

オンライン共同授業をベースとしたCCV教育システム

太細 孝1) 小泉寿男2) 横地 清3) 守屋誠司4) 白鳥則郎5)

- 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) 北京師範大学客員教授
- 4) 山形大学教育学部
- 5) 東北大学電気通信研究所

我々は、遠隔地にある2つの学校を高速通信回線で結び、リアルタイム、双方向で生き生きとした教室の情景、教育内容を交換し合える協同授業の方式を探究している。これによって異なった文化を背景とする学校を結び付け、互いに議論、触発し合うことにより、創造性を高めることができるとの期待を持っている。本論文では、この新しい遠隔授業の方式の提案とともに、これを小学校3年生の算数の授業に適用した結果について情報科学の観点から論じる。

1. はしがき

マルチメディア情報の駆使により、多彩で効果的な情報伝達とプレゼンテーションが可能になってきた。また、物理的に遠く離れた地点をネットワークで結び、映像と音声による遠隔テレビ会議を開くことにより、相互に遠く離れている人々を、あたかも1つの部屋に集めたのと同じ効果が得られるようになってきた。この影響が学校教育の分野にも及び、教育の形態、方法にも変革を迫りつつある。

ネットワークシステムを活用した分散型教育に関して多くの研究、実用化報告が行われている(1)(2)。分散型教育形態の多くは、教師が同一教室の生徒への授業と同時に、遠隔教室の生徒に対する授業をする同時放映型である。

最近、注目を浴びているものに、Distance Learning Systemがある。この方式は、複数の遠隔教室の教師、生徒が互いに相手教室の教師、生徒と対話的に授業を行なう共同授業型をとるケースが多い(3)(4)。

しかしながら、この同時放映の分散型教育は、大学、高校クラスの授業の効率化、授業規模の拡大を主目的としている。一方、Distance Learningは、小中学生を対象としているが、社会科教育を対象としているケースが多く、生徒の創造性能力向上を直接的に目標とする段階には至っていない。

我々は、共同授業型の遠隔教育が、生徒の創造性助長の可能性をもつ教育システムであると考える。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共同授業環境によって、異質の文化がぶつかり合い、協調し合う中から創造的思考が生まれる可能性があると考えられる。

我々は、本論文において、新しい遠隔共同授業環境とそれに適合した教育内容の組合せによって創造性を助長する教育システムの方式を提案する。我々はこの方式をCCV (Computer, Communication and Visual) 教育システムと名付ける。CCV教育システムでは、小学生の数学教育を対象とする。遠隔地にある2つの学校の教室をマルチメディア通信によって接続し、異文化の交流によって創造性助長を図ることを狙いとする。テレビ会議や大学共同授業のように、大人のコミュニケーションを対象とするのと違って、小学生を対象とする場合、2つの教室間に臨場感をもった共同授業環境を構築するためには、各種の特別な工夫を必要とする。CCV教育システムでは、特に、映像や、コンピ

CCV Educational System based on On-line Collaborative Learning, Takashi DASAI, Hisao KOIZUMI, Mitsubishi Electric Corporation; Kiyoshi YOKOCHI, Beijing Normal University; Seiji MORIYA, Yamagata University; Norio SHIRATORI, Tohoku University

ュータの表示をプロジェクタによって大型スクリーンに投射する方式を採っている。

我々は、本論文で、創造性助長のために、新しい協同授業の環境とそれに適合した教育内容の組み合わせによる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する。我々は、この提案する方式を小学生の数学教育に適用して実証実験を行なった。その結果、マルチメディア通信とコンピュータの支援による遠隔協同授業が異文化の交流を可能とし、創造性助長への効果をもたらしうる可能性を見出すことができた。

2 遠隔共同授業に対するコンピュータ支援

2.1 遠隔協同授業のモデル

CCV教育システムでは、協同授業の対象を小学生の数学としている。この理由は、数学教育が創造性助長に直結する可能性が高いと考えるからである。遠隔協同授業のモデルを図1のように考える。

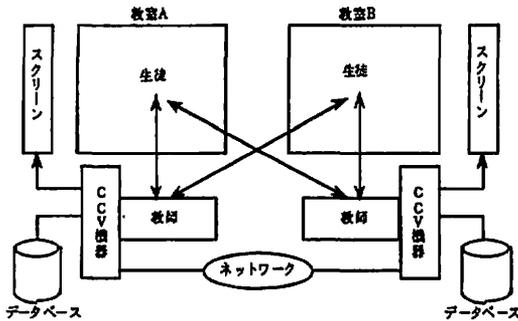


図1： 遠隔協同授業のモデル

- 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各教室には、CCV機器と映像を投射する大型スクリーンが設置される。CCV機器は、コンピュータ教材の表示、伝送を行なうパーソナルコンピュータ（以下PCと略称する）、生徒・教師・教室状況のカメラ映像と音声を相方教室間で通信するAV機器から構成される。大型スクリーンは黒板、白板代わりであ

り、そこには、PC画面、AV機器画面が投射される。

- ③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を行う。したがって生徒は、自分たちの先生から受ける授業とともに、遠隔教室の先生との通信及び遠隔教室の生徒との通信を持つ。
- ④授業の形態としては、一斉型（教師が授業を行い、自教室または遠隔教室の生徒も含めて授業を受ける）、共同学習型（数人がグループを構成し、共同で学習を進める）、発表会型（相手側教室の生徒への発表を相互に行う）および議論型（発表会型の発展として、自分たちの作った算数数学と他方が作った算数数学とを比べて議論する）の4つの形態に分けられる。
- ⑤2つの教室が同一時間帯の時間割を設定するのが困難な場合、または時差のある海外との共同授業において、どちらかが夜間帯になるため実施が困難な場合を考慮し、CCV教育システムにおいては、次の2つの形態を採用することにしている。
 - ・形態I：教師対遠隔教室の教師、生徒
この形態には、教室A側の教師と、遠隔教室とのリアルタイム通信を行う。自教室の授業内容はあらかじめビデオに撮っておき、適宜、ビデオから相手側に送信する。
 - ・形態II：教師、生徒対遠隔教室の教師、生徒
この形態は、両方の時間帯を合致させてリアルタイム通信を行う。両教室の生徒間のリアルタイム通信が行える。

2.2 新しい教材の活用

新しい授業環境、すなわち遠隔協同授業に対しては、新しい教材が必要である。小学校算数教育の場合には、生徒が自分の意志や考え方を記号や論理によって合理的に表現できるようになる学習が重要である。このためには、例えば、小学校3年の場合、次のような考えに基づく教育内容と教材が必要となる。

(1) 立体図形の学習

- ①自分の作りたい立体図形に応じた設計図を選択し、描いてみようとする能力の助長。

- ②立体図形の展開図を描くことができ、組み立てることができる能力助長。
- ③立体図形の面や辺の対応関係、つながりを理解し、立体図形には各種の展開図が存在することを知らせる。

(2)速度、距離、時間の考え

- ①調べたいものの速さを実験器具を使って調べて見ようとする能力。
- ②距離か時間を固定し、実験機材を使って測定することができる能力。
- ③速さをもつものの属性に応じて捉えることのできる能力。

2. 3 マルチメディアの活用

マルチメディア技術を活用したCCV機器が、遠隔協同授業における臨場感の実現と教室間の交流に如何なる意義を持つかについて論じる。

(1)大画面への生徒の大写し投射

CCV教育システムでは、普通教室で暗幕なしで使用可能な明るさを持つプロジェクタを使用する。80インチサイズのスクリーンに投射される映像は、精細度、色彩度、動きの表現等の点で、従来の黒板に代わって協同授業の役割を果たすことを可能とする。生徒は、大型スクリーン上に自分の発言、発表する様子が大写しにされ、自分の教室の生徒と遠隔教室の生徒が自分を見ていることを意識して、自分の意志や考えが高まる。

(2)映像、音声、データの活用

映像、音声、PCデータの表示、拡声、発信により、遠隔地の対面があたかも同一の場所にいるような臨場感を与え、異文化の交流を自然な形で実現させることを可能とする。映像は、自教室側および遠隔教室の生徒、教師の表情、教室の風景が、教師の適切な判断のものに切り換えられて、音声と同期してスクリーン上に映し出される。

PCを利用したアニメーション教材の表示やデータベース検索結果の表示も自教室、遠隔教室のスクリーンに投射され、臨場感は充実する。

(3)アニメーションによる教育支援

アニメーションは、協同授業において、協同学習テーマの説明、協同授業の発信の最後のおさらい教育等に有効である。如何に適切な

アニメーション教材を制作するかが創造性助長の重要要素の1つである⁽⁵⁾。

2. 4 遠隔協同授業における創造性とコンピュータ支援の関係

2. 4. 1 協同授業の進行過程モデル

遠隔協同授業の進行過程と、それに対するコンピュータ支援の関係を図2に示す。図中の(1)は1つのテーマに対応した協同授業の一連の過程を表わし、図中の(2)は協同授業が進行していくにしたがって子どもの頭の中で、創造性が醸成されていくと考えられる過程を表わす。図中の(3)は協同授業の過程を支援するCCV機器を表わす。これらの過程は、1時間規模の授業が何日かにわたり、複数回行われる。

協同授業の過程は、教室Aと教室Bが密に発信しながら授業を行う発信モードと、発信を打ち切ってそれぞれ個別に授業を行う個別モードとが組み合わせられた形となる。発信モードと個別モードが計画された所定の回数だけ繰り返されて、協同授業は終了する。CCV機器は、発信モード時のみならず、個別モード時にも必要な機能支援を行う。以下にその過程を述べる。

- ①遠隔協同授業は、事前調査から始まる。協同授業で何をやるか、目標は何か、どのように進めるか、などについて調査検討して授業テーマを決定する。それに基づいて授業シナリオを設計する。
- ②協同授業で扱う課題を教室A、および教室Bの子どもに与えるところから協同授業が開始される。
- ③初めに事前学習を行う。これは相手校と発信を行わない個別モードの授業形態で行われる。子どもは与えられた課題を理解し、課題を解決しようと努力する。一般的には、設問に対する答えを捜したり、作品を制作したりする。
- ④そして発信モードの授業に入る。この部分は45分とか90分の授業であり、教室Aと教室Bの間で発表と議論が交わされ、1人の時には気付かなかった間違いや、新たな発見点が得られる。
- ⑤再び発信をしない事後学習に戻り、発信授業で得られた事柄を整理する。そして冷静に考え、自分の解答や作品をレビューして改良す

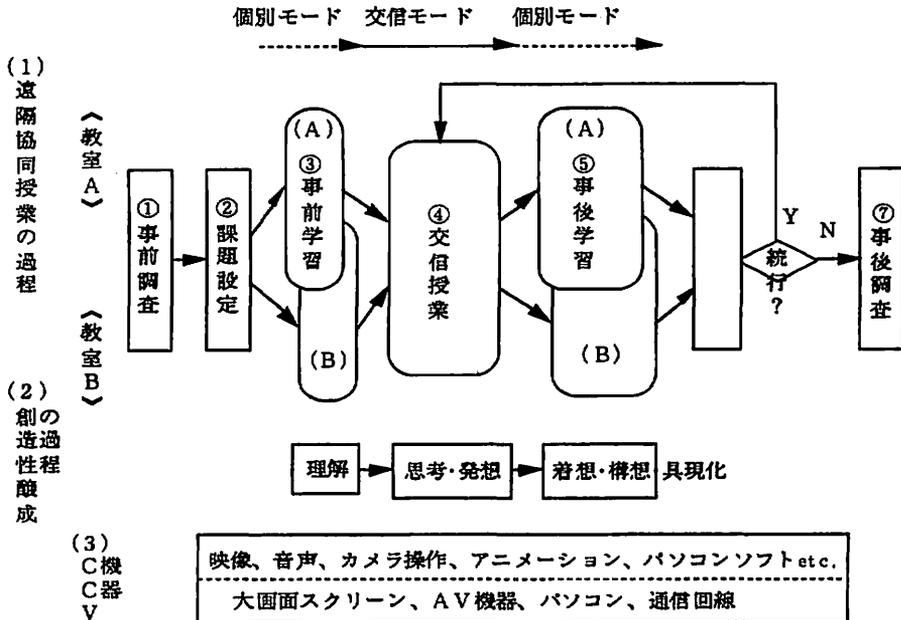


図2： 遠隔協同授業の過程と創造性、コンピュータ支援の関係

る方法を考える。そしてその方法を見付けて改良を行う。

- ⑥教師はその成果を評価する。もし、十分と判断すれば交信授業を終了とし、不十分であれば再び交信授業を繰り返す。
- ⑦一連の協同授業が終了した後、教師は事後調査を行う。すなわち事前に設定した目標、計画と照らし合わせて協同授業の成果を調査し結果をまとめる。

2. 4. 2 単位交信授業の進行過程モデル

前節④で述べた交信授業は、遠隔協同授業の中でも中心的な部分であり、45分授業ないしは90分授業として行われる。この交信授業部分の構成を図3に示す。

- ①まず、交信授業を行う双方の教室間で開始の挨拶を行う。両教室の様子は、大画面スクリーンに映し出された映像と、音声によって相互に伝えられる。これにより、両教室の子どもたちは、これから協同授業に臨むのだ、という意識が植えつけられる。さらに一体感を

高めるために、校歌斉唱や自己紹介などを付加する場合もある。交信の形態は、両教室の組み合わせによりいろいろな形をとる。

- ②続いて事前学習で実施した成果の発表と議論を行う。設問に対する解答の場合、あるいは制作した作品の場合もある。最初、子どもAが自分の解答や作品について教室Bへ向かって発表する。ここでは自分がやった時、どこが難しかったか、どこを工夫したか、などを説明する。
- ③続いて発表結果について教室A、B間で議論を行う。そこでは自分の解答や作品に対する批評、アドバイス等を受け、その過程で自分では気付かなかった問題点や異なった考えなどを発見する。この時、AV機器は、議論している子どもたちの表情をいきいきと捉えて両教室間の臨場感、一体感を高める。次に教室Aの子どもは、子どもBが求めた解答、あるいは制作した作品についての発表を聞く。つまり②の裏返しで、相手の解答や作品を観察し、自分の経験に照らし合わせて相違点、共通点を発見しようと努める。

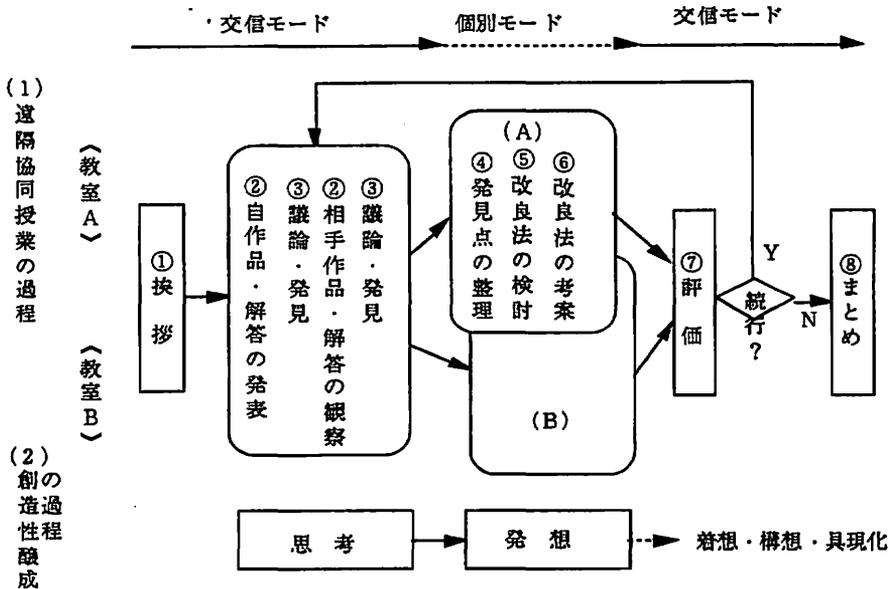


図3： 単位発信授業の過程

さらに子どもBの発表を聞いた結果、新たに解った点、気付いた点などを議論し合い、相互の解答、作品に対して理解を深める。

- ④再び個別モードに移る。教室Aの子どもは、発信授業で獲得した新たな発見点を整理し、課題と自分の成果に対する理解を深める。
- ⑤子どもAは自分の成果をさらに良いものにするために、これまでに獲得した知識を動員して改良方法を検討する。
- ⑥改良方法の検討結果として1つの改良方法を案出する。基本的にはこの後、改良方法を適用した解答の計算、あるいは作品の制作を行うが、1回の発信授業の中では時間の制約から案の段階に留まる場合もある。
- ⑦改良方法案について、協同授業の成果が評価される。計画された所定の成果が得られたと判断されれば、まとめに入って発信授業が終了となる。そうでなければ再び発表・議論の段階に戻り、さらに改良のきっかけを発見するために発表・議論が繰り返される。

2. 4. 3 コンピュータ支援の方法

図2で示した図中の(3)は、遠隔協同授業を支援するCCV機器を表したものである。図の下部はCCVを構成するハードウェア、上部はそれらによって提供される支援機能を示す。創造性助長をめざす授業を設計する上で、コンピュータによる授業支援は重要な位置を占める。以下に、CCV機器が提供可能なコンピュータ支援機能について述べる。

(1)アニメーション

①事前学習時(課題説明、理解促進)

課題をよく理解させることが主目的なので、要点を明確、解りやすい形で提示する。子どもの好奇心を刺激したり、励ましたりすることにより、課題を解くことへの興味を抱かせるようなものが望ましい。

②発信授業時(示唆的、発見的)

両方の教室の子どもたちが、発表・議論を交わしながらテーマを発展させていく過程で使われるため、示唆的、発見的な内容のものが要求される。アニメーションの映像は、両方の教室に同期して提示されなければならない。また、進行、停止、逆行、繰り返し動作は、どちらの教室からでも指示可能であり、同期

して実行されなければならない。

③事後学習時（理解の整理、定着）

この場合は、事前学習、通信授業で得られた理解の整理、定着のために使われる。事前学習、通信授業を経て、新たな発見が加わり、理解できなかった点が徐々に解消して理解が深まり、より正確なものになる。ここでは時間的な制約はないので、繰り返し見ることによって理解の定着を図ることを目的とする。

(2)パソコンソフト

①事前学習時（子ども作品の制作、登録）

課題を理解した後、それを解決するために使われるケースがある。子どもがお絵描きソフトを使って作品を制作する場合などがその例である。通信モードではないので、使用に当たっての時間的制約はない。子どもの作品は通信授業時までデータベースに登録・保持される。

②通信授業時（子ども作品の検索提示、協同制作）

事前学習時に制作した絵画作品を検索して、両方の教室に提示する。また、子どもの創造性発揮を支援するために、お絵描きソフトを使った共同制作などができる。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していく機能を有する。時間の制約で途中で終了する時は、その作品をデータベースに登録して、後日検索、再利用することを目的とする。

③事後学習時（子ども作品の改良）

事前学習、通信授業で得られた新しい発見点をこなし、自分や皆で制作した作品をより良いものに改良するために使用する。時間的制約がないので、格段 完成度を上げることができる。

④評価時（創造性評価）

絵画作品がデータベースに登録されている時、事前学習後、通信授業後、事後学習後の変化を観察し、十分な創造性発揮があったか、所期の目標が満足されたかを評価する時に使われる。主として教師の作業支援である。

(3)デジタルカメラ

①通信授業時（子ども作品の一括表示）

子どもが制作した作品を観察していく時、協同授業は、普通、時間的制約が厳しいので通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、コンピュータに取り込んで、数人分をまとめて表示する機能を有する。これにより時間を節約することを目的とする。

③事後学習時（記録）

撮影した作品をデータベースに登録、後日検索して、再利用することができる。

3 授業適用による提案方式の検証

第1次実験は、山梨県の小学校（以下N校と記す）と山形県の小学校（以下G校と記す）、および兵庫県的小学校（以下K校と記す）の間の協同授業であり、小学校3年生を対象とした算数について、1996年2月から同年3月にかけて計5回実験した。この第1次実験の一連の協同授業で採用した授業内容は、「ケント紙で作ろう」と「北風と亀の速さ」である⁽⁶⁾。

第2次実証実験は、同じN校とG校の間で、小学校1年生と4年生を対象とした算数について、1996年4月から実験を開始した。

(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。実際の通信実験においては、一方では宝箱のアニメーションを見ながら宝箱の展開図を作成、他方は車のアニメーションにより、車の展開図を作成した。次いで応用として宝箱方式で車の展開図を考えるとところから展開図の描き方には2種類あることが知られた。この通信では展開図の作成に行き詰ま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種類だけでなく、という一段高い理解に到達することができた。アニメーションに添えられている効果音は、自然で疲れない性質の音で、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。子どもたちが大画面に映し出される映像に関心を集中させる傾向が見てとれた。

(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ーション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、アニメーション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ーションは、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。

(3) 1年生の「位置を決めよう」の授業

1996年6月中旬から7月2日までの間、N校、G校それぞれの事前学習、発信授業を行った。発信授業は自己紹介を含む第1回授業を合わせ、計4回、途中で復習のための授業を4校時分（1校時は45分）設けた。事前学習の段階での正答率が53%、事後調査の結果が79%であった。協同授業でない通常授業結果との絶対的比較は困難であるが、事後調査の正答率の中で、子どもの席の前後の区間の理解、相手側の左右の理解については50%程度高くなる結果となった。このことは、協同学習という形態がこのような内容の学習に役立つことを示している。

(4) 4年生の「かっこを使った式」の授業

上記(3)と同じ期間に、G校とN校の間でこの協同授業が進められた。発信授業が2回、非発信授業が5回の計7回の授業を実施した。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を発信時に出題し合った。このことは、地域の特性を常に学習に取り入れた成果ともいえる。また、アニメーションに用意された練習問題を競って解き合うなど、創造効果も見られた。

4 考察

4.1 C S C W支援の効果

液晶プロジェクター-スクリーンの効果について、インターネットに比べてはるかに大量の情報の伝達によって生き生きとした映像を十分大きな画面に映し出すことができ、子供たちの注意、関心を引き付け、一体感を醸し出すのに十分な効果があった。子供たちは、自分の考えを画面を通して相手方に伝えるということで、より分かりやすく、的確に伝えようとするようになったことも効用の一つである(7)。

また、実験の回数を重ねるにしたがって、教師同士の連携や間の取り方、話し合いの時間の設定などに格段の進歩が見られた。両地点の距離の隔たりを感じさせない程子供たちが画面の向こう側の教師と自然に会話ができていた。これはC S C Wから見て、遠隔の協同学習に必要な機能をC S C Wが提供し、適切にサポートできていたということの意味する。更に、異質な、または極めて特徴的な相手の考え方を対面させることにより、相手側の特徴的なものを吸収しようとする働きが感知された。この働きを惹起させ、支援するのがマルチメディアをベースとするC S C W基盤の役目と言える。

4.2 創造性の醸成に関する評価

①実験検証の章で述べたように、第1次実験で実施した3年生の「ケント紙で作ろう」および「北風と亀の速さ」については、協同授業による創造性発揮への一端を検知することができた。「ケント紙で作ろう」の協同授業では、G校の車の展開図とN校の宝箱の展開図の両手法が合体し、創意工夫がおりこまれた展開図が生まれた。「北風と亀の速さ」の協同授業では、速さの測定法について、試行錯誤が繰り返され、創意工夫がおりこまれた測定法が生み出された。

②1年生の「位置を決めよう」に関しては、正答率の調査結果から見て、協同授業の効果を検知することはできた。特に、向かい合った際の位置、区間の表し方についての理解が顕著に高まったことは、協同学習がこのような内容の学習に役立つといえる。しかしながら、

協同学習によって発想、着想、創造性へとつながっていったか否かについては不明である。低学年の子どもに対しては、別の視点からの評価方法を研究する必要があるとも言える。

- ③ 4年生の「かっこを使った式」に関しては、三項式問題構造の理解が、類型から文字への学習過程でかなり深まったことが検知される。文字式および問題構造の学習は、小学生には理解されにくいものであるが、協同学習の中で子どもたちの意欲が喚起され、理解の助けになった可能性がある。このことは、1クラスでの単独授業における実践によっても検証する必要がある。協同授業で地域の文化的特性を取り入れた効果については、「差異の発見」の一助になったと言える。これらのことが、着想、構想の具現化にどう貢献したかについては、顕在的な検知は得られていないが、かっこを使った応用問題作成の結果に内在的に現われていると考える。

5 まとめ

本稿では、創造性助長をめざすCCV教育システムにおいて、遠隔協同授業のモデリングとコンピュータ支援技法を提案した。この提案に基づいた授業内容の設計と教材制作を行い、これらを活用して小学校の算数の協同授業について実証実験を行った。この結果、提案したモデリングとコンピュータ支援技法の有効性が確かめられ、創造性助長へ貢献する可能性を見出すことができた。今回の実験を通して次のような研究課題が抽出された。今後、研究を行っていくことにしている。

- ①協同授業の目標とする効果に対する評価方法の充実。特に、創造性助長に対する評価方法
②協同授業に適した通信回線速度上での画像伝送方式

今回の実証実験は、特定の学校に対して行ったが、このような協同授業を行う学校の数が増えてくるとするならば、今後の教育の方法は、ネットワーク活用によって大きく変わっていくものと推定される。CCV教育システムにおいては、今後、海外の学校との協同授業を検討中であり、異文化の交流による創造性助長への影響などに関し、上記課題とともにさらに研究を続けていく予定である。

参考文献

- (1)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
- (2)A. DiPaolo: Moving Towards Education Anywhere, Anytime in an On-Demand Environment, Education at a Distance Vol. 10, No. 3 Mar. 1996, pp8-20
- (3)Chris Dede: Emerging New Media Create Powerful Experiences, Virtual Realities, TELECONFERENCE, Vol. 15, No. 2, 1996, pp21-32.
- (4)Rajiv Gary: Distance Learning: Interactive Video Teletraining as an Emerging Technology, ED, Education at a Distance, Vol. 10#3, March 1996, pp. 12-15.
- (5)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、宿学技報ET96-49, Jul. 1996, pp. 75-79.
- (6)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、宿学技報ET96-49, Jul. 1996, pp. 67-74.
- (7)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、マルチメディアと分散処理研究会76-13, pp. 73-78.