

原 著

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

東 原 文 子*・前 川 久 男*

本研究では、算数文章題 CAI 教材パッケージの開発とその利用を通して、学習困難児に対する算数文章題指導の有効な方法や留意点を明らかにすることを目的とした。本教材パッケージは、演算記号の意味を理解し、計算ができ、文章も読めるが、算数文章題に困難を示す児童を対象とした。課題としては、小学校 1 年から 3 年までで習う整数の四則演算を用いる算数文章題を扱った。

ここでは、本教材パッケージのうち 4 つの教材を用いた一児童の事例について紹介した。

いずれの課題も、テープ図を構成し、量と量の間部分—全体関係を表象することで解ける。本児の CAI の結果から、①どの量が「全体」で、どの量が「部分」に当たるかの同定が解決の鍵となる、②問題文を別の用語で言い換えるなどにより、新奇な課題に既習の課題と同じスキーマが適用できることに気づかせることが重要である、等の点が示唆された。

キー・ワード：算数文章題 CAI ソフトウェア開発 小学校 学習困難

I. はじめに

1. 学習困難児と算数文章題

小学校児童の算数文章題の理解をめぐる研究は特に 1980 年代から数多く行われている。多くの研究が算数文章題の難易度に影響する要因は何かを認知心理学的な見地から探り、また、問題文の構造などをもとに算数文章題の分類や、問題スキーマや解決過程などのモデル作りなどがなされてきた (Carpenter, Hiebert, and Moser, 1981²⁾; Riley, Greeno, and Heller, 1983¹⁴⁾ など)。しかし、精神遅滞児や LD 児の算数文章題理解を扱った研究では、算数文章題を解くことがノーマルな児童よりさらに困難であるということは明らかにされている (Goodstein, Cawley, Gordon, and Helfgott, 1971⁵⁾; Parmar, Cawley, and Frazita, 1996¹²⁾ など)

が、特別な指導法が効果をあげたという報告は非常に少ない。

通常学級の中で、文字の読みや計算はできるが算数文章題に困難を示す児童がいる。このような児童が、問題文中のキーワードや数の大きさをたよりに演算を決めてしまったり、数字を拾って機械的に計算することはよくあるが、それは、眼球運動の観察などからも指摘されている (DeCorte and Verschaffel, 1986⁹⁾)。筆者はこのような児童の算数文章題学習を重要な研究対象と考えてきた。それは主に次の 3 つの理由による。まず、獲得した計算技能を実生活場面に活かすためには、計算が必要となった状況を理解し計算式の形で表象する過程が重要であるが、算数文章題は、そのような実生活場面への予行練習となるのではないかということ。また、算数文章題は正解が一つに定まるという利点があるので、これらの児童がおそらく大きな困難

を抱えている、幅広い「文章理解」についての指導の糸口として適切な材料となるのではないかということ。さらに、算数文章題は先行研究が豊富にあるため、それらが指導方法を考える理論的な支えとなるということである。

2. 算数文章題におけるCAIの位置づけと利点

算数文章題に困難を示す児童に対する指導の研究が少ないことの理由の一つとして、学習の評価のしにくさがあるのではないかと考えられる。ペーパーテストでは、児童がまったく取り組もうとしない場合もある。また、たとえば加法か減法のどちらかを使えばよいタイプの算数文章題の場合、単に対象児が式を立てて答えるのを観察するだけでは、正答が偶然によるものかどうか判断し難い。さらに、インタビューによる調査でも、自分の考えを説明することが困難な児童からは詳しい情報を得ることは期待しにくい。そこで、対象児が問題を解いていく過程を児童の活動（たとえば具体物操作、図の作成など）を通して観察していくことが必要となるが、このような活動の観察にはコンピュータ上の教材が有効であることは筆者らはいくつかの事例検討で明らかにしてきた（東原・前川・藤倉, 1995⁷⁾; 東原・前川・北村・久光, 1996⁸⁾など）。

ところで、小学校の算数の教科書をみると、算数文章題には2つの役割があることがわかる。第1の役割は、新しく演算記号や計算手続きを学習する際の、こんな状況があったらどのように解決したらよいだろうという導入としての役割である。児童は具体的なストーリーと演算記号や計算手続きを結びつけていく。第2の役割は、一度覚えた演算記号や計算手続きの応用としての役割である。児童は、どういう場合に「+」を使うのかということや、答が10以上になる場合の加法はどうしたらよいかという知識を新しい文章題に使っていく。

したがって、算数文章題といっても、計算学習の導入なのか、応用なのかによって学習方法が異なってくると考えられる。前者の場合は具

体物の操作を通して「たす」ことの意味を理解していくなどの学習が重要である。このような学習のためには、画面上のキューブを操作しながら問題を解くCAI教材がある（Bebout, Carpenter, Moser, Steinberg, and van Deventer, 1985¹⁾; Jaspers and van Lieshout, 1987¹⁰⁾）。後者の場合は、演算記号の意味や計算手続きの基本的なことを既に理解している児童が、文章題の内容を読み取り、計算学習の導入に用いられた基本的な問題スキーマのどれにあてはまるかを認識して、計算を実行するという学習が重要である。この段階のCAI教材もあるが、文章理解につまずく児童のための援助がなされていないことが多い。

そこで筆者らは、文章理解の困難な児童のために、計算の応用の段階の算数文章題学習のためのCAI教材の開発を始めた。算数の問題の解決には、部分-全体（part-whole）スキーマとよばれる、量の関係を部分と全体の構成として捉える枠組みが重要であると言われており（Resnick, 1989¹³⁾）、初歩的な算数文章題で、量の大きさを帯状に示したテープ図を用いて部分-全体関係を表象する方法が一般に使われている。Fuson and Willis (1989⁴⁾)の報告にある、テープ図の上に数を書いた紙片を貼っていく活動を参考にし、筆者らのCAI教材においても、画面上のテープ図の中に問題文から必要な文字列や数値を拾ってきては貼り込むという、マウス等の操作でできる活動様式を取り入れた。さらに、問題文の中で着目すべきところを強調して呈示することにより、本教材は学習困難児の文章題指導に有効である可能性が示された。また、図の完成の過程が自動的に記録されるため、問題解決の下位過程の詳しい分析もでき、本教材は文章題学習の評価の面でも有効であることが示された（東原・前川, 1996⁸⁾）。そこで、本研究では、さらにこの教材を、小学校1年～3年前半の学習内容（整数の四則演算を用いてできる内容）にわたる、教材パッケージとして拡張することとした。

II. 目的

本研究では、テープ図の構成を通して学習する算数文章題 CAI 教材パッケージ (低学年用) を開発し、学習困難児の指導に利用することを通して、学習困難児の算数文章題指導の有効な方法や留意点を明らかにすることを目的とした。

III. CAI 教材パッケージの開発

1. 教材適用の対象

本教材パッケージでは、演算記号の基本的な意味や計算手続きは既に習得しており、文章を読む (音に変換する) ことはできるが、文章題に困難を示す児童を対象とした。さらに、一部の教材は既に試行され、視覚的な情報の処理に困難をもたない児童に適用できることが3例の事例により示されている (東原・前川, 1996⁶⁾; 東原・前川・藤倉, 1995⁷⁾。

2. 課題の内容

課題としては、小学校1年～3年前半に習う整数の四則演算を用いてできる文章題を扱った。これらの課題は次の2つの群からなっている。すべて、「子ども」と「あめ」が登場する、おやつ場面を想定している。

課題群A：2人の登場人物があめをいくつかもっている。それらを合わせたり、数を比較したり、やりとりする (整数の加法または減法)。

課題群B：いくつかのあめを何人かの子どもに1個あるいは複数個ずつ配る。その結果、過不足がない場合とある場合がある (整数の乗法または除法、加法または減法、それらの混合)。

課題群Aについては、多くの文献に引用されている Riley ら (1983¹⁴⁾) の分類を用い、課題群Bについては、筆者が、配る数や過不足の有無により分類した (Fig. 1)。多様な課題が呈示できるように、1つの教材には1種類のみではなく、複数の種類の課題を混合した。

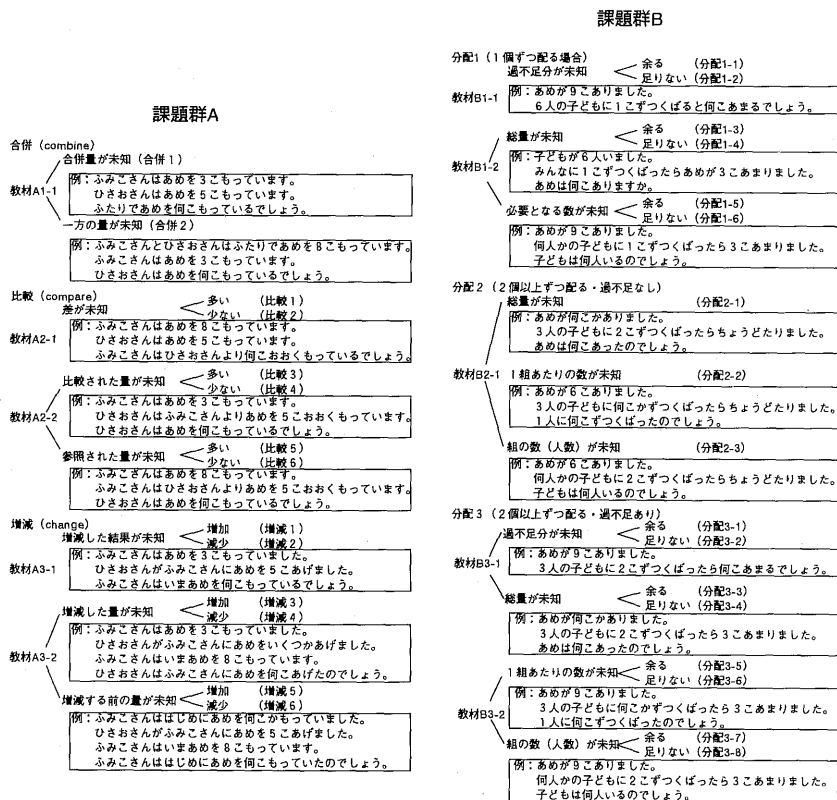


Fig. 1 CAI教材パッケージの課題内容

3. 教材の概要

教材は Apple 社製パーソナルコンピュータ Macintosh で汎用ソフトウェア HyperCard 2.2 J とプログラミング言語 HyperTalk 2.2 J を用いて自作した。Fig. 2 に、教材の画面例(教材 A 2-2)を示す。すべての教材に共通して、画面上部に問題文、その下に、扱うべき量をテープの長さとして表現したテープ図が呈示されている。問題文の中の名前や数値の部分をクリックしてボタンを押すと、その部分が複製され、マウス(トラックボール)の動きに従って動く。図の中の正しい空欄の中まで移動してボタンを押すと、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。誤った空欄に入れようとしても、入れようとした文字列や数値が消滅してしまう。このようにして図が完成すると、画面に数字や演算子のボタンが呈示されるので、これらを用いて立式して答を求める。

いずれの教材も、全体の数はいくつかの部分の合わせたものとする部分-全体スキーマを一貫して用いた。たとえば、「比較」タイプならば、「多い方の数」を全体の数とし、「少ない方の数」と「差」という部分の数を合わせたものとした。また、立式後は暗算で解けるように、どの教材でも扱う数値は 18 までとした。

IV. CAI による指導事例

本研究で開発した CAI 教材で学習した児童は 7 名である。ここでは、最も広範囲にわたって学習した児童 1 名の事例をとりあげる。

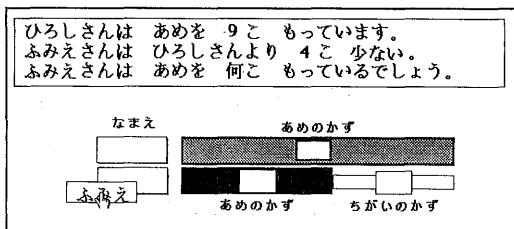


Fig. 2 CAI 教材画面例 (教材 A 2-2)

1. 対象児

現在小学校 4 年生の男児 (T 児)。

(1) 生育歴

家族構成は両親、中学校 2 年生の兄と本人の 4 人家族。胎生期、出生時とも特記事項なし。身体発育は良好であった。ことばの遅れがみられ、友達と関わる機会を多くしたいと両親が考えて 2 歳 11 か月で保育所に入所した。その頃児童相談所で軽い自閉傾向と言われ、3 歳から入学まで幼児言葉の教室で指導を受けた。入学後も週 1~3 回情緒障害学級に通級して、小集団で社会的スキル、個別で会話や文の理解の指導を受けた (平成 8 年 7 月まで)。

(2) 心理検査結果

8 歳 0 か月時に実施した WISC-R 検査では、言語性 IQ 83、動作性 IQ 105、全検査 IQ 93 で、知的水準はノーマルの範囲内であるが、言語性 IQ が動作性 IQ に比べて低かった (Fig. 3)。その差は 22 で、この値は統計的に有意 (5%) な差である。また、下位検査間で評価点のばらつきが大きく、特に「単語」「理解」「絵画配列」のように言語による説明や思考が要求されるものの成績が悪かった。逆に「数唱」「積木模様」「組合せ」の評価点は 14 以上と非常に高かった。8 歳 4 か月時に実施した K-ABC 検査では、総合尺度の標準得点において、継次処理と同時処理がいずれも 125 と非常に高く、それらに比べて習得度が 1% 水準で有意に低かった (Fig. 4)。下位検査については、継次処理の検査はいずれも 13 以上と安定して評価点が高かったが、同時処理では「模様の構成」「視覚類推」の評価点が特に高かった。習得度では、「算数」「なぞなぞ」の標準得点が低かった。これらの結果から、本児は特に、視覚、聴覚的な刺激の記憶や系列的な処理、及び視覚的情報の分析的な処理には強さをもつが、言語的な要素をまとめたり関連づけたりする処理には弱さをもつと推察される。

(3) 学校でのようす

教室で落ち着かない、友人にゲーム等で負けそうになると大声で泣き叫ぶ、課題ができない

と不安がったりなげやりになる等の行動があった。計算や漢字の読み書きはできたが、文章題は困難であった。算数文章題の指導によって得意とする計算力が文章題で活用できるようになることが期待された。また、文章の読解の技能や課題に最後まで取り組む姿勢を育てることが重要であった。そこで、2年生の6月より、情緒障害学級での個別指導の時間の一部を利用して、算数文章題の指導を行うこととなった。

2. 時期・場所・装置

平成6年6月に教材A2-2、10~11月に教材A3-2、平成7年10月に教材B1-2、11月に教材B3-1を用いたCAIによる指導を筆者(教材作成者)が行った。また、ペーパーテストをCAIによる指導の前と後で実施した。いずれも情緒障害学級の個別指導の時間の一部(15分間程度)を利用して行った。

CAIには、ブック型のMacintosh(カラーディスプレイ、トラックボールつき)を用いた。

3. 指導の手続き

(1) ペーパーテストの実施

CAIに用いた文章題と同様の問題をFig. 1に示したすべての種類について1題ずつのせたペーパーテスト(図は添付していない)を課題群AとBについてそれぞれ用意した。

(2) CAIの実施

前述したように、T児は視覚的な情報の処理

に強さをもつため、テープ図という視覚的なスキーマを利用する、今回開発したCAI教材パッケージを適用することとした。

次の手順でCAIを実施した。

① 教材A2-2のCAIを行う前に、紙の上で図を呈示し、物を並べた形を発展させたものがテープ図であることを教示する。また、教材A3-2においては、既習の教材A2-2と同様なテープ図を利用するためには、「AさんがBさんにあめをXこあげました」という文から、Aさんのあめは減ったということ、減ったから「いま」の方が「はじめ」より少ないということを理解し、「あげた」「もらった」という用語から(現在量の方が初期量より)「多い」「少ない」という用語に変換する必要がある。そこで、教材A3-2のCAIの前に口頭でこのような表現の言い換えの指導(「用語変換指導1」とする)を行う。

② それぞれの教材を用いる際、冒頭の2題を用い、図の見方、入力のかた等を教示する。

③ まず、問題文の呈示方法に修正を加えないで(「通常条件」とする)CAI教材を試行する。

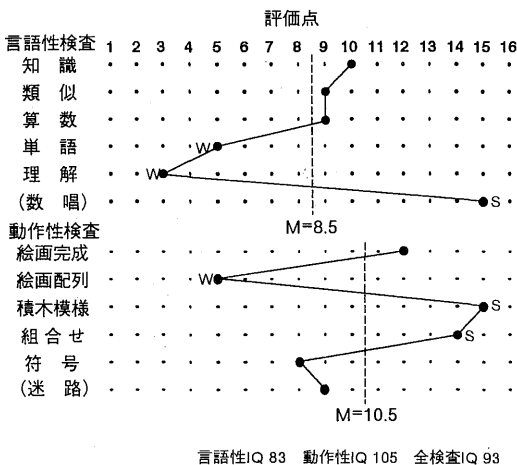


Fig. 3 WISC-R 検査結果 (8歳0ヵ月時)

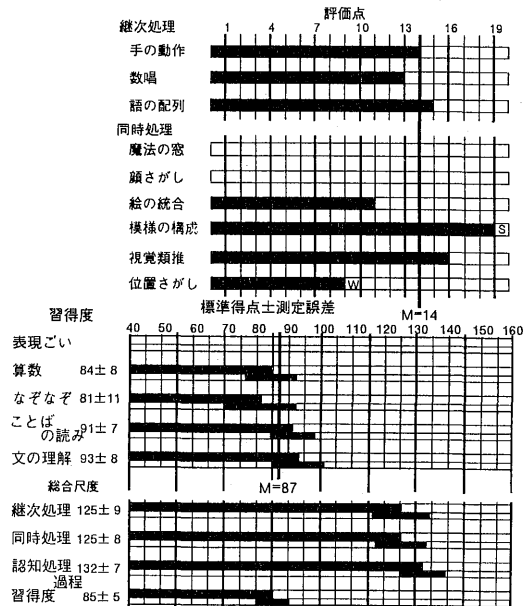


Fig. 4 K-ABC 検査結果 (8歳4ヵ月時)

通常条件では、対象児は問題文のどこからでも着手できる。教材の中に含まれる全種類の問題（T児の学習した教材はいずれも4種類ずつの問題で構成されている）を各1題ずつランダムな順序で出題し試行することを1ブロックとし、このブロックを繰り返す。

④ 図中のすべての空欄に1度も誤入力することなくその問題が遂行できた場合を正答とし、1ブロック（4問）中の正答数が向上しない場合は、⑤⑥の特別な介入を行う。

⑤ 教材A2-2と教材A3-2においては、問題文の中から部分—全体関係を読みとることが重要と考えられるので、関係文（量と量の間の関係を表わしている文）から呈示する条件（「強調条件」とする）での試行を行う。強調条件では、まず、問題文のうち関係文のみを強調して呈示し、図の中の長い方のテープ（全体）にあたるのはどの量か、短い方のテープ（部分）に当たるのはどの量かを同定させてから、他の情報を図の中に入力させる。さらに、教材A3-2においては、登場人物のあめが増えたのか減ったのかを判断するステップ（通常条件ではコンピュータ上の活動となっていない）を強調するために、画面上の「ふえた」または「へった」のボタンを押させてからテープ図の構成に入るようにする。

⑥ 教材B1-2においては、既に学習した教材A2-2と意味的な構造は同じで、「余る」「足りない」という用語を「多い」「少ない」という用語に変換すれば同じスキーマが利用できることに気づくことが重要だと考えられる。そこで、口頭で「あめが余るということはあめの方が子どもより多いのか少ないのか」という質問に答えさせる指導（「用語変換指導2」とする）を行ってからCAIに戻る。

⑦ 1ブロック中の4問とも正答することが3ブロック続くことをCAIの課題達成基準と定め、強調条件で達成基準が満たされた場合は通常条件に戻し試行する。強調条件を導入する前に達成基準が満たされた場合はそこで指導を終了する。

⑧ さらに、教材A2-2における課題遂行が維持されているかをみるために教材A3-2の学習の途中で教材A2-2をプローブとして1ブロック試行する。また、教材B1-2の学習に入る時点でも教材A2-2をプローブとして2ブロック試行する。

4. 分析方法

ペーパーテストの結果とコンピュータの自動記録及び対象児の学習のようすから以下の分析を行った。

(1) 問題遂行結果の分析

前述したように、CAIでは、図のすべての空欄に1度も誤らずに入力して正しく答えた場合をその問題に正答したとし、各ブロックにおける正答数の推移を調べ、CAIの効果を検討した。

また、CAIの前後のペーパーテストの結果を比較し、コンピュータを離れた場においても学習の成果が見られるかを検討した。

(2) 問題解決過程の分析

CAIでのテープ図の完成の下位課題として、①「主人公（あめの数の増減がみられる登場人物の名前）の同定」（教材A3-2のみ）、②「ラベル（2本のテープのそれぞれが何の量にあたるか）の同定」、③「値（2本のテープのそれぞれの長さとして示された数値）の同定」、④「差分（2本のテープの長さの差として示された数値）の同定」の4課題に分解した（Fig.5）。それぞれの下位課題で誤入力なしにあてはめることができた場合（ラベル及び値は2つずつあるが、2つとも誤入力せずにあてはめることができた場合）をその下位課題の正答とし、正答数をブロック毎に集計し、推移を調べた。これにより、部分—全体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。

5. 結果及び考察

(1) CAI前の状態について

T児のペーパーテスト結果をTable1に示す。課題群Aの指導前のテストでは、増減の問題には難を示したが、合併の問題は正答し、比較の問題も比較1から比較4までは正答してい

Table 1 ペーパーテストの解答の正誤

| 課 題 | 指導前 | 教材 A2-2 CAI の後 | 教材 A3-2 CAI の後 | 課 題 | 教材 B1-2 CAI の前 | 教材 B3-1 CAI の後 |
|------|-----|-------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|
| 合併 1 | ○ | ○ | ○ | 分配1-1 | ○ | ○ |
| 合併 2 | ○ | ○ | ○ | 分配1-2 | ○ | ○ |
| 比較 1 | ○ | ○ | ○ | 分配1-3 | × | ○ |
| 比較 2 | ○ | ○ | ○ | 分配1-4 | ○ | ○ |
| 比較 3 | ○ | ○ | ○ | 分配1-5 | ○ | ○ |
| 比較 4 | ○ | ○ | ○ | 分配1-6 | × | ○ |
| 比較 5 | × | ○ | ○ | 分配2-1 | ○ | ○ |
| 比較 6 | × | ○ | ○ | 分配2-2 | ○ | ○ |
| 増減 1 | × | ○ | ○ | 分配2-3 | ○ | ○ |
| 増減 2 | × | × | ○ | 分配3-1 | × | ○ |
| 増減 3 | × | × | ○ | 分配3-2 | × | ○ |
| 増減 4 | ○ | × | ○ | 分配3-3 | × | ○ |
| 増減 5 | × | × | ○ | 分配3-4 | × | ○ |
| 増減 6 | × | ○ | ○ | 分配3-5 | × | × |
| | | | | 分配3-6 | × | × |
| | | | | 分配3-7 | × | × |
| | | | | 分配3-8 | × | × |

た。しかし、比較 3～比較 6 の問題において T 児は、○を一列に並べてかき、「多い」という語が用いられていれば加法、「少ない」という語が用

いられていれば減法を用いてカウント操作をしていた。したがって T 児は 2 つの量を比較するというスキーマを用いていなかったと考えられ、そのために比較 5 と比較 6 の問題で誤ったと考えられる。

教材 B 1-2 の CAI の前の課題群 B のテストでは、過不足のない場合の分配の問題（分配 2-1～2-3）は、○を並べて描き、それを等分するように線で囲むなどして正しく解けた。乗法及び除法の基本的な意味は理解できていたとみられる。また、物を 1 個ずつ分配して過不足が出るという設定の分配 1-1～分配 1-6 においては、○を並べた列を 2 列描き、一対一対応の形で処理をしようとしたが、誤った問題もあった。分配 1-1 と分配 1-2 の問題が正答できたため、「余る」「足りない」の示す状態は基本的に理解できていたと考えられる。しかし、分配 1-1～分配 1-6 は課題群 A の比較の問題と同じ意味的構造をもつ問題であるにもかかわらず、比較の問題で用いたテープ図を全く用いなかった。

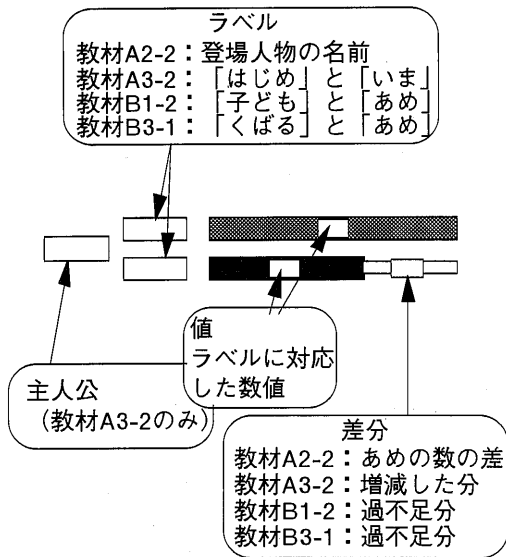


Fig. 5 図の完成の下位課題

(2) CAI の効果について

a. CAI における問題遂行結果について

T児は完成されたテープ図を見て正しい式を立て正確に計算することができたので、ここでは、図の完成の部分のみについて結果(Fig. 6 参照)を述べる。教材 A 2-2 においては、介入前の通常条件の下では、4 問とも正答でない(1 回以上誤入力操作があった)ブロックが続いた。ところが強調条件になると、T児は 2 ブロック目からすべての問題で正答できるようになった。強調条件で全問正答が 3 ブロック連続したので課題達成とみなし、通常条件に戻したところ、T児はすべての問題で正答した。このことから、部分—全体関係を示す視覚的スキーマと、コンピュータからのフィードバックの援助だけでは遂行を向上させることはできなかったが、量と量の関係を表す文の強調という介入が遂行の向上に効果をもたらしたと考えられる。

教材 A 3-2 においても、介入前は正答数 0 のブロックが続いたが、強調条件に入って 3 ブロック目には全問正答となった。さらに、通常条件に戻しても全問正答であった。このことから、増減の問題においても比較の問題と同様に、量と量の関係を表す文の強調という介入が、「～さんが～さんにあげた」という表現から量の増減を判断するステップの強調という介入と合わせて、効果をもたらしたと考えられる。

その後約 10 ヶ月を経ていたが、教材 B 1-2 と並行して行った教材 A 2-2 のプロープ試行は全問正答であった。T児の、系列化された手順の遂行の強さや記憶のよさを示している結果で

あると考えられる。しかしながら、教材 A 2-2 と同じ意味的な構造をもつ問題であるにもかかわらず、前述のペーパーテストと同様、教材 B 1-2 では正答数が半数程度であった。ところが、用語変換指導 2 の後は全問正答が続いた。さらに、教材 B 3-1 では最初のブロックから全問正答であった。これらの結果より、T児は教材 B 1-2 の問題が教材 A 2-2 の問題と同じ意味的な構造であることに気づかないために既に習得したスキーマを適用することができなかったこと、「余る」「足りない」から「多い」「少ない」へ用語を変換することにより、同じスキーマを適用することが可能になったことが考えられる。さらに、教材 B 3-1 においては、教材 B 1-2 において「子どもの数」であった量を「配った数」に置き換え、そこに乗法演算を使うことだけが異なるがあとは教材 B 1-2 と全く同じ構造であるため、特別な介入がなくても教材 B 1-2 での学習がそのまま活かされたと考えられる。

b. CAI 後のペーパーテスト結果について

教材 A 2-2 の CAI の後のテストでは、明らかに指導前のテストに比べ変化が見られた (Table 1 参照)。テスト問題の中で比較の問題はまばらに配置されていたが、T児は比較の問題から先に解いた。比較の問題においてはすべて CAI と同様なテープ図を描き、正答することができたが、他の問題では図を描かず、増減の問題では指導前のテストと同様に誤答が多かった。T児は、比較の問題においては CAI での学習が活かされたということが出来るが、それは、

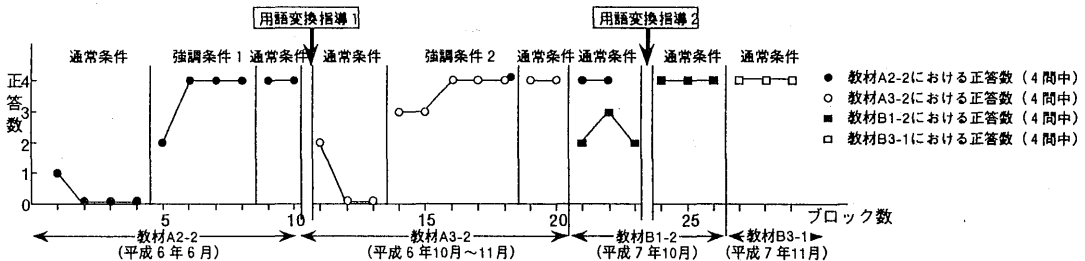


Fig. 6 CAI 学習における図の完成の正答数

本児が紙の上で独力で図が描けることと、問題のタイプを識別できることがあったからのことであると考えられる。

さらに、教材 A 3-2 の CAI の後のテストでは、増減の問題でも図を描き、正答できた。

教材 B 3-1 の CAI の後のテストでは、以前にできなかった分配の問題のうち、除法を用いる分配 3-5～分配 3-8 以外はすべてテープ図をかきながら正答することができた。除法を用いる問題については、まず $\square \times 3$ のような文字式を用いて他の問題と同じようにテープ図をかき、さらに \square の数値を除法で求めるという 2 段階の解法を教えることで解けるようになると考えられる。

(3) CAI での学習の下位課題について

Fig. 7 に、CAI の各ブロックの下位課題の正答数を示す。ただし、教材 A 2-2 の学習終了後のプロープ試行については全問正答で、したがって下位課題も全問正答であり (Fig. 6 参照)、Fig. 7 ではプロットが重なるため、このプロープについてのプロットは省略した。

教材 A 2-2 については、介入前は、ラベルの同定、値の同定ともに正答数が 2 以下で、差分の同定も不安定であった。しかし、強調条件に入ると、下位課題の遂行が変化した。強調条件では、問題文のうちまず関係文が呈示され、ラベルと差分の同定を行ってから、残りの文が呈示され、値の同定を行うという解決手順になる。T 児は、強調条件の最初のブロックではまだラベルの同定の正答数が半数であったが、ひとたびラベルの同定ができると、値の同定は誤らなかつた。2 ブロック目からはラベルの同定もで

きた。

教材 A 3-2 以降は、差分の同定は誤ることがなかつた。差分には「多い」「あげた」などのキーワードが付随しているため抽出しやすかつたと考えられる。教材 A 3-2 の介入前の通常条件で課題全体の遂行結果に特に影響を及ぼしたのは、ラベルの同定の誤りであった。さらに、教材 B 1-2 においても、介入前から値の同定はほとんどできたがラベルの同定は 4 問中 2～3 問は誤つた。しかし、用語変換指導 2 の後はラベルの同定もできるようになった。これらのことから、ラベルの同定の困難が T 児のつまづきの原因となっており、強調条件や用語変換指導 2 の介入がその困難の軽減に役立ったといえよう。

V. おわりに

算数文章題の解決過程は、変換、統合、プランニング、実行の 4 過程から成ると考えられている (Lewis, 1989¹¹⁾) が、文章題の困難な児童は特に統合過程 (スキーマ的な知識をもとに文と文を関係づける過程) が弱いのではないかとされている (石田・多鹿, 1993⁹⁾)。本研究の対象児においても、部分-全体スキーマをテープ図という形で目に見えるようにし、その中に問題文の構成要素をあてはめることができれば、あとは、その図を見て正しい式を立て計算することができた。本児も主にこの統合過程の部分に弱さをもつため、視覚的スキーマが役立ったと考えられる。しかし、この視覚的スキーマに文意を取り込む時点で困難があつた。それは何が「全体」で何が「部分」にあたるかを問題文

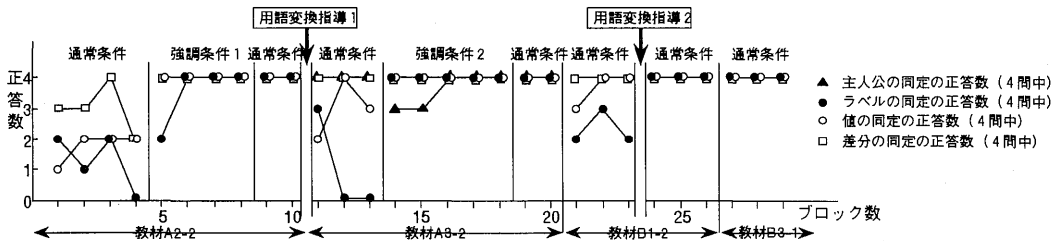


Fig. 7 CAI 学習における下位課題の正答数

から読みとることであった。その困難に対する援助として、量と量の関係を表わす文を強調する介入が有効であった。さらに、同じ意味的な構造をもつ文章題でも用語が異なるとそのスキーマが使えないという困難もあった。本児は問題文の内容を、以前に学習した問題で使われていた用語を使って言い換えることで、既習のスキーマを適用できるようになった。この表現の言い換えが、問題の構造が同じであることに気づかせる橋渡しとなったと考えられる。

このように、学習困難児に対する文章題指導においてたとえば本教材パッケージで用いた部分一全体スキーマの視覚的表示は重要で、この視覚的スキーマを枠組みとしてさらに援助しながら問題文から量と量の関係を表象させる指導が有効であると考えられる。また、見た目が異なっても意味的構造が同じ問題ならば、表現の言い換え等の方法により、既習のスキーマが適用できることを対象児に気づかせることも重要であろう。

ただし、本研究で開発したCAI教材パッケージは、視覚的なスキーマの利用が中心となるため、視覚的情報処理に著しく困難をもつ児童に対しては適用できない可能性がある。今後の課題として、そのような児童のために、図示するだけではなく、言語プロンプトなどを利用する指導手続きも検討する必要があると考えられる。しかし、どのような手続きであっても、本研究で用いたように、量と量の部分一全体関係を意識して問題文に示された状況を捉えさせることが重要であると考えられる。表現の多様な文章題の根幹に基本的な枠組みがあることをまずおさえ、徐々に多様な表現に対応していくことが必要であろう。

付 記

本研究に際し御協力頂いた小学校長ならびに情緒障害学級教諭に厚く御礼申し上げます。

本研究は平成8年度科学研究費補助金(奨励研究(A)課題番号08780156)の援助を受けた。

文 献

- 1) Bebout, E. C., Carpenter, T. P., Moser, C. J., Steinberg, R., and van Deventer, H. (1985) Mathboxes: A program for the apple II to teach children to solve basic word problems. ERIC ED264 091.
- 2) Carpenter, T. P., Hiebert, J., and Moser, J. M. (1981) Problem structure and first-grade children's initial solution processes for simple addition and subtraction problems. *Journal for Research in Mathematics Education*, 12 (1), 27-39.
- 3) DeCorte, E. and Verschaffel, L. (1986) Eye-movement data as access to solution processes of elementary addition and subtraction problems. Paper presented at the Annual Meeting of the American Education Research Association (67th), ERIC ED273 450.
- 4) Fuson, K. C. and Willis, G. B. (1989) Second grader's use of schematic drawings in solving addition and subtraction word problems. *Journal of Educational Psychology*, 81 (4), 514-520.
- 5) Goodstein, H. A., Cawley, J. F., Gordon, S., and Helfgott, J. (1971) Verbal problem solving among educable mentally retarded children, *American Journal of Mental Dificiency*, 76 (2), 238-241.
- 6) 東原文子・前川久男(1996) 算数文章題に困難を示す児童を対象としたCAIの効果と学習過程の評価. 日本科学教育学会20周年記念論文集, 293-301.
- 7) 東原文子・前川久男・藤倉敬士(1995) 継次処理に困難をもつ児童の算数におけるつまずきとCAIによる指導. *心身障害学研究*, 19, 73-85.
- 8) 東原文子・前川久男・北村博幸・久光倫(1996) 量の増減の表象を目的とした文理解指導—算数文章題に困難を示す児童を対象として—. *心身障害学研究*, 20, 45-55.
- 9) 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 (1), 18-25.
- 10) Jaspers, M. W. M. and van Lieshout, C. D. M.

- (1987) A computerized training procedure for solving arithmetic word problems with the aid of visual schemes.
- 11) Lewis, A. B. (1989) Training students to represent arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 81 (4), 521-531.
- 12) Parmar, R. S., Cawley, J. F., and Frazita, R. R. (1996) Word problem-solving by students with and without mild disabilities. *Exceptional Children*, 62 (5), 415-429.
- 13) Resnick, L. B. (1989) Developing mathematical knowledge, *American Psychologist*, 44 (2), 162-169.
- 14) Riley, M. S., Greeno, J. G., and Heller, J. H. (1983) Development of children's problem-solving ability in arithmetic. In H. P. Ginsburg (Ed.) *The development of mathematical thinking*. Academic Press.

**Development of a Software Package for CAI
on Arithmetic Word Problems
and Its Utilization for Children with Learning Difficulties**

Fumiko HIGASHIBARA and Hisao MAEKAWA

The purpose of this study was to find out successful ways for teaching children with learning difficulties how to resolve arithmetic word problems and to clarify very important points to take into considerations at teaching them, through using the developed CAI package as a teaching material.

The package aims the children who can grasp the meanings of arithmetic codes and carry out operations, but have difficulties in solving word problems. The package is constructed by problems required the four basic arithmetic operations of whole numbers which pupils learn by the third grade of the elementary school.

In this article, the case to whom four units of the package were applied was demonstrated.

Every problem of them is able to be resolved by representing the part-whole relationship among the sets, constructing schematic drawings.

The implications from the results are as follows.

- (1) It is regarded as a key for problem-solving to tell the part of the whole set from it.
- (2) Rewording problems in another expression has an effect on encouraging the child to become aware that application of the already acquired schemata to newly presented problems will help to resolve them.

Key Words: Arithmetic word problem, CAI, Software development, Elementary school, Learning difficulties