

# 情報教育に関する研究

- 算数科を中心としたマルチメディア教材の作成及び教育情報の蓄積と公開 -

高知市立初月小学校 教諭 川村 一弘

## 1 はじめに

学校教育の情報化の推進に伴い、教育用デジタルコンテンツの普及、充実が進められている。これは、ITを用いた「わかる授業」の実現のためにも不可欠なことである。ところで、教材に使用される素材としてのデジタルコンテンツのメディア特性について益子(2002)は、「即理解性」「データ即時性」「即加工性」「蓄積性」をあげている。目で見て分かるということや、学習者とのやり取りによる加工が即反映されるという特性は、学習活動を活性化させるために有用である。これらのメディア特性を活かし、学習に利用されるデジタルコンテンツの利用形態を分類すると、授業提示型、個別学習型、データベース型、教材作成支援型に分類することができる。授業提示型のデジタルコンテンツは、一斉授業で使われることが多い。この場合、デジタルコンテンツは教師の道具として使用されることとなる。個別学習型では、児童が自分のペースで学習を進めることができる。データベース型は事典的な使い方がされることが多い。教材作成支援型は、香川県算数教育研究会の「こうぐ」のように、直接教材というわけではないが、算数教材として必要な図を描画するのに特化したツールがある。学習者の道具としてのデジタルコンテンツには、興味関心を高める(学習意欲) 内容がよく分かる(学習効果) 学習時間の節約(学習効率) のような効果があると考えられる。教師の道具としてのデジタルコンテンツとしては、説明をしやすい(授業効果) 学習者との相互作用を増やす(授業効果) 時間の短縮(授業効率) などの授業中に得られる効果が考えられる。また、教師がデジタルコンテンツを開発する意義としては、コンテンツの開発を通して、授業の設計を考えられることと、授業に直結したデジタルコンテンツの作成が可能となることである。

さて、本研究では、小学校算数科におけるデジタルコンテンツの研究を行う。算数科での文章問題解決にかかわる学習では、問題を把握し、式化するプロセスで演算決定がなされる。児童が主に用いる演算決定の根拠について、白井ら(1997)は、具体的な操作活動、キーワード、ことばの式や公式、簡単な整数に置き換える、テープ図や線分図をもとにする、数直線をもとにするという6点を挙げている。このうち、テープ図や数直線などの図的表現は、教科書にも多く掲載されている。表1は、東京書籍の教科書に登場する乗除法に関する学習内容と使用される図的表現について調べたものである。これをみると、乗除法の計算においては、テープ図や数直線が学年を追って系統的に登場しているのが分かる。しかし、演算決定に苦手意識を持っており、数直線を有効に活用できていない児童は案外多い。この理由を、本研究では、教科書に出ている図的表現は完成された静止画であるからだと考えた。図的表現を完成されたものとして見せるのではなく、学習者自らが数量間の関係を構築していくプロセスを経験するこ

表1 乗除法の学習内容と図の種類

| 学年 | 学習内容<br>(数字は単元番号)  | 図の種類(数)    |
|----|--------------------|------------|
| 2  | 倍概念の基礎             | テープ図(2)    |
|    | 2, 3 位数 × 1 位数     | テープ図数直線(3) |
| 3  | 2 位数 × 2 位数        | テープ図数直線(2) |
|    | 除法の意味と記号           | テープ図(3)    |
| 4  | 何十, 何百, 何十何 ÷ 1 位数 | テープ図数直線(1) |
|    | 2, 3 位数 ÷ 1 位数     | テープ図数直線(4) |
| 5  | 小数 × 整数、小数 ÷ 整数    | テープ図数直線(6) |
|    | 小数 × 小数の意味と計算      | テープ図数直線(5) |
| 6  | 小数 ÷ 小数の意味と計算      | 対応数直線(3)   |
|    | 小数倍の意味             | テープ図数直線(4) |
| 7  | 分数 × 整数、分数 ÷ 整数    | 対応数直線(4)   |
|    | 分数 × 分数の意味と計算      | 対応数直線(2)   |
| 8  | 分数 ÷ 分数の意味と計算      | 面積図数直線(2)  |
|    | 分数倍の意味             | 対応数直線(1)   |
| 9  | 分数 ÷ 分数の意味と計算      | 面積図数直線(1)  |
|    | 分数倍の意味             | 対応数直線(3)   |
| 10 | 分数倍の意味             | 面積図数直線(1)  |
| 11 | 分数倍の意味             | 対応数直線(1)   |

とで、数量関係のイメージ化を行い、演算決定の道具とすることができるのではないかと考えた。

## 2 研究の目的

本研究では、以上のことを踏まえ、数量の関係のイメージ化を促進するための道具を数直線ととらえ、数直線を提示する手段として即加工性を備えたデジタルコンテンツを開発し、その効果について検証を行う。なお、デジタルコンテンツの開発にあたっては、限定した使用条件のデジタルコンテンツを作成し、検証授業を行い、そこで得られた知見をもとに乗除法を統一して扱うことのできる数直線デジタルコンテンツの開発と検証を行う。また、教育情報としてのデジタルコンテンツを校内で蓄積して、公開し利用していくためのシステムとして CMS (Contents Management System) の運用実験を行う。

## 3 分数のわり算導入における数直線デジタルコンテンツの開発と検証

### (1) 開発の目的

分数のわり算導入における数直線デジタルコンテンツを開発する目的は、数直線の対応関係を明確にすることと問題解決の道具として数直線だけを使用する学習について児童の反応を確かめるためである。数直線の対応関係とは、1に対する基準量、割合に対する基準量の関係のことをさす。

### (2) 分数のわり算導入における数直線デジタルコンテンツの概要

デジタルコンテンツの開発には、インタラクティブなコンテンツの作成に定評のある Macromedia FlashMX2004 を採用した。図 1 は、デジタルコンテンツの概要である。なお、このデジタルコンテンツは、電子情報ボードに表示し、電子ペンで操作することを想定して開発をした。

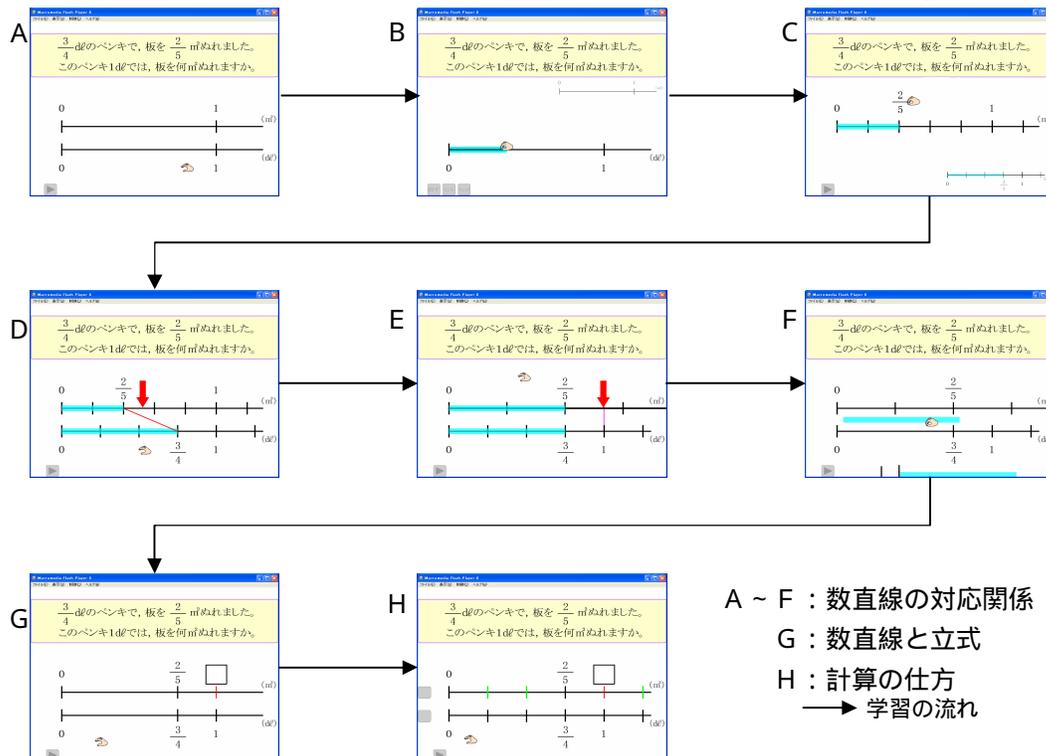


図1 分数のわり算コンテンツの概要

問題文は、「 $\frac{3}{4}$  dℓのペンキで、 $\frac{2}{5}$  m<sup>2</sup>ぬれました。このペンキ 1 dℓでは、何m<sup>2</sup>ぬれますか。」であり、デジタルコンテンツの流れは、次のようになる。

A 問題と2本の数直線が表示される。

B 使用したペンキの量を電子ペンでドラッグすることにより数直線上に表す。

- C 数直線上に、問題文の中の数値をドラッグして持ってくる。
- D 上下の数直線が完成したら、どこが対応しているのかを確認するための赤線を表示する。
- E 上の数直線を引っ張り伸ばすことで、縦がそろった数直線を完成させる。
- F 問題解決に不必要な要素を数直線上から取り除く。
- G 完成した数直線を表示し、比例関係を表す。
- H 単位分数をもとに、計算の仕方を考えるようにする。

(3) 授業実践におけるデジタルコンテンツの効果の検証

実施対象となる初月小学校6年生5学級の児童に対して、各学級2時間の実践授業を行った。授業では、教室前方に設置した電子情報ボードに開発したコンテンツを表示し、コンテンツの構成に沿って進めた。主な操作は授業者が電子ペンを用いて行い、必要に応じて学習者も電子ペンで書き込んだり、操作をしたりするという形式である。授業終了後、調査用紙を配布し回答を求めた。

設問は3つあり、第1、2問は1時間目、第3問は2時間目に対応している。設問1(表2)は、問題と数直線のかかわり方が分かりやすいと思われるのはA教科書や黒板、B動きのあるコンテンツを選択するものである。表2でAを選択した理由として多かった理由には、余計な部分が省かれていて見やすいというのといろいろな部分を動かしたら分からなくなる、などであった。Bを選んだ理由は、今何をやっているのかがよく分かる、順序だてて考えるので分かりやすいなどであった。

設問2(表3)は、いろいろな数量のかかわり方(立式)の分かりやすさを尋ねるものである。表3のAの理由として、ことばの式は考えなくてもいいという意見が目立った。Bの理由は、式を立てるまでの過程がよく分かったからというものであった。

設問3(表4)では、式の立て方と計算のしかたのかかわり方が分かりやすいのはいずれかをたずねた。表4のAの理由は、ことばの式や面積図だから分かりやすいというものがほとんどであった。Bの理由では、動かしていったほうが、どう考えればいいのか詳しく分かったという意見であった。

(4) 考察

開発の目的だった対応関係の明確化については、デジタルコンテンツを提示し動作させていくことで意識化を図ることができた。教師にとっても、対応関係をより容易に説明することが可能となることが確かめられた。しかし、デジタルコンテンツを動かすことで分からなくなるという児童もいるため、複雑さやごちゃごちゃしているように感じさせないようなデジタルコンテンツや授業展開を考えていく必要がある。問題解決の道具として数直線だけを使用することについては、デジタルコンテンツだけでできないことはないが、指導法との関連でいえば、これまでよく使われてきていることばの式と結びつけることで、児童の安心感はいよりに増すように思われる。また、コンテンツを使っている気がついたことは、学習の段階でデジタルコンテンツを区切って、振り返りに使うことや必要なときに必要な場面だけを使えるような機能も盛り込めばいいということである。また、ボタンの配列や操作性についても改善を図らなければならない。

4 数直線デジタルコンテンツの機能改善と検証

表2 問題と数直線のかかわり方

| 教科書や黒板で先生が説明する(A) | 先生が説明しながらいろいろな部分を動かす(B) |
|-------------------|-------------------------|
| 44人               | 112人**                  |
| **(p < .01)       |                         |

表3 いろいろな数量のかかわり方

| 教科書の「ことばの式」を見ながら式を立てる(A) | いろいろな部分を動かすのを見て式を立てる(B) |
|--------------------------|-------------------------|
| 86人                      | 70人                     |
| ns(.10 < p)              |                         |

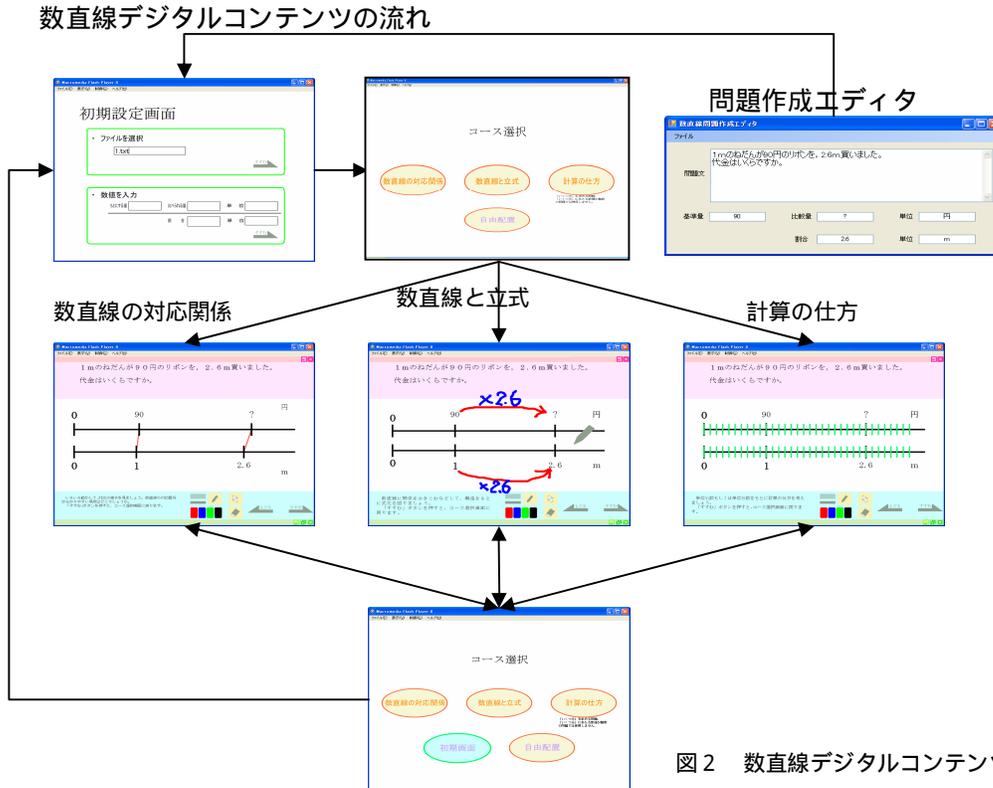
表4 いろいろな数量のかかわり方

| ことばの式や数直線で式を立て、面積図をもとに計算のしかたを考える(A) | いろいろな部分の動きを見てから計算のしかたを考える(B) |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 58人                                 | 98人**                        |
| **(p < .01)                         |                              |

## (1) 開発の目的

分数のわり算導入数直線デジタルコンテンツで得られた知見を取り入れながら、乗除法にかかわる数量関係のイメージ化を統一して行うことのできる数直線デジタルコンテンツの開発を行う。教師の道具としてみた場合、学習の段階を分けたことにより利点があるのかということや、補助コンテンツを作成し数直線デジタルコンテンツと連携させて授業を進めることができるのかということを検証する。また、児童の道具としてみたとき、ことばの式とデジタルコンテンツを結びつけることによる印象と数直線に対してどのような価値観を持つのかということをも明らかにする。

## (2) 新しい数直線デジタルコンテンツの概要



新しい数直線デジタルコンテンツの基本的な流れは、図2のようになる。問題ファイルを選択するか問題となる数値を入力し、「数直線の対応関係」「数直線と立式」「計算の仕方」のいずれかのコースを選択する。コースが終了したら再びコース選択画面が表示され、コースを選択するのか、問題を変更するのかを選び、次に進むという流れである。

ところで、数直線デジタルコンテンツを作成するときの基本的な考え方は、比の三用法を利用することである。乗除法となる問題は、 $\text{比較量} \div \text{基準量} = \text{割合}$ 、 $\text{基準量} \times \text{割合} = \text{比較量}$ 、 $\text{比較量} \div \text{割合} = \text{基準量}$ のいずれかの形に直すことができる。したがって、コンテンツを動かすときには、基準量、比較量、割合を入力することが最低限必要なこととなる。ただし、その数直線を使って求めるところは、当然数値がわからないので、代替文字として「？」を入力する。例えば、「1mのねだんが90円のリボンを、2.6m買いました。代金はいくらですか。」という問題であれば、代金である比較量に「？」が入るということである。以下の説明では、この問題を使用する。

### 数直線の対応関係

比較量を求める問題では、次のような順で表示され(図3)、操作することとなる。

ア 2本の数直線が表示される。下の数直線には単位と0と1が表示されている。上の数直線は0だけが表示されている。「すすむボタン」で次に進む。

イ 次に進むと、上の数直線上に基準量にあたる90が表示される。この段階では、上の数直線

に単位をまだつけていないが、基準量を任意の位置に移動させると単位が表示されるようになる。マウスでの移動となるので、児童でも簡単に行うことができる。

ウ 次に進むと下の数直線上に割合にあたる2.6が表示される。1を基準に任意の位置に2.6を移動させると、求める比較量の数直線上での位置が確定し、「？」が上の数直線に表示される、対応関係を見ることができるようになる。これも児童に操作を行わせることができる。

エ 基準量と割合にあたる数値の場所は、数直線上で移動させることができるので、縦がそろっていない場合にもどのように見られるのかということも確認することができる。

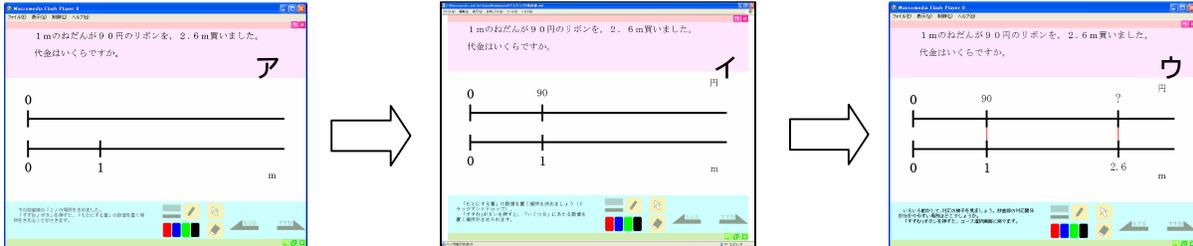


図3 数直線の対応関係

割合を求めるときには、「1」 基準量 比較量の順に表示され、それぞれの位置関係をもとに割合の位置が決まる。基準量を求める時には、割合 比較量 「1」の順に表示され、それぞれの位置関係をもとに基準量の位置が決まる。

#### 数直線と立式

数直線と立式のコースでは、図4のようになる。

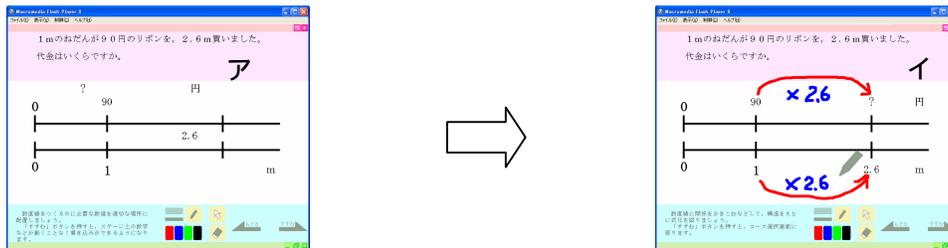


図4 数直線と立式

ア 数直線が完成されているのが前提となっているのだが、パズルのように数直線を完成させることができる画面を用意してある。マウスで数直線の上のほうにある数値や単位をドラッグアンドドロップして、数直線をつくるのである。児童に操作をさせるところである。

イ 次に進むと、完成した数直線上で比例関係を表すことができる。デジタルコンテンツの中に用意してあるペンと消しゴムを使って、デジタルコンテンツの画面上に記述することができる。これも、児童が書き込むこともできる。

#### 計算の仕方

計算の仕方は、割合にあたる数値の単位分数もしくは他に小数のいくつ分というように考えているため、割合にあたる数値がわかっていること、その数値が分数か小数である必要がある。

このコースも数直線と立式のコースと同様に、最初は、パズルのように数直線を作る画面があるが、そのまま「すすむ」ボタンを押せば、次に進むようになっている。数直線が完成してから、「すすむ」ボタンを押すと、図5のような画面となり、単位小数にあたる量のいくつ分と考えることができるようになっている。



図5 計算の仕方

### (3) 授業における数直線デジタルコンテンツの効果の検証

#### 授業の手続き

今回作成した数直線デジタルコンテンツを検証するための授業は、第5学年の「百分率とグラフ」の中の小単元である「割合」で行った。この小単元を選択した理由は、単元名の中に演算名が含まれておらず、数直線デジタルコンテンツによる演算決定への児童の印象が分かりやすいと考えたからである。実施対象となる初月小学校5年生1学級の児童に対して、2時間の実践授業を行った。授業では、教室前方に設置したプラズマディスプレイにノートPCを接続し、コンテンツを表示した。主な操作は授業者がマウスを用いて行い、必要に応じて学習者もマウスで書き込んだり、操作をしたりするという形式である。

第1時は、数直線デジタルコンテンツを使用せず、補助デジタルコンテンツ(図6)で授業を進めた。第2時では、数直線デジタルコンテンツと補助デジタルコンテンツの両方を使用した。授業終了後、調査用紙を配布し、回答を求めた。

#### 調査の結果

今回の調査も、児童による印象調査を行った。学習の中で使用した補助コンテンツも含めて、印象に残った場面とその理由を回答してもらった。選択場面は複数回答可としてある。

第1時(表5)で印象に残った場面に共通する特徴は、コンピュータの操作が含まれているところであり、子どもが操作する場所がより印象に残っている。印象に残った理由は、見易さや比べ易さが挙げられた。また、コンピュータの操作となる星取表の整理や動かして比べることも印象に残る理由であった。

表5 第1時印象調査結果

| 場面                | 人数(人) |
|-------------------|-------|
| ア. 問題が提示された       | 5     |
| イ. 星取表を整理した       | 21    |
| ウ. 整理した星取表をもとに比べた | 20    |
| エ. 星取表を基に数直線を作った  | 15    |
| オ. 数直線を動かして比べた    | 15    |

第2時(表6)では、立式を終わらせた後で、数直線とことばの式を結びつけたところが一番印象に残っている。

表6の中で、数直線デジタルコンテンツに該当するのは1、2、5番目の項目である。印象に残った理由は、割合を求める式と数直線の構造を比べると分かりやすいだとか割合を求める式がどうしてこんな式になるかがよく分かったなどが挙げられている。また、児童は数直線のよさとして、上下で比べやすいことや式との関係が分かりやすい、見やすいというものを挙げている。また、数直線は、ただの数字を書いた線ではないということを指摘している児童もいた。

### (4) 考察

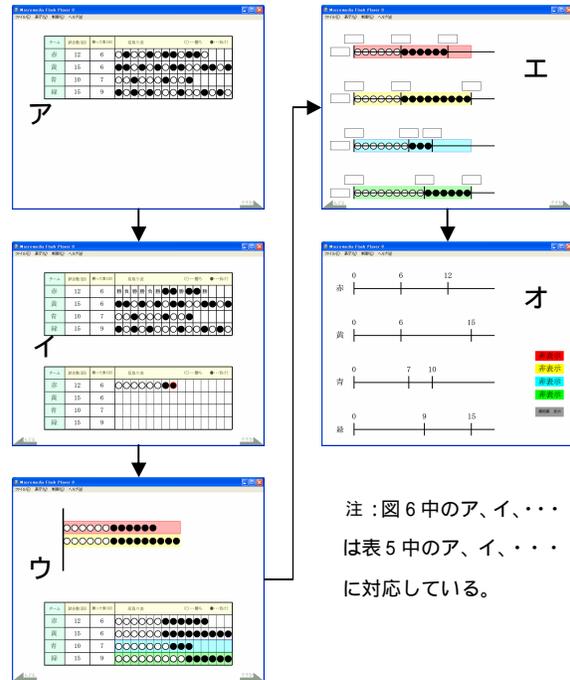


図6 補助デジタルコンテンツ

注: 図6中のア、イ、... は表5中のア、イ、... に対応している。

表6 第2時印象調査結果

| 場面               | 人数(人) |
|------------------|-------|
| 問題から数直線をつくる      | 13    |
| 数直線上の数量の関係をつかむ   | 11    |
| 求めた割合で数直線を比べる    | 4     |
| 割合をもとに数直線を比べる    | 11    |
| ことばの式と数直線の構造を比べる | 22    |

補助コンテンツを使用し、星取表から数直線を作成したことや操作が簡単なことから数直線デジタルコンテンツによる数直線の作成もスムーズに行うことができた。対応関係を意識させるのは、コンテンツの操作上で行えるようにしているので教師が説明をしなくても、児童は関係をつかむことができた。また、コンテンツの見せ方として、学習の段階を分けたことで、必要な場面を素早く呼び出すことができるようになった。振り返りや復習も容易に行うことができるようになり、また、デジタルコンテンツを使用することで、提示にかかる時間が大幅に短縮され、児童を待たせる時間を減らすこともできた。また、単元名に演算名の出ていない「割合」であったので、児童にとっても、演算決定の道具として、数直線の有用性に気がつくことができた。ことばの式と結びつけたところも児童の印象的な場面として心に残っていることから、児童が説明を聞き、考えるための道具としてのコンテンツの役目を果たすことができたと言える。

## 5 教育情報の蓄積と公開

今回の研究では、蓄積し、公開する教育情報を教育用のデジタルコンテンツと設定した。学校の中で流通させることを目的として、CMS(Contents Management System)の構築と実験的運用を行った。近年、校内で使用される素材や教材もデジタル化されたものが増えてきており、再配布や再利用のための蓄積公開システムが必要とされてきている。これらの目的とユーザーが利用する環境を考慮すると、現時点ではCMSが最適である。

CMSとしては、XOOPSとPloneを選択し、環境の構築を行った。XOOPSはOS、Webサーバ、データベースサーバ、PHP(スクリプト言語)が稼動している環境にインストールするものであるが、日本国内での開発も活発で、ユーザーも多い。Ploneは、オールインワンパッケージとなっており、独自にサーバを立てることが可能となる。インストールして運用した結果、両方のCMSとも手軽に構築が可能で、デジタルコンテンツのアップロードやダウンロードも特別な知識を必要とせず簡単に行うことができた。このことから、サーバの管理運営ということを考慮に入れると、外部にサーバを借りることができればXOOPSを導入し、外部にサーバを借りられないときはPloneを使用すればいいという結果になった。

## 6 まとめ

本研究では、数量の関係をイメージ化するための道具として、図的表現である数直線を採用し、数直線のデジタルコンテンツ化を行った。数直線デジタルコンテンツには、対応関係を意識させる仕組み、数直線の構造や立式、計算の仕方につながる提示、双方向性、画面への描画、問題ファイルの読み込みなどの機能を盛り込んだ。授業では、児童が行える操作はなるべく児童に行わせるようにして、児童をただの観客にさせないようにしながら、授業者が主導権を握り、これらの機能を必要に応じて使用した結果、数直線は、ただの数字を書いた線ではないということに気づく児童もあり、教師の説明の道具としての機能と児童が説明を聞く手がかりとしての機能を果たした。今後、演算決定の道具に数直線を活用できるようになるかについては、継続的に数直線の有用性を持たせる指導が必要になると考える。また、数直線デジタルコンテンツは乗除法だけが対象であったが、児童が問題解決にもっと自由に使用することのできるツールの開発も検討中である。

教育情報の蓄積と公開に関しても、実験を行ったのみであるので、実際に現場で運用してデジタルコンテンツを校内で流通させることで得られる成果を検証することがこれからの課題となる。

### [参考文献]

東京書籍『新編 新しい算数』、2005

益子典文『デジタルコンテンツを活用した【わかる授業】【考える授業】の設計』

<http://www.higi.ed.jp/ws/e-class/sekkei.htm>、2002

白井一之『乗法・除法の演算決定に有効にはたらく数直線の指導』日本数学教育学会誌第79巻、1997