

I 問題と目的

算数文章題の解決過程は、文章を理解する理解過程と、理解した内容に基づいて問題を解く解決過程に分けられる (Kintsch & Greeno, 1985)⁹⁾。Mayer(1992)¹²⁾は、理解過程と解決過程を、変換、統合、プラン化、実行の4つの認知過程に細分化した。問題構造に目を向けると、算数文章題は1つの要素に1つの数値を割り当てた割当文、要素間の数量関係や数値の関係性を示す関係文、質問文、そして問題解決には関係のない文から構成される (Mayer, 1982)¹¹⁾。つまり、理解過程は、割当文、関係文、質問文を読み、それぞれの文の意味している内容を理解する変換過程と、理解した3文の内容を統合し、特に関係文において表わされている量の関係を理解する統合過程から成る。解決過程は、変換過程、統合過程において理解された内容に基づき、質問文より未知量を把握し、適切な演算を選択するプラン化過程と、その演算を実際に行う実行過程から成る。

軽度の知的障害や発達障害があり学習に困難のある子どもたち (以下、学習困難児) にとって、新しい問題に対して既存の知識やスキル、方略を適応させなければならない算数文章題の解決は困難であると多くの研究が指摘する (Fuchs et al., 2004²⁾; Xin & Jitendra, 1999²⁰⁾; 東原・前川, 1997⁵⁾; 伊藤, 1999⁶⁾)。算数文章題の解決困難という状態像の背景は個々の学習困難児によって様々であるが、近年では学習困難児が中核的につまづいている解決過程を把握し、その過程に適した指導のアプローチを採用することの重要性が指摘されている (伊藤, 2008)⁷⁾。伊藤(1999)⁶⁾や Montague(2003)¹³⁾においては、学習障害児の算数文章題の解決において統合過程におけるつまづきが指摘されており、統合過程にどのようにアプローチするかが学習困難児に対する算数文章題指導の一つの鍵となる。一般的に統合過程へのアプローチとして、図などの外在化されたツールを用いた表象化指導が行われることが多い。表象には問題文に書かれたものや人物を視覚的に描いた原始的な図(pictorial)と、問題文が表す状況を空間的に配置した図(schematic)の2種類があり、前者を児童・生徒が算数文章題の解決に用いる場合には、その効果はほとんど見られないが、後者を解決に用いる場合には大きな効果が見られる (Van Garderen, 2007)¹⁹⁾。つまり、算数文章題の指導では統合過程への支援として、問題文の表す状況を空間的に配置した視覚的スキーマを用いることが有効なのである。

このような視覚的スキーマを用いた算数文章題の指導を体系的に行うアプローチの代表的なものに、Schema Based Instruction(SBI)がある。SBIとは、視覚的スキーマに関する知識に焦点を当て、児童が視覚的スキーマを構成し拡張するのを支援することを目的とするアプローチである。SBIを用いた算数文章題の指導は、Jitendra et al.(1998)⁸⁾や Xin & Jitendra(2006)²¹⁾など、軽度の知的障害児やLDなどの学習困難児を対象とした研究において展開され、指導の効果をあげてきた。学習困難児に対する算数文章題の指導研究のメタ分析を実施した Zhang & Xin (2012)²²⁾においても、SBIを含む表象化指導は最も効果量が大きく、次いで認知特性に応じた指導やテクノロジーを用いた指導の効果量が大きかった。

Fuson & Jitendra(2005)³⁾は、視覚的スキーマに問題文の数値が配置される過程をアニメーションによって提示する CAI (Computer-assisted instruction) 教材を開発し、学習困難児への指導に用いその効果

をあげた。我が国においても、多鹿・高橋(1994)¹⁸⁾が、コンピュータの画面上に提示されたスキーマ図の中に、児童自らが数値を埋め込みながら算数文章題を解く CAI 教材を作成し、問題解決に結びつく表象の構成を児童に促した。その結果、視覚的スキーマは算数文章題の解決に促進的に作用する手がかりであることが明らかとなった。さらに、東原・前川(1997)⁵⁾は、統合過程につまずきのある学習困難児を対象とし、視覚的スキーマを含んだ CAI 教材を用いた算数文章題の指導を実施し、部分—全体関係の視覚的提示としての視覚的スキーマの使用の有効性を指摘した。

また、学習困難児に対する指導を行う場合には、認知特性を踏まえた個別的な学習支援方略を行うことも欠くことはできない(伊藤, 2008)⁷⁾。坂本(2005)¹⁶⁾が、認知特性の個別性に着目した実践研究の蓄積の必要性を説いているが、近年では心理教育的アセスメントから児童生徒の認知特性を把握した上で効果的な算数文章題の指導を展開する研究が主流となっている(遠藤, 2010¹⁾;大西ら, 2017¹⁵⁾)。

以上より算数文章題の解決に困難を示す学習困難児に対しては、認知特性を的確に把握した上で、CAI 教材を用いた表象化指導を実施することが有効であることが期待できる。そこで、本研究では、統合過程に中核的なつまずきを示す学習困難児の算数文章題指導において、視覚的スキーマの活用を促す CAI 教材の有効性について、対象児の認知特性に照らした上で検討することを目的とした。

II 方法

1. 対象児

通常学級に在籍する小学6年生(研究開始時小学5年生)の男児(以下、A児)を対象とした。全般的な学習の遅れを主訴として小学校3年生時にB大学相談室に来室した。算数の学習に関しては、加算、減算、乗算の計算には大きな困難はなかった。しかしながら、後述するように算数文章題の解決が困難な状況であったため、A児の算数文章題のつまずきは、問題文の意味している内容を理解する変換過程、問題文に表される量の関係を理解する統合過程、量の関係に基づき適切な演算を選択するプラン化過程にあることが想定された。

1) 生育歴

以下は、保護者より聞き取った情報である。A児は、出産の前後で特に異常はなかった。その後、3歳で幼稚園に入園したが年中時に担任より言葉の遅れを指摘され、区の専門機関を紹介された。そこで、知的発達の軽度の遅れを指摘されたため、民間の機関にて言語指導を小学校1年時まで受けていた。小学校入学時には、区の教育センターから特別支援学級への入級を勧められたが、研究開始時まで通常学級に在籍していた。また、小学校2年生時より医療機関に3か月に1度ほど通い、心理検査や面談等を受けているが、診断名はおりていない。

2) 指導開始前の学習状況

以下は、第一著者が指導を担当した小学5年生時のB大学相談室における学習の様子である。A児は学習全般に対する取り組みは良い方ではなかったが、特に言葉の学習に関しては苦手意識が強かった。

単文字・単語の読みや、音読や黙読など文章を読むことに問題はなかったが、日常生活において、会話の中で適切な名称を想起できないために「これ」「あれ」などの指示語を頻繁に用いるなど、言葉で何かを説明したり、表現したりすることに困難があった。また、「くぐる」「たばねる」など、A児の生活年齢であれば知っていると思われる語の意味を理解していないことが多かった。

算数に関しては、計算は得意な課題であり、1位数同士の整数の四則演算ならば暗算が可能、さらに4年生程度の筆算の手続きについても定着していた。算数文章題に関しては苦手意識が強かった。指導開始時は、算数文章題を見ただけで拒否することが多かった。指導者が解決を促すと、文中の数字を無目的に組み合わせ、文中のキーワードから演算を決定していたため、偶発的に正答することもあったが多くが誤答であった。玩具のお金を2名に分配する課題を行った際、具体物操作を通して導いた答えと、A児が自力で式を立て計算をした結果として算出した答えを比較した。その結果、A児は両者の数値が一致することに非常に驚いた様子であった。

以上のように、A児は計算の手続きには非常に強いが、計算の意味の理解は弱く、具体的な世界と計算の手続きとの間の乖離が非常に大きい状態であった。そのため、A児の算数学習においては、得意とする計算と具体的な世界とを結び付けたり、不得意である文章理解にもつなげたりするために、算数文章題の学習は重要であると考えた。

3) 心理検査

(1) WISC-III知能検査 (10歳8ヵ月時：小学校4年生)

医療機関にて実施したWISC-IIIでは、言語性IQ70(90%信頼区間66-78)、動作性IQ87(81-95)、全検査IQ76(72-83)であり、全般的な知的発達水準は「平均の下から境界線」であった。動作性IQが言語性IQに比べ、5%水準で有意に高かった。群指数に関しては、言語理解68(65-81)、知覚統合87(81-96)、注意記憶79(74-89)、処理速度83(77-96)であった。言語理解が知覚統合及び、処理速度に比べ5%水準で有意に低かった。「算数」の評価点は7点であった。

(2) K-ABC (9歳4ヵ月時：小学校3年生)

C大学附属特別支援学校の支援部にて実施したK-ABCでは、90%信頼水準における標準得点が、継次処理 98 ± 9 、同時処理 69 ± 7 、認知処理過程 80 ± 6 、習得度尺度 73 ± 5 であった。継時処理と同時処理との差は29あり、1%水準で継次処理が有意に高い結果となった。また、継次処理は習得度に対して1%水準で有意に高い結果となったが、同時処理と習得度の間には統計的な差はなかった。以上のことから、本児は得意とする継次処理を教科学習に十分に活かしていないと考えられた。

下位検査においては、評価点平均7よりも「手の動作」(評価点12)、「語の配列」(評価点11)が1%水準で高い一方で、「視覚類推」(評価点4)が5%水準で低い結果となった。また、習得度に関しては、標準得点平均76よりも「ことばの読み」(標準得点 92 ± 7)が1%水準で高い一方で、「なぞなぞ」(標準得点 63 ± 10)が5%水準で低い結果であった。「算数」の標準得点は 68 ± 8 であった。

(3) 総合解釈

WISC-IIIとK-ABCの結果から、A児の知的能力は、全般的に境界域周辺に位置していた。K-ABCの結果からA児は基本的には継次処理優位だと考えられるが、WISC-IIIとK-ABCの数唱の評価点がともに6点であることを踏まえると、聴覚的な短期記憶には弱さがあると推測できた。

また、K-ABCの「なぞなぞ」の標準得点が低めであることや、WISC-IIIの言語理解群指数が低いことから、言語理解及び表出面に弱さがあると考えられた。一方で、K-ABCの「手の動作」、及びWISC-IIIの「絵画配列」の評価点が高いことから、本児は動きのある単純な視覚刺激を処理することは得意であると考えられた。

2. 倫理的配慮

対象児の保護者に対して、書面及び口頭で研究内容の説明を行った。研究内容の説明の際に、研究への協力は強制ではなく研究協力に同意した後でも、同意を撤回できることを説明した。また、研究協力、研究成果の公表について口頭で同意を得た。

3. 時期・場所・セッティング

平成X年3月より6月（小学5年生の3学期から6年生の1学期）まで、週1回1時間程度、全14回、ペーパーテスト及びCAI教材を用いた指導をB大学相談室にて第一著者が個別に実施した。

4. 教材

1) ペーパーテスト

プレテストでは、東原・前川(1997)⁵⁾において用いられた分配に関する算数文章題の分類を参考に、未知数の位置、過不足の有無、配る数によって全17問（表1）を実施した。表1には、参考として各問題の小学校3年生の通過率についても記載した（齋藤・東原，2008）¹⁷⁾。ポストテストでは、過不足ありで操作数が1（1個ずつ配る条件、例えば問題1-1）の問題4問、過不足ありで操作数が2（2個以上配る条件、例えば問題3-1）の問題2問の計6問を用いた。テープ図の学習の効果を見るために、ポストテストの問題文の下には、ラベルや数値の欄が空欄となっているテープ図を付記した。

2) CAI教材

東原・前川(1997)⁵⁾において用いられたCAI教材に改良を加え、Windows社製のパーソナルコンピュータを用い、Visual Basic 6を用いて第2著者が作成した。図1に、教材の画面例を示す。

画面の上部には、割当文、関係文、質問文の3文によって構成される算数文章題を配置し、画面の下部には、視覚的スキーマとして、テープ図を配置した。テープ図の形式は、図1のように必ず多い方の量が赤いテープで上段に、少ない方の量が青いテープで下段に配置され、両者の差分がピンクのテープで「ちがいのかず」として示される。また、最下部には解答を記入するための空欄を設け、キーボード上の数値キーを操作して、解答の入力を行うよう構成した。また、答えの入力後、マウスを操作し[OK]ボタンを押すと、正答の場合は、フィードバック音とともに丸印が画面上に現れ、誤答の場合には、フィードバック音、丸印ともに画面上に出現しないよう構成した。

表 1 算数文章題のタイプと使用した問題文ならびに小学3年生通過率、プレ・ポストテストにおける正誤

問題のタイプ		問題		対象		
番号	未知数	過不足		3年生	A児	
				(通過率)	プレ	ポスト
問題1 (1個ずつ配る)						
1-1	過不足	剰余	いちごがAありました。B人の子どもに1こずつ配りました。いちごはいくつあまるでしょうか。	0.68	×	-
1-2		不足	いちごがAありました。B人の子どもに1こずつ配りました。いちごはいくつたりないでしょうか。	0.63	×	-
1-3	総量	剰余	子どもがA人いました。みんなに1こずつ配ったらいちごがBこあまりました。いちごはいくつありましたか。	0.43	×	○
1-4		不足	子どもがA人いました。みんなに1こずつ配ったらいちごがBこたりませんでした。いちごはいくつありましたか。	0.62	×	○
1-5	人数	剰余	いちごがAあります。何人かの子どもに1こずつ配ったらBこあまりました。子どもは何人いますか。	0.78	○	○
1-6		不足	いちごがAあります。何人かの子どもに1こずつ配ったらBこたりませんでした。子どもは何人いますか。	0.71	×	○
問題2 (2個以上配る・過不足なし)						
2-1	総量	-	いちごがいくつかありました。A人の子どもにBこずつ配ったらちょうどりました。いちごはいくつありましたか。	0.97	×	-
2-2	配る数	-	いちごがAありました。B人の子どもに何こずつ配ったらちょうどりました。1人にいくつずつ配りましたか。	0.84	○	-
2-3	人数	-	いちごがAありました。何人かの子どもにBこずつ配ったらちょうどりました。子どもは何人いますか。	0.86	○	-
問題3 (2個以上配る・過不足あり)						
3-1	過不足	剰余	いちごがAありました。B人の子どもにCこずつ配りました。いちごはいくつあまるでしょうか。	0.46	×	-
3-2		不足	いちごがAありました。B人の子どもにCこずつ配りました。いちごはいくつたりないでしょうか。	0.41	×	-
3-3	総量	剰余	いちごがいくつかありました。A人の子どもにBこずつ配ったらCこありました。いちごはいくつありましたか。	0.77	×	-
3-4		不足	いちごがいくつかありました。A人の子どもにBこずつ配ったらCこたりませんでした。いちごはいくつありましたか。	0.52	×	-
3-5	配る数	剰余	いちごがAありました。B人の子どもに何こずつ配ったらCこあまりました。1人にいくつずつ配りましたか。	0.51	×	○
3-6		不足	いちごがAありました。B人の子どもに何こずつ配ったらCこたりませんでした。1人にいくつずつ配りましたか。	0.30	×	○
3-7	人数	剰余	いちごがAありました。何人かの子どもにBこずつ配ったらCこあまりました。子どもは何人いますか。	0.18	×	-
3-8		不足	いちごがAありました。何人かの子どもにBこずつ配ったらCこたりませんでした。子どもは何人いますか。	0.11	×	-

テープ図の完成に関する具体的な教材の構成は次の通りである。問題文の中の名前(いちご/配る)や数値の部分をクリックすると、その部分が複製され、マウスに伴って動く。ただし、文中の「[何こかずつ2人]」の部分をクリックすると「[?×2]」というピースに変換するよう作成した。また、マウスのポインティングをテープ図中の適切な空欄の中まで移動して、再度クリックすると、フィードバック音とともに、その文字列や数値が空欄に貼り付けられる。誤った空欄に入れた場合、入れようとしていた文字列や数値は消滅してしまうよう構成した。

本教材は指導に用いるのと同時に、児童の解決方略を見るための評価のツールとしての役割を果たせるよう、解決過程を自動的に記録できるよう構成した。記録を分析することにより、児童が解決過程のどの部分につまずいているのかについてある程度の推察が可能となる。例えば、ラベル(図1における「配る」「いちご」の文字列)の同定を何度も間違えているならば、統合過程につまずきがある、あるいは図は誤入力なしで完成できているが、答えの記入の時点で何度も誤入力をしているならば、実行過程につまずきがあるなどの推察が可能である。

A児のこれまでの学習達成状況を考慮し、過不足ありで操作数が1の構造の算数文章題を標的課題とした。また、本教材において用いられた問題数は8問であり、その構成は、総量が未知で剰余構造(1-3)が2問、不足構造(1-4)が2問、人数が未知で剰余構造(1-5)が2問、不足構造が2問(1-6)であった。各構造がランダムに提示されるように構成した。また、暗算の負荷を低減するため、扱う数は10以下とした。さらに、標的課題の指導後に、問題構造が異なっても、部分-全体関係を根幹とする同じスキーマ図が活用できるかどうかの転移をみることにした。転移課題には、操作数が2の構造の問題を用いた。

本教材においては、問題文の構成要素の関係が把握できなくとも、コンピュータからの自動的なフィ

ードバックによって入力を修正すれば図が完成される。つまり，問題文を読まなくても文字や数値のみを操作するだけで図の完成が可能である。そこで，独力で問題文から適切な情報を抽出できることを目的に，問題文のどこに注目すべきかを強調する介入条件を設定した。介入条件では次のように学習の進行を誘導した。

① 「いちごが～個あまります（たりません）」という関係文を強調するためその文だけを残して，他の文が薄い色の文字になりロックされるようにした。つまり，関係文の要素のみ移動可能となる。そこで対象児はいちごの個数と子どもの数のうち，多い方の名前を上段のラベルの空欄に，少ない方を下段のラベルの空欄に配置し，「ちがいの数」に過不足分の数値を配置する。このように，まずは 2 量の大小関係を明確にする。

② 次に，いちごの個数，子どもの人数，過不足分の数値がテープ図中に配置されると，①とは逆に関係文がロックされ，残りの 2 文が提示される。そこで，残りの空欄に既知の数値や「？」を配置する。これにより，最終的に求めるべき量を同定する。

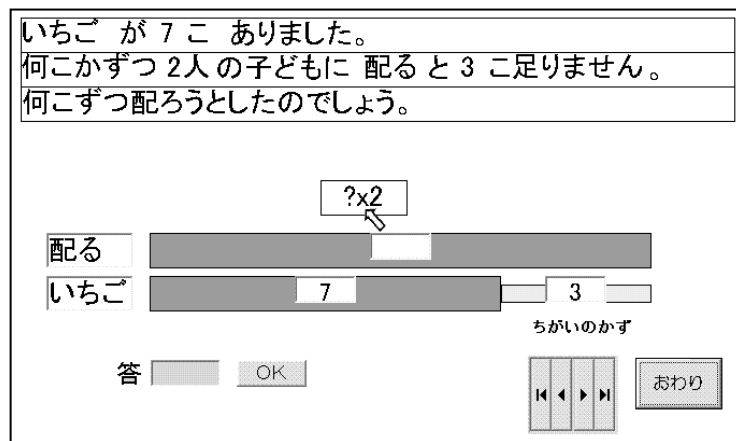


図1 CAI 教材画面例（問題 3-6）

5. 手続き

1) プレテスト

プレテストとして，表 1 に示す全 17 問のペーパーテストを実施した。実施時間は約 10 分であった。

2) CAI 教材による指導

CAI 教材による指導においては表 1 の 17 問のうち操作数が 1 の問題 1 の 4 タイプ (1-3, 1-4, 1-5, 1-6) を用いた。また，転移課題は操作数が 2 の問題 3 の 2 タイプ (3-5, 3-6) を用いた。CAI 教材を用いた指導は，1 回につき約 15 分程度であった。また，操作数が 1 の場合は全 8 問，操作数が 2 の場合には全 10 問を 1 ブロックとし，1 回の指導につき 1 ブロックを実施した。なお，CAI 教材による学習の前に，未知数の位置が異なる 3 種類の文章題カード(図 2)を用いて，視覚的スキーマから演算子を決定する指導を実施した。

CAI教材による指導は次の手順で行った。

(1)問題文を読む順序に制限を加えない通常モード(通常条件)で、操作数が1のCAI教材を2ブロック試行する。その後、課題達成基準(ラベル、及び数値の同定、演算の決定が、1ブロックの中で80%以上正答することが連続して2ブロック続くこと)が満たされなければ、関係文(第2文)を強調する介入条件①を導入する。

(2)介入条件①において、課題達成基準が満たされなければ、関係文を強調することに加え、誤入力があった場合に対象児の好む絵が強化子として出る介入条件②を導入する。課題達成基準が満たされた場合には、(3)へ移行する。

(3)通常条件で、転移課題を2ブロック実施する。

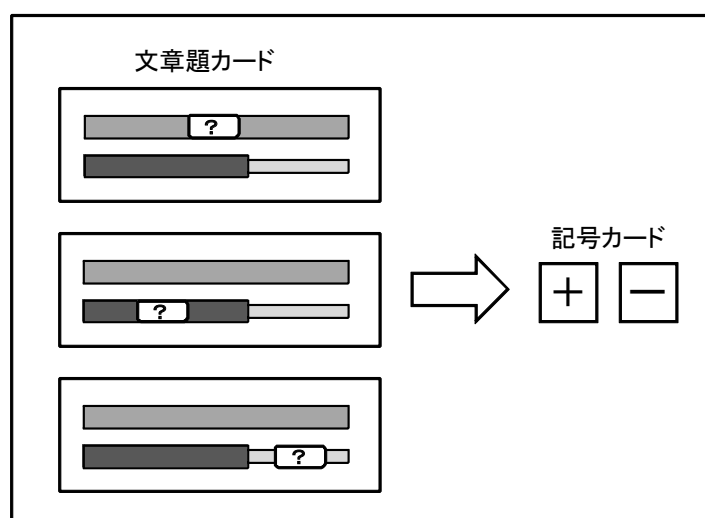


図2 視覚的スキーマ学習カード

3) ポストテスト

ポストテストでは、CAI教材で課題として扱った問題1の4タイプと問題3の2タイプの合計6問を取り上げた。CAI教材による指導終了の1週間後に、ペーパーテスト形式で上記の6問を実施した。式、答えの記入とともに各要素を空欄にしたテープ図の完成を求めた。実施時間は約10分であった。

6. 分析方法

CAI教材では、問題文のどの構成要素をテープ図中のどの欄に入れようとしたかが全て自動記録されている。そのため、ペーパーテストの結果とコンピュータの記録及びA児の学習の様子から以下の分析を行った。

1) 問題遂行結果の分析

プレテストにおけるA児の遂行結果を小学3年生の結果と比較し、算数文章題におけるつまずきを把握した。また、プレテストとポストテストの結果を比較することによりコンピュータを離れた場においても学習の効果が見られたかどうかを検討した。

2) 問題解決過程の分析

図の完成の下位課題をラベル(いちご/配る)と数値(いちごの数/配る数/ちがいの数)の同定の 2 課題に分解し、それぞれ誤入力せずに全て正しくあてはめることができた場合をブロックごとに集計し、正答率(正しく同定できた問題数/全問題数)の推移を調べた。さらに、演算の決定に関しても同様に正しく演算を選択できた数をブロックごとに集計し、正答率(正しく演算の選択ができた問題数/全問題数)推移を調べた。これらの分析により、視覚的スキーマの利用という観点から問題解決過程の変化を検討した。また、問題文の構成要素に対する着手の順序を調べ、問題文からの情報の抽出という観点から問題解決方略の変化を検討した。

III 結果

1. プレテストとポストテストにおける正答率の変化

A 児のペーパーテストにおける結果を表 1 に示した。プレテストにおいて A 児は、小学 3 年生における通過率が 70%を超える問題に関しても、誤答を示している場合が多く、算数文章題の学習におけるつまずきが顕著であった。

プレテストにおける A 児の正答率は 17.6% (17 問中 3 問) であった。プレテストにおいて、A 児は加減算を用いて解くことができる操作数が 1 の問題においても、“配る”という言葉を見つけると、すぐさま除算を用いて立式し解こうとした。そのため、A 児が文意を捉えやすいように、「あめが 30 こありました。4 人の子どもに 8 こずつ配ると 2 こ足りません。」という問題文において、「“あめが”2 こ足りません。」というように、主語を補いながら問題文を音読し、立式をする前に文中の 2 量の大小関係に関する質問をした。その結果、1-1~1-6 の 6 問全ての数量関係を正しく把握することができた。その後、指導者がペーパー上で数量関係をテープ図に示し、テープ図から演算を決定する支援を行うと、6 問中最後の 1 問については、指導者が書いたテープ図から正しく演算を決定することができた。また、操作数が 2 の問題に関しては、文中の数値を無作為に選択し、乗算を用いて立式し解いており、2-2 と 2-3 に関しては正答することができたが、それ以外の問題に関しては立式の段階で誤っており全て誤答を示した。

表 1 に示したように、A 児はポストテストにおいて、操作数が 1, 及び 2 の問題とも全問正答であり、正答率は 100% (6 問中 6 問) であった。また、ポストテストにおいては、問題文の下に、各要素が空欄となったテープ図を提示したが、全て正しく空欄を埋めることができた。さらに、テープ図の空欄を埋める順序に一貫性が見られ、操作数が 2 の CAI 教材と同様に、はじめに過不足分、あるいはラベルを記入してから数値を記入していた。

2. CAI 教材における問題遂行結果

図の完成におけるラベル及び数値の同定の正入力の比率の推移、さらにはテープ図の完成後に行う演算の決定の正誤の比率の推移を、図 4 に示した。

A児は、通常条件において、演算の決定に関しては75%と高い正答率を示した。一方で、ラベルの同定に関しては、問題文を読み2量の数量関係を把握してから配置するという様子は見られず、どの問題に対しても初めにあめの数を上段に入れるという反応が目立った。数値の同定に関しては、ラベルを先に配置してから、配置を開始していたが、ラベルの位置を確認することなく図中の空欄に配置していたため、誤入力が多くなった。

ところが、介入条件①になると、ラベルの同定に関しては2ブロック目から80%を超えるようになった。また、演算の決定に関しては、1ブロック目から80%を超えた。しかし、一方で数値の同定に関しては、ラベルを先に配置しているにもかかわらず、正入力の比率が80%を超えなかった。数値の同定に関しては、遂行に向上が見られなかったため、誤入力が0だった時にのみ、本児の好むキャラクターの絵がコンピュータの画面上に出る介入条件②を導入した。その結果、数値を配置する前にテープ図や、問題文をよく見て確認するようになり、8ブロック目には数値の同定が100%となった。

転移課題においては、A児自ら前回までの教材と問題文が異なるのに気づいた。また、A児はラベルの同定、及び演算の決定に関しては1回目から正答率が100%であり、誤入力なしで遂行できていた。ただし、演算の決定後、“ $?\times\Box$ ”と変換されるピースから答えを乗算によって求める過程においては乗除算のどちらを用いるのか悩んでいる様子であった。そのため初めの2問において支援を行った結果、残りの問題に関しては支援なしで答えを求めることができた。一方、数値の同定に関しては、9ブロック目には正答率が60%と再び下がったものの、10ブロック目には100%となった。

以上より、構造が異なる算数文章題においてもテープ図の完成、及びテープ図からの演算の決定の遂行結果が維持された。さらに、転移課題においては、入力の前にマウスから手を放しどこに配置するかを考えるとという行動が、指導期間中を通し初めて見られた。また、A児は転移課題において、誤入力なしで図を完成させたにも関わらず、キャラクターの絵が出ないということについて言及していた。

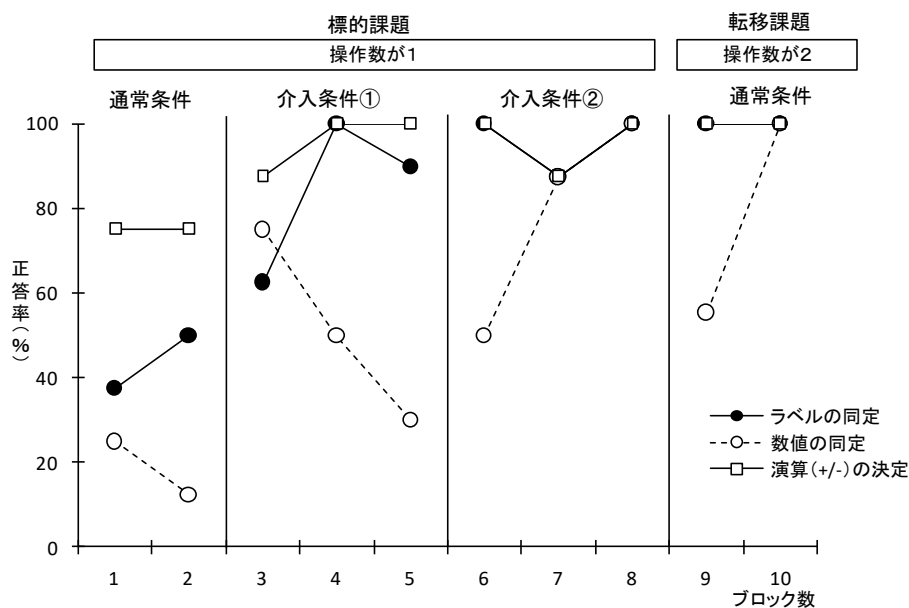


図3 CAI教材における下位課題の正答率の推移

IV 考察

1. 算数文章題指導における視覚的スキーマの有効性

表1より、プレテスト、ポストテスト間に問題数の差はあるが、ポストテストの正答率が100%であった。ポストテストにおいては、A児が視覚的スキーマとしてのテープ図を頼りに問題を解決している様子が見られ、視覚的スキーマを外的資源として獲得した可能性が示唆された。

研究開始前の学習状況から、A児は統合過程に中核的なつまずきがあることが予想された。A児のCAI教材における問題解決過程(図3)をみると、通常条件において[ラベルの同定]の正答率が2ブロックとも50%を下回っており、問題文において表される量の関係を把握することの困難がみられた。そのため、CAI教材への取り組みの状況からも、A児は統合過程に中核的なつまずきを示していることが改めて確認できた。以上より、統合過程に中核的なつまずきを示したA児の算数文章題の学習において、視覚的スキーマを指導に活用することの有効性が示されたといえるだろう。

視覚的スキーマ利用の利点として、Fuchs et al.(2004)²⁾は、異なる問題間においてもその根底にある問題の構造が同じであると気づくことができるようになり、学習の転移が起きやすいことであると指摘する。本研究においては、CAI教材による指導の中において、操作数の異なる問題を転移課題として設定した。図3よりA児は、転移課題において高い正答率を維持したが、異なる構造を持つ問題間においても同じ視覚的スキーマを用いたことにより、問題の構造の同質性に気づき、異なる問題構造間において転移が見られたと考えられた。視覚的スキーマの転移に与える影響について、東原(2000)⁴⁾は、通常学級の小学3年生を対象とし、言語的手がかりを与えた群と、テープ図による手がかりを与えた群とで、介入前後、及び転移課題における成績を比較している。その結果、ポストテストにおいては、群間に差がなかったが、転移テストにおいては、テープ図群の方が有意に高い成績を示しことから、テープ図などの視覚的スキーマの再現性の高さを指摘し、転移を促す可能性を示唆した。本研究においても、学習の転移が見られたことから、限られた範囲の転移における視覚的スキーマの有効性が示唆されたと言える。

熊谷(1998)¹⁰⁾は学習困難児に対し、学習指導を行う際、心理教育的アセスメントから対象児の認知特性を把握し、得意とする能力を活用しながら指導を行うことが重要だと指摘する。以下では、A児の認知特性から視覚的スキーマを活用した指導の有効性や留意点について考察する。視覚的スキーマを問題解決に活かすためには、視覚的スキーマ上に表現される部分と全体関係を把握する力が必要となる。A児は同時処理に比べ継次処理が有意であり、複雑な図形を外的資源として活用するのには困難があると考えられた。その点、本研究で活用した視覚的スキーマは構造が単純で、かつ算数文章題の問題構造が異なっても同一であったため、A児にとって活用可能であったと考えられた。ただし、A児の同時処理の弱さに配慮し、視覚的スキーマ導入の際には、図から適切な演算を決定するための集中的な指導をしたり、介入条件①において得意な継次処理を活用し図を利用する手順を明確に規定したりするなど、A児の認知特性に応じた学習支援方略を付加的に適用することが不可欠であった。

2. CAI 教材の活用可能性

Fuson & Jitendra(2005)³⁾や東原・前川(1997)⁵⁾は、学習困難児に対する算数文章題の指導において、表象化指導と CAI 教材を組み合わせることで指導の効果を上げた。以下では、本研究における CAI 教材の有効性について考察する。

A 児は指導前、算数文章題解決において文章を注意深く読んで状況を思い浮かべたり、量の関係を把握したりする姿はほとんど見られず、文中の数値を思いつくままに組み合わせて答えを導いていた。A 児はもともとコンピュータを活用した学習に関心があったため、CAI 教材に強い関心を示した。そして、ペーパーでの問題提示とは異なり、CAI 教材では算数文章題に向かおうとする姿が見られた。したがって、A 児にとって CAI 教材はまずは興味・関心や意欲を高めるといった情意面の効果があったと考える。

発達障害児の算数文章題に関して、遠藤(2010)¹⁾は課題への動機づけを確保しながら、中核的なつまづきを示す過程を特定しそれを解決するための学習支援方略を組むことが重要であると指摘する。本研究で用いた CAI 教材においては、解決過程を自動記録することが可能であり、記録をもとに問題解決過程を分析し、算数文章題解決の 4 過程のどこにつまづきを示すのか把握することができた。つまり、本研究において CAI 教材は、課題への動機づけの維持とつまづきを特定することにおいて効果的な役割を果たしたと考えられる。また、A 児の問題解決の達成状況を適宜把握することによって、つまづきに応じた介入方法を設定することが可能となった。学習者の状況に合わせた適切な指導の提供は CAI 教材でなくても可能であるが、CAI 教材においては複数の介入条件をオプションとして事前に用意することで、学習者の状況から即時に最適な介入条件を判断し、提供できるという利点がある。また、本研究では対象児が 1 名の状況における指導であったが、Ok, Bryant & Bryant(2019)¹⁴⁾がインクルーシブな教室における CAI 教材の活用可能性について展望しているように、今後は学習困難児を含む通常学級における一斉指導のような一对多の状況においても個々に最適なオプションを設定することで、学習の個別最適化を図ることも応用することも期待できるであろう。

引用文献

- 1) 遠藤愛(2010):境界領域の知能を有する発達障害生徒に対する算数文章題解決のための学習支援－認知特性とつまづいている解決過程の分析から－.教育心理学研究, 58,224-235.
- 2) Fuchs, L.S., Fuchs, D., Finelli, R., Courey, S.J., & Hamlett, C.L.(2004): Expanding schema-based transfer instruction to help third graders solve real-life mathematical problems. *American Educational Research Journal*,41,419-445.
- 3) Fuson, K.C. & Jitendra, A.K.(2005): Go Solve Word Problems: Research into Practice, a report on the research behind GO Solve Word Problems.
- 4) 東原文子(2000):小学校におけるコンピュータ活用の可能性を探る(3)－算数文章題に関する予備的研究－. 聖徳大学研究紀要,11,39-44.
- 5) 東原文子, 前川久男(1997):算数文章題 CAI 教材パッケージの開発と学習困難児の指導への利用. 心身障害学研究,21,37-48.

- 6) 伊藤一美(1999)：学習困難児に見られる算数文章題におけるつまづき. LD 研究,7(2),80-89.
- 7) 伊藤一美(2008)：算数のアセスメントの検討. LD 研究, 17(3),295-302.
- 8) Jitendra, A. K., Griffin, C.C., McGoey, K., Gardill, M. C., Bhat, P., & Riley, T.(1998)： Effects of mathematical word problem solving by students at risk or with mild disabilities. *Journal of Educational Research*,91,345-355.
- 9) Kintsch, W. & Greeno, J. G.(1985)： Understanding and solving word arithmetic problems. *Psychological Review*,92,109-129.
- 10) 熊谷恵子(1998)：認知処理様式と指導法略 松原達哉・藤田和弘・前川久男・石隈利紀(監) 藤田和弘・青山真二・熊谷恵子(編) 長所活用型指導で子どもが変わる－認知処理様式を生かす国語・算数・作業学習の指導方略－ 図書文化社 14-17.
- 11) Mayer, R. E.(1982)： Memory for algebra story problems. *Journal of Educational Psychology*. 74, 199-216.
- 12) Mayer, R. E.(1992)： Thinking, problem solving, cognition. (2nd ed.) New York: W. H. Freeman.
- 13) Montague, M.(2003)： Solve it! A practical approach to teaching mathematical problem solving skills. Reston, VA: Exceptional Innovations.
- 14) Ok, M.W., Bryant, D.P., & Bryant, B.R.(2019)： Effects of computer-assisted instruction on the mathematics performance of students with learning disabilities: A synthesis of the research. *Exceptionality*,28(1),30-44.
- 15) 大西美緒, 恵羅修吉, 中島栄美子, 西田智子 (2017)：超低出生体重で生まれた小学6年生に対する算数文章題解決における表象化指導の効果. LD 研究,26(3),337-347.
- 16) 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.
- 17) 齋藤大地, 東原文子 (2008)：分配に関する算数文章題の小学校3年生への試行(1)－「過不足のある等分除」における方略の分析－.日本教育心理学会第50回総会発表論文集, 491.
- 18) 多鹿秀継, 高橋和弘(1994)：ハイパーカードを用いた算数文章題の解決過程の分析. 日本教育心理学会第36回総会発表論文集, 345.
- 19) Van Garderen, D.(2007)： Teaching students with LD to use diagrams to solve mathematical word problems. *Journal of Learning Disabilities*, 40(6),540-553.
- 20) Xin, Y.P. & Jitendra, A.K.(1999)： The Effects of Instruction in Solving Mathematical Word Problems for Student with Learning Problems: A Meta-Analysis. *The Journal of Special Education*,32,207-225.
- 21) Xin, Y.P. & Jitendra, A.K.(2006)： Teaching problem-solving skills to middle school students with learning difficulties: Schema-based strategy instruction. In M. Montague & A. K. Jitendra(Eds.), Teaching mathematics to middle school students with learning difficulties(pp.51-71). New York: Guilford Press.
- 22) Zhang, D.& Xin, Y.P.(2012)： A Follow-Up Meta-analysis for Word-Problem-Solving Interventions for Students with Mathematics Difficulties. *The Journal of Educational Research*,105(5),303-318.