

対話型電子白板を用いた電子化授業への遠隔受講者参加方式の試作

岩田 陽子, 加藤 直樹, 中川 正樹

東京農工大学工学部

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

本稿では, 遠隔地の生徒が電子ペンまたはタブレット PC を使って, 先生が板書を行う電子白板と共有している描写画面に書き込みを行うことができるリアルタイムの遠隔授業システムについて述べる. 遠隔地の生徒のディスプレイ上では, 先生の代わりに先生用アバタを表示する. また, 遠隔地の生徒が書き込みを行っているときには, 電子白板と遠隔地の他生徒のディスプレイ上に生徒用アバタを表示する. これらのアバタにより, 生徒の注意を筆記動作に向けさせることができる. 遠隔地の生徒が筆記内容を電子白板側に送り, アバタによって授業に参加できることは, このシステムを使用した人達から好評を得た. 今後の課題としては, 実際の教育現場で評価を行う必要がある.

A Study on the Participation Method of Distant Learners into the IT-supported Lecture Using an Interactive Electronic Whiteboard

Yoko Iwata, Naoki Kato, Masaki Nakagawa

Tokyo Univ. of Agriculture and Technology

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

This paper describes a real-time remote learning system where a teacher writes on an electronic whiteboard and distant learners respond by writing on pen or tablet PC's with sharing the writing surface. The teacher is reproduced as a teacher avatar on displays of distant learners, while the distant student currently writing is reproduced as a student avatar on the electronic whiteboard and displays of all the distant learners. These avatars work to attract attentions of participants to the handwriting being written. The feature that distant learners can send their handwriting to the electronic whiteboard and join the class by avatars is well appreciated by people who tried this system and must be evaluated in real learning environments.

1. はじめに

近年、病気や怪我により学校での一斉授業に参加できない生徒や、過疎地の生徒が受講するための遠隔授業システムの必要性が高まっている。遠隔授業を支援するシステムの多くは、授業風景をビデオカメラなどで撮影し、映像を送信する方法をとっている。これらのシステムでは、映像を配信することで、遠隔地の生徒に授業内容と授業の雰囲気を与えている。ビデオカメラで撮影した映像を利用した遠隔授業システムは、予備校の授業などで実用化されている。しかし、ビデオカメラで撮影するときのカメラワークが大変であるため、授業内容を自動撮影するシステムの研究が行われている¹⁾。また、ビデオカメラがあることで、先生と生徒が緊張してしまい、自然な授業を行えないことがある。加えて、動画を送信するために、データ量が多くなるという問題が発生する。しかし、先生の姿が送信されないと、授業に参加しているといった感覚が薄く、映像の変化が乏しいために、生徒が集中力を失いやすくなると考えられる。

筆者が所属す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（以下 電子白板）を授業内で利用することを提案し、電子白板と教室の生徒の PC を LAN でつなぐことで PC を電子的なノートとして利用することを提案した²⁾。また、教室の電子白板と遠隔地にある PC をネットワークで繋ぐことで、一斉授業の内容と雰囲気を伝える遠隔授業方式を提案し、そのシステムを試作した³⁾。このシステムでは、先生の音声配信し、映像の配信を行う代わりに遠隔地の生徒のディスプレイに仮想的な先生をアバターによって表示する。アバターによる教師の動きと板書の再現するために、立ち位置検出マットで検出した教師の位置情報とペンの動き、およびペンの色と太さの情報を遠隔地の生徒の PC に配信する。この試作によって、映像に比べて少ないデータ量で、一斉授業の内容と雰囲気を伝える可能性を示した。

ここで、PC の画面上に仮想的な人物を登場させることで、配信する情報量を減らし、利用者により分かりやすく説明する試みは、生徒の質問に対して電子的なアシスタントが先生の代わりにシナリオベースで答えるという研究報告⁴⁾で行われている。ま

た、アバターを使用することが利用者に与える影響については、PC 上でアバターを媒介としたコミュニケーションを行うときの対話配置の評価⁵⁾が報告されている。

しかしながら、試作したシステムでは、先生側からの情報を遠隔地の生徒に配信することはできても、生徒側の反応を先生側に配信することができない。授業内容を一方的に見ているだけでは、授業に参加しているとはいえず、生徒側からの解答は不可欠である。そこで、本稿では、上記のシステムに生徒側からの反応や先生の質問に対する解答を行う機能を追加する試みについて述べる。

2. 基本設計

2.1 事前調査

事前調査として、桜美林高等学校・中学校で授業見学を行った。1コマ50分の授業で、古典を2コマ、政治経済と数学を1コマずつの合計4コマ、3人の先生の授業をビデオカメラで撮影し、先生の動きの調査を行った。

撮影した映像を先生の動きに注目して分析すると、授業中の先生の行動と生徒の解答に特徴があることが分かった。表1に先生が授業中に行った行動の種類と平均の回数を示す。板書の回数は、書き始めてから、先生が手を止めてチョークを黒板から離すまでを1回として数えた。音声による説明は、他の動作をしているときも続くことが多く、回数を数えることはしなかった。結果を見ると、頻繁に板書が行われていることが分かる。また、授業全体の時間における平均の板書時間の割合は約18%であった。これらより、授業内容を遠隔地の生徒に伝える場合、板書内容が重要であることが分かる。

次に、生徒が黒板に解答を書き込むときの行動の種類と回数を表2に示す。古典と政治経済の授業に比べて、口答での解答が困難である数学の授業で黒板への書き込みが行われた。生徒が解答するときには、1人ずつ解答を記入し、白いチョークが多用されていた。

授業見学を行った後、先生にいくつかの質問をした。質問の内容と回答を次に示す。

(1)授業中に気をつけている動作はなにか

- ・ 板書を終えたら，生徒に黒板が見えるような位置に移動する．
- ・ 生徒の集中力がなくなってきたと感じると，移動や身振り手振りを入れて，自分に注意を向けさせる．

(2)授業中に気をつけていることはないか

- ・ 説明をするときは，生徒の方を向いて話をする．
- ・ 質問をしたときに，生徒が勘違いをしていないかを教室を巡回して確認する．

質問(1)で先生から得られた意見だけではなく，表1の先生が黒板の横に立つ回数からも，実際に先生が生徒に見やすいように立ち位置を変化させていることが分かる．また，授業中に生徒の集中力を持続させる必要性は高く，先生の動きが重要であることが分かる．これらから，先生の立ち位置をアバタの動きに反映させることの有用性が分かる．

表1．先生の行動の特徴

	平均回数(回)
板書	21
黒板消しによる消去	4
教室内の巡回	2
黒板の横に立つ	3
質問回数	6
チョークの色の変更	4
チョークの太さの変更	0

表2．生徒の解答時の特徴

	回数(回)
黒板への書き込み	4
白チョークの使用	3
黄チョークの使用	1
黒板消しの使用	1

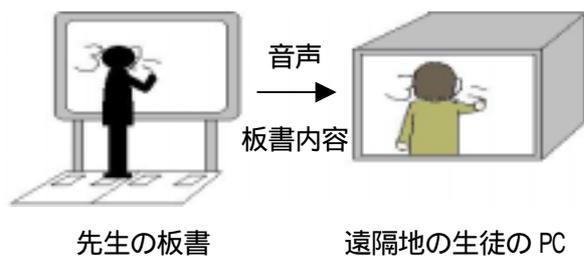
2.2 遠隔地での書き込み機能の追加

授業中に先生に質問されたときの生徒の解答方法として，黒板への書き込みによる解答が必要であることが事前調査から分かった．そこで，教室の生徒と同じように，遠隔地の生徒が電子白板へ解答を書き込むことができる機能および，生徒が解答を行うかどうかの意思表示を伝える機能を持たせる．

遠隔地の生徒が，自分のPCの画面に解答を書き込むことで，教室の電子白板と他の遠隔地から受講する生徒のPCの画面に解答が表示されるようにする．遠隔地の生徒が解答を書き込むときの入力装置として，タブレットと電子ペンの使用を想定している．キーボードやマウスではなく，電子ペンを使用することで，低年齢の子供でも容易に操作することができ，解答を電子白板に書き込んでいるという感覚を与えることができる．このため，遠隔地の生徒に，授業を見ているだけではなく，授業に参加しているという意識を持たせられると考えている．また，遠隔地の生徒が書き込みを行っているときに，生徒用アバタを表示することで，他生徒の注意を引きつける．これにより，生徒達に視覚的に他の生徒が解答していることを示すことができる．本システムの概念図を図1に示し，(c)が今回追加する機能の概念図である．

また，先生が授業中に教室の生徒を名前で指名するように，遠隔地の生徒を選択する機能を付ける．先生が遠隔地の生徒を選択した場合，電子白板への書き込み権利を選択された生徒側に譲渡することで，遠隔地の生徒が電子白板に書き込むことが可能となる．

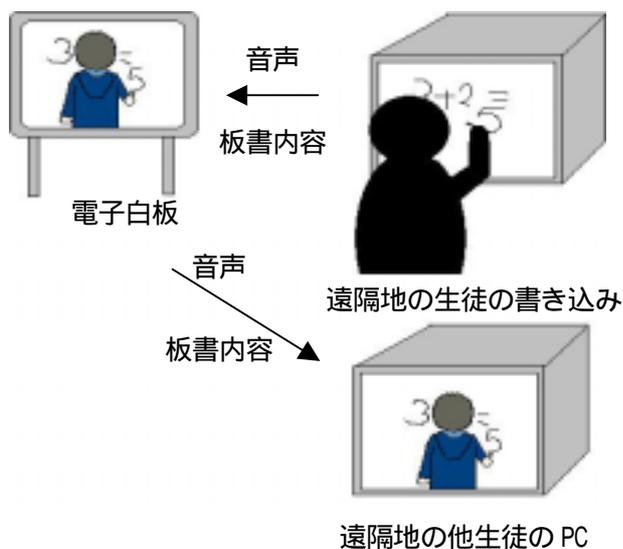
本システムでは，病気や怪我などの理由により学校に行けない生徒が，遠隔地から教室で行われる一斉授業に参加することを前提としている．このため，遠隔地から受講する生徒の人数は，クラスの人数の約2割程度である6人までを想定している．



(a)先生の板書



(b)教室の生徒の書き込み



(c)遠隔地の生徒の書き込み

図1 . システムの概念図

3. 電子白板側の機能設計

3.1 遠隔地の生徒の状況確認

同一教室内で行われる授業では、先生は挙手などによる生徒の反応や意思表示を確認しながら、授業

を進めていく。生徒達も、周りの生徒の反応や解答を見て授業を受ける。しかし、先生や教室にいる生徒は、遠隔地の生徒の反応を目で見て確かめることはできない。そこで、教師側で遠隔地の生徒の状態確認を行える機能を付ける。

電子白板の画面上に生徒の状態表示用の領域を設け、遠隔地で授業を受講している生徒の名前と状態を示す画像を表示する(図2)。状態を表す画像は遠隔地の生徒が選んだ生徒用アバタの静止画を表示する。また、生徒の行動の中で、問題を解答するかどうかの意思表示と先生の問題に対する解答に注目し、教室で、遠隔地の生徒がこれらの状態にあることが分かるようにする。具体的には、遠隔地の生徒の状態に合わせて通常時、挙手時、解答時を表す3つの画像を変化させることで、遠隔地の生徒の状況を示す(図3)。なお、状態表示用の領域は表示と非表示を選ぶことができ、先生が状況に合わせて表示を選ぶことで、電子白板の画面を有効に使うことができるようにする。

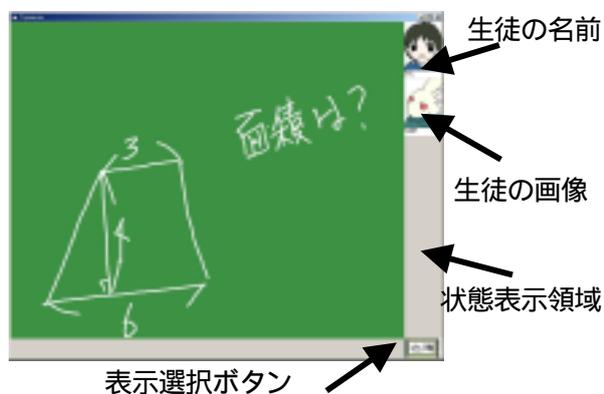


図2 . 電子白板の画面状態表示用の領域



(1)通常 (2)解答 (3)挙手

図3 . 生徒の状態を表す画像

3.2 遠隔地の生徒の意思確認

教室での一斉授業では、先生が生徒に対して解答する意思を尋ねることがある。これに対して、生徒は挙手をすることで自分の意志を伝える。事前調査から、平均6回の質問回数中の約2回ほどが生徒全体に質問を行い、解答したい生徒を求めていた。先生が生徒を指名するだけでなく、生徒の意思を確認して解答者を決めたいと思った時に、遠隔地の生徒にも意思確認を行う必要がある。そこで、生徒側からの意思表示を得るための機能を用意する。

図4の制御ウィンドウにある生徒の意思確認ボタンを押すことで、遠隔地の生徒に解答をする意思があるかを問いかける。これに対して、4.2節で述べる機能を用いて、遠隔地の生徒が解答することを選択すると、状態表示領域の画像が挙手画像に変わる。先生が解答者に遠隔地の生徒を指名すると、他の遠隔地から受講する生徒の挙手画像は通常画像に戻る。また、事前調査では、先生が生徒に解答を行うかを尋ねた後、1分以内に生徒を指名することが多かった。そこで、教室の生徒が指名されたときなど、遠隔地の生徒を指名する動作が行われずに1分経過すると、遠隔地の生徒の画像を通常画像に戻す。



図4. 制御ウィンドウ

3.3 生徒の選択機能

事前調査からは、授業中の平均解答数は6回前後であることが分かり、複数の人物が電子白板に書き込もうとすることは少ない。先生が複数の生徒に解答を求めた場合でも、生徒は順番に黒板へ解答の書き込みを行っていた。また、生徒の解答中に先生が割り込んで書き込みを行うことも考えにくく、先生と生徒が同時に書き込みが行われることは少ないと

考えられる。そこで、本システムでは、複数の人間が電子白板に書き込むことは考えず、電子白板の操作が可能なのは1人とする。

先生が生徒に書き込みの権利を譲渡するために、解答を行う生徒の選択機能を設ける。教室の生徒が解答する場合、先生が名前を指名することで解答者を指名し、電子ペンを渡すことで書き込み権利を譲渡する。また、生徒用の電子ペンを用意できない場合を考えて、制御ウィンドウ上に生徒の解答を選択するボタンを用意し、ボタンが押されたときも書き込み権利を譲渡する。

生徒用の電子ペンを使用したときには、先生用の電子ペンを使うことで生徒の解答を終了し、生徒解答ボタンを使用したときには、解答終了ボタンを選択することで生徒の解答が終了する。解答終了ボタンは、生徒の解答ボタンが押されたときから電子白板の画面左下に表示され、点滅を繰り返すことで生徒の注意を引き、解答終了時に押すことを生徒に促す(図5)。

遠隔地の生徒を選択する場合、生徒の状態表示用の画像を押すことで遠隔地の生徒を選択し、書き込み権利を遠隔地の生徒に譲渡する。遠隔地の生徒が板書しているときの電子白板の様子を図6に示す。遠隔地の生徒から書き込み権利が電子白板側に返却されるまで、先生は画面の操作を行うことはできない。ここで、生徒が解答を終えても解答終了ボタンを押さないときのために、先生側から解答を終了できるボタンを用意する。

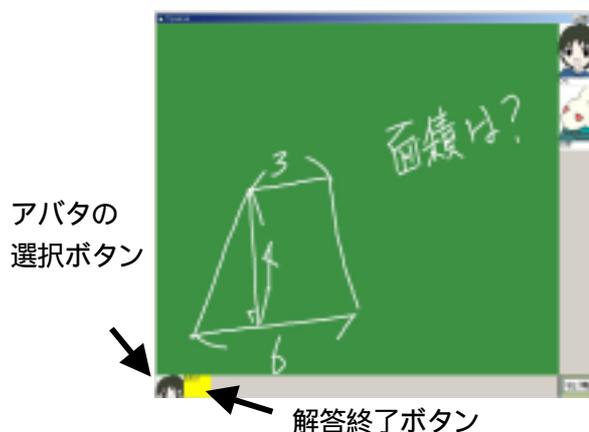


図5. 電子白板での生徒の書き込み

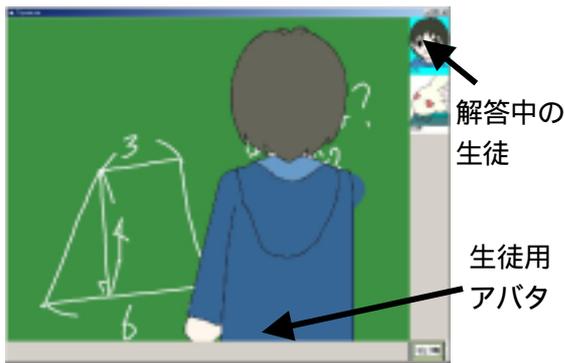


図6. 電子白板上での遠隔地の生徒の解答

3.4 教室の生徒の解答

3.4.1 教室の生徒による板書

生徒の板書は、前節で述べた電子白板への書き込みの権利が先生から譲渡されたときに可能となる。解答時に生徒が行える機能が多いと間違った操作を行う原因にもなる。生徒が電子白板に書き込みを行うときには、制御パネルを使わずに電子ペンを持つだけで操作が行えるようにしたい。そこで、生徒が行うことができる操作は、電子ペンだけで行える黒板への書き込み、消去機能、スクロールとする。また、事前調査から、授業中に白以外の色が使われるのは、板書内容の中で重要な箇所と先生が生徒の解答に書き足しをつけるときなどであることが分かっている。加えて、生徒の解答時に白以外の色が使われたのは、白いチョークがなかったときだけである。このことから、生徒の解答時に使えるペンの太さと色を細い白とし、生徒が選択をしなくてもすむようにする。

3.4.2 生徒用アバタの選択

生徒に権利が譲渡されているときには、遠隔地の生徒にも、先生ではなく生徒が板書していることが分かるように、遠隔地の生徒の PC に表示されるアバタを、先生用アバタから生徒用アバタに変更する。アバタは仮想的なものであるため、人間に限定せず、人間と動物（うさぎ）の2種類を用意し、教室の生徒は電子白板上で生徒用アバタを選択することができる。生徒の解答開始時から終了時まで、アバタ切り替えボタンによって生徒用アバタを変更す

ることができる（図5）。解答開始時は、人間のアバタが選択されている。

4. 遠隔地の生徒側の機能設計

4.1 授業への参加方法

遠隔地の生徒が授業に参加するときに、生徒の PC の画面上に設定ウィンドウを表示する（図7）。遠隔地の生徒は、設定ウィンドウ上で、名前の記入とアバタの選択を行う必要がある。アバタ選択ボタンを押すと、表示されるアバタが切り替わり、自分が板書するときに教室や遠隔地の他生徒の PC 画面で表示される生徒用アバタを選択することができる。必要事項を記入後、参加ボタンを押すことで受講を開始する。



図7. 授業参加の設定ウィンドウ

4.2 意思表示機能

先生が3.2節の機能を用いて、解答を行いたいかどうかの意思表示を求めてきたとき、遠隔地の生徒側では解答を行うかを選択するボタンを表示する。生徒は解答する意思があるときにボタンを押すことで、先生側に自分の意志を伝える。

4.3 遠隔地の生徒による板書

書き込みの権利が与えられていない状態では、生徒は授業を見ることだけが可能であり、いかなる画面操作も行わないことはできない。先生によって3.4節の機能で書き込み権利を譲渡されると、生徒側からの音声の配信と PC の画面上へ解答の書き込みが可

能となる。解答を開始したときから，生徒の PC の画面右下に解答終了を選択するボタンを表示する。解答終了ボタンは，点滅を繰り返すことで生徒に注意を促す。生徒が解答を終了し，このボタンが押されると電子白板への書き込みの権利を先生側に返却する。

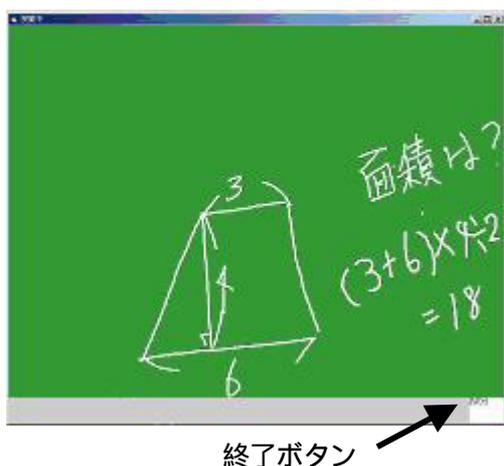


図 8．遠隔地の生徒の画面

5. 予備評価

11月8日から10日までの3日間で行われた東京農工大学の科学技術展 2002 に出展し，予備評価を行った(図 9)．簡単に操作方法を説明した後，実際に使ってもらい，アンケートに答えてもらった．その結果，31人から回答を得ることができた．

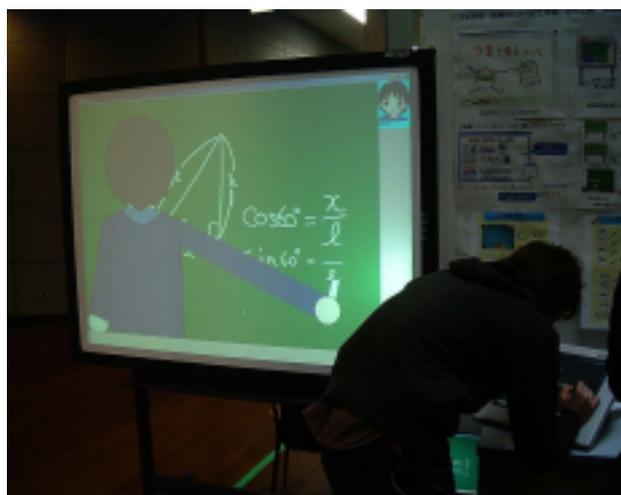


図 9．予備評価の様子

(1) キャラクタは人間と動物のどちらがよいか．

アンケートの結果を図 10 に示す．ここで，両方あったほうがよいという人が 1 人いた．



図 10．質問(1)の結果

(2) ビデオなどで授業をみるのとキャラクタでの授業はどちらがよいか．

アンケートの結果を図 11 に示す．ここで，状況によって異なるので，どちらともいえないと答えた人が 1 人いた．

また，どちらかを選んだ理由として，次のような意見を得た．

- ・ 遠隔地から参加できるところがよい
- ・ 一方方向にならないから
- ・ なじみやすい



図 11．質問(2)の結果

(3) 感想 (自由解答)

- ・ 年齢が高いとビデオなどの映像がよいが，年齢が低いとキャラクタを使用したほうがよい．
- ・ キャラクタが授業を再現すると遊んでいる気がするが，小学生相手なら向いている．
- ・ 楽しさがあるので，授業にいけない人に適している．
- ・ PC が苦手な人でも，楽しくできそう
- ・ キャラクタで表示内容が隠れてしまうのが気になる．
- ・ 板書とキャラクタの板書速度の差が気になる．

この他に，複数の被験者の親から，子供がキャラクタに興味を持つことで，学校に行けないときでも授業を受けてくれるならうれしいという意見が得られた．

6. 考察

予備評価から、約半数の人が動物のキャラクタの方がよいと答えた。また、実際に使ってもらった時に、人間のキャラクタを選んだ人は5人だけであった。これらから、利用者にとっては、人間のキャラクタにこだわらず、動物など数種類のキャラクタを用意し、選択の幅を広くした方が有効であることが分かった。しかし、今回の予備評価では、先生側の意見を聞いていない。授業の内容によって、遊んでいるという印象を与えたくない場合、楽しさを伝えたい場合など、様々な状況が考えられる。そこで、先生が動物のアバタを使うかの選択を行う機能を設け、授業ごとに選択できるようにしていきたい。

アバタによる授業の再現面では、アバタで板書内容が隠れてしまうことを気する人が多かった。また、事前調査からは、先生が黒板の横に立って黒板内容を見えるように移動を行うことや、教室を巡回することが分かっている。しかし、本システムでは、先生が立ち位置マットからいなくなったときでも、アバタが表示されたままである。このため、先生が電子白板の前からいなくなっても、アバタは板書内容を隠したままである。そこで、立ち位置検出マットから先生の位置が検出できなくなったときに、アバタを画面の隅に最小化して表示、または透明化処理などを行うなど、電子白板の画面を生徒に見やすくする必要があったことが分かった。

アンケートの質問(2)で、ビデオなどで授業を見るのがよいと答えた人から、子供を対象とするならキャラクタが向いているのではないかという意見を複数得た。これらの意見から、アバタを使用した授業の再現が肯定的にとられていることが分かった。

7. おわりに

本稿では、対話型電子白板と立ち位置検出装置を用いた遠隔授業システムにおける、生徒側からの反応を含めた解答機能の設計と試作を行った。先生側からの授業内容の一方的な配信だけでなく、遠隔地から受講する生徒の授業への参加、教室の生徒に遠隔地の生徒の動作を知らせることが可能となった。

予備評価からは、ビデオよりも利用者の注意をひけることや遠隔地から書き込みを行えることなどといった、アバタによって授業を行うことで得られる

利点が確認できた。しかし、先生が電子白板の前にはいないときでもアバタが表示されるため、電子白板の画面が見えないなどの問題点も明らかになった。

今後は、評価実験を行い、その結果をもとに機能面とインタフェース両方の修正と改良を行う。また、小学校の授業で実際に利用して評価していただき、その意見を参考に必要な機能を追加していく予定である。

謝辞

事前調査に協力いただいた、桜美林高等学校・中学校の先生方に深く感謝する。また、アプリケーションを使用し、アンケートに協力いただいたすべての方々に対して、心から感謝する。

本研究は、科学研究費補助金・基盤研究(B)(2)11558031 および、若手研究(B)13780205の一部の補助による。

参考文献

- 1) 錦織修一郎,菅沼明,何口倫一郎:“ 黒板講義を対象とした遠隔講義のための講義自動撮影システムの構築,” 情報処理学会研究報告(CE-57),vol2000, No.95, pp.63-70(200.10.13)
- 2) 石田準,坂東宏和,加藤直樹,中川正樹:“ 情報交換を可能とした電子黒板・ノートシステムの試作,”情報処理学会研究報告(CE-62), Vol.2001, No.122 (2001.12)
- 3) 福井賢二,石田準,坂東宏和,加藤直樹,中川正樹:“ 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,”情報処理学会第43回プログラミング・シンポジウム報告集, pp.61-68(2002.1)
- 4) Yoshiaki Sindo, Hiroshi Matsuda:“Design and Implementation of Scenario language for Cyber Teaching Assistant,” ICCE2001, pp.643-650 (2001.11.12-15)
- 5) 石井祐,渡辺富夫:“ 身体的バーチャルコミュニケーションシステムを用いた VirtualAactor の対話配置の評価,”ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.4, No2, pp.135-142(2002,11)