

## 板書者情報を利用する電子黒板の設計

櫻田 武嗣<sup>†</sup>

本稿では、板書者の情報を使って板書データを管理する電子黒板の設計について述べる。これまでの電子黒板は、複数の授業ごとに教師が入れ替わって板書を行う点を考慮していなかった。そのため、一人の教師の板書データはそれぞれの電子黒板システムに散在してしまう。本稿では、ネットワークを利用して板書データを一元管理することにより、板書データが散在しないようにするとともに、別の場所からのデータ利用を可能とする。また、板書者情報を取得し、蓄積する板書データに自動的に付加することにより、板書者別のデータ管理を可能とする。

### Design of electronic blackboard system using writer information

Takeshi Sakurada<sup>†</sup>

This paper describes a design of the electronic blackboard system using information of person who is writing on the blackboard. This system manages the blackboard demonstration data intensively using a network. Because the conventional electronic blackboard system does not consider the point that teachers are replaced every plural classes, and write on a blackboard, the handwriting data of one teacher disperse in each electronic board system at classroom. My designed system manages the data of the blackboard demonstration intensively. Therefore, we can use handwritten data at another place. In addition, the handwritten data management is possible according to a person by acquiring information of the person who wrote on a blackboard automatically.

### 1. はじめに

近年、コンピュータの導入が様々な場所で進み、電子化が着々と進捗しつつある。教育現場も同様で、コンピュータを使った授業などが行われている。また講義資料の電子化やパワーポイントなどの電子的なスライドを使った講義も行われてきている。一方では従来の黒板も授業で使われ続けている。黒板は生徒の注目を集めやすく、生徒の理解度に合わせながら授業を展開できるという利点がある。そのため、パワーポイントだけを利用した授業スタイルだけではなく、黒板を使って授業を電子化していくことも必要である。

現在、黒板やホワイトボードを電子化するための研究として電子黒板(白板)が研究開発され、販売されている。英国などでは、学校への電子黒板(白板)の導入が実際に進んでいる[1]。しかしながら日本では電子黒板は学校にあまり普及していない。この普及の差の原因の一つに授業形態の問題があると考えられる。電子黒板の授業の多くは、教師がいる教室に生徒が出向いて授業を受ける形態であり、電子黒板を導入した場合、教室に設置された電子黒板はその教師が専用で使うことになる。そのため、その教師自身で機器が自由に設定でき、電子黒板システムに記録した板書データは他の教師のものと混じることがないため、比較的簡単に整理が可能である。しかしながら日本の教育現場では、生徒のいる教室に教師が出向く形態のため、教室に設置された電子黒板は何人も教師で共有されることとなる。このため電子黒板を使って板書データをデジタル化することができたとしても、どのデータがどの教師が板書したものであるかを結びつけることは手間がかかる。また、一人の教師が書いたデータは複数の教室に分散して保存されてしまう。それぞれの教師が自分専用の電子黒板を持ち運べばこれら問題は解決されるが、電子黒板の物理的大きさやセッティングの手間を考えると、短い休み時間に持ち運んでセッティングまで行うのは現実的ではない。このため、日本では電子黒板を購入しても、電子黒板を活用されることが少なく、普及が進まない状態が続いていると考えられる。電子黒板における研究は、電子黒板上で動作する教育用ソフトウェアの研究、電子黒板上でインタフェースに関する研究が中心であり、日本の授業形式にかかわる問題はこれまで考えられていかなかった。本稿では、電子黒板が複数人で入れ替わり使用されることを考慮に入れ、板書者の情報を取得することにより、板書情報を管理する電子黒板システムの設計について述べる。

### 2. 従来の電子黒板システム

電子黒板は大きく2つの形態があり、板書を紙やフラッシュメモリなどに出力するだけのもの、PCなどと組み合わせてインタラクティブに操作可能なものがある。前者

<sup>†</sup> 東京農工大学 総合情報メディアセンター  
Information Media Center, Tokyo University of Agriculture and Technology

は PLUS の電子黒板コピーボードシリーズ[2]やパナソニックのパナボード[3]などがあり、ホワイトボード面へ普通のホワイトボードマーカで書いたものをスキャンして、コンパクトフラッシュや USB メモリ、紙へ出力するものである。普通のホワイトボードマーカで筆記するため、違和感無く使用可能であるが、ホワイトボード面をスキャンしての出力であるため、フラッシュメモリに出力しても筆記順などが分からない単なる画像データとなってしまう。一方後者は、Xerox の LiveBoard[4]の研究をはじめとして、日立ソフトウェアエンジニアリングの StarBoard[5]、Virtual Ink やココヨの mimio[6]、スマートテクノロジーのスマートボード[7]などの製品がある。これらは専用の電子ペンで筆記や操作したものをリアルタイムにコンピュータへ取り込むことができるため、インタラクティブな操作が可能である。本稿では、板書者の情報を筆記データと合わせて取得する必要があり、デジタル化したデータの再生なども考慮するため、本稿では後者のタイプを電子黒板として使用する。

電子黒板製品の多くはプレゼンテーションや企業での会議を前提としたものである。そのため、黒板という名前が付いていても学校教育で教室に設置されているような大きなものではない。したがって、黒板で行っていた授業をそのままの形で電子黒板を使って行うということは、板書面の大きさからも難しかった。

一方で、電子黒板に関する研究は、電子黒板上のインタフェースの研究[8]や電子黒板上で動作するアプリケーションに関する研究が中心であった。例えば、特定の教科向けにアプリケーションを作成してそれを電子黒板上で動かして授業を行う実験をしたり、板書データの配信実験を研究室レベルで行ったりするものである[9][10]。また、電子黒板上で書かれた手書きのデータを文字や図形として認識するというもの[11][12]などがある。しかし、いずれも授業を行う実験などであり、電子黒板を普段の授業で使えるようにするための研究はされてきていなかった。

また、多くの電子黒板では板書の手書きデータをデジタル化して保存、呼び出しが出来るが、その際にファイル名を入力する必要がある。電子ペンを使って板書していたものを、ファイル名を入力するためにキーボードから入力するため、板書作業を中断することになってしまう。これを防ぐため、自動的に板書のデータを保存するようにした場合、保存時は操作が必要無いが、データを呼び出す際に日時からデータを推測して呼び出す必要がある。

日本の授業形態のように、教師が入れ替わり電子黒板を使うような環境では、前述のように同一システム内に他人の手書きデータも混じって保存されてしまうため、目的の手書きデータがどれかが分かりにくくなる。また、他人が誤ってデータを上書きしてしまったり、データを消してしまったりする可能性がある。

### 3. 新しい電子黒板の設計

#### 3.1 新しい電子黒板の要件

新しい電子黒板に求められるものについて述べる。まず黒板という点から、電子ペンで板書ができる必要があるため、書く、消すという板書機能が必要である。従来の黒板やホワイトボードを使用する多くの場合、数色のチョークやマーカを使い、内容を分かりやすくするために色を効果的に使って板書を行っていた。電子黒板でも1色ではなく、数色使い、書く、消すという機能が必要である。また、電子ペンも複数用意し、この電子ペンはこの色というように、電子ペンを持ち替えることで色を使い分けられるようにするのが直感的である。

従来の教室は、前方の大部分が黒板で占められていた。そのため広い板書領域があった。従来の電子黒板システムの大きさは、従来の教室に設置されていた黒板の半分の高さもなく、従来と同じように板書するには広さが十分ではない。板書する広さを大きくするには、2つの選択肢が考えられる。1つ目は電子黒板自体の大きさを大きくする[13]、2つ目は電子黒板を複数台並べて使用する形である。単純に複数台並べて使用する場合には、個々の電子黒板システムに板書した手書きデータが、それぞれのシステムにばらばらに保存されてしまう。授業1コマのデータを1つのデータとして扱うためには、複数台を連動させて使用できるようにする必要がある。

板書が電子化されるという利点を生かすには、板書された手書きデータの再利用が考えられる。つまり、手書きデータの保存、読み込み、配信などである。データの再利用を行いたい場合、目的のデータがどれかを判別できる必要がある。前述のように日本の授業形式を考えた場合、同じ教室に教師が入れ替わりやってきて授業をする。その場合、教師が毎回電子白板を持って来るよりも電子白板を教室に据え付けておき、それを複数の教師が利用の方が自然である。この場合、当然のことながら複数の教師が同一のシステムを共有することとなる。従って、板書した手書きデータを再利用したいと思った場合に、誰が書いたデータなのかということを簡単に識別できなくてはならない。短い休み時間の中で教師が入れ替わるため、簡単な操作で手間のかからないように板書者を特定できるようにしなくてはならない。またインタフェースを統一する点から、すべての操作は電子ペンを使って電子黒板上でできることが望ましい。

#### 3.2 板書者の特定

板書された手書きデータは誰が書いたのかを識別するには、板書者の情報をシステムに認識させる必要がある。システムに ID やパスワードなどをキーボード（ソフトウェアキーボード）から入力させて利用してもらえば、システム側に誰が使っているかを判別させるのは簡単である。しかしながら、わざわざシステムにログインしなくてはならなくなるため教師側の手間がかかり、短い休み時間に前の授業の片付け、

移動、次の授業の準備をしなくてはならないため、実際に使用することは難しいことが想定される。

次に、時間割によって使用する教師をあらかじめ特定しておくことが考えられる。この場合、授業を行う教師は何もしなくても良いため手間がかからない。しかし、電子的に時間割が管理されていなければならない、振替授業や補講、授業時間の延長などがあった場合には、対応することが難しい。

そこで本稿では ID カードを使用して板書者情報を取得することとする。まず各教師に ID カードを配布する。システムは ID カードを読み取り、板書者の情報を取得する。これにより、板書された手書きデータと板書者の情報を簡単に結びつけることが可能である。

### 3.3 システムの設計

前述の要件に基づき、システム的设计を行う。システムは大きく3つに分けられ、電子黒板部、手書きデータ管理サーバ部、データ閲覧部である。全体構成図を図1に示す。それぞれについて述べる。

### 3.4 電子黒板部

電子黒板部は、電子黒板側で動作する部分である。電子黒板のハードウェアを制御する電子黒板制御部、手書きを行う電子黒板表示部である。

#### 3.4.1 電子黒板制御部

電子黒板制御部は、電子ペン、電子イレーサの位置、種類を取得し、OS(Operating System)または電子黒板表示部へ情報を送る。これはデバイスドライバ的な役目となる。また、複数の電子黒板のハードウェアを制御可能な仕組みとする。電子黒板では、電子ペンのセンシング部と画面を表示する表示部が異なるデバイスであるため、最初に電子ペンの位置補正を行う必要がある。その電子ペンの位置補正も簡単に行えるようにする。

一般的に電子黒板システムにはデバイスドライバが付属しているが、それではなく電子黒板制御部として独立で設計するには次の理由がある。それは、電子黒板上では板書するためのソフトウェアだけでなく、他のアプリケーションを動作させることがあるからである。一般的な電子黒板システムに付属のソフトウェアでは、電子ペンの詳細情報は付属のソフトウェアでしか利用できないようになっている。本稿では、電子ペンの詳細情報を他のソフトウェアでも利用できるように設計を行う。

また、通常マウスを使って操作する一般的なアプリケーションへの対応も考慮に入れ、OS に対してはマウスイベントとして制御をかけ、ペンの種類などといった付加的な情報はマウスイベントの拡張情報などに持たせる形とする。他のソフトウェアで

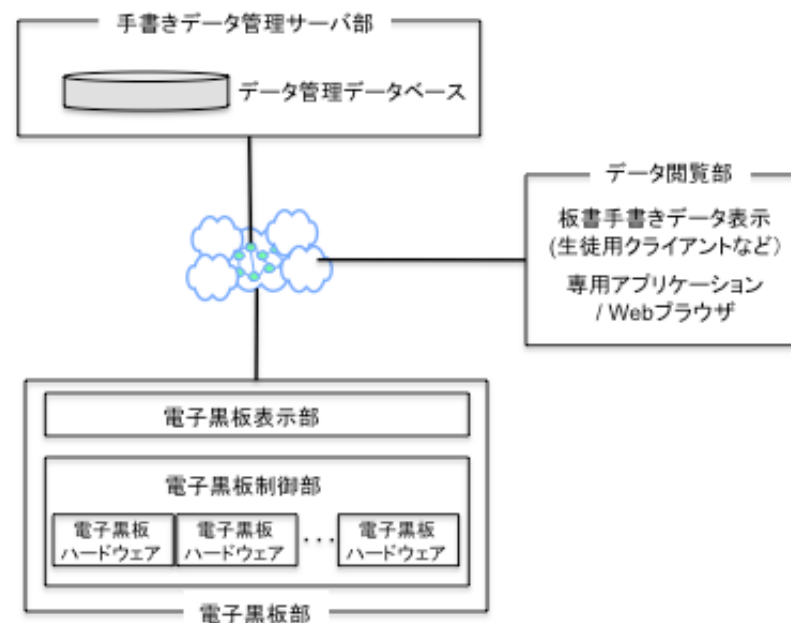


図1 システム全体図

電子ペンの詳細情報を利用したい場合は、このマウスイベントの拡張情報などを使えばよいようにする。

#### 3.4.2 電子黒板表示部

電子黒板表示部は電子黒板制御部から送られてくる電子ペンの位置、種類の情報に応じて電子黒板面に描画を行う。また、板書者の情報を ID カードから読み取ることを行う。電子ペンで書かれた手書きデータと ID カードから読み取った板書者情報、どの電子黒板かを示す電子黒板システムの識別子を結合し、後述の手書きデータ管理サーバ部へ送信する。

これにより、ID カードを利用して板書者を判別することができ、板書者別の手書きデータを整理することが可能である。

### 3.5 手書きデータ管理サーバ部

手書きデータ管理サーバ部は、電子黒板表示部から送られてくるデータを受信し、データベースへ格納する。また、保存されている板書データをデータ閲覧部へ提供する。板書した教師の ID やどの電子黒板に書いたものか、書かれた日時などから検索を可能にし、データ閲覧部へデータの提供を可能にする。

### 3.6 データ閲覧部

データ閲覧部は、手書きデータ管理サーバ部で保存されている板書データを教師の ID や日時などから検索し、データ閲覧部の画面に表示する。板書データは板書された順番に再生可能にする。生徒が自習用などに使うことを考え、動作環境を専用クライアントソフトウェア、Web ブラウザを用いたクライアントなどを用意する。それぞれの動作環境に合わせ、動作速度などを考慮し、使える機能を制限する。

## 4. プロトタイプの作成

前述の設計に基づきシステムの実装を行う。

### 4.1 ハードウェアの設置

複数台電子黒板を並べた環境を作成するため、教室へ電子黒板を2台並べる形で設置した(図2)。2台並べることによって板書面を広く取るためである。予算面、設置場所の都合から黒板の前面から天井吊り下げのプロジェクトで投影する前面投影式の電子白板を設置した。このため、電子黒板とプロジェクトの間に板書者が入ることになり、板書者の影によって、板書面が隠れてしまい、見にくい場合がある。予算や設置場所の問題が解決されれば、背面投影式を選択するのが望ましい。

電子黒板のハードウェアは、電子ペンの持ち替えによる色分けを可能にするため、複数電子ペンが識別可能な日立ソフトウェア製の StarBoard F-75 を使用した。StarBoard F-75 は電子ペン4種類と電子イレーサを使用可能である。また、StarBoard F-75 は赤外線と超音波を使って電子ペンの位置、種類を検出している。2台並べた環境で電子ペンの検出状況の確認を行ったところ、隣の電子黒板上で電子ペンをタップしたにもかかわらず、電子ペンを検出してしまふ誤検出が発生してしまっていた。このため電子黒板間に高さ10cm、厚さ4cm程の発泡ウレタン製の仕切りを入れた。これにより電子黒板間の干渉を防ぐことができた。電子黒板とPCとの接続は、USB シリアルポート変換器を使い、2台の電子黒板を1台のPCと接続した。また2枚の電子黒板面に別々の画面を投影するため、Matrox社のDualHead2Goを使い1台のPCの1つのVGA出力から2画面分を出力する。

板書者のIDカードを読み取る必要があるが、本学では教職員にSONY Felicaを利用

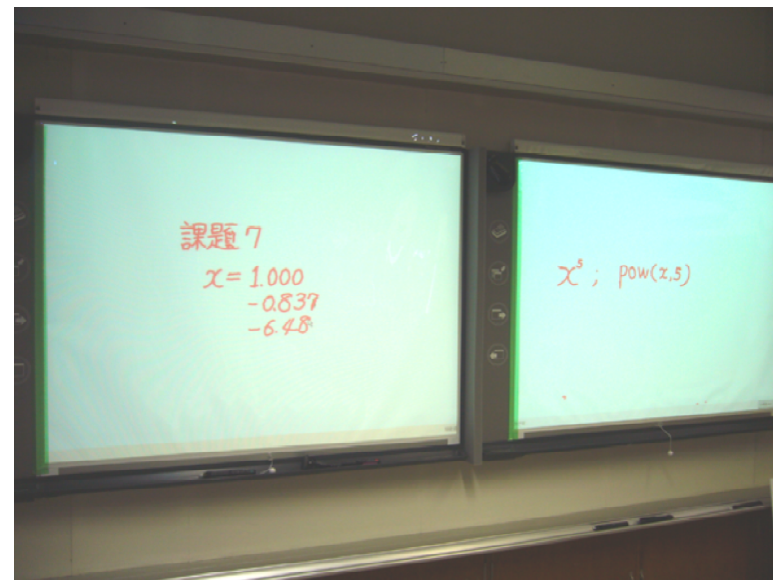


図2 ハードウェアの設置(ソフトウェアの動作中)

したICカードを独自に配布している。本稿では、これをIDカードとしてとして用いる。ICカード内には教職員一人一人に割り当てられたID番号が格納されているのでこれをタグ付けに用いる。ICカードリーダー・ライタにはUSB接続の低価格なICカードリーダー・ライタであるSONY RC-S320を用いた。ICカードリーダー・ライタは電子黒板を接続したものと同一のPCに接続し、電子黒板表示部から制御を行い、ICカード情報を読み取る。これにより、電子白板を利用する時にはカードリーダーにICカードを置く、使い終わったらICカードリーダーからカードを取るという単純な操作で運用が可能である。

### 4.2 ソフトウェアのプロトタイプ構築

前述のハードウェアの上で動作するソフトウェアのプロトタイプを作成した。これについて次に述べる。

### 4.3 電子黒板部

#### 4.3.1 電子黒板制御部

電子黒板制御部は、プロトタイプ構築では2台の電子白板を制御する。電子黒板はシリアルポートで接続されているようにPCからは見える。電子黒板が接続されているシリアルポートをそれぞれ監視し、電子黒板からのデータを解析し、電子ペンの位置と種類を検出する。その検出結果に基づき、実際にプロジェクタで投影される画面上での表示位置を算出する。

算出したデータは通常のイベントとマウスイベントに変換しOS側へ送出する。マウスイベントの中には、マウスのX,Y座標、マウスボタンのアップダウン情報の他に拡張情報を埋め込む。拡張情報には、本システムで送信したことを示すフラグ、どの電子黒板から送出された情報かを示す識別子、電子ペンの種類、電子ペンのボタンが押されたかの情報などを格納する。

電子黒板が接続されている電子ペンと画面上の位置関係は、天吊りや背面投影式の場合はほとんど変化が無いが、プロジェクタを毎回設置する場合にはプロジェクタの投影位置と電子黒板の位置によって、画面上での電子ペンの位置が大幅に異なるため、簡単に補正できる必要がある。本構築では台形補正等はプロジェクタに任せることとし、簡単に左上と右下の2点を電子ペンでタップすることによって位置補正を行う仕組みとした。

これらの位置補正結果や電子黒板の接続情報（電子黒板の種類やシリアルポートの割り当て、シリアルポートの通信設定など）は自動的にファイルに保存し、次回起動時にそのファイルを自動的に読み込み、設定されるようにした。既に設定が行われていれば、起動すると最小化してバックグラウンドで動作する。従ってOS起動時に自動的にこの電子黒板制御部のプログラムを起動するようにしておくことで、すぐに電子ペンをつかった作業が可能である。

#### 4.3.2 電子黒板表示部

電子黒板白板ソフトウェアは、電子黒板制御部から送出されたマウスイベントを取得する。この拡張情報を含んだマウスイベントの中から電子ペンの位置と種類を取り出し、電子ペンの種類に応じて色を変え画面に線を描画する。描画線の情報は、1ストローク（1回の電子ペンアップ）ごとに、そのストロークのXY座標列、ペン色、ペン太さ、時間、電子黒板自体の識別番号、前回電子黒板が全画面消去された時間、板書者のIDをまとめて手書きデータ管理サーバ部に送出する。板書面の全画面消去は、新しい事柄を書き始める時に使われるため、これを板書手書きデータの大きな区切りとして利用する。前回電子黒板が全画面消去された時間を、ノートなどのページに相当する概念として利用する。後に述べるデータ呼び出しや、サムネイル表示もこの全画面消去の区切りごとに表示する。

板書者のIDは、電子黒板表示部のソフトウェアがPCに接続されたICカードリーダー・ライタを使って読み込む。ICカードのポーリングを常時行い、ICカードが置かれた状態で電子白板に書かれたデータはそのICカードの持ち主が書いたものとして処理する。板書している途中からICカードをリーダー・ライタに置き忘れたことに気づき、途中からICカードをかざす場合なども考えられるが、本稿ではシステムを単純化し、普段の授業から使うシステムにすることを目的としているため、ICカードを置いた時にだけIDを電子ペンの情報と結びつけることとする。

#### 4.4 手書きデータ管理サーバ部

手書きデータ管理サーバ部は、電子黒板表示部から接続を受ける。電子黒板側から送出されてきたデータを保存する。またデータ閲覧部からのデータ検索要求に応じてその結果を返す。

板書手書きデータは電子ペンの位置、種類などのテキストデータの集合として処理できるため、データの保存にはシステムの構築のし易さ、速度面、安定性などの面から本稿のプロトタイプ作成ではMySQLを使用した。

#### 4.5 データ閲覧部

板書されたデータの閲覧は、Webブラウザを利用して閲覧する汎用クライアントを実装した。Webブラウザを利用したクライアントでは、VML(Vector Markup Language)を用いて板書データを表示する。この場合、Webブラウザがあれば、特にソフトウェアをインストールしなくても利用可能であるため、生徒が自習用に板書データを閲覧する場合などに利用可能である。

#### 4.6 システムの動作

プロトタイプを教室に設置し、実際に講義等で板書に利用できる状態にしたが、板書者情報を利用する点以外の問題があった。制御するPCのOS起動時間が長いと、それが待ちきれない、講義時間時間がもったいないといった意見があった。そこで常にPCを起動状態(省電力モード)にしておき、プロジェクタの電源だけがON-OFFする形にした。板書をしてもらえるようにはなったが、プロジェクタの解像度がXGAであり、これまでの黒板に比べると細かく記述が出来ない点、電子ペンの入力から画面に出力されるまでのわずかではあるがタイムラグが違和感となり、スライドを中心とした講義の補足程度の板書にしかまだ利用されていない。これらの点についても改良の必要がある。

## 5. おわりに

本稿では授業での電子黒板利用において板書領域が狭い、板書を書いた人物による振り分けが難しいなどの問題を解決するため、板書者情報とネットワークを活用した新しい板書データの管理システムの設計について述べた。本稿で述べた方法を用いることで、日本的な授業形式において、教室に設置された電子黒板を利用しやすくなる。板書データは教師が持つ ID カードなどにより自動的にタグ付けされるため、後で板書データを検索して再利用しやすい。また板書データを手書きデータ管理サーバで一元管理するため、授業が別の教室になっても、生徒が自習用に板書データを使おうとしても、板書のデータを蓄積したり、呼び出したりすることが可能となる。

今後は全機能を実装、一般に公開し、様々な先生に実際に授業を長期間にわたって行ってもらい、板書データの呼び出しや再利用などの機能の評価を行うとともに、機能を追加し、より一般的に長く使えるシステムにしていく必要がある。そのためには、プロトタイプで作成で出てきた問題点を解決するための工夫が必要となり、その点についても研究を進めていく必要がある。

**謝辞** 本研究は科研費（21700802）の助成を受けたものである。

## 参考文献

- 1) 清水康敬: 電子黒板で授業が変わる, 高陵社書店, ISBN 4771106576, 2006.
- 2) プラスビジョン社コピーボード 製品 URL: <http://www.plus-vision.com/jp/>
- 3) 松下電器 パナボード 製品 URL: [http://panasonic.jp/eboard/line%u2264\\_up/](http://panasonic.jp/eboard/line%u2264_up/)
- 4) Elrod, S., et al. LiveBoard: A large interactive display supporting group meetings, presentations, and remote collaboration., Proceedings of CHI 92, Human Factors in Computing Systems, pp.599-607, 1992.
- 5) 日立ソフトウェア StarBoard 製品 URL: <http://starboard.hitachisoft.jp/>
- 6) Virtual Ink mimio 製品 URL: <http://www.mimio.com/>
- 7) スマートテクノロジー株式会社 スマートボード 製品 URL: <http://www.smartboard.co.jp/>
- 8) M. Nakagawa, T. Oguni, T. Yoshino: Human Interface, Applications on IdeaBoard, Proc. IFIP TC13 Int'l Conf. on Human-Computer Interaction, pp.501-508, (1997.7)
- 9) 財団法人コンピュータ教育開発センターeスクエアプロジェクト:<http://www.mbrain.com/e2/>
- 10) 大即洋子, 坂東宏和, 加藤直樹, 中川正樹: 対話型電子白板を用いたグループ間の競争による学習を支援する教育ソフトウェアの一例とその効果; 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.6, pp.1635-164 (2003).
- 11) Takeo Igarashi, W. Keith Edwards, Anthony LaMarca, Elizabeth D. Mynatt : An Architecture for Pen-based Interaction on Electronic Whiteboards; AVI 2000, ACM Press, Palermo (Italy), pp.68-75 (2000).

12) Keisuke Mochida and Masaki Nakagawa : Separating Figures, Mathematical Formulas and Japanese Text from Free Handwriting in Mixed On-Line Documents; International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence (IJPRAI), Vol.18, No. 7, pp.1173-1187 (2004).

13) 櫻田武嗣, 中川正樹: 磁気式モーションキャプチャ装置における双極子 2 個による位置・姿勢決定方式とアルゴリズム, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J85-C, No.6, pp. 485-491, 2002.