

博士學位論文

論文題目 双方向リアルタイム型
遠隔協同授業に関する研究

提出者 東北大学大学院情報科学研究科
情報基礎科学 専攻

学籍番号 7ds6

氏名 太細 孝

指 導 教 官	白鳥則郎 教授
審 査 委 員 (○印は主査)	○ <u>白鳥則郎</u> 教授 1 <u>宮崎正俊</u> 教授 2 <u>根元義章</u> 教授 3 <u>木下哲男</u> 助教授 4 _____ 教授 5 _____ 教授 6 _____ 教授



①

平成9年度博士学位論文

双方向リアルタイム型遠隔協同授業
に関する研究

東北大学大学院情報科学研究科
情報基礎科学専攻

太細 孝

目 次

	頁
第1章 序論	3
1. 1 背景と目的	3
1. 2 論文の構成	8
第2章 コンピュータ支援による遠隔協同授業方式	9
2. 1 はじめに	9
2. 2 遠隔協同授業における課題	9
2. 3 コンピュータ支援に基づく遠隔授業実現方式	14
2. 4 エージェント機能による授業支援の改善方式	16
2. 5 本論文の位置付け	18
第3章 双方向型遠隔協同授業方式とその実証実験	19
3. 1 はじめに	19
3. 2 遠隔協同授業方式	21
3. 3 実証実験システムとその実験結果	36
3. 4 評価と考察	48
3. 5 まとめ	56

第4章	マルチエージェント機能による遠隔協同授業支援	57
4.1	はじめに	57
4.2	遠隔協同授業方式とその課題	59
4.3	エージェントによる遠隔協同授業支援方式	63
4.4	実験実証システムと考察	83
4.5	まとめ	95
第5章	結論	97
謝辞		100
参考文献		102
著者論文一覧		108
付録	遠隔協同授業に関する指針	113

第1章

序論

1. 1 背景と目的

(1) 背景

コンピュータ技術の発達によって、100MIPS級の高性能パソコンが普及し、マルチメディアにおける大きな計算処理に対応できるようになった。これにより、マルチメディア・データは、従来のテキスト、静止画に加えて動画、音声までコンピュータ上で利用可能となり、豊富で自由なプレゼンテーションが可能となってきた。また、通信技術においては、ISDNに代表されるデジタル通信技術が進展し、大量のマルチメディア・データをリアルタイム、双方向で伝送する技術が実用の域に達してきた。

このようなコンピュータ技術と通信技術を融合させた時、そこには新しい社会的パラダイムの出現が可能となる。すなわち、エレクトロニクス社会、仮想社会と呼ばれる環境下では、インターネットなど、世界中に張りめぐらされたネットワークを通じて世界中のどこでも即時に情報交信が可能となる。このことは、地理的に分散した環境間を結んでの協同作業が地理的移動を伴わずに可能となることを意味し、これまでの生活スタイルを変えるとともに、新しいビジネスを生み出す環境基盤ともなる。

以上のようなコンピュータと通信手段の融合的進歩は、教育の分野にも多

大の影響を及ぼしつつある。これにより、授業環境も単に「教室」という限定された空間だけでなく、よりグローバルな拡がりを持つことになる。遠隔地にすることが最早本質的な問題ではなくなり、より多様な教育の形態が可能になりつつある。このため、新しいメディアや技術を活用した教授方式の新しい方向が研究されている。CD-ROMとインターネットを組み合わせたCAIやデジタル図書館、エデュテイメント要素を取り入れた教材などが挙げられるが、なかでも効果的な遠隔教育システムの研究開発が注目されるようになってきた。

遠隔教育の現状は、大きく下記の3種類に分けられる。

1) 企業内遠隔教育

企業における教育は、技術者にとって必要な専門技術の習得、高度化、あるいは技術の伝承が目的である。地理的に離れた職場で働く多数の技術者に対して、講師がセンター教室からISDNや通信衛星を経由して一斉講義を行う。専門的知識の効率的な伝授に重点があり、双方向性はあまり必要とされないので、ブロードキャスト型授業の形態がとられる[3], [8]。

2) 大学、高校以上における遠隔教育

均一な教育内容を地理的に隔たったキャンパスの学生に同時に伝達したり、複数の大学、高校に伝達する目的で行われる。有志の大学が中心となって進めているOn-line Universityプロジェクト、文部省放送教育開発センターを中心とした大学間の衛星授業を行うSCS (Space Collaboration System) のプロジェクトなどの活動が行われている[6], [17], [28], [35]。

(1)と同じく知識の効率的伝授が主要な目的なので、やはりブロードキャスト型授業の形態が主流となる。

3) 小、中学校における遠隔教育

教育の活性化、多様化などの目的をもって遠隔教育が行われている。主としてインターネットを活用したクラス間交流が活発に行われており、例えば文部省と通産省が中心となって行っている小中高校のコンピュータ利用プロジェクト（100校プロジェクト）や、NTT主導のこねっとプラン、ドイツの1万校を対象としたドイツ教育・研究省とドイツ・テレコム主導の”Schulen ans Netz”プロジェクトなどが挙げられる[1], [2], [9], [33]。

遠隔教育の意義、重要性に関しては、まず環境に関して、講師と受講者が同一場所に集合する必要がなくなるため、移動に要する時間、費用の節約が可能になる。インターネット利用の場合には、講師と受講者間は間接講義となるので時間的制約が緩和される。さらに、地理的、時間的制約が緩和されることにより、優れた教師や教育内容の選択の幅を拡げることができる。

次に教育内容に関して、均一な教育内容を広範な地域の受講者に効率良く伝達することができる。異なった文化、習慣との接触が可能になることで、授業に刺激効果を与えることができる。さらに受講者間の協調と競争によって、学習意欲の活性化、授業の高度化が期待できる。

しかしながら、現在、遠隔教育は以下に記すような課題を抱えている。大学や高校の授業や企業内教育において実用されているのは、通信衛星やISDNなどを利用してセンター教室における教室と講師の情景を動画像によってリアルタイムで伝送する、いわゆるブロードキャスト型が主流である。この方式は知識の伝達に適している反面、双方向性は弱い。一方、インターネットを利用した遠隔教育もさかんになってきたが、非同期型であるためリアルタイム性に乏しく、授業にとって重要な要素である臨場感などが得られ

ない。また、授業の方式自体が従来の教室における授業方式を踏襲しており、遠隔教育に合わせて改善された方式になっていない。特にコンピュータ支援機能が効果的に使われていない。

(2) 本研究の目的

以上のような状況を踏まえ、筆者は、本論文において新しい遠隔協同授業環境とそれに適合した教育内容を配することによって創造性を助長する「双方向リアルタイム型遠隔協同授業支援方式」を提案し、その実証を試みる。筆者は、マルチメディア通信とコンピュータをベースとした遠隔協同授業環境によって、異質の文化がぶつかり合い、協調し合う中から学習意欲が活性化され、創造的思考が生まれる可能性があると考え。そのために新しい授業環境に適合した授業内容とマルチメディア教材を作成し、その組合せによって効果的な授業進行管理を行う方式を採用する。遠隔協同授業においては、遠隔教室間に臨場感、一体感を醸成することが重要であり、リアルタイム、双方向で映像やコンピュータ表示をプロジェクタによって相手方教室の大型スクリーンに投射する方式を採用する。

以上の授業支援方式を実現するために、2段階の実現方式を採る。最初の段階としてCSCW (Computer Supported Cooperative Work) による双方向授業環境の構築と授業進行支援方法を実現し、次の段階ではエージェント機能による授業支援内容の高度化を実現する。この実現方式を実装するための基盤としてCCV (Computer, Communication and Visual) 教育システムを構築する。

本提案方式の有効性を実証するための第一段階として、小学生の算数を対象とした遠隔協同授業の実験を行う。ここでは地理的に隔たった地域の小学

校間で幾つかのテーマによる遠隔協同授業を実施し、異なった文化、異なった習慣を背景とする子ども同士の交流による学習意欲の活性化、創造的思考力の向上の度合いを評価する。さらに遠隔協同授業の環境と授業支援の実施効果についても評価する。実証実験は初めに国内の小学校間で行い、次いで異文化の程度がより大きい国際間での実施も計画している。

1. 2 論文の構成

本論文は、以下のようなものである。

第2章では、遠隔教育の従来研究について概観し、遠隔教育における課題を考察する。従来、大学や企業においては高度な教育内容を均一、広範囲に伝達する、いわゆるブロードキャスト型授業方式ことが主流であり、臨場感のある映像と音声を共有することによって交流するタイプの遠隔協同授業はまだ殆ど研究されていない。このような遠隔教育方式を実現するために、CSCWに基づく遠隔協同授業方式、およびエージェント機能による授業支援の改善方式を提案し、その基本概念を述べる。

第3章では、双方向型遠隔協同授業方式のモデルを定義し、これに基づくコンピュータ支援方式について述べる。次にこの方式に基づく実証実験システムの構築と実証実験の概要について述べ、実験結果の分析と考察から子どもの学習意欲の活性化、創造的思考力の向上の度合い、および遠隔協同授業環境と授業進行支援効果を評価する。

第4章では、CSCWによる遠隔協同授業方式の課題について述べ、エージェント機能の導入による改善方式を提案する。次いでエージェント機能の導入方法の概要について述べ、機能強化された実験システムによる実験結果から得られたエージェント機能の協調動作効果について考察、評価を行う。

第5章では、本研究での成果をまとめるとともに、今後の課題について述べる。

第 2 章

コンピュータ支援による遠隔協同授業方式

2. 1 はじめに

本章では、本論文での議論に必要となる現状の遠隔協同授業における課題について述べ、コンピュータ支援によって遠隔協同授業を支援する方式を提案し、その基本概念について述べる。

まず、2. 2で現状における遠隔協同授業の課題を述べる。次に、2. 3でCSCWに基づく遠隔協同授業の実現方式、2. 4でエージェント機能による授業支援の改善方式を提案し、その基本概念と実現の方式について述べる。2. 5で本論文で提案する各実現方式の相互関係と位置付けについて述べる。

2. 2 遠隔協同授業における課題

(1) 現状の遠隔協同授業における問題点

現在実施されている遠隔授業の型は、以下に示す2タイプに分けられる。

1) インターネット利用型

インターネットにより、テキストや静止画を非同期的に交流することによって行う遠隔授業である。日本では、文部省・通産省が中心になって実施し

た「100校プロジェクト」やNTTが主導した「こねっとプラン」などにより、特に小・中学校でインターネットの教育利用が進んでいる。外国においても、ドイツ教育・研究省とドイツ・テレコムが主導している “Schulen ans Netz” 他が挙げられる [1], [2], [9], [33]。インターネット利用型は、自分の学校以外の教師、生徒と交流可能になったことが従来の教育方法に新風を吹き込むと可能性があるとして注目され、実践例も多く報告されている。

しかしながら、インターネットは非同期型が基本のため、一斉型授業に利用することはできない。すなわち遠隔の2つの学校同士が、相互の教室の様子を動画像でリアルタイムに交流し合うような臨場感に富んだ授業を、インターネットを使用して行うことはできない。したがって、現状では、直接的交流を伴わない、オフラインで個別的な交流授業における利用に留まっている例が多い。

2) ISDN／通信衛星利用型

センター教室と遠隔にある受信教室とをISDN／通信衛星回線で結び、センター教室における講師の講義を動画像で伝送する、いわゆるブロードキャスト型授業である。この型は、できるだけ多くの受講者に優れた教育内容を効率的に伝達することを主な目的としているため、大学や高校の遠隔授業や企業における技術者教育に利用されている [3], [6], [8], [17], [35]。

この方式は臨場感は十分ある一方で、教材は従来のままで知識賦与型の授業を行うため、授業の方向は一方向であり、従来の教育方法の枠内に留まっている。そのため、遠隔協同授業にとって重要な双方向性機能に対し、システムの、方法論的に考慮が払われておらず、問題点となっている。特にコンピュータによる支援機能が考慮されていない。

以上のような問題点によって、現状では遠隔協同授業での交流が充分でなく、したがって十分に教育効果を上げることができない状況にある。

(2) 解決策

筆者がめざすところは、リアルタイム、双方向型の遠隔協同授業環境を構築し、臨場感のある映像と音声を両教室間で共有することによって、相手方と一体感を保ちながら交流する遠隔協同授業方式の実現である。そのための要件は以下のようなものである。

1) 双方向、リアルタイム型の授業環境の実現

2) 授業内容とマルチメディア教材の組合せによる授業進行支援方式の開発

これによって生徒の学習意欲を刺激し、創造的思考力の増進によって教育効果を上げることが可能と考える。

(3) 解決のための課題

このために筆者は、まずC S C Wによる双方向授業環境の構築と授業進行支援の方式を考える。授業環境としては、両教室間の臨場感、一体感の醸成が重要である。授業進行支援については、教材の効果的な提示方法の開発が重要となる。

次に上記授業方式を強化・高度化するために、エージェント機能による授業支援内容の高度化を考える。ここではエージェント機能の導入により、授業支援効果の向上を図り、それによって教師の機器操作負荷を軽減させる方法を考える。

(4) 解決策の骨子

第一に「C S C Wによる双方向授業環境の構築と授業進行支援」を提案する。両教室間の臨場感、一体感を醸成する基本は、双方の教室の映像と音声

の円滑な交流にある。このため、大画面スクリーンに相手方教室の映像を投影し、その中に子画面を切って自教室の画面を嵌め込むことによって、相手方教室との臨場感、一体感を得る基盤にする「画面共有方式」を提案する。この基盤の上で臨機応変のカメラ操作によって、発言する生徒の姿や、その時々教室の風景を双方の教室間で共有する「映像操作方式」を提案する。次に、授業を効果的に進めるために教材が使われるが、どのような種類の教材を、どのような方式で利用するかが課題である。筆者は、アニメーション（以後アニメと略称する）が持つ直感的な理解容易性、親しみやすさ、などの利点を考慮して、コンピュータ教材として積極的に利用することにした。協同授業においては、両教室で同じアニメの画面を見ながら授業を進めることが重要であり、このための方式として「教材提示方式」を提案する[24]。これは、両教室のコンピュータ上で動作するアニメ教材をコマンドによって同期をとる方式で、ISDN回線の負担にならず、しかも応答性の良い方式である。

第二に「エージェント機能による授業支援内容の高度化」を提案する。遠隔協同授業はリアルタイムで進行するため、時間に対する制約が厳しい。その中で教師が授業の進行に気を配りながら機器操作を行う場合、負担が大となり、かえって授業の妨げになる恐れがある。そのため、次のステップとして考えたのが、エージェント機能による授業支援である。協同授業全体を通じて教師に過重な負荷を負わずに、映像や音声を遠隔教室間で効果的に交流させるためには、教師とこれらの操作機能が絶えず連絡をとりながら適切に動作する機構が必要になる。このような機構をエージェント機能によって実現する方式を提案する[15], [36]。本論文で以下に示す3種類のエージェン

トが協調連携しながら教師の指示に従って授業の円滑な進行を支援することをめざす。エージェント間の連携とともに、教師とエージェント間の連携も考える。

本節で述べた遠隔協同授業の課題とその解決策を踏まえ、遠隔協同授業の構成要素の関係を示したのが図2-1である。

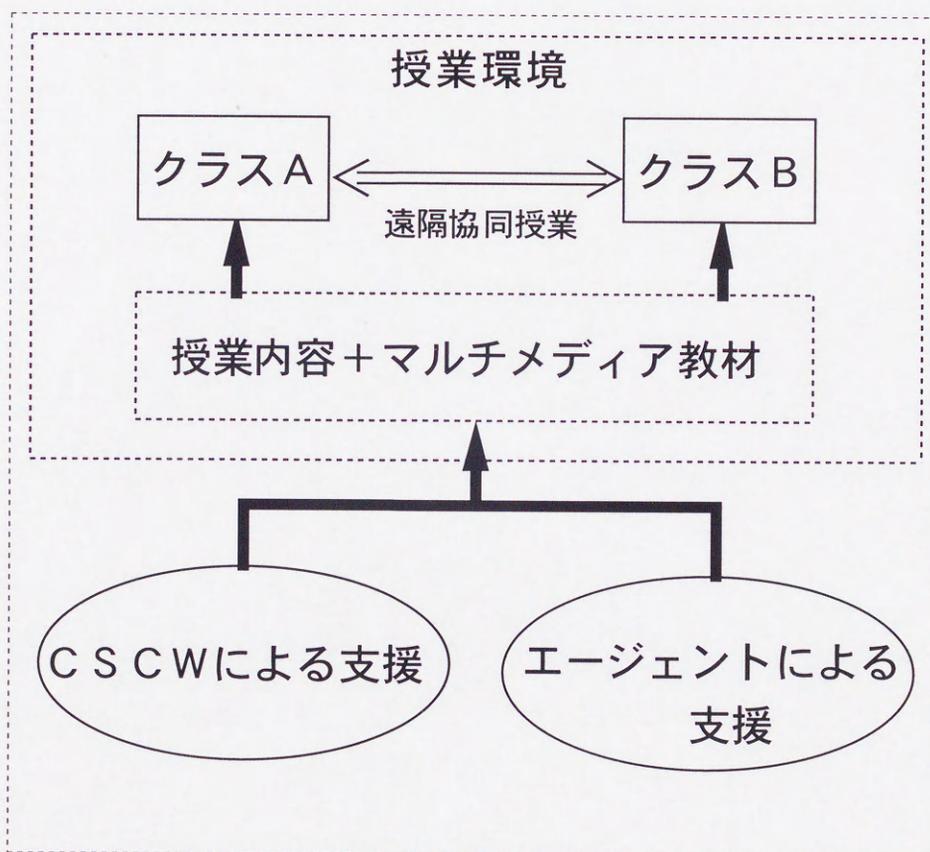


図2-1 遠隔協同授業の構成

2. 3 コンピュータ支援に基づく遠隔授業実現方式

(1) 狙い

本節では、2. 2で述べた遠隔協同授業における課題の解決策の第一段階として、CSCWによる双方向授業環境の構築と授業進行支援の実現を狙いとする。

(2) 遠隔協同授業方式

遠隔協同授業のモデルとコンピュータ支援の方式を提案する。モデルは、通信ネットワークで結合された2つの遠隔教室AおよびBで構成され、1教室あたり教師1名と最大40名の生徒が入る。それぞれの教室には大画面スクリーンが設置され、相手方教室の映像が映し出される。音声はスピーカを通じて伝達される。したがって教室Aの教師、生徒は大画面スクリーンに映し出された教室Bの教師、生徒の映像と音声を通じて交信授業を行う。反対に教室Bの教師、生徒は自分の教室の大画面スクリーンを通じて教室Aの教師、生徒と接することになる。

コンピュータ支援の方式としては、下記の3方式を用意している。

- 1) 画面共有方式：大画面スクリーンに相手方教室と自教室の映像を映し出して両教室間の臨場感を維持する。
- 2) 映像操作方式：発言する生徒の姿を捉えて両教室の大画面スクリーンに映し出す。
- 3) 教材提示方式：アニメ教材を両教室で同期動作させる。

(3) 本方式の実証実験

本方式の有効性を実証する目的で、遠隔協同授業の実験を日本国内の3小学校間で実施した。

- ①ケント紙で作ろう（立体図形の協同学習）：N校3年生37名－G校3年生8名、1996年2～3月
- ②北風と亀の速さ（速度の協同学習）：N校3年生37名－K校3年生32名、1996年2～3月
- ③位置を決めよう（順序関係の協同学習）：N校1年生40名－G校1年生39名、1996年6月～7月
- ④かっこを使った式（演算構造の協同学習）：N校4年生37名－G校4年生8名

（※N校：山梨大学教育学部附属小学校
G校：山形大学教育学部附属小学校
K校：兵庫県揖保郡揖保川町立神部小学校）

(4) 評価と課題

- 1) 授業環境に関して、画像、音声ともに良好に動作し、遠隔協同授業に適用可能であることが確認された。
- 2) 授業プロセス／教材に関して、授業の進行に対応してそれぞれの場面にタイミングよく教材が提示され、授業効果を上げた。アニメ教材の同期動作も良好だった。
- 3) 生徒の反応に関して、相手方生徒に対する親近感と発言意欲が出てくる様子が観察され、学習意欲の高揚と創造的思考力の活性化が確認された。

- 4) 課題としては、映像操作を中心とするシステム操作性の改善、相手方教室との連携強化などの授業支援機能の高度化、および協同授業結果の評価方式の確立が確認された。

2. 4 エージェント機能による授業支援の改善方式

(1) 狙い

本節では、解決策の第二段階として、エージェント機能による授業支援内容の高度化の実現を狙いとする。

(2) 遠隔協同授業方式の課題

CSCWによる遠隔協同授業支援方式の実証実験結果から次のような課題が確認された。

- 1) 相手方教室－自教室間の映像、音声、教材の共有、教材検索機能の連携強化
- 2) 授業プロセスの進行管理の強化
- 3) 交信授業、非交信授業間の連携強化

(3) 課題解決策の基本方式

(2) の課題を分析、整理して3種類のカテゴリに分類し、それぞれの作業を担当する3種類のエージェントの導入によって課題の解決を図る。

- 1) 映像操作エージェント：遠隔教室間の映像供給管理および画面切替とカメラ操作を担当する。
- 2) 検索編集エージェント：教材や生徒作品の登録と検索、ビデオデータの

編集、登録、検索を担当する。

3) プロセス管理エージェント：授業プロセスの進行管理、授業の中断と再開、アニメ教材の同期動作を担当する。

(4) 本方式の実証実験

本方式の有効性を実証するために、日本国内の2つの小学校間で遠隔協同授業の実験を行った

①置物を作ろう（凹凸のある像の協同学習）：N校1年生40名－G校1年生39名、1996年9～10月

②刺繍画を作ろう（曲線形の協同学習）：N校4年生37名－G校4年生8名、1996年9～10月

(5) 評価と課題

もっとも負荷が大きい映像操作関係では、相手方教室の映像操作エージェントとの連携操作により、操作の円滑化、操作時間の短縮効果が確認された。アニメ教材の同期では、プロセス管理エージェントと他の関連エージェントとの連携動作により同期動作が円滑に実行されたことが確認された。その結果として遠隔教室間の対話数の増加が観測され、教室間交流の活発化に繋がったことが確認された。

一方、エージェントが利用できる入力情報の欠乏による授業再開や画面切替のタイミングの決定の困難さが新たな問題として出てきた。

エージェント導入による授業支援方式の課題としては、エージェントが利用可能な新しい入力情報の開拓とそれによるエージェント機能の高度化、映像と音声の混合伝送における帯域幅調整のエージェント化研究、授業効果の評価方式の開発が上げられている。

2. 5 本論文の位置付け

本論文では、コンピュータ支援による遠隔協同授業方式としてリアルタイム、双方向型の遠隔協同授業支援を提案し、これの実現のために、コンピュータ支援に基づく遠隔協同授業方式、およびエージェント機能による授業支援の改善方式について論じているが、これらの比較を表2-1に示す。

表2-1 遠隔協同授業支援方式の位置付け

方 式		コンピュータ支援に基づく 遠隔授業実現方式 (第3章)	エージェント機能による 授業支援の改善方式 (第4章)
基本概念		CSCWによる双方向 授業環境の構築と 授業進行支援	エージェントによる 授業支援内容の高度化
方 法	双方向対話	画面共有方式、 映像操作方式	映像操作エージェント
	教材提示	教材提供方式	検索編集エージェント
	授業プロセス 間の連携	教師による連携	プロセス管理エージェント
開発した機器 およびツール類		<ul style="list-style-type: none"> ・画面共有システム ・座席指示パネル システム ・アニメ同期システム 	<ul style="list-style-type: none"> ・映像操作エージェント モジュール ・検索編集モジュール ・プロセス管理モジュール
適用検証		N、G、K校での実験に より検証	N、G校での実験により 検証

※N校：山梨大学教育学部附属小学校
 G校：山形大学教育学部附属小学校
 K校：兵庫県揖保郡揖保川町立神部小学校

第3章

双方向型遠隔協同授業方式とその実証実験

3.1 はじめに

近年、ネットワークを活用した教育システム、および遠隔授業に関する研究、実用化報告が行われている[1], [2], [3], [4]。筆者は、マルチメディア通信と映像機器、コンピュータ支援をベースとした遠隔授業環境を構築し、この環境に適合した授業内容と教材を制作して、これらを組み合わせた遠隔協同授業システムを研究してきている。このシステムをCCV (Computer, Communication and Visual) 教育システムと名付ける。CCV教育システムの目指す目的は、遠隔地の見知らぬ生徒同士の交流を可能とし、相互の考え方や作品作りの成果を発表し合うことによって学習意欲を刺激し、発想的な思考に導くことにある。遠隔協同授業における環境は、如何にして遠隔教室間に生き生きとした映像や音声を伝送して臨場感を実現し、相手方との一体感を醸成するかが課題である。さらに、このような環境に適合した授業内容に関しては、映像、アニメーション、インターネット教材等を取り入れた授業内容の構築が課題である。

CCV教育システムでは、次の3つの要素が重要であると考えられる。1つ目は、マルチメディア通信と結合されたコンピュータと映像機器によって構成される遠隔協同授業の環境である。この環境は、如何にして遠隔教室間に生

き生きとした映像や音声を伝送して臨場感を実現し、相手方との一体感を醸成するかが重要である。2つ目は、このような環境に対応した教育内容の開発である。マルチメディア環境を利用した映像、アニメーション、インターネット検索画面をどのように教材に取り入れ、授業の内容を構築するかが重要である。3つ目は、授業結果の評価である。この評価は、授業目的に対する結果の評価、および授業の実施に対するコンピュータ支援の効果の評価からなる。これらの3要素を踏まえた教育システムによって、子どもたちの学習意欲を刺激し、発想力の向上を期待することができると思う。

CCV教育システムでは、小学生の算数教育をスタートポイントとしている。この理由は、算数が論理的思考を養成するのに適切なものであることと、協同授業が最も難しいとされている算数からスタートすることにより、他の教科への適用性が得られると考えるからである。

本提案の実証のため、第1次実験として小学校3年生を対象とした遠隔協同授業実験を行い、続いて第2次実験として小学校1年生、および4年生を対象とした実験を行った。その結果、子どもたちに学習意欲の高まりが見られ、本方式の有効性が確認された。

一方、システム操作性や映像／音声伝送方式の改善、協同授業結果の評価方式、および創造的思考の実証方式などが今後に残された課題となっている。

3. 2 遠隔協同授業方式

3. 2. 1 遠隔協同授業のモデル

CCV教育システムにおける遠隔協同授業のモデルを図3-1に示す。教室Aと教室Bは通信ネットワークで結ばれ、それぞれ1名の教師と最大40名の生徒が入る。各教室には大画面スクリーンが設置され、相手方教室の映像が通信ネットワークを経由して伝達され、映し出される。音声も通信ネットワーク経由でスピーカを通じて伝達される。したがって教室Aの教師、生徒は、大画面スクリーンに映し出された教師B'、生徒B'を見ながら教室Bの教師、生徒と協同授業を進める形になる。教室Bの教師、生徒にとっても

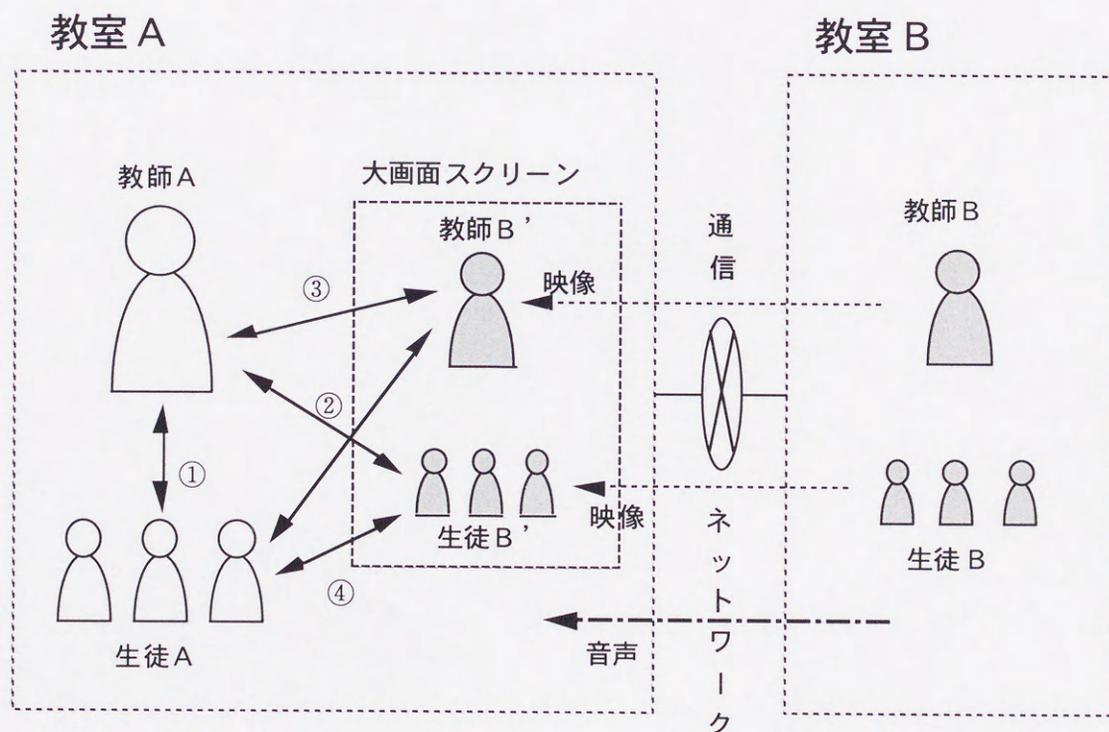


図3-1 遠隔協同授業のモデル

まったく同様の形で教室Aからの映像、音声に接することになる。したがって映像や音声の果す役割は非常に重要であり、両教室間に臨場感と一体感を醸成するために種々の機能と運用方法を用意する必要性が生じてくる。

図3-1の①～④は、遠隔協同授業における対話の経路を示す。遠隔協同授業の対話の経路を”対話のパス”と呼ぶ。①は自教室内教師－生徒（教師A－生徒A、教師B－生徒B）、②は他教室間教師－生徒（教師A－生徒B、教師B－生徒A）、③は他教室間教師－教師（教師A－教師B）、④は他教室間生徒－生徒（生徒A－生徒B）である。この4タイプの対話のパスが、授業の内容に応じて個別または組み合わせられて進行する。

これらのうち、タイプ②、③、④が遠隔教室間で行われる対話のパスであるが、協同授業を内容あるものにするためには、教師－他教室の生徒の組合せであるタイプ②の役割が大きいと考えられる。遠隔協同授業においては、特にこの②の対話形態を円滑化するために、映像操作に関するコンピュータ支援が必要になってくる。

3. 2. 2 遠隔協同授業の構成

CCV教育システムでは、遠隔協同授業の環境とこれに適合した教育内容の開発、および授業結果の評価の3要素が連携して機能する必要がある。この3要素の構成は、図3-2に示すように3層構造で表される。

(1) CCV機器

CCV教育システムの基盤の位置を占め、コンピュータ、通信ネットワーク、AV機器、大画面スクリーンから成る。遠隔地点間の協同授業を成り立たせ、円滑に進行させるために必要な機能支援を行う。すなわち通信ネット

ワーク経由で送受信される映像情報の大画面スクリーンへの投射、発言者に対する適切なカメラ操作、コンピュータによるアニメ教材の効果的演示機能などの支援を行う。

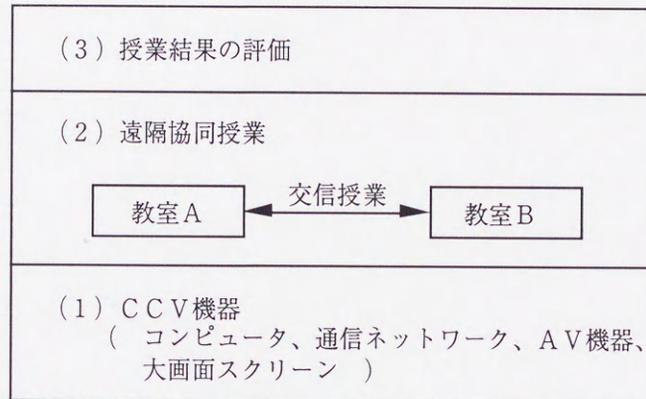


図3 - 2 遠隔協同授業の3層構造

(2) 遠隔協同授業

遠隔協同授業は、(1)の基盤の支援によって遂行される。地域の習慣や文化が異なる学校同士が交流し合うことにより、相互触発的で活発な授業が行われる。授業内容は、効果的なアニメ教材やビデオなどの使用を組み込みながら綿密に設計される。

(3) 授業結果の評価

遠隔協同授業の実施効果、および授業環境の支援効果が評価の対象である。前者は遠隔協同授業を実施した結果、子どもの学習意欲が刺激され、思考力や発想力の向上に繋がったか否かが評価の対象となる。後者は、遠隔協同授業の進行過程において、C C V 機器が両教室間の情報交換を効果的に支援できたか否かが評価の対象となる。

3. 2. 3 コンピュータ支援

CCV機器は、遠隔協同授業を効果的に支援するため、以下のような機能を提供する。

映像情報の操作は、生徒が発表する時など、その生徒の方向にカメラを向け、必要ならばズームアップ、フォーカス合わせを行う機能である。両教室間に臨場感、一体感のある授業環境を実現するには、適切な映像をタイムリーに提供することが重要であり、映像操作に対する要求度は高い。

次に、コンピュータ（パソコン）は、教材などの検索、提示機能を提供する。生徒への動機付け、ヒント、理解促進などのためにコンピュータ教材の活用を考える必要があり、その動作状況を大画面スクリーンに切り換えて映し出す。

(1) 画面共有方式

遠隔協同授業を行う2つの教室では、自教室の映像と相手方映像が同時に供給されている必要がある。この2つの映像を供給することが、両教室間に臨場感をもたらす基盤となる。図3-3は、この画面共有の仕組みを示したものである。両方の教室には大画面スクリーンが設置され、教室や生徒、教材などが必要に応じて映し出されるようになっている。大画面の中には小画面が切っており、原則として、大画面には相手方教室の映像、小画面には自教室の映像が映し出される。これが画面共有の根幹である。この2種類の映像によって2つの教室内の教師、生徒は相手方教室の状況と自教室の状況を総合的に判断することができるようになる。この基本的画面の組合せの上に、いろいろなバリエーションが重畳される。まず、大小画面の入れ替えが必要に応じて起こる。これは相手方教室に何の影響も与えない。次に発言する生

徒や、応答する生徒を捉える時、小画面は削除されて、その生徒の姿が大写しにされる。相手方教室にも同じ映像が送られる。教材や生徒作品など、生徒の注意を向けたい対象物が映しだされる時は、このパターンになる。生徒を映しだしたりする役割は、映像操作が受け持つ。

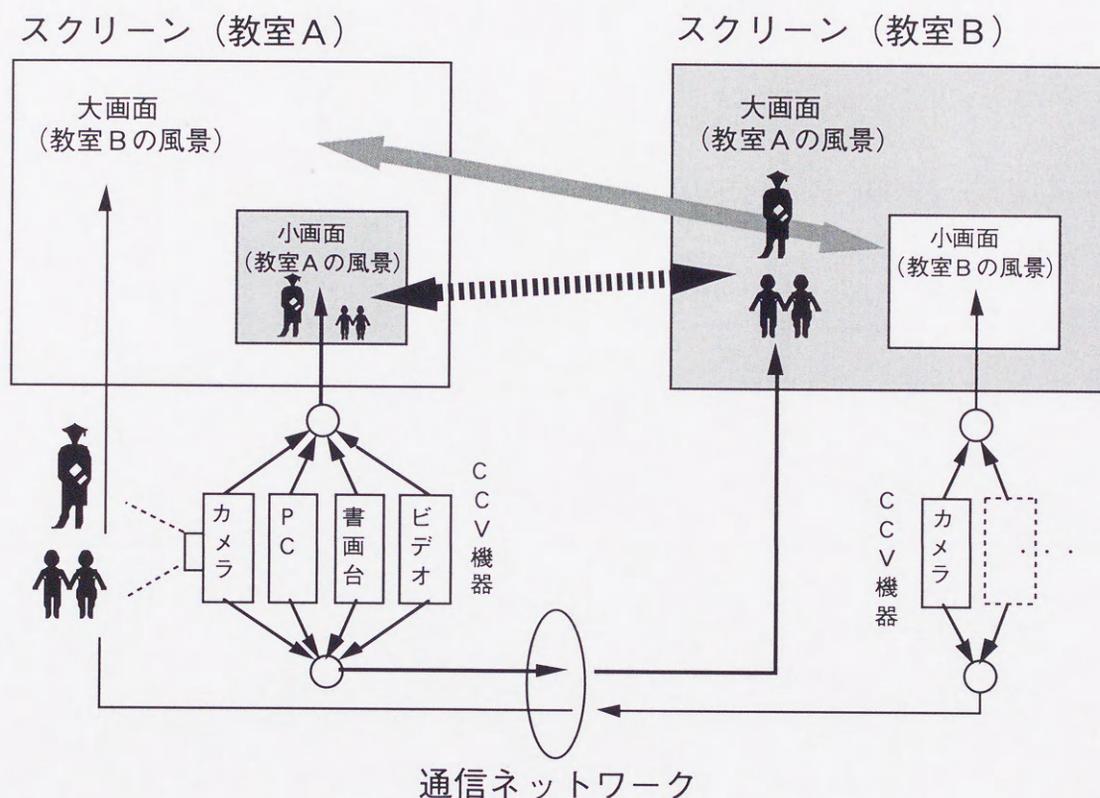
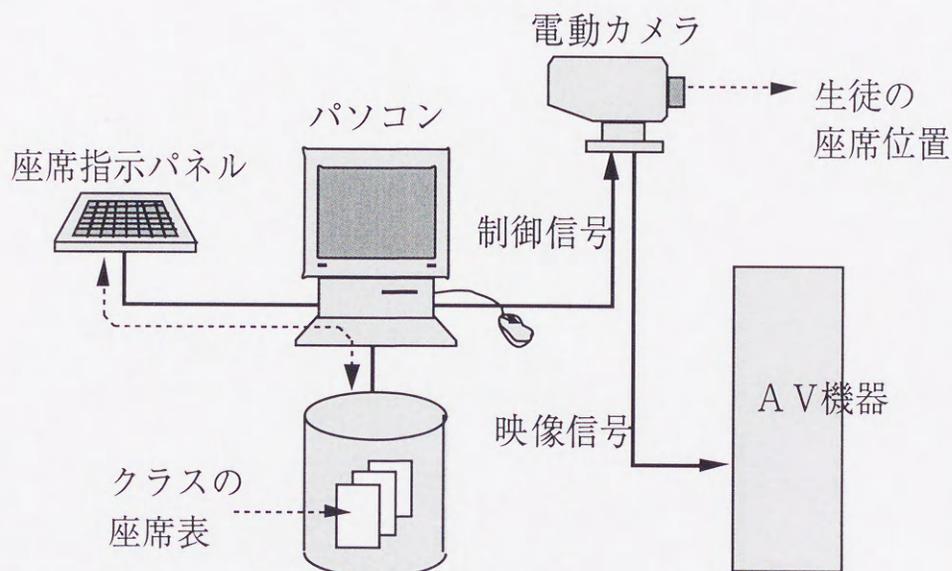


図3-3 遠隔教室間の画面の共有方式

(2) 映像操作方式

遠隔協同授業においては、映像操作の頻度が高く、カメラの操作性向上が課題となる。本システムでは、あらかじめ生徒の座席位置をコンピュータに記憶させ、授業中、操作パネル上に表示された生徒の名前を指示することに

より、カメラをその生徒の方向に向ける方式を提案する。この方式は、生徒の検知にかからないため、発表する生徒の姿を迅速に捉えることができる。このような特徴を備えた機能を「座席指示パネル」と呼ぶ。その基本構成とパネル表示画面を図3-4に示す[12]。



(1) 基本構成

座席位置指示								
赤池	越水	古原	小澤	浅川	数野	保坂	6-8	
鈴木	清水	長田	木内	深澤	若月	5-7	5-8	
今村	長谷部	廣瀬	武内	久保	浅川	4-7	4-8	
臼田	古谷	堀	田尻	村山	望月	3-7	3-8	
加藤	吉井	楠川	渡邊	深沢	川口	2-7	2-8	
中村	入倉	藤原	中村	今村	門西	1-7	1-8	
1年生			4年生			その他		メニュー

(2) パネル表示画面

図3-4 座席指示パネルの構成

本方式では、まず、生徒の座席位置は「クラスの座席表」の形で複数個コンピュータに蓄積される。座席位置情報は、座標中心位置からの偏角、ズーム、フォーカス情報からなる。1クラス最大40名の生徒と、数個の対象物を指示可能とするため、座席表1枚当り最大48ポイントの位置情報が設定される。授業時、教師が座席指示パネル上に座席表を表示し、生徒の名前に触れるとその位置情報が制御信号として電動カメラに送られ、カメラは生徒の姿を捉える。その映像信号がAV機器に送られ、生徒の姿がスクリーン上に映し出される。また、良好な授業環境を実現するうえで、長時間聞き続けても疲れない、自然で明瞭な音声を提供する必要がある。生徒の自然な発言を促すために、数個のマイクを天井に埋め込んで使う方式を採用する。

座席指示パネルは、授業で使う以前にプリセットをしておく。プリセット操作は、次のように行う。

- (a)座席指示パネル上に、これから交信授業を行うクラスの座席表を呼び出し、生徒の名前の一覧表を表示させる。
 - (b)生徒の座席位置の方向へマニュアルでカメラを回転させ、位置合わせを行う。生徒ごとにさらにズーム機能、フォーカス機能を使って生徒の映像の大きさ、距離を調節した後、その位置情報を座席表のその生徒の位置に記憶させる。
 - (c)クラスの全生徒に対して同様の操作を繰り返し、プリセットを終了する。
以上の操作によって、これ以降は、生徒の座席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。
- (3)授業の時、クラスの座席表は座席指示パネル上に表示される。教師がその中のある生徒の名前に触れると、制御信号が電動カメラに送られ、カメラ

は生徒の居る方向に回転する。カメラが捉えた映像信号はA V機器に送られ、その生徒の姿を映し出す。

(3) 教材支援方式

生徒に物事の内容を理解させ、数学的な思考を基本として発想力を高めるためにアニメ教材を活用する。アニメーションの持つ(a)直観的な把握、(b)学習対象の抽出、(c)学習への親しみ易さ、等の機能を教材に取り入れることにする。

アニメ教材の制作は、将来は別として、現在はプロの制作者に依頼するのが妥当である。いろいろ優れたツールが市販されているものの、しっかりしたものを作るためには、かなり専門的な知識と技術が必要とするからである。今回は、教師が自分の授業設計と並行して、アニメ化する内容を絵コンテに描き込んで、アニメーション制作専門のデザイナーに制作を依頼する形をとる。

- 1) 先生が絵コンテを描く。これがアニメ教材を制作するもとになる。
- 2) プロデューサ、ディレクタ、デジタルアニメータがそれを理解して
アニメーションソフトを制作
- 3) 仮版を先生に見せてチェック、不具合などを調整
- 4) 完成版、それをCD-ROMに焼く

図3-5にアニメ教材制作のフロー図を示す。アニメ教材制作のプロセスは以下のようなものである。

1) はじめに (条件の整理)

- ・ハード、ソフトの条件設定：制作機種、色数、画面サイズ、表示デバイス等

2) アイデア (内容の検討)

- ・伝えたい内容をまとめる：誰に、何を、どのような雰囲気
- ・全体の構成をまとめる→フロー図
- ・画面のイメージを考える→ストーリーボード/ラフスケッチ/絵コンテ
- ・必要な文言を決める→同上
- ・音楽、ナレーションを考える→ストーリーボード

3) エレメント (静止画面の作成)

- ・各画面の静止画を作成する。
→グラフィックソフト使用 (イラストレータ、フォトショップ等)
- ・あわせてボタンなどのパーツも作成
- ・画面内容を確認→プリントアウトで確認、修正

4) モーション (動きの設定)

- ・静止画をつなげる
→画面間をつなぐスクリプトを入力
→画面間をつなぐエフェクトの設定→ビジュアルエフェクト/レコーディングメモ
- ・編集をする→コマ送りの速さ調節
→タイミングテーブル
→音声、効果音、音楽の入力

5) 完成 →CD-ROM化

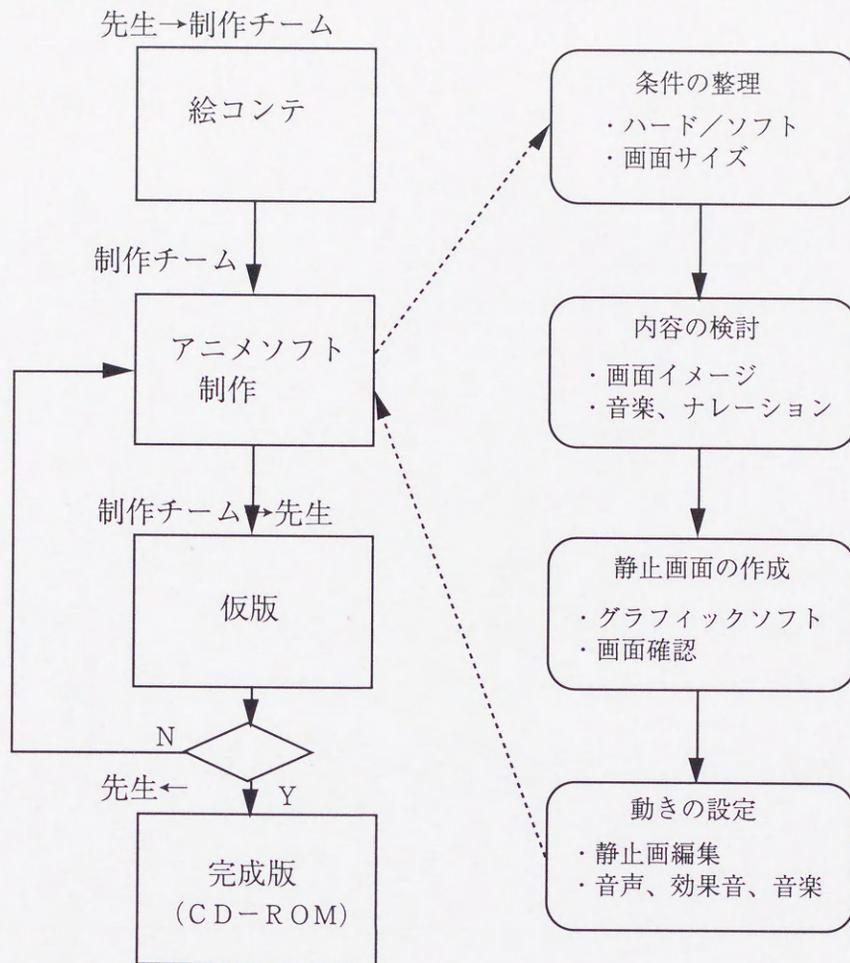


図3-5 アニメ教材制作フロー

以上のプロセスを経て制作されるアニメ教材の構造は、次のようになっている。図3-6にアニメ教材の構造を示す。

- 1) アニメ教材は3層構造である。開始スクリーン、メインメニュー、アニメーション・スクリーンから成る。
- 2) アニメーション・スクリーンはメインメニューから呼ばれ、終わればメインメニューに戻る。
- 3) "pause," "rewind" "end"機能用のスクリーン制御ボタンは、必要な

位使うことができる。

- 4) 制御オペレーションは、通常マウスを使って行う。1回クリック、またはドラッグ機能しかない。
- 5) 制御オペレーションは、アニメど動作が少し伴った、本質的にインタラクティブなものである。
- 6) 音響効果は開始スクリーン、および任意のところで使うことができる。ナレーションは入らない。

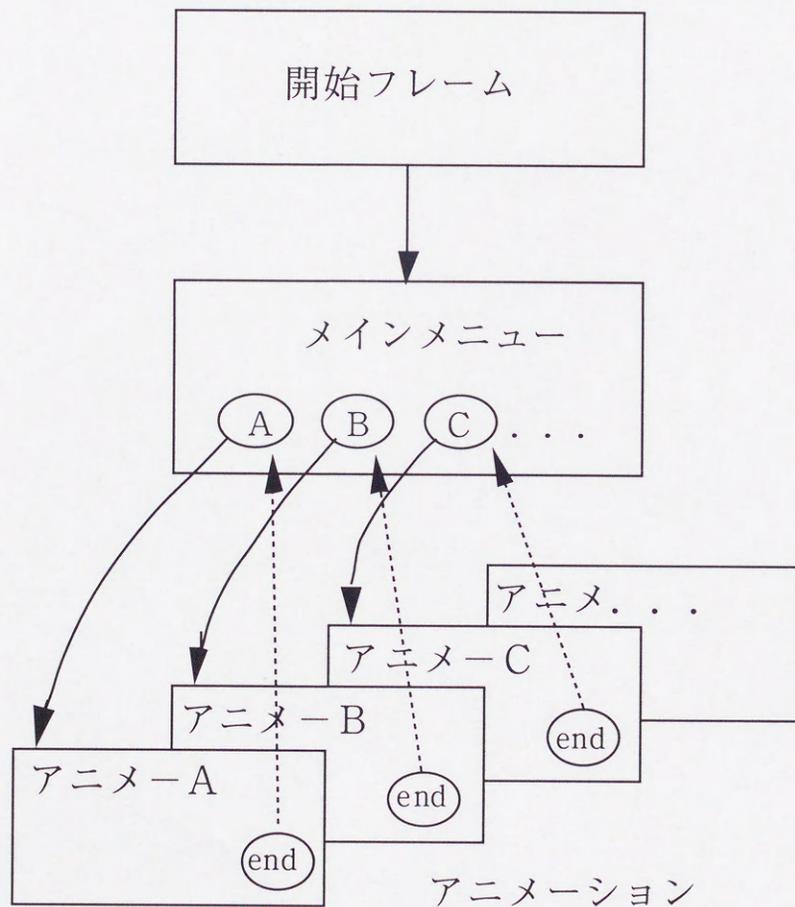


図3-6 アニメ・コンテンツの構成

協同授業におけるアニメ教材は、交信授業時に2つの教室で同時に動かす場合と、1つの教室内で事前・事後学習に使う場合がある。同時に動かす場合、一方のパソコン上で動作するアニメ映像を他の教室に伝送すると、数百k b p s以下の周波数帯域の通信容量では映像の伝送に時間がかかり、教室間の同期が取れない。そのため、アニメの動きを指令するコマンドのみを伝送するコマンド同期方式を採用する。

この方式では、図3-7に示すように、パソコン-1上のアニメ・コンテンツに対するコマンドが、通信ネットワークを通じてパソコン-2上のアニメ・コンテンツに伝えられる。その結果、コマンドだけの少ない情報量で、実効的に遠隔教室間でアニメーション映像の同期が可能となる。また、生徒が制作した作品を発表していく時、交信授業内に生徒全員の作品を提示するのは時間的に難しい。このような時、生徒の作品をデジタル・カメラで撮影し、コンピュータに格納した上で、数人分をまとめて表示する方法をとる。これにより提示時間が節約される[10]。

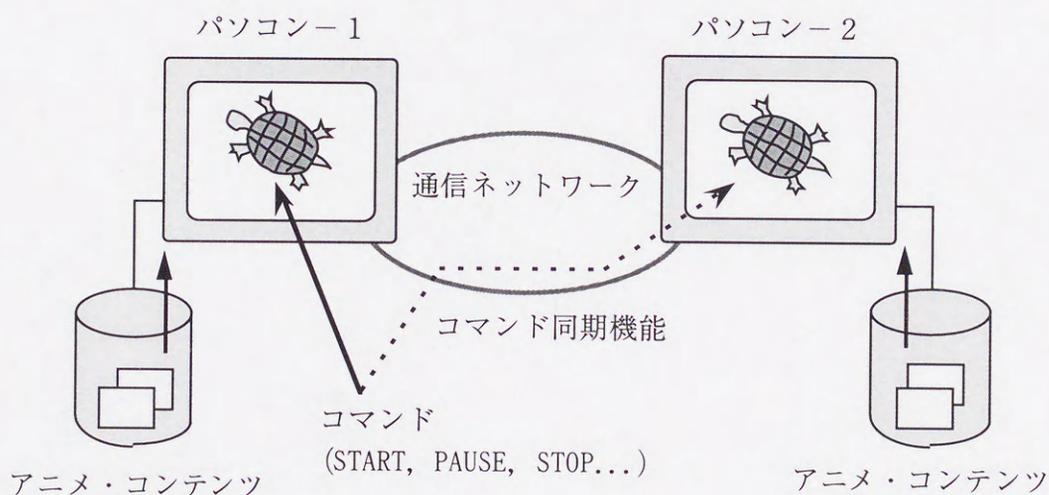


図3-7 アニメ・コンテンツの同期動作方式

(4) その他の支援

(a) パソコンソフトの活用支援

アニメ教材と同様に、パソコン・ソフトも生徒の思考力を高め、授業効果を増進させるために有効活用することができる。使用方法はアニメ教材の場合と同じく、交信モード時に両方の教室から共有して使われる場合と、個別モード時に個人的な学習に使われる場合とがある。前者の例としては、お絵描きソフトを使った共同制作がある。すなわち、両教室の子どもたちが意見を交わしながら、同時に1つの絵画作品を仕上げていく。時間的な制約のために途中で終了する時は、その作品をデータベースに登録し、後日検索、再利用することができる。

(b) デジタル・カメラの活用支援

子どもが制作した作品を発表していく時、協同授業は、普通、時間的制約が厳しいので交信時間内に子ども全員の作品を提示するのが難しい。このような時、子どもの作品をデジタル・カメラで撮影し、コンピュータに格納した上で、数人分をまとめて表示する方法をとる。これにより提示時間を節約し、授業を効率的かつ効果的に進めることが可能となる。

3. 2. 4 遠隔協同授業プロセス

遠隔協同授業プロセスは、図3-8に示すように、教室Aと教室Bが双方向で交信しながら授業を行う交信モードと、交信をせずにそれぞれ個別に授業を行う個別モードが組み合わされる。

遠隔協同授業プロセスでは、まず、実施する共通課題が設定される。課題は、教室Aと教室B用にそれぞれ視点を変えて変形、咀嚼して生徒たちに与

えられる。事前学習では教室A、B個別に課題の解決や作品の制作が行われる。この時、生徒たちは見知らぬ相手に対する関心や期待感、自分のやり方に対する不安感などが、課題の解決法や作品制作に対する意欲を増進する。

交信授業は60分乃至90分の授業を前提としており、生徒同士の挨拶や紹介の後、事前学習結果の発表と意見交換が行われる。この時、自分だけでは気がつかなかった新しいアイデアや方法の発見が生じ、問題解決や改善への刺激となる。事後学習で、生徒たちはこの時に得られた新しい発見点をレビューし、自分の解決法や作品に反映させる。この時、課題に対する認識や興味深化と同時に、相手に対する競争心などにより、より進歩した解法や作品が得られる。したがって、次の交信授業では、より理解の深まった状態で学習が行われる。交信授業は、通常2回以上行われる。以上のような授業方式によって、生徒の学習意欲を刺激し、発想力の向上を支援する。

一連の協同授業のプロセスを以下に示す。

- ①事前調査において、協同授業で採り上げる題材、実施方法などの調査検討により、授業テーマを決定する。それに基づいて授業内容を設計する。
- ②協同授業で扱う課題および方法を教室A、Bの教師が、それぞれ子どもに与える。
- ③事前学習は、相手校と交信を行わない個別モードの形で行う。子どもたちは与えられた課題を理解し、解決方法を考える。
- ④交信モードの授業に入る。交信授業は60分乃至は90分の授業に設定され、教室Aと教室Bの間で一体感を得るために最初、校歌斉唱や子どもたちの自己紹介などが行われる。次いで事前学習で与えられた課題に取り組んだ結果について、発表と議論が交わされる。この相手方教室とのやりと

りによって、生徒個人では気が付かなかった間違いや、新たな発見点が得られる。

この間、CCV機器は大画面スクリーンによって、両教室間に映像や音声を共有させ、臨場感のある授業環境を実現する。

⑤事後学習では、交信授業で得られた事柄を整理して自分の解答や作品をさらに良くする方法を考える。

⑥教師はその成果を評価して、次の交信授業の進め方に反映させる。交信授業は予め計画された回数だけ繰り返した後、終了する。

⑦一連の協同授業が終了した後、教師は事後調査を行う。

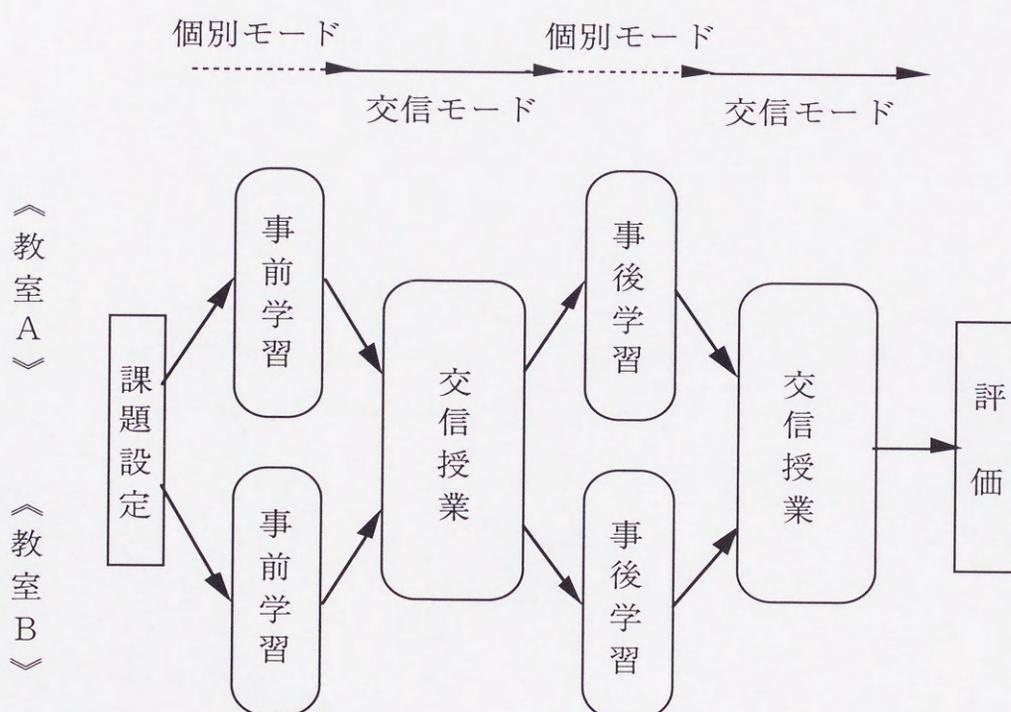


図3-8 遠隔協同授業プロセス

3. 3 実証実験システムとその実験結果

実証実験は、山梨県の小学校（以下N校と記す）、山形県小学校（以下G校）、兵庫県小学校（以下K校）の間で実施した。その概要を表3 - 1、および表3 - 2に示す。

表3 - 1 実証実験の概要

授業内容	実施時期	学校・学年・人数
1. ケント紙で作ろう (立体図形)	1996. 2～3月 (交信授業3回)	N校3年生37名 G校3年生8名
2. 北風と亀の速さ (速度)	1996. 2～3月 (交信授業3回)	N校3年生37名 K校3年生32名
3. 位置を決めよう (順序関係)	1996. 6～7月 (交信授業3回)	N校1年生40名 G校1年生39名
4. かっこを使った式 (演算構造)	1996. 6～7月 (交信授業2回)	N校4年生37名 G校4年生8名

※N校：山梨大学教育学部附属小学校

G校：山形大学教育学部附属小学校

K校：兵庫県揖保郡揖保川町立神部小学校

表3 - 2 実証実験の授業内容

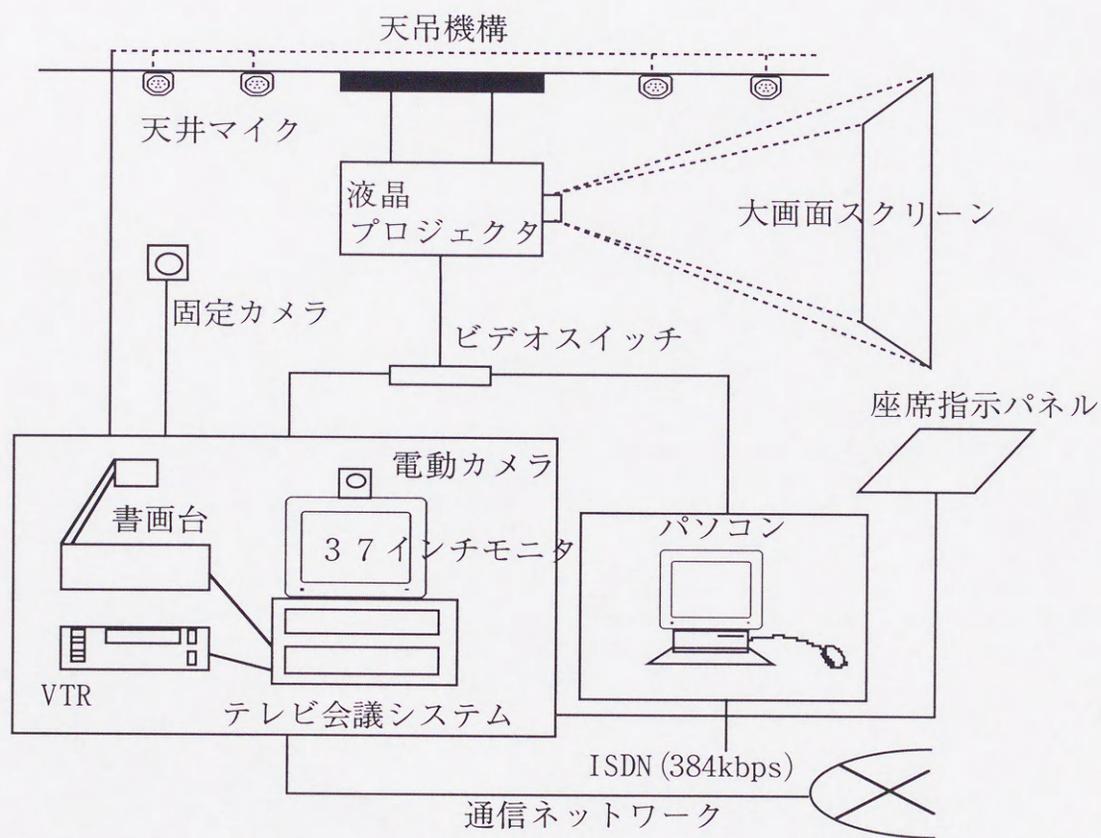
第1次実験	1. 「ケント紙で作ろう」(立体図形)、対象：3年生 ・ケント紙に車や宝箱の展開図を描き、組み立てることにより、立体図形の形状や性質をより深く学習する。
	2. 「北風と亀の速さ」(速度)、対象：3年生 ・速さを測定する器具を制作して実際に測定実験を行う。その結果を報告し合うことで、速さという抽象的な概念を理解する。
第2次実験	3. 「位置をきめよう」(順序関係)、対象：1年生 ・子どもの座席の位置を、前から何列目、右から何番目と相対表現できるようにする。
	4. 「かっこを使った式」(演算構造)、対象：4年生 ・問題解決の思考過程、代数的構造を理解させる。かっこが入った四則演算式を協同学習する。

3. 3. 1 実験実証システム

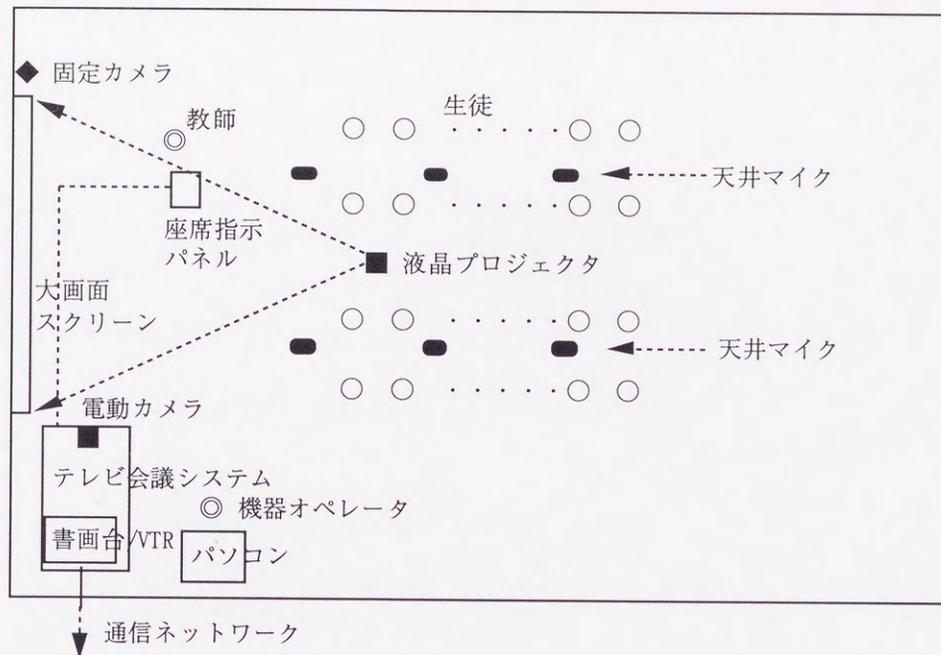
実証実験システムの構成を図3 - 9に示す。交信授業は、1教室あたり、授業、システム操作の2名の教師によって担当される。協同授業で使用する映像は、テレビ会議システムからの映像とパソコン画面の2系統がある。このうち、テレビ会議システム経由の映像は、生徒の発言する姿を捉える電動カメラ、教室の全景を映し出す固定カメラ、絵図や文書を拡大して映し出す書画台、およびビデオの4種類から成る[10]。

これらの映像入力、ビデオスイッチで切り替えて80インチの大画面スクリーンに投射されると同時に、通信ネットワーク経由で遠隔の教室と共有される。生徒が発言する際、マイクを持たずに済むように、天井に埋め込んだ6個のマイクで生徒の音声を捉えるようにした。

通信回線の速度は、ISDNの384kbpsを使用し、テレビ会議システムの画像伝送方式は、H.261仕様を採用した。授業時は、平常の教室の明るさを維持するため、700lumenの性能を持つ液晶プロジェクタを使用した。



(1) 実験システムの機器構成



(2) 実験教室のレイアウト

図3-9 実証実験システムの構成

3. 3. 2 授業実施結果

実施した協同授業のうち、代表的な授業内容の実施結果について述べる。

(1) ケント紙で作ろう (立体図形) の授業

1996年2月13日から20日にかけて、G校とN校の間で行われた。N校の3年生37名、およびG校の3年生8名である。この協同授業においては、事前授業として一方では宝箱のアニメ教材を見ながら宝箱の展開図を作成し、他方は車のアニメ教材により、車の展開図を作成した。次いで、交信授業を実施してお互いの作品を見せ合い、相手方作品との共通点、相異点などを発見し、討論し合った。その結果、立体図形の形状や性質をより深く学習することができた。この過程で、応用として宝箱方式で車の展開図を作る

ことが可能かどうか話し合った。その際、図3-10のような関係を説明するアニメ教材を使用し、生徒の理解を助けた。

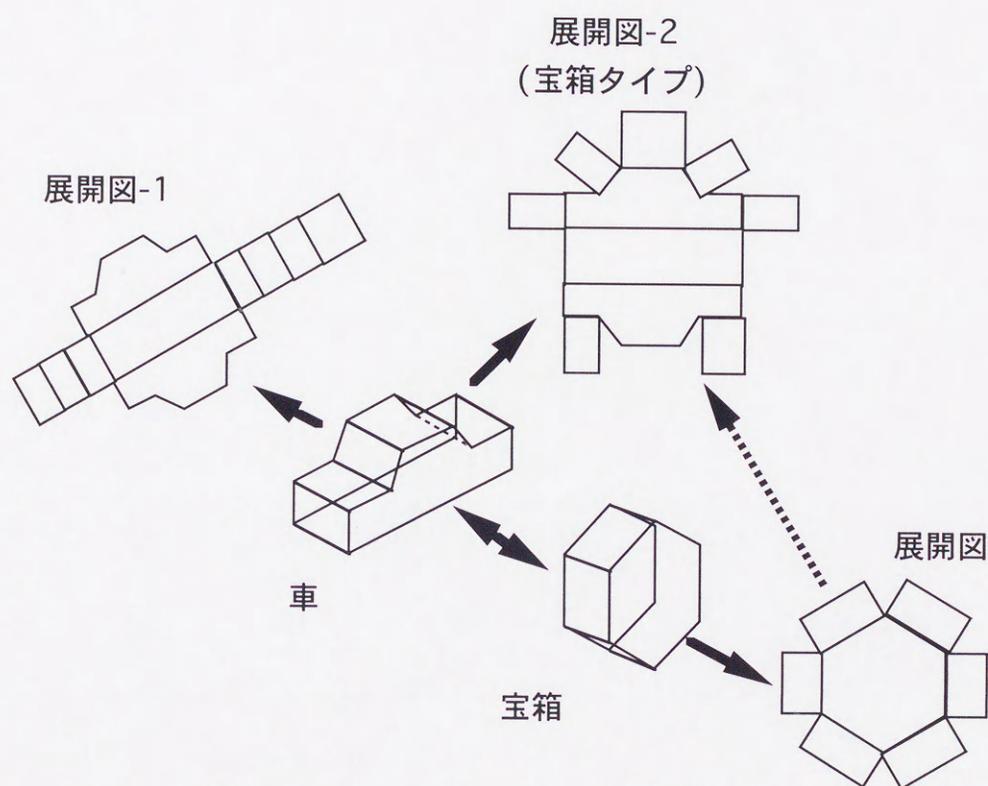
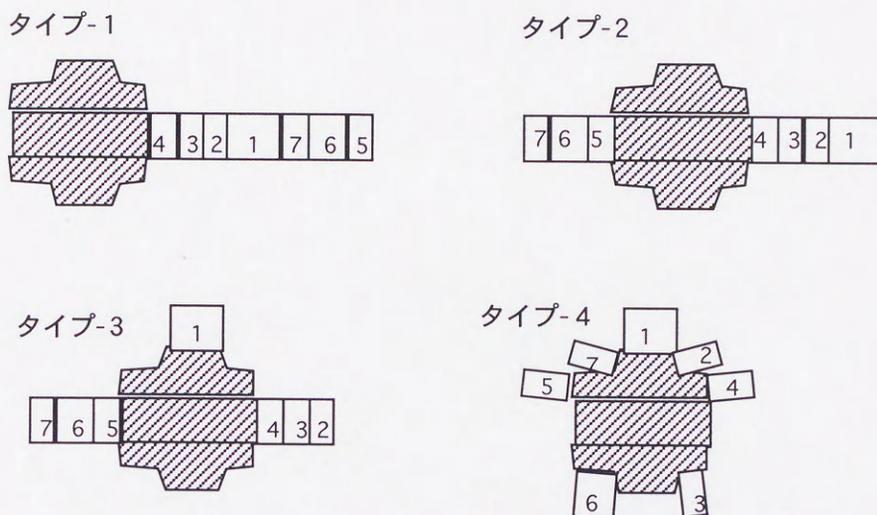


図3-10 展開図の例：車と宝箱

生徒たちの結論としては、車の展開図の描き方には2種類あることが知られた。この交信では、展開図の作成に行き詰ると他者の考えを知ろうとする意欲を引き出すことができ、展開図は1種類だけでない、という一段高い理解に到達することができた。アニメ教材に添えられている効果音は、自然で疲れにくい性質の音で、リラックスした雰囲気の中で、子どもの関心を引きつける役割を果たしているように感じられた。映像操作として、発言する子どもにカメラを向け、その姿をズームアップして大画面スクリーンに投影する

ように努めた。子どもたちは、大画面上に映し出される自分の映像に関心を集中させ、自分が自分に話しかける雰囲気になった。その結果、自分の考えを相手にはっきりと分かりやすく説明しようとする態度が観察された。



展開図の型	生徒数
タイプ-1	3
タイプ-2	15
タイプ-3	4
タイプ-4	14
その他	1

図3 - 11 車の展開図のバリエーション (応用)

協同授業の終了後、37人のN校生徒は、上図3 - 11の斜線の入った図形を与えられ、協同授業で扱った以外の展開図を描くように指示された。3人は前に授業で扱ったのと同じ展開図タイプ-1を描いた。15人はタイプ-2、4人はタイプ-3、14人はタイプ-4を描き、残りの1人は別の形を描

いた。15人の生徒はタイプ-1とは明らかに異なった図を正しく描き、8人の生徒は本質的に正解だった。したがって新しい展開図を描いた34人のうち、23人の生徒が正しい図を描いた。このようにして、正しい展開図は1つだけではないことを知り、その展開図を正しく描く方法を学んだ。

(2) 北風と亀の速さ（速度）の授業

1996年2月21日から3月4日までN校とK校の間で行われた。風や速さなど目に見えない、幾分抽象的な対象を理解させることに狙いが置かれている。風や亀の速度を測定するという経験を通して、速さの概念を認識、定性的な理解をさせるものである。したがって内容は、宝箱や車と違って、風の吹く速度や亀の歩く速度を測定するヒントを与えるものになっている。子どもは風のアニメ教材を見たことが契機となって、数多くの風の測定方法を考案した。一方、亀の方も思考錯誤を重ねた上、いろいろな測定方法を考え付き、さらに相手方との話し合いから修正を加えた。その結果、速度の測り方には距離を一定にする場合や、時間を一定にする場合があることを学んだ。亀の場合は、測定に苦労したので、アニメ教材を復習として見たことにより、子どもの理解は飛躍的に高まった。このように授業の意図に沿って作成されたアニメ教材は、子どもの関心をより一層引き付ける働きがあった。また、速さの学習など、動的な対象の場合、アニメーションの活用によって子どもの理解や創造力の育成に大きな効果がある。

表3-3は、K校の生徒が担当した亀の速さの測定に関して、N校の生徒と意見交換をした結果、得られた改良内容を表したものである。亀を実際に歩かせた場合、コースに沿って真っ直ぐに歩かないので、測定ができない。それで測定を成功させるために絞った知恵の成果がここに記載されている。全

部で6チームのうち、距離を固定する方法を考えたチームが一番多く、時間固定型、迷路型が各1チームとなっている。特に注目されるのは迷路型で、K校の生徒は、亀が歩いたあとをマーキングペンでなぞり、その上に紐を当てて全体の長さを物差しで測定することとした。このような測定法が考え出されたのは、協同学習による協調と競争があったからと考えられる。続いて表3-4は、亀の速度の測定値を表しているが、距離固定型、速度固定型ともに成功率があまり高くない。反対に迷路型は成功している。これから亀の歩き方は基本的に迷路型で、コースで仕切られると壁にぶつかって歩みを止めてしまうことがあることがわかる。反対に、亀の歩き方は基本的に迷路型であり、その性質に合致した測定法を採用した1チームだけが成功を収めたことになる。ただし、K校の生徒たちは、測定結果の検討から、速度が0ということもあり得る、という結論を導き出した。この結論は卓抜であり、貴重である。

表3-3 亀の速さの測定法に関する工夫

K校が考案した測定の型	N校からのアドバイス	K校の対応
距離固定型 (4グループ)	亀の歩くコースを分ける	亀の進路に仕切を入れた
時間固定型 (1グループ)	コースの長さを全部同じにする	1つのコースで同じように測定した
迷路型 (1グループ)	測定の時、距離か時間を一定にする	マーキングペンで亀の歩いた軌跡をなぞり、紐で長さを測った

表3 - 4 亀の速さの測定結果

K校が考案した測定の型	測定結果
距離固定型 (1グループ)	<p><75cm歩くのに要した時間></p> <p>(1) 3分30秒 (40cmしか進まず) (2) 1分16秒 (3) 3分30秒 (全然進まず) (4) 1分53秒 (5) 3分30秒 (全然進まず) (4) 1分53秒</p>
距離固定型 (3グループ)	データ取れず
時間固定型 (1グループ)	データ取れず
迷路型 (1グループ)	<p><亀が1分で歩く距離></p> <p>(1) 55cm (2) 127cm (3) 161cm (4) 119cm (5) 126cm (6) 0cm</p>

(3) 位置を決めよう (順序関係) の授業

この授業の目的は、東西南北などの絶対座標と、前後左右などの相対座標の理解、1次元、2次元区間の表し方を交信授業で学ぶことにある。

事前学習時、生徒は自分の座席の配置をもとに、自分を中心とした東西南北と前後左右の意味と表わし方を学習した。

最初の交信授業で、両校の生徒たちはスクリーンを通して向かい合い、相手方の位置を正しく言い表わそうと試みた。相手方とは左右が逆になるため、正しく表すことができなくなることがあったが、その原因を両校の生徒たちが一緒に考えた結果、左右の表現は相手方の立場になって考えるという理解

に達した。

2回目の交信授業で、両校の生徒は位置の理解を深めるため、アニメ教材を使用して学習した。

3回目の交信授業では、2次元での位置や区間の表し方の学習に入った。教室の一区間の生徒たちにカードを持って立たせ、その区間の表し方を皆で考えた。その結果、前回学んだ位置の表し方を応用してその区間を表す方法を一緒に考え出すことができた。

協同授業によって、生徒たちが位置や区間の表現法をどれ程学習できたかを知るために、この協同授業を始める前、および終了後に両校の生徒に対して調査を行った。その結果を表3-5に示す。位置・区間に関する問題の全体の正答率は事前で53%、事後で79%となり、26%向上している。問題のうち、特に、②前後の区間の理解、⑤相手の左右の理解、⑥相手の左右の位置の理解についての正答率は、約50%向上している。これは、相手方生徒の位置を言ってその生徒に立って貰うなど、臨場感のある雰囲気の中で、相手方生徒と授業を進める過程で学習意欲が刺激され、理解が進んだこと、さらに、大画面スクリーンを介して両校の生徒が向かい合うという環境が、この種の学習に特に向いていたとも考えられる。

表3-5 「位置を決めよう」の事前・事後調査結果

- | | | |
|----|------------|--------------|
| 問題 | ①前後の位置の理解、 | ②前後の区間の理解 |
| | ③左右の位置の理解、 | ④2次元座標の理解 |
| | ⑤相手の左右の理解、 | ⑥相手の左右の位置の理解 |

⑦相手の前後の位置の理解

⑧格子状の位置を埋める規則の理解

⑨同上（その変形）

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	平均
G校	37 95%	8 21%	33 85%	29 74%	14 36%	16 41%	31 79%	16 41%	20 51%	23 59%
N校	33 83%	4 10%	34 85%	23 58%	6 15%	4 10%	22 55%	25 63%	23 58%	19 48%
全体	70 89%	12 15%	67 85%	52 66%	20 25%	20 25%	53 67%	41 52%	43 54%	42 53%

(1) 事前：正答数(上段)と正答率(下段)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	平均
G校	35 90%	20 51%	36 92%	28 72%	17 44%	19 49%	24 62%	31 79%	24 62%	26 67%
N校	38 97%	33 85%	39 100%	34 87%	39 100%	37 95%	36 92%	33 85%	34 87%	36 92%
全体	73 94%	53 68%	75 96%	62 79%	56 72%	56 71%	60 77%	64 82%	58 74%	62 79%

(2) 事後：正答数(上段)と正答率(下段)

(4) かっこを使った式（演算構造）の授業

G校とN校の間でこの協同授業が進められた。N校の4年生37名とG校の4年生8名の間で実施された。交信授業が2回、非交信授業が5回で、計7回の授業を実施した。G校は $A - (B + C)$ に帰着する問題を、N校は $(A + B) \times C$ に帰着する問題を相手方の生徒に出題し、相互に問題を解き合っ
て演算構造の仕組みと意味を理解した。3項から成る式の構造を理解するために両校の生徒は、いろいろな考え方を発表し合い、学習意欲と創造的な思考力の高まりが感じられた。次はその発展形として、両クラスが様々な演算構造の問題を考案した。次の回に教師はその中から適当な問題を選択し、相手校に出題した。この際、数式の細部を拡大して伝えるために書画台が使われた。また交信授業の際、地域の特性を学習に取り入れるという配慮から、G校からは花笠に関する問題、N校からは桃に関する問題が出題された。

G校からの問題文： 花がさおどりはひとり1こ花 がさをもっておどります。花 がさが350こあります。おど るとき、1グループは、男子 20人、女子30人です。何グル ープに花がさをくばることが できますか。	帰着する式の形： $A \div (B + C)$
N校からの問題文： ももが34こあります。近所の 人に14こあげました。その後 5人で同じ数ずつわけまし た。ひとり分は何こですか。	帰着する式の形： $(A - B) \div C$

図3 - 1 2 G校、N校からの問題例

図3-12は、両校から出された問題の例である。授業の中で、生徒たちは演算構造の意味を様々に考案し、納得のいく解釈を与えようと努力した。アニメ教材に用意された練習問題に対しては、競って解き合う姿勢が見られるなど、学習意欲の高揚が見られた。図3-13は、この授業の狙いがどの程度達成されたかについて、事後調査を行ってみた結果である。これから3項式問題構造の理解がかなり進んだことが窺える。

○問題
代金を $(A+B) \times C - D$ で表せる式があります。Aが400、Bが50、Cが2だとして計算するといくらになりますか。
○解答
・850 (33名) ・950 (1名) ・900 (1名)
・500 (1名) ・800 (1名)

図3-13 「かっこを使った式」の事後調査結果

3.4 評価と考察

3.4.1 授業環境の支援効果

(1) 大画面スクリーン映像による臨場感一体感効果

大画面スクリーン上に投射される自分の教室と相手校の教室の映像を見て、相手校教室との一体感はすぐに得られた。大写しされる自分の映像に興奮し、次に自分が話しかけ、説明し、質問を受ける相手校の子どもの大写し映像を

見て、親近感と発言意欲が出てくる様子が観察された。また1年生の「位置を決めよう」では、生徒たちが自分の位置や区間を表すために大勢で立ったり座ったりしていたが、CCV機器はこの様子を効果的に捉え、相手方に伝送できていた。

(2) 授業環境への慣れの効果

交信授業の回数を重ねるにしたがって、生徒たちは授業に慣れ、映像の動きやカメラ操作の動きにもタイミングを測って余裕を持って対応するようになった。相手への説明や質問は、普段よりもゆっくりと、分り易く話そうとする意識が強く見られるようになった。

(3) 座席指示パネルの効果

座席指示パネルの導入により、発表する生徒にカメラを迅速に向けることが可能となった。表3-6にカメラの応答速度の測定結果を示す。

表3-6 カメラ応答速度 (平均値)

生徒-カメラ位置関係	応答時間 (sec)	
	パネル操作	手動操作
前方 (回転角度小)	1.0	3.0
中間 (回転角度中)	2.5	5.0
後方 (回転角度大)	4.5	10.0

生徒の待ち時間は、手動操作時と比べて最大4～5秒に短縮され、発言意欲を阻害することはなくなった。これは、両教室間の一体感、臨場感の維持機

能の向上に繋がる。特に1年生など低学年の場合、1つのことに集中する時間が短いので、短時間でカメラを目標に向けられる機能実現の意義は大きい。ただし、カメラ操作の迅速化以外にも、例えば、相手方教室の状況を把握して授業プロセス進行の一部の自動化を図るなど、システム全体としての操作性向上によって教師の負担を減らし、1人で交信授業が可能な形態に近づける努力が今後も要求される。

(4) 伝送映像／音声の品質

映像、音声の品質は、両教室の一体感、臨場感を醸成する上で重要な要素である。交信授業では、384 kbpsの通信速度を使用した。しかし今後普及が予想される128 kbpsの実用性を比較検討するために、交信授業の一部を128 kbpsで実施してみた。通信速度を128 kbpsにした場合と、384 kbpsにした場合において、音声の品質は殆ど差異がなかったが、画像の品質についてはかなりの差異があった。しかし、384 kbpsでも動きの速い画像に対してはカメラを追従させないようにするなど配慮が必要であり、スクリーンサイズは80インチが限界であった。128 kbpsでは、画像の動きについて、カメラ側も被写体側もかなり厳しい制限が必要で、スクリーンサイズは画質を含めて考えると50インチ以内に止める必要があった。

これから、現時点では384 kbpsを使用するのが妥当と考えている。しかし、学校現場で広く使用されるためには通信コストの面も含めて考える必要があり、現在急速に進展している画像圧縮技術にも注目しつつ改善策を考えていく必要がある。

(5) アニメーションの同期効果

今回の協同授業ではアニメ教材を多く取り入れ、両教室のパソコン上で同期動作を行った。その際、START, PAUSE, STOPなどのコマンドを自教室、および相手方教室のパソコンに伝送するのみで意図した通りの同期動作の効果が得られた。この方式は、128kbpsという制約内でのアニメ動作方式としてかなり有効だった。通信回線に負担をかけず、簡便に実施可能という点では、将来的にも使われていく可能性がある。しかし、双方のパソコン上に予めアニメ・コンテンツをインストールしておく必要があること、動作の安全上、双方のパソコンのアニメーションの位置合わせが必要など、準備作業が面倒な点がある。したがって将来的には、効率的な動画圧縮技術の実用化によるアニメ教材のオンライン送信を期待すべきと考えられる。

3. 4. 2 遠隔協同授業の実施効果

(1) 生徒の学習意欲の活性化

遠隔協同授業に対する生徒の反応を知るために、緊張度、楽しさ、理解度、集中度について調査を行った。N校の3年生に対して調査した結果を表3-7に示す。

この結果により、緊張度、楽しさ、理解度、集中度について、それぞれ85%、88%、91%、59%の生徒が肯定的に答えていることが分かる。生徒たちは緊張しながらも楽しく、集中して授業に臨めたことが判る。特に理解度については、自分なりに理解できたとしている生徒が多い。これらは、遠隔協同授業が生徒の学習意欲を引出したことを示している。

表3-7 遠隔協同授業に対する生徒の反応

	2	1	0	-1	-2
緊張度	13	62	18	5	0
楽しさ	51	37	5	2	2
理解度	35	56	5	0	2
集中度	10	48	32	5	2
生徒との 交信希望	50	33	13	0	2

注) 1:効果大、0:効果なし、-2:逆の効果大

さらに、交信授業の相手に関して、9割方の生徒が、相手方生徒との交信を願っていることが判った。これは、相手方生徒との交流が学習意欲を引き出す上で有効なことを示している。

(2) 子どもたちの協同学習意識

子どもの協同授業に対する意識を客観的、かつ定量的に評価をすることは難しい問題であるが、協同授業自体が子どもにとって意義のあることであったか否かは重要な要素である。我々は、このための評価手段として、MSDに着目し、調査を行った[22]。これは、教授活動の成果を評価する際の観点の1つとして受ける側の態度は重要である、とする考え方にに基づき、湊三郎氏によって開発された評価手法である。「宝箱と車」の協同学習に対して、子どもたちはどんな気持を持っているかをMSDで調査した結果を表3-8に示す。調査は、N校の生徒男子18人、女子18人に対して実施された。自分の気持を表す言葉に対してそれぞれ+-に7きざみずつあるが、そのすべての項目において+の評価であった。このことから子どもたちは、協同学習

表3 - 8 MSDによる授業への態度



に対して非常に好感情を持ったことが分かる。プロジェクタで大画面スクリーンに映し出された1つの画面をクラス全体で見ることは、一体感を作りだす効果があった。また、自分の発表態度をモニタできる予想外の効果も確認

できた。協同学習によって子どもたちの知的好奇心が刺激され、創造的な思考力を高める手掛かりが子どもたちに与えられていることを示していると言えよう。

(3) 遠隔協同授業の効果

「位置を決めよう」は、他の3者とは違って、協同問題解決型の授業であった。位置・区間に対する理解度の調査を、N校とG校の1年生に行なった結果は、②前後の区間の理解、⑤相手の左右の理解、⑥相手の左右の位置の理解、の3項目が50%前後と他項目と比較してより大きく向上している。これは、相手方生徒の位置を言って、その生徒に起立して貰うなど、臨場感のある雰囲気の中で、相手方生徒と協同授業ができて学習意欲が促されて理解が進んだためと考えられる。さらに、スクリーンを介して両校の生徒たちが向い合った位置に座る授業環境が、この種の学習に向いていたことも理由の1つと考えられる。②、⑤、⑥以外の項目も20%～30%の理解度向上が見られる。一般に、同じ教室の生徒に対して遠隔協同授業と1教室内授業の両方を実施して、両者の授業結果の差を求めることは困難であるが、これらの値は、1教室内で同様な授業を実施して得られる結果と比べて大きな差はないものと推察される。

3. 4. 3 評価方法に関する考察

協同授業結果の評価については、子どもを対象としたアンケートによる評価、ペーパーテストによる授業後の評価、事後感想文、チェックリストによる教師の授業中の評価、実験スタッフによる実験直後のテレビ会議を通じての反省会での評価などを併用して総合的に行った。ただ、評価の対象が最終

的には子ども（人間）の頭脳の中にあり、直接的に検知できない場所であるため、外形的なデータを収集することによって間接的に判断するのが現在取られている方法である。また、外形的なデータの取得についても、実際には協同授業テーマの違いによるデータ取得の難易性、データの不揃い、交信実験に使える時間の制約によるデータの欠落、などの困難が伴う。客観的かつ定量的データの取得方法を追求していく必要がある。

さらに重要な課題は、授業効果が上がった原因を分析的に求める評価手法の開発である。学習意欲や、創造的思考力の向上に対して貢献しているのは協同授業環境か、授業内容か、あるいは教材か、などを分析的に知ることが今後の研究の進展にとって重要である。

3. 4. 4 子どもの創造性に関する考察

今回の実証実験においては、学習意欲の向上、思考力の活性化といった場面が随所に観察された。例えば、3年生の「ケント紙で作ろう」における車の計上や宝箱の模様に対する工夫のユニークさ、卓抜さ、「北風と亀の速さ」における測定器具の工夫の素晴らしさ、速度”0”の存在の発見などがそれである。「かっこを使った式」でも、生徒たちは式の意味付けを工夫し、ユニークなアイデアを提案した。これらがさらに発展して、やがては創造的思考の萌芽に結び付くことも期待される。しかし創造的思考とは、かなり高度な知的働きであり、そこに至るまでには幾つかの段階を踏む必要がある。我々はその前段階として学習意欲の高揚、思考力の向上、発想力の向上などがあると考えており、今回はその第1段階として協同授業のモデルを提案し、その実証実験によって学習意欲の高揚と思考力の活性化を確認した。

3. 5 まとめ

遠隔協同授業によって生徒の学習意欲を刺激し、発想力を高めるための授業方式を提案し、小学生の算数を対象として実証実験を行った。その結果、見知らぬ生徒同士の交流によって生徒たちの学習意欲や発想的な思考の高まりが見られ、本方式の有効性が確認された。しかしながら、システム操作性、映像／音声伝送方式の改善、協同授業結果の評価方式などが今後の課題として確認された。特に有効性の要因が授業システムによるものか、授業内容や教材によるものかを分析的に知ることが、今後の遠隔教育の研究にとって重要である。

今後、海外の学校との遠隔協同授業を計画中であり、学習意欲や発想的思考の向上に関して、異文化との交流による影響も含めてさらに研究していくことにしている。このような教育効果の積み重ねが、やがて発想力の向上から創造性の発揮へと繋がっていくことが期待される。今回の実証実験を通して抽出された研究課題とともにさらに研究を続けていく予定である。

今回の実証実験を通して抽出された研究課題は以下のようなものである。

- (1) システム操作性の改善：映像操作を中心とするCCV機器操作の効率化、遠隔教室間の教師－生徒対話の円滑化簡素化
- (2) 授業結果の評価方式：遠隔協同授業の目標に対する実施結果の評価方式の確立、特にシステム側と授業内容／教材側の貢献度の分離
- (3) 創造的思考の実証方式：創造的思考の定義およびその実証方式の確立

第4章

マルチエージェント機能による遠隔協同授業支援

4.1 はじめに

マルチメディア技術、ネットワーク技術の急速な発達によって、遠隔地をネットワークで結んだ多様な効果的な情報交信が可能になってきた。学校においてもネットワークを利用した分散型教育の試みが活発に行われ、多くの研究、実用化報告が行われて[1], [2], [3]。遠隔地にある学校間をネットワークで結び、リアルタイム、双方向で教室の情景と教育内容を交換し合える臨場感のある協同授業が可能と考える。著者は、ISDN接続のコンピュータ支援をベースとし、映像機器を組み合わせたシステムを授業環境とした遠隔協同授業の可能性について研究してきている[5], [10], [11]。このような授業環境と授業内容を組み合わせたシステムを、筆者は「CCV (Computer, Communication and Visual) 教育システム」と呼んでいる。CCV教育システムでは、小学生の算数を対象とした遠隔教育を当初の目標としている。大人を対象にした場合は、相手側の映像を見ながら、相手方の状況に配慮しつつ会議を行うことができる。しかし、子どもが対象の場合には、環境自身が子どもに配慮する必要がある、遠隔教室間で鮮明な映像と聞きやすい音声を共有させることによって、相手方との臨場感、一体感を醸成することが重要となる。授業内容と教材をこの双方向環境に適合させることによって、一

層授業効果を上げることが可能になる。

しかしながら、映像や音声、教材などを協同授業の中で効果的に使用するには、臨場感のある授業環境を作り出す機器操作と、生徒の発想力を惹起させる授業形態とが必要となる。リアルタイムで進行する協同授業の中で教師がこれらの操作を行う場合、機器操作が負担となり、かえって授業の妨げになる恐れがある。これを避けるためには、まず、C S C W (Computer Supported Cooperative Work)によって教師の機器操作を支援する方法が考えられる[5], [12]。例えば、音声追従方式を導入することによりカメラ操作を自動化し、教師をカメラ操作から解放するなどである。しかし、C S C Wのみによる支援では、教師の指示が及ぶ範囲や程度が限定され、負荷軽減には限界がある。協同授業全体を通じて教師に過重な負荷を負わずに映像や音声などを遠隔教室間で効果的に交流させ、生徒の発想力を増進するためには、教師とこれらの操作機能が絶えず連絡を取りながら適切に動作する機構が必要になる。本論文ではこのような機構をエージェント機能によって実現する方式を提案する。

エージェントは、ユーザの仕事を代行したり、作業の支援をすることが可能であり、一般のソフトウェアに対して自発性、協調性、適応性などの特長を持つために、コンピュータ・ネットワークの技術分野などで様々な研究が進められている[15], [16]。C C V教育システムにおいては、エージェント機能を、(1)遠隔教室間の臨場感、一体感醸成のために映像操作を担当するエージェント、(2)教材や生徒作品の検索／編集を担当するエージェント、(3)協同授業プロセスを管理するエージェントの3種類に大別する。これらのエージェントは、遠隔教室のC C V教育システムに実装され、相互に相手方の状

況を監視し、協調をとりながら処理を進める。本論文で提案する方式は、上記の3種類のエージェントが協調連携しながら教師の指示にしたがって、授業の円滑な進行を支援することをめざす。

本提案の実証のため、小学校の算数を対象とした遠隔協同授業の実験を行い、システムが稼働中でのマルチエージェント機能の動作について評価を行った。その結果、本提案が、教師の機器操作の負担を軽減するだけでなく、効果的な映像や音声の提供によって遠隔教室間の交流が活性化され、生徒の発想力を増進して授業効果を上げるうえで有効であることが確認された。その一方、より自律的な機能を持ったエージェント機能実現によるシステム操作性の改善や映像／音声伝送方式の改善などの課題が確認された。

4. 2 遠隔協同授業方式とその課題

4. 2. 1 遠隔協同授業のモデル

CCV教育システムにおける遠隔協同授業方式のモデルは第3章における図3-1と同じである。教師は、CCV機器の支援を受けつつこの環境に適合して作成された授業内容と教材を使用しながら協同授業を行う。CCV機器による支援は、相手教室および自教室の映像情報の大画面スクリーンへの投射、発言者に対するカメラ操作、コンピュータによるアニメ教材の提示、授業進行の管理および教材検索支援などである。発言者に対するカメラ操作は、発言のタイミングを失しないように迅速に処理することが重要であるが、発言者の位置へカメラを向けるまで時間がかかり、発言者の意欲を抑えてしま

うことが多い。これを如何にして円滑化するかが課題である。コンピュータ（パソコン）およびAV機器の画面は、通信ネットワークを經由して遠隔の教室に伝送され、生徒たちは、黒板に代わる80インチクラスの大画面スクリーン上の同じ映像を共有しながら交流することができる。映像の投射には、教室内の照明を消さず、平常の教室の明るさの中で投射可能な性能を持つ液晶プロジェクタを使用する。

このような環境のもとで、1教室当り最大40人の生徒たちが、教師の指導によって協同授業を行う。遠隔教室間の対話のパスは、①自教室内教師－生徒（教師A－生徒A、教師B－生徒B）、②他教室間教師－生徒（教師A－生徒B、教師B－生徒A）、③他教室間教師－教師（教師A－教師B）、④他教室間生徒－生徒（生徒A－生徒B）の4タイプに分類される。この4タイプのパスが、1つの授業の間、授業の内容に応じて個別または組み合わせられて変化していく。遠隔協同授業においては、とくに②、③、④のパスを如何にして活発化するかが課題となる。

なお、CCV教育システムにおける協同授業モードについては、以下に示す3種類の方法を可能としている。

- (1) 交信モードI：双方の遠隔教室に教師と生徒が在席してリアルタイムで交信授業を行うモードである。両教室の時間帯を合わせて両教室の教師、生徒が実際に対面しながら交信授業を行う。対話のパスは、①、②、③、④の全てが存在する。交信授業の間、両教室の臨場感、一体感を保持するために頻繁な映像や音声操作が必要であり、教師への機器支援が課題である。すなわち、教師は、カメラや映像の操作、教材や生徒作品の検索および提示、アニメ教材の両教室での同期表示、授業中断

／再開などの操作支援を必要とし、特に2つ以上の作業が重なる時に、如何にして円滑な操作支援をするかが課題である。

- (2) 交信モードⅡ：片方の遠隔教室の教師のみが、相手方教室の教師および生徒とリアルタイムで交信授業を行うモードである。このモードは、2つの教室が同一時間帯の確保が困難な場合、または時差のある海外との協同授業のために必要となる。自教室の授業内容は、あらかじめビデオに撮って編集しておき、授業中必要となった時に相手側に送信する。対話のパスは、①、②、③が存在する。教師は(1)同様に、映像操作、カメラ切替、教材や生徒作品の検索および提示、アニメ教材の両教室での同期表示、授業中断／再開の起動などの機能支援を必要とし、ここでも如何にして教師の操作負荷を軽減するかが課題となる。
- (3) 非交信モード：2つの遠隔教室が直接交信をせず、それぞれ単独で授業を行うモードであり、対話のパスは、①だけである。このモードは、交信モード授業の前後に行われる準備のための授業、あるいは復習、まとめの授業のために設けられている。相手方教室の授業内容や作品は、事前にビデオなどに収録編集しておき、必要になった時に再生して使う。非交信モードにおける機器操作支援は、教材や生徒作品の検索および提示、アニメ教材の提示などである。ここでは、主として生徒作品や収録ビデオの編集、登録、検索などにおける教師負荷の軽減と授業効果の向上が課題である。

4. 2. 2 協同授業プロセス

協同授業は図4-1に示すように、教室Aと教室Bが双方向で交信しながら授業を行う交信モードと、交信を打ち切ってそれぞれ単独に授業を行う非交信モードの組合せで構成される。協同授業は、繰り返しを含め、計画された所定の回数を実施した後、終了となる。

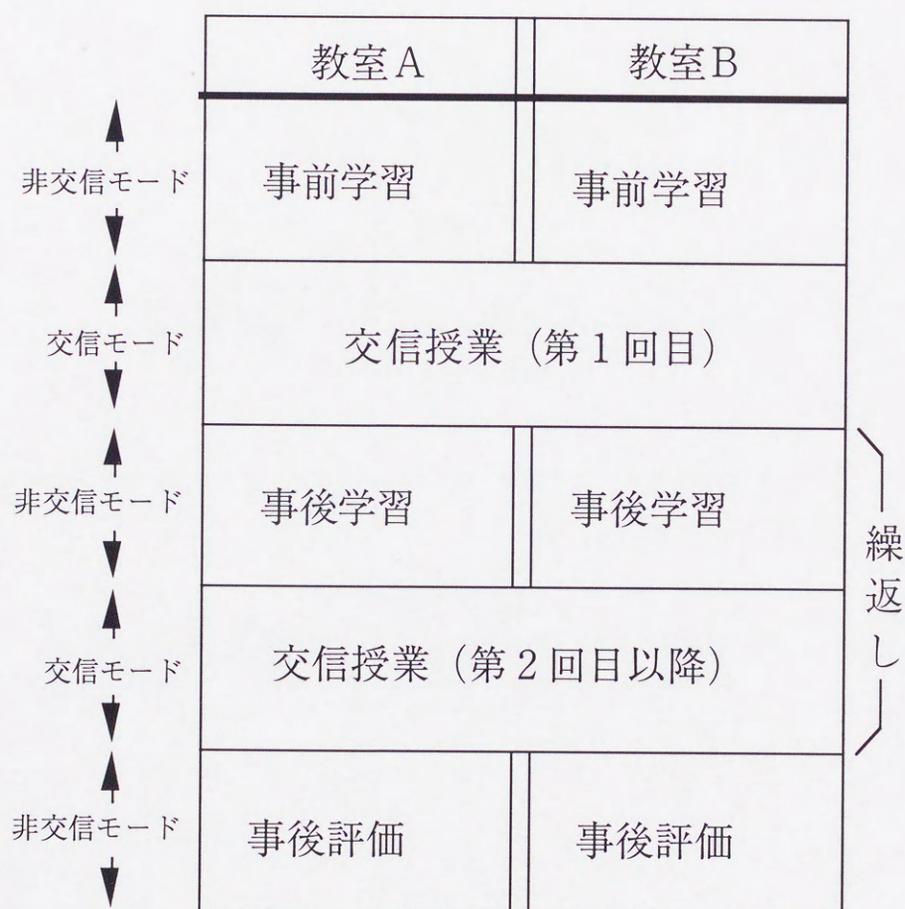


図4-1 遠隔協同授業プロセス

一連の遠隔協同授業プロセスの中で、中心となるのは交信授業であり、60分～90分の授業を前提としている。第1回目の交信授業で、両教室の生

徒たちが初めて大画面スクリーンを介して対面し、事前学習で準備した問題の解答や作品を使つての発表と議論を行う。教師はこの間、両教室間の臨場感を維持し、一体感を高めるために、カメラや映像操作、アニメ教材の提示など、最も精力的に機器操作を行う。教師の負荷を軽減しつつ、如何にして臨場感、一体感を維持するかがこの時の課題である。

交信授業の後は事後学習を行い、生徒たちは交信授業で得られた新しい情報や知識により、自分の解答の間違いや不備の是正、作品の工夫や改善などを行う。教師は、ここでもアニメ教材の提示や授業風景の収録、生徒作品の登録などを行うが、交信授業時に準じた機器操作の負荷の軽減と授業効果の向上が課題である。

事後評価は、もっぱら教師が授業実施結果の整理と、授業効果を評価検討する。教師は、評価に集中するために生徒作品の検索・提示、授業収録ビデオの投射などについて支援を受ける必要がある。

4. 3 エージェントによる遠隔授業支援方式

4. 3. 1 課題に対する解決策の基本方式

本論文では、これらの課題を解決するために、エージェント方式を提案する。エージェント方式の導入は、単に教師の負荷を軽減するだけでなく、両教室間の効果的な映像・音声の交流によって臨場感、一体感を増進し、両教室間の対話が活発化することも目指す。交信授業時はリアルタイムで進行するため、エージェントには迅速な処理が強く要求される。さらに、事前・事

後学習との連携支援もエージェントに対して要求される。エージェント方式は、これらの条件を満足しなければならない。

図4 - 2 は、本方式で採用するエージェントの種類とその役割関係を示したものであり、両教室の映像操作関係を担当する映像操作エージェント、協同授業プロセス関係を担当するプロセス管理エージェント、および教材検索関係を担当する検索編集エージェントの3種類から成る。教室A、Bの授業担当の教師は、これらのエージェントを通じて機器操作を行う。これらの役割を以下に示す。

(1) 映像操作エージェント

映像操作エージェントは、両教室間に臨場感、一体感をもたらすために、自教室および相手教室の映像や教材を大画面スクリーンに映し出す。この操作は、その時々授業場面に合った適切な映像を供給するために常時両教室の状況を監視する必要がある、作業の負荷が大きい。映像操作エージェントは、画面切替、およびカメラ操作を行う。

画面切替は、両教室の生徒に共通の映像を見せる必要がある時、教師から要求される。すなわち、現在の映像表示からパソコン画面表示に移る時、あるいは特定の映像を見せる必要がある時である。映像操作エージェントは相手方エージェントと協議し、画面の切替を行う。

カメラ操作は、生徒が発表する時、あるいは質疑応答で発言する時に、教師から要求される。その生徒の位置を捉え、適切なズームアップ、焦点合わせを行ってその生徒の拡大された鮮明な姿を大画面スクリーンに映し出す。教師がエージェントに生徒の名前を指示すると、自教室の生徒の場合は、自教室のエージェントがカメラ操作を行い、生徒の姿を大画面スクリーンに映

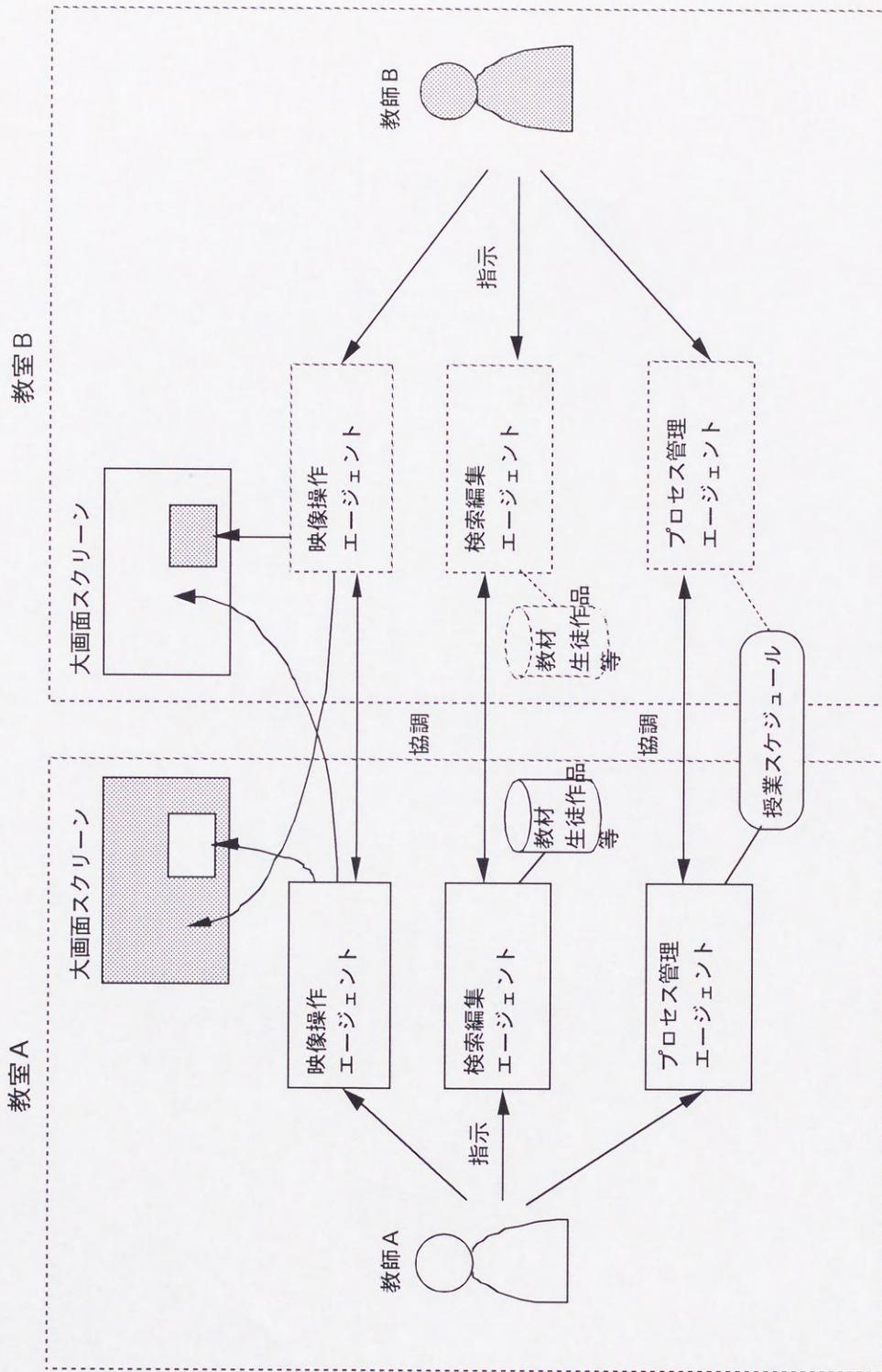


図4-2 エージェントの種類と役割

し出す。相手教室の生徒の場合は、相手方エージェントとの協議により、相手方カメラ操作が実行される。生徒が発言まで長く待たされないように、迅速な操作が要求される。

(2) 検索編集エージェント

協同授業には、種々のアニメ教材、コンピュータ教材、生徒作品が使用される。さらにインターネット経由で流布されている教材の中から有効なものを探して使用することもある。検索編集エージェントは、これらの教材や作品の検索、編集、および登録作業を担当する。検索は、交信授業時、非交信授業時のいずれからでも使われ、データベース、あるいはウェブ・サーバに保管してある教材や作品を検索して提供する。編集は、事前に収録された教室の授業記録を事後の授業で能率よく参照する場合に備え、必要な部分だけを抜粋して編集し、要約を作成する。

(3) プロセス管理エージェント

プロセス管理エージェントは、双方の教室の授業進行状況を監視し、教師に適切な情報を提供したり、あるいは教師から授業進行上の指示を受けて支援を行う。具体的には、交信授業の中断再開、アニメ教材の両教室間での同期動作を行う。

交信授業の作品作りや問題解決などのためにいったん交信授業を中断し、それぞれの教室で単独授業を行い、あとで再開する場合がある。中断の要求に対し、両教室間の映像・音声の交流を停止する。再開のタイミングは双方の教室で単独授業が終了し、授業再開の要求が出された時である。エージェントは教師からの指令を待ち、双方からの指令が揃った時にシステムを再開し、大画面スクリーン上に再び相手方教室の映像を映し出す。

交信授業時、アニメ教材は2つの教室間で共有できることが要求される。教師から要求があると、両教室のプロセス管理エージェントは協調しながら両教室に設置されているパソコン上にアニメ教材をインストールし、同一状態にする。その後、教師からパソコンにコマンドを伝送するだけで同期動作が行われるように管理する。

4. 3. 2 エージェントの動作

(1) 交信授業時

図4-3に交信授業時におけるエージェント間の動作の関係を示す。図中のA、Bは2つの教室の区別を示す。○印は、エージェントの指示が相手方教室のエージェントにも伝えられることを示す。以下に、協同授業の各プロセスにおける動作内容について詳しく説明する。

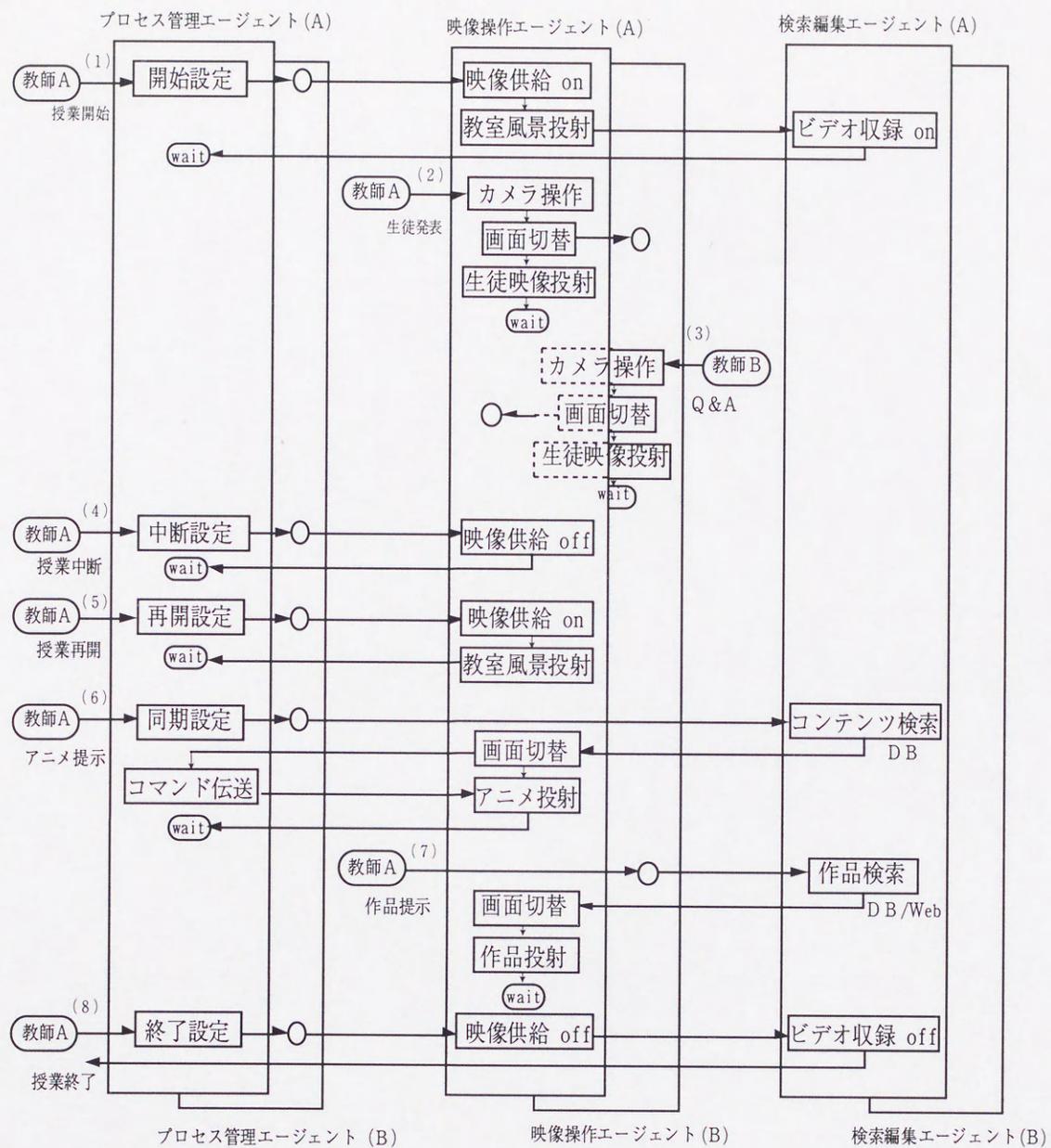
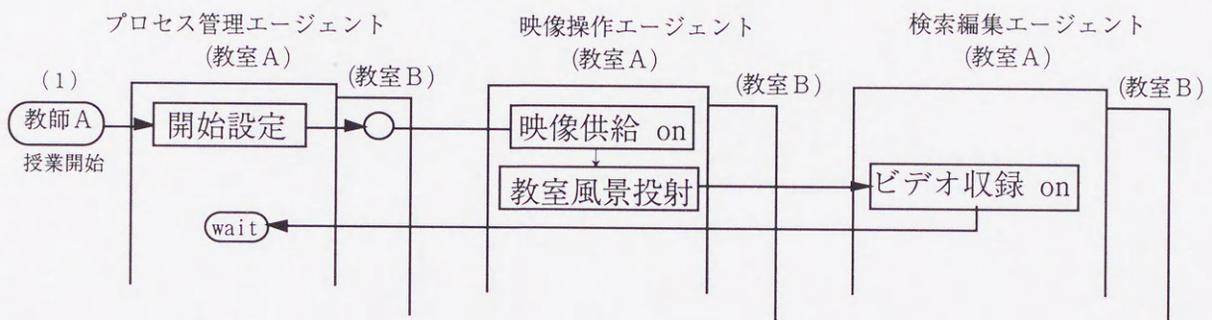


図4-3 交信授業時のエージェント間の動作関係

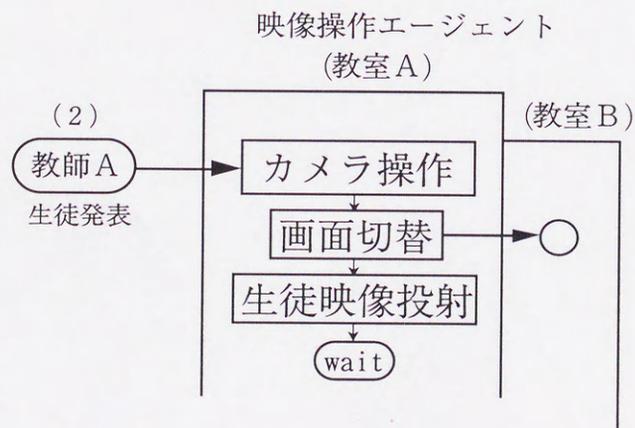
(1) 授業の開始

教師から授業開始の指示により、映像操作エージェントは両教室の映像供給を開始し、自教室の風景が相手方教室の大画面スクリーンに映し出される。同時に検索編集エージェントが教室風景の収録を開始する。次に、両教室間に一体感を持たせるために生徒たちの自己紹介や校歌斉唱などが行われる。



(2) 生徒の発表

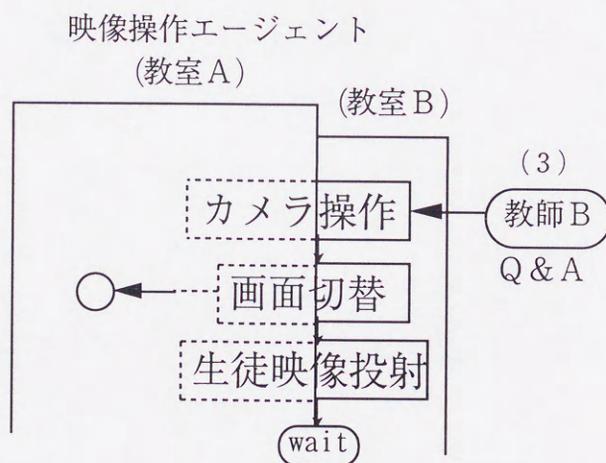
続いて生徒たちが、事前学習で制作した作品などを手に持って見せながら発表する。交信授業が開始される以前に、必要な教材や生徒作品などはシステムのデータベースに格納されている。教師は、この時、映像操作エージェ



ントに指示を与えて、発表する生徒の姿を両教室の大画面スクリーンに大写しにする。エージェントは、カメラ操作により生徒の姿を捉え、ズームアップ、焦点合わせを行う。続いて画面切替により、両教室の大画面スクリーンに生徒の姿を映し出す。この状態でQ & Aが後に続く。

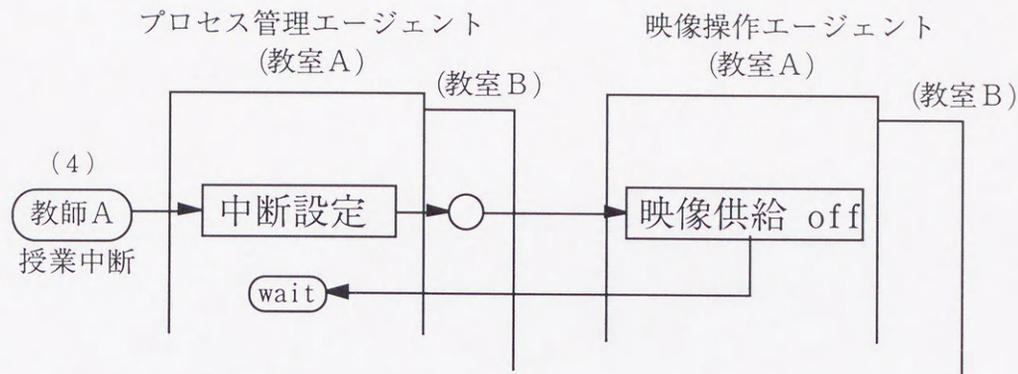
(3) Q & A

相手方教室の生徒が質疑応答のために発言するに当たり、相手方教室の教師は映像操作エージェントに指示してその生徒の姿を捉えさせる。エージェントは(2)と同様の操作により、両教室の大画面スクリーンに生徒の姿を映し出す。(2)および(3)の動作が、質疑のやりとりに対応して繰り返し行われる。



(4) 授業の中断

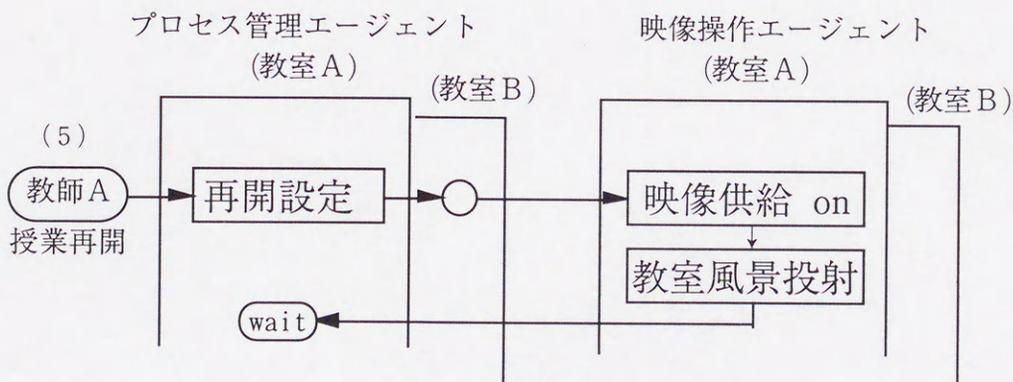
問題を生徒に自分の力で集中して考えさせるために、交信授業の途中で交信を中断し、教室A、Bがそれぞれ単独授業に移行する。教師が中断しようとして判断した時、プロセス管理エージェントに指示を与える。プロセス管理エージェントは、相手方プロセス管理エージェントに中断の合意を求め、相手



方教室の条件成立を待つ状態になる。双方の合意が成立した時、両エージェントはそれぞれの映像操作エージェントに対し、映像供給停止の指示を出す。その結果、両教室間の映像供給が停止される。

(5) 授業の再開

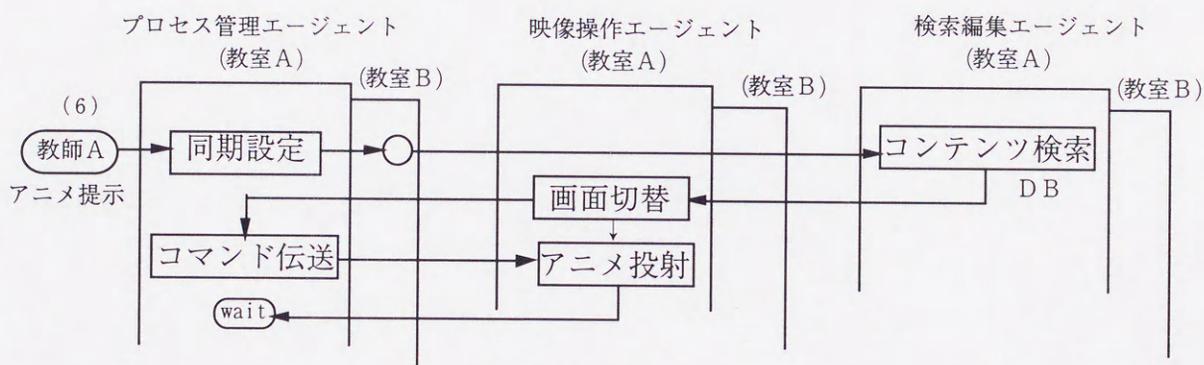
授業の中断後、プロセス管理エージェントは教師からの再開指示を待つ。一定の時間が過ぎても指示がない場合は、教師に催促を出す。教師から授業再開の指示があった時、プロセス管理エージェントは相手方エージェントに指示を伝え、再開条件の成立を待つ。双方の合意が成立した時、両エージェントは双方の映像操作エージェントに対し、映像供給を再開する指示を出し、両教室間の映像供給を再開する。



(6) アニメ提示

アニメ教材は、生徒の理解や発想を助けるために授業の中の随所で使用されるが、一体感醸成のために両教室で同一の映像を見せる必要がある。教師がプロセス管理エージェントにアニメ提示を指示すると、エージェントは両教室に同期動作の環境を設定する。そこに検索編集エージェントによって検索されたアニメ教材がインストールされる。大画面スクリーンは、映像操作エージェントによって、アニメ提示用に画面切替される。この後は、教師から指定されたコマンドが両教室に伝達され、アニメ教材の同期動作が行われる。

なお、事前・事後学習など、非交信授業時は同期動作は不要になるので、映像操作エージェントの指示のもとにアニメ提示が行われる。



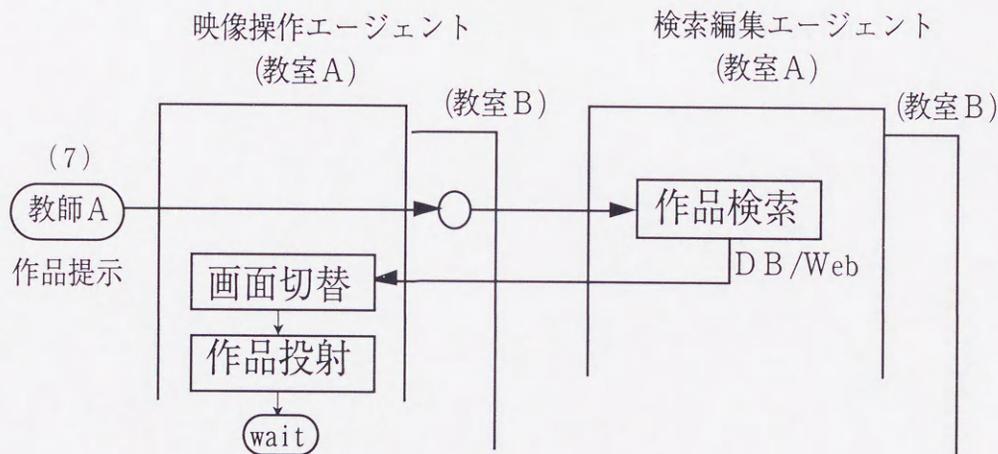
(7) 作品の提示

生徒が自分の作品を提示する場合、映像操作エージェントは、あらかじめデータベースに登録されている作品を検索編集エージェントに要求して探し出す。自教室のデータベースで見つからなかった場合は、相手方エージェントに協力を求める。映像操作エージェントは、検索された作品を、画面切替

の上、両教室の大画面スクリーン上に同じ映像として映し出す。

データベースには生徒作品の他、教材や収録ビデオなども登録されており、それらの提示も同じような方法で行われる。ウェブ・サーバから一般の教材を検索してきて提示する場合も同様である。一方、作品を直接提示する場合は、教師が映像操作エージェントに指示して書画カメラを設定させ、それを通じて詳細で鮮明な作品の映像を両教室に提示する。

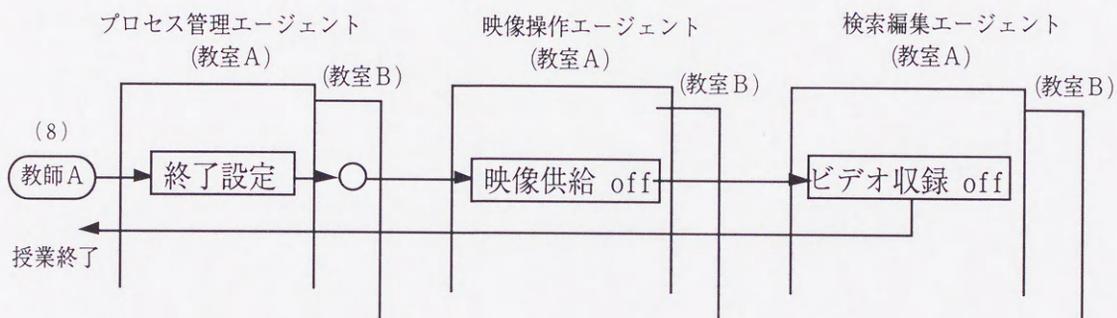
なお、事前・事後学習の時は、映像操作エージェントが単独で作品提示の操作を行う。



(8) 授業の終了

最後に教師が、授業のまとめと宿題などの指示を生徒に与え、交信授業を締めくくる。教師は、プロセス管理エージェントに授業終了を指示する。プロセス管理エージェントは相手方プロセス管理エージェントにこれを伝える。両エージェント間の合意が成立した時、このエージェントは映像操作エージェントに指示して両教室間の映像供給を停止し、検索編集エージェントにビデオ収録を停止する指示を出す。その後でシステム全体の機能を終了させる。

なお、検索編集エージェントは、以上のほかに事前・事後学習時に、生徒作品の登録、およびビデオ編集のために使用される。登録では、生徒が制作した作品を書画カメラ、あるいはデジタルカメラなどで撮影し、その画像データファイルをデータベースに登録する。編集では、交信授業をタグ付きで収録したビデオを、タグを頼りに要点のみをコンパクトな形に編集し、データベースに登録する。



(2) 非交信授業時

非交信授業時のエージェント動作関係を図4-4に示す。非交信時にもエージェント機能を利用することができる。ただし、自教室のエージェントしか動作していないので、動作内容は、作品の検索・提示、アニメ教材の自教室内での提示、作品の新規登録や編集などになる。ただし、後2者は交信授業時の準備作業とも位置付けられるもので、むしろ非交信授業時に存在意義が高い。以下、各機能について説明する。

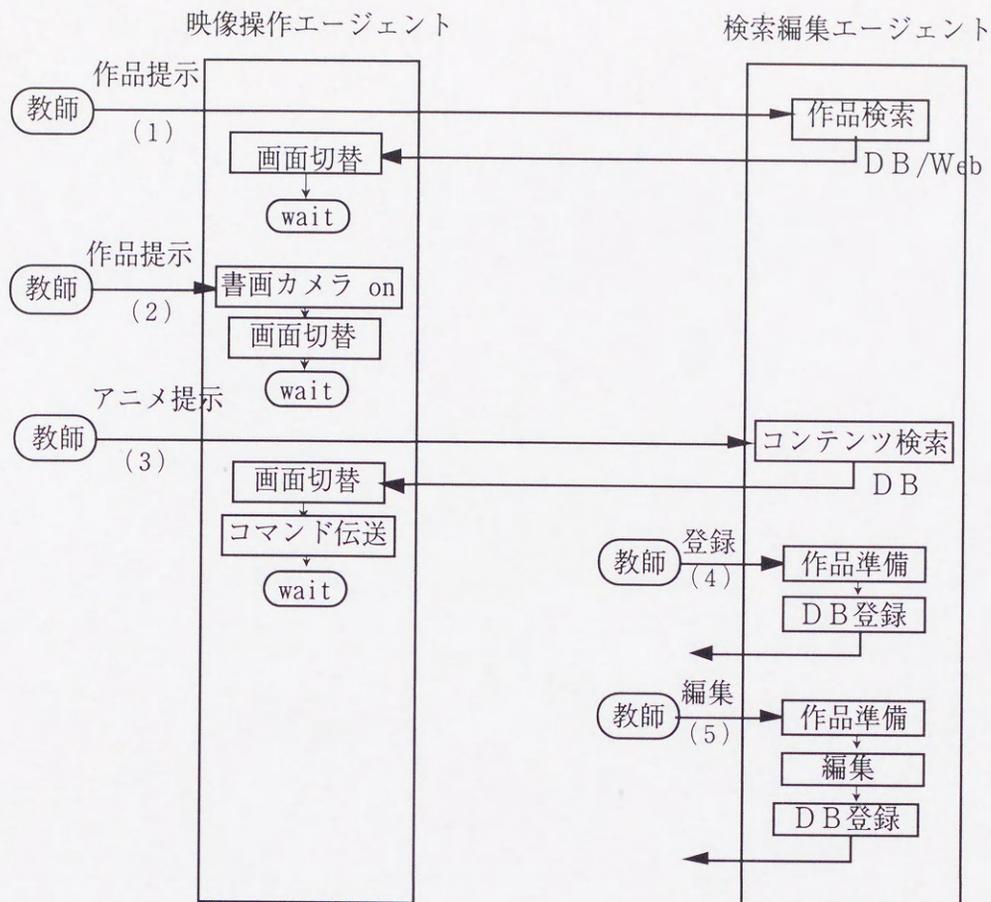
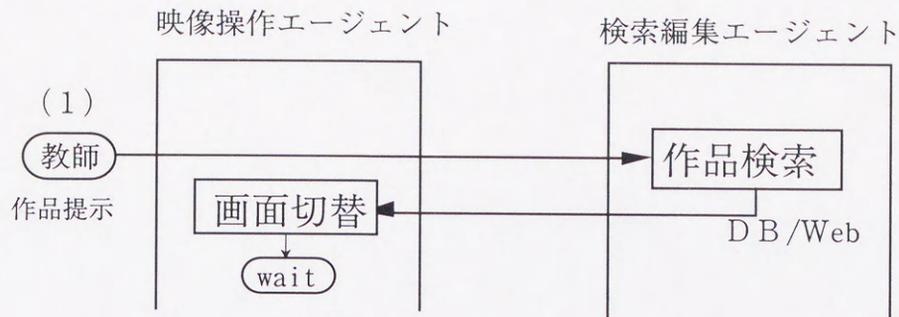


図4-4 非交信授業時のエージェント間の動作関係

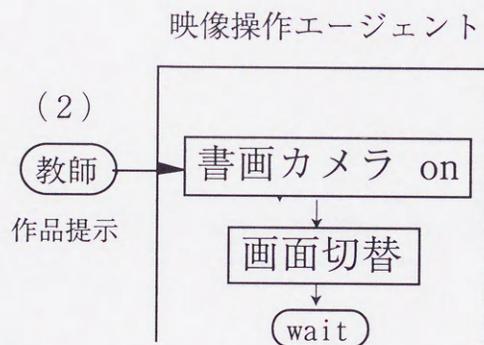
(1) 作品提示

あらかじめデータベースやウェブ・サーバに格納されている生徒作品を提示する時、検索編集エージェントに対して検索指示を出す。映像操作エージェントは、検索された作品を、画面切替の後、自教室の大画面プロジェクタに映し出す。この操作は、相手方教室のエージェントが関係しないだけで、あとは基本的に同じ動作である。



(2) 作品提示 (書画カメラ)

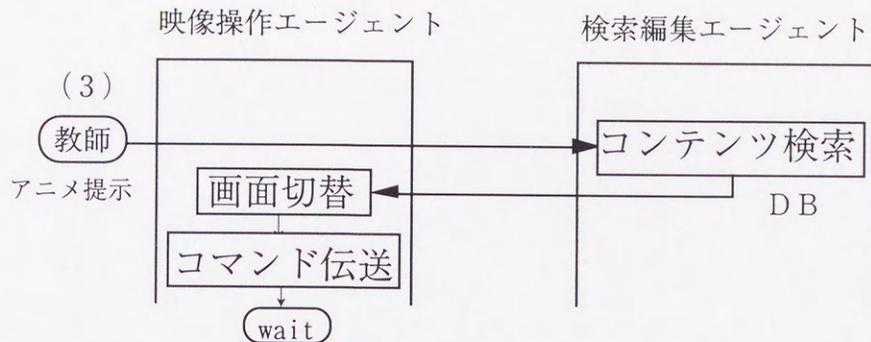
生徒作品を書画カメラ経由で提示したい時は、映像操作エージェントのみを使用する。映像操作エージェントは、書画カメラに載せられた作品の映像情報を受け取り、大画面スクリーンに詳細で鮮明な画像を映し出す。この操作も(1)と同様、交信授業時と基本的に同じ動作である。



(3) アニメ提示

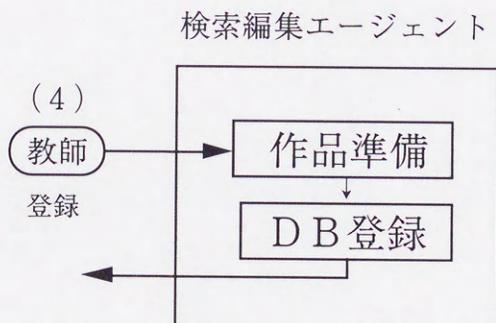
教師が映像操作エージェントに対してアニメ提示を指示すると、検索編集エージェントに依頼してアニメ教材のコンテンツを検索する。見付かったコンテンツは映像操作エージェントのメモリにインストールされる。その後は、教師がコマンド入力をするとともにアニメ動作が実行される。交信授業時と異なるのは、相手方教室と同期をとるためにコマンド伝送をする必要がない

ことである。したがってアニメ提示は極く普通の機能を使って行われる。



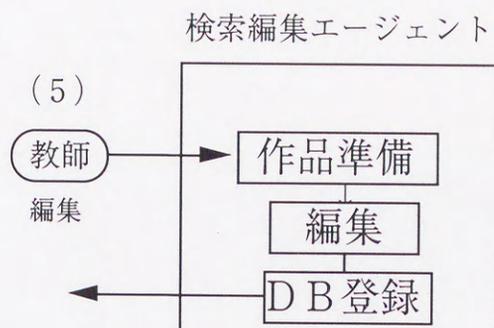
(4) 登録

生徒が新しく作った作品を以後の授業で作品の提示によって使いたい場合、作品の登録を行う。具体的にはイメージスキャナ等を使って、取り込まれた情報をデータベースに登録する。この作業は一般に時間がかかるので、交信授業時には普通行わない。



(5) 編集

ビデオ作品などで一部だけ取り出して交信授業に使いたい時がある。この場合、検索編集エージェントは、収録ビデオの中に設定されたタグを頼りに必要部分を抽出、再編集して、コンパクトな形で教師に返す。後の授業はこのテープを使うことにより、能率化することができる。この機能も主として非交信時に利用される。



4. 3. 3 エージェントの実現方式

図4-5にエージェント構成の基本形式を示す。エージェントは、3つのモジュールから成る。プロトコル・モジュールは、外部とのインタフェース機能を担当し、コマンド受付、実行指示、協調の3サブモジュールから成る。コマンド受付サブモジュールが教師からの指示を受け取り、他のエージェントとの協調が必要と判断した場合は協調サブモジュールを通じて他のエージェントに実施の交渉をする。データ・知識モジュールは、当該エージェントが役割を果すために必要な分野知識・情報を蓄積している。実行に当たって必要な情報を外部から求める場合は、他のエージェントの協力を求める必要があり、プロトコル・モジュールの協調サブモジュールを通じて発信される。実行モジュールは、指示を実行するための方法を実行機能や実行手段から組み立て、決定した実行方法をプロトコル・モジュールの実行指示サブモジュールを通じてC C V機器に伝える。実行方法の決定に必要な知識や情報をデータ・知識モジュールに求める。

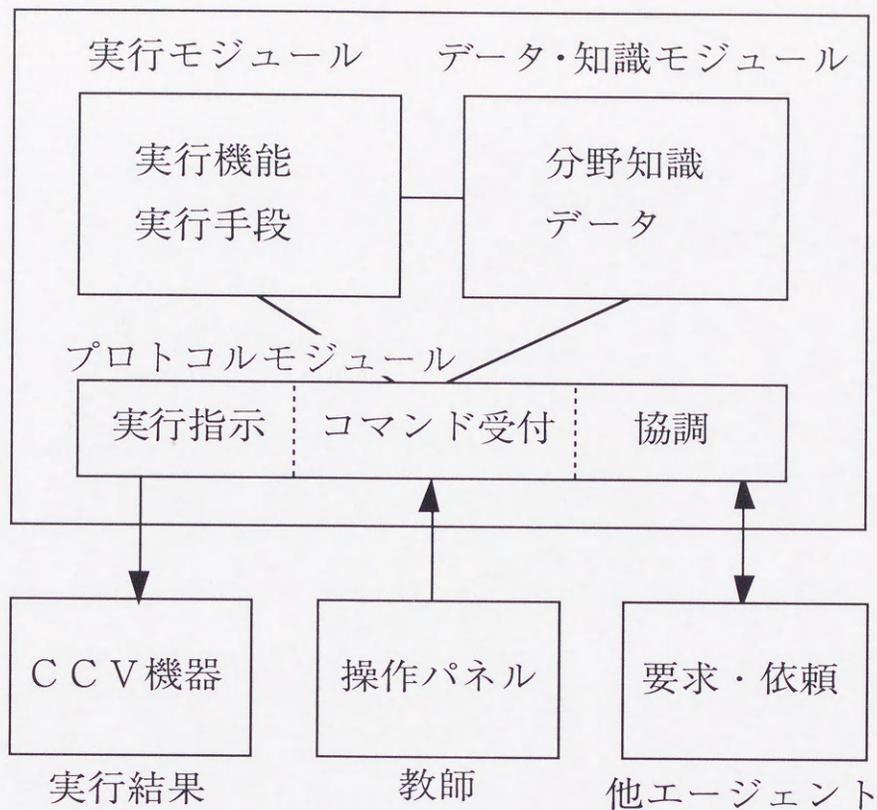


図4-5 エージェント構成の基本形式

(1) 映像操作エージェント

画面切替に当たっては、教師から必要な映像を要求されると、データ・知識モジュールが映像の種類と伝送系統を検索し、実行モジュールに渡す。実行モジュールは、それに合った映像スイッチングの方法を決定し、C C V機器にスイッチングの指示を伝え、画面切替を行う。相手方エージェントに画面切替の情報を伝える。その後、指示された映像の供給を開始することにより、両教室には共通の映像が映し出される。

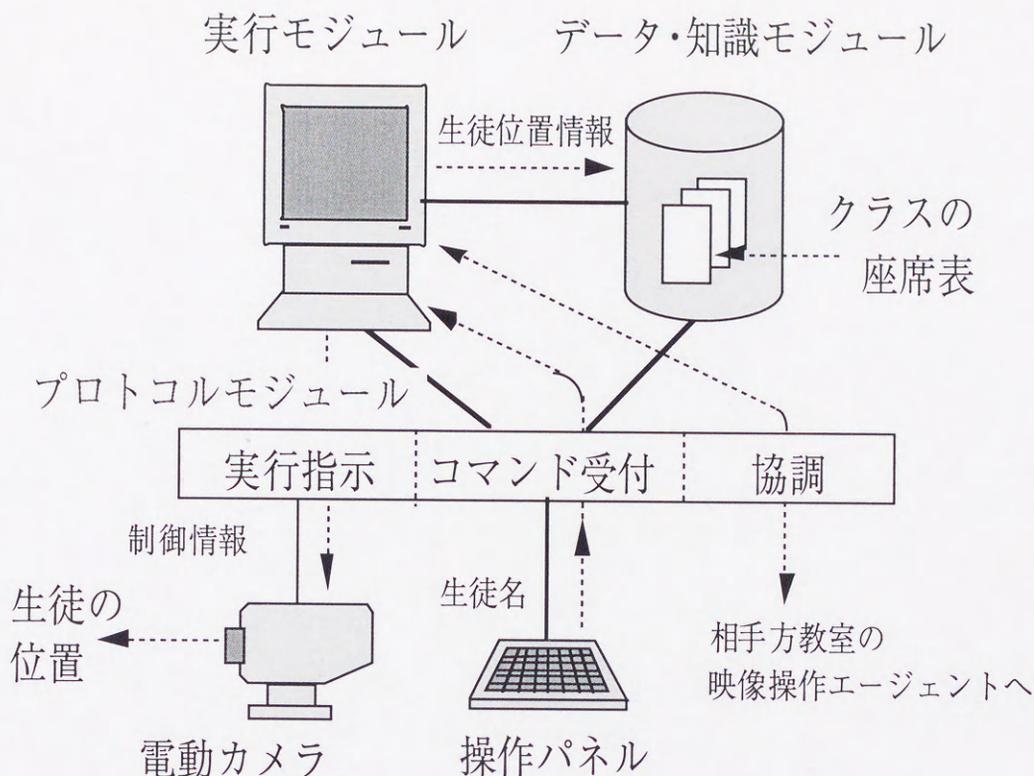


図4-6 映像操作エージェントの構成

カメラ操作機能の実現方式を図4-6に示す。教室における生徒の位置情報は、「座席表」の形でデータ・知識モジュールにあらかじめ登録されている。1つの座席位置情報は、座標中心位置からの偏角、ズーム、フォーカス情報からなる。最大40名の生徒と数個の対象物を指示可能とするため、座席表1枚当たり最大48ポイントの位置設定を可能とする。また、別のクラスの構成にも適用できるように、複数の座席表を蓄積可能とする。

生徒の指名を受けた映像操作エージェントは、データ・知識モジュールの中から該当する生徒名を探し出し、その位置情報を実行モジュールに伝える。

実行モジュールはその位置情報から電動カメラを動かすための制御情報を計算し、実行指示サブモジュールを通じて電動カメラに伝える。指示された生徒名がデータ・知識モジュールから見付からなかった場合は、協調サブモジュールを通じて相手方映像操作エージェントに協力を求める。相手方映像操作エージェントは、渡された生徒情報により、上記と同様な動作を行って電動カメラを動かし、当該生徒の姿を捉える。

(2) 検索編集エージェント

プロトコル・モジュールから検索要求が入ると、検索編集エージェントは、自分のデータ・知識モジュールの情報から検索を始める。実行モジュールは、その検索結果を受けて該当する生徒作品や教材を探し出し、実行指示サブモジュールを通じて結果を返す。編集の対象は、タグ付きで収録された授業記録ビデオである。ビデオを再生しながらタグの出現を監視し、タグが現れた時、その映像部分の複製を開始する。その場面が終わるまで複製し、あとは次のタグの出現を待つ。編集結果はデータベースに登録する。登録は、指定された教材や生徒作品をシステムのデータベースに登録し、検索のための情報をデータ・知識モジュールに登録する。

(3) プロセス管理エージェント

プロセス管理エージェントが行うアニメ同期動作の実現方式を図4-7に示す。データ・知識モジュールに記憶されているアニメ・コンテンツの情報からシステムのデータベース中に格納されているアニメ・コンテンツを探索、パソコン上にインストールする。同期の情報を相手方プロセス管理エージェントに伝達し、同様の準備作業を依頼する。両教室で全く同等のアニメ動作環境が設定できた後、教師からのコマンド入力を受け付ける。コマンド受付

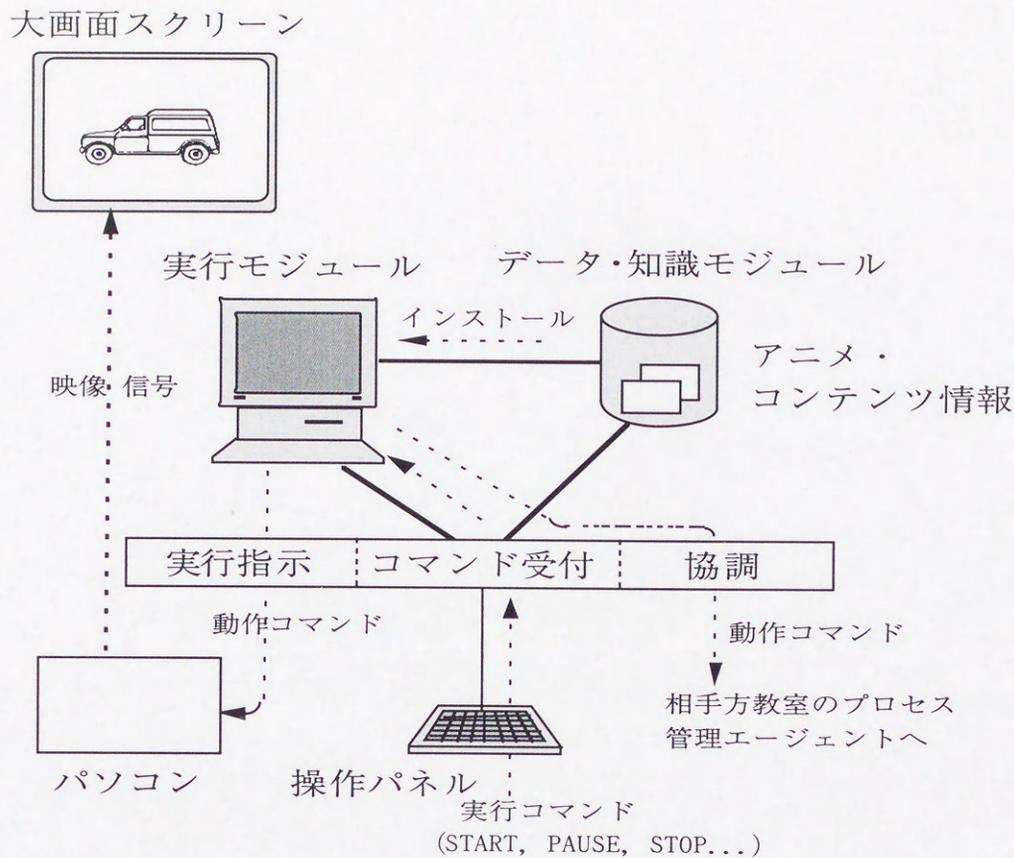


図4-7 アニメ同期動作方式

サブモジュールは、入力されたコマンドを実行指示サブモジュールを通じて自分のパソコンに伝送すると同時に、協調サブモジュールを通じて相手方エージェントに伝送する。このコマンドによって両教室のパソコン上のアニメ・コンテンツが同時に動作し、アニメの同期動作が実現される。

4. 4 エージェントによる実証実験システムと考察

エージェント機能を実装したCCV教育システムの実証実験は、山梨大学教育学部附属小学校（以下N校と記す）と山形大学教育学部附属小学校（以下G校と記す）の間で実施した。

表4-1 実証実験の概要

授業内容	実施時期	学校・学年・人数
1. 置物を作ろう (凹凸のある像)	1996.9~10月 (交信授業3回)	N校1年生40名 G校1年生39名
2. 刺繍画を作ろう (曲線形)	1996.9~10月 (交信授業3回)	N校4年生37名 G校4年生8名

※N校：山梨大学教育学部附属小学校
G校：山形大学教育学部附属小学校

表4-2 実証実験の授業内容

第3次実験	1. 「置物を作ろう」(曲面体)、対象：1年生 ・紙粘土を使ってお面やスポーツ選手、動物作りを行い、曲面体の曲がりの種類や性質を協同学習する。
	2. 「刺繍画を作ろう」(曲線形)、対象：4年生 ・画用紙に下書きした絵柄に沿って毛糸を貼り付け、刺繍画を作ることによって曲線の種類や性質について協同学習する。

4. 4. 1 実験システムの構成

エージェントを中心とした実験システムの構成を図4-8に示す。ハードウェア構成は第3章の図3-9と同等であり、ただコンピュータ（パソコン）にエージェント機能が実装されている点だけが異なる。エージェントは、教師から指示を受け取ると、エージェント自身の判断と、他のエージェントとの連携協調によって動作し、役割を果たす。

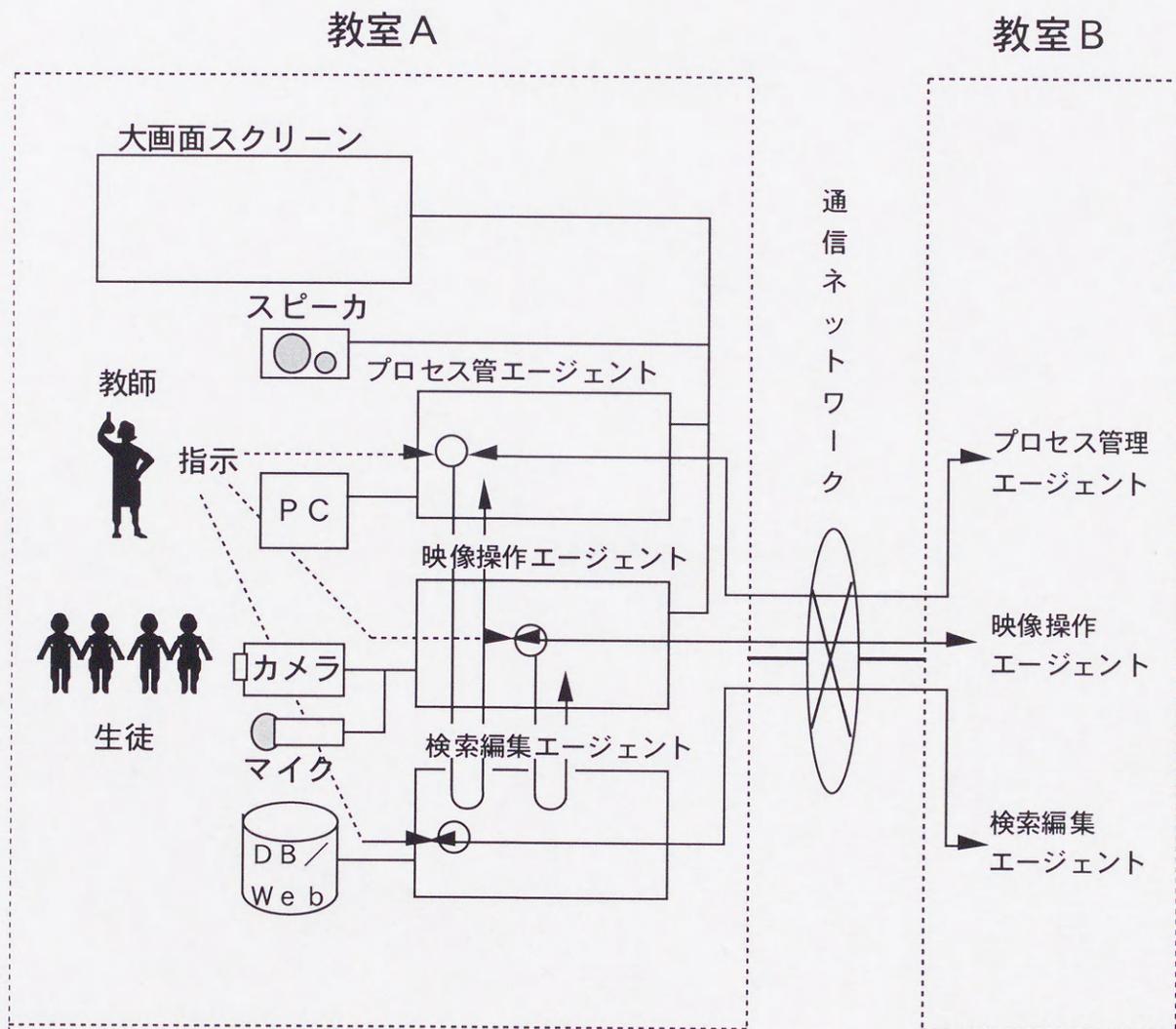


図4-8 エージェントを中心とした実験システム構成

カメラ操作による教室映像の撮影と相手方教室への伝送、および相手方教室からの映像の大画面スクリーンへの投射は、映像操作エージェントの担当である。マイクによる音声の入力と相手方教室への伝送、および相手方教室からの音声のスピーカへの出力も同じく映像操作エージェントが担当する。協同授業の開始や終了、授業の中断／再開、アニメ教材の同期動作はプロセス管理エージェントが担当する。協同授業の過程で使用される教材、生徒作品の検索、登録、編集などは検索編集エージェントが担当する。

通信ネットワーク回線の速度は、ISDNの384 kbpsを使用し、映像の伝送方式は、H. 261仕様を使用した。大画面スクリーンは80インチサイズのものを使用し、マイクは天井埋め込み型とした。

4. 4. 2 協同授業実施結果

協同授業実験におけるエージェント機能の動作結果について、交信授業を中心に述べる。

(1) 置物を作ろう（曲面体）の授業

この授業の目的は、2つの教室でそれぞれ異なった種類の曲面体を作り、交信授業で作品を見せ合うことで生徒の興味を刺激し、曲面体の種類や性質をより深く学ばせることにある。実験は、N校とG校の1年生それぞれ40名を対象として計3回行った。

事前学習で、N校は紙粘土を使ってお面を、G校は動物を制作した。お面は単一の曲面から成り、滑らかさの上に「くぼみ」や「でっぱり」が表現されていた。一方、動物は複数の楕円球が連結されたもので、「そり」や「とんがり」が表現されていた。

最初の交信授業では、両校の生徒たちは、事前学習で作った作品を相手方に見せ、そこに表れている曲面について説明した。相手方教室の生徒たちがそれに対して感想や意見を述べた。生徒が作品を書画カメラを使って発表する時、教師は映像操作エージェントに指示して、クローズアップした作品の映像を相手方教室に伝えた。生徒たちは、自分の作品に対する相手方の意見を得るとともに、相手方作品の曲面も学習した。次に、生徒たちがこれから作る作品のイメージを膨らます目的でジェスチャーを行った。この時、生徒が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、映像操作エージェントは生徒の姿を完全に追うことはできなかった。

2回目の交信授業では、さらに曲面に対する知識と理解を深めたるために、両教室間でアニメ教材を使って、人間や動物の外形と骨格を学習した。この授業では、動物の骨格の仕組みを学習するために、アニメ教材の提示を頻繁に行った。両教室の大画面スクリーンに同一アニメを映し出すため、プロセス管理エージェントが呼ばれた。エージェントは、同期動作の準備をすると同時に検索編集エージェントにコンテンツの探索を依頼した。同じ指示を相手方プロセス管理エージェントに指示した後、映像操作エージェントに画面切替の依頼を出した。そしてアニメ動作を制御するコマンドを教師から受け取る毎に相手方エージェントに伝え、常に同期動作するように管理した。このアニメーションは3次元表示で、骨が関節で動くことが分かるようにボタンが仕込まれており、そこをクリックすると脚が動いたり、首が動いたりする精巧なものであった。動物の形状や動く姿を様々な角度から見せるために、コマンドの入力が繰り返し行われた。

生徒たちは、1、2回目の交信授業の学習成果を踏まえて、相手方の作品

から学んだ曲面も取り入れ、より複雑な曲面を持った作品を制作することに
した。今度はN校は動物を、G校はスポーツ選手の制作にあたった。

3回目の交信授業では、両校からそれらの作品が紹介され、相手方から貰った意見の織り込み方、苦労や工夫した点などが話し合われた。その結果、最初の作品よりも出来が進歩したことが生徒間で認識された。そのうちG校からの作品例を図4-9に示す。ここには人間の体が持つ複雑な形状が、「でっぱり」や「そり」などの曲面を使って的確に表現されている。

交信授業における発表の際、生徒が作品を手を持って発表する姿は、映像操作エージェントが捉えて両教室のスクリーンに映し出した。作品自体の形状は、やはり映像操作エージェントが書画カメラを使って細部を拡大し、両教室のスクリーンに映し出すことにより生徒の理解を助けた。



図4-9 体操選手と野球選手の作品

(2) 刺繍画を作ろう (曲線形) の授業

2つの教室で異なった種類の刺繍画を制作し、交信授業で交流することによって、多角形、円、扇形等、多様な曲線を学ぶ授業である。刺繍画は、画用紙に絵柄を描き、その外周に沿って毛糸を貼り付けて制作するが、この絵柄の外周の長さを測定する際に、円弧に分解して測定するなど曲線の使い方を学ぶ。協同授業の実験は、N校の4年生37名とG校の4年生8名の間で計3回行った。

事前学習で、両校の生徒はそれぞれの地域の民話に題材をとった刺繍画を制作した。この際、N校は滑らかな曲線を使い、G校は尖った曲線を使った。

第1回目の交信授業では、N校、G校の生徒が制作した作品を各1編ずつ発表し、自分の作品と相手方の作品に表されている曲線の違いや特徴について、意見と感想を述べ合った。生徒たちは、自分たちが発表した曲線について相手方からの意見によって理解を深めるとともに、相手方の曲線についても理解し、滑らかな曲線、尖った曲線の双方とも使い方を習得した。

生徒たちの刺繍画作品を発表する時、教師は映像操作エージェントに生徒の姿を映し出すように指示を出した。映像操作エージェントの画面切替機能が作動し、2つの遠隔教室とも同じ画面に切り替わった。次にカメラ操作機能が作動し、電動カメラで生徒の姿が大写しで明瞭に捉えられ、相手方教室に伝送された。また、相手方教室から生徒が質問に立った時、相手方教室の教師が映像操作エージェントに指示を出し、同様の動作を経てその生徒の姿が大写しでこちらの教室に伝送された。いずれの場合も待ち時間は数秒以内で、生徒の発言したいタイミングを外すほどの遅れではなかった。これは、映像操作エージェントが教師の指示に対して効果的に動作したことを示して

いる。

また、交信授業の途中で作品制作のために、教師がプロセス管理エージェントに対して中断を指示した。プロセス管理エージェントは、相手方エージェントに指示を伝送するとともに映像の供給を停止し、教師の再開指示を待った。当方の教師が再開の指示を出すと、エージェントは相手方教室のエージェントに伝え、授業再開をすべきかどうか協議した。双方のエージェントの条件が一致した時点で授業再開が成立し、映像操作エージェントへ再開の指示が出され、大画面スクリーン上には再び映像が映し出された。

2回目の交信授業では、両教室の生徒たちは、曲線を円弧に分解して弧の長さを計算する方法をアニメ教材を見ながら学習した。絵柄の外周の長さの計算への応用について議論を交わし、その方法を習得した。この間、プロセス管理エージェントは、映像操作エージェントに指示を出し、アニメ教材の同期動作環境を設定した。映像操作エージェントは、検索編集エージェントに指示してアニメ教材をデータベースから検索させ、実行環境にインストールした。そしてコントロールをプロセス管理エージェントに渡すと、教師はコマンド伝送によるアニメ同期動作が可能になった。生徒たちは学習した成果を踏まえ、新たな刺繍画の制作に入った。

3回目の交信授業では、N校からは民話に基づいた作品を、G校からは両校の生徒が雲に乗ってG地方を旅する創作作品を発表した。G校の作品には滑らかな曲線が、N校の作品には尖った曲線が取入れられ、構図も大胆できれいな仕上がりになった。これにより多様な曲線の理解、使い方が生徒間で進んだことが認識された。図4-10は、3回目の交信授業の中で説明されたN校の生徒の2度目の作品で、滑らかな曲線、尖り曲線が調和して使用さ

れているところに制作技術の進歩が見られる。

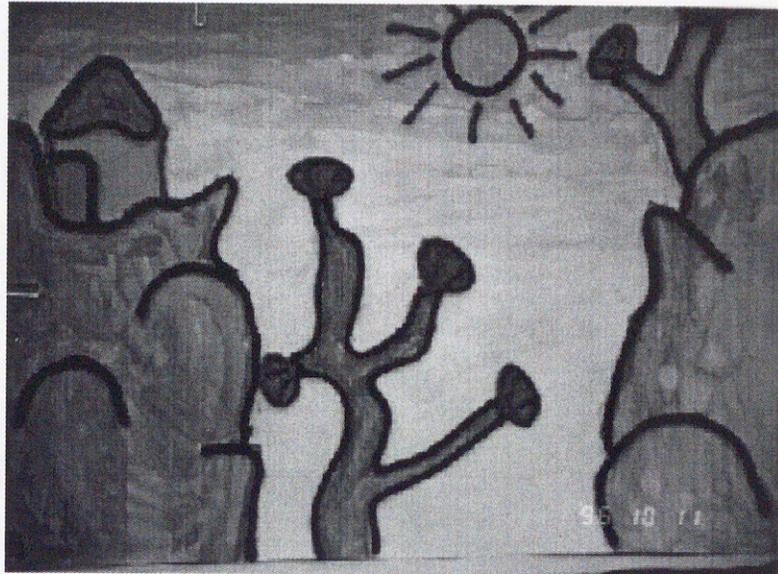


図4 - 10 刺繍画の作品例

交信授業が回数を重ねるにつれて、遠隔教室間の対話が、活発になっていく様子が観察された。その過程を知るために、第3章の図3 - 1 に示した対話のパスに基づき、教師－教師間、教師－生徒間、生徒－生徒間について、対話回数の時間的変化の測定を行った。全3回にわたる交信授業での測定結果を図4 - 11 に示す。

教師－教師間対話数は、時間の経過に比例して増加し、1回当たり対話総数は80～100回である。1～3回目とも同様の増加傾向を示している。教師－生徒間対話数は、1回目が少なく2、3回目が増加している。生徒－生徒間対話数は、回を追って増加する傾向が見られる。

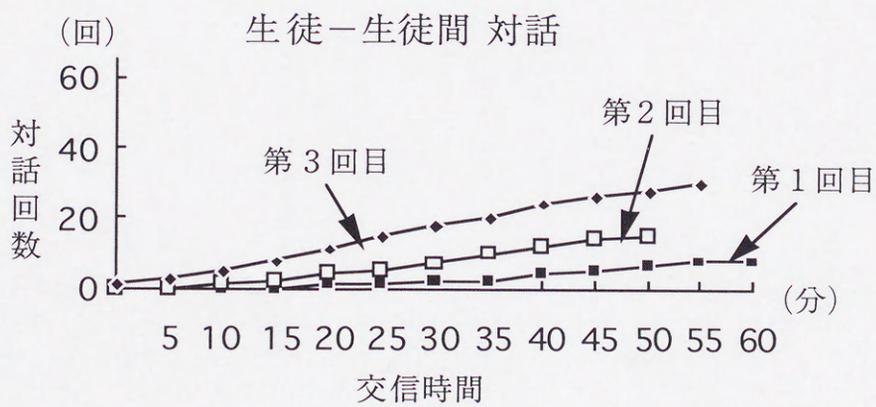
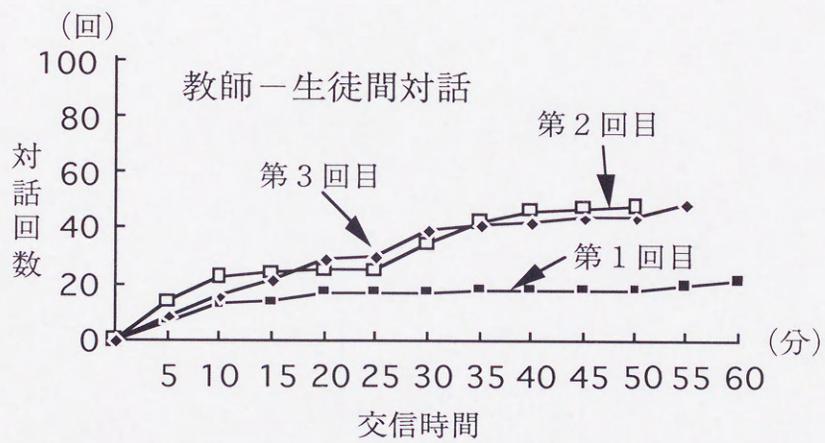
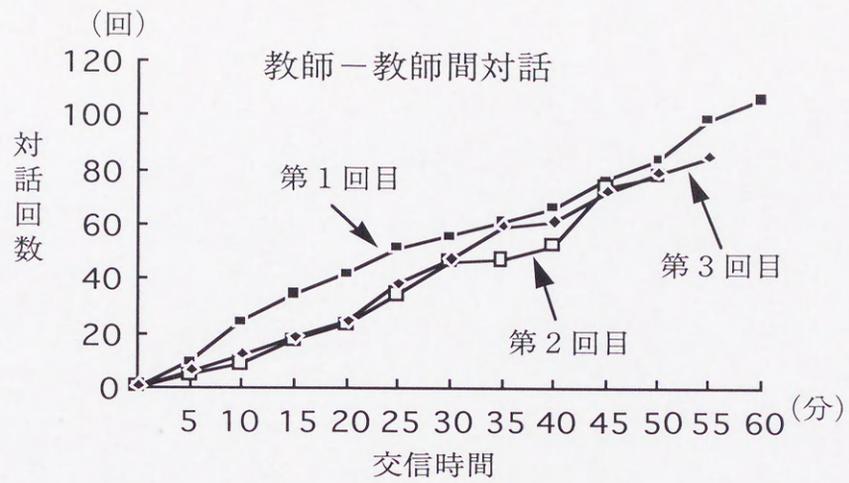


図4-11 交信授業における対話の遷移

4. 4. 3 考察

(1) 「刺繍画を作ろう」の実施結果

「刺繍画を作ろう」は、創作を課題とする授業であり、N校は滑らかな曲線を使い、G校は尖った曲線を使って刺繍画を制作した。最初の交信授業で、お互いに作品を見せ合い、意見や感想を交換したが、これはN校にとっては尖り曲線の導入によって表現力が向上し、G校にとっては滑らかな曲線を取り入れた結果、表現力が向上したことを意味する。2度目の刺繍画は、双方の曲線の特徴が生かされた作品に仕上がった。そこには曲線の使用技術の向上と習熟が感じられた。刺繍画の題材として、N校は学校地域にある民話に求め、G校は独自の作品を創作したが、どちらの作品の出来映えも1回目より充実し、そこに生徒たちの学習意欲と創作意欲が感じられた。

遠隔教室間の対話が交信授業の間、どのように推移するかを知る目的で、「刺繍画を作ろう」の授業で測定した対話のグラフを図4-11に示した。教師の対話比率はかなり高く、全体の約50%を占める。これはこの協同授業が、教師の主導によって進められているからであると判断される。1回目は初回に必要ないろいろな説明がある分だけ対話回数が多く表れている。次に教師－生徒間の対話数を見ると2～3回目は多くなっている。これは協同授業の環境に対する慣れと、課題に対する取組みが積極化してきた表れと考えられる。生徒－生徒間対話数は、後になるほど回数の増加が見られる。これは生徒同士の間で親近感が生まれ、積極的に話しかけようとする意欲が高まった結果と見られる。このような状況が、生徒間作品交流において、自分の作品に相手方の意見を取り入れたり、相手方作品に自分の意見を伝えようとする意欲に繋がっていくものと判断される。生徒は相手方子どもとの交流

を強く希望しており、子ども同士の対話がしやすい環境作りと授業内容の改善が必要になってくる。

映像操作エージェントは、3つのエージェントのうち、最も頻繁に呼ばれた。カメラ操作については、あらかじめ生徒の座席位置を記憶させておくことにより、エージェントに指示があってから処理を完了するまでの時間が短縮された。また相手方教室のエージェントとの協調により、相手方教室の生徒の指名も可能となった。このため、発言に立った生徒は、最大数秒待てばよくなり、発言意欲を削がれる不具合は軽減された。一方、教師側でも映像操作、とくにカメラ操作に対する負荷が軽減され、2つ以上の作業が重なるピーク時でも円滑な授業の進行が可能になった。図4-11に示した両教室間の対話回数の増加は、交信授業への慣れなどに加え、この改善による両教室間の対話環境の向上も影響していると考えられる。

電動カメラが動いている最中に、そのカメラが捉えた映像を大画面スクリーンに映すと映像が流れ、見ている生徒たちに船酔いに似た不快感を与えることが判った。このため、電動カメラが生徒を捉えた後で画面を切り替えることにした。エージェント間の協調動作により、カメラ操作終了の後、円滑に画面切替が行われるようになり、生徒に不快感を与えることはなくなった。一方、画面切替のタイミングは、指示を先に出したエージェントに主導権があるので、相手方教室の状況をよく把握しないまま画面切替が行われることが判った。これについては、エージェント間の協議をよりきめ細かく行う必要があり、今後の課題と言える。

検索編集エージェントは、アニメ提示や生徒作品の提示などの場面で頻繁に呼ばれ、両教室のエージェントが協調しながら検索を行って結果を返すこ

とができた。大部分が、あらかじめローカルなデータベースに登録済のデータへの検索指示だったので、時間的にも数秒以内という結果が得られた。今回はキーワード検索方式を基本とし、類似検索、連想検索は使用しなかった。しかし、今後、生徒作品が増加するにつれて1生徒当たり複数個の作品を登録したり、類似作品へのリンクなども必要となる。より多様で大量のデータを検索するため、検索方式の高度化が今後の課題である。

(2) 「置物を作ろう」の実施結果

「置物を作ろう」は、創作を課題とする授業であり、曲面体という共通課題に対し、N校は「くぼみ」や「でっぱり」という曲面を使って、G校は「そり」や「とんがり」という曲面を使って置物を制作した。交信授業での交流によって、N校は新たにそりやとんがり曲面を習得し、G校は同じくぼみやでっぱり曲面を習得した。2回目の置物作りでは、双方の曲面を取り入れた、より複雑な曲面を持つ作品が出来上がった。これは生徒たちが、交信授業時に学習した相手方の曲面に興味を持ち、これを自分の作品に取り入れて新しい曲面を作ってみたいという学習意欲と発想力が表われた結果と推察される。遠隔授業では、最初の交信授業まで相手方がどのように課題をこなしているのか、生徒には情報が伝わって来ないので、最初の出会いの時のインパクトが大きい。この遠隔協同授業の環境が、生徒の学習意欲や創作意欲を刺激し、高める要因の1つになっていると考えられる。

(3) エージェント機能の課題

アニメ教材の同期動作に関しては、3つのエージェント間の協調連携により、アニメ・コンテンツの探索とインストール、画面切替が円滑に行われ、教師はコマンド伝送のみに集中することができたと考える。

授業中断再開は、プロセス管理エージェントによって行われたが、特に再開はそのタイミングを判断するための適切な情報がなく、専ら教師の指示を待ち、両エージェント間で合意を取って決定するという形をとった。教師にとっても中断後の相手方教室の状況は把握できず、再開のタイミング判断には神経を使った。再開をより円滑に行うためには、エージェントに何らかのモニター機能を付加することが今後の研究課題である。

今回のエージェント機能全体の問題点として、エージェントが状況判断に必要な情報の入手が困難な点が挙げられる。リアルタイム処理が要求されるため、状況判断に時間を取られないように、現状ではその殆どを教師の指示に頼っている。その範囲内ではほぼ所期のエージェント動作が実現されることが判った。しかし、教師の負荷軽減をさらに進めつつ、エージェント機能を強化していくためには、エージェント自身が必要な情報を入手、自律的に判断できるようにする必要がある。具体的には交信授業を行っている教室の中で発生する情報の利用であり、それは教室内の各種映像、教師や生徒の音声などである。将来的には、このような情報源の利用方法を開拓しつつ実証実験で適用し、有効性評価を繰り返しながら実現していく必要がある。

4. 5 まとめ

CCV教育システムを用いた遠隔交信授業における教師の機器操作支援、および両教室間の臨場感、一体感醸成の方式としてエージェント方式を提案した。映像操作、検索編集、およびプロセス管理の3エージェント機能を定

義し、実際の交信授業実験においてシステム内に実装して機能評価を行った。その結果、もっとも負荷が大きいカメラ操作の円滑化、迅速化が図られた。さらに、アニメ教材の同期など、コンピュータ支援（CSCW）のみでは対応が困難になる作業のピーク時でも円滑なエージェント支援が受けられ、教師の負荷軽減に繋がった。その結果、交信授業の進行が円滑になり、両教室間の交流の活性化する傾向が確認された。しかしながら、画面切替や授業再開のタイミング判断などに関しては、教師の期待に十分応えているとは言えない。教師の負荷軽減を進めつつ、エージェント機能を強化、高度化するためには、エージェントがより自律的に動作する必要がある、そのためには交信授業の教室内で発生する情報の利用方法を開拓する必要がある。

今後に残された課題は、以下のようなものである。

- (1) エージェントに対する新たな入力情報の開拓およびそれによるエージェント機能の高度化
- (2) 映像／音声の混合伝送における帯域幅調整のエージェント化
- (3) 授業効果の評価方式の開発

第5章

結 論

本論文では、学習意欲の活性化と創造的思考力向上のための双方向リアルタイム型遠隔協同授業の支援方式の提案、およびその実証を目的とした。そのために、双方向リアルタイム遠隔協同授業のモデリングおよびコンピュータ支援技法を提案し、実際にシステムを構築して小学生の算数を対象とした授業実験を行い、提案方式の有効性を検証した。本論文では、特に、次の2つの遠隔協同授業の支援方式に関する研究を行った。

- (I) C S C Wによる双方向授業環境の構築と授業進行支援方式
- (II) エージェントによる授業支援内容の高度化方式

(I) に関する研究としては、第3章において、遠隔協同授業のモデリングを行い、コンピュータ支援（C S C W）に基づく授業環境実現方式として、画面共有方式、映像操作方式、および教材提示方式を提案した。本方式に基づいて構築した実験システムによって小学生の算数を対象とした実証実験を実施した結果、次の効果を確認できた。

(1) 遠隔協同授業の実施結果から、生徒の学習意欲が活性化され、創造的思考力が増進されることが観察された。

(2) 3種類の授業環境実現方式の動作は適切であり、提案方式の有効性が確認できた。

(3) ただし、提案方式を効果的に使用するには教師の操作負荷が大きい。これを解消するとともに、より円滑できめ細かな授業支援を実現するには提案方式の更なる高度化が必要であることも解かった。

(Ⅱ) に関する研究としては、第4章において、上記(I)の(3)で述べた課題を解決する目的で、自教室と相手教室の連携、および交信授業と非交信授業間の連携強化方式を立案し、この方式実現のために3種類のエージェントの導入による授業支援機能代行モデルを提案した。本方式を実装した実験システムを使用した実証実験を、小学生の算数を対象として実施した結果、次の効果が確認された。

(1) 映像操作がより円滑になった結果、遠隔教室間の臨場感、一体感が向上し、遠隔教室間交流の対話が活発になる傾向が観察された。

(2) エージェントによる機器操作代行が強化された結果、教師にかかっていた負荷が軽減された。

今後の研究課題としては、エージェントに対する新たな入力情報の開拓が挙げられる。エージェント導入による遠隔協同授業支援の有効性は確認されたが、支援効果をより高めるためにはエージェントが必要とする情報を自分で捉え、自律的に判断して行動させるようにする必要がある。リアルタイム環境下で利用可能な情報を見付けることは難しく、このことがエージェントの能力を限定的なものにしている。この壁を破ることがエージェント能力の

拡大強化の鍵である。例えば、発言者の姿の赤外線自動検知方式や、発言者の特定発音（例えば‘ハイ’）検知方式などの開拓がカメラ操作の迅速化につながる。

次に遠隔協同授業の実施効果をより客観的かつ正確に把握するために、授業効果の評価方式の開発が挙げられる。授業環境に対する評価、教育内容に対する評価、および発想、創造性に対する評価方法などが開発される必要がある。

全体的な今後の研究課題としては、本授業支援方式の適用範囲拡大を図る目的で、授業の対象を小学生レベルから中学、高校生、大学生、さらに社会人レベルへと広げていく方向が挙げられる。小学生に対して採られた授業支援方式が、より高レベルの生徒や学生に対しても有効か否か、もし否であればどのような支援方式が適切なのかを解明していくことが、遠隔協同授業システムの一般化、実用化には欠かせない課題である。

また、本論文で実施したのは2つの遠隔教室間の協同授業であったが、これを3教室、4教室に増やしていった場合の問題点の抽出と解決策の研究が挙げられる。さらに双方向リアルタイム型の授業方式とインターネットなど非同時性の授業方式の組み合わせに関する研究などが、今後遠隔教育が普及、多様化していく上での重要課題として挙げられる。

謝辞

本研究は、東北大学電機通信研究所白鳥則郎教授のご指導のもとで行うことができました。白鳥教授には、研究面でのご指導のみならず、本論文をまとめるにあたって懇切なるご指導ならびにご助言をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

また、本論文をまとめるにあたり、ご指導とご教示を賜りました東北大学大学院情報科学研究科宮崎正俊教授、東北大学大学院情報科学研究科根元義章教授、東北大学電気通信研究所木下哲男助教授に深く感謝いたします。

さらに、研究にあたり、いろいろとお世話になりました白鳥研究室の皆様
に感謝いたします。

本研究は、筆者が三菱電機株式会社情報技術総合研究所に勤務しながら東北大学大学院情報科学科博士課程後期に社会人として入学して行ったものであり、その間、ご指導、ご鞭撻を頂いた三菱電機株式会社情報技術総合研究所片木孝至所長、三菱電機株式会社生産システム本部小泉寿男技師長に対し感謝の意を表します。

また、本研究を進めるにあたり、CCV教育システム研究会会長横地清氏、守屋誠司山形大学教育学部助教授をはじめ、多数の方々の協力をいただきました。ここにあらためて感謝の意を表します。

本研究の遂行、本論文の執筆は、以上の方々をはじめとする多くの関係各位によって支えられ、達成されたものであり、ここに慎んで感謝の意を表します。

最後に、この論文をまとめる上で筆者を支えてくれた家族に感謝します。

参考文献

- [1] 渡辺健次、岡崎泰久、江藤博文他：“グローバル・クラスルーム・プロジェクトーインターネットとマルチメディアの教育利用の実践ー”、教育システム情報学会誌、Vol. 12, No. 3, pp. 179-192 (1995).
- [2] 松村幸輝：“マルチメディア環境において試作した実践的学習支援システム”、CAI学会誌、Vol. 11, No. 1, pp. 22-33 (1994).
- [3] 中谷豊、新居亨一：“高臨場感マルチメディア通信会議システム”、電気通信学会誌Vol. 59, No. 598, pp. 21-25 (1996).
- [4] Gay, G., Grosz-Ngate, M., :” Collaborative Design in a Networked Multimedia Environment:Emerging Communication Patterns” ,J. Res. Comp. Edu., Vol. 26, No. 3, pp418-432 (1994).
- [5] Koizumi, H., Dasai, T., Shiratori, N. et al. :” A System Architecture of CSCW for Collaborative Distance Learning Systems” ,ICOIN-11, Vol. 1, pp. 3D-4.1-3D-4.6 (1997).
- [6] Nemoto, Y., Hamamoto, N., Suzuki, R. et al. :” Construction and Utilization Experiment of Multimedia Education System Using

Satellite ETS-V and Internet” , IEICE, Trans. Inf. & Syst.,
Vol. E80D, No. 2, pp. 162-169 (1997).

[7] 今栄国晴編著：“教育の情報化と認知科学—教育の方法と技術の革新—”、
福村出版（株）、東京(1996).

[8] Beadle, H. W. P. : Experiments with Broad-band Multipoint Multi-
media Telecommunications and Computer Supported Collaborative
Work, Aust. Telecomm. Res., Vol. 28, No. 2, pp. 45-59 (1994).

[9] (財) コンピュータ教育開発センター：ネットワーク利用環境提供事業
(100校プロジェクト) 成果報告書、東京(1997).

[10] 小泉寿男、太細孝、横地清、守屋誠司、白鳥則郎：創造性助長をめざす
遠隔協同授業システムの方式と実験結果、信学技報ET Vol. 96, No. 49,
pp. 67-74 (1996).

[11] 太細孝、小泉寿男、横地清、守屋誠司、奥山賢一、黒田恭史、白鳥則郎：
双方向型遠隔協同授業方式の提案とその実証実験、教育システム情報学
会、Vol. 14, No. 3, pp. 75-83 (1997).

[12] 太細孝、小泉寿男、小林正幸、横地清：遠隔協同授業システムにおける
映像操作の改善方式、信学技報ET Vol. 96, No. 89, pp. 15-22 (1996).

- [13] 横尾真：柔軟で動的なエージェントの組織構造を用いた分散制約充足アルゴリズム、人工知能学会誌, Vol. 11, No. 6, pp. 933-940 (1996).
- [14] 野田五十樹、松原仁：サッカーエージェントの研究、人工知能学会誌, Vol. 11, No. 5, pp. 694-701 (1996).
- [15] 柳澤洋、村上国男：マルチエージェントシステムの合意形成方式、情報処理学会論文誌, Vol. 36, No. 6, pp. 1387-1395 (1995).
- [16] 石田亨、Les Gasser、横尾真：エージェントの組織による実時間連続問題解決、人工知能学会誌, Vol. 7, No. 2, pp. 300-308 (1992).
- [17] 近藤喜美夫：「スペースコラボレーションシステム」の構成、信学技報 ET Vol. 96, No. 49, pp. 29-34 (1996).
- [18] 岡本敏雄：教育とグループウェア、信学技報 ET Vol. 17, No. 20, pp. 55-60 (1996).
- [19] 清水康敬編著：情報通信時代の教育、(社)電子情報通信学会、東京 (1992).
- [20] (財)コンピュータ教育開発センター：平成7年度ネットワークを利用し

た実践事例の調査研究報告書(1996).

[21]久峯信一、于 冬、三部靖夫：Webをベースとしたマルチメディア遠隔教育システム、信学技報ET Vol. 96, No. 49, pp. 15-20 (1996).

[22]湊 三郎：算数・数学に対する態度を測定するために開発されたSDについて、Journal of Japan Society of Mathematical Education, Vol. LXV, Supplementary Issue, pp. 1-22 (1983).

[23]太細孝、小泉寿男、横地清、白鳥則郎：創造性助長をめざす遠隔協同授業システムの構築、情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会 DPS76-13, pp. 73-78 (1996).

[24]太細孝、土屋雅人、小泉寿男、横地清、白鳥則郎：遠隔協同授業システムにおけるアニメーション教材の作成、伝送、表示方式、信学技報ET Vol. 96, No. 50, pp. 75-79 (1996).

[25]太細孝、小泉寿男、横地清、守屋誠司、白鳥則郎：オンライン共同授業をベースとしたCCV教育システム、情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集、Vol. 96, No. 1, pp. 479-486 (1996).

[26]太細孝、小泉寿男、守屋誠司：遠隔協同授業システムにおける映像操作系の改良とその実験結果、情報処理学会マルチメディア通信と分散処理

研究会DPS82-17, pp93-98 (1997).

- [27]太細孝、小泉寿男、横地清、守屋誠司、白鳥則郎：Multi-Agent機能による遠隔協同授業支援、信学技報ET Vol. 97, No. 22, pp. 57-64 (1997).
- [28]竹本宜弘、田村武志、高田伸彦：分散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, pp. 2215-2227 (1995).
- [29]A. DiPaolo：Moving Towards Education Anywhere, Anytime in an On-Demand Environment, Education at a Distance, Vol. 10, No. 3, pp. 8-20 (1996).
- [30]Chris Dede：Emerging New Media Create Powerful Experiences, Virtual Realities, TELECONFERENCE, Vol. 15, No. 2, pp. 21-32 (1996).
- [31]Rajiv Gary：Distance Learning: Interactive Video Teletraining as an Emerging Technology, Education at a Distance, Vol. 10#3, pp. 12-15 (1996).
- [32]K. Yokochi, I. Nishitani：CCV Educational System, German-Japanese Conference on Mathematics Education, Bulletin for Mathematics Education Study (Special Issue), pp. 41-45 (1996).

- [33] 渡辺健次：学校におけるインターネット環境の整備に関する考察、”ハードウェアの視点から”、教育システム情報学会誌、
Vol. 13, No. 2, pp. 89-98 (1996).
- [34] 中西吉成、林敏浩、林田行雄：グループ学習のための支援ツールの開発、
信学技報ET Vol. 96, No. 115, pp. 9-15 (1997).
- [35] 炭野重雄、岩本哲夫：大画面ディスプレイを用いた遠隔型集合教育システムの検討、信学技報ET Vol. 96, No. 119, pp. 41-48 (1997).
- [36] San Martin, G. A., Yano, Y. :” Evaluating the Performance of Agents that support the Effective Collaboration of Learners in a CSCL Environment” , IEICE, Trans. Inf. & Syst., Vol. E80D, No. 2, pp. 125-134 (1997).

著者論文 (学会論文誌)

- [1] 太細孝、小泉寿男、横地清、守屋誠司、奥山賢一、黒田恭史、白鳥則郎、” 双方向型遠隔協同授業方式の提案とその実証実験”、教育システム情報学会論文誌、Vol. 14、No. 3、pp. 75-83、Aug. 1997
- [2] 太細孝、小泉寿男、横地清、守屋誠司、白鳥則郎、” マルチエージェント機能による遠隔協同授業支援”、情報処理学会論文誌採録決定
- [3] T. Dasai, H. Koizumi, K. Yokochi, S. Moriya: ”A Method of Collaborative Distance Learning based on CSCW and Its Trial Results”、電子情報通信学会英文論文誌投稿中
- [4] 荻野徹、前中聡、岡田和久、田中昭二、太細孝、” マルチメディア応用教育システムのプロトタイプ開発と実験、日本工学教育協会誌、Vol. 45、No. 1、pp. 4-7、Jan. 1997

著者論文 (国際会議)

- [1] H. Koizumi, T. Dasai, K. Yokochi, N. Shiratori, ”A System Architecture of CSCW for Collaborative Distance-Learning

Systems," Proceedings of the International Conference On Information Networking No.11 (ICOIN-11), Jan. 27-29, 1997, Vol.1, pp.3D-3.1~3D-3.5.

[2] T.Dasai, H.Koizumi, M.Tsuchiya, K.Yokochi, N.Shiratori, "Utilization of Animations as Educational Materials in Collaborative Distance Learning Systems", Proceedings of the International Conference On Information Networking No.11 (ICOIN-11), Jan.27-29, 1997, Vol.1, pp.3D-4.1~3D-4.6.

[3] H.Koizumi, T.Dasai, K.Yokochi, "A Collaborative Distance Learning System based on CSCW", Proceedings of the 1997 Workshop on Distributed Multimedia Systems (DMS'97), Jul. 24-25, 1997, pp.180~187.

[4] T.Dasai, H.Koizumi, K.Yokochi, "A Multimedia Environment in CSCW for Interactive Distance Learning", Proceedings of the 1997 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM'97), Aug.20-22,1997, pp.398-401.

[5] T.Dasai, H.Koizumi, K.Yokochi, "A Collaborative Distance Learning System and its Experimental Results, Proceedings

of the Conference on Human-Computer Interaction' 97 (HCI' 97),
Aug. 24-29, 1997, pp. 165-168.

[6] H. Koizumi, T. Dasai, K. Yokochi, S. Moriya, "Proposal of an
Interactive Distance Learning of CCV Educational System and
Verification Experiments", Proceedings of the International
Conference for Computer Communications (ICCC' 97), Nov. 19-
21, 1997, pp. 107-114.

[7] T. Dasai, H. Koizumi, K. Yokochi, S. Moriya, K. Abe, "A Distri-
buted Multimedia Education System for Interactive Distance
Learning, Proceedings of the 1997 International Symposium
on Communications (ISCOM' 97), Dec. 17-19, 1997, pp. 139-143.

[8] H. Koizumi, T. Dasai, S. Moriya, K. Abe, N. Shiratori, "An
Advanced System Architecture of CSCW for Collaborative
Education System and Its Experimental Results", Proceedings
of the International Conference On Information Networking
No. 12 (ICOIN-12), Jan. 21-23, 1998 (Accepted).

著者学会研究会報告

- [1] 太細孝、小泉寿男、横地清、白鳥則郎：創造性助長をめざす遠隔協同授業システムの構築、情報処理学会、マルチメディア通信と分散処理研究会、96-DPS-76, 1996, pp. 73-78.
- [2] 小泉寿男、太細孝、横地清、守屋誠司、白鳥則郎：創造性助長をめざす遠隔協同授業システムの方式と実験結果、電子情報通信学会、教育工学研究会、Vol. 96, No. 148, 1996, pp. 67-74.
- [3] 太細孝、小泉寿男、横地清、白鳥則郎：遠隔協同授業システムにおけるアニメーション教材の作成、伝送、表示方法、電子情報通信学会、教育工学研究会、Vol. 96, No. 148, 1996, pp. 75-79.
- [4] 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CCV教育システム、マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集、Vol. 96, No. 1, pp. 479-486.
- [5] 太細孝、小泉寿男、小林正幸、横地清：遠隔協同授業システムにおける映像操作の改善方式、電子情報通信学会、教育工学研究会、Vol. 96, No. 89, 1996, pp. 15-22.

- [6] 太細孝、小泉寿男、守屋誠司：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、情報処理学会、マルチメディア通信と分散処理研究会、96-DPS-76, 1997, pp. 93-98.
- [7] 太細孝、小泉寿男、横地清、守屋誠司、白鳥則郎：Multi-Agent機能による遠隔協同授業支援、電子情報通信学会、教育工学研究会、Vol. 97, No. 22, 1997, pp. 57-64.
- [8] 太細孝、小泉寿男、横地清、守屋誠司、白鳥則郎：遠隔協同授業におけるマルチエージェント協調作業支援方式、情報処理学会、マルチメディア、分散、協調とモバイル (DiCoMo) ワークショップ論文集、1997, pp. 485-490.

付録：遠隔教育の研究、実践を始めるにあたっての指針

(1) 通信インフラ

国内で利用されているネットワークはINSネット64が圧倒的に多く、64k回線を2本束ねた128kbpsを利用するのが一番容易である。国際間ネットワークは現在のところ、ISDN128kの通信路しか開設されていないので、128kbpsを使えば国内、国外とも自由に交信が可能になる利点がある。しかし、128kでは動きの速い動画の再生は難しく、運用で補うなどの工夫が必要になる。

次に多く利用されているのは通信衛星を経由した回線である。品質は優れているが、衛星と地上の距離が離れているために、応答に時間がかかり違和感がある。本質的に1対多のブロードキャスト型に適した手段である。

最近、インターネット利用の遠隔教育が脚光を浴びているが、リアルタイム双方向で情報を交流するには回線路が細く、テキスト、静止画止りである。非同期型の遠隔教育用である。リアルタイム双方向型授業の補助として利用することは可能である。

(2) 授業環境とプレゼンテーション機器

遠隔教育でコアとなる機器はテレビ会議システム、またはパソコンテレビ会議システムである。映像と音声が最重要である。授業効果を上げようとするならば、標準仕様のテレビ会議システムだけでは不十分で、大型のモニターまたはスクリーンを使用するか、教室の情景をきめ細かく映すために複数のカメラを使用するなどの機能拡張が必要となる。この点が、大人用のテレ

ビデオ会議システムと大いに異なる点である。音声も長時間聴いても疲れず、自然でクリアな品質が要求される。

プレゼンテーション用の付属機器として、共有白板、ビデオ、書画カメラ、教材提示用としてのパソコンなどがある。これらの機器を目的に応じて本体と組み合わせ、交信授業で使用する。

(3) 交信授業実施計画

遠隔教育には交信相手が必要である。したがって種々の手段を講じて交信授業をしたい相手校を捜さなければならない。条件としては、たった1回だけの授業か（インターネット利用の遠隔授業ではこれが非常に多い）、または複数回やるのか？ 相手は国内か国外か？、教科は何か？、学年は？ 等々。相手が国外の場合には、時差の問題、共通言語の問題などが加わり、費用も嵩むので魅力的ではあっても実現は難しくなる。

(4) 授業内容と教材

相手校が決まると、次は交信授業の内容を協議し、授業内容（シナリオ状のもの）と教材作りにかかる。教材は授業内容から決まるので、作り方は様々である。既存の教材の利用、市販の教材の購入、新たな制作、ウェブのホームページから探し出す、等々。通常、この交信授業に至るまでの準備にかなりの日時と労力を要する。授業内容と並行して実施結果の評価計画を作成する。どのような授業効果が得られたか、それには何が貢献したか、などを調査する方法を案出する。

(5) コスト

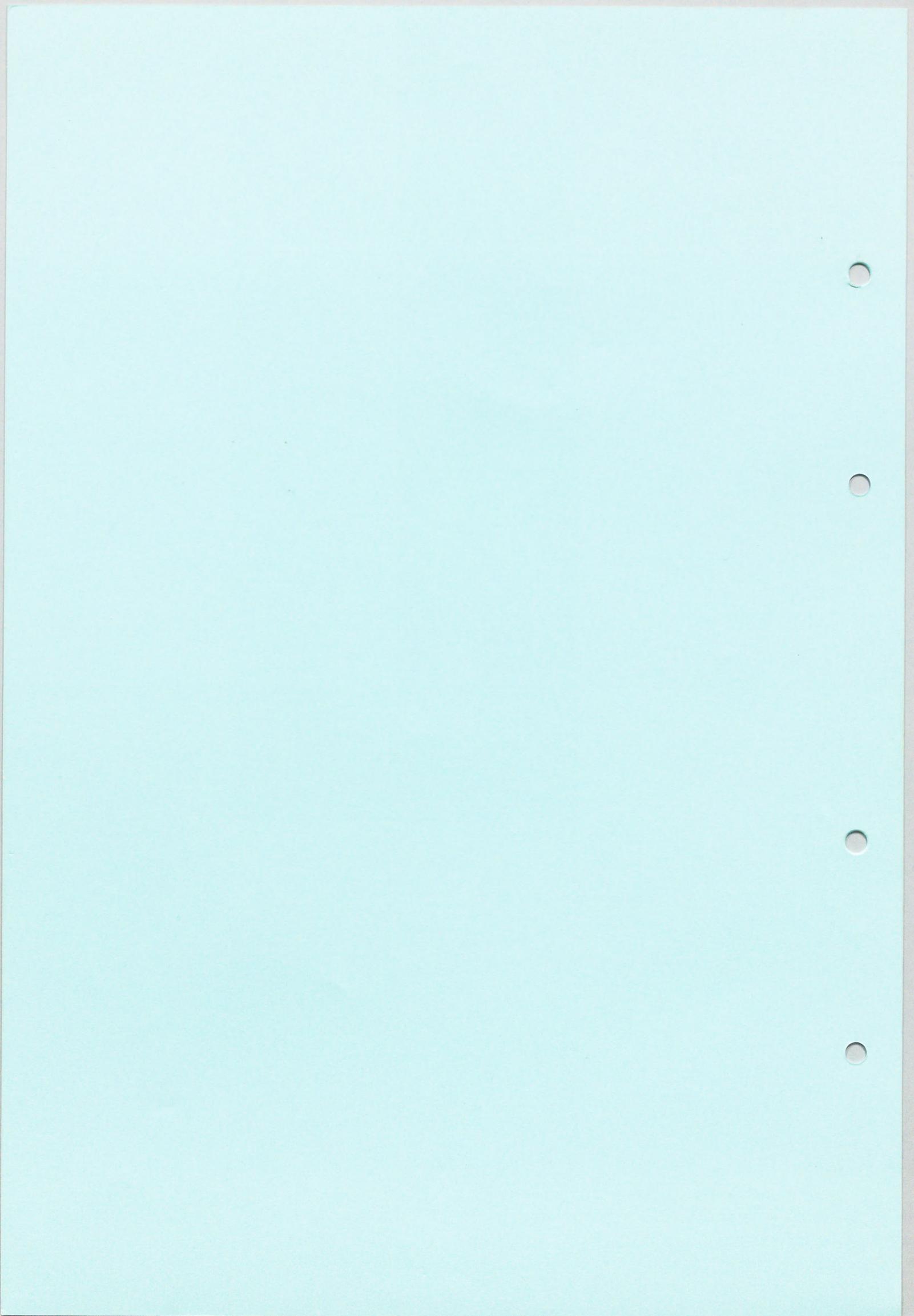
初期の設備投資が済んだ後に問題になるのは、通信費用である。スポンサーがいれば問題ないが、そうでなければ自分たちで負担しなければならない。

品質の良い映像を得るために384 kbpsを使用する場合、月々の基本料金だけで数万円かかり、普通の学校では維持が困難になる。その点、128 kbpsは通常の電話料金の2倍程度で済み、月々の基本料金も安いので、リアルタイム双方向の遠隔授業が可能な最低ラインを確保してくれる通信回線とすることができる。

(6) 人間関係

交信授業を行う前提として、まず第1に教師同士が良い人間関係を作っておかなければならない。事前に相互に訪問し合って意思の疎通をしておくのが望ましい。気心が知れないままでリアルタイム双方向の密度の高い授業を行うと、いろんな面でちぐはぐを生じ、生徒も敏感に事態を察知して授業が不成功に終わる場合がある。

以上



inches 1 2 3 4 5 6 7 8
cm 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

Kodak Color Control Patches

© Kodak, 2007 TM: Kodak



Kodak Gray Scale



© Kodak, 2007 TM: Kodak

A 1 2 3 4 5 6 **M** 8 9 10 11 12 13 14 15 **B** 17 18 19

