の状況を確認できる．

3.1.3 受信機能

同一教室で行われる一斉授業において，教師は一方的に授業を行うわけではない．生徒が発言や質問をする際に，挙手をして教師にアピールする．また，教師が生徒に問題を出して黒板に解答を書かせることが日常的に行われている．

そこで，遠隔地にいる生徒が挙手していることを教師に視覚的にわかるような機能をつける．また，教師が問題を出して，遠隔地にいる生徒が電子白板に解答を書き込む場合に電子白板に書き込む権利を譲渡する．

3.1.3 保存機能

板書内容の保存を行えるようにする．保存した板書データは後の授業で再利用を可能とし，教師が保存してあるファイルを開いたときに遠隔地にいる生徒にそのファイルの板書データを配信する．この機能を付けることで，授業の前に教師が準備していた資料を配信することができるので効率よく授業を進めることができる．

3.1.4 スクロール機能

電子白板の大きさには限りがあるため，板書領域を有効利用する工夫が必要である．そこでスクロール機能を装備する．スクロール機能とは電子白板に表示されている内容を，そのまま左右にスライドさせる機能である(図7参照)．ウィンドウの下にある「スクロール領域」をペンダウンし，ペンムーヴによるペンの動きに合わせて表示内容が円滑にスライドされる．教師がスクロールしたときにスクロールした幅のデータを遠隔地の生徒に送信する．このデータによって生徒側の画

面も電子白板と同期して表示画面がスライドする．

文字の点座標を図2の破線で囲まれた部分のように仮想座標系で保持し，画面で表示する領域をスライドさせることによってスクロール機能を実現する．板書領域が不足した場合にスクロールすることによって新たな板書領域を確保することができる．また，前に書かれた板書内容を容易に振り返ることができる．

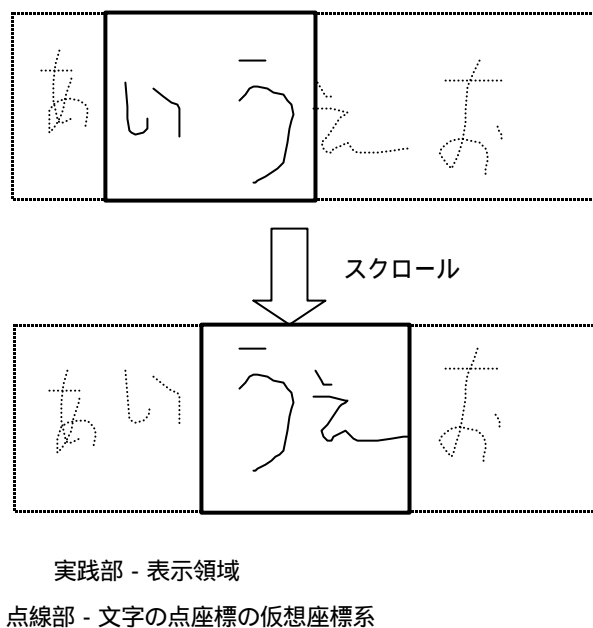


図 4.スクロールの概念

3.2 生徒側機能

3.2.1 メモ機能

生徒側 PC で，メモを取ることができる機能を付ける．

3.2.2 生徒からの情報発信

教室で行われる一斉授業では生徒から挙手をして質問や発言することがある．本システムは，教室で行われる一斉授業に遠隔地にいる生徒が参加するので，生徒から発言を教師に送信する必要がある．そこで，遠隔地にいる生徒が教師に挙手していることをわからせ，生徒が電子白板

に書きこみを行うことができる機能を付ける。

(1) 挙手

生徒が授業中に解らないことがあった場合などに教師に意思を伝える事を可能とする。

(2) 電子白板への書き込み

生徒が電子白板に書き込むことができる権利を教師から譲渡されたときに可能とする。

3.3 ユーザインタフェースの設計方針

本システムは、従来の PC 環境とは異なる電子ペン、表示一体型タブレット、または、電子白板を使用しているため、特有のインタフェースが必要となる。システムを設計するにあたり我々は次の点を考慮した。

(1) 利用者の立ち位置に依存しない操作性

従来の黒板を使った授業では、チョークの色を変えるときや黒板消しを使うときにチョークや黒板消しがある場所まで移動しなければならない。教師側で授業に差し支えが無いように無駄な動作を極力避け、利用者が立つ位置に依存しないように設計する。

また、黒板に比べ、板書面が狭い電子白板全体を板書で使うため、板書面を有効活用する工夫が必要である。これについては、当研究室で行われている大画面インタフェースに関する研究の成果を活かした設計を行う^{4)~6)}。

教師が黒板で授業を行う場合は、黒板全体を使って図や文字を書く。そこで、本システムでも同様に、描画スペースを広く確保する。

(2) 簡単な操作性

シンプルで簡単な操作でシステムが動作するようにする。また、キーボードを使うことなく電子ペンを使用するだけで操作できるようにする。この他にもマニュアルを読む必要が無い直感的な操作を実現する。

(3) 表示内容の滑らかな変化

遠隔地から参加する生徒の画面に表示されている内容や、アバタが突然切り替わると生徒は驚き、戸惑う。そのようなことが起こらないように表示内容の変化やアバタの動きを滑らかにする。

4. 実現

上記 2 章から 3 章で述べた方針に沿って、対話型電子白板と足位置検出装置を用いた遠隔授業支援システムを試作した。

4.1 クライアントからの接続

遠隔地にいる生徒は、サーバである教師の PC に接続する。何らかのアクシデントで回線が切れたときに、再接続して再び授業に参加することができるようにする。

また、授業の途中で接続してきた生徒に対して、電子白板に書かれた板書内容をすべて送信する。このことによって、生徒は授業に追いつくことができる。

4.2 板書

図 5 の板書領域に板書を行う場合、必要に応じて図 6 の「色選択領域」から線の色を選択し、「太さ選択スクロールバー」から線の太さを選択する。選択されている線の色と太さを「線のプレビュー」で確認できる。板書内容を消去したい場合には黒板消しで消す場合と同様に、電子イレーサを用いて消去する。また、電子イレーサを用いずに板書内容を消去する場合には「消しゴムボタン」を選択し、電子ペンで消去する。

上記で記したとおり、ペンの色や太さを変更するには制御ウィンドウで操作する。しかし、ペンを変更するたびに制御ウィンドウが表示されている場所まで歩いていくのは無駄であり、円滑な授業の妨げとなる。そこで「スクロール領域」に

一定時間電子ペンを停留すると、制御ウィンドウを手元に呼び出す機能を付けた。このことによって教師の立ち位置に依存せず制御ウィンドウを表示させることができる。

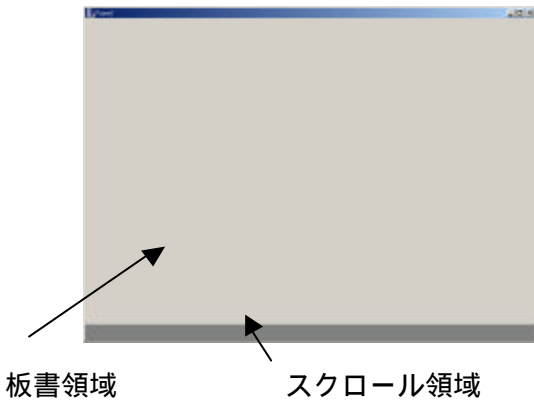


図 5. 板書画面

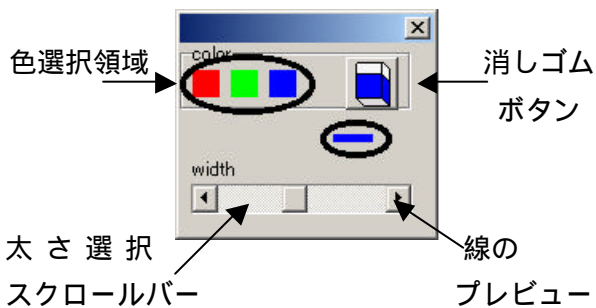


図 6. サーバ用制御ウィンドウ

4.4 サーバへの接続

図 8 のクライアント用制御ウィンドウの「IP 入力ボックス」にサーバの IP アドレスを入力し、「接続ボタン」を押す。サーバと通信が確立されればタスクバーが「Disconnect」から「Connect」に変わる。(図 9)

4.5 スクロール同期の切り替え

サーバでスクロールされたときに生徒側の PC の画面も同期してスクロールする。このことによって、遠隔地にいる生徒は常に電子白板に表示さ

れている内容と同じ画面を見ることができる。

しかし、生徒が授業中にメモを書き込んでいる最中に教師がスクロールした場合に不具合が起こる。また、生徒が個人的に前に書かれた板書内容を振り返りたいときに自分でスクロールして参照できれば学習を効率的に行うことができる。そこで、教師のスクロールの影響を受けず、生徒自らスクロール操作を行える機能を付けた。この機能をスクロールの非同期と呼ぶ。図 8 の「非同期チェックボックス」をチェックして機能を ON にした場合、教師によるスクロールの影響を受けずに、生徒自らスクロール操作を行うことができる。このときは、アバタを非表示にする。OFF にした場合、教師側の電子白板に表示されている内容と生徒の PC の画面を一致させ、以後教師のスクロールに同期する。



図 7. 生徒側端末の実行画面

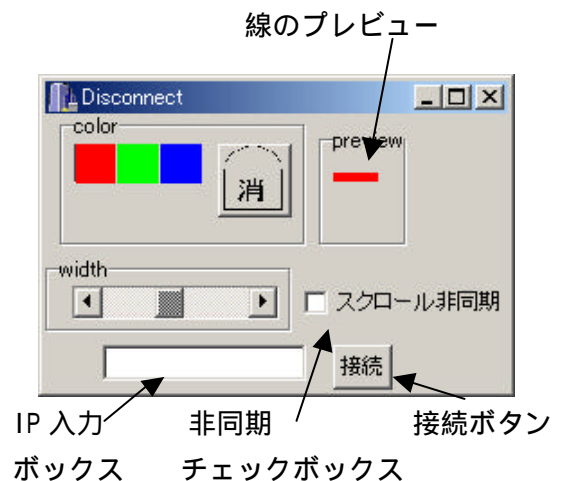


図 8. クライアント用制御ウィンドウ

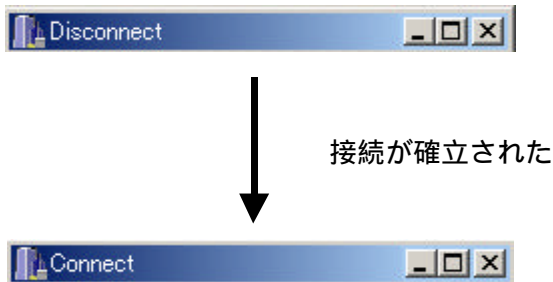


図 9. 接続の確認

5. 応用

本システムの応用事例として、教室内の生徒にも PC を配備し、グループ学習に応用することで、学習者の相互作用を支援する CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) が可能となる。⁶⁾ さらに、遠隔地の教室間をインターネットで繋ぎ、クラス単位で授業に参加するというシステムにも応用できる。

6. おわりに

本稿では対話型電子白板と足位置検出装置を用いた遠隔授業システムのプロトタイプを設計し、試作した。教師の立ち位置を検出することで教師の動作を再現し、遠隔地にいる生徒に対して、少ないデータ量で一斉授業の内容と雰囲気伝えることが可能となった。

今後は予備評価を行い、それによって得られる結果を参考に機能、インタフェース両方の面から修正及び改良を行う。更に、実際の教育現場で評価実験を行い、教育学的立場からの意見を参考に必要な機能を付加していく予定である。

謝辞

本研究は科研費基礎研究(B)(2)11558031 及び、科研費奨励研究(A)13780205 の一部補助による。

また、日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社との共同研究においてご指導ご助言を頂戴した。

参考文献

- 1) 鈴木和信, 坂東宏和, 加藤直樹, 中川正樹: “教育用対話型電子白板のユーザインタフェースとミドルウェア”, 第 62 回情報処理学会全国大会講演論文 Vol.4, pp.217-218(2000).
- 2) 小國健, 中川正樹: “対話型電子白板システムを用いた種々のアプリケーションのプロトタイプ”, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会資料 67-2, pp.9-16 (1996.7).
- 3) Norbert A. Streitz, Jorg Geibler, Jorg M. Haake, and Jeroen Hol: “DOLPHINE: Integrated Meeting Support across Local and Remote Desktop and Liveboard”, CSCW '94, pp.345-358(1994).
- 4) M. Nakagawa, T. Oguni and T. Yoshino: “Human Interface and Applications on IdeaBoard”, Proc. IFIP TC13 Int'l Conf. on Human-Computer Interaction, pp.501-508 (1997.7).
- 5) M. Nakagawa, K. Hotta, H. Bandou, T. Oguni, N. Kato and S. Sawada: “A Revised Human Interface and Educational Applications on IdeaBoard”, CHI99 Video Proceedings and Video Program and also CHI99 Extended Abstracts pp.15-16 (1999.5).
- 6) 石田準, 坂東宏和, 加藤直樹, 中川正樹: “一斉授業に適した問題配信解答表示システムの試作”, 第 62 回情報処理学会全国大会講演論文 Vol.4, pp.343-344(2000).