

算数障害を有する児童に対する九九の自動化のための学習支援 － 認知特性と九九のつまずきの分析から －

佐田東 彰*・中山 勘次郎**

(平成29年8月31日受付；平成29年11月13日受理)

要 旨

本研究では、3年生の男児（以下、A児）を対象に、九九の自動化を目指す学習支援方略を検討した。研究Ⅰでは、認知能力に関するアンバランスさが九九の自動化に与える影響を検討した。アセスメントとし、担任、保護者への聞き取りによる生育歴、学習面等の基本情報を収集し、それに加えWISC-Ⅳ、KABC-Ⅱを実施した。これらのアセスメント情報から、A児は、得意な面としては、視覚情報処理、同時処理等があった。苦手さとしては、読み、継次処理、ワーキングメモリ、空間認知等があった。これら認知特性の苦手さが、九九の自動化の困難さの背景にあることが推測された。研究Ⅱでは、A児の認知能力と合致した支援方略を実施することにより九九の自動化が達成できるか否か、その効果を検証した。支援方略として、①数字の読み方の改善、②九九の式、読み及び半具体物を視覚的に提示した図の活用、③リハーサルを正確に行うために視覚教材の使用を実施した。支援の結果、式提示条件において九九の自動化が達成された。また、順唱で自動化が達成されると逆唱及びランダム課題でも、短期間で自動化が達成された。課題としては、式非提示条件では、九九の順唱、逆唱ができなかった。ワーキングメモリに課題があり、そのため、九九の暗唱ができなかったと推測された。今後、この九九の暗唱ができないことへの支援及び、将来の学習に及ぼす影響を検討することが課題である。

KEY WORDS

算数障害 mathematical disabilities 九九の自動化 automation of kuku 認知特性 cognitive characteristics

1 問題

文部科学省(1999)⁽¹⁷⁾の学習障害の定義は、全般的な知的発達に遅れはないが、「聞く」、「話す」、「読む」、「書く」、「計算する」、「推論する」のうち特定なものの習得と使用に著しい困難を示す状態を指すとされている。その中で算数障害は、計算と数学的な推論を伴う部分に困難を有するとされている。文部科学省(2012)⁽¹⁸⁾の調査によれば、通常の学級に在籍する児童生徒の中で、「計算する」又は「推論する」に著しい困難を示す児童生徒の割合は2.3%であった。

算数障害として表出する課題としては、①数詞、数字、具体物の三項関係の成立といった数処理の理解、②基数性（連続量、分離量）、序数性といった数概念の理解、③計算スキル、④文章題の理解の困難さが報告されている（熊谷, 2013)⁽¹⁴⁾。その中でも計算スキルは最も困難な学業スキルの一つであり、日常生活に不可欠なスキルであるとの指摘がある（野田・松見, 2014)⁽¹⁶⁾。熊谷(2009)⁽¹³⁾によると、計算は、小さな数の計算（以下、暗算）と大きな数の計算（以下、筆算）に大別される。暗算は、加減法では和が20まで、乗除法では九九の範囲の数である。筆算では、暗算で扱った数より大きな範囲の数を扱う。

暗算では、正確にできるだけではなく、素早く、流暢にできることの重要性が指摘されている（Gersten & Chard, 1999)⁽⁶⁾。流暢性は、「有能なパフォーマンスを特徴づけるような正確さと速さの組み合わせ」と定義されている（Binder, 1996)⁽⁵⁾。同様な意味を表す言葉として、自動化がある。自動化とは、「式を見るだけで瞬時に答えを想起できるレベル」と定義されている（高畑2014⁽²⁰⁾：計算の流暢性、自動化の両方を意味する用語として、以下、自動化を使用する）。暗算の自動化が達成されていないと、①基本的な数学的概念を理解しにくく、問題解決を強調するようなカリキュラムに参加することが難しい（Gersten & Chard, 1999)⁽⁶⁾、②高度な計算スキルにおいて指導効果が限定的なものになってしまう（Binder, 1996)⁽⁵⁾、③暗算が長期間維持されない、さらに他の計算、文章問題などに応用することが難しい（Haughton, 1972；Johnson & Layng, 1992)⁽⁸⁾⁽⁹⁾との指摘がある。これらのことから、九九の自動化がなされないと算数・数学の習得において、連鎖的に困難が生じることが予見される。

ところで、九九の自動化はどのような過程を経るのであろうか。高畑(2014)⁽²⁰⁾、湯澤・湯澤(2017)⁽²²⁾は、九九の

自動化の過程について、以下のことを報告している。最初は、「 $7 \times 7 = 49$ 」を「シチシチシジュウク」と何度も声に出して暗唱する。この音声使用によるリハーサルは、聴覚的な短期記憶を活用している。さらにリハーサルでは、九九の順序性が重要であり、リハーサル段階では、継次処理能力が関与している。また、九九を暗唱する場合、九九をどこまで唱えたのか及び九九の正答を想起する2つのことを同時に行うことが必要になり、ワーキングメモリが背景に有ると指摘している。さらに九九の読みと式の一致には、音韻の認識能力（読み能力）が関係している。それに加え、九九の表の作成、文章題を絵に表す等により、九九の法則性を学習し、精緻化する。この九九の法則理解には、視覚的情報処理、同時処理、空間認知能力、ワーキングメモリ等の認知能力が関係している。そして、長期記憶からの検索は、九九の読みを手がかりに検索を瞬時にしている可能性を示唆している。一旦、九九が自動化されると、九九の順序性は関係なく、九九の読み方と同時に、どの九九でも瞬時に想起できる状態になり、同時処理的な情報処理を実施していると考えられている。

さて、九九のつまずきにはどのようなタイプがあるのだろうか。後藤(1999)⁽⁷⁾は、九九の誤答は、音韻による混乱、想起による誤りであると指摘している。またBenesse教育研究開発センター(2007)⁽⁴⁾は、九九の誤答の多くは、覚えていないのではなく、他の九九との混同が多いと報告している。さらに、高畑(2014)⁽²⁰⁾は、九九が習得できていないということは、自動化まで至っていない場合があると指摘している。

そして、支援の要として、九九習得に困難を有する子どもたちが、どの部分で困難を有しているか、詳細に認知能力を査定する必要があると指摘されている(藤田・熊谷・青山, 2000; 内山, 2005; 秋元・五十嵐・紺野・黛・森永・大久保, 2002; 秋元, 2009; 熊谷, 2009, 2013)⁽¹⁰⁾⁽²¹⁾⁽¹⁾⁽³⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。しかし、九九習得に関わる認知能力には、概観してきたように継次処理能力、同時処理能力、注意、ワーキングメモリなど様々な能力がある。九九の習得に困難さのある人という集団としての能力的な特徴を捉えようとしても、非常に難しいとの指摘がある(秋元他, 2002; 熊谷, 2013)⁽¹¹⁾⁽¹⁴⁾。単に知的能力を測定するだけではなく、どのような認知能力のアンバランスさが、その事例の九九習得の困難さの特徴にどのように影響しているのかを見極める必要がある(坂本, 2005; 秋元, 2008; 熊谷, 2013)⁽¹⁹⁾⁽²⁾⁽¹⁴⁾。そして、中核的なつまずきを示している困難部分を支援アプローチの対象とすること、細かな認知特性を踏まえ個別的な支援方略を組むことの重要性が指摘されている(伊藤, 2017)⁽¹¹⁾。

このような現状の中、九九の自動化に関わる研究としては、応用分析的な視点からCover-Coper-Compare(3C学習)を活用した報告(野田・松見, 2014)⁽¹⁶⁾、九九の指導で反復学習と誤答に特化した学習過程を取り入れた報告(高畑, 2014)⁽²⁰⁾などがある。しかし、高畑の報告は学級集団を対象とした研究であり、また野田・松見は個人を対象としているが、客観的な認知能力、認知処理過程の分析が行われていない。そのため、個々の認知特性に応じたアプローチとしては、不十分さが残る。現時点では、九九の自動化に関し、細かな認知能力、認知処理過程を踏まえた個別的な支援方略について、実践的に検証した研究は少ない。

以上のことから、本論文では、算数障害を有する一人の児童を対象として、九九の自動化を支援する事例研究を行った。その中で、最初に、認知能力に関するアンバランスさが、九九の自動化に与える影響を検討し、次に、対象児の認知能力と合致した支援方略を実施することにより九九の自動化が達成できるか否か、その効果が検証された。

2 研究 I

2.1 目的

算数障害を有する対象児(以下、A児)が、九九の自動化のどの部分でつまずいているのか、そして、そのつまずきには、A児の認知能力がどのように影響しているかを検討することを目的として、詳細なアセスメントが実施された。

2.2 方法

2.2.1 対象児

研究開始時、A児は小学校3年生の男児であった。

2.2.2 基本情報の収集・分析

A児の成育歴、家庭環境、障害の有無、学習状況全般、「聞く」、「話す」、「読む」、「書く」、「計算」、「推論」の各領域の学習状況等の基本情報に関しては、担任、保護者からの聞き取り、プリント課題等を分析した。

2.2.3 九九のアセスメント

段ごとに、九九が正確に読めているのか、式を提示し(以下、式提示条件)九九の読み課題を実施した。さらに式提示条件で答えを筆記するプリント課題も実施した。順唱、逆唱、ランダムに問題が並ぶ課題(以下、ランダム課

題)における、誤答数・無答数及び解答時間を測定した。問題数は読み課題10問、プリント課題10問であった。また、視覚的に九九の式を提示せず(以下、式非提示条件)、順唱、逆唱を暗唱させる課題及び筆記による九九の再生課題も実施した。さらに、担任に対して、学校で九九をどのように教えているか、指導方法についても聞き取りを実施した。

2.2.4 心理検査によるアセスメント

認知能力を把握するために、WISC-IV、KABC-IIを実施した。

2.2.5 倫理的配慮

本報告は、A児の保護者、学校の依頼に基づき第1著者が相談支援に入った事例である。依頼に基づく相談支援であったが、将来、論文として発表する可能性をA児の保護者、学校に伝え、個人、学校が特定されないことを条件に承諾を得た。

2.3 結果

2.3.1 A児の基本情報

A児の家庭環境は4人家族であった。A児への理解もあり、家庭学習では、母が中心になり、熱心に取り組んでいた。成育歴に関しては、話すことがやや遅く、文字を覚えることに時間がかかった。文部科学省の調査表(2012)⁽¹⁸⁾による学習面の評価では「計算する」、「推論する」に該当する部分が12p以上であり、算数障害に該当する可能性があった。行動面、社会面、友人との関わりについて問題はなかった。成育歴などから、注意欠陥多動性障害、自閉症スペクトラム障害を有する可能性は低かった。全般的な学習状況は、社会、理科は平均的な力を有していた。図工は苦手な絵を書くことを好まなかった。国語、算数は全般的に苦手であった。生活面では、担任から、気になることとして、A児は、自分のげた箱の位置を覚えることが苦手であるとの報告があった(この学校では、防犯上の理由から、玄関にあるげた箱に名前を張っていなかった)。また、課題を行う手順を明記し、全体像が把握できると、自力で解決できる傾向があった。

以下、「聞く」、「話す」、「読む」、「書く」、「計算する」、「推論する」に関して記す。「聞く」の領域は、授業場面で、指示の聞き落としが多く、担任は個別指示を行うことが多かった。また、複数の内容が含まれた指示は実行できないことが多かった。注意の持続時間が短い傾向にあった。「話す」の領域は、日常生活面で大きな課題はなかった。しかし、授業場面で質問されたことに正対した答えを言うことが難しかった。「読む」の領域は、1年次に特殊音節を読むこと、助詞の「は」を「わ」と読むことに苦手さがあった。1年生の時から、音読は、流暢性に乏しいところがあった。「書く」の領域は、黒板の視写では、大きな課題はなかった。また、手元にお手本を置き、視写することも、大きな課題はなかった。しかし、作文は苦手であり、ほとんど書くことができなかった。漢字は部首が入れ替わる間違いがあった。「計算する」の領域は、暗算が苦手であった。筆算は、手順が多いとミスが増えた。手順表を使用し、手順通りに計算すると間違いが少なかった。しかし、桁数が増えると、桁がそろわず、計算ミスをするところがあった。「推論する」の領域は、特に数的推論に関わる文章問題が苦手であった。問題を絵にする、解答する手順を示すなどの支援を実施すると理解することができた。

2.3.2 九九のアセスメント

式提示条件での2, 3, 5の段は、順唱、逆唱、ランダム課題において、全ての読み課題、プリント課題に正答し、解答時間は30秒以内であった。しかし、式非提示条件での九九の暗唱では、どこまで九九を唱えていたかわからなくなっていた。同じ九九を唱える、他の段の九九との混乱、誤答、無答が見られた。読み方に特徴があり、例えば「 $2 \times 4 = 8$ 」を「ニシ ガ ハチ」ではなく、「ニヨン ハチ」、「 $2 \times 7 = 14$ 」を「ニシチ ジュウシ」ではなく、「ニナナ ジュウヨン」と読み上げることがあった。これは、3, 5の段でも時折、見られた。

4, 6, 7, 8, 9の段は、式提示条件での順唱、逆唱、ランダム課題において、読み課題及びプリント課題の両方に誤答があり、解答時間は60秒以上であった。読み課題で誤答する九九は、プリント課題でも誤答する傾向があった。

九九のつまずきには、以下の4つの特徴があった。①音韻の混乱による誤答があった(例えば 7×1 と 7×7 の混乱)。詳細に分析すると例えば「シチハゴジュウロク」と読み上げた後、式を書かせると、式を書くことができず、「シチ」と「7」、「ハ」と「8」が読みと数字が対応していないことが推測された。②想起の混乱による誤答($6 \times 7 = 42$ を $6 \times 7 = 48$ と解答する)、③完全な誤答(九九表にない解答をする)、④九九を再生することができない無答、④逆唱、ランダム課題では、例えば「 6×8 」では、「 $6 \times 1 = 6$ 、 $6 \times 2 = 12$ 、 $6 \times 3 = 18$ 」と九九を順唱し、解答を探していた。また、正答である「 $6 \times 8 = 48$ 」を唱えていたが正答を通過し、再度、九九を順唱する場面もあった。また、式非提示条件で、順唱、逆唱させると、どこまで九九を唱えていたかわからなくなっていた。

学校で九九を指導する際、九九を順番に口頭で唱えることを繰り返し、リハーサルを重ね暗記する指導が多用されていた。さらに、縦軸に、各段と呼ばれる被乗数（1から9）を記入し、横軸に1から9までの乗数を記入し、九九の答えを記入し、一覧にしたヒントカードを使用していた。

2.3.4 心理検査によるアセスメント

WISC-IV, KABC-IIの結果は図1のとおりである。

まず、A児の強い認知能力についてである。WISC-IVでは、指標レベルのディスクレパシー比較において、言語理解84（90%信頼区間79-93）と知覚推理109（90%信頼区間101-115）では差が25あり、標準出現率が5%であった。しかし、知覚推理の下位検査では、積木模様7と絵の概念14で差が7あり、知覚推理そのものは、解釈する際、慎重さを要した。そのため、下位検査を分析すると絵の概念14、行列推理13は1偏差以上高い数値であった。下位検査分析では、視覚情報処理能力が音声情報処理能力より強い傾向を示した。WISC-IVでは処理速度102（90%信頼区間94-110）であった。個人間差の比較においては、平均的な力であった。

KABC-IIでは、認知尺度の比較では継次処理74（90%信頼区間69-81）、同時処理109（90%信頼区間100-117）であった。個人内差の比較では、同時処理が5%水準で有意に高かった。

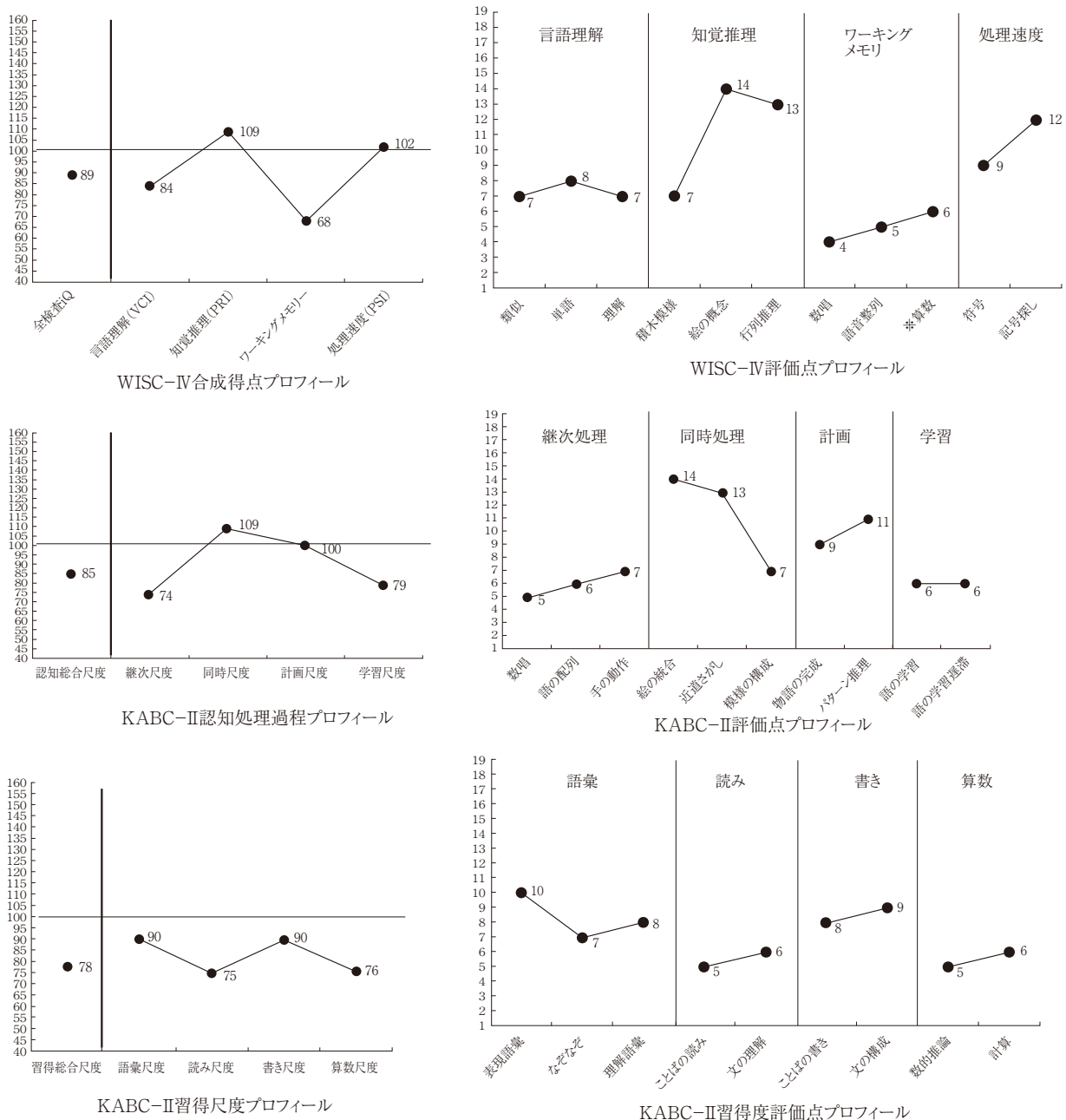


図1 WISC-IV及びKABC-IIの結果

次に、A児の弱い認知能力についてである。WISC-IVのワーキングメモリ¹⁾は、個人内差の比較では、言語理解、視覚推理、処理速度と比較すると5%水準で有意に低く、標準出現率が言語理解との比較では14.2%、知覚推理とは0.4%、処理速度とは2.0%であった。下位検査でも、数唱4と語音整列5であり、ワーキングメモリの苦手さがあった。補助検査として算数も実施した。個人間差の比較では、評価点6で1偏差以上低かった。繰り返り上がり、繰り返り下がりのある暗算を必要とする課題から誤答が多くなった。計算そのものの苦手さを有すること、それに加えワーキングメモリに課題があった。KABC-IIでは、継次処理過程が5%水準で個人内差において有意に低かった。WISC-IVの積木模様7、KABC-IIの積木の構成4であり、両検査とも、個人間差の比較では、1偏差以上低い数値であった。空間認知の困難さがあった。さらに、KABC-IIの習得尺度では、読み尺度75(90%信頼区間68-83)であった。5%水準で個人内差の比較では有意に低かった。それに加え、算数尺度76(90%信頼区間70-83)であり、個人間差の比較では1偏差以上低い数値であった。

2.4 考察

心理検査の結果と基本情報を照らし合わせ表1②③欄のようにまとめた。A児の認知能力の強みとして以下のことが推察された。視覚情報処理の優位性は、基本情報からも、文章題を絵にすると理解が容易になる等から、裏付けとなる情報があった。聴覚情報処理と比較すると視覚情報処理の優位性があると推察された。同時処理過程の優位性については、基本情報からも、課題の全体像を示す手順を明記しておくとう理解が容易であった等、裏付けとなる情報があった。同時処理過程の優位性、すなわち視覚的に提示された複数の情報により、部分から全体を推測する能力及び全体を貫く法則を推測する能力が強いことが推察された。処理速度に関しては、基本情報からも、視写は、時間がかかるともなく、スムーズにできていた。またプリント課題にも、問題なく取り組むことができていた。手と目を協働させた作業、視覚的短期記憶、視覚的探索能力は平均的な力を有すると推察された。

次にA児の有する学習習得面の苦手さについてである。算数尺度の困難さについては、基本情報からも計算、文章問題の理解の困難さがあった。算数の苦手さが推察された。読み尺度の困難さについては、基本情報からも、A児は、特殊音節の読み間違い、文章を読む際、流暢性の課題があった。心理検査の結果を裏付けるものであった。

認知面の困難さとしては、以下のことが推察された。心理検査の結果からワーキングメモリの困難さが推察された。基本情報からも、指示の聞き落とし、暗算の苦手さ、複数指示が実行できない等からもワーキングメモリの苦手さを裏付ける情報があった。すなわち、聴覚的な短期記憶及び2つのことを同時に行うことに課題が推察された。また、継次処理過程の困難さ、すなわち提示された聴覚情報や視覚情報などを時間軸に沿って、順番に処理する能力に課題を有することが推察された。基本情報からも、かけ算で桁数が増えると手順を間違えることがあった。なお継次処理過程は、カウフマンモデルに基づく分析である。CHCモデルに基づく分析では、聴覚的な短期記憶に該当する。空間認知については、基本情報からも、表、図の理解、げた箱等の場所を覚えることの苦手さがあり、A児は空間認知の苦手さを有すると推察された。

上記の心理検査及び基本情報も踏まえ、九九の習得の困難さの背景について表1のようにまとめた。以下、検討する。

九九は、そもそも指導する際、継次処理的に指導する。具体的には、九九の各段は、被乗数に対し、乗数が1から9まで順次増加する法則があり、順番に九九を唱え、リハーサルを繰り返し、順番に暗記していく。しかし、A児は継次処理過が苦手であり、この点が、A児の九九習得の困難さの一つの要因であると推察された。

A児は、九九の読み、すなわち「音韻の混乱」があった。A児の基本情報及び心理検査の結果からもA児は音韻認識に課題があることが推察された。九九の習得が困難な場合、音韻認識や文章を読む上での流暢性に困難を示す場合が多く、指導のターゲットになる場合があることが指摘されている(海津・平木他, 2008)⁽¹²⁾。

また、九九の読み方に特徴があり、4を「シ」ではなく「ヨン」、7を「シチ」ではなく「ナナ」と読むことがあった。日常生活や授業場面での数字の読み方と九九での数字の読み方が異なっていることも、九九の習得を妨げる要因になっていることが推察された。すなわち、A児は、九九の読み方が、通常の数値の読み方と異なっているため、音声を数字の意味と対応づけることができず、覚えることができなかつたと推察される。例えば、「 $4 \times 7 = 28$ 」は、「シシチ ニジュウハチ」と何度も読んで覚える。ところが日常生活や授業場面では、4は「ヨン」で「シ」ではなく、また7も「ナナ」で「シチ」ではない。聴覚的なワーキングメモリが弱い場合、「シ」と「シチ」に対して4、7を対応させることができないことが推察される(湯澤・湯澤, 2017)⁽²²⁾。したがって、日常的に使用する数字の読み方である「ヨン」「ナナ」であれば、4、7と対応でき、「 $4 \times 7 = 28$ 」の式と「ヨン ナナ ニジュウハチ」の読みの方が合致しやすいことが推察された。

授業では、九九を指導する際、聴覚的短期記憶を主に活用し、九九を順番に口頭で唱えることを繰り返し、暗記す

る指導が多用されていた。しかし、A児は、聴覚的な短期記憶に弱さが有り、この指導を繰り返しても効果が少ないことが推察された。それに加え式の読み方を間違えて、リハーサルを重ねてしまい、「音韻の混乱」が生じたと推察された。

さらにA児は、式非提示条件で九九を順唱、逆唱させると、どこまで九九を唱えていたかわからなくなっていた。九九を暗唱する場合、九九をどこまで唱えたのか、及び九九の正答を想起するという2つのことを同時に行うことが必要になる。A児はこのことが難しいことが推察された。これはワーキングメモリが影響していると考えられた。支援方略において、九九を指導する際、九九の式を視覚的に提示し（式提示条件）、ワーキングメモリの負担を軽減する課題提示の必要性が示唆された。

A児は空間認知が弱いことが推測された。学校では、縦軸に、被乗数、横軸に乗数を記入し、解答を一覧にした九九の表を使用していたが、これは、A児の認知特性に合わない指導方法だと推測された。九九を視覚的に提示する場合、表ではなく、一目見ただけで、九九の読み、正答が理解しやすい提示方法が必要になると考えた。

九九は継次処理的に学習する必要がある。そのことを踏まえ、A児の優位な認知処理特性である視覚情報処理、同時処理過程等を活用した支援方略が有効であると考えられた。具体策は、表1⑤欄にまとめた。まずA児は音韻の混乱、九九独特の数字の読み方により九九の自動化が妨げられていた。そのため、支援方略として、九九の読み方をA児が日常的にしている数字の読み方に改善する。また各段の九九を提示する場合は、表ではなく、単純な図の提示方法が有効であろう。視覚的、同時処理的な図を提示し、九九の各段の全体像を理解させる方略が考えられた。さらに、九九を記憶するため、正確にリハーサルを重ねる必要性があった。そのため、常に式提示条件で、視覚的に九九のリハーサルを実施する教材を使用し、式と正答を読み上げる指導に特化する支援方略が考えられた。それに加え、九九の法則性の理解のため、九九を学習する際、半具体物であるドッツを九九と同時に提示するようにした。

表1 九九の困難さ、背景となる心理検査・基本情報、支援方略

| ①九九の困難さ | ②▽背景となる心理検査の弱さ ▼背景となる基本情報 | ③◎利用できる心理検査の強さ ●背景となる基本情報 | ④学校での支援内容 | ⑤実施した支援方略 |
|------------------------------|--|---|---|---|
| 九九全般に関する困難さ | ▽算数尺度が弱い ▼計算、文章題ともに苦手である ▽継次処理が苦手である ▼手順が多い課題は苦手である。かけ算の筆算で桁数が多いと手順を間違える | ◎同時処理過程の優位性 ●課題の手続き等、全体像を示すと自力で解決できる | ・各段の九九を暗唱するまで、何度も声に出して、覚える ・一般的な九九の暗唱のやり方を指導 ・九九に読み仮名をつける | ・九九の各段を同時処理的、視覚的に提示する図を使用する ・九九の式を同時処理的、視覚的に提示して、リハーサルを繰り返す |
| 九九の音韻の混乱 | ▽読み尺度が低い ▼特殊音節の間違いがある ▼音読が苦手である ▼私はの「は」を「わ」と発音できないことが続いた ▽聴覚的短期記憶が苦手 ▼指示の聞き落としが多い ▼個別指示が多くなる | ●九九の読み方を調査すると4を「ヨン」、7を「ナナ」と読むことがあった ◎視覚情報処理の優位性 ●文章問題を絵にすると理解が容易になる ◎処理速度は平均的な力、視覚的短期記憶、視覚的探索能力は平均的 ●板書の視写、お手本の視写は問題はない | ・同上 ・同上 | ・九九の数字の読み方を、今まで使っていた読み方に変える。例えば、7を「シチ」ではなく「ナナ」と読む ・九九の各段を同時処理的、視覚的に提示する図を使用する ・九九の式を同時処理的、視覚的に提示して、リハーサルを繰り返す |
| 九九を暗唱できない | ▽ワーキングメモリが低い ▼暗算ができない ▼同時に2つのことを指示すると実行できない | ◎視覚情報処理の優位性 ●文章問題を絵にすると理解が容易になる | ・同上 | ・九九の式を同時処理的、視覚的に提示して、リハーサルを繰り返す |
| 九九表の理解の困難さ | ▽空間認知の弱さ ▼・表の理解が難しい ・げた箱の場所を覚えることが難しかった | ◎同時処理過程の優位性 ●課題の手続き等、全体像を示すと自力で解決できる | ・縦に被乗数、横に被乗数、両者がクロスする場所に答えを記入してある九九表を使用していた | ・図2のように、縦一列に、式と答えを提示する形式を使用した |
| 乗数が増えると答えが被乗数分増えることに気が付いていない | ▽特記事項なし ▼乗数が1ずつ大きくなる課題で、乗数1増えたのに、答えが小さくなっている。プリント課題を見直しをしても、間違いに気が付かない ▼文章問題を絵にすることができない ▼例えば「 $3 \times 4 = 12$ 」と九九は言えるが、九九を絵に表すことができない | ◎視覚情報処理の優位性 ●文章問題を絵にすると理解が容易になる ◎同時処理過程の優位性 ●課題の手続き等、全体像を示すと自力で解決できる | ・九九の文章問題を絵に描かせる ・「〇個」が「いくつ分」になると教える | ・半具体物であるドッツも提示し、乗数が増えると答えが被乗数分増えることを理解させる |

3 研究Ⅱ

3.1 目的

研究Ⅰで検討したA児の強みである視覚情報，同時処理過程の優位性に合致し，かつ音韻の混乱，ワーキングメモリの弱さを補う支援方略として，①数字の読み方の改善，②九九の式，読み及び半具体物を視覚的に提示した図の活用，③リハーサルを正確に行うために視覚教材の使用を実施し，九九の自動化に関して，その指導効果を検証することを目的とした。

3.2 方法

3.2.1 支援方略

九九を指導する際，慣習的な九九の唱え方を止め，A児の読みやすい九九の読み方を取り入れることにした。1は「イチ」，2は「ニ」，3は「サン」，4は「ヨン」，5は「ゴ」，6は「ロク」，7は「ナナ」，8は「ハチ」，9は「キュウ」とし，九九を指導した。

九九の各段の図：本研究では，支援の第1段階として，各段を指導する際，九九を縦に提示した図2を使用した。この図は，九九の式と読みが視覚的に提示されていた。また，被乗数は固定で，乗数は1ずつ増え，解答は，ドッツの塊が1個ずつ増える。すなわち，乗数が1増えるごとに，被乗数分増えていくこと，すなわち九九の法則性の理解が，同時処理的，視覚的に理解できるように工夫した。

リハーサル教材：A児の認知特性の強みである視覚優位性を活用した教材を作成した。作成には，マイクロソフト社のパワーポイントを使用した。教材（図3）は，まず①ドッツが提示され，エンターキーを押すごとに，②「 $7 \times 7 =$ 」の式が提示，③「なな なな」の読みが提示，④正答である「49」が提示，⑤「よんじゅうきゅう」の読みが順次提示され，最後には，全ての情報が1枚の画面に提示されている状態になる。式と読みを視覚的に提示し，九九を読み上げさせ，正確にリハーサルを重ねる方略を採用した。また半具体物であるドッツを最初に提示し，乗数が増えるに連れて，ドッツも規則的に増加させ，視覚的に九九の法則理解を促進することを狙った。各段の指導は，順唱，逆唱，ランダム課題の順番で指導した。

指導機会1回における指導手順：最初に，図2で，指導する段の九九を一覧できるように提示し，声を出して読んだ。その際，数字の読み方が慣習的な九九の読み方と違う場合は，算数の授業で使用している読み方を使うことを説明した。次に，リハーサル教材を実施した。パワーポイントのアニメーション機能を活用し，最初は，指導者がPCを操作し，習熟してくると，A児がPCを操作した。1問ずつ課題を提示し，九九を読み上げながら，正答を口答で再生した。また，誤答する九九が明確になった場合は，誤答を中心に課題に取り組んだ。そして，毎回の指導後，読み課題，プリント課題による評価テストを実施した（詳細は後述）。評価テストにおいて，誤答・無答0が3回続き，かつ読み，筆記による解答時間が30秒以内であれば，順唱から逆唱，ランダム課題へ，そして，次の段の指導へと順次移行した。

3.2.3 指導期間と指導時間

指導期間は，20XX年11月から14か月間であった。自動化が達成されていた5，2，3の段は指導対象から除外した。通常の学級の九九の指導順序である4，6，7，8，9の段の手順で指導した。指導過程は，以下のように設定した。ベースライン期（以下，BL期），Ⅰ期は順唱指導期，Ⅱ期は逆唱指導期，Ⅲ期はランダム課題の指導期であった。主に放課後の時間を活用し，30分間，指導を実施した。家庭でも九九の自作教材を使用し，ほぼ毎日，30分間学

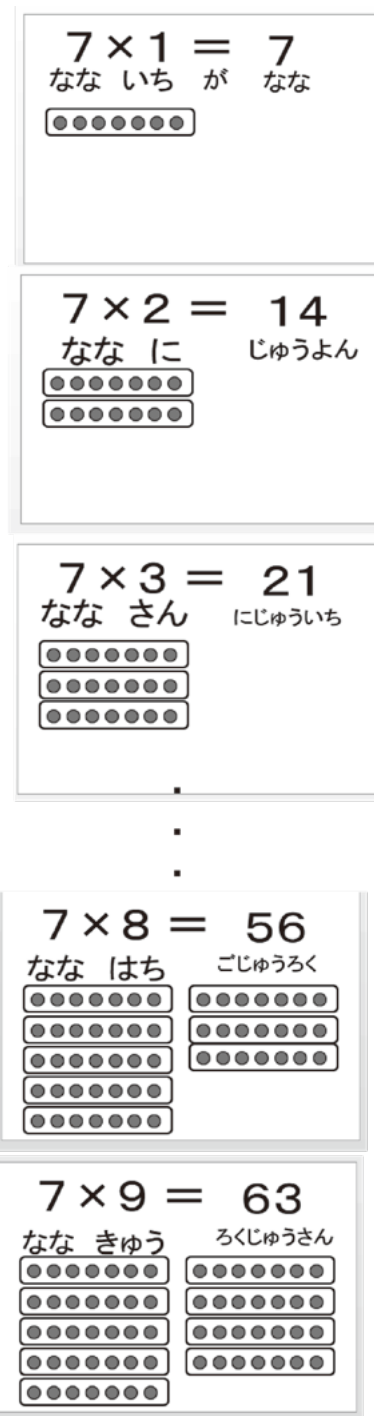


図2 同時処理・視覚優位性に依拠した九九の図

習に取り組んだ。指導終了後、2か月後にフォローアップ期（以下、FU期）を設定した。

3.2.4 指導者

直接的な支援実施者は担任と教育支援員であった。また保護者は、家庭学習を実施した。筆者の役割は、A児の実態について、事前アセスメントを実施し、支援方略、支援過程を担当、保護者と相談しながら策定し、教材等の作成等を行うことであった。また、筆者は、支援の結果を逐次、担任、保護者からメール、電話、面談などで受け、支援方略の微修正を行った。

3.2.5 評価

九九の自動化：BL期及び指導機会ごとに評価テストを毎回実施した。評価テストは式提示条件で解答を求めた。まず、九九の読みを正確に再生できるか評価し（10問）、その後、プリント課題（10問）に解答を書き込ませた。評価は、順唱指導期には順唱、逆唱指導期には逆唱、ランダム課題指導期にはランダム課題テストを実施した。その際、正答数、誤答数・無答数及び解答に要する時間を計測した。1秒以下は切捨てとした。またFU期にランダム課題、式提示条件による事後テストを実施した。なお自動化の達成を判断する客観的な基準は明確ではない。そのため、A児の在籍学級児童17名（A児を除く）の各段の九九のランダム課題の読み課題、プリント課題に要する時間を計測した。学級の平均値は、21秒であった。A児の九九の苦手さを考慮して、自動化の目標として、21秒の約1.5倍に当たる30秒以内を自動化の基準とした。もう一つの評価として、自動化の達成された後、順唱、逆唱を式非提示条件で、できるか評価した。その際、誤答数、無答数、再生時間を測定した。また、各段の九九を書くことができるかについても評価した。

社会的妥当性の評価：支援の妥当性を検討するため、FU期に表2の質問項目に関して担任、支援員、保護者、A児に回答を求めた。評価方法は4件法（4とても良い、3良い、2悪い、1とても悪い）、記名式で実施した。「4とても良い」、「3良い」を肯定的評価とし、社会的妥当性は、「肯定的評価数」/「評価項目数」×100の数式で求めた。肯定的評価の割合が80%以上の場合、社会的妥当性があるとした。また自由記述による評価も実施した。

3.3 結果

九九の各段の指導結果は、図4のようになった。横軸に指導機会、縦軸は正答数・誤答数及び解答時間を示している。また、縦の区切り線は、BL期、順唱指導期、ドッツのみ提示し解答できた時期、逆唱、ランダム期を示している。○は式提示条件における指導後の評価テストの正答数、×は読み課題の誤答、△はプリント課題の誤答数、●は式非提示条件による順唱、逆唱の暗唱と白紙に九九の式を再生する課題の正答数である。縦グラフは解答時間を表示している。

まず、指導回数についてである。4の段には28回、6の段は24回、7の段は26回、8の段は25回、9の段は18回であった。9の段の指導回数が少なかった。その他の各段の指導回数には大きな差はなかった。

九九の順唱における通過基準達成に要した指導回数は、4の段は16回、6の段は11回、7の段は14回、8の段は13回、9の段は6回であった。最後に指導した9の段の指導回数が一番少なかった。誤答が0になった時点で徐々に解答時間の短縮がはじまる傾向が示された。

また、本事例では、式提示条件で、各段の順唱において通過基準が達成された後、逆唱、ランダム課題を指導すると、指導機会1回目から誤答、無答が0であり、30秒以内に再生できた。全ての段で、順唱と比較すると逆唱、ランダム課題は短期間で通過基準を達成できた。

しかし、式提示条件で各段において順唱、逆唱の通過基準が満たされた後、式非提示条件で、順唱、逆唱を実施すると誤答が生じた。また再生時間も30秒以上であった。なおA児は、白紙のプリントに九九の各段を再生し、書くことには、誤答がなかった。その際の解答の方法は、先に九九の式を全部書き、その後、解答をしていた。

A児は、リハーサル教材の指導において、以下のような順番で、九九の再生が正確にできるようになった。第1段階では、ドッツ、式と読み、答えと読みを見ながら正確に再生した。第2段階では、ドッツ、式と読みが提示されると、答えが提示される前に、答えを再生できるようになった。この時点での評価テストでは、九九の読み課題は正確ではなく、プリント課題でも誤答があった。なおかつ解答時間は30秒以上であった。第3段階は、ドッツ、式が提示された段階で、正確に九九の読み、答えを再生できた。この時点で評価テストを実施すると、読み課題、プリント課題では、誤答がなかった。しかし、30秒以内で評価テストを終了することはできなかった。最後は、ドッツを提示さ

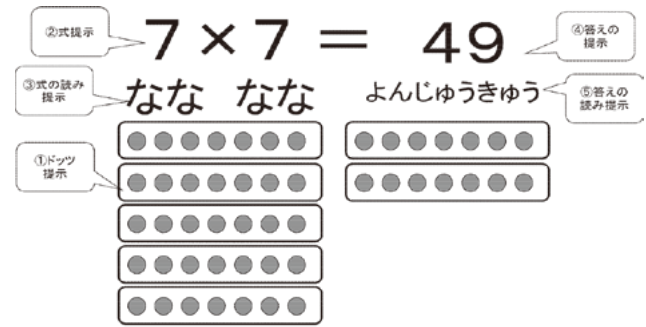


図3 九九のリハーサル教材

れるだけで、正確に九九の読みと答えが再生できた。この段階になると九九の再生が流暢になった。評価テストを実施すると、誤答、無答がなかった。そして、指導機会を重ねると徐々に、30秒以内で解答できるようになってきた。

ドッツ提示のみで九九の式と読みを正確に再生できた最初の指導機会は、4の段は12回目、6の段は8回目、7の段は11回目、8の段は10回目、9の段は4回目であった。結果、全ての段において、順唱、逆唱、ランダム課題において、読み課題、プリント課題において、読み課題、プリント課題とも誤答、無答が0になり、かつ30秒以内で解答することが3回連続することができた。

評価テストでは、九九の読みを再生できない問題は、プリント課題でも間違い傾向があった。そのため、評価テストで、読みの誤答数とプリント課題の誤答数は、ほぼ同数であった。なお、指導の初期段階では、改善した数字の読み方に完全に移行ができなかった。指導回数を重ねると誤答は減少した。誤答がなくなった後、解答時間が徐々に短縮できた。FU期における事後評価では、式提示条件での読み、プリント課題とも誤答はなく、解答時間も30秒以内であった。

社会的妥当性の評価については、表2のようになった。社会的な妥当性は95%であった。支援の負担感について、担任からの評価で肯定的な評価を得ることができなかった。それ以外の質問項目では肯定的な評価を得ることができた。また、自由記述も、概ね肯定的な評価であった。この中でも、担任は、指導にかかる時間を取ることが難しいと指摘していた。

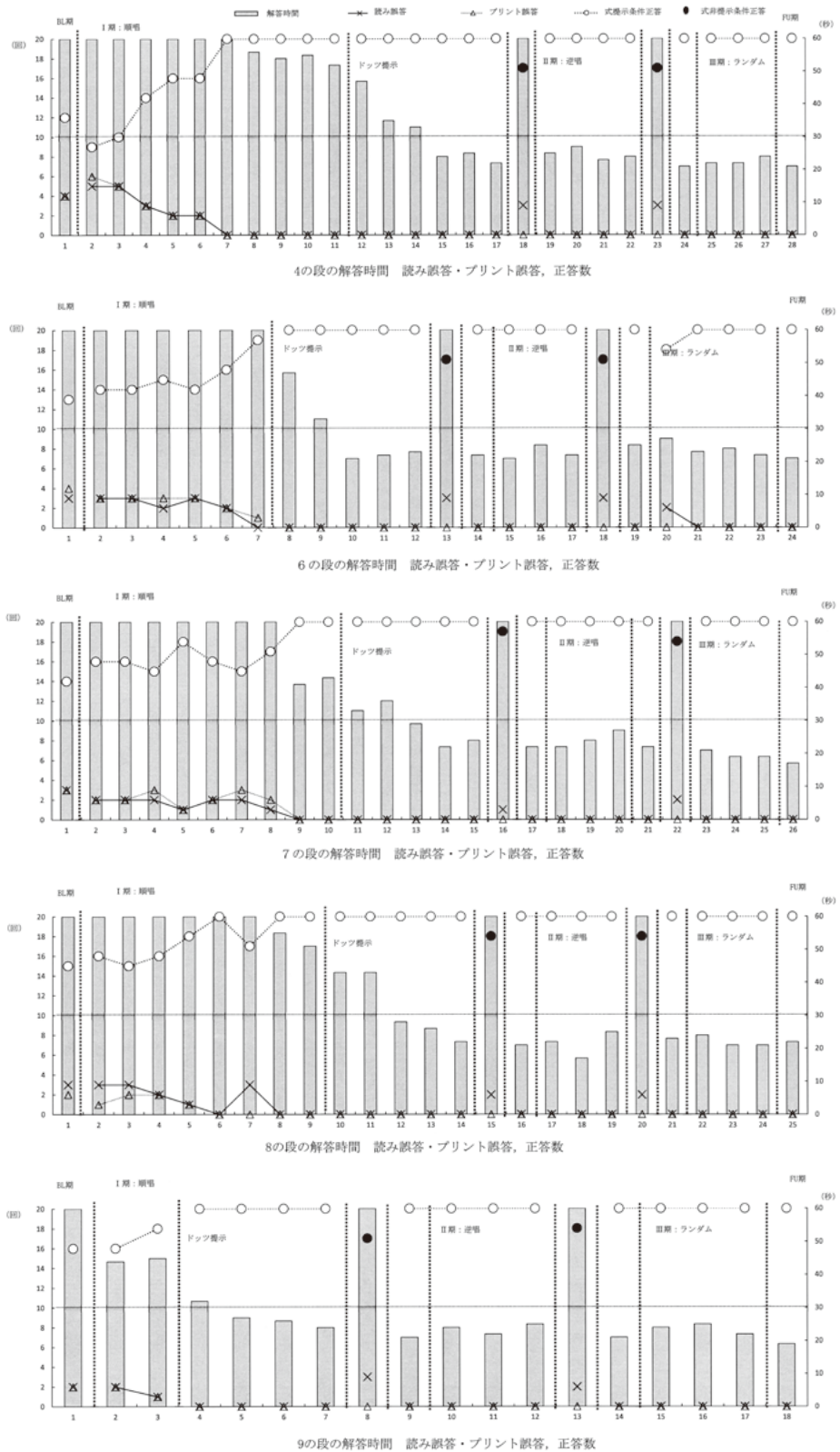


図4 九九の各段の解答時間、読み課題・プリント課題の誤答数、正答数

3.4 考察

第1に九九の自動化について検討する。A児は、式提示条件では、指導した全ての段の順唱、逆唱、ランダム課題で、誤答が0になり、30秒以内に解答し、通過基準を達成できた。さらにA児は指導終了2カ月後でも、式提示条件で、九九の記憶が再生された。Haughton (1972)⁽⁸⁾、Johnson & Layng (1992)⁽⁹⁾は、九九のような暗算では、自動化ができていないと暗算が長期間維持されないと報告している。以上のことから、指導した全ての段において九九は自動化されたと考えることができるであろう。また自動化には、正確性と速さの2面がある。本研究では正確にできることが先行し、その後、徐々に回答に要する時間が短縮された。野田・松見 (2014)⁽¹⁶⁾も同様な知見を報告している。また、本研究では、順唱で自動化が達成されると、その後の逆唱、ランダム課題で自動化が容易になることが推測された。これは、以下のことが考えられる。九九を学習する際は、最初は、順序性に基づいた継次処理的な学習になるが、一旦、九九が自動化されると、九九の順序性は関係なく、九九の読み方を手掛かりに同時処理的な情報処理を実施していると指摘されている(高畑, 2014; 湯澤・湯澤, 2017)⁽²⁰⁾⁽²²⁾。そのため、順唱において式提示条件で九九が自動化されると、九九が同時処理できる状態になり、式提示条件では、逆唱、ランダム課題において、すぐに自動化が達成できた可能性が推察された。

しかし、A児は、式提示条件で九九が自動化された後でも、式非提示条件で暗唱させると、九九をどこまで唱えたかわからなくなり、誤答・無答が生じた。これは九九を想起できないのではなく、九九をどこまで唱えたか(順番)と九九を想起するという2つのことを同時にすることが困難なことが推測される。これは、A児のワーキングメモリの困難さが影響していると推察された。

第2に九九における数字の読み方を変更した効果を検討する。BL期では、慣習的な九九の読み方をしてきたが、指導期に入ると、A児に、授業場面で使用している数字の読み方を使用することを伝え、式と読み、答えと読みを確認しながら指導した。指導を重ねるとA児は、例えば7は「シチ」は「ナナ」、4は「シ」は「ヨン」に入れ替わり、九九の読み間違いがなくなった。さらに社会的妥当性の質問紙では、A児、担任、保護者は、九九の読みが流暢になり、間違いが減ったと回答していた。以上のことから、慣習的な九九の読み方ではなく、日常生活場面で使用している数字の読み方で九九を教える方法は、A児にとって有効な支援方略であったと考えられる。しかし、慣習的な九九の読み方において誤学習している九

表2 社会的妥当性の評価

| NO | 質問項目 | | 4:とても良い | 3:良い | 2:悪い | 1:とても悪い |
|----|---|------------|---------|------|------|---------|
| 1 | A児の九九の自動化ができない理由は妥当でしたか | A児 | | | | |
| | | 担任 | 1 | | | |
| | | 支援員 保護者 | | 1 | | |
| 2 | 九九をすらすら言えるようになりましたか A児の九九の自動化は達成されましたか | A児 | 1 | | | |
| | | 担任 | | 1 | | |
| | | 支援員 保護者 | 1 | | 1 | |
| 3 | 九九の読み方を変えたことは、九九を覚えるとき、覚えやすくなりましたか 九九の読み方を変えたことはA児にとって、有効な支援方略でしたか | A児 | 1 | | | |
| | | 担任 | 1 | | | |
| | | 支援員 保護者 | 1 | | | |
| 4 | 九九の図○は、九九表よりわかりやすかったですか 九九の図○は、九九表より、A児にとって、わかりやすかったですか | A児 | 1 | | | |
| | | 担任 | 1 | | | |
| | | 支援員 保護者 | 1 | | 1 | |
| 5 | 「ドッツ・式・読み課題」で九九を覚える時、役に立ちましたか 「ドッツ・式・読み課題」でA児にとって、有効な支援方略でしたか | A児 | | 1 | | |
| | | 担任 | 1 | | | |
| | | 支援員 保護者 | 1 | | 1 | |
| 7 | 支援の実施は、負担感がありましたか。(負担感が高い場合は1、負担感が低い場合は4です) | A児 | | | | |
| | | 担任 | | | | 1 |
| | | 支援員 保護者 | | 1 | | 1 |

【A児 自由記述】

- ・九九を全部覚えることができて良かった。少し、自信がついた
- ・九九の読み方を変えた方が、九九を覚えやすかった
- ・九九の図を何度も見ていると、九九の決まりがわかった
- ・「ドッツ・式・読み課題」は面白かった。何度も繰り返しているうちに、九九を覚えることができた
- ・○の塊を見るだけで、九九の式を思い出すことができた
- ・○の塊が増えるごとに、かける数が増えることがわかった。また答えも○の塊ずつ増えることもわかってきた

【支援実施者 自由記述】

- ・(保護者)九九を覚えることができて良かった。カードに読みを書いたり、書かせて覚えようとしたりしたが、覚えることができず、半ば諦めていた
- ・(保護者)PPの教材は、本人が一人で取り組むことができて良かった。本人も楽しんでやっていた
- ・(担任)九九を覚えることができない理由がよくわかった。クラスにも、九九を覚えていない子がいる。理由を探って、その子に合った支援をする大事さがわかった
- ・(担任)九九の読み方を変えることが、こんなにも効果があるとは、驚きだった
- ・(担任)指導の時間を取ることが難しかった

九もあり、指導開始直後は、混乱が生じていた。九九の読み方を慣習的な九九の読み方から変更する場合は、九九学習の早い段階で変更する必要性が示唆された。

第3に図2の効果を検討する。図2は、A児の同時処理の優位さに基づいた支援方略である。A児は、この図に従って、九九の読み、九九の法則性について学習した。法則性に関し、この図2を提示し、A児にわかったこと、気がついたことを発言させると、乗数が1増えるごとに、被乗数分増えていく主旨の発言をしていた。九九の法則性の理解が容易であったと推測された。A児のように空間認知が弱い場合は、2次元の表を活用せず、単純な図の提示方法が有効な支援方略になることが確認された。

第4にリハーサル教材の効果について検討する。A児は、視覚的な情報処理が優位であった。そのため、ドッツ、式、読みを常に視覚的に提示し、リハーサルを繰り返した。その結果、九九の読みの音韻の混乱がなく、リハーサルを正確に繰り返すことが可能であった。九九の式と読みを視覚的に提示することはA児の認知特性に合致した支援方略であり、熊谷・山本(2016)⁽⁴⁵⁾の知見を支持する結果となった。

第5にドッツの提示の効果について検討する。ドッツの提示は、半具体物レベル(ドッツ)で九九を提示することによって九九の意味、九九の法則を理解させることを狙っていた。A児は、何度もこの課題でリハーサルを繰り返すと、ドッツが提示されるだけで、九九の式、正答を再生できた。A児は事後評価で、ドッツを見るだけで、九九を想起でき、そして、ドッツの塊が1個ずつ増えることにより、乗数が1つずつ増えることも視覚的に理解できた主旨を回答していた。これらのことから、ドッツの提示が九九の式と読みの想起に結びついていたこと及びドッツの塊が1個ずつ増加することが、乗数が1つずつ増加することの理解を促進したと考えられた。以上のことから、視覚的な情報に該当するドッツの提示は、九九の想起及び九九の法則性の理解を促進する手がかりになっていたと推測された。ドッツ提示はA児の認知特性に合致した支援方略の一つだと考えられた。

今後の課題としては、式非提示条件における九九の自動化が考えられる。A児は式非提示条件では、各段の九九を暗唱することができなかった。先記したが、これはA児のワーキングメモリが影響していることが推測された。A児のような認知特性を有する場合、九九を暗唱できるようにするには、どのような支援方略が有効であるかを検討することが課題である。また、九九を暗唱できないことは、今後の学習にどのような影響を与えるのであろうか。計算の自動化が達成されないと他の計算などに応用することが難しいとの指摘があり(Haughton, 1972; Johnson & Layng, 1992)⁽⁸⁾⁽⁹⁾、今後、検証する必要がある。

注

- 1) 本報告では、WISC-IVの指標であるワーキングメモリと2つのことを同時に頭の中で行う認知処理過程であるワーキングメモリの用語を文脈ごとに使っている。

文献

- (1) 秋元有子・五十嵐一枝・紺野道子・黛雅子・森永良子・大久保修(2002). 視空間認知障害により、量概念、演算の意味の理解に困難を示した男児. 認知神経科学, 4(2), 190-195.
- (2) 秋元有子(2008). 計算の課題を中心とした個別アセスメント—白百合女子大学発達臨床センターでの実践—. LD研究, 17(3), 309-313.
- (3) 秋元有子(2009). 最近の算数障害へのアプローチ. LD研究, 18(1), 33-36.
- (4) Benesse教育研究開発センター(2007). 計算力調査から. 小学生の計算力に関する実態調査2007. ベネッセコーポレーション出版部, 6-7.
- (5) Binder, C. (1996). Behavioral fluency: Evolution of a new paradigm. *The Behavior Analyst*, 19, 163-197.
- (6) Gersten, R., & Chard, D. (1999). Number sense: Rethinking arithmetic instruction for students with mathematical disabilities. *Journal of Special Education*, 33, 18-28.
- (7) 後藤聡(1999). かけ算九九誤答要因の分析. 日本科学教育学会第23回論文集, 395-396.
- (8) Haughton, E. C. (1972). Aims: Growing and sharing. In J. B. Jordan & L. S. Robbins (Eds.) *Let's try doing something else kind of thing*. Council for Exceptional Children, Arlington, Virginia, 20-39.
- (9) Johnson, K. R. & Layng, T. V. J. (1992). Breaking the structuralist barrier: Literacy and numeracy with fluency. *American Psychologist*, 47, 1475-1490.
- (10) 藤田和弘・熊谷恵子・青山真二編著(2000). 小学校個別指導用—長所活用型指導で子どもが変わるPart2—. 図書文化(Pp.9-20).
- (11) 伊藤一美(2017). 算数障害の理解—計算のつまずきの評価・支援—. LD研究, 26(1), 47-55.

- (12) 海津亜希子・平木こゆみ・田沼実畝・伊藤由美・Vaughn,S.(2008). 読みにつまずく危険性のある子どもに対する早期把握・早期支援の可能性—MIN-PMの開発. LD研究, 17, 341-353.
- (13) 熊谷恵子(2009). 最近の算数障害へのアプローチ—認知神経心理学や法的定義からの下位分類の考え方—. LD研究, 18(1), 24-32.
- (14) 熊谷恵子(2013). 算数障害—最近の研究・評価から指導へ—. LD研究, 22(2), 159-165.
- (15) 熊谷恵子・山本ゆう(2016). 足し算・引き算の自動化に至るまでの学年推移とその特徴—演算の自動化とドットの個数の把握の関連—. 日本LD学会第25回大会発表論文集, 236-238.
- (16) 野田航・松見淳子(2014). 小学2年生の掛け算スキルの流暢性の向上を目指した応用行動分析的指導の効果—Cover-Copy-Compareの応用. 特殊教育学研究, 52(4), 287-296.
- (17) 文部科学省(1999). 学習障害児に対する指導について (報告).
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tokubetu/004/008/001.htm
- (18) 文部科学省(2012). 通常の学級に在籍する発達障害の可能性のある特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について. http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tokubetu/material/1328729.htm
- (19) 坂本美紀(2005). 算数障害児における認知的不全：作業記憶および読み障害との関連を中心に. 兵庫教育大学研究紀要, 27, 37-47.
- (20) 高畑英樹(2014). 反応学習方式の原理と誤答に特化した学習を取り入れた九九学習—通常の学級における九九習得多層指導モデルを目指して—. LD研究, 23(3), 285-291.
- (21) 内山千鶴子(2005). ある視空間認知障害児における算数障害とその過程. 小児の精神と神経, 45(2), 167-175.
- (22) 湯澤正通・湯澤美紀(2017). ワーキングメモリを生かす効果的な学習支援. 学研プラス.

Support Strategies for the Memorization of “KUKU” by a Child with Mathematical Disabilities

Based on Individual Cognitive Difficulties

Akira SAITOU* & Kanjiro NAKAYAMA**

ABSTRACT

To examine the effect of support strategies on the memorization of “KUKU” (multiplication table), we focused on a boy in the third-grade who has mathematical disabilities (“Child A”). Assuming that the imbalances in his cognitive abilities is a factor preventing his learning of “KUKU”, we assessed various information about Child A, including interviews with his homeroom teacher and his parents, and psychological tests (WISC-IV and KABC-II) in Study I. Based on this information, we found that Child A was good at visual information processing and simultaneous processing, but was weak in reading, sequential processing, working memory, and spatial perception. Thus, we used three support strategies suited to his cognitive abilities: (1) ordinary pronunciation of numbers; (2) visually understandable multiplication table; and (3) visually understandable materials to aid accurate rehearsal.

In Study II, we examined the effects of the implementation of these support strategies. Results indicated that Child A was successful in memorizing “KUKU” under the formula-presentation condition. He successfully recited the multiplication table in order, in reverse and random order and in a short-term rehearsal. He was, however, unable to recall “KUKU” in order or in reverse under the formula-absent condition. Further development of support strategies was needed to compensate his weakness in working memory.