

視覚的支援を活用した算数科指導の実践研究

小崎 記子（長崎大学大学院教育学研究科教職実践専攻）

笹山龍太郎（長崎大学大学院教育学研究科）

綿巻 徹（長崎大学大学院教育学研究科）

小学校算数科の学習において文章題を解けるようになるには、「式を導き出す」と「計算する」の2つの力が必要となる。しかし、学習障害や算数障害などの児童は、認知過程の発達の未熟さや認知方略の特性によって、文章題の学習でつまづいてしまうことがある。本実践研究は、継次処理対応、同時処理対応、支援なしの3種類のプリント課題を開発し、通常学級に在籍する発達障害児に焦点をあてた個別指導を行い、プリントの裏面では文章題のイメージ化を図る課題を学級全体の児童を対象に行った。筆算指導及びイメージ化の指導に加え、視覚教材を活用した単元指導を行い、効果の拡大を図った。個別指導の問題のイメージ化では、支援群及び通常群の児童の学習成績が向上し、単元指導では要支援群及び支援群の児童の学習成績が向上し、学力の二極化が緩和された。また、指導後の質問紙には、学習意欲の高まりを示す記述が綴られていた。終わりに、この個別指導と単元指導がそれぞれ学級のどの群の児童に効果があったのかを、評価テストの結果から考察した。

キーワード：小学校算数科、文章題、計算指導、学習意欲、学力向上

小学校学習指導要領解説算数編（文部科学省，2008）によれば、算数・数学には内容の系統性や学習の連続性が明確であるという教科としての特性がある。また熊谷(2011)は、算数科の特性は間違いがはっきりと分かってしまう教科であると指摘している。このような特性から、前学年の学習内容を習得できていない児童は、当該学年の学習内容を理解できずに学習意欲が低下することが懸念される。

児童への意識調査(日数教，1998)によると、嫌いな教科として算数があげられ、第5学年では最も嫌いな教科となっている。この結果から、算数科において、児童の学習意欲を高め、児童に学ぶ楽しさや成功体験を経験させることが学校課題の1つであると言える。

熊谷(2011)は文章題について、児童の「分からない」の原因の一つに問題をイメージできず、演算決定ができないがあると指摘している。この児童の分からないを解消するための手立てとして、視覚的支援の必要性が挙げられるつまり、絵や図を抽象化した対応数直線や面積図などの視覚的なイメージを問題解決するための道具として活用することが算数科指導の中で大切なのである。

そこで本実践研究では、算数科の学習・指導と視覚的支援の有効性を先行研究で明らかにした上で、児童への個別指導及び全体指導を実践した。

児童の学習のつまずきの背景要因の一つに「認知処理様式」が考えられる。認知的処理様式(認知処理能力)は、「同時处理的認知様式」と「継次处理的認知様式」の2つに分類される、脳の情報処理の過程である。

同時处理的認知様式：情報を空間的・統合的要因を重視して処理する様式。

絵や映像など運動的情報を手がかりにしている。

継次处理的認知様式：時間的・分析的要因を重視して処理する様式である。

絵や映像よりも、聴覚的な情報や言語情報による処理に優れている。

通常、児童はこの2つの様式を状況に応じて使い分けたり、組み合わせたりして情報を処理する。しかし、発達障害の特徴が見られる児童は、この2つの認知様式がどちらかに偏ってしまうことがある。以下では、「計算におけるつまずき」と「文章題におけるつまずき」の要因を明らかにする。

計算は本来、継次的な要素が強い。よって、継次処理能力が強い児童には計算手順をわかりやすく示せば、少なくとも計算はできるようになる。しかし、同時処理能力が強い児童は、計算の手続きを1つずつ順に追っていく方略が困難であるため、計算技能の獲得につまずくと予想される。また、特に聴覚的短期記憶の未熟な児童は、九九の暗誦に困難を示し、九九が一度定着したとしても、除法筆算では九九を流暢に想起することができず、苦勞してしまうという事例もある。

アメリカの精神医学会の「診断と統計のマニュアル第4版(DSM-IV)」の「算数障害(mathematics disorder)」の記述によると、このような計算におけるつまずきの特徴として以下の4つを挙げている。

- ①言語的技能：算数用語、演算、または概念を理解する(または命名する)、文章問題を数学的記号に符号化すること
- ②認知的技能：数字記号または計算記号を認識する、または読む、および、ものをグループ分けすること
- ③注意技能：正確に数字や図を模写すること、繰り上がりの数を足すことを覚えていないこと
- ④算数的技能：一連の算数的手順に従う、ものを数える、かけ算表を覚えること

先ほど述べた繰り上がりのある加法では、③注意技能及び④算数的技能の困難にあたる。また、九九の暗誦のつまずきは、④算数的技能の困難にあたる。

これまで、同時処理能力が強い児童の特性について述べてきたが、継次処理能力が強い児童は、計算が継次的な要素が強いからといって、つまずきを起こさないわけではない。継次処理能力が強い児童は、視覚認知力や空間認知力が弱いため、演算の基礎となる概念や時間及び空間関係を正しく理解できず、機械的記憶の学習に頼ってしまう。つまり、計算手続きに長けている児童でも、計算間違いに気付かずに誤った答えを導き出してしまうのである。

文章題においては、「立式」と「答えを導く」という2つの要素がある。これらのうち、継次処理能力が強い児童は、文章から演算子に関係のあるキーワードを拾って「立式」し計算することができても、おおまかに答えを言い当てることや、正確な「答えを導く」ことは困難である。また、同時処理が強い児童は、文章を読んだと同時に、とっさに「答えを導く」ことができるかもしれないが、「立式」してそれを計算するということができず、さらに問題文の中でどのような計算の段階があるかを正しく理解できず「答えを導く」ことが困難である。

文章問題の解決過程を吉田・多鹿(1995)は、スキーマ理論として紹介している。スキーマとは、問題として書かれている文章の意味を理解し、内容に関連する知識を利用して文間の関係をまとめあげた知識構造を言う。Kintsch と Greeno(1985)はスキーマ理論で、文章題を解くプロセスを「理解過程」と「解決過程」の2段階に分けている。発達障害の特徴が見られる子どもと健常児の児童に共通してつまずきが見られた過程が「理解過程」の「統合過程」である。「統合過程」とは、算数に関する知識に照らし合わせて文章の関係をまとめあげる過程である。つまり、多くの児童は、既習の算数の知識と文章の関係を結びつける力が欠けており、その力を教師は支援や指導によって伸ばしていく必要がある(図1)。

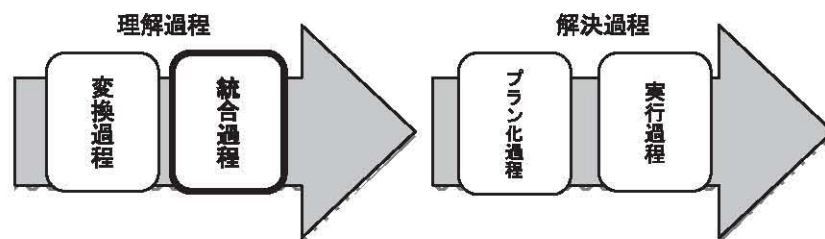


図1 児童が文章題を解くプロセス

熊谷(2009)は、文章問題の問題解決場面において、問題文が表す状況をイメージしにくい問題は、何度読み返しても意味が読み取れないことが多いと指摘している。そこで、問題文が表す文章関係を具体物や場面の様子を用いて児童に視覚的支援を行うことによって、文章関係の理解を促し、正しい答えを導き出せるように、視覚的支援を活用した個別指導及び全体指導を実施することにした。

本実践研究では、整数及び小数の乗除法の学習指導を主に行った。乗除法の文章問題における児童のつまずきには、計算と式を導き出すことの2つの要因があった。そこで実践Ⅰでは、個々の特性に応じた課題と問題のイメージづくりの指導を反復学習の時間を活用して行なった。また実践Ⅱでは、具体物や視覚教材などを活用した小数の乗除法に関する単元指導を行なった。

2つの実践を組み合わせることで、相互の指導の効果を高め、学級全体の学習成績の向上に効果があると考えられる。そこで、個別指導と授業実践の両方の指導の効果を総合的に考察し、視覚的支援の効果の有用性について明らかにする。

実践 I

対象児 本実践研究の対象児は、実習協力小学校第4学年の35名を対象としている。本学級の児童は明るく元気で、活動には積極的に参加する。しかし、学習面では学習成績が高い児童と学習成績が低い児童の差が大きく、学習成績が低い児童は、当該学年の学習内容についていけないなど、学力の二極化が広がりつつある。そこで、実践 I では、乗除法の計算指導と問題のイメージ化を行うが、計算指導は特に算数の学習につまずきがあると考えられる要支援児2名(A児、B児)、支援児4名(C児、D児、E児、F児)を焦点にあてて指導する。

要支援児のA児は、かけ算九九が困難であり、乗除法の筆算をすることができない。特に、2桁の計算は困難である。一方B児は、乗数が1桁の乗法はできるが、乗数が2桁になると計算が困難である。支援児の6名は、授業だけでは学習内容を理解することが困難であるが、個別指導やスモールステップの指導を行うと、理解できる児童である。

バリバリタイムを活用した視覚教材による乗除法の指導 バリバリタイムとは、実習協力校での業間を利用した反復学習時間である。この10分間を利用して、毎週3回(火、木、金)行われている。そこで、この時間を活用し9月下旬から視覚教材による整数及び小数の乗除法の指導を実施した。

視覚教材の開発 児童が使用している教科書は、同時処理方略及び継次処理方略のどちらにも対応している。そこで、啓林館の算数科の教科書を参考に、同時処理対応、継次処理対応、及び自由記述の3種類のプリントを開発し、同じ問題で方略別に問題解決に取り組めるようにした(図1)。

① 計算のしかたをマスターしよう!
 ☆ふくろを40こ と 8こ に 分けて考えよう。

40こ分	$36 \times 40 =$	36×40	36×8
8こ分	$36 \times 8 =$		
あわせて			こ

② 算数のじゅんばんをかくにん!

36に8をかける。 → 次は36に をかける。 → だす。

図1 視覚教材(左図:同時処理対応プリント、右図:継次処理対応プリント)

方法

3種類のプリントから1枚を選択させ、表の乗除法に関する文章題2題と、裏の問題のイメージ化をする課題に10分間で取り組ませた。また、問題に取り組む際には、今回の目標を確認してから解くように指示をした。実践者は、机間指導の中で支援が必要である6名の児童を中心に指導にあたった。最初のうちは、6名全員に声をかけ、手順や計算の仕方を指導したが、C児とE児は自分の力で課題に取り組むようになり、残りの4名を主に指導することとなった。A、B児、E児、F児の4名は、かけ算九九をうまく言えない場面が多い。そこで、小数の乗除法の単元指導に入る頃に九九カードを渡し、使用するようにさせた。

確認テスト 指導の効果を測るために、指導前・指導中・指導後の3回で確認

テストを実施した。問題は、四則演算と小数の加法及び減法の文章題をそれぞれ 1 問ずつ合計 5 題の文章題を出題した。文章題はランダムに出題し、児童が形式的に問題解決をするのを防ぐ方法をとった。確認テストでは、式 1 点、答え 1 点の 10 点満点で採点した。

結 果

獲得得点の変化 乗除法の筆算つまずきが見られる A 児及び B 児の個別指導の前後の獲得得点の変化を見ると、A 児は、同時処理対応プリントでは正解することができなかったが、継次処理対応プリントでは、1 問正解が 5 回、全問正解が 2 回できている。支援なしプリントでは、学習直後の小数の乗法の問題で 1 問正解することができた(図 2)。B 児は、1 回目で全問不正解であった。2 回目以降では、全問正解が 6 回、1 問正解が 7 回であった(図 3)。

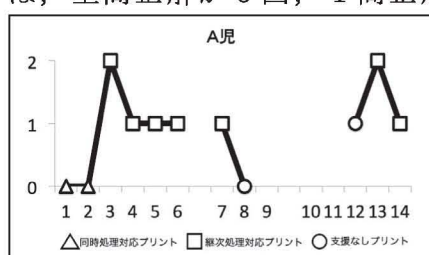


図 2 A 児の獲得得点の変化

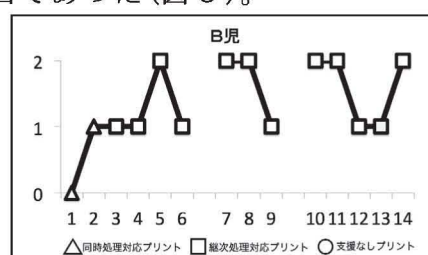


図 3 B 児の獲得得点の変化

支援群の児童 4 名は、指導開始直後はプリントのやり方に戸惑いがあったが、慣れてくると自力で解決できるようになった。2 名(D 児, F 児)は最後まで支援を必要としたが、残りの 2 名(C 児, E 児)は、自分の力で解くようになった。

確認テストの学習成績の変化 指導の効果があったかどうかを検討するために t 検定を実施すると、有意差 1 % 水準で指導後の得点が指導前の得点より高くなっていることが確かめられた(図 4)。要支援群及び支援群の児童 6 名の得点を見ると、要支援群の A 児は確認テストの得点が低下し、支援群の C 児は変化がなかったが、残りの 4 名は全員得点が向上した。

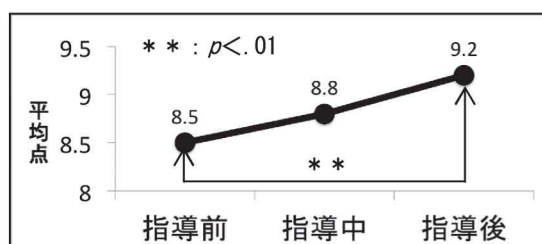


図 4 確認テストの学級平均点の推移

乗除法の平均点の変化 今回指導した乗除法の問題の得点の変化を見ると、乗法では 3 回目が、除法では 2 回目の平均点が低下しているが、どちらも 1 回目よりも 3 回目の平均点は上昇している。平均点が低下した時の問題文を見てみると、乗法では前の問題が加法の時、乗法の問題で加法の式を立てた児童の数が増えている。また、除法では問題の問われ方によって正答率が減少した(図 5)。

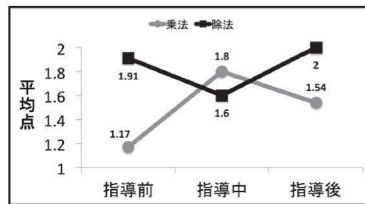


図5 確認テストにおける乗除法の問題の平均点の変化

児童が設定した学習目標の趣旨 児童が設定した学習目標は、前回の学習成績を考慮して綴られていた。目標の内容の趣旨は、「小数点を打ち忘れていたので忘れないようにしたい」「だんだんよくなっているのもっと頑張る」と自分の学習態度や学習成績をメタ認知していると考えられるものであった。また、「次も花丸にしたい」と学習意欲の高まりが示唆される趣旨も綴られていた。

児童の感想文 児童には毎指導ごとに感想文を書かせた。感想文には、級友の問題を解くことの楽しさや、気をつけたことなどが綴られていた。内容の趣旨には、「A君の問題は難しかったけど楽しかった」「絵をかくのを頑張った」などがあつた。B児が書いた感想文には、「ちょっと解けて嬉しかった」「全部解けて嬉しかった」と筆算ができるようになった喜びを感じていることが綴られていた。

児童の質問紙の回答 個別指導終了後に実施した質問紙には、多くの児童がバリバリタイムにおける学習活動が楽しかったと回答していた。また、算数が解けるようになった喜びや、自分の学習活動を通しての変化を綴った回答もあつた。児童の記述には「絵や図をかいて面白かった」「最初は丸だったのが今は二重丸になったので嬉しい」「自分が間違った所がこういう所だと分かった」などと綴られていた。B児は「だんだん解けるようになっていくと楽しかった」と綴り、A児は「バリバリタイムは楽しかった」と綴っている。

実践Ⅱ

実践Ⅱでは単元指導を行った。扱った単元は、第4学年の「(小数)×(整数)、(小数)÷(整数)」である。小学校学習指導要領(2008)によると、乗数や除数が整数である場合についての小数の乗法及び除法の計算の指導では、その計算の意味が理解できるようにするとある。この目標を達成するために、教材と指導に視覚的な支援を取り入れることとした。

方法

視覚的支援を用いた2つの教材の開発 熊谷(2009)は、問題のイメージをもたせる手立ては、学習においてどの学年にも有効であると指摘している。そこで、問題のイメージをもたせる手立てとして2つの教材を開発した。

(1) **筆算の位取りに注目させる教材** 児童の間違いが多かったのが位取りである。そこで、数字と小数点をカード化し、一枚一枚を黒板に貼り、正しい位取りを児童が前に出てできるようにした。全体を示すと誤った筆算を提示しても、

変換することができないが、数字一つ一つをカード化することで、児童が前に出て正しい位置に置くことができる。そして、動きがある教材のため、児童の注意が向きやすい教材となった(図6)。

(2)児童の量感を支える具体物 児童の中には「20 cmはどのぐらいか」と聞いても、約 20 cmの長さを、手を広げて示すことができない児童がいる。そこで、児童の量的感覚を支援するために、問題と実際に同じ大きさの具体物を作成した。具体物があることによって、継次処理能力が高い児童は、計算間違いをした時に、その答えた量が実物と合っているかを確認めやすくなった(図7)。

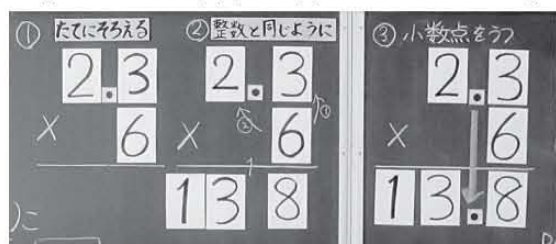


図6 筆算の位取りに注目させる教材



図7 ロールケーキの具体物

指導の進め方 11月下旬から12月中旬まで全13時間の指導を行った。指導内容は乗法と除法に大きく分けられる。それぞれを、内容指導、筆算指導、練習問題の流れで行い、指導の効果を2つの単元末テストの結果で比較を行った。

(1)内容指導 小数の乗除法のしくみに関する指導は、児童にイメージ化をさせたり、言葉で説明させたりする活動を行った。イメージ化した児童の絵を黒板に掲示し、絵やイラストを活用してしくみを理解できるように配慮した。

(2)筆算指導 筆算指導では、数字及び小数点カードを用いて筆算の方法を確認した。そして数名を指名し、前に出て筆算の方法を書かせ、学級での意見の共有化を図った。

(3)練習問題 どこで自分は間違ってしまうのかを児童に投げかけ、児童の気づきを黒板に板書し、間違いやすいところをメタ認知できるように配慮した。また、問題を小分けに提示し、スモールステップで取り組めるようにした。

評価テスト 指導の効果を測るために、指導前の単元(「2けたでわるわり算の筆算」)と本単元の単元末テストの結果を比較した。単元末テストは“技能”と“数学的な考え方”に別れており、各50点満点の計100点満点で評価する。

結果

単元末テストの学習成績の変化 本単元末テストと、前単元の「2けたのわるわり算の筆算」の単元末テストの結果を比較する。指導に効果があったかどうかを、各分野(技能、数学的な考え方、総合)の得点がクラス全体として上昇したかについてと、学習成績の散らばりの変化の2つの観点から検討する。

各分野(技能、数学的な考え方、総合)の得点の変化 本学級には、どちらか一方のテストを受けていないものが3名いた。この3名を除いた32名についてみ

ると、t 検定の結果から、“数学的な考え方”では、有意な差はなかったが、“技能”と“総合”では有意差 5 %水準で指導後の平均点が指導前の平均点よりも高くなっていることが確かめられた(表 1)。

表 1 単元末テストの平均点

分野別の平均点	2種の単元のテスト成績		t 検定
	2けたでわるわり算	(小数)×(整数), (小数)÷(整数)	
1. 技能	36.7	41	*
2. 数学的な考え方	38.1	41.2	n.s.
3. 総合	74.5	81.3	*

** : $p<0.01$ * : $p<0.05$ n.s. : 有意差なし

注 1) 技能と数学的な考え方は 50 点満点、総合は 100 点満点で成績を評価する

学習成績の散らばり具合の変化 学習成績の散らばり方を検討するために、それぞれの単元末テストの標準偏差(SD)を求めた結果、すべての分野において指導後の単元(小数×整数, 小数÷整数)のテスト結果の方が成績の散らばりが小さくなっている。つまり、学級集団の中での学力の二極化が指導前よりも小さくなったことが言える(表 2)。

表 2 単元末テストの標準偏差(SD)

分野別の標準偏差	2種の単元テストの標準偏差	
	2けたでわるわり算	(小数)×(整数), (小数)÷(整数)
1. 技能	13.9	9.9
2. 数学的な考え方	15.4	11.4
3. 総合	28.2	19.8

児童の学習態度の変化 学級全体の学習態度は指導前よりも能動的になった。本指導中に、学級全員が挙手をし、発表をすることができた。支援が必要とされる 6 名の児童の学習態度は指導前よりも能動的になった。特に A 児と B 児は、授業で手を挙げて発表する回数が増えた。6 名全員が、板書をノートに書くようになり、机間指導中に自ら質問をするようになった。支援群、通常群の児童は、早く課題が終わると近くの児童に教えたり、お互いで答えの確認をしたりするようになった。教え合いは、児童らが自ら個別指導の時間でも行うようになり、下位群の児童同士の教え合いも成立するようになった。

総合的考察

個別指導と単元指導が(1)どのような児童に効果があったのか、(2)児童の学びがどのように変容したか、(3)児童の自信と学習意欲が向上したかの 3 つの視点から、2 つの指導の有効性について総合的な考察から明らかにする。

個別指導がどのような児童に効果があったか まず、個別指導における視覚的支援を活用した計算指導は、支援群及び要支援群の児童に有効的であった。計算がほとんどできなかった要支援群の児童は、継次的な視覚教材を活用すれば計算をすることができた。この結果から、計算の手続きは継次的な要素が強く、継次的な視覚教材を活用すれば、計算を流暢に行えるようになることが考察できる。

問題のイメージ化する活動は、支援群と通常群の児童に有効的であった。これは、Montague(1997)が提案した認知-情動モデルの「視覚化する」認知過程を、問題の「イメージ化する」活動で流暢に行えるようになり、学習成績が向上したと考察できる。一方、要支援群の児童は文章題問を読んで、問題のイメージ化をすることができなかった。この結果から、要支援群の児童は、「視覚化する」認知過程の前の「読む(理解する)」「言い換える」過程に課題があることが考察できる。今後は要支援群の児童に対して、文章題で問われていることが何かを理解する力を伸ばす指導を行うことが重要である。

確認テストで乗除法の平均点が一部低下した要因 確認テストにおける乗除法の平均点が一部低下した要因には、出題者の出題方法に何らかの問題があったことと、問題の出題順序が関係していると考察できる。Carpenterら(1982)は、文章題には3つの意味構造(変化、結合、比較)があり、問題の意味構造の相違によって、児童の文章題の解法結果が異なることを指摘している。除法では、「何等分」や「1人分は何個」(1回目と3回目)と問われる問題では学級の9割以上が正しく立式することができているが、「何倍ですか」と問われる問題(比較問題)では正しく立式ができる児童の数がかなり減少した。つまりこの結果から、意味構造が異なる文章題を出題したことによって、平均点が低下したことが明らかとなった。また、乗法では、直前に加法の文章問題を解くと、乗法の問題で加法の式を立式してしまう傾向があった。この結果から、加法と乗法のように答えが「増える」問題では、児童は加法と乗法の考えが混同してしまうことが示唆された。

児童の学びの変容 前単元(2けたでわるわり算)と本単元(小数 \times 整数、小数 \div 整数)の単元末テスト結果を見ると、小数の要素が新たに加わっているにもかかわらず本単元の平均点が統計的に向上している。これは、視覚的支援を心がけた指導が有効であったのではないかと考察される。視覚的支援を工夫したことで、児童が板書に注目する時間が長くなり、発言数が増えるなど、学習活動に対して能動的になった。だから児童は、本来難しい小数の乗除法の問題も比較的に解けたのではないかと考察される。視覚的支援を工夫することは、児童の学習活動を活性化し、学習内容の定着を促進するために有効的な手立ての1つであることが示唆された。

A児とB児はかけ算九九が曖昧で、2桁の小数の乗除法になると、計算間違いをしている。しかし計算間違いが見られたものの、小数の乗法の計算では数字を書く場所や、小数点の位置などの計算方略の定着が見られた。つまり、A児とB

児は今回の視覚的教材を用いた指導で、乗除法の筆算の方略を習得し始めていることが示唆される。今後はかけ算九九の確実な定着と繰り上がりの計算の指導を工夫することが重要である。

要支援群の児童は文章題では、個別指導の結果と同様に要支援群の児童は文章を読んで式を立てることが困難であることが示唆された。四則演算をすべて出題したときよりも、乗除法のみを出題した時の方が正答率がよい。これは、選定する演算種類が減るとの確立が高くなるからではないかと考察できる。

児童の自信及び学習意欲の向上 個別指導と単元指導を通して、児童の観察と児童の感想から、学習意欲の高まりが示唆された。授業実践では、視覚的な配慮を指導に取り入れた結果、授業での挙手やノートの記録、課題への取り組みなど児童の能動的な活動が増えた。この結果から、視覚的に分かりやすい板書や具体物を用いた授業は、児童の学習活動を能動的にすることが考察できる。個別指導では、児童の認知方略に配慮した視覚教材を用いた指導を行った結果、学級全体の児童が確実に得点することができるようになってきた。問題のイメージ化で行った問題づくりと絵や図をかく活動は、児童にとって興味・関心が高い活動であり、算数科の学習意欲を高めるための効果的な活動であった。児童自らがイメージを作り出す活動は、児童の学習意欲を喚起し、学習活動の促進に大きく影響を与えたことが考察できる。視覚的支援は、教師が提示する支援と児童自らが作り出す視覚的情報が支援となることが本実践研究で明らかとなった。今後も視覚的支援を活用し、児童の学習意欲と学習成績の向上に寄与することが重要である。

結 論

学力の二極化が広がりつつある学級全体に対して、視覚教材を用いた計算指導と問題のイメージ化を促す指導を行った結果、単元末テストの学級全体の平均点が指導前より向上し、標準偏差が小さくなった。このことから、学級全体の成績が向上し、学力の二極化が指導前よりも緩和されたことが明らかとなった。この結果は、視覚教材を用いた計算指導と問題のイメージ化を促す指導が有効だったことを示している。そして、この指導の有効性は、児童の能動的な学習態度や指導後の感想にも表れており、児童の学習意欲と自信の高まりが示唆された。

文 献

- 東原文子・前川久男(2006)「計算・推論」に困難のある子どもの指導、日本文化科学社、100-111
- 熊谷 純 (2009) 算数の授業を変える教師の力、東洋館出版社
- 中山修一・高山佳子 (2004) 算数文章題のつまずきとその指導について-文献及び事例を対象とした研究-、横浜国立大学教育人間科学部紀要、I、教育科学(6)、163-177