

## 黒板の情報化による教育ソフトウェア

坂東 宏和, 根本 秀政, 澤田 伸一, 中川 正樹  
東京農工大学工学部

本稿では、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、従来の一斉授業に書かせない黒板とチョークによる教育の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、生徒の様子の把握に加えて、電子マーカーによるコンテンツの直接指示・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。この上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 Bandoh, Hidemasa Nemoto, Shin-ichi Sawada, Masaki Nakagawa  
Dept. of Computer Science, Tokyo University of Agriculture and Technology.

This paper presents design philosophy and prototypes of educational software on a 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 contents 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 education 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)4)</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。そのため一斉授業において、PC活用の利点を活かした授業は、ほとんど行われていないのが現状である。

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型電子白板を捉え、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、生徒の様子の把握に加えて、電子マーカによるコンテンツの直接指示・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活かしつつPCの利点を活かすことができると思う。

電子白板の先行研究としては、LIVEBOARD<sup>7)</sup>がある。ところが、これを利用した研究<sup>12)</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)11)13)</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関し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学習支援ソフトウェアの事例を示す。5章では試作した学習支援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、全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に取られ、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、不慣れた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を教育に利用したくない。

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。

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充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言わざるを得ない。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、時には、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活かすことができる。

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点であると考えます。

- ・ 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ようとした場合、全体に対して同一の教示を行うために全ての端末に同一の画面を表示させるためには、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、先生又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>10</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させることによって、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、先生又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。先程述べた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、黒板の時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、生徒が端末に気を取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、コンテンツ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、視覚化し、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. 教育ソフトウェアの設計理念

#### 3.1 情報技術による事象の表示, および, 場面の提供

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, 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。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>13)</sup>が報告している。また, 大画面環境に適したインタフェースの設計方針に関しては, 小國ら<sup>9)~11)</sup>が報告を行っている。これらの報告を踏まえて, 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, 細かい操作を不要にする。
- ・ 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, 電子白板環境を想定し, 既存の黒板の利点を活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>9)</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。

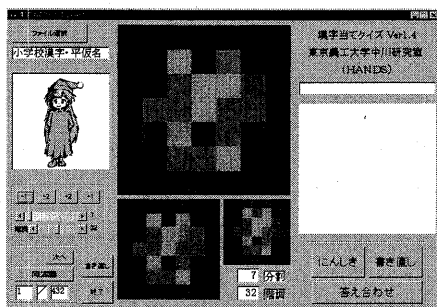
本ツールは, 小学校の特定の学年だけではなく, 幅広く全ての学年の児童が学習できるようにし, また先生が出題したい問題だけを出題できるように, 出題される問題を制限できるようにした。また全体の画面配置は, 先生や生徒が画面を遮らずに操作できるようにするため, 画面の左側に先生用の操作オブジェクトを, 右側に生徒用の操作オブジェクトを集中して配置した。さらに生徒用の操作オブジェクトについては, 身長の高い低学年の生徒でも容易に利用できるように, 全体的に下側に配置した。

先生は, 生徒の様子を見ながら図 1 のようにモザ

イクを徐々に詳細にしていく。

解答のわかった生徒に、手書き文字により解答を記入してもらい(図2), 「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>14)</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3)。



モザイクは徐々に詳細化できる

図1 モザイク表示

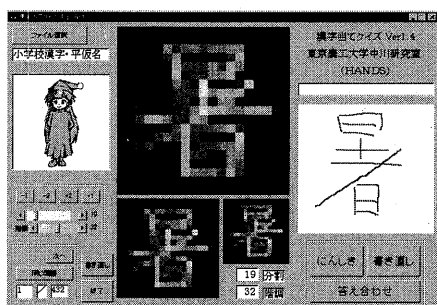


図2 手書き文字による解答

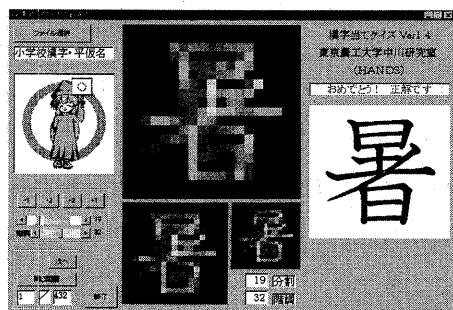


図3 正誤画面

## 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

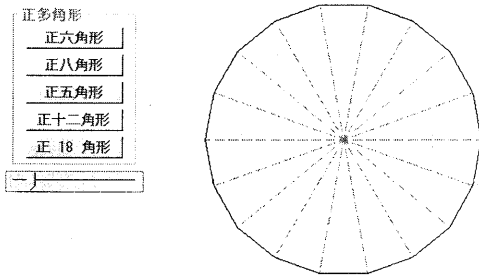
本ツールは、単元「正多角形と円」の授業において必要ないくつかの表示、および、アニメーションをサポートする。またこれらの表示の上に、簡単な板書を行うことができる。これにより、従来の黒板とチョークによる授業では、描くのが難しかった図を簡単に表示することができ、さらに効果的にアニメーションを用いることで、生徒の理解を助けることができると考える。

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4)。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時には、任意の中心角のおうぎ形を表示することができる。

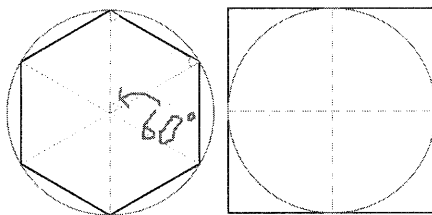
円の直径と円周の説明を行う時には、説明に必要ないくつかの図を表示し、その上に板書を行うことができる(図5)。

円の面積を求める公式を説明する時には、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6)。



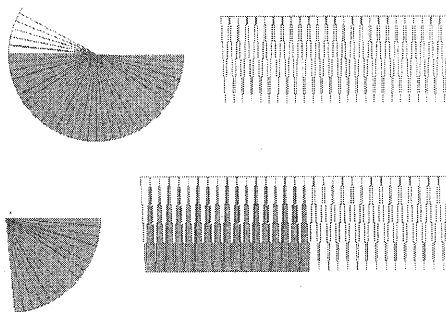
スライダを操作することにより、  
正 $n$ 角形を連続的に表示できる

図4 正 $n$ 角形の表示 (正18角形)



すべての説明図に板書を行うことができる

図5 説明図の表示と板書



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6 円の面積を求める公式の説明図

## 5. 教育現場での試用

### 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

モザイク漢字当てクイズツールを、青少年のための科学体験祭りで試用した(図7)。

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幅広くあった。



図7 科学体験祭りでの試用

参加している子供たちを観察した結果、次のようなことがわかった。

- 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子供がいた。
- 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、その時に誰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頂いた(図8)。

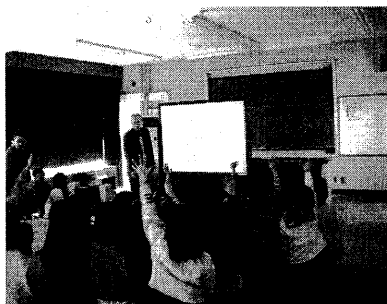


図 8 小学校での利用

授業は、次の通り実施した。

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9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。

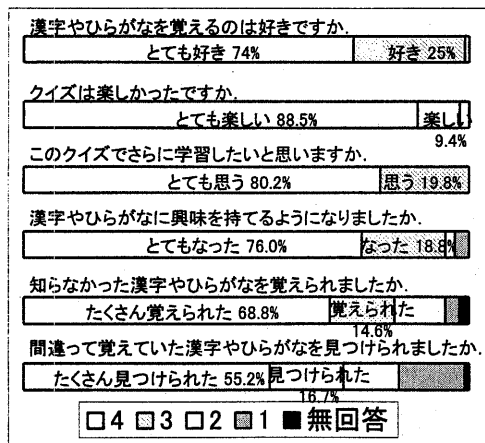


図9 アンケート結果

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。

- 電子白板は子供が前にでて書け、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。
- 普段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頂いた。授業は、次の通り実施した。

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。

先生が自由に板書できる空白のページを用意してほしいとの意見が得られた。これは、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、先生の任意のタイピング、かつ、任意の位置に表示できるようにすることが望ましいと思われる。

## 6. 考察

試用して頂いた先生方から、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、不慣れた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

本稿では、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捉え、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、生徒の様子への把握に加えて、電子マーカによるコンテンツの直接指示・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活かしつつ、PCの利点を活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へ深く感謝する。

## 参考文献

- 1) 小学校学習指導要領解説 算数編, 文部省, 東洋館出版社 (1999).
- 2) 小学校学習指導要領解説 理科編, 文部省, 東洋館出版社 (1999).
- 3) 大槻説平, 山本米雄: 知的CAIのパラダイムと表現環境, 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) Scott Elrod, Richard Bruce, Rich Gold, David Goldberg, Frank Halasz, William Janssen, David Lee, Kim McCall, Elin Pedersen, Ken Pier, John Tang, Brent Welch: "LIVEBOARD: A large interactive display supporting group meetings, presentations and remote collaboration", CHI'92, pp.599-607 (1992).
- 8) 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).
- 9) 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, 情報処理学会研究報告, 96-HI-67, pp.9-16 (1996).
- 10) 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).
- 11) 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).
- 12) Elin R. Pedersen, Kim McCall, Thomas P. Moran, Frank G. Halasz: "Tivoli: An Electronic Whiteboard for Informal Workgroup Meetings", Proc. INTERCHI'93, pp.391-398(1993).
- 13) 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).
- 14) 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).
- 15) 日本電気株式会社: 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)(1996).