

# LD傾向のある児童における算数文章題指導

—COMPASSによる躰きの分析に基づく文章概念化を援助する教材を用いて—

宇田川真智子<sup>1)</sup>・松本 秀彦<sup>2)</sup>

## 要 約

通常学級に在籍するLD傾向のある児童に対し算数文章題の指導を行い、その躰きを分析した。分析には、算数の解決過程を認知モデルに沿って分析し開発されたCOMPASSを使用した。それに基づき、指導教材には、文章概念化を援助するために、筋道を立てて考えるための「手順書」と、類似問題への転移を促すアプローチである文章を概念化し立式につなげる「言葉式」を採用した。また、文中の表現と用いる演算の対応を示した「演算子表」を自作して使用した。それにより、メタ認知のモニタリング効果と文章概念化から数式化に至る解決過程において問題スキーマの促進が見られた。

Key words : LD, COMPASS, 算数文章題, 文章概念化指導

## 1. 問題と目的

学習障害児 (Learning Disabilities, LD) は、聞く、話す、読む、書く、推理する、あるいは計算する能力の習得と使用に著しい困難を伴い、読み書き障害、算数障害などの学習困難の領域が個々に異なる。これらの児童は、特異な認知の偏りを持ち、クラスや学校で理解されないで困難を抱えているケースも少なくない。また、ADHDとの併発率も高く、併発によって二次障害に至るケースが多く見られる。

定型発達児においても、算数障害まで至らずとも算数文章題の困難さを訴える者は多く見られる。算数文章題の解決過程については、多鹿ら (1995) はスキーマ理論によって変換・統合・計画・実行の4過程に分類した。市川ら (2009) は、認知心理学の立場から問題解決過程の詳細を同定し、算数文章題の躰きをアセスメントできるCOMPASS (Componential Assessment for basic competence and study skills in mathematics) を開発した。この理論モデル (図1) はMayerらの理論に沿った形で下位分類され、大き

---

<sup>1)</sup> 作新学院大学大学院心理学研究科 (現所属 鹿沼市教育専門相談員)

<sup>2)</sup> 作新学院大学人間文化学部

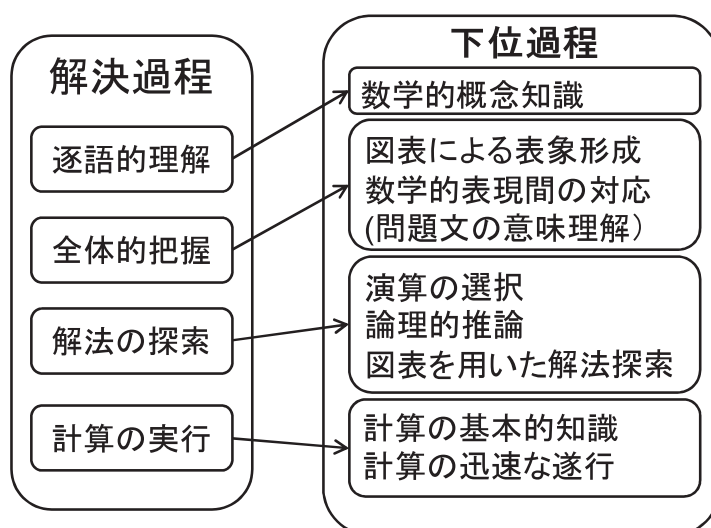


図1 COMPASSの理論構造 市川ら（2009改変）

く分けて「理解過程」と「解決過程」から構成されている。「理解過程」では、「問題文の逐語的理解」において、文ごとの意味理解がおこなわれ、その過程で、「数学的概念に関する知識」とのすり合わせが行われる。文単位での理解の後に、問題文の表現する「状況の全体的理解」が行われる。そのために、問題状況を図や表に表してしっかりとイメージを持つために「視覚的表現の自発的作成」が行われる。また、グラフや数式、数表など「数学的表現間の変換」ができないと数学的意味での表象に至らない。その後の「解決過程」では、立式のための「解法の探索」において基本的な問題では何を何で割るなどの「演算の選択」が自動的に行われ、さらに難しい問題では「論理的な推論」を働かせる必要がある。また、図表に書き込みをしながら解を探索する「視覚的表現の利用」が重要であると考えられている。さらに、立式後の「計算の実行」では、「計算ルールに関する知識」が必要となり、工夫して計算をするなど「計算の円滑な遂行」が必要となる。このように、4段階の下位過程に関わる知識・技能をより詳細に分類したものである。

算数文章題の困難さは、解決過程が数段階によって構成されているためであることと、認知的な偏りが顕著であることによることが多くの研究から報告されてきた。石田・多鹿（1993）は、算数文章題の解決過程を4つの下位過程に分類し、それを評価する文章題を使って小学5年生に対して分析を行った。実行過程を四則計算により上位群と下位群に分け、上位群と下位群の差は統合過程を評価する問題において最も大きく、変換過程と計画過程を評価する問題においては両群の差は小さかったことを報告している。岡本（1992）は、解決段階ごとに刺激再生インタビューを用いてメタ認知を測定し、成績上位群と下位群の間には問題解決中の認知の制御（メタ認知）に差があることを明らかにした。さらに、その認知の差は、問題理解、計画、実行のどの段階でもみられ、メタ認知が問題解決に一

定の役割を担っていることを明らかにしている。坂本（1993）は、算数文章題での躓きの要因として、多くは問題理解過程にあり、特に問題文から抽出した必要な数字の関係づけがあげられ、作業記憶、短期記憶、流動的知能、処理速度、アルゴリズムの知識をあげている。

認知に特有の偏りを持った児童における算数文章題の指導では、以下のような報告がされている。東原ら（1995）は、CAI（Computer-Assisted Instruction）教材により文を視覚化して呈示する指導の有効性を明らかにし、算数文章題の基礎となる文理解の困難な小学校3年男児が、PCによる呈示がなくても自分で図を描くことができるようになったことを報告している。また、推論することの難しさから筋道を考えて解く計画過程に困難さや苦手意識を持つ子どもは多く、問題文の表象化のために指令書を作るなどして、筋道を立て考えることを補助し、ゲーム感覚を取り入れることで苦手意識を軽減する指導の効果が明らかとなった（松井・熊谷、2008）。

発達障害特有の困難さとして、行動を待てずにどんどん先に進めてしまい、問題解決のために必要な注意集中の困難さなどがあげられる。松井・熊谷（2008）は、児童の興味のある内容を盛り込むなどして注意喚起を行う指導の有効性を明らかにした。

その他、困難さへの支援方法としては代替手段の獲得を目指したものがある。井上（2002）は、特異的学習困難児を対象とした算数文章題解決場面における学習支援で、認知機能の強い面を活用した代替手段の獲得による文章題解決の中心的困難の解消と、認知機能の弱い面を補うための解決ステップの明確化によって、問題解決プロセス遂行が促進され、困難の軽減に有効であったと述べている。

藤崎（2009）は、算数文章題が苦手な小学校3年生男児と小学校5年生男児に対して描画指導を用いて、①問題文を声に出して読む②大事なところを○で囲む③問題の絵をかく④式を立てる⑤式を解く⑥答えをだす手順で、算数文章題の指導を行った。それによると、前者における指導では、指導前には統合・計画の過程で間違いが見られたが、指導後は、（描けなかったが）絵を描こうとすることで文章の理解に努める姿勢を養い、自ら描いた絵をみてかけ算の立式を行うことができるようになるなど視覚化が立式に有効に働いていることがうかがえる。一方で、少し複雑な文構造になると柔軟性の無さや短期記憶の弱さから言葉の理解や重要部分の抽出には引き続き困難さがみられ、抽象概念の苦手さやアイテム数の多さから描画に対する抵抗感もうかがわれた。後者においては、指導前にみられた統合・計画における誤りが指導後には見られなくなった。文章の視覚化が立式におけるパターン認識に有効に作用したものと考えられる。一方で、抽象的概念の弱さや視覚的な処理の苦手さから絵の見間違いなどもみられ、イメージ化が依然困難であったことや、再度文章を読むことで躓きに気づくことができるなど聴覚－運動覚を使った指導の有効性もうかがわれた。

このように、学習効果など個々の事例に関する具体的な支援方法の取り組み検討が進められている段階にあり、未だその指導方法は確立されていない。

## 2. 本研究の目的

そこで本研究では、通常学級に在籍しLD傾向があり算数文章題に困難を示す児童について、①解決過程の蹟きをCOMPASSに基づいて分析し、②困難の背景要因となる知能・視知覚・思考・注意の特性を把握し、③困難を補うための教材を用いた指導を行いその有効性を検証することを目的とした。②についてはWISC-III、ADHD-RS、Continuous Performance Testおよびフロスティック視知覚検査によってアセスメントを行い、③については、解放手順のメタ認知的やワーキングメモリーの弱さを補助する教材として「手順書」、「演算子表」を用い、メタ認知の弱さやスキーマ知識を用いた概念の体制化を助ける教材として「言葉式」を用いた。それぞれの教材については、方法に詳述する。

## 3. 方法

### 3.1 対象児のプロフィール

対象児は通常学級在籍の小学6年男児。注意集中の持続が難しく、多動傾向があり、全体指導では、理解が不十分で、指示が通らない状態であった。そのため、小学5年の夏から国語と算数の授業で個別学習を開始した。

WISC-IIIからFIQは89、平均からやや低い範囲であった。言語理解（VC）は89、知覚統合（PO）は93、注意記憶（FD）は71、処理速度（PS）は106で、抽象概念、聴覚的短期記憶の弱さがうかがわれた。下位分類は、言語性検査の評価点平均は、7.2で、＜類似＞は評価点6（－）、＜算数＞＜数唱＞は共に評価点5（－）で低さが見られた。＜知識＞＜単語＞＜理解＞は共に9（＋）と平均的であった。動作性検査の評価点平均は、9.7で、＜絵画配列＞＜積み木模様＞＜組合せ＞は10（±）で平均的であった。また、＜記号探し＞＜符号＞は共に11（＋）で少し高いのに対し、＜絵画完成＞は評価点6（W）で低く、その他の評価点と差がみられた。

ADHD-RS-IVから注意集中の得点が低かった。6年生4月からストラテラの服薬を開始した。同7月には、不注意・多動・衝動性の全ての分野での大幅な改善が見られた。しかし、「課題や活動を順序だてて行うことが困難」や「日々の活動で忘れっぽい」ことが課題であった。

### 3.2 指導期間

指導は、200X年9月から3ヶ月の期間、個別指導として20分の指導を週2回計16回実

施した。1セッションの出題数は4問とし、問題の設定を3～5年生とした。教材は、注意集中とメタ認知補助のために「手順書」、文の概念化のために「言葉式」を使用した。

### 3.3 COMPASSによる算数能力の評価

算数能力の評価として、指導開始前にCOMPASSの検査を実施した。誤答の分析は、算数文章題において躓きの見られた解決過程「逐語的理解」「全体的把握」「解法の探索」「計算の実行」と「正答」の5段階で評価した。個別指導であるので、誤りについてはその都度指摘して、最終的に正答に至るようにした。間違いが生じたものは全て記録し、COMPASSの下位分類に集計した。評価期においてみられた間違い過程はパターン化して対象児の困難さの特徴を抽出した。

### 3.4 指導教材

指導に用いた教材について説明する。「手順書」、「演算子表」、及び「言葉式」を主の教材として用意した。「手順書」は、解法手順の躓き、メタ認知へ弱さ、注意集中の補助に対して用いた(図2)。松井・熊谷(2008)は、計画過程に躓きが見られる高機能広汎性発達障害の女兒に対して指令書を用いて指導を行い、筋道を立て考えることを補助する効果があることを報告している。本研究で用いた「手順書」では、①口に出して問題文を読む、②問題文に線を引く(分かっていること→青、条件&キーワード→黄、求めるもの→ピンク)、③数字の単位を合わせる(変換する)、④図(物)を動かして確認する⑤+、-、×、÷のどれを使うか決める、⑥式を立てる(書く)、⑦式をとく⑧求める数字の単位にする(変換する)、⑨答えを書くの9つの手順を示した。①では正確な問題文

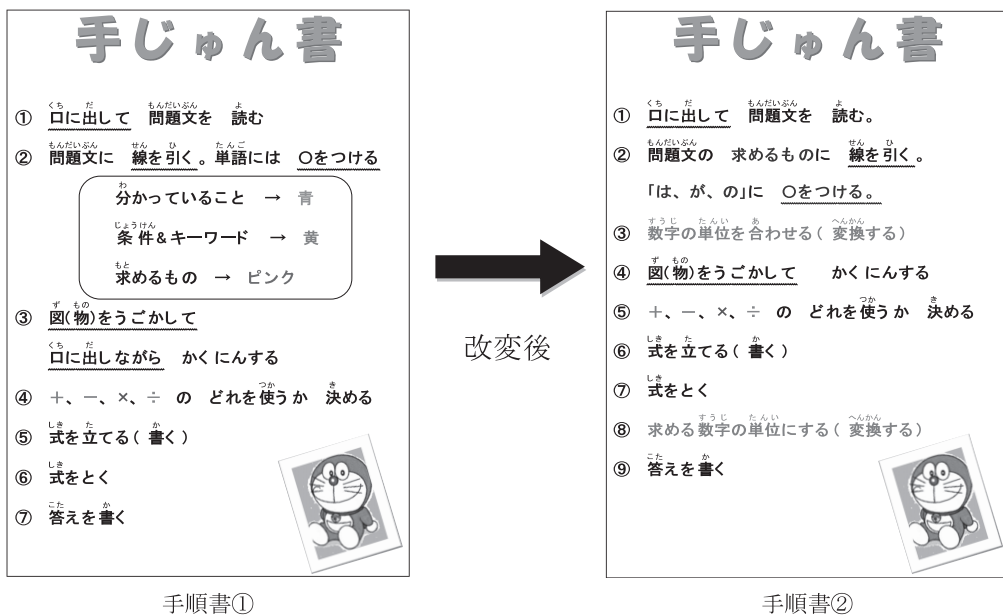


図2 教材で使用した「手順書」

の意味理解を、②ではマーキングによる問題文の概念化を、④では図や表の使用による文の概念化を、⑤～⑨ではセルフモニタリングの効果を期待して手順を設定した。また、②の項目は当初、図2左側の手順書を使用していたが、指導途中でさらに詳細な形での文理解の必要性和「言葉式」(後で、詳細を述べる)の記入補助のために図2右側の内容に変更した。③、⑧は指導で忘れやすい過程を途中で追加した。「演算子表」(図3)は、抽象

## 式のキーワード

### たす $+$

ぜんぶで  
みんなであわせると  
はじめに  
〇〇なんより何なんこなんおなんおく  
ながく  
おもく  
代金はいくら  
ふえる

$+$

↓

### ひく $-$

あまり  
のこり  
どちらが何なんこなんおなんおい  
ちがいなんは  
いま何なんこ  
おつりはいくら  
みじかく  
かるく  
すくなく  
へる

↓

### かける $\times$

おな ぶん かず  
同じ分(数) ずつ ふえる

④ 倍 (④ こぶん)  
④ 割 (10 にわけた④ぶん)  
④ % (100 にわけた④ぶん)

↓

### わる $\div$

おな ぶん かず  
同じ分(数) で わける

④ 倍 (④ こぶん)  
④ 割 (10 にわけた④ぶん)  
④ % (100 にわけた④ぶん)

↓

図3 教材で使⽤した「演算子表」



概念化・演算子の意味理解の弱さや、聴覚的短期記憶の弱さに配慮して用いた。本研究で用いた「演算子表」は、問題の具体的な文章と演算子を結び付け、演算子ごとに分類して表示した。これによって、すでに知っている知識を付け加えることによって学習内容を覚えやすい形に変換する精緻化方略と、学習内容が相互に関連を持つようにまとまりをつくる体制化方略という二つの学習方略の効果を期待した。また、短期記憶の弱さに対する視覚化は、有効な支援として広く用いられている。「言葉式」(図4)は、メタ認知の弱さや

図4 教材で使した「言葉式」

スキーマ知識を用いた概念の体制化への配慮から用いた。市川ら(2009)のCOMPASSの結果に基づく指導でも用いられている。本研究では、小学校4年の算数文章題の指導で用いられる算数用語である「言葉の式」と同じ意味で用いることとする。「言葉の式」は、数量の関係を日常的な言葉を用いて式に表したものである。ただし、問題場面の数量関を具体的な量のイメージをもとに捉えさせながら指導することが重要であるとされている。本研究では、「言葉式」による「解法構造アプローチ」をより抽象度の低い形で用いることにより文の概念化を試みた。「解法構造アプローチ」は、寺尾・楠見(1998)が類似問題への転移を促す方法の一つとして有効性を報告したものである。類似問題への転移を促す方法には、「例題アプローチ」と「抽象化アプローチ」があり、「例題アプローチ」は、例題の解法抽象化は行われず、例題中の要素をそのまま目標課題に利用する方法である。「抽象化アプローチ」は、多くの目標課題に適用可能な抽象的知識を例題から獲得し、利用する方法であり、さらに「解法構造アプローチ」と「構造生成アプローチ」に分けられる。「解法構造アプローチ」は、多くの目標課題に適用可能な例題から獲得すべき抽象的知識を例題から獲得し、それを利用しようとする方法であり、「構造生成アプローチ」はさらに解法構造生成の知識を利用して転移を図るものである。

#### 4. 結果と考察

COMPASSの結果から、「問題文の意味を全体的に把握して図に表す」ことに困難があり、図を書くことを解法の手がかりとして使用することは難しいこと、また、「基本的な文章題の解き方」に課題があることから乗法、除法のような高次の問題になると正答が難

しいことが示された。

指導の評価期において解答中の躓きをまとめたところ（表1、図5）、「逐語的理解」においては設問「百分率（順思考）」の「AはBのC%」の「%」など数学的概念知識の理解が不十分によるものが多かった。

また、「全体的把握」においては、「AはBの」の文間の関係の理解の不十分さにより「数学的表現間の対応」で間違いが見られた。これは、抽象的概念の苦手さによると考えられる。また、「%」は、わかっているでも「BのC%」などの理解の不十分さが見られた。「解法の探索」においては、演算概念と問題スキーマ知識の不十分さから演算選択の間違いが見られ、数式化に至らない場合も見られた。

さらに、間違いの見られたプロセスパターンでは、評価期において「逐語的理解」「全体的把握」「解法探索」で間違いが見られたものは、指導期においても間違いセッション数

表1 評価期における躓きの出現 と 指導期の間違いセッション数

設問		指導していない設問										指導した設問										合計
		かさ ( $l$ 、 $d$ ) ( $a \times b - c \times d$ ) 割り算 ( $a \div b$ )、 $b$ の記号なし)	足し算 (長さ ( $km$ 、 $m$ )) かけ算と引き算 ( $a \times b - c \times d$ )	小数 ( $a - b - c$ )、 ちがいはいくつ、余計な数字あり)	かけ算 (3つの数の計算) ( $a + b - c$ ) 秒の単位変換 (分、秒) ちがいはいくつ、余計な数字あり)	かけ算 ( $a \times b$ ) 3つの数の計算 ( $a + b - c$ ) 秒の単位変換 (分、秒) ちがいはいくつ、余計な数字あり)	かけ算 (単位変換を含む)	かけ算とたし算 ( $a \times b + c \times d$ ) かけ算とたし算 ( $a \times b + c$ )	百分率 (順思考) 割合	百分率 (逆思考) 割合	時間の足し算 何番目	倍 (逆思考)	分数 (違い)	植木算	割り算	倍 (順思考)						
解決過程	間違いの内容																					
逐語的理解	言葉の捉えミス																					0
	数学的概念知識	✓	✓									✓	✓	✓	✓		6					
全体的把握	問題文意味理解	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓	16					
	単位変換 (立式時)	—	—	—	—	—	✓	—	—	—	—	—	✓		✓	—	4					
解法の探索	演算の選択						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		12					
	書き直しミス									✓							2					
	回答時の単位変換	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	—	—	—	✓	—	—	4					
計算の実行	計算の迅速な遂行															✓	1					
指導時の間違いセッション数												9	8	4	1	4	2	1	0	2	5	

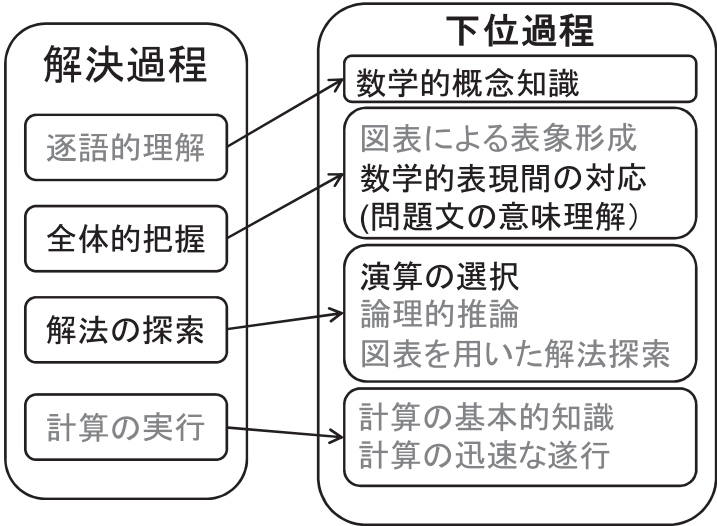


図5 困難が考えられる間違い過程とその下位過程



が多かった。文章題の間違いパターンにおいて最も習得が困難である事が伺え、「逐語的理解」での情報入力算数知識を活かし正確に行われることが重要であると考えられる。一方で、COMPASSによると「逐語的理解」の弱さは定型発達児にも見られるものであったが、本児においては「全体的理解」と「解法の探索」の困難が多く見られた。さらに下位過程をみると、「全体的理解」では「問題文の意味理解」に、「解法の探索」では「演算の選択」に困難が多く見られた。

次に、演算の種類が割合と高次で本児にとって難しい問題である「割合」と「百分率（順思考）」の問題の指導経過を検討し、教材の効果を検証する。図6に「割合」の結果を示す。評価期では、何割の意味理解と立式時の単位変換、演算の選択に躓きがみられた。指導期には、「手順書①」を提示し文章題を解く順序を確認した。また、「演算子表」を提示しキーワードとなる言葉に着目するよう指導を行った。#2では、指導者が、「1割ってどんな数？」と聞くと、「0.1」と答えるなど専門用語の意味理解が不十分だった。また、乗・除法の演算の意味を確認した。#3～7でも、指導者が「6割はどんな数か」聞くと、「0.1を6個に分けた1つ分」と解答し、演算子表と図に記入して意味を確認した。何割には着目出来るが、意味理解は不十分で、明らかな効果はみられなかった。そこで、間違いプロセスの詳細内容から立式時、解答時の単位変換忘れが多いことや問題文の意味理解、特に文間の関係性の把握が不十分なことがうかがわれた。#8で「手順書②」に単位の変換を促す手順を書き入れ、さらに「言葉式」（図4）を使用した。そのことで、単位変換忘れ、問題文の意味理解、演算の選択のミスがなくなり正答に至った。

図7に「倍（順思考）」の結果を示す。評価期では、計算の段階で躓きがみられた。指導期には、手順書を提示し文章題を解く順序を確認した。また、「演算子表」を提示しキ

#### 設問：割合

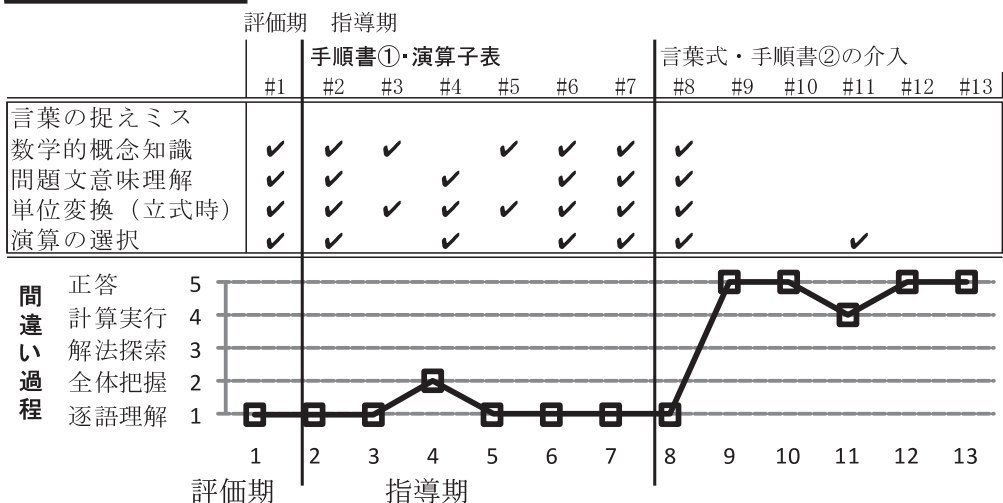


図6 躓きの見られた解決過程とその下位過程①（設問:割合）

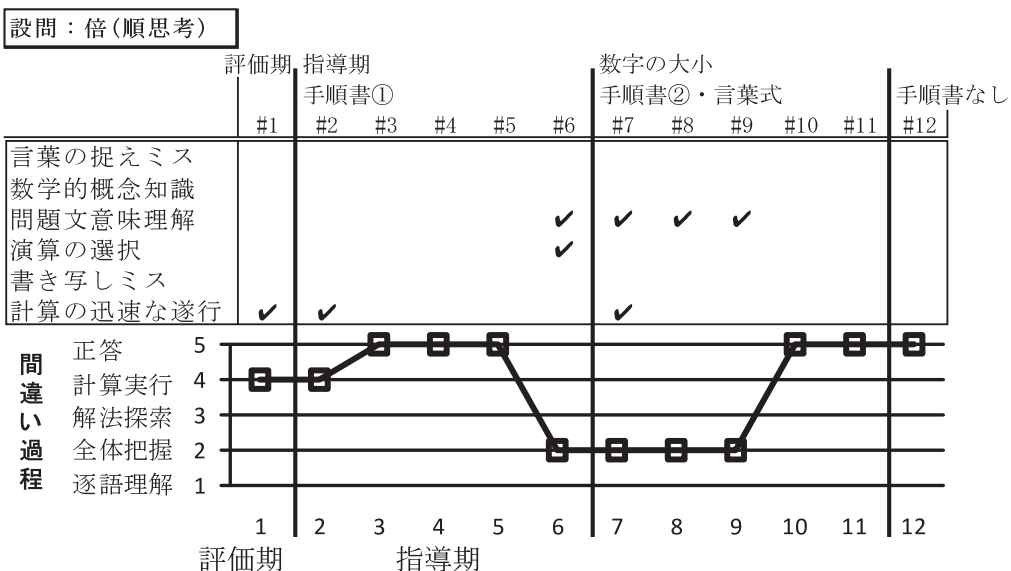


図7 躓きの見られた解決過程とその下位過程”（設問:倍（順思考））

ワードとなる言葉に着目するよう指導を行った。#2では、立式の理由を聞くと「何となく」と答えるなど、数字の操作によるもので、問題文の意味理解が不十分であった。また、割算の計算ミスが見られた。#3、4では、「演算子表」をみながらキーワードに着目して演算子を選択した。#5では、まず具体物の操作により答えを出し、答えが合う演算をさがし、「演算子表」を用いることなく正答に至った。#6では、キーワードに数を指定し、再び数字のみの操作になった。#7からは、数のみの操作になっている可能性もうかがわれ、数字の大小を入れ替え予想のみでの立式ができないよう出題した。そのため、問題文の意味理解が不十分で、出てきた順に数字を並べて立式した。指導者が、「○は＝○の○倍」の言葉式をプリントに記入し、図で確認した。#10、11では、「言葉式」をプリントに書く欄を設け記入した。それにより、立式後、図で確認し、正答に至った。この「倍（順思考）」設問では、#1～#5までは、問題文の意味理解が不十分で、数字のみの操作により正答に至っていた。よって、数字のみの操作にならない問題の設定にした#6からの結果推移が純粋な指導結果と見ることができる。図7のグラフの間違い過程コードでは、#9で「全体的把握」での間違いを示したのちは、#10で「解法の探索」「計算の実行」での間違いが残ることなく正答に至った。

これらの結果から、抽象概念の弱さ（WISC-Ⅲ）からもうかがえる数字のみへの着目や算数の専門用語の意味理解の不十分さ（COMPASS）がみられたが、教材によって、数字から言葉への着目がなされた（図8）。また、「言葉式」の利用で、文章概念化と数式化する過程において問題スキーマの形成が促進されたと考えられる。さらに、「手順書」の使用により解法過程の確認を行い立式時の単位変換のミスがなくなった。三宮（2008）が示

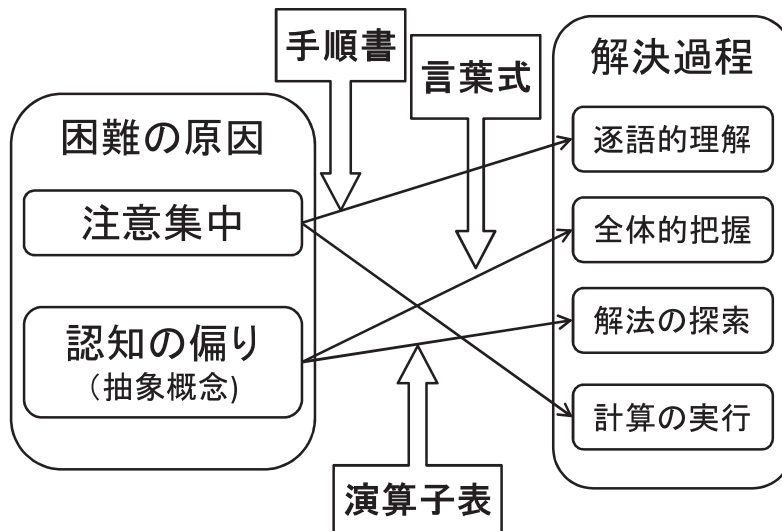


図8 認知的困難の原因と解決過程

すメタ認知のモニタリング効果があったと考えられる。

以上の結果からCOMPASSなどの算数の各分野で必要となる認知機能を分析した検査やその理論構造による分析をアセスメントとして使用することにより、児童・生徒が困難を抱える認知機能を特定し、文章題のみに留まらず算数指導における配慮事項と配慮教材の選定が可能となると考えられる。

また、注意集中の困難さが基礎学力に与える影響は大きい。注意集中に対する配慮を行いながら、その他の困難さが見られる認知機能に配慮した教材の使用は、問題の解決に大きく影響することが実証された。

#### 引用文献

- 藤崎研二・松本秀彦（2010）．算数文章題の習得に困難のある児童への図形描画を用いた指導 日本特殊教育学会第48回大会発表論文集, (48), 325.
- 東原文子・北村博幸・前川久男（1995）．算数文章題の基礎となる文理解の困難な児童に対する指導 日本教育心理学会総会発表論文集, (37), 158.
- 井上哲郎（2002）．特異的学習困難児における認知機能の評価と学習支援方法の開発に関する事例研究 発達支援研究, 2, 4-6.
- 市川伸一・南風原朝和・杉澤武俊・瀬尾美紀子・清河幸子・犬塚美輪・村山航・植阪有理・小林寛子・篠ヶ谷圭太（2009）．数学の学力・学習力診断テストCOMPASSの開発 Cognitive Studies, 16 (3), 333-347.
- 石田淳一・多鹿秀継（1993）．算数文章題解決における下位過程の分析 科学教育研究, 17, 18-25.
- 松井友子・熊谷恵子（2008）．高機能広汎性発達障害をもつ子どもに対する算数文章題指導 筑波大学学校教育論集, 30, 65-71.
- 岡本真彦（1992）．算数文章題の解決におけるメタ認知の検討 教育心理学研究, 40, 81-88.
- 坂本美紀（1993）．算数文章題の解決課程における誤りの研究 発達心理学研究, 4 (2), 117-125.
- 三宮真智子（2008）．メタ認知-学習力を支える高次認知機能 北大路書房

多鹿秀継（1995）. 算数文章題の解決過程の分析 愛知教育大学研究報告, 44, 157-167.

寺尾敦・楠見孝（1998）. 数学的問題解決における転移を促進する知識の獲得について 教育心理学研究, 46, 461-472.