

## 遠隔協同授業における映像操作系の改良とその実験結果

太細 孝1) 小泉寿男2) 守屋誠司3)

- 1) 三菱電機株式会社情報技術総合研究所
- 2) 三菱電機株式会社本社生産システム本部
- 3) 山形大学教育学部

我々は、遠隔にある学校同士をネットワークで結び、大画面のスクリーンに遠隔教室の様子を映し出すことにより、臨場感に富んだ協同授業を行うためのコンピュータ支援方式を研究してきている。これまで実施してきた交信実験の結果、このような大画面を使ったリアルタイムで双方向性を強調した遠隔協同授業が可能であることが判ったが、コンピュータ支援に関して解決すべき課題も数多く判明している。その中の一つに教師と相手校生徒の間のコミュニケーションの改善の課題がある。遠隔協同授業においては、自教室内とともに、遠隔教室間でのコミュニケーションも可能であることが重要である。本稿ではコミュニケーション方法の改善のために「座席指示パネル」方式の導入を提案する。そして交信実験での適用結果についてCSCWの観点から論じる。

和文キーワード：マルチメディア、遠隔授業、CSCW、映像操作

## Improvement of Image Operation and its Experimental Results in a Collaborative Distance Learning System

Takashi Dasai 1) Hisao Koizumi 2) Seiji Moriya 3)

- 1) Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation
- 2) Corporate Engineering, Manufacturing and Information System,  
Mitsubishi Electric Corporation
- 3) Faculty of Education, Yamagata University

We are investigating methods of computer support for collaborative distance learning, in which two mutually separated schools are connected via network, and scenes and atmosphere of the remote school are displayed on a large-size screen with full of presence. From the experimental results we conducted so far, it turned out that this kind of distance learning is feasible, while there are many problems which need to be solved concerning computer support. One of which is the problem concerning the communication between a teacher of a school and a pupil of the other school. In collaborative distance learning, communication between two remote schools are important as well as that within a school. In this paper, we propose a "panel for pointing pupil's seat", which is devised for improvement of communication between the schools. Then, we will discuss the results of application of the panel into collaborative experiments, from the standpoint of CSCW.

英文Key Words : Multimedia, Distance learning, CSCW, Image operation

## 1. はしがき

我々は遠隔地にある学校を通信回線で結び、双方の通信により教室の情景や教育内容を交換し合えるような遠隔協同授業(Distance Learning)のコンピュータ支援方式を研究してきている。これをCCV(Computer, Communication and Visual)教育システムと呼ぶ。CCV教育システムは、大画面のスクリーンを用いて遠隔教室の様子を動画像として映し出し、高品質の音声とともに臨場感に富んだ授業を展開することが可能なシステムである。このような授業環境を使って行われる遠隔協同授業に合わせて教育内容の開発を行った。その教材の一部としてアニメを制作した。これまで国内の2地点の小学校をISDN回線で接続し、小学校の算数の授業を対象にCCV教育システムを使った通信実験を重ねてきた(1)(2)。

通信実験は、1996年2~3月期にかけて、山梨県のN小学校と山形県のG小学校との間で計5回行った。授業内容は小学3年生の算数を対象とした。続いて1996年6月~7月期にかけても同じ組み合わせで計5回実施した。この時は、1年生及び4年生の算数を対象とした(3)(4)。これら一連の通信実験を通じて明らかになった成果は、大画面のスクリーンを使ったリアルタイム性、双方向性を強調した遠隔協同授業が可能になったことであった。

一方、コンピュータ支援に関して解決すべき課題も数多く抽出された。中でも注目すべき点は、2つの教室間での教師と生徒の間のコミュニケーション方法である。教師から生徒へのアクセスが、自教室内での回数に比較して遠隔教室間での回数が少ない現象が見られた。これは教師にとって、遠隔教室の生徒を指名して発表させることが難しいことを意味している。遠隔協同授業においては、自教室内と同様、相手方教室との間のコミュニケーションが容易であることが教育効果を上げることになると考える。この課題を改善するために、生徒の座席表をパネル上に表示し、指名したい生徒の座席に触れるだけで、その生徒をスクリーン上に映し出すことができる「座席指示パネル」方式を開発した。そしてこの「座席指示パネル」を1996年9~10月期の通信実験に適用してその有効性を確認することができた。本稿では、第2章でCCV教育システムの構成について、第3章では遠隔協同授業における映像操作の改善方式について、第4章では通信授業への適用について述べ、第5章で評価と考察について論じる。

## 2. CCV教育システムの構成

図1はCCV教育システムの構成と、教師、生徒の関係を示したものである。日本では1クラスの生徒数が最大40名であり、一斉授業を基盤にしている。したがって基本的に一斉授業を基盤とし、異なった地点の40人前後のクラスが一体感と臨場感をもってインタラクティブな授業を展開できるようなシステムが必要である。したがって、システム構築に当たっては以下の諸点に留意した。

- (1)協同授業は、1人の教師と約40名の生徒から構成される2つの教室A、Bの間で行なわれる。
- (2)教師は、自教室の生徒への授業とともに、遠隔教室の生徒へのアクセスも行う。したがって生徒の立場では、自分たちの教師から受ける授業とともに、遠隔教室の教師とのアクセスもある。

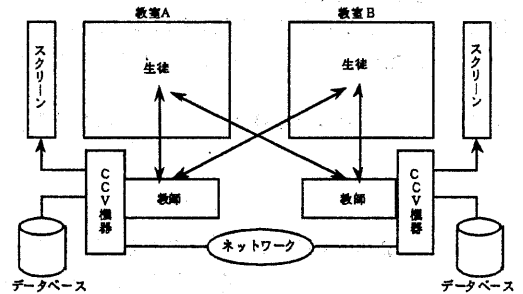


図1: CCV教育システムの構成

以上の要件を満足させるために、CCV教育システム側として、以下のようなCSCW機能をサポートする。システム構成の要点は以下のとおりである。

- (1)各教室には、CCV機器と大型のスクリーンを設置する。CCV機器は、基本的に教室内の情景や教師、生徒の映像と音声を送隔の教室に伝えるAV機器、およびコンピュータ教材の表示、その他の支援を行うパーソナルコンピュータ(以下PCと略称する)から成る。コンピュータ教材等は付属のデータベースに格納される。
- (2)クラスの一体感を保つため、一般の教室環境で約80インチサイズ的大型スクリーンに明るく精彩に投影できるプロジェクタを利用する。
- (3)教室の雰囲気や教師、生徒の姿を的確に遠隔教室に伝えるために教室前方に2台、後方に1台のカメラを設置する。
- (4)通信ネットワークとしてINS回線の384k

bpsを利用し、リアルタイム性、インタラクティブ性を実現する。

### 3 遠隔協同授業における映像操作改善方式

#### 3.1 座席指示パネルによる改善方式

生徒の姿を捉える映像操作は、CSCWの立場から見れば、カメラ操作の役割である。カメラ操作は、生徒が発表する時、その生徒の方向にカメラを回転させ、必要に応じてズームアップを行い、フォーカスを合わせる。遠隔協同授業では交信の相手方に発表者の姿、表情を的確に伝えることが重要であり、CCV機器の中でも使用頻度が高い。

カメラ操作に音声追従方式を導入して発表する生徒の姿を自動的に捉える方式を検討した。しかし、教室内の騒音で音源の検知が妨げられること、追従に時間を要し、生徒の発表したいタイミングに合わせられない、などの問題があった。そのため、教師自身がマニュアルでカメラ操作を行う方法が取られてきた。

今回、交信実験結果で明らかになった改善課題を検討するにあたり、使用頻度が高く教師の負担が大きいカメラ操作の軽減策を含めて改善策を検討することになった。その結果、下記のような機能要件を備えた「座席指示パネル」機能を実現することになった。

- (1) 交信授業中、生徒の座席位置の一覧表をパネル上に表示し、アクセスしたい生徒の名前にタッチすることにより、カメラが自動的にその生徒の座席位置に向く機能を実現する。
- (2) 生徒を映すカメラの位置（生徒の座席位置）を交信授業以前にコンピュータに記憶させておくプリセット方式とする。
- (3) 40人学級での使用を可能とするために、40人+若干の被写体の位置を指定可能とする。
- (4) 生徒の座席位置や人数は学年や組に合わせて容易に変更できるものとする。

#### 3.2 座席指示パネルの構成

##### 3.2.1 システム概要

開発された「座席指示パネル」の構成を図2に示す。座席指示パネルは以下のような機能を持つ。

- (1) 生徒の座席位置は「座席表」の形でコンピュータ管理する。複数の座席表をデータベースに格納して利用可能である。
- (2) 座席表1枚当たり、最大48ポイントのプリセッ

トが可能であり、生徒の名前の記憶/表示が可能である。

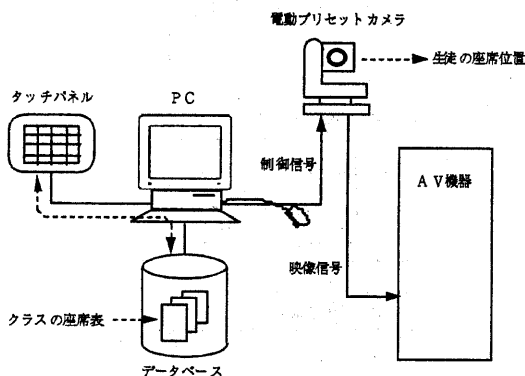


図2：座席指示パネルの構成

- (3) 操作機能は、座席指示パネルから送出される制御信号による電動プリセットカメラの操作、およびカメラからの映像信号をCCV機器へ送出する操作から成る。
- (4) 操作方法は、プリセットと実使用に分けられる。プリセットは、交信授業以前にクラスの座席表を作成する操作であり、実使用は交信授業時の操作である。

##### 3.2.2 プリセット

プリセットは、交信授業を行う以前に生徒の座席位置を予めコンピュータに記憶しておく作業である。この作業以後は、生徒の位置をカメラがワンタッチで捉えることができるようになる。図3にプリセットの手順を示す。

- (1) 座席指示パネルをプリセット・モードにする。
- (2) パネル上に生徒の名前の入った座席表を呼び出し、表示する。
- (3) プリセットしようとする生徒の座席位置へカメラをマニュアルで向け、必要に応じてズーム機能、フォーカス機能を使って生徒の位置、大きさ、距離などを調節する。
- (4) 諸元が決まったらその位置を座席表にセットして記憶させる。

この操作を必要回数だけ繰り返す。設定位置の追加、再設定は、プリセットと同様な操作で行うことができる。

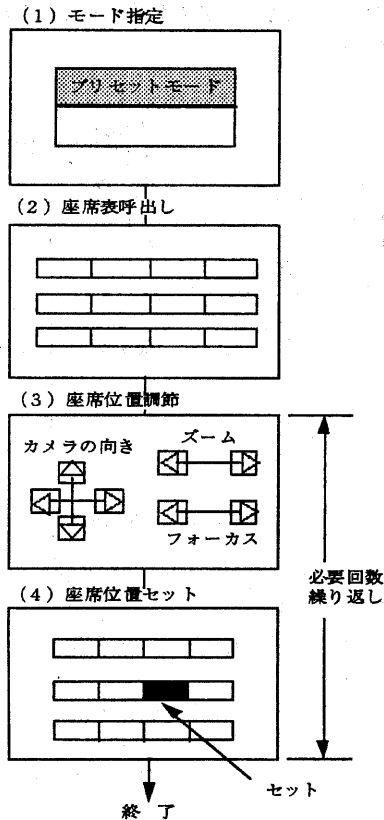


図3：座席指示パネルのプリセット手順

### 3. 2. 3 実使用

図4に交信授業時の座席指示パネルの使用法を示す。

- (1) 座席指示パネルを実行モードにセットする。
- (2) 交信授業を行うクラスの座席表を選ぶと、パネル上に生徒の名前の入った座席表が表示される。

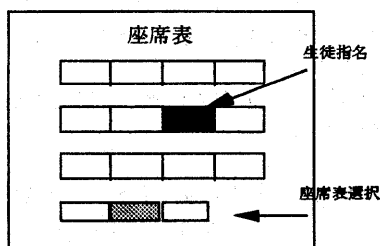


図4：座席指示パネル

- (3) 生徒の名前にタッチするとカメラはプリセットされた位置に向けてその生徒の姿を映し出す。

## 4 交信授業への適用

座席指示パネルを適用しての交信実験は、9月から10月にかけて計5回行われた。対象校は、山梨県のN小学校と山形県のG小学校の1年生、および4年生である。交信授業で使われた授業内容は置物をつくろう（1年生）、及び刺繍画（4年生）の2種類であった。

### 4. 1 置物をつくろう（1年生）への適用

曲面の学習である。紙粘土を使って1つのクラスはお面を作り、他のクラスは動物を作る。その後、交信授業で作品を見せ合い、さらに高度な曲面を持った対象物の造形を行う。協同授業の目的は、異なった種類の曲面体を比較して見ることにより、子どもの興味を刺激し、曲面体の種類や性質をより深く学ぶことにある（4）。

お面作りはN小学校が担当し、動物作りはG小学校が担当した。生徒数はそれぞれ40名である。図5に、両校の1年生が交信した時の教室の関係を示す。最初の交信の時、双方のクラスから紙粘土で作った作品を発表し合った。その後、アニメを使ってお面の断面の曲がりの形状等を学習した。次の交信授業では、これから作る作品のイメージを子どもたちがジェスチャーで示し、アニメを使ってイメージを高めた。さらにこれから作る作品について意見交換を行い、さらに良いものを目指すことになり、芯材を使った置物作りに挑戦した。最後の交信授業で両校で約束して作った作品を紹介し合った。N校からはスポーツ選手、G校からは動物の作品が紹介された。

座席指示パネルの使用に関しては、教師が操作したが、ワンタッチで生徒の位置にカメラを迅速かつ的確に向けられるので、教師の負担軽減に役立つことが実証された。特に1年生の場合、1つのことに集中できる時間が短いので、少ない時間でカメラを向けられるようになったことの意義は大きい。

一方、問題点としては、教師が生徒の中まで入って指導している時は、生徒を指名する際、いちいち座席指示パネルまで戻ってしなければならないので、移動距離が大きくなることが判った。また子どもたちが作品のイメージを膨らます目的でジェスチャーで行った際、教室の前方に出てきたり、机の上に

乗ったりしてポーズをとったため、座席指示パネルでは完全に追うことはできなかった。したがってこの場合は従来のマニュアル操作が併用された。また、これ程ではなくとも生徒が発表する時、立つ位置がプリセットされた位置から若干ずれる場合があり、プリセットの許容範囲の問題として改善策が必要である。

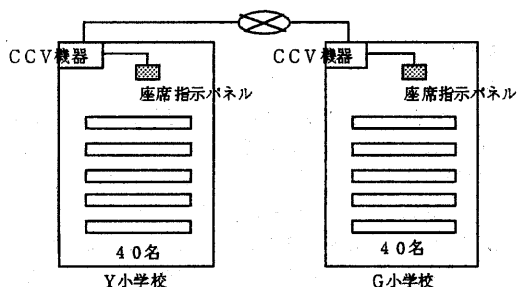


図5：交信授業における両教室の関係（1年生）

#### 4.2 刺繍画（4年生）への適用

曲線形の学習。絵の輪郭に沿って刺繍糸を貼り付け、刺繍画を描く。1つのクラスは滑らかな曲線を使い、他のクラスは尖った曲線も混ぜて絵を描く。その後、交信授業で作品を見せ合い、さらに複雑な曲線を混ぜた絵を完成させる。1年生の授業と同様、異なった曲線を使った刺繍画を対比的に見ることにより、子どもの興味を引き出し、曲線の種類や性質についてより深く学ぶことに主眼点がある(5)。

それぞれの地方の昔話を題材に、刺繍画を作ることにした。N小学校は40名、G小学校は8名である。N校は滑らかな連続曲線だけを使ったのに対し、G校は尖りのある曲線を使って描画した。色塗りには、N校は絵の具、G校は色鉛筆を使用した。最初の交信授業の時、お互いの作品を発表し合い、感想を述べ合った。さらにアニメを使って曲線の学習を行った。2回目の交信授業は、N校からの作品の発表で、曲線の円近似のいろいろな手法を学習した。続いて新たに制作するテーマを相談し、曲がり具合の特徴を含める、地域文化の特徴を含めるなどが約束された。最後の交信授業では、N校の3つのグループが民話に基づいた創作を発表、G校からは両校の子どもが雲に乗ってG地方を旅行するという作品を発表、その感想について話し合った。

座席指示パネルの観点からは、1年生の場合に比べ動きが少ない授業だったので、教師による操作は効果的に行われた。ここでは交信授業の中でタイプ

ー2のクロス型アクセスが行われた。まず、N校の教師がG校の生徒名を呼んで発表を促すと、G校の教師がその生徒の名前をパネル上でタッチしてカメラをその生徒に向けた。そしてG校の生徒の発表する姿がカメラ映像を通じてN校のスクリーンに映し出された。この間の手順は円滑に進められ、自教室での指名発表との差異は感じられず、座席指示パネルの機能の有効性が実証された。

## 5 評価と考察

### 5.1 座席指示パネル

#### (1) 遠隔教室間アクセス比率の増大

自教室内に留まっていた生徒に対するアクセスを、座席指示パネルの機能を使って遠隔教室まで拡大することを試みた。4年生の刺繍画の授業で試験した結果は、教師たちにも好評で、今後遠隔教室間のアクセスが増えていけばより自然な協同授業の姿に近づき、バラエティに富んだ授業が行われることが期待される。

#### (2) ワンタッチ操作による教師の負荷減少

座席指示パネル機能の適用により、教師のカメラ操作の負荷は着実に減少することが期待される。従来のマニュアル操作では、まず発表する生徒にカメラを向け、必要ならズームアップとフォーカス合わせをしなければならなかった。この操作は使用頻度が高い影響もあって教師の負荷が大きかったが、ワンタッチ操作で済ませることにより、余裕ができた時間を教育の充実に振り向けることができる。

#### (3) 自教室と遠隔教室の教師間のコンテンション

一方、両方の教師の間で意図の違いが起こることがある。教師の間の意思の疎通を密にしないと、依頼した通りの動作が行われず、授業の円滑な進行が妨げられる。座席指示パネルを使った遠隔協同授業が、現状では2人の教師の協働で成り立っている以上、両教師の連携は非常に大切である。

#### (4) 微調整機能

座席指示パネルを使用して生徒の姿を捉えた際、生徒がプリセットした位置からずれて立つケースが見られた。現状では生徒に所定の位置まで移動するように指導しているが、この場合の対応策としては微調整機能の付加が考えられる。しかし、マニュアルでの微調整が時間を要することは実証済みであり、折角ワンタッチ操作で節約した時間を取り崩すことになり兼ねない。赤外線応用の画像認識機能を併用して自動化する等の改善策が期

待される。  
別の方法として、プリセット時に生徒の姿を小さく映るようにセットしておけば、カメラに映る許容範囲が広くなり、少々のはずれは問題でなくなる。しかし生徒の姿がよく映し出されなくなり、難しいトレードオフがある。

#### (5) ワンタッチ方式とマニュアル方式の混在

1年生の授業で見られたように、教師の動きが多い授業においては、生徒の指名が必要になる毎に座席指示パネルに戻ってくる必要があり、教師の負担が大きくなる。これを救うためには座席指示パネルを可搬型にすることが考えられる。現状は固定型である。しかし、授業中にパネルを持ち歩くことは協同授業にどのような影響があるのか、40人前後の生徒の座席を表示し、操作できるためにはどれくらいのサイズと重量が適切か、ワイヤレス化が必要か、など、今後検討していく必要がある。

また、もともとプリセットに馴染まない対象物もあり、マニュアル操作との併用を前提として、全体の操作能率向上を図ることが必要である。

## 5.2 C C V機器の効果

C C V機能であるプロジェクタは、両校に設置された80インチサイズの大画面スクリーン上に、普通の教室でも見える程の明るさと精彩度を持った映像を映し出し、教室の臨場感および一体感を醸し出されていた。

音声も両教室の臨場感を高め、一体感を高めるために重要な手段であり、新型のエコーキャンセラーの導入等改良を施した結果、安定した良質の音声を得られた。

アニメーションは、C C V教育システムを使った協同授業では重要な教材であり、今回も置物を作ろう、及び刺繍画の2つに対して合計20数点のアニメ教材を制作し、授業に使用した。授業内容に合わせて綿密に設計されたアニメは、発信授業の中で、動機付け、ヒント、理解の整理・深化などの目的に合わせて適切に使われた。

一方、課題としては定量的な測定結果が不十分であり、今後努力すべき課題として残っている。

## 6 まとめ

本稿では、新しい遠隔協同授業に対するコンピュータ支援方式に関連して判明した問題点である、遠隔教室間のコミュニケーションの問題に対して、座

席指示パネルの導入による改善策を提案し、その実験結果についてC S C Wの観点から論じた。発信実験への適用の結果、座席指示パネル使用の有効性が確かめられた。しかしそれは限定された範囲内での効果であり、残された課題も多い。映像操作は今後大きな課題であり、新しい知見を取り入れつつさらに改良研究を続けていく予定である。

## 参考文献

- (1) 太細孝、小泉寿男、横地清、守屋誠司、白鳥則郎：オンライン協同授業をベースとしたC C V教育システム、情処ワークショップ論文集 Vol. 96, No. 1 Oct. 1996, pp. 479-486.
- (2) 西谷泉、ICME8におけるTG4 Distance Learning について - CCV教育システム研究 - : 1996年度数学教育学会秋季例会発表論文集, 1996, pp. 47-50.
- (3) 守屋誠司、「インターネットと数学教育」 - C C V教育の立場から : 1996年数学教育学会秋季例会発表論文集, 1996, pp. 149-154.
- (4) 黒田恭史、協同学習と数学の創造力の育成(2) - 小学校1年生の「順序関係」を中心として - : 1996年数学教育学会秋季例会発表論文集, 1996, pp. 63-68.
- (5) 奥山賢一、協同学習と数学の創造力の育成(2) - 小学校4年生への代数的思考の指導 - : 1996年数学教育学会秋季例会発表論集, 1996, pp. 59-62.
- (6) 竹本宜弘、田村武志、高田伸彦：分散型教育における講師操作環境の構築とその検証、情報処理学会論文誌 Vol. 36, No. 9, Sep. 1995, pp. 2215-2227.
- (7) A. DiPaolo : Moving Towards Education Anywhere, Anytime in an On-Demand Environment, Education at a Distance, Vol. 10, No. 3, Mar. 1996, pp8-20.
- (8) Chris Dede : Emerging New Media Create Powerful Experiences, Virtual Realities, TELECONFERENCE, Vol. 15, No. 2, 1996, pp21-32.
- (9) Rajiv Gary : Distance Learning : Interactive Video Teletraining as an Emerging Technology, ED, Education at a Distance, Vol. 10#3, March 1996, pp. 12-15.