

原 著

九九一図形の変換課題「かけざんもよう」のC A I教材の作成と試行
—「数感覚」を意識した通常学級および学習困難児のための教材として—

東原 文子

九九の答の一の位の数字（たとえば $4 \times 3 = 12$ ならば「2」）を直線でつなぐと五角形や星型などの規則正しい図形になるという算数の課題を、軽度知的障害のある児童2名の個別指導で用いた。基礎計算の答の想起が得意なA児には計算結果が図になるということに、逆に、計算が不得意だが図形を描くことは好むB児には、図形から正しい数を推測できることに気づかせることができた。さらにこの教材をC A I教材化したものが、通常学級の3年生の授業で困難なく活用でき、「数感覚」の様々な要素との関連をもたせられることがわかった。九九が不得意な児童であっても、九九表を見ながらならば学習可能な課題である。さらに、鉛筆と定規で線を引く作業が不得意な児童でもC A I教材ならば正確な直線を引くことや消すことが容易にでき、学習困難児が通常学級で級友とともにこの活動に参加できることが期待される。

キー・ワード：算数 C A I 数感覚 通常学級 学習困難

I. はじめに

近年、「数感覚」(number sense)を活かした算数指導が注目されている。

「数感覚」は、子どもの数に対する流動性や柔軟性と関係すると指摘されている(Gersten & Chard, 1999)。1954年にDantzigによって初めて「数感覚」の概念が提唱され半世紀が経ったが、この半世紀の間に、認知科学研究者や数学研究者が異なった方面から「数感覚」を定義してきた(Berch, 2005)。それら様々な「数感覚」に関する先行文献をレビューすることによって、Berch (2005)は、「数感覚」が意識、直観、気づき、知識、スキル、能力、願い、感覚、予測、プロセス、概念的な構造、心的数直線等から構成されているとしている。

日本では杉山(1990)が、「数感覚」を「数への感覚」と呼び、「数の大きさ」「数の構成」

「計算の性質」「数の意味」「数の美しさ」に対する感覚といった、様々な視点から考えることができるとしている。たとえば、「数の大きさに対する感覚」とは、数字や数詞の表している大きさについての感覚で、概算や見積もりに関係がある。また、「数の構成に対する感覚」とは、12という数が、6と6、3の4倍、24の2分の1、2で割れる、といった、様々な構成をしていることが理解されることである。「計算の性質に対する感覚」とは、基本的な計算の規則を用いて、計算をより効率よく行うことに関係する。「数の意味に対する感覚」とは、具体的な数の意味を把握できる力のことである。例えば1%は一見すると非常に少ないように見えるが、1億の1%となると非常に大きな数に見えるようになる。「数の美しさに対する感覚」とは、九九の表で2の段の位は2、4、6、8、0が繰り返されているとか、9の段の一の位は1の段と逆順になっていると気づくなど、

規則性を美しいと思ったり、興味を持ったりすることであるとされる。

ところで、通常学級に、計算が不得意な児童、あるいは「数感覚」に乏しい児童がいる。筆者は、LD児や軽度知的障害児などの学習困難児においても「数感覚」を意識した指導は重要であると考えている。学習困難児の認知特性は様々であるが、たとえば計算の手続きだけを追う機械的な学習をしがちな児童には、「数感覚」の育成を意識した指導が必要であろう。逆に計算が不得意でも、「数感覚」を利用することで学習を援助できると思われる児童もいる。

しかしながら、「数感覚」の評価法に関する文献は数少ない。さらに、その評価法も現在のところ、たとえば、杉山(1990)のいう「数の大きさに対する感覚」「計算の性質に対する感覚」「数の構成に対する感覚」について、数の大小比較、数の構成や計算の規則に対する知識、概数による見積もりなどができるかどうか、といった「知識・技能」の評価が行われる程度である。「数の美しさに対する感覚」に関する評価を行っている研究は今のところ見当たらない。おそらく、特に「数の美しさに対する感覚」(他の「数感覚」にも共通することであるが)については、単に「知識・技能」というものではなく、Berch(2005)が「数感覚」の構成要素の中にあげている、「気づき」「願い(おそらく、学んだ算数的知識を生活の中で使っていきたいという意欲のようなものと考えられる)」といったものを評価する方法を探ることが必要であると考えられる。

筆者は、「数感覚」の育成や利用を意識した学習が可能でかつ容易に取り組める課題を探ってきた。なかでも、ある教科書(教育出版)に載っていた、九九の答の一の位の数を直線で結ぶことにより図形がしあがっていくという課題「かけざんもよう」(Fig. 1参照)は、独力で、あるいは、九九表を見るなどして、九九が想起できさえすれば取り組むことができる。しかも、前述した、「数の美しさの感覚」(杉山, 1990)に深く関係すると考えられる。

そこで本研究では、次の2点を目的とすることとした。

- ①教科書で紹介されている「かけざんもよう」課題が学習困難児の指導に有効であるかを、認知特性の異なる2名の対象児への試行を通して「数感覚」の面から検討すること。
- ②いつでも誰でも学習できるように本課題をCAI教材化し、通常学級や教育相談室における学習困難児の個別指導の場で試行してその利用可能性を検討すること。

II. 方法

1. 対象

後述の学習困難児A児、B児は、いずれもWISC-ⅢではFIQ60程度の軽度知的障害のある通常学級在籍の小学生で、学習に困難を示す。大学の教育相談室で、筆者や大学院生による教科学習の個別指導を受けている。

(1) A児

男児。8歳2ヶ月時のK-ABC検査では、90%信頼水準での継次処理の標準得点は90(±9)、同時処理の標準得点は71(±8)で、その差は19あり、継次処理が同時処理より1%水準で有意に高かった。継次処理と習得度、同時処理と習得度の間には有意差は見られなかった。認知処理過程の評価点平均7よりも有意に低かった下位検査は「模様構成」(評価点4)で、境界線がなくなると模様を構成することができなかった。一方、平均より有意に高かった下位検査は、「数唱」(評価点11)であった。5項目までの数を復唱することができた。

8才8ヶ月時のWISC-Ⅲ知能検査は、言語性IQ71(90%信頼区間67-79)、動作性IQ54(52-66)、全検査IQ59(56-67)であった。言語性IQが動作性IQより5%水準で有意に高かったことから、全検査IQは軽度遅滞のレベルであるが、認知面の偏りに配慮した指導をする必要があると考えられた。群指数は、言語理解73(69-86)、知覚統合58(55-70)、注意記憶76(71-86)、処理速度69(66-84)であった。群指数では、言語理解が知覚統合よりも5%水準で有意に高

く、注意記憶が知覚統合よりも5%水準で有意に高かった。

算数においては、2年生の末に一位数の減算(繰り下がりのあるもの)が困難であったため相談室で学習したが、文に数字を入れていく穴埋め形式(「10から□とると□・・・」)で手続きを追うプリント学習で、わずか2回の指導セッションでできるようになった。九九は家でCDを聞きながら覚えた。計算は機械的な暗記で学習してしまう。たとえば、 $60 \div 3 = 20$ と即答できるのに、「60円を3人で分けるといくら?」と聞かれても、割り算で答えればよいとは気づかない。問題文は理解しており、10円玉を6枚提示すれば3人に分けるとい動作はできる。しかし式で出した答と具体的操作で出した答が一致することに驚くなど、具体的操作場面と式とが結びついていない。

これらのことから、A児は、聴覚的短期記憶は強いが、視覚刺激の処理は全般に困難であるとみられる。また、継次処理の方が同時処理より得意であり、手続きを段階的に追っていく学習で計算方略も獲得可能であるが、機械的な学習に終始しがちで、計算式の意味を理解していくための「数感覚」の学習が不足することが心配される。

(2) B児

女児。A児とは対照的に、90%信頼水準での同時処理の標準得点は87(±8)、継次処理の標準得点は64(±9)で、その差は23あり、同時処理が継次処理より1%水準で有意に高かった(8歳6ヶ月時)。また、同時処理が習得度より5%水準で有意に高かった。以上のことから、得意とする同時処理能力が教科学習に活かされていないと考えられる。認知処理過程の評価点平均6より有意に高かった下位検査は、「絵の統合」(評価点11)であった。

8歳8ヶ月時のWISC-III知能検査は、言語性IQ62(90%信頼区間59-71)、動作性IQ69(65-79)、全検査IQ62(59-69)であった。したがって知的水準は軽度遅滞の範囲である。群指数は、言語理解68(65-81)、知覚統合71(67-82)、

注意記憶56(54-68)、処理速度78(73-92)であった。群指数では、言語理解が注意記憶よりも15%水準で有意に高く、知覚統合と処理速度が注意記憶よりも5%水準で有意に高かった。

算数においては、計算は一般に不得意である。繰り上がりのない加算でも暗算は難しい様子で、指を使って計算すればできた。九九を唱えることは3年生の1月の段階で不完全であり、分からないときは九九表を用いて計算していた。相談室の学習では、3年生のとき、コンピュータ画面上のタイルをマウスで操作する学習ができる筆者自作の教材(東原・前川, 1999)を用い、繰り上がりの加算ができるようになった。

これらのことから、B児はA児とは逆に視覚刺激の処理は強いが、聴覚的短期記憶が弱いとみられる。計算学習に苦手意識が強いので、本児の得意とする図形操作が計算学習に結びつく学習を多く取り入れたいと筆者は考えている。

(3) 通常学級の小学3年生のクラス

A児・B児の小学校とは別の小学校(私立C小学校)の通常学級3年生(29名)。この小学校の児童は、私立であるために入学試験を受けて入っているが、行動面に著しい問題のある児童はいないものの、集団式知能検査ではさまざまなレベルの児童がおり、平均として知的レベルが全国標準より有意に高いということはない。本小学校では、筆者が非常勤職員の立場でコンピュータ教室の管理を任されており、担任と連携して不定期に算数の時間等にコンピュータを用いた授業を担当することが許されている。本来ならばA児・B児の所属学校・学級で教材を試行し、A児・B児も他の児童もそれぞれの学習上のニーズをもって学習できることを確かめるのが理想である。しかしそのような研究スタイルがとれないため、他の学校の児童を対象として、通常学級における教材試行に関する情報を得ることとした。

2. 時期・場所・セッティング

平成18年12月(A児)と平成19年1月(B児)

の某日、A児・B児（小学校3年時）に紙上で鉛筆と定規を用いて線を描く形式での学習を、指導時間1時間のうち40分程度をあて、大学の相談室で個別指導した。そのようなすを分析した上で、筆者がVisual BasicでC A I教材化し、平成19年10月某日、B児（小学校4年時）に試行した。

さらにそのC A I教材は、平成19年10月に、C小学校3年生のコンピュータ学習の時間（40分）に試行した（1人1台コンピュータが使える環境）。

3. 課題

Fig. 1のように、九九の答の一の位の数字をつないで線を引く課題（以下「かけざんもよう」とする）を用いた。規則正しい模様になるだけでなく、6の段と4の段が同じ図形になるなどの特徴がある。この課題は、A児・B児・C小学校の用いている教科書には載っていないが、他社の教科書に載っており、松沢（2006）も紹介している。この課題は、前述の杉山（1990）の枠組みで言えば、「数の美しさに対する感覚」や「計算の性質に対する感覚」に深く関係すると筆者は考えている。

この課題をコンピュータ化したC A I教材では、数字ボタンをクリックするだけで直線が引け、取り消しボタンを押せば操作を簡単に取り消すことができる。

紙上学習では、2～9の段の図形がすべて1枚のシートに最終的に見比べられるように並べられるが、C A I教材では、1つの段の学習を終えるとその図形を消して次の段に進むようになっており、複数の図形を比べることができないため、C A Iを用いるときも形が残せるよう

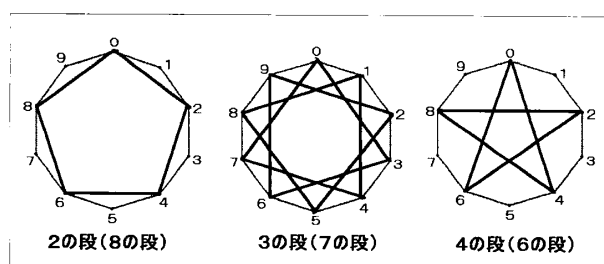


Fig. 1 「かけざんもよう」課題の例

に、紙上に図形を模写するか図形シールを貼るようにした。

4. 手続き

個別指導の場の試行においては、支援者（筆者や大学院生）がそばにつき、九九の想起の困難や線を引く操作の困難に対して支援した。九九が正しく想起できない場合や、九九の答の一の位の数字（直線の終点）が正しく同定できない場合は、支援者が九九表を見せて支援した。紙上学習では、最初に簡単にやり方を演示してから、A児にもB児にも、4の段から始めるよう勧めた。4の段は「星型」になることが早めにわかり、興味を持ちやすいと考えたからである。その後は、対象児に好きな段を選ばせていった。

通常学級の試行においては、最初に筆者が、4の段の九九を用いて、教卓において、50インチのプラズマディスプレイで操作の説明をしながら、「 4×3 」まで操作し、後は各自の学習に任せた。筆者と大学院生1名が机間を回り、コンピュータの操作上の質問に対して支援した。

5. 分析方法

「かけざんもよう」の課題は、九九の答の一の位の数字をつないで線を引くと図形がしあがっていくところに意外性がある。この学習は九九の想起の練習にもなるが、できつつある図形の規則性に気づくなどの「数感覚」に関する学習として評価したい。

そこで、個別指導の場所における試行については、対象児の学習のようすを計算スキルの面と「気づき」の面の両方から調べることにした。A児とB児の紙上での学習のようす、およびB児の紙上とコンピュータ上での学習（9ヶ月後）を比較した。

(1) 計算スキルに関して

個別指導のビデオ記録から、各段における学習の中で、①それぞれの九九の答を想起できるか、および②直線の終点を同定できるかに関して、支援者に直接教えられたり、九九表を見たりすることなく正しく想起した件数の、その段

九九-図形の変換課題「かけざんもよう」のC A I教材の作成と試行

における全学習機会（乗数が1から9まで、最高で9回）に対する割合を支援なしでの正答率とし、段ごとに算出した。たとえば、途中で既に引かれている線に新しい線が重なるために2、4、5、6、8の段に関しては、九九を全部唱えずに学習を終えることもあったので、支援なしでの正答数を全学習機会で割り、100倍したものとした。

(2) 気づきに関して

個別指導のビデオ記録を15秒ごとのインターバルに分け、発話・行動から次の2種類の「気づき」があるかどうかを各インターバルでチェックした。

- ①数式からの気づき：数式を見て（あるいは想起して）、九九の答の一の位の数を想起し、その数字に向けて線を描こうとすること。
- ②図形からの気づき：図形を見て線の行き先を予想したり、でき上がりの図形を予想したり、図形を命名すること。あるいは得られた図形に関して何らかの気づきがあること

そして、チェックされたインターバル数を各課題（一つの段）に関わっているインターバル数で割り、100倍したもの（生起率%）の推移を調べた。C A Iの授業に関しては、コンピュータ上での学習後に続けて紙上での学習（画面を見ながら図形を模写するか図形シールを貼

る）を行なったが、その紙上学習部分は分析からはずした。

評定の信頼性の検討のために、全体の約6分の1にあたる25インターバルのビデオサンプルを、観察法の訓練を受けている大学院生1名（今回の指導に直接関わっていない）と筆者が別々に評定し、評定の一致率を調べた。25インターバルのうち、評定が一致しなかったインターバルは、「数式からの気づき」「図形からの気づき」のいずれも2インターバルで、一致したインターバル数の全インターバル数に対する割合は92.0%であり、信頼性は高いと考え、ビデオ記録の評定は筆者のみが通して行なった。

一方、通常学級の試行については、クラス全体をビデオ記録し、その結果から、九九の定着している3年生の児童が無理なく教材操作できるか、できあがり図を予測しながら学習しているか、完成した模様に関して何か気づいたかどうかを検討した。

Ⅲ. 結果

1. 個別指導の場における教材の試行について

Fig. 2には、各指導場面における、計算スキルに関する支援なしでの正答率、Fig. 3には、インターバル記録法による気づきの分析結果を

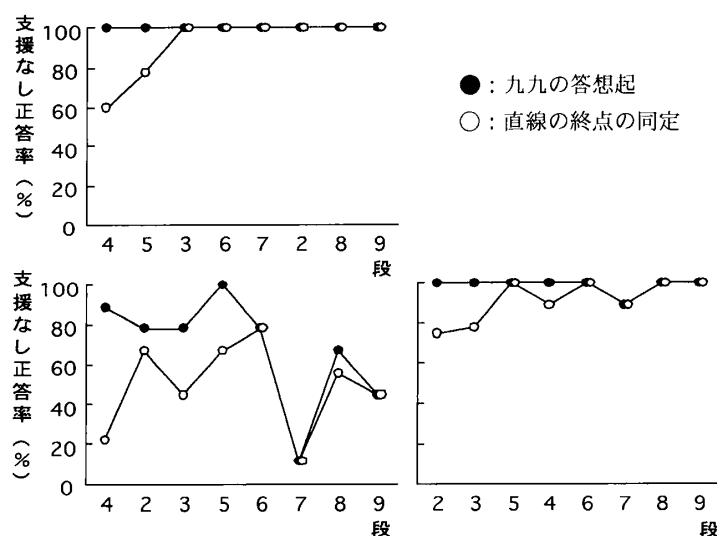


Fig. 2 九九の答想起と直線の終点同定に関する支援なしでの正答率
上段：A児紙上学習 下段左：B児紙上学習 下段右：B児C A I学習

東原 文子

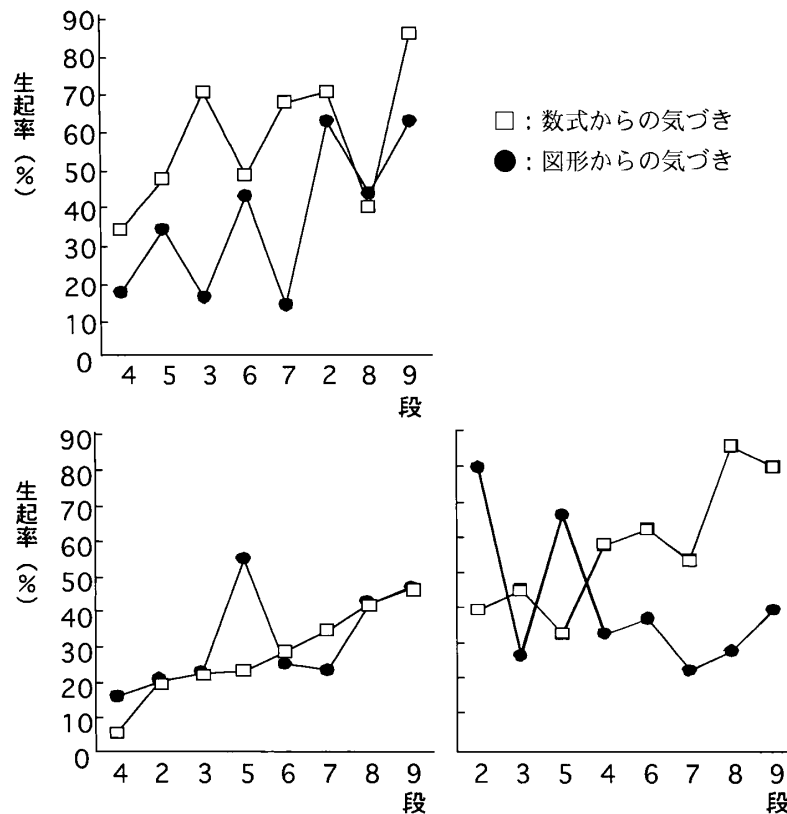


Fig. 3 インターバル記録法による分析結果 (生起率)
 上段: A児紙上学習 下段左: B児紙上学習 下段右: B児CAI学習

示した。横軸には、対象児が取り組んだ順序どおりに、何の段であるかを記した。

また、Table 1にはA児・B児の紙上学習での発話・行動の一部を、比較するためにどちらも5の段の場面に関して掲載した。

(1) A児 (紙上学習)

Fig.2上段に示されるように、A児は、九九の想起は支援なしで100%正答することができ、直線の終点を同定するには、九九の答の一の位の数を想起すればよいことをすぐ理解した。このように、九九を唱えながら直線を引くことに困難はなかったが、作成される図形がどうなるかの予想はつかず、全ての直線を引き終えてからできあがった図形について「星マークだ!」のような発言が出た。課題が進行するにつれ、図形に関するコメントを述べることも多くなり、「図形からの気づき」が増加した (Fig.3 上段)。

また、例えば5の段の場合、しばらく不思議がっていたが、A児は0か5に線を引くことに気づいた。全部の線を引き終えた後に、5の段の規則性として「答の一の位は0か5になる」という意味のことばを言うことができた (Table 1 左)。また、2の段の後8の段の学習を行なっている途中で、「2の段と同じ図形になった」ことに気づいたようなしぐさ (2の段の図形を指さし、「お!」と叫んだ) をした後、指導者が「あと同じのある?」とたずねたところ、4の段と6の段、3の段と7の段を指さすなど、段が異なるのに同じ図形になるということに次々と気づくことができた。

(2) B児 (紙上学習)

Fig.2下段左に示されるように、B児は、紙上学習を行なった3年生の1月の段階で、九九の想起が完全ではなく、また、九九の答の一の位を想起することもスムーズにはできなかつ

九九-図形の変換課題「かけざんもよう」のC A I教材の作成と試行

Table 1 紙上学習での発話・行動の一部(5の段)

左:A児 右:B児

T指導者 A子ども	発話	説明	T指導者 B子ども	発話	説明
A	5,また5行くの?	0と5の間に線を引く 線が重なることを不思議がる	T	ごいちが,だよ	5の段の図を「半分」と表現
T	おうん		B	ごいちがご	
A	(無言)		T	てことは0から5	
A	これどういう意味?		B	半分だ!	
T	0からまた5に言っちゃうんだよ		T	半分だね	
A	どういう意味?説明してください		(中略)		
T	もう1回5に行っちゃった		T	次どこ行くと思う?	0のところをさす
T	ここから		B	(無言)	0から5へ鉛筆を動かす動作をする
T	もう1回5に行っちゃった		T	そうそう,そんな感じだね	式を見る
A	(無言)		T	今度何?5かけるいくつ?	
(中略)			B	ごごにじゅうご	
A	ごは40,ごっく45	0と5の間に線を引く	T	てことは,にじゅう…?	0と5の間に線を引く
A	また5だ		B	また5に戻るの?	
T	お!そうです		(中略)		
T	ということは,5の段は?		T	その次どこ行くと思う?	図から次の線の行き先の予想を立てる
A	0か5に付く		B	0のところじゃない?また	

た。後半で疲れがみられたので、不得意であった7の段に関しては、最初から7の段の九九の書かれた表を与え、それを見てよいこととしたので、7の段に関しては支援なしでの正答率が低くなっている。

しかし、九九が想起できなくても、模様のパターンに対する気づきを活かして、次に行くべき場所を予測する場面が見られた (Table 1 右)。

定規を用いる学習は不得意ではないが、定規を用いて線を描くことを負担に思ったのか (九九に対して苦手意識があり、早めに学習を終わらせたいと考えた様子であった) フリーハンドで描いてしまうため、直線にならないこともよくあった。

(3) B児 (C A I学習)

紙上学習に比べ、9ヶ月後 (小学校4年2学期) のC A Iによる個別指導では、2~3本の直線が描けたところで、図形を予想する発言が見られた。また、Fig. 2下段右に示されるよう

に、九九の想起はほぼ100%支援なしでできるようになっており、答の一の位の数を想起するという手順も定着したため、スムーズに学習を進めることができた。

紙上学習 (Fig. 3下段左) とC A I学習 (Fig. 3下段右) を比較すると、紙上学習の場面やC A Iでも2の段や5の段のときは「図形からの気づき」の生起率が「数式からの気づき」の生起率より高いか同等の高さであったのが、C A I学習が進むにつれ、「数式からの気づき」の生起率が上昇していった。

2. 通常学級におけるC A I教材の試行について

通常学級 (小学校3年生2学期) では、「 4×1 」「 4×2 」「 4×3 」まで例示をし、できあがり図を予想させたところ、クラスの大多数の児童が挙手をし、一斉に「星型」と答えた。その後は各自のペースに任せた。学習中はそれほど操作上の困難もなく、積極的に取り組んでいた。また、描きながらできあがり図を予

想して「私わかつちやった・・・」などつぶやく児童も見られた。児童どうし互いに、「星だね、やっぱり」「あれ、今度もきっと星だ」「どうしてだろう」などと話し合い、確かめ合う姿も見られた。

最後に、授業のまとめとして、「4の段と同じ模様になるのはどれでしょう？」と質問したところ、大多数の児童が6の段であることが理解できていた。さらに、4の段と6の段は逆方向に図形の描画が進むこと、乗数が6以上になると、一度描いた直線と重なる直線になることなども気づいていた児童がいた。

IV. 考 察

1. 個別指導の場における教材の試行について

(1) A児

A児は、九九の暗誦は得意であるが、作成される図形がどうなるかの予想はつかなかった。しかし、課題が進行するにつれ「図形からの気づき」が増加した。また、5の段の規則性として「答の一の位は0か5になる」という意味のことばを言うことができた。すなわち、A児にとっては、この課題は、「数感覚」のうち杉山(1990)のいう中でも「計算の性質に対する感覚」を育成する可能性があるのではないかと考えられる。すなわち、計算が得意な児童にとっては、計算そのもので学習を終わらせるのではなく、計算結果を図にすることで計算結果の規則性に気づくなどの発展的学習ができるだろう。

(2) B児

B児(紙上学習)では、九九の答が想起できなくても、模様のパターンに対する気づきを活かして、次に行くべき場所を予測する場面が見られた。すなわち、計算が不得意であるが視覚的情報処理の得意なB児にとっては、この課題は、杉山(1990)のいう「数の美しさに対する感覚」と計算結果を結びつける可能性があると考えられる。

さらに、紙上学習に比べ、CAIによる個別

指導では、2～3本の直線が描けたところで、図形を予想する発言が見られた。九九の想起がスムーズになってきただけでなく、紙上よりもコンピュータ上では容易に正確な直線が描けるためと考えられる。また、CAI学習が進むにつれ、「数式からの気づき」の生起率が「図形からの気づき」の生起率を超えて上昇していった。すなわち、B児の学習では、「図形からの気づき」が支えとなって、「数式からの気づき」が増えていったと考えられる。

(3) A児・B児の結果を総合して

A児は紙上学習のみであり、B児では紙上とCAI教材の両方を行っているがその間9ヶ月も経ているため、2名の試行結果からいえることは「可能性」に留めておくが、「かけざんもよう」課題は学習困難児の個別指導において以下のような適用可能性があると考えられる。

- ①計算は得意であるが手続きだけを追う機械的な学習をしがちな児童には、「数感覚」を育成する可能性がある。
- ②計算は不得意な児童には、逆に「数感覚」を利用して、計算学習への意欲を支えられる可能性がある。

さらに、この課題をCAI教材にすることによって、紙上よりも容易に正確な直線を描いたり消したりできることが、計算と「数感覚」の結びつきをよりスムーズにすると考えられる。

2. 通常学級におけるCAI教材の試行について

通常学級(小学校3年生2学期)では、「 4×1 」「 4×2 」「 4×3 」まで例示をし、できあがり図を予想させたところ、クラスの大多数の児童が挙手をし、一斉に「星型」と答えることができた。さらに、授業のまとめにおいて、4の段と同じ星形になるのは6の段で4の段と6の段は逆方向に図形の描画が進むことも発表した児童がいた。

さらに、2、4、6、8の段では、乗数が6以上になると一度描いた直線と重なる直線になることなども気づいていた児童がいた。しかし、これらに気づいてもその理由を述べるまでには

九九－図形の変換課題「かけざんもよう」のC A I教材の作成と試行

至っていない（ n が偶数のとき、 $n \times 5 = 10$ なので、乗数が5になると一度0に戻るなど）。

九九の定着した3年生の段階で、この「かけざんもよう」課題を行なうと、「数式からの気づき」と「図形からの気づき」は同時に相互に関連しながら起こるのではないかと考えられる。

この先、4の段と6の段や2の段と8の段がなぜ同じ図形になるか（補数関係）などへの学習につながれると、杉山（1990）の「計算の性質に対する感覚」「数の美しさに対する感覚」、さらには「数の構成に対する感覚」も追求することができるのではないかと考えられる。

V. おわりに

本研究で扱った「かけざんもよう」課題は、計算結果から図形が生み出されるという意外性や、規則正しい図形であるために学習結果の予測可能性もあり、そのことが、計算学習を進める動機付けにもつながるのではないかと考えられる。また、C A I教材化したものが、通常学級で困難なく活用でき、「数感覚」の様々な側面との関連をもたせられることがわかった。軽度知的障害児やL D児においても、九九が不得意な児童であれば九九表の手がかりを付加することで学習可能な課題である。さらに、定規で線を引く作業が不得意な児童でも、C A I教材ならば正確な直線を引いたり消したりすることが容易にでき、学習参加への負荷が軽減できると考えられる。

A児のように計算は得意であるが、計算の性質などに意識が向きにくい児童には図形から何らかの法則に気づくこと、B児のように計算が困難な児童には、「図形からの気づき」を支えにして計算学習を進めるというように、児童によって教材の意味づけも異なることがわかった。

しかし、本研究では検討が不十分な点はいくつかある。

まず、児童のもつ「数感覚」の評価をいかに行なうかという点である。前述したように、特

に杉山（1990）のいう「数の美しさに対する感覚」については、単に「知識・技能」ではなく、「気づき・知識の活用への意欲」といったものを評価する方法を探ることが必要であると考えられるが、その評価方法は充分には研究できていない。本研究で試みた「数式からの気づき」と「図形からの気づき」の評価をさらに学習困難児を含めて通常学級児童を対象に試みて、評価法を吟味していきたい。

次に、学習困難児を含み込む通常学級における学習をいかに進めるかという点である。Bender and Bender（1996）は、C A Iを用いたインクルージョンの可能性を述べている。本研究では、実際にA児、B児が通常学級でのC A I学習に参加しているところを観察したわけではないので、今後その点について検討しなければならないが、現時点で、個別指導での本教材の活用に利点が見られ、通常学級でのコンピュータ利用学習で利用可能なことがわかったことから、それぞれのニーズに合わせた支援（容易に直線が描けること、九九表の呈示など）を含み込んだC A I教材を用いることで、学習困難児も級友と共に学べる可能性が増すのではないかと期待される。さらには、一人ひとりがコンピュータからの問いに答えて学習を進める形の、いうなれば「閉じた」C A Iではなく、大人や、級友との話し合いを通して協同的な学びを行う環境としての、いうなれば「開いた」C A Iの教材としてこれを利用していくことが可能なのではないかと考えられる。

付記

本研究のデータの一部は、大学院生（王曉曦）の修士論文のために筆者主導で行った学習指導のビデオ記録を、修士論文とは別の観点で筆者が分析し直したものである。また、本研究は、平成17年度～20年度科学研究費補助金（基盤研究（C）：課題番号17500623）の援助を受けた。

謝辞

本研究に参加して下さった対象児とご家族の皆様には深謝いたします。また、研究を進めるにあたり、C小学校の校長先生、早稲田大学大学院生の王曉曦さん、筑波大学大学院生の永田真吾さんと齋藤大地さんにご協力をいただきました。心より御礼申し上げます。

引用文献

- Bender, R. L. and Bender, W. N. (1996) Computer-assisted instruction for students at risk for ADHD, mild disabilities, or academic problems. Allyn & Bacon.
- Berch, D., B. (2005) Making sense of number sense: implications for children with mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 38(4), 333-339.

Gersten, R. and Chard, D. (1999) Number sense: rethinking arithmetic instruction for students with mathematical disabilities. *The Journal of Special Education*, 33, 18-28.

東原文子・前川久男 (1999) 学習困難児の算数学習におけるコンピュータ画面上の具体的操作の有効性. *日本教育工学雑誌*, 23 (suppl.), 49-52.

松沢要一 (2006) こんな教材が「算数・数学好き」にした. 東洋館出版社.

澤田利夫・岡本光司監修 (2008) 小学算数 2 下 (教科書). 教育出版. pp.63.

杉山吉茂 (1990) 数への感覚を育てる意味. 筑波大学附属小学校算数教育研究部 (編) 数への感覚を育てる指導. 東洋館出版社. pp.1-10.

— 2008.9.12 受稿、2008.12.2 受理 —

**Development and Tryout of a CAI Software for Transformation Task
from Multiplication Facts to Graphical Patterns:
As a Material for Learning ‘Number Sense’ for Children with/without Disabilities**

Fumiko HIGASHIBARA

In this study, a mathematics task was used in the individual intervention of two children with mild mental retardation. If children draw straight lines between the figures which are the numbers of ones-place from multiplication facts, for example, ‘2’ from ‘ $4 \times 3 = 12$ ’, then a graphical pattern such as a pentagon or a star will appear. Subject A, who is good at facts retrieval, could notice that number facts make graphical patterns. On the other hand, subject B, who is poor at calculation but likes drawing, could notice that graphical patterns help her to guess the correct numbers. In addition, I developed a CAI material for this task, and found that it can be used without a difficulty by third-graders in a regular class, and can be connected to various elements of ‘number sense’. Children with difficulties at multiplication facts-retrieval can use the CAI material with facts tables. CAI will make easier also to draw or erase lines for children with difficulties in drawing lines with pencils. It is expected that children with learning difficulties can participate in this activity with their normal peers in regular classrooms.

Key Words: mathematics, CAI, ‘number sense’, regular classroom, learning difficulties