

## 情報交換を可能とした電子黒板・ノートシステムの試作

石田 準, 坂東 宏和, 加藤直樹, 中川 正樹

東京農工大学工学部

〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16

042-388-7144

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

本稿では、一斉授業の支援を目的とし、従来の教室環境では欠かせない板書と生徒のノート取りを LAN で接続された対話型電子白板とペン入力 PC 端末を用いて電子化する試みについて述べる。基本的な黒板とノートの機能に加え、電子黒板上に教師が板書した説明や問題等を電子ノートへ配信する機能と、逆に生徒が電子ノート上に書いた解答等を電子黒板へ返信する機能を提供する。電子化によって、板書やノート取りの手書きデータの送受信に加えて、筆記情報の保存と再利用が可能となる。本システムの設計と試作、そして予備評価により、LAN で接続された対話型電子白板とペン入力 PC 端末を利用した一斉授業における新しい授業形態の可能性を示した。今後は手書きデータに加えて、電子教材を送受信できるように拡張する。

## Prototyping of an electronic whiteboard and notebook system providing information exchange

Hitoshi Ishida, Hirokazu Bandoh, Naoki Kato, Masaki Nakagawa

Tokyo Univ. of Agriculture and Technology

2-24-16 Naka-cho, Koganei, Tokyo, 184-8588, Japan

+81-042-388-7144

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

This paper presents prototyping of an electronic whiteboard and notebook system connected with LAN. This system enhances usual lectures that have been made using a blackboard. A teacher can write questions on the electronic whiteboard and distribute them to students, then students can receive them, write answers on their electronic notebooks and return them to the teacher. This system enables teachers and students to store and reuse handwriting written on the electronic whiteboard and handwritten notes written on electronic notebooks. We have designed and implemented this system. A preliminary evaluation implies the possibility of a new way of lecturing by using an electronic whiteboard and pen PCs connected with LAN. We will enhance this system so that it can send and receive electronic teaching materials being used as well as handwritten data.

## 1. はじめに

近年、コンピュータにおける技術の大幅な向上によって一人に一台といった環境が容易に実現可能となり、教育現場へのコンピュータの導入が試み始められている。学校側は生徒一人一人にパーソナルコンピュータ（以下 PC）を与え、生徒は与えられた PC で様々な学習支援ソフトウェアを使った学習を行うことができる。このような PC を使った学習は、PC に慣れ親しむ意味合いもあり、今後の情報化社会に対応するためにも非常に重要視されている。また最近ではこういった個人学習形態だけではなく、大型の対話型電子白板を用いた従来の一斉授業形態の学習が試みられている。対話型電子白板を利用することによって、黒板を利用した従来の授業形態の再現と、WEB や学習支援ソフトウェアなどの電子データの利用という利点を兼ね備えることができ、授業における表現の拡張性を示している。

東京農工大学工学部中川研究室（以下当研究室）では対話型電子白板の可能性を示すことを通して、その利用を促進させるとともにその環境を前提とした教育用アプリケーションの開発を進めている<sup>1)2)</sup>。特に一斉授業の環境および電子教材の開発環境を提供する対話型電子白板用ミドルウェア<sup>3)</sup>の開発により、対話型電子白板側のアプリケーションの統合を図るなど、電子白板側の環境の整備を進めている。

しかしながら現在、生徒側の端末では従来の講義で使用するノートの代わりになるようなアプリケーションについては十分でない状況である。また対話型電子白板と生徒側端末はネットワークによって繋がっているが、情報交換などの連携については十分ではない状況である。ネットワークによる PC 間でのデータの共有は従来の講義授業には無かった先生と生徒の新しいコミュニケーション方法の一つとして、授業の進行において今までに無いアプローチを行えるであろう。そこで本稿では対話型電子白板とペン入力 PC を用いることによって黒板とノートを電子化し、さらに対話型電子白板と各生徒用ペン入力 PC との間に張られているローカルエリアネットワーク（LAN）を利用して問題と解答のデータのやりとりを行う連携システムの設計、試作、評価実験について述べる。

本稿の 2 章では一斉授業における問題解答法の利

点と欠点について述べ、3 章でその問題点を補い、利点を生かすための黒板とノートの電子化と連携機能の設計について検討する。4 章で生徒用ノートツールの設計、5 章で電子白板用ソフトウェアの設計について示し、6 章で試作したシステムの評価実験について報告し、7 章で評価実験に対する考察、8 章で結論を述べる。

## 2. 一斉授業における問題解答法の特徴

一斉授業における問題解答法には、先生が黒板上に書いた問題を、指名した生徒に黒板の前まで呼び出して他の生徒の前で解かせるという形式と、先生が生徒に解かせる問題を事前にプリントなどで用意し、それを授業内で配布して生徒に解かせ、解答を回収する小テスト形式とがある。

2 種類の問題解答法における利点と欠点を表 1 にまとめる。お互いの問題解答法が持つ欠点は、授業の進行をスムーズに行うためには大きな障害になると考えられる。

そこで、授業内での生徒の移動や黒板での扱える解答数の制限、問題内容の修正などの問題点を補うことによってより効率的な授業が行えると考えられる。

表 1. 講義授業における 2 つの問題解答法の特徴

	黒板での問題解答	小テスト形式
黒板上での問題解説	簡単に行える	簡単に行えない
問題の修正や追加	簡単に行える	簡単に行えない
黒板で扱える解答数	少ない	多い
解説に使用しない 解答へのフォロー	なし	あり
問題解説時に手元に 自分の解答の有無	あり	なし
扱った解答の保存	簡単に行えない	簡単に行える
授業中での 生徒の教室内移動	あり	なし
解答の途中過程	見られる	見られない

### 3. 黒板とノートの電子化

前章で述べた2つの問題解答法の問題点に対し、従来の黒板とノートを電子化し、さらにLANを利用した問題データの交換機能を実装することにより改善を図る。次に各機能の設計方針を述べる。

#### 3.1. ペン入力機器を用いた黒板とノートの電子化

従来の黒板やノートと同じ操作方法で記入を行えるようにするために、対話型電子白板とペン入力PCを用いることによって電子化を行う。ペン入力PCや対話型電子白板を利用することによって、キーボードによる文字入力に難しい低年齢のユーザ層にも簡単に入力を行うことができる。また、電子化することによって、電子教材の利用やスクロール機能などによる黒板上での表示領域の増加、板書内容の保存などを簡単にを行うことができる。

#### 3.2. 問題配信と解答表示機能の提供

生徒用端末と黒板で情報のやりとりを可能とすることによって、生徒は自分の席にいながら問題に対して解答を行えるため、問題解答の際に教室内で生徒が移動することがなくなり、授業の進行をスムーズに行う助けとなる。そこで、対話型電子白板に先生が問題を記入し、LAN接続を用いて各生徒用端末PCに配信できるようにする。また生徒は送信されてきた問題を自分の端末PCで解き、再び先生用端末PCに送信（提出）することができるようにする。

このシステムにより前述した2つの問題解答法の問題点を補完することが想定される。

システムを用いた授業の流れを図1に示す。

### 4. 生徒用ノートツールの設計

生徒用ノートツールは、従来のノートとしての機能を提供する他に、電子白板側からの問題配信を受信し、それに対する解答を再び電子白板側に送信する機能を持つ。入力には従来のノートと同じ操作感を与えるためにタブレットと電子ペンを用い、手書き入力によって記入することを可能とする。これによりキーボードを扱うのが難しい低年齢のユーザ層にも簡単に扱うことができる。本機能の典型的な画面を図2に示す。

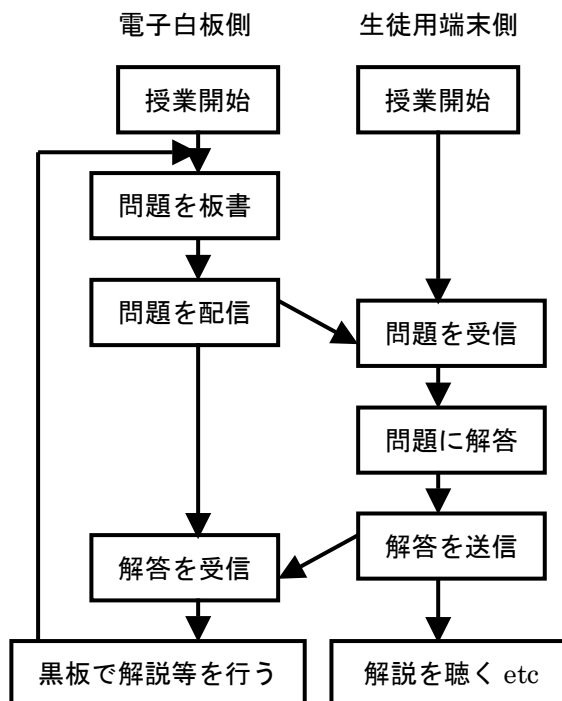


図1. 授業の流れ

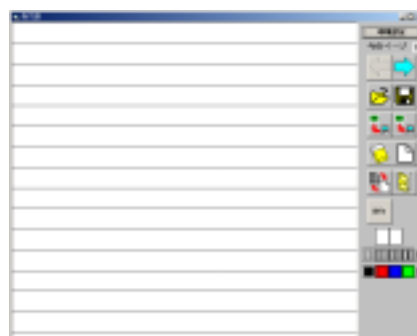


図2. 生徒用ノートツール

#### 4.1. 電子白板側とのデータの送受信機能

本ソフトウェアでは電子白板側から配信された手書き文字データによる問題を受信し、それに対する解答をノートに記入し、電子白板側へ送信する機能を持つ。送受信に手書き電子メールシステム<sup>4)</sup>を用いる場合、メールサーバーの構築や各生徒にメールアドレスを用意するなど、システムの導入を簡単に行うことができない。そこで本システムではメールアドレスなどを必要としない送受信を用いることによって簡単にシステムの導入を行えるようにする。

電子白板側から配信された問題は、ユーザが使用

している書き込み領域に強制的に書き込まれるとユーザの自由な記入の邪魔になることを考慮し、図3のように別の領域に表示する。問題表示領域には書き込み領域と同じように書き込みを行え、計算用紙の代わりとして使用することもできる。また問題表示領域の内容は配信された問題データだけを書き込み領域にコピーすることを可能とし、問題をノートにコピーし、それに解答を追加して送り返すことができる。

解答を送信する際には現在ノートに表示されているページの記入内容を送信する。

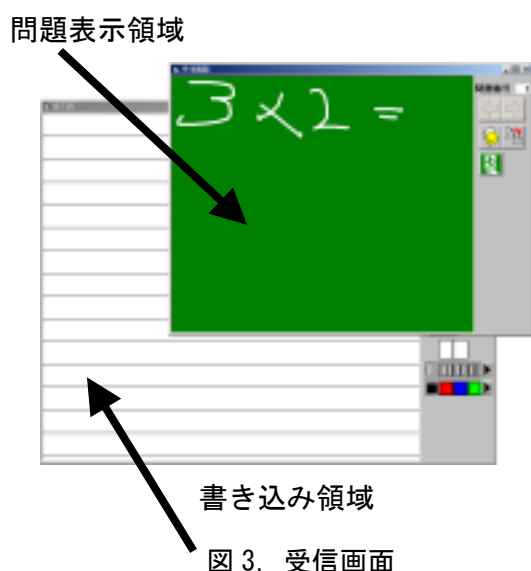


図3. 受信画面

## 4.2. ノートとしての機能

ノートツールとして提供する機能について次に述べる。

### 4.2.1. 手書き文字入力

本アプリケーションでは、電子ペンを用いた手書き文字入力を行う。電子ペンでの入力の際には、ペンによる文字や図形の書き込みモードと書いた文字の消去を行う消しゴムモードの二つのモードによる入力を行う。

### 4.2.2. ペンの太さや色の変更

実際のノートで記入する際にも様々な色や太さのペンを用いることから、太さや色を変更することができるようにする。これにより、書き込みにおける表現の幅を広げることができる。

### 4.2.3. 新しいページへの書き込み

一般的に使う授業用のノートは記入できるスペースが無くなった場合、ページをめくることで記入領

域を確保する。本アプリケーションでも記入領域を新たに確保する場合に次のページに進むという概念を取り入れ、一般的なノートに近い使用感をユーザに与える。

### 4.2.4. 罫線の表示

授業などに使われるノートには罫線が書いてあり、記入した文字列が右上がりや右下がりなどの斜めに記入されるのを防ぐ効果がある。そこで手書き入力領域に罫線を表示させることによって入力時に真っ直ぐに記入できるように補助する。

しかしながら手書き入力領域に余計なもの（この場合罫線）があると邪魔に思うユーザも考慮し白紙状態と切り替えることができるようにする。

### 4.2.5. データの保存と読み込み

アプリケーションにおいて、現在使用しているデータを保存し、次回アプリケーションを使う際にそのデータを使っての作業を再開するのは重要な要素である。本アプリケーションでも現在記入しているノートの内容を保存し、次回の授業の時に続きから記入できるように読み込みを行えるようにする。

### 4.2.6. 電子教材の利用

本アプリケーションは後述する電子白板ミドルウェアとの連携を行うツールであり、電子白板ミドルウェアを利用した授業を想定しているため、図4のように電子白板ミドルウェアで利用できる電子教材をノートの記入領域で利用することを可能とした。これにより、電子教材を使った板書内容もノートへ再現しやすくする。

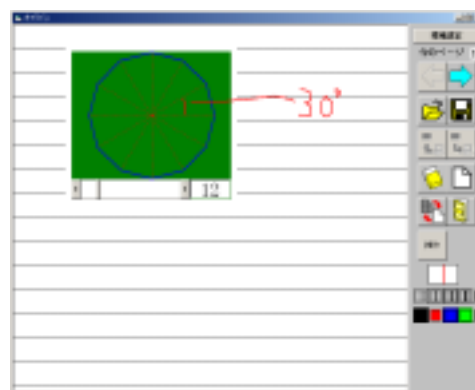


図4. 電子教材の利用

### 4.3. ユーザインタフェースの設計

本システムでは、ペン入力を使用するため、複雑な操作を必要とするインタフェースであると、スムーズな操作を行うことができない。そこでボタンを1回ペンで押すだけで各機能を使えるようにすることによって、スムーズな操作を行えるようにする。例えば受信した問題を表示させたい場合には図2中央左の受信画面表示ボタンを押すことによって、図3のように受信画面を開くことができる。

また、本アプリケーションでは書き込みモードと消しゴムモードの2つのモードがあり、現在の状態を間違えてしまうとデータの消失を引き起こしてしまう。そこで消しゴムモードの場合、通常のカーソルから消しゴムの形をしたカーソルへ変更を行い、ユーザに視覚的理解を促すようにする。

## 5. 電子白板側ソフトウェア

### 5.1. 電子白板ミドルウェア

電子白板ミドルウェアは筆者の所属する研究室で開発されたソフトウェアである。従来の黒板の機能である自由な板書に加え、電子教材の利用を可能としている。本システムでは電子白板ミドルウェアにノートツールとの送受信機能を加えたものを電子白板側ソフトウェアとして用いる。

#### 5.1.1. 電子白板ミドルウェアの予備評価

淑徳与野高校の協力で、前面投影式の対話型電子白板を教室内に設置し、その上で電子白板ミドルウェアを使って80分間の数学の授業を、3年生1クラス29名を対象に行った。(図5)

授業終了後に先生から電子白板ミドルウェアについての意見交換をした結果、次のような問題点が上げられた。

- ・ モードの状態がわかりにくく、誤動作をしやすい。
- ・ 板書面がせまい。
- ・ 前面投影のため影ができてしまう。

影ができてしまう問題に関しては、背面投影型の対話型電子白板を用いることによって改善されると考えられる。それ以外の点に関しては電子白板ミドルウェアのユーザインタフェースの改良によって改善を図る。



図5. 授業の様子

#### 5.1.2. 電子白板ミドルウェアの改善

前項の問題点を改善するために電子白板ミドルウェアの改良を行う。次に改善点について述べる。

##### (1) 制御ウィンドウの改良

教師の誤操作を防ぐために、教師に自分が現在板書と教材操作のどちらの状態で行っているのか明確に示す必要がある。そこで、制御ウィンドウでは、板書時に必要な機能と教材操作時に必要な機能の2種類に分類し、板書モード時と教材操作モード時にそれぞれ必要なものだけを表示することにより、教師の誤操作や混乱を避ける(図6)。また、制御ウィンドウは常に表示された状態だと板書領域を占有し、邪魔になることを考慮して、表示後、一定時間制御ウィンドウに操作が行われない場合には自動で隠れるようにする。

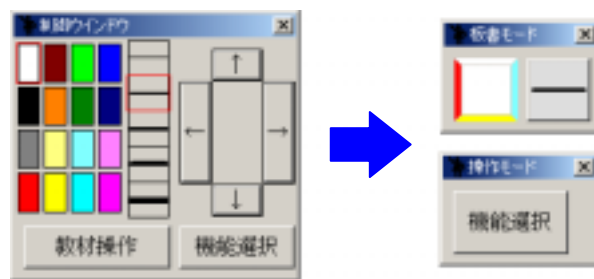


図6. 制御ウィンドウ

##### (2) 電子教材の外枠の改良

表示する電子教材の外枠を、板書モード時には非表示にすることで、視覚的判断を行いやすくする(図7)。

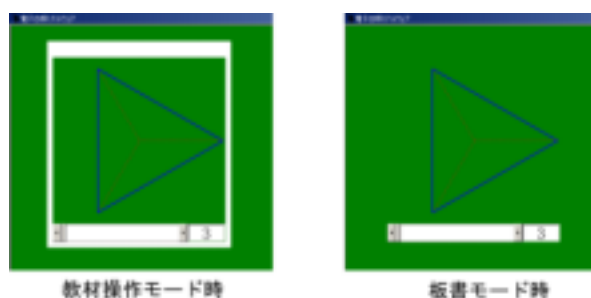


図 7. 電子教材

(3) モードの切り替えとスクロール

モードの切り替えや板書領域のスクロールは板書時、教材操作時両方で行うため、画面下部に常に切り替えボタンとスクロール制御を表示させることによって、モードの切り替えを簡単に行えるようにする(図8)。

スクロール方向について、通常のペイントソフトなどでは全方向に対してスクロールが行われるが、一般に黑板上での板書は、板書する内容が、縦書き、横書きともに黑板の高さに合わせて書かれることや、全方向スクロールの場合、以前の板書内容を参照する場合、探し出すことが難しいため、横方向にのみスクロールを行うようにする。なおスクロールにはスクロールバーをペンタップしドラッグすることによってスクロールを行う。<sup>5)</sup>

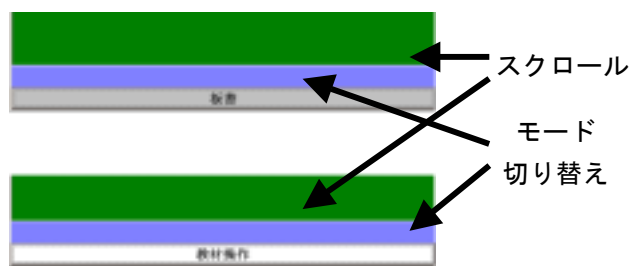


図 8. モードの切り替えとスクロール

(4) ペンの色と太さの種類

実際の黑板で使用されるチョークの色や太さを考慮し、ペンの色や太さはよく使われるものに厳選し、図 6 右側のように、色を 4 種類、太さを 2 種類とする。

5.2. ノートツールとの送受信

生徒用ノートツールへ問題配信を行う機能は、専用の電子教材として提供する。電子教材は解答デー

タの管理用電子教材と問題データの配信用電子教材、解答データの表示用電子教材の 3 種類を提供し、それを使用することによって問題の配信と解答の受信、および表示を行う。次に 3 種類の教材について述べる。

5.2.1. 問題データ配信用電子教材

問題データ配信用電子教材は、電子白板ミドルウェアに記入した問題データを送信する電子教材である。

データの取得には電子白板ミドルウェアの囲み教材機能を利用する。配信したい問題がペンで囲まれるに、まず問題データのプレビュー画面を表示する。その問題データを配信する場合には、画面下部の送信ボタンを押す。問題データ配信用電子教材の画面構成を図 9 に示す。

問題プレビュー画面

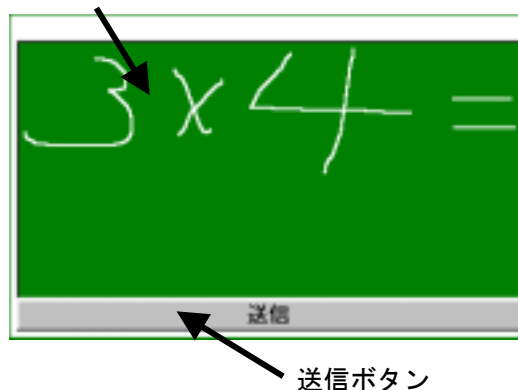


図 9. 問題データ配信用電子教材

5.2.2. 解答データ管理用電子教材

解答データ管理用教材は、問題データの各生徒のノートツールへの配信と受信した解答データの管理および保存を行うサーバー機能を持った電子教材である。

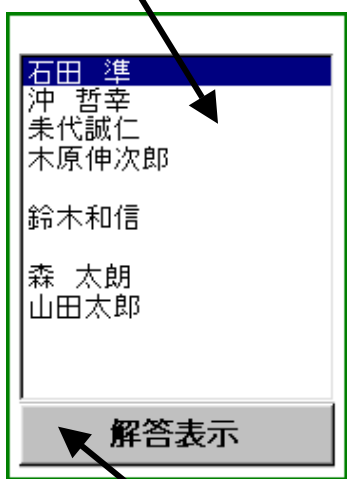
解答を送信してきた生徒の名前がリストボックスに表示される。解答を表示させたい生徒の名前を選択し、画面下部の解答表示ボタンを押すことによって、後述する解答データ表示用電子教材を起動する。解答データ管理用教材の画面構成を図 10 に示す。

5.2.3. 解答データ表示用電子教材

解答データ表示用電子教材は、前述した解答データ管理用電子教材で選択された解答データを表示する電子教材である。解答データは解答データ表示用電子教材の画面下部に付いているボタンを押すこと

によって、筆記再生を行うことができる。この教材を複数並べることによって複数の解答を一度に表示させることを可能とした。解答データ表示用電子教材の画面構成を図 11 に示す

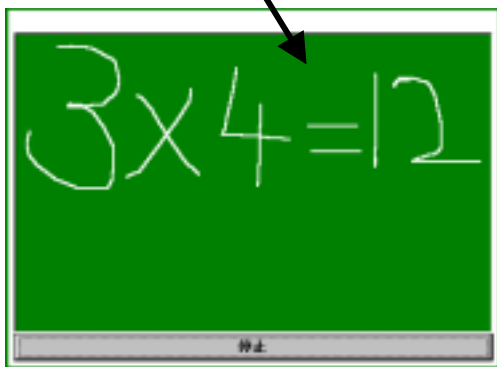
解答を提出した生徒の一覧



解答表示ボタン

図 10. 解答データ管理用電子教材

解答表示ウィンドウ



筆記再生ボタン

図 11. 解答データ表示用電子教材

## 6. システムの予備評価

電子白板ミドルウェア、および生徒用ノートツールを筆者が所属する大学の 14 名の学生、教員に使用してもらい、評価後にアンケートを行った。次に各アンケート結果について述べる。

### 6.1. 電子白板ミドルウェアの予備評価

改善したミドルウェアについて、ペンの色と太さの量、スクロール方法や方向、モードの切り替え方

法について4段階（とても良い、良い、悪い、とても悪い）のアンケートを行った。

14 人中 13 人がペンの色や太さは改善前のシステムよりも適切な量であると回答した。

また、スクロール機能に関して、13 人がスクロールする前の板書情報は探しやすいと、10 人がスクロール方向は横方向のみで十分であると回答した。

モード切り替え方法に関して、全員が前システムと比較してとても良い、または良いと回答した。また板書状態か操作状態かはユーザの視点の位置でわかるほうが使いやすいのではという意見も得られた。

また、自由に意見を書いてもらった結果、次のような意見が得られた。

- ・ 直線や円を簡単に書けるように定規、コンパスが欲しい。
- ・ 文字列を囲んでそれを移動できると良い。
- ・ 文字を多く書いた場合、そこから教材を立ち上げると重なって見にくい。
- ・ 全消去をもう少し簡単にできると良い。
- ・ 一画面単位のスクロールができるようにしてほしい。
- ・ 板書内容のみを全部、または、1 画面単位(現在表示されている画面)で消すボタンがほしい。

### 6.2. 生徒用ノートツールの予備評価

ノートツールについてペンの太さや色の量、および選択方法、機能の操作方法、ノートの代わりとして使用できるかというアンケートを行った。

13 人がペンの色や太さの量は適量であると回答した。またペンの色では 13 人が、太さでは 14 人が選択方法についてわかりやすく使いやすいと回答した。

また、11 人がボタンによる機能選択や操作は使いやすく、特に送信がボタン 1 つで行えるというのわかりやすく使いやすいと回答した。

ノートの代わりとして使用できるかというアンケートに対しては 9 人が使えると回答した。

また自由に意見を書いてもらった結果、次のような意見が得られた。

- ・ ノートの筆記を同一ページ内で移動可能にする機能（コピー&ペースト機能）が欲しい。
- ・ 定規の代わりになる機能やコンパスの代わりになる機能が欲しい。
- ・ 新規ページを挿入する機能があると便利である。

- ・ 1 ページずつしかページ移動ができないので、指定したページに飛ぶ機能があるとページの移動が簡単に行える。
- ・ ノートに記入した内容を拡大したり縮小したりする機能が欲しい。

### 6.3. 問題配信と解答表示機能の予備評価

実際に問題と解答の送受信を行ってもらい、アンケートを行った結果、次のような意見が得られた。

- ・ 囲みによる問題送信方法は使いやすい。
- ・ 表示したい生徒の選択方法は使いやすい。
- ・ 筆記再生機能は国語の授業での漢字の書き取り問題などでは必要な機能である。

実際の授業に利用できるかというアンケートに対して、10人が使えると回答した。しかし電子教材を問題配信に利用する機能や再び生徒個別に解答データを送り返す機能が授業利用において必要ではないかという意見も得られた。

## 7. 考察

予備評価の結果、試作システムについて次のことが言える。

### 7.1. 電子白板ミドルウェアについて

電子白板ミドルウェアは改善前のシステムよりも使いやすいことが示唆された。

しかし、1画面単位のスクロールや、直線や円などの図形描画をするための補助機能、板書内容を任意の場所に移動させる機能、新しく教材を表示させた場合の板書内容への影響に対する対策など必要性があると考えられる機能について指摘された。

また、モードの状態について、まだわかりにくいという意見があることから、さらに視覚的に理解できる工夫が必要である。

### 7.2. 生徒用ノートツールについて

生徒用ノートツールは従来のノートの代わりになることが示唆された。

しかし、ページの移動方法や、記入内容のコピーや移動機能の必要性、定規やコンパスの代わりとなる機能の必要性を指摘された。特に定規やコンパスの機能は従来のノートにおいても、ノートへ記入のためには重要な機能であると考えられるので、機能の追加について検討を行うべきであると考えられる。

また、記入内容のコピーや移動は従来のノートではできない、電子化によるメリットの1つであると

考えられるので追加する必要があると考えられる。

### 7.3. 問題配信と解答表示機能について

試作システムについて実際の授業でも使えるという意見が多く得られ、一斉授業における新しい授業形態の可能性が示唆された。しかし授業利用において必要な機能が実装されていないという意見が得られたことから、今後はそれらの機能の必要性について検討を行うべきであると考えられる。特に電子教材を用いた問題の送信機能については実装を行いたい。

## 8. おわりに

本稿では対話型電子白板とペン入力 PC を用いることによって黒板とノートを電子化し、その間に張られている LAN を利用し、問題と解答のデータのやりとりを行う連携システムについて設計と試作、および予備評価を行った。しかし、予備評価から本システムに対する様々な問題点が浮かび上がってきた。今後はこれらの問題点を考慮しソフトウェアを改良するとともに、連携システムとして実際の教育現場で利用して頂きながら評価を行っていききたい。

### 謝辞

試用の場を与えていただいた淑徳与野高校の皆様、および、評価実験に関わったすべての方々へ深く感謝する。

本研究は科研費補助金奨励研究 (A)13780205 の一部補助による。

### 参考文献

- 1) 坂東宏和, 根本秀政, 澤田伸一, 中川正樹: 黒板の情報化による教育ソフトウェア, 情報処理学会研究報告 2000-CE-56, pp.63-70 (2000)
- 2) 大即洋子, 加藤直樹, 中川正樹: 手書きによる壁紙新聞作成支援システムの試作, 情報処理学会研究報告 2000-CE-57, pp.103-110 (2000)
- 3) 坂東宏和, 杉崎知子, 澤田伸一, 中川正樹: 一斉授業支援を目的とした電子教材連携システム, 情報処理学会研究報告, 2000-CE-57, pp.87-94 (2000)
- 4) 加藤直樹, 田中宏, 中川正樹: 手書き電子メール環境の試作, 計測自動制御学会第12回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, pp.189-194 (1996).
- 5) 小国健, 中川正樹: 対話型電子白板を用いた種々のアプリケーションのプロトタイプング, 情報処理学会研究報告, 96-HI-67, pp.9-16 (1996)