上越教育大学研究紀要　第14巻　第1号　平成6年9月
Bull. Joetsu Univ. Educ., Vol. 14, No. 1, Sept. 1994

数学の教材における現実性

菅　岡　強　司*

(平成6年4月28日受理)

要　旨

数学の世界における問題を解決するための技法を子どもたちに教えるときには，まず現実の世界の中で，その数学の問題に最もよく対応する問題を見つけて，それをなんらかの行動によって解決してから，その結果を数学の世界に戻す，という筋道をとることが必要である。ここで，現実の世界を，日常生活の世界に限らず，子どもたちにとっての現実的な世界にまで広げることができれば，数学の世界における技法の意味を子どもたちに教えるために有効な手だてが増える。

実際，ある紙芝居を用いた分数の授業は，子どもたちをとりこにすることができた。その結果，この授業における紙芝居の世界が，子どもたちが分数を学ぶのに有用な現実的世界であることが明らかになった。

仮想現実のシステムを教育に応用する場合を想定してみると，現実的な世界はたしかに学習の効率を高めるための一定の有効性をもっている。しかし，数学の世界における技法の意味を付与するのに，現実的な世界でありさえすればよいというわけではない。日常生活における現実の世界で意味を付与することがきわめて重要である。

KEY WORDS

mathematics education	数学教育	reality	現実性
teaching materials	教材	fraction	分数
virtual reality	仮想現実		

1. は じ め に

筆者は以前に[(1)]，世界がどのようにみえているかが「私」にとっての現実にほかならない，いま・ここの状況で「私」の経験のもっている意味が，さまざまな現実感のある世界を構成している，ということを示した。そのうえで，中学校数学における確率の授業を例として，子どものわかり方に結びつく教材の現実性のあり方を検討した。

そこで本稿では，数学教育に限定して，子どもにとって教材が現実的な場合における，その現実性のはたらきや意味について，ある分数の授業を例として教師・子どもの経験を記述し，仮想現実の技術における現実性と比較しながら，検討することにする。

*　学校教育研究センター

2. 数学の世界と現実の世界

銀林浩は，次のような数学的問題解決の図式を提案している[2]。

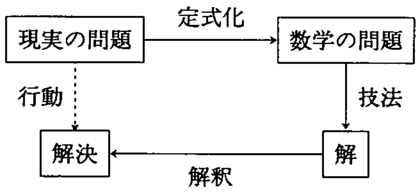

図1

ここで，左側は現実の世界を表し，右側は数学の世界を表している。この数学的問題解決の図式の特色は，このような抽象的レベルの違う2つの世界を行ったり来たりするという点にある。すなわち，ある現実の問題を解決するために，一度それを数学の問題に直したうえで（定式化），数学の世界の中で計算等によって解き（技法），得られた解を再び現実の世界に戻す（解釈）。こうした「回わり道」を通ることによって当初の現実の問題が解決されたとするのである。ちなみに，その後で現実の問題を実験・実測等によって解決することは，こうした解決行動の「確認」であり，数学の世界における「技法」の意味の一端を知ることにもなる。

ところで，上野直樹によれば[3]，「4つのボールと8つのボールがあります。かけるといくつになるでしょう」という問題に対して，かけ算の式を書いて解いた小学校5年生は48%，6年生は56%いた。また，問題「1着$\frac{3}{5}$gの洋服があります。これが4着ありました。ぜんぶで，何gでしょうか」に対して，選択肢「$\frac{3}{5}$gの洋服なんて本当にはないから，これはおかしな問題だ」ではなく，選択肢「これは，算数の問題だから，本当にはない$\frac{3}{5}$gの洋服でもおかしくない」を70%以上の6年生が選んだ。問題「$\frac{3}{5}$mのひもと$\frac{2}{5}$mのひもがあります。かけるとどれぐらいになりますか」に対しては，50%以上の6年生が，選択肢「$\frac{3}{5}$mと$\frac{2}{5}$mをかけても出てくる答がなんだかわからないからこれはおかしなもんだいだ」よりも，選択肢「これは，$\frac{3}{5}\times\frac{2}{5}$で答が出せるから，おかしくない」を選んだ。

これらの結果について上野は，子どもは「意味的あるいは現実的側面は，あまりモニターしないと要約できるように思われる」，こうした考え方は「学校や塾における算数，数学をめぐる言語ゲームというべきものを反映しているように思われる」，と解釈している。

これらの例は，銀林の図式でいえば，約半数または過半数の子どもたちが文章題を，現実の世界とは関係のない数学の世界の問題として解こうとする，あるいは解いたということ，したがって数学の世界と現実の世界とが乖離しやすいという事実を示している。なお，大人の場合の調査結果はないが，大同小異であると考えられる。なぜなら，このような，文章で表現された計算題にすぎない，現実の問題を数学の問題に定式化する過程を必要としない問題の解決という実験（質問紙による調査）場面では，「モニターしない」で「言語ゲーム」に参加すること

が要求されているともいえるからである。

数学教育においては，計算等の「技法」を最初に導くときに，それを生み出す母体であった現実的人間行動から出発してやる必要があるとして，上の図式を逆方向に利用する（逆運転する）ことを，銀林は提案している。つまり，下図のように，数学の問題を解くさいに，まず，その数学の問題に最もよく対応する現実の問題を見つけてきて(表現)，それを現実の世界で解決してから（行動)，その結果を数学の世界へ戻す（様式化)。こうして当初の数学の問題が解かれたとするのである。

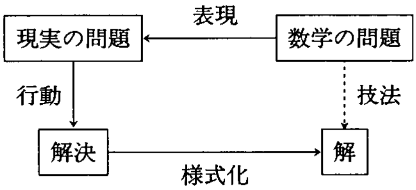

図2

数学の世界と現実の世界とが乖離しやすいという点からすれば，この「技法」が広く数学の諸概念・諸技能を表すと考えても，図2は十分に有効であろう。そこで，以下では，そう考えることにする。

なお，銀林のいう「現実の世界」とは，日常生活における現実の世界にほかならない。しかし,「技法」の導入段階においては，必ずしも「現実の世界」が日常生活における現実の世界である必要はないであろう。数学の世界における「技法」の意味が付与されるような世界であればよいから，むしろ，子どもにとって自然な意味付与がなされるような世界のほうがよい。こうして，図2の左側の「現実の世界」を，この「技法」を理解しようとしている子どもにとっての現実的な世界に置き換えれば，数学を教えるための手だてが増えることになる。

ところで，A.シュッツは，心理学者W.ジェームズの考えに基づいて「多元的現実」について論じている[4]。シュッツによれば，ある世界において，その世界固有の「認知様式」に関して一連の経験が，それぞれ一貫性があり，互いに両立可能であれば，その世界は，「有限意味領域」(「限定的な意味領域」(finite province of meaning)）になり，「現実のアクセント」を付与される。つまり，その世界内の一連の経験が，矛盾しない一貫性のある意味をもつことができれば，その世界は「有限意味領域」になり，現実的な世界になる。日常生活における労働の世界は，そのなかでも，至高の現実性をもった世界である。

したがって，数学の「技法」を教えるためには，図2の左側が，子どもにとって「有限意味領域」となるように教材化を工夫する必要があるといえよう。そのような教材化をおこなった例として，次に，紙芝居を用いた分数の授業の実践をとりあげよう。

3．紙芝居を用いた分数の授業

この分数の授業の実践は，1986年におこなわれた[5]。この実践のねらいは，小学校４年生に，分数の意味，同分母分数の加減を理解させることであった。その最大の特徴は，紙芝居を用いて授業がおこなわれたということである。教師自身がつくった紙芝居のストーリーは，第27場にまで及んだ。

3.1 授業の内容

最初の時間の授業は，量としての分数の意味を理解させることを目標としていた[6]。このときの紙芝居（第１場～第８場）の内容は，次のとおりである。絵は省略し，文だけを示すことにする。

［第１場］

ある海べの町に冒険や探検の大好きな４人グループがいました。この４人がグループを作ったのは，そもそも，４人とも海が大好きということからでした。だから，グループの名前は“水色海ぞく団”。まちがわないでくれたまえ，けっして悪いことをするのではなく，正義の“海ぞく団”です。メンバーは，リーダーの学くん，それに力くん，そして明ちゃんと唯ちゃんです。（読みながらゆっくり抜く。）

［第２場］

ある午後のこと，れいによって水色海ぞく団の４人は，「なにかおもしろいことないかなー」と，港のあたりをおしゃべりしながら歩いていました。「ねえ，学君，あの船なんかへんよ」，よく気がつく唯ちゃんの声，港の先の方にヨットのような，それでいて漁船のような小船が泊まっていました。「そうねえ，魚をとる網がおいてないし，だれか，乗ってきた人がおいていったのかしら」，そそっかしいが，くよくよしない明ちゃん。「乗ってみたいな」と元気のいい力君。「あれ，ここになにか紙きれがあるよ，なになに……」

［第３場］

「『探検大好きの水色海ぞく団のしょくん，勇気があるなら，この船を動かして乗ってみたまえ』だって！　すてき！　乗ってみましょうよ」「沖のほうの海へ出てみたいわ」「ようし，おれが押してやるぞ」ギュ，ギギー，シュー。（サッと抜く。）

［第４場］

港をはなれた小船は，ふわっと帆を立てて，快い風をうけ，走りだしました。お日さまはキラキラ。髪をなびかせる風。「ウワー，きもちいい」「知らない国へでもいってみたいな」「でも，この小船，どこの方向へむかって走っているのかしら」（少し間をおいてゆっくり抜く。）

［第５場］

そのうちに，お日さまはギラギラと照りつけ，涼しかった風もあつくなってきました。

明「わたし，とてものどがかわいたわ」

力「ぼくもだ。ジュースがのみたいな」

学「おい，みろよ，向こうにいままで見たこともない島みたいのが見えるぞ」

唯「ほんと，どこかの島みたいだけど，こんなところに島なんてあったかしら」

力「ぼくらの町の近くに島があるなんて聞いたことないぞ」
明「でも，行ってみましょうよ。水ぐらいあるかもしれないわ。わたし，のどがカラカラ……」
[第6場]
島に近づくと，ちょうど小船を入れておけそうな入り江がありました。
唯「なにか，いいにおいがしてくるわ」
学「そうだ，これはパイナップルのにおいだ」
明「この島にはパイナップルがなっているのかしら。あたし，ますますのどがかわいてきたわ」
島にあがった4人は，見つけた小さな小屋にすい込まれるようにしてはいっていきました。
(ゆっくり抜く。)
[第7場]
唯「なんか足がしぜんに動いてきたみたい」
力「ふんふん，ここにもパイナップルのにおいがするぞ」
明「あの台の上におかしなつぼがおいてあるわ」
(紙芝居の舞台の横にパインジュース＜えのぐで作る＞入りのふしぎなつぼを置く。)
力君，のぞいてみます。
力「これ，パインジュースじゃないかな，おいしそうなにおいだよ」
学「まてよ，毒がはいっているかもしれないぞ」
力「ちょっとなめてみたっていいじゃないか……。(ペロッ) おいしい！　ほんもののパインジュースだ」
明「飲みたいよー，なにかコップがないかしら」
唯「あっ，そこに手紙みたいなものがあるわ。学君，読んでみて」
学「エート，『わしはこの島の主じゃ。ふしぎなつぼにはいっているパインジュースが飲みたいのなら，このジュースが何ℓかあててみたまえ』って書いてある！」
(しばらくみんなの顔を見まわして抜く。)
[第8場]
明「はやく何ℓかはかってみましょうよ」
力「でも，リットルマスがないよ」
学「デシリットルマスもない」
唯「ここに，こんなへんてこな細長い水そうみたいのがあるわ」
明「こんなのでははかれそうもないわ。あー，このジュース飲みたいのに」
学「ウーン，この水そうを使ってなんとかはかる方法がないかな？」
(細長い水そうをまえに出す。)

こうして第1場から第8場までの8枚分の紙芝居をいっきに教師が演じた。そのときの子どもたちの様子を，この教師は，「子どもたちはすっかりこの“水色海ぞく団”のなかにはいりこんでいました。この細長い水そうをかわるがわる手にとり，真剣に考えこんでいます」と述べている。

ところで，第7場の「島の主」(分数鬼)が出した問題の答は，$2\frac{1}{3}\ell$ である。第8場の「細長い水そう」は，底面が1辺10cmの正方形で高さが約30cmの直方体である。このあと，教師は水槽の側面に紙テープ(黄色の上質紙で1つの辺が10cmの長方形)をあててから，水槽のか

わりに紙テープを使って子どもたちに考えさせた。第9場以降の紙芝居では，次々と届く分数鬼からの手紙にある課題を解決していくなかで，分数を学習するように工夫されていた。ただし，紙芝居による学習として self-contained なものというわけではなかった。紙芝居はあくまで教師が分数を教えるときの手段にすぎなかったのである。実際，第8場の直後，いま述べた紙テープの利用に関する説明があった。ついで，「はんぱ」の量すなわち$\frac{1}{3}$ℓという量を求めようとしたとき，子どもたちの考えが，$\frac{1}{3}$ℓ，$\frac{1}{4}$ℓ，$\frac{1}{6}$ℓ，$\frac{1}{7}$ℓに分かれたため，4つのチームを作って議論させた。その結果を教師がまとめ，さらに説明を加えて，$2\frac{1}{3}$ℓになることを理解させた。

3.2 授業における教師・子どもの経験

3.2.1 教師の経験

実践に入る前に，教師は何を考えたのであろうか(7)。

この教師は，ずいぶん前から，たとえば4年生に算数を教えるということが決定されたときから，ある時期に，この単元を教えることになるだろうと予期していた。そのとき，この単元を教えた過去の経験が多かれ少なかれ想起された。

その後，同じ子どもたちを相手として授業をしていくなかで，子どもたちに対する教師の理解が変わり，その子どもたちの生きている独自の世界を理解できるようになっていった。子どもたちのほうも教師に対する理解が変わり，その教師の生きている独自の世界を知っていった。その事実を，必ずしも全面的ではないにしても，教師は知っていた。

いよいよ，この単元を教えなければならない時期になって，今度はどのようにして授業をつくるか，さしあたって導入をどうするかを考えた。当然，以前に教えたときの記憶が，この4年生をもった4月の時点よりも切迫したものとして想起された。過去の子どもたちと現在の子どもたちを比較し，その間における教師の教材研究の深まりを配慮し，教師自身が過去の自分と現在の自分を比較することになった。もちろん過去の授業では，教師，子ども，教材の三者の関係がどうであったか，現在はそれがどうなる可能性をもっているかも考慮した。そのさまざまな可能性のうちから，目の前の（担任している学級の）子どもたちに対しては，教材とどう出会わせ，教師や教材とどのような相互作用を生じさせるのがよいか，そのためにはどのような授業をつくればよいかを教師は考えた。

以上のように，実践の準備のための作業は，それぞれの時点で，実践に対する予期を地平（背景）とし，この予期は実践にかかわる記憶を地平としていた。さらに，この記憶は，この教師の理想とする授業者になることに関する予期によって意味づけられていた。

少し具体的にみてみよう。実践終了後，この教師は次のように書いている(8)。

> 10年以上前の子どもたちは，教師の小さな手だてや熱意で，授業に真剣に取り組んでくれました。しかし，世の中の変化と同時に子どもたちも変わってきて，ちょっとした工夫や手だてでは，無表情な顔つきは変わりません。分数の指導に“折り紙分数”という方法をつくりだし（北陸の数学教育協議会で），それで実践してきてから10年あまりとなりますが，この方法だけでは，折り紙のような細かいことをにがてとする子や，めんどうなことを嫌う子どもたちには十分とはいえませんでした。なにかもう一つ，子どもたちをとりこにするものがほしい，という思いから，紙芝居を選んだのです。未熟なストーリーではあったのですが，毎

> 時間，楽しみにしてくれたことがうれしかったのです。学習の最後にいつも問うている「この学習は楽しかったですか ?」で，「たいへん楽しかった」が31人，「楽しかった」が10人と，いままでの学習のなかで「たいへん……」がいちばん多かったのでした。

この文中の，「この学習は楽しかったですか ?」は，質問紙で問うたものである。子どもたちが選択する項目は，「ア　たいへん楽しかった」，「イ　楽しかった」，「ウ　特に楽しいということはなかった」，「エ　楽しくなかった」，「オ　ぜんぜん楽しくなかった」であった。ウ～オを選択した子どもはいなかった[9]。

この教師自身が書いた上記の文章からすれば，10年を一つの区切りとして，それ以前（とりわけ「折り紙分数」の実践をはじめたばかりのころ）の授業中の様子，授業前の準備（教材研究だけでなく，学級経営等も含む），授業後の評価(子どもが学んだこと，教師が教えたこと等に対する評価）が想起されている。同様に，ここ10年以内におこなった授業についても，それらの記憶が想起されている。

しかし，授業づくりにおいては，なりよりもまず子どもたちのことが考えられている。

10年以上前の子どもたちについては，この教師自身も開発にかかわった「折り紙分数」で，「授業に真剣に取り組んでくれ」た。しかし，この10年以内で教えた（最近の）子どもたちの場合は，「無表情な顔つきは変わ」らず，授業にのってこないし，また，「折り紙分数」は，「細かいことをにがて」としたり「めんどうなことを嫌」ったりする「子どもたちには十分とはいえ」なかった。

教師には，これからこの単元に入るという予期があった。その予期を地平として10年以上前の子どもたちと，この10年間の子どもたちのことが想起された。それらの子どもたちは，これからの授業という予期によって意味づけられたのである。そのさい，教師自身の変化（成長）よりも，時代（社会）による子どもたちの変化のほうがきわだって想起されたのである。

さらに，教師にとって，目の前の子どもたちは，こうした過去の子どもたちに関する記憶によって意味づけられていた。つまり，目の前の子どもたちは過去の子どもたちに関する記憶を地平とし，この記憶はこれからの授業の予期を地平としていた。

また，授業そのものについては，想起された過去の授業は，たしかに今回の授業につながっていた。この教師は，過去の授業の意味を明らかにするために，過去の授業の地平をなしていた過去の子どもたちを，現在の目の前の子どもたちに変えて想像してみた。すると，現在の子どもたちに対して過去の授業と同様の授業をおこなったら，「授業に真剣に取り組」まないだろう，「無表情な顔つきは変わ」らないだろう，という予期があった。そのような予期される事態を起こさないように，すなわち，「子どもたちをとりこにする」ために，「紙芝居を選んだので」ある。紙芝居を選んだのは，この教師自身の過去の授業に関する記憶だけではなく，他の教師による紙芝居を用いた算数の実践等の記憶を想起して，目の前の子どもたちが「とりこ」になるのに適合していると予期したからである。

それでも，教師の側には，この教材の選択について，次のような不安があった[10]。

> 自分が創作したストーリーの紙芝居で，子どもたちをどれだけのらせることができるだろうか？　「なんだ！　おもしろくない」とつぶやかれそうな不安を抱きながら……。

こうして，今回の紙芝居による授業づくりは，子どもたちが「とりこ」になることについての期待と不安の混じった予期を地平とし，この予期は過去の「折り紙分数」の授業や紙芝居の授業などのさまざまな授業の実践の記憶を地平としていた。

実践の結果，第8場までの紙芝居を教師が演じた直後の子どもたちの様子に現れているように，子どもたちを「のらせる」授業になった。

そこで，この教師は，翌年も4年生の子どもたちに，この紙芝居を使って授業をした。ただし，紙芝居のストーリーを少し手直しして，未完成だった最後の部分を完成させたうえでの授業であった[11]。しかし，これまで述べてきたような時間の中で教師が自分の経験を構造化することはなかった。たとえば，授業づくりの地平になっている予期のなかの不安はずっと小さくなっていた。目の前の子どもたちをみるときの地平となったのは，主として前年の子どもたちの記憶であった。こういった変化は，授業のなかで紙芝居がもっている意味を変えた。

その後，この教師が，「二番煎じ三番煎じになると，私自身の意欲も薄れるし，子どもたちの実態に合わなくて，だんだんのり方が落ちてきている感じで，三回で終わりにしようと思っています」[12]と言っているのも，同様にして，教師の経験の構造が変化し，紙芝居の意味が変化したからである。

3.2.2 子どもの経験

この授業の中で，4年生の子どもたちは何を経験したのであろうか。

教師は，最初の授業における子どもたちの様子を次のように書いている[13]。

> 算数の時間にいきなり先生が拍子木をならして，「紙芝居」だなんていうものだから，子どもたちはキョトンとした表情。それでも，教卓に舞台がおかれると，みんなワーイとまえに集まってきました。

この授業は11月におこなわれた。したがって，子どもたちは教師をかなりよく知っていた。ふだんどういう授業をする先生か，ある程度理解していた。もっぱら講義形式で授業をするのではなく，自分たちに作業をさせることによって学習させることの多い先生だということを知っていた。単元の最後に，学習したことを自分で絵本にまとめさせたりする先生だということもよく知っていた。このような算数の授業に関する記憶を地平として，いつものような授業が始まることを予期していた。それでも，「紙芝居」は，子どもたちの予期とは大きくかけ離れていた。あまりにも意外な<出会い>だったのである。子どもたちが「キョトンとした表情」だったのは，この予期によって意味づけられていたからであった。

では，子どもたちがこの授業を受けているときの経験，とりわけ心理はどのようなものだったのであろうか。R. D. ラマニシャンは，次のようにいう。「心理学的理解は，物語として行なわれる。……事実ではなく，物語が，人間の心理的生活を規定する」[14]。また，「心理学的理解の様式は，物語に対する読者のアプローチに近いと思われる。読者は，物語を理解する。そして，読者がその中に入ってゆけ，読者がその中に住める。そういう信じられる世界をその物語が描く限りにおいて，その物語は確かに実在するのである」[15]。

授業のなかの紙芝居で子どもたちを「のらせる」ことができれば，子どもたちはその紙芝居の物語に「アプローチ」していることになる。そして，この物語は，子どもたちが「その中に

入ってゆけ」，「その中に住める」ような物語になっているわけであるから，その物語は子どもの「心理的生活」にとって実在する。その物語は，子どもの「心理的生活」を規定し，分数の「心理学的理解」を助けるのである。

実際，教師は，この授業で，子どもたちを「とりこ」にすることができ，「のらせる」ことができたと判断した。また，この分数に関する授業がすべて終わってから，ある子どもは「わたしたちが水色海ぞく団にはいってゆいちゃんとかと，分数をといているようでした」と書き，別の子どもは「とてもよかったことは，まるでわたしが水色海ぞく団の1人になったような気がして，べんきょうができるからです。パインジュースのときなんか，分数のやり方がわかって，ほんとにパインジュースをのむような喜びを感じました」と感想を書いている(16)。この感想は，紙芝居の世界が「その中に住める」ような物語であり，分数を理解するのに有効な「有限意味領域」であったことを示している。

しかし，この紙芝居に対する子どもたちの「のり方」は，2回目以降「だんだん落ちてきている感じ」になった。この紙芝居の物語が，子どもたちが「その中に入ってゆけ」，「その中に住める」ような「有限意味領域」ではなくなったのである。

4. 現実性のはたらきと意味

2では，数学の世界における「技法」の意味を現実的な世界で付与することの必要性を論じた。では，現実的な世界でありさえすればいいのであろうか。もしそうではないとすれば，どのような現実性が教材にとって望ましいのであろうか。

仮想現実 (virtual reality) の技術開発に携わっている廣瀬通孝は，現実を構成するための要件として，「写実的リアリティ」，「没入的リアリティ」，「操作的リアリティ」，「ふるまいのリアリティ」の4つを挙げている(17)。「写実的リアリティ」は感覚器入力の品質を表しており，本物そっくりかどうかということである。「没入的リアリティ」は自分がその世界の中に存在していると感じるかどうかということである。「操作的リアリティ」はその世界を能動的に認識できるかどうか，すなわち双方向の情報やエネルギの流れが存在するかどうかということである。「ふるまいのリアリティ」はきわめて深層的なレベルにおける「リアリティ」であり，諸事象のふるまいに関して，ある種の論理的首尾一貫性があるかどうかということである。筆者が以前にとりあげたD.ゼルツァーのAIPキューブ(18)についても廣瀬は言及し，P (Presence) は「写実的リアリティ」や「没入的リアリティ」に，I (Interaction) は「操作的リアリティ」に，A (Autonomy) は「ふるまいのリアリティ」に関連していると述べている(19)。シュッツのいう「有限意味領域」の性質はとくに「ふるまいのリアリティ」に関連していると考えられる。

3の紙芝居は，子どもたちの感想からすれば，ある程度「没入的リアリティ」をもっていたようである。「ふるまいのリアリティ」は，紙芝居のストーリーにおける論理的首尾一貫性という面では有していたと考えられる。「操作的リアリティ」については，子どもたちの反応に応じて教師が即興的にストーリーの展開をつくる（変更する）ことがあるという点で認めることはできよう（しかし，子どもたちにとっての「リアリティ」を形成した要件としては問題にならない)。ただし，こういった「リアリティ」は，このときの紙芝居の授業を受けた子どもたちの経験において存在したのであり，他の子どもたち（とりわけ学年の異なる子どもたち）や大人

の場合は同様ではない。また，この教師が2回目以降に演じた紙芝居の授業を受けた子どもたちにとっても，「リアリティ」の質は異なっていた（「没入的リアリティ」は低くなっていた)。この点で，第1人称の感覚を研究の対象としながらも，人間共通の（ひとりひとりの生きている世界に依存しない)「リアリティ」を追求している仮想現実の技術開発とは大きく異なっている。

ふつうは，コンピュータや情報機器を使用することが，仮想現実のシステムを設計するための必要条件になっている。そこで，ごく簡単な仮想現実のシステムとして，この紙芝居を，たとえば，コンピュータを用いてディスプレイの画面上で展開していくように作りかえることを想定してみよう。このことによって教師の経験の変化に左右されないものにすることもできようが，はたして「リアリティ」が高まるであろうか。そして，分数に関する「技法」の意味を子どもがより深く理解できるようになるであろうか。いずれについても保証されないことは明らかである。しかも，この両者が結びつくとは限らないのである。

それどころか，仮想現実の「リアリティ」が高まることよって，「技法」の意味に関する学習が阻害される（「技法」の意味を誤って習得してしまう）こともある。このことは，3でとりあげた分数の授業の場合のように，いわば決定論的（deterministic）な数学に関する内容の場合よりも，むしろ，非決定論的な数学というべき確率の授業のような場合に顕著な問題になる。（ちなみに，数学以外の教科内容の中には，非決定論的なもの，因果関係が明示的でないものが少なくない。このような場合にも，同様の問題が生じるであろう。)

以前に筆者が指摘したように[20]，いわゆる「統計的確率」を「コンピュータによる実験」（実験とは，くじ引き等の事象に関する多数回の試行のこと）で求めるときには，「手作業による実験」で求める場合とは乖離してしまうことがある。つまり，日常生活における現実の世界ではきわめてまれにしか起こらない「実験」を，コンピュータを用いた仮想現実の世界（子どもがもっている誤った直観的確率の判断と符合しているために現実だと感じる世界）で何度もおこなってしまう可能性がある。

ところで，佐藤学は，「コンピューターによる学習において，リアリティの問題と社会的文脈の問題は，学習の価値を根本的に規定するほど重要な問題だ」ととらえ，「膨大な情報とのアクセスを可能にし，仮想現実の世界における体験を可能にするコンピューターは，機能の側面だけに埋没すると，まったく虚構の世界で虚構の意味を扱う疑似的な体験に過ぎない学習に陥る危険をはらんでいる。その虚構性と疑似性は，現在の学校文化のそれらと比べても，比較にならないほど強力である。その危険を克服する条件は，やはり，リアリティとの接触をこれまで以上に保障することであり，現実から生起される想像力を主体において保持することであり，コンピューターによる思考と学習を，たえず社会の現実的文脈と結合することに求められるだろう」[21]と述べている。また，「近年話題を呼んでいるヴァーチャル・リアリティ（仮想現実）は，現実の世界との交渉を断絶した学習の危険性を準備している」[22]と警鐘を鳴らしている。

「コンピュータによる実験」で「統計的確率」を求めるというのは，佐藤が「危険」だと主張している点を具現化している典型的な事例といえよう。

他方，仮想現実のシステムを開発してきた廣瀬は，次のように言っている[23]。

さらに，人間の感覚は固定的なものでなく，合成された現実に瞬間的には満足しても，すぐに欠落している部分を発見し，現実と仮想現実とを弁別してしまうに違いない．このよう

な文脈のもとでは，仮想現実も現実との区別がつかなくなるのではないかという疑問に対して，著者は楽観的にならざるを得ない．ついうっかりとだまされることはあるかもしれないが，長期的には人間はそれを弁別し得るだけの能力を必ずや身に付けるはずだからである．結局のところ，リアリティを徹底的に追求していったとしても，それはある意味で逃げ水的なものであろう．仮想現実で現実を代替しうるなどという大それた考えをわれわれは持つべきではないのである．

すなわち,仮想現実の究極に現実そっくりの世界があるという考え方の図式は正しくない．むしろ，仮想現実と現実とはその向いているベクトルの方向が異なると考えた方が妥当である．仮想現実を現実体験の代替物と考えるよりは，全く新しい体験を創造し得るツールと考えるべきであろう．

しかし,「コンピュータによる実験」の事例は，その「全く新しい体験」が危険性をもっていること，したがって，数学の世界における「技法」の意味付与を，単に現実的な世界でおこなうだけでなく,日常生活の世界でもおこなうことが不可欠だということを具体的に示している。

もちろん,「コンピュータによる実験」のような方法が無用で,「手作業による実験」のような日常生活世界の方法に終始すべきだといっているのではない。前者の方法は後者の方法をそっくりそのままシミュレートしたものでなければならないといっているのでもない。廣瀬も次のように述べている[24]。

> このような現実世界の種々雑多な制約を克服したいがために，われわれは計算機を作ったはずであるから，計算機を使って再びこの不自由な世界を作り上げることは，大きな論理的矛盾を含むことになるのである．このような現実のコピーとしての仮想現実は，それをつくりあげるために莫大な努力を必要とし，その割にはあまり意味がないであろう．

「望ましい仮想現実」の世界が「ある種のわかりやすさ，すなわちいろいろな意味での直観性を失わずに，しかも高い効率を発揮できる世界である」[25]とすれば，そのような仮想現実のシステムで，上記の点に留意しながら，学習の効率を高めることは可能である。たとえば,「コンピュータによる実験」が「手作業による実験」のシミュレーションであることを子どもに納得させてからなら，煩わしい「手作業による実験」を「コンピュータによる実験」で代用すれば，効率は高まる。したがって，効率を高めるためには，子どもの学習段階を考慮したうえで,仮想現実のシステムを活用すべきである。そのさい，とりわけ「操作的リアリティ」は有用であろう。

こういった点については，3の紙芝居の場合は事情が違っている。この紙芝居では,「没入的リアリティ」が大きな役割をはたしており，これは子どもたちを「とりこ」にするためのものであった。その意味で，教えるための手段というより，教えるときの手段であった（したがって，結果的に，学習の効率を高めることはあったかもしれない)。「わかりやすさ」のためには「折り紙」などの別の手だてがあった。

ただ,「折り紙」などのかわりに仮想現実のシステムを利用するときには，先の「コンピュータによる実験」の事例と同様の問題が生じる可能性がある。

5. おわりに

以上のように，数学教育において利用できる現実的な世界は，意味も機能も多様である。そのなかでも日常生活における現実の世界に，数学の世界を結びつけることはきわめて重要であり，不可欠になる場合もある。

ところで，廣瀬は，「現在，ほとんどのユーザ・インタフェースは，あまりにも単純化された初心者のためのインタフェースであって，ユーザから技術や技能を奪うという方向に行ってしまっている．バーチャル・リアリティ技術へのひとつの期待はそれがもう少し複雑なインタフェースを与え，技能などの介在する余地を復活することである」[26]と述べている。ユーザを学習者，インタフェースを授業，技術や技能を「技法」などと置き換えてみると，同様の問題が数学教育においても生じうることがわかる。たとえば，単元の導入段階においてだけ，子どもたちがのるような現実的世界での意味付与をおこなうという場合である。しかし，その段階の「技法」を子どもたちが習得したあとでも，その「技法」を必要とする現実的世界は構成できるのではないか。3の紙芝居は，ある程度まで実際にそのように構成されていたと考える。

E. フッサールのいうように，数学も含めて「すべての科学は沈澱した伝統のもつ可動性をもっている。つまり，伝承してゆく活動は，新たな意味形成体を産出しつつ，沈澱した伝統に繰り返しはたらきかける。このようなあり方で諸科学は時代を通じて持続し伸びてゆく」[27]。こうしてできあがった数学を教えるにあたって，「表現の受動的理解と，意味を再活性化しつつその表現を明証化することとは区別される」[28]という点は重要である。後者の「意味を再活性化」するさいに，子どもの学習段階に応じた現実的世界での意味付与は有効な場合が多いと考えられる。実は，図2の「技法」の意味を拡張することの意義は，この点にある。

そのような意味付与のための具体的な方法は，今後さらに検討すべき課題である。

註

(1) 菅岡强司　1992　教材の現実性について．上越教育大学・教科教育に関するプロジェクト研究・現代「教科教育学」の理論的・実践的研究．pp.247-250.

(2) 銀林浩　1982　人間行動からみた数学．明治図書．pp.172-174.
ただし，図1，2では，より明確にするために，銀林の提案した図式の「現実」を「現実の問題」に，「数学」を「数学の問題」に変えた。

(3) 上野直樹　1990　数学のメタファーと学校の言語ゲーム．芳賀純・子安増生（編）メタファーの心理学．誠信書房．pp.148-149.

(4) シュッツ，A.（著）　ナタンソン，M.（編）　渡部光・那須壽・西原和久（訳）　1985　社会的現実の問題［II］（アルフレッド・シュッツ著作集第2巻）．マルジュ社．pp.9-43.

(5) 山野下とよ子　1988a, 1988b　紙芝居「分数島の探検」ものがたり，上・下．ひと，No.181, 182.

(6) 山野下，同上（1988a）．pp.41-50.

(7) キーン，E.（著）　吉田章宏・宮崎清孝（訳）　1989　現象学的心理学．東京大学出版会.

pp.2-27.
を参考にして，以下の記述（教師や子どもたちの時間にかかわる経験の構造の記述）をおこなった。

(8) 山野下，前掲（1988b）．p.80．
(9) この教師に対する聞き取りによる。
(10) 山野下，前掲（1988a）．p40．
(11) 稲垣忠彦他（編）　1992　算数――分数・式のたて方（シリーズ授業 3）．岩波書店．p.96．
(12) 同上．p.11．
(13) 山野下，前掲（1988a）．p.40．
(14) ラマニシャイン，R.D.（著）　田中一彦（訳）　1984　科学からメタファーへ――映像としての心理的世界．誠信書房．p.122．
(15) 同上．p.124．
(16) 山野下，前掲（1988b）．p.80．
(17) 廣瀬通孝　1993　バーチャル・リアリティ．産業図書．pp.4-5．
(18) 菅岡，前掲（1992）．
(19) 廣瀬，前掲（1993）．p.5．
(20) 菅岡，前掲（1992）．
(21) 佐伯胖・佐藤学・苅宿俊文・NHK 取材班　1993　教室にやってきた未来――コンピュータ学習実践記録．日本放送出版協会．p.59．
(22) 同上．p.101．
(23) 廣瀬，前掲（1993）．pp.272-273．
(24) 同上．p.274．
(25) 同上．p.274．
(26) 同上．p.277．
(27) フッサール，E.（著）　細谷恒夫・木田元（訳）　1974　幾何学の起源について．ヨーロッパ諸学の危機と超越論的現象学．中央公論社．p.402．
(28) 同上．p.395．

Realities in Teaching Materials for Mathematics

Tsuyoshi SUGAOKA*

ABSTRACT

When we teach children a technique for solving a problem in the world of mathematics, we must first find a problem in these children's real world corresponding to it, and then resolve this problem by some action, finally return the resolution of this problem to the world of mathematics.

Thus children's real world is useful for teaching mathematics. To take a example, picture-story shows used for teaching fraction excited a class; the world of picture-story shows was the real world which is useful for children to learn fraction.

Children's real world was examined as contrasted with a virtural reality system. Consequently, it was made clear that not every children's real world was appropriate and children's every life-world was very important for giving them meaning of a technique in the world of mathematics.

* Center for Educational Research and Development