

## 黒板の情報化による教育ソフトウェア

坂 東 宏 和<sup>†</sup> 根 本 秀 政<sup>†</sup>  
 澤 田 伸 一<sup>†</sup> 中 川 正 樹<sup>†</sup>

本論文では、学校における一斉授業の情報化を目的とし、対話型電子白板の利用を前提にした教育ソフトウェアの設計方針と開発事例を提示する。対話型電子白板は、従来の一斉授業に欠かさない黒板とチョークによる教育の特徴と利点に、情報処理の利点を融合できる可能性がある。その結果、板書による授業の利点である、表現の自然さ、生徒の視線集中、生徒の様子への把握に加えて、電子マーカーによるオブジェクトの直接指示・操作、情報処理によるコンテンツの加工、板書による授業形態の自然な拡張、を期待できる。これにより、一斉授業の形態を残し、教師の経験を生かす形で、教育の情報化がはかれる。このうえで動作する教育ソフトウェアの重要な設計理念は、先生が主役になれるようにすることである。つまり、教育ソフトウェア側で説明などを行うのではなく、情報技術を活用した事象の表示や授業の場面を提供し、先生の説明を補助できる設計とする。試作した教育ソフトウェアを、実際の授業の一環として試用したところ、学校の先生方が培ってきた授業経験と情報技術の利点を融合した授業を展開できる可能性が示された。

### Educational Software on an Interactive Electronic Blackboard

HIROKAZU BANDO<sup>†</sup>, HIDEMASA NEMOTO<sup>†</sup>, SHIN-ICHI SAWADA<sup>†</sup>  
 and MASAKI NAKAGAWA<sup>†</sup>

This paper presents design philosophy and prototypes of educational software on an interactive electronic white (black) board in order to computerize usual lectures. The interactive electronic whiteboard may have the potential to combine the advantages of lectures using a blackboard with chalks and the merits of information processing. Namely, it may provide expressiveness for teachers, gathering of students' attentions, grasping of students' learning that have been easily realized on a blackboard as well as direct pointing/manipulation of objects by an electronic marker, processing of contents by the information technology and natural extension of usual lectures on a blackboard. Thus, teachers can succeed usual style of lectures and experiences as well as computerize lectures. The important design philosophy of the educational software on this board is to make the teachers to play the principal role, therefore the software does not explain but only presents events and scenes by information processing that help the teachers explain. We have prototyped two pieces of educational software and used them in actual lectures, which has convinced that this type of software can provide lectures combining teacher's skills and experiences grown in usual lectures as well as the merits of information technology.

#### 1. はじめに

教育の情報化の必要性が訴えられる中で<sup>1),2)</sup>、学校においてパーソナルコンピュータ(以下、PCと記す)が導入され、授業に取り入れられつつある。また、学校へのPCの導入にあわせ、各学校では、学習支援ソフトウェアを購入し、利用するようになってきている。学習支援ソフトウェアの研究としては、ドリル形

式のCAIや知的CAIなど多くの研究が行われてきた<sup>3)~7)</sup>。しかし、これらの学習支援ソフトウェアは、端末環境を想定し、個人学習に近い形態で利用されるものが多い。ところが、現在の学校における授業は、黒板とチョークを用いた一斉授業が基本であり、一斉授業において、これらの個人学習を想定したソフトウェアを利用することには、授業内容を先生の代わりにコンピュータが教える状態になり、かえって一斉授業の効果を損ねる危険があると懸念する。

そこで、本論文では従来の一斉授業環境に欠かさない黒板とチョークに着目し、黒板とチョークの特徴と利点に、情報技術の利点を融合できる環境として対話

<sup>†</sup> 東京農工大学工学部

Department of Computer, Information and Communication Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

型電子白板をとらえ、対話型電子白板上で利用することを想定した教育ソフトウェアの設計方針と2つの開発事例を提示する。

対話型電子白板が提供する利点は、板書による授業の利点である、表現の自然さ、生徒の視線集中、生徒の様子への把握に加えて、電子マーカによるオブジェクトの直接指示・操作、情報処理によるコンテンツの加工、板書による授業形態の自然な拡張である。これらの利点により先生は、今まで培ってきた授業経験を十分に生かしつつPCの利点を生かすことができると考える。

電子白板の先行研究としては、LIVEBOARD<sup>8)</sup>がある。ところが、これを利用した研究<sup>13)</sup>は、主にグループでミーティングを行うときに用いることを想定したコラボレーション支援であり、先生が操作しやすいユーザインタフェース<sup>10)~12),14)</sup>や、教育支援については対象にしていない。

また、電子白板を教育に利用した先行研究としては、田村らが行った遠隔教育システムの研究<sup>9)</sup>がある。この研究では、遠隔教育システムの一部として電子ボードを設置し、講師、受講者双方が書き込むことのできる共有領域として利用している。田村らは、その効果として、コミュニケーションを活性化させ、かつ参加意識を高めると報告している。しかし、この研究では、電子ボードを単に共有領域として利用しているだけであり、その上で動作させる教育ソフトウェアについての報告は行っていない。

我々は、生徒と先生が同一の場所にいる一般的な授業環境において対話型電子白板を利用し、一斉授業を情報化できる教育ソフトウェアの設計方法論と、その開発事例について報告する。

本論文の2章では、黒板を情報化する必要性を検討し、3章では、その環境に適したソフトウェアの基本的な設計指針について述べ、4章でその設計方針に従った教育ソフトウェアの事例を示す。5章では試作した教育ソフトウェアを実際の教育現場で試用した結果を報告し、6章で結論を述べる。

## 2. 黒板の情報化

### 2.1 一斉授業の支援

ここで、学校における授業形態を考える。学校における授業形態を分類すると、大まかに次の3つの形態に分類される。

- (1) 黒板とチョークなどを用いて、すべての生徒に同一の教示を行う一斉授業
- (2) いくつかのグループに分け、そのグループごと

に作業を行わせるグループ学習

### (3) 個別に教示を行う個別学習

PCの導入は、上記の(3)、および、(2)の一部には有効活用の可能性がある。ところが、学校の授業形態の大半を占める(1)への適用には大きな限界がある。生徒の注意はPCにとられ、先生は生徒の注意を集められなくなり、一斉授業の利点である生徒と先生との対話が阻害される。また、先生は、PCを前提にした授業計画を作成しなければならず、さらに、不慣れな機器操作やトラブル解消まで要求されるので、一部の積極的な先生以外はPCを教育に利用しようとはしない。

教育ソフトウェアの問題も、PC教室環境の問題と不可分ではあるが、個別学習を想定したもの以外、利用できるソフトウェアがほとんどないという問題もある。個別学習には、同一の教示を行う一斉授業と異なり、生徒個人個人の進度に合わせたきめ細かな教授ができるという利点がある。一方、一斉授業では、生徒個人個人の進度に合わせた教授は難しいが、他の生徒の発表を聞くことや、全員の前での自分の意見の発表を通して、先生からだけでなく級友から学び、また、コミュニケーション能力やプレゼンテーション能力を養う効果など、個別学習にはない様々な利点がある。したがって、学校における授業では上記3種類の授業形態を適切に組み合わせることが必要であり、教育ソフトウェアとしても各授業形態に適したソフトウェアが検討されるべきである。

これらのことから、一斉授業が学校の一般的な授業形態であり、そこでも教育の情報化を十分検討すべきであるにもかかわらず、その情報化は遅れているといわざるをえない。そこで、黒板を利用した授業を情報化することを考える。板書内容あるいは板書したい内容の提示や利用に情報技術を活用できれば、従来の授業形態の利点を損なうことなく、情報化の利点を融合できるはずである。

### 2.2 黒板による授業

学校における一斉授業は、黒板とチョークを用いた環境で行うことが多い。先生は黒板に必要な内容を板書し、生徒はその板書や先生の説明を聴いて授業内容を理解する。また、ときには、生徒が黒板に解答を書くこともある。したがって、一斉授業を支援することを目的とした教育ソフトウェアにおいて、黒板とチョークによる授業の利点と特徴を取り入れることにより、先生が今まで培ってきた授業経験を十分に生かすことができる。

ここで、我々は、黒板とチョークによる授業の利点

と特徴は、次の3点であると考える。

- 先生が説明したいことを、自然に表現できること（表現の自然さ）
- 先生の板書や説明に、生徒の視線を集中させること（生徒の視線集中）
- 授業を行いながら生徒の様子を見て、その様子に応じて授業を展開することができること（生徒の様子の把握）

### 2.3 既存の環境に関する検討

学校において採用されることの多い端末環境は、各自別々の作業を行うことができるため、個別学習には適している。しかし一斉授業に使用した場合、全体に対して同一の教示を行うためにすべての端末に同一の画面を表示させるには、各生徒に操作をさせる必要があり、結果的に無駄な時間を多く費やしてしまう。

この問題の解決策として、先生または任意の生徒の画面を、すべての生徒の端末に表示する方法が考えられる。この方法を採用したシステムとしては、PC SEMI<sup>16)</sup>などがある。この場合、すべての生徒の画面を先生が操作することによって、全体に対して同一の教示を行うことができる。しかし、この場合であっても、黒板のときのような視線集中の効果を得ることができない。

また、別の解決策として、先生または任意の生徒の画面を、大型ディスプレイに表示させる方法も考えられる。先ほど述べたPC SEMIなどでは、この方法も採用されている。この方法を用いれば、先生は生徒の視線を1点に集中させた状態で授業を展開できる。しかし、黒板のときと同じように直接画面を指し示しながら全体に説明しようとする、マウスによる操作と画面を指し示しながらの説明を交互に繰り返す必要がある。

そもそも端末環境を基本とした場合、生徒が端末に気をとられ注意が分散してしまうという問題や、生徒が端末の陰に隠れて見にくい、先生は生徒の様子を把握しにくいといった問題がある。

以上の考察から、我々は既存の環境は一斉授業に適さないと考える。そこで、これらの問題を解決できる環境として、教室の黒板の代わりに、対話型電子白板を利用し、さらに、それにふさわしい教育ソフトウェアの開発を検討する。

対話型電子白板（図1）は、座標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、電子ペンと電子イレーサを用いて入力する。入力は、マウスからの信号と同様に処理される。画面は、前面からプロジェクトを用いて投影するものと、背面から投影する方式のものがある。

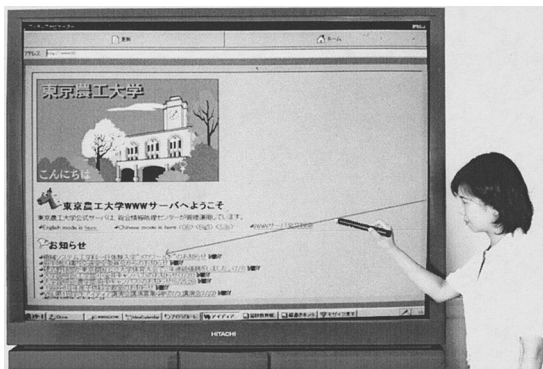


図1 対話型電子白板の外観

Fig. 1 Appearance of an interactive electronic whiteboard.

対話型電子白板上では、直接的に様々な操作を行うことが可能であり、先生が説明したいことを自然に表現することができる。また、対話型電子白板に画面を投影することで、生徒の視線を集中させることができる。さらに、端末室ではなく一般的な教室とすることで、生徒の注意が分散するのを防止でき、端末の陰に隠れて生徒の様子を把握できないといった問題が改善される。したがって、対話型電子白板は、2.2節で述べた黒板環境の利点をすべて持ち、さらに次のような利点を持つと考える。

- 電子マーカーにより、オブジェクトを直接的に指し示し、操作できること（直接操作・直接指示）
- 情報処理により、コンテンツを加工し、さらに視覚化して、画面に提示できること（コンテンツの加工）
- 板書による従来の授業形態を自然に拡張できること（授業形態の自然な拡張）

## 3. 教育ソフトウェアに関する考察

### 3.1 教育ソフトウェアの設計理念

従来のCAIの多くは、基本的にソフトウェアが説明を行う形式のものが多く。しかし、我々は、一斉授業においてはあくまで先生が主役であり、教育ソフトウェアはその補助であればよいと考える。したがって、一斉授業の支援を目的とする教育ソフトウェアは、次を設計理念とする。

- 情報技術を活用した事象の表示や授業の場面を提供する。
- 説明は先生の役割であると考え、教育ソフトウェア側で説明をしない。

### 3.2 インタフェース設計に関する検討

授業を行う先生に、操作に対する不安を抱かせない

ようにするために、板書などの操作に対して特別な意識を払う必要がなく、内容を自然に表現できることが望ましい。

対話型電子白板では、電子ペンを用いて操作を行う。そのため対話型電子白板上で動作する教育ソフトウェアは、電子ペンで操作しやすい設計にする必要がある。これらの設計については、加藤ら<sup>14)</sup>が報告している。また、大画面環境に適したインターフェースの設計方針に関しては、小國ら<sup>10)~12)</sup>が報告を行っている。これらの報告をふまえて、対話型電子白板上で動作する教育ソフトウェアは、次のようなインターフェース設計が望ましいと考える。

- 長い距離のドラッグ操作を控える。
- 操作オブジェクトを大きくすることにより、細かな操作を不要にする。
- 操作オブジェクトを分散配置しないことにより、操作者の移動量を減らす。
- 生徒の体格を考慮して操作性に配慮する（低学年の生徒のように、背の低い生徒が画面上部のオブジェクトを操作できないといった問題が考えられるので、生徒用の操作オブジェクトを画面下部に集中させるなど）。
- 電子マーカーにあった操作性を提供する（電子マーカーによる操作の場合、すべりやすいため押した位置と離れた位置が異なることがあるので、マーカーを離れたときではなく押したときに動作させるなど）。

#### 4. 教育ソフトウェアの事例

今まで述べた考えに立ち、対話型電子白板を利用した環境を想定し、既存の黒板の利点を生かした形態において一斉授業を支援する教育ソフトウェアとして、漢字学習のきっかけを与えることを目的とした、モザイク漢字当てクイズツールと、小学校5年生算数の単元「正多角形と円」の授業を支援することを目的とした、「正多角形と円」授業ツールを設計・試作した。

##### 4.1 モザイク漢字当てクイズツール

モザイク漢字当てクイズツールは、漢字学習のきっかけを与えることを目的とし、モザイクをかけた漢字パターンを表示し、それが何の漢字であるのかを手書き文字入力により答えるツールである。学習支援ソフトウェアの効用については、山本<sup>5)</sup>が、楽しいレッスンはやる気や動機づけに役立つと報告している。本ツールは、動機づけを目的としているので、「楽しさ」を強化した教育ソフトウェアとした。本ツールは、同一の問題を生徒全員で直接的に解答しあう点が従来の教

育ソフトウェアと異なり、生徒の反応を見ながらモザイクを細かくし、だれが解答するかを調整する先生役が必要となる。対話型電子白板上に問題を表示し、問題をだれが一番に解答できるかを競うことで生徒の競争心を刺激し、それにより楽しさを与える。また、3.1節の設計方針に従い、本ツールは、出題した漢字に関する付加的な説明などは行わないものとした。先生は、このツールを授業の適切な場面で利用することにより、生徒の興味をひきつける効果が期待できる。

本ツールは、小学校の特定の学年だけではなく、幅広くすべての学年の児童が学習できるようにし、また先生が出題したい問題だけを出題できるように、出題される問題を設定できるようにした。また全体の画面配置は、3.2節で述べた設計方針に従い、先生や生徒が画面を遮らずに操作できるようにするため、画面の左側に先生用の操作オブジェクトを、右側に生徒用の操作オブジェクトを集中して配置した。さらに生徒用の操作オブジェクトについては、身長の低い低学年の生徒でも容易に利用できるように、全体的に下側に配置した。

先生は、生徒の反応を見ながら図2のようにモザイクを徐々に詳細にしていく。

解答の分かった生徒に、手書き入力による解答をうながし（図3）、「にんしき」ボタンを押すことで手書き文字を認識させる。手書き文字の認識は、我々の研究室で開発している、手書き文字認識エンジン<sup>15)</sup>を利用して行っている。

認識後「答え合わせ」ボタンを押すと正誤が表示される（図4）。

##### 4.2 「正多角形と円」授業ツール

「正多角形と円」授業ツールは、小学校5年生算数の単元「正多角形と円」の授業を支援することを目的とする。具体的には、次の理解を目的とする。

- ① 正多角形：正多角形の意味・性質・書き方
- ② おうぎ形：おうぎ形の意味
- ③ 円の直径と円周：円周と直径の関係・円周の意味
- ④ 円の面積：円の求積公式・円の面積・おうぎ形の弧の長さ・面積の求め方

本ツールは、単元「正多角形と円」の授業において必要ないくつかの表示、および、アニメーションをサポートする。これらの表示やアニメーションには、3.1節で述べた設計方針に従い、不要な説明を表示しない。またこれらの表示の上に、板書を行うことができる。既存のCAIソフトウェアの多くは、このような上書きを想定していない。これらの機能により、従来の黒板とチョークによる授業では、描くのが難しかった図を



モザイクは徐々に詳細化できる

図2 モザイク表示

Fig. 2 Display of a character pattern by mosaic.



図3 手書きによる解答

Fig. 3 Answering by handwriting.

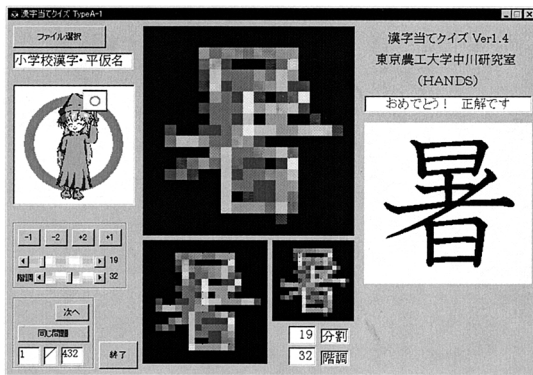
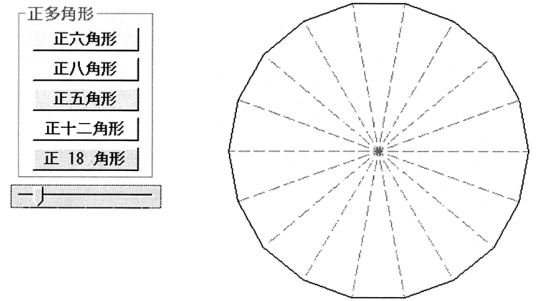


図4 正誤画面

Fig. 4 Display of judgment.

簡単に表示することができ、さらに効果的にアニメーションを用いることで、生徒の理解を助けることができると考える。

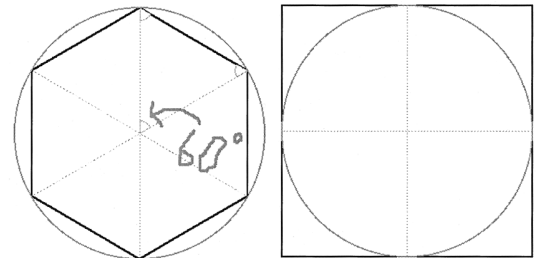
インタフェース面では、3.2節で述べた方針に従い、操作オブジェクトを大きくし集中して配置するなどの、大画面や電子ペン環境に適したインタフェースを心が



スライダー操作により、正  $n$  角形を連続的に表示できる

図5 正  $n$  角形の表示

Fig. 5 Display of an  $n$ -regular-polygon.



板書で説明を加えられる

図6 説明図の表示と板書

Fig. 6 Display of a diagram and annotation.

けた。

まず正多角形の説明において、先生は任意の正  $n$  角形を表示することができる。さらにスライダーバーを用いて、連続的に  $n$  を変化させることができる(図5)。これにより先生は、正  $n$  角形の  $n$  を大きくすると、円に近づくということを分かりやすく説明することができる。

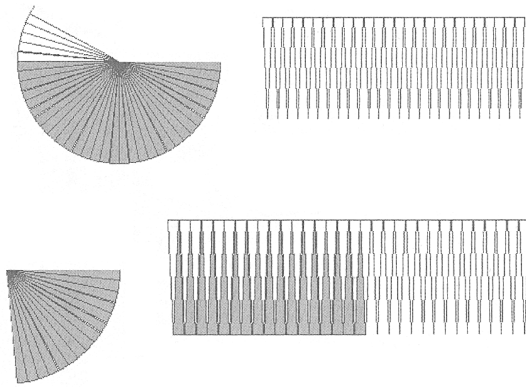
同様におうぎ形の説明のときには、任意の中心角のおうぎ形を表示することができる。

円の直径と円周の説明を行うときには、説明に必要ないくつかの図を表示し、その上に板書を行うことができる(図6)。

円の面積を求める公式を説明するときには、円を細かく分割して横に並べると、半径  $\times$  (円周  $\div 2$ ) の長方形になることを説明するためのアニメーションを表示することができる(図7)。

### 5. 教育現場での試用

これら教育ソフトウェアの客観的かつ定量的な評価を通して、先に述べた設計方針の妥当性、そして、対話型電子白板の有効性を示すことが必要である。このためには、対話型電子白板を利用する場合とまったくソフトウェアを利用しない場合、または、対話型電子



左の円を図のように細分化して右に移動し、円の面積が右の面積に等しいことを理解させる

図 7 円の面積を求める公式の説明図

Fig. 7 Explanation for the area of a circle.

白板を利用する場合と対話型電子白板上の教育ソフトウェアと同等であり、かつ、端末環境に合った教育ソフトウェアを利用する場合との教育効果の定量的比較を行うことが考えられる。

問題は、教育の現場でこのような比較実験をすることがすぐには受け入れられにくいこと、そして、ドリル学習などでない場合の教育効果の評価が難しいことである。

そこで、これらの中長期にわたる今後の課題とし、本論文では、学習状況の観察とアンケート調査を行って、本論文の提案が十分な可能性を有していること、一方で、先生に主導性をいっそう高める必要があることを明らかにする。

### 5.1 モザイク漢字当てクイズツールの科学体験祭での試用

対話型電子白板を利用した環境と、その環境を想定した教育ソフトウェアの効果を調べるために、学校における一斉授業環境ではないが、青少年のための科学体験祭りにおいて、モザイク漢字当てクイズツールを試用した(図8)。

青少年のための科学体験祭りは2日間行われ、延べ100人以上の子供が参加した。また参加していた子供の年齢層は、小学校に入学する前の子供から中学生までと幅広かった。

参加している子供たちを観察した結果、次のようなことが分かった。

- 大画面に投影することにより、最初は興味を示さない子供も周りの雰囲気の後押しされ、参加するようになる。
- 参加している他の子供より先に答えようと必死になり、夢中になって長い時間参加する。

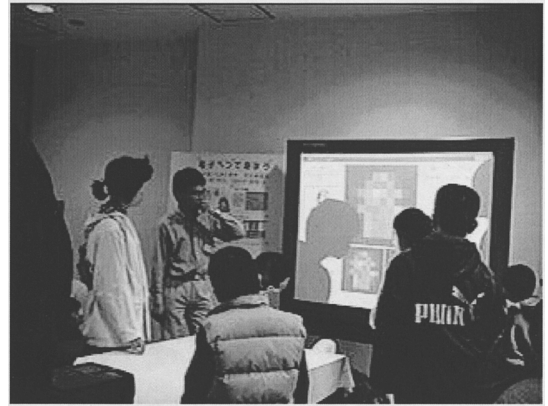


図 8 科学体験祭りでの試用

Fig. 8 Use at the Science Experiencing Festival.

- 解答者の書き順が間違っているときに、他の参加者の間から「違うよ」といった声があがり、そのときにだれかが正しい書き順を解答者に教えることにより、正しい書き順の学習につながる。

大画面に投影することで、最初は興味を示していなかった子供も周りの雰囲気により興味を示し、また他の子供より先に答えようと夢中になって、長い時間参加するという効果が得られた。また電子白板環境を用いて他の参加者の前で直接解答を書けるようにすることにより、参加者間でお互いに書き順などの間違いを指摘しあったり、正しい書き順を教えあったりする効果が得られた。

### 5.2 モザイク漢字当てクイズツールの授業の一環としての試用

小金井市立小金井第三小学校の協力により、モザイク漢字当てクイズツールを小学1年生の授業の一環として利用していただいた(図9)。

授業は、次のとおり実施した。

日時：1999年12月20日(月)1校時～3校時

対象：1年生3クラス(96名)

各クラス45分の授業を実施した。

出題した問題の範囲は、1年生で習う漢字と平仮名すべてである。参加した生徒は、1年生で習う漢字すべての学習を終えていたわけではなかったため、一部未習得の漢字が出題されることがあった。

45分の授業終了後、4段階の選択式アンケートを生徒に回答してもらった(4が最も良い)。設問と結果を図10に示す。なお実際のアンケートでは、小学1年生でも意味を理解できるようにするために、各漢字に振り仮名をつけたアンケート用紙を用いた。

また感じたことを自由に書いてもらった結果、先生から次のような意見が得られた。



図9 小学校での利用

Fig. 9 Use at an elementary school.

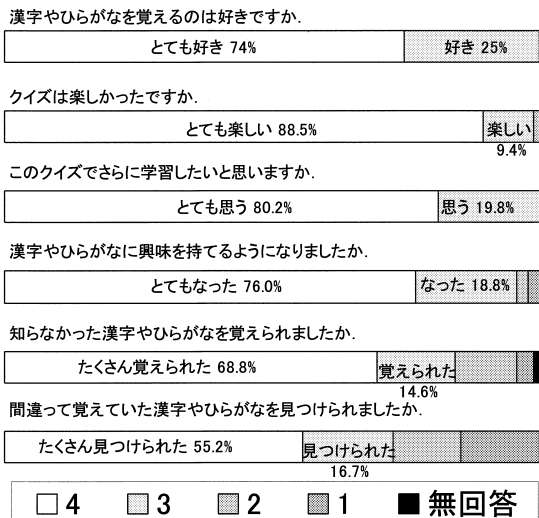


図10 アンケート結果

Fig. 10 Questionnaire result.

- 電子白板は子供が前に出て書け、教師も一斉授業ができるので、端末環境よりずっとやりやすい。小学校でもぜひ導入してほしい。
  - 遠慮していた生徒もみられたが、慣れてくるとやってみようという気持ちになれると思う。
  - ふだん興味を示さない子供たちも積極的に参加していた。
- 同様に生徒からは次のような意見が得られた。
- (電子白板が) 教室にあればうれしい。
  - とてもおもしろく、もっとやりたい。ゲーム感覚で楽しみながら、気付いたら勉強していた。
  - これからは習った字をちゃんと覚えようと思った。毎日これで勉強したら、漢字が好きになるかもしれない。

評価の結果から、ツールの目的であった漢字学習の動機づけに関しては十分な成果をあげることができたと考える。また電子白板環境を用いることにより、先生による一斉授業が可能になり、端末環境よりずっとやりやすいという意見が得られた。

### 5.3 「正多角形と円」授業ツールの授業の一環としての試用

小金井市立小金井第一小学校の協力により、「正多角形と円」授業ツールを小学5年生の授業の一環として利用していただいた。授業は、次のとおり実施した。

日時：2000年1月25日(火)

対象：5年生1クラス(25名)

研究授業として実施したので、教頭先生を含めて10人程度の先生が見学した。授業後に、先生方から次のような意見が得られた。

- 児童の視線を集中させることができる。
- 教師の板書利用は、同じ内容を書いたり消したりする作業が多いので、PCによる図形描画支援はピッタリである。
- 何度でも繰り返し表示できるのは嬉しい。
- 先生が自由に板書できる、空白のページも用意してほしい。

最後の意見は、一斉授業において、黒板のように画面全体を自由に板書できることが重要であることを示している。板書において、複雑な図形や、描くのが面倒な図形を手軽に何回も表示できることがPCの利点としてあげられるが、それは、板書と一体化した形で、先生の任意のタイミング、かつ、任意の位置に表示できるようにして、先生の主導性をいっそう高める必要がある。

## 6. 考 察

試用していただいた先生方から、視線を集中させることができる、一斉授業ができるといった意見を得られた。これにより、対話型電子白板とその上で動作する教育ソフトウェアによって、一斉授業を情報化できる可能性を示せたと考える。また、端末環境よりもずっとやりやすいという意見も得られた。これは、黒板とチョークの利点を持ったまま情報技術の利点を融合させることで、従来の授業における先生の経験を、そのまま新しい環境へ移行できたことと、従来環境に近いPC環境を提供することで、不慣れな機器操作に対する先生の不安を軽減させることができたためであると考えられる。

## 7. おわりに

本論文では、学校における一斉授業の情報化を目的とし、従来の一斉授業に欠かせない黒板とチョークに着目し、黒板とチョークの特徴と利点に、情報技術の利点を融合できる環境として対話型電子白板をとらえ、対話型電子白板上で利用することを想定した教育ソフトウェアの設計方針と2つの開発事例を提示した。我々の考察した対話型電子白板が提供する利点は、板書による授業の利点である、表現の自然さ、生徒の視線集中、生徒の様子の把握に加えて、電子マーカーによるオブジェクトの直接指示・操作、情報処理によるコンテンツの加工、板書による授業形態の自然な拡張である。

試作した教育ソフトウェアを教育現場で試用したところ、一斉授業において、先生が今まで培ってきた授業経験を十分に生かしつつ、PCの利点を生かすことができる可能性が示された。

今後は、教育学的立場からの評価を行っていきたい。

謝辞 試用の場を与えていただいた小金井市立小金井第一小学校、および、小金井市立小金井第三小学校の皆様、ならびに、評価実験に参加していただいたすべての皆様に感謝する。

本論文の執筆にあたり、多大なご助言をいただいたBipin Indurkha 助教授に深く感謝する。

## 参考文献

- 1) 文部省：小学校学習指導要領解説 算数編，東洋館出版社，東京（1999）。
- 2) 文部省：小学校学習指導要領解説 理科編，東洋館出版社，東京（1999）。
- 3) 大槻説乎，山本米雄：知的CAIのパラダイムと実現環境，情報処理，Vol.29，No.11，pp.1255-1265（1988）。
- 4) 木村捨雄：センタ方式によるCAI，電子情報通信学会誌，Vol.71，No.4，pp.372-379（1988）。
- 5) 山本米雄：スタンドアロン方式によるCAI，電子情報通信学会誌，Vol.71，No.4，pp.379-384（1988）。
- 6) 岡本敏雄：知的CAI，電子情報通信学会誌，Vol.71，No.4，pp.384-390（1988）。
- 7) Alexandris, N., Virvou, M. and Moundridou, M.: A Multimedia Tool for Teaching Geometry at Schools, *Proc. ED-MEDIA/ED-TELECOM 98*, Vol.2, pp.1546-1548（1998）。
- 8) Elrod, S., Bruce, R., Gold, R., Goldberg, D., Halasz, F., Janssen, W., Lee, D., McCall, K., Pedersen, E., Pier, K., Tang, J. and Welch, B.: LIVEBOARD: A large interactive dis-

play supporting group meetings, presentations and remote collaboration, *CHI '92*, pp.599-607（1992）。

- 9) 田村武志，上西慶明，佐藤文博：マルチメディア遠隔教育システムの評価と学習者インタフェースの検討，情報処理学会論文誌，Vol.34，No.6，pp.1235-1245（1993）。
- 10) 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ング，情報処理学会研究報告，96-HI-67，pp.9-16（1996）。
- 11) Nakagawa, M., Oguni, T. and Yoshino, T.: Human Interface and Applications on IdeaBoard, *Proc. IFIP TC13 Int'l Conf. on Human-Computer Interaction*, pp.501-508（1997.7）。
- 12) Nakagawa, M., Hotta, K., Bandou, H., Oguni, T., Kato, N. and Sawada, S.: 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）。
- 13) Pedersen, E.R., McCall, K., Moran, T.P. and Halasz, F.G.: Tivoli: An Electronic Whiteboard for Informal Workgroup Meetings, *Proc. INTERCHI '93*, pp.391-398（1993）。
- 14) 加藤直樹，中川正樹：ペンユーザインタフェース設計のためのペン操作性の検討，情報処理学会論文誌，Vol.39，No.5，pp.1536-1546（1998）。
- 15) 秋山勝彦，中川正樹：オンライン手書き日本語文字認識のための線形処理時間伸縮マッチングアルゴリズム，電子情報通信学会論文誌（D-II），Vol.J81-D-II，No.4，pp.651-659（1998）。
- 16) 日本電気：NEC ネットワーク型教育システム PCSEMI G シリーズ操作マニュアル（第3版），日本電気，東京（1996）。

（平成12年6月21日受付）

（平成13年1月11日採録）



坂東 宏和（学生会員）

1975年生。1999年東京農工大学大学院工学研究科博士前期課程修了。同年、同大学院博士後期課程に進学。対話型電子白板を用いた、一斉授業を支援する教育ソフトウェア、およ

び、教育ソフトウェア全般に興味を持つ。





根本 秀政(正会員)

1937年生. 1960年日本大学工学部卒業. 同年沖電気工業(株)入社. 主として品質保証分野を担当. 2000年東京農工大学大学院工学研究科博士前期課程修了. 現在, 東京都小金井市教育委員会のコンピュータ管理受託者として, 市内全小中学校に対する教育の情報化推進に従事.



澤田 伸一(正会員)

1967年生. 1992年東京学芸大学大学院教育学研究科修了. 1993年東京農工大学工学部技術職員. 現在に至る. コンピュータを使った留学生教育・初等中等教育の研究に従事. 教育学修士. 教育工学会会員.



中川 正樹(正会員)

1954年生. 1979年東京大学大学院理学系修士課程修了. 同在学中, 英国 Essex 大学留学( M. Sc. in Computer Studies ). 1979年東京農工大学工学部助手. 現在, 教授. パターン認識, 手書きインタフェース, 情報教育等の研究・教育に従事. 理学博士. ACM, IEEE, 電子情報通信学会, ヒューマンインタフェース学会各会員.