

P. Cobbらによる教授実験の実際とその研究方法について

3 年生の加法・減法に関する教授実験に参加して

熊谷 光一

1. はじめに

構成主義の立場にたつ研究者は、子どもが数学的対象を構成する過程を説明することを続けてきた。そして多くの貢献をしてきている。このとき構成主義者がとる重要な方法論として教授実験がある (Steffe, 1984)。

しかし、教授理論をつくりだすことに関して、必ずしも、明確な方法をもち貢献してきているとは限らない。

最近、この問題の解決を模索しようとしている教授実験がみられる。すなわち、構成主義の立場をとりながら、教授理論をつくることを目指した教授実験である。

筆者は、そのような動きの一つとして、P. Cobbらの行っている教授実験^(注1)を間近にみて体験する機会を得た。^(注2)そこでの実際の様子を報告するとともに、教授実験の可能性について議論する。

2. 教授実験の実際

(1) 教授実験の概要

教授実験は、理論に基づく授業の計画、授業の実施、授業の評価と理論の再考察、個人へのインタビューからなっていた。^(注3)

実験での目標は、小学校3年生^(注4)の筆算による加法と減法の学習であった。

授業の実施の期間は、当初1994年10月5日から11月末日の予定であった。実施の過程で12月13日まで延長となり、37時間の授業が実施された。そして、インタビューを授業の実施前と終了後に23人の子ども全員に対して行った。

1) 授業の組織

授業の実施を前に、理論的議論を背景として、授業での活動を準備した、その活動についてまず説明する。

活動を組織するために、Gravemeijerが説明している文脈に依存して知識が構成されるということをカリキュラム構成の基本的アイデアとしている。他方で、認識論としての構成主義の立場からの研究の成果を利用している (Cobb, in preparation)。

実際に授業を組織するにあたって、子どもの構成活動を考えるために、カウンティングを基礎とした活動とコレクションを基礎とした活動の2つの観点から活動を準備している。これは、子どもの実態をもとに計画されている。その実態は先行研究によって得られた実態とインタビューによる (Yang & Cobb, in press; Fuson, 1992)。ここでは組織された4つのタイプの活動、ターゲット、エンプティー数直線、両替ゲーム、キャンディー工場、を具体的に描くことにする。

i) ターゲットとエンプティー数直線

子どもは3桁までの数の加法と減法の問題を暗算により解決する。加法は増加の場面として示される。減法は減少または差の場面として示される。

問題は数値のみに限らず、具体的文脈が与えられることが多い。例えば、「653ドルあります。ショッピングに行って、35ドル使いました。今何ドルあるでしょう」のようにである。その他キャンディー工場の文脈などで問題が示された。

問題が次々と5題程度だされ、一斉指導の形態で解決が試みられる。子どもはこれらの問題を次々に解決する。個々の子どもは自分の加法、減法の手続きを説明する。教師は、解決を数直線に表現する。数直線に表現することがひとつの特徴である。この活動は、カウンティングを基礎とした活動となっている。

エンプティー数直線は、加法と減法のための計算の道具である。計算をするために、直線上に、しるしと数字を書き入れ独自の数直線をつくる (Gravemeijer, 1994)。

エンプティー数直線は、カウンティングを基礎とした活動として考えられている。ディーンズブロックのような10を基礎とした操作具の利用に対して補足することを意図していた。例えば、 $27+38$ を解決するとき、 $27+3=30$ 、 $30+5=35$ 、 $35+10=45$ 、 $45+10=55$ 、 $55+10=65$ のような計算の過程を次のように表現する (図.1)。

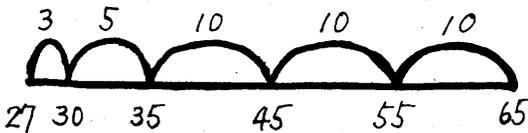


図.1

このように、子どもは10とびで数えたりする機会、数を分解する機会がある。加数、被加数の分解も生ずる。減法についても同様である。

ii) 両替ゲーム

2人の子どもの間で活動がなされる。1ドル、10ドル、100ドル紙幣の束がわたされ、それをレジスターに置く。各々の子どもは、お金を紙幣ごとに分類しておくための用紙をもっている。2人の子どものが交互にサイコロを振って、出た目の数だけドルをレジスターから受け取る。そこで、1ドルが10枚たまると10ドル紙幣と交換する。同じことを10ドル紙幣10枚と100ドル紙幣の間でも行う。

この活動は、カウンティングを基礎とした活動となっている。実際に子どもはレジスタ

ーからお金をとるとき数え、10枚たまったかを数えることをする。10を単位として数えることになる。

iii) キャンディー工場

キャンディー工場の様子を想定する。キャンディー工場では、キャンディーをつくり、そして注文に応じてキャンディーを出荷する。例えば、「ハロウィンが近づき、ミスターストロベリーさんのキャンディー工場に、237個のキャンディーの注文がきました。今、倉庫には642個のキャンディーがあります。何個のキャンディーが倉庫に残るでしょう」、「キャンディーが倉庫に327個あります。ハロウィンの準備のために、さらに435個のキャンディーを作りました。倉庫のなかのキャンディーは何個でしょう」というような問題を設定する。

キャンディーを次のようなまとまりで倉庫に保管する。そしてそのまとまりに、ピース、ロール、ボックスと名前を付けている。

1ピース	1個のキャンディー
1ロール	10個のキャンディー
1ボックス	100個のキャンディー、 10ロールのキャンディー

保管するとき、キャンディーを束ねる。また、注文に応じて出荷するとき、倉庫にあったキャンディーの束をほどく。束をつくることとほどくことを、それぞれバックとアンバックと表現する。

キャンディー工場の文脈は、数の文脈と必ずしも一致しているわけではない。保管の仕方、ピース、ロール、ボックスは、10を単位とした数え方を反映している。しかし、キャンディー工場の文脈では、23ピースというように通常の10進位取り記数法ではありえない表現が可能である。また、位置で位取りを表わしているのではない。

加法、減法をキャンディー工場の文脈で考えることができる。倉庫でのキャンディーの数の増加、キャンディーを作ることが加法の

場面である。そして、倉庫のキャンディーの減少、注文に応じてキャンディーを出荷することが減法の場面に対応している。また、加法・減法における繰り上がりと繰り下がり、それぞれパック、アンパックに対応している。しかし、パック、アンパックは繰り返し行うことのできる操作である。繰り上がり、繰り下がり通常10または100の移動が基本であり、20、30、200、300という単位の移動はない。

キャンディー工場の文脈は様々な表現で授業に向けて準備された。

ア) 具体物、図による表現

ピース、ロール、ボックスを、図または具体物によって表現する。具体物としては、ブロック、10個つないだブロック、箱を準備した。また、図では、ピースは小さい円、ロールは長方形、ボックスは正方形である⁽²⁵⁾。例えば、273を図.2のように表現する。

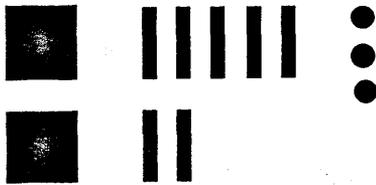


図.2

イ) コンピュータグラフィックスによる表現

コンピュータグラフィックスを用いた指導では、3つのプログラムを準備した。これらのソフトでは、すべての操作を図、またはサインで表示している。

a) 図形で表示するソフト

ボックス、ロール、ピースが、それぞれ正方形、長方形、小さい円で表現され、その順に画面の一番上左側に表示されている。画面の中央が広く空いており、ボックスを1回クリックするとそこに一つの正方形が表示される。クリックした回数に応じた個数の正方形が表示される。その他も同様である。

パック、アンパックのコマンドが、それぞれ箱の中への矢印、箱から外への矢印として、

画面上部に図的に表示されている。12本のロールが表示されているとき、パックをクリックし、それらのロールを画面上で一つずつ10個クリックすると、新しくボックスが画面に表示される。同時にパックされた10個のロールは薄く表示される。アンパックをクリックして1つのロールをクリックすると、10個のピースが表示される。アンパックされたロールは薄く表示される。

b) 数と図で表示するソフト

a) のソフトに数字による表現が付け加えられている。

画面の右側に数字が表示される欄「商品目録 (inventory form)」がある。3つの枠があり、その枠がそれぞれ100、10、1の位を表わし、それぞれB、R、Pのように頭文字で枠に名前がつけられている。

パック、アンパックは、数に対してもボックス、ロール、ピースに対してと同様に機能する。例えば、253の10の位の3をアンパックすると商品目録では図.3のように表示される。

2 15
2 B B

図.3

アップデートというコマンドが新しく、画面の一番うえに表示されている。このコマンドは、数を図に変換し、図を数に変換する。

c) 加法・減法が可能なソフト

b) のソフトの機能に加えて、加法、減法の処理ができるようになっている。

新しいコマンドとして、加法、減法がある。これらは図と数表示の両方の画面にある。加法を実施するとき、被加数を最初に画面に表示する。続いて、加数を画面に表示する。図表現で、加数はボックス、ロール、ピースのなかに+の記号を含めて表示される。減法では、被減数を画面に表示する。続いて、マイ

ナスのコマンドをクリックする。そして、減数のふんだけ先に表示したボックス、ロール、ピースをそれぞれクリックする。そうすることで、クリックしたボックスには×マークが表示される。

商品目録では、筆算形式と類似の表現がなされる。但し、先に指摘したように、実際の計算の手続きの表示は。パック、アンパックによる手続きが通常の筆算の表現形式とは異なっている。

このような3種類のソフトを利用して教室での子どもを活動を組織した。実際に、11月17日に見られたc) 加法・減法が可能なソフトを利用する場面を記述する。

教師は工場について考えることを前置きした。まず、グラフィックで、2ボックス、5ロール、8ピースと表示する(図.4)。そして、子どもに倉庫に何個のキャンディーがあるかを聞く。子どもRは258個のキャンディーがあると答える。



図.4

教師は、キャンディーの注文がありました、どのようなことになるでしょうと子どもに聞く。子どもLは、+サインを利用することを主張する。教師は注文に+サインを利用することを繰り返し述べる。これに対して、同じ子どもLが-サインを利用することを主張した。教師はなぜ-サインを利用するのかを子どもLに尋ねた。子どもLはキャンディーをもっていってしまうからとキャンディー工場の文脈で理由を述べた。このとき、教師は黒

B	R	P
2	5	8

図.5

板に図.5に数を板書した。同時にコンピュー

タ画面上の商品目録にも同様の表示をした。

続いて、教師は、注文があり173個を送り出します。そのときストロベリーさんはどうしますか、と問題の続きを話した。子どもSはロールを7本送るのが5本しかないので、ボックスを一つ開けることというようにキャンディー工場の文脈で説明した。

そこで、教師はグラフィックを指して、ボックスを開けるとどうなるのかを聞いた。これに対して子どもPは10本のロールになるとした。これをグラフィックスの上で示すとともに(図.6)、子どもに何が起こるのかを再び聞いた。

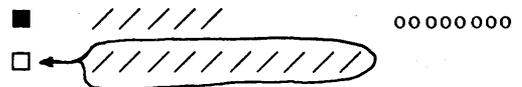


図.6

B	R	P
1	15	
2	5	8

図.7

子どもWは、ボックスが1つ、15本のロール、8ピースとした。キャンディー工場の文脈の答えに対して、教師は黒板に商品目録の形式で上述のように書いた(図.7)。同時にコンピュータ画面上で同様のことをした。教師は、これで注文に応じてキャンディーを送り出すことができるのかを尋ねた。1ボックス、7ロール、3ピースを送り出すことができるかを問題にしている。そして、黒板に次のように書いた(図.8)。

B	R	P
1	15	
2	5	8
-	1	7
		3

図.8

子どもMはグラフィックス上で数えながら、

5つのロールと3つのロールを消すとした。教師は7つ送り出すことを確認し、子どもMはグラフィック上で再び数え直し、5つのロールと2つのロールを消すとした。

続いて教師は何をするのかを子どもに尋ねている。子どもGは引き算をすることを主張した。教師は繰り返し、注文に応じていくつキャンディーを持ち出すのか、を尋ねた。子どもFは1ボックスと7つのピースをを持ち出すことを説明した。教師はここでいくつ倉庫に残っているのかを子どもに聞いた。子どもIは、グラフィックスの上で数えながら、8ロールと5ピースが残ることを説明した。そして子どもKは85個残るとした。教師はこれ聞きながら、黒板に次のように書いた(図.9)。

	B	R	P
	1	15	
	1	8	8
-	1	7	3
		8	5

図.9

キャンディー工場の活動で、キャンディー工場の文脈と数の文脈が関係づけられた。

(2) 計画の実施の様子

計画された活動が実際に順を追って授業で実現される。その様子を記述する。授業でのデータ収集の様子もあわせて述べる。

1) 授業の実際

1時間の実験の様子を概観する。授業の始まる約20分前に、観察者は教室に各々集合し、2台のビデオカメラを準備する。学校に入るときは、毎回、事務室にある学校訪問記録簿に、氏名、入校時間を書く。学校を離れるときには、退校時刻を記入し帰る。

1時間目の授業の場合、授業の始まる前に、教師と子どもはアメリカ合衆国の国旗を前に忠誠を誓う。1人の子どもが教室にある国旗をもち、子どもは全員が起立し胸に手をあて

る。これは全校放送でなされる。その後担任教師が当日の予定などに関して簡単な諸連絡を子どもにする。

授業の開始時刻になると、大学院生のKayが算数の授業を開始する。ここでは、11月1日(17時間目)の授業の様子を概略する。

教師は、まず、加法の問題と減法の問題をターゲットのかたちで行った。この間19分程度である。

まず、紙幣(\$100, \$10, \$1紙幣)の束を子どもにみせて、その束から100, 10, 20, 30, 1, 2, 3と133ドル数えて机の上に置く。そして、教師は黒板に縦に直線を引き、その下の方に短い横線を入れ、その線の横に133と記入した。続いて、教師は10, 20, 30, 40ドルと紙幣を数え、40ドル増えるとうなるかを子どもに聞きながら、数えた40ドルの紙幣を133ドルの紙幣の束の上に置いた。

数人の子どもが次々にこの教師の問いに答える。最初の子どもAは173ドルと答えた。教師はどのように考えたのかをその子どもに聞いた。

子どもAは10, 20, 30, 40と10とびに数を唱えながら173と答える。教師は黒板に別に新しい直線を描いて、子どもの説明を図.10のように表現した。次の子どもBは、4たす3を7とし、133が173になるとした。

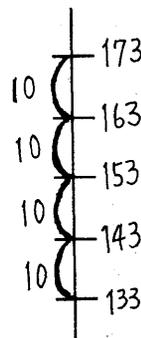


図.10

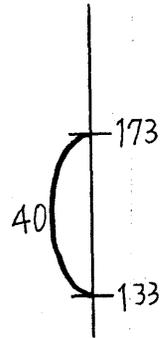


図.11

そして、3人目の子どもCは、4たす3は7になるので、40と30で70になり130が170になるとした。そして3を加えて173になる。

次に説明をした子どもDは、133, 143, 153, 163, 173と唱えてみせる。教師は、まとめて図.11のように黒板の上に描いた。そして、今まで描いていた個々の考えにそった数直線を消した。

これ以降の場面では、前述のように、教師が加法の問題を提示し、子どもが解決を説明し、それを教師が評価する過程が繰り返し生ずる。教師の板書、子どもの反応を中心に記述する。

教師は、たす8ドルと言いながら、1ドル紙幣を1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8と数え、1が8つと言いながら先の173ドルの紙幣の束の上に積む。数人の子どもが次々に解決を述べる。

2人の子どもEとFが異なる値181と182を示した。これに対して子どもGがどうして182になったのかを聞いた。そこで子どもFは182をすぐに引込めた。次に、子どもHは170に8を加え、そして3を加えた。教師はこの解決を図.12のように表現した。その後、Hは3を加えることを178, 179, 180, 181と数え上げによって説明した。次に、子どもIは173に7を加え180, 180に1を加え181と説明した。教師はこの後、意味をなしますかと聞いて、181に同意しますかと確認し板書した(図.13)。

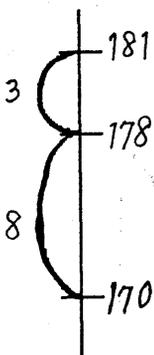


図.12

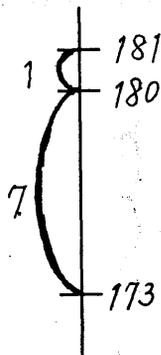


図.13

教師は32ドル加える問題を提示した。子どもHが213とした。教師は説明を求めたが、Hの説明は要領を得ない。続いて子どもDが

181に22を加えて203, それに10を加えて213としている。

次に、教師は100, 200, 300と紙幣を数え、300ドル加えた。子どもJは513と答え、そして100を加え313, 100を加え413, 100を加え513という説明をした。さらに、もう1人の子どもが2に3を加えて5になるからという説明もした。

ここまでで加法の場面は終わる。教師は加法の問題全体を通して図.14のような板書をした。加法を通じて要した時間は約12分である。

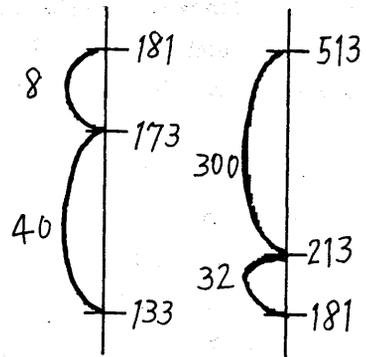


図.14

教師は減法の場面を次のように始めた。513ドルあります。買い物で20ドル使いました。20ドル減りました、今何ドルもっているでしょうと話しながら、紙幣の束から20ドル取り出してみせた。子どもIは493と答えた。そして513から10とって503, 3とつ

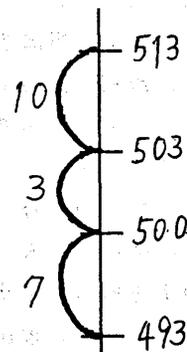


図.15

て500, 500から7とって493という説明をした。教師はこの説明を加法のときと同様に直線上に図.15のように表現した。そして次に子どもKが513から493まで7だけ数えることで説明をした。

教師は次に100ドル紙幣1枚と10ドル紙幣1枚を取りながら, 110ドル使いましたとした。子どもLは, 400から100を引いて300, 93から10を引いて83という説明をした。教師はこの説明を図.16のように表現した。

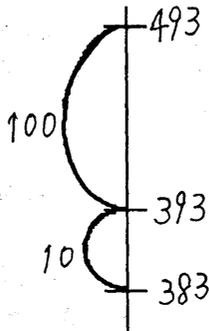


図.16

教師は10, 20, 30, 31と紙幣を数え, 31ドル使ったと問題を提示した。子どもIは352とした。そして子どもMが8から3をとって5, 3から1をとって2と説明した。最後に教師は3ドル使ったことを示した。子どもPは349と答えた後に, 352, 351, 350, 349として説明をした。

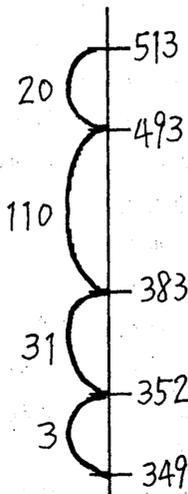
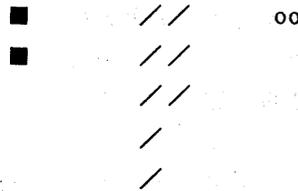


図.17

ここまで減法に関して, 教師は図.17のように描いてきた。そしてこの図のみを残して他の多様な方法の図は消してしまった。減法に要した時間は約7分である。

ここから場面がすっかり変わる。教師は図.18のようなOHPのシートを示した。そして読めますかと子どもに聞きながら, 子どもQを指名した。子どもQは倉庫にたくさんのキャンディーがありますと読み上げた。

倉庫にたくさんのキャンディーがあります。



工場ではさらに69個のキャンディーを作っている。すべてのキャンディーをパックするのにどのようにしますか。描いてみましょう。倉庫には何個のキャンディーがあるのでしょうか？

図.18

教師は倉庫にキャンディーはいくつありますか？と聞いている。2人の子どもRとJが答えようとした。子どもRは200だとまった, 子どもJは282あるとした。教師も同意し, 子どもQはOHPシートの残りの部分を読むように言った。子どもQは声を出して読み上げた。ここで教師はこれから何をするかを子どもに聞いた。子どもFは69個増えることを指摘した。そして教師はそれを描くことを強調した。次に, 教師は問題文の「すべての」以降の意味を子どもに聞いた。子どもLは, 10のロールで1つのボックスになることを述べた。ここから個別活動へと入っていく。教師は, 2人組みで互いに考えを説明し, 理解することを要求した。そして最後にみんな

の前で説明できるようにすることを要求した。

これまで約5分である。そしてここからの個別活動は約9分続いた。

個別活動の間、2台のカメラで観察の対象となっている子どもの様子を記録する。教師用のカメラでは子どもRと子どもAの様子と、子どもLとDの様子に着目している。時には、教師だけでなく、観察者Cobb, Yackelなどが子どもに直接はたらきかける。そのとき、観察者は、子どもの思考過程をインタビューしているのであるが、あくまで指導をすることを目的としたかわりをする。

教師は、子どもの個別活動の終了を告げ、子どもの描いたワークシートを回収した。そして最初に、黒板に図を描いた(図.19)。

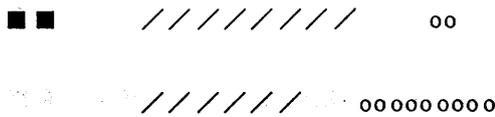


図.19

そしてこれが会社のなかの様子であると言った。そして図の下側の6つのロールと9つのピースを指して、これが意味をもつかを子どもに尋ねた。子どもSは69個だから6つのロールと9つのピースであるとした。教師はこれを正しいとして受けて、次に他の書き方をした子どもを探し指名する。子どもUが69ピースを描いたことを述べた。

ここで教師は黒板の図を次のように書き換えた(図.20)これは子どものワークシートにあった図である。

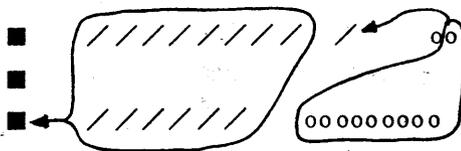


図.20

教師は、子どもから集めたワークシートを見て、10本のロールを囲みバックすると言い

ながら、囲みの先に1つのボックスを描いた。子どもRはロールを1つずつ指差しながら10, 20, 30, 40, ... 90, 100と数える。10のロールで1つのボックスになることを説明した。続いて教師は10のピースを囲み、その囲みの先に1つのロールを描いた。子どもDは、ピースを1つずつ指差しながら、1, 2, 3, ..., 9, 10と数えて、9と1で10となり1つのロールになると説明した。

教師は、ここで、何個のキャンディーがあるのかを質問している。子どもVは、バックされたかどうかにかかわらず描いてあるボックス、ロールを次々に指差し、100, 200, 300, 10, 20, ... 130, 140...と数えた。教師はこれに対して質問がないかとなげかけた。子どもLは10数えてバックしたものでまた数えたのかを聞いている。子どもVは再び数える。バックされたロールまとめて100と言い、続いてピースを一つずつ順に差しながら、100, 200, 300, ... 900と唱えた。数人の子どもがざわざわする。子どもRが、ボックスを指しながら、100, 200, 300と数え、バックされていないロールを指しながら10, 20, 30, 40, 50と、そしてバックされず残ったピースを指して1と数えた。さらに、子どもSは10のロールと10のピースがバックされたため、数えないと説明した。

次に、69個のピースを描いた解決が問題となった。これを描いた子どもUは10のピースで1つのロールを作ったと説明した。他の子どもDは、69ピースが6つのロールと9個のピースになることを主張した。69ピースの場合と6ロール9ピースの場合が同じであることを確認した。

全体での活動は約11分続いた。この後、子どもは個別活動に移る。類似の加法の問題を2題解決する。約7分間続く。これで授業の時間が終わる。

2) 授業でのデータ収集の様子

子どもの活動は、個別またはグループによ

る活動と一斉活動の両者から成っている。

一斉活動の場面では、Cobbは教室の前から、Yackelは教室の後ろから授業の様子を観察し、フィールドノートを作成している。また、2台のビデオカメラで、4人の大学院生Joy, Michelle, Beth, Jannetが授業を記録をする。ビデオカメラは教室の前と後ろに1台ずつ設置した。教室の後ろのカメラでは、教師の行動を中心に記録した。教室の前のカメラでは、観察の焦点となっている子どもの様子を記録した。

個別活動またはグループでの活動の際には、2台のカメラで研究の焦点となっている子どもの行動を記録した。また、各々のビデオカメラにフラットマイクを接続している。個別活動、グループ活動の際には、それらのフラットマイクを子どもの机の上に置く。

個別またはグループによる活動の間、子どもが問題を解決する様子を観察するのみではなく、観察者は子どもたちと積極的にかかわる。例えば、教師が意図した活動を個々の子どもが確実に遂行するように働きかけながら、子どもの活動の様子を観察する。また、時には、子どもに疑問を投げかけたりして一種のインタビューが行われる。

子どもを観察するとき、観察者はノートや筆記用具をもち歩かない。観察の記録は授業終了後、または子どもから離れてとっている。これは子どもに余分な緊張感を与えない効果がある。ノートをもち歩かないことは、子どもの行動の予測がうまくなされているため可能となるのであろう。予測通り行動しているのか、していないとすれば、どのような違った行動がみられるのかというように、記録をするための準備ができるからである。当然のことながら、観察する行動も焦点化されている。

3. 教授実験の特徴

教授実験の様子を具体的に記述してきたが、

ここでは教授実験の特徴について論ずる。

教授実験では従来、Steffe (1983)が述べているように、子どもの数学的対象の構成の過程を問題としていた。また、教授実験には、相互作用をする間に子どもがつくる構成物を理解する試みをするという特徴がある

(Cobb, Steffe, 1983)。そこで、今回の教授実験についても、扱っている問題、教授実験の過程の観点から議論する。

(1) 教授実験で扱う問題

教授実験で扱う問題は、従来子どもの数学的対象の構成の過程が中心であった。しかし、今回参加した教授実験では、その問題に限って研究しているのではない。

参加した教授実験は、教師の活動を問題としていること、教材と子どもの活動の系列を開発することがなされている。これらの問題はSimon (1994)の研究にも見ることができ。特に、Simonは、教師の活動に関するモデルを提起している。子どもの知識を評価する観点から教師の意思決定のモデルを示している。

Cobbらによる研究では、教材に関する問題を積極的に扱っている様子を見ることができた。そこでは、構成主義を背景とした数の学習の理論と現実主義的数学教育 (Realistic Mathematics Education) という教授理論を基本に据えて(Gravemeijer, 1994)、教材と活動の系列の問題を具体的に決定することを試みている。

さらに、Cobbら (Yackel&Cobb,1993)は、教室で生じていることを意味のあることとして捉えるために理論的構成物を発達させることを行っている。この問題は、Cobbらの研究における特徴である。教室での子どもの個人と集団での活動を分析するための解釈の枠組みを作成している。前述の2つの問題とは異なり、内容に依存しない研究の道具を開発している。

以上、3つの新しい問題が扱われている。

(2) 教授実験の過程

教材と活動の配列においては、子どもの数の理解に関するモデル、教授に関する理論に従いながら計画立てる。そしてこれらの計画を教室で実現する。しかし、必ずしもそのまま計画通りに子どもが活動するわけではない。両替ゲーム、キャンディー工場の2つの活動はその典型であった。

両替ゲームは、もともと、2人の子どもの間でゲーム形式に活動がなされるのではなく、1人の子どもで行っていた。1人のとき、子どもがお金を集めることに終始し数えることをしないため、2人組みでのゲーム形式に活動を変えることで数える活動を取り入れようとした。

観察をもとした授業ごとの教師、観察者での簡単なミーティングにおいて変更の意思決定がなされた。

キャンディー工場の文脈での指導では、子どもが説明するとき、キャンディー工場の用語で説明をする機会が期待したように見られないことが、週に1回のミーティングを通して次第に明らかになった。そこで、キャンディー工場の文脈を子どもに意識させるための工夫について話し合いがなされた。それによって、キャンディー工場の導入をやり直すこと、そして、キャンディー工場の活動において子どもがキャンディー工場の文脈を意識できるような指導の工夫をすることになった。特に、個々の場面で、子どもがキャンディー工場の文脈で話す機会を設けることになった。

両替ゲームの場合は、意図する活動が最初から実現されないために、変更がなされた。これに対して、キャンディー工場の場合は、子どもがある程度意図した活動をしていたように、観察者の目に映っていた。しかし、その後の活動を通して、子どもが期待する活動をできないことが次第に明らかになってきた。その様子を踏まえて変更がなされた。Cobb (1992) のいう平行解釈と同値解釈のずれ

の問題がここで生じている。そこでは、回顧的分析が教材と活動の再編成において重要な役割を果たしている(熊谷, 1994)。

このように、実際の授業の様子についての議論をすることを通して、活動に関する修正が加えられていった。これら2つのミーティングは共通して教室の状況を理解することで、次の計画を立てることを中心的に行った。Simon (1995, p.130)も、同様に、教室で生じていることを共通理解することの大切さを指摘している。

ここでなされる分析は回顧的分析である。子どもが理解をしたことは、その場の相互作用ですべて解釈できるわけではない。次の問題場面で、子どもの理解の様子が明らかになることが多い。このため、授業の観察においても工夫がなされる。データ収集のために、観察者が子どもに授業中に積極的にかかわることがある。これは、個別活動の間になされる。教師が提示する問題、または子どもに課す活動は、教師または研究者の期待、予想のもとに組織されている。そのため、子どもがその活動または問題に従事できるように、観察者が助成することがある。そのとき、観察者は活動そのものの適切性を評価するためのデータを集めるし、また子どもの学習の過程を考えていくためのデータをも収集する。一種のインタビュー形式をとっている。

最後に、実験実施後のミーティングがある。ここでは、全体の教材と活動の系列の再検討、系列の確立についての議論が主になされた。そこでは個々のミーティングでなされてきた回顧的分析の結果を一貫性をもって見直すことがなされる。

議論の基礎になっているのは、参加者が授業中に記録するデータとインタビューからのデータである。いずれの場合も、ビデオによる録画と参加者によるフィールドノートの作成である。ミーティングでは、主に、フィールドノートが使われる。また、時に、ビデオ、

またはビデオからのトランスクリプションが利用される。

ここでは、理論的背景をもとに教材と活動の系列の作成を進め、それを実際の教室の場を通して修正を加える様子を見ることができた。さらに、授業実践の後に行われたミーティングにおいて再び修正が加えられた。

理論的観点から導かれたことを現実の場面で実施することで導かれたことを修正をすることが見られた(Cobb, Steffe, 1983; Cobb, in preparation)。ときには、前提となっている理論自体への疑問が生じ修正が迫られることもあるだろう。このような過程の繰り返しが、教授実験の特徴である(図.21)。

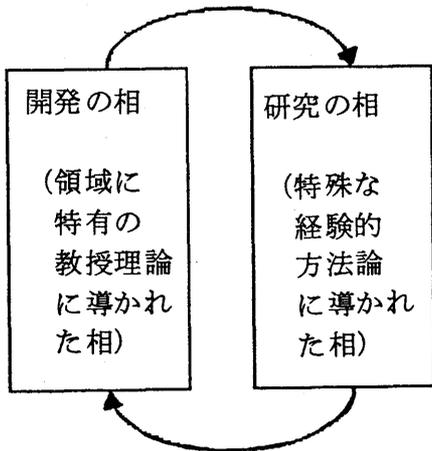


図.21

例えば、教材と活動の系列の配列の場合、実践と理論の繰り返しは、1つの単元の教授実験で何度も生じている(図.22)。

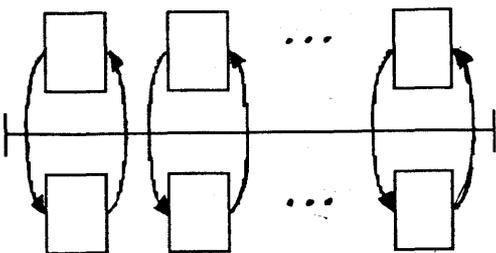


図.22

また、教室での子どもの個人と集団での活動を分析するための解釈の枠組みを問題とすると、教授実験のこの過程は、より長期的となる。すなわち、数回の教授実験の単位を繰り返すことを通して、具体的場面との対照がなされる。内容に固有の問題でないために、多くの教授実験を経ることが必要となるだろう(図.23)。

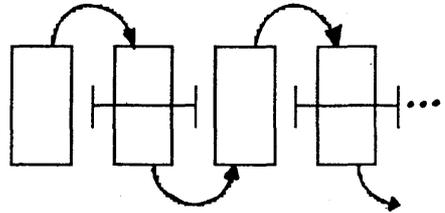


図.23

4. おわりに

教授実験の研究方法としての特徴は、実践と理論との間を密接に関係させ長期的に研究を進めることである。その特徴は、理論や実際の場面をもとにした回顧的分析をその場での授業の実施に生かしていくことにある。このことが、図.23、図.24にあるように研究の過程の様々の場面で様々のレベルで繰り返されることで理論と実践が密接に関係つけられることになる。

今回概観した教授実験の過程でもそうであるが、Steffe (1983) が述べるようにモデル化、教授エピソード、インタビューの3つの基本的側面が共通している。このうち、モデル化が、回顧的分析をするために重要であることがわかる。

また、教授実験で扱う問題が、従来の子どもの知識の構成から他のことへと広がりつつあることがわかった。新しい領域への接近のため様々のことがなされつつある。そこで、この研究の成果を議論していくためには、モデル化の部分への着目がより大切になってくるだろう。(Steffe & D'Ambrosio, 1995)。

本稿では、教授実験の特徴のひとつであるインタビューに言及していない。インタビューに関して議論することが今後の課題となる。

注及び引用・参考文献

1) 教授実験には、P. Cobb (Vanderbilt University), E. Yackel (Purdue University), K. Gravemeijer (Fredenthal研究所)に加えて、5人の大学院生Kay, Joy, Jannet, Beth, Michelleが参加していた。

2) 筆者は、1994年10月1日から1995年7月5日の間、文部省在外研究員として、Vanderbilt大学 (Nashville, USA) に滞在した。

3) 筆者は、授業の実施、授業の評価と理論の再考察、個人へのインタビューに参加した。授業前の計画には参加していない。

4) 小学校は、大学から車で走ると20分程度のナッシュビルの郊外にある。Kから4までの子どもが通っている。実験の行われた教室には、23人の子どもがいる。

5) これ以降は、簡略化のために、ボックス、ロール、ピースをそれぞれ■, /, oのように表現する。273は次のようになる。

■ ■ // // // // o o o

Cobb, P. (in preparation). Conducting teaching experiments in collaboration with teachers.

Cobb, P., Yackel, E. Wood, T. (1992). Interaction and learning in mathematics classroom situations. *Educational Studies in Mathematics*, 23, 99-112

Cobb, P., Steffe, P. (1983). The constructivist researcher as teacher and model builder. *Journal for Research in Mathematics Education*, 14, 83-94.

Fuson, C. K. (1992). Research on whole number addition and subtraction. In D. A. Grouws, (ed.), *Handbook of Research on Mathematics and Learning*. Macmillan

Publishing Company. 243-275.

Gravemeijer, K. (1994). Educational development and developmental research in mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25, 443-471.

熊谷光一 (1994) 算数の一斉授業における相互作用の表層構造モデルと深層構造モデル 数学教育研究, 9 11-22 (上越教育大学数学教室)

Simon, M. A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26, 114-145

Steffe, L. P. (1983). The teaching experiment methodology in a constructivist research program. In M. Zweng, T. Green, J.

Kilpatrick, H. Pollack, & M. Suydam, (eds.), *Proceedings of the Fourth International Congress on Mathematical Education*, pp. 469-471. Boston; Burkhauser.

Steffe, L. P. & D' Ambrosio, B. S., (1995). Towards a working model of constructivist teaching: A reaction to Simon. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26, 149-159

Yackel, E., Cobb, P. (1993). Sociomathematical norm, argumentation and autonomy in mathematics. Paper presented at the 1993 Annual Meeting of the American Educational Research Association, Atlanta, GA.

Yang, M. T.-L., Cobb, P. (in press). A cross-cultural investigation into the development of place-value concepts of children in Taiwan and the United States. *Educational Studies in Mathematics*.