

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

東原文子*・前川久男*・藤倉敬士**

算数学習において、継次処理の弱さのために困難を示す児童がいる。本研究では、継次処理に困難をもつ児童の算数の基礎学習におけるつまずきの特徴とその指導方法に関する基本方針を明らかにすることを目的とした。

計算方略の手順を追っていくことが困難な対象児に、CAIで視覚的てがかりを強調し、手順の遂行を代行して児童の負担を軽減しながら指導した。その結果、繰り上がりのある1桁どうしの加算およびその逆算としての減算の技能を獲得できた。また、本児は文章題においても困難を示したが、文章を見ながら図を完成することにより文章題の構成要素の関係を表現する学習をCAIで行ったところ、その課題はスムーズにできるようになった。

本児の指導を通して、継次処理に困難をもつ児童がつまずくと予想される計算の方略学習や文章題の読みの場面で、視覚的てがかりを強調することなどを配慮した指導方法で援助できることが確認できた。

キー・ワード：継次処理 学習障害 計算 算数文章題 CAI

I. はじめに

人間の知的活動の基本的な様式、すなわち情報の処理の仕方には「同時処理」と「継次処理」の2種類があるという考え方がある。その考えを提示したのは脳損傷患者の障害を観察したLuria(1980⁶⁾)である。すなわち、同時処理とは、個々の要素をある全体に統合する処理様式で、継次処理とは、構成要素を連続的な系列として統合し処理する様式である。また、Dasらは、脳損傷の有無によらず全ての人の知的活動の基礎にあるものとして、それらの処理様式が心理測定学的に測定可能なものであることを明らかにしている(Das, Kirby, and Jarman, 1979²⁾)。

この継次処理—同時処理モデルにもとづいてK-ABC検査を作成したKaufmanらは、読み、

綴り、算数学習と認知処理様式との関連をまとめている(Kaufman and Kaufman, 1983⁵⁾)。それによれば、教科学習の各段階において継次処理または同時処理あるいは両方が関わるため、いずれの処理様式が弱い場合も学習上の困難が予想されるという。たとえば、算数の場合、数の関係の基礎概念の形成が視覚—空間関係のシステムに依存するため、同時処理に弱さをもつ児童は数概念の把握が困難で機械的記憶の学習に頼ってしまう。逆に継次処理に弱さをもつ児童は計算や文章題を解くための段階的な手続きを必要とする方略に困難を示す。

これらのことから、同時処理には問題をもたないが継次処理に弱さを示す児童の場合、算数の基礎学習において、加算における数え足しの方略や、繰り上がりのある加算でよく指導されるような、計算の手順を1ステップずつ追っていく方略が困難であるために計算技能の獲得に

*筑波大学心身障害学系

**行田市役所

つまずくと予想される。しかし、一桁の整数どうしの計算ならば、習熟すれば Ashcraft (1982¹⁾)の述べるような記憶から答を引き出してくる段階、すなわち数え足しなどの手続きを利用しないで即時に解答する段階に行くことも可能であるかもしれない。また、このタイプの児童は、基本的数概念が形成できているとみられ、ひとたび計算技能を獲得できれば具体物への数を媒介とした働きかけが良好なのではないかと考えられる。さらに Das, Naglieri, and Kilrby (1994²⁾)の文献で指摘されているように、計算技能を応用する段階としての文章題においても、継次処理の問題から、呈示された一連の構成要素を読み取っていく困難が生じるであろう。しかし Kaufman ら (1983³⁾)も述べているように、文脈を理解する技能及び文の統合化技能において同時処理が重要になるため、上記のタイプの児童の場合は、構成要素の読み取りの困難を乗り越えれば、要素間の関係を把握し立式ができる可能性がある。

このように継次処理の弱さのために算数学習につまずく児童にとっては、児童にかかる負荷を軽減しながら、継次処理に深く関係する段階の学習を援助する指導が重要である。具体的には、①言語的なつながりではなく視覚的なつながりを強調する②手順の系列を順次実行する過程をなるべく減らす③課題の構成要素の全体と部分の関係が視覚的に把握できるような画像や図を用いるなどの指導方法の開発が必要であろう。こうした指導方法の開発にあたって、視覚的な情報が活用でき、手順の系列を児童に代わって実行できるコンピュータによる教材の可能性は大きい。

そこで、本研究では、継次処理に困難をもつ児童が算数の基礎学習のどの部分でつまずきやすいかを明らかにし、これらの児童の認知特性をふまえた CAI 教材の開発を行い、その教材を用いた指導を通して、継次処理に困難をもつ児童の算数の指導方法の基本方針を検討することを目的とする。

II. 継次処理に困難をもつ児童の算数の指導

1. 対象児

現在普通小学校4年の男児 S.H.。1年次2学期より週1回他の小学校の情緒障害学級で個別指導を受けている。2年次1学期より国語・算数の時間は特殊学級に通っている。

1-1. 生育歴

正常分娩で出生し、発育は順調であった。既往歴はない。幼稚園入園(3歳)前は、発語はしていたが相手に充分意味が伝わらないという状態であった。幼稚園の頃は、集団生活になじめず、目を離すといなくなることが多かったが、田植えを1日中見ているなど、興味を持つ対象に対しては集中できた。言葉の面で、「トウモロコシ」が「トウモコロシ」となるなど逆転したり、「たまご」が「たなご」となるなど音の入れ代わりがみられた。

就学時は、次のような状態であった。

- ・ひらがながなかなか読めるようにならない。しかし、「西武」「ダイエー」など意味のあるまとまりとして単語の識別ができる。
- ・文字は書けないが視写はできる。筆順はでためである。
- ・3までしか数詞を唱えられない。
- ・工作、特に折り紙が好きで得意である。教室では特に書字や数の学習には消極的で、すぐに回避する傾向があったり、言語的な指示に従えないなどの問題があった。

1-2. 心理検査結果と推察される認知特性

(1) WISC-R 知能検査

6歳7カ月と7歳6カ月の時点の WISC-R 知能検査の結果(評価点)は Fig. 1 のとおりである。6歳7カ月時には評価点10以下であった下位検査が、7歳6カ月の検査では、「算数」と「数唱」以外はいずれも高得点であった。これは、1年間で課題への集中やことばの理解の面が向上したためであろう。しかし、「算数」と「数唱」は依然として低かった。「数唱」の弱さから本児が継次的な系列化を不得意としていることが考えられる。「符号」は高得点であったが、これは継次的な課題というよりは、本児の得意と

する視写課題としての意味が強いためであろう。「算数」の弱さは1年次に数概念の習得が困難であったことが大きく影響していると思われる。

(2) K-ABC

8歳11ヵ月時のK-ABC心理・教育アセスメントバッテリーの結果をFig.2に示す。信頼水準95%での継次処理の標準得点は 70 ± 9 、同時処理は 107 ± 8 で、1%水準で統計的に有意な差がある。このことは、本児は継次処理が同時処理に比べて劣っていることを示唆している。また、習得度尺度においては「算数」が弱い。

(3) 認知特性

WISC-RとK-ABCの結果は共通する部分が多く、言語的な理解や知識は悪くはなく、部分と全体の関係の把握や統合する力は視覚的・聴覚的いずれの刺激においても良好である(「なぞなぞ」も強い)が、継次処理において非常に困難を示すこと、及び、算数の基礎技能が未習得であることが明らかである。生育歴を見ても初期の読みや書字、数を唱えることなど継次処理的な課題に困難を示したことがわかる。また1字1字は読めなくても単語の識別ができたり折り紙が得意といった様子から、特に視覚刺激の同時処理的な把握は良好であることがうかがえる。

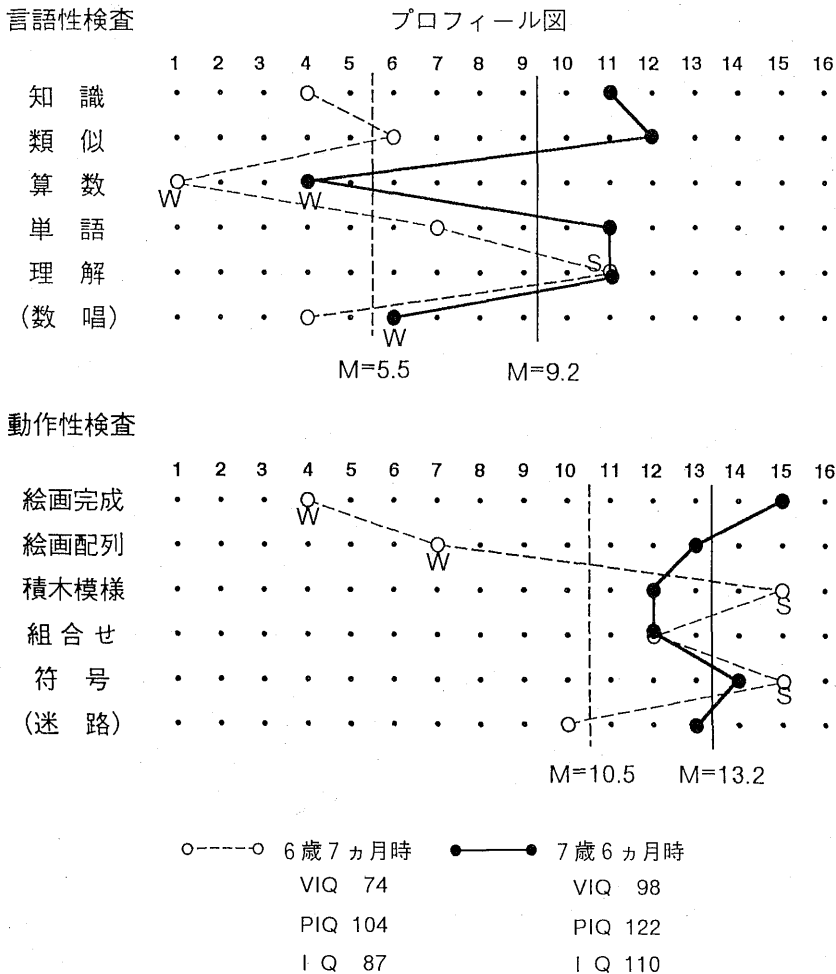
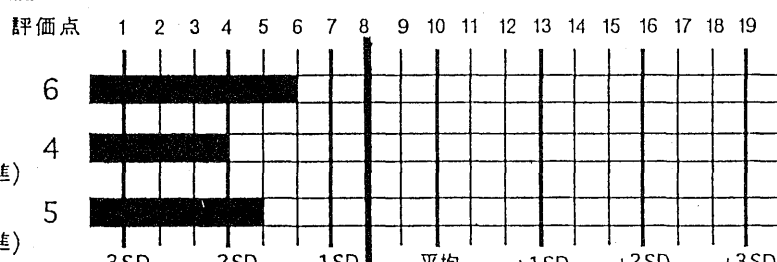


Fig. 1 WISC-Rの結果

得点プロフィール図

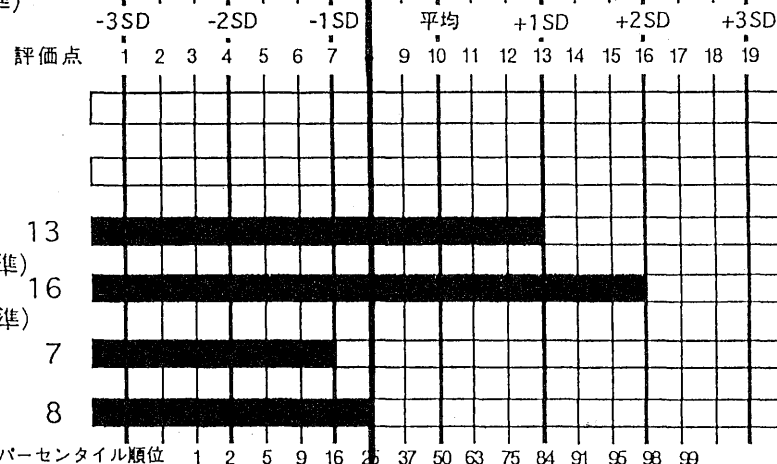
継次処理

- 3.手の動作 6
- 5.数唱 W (1%水準) 4
- 7.語の配列 W (5%水準) 5



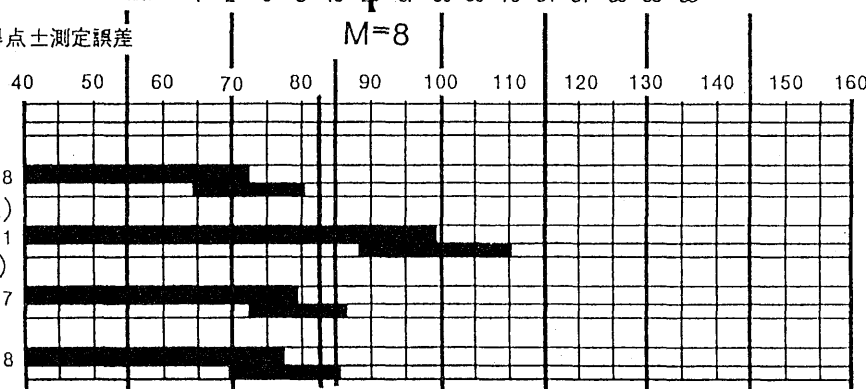
同時処理

- 1.魔法の窓
- 2.顔さがし
- 4.絵の統合 S (1%水準) 13
- 6.模様の構成 S (1%水準) 16
- 8.視覚類推 7
- 9.位置さがし 8



習得度

- 10.表現ごい ±
- 11.算数 72 ± 8 W (5%水準)
- 12.なぜなぜ 99 ± 11 S (1%水準)
- 13.ことばの読み 79 ± 7
- 14.文の理解 77 ± 8



総合尺度

- 継次処理 70 ± 9
- 同時処理 107 ± 8
- 認知処理過程 89 ± 7
- 習得度 79 ± 5

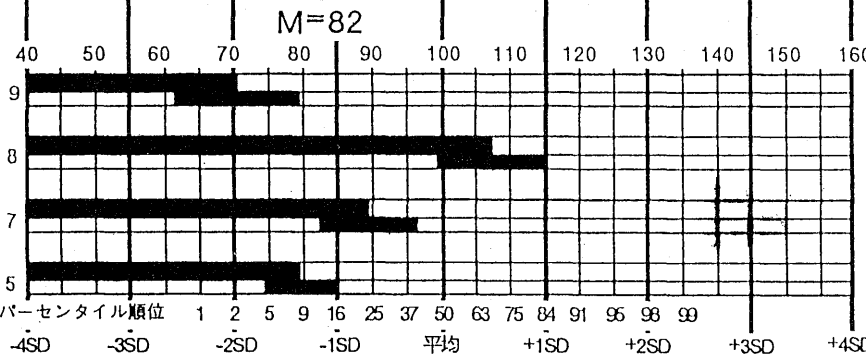


Fig. 2 K-ABCの結果 (8歳11カ月時)

Table 1 2年と3年における文章題のタイプ別通過率 (Riley, Greeno, Heller, 1983⁹⁾)
およびS.H.児の解答の正誤

問題のタイプ	学年別通過率		S.H.児 の正誤
	2年	3年	
Change 問題			
(1)AはXもっていた BがAにYこあげた Aは何こになったか	1.00	1.00	×
(2)AはXもっていた AがBにYこあげた Aは何こになったか	1.00	1.00	×
(3)AはXもっていた BがAに何こかあげた いまAはZこ Bは何こあげたか	1.00	1.00	×
(4)AはXもっていた AがBに何こかあげた いまAはZこ Aは何こあげたか	1.00	1.00	○
(5)Aは何こかもっていた BがAにYこあげた いまAはZこ はじめ何こだったか	.80	.95	×
(6)Aは何こかもっていた AがBにYこあげた いまAはZこ はじめ何こだったか	.70	.80	○
Combine 問題			
(1)AはXこもっている BはYこもっている 2人で何こもっているか	1.00	1.00	○
(2)AとBは2人でZこもっている AはXこもっている Bは何こか	.70	1.00	×
Compare 問題			
(1)AはXこもっている BはYこもっている AはBより何こ多いか	.85	1.00	○
(2)AはXこもっている BはYこもっている BはAより何こ少ないか	.75	1.00	○
(3)AはXこもっている BはAよりZこ多い Bは何こか	.80	1.00	○
(4)AはXこもっている BはAよりZこ少ない Bは何こか	.90	.95	×
(5)AはXこもっている AはBよりZこ多い Bは何こか	.65	.75	×
(6)AはXこもっている AはBよりZこ少ない Bは何こか	.35	.75	×

1-3. 算数における学習状況

(1) 計算技能について

2年次の11月には3以下の数どうしの加算が暗算で答えられたが、他の繰り上がりのない加算は指を使って全部を数える方略をとっており、時間がかかった。このとき、通常加算の暗算で行われる「数え足し」に困難を示していたが、数の大小や交換則は理解できた。そこで、CAI教材で、大きい方の数に小さい方の数の分だけ数え足す方略を定着させたところ、暗算できるようになった。

減算においても通常行われるような「残った分を数える」という方略では学習が困難であったため、画面上のタイルが簡単に動かせるコンピュータ上の教具を用いた。これで遊びながら、本児は、ある数が様々に分解できることを繰り返し経験し、AはBとCに分解できるというA、B、Cの3数をセットで覚え、加算の逆算として想起する方法で一位数どうしの減算を習得した。

本研究開始時(3年次の4月)には、一位数ど

うしの加算においては答えが11以下になるもののみ暗算でできた。その逆算の範囲ならば減算も暗算でできた。

(2) 文章題理解について

本研究の加算繰り上がりの指導によって3年次11月までに一位数どうしの加算すべてとその逆算としての減算には習熟していたため、4年次には計算技能を応用する段階として加減算の文章題の学習にはいることになった。そこで、3年次3月にRiley, Greeno, and Heller (1983⁹⁾)の文章題の分類のうちチェンジ(Change)、コンバイン(Combine)、コンペア(Compare)のタイプの全14題(すべて2人の登場人物と「あめ」を用いている)のペーパーテストを行った。文中の数値は1桁の数を用いた。また、どの問題も18までの数が答となるようにした。その結果と参考までにRileyら(1983⁹⁾)の実験における2・3年生の通過率をTable 1に示す。

文章題を正確に音読することは概ねできたが、立式の際に文を読み返すことはなかった。

チェンジ問題は熟考せずに文中の数値を用い計算した。誤った問題について「AがBにあげたとしたらAは増えたのかな減ったのかな」というような質問をしたところ「あげる」方向と数の増減の関係は理解できた。コンバイン、コンペア問題の場合は、2年生の通過率と同様に、易しいと思われる、合計や差を求める問題は正答できたが、難しいと思われる、合計や差が既知の場合の問題では、熟考せずに文中の数値を拾い誤って計算した。しかし、数の関係を示す図を見れば理解できた。

このように、量の概念を表わす「増える」「減る」「多い」「少ない」「あわせて」といった基本的な用語の理解はできていたが、複雑な文章になると、読むことだけでは構成要素間の関係が把握できなかった。これは本児が「読むこと」に熟達していないため、表面的に文字を追うことに注意が向けられ、内容把握まで行う余裕がなかったと考えられる。

1-4. 指導目標及び指導方法の基本方針

(1) 計算技能について

今後の加減算の基礎となる繰り上がりのある加算及び繰り下がりのある減算は正確に速く(数秒程度で)答えられる必要がある。そこで、計算指導については、①答が11~18となる一位数どうしの加算、②①の逆算としての減算の両方が10秒以内で正答できることを目標とした。

また、指導に際して、対象児の負担を軽減するため、新しく導入する方略や扱う問題数を減らすよう次の2点を考慮した。

- ・加算については交換則を利用するように教示し、各問題の2数を入れ換えた問題(例:8+4に対する4+8)は扱うことを省略する。
- ・減算については、その逆算である加算が定着するにつれて答が引き出せるようになるとの仮説をたて、特に指導は行わない。

さらに、繰り上りの方略の学習において言語的ながかりではなく視覚的ながかりを強調する教材を作成することとした。具体的には、コンピュータ画面上でタイルの移動により10のまとまりを作ると同時に数が分解されている

という状態が視覚的に表現される環境を用意することとした。

(2) 文章題理解について

本児はTable1のコンペア問題において、2数の差を求める問題はでき、他の問題も図を示せば理解できた。同じ「AがBより多い」という状態でも表現のしかたや未知数の位置が異なるだけで問題の難易度が変わってくるが、どの問題も長さの違う2本のテープを用いた図で表現できる。したがってコンペア問題は本児にとって読み取りの枠組みとして図を利用する学習に適していると考えられる。

そこで、本研究での文章題の指導の目標として、コンペア問題のうち差が既知の場合(Table1のコンペア3~6)の4種類の文章題において、構成要素を図中に正しく当てはめることと、完成した図から正しい式と答を求めることができるようにすることとした。

指導に際し、図中に語句や数値を書き込む作業は本児には負担が大きいため、コンピュータ上でポインティングだけで入力できる環境を用意し、文中の重要な情報を探すことに専念できるように配慮することとした。また、「多い(少ない)」というキーワードを含む文を強調する援助により、構成要素間の関係を示す文に注目しやすくすることとした。

2. CAI教材の開発

2-1. 装置

Apple社製パーソナルコンピュータMacintosh上でHyperCard及びHyperTalkを用いて教材を自作した。学習時にはブック型のMacintosh(カラーディスプレイ)を用い、入力装置としてトラックボール(マウスと同様に画面をポインティングする装置)を用いた。

2-2. 繰り上がり学習用教材

答が11~18となる一位数どうしの加算の学習用教材を2種類(方略の獲得及び計算のスピードアップを目的としたもの)作成した。

(1) 方略学習用教材

ここでは言語教示により手順を追うのではなく、画面上のタイルを移動する操作を通して学

習者自身が作り出した視覚情報により計算の方略の理解を援助した。概要を次に示す。

(a) 問題呈示場面 (Fig. 3 上)

画面上に問題の数式が1題呈示され、対象児は画面上の数字ボタンを押して解答する。制限時間(10秒)以内に解答し、なおかつ正答した場合は、「ピンポン」という音と点滅する○が呈示され、次問に進む。誤答した場合及び制限時間以内に解答できなかった場合は、(b)のタイル操作学習場面に進む。なお、解答前にヒントボタンを押すこともでき、この場合もタイル操作学習場面に進む。

タイル操作学習場面の学習終了後、再びこの問題呈示画面に戻って再試行する。制限時間以内の正答には「ピンポン」音と○が呈示され、それ以外の場合は正答が示される。いずれの場合も次問に進む。

(b) タイル操作学習場面 (Fig. 3 中・下)

ここでは、タイルを移動して10のまとまりを作ることができる。このとき、移動させるべき数だけ上から順に数えた場所のタイル(例えば8+5の場合5個のタイルの柱の上から2番目のタイル)を押したときのみコンピュータが反応し、それより上部のタイルがまとめて移動可能となる。移動先の柱の上端を押すと、その柱にタイル群が継ぎ足される。このように、10の補数を想起する手続きと数の分解の手続きを同時に視覚情報で表現した。

移動したタイルは大きい柱と合わせて10になったとき、大きな一つの円になる。これは、1の位のものが10個集まると位が変わり(繰り上がり)、「10の位のものが1つ」に変化することを強調するものである。大きな円を押すと「じゅう」という音声刺激が呈示され、残ったタイルの柱を押すとそのタイルの数を唱える音が呈示される。

(2) 計算のスピードアップを目的とした教材

方略の理解がほぼ定着した場合に、さらに速い解答を促すために用いるドリル教材である。問題呈示及び解答の方法は(1)と同様である(制限時間10秒)が、前川・東原・大塚・熊谷・野

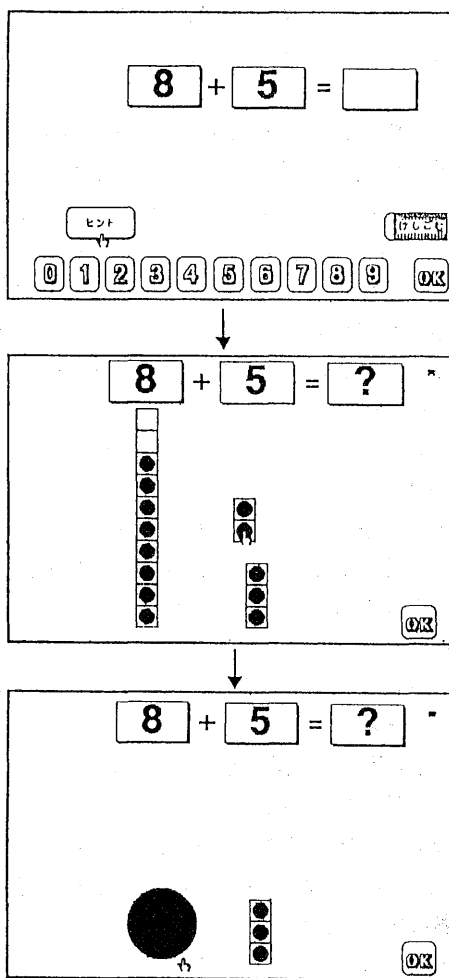


Fig. 3 繰り上がり学習用教材の画面例 (方略学習用教材)

村(1992⁷⁾)と同様に、解答の速さを反映して画面上の棒グラフが増減する工夫がされている(Fig. 4 上)。

制限時間以内に解答し、かつ正答した場合は、「ピンポン」音と○が呈示され、棒グラフが増加し(解答が速いほどグラフの伸びが大きい)、次問に進む。

誤答及び制限時間以内に解答できなかった場合は、グラフのどんぐりが少量減少し、ヒント(Fig. 4 下)が呈示される。ヒントは加数側から被加数側へ何個タイルを移動させればよいかをタイルそのものではなく数字(この場合被加数の8に対する10の補数2)で示しタイルの移動

を想起させるものである。

ヒントが呈示された状態でさらに制限時間(10秒)内に正答した場合は「ピンポン」音と○が呈示され、棒グラフが増加し、次問に進む。時間切れ、あるいは誤答した場合、音声で正解が呈示され、次問に進む。

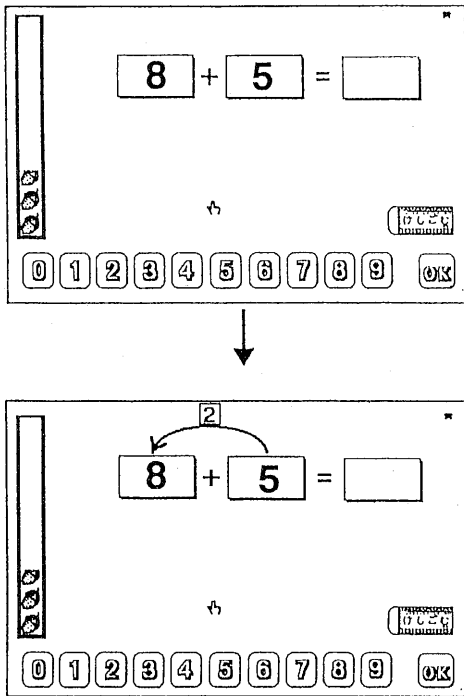


Fig. 4 繰り上がり学習用教材の画面例
(スピードアップを目的とした教材)

2-3. 文章題学習用教材

Riley ら (1983⁹⁾) の文章題の分類のうちコンペアタイプの文章題を援助する教材を開発した。画面上部に問題文が、画面中央に比較される2数や差に対応するテープが色分けされて描かれた、いわゆるテープ図が示される (Fig. 5)。テープは問題文の数値に対応した長さとなっている。

ここで、テープの中に数値を、外に登場人物の名前を挿入できる。文中の名前や数値の部分を押すと、その部分が複製されカーソルに従って動き、次に図中の正しい箱の中を押すとその箱にその内容がはりつけられ「ピンポン」という音声 that 返される。誤った箱や箱以外の場所を押すと、入れようとした名前や数値が消えてしまう。文中の「何こ」という部分を押した場合は「何こ」の代わりに「?」マークが出現し、未知数の部分を表わす。こうして完成された図を見ながら、次に、画面上の数字ボタンや演算子ボタンを押して立式し答を求める。式と答が正しければ「ピンポン」音が呈示され、誤りであれば正答が示される。

3. 加算繰り上がりの指導

3-1. 指導期間及び手続き

平成5年5月末より11月初まで本指導を本児の通う情緒障害学級での週1回の指導時間の中で行った。

答が11~18となる一位数どうしの加算「A+

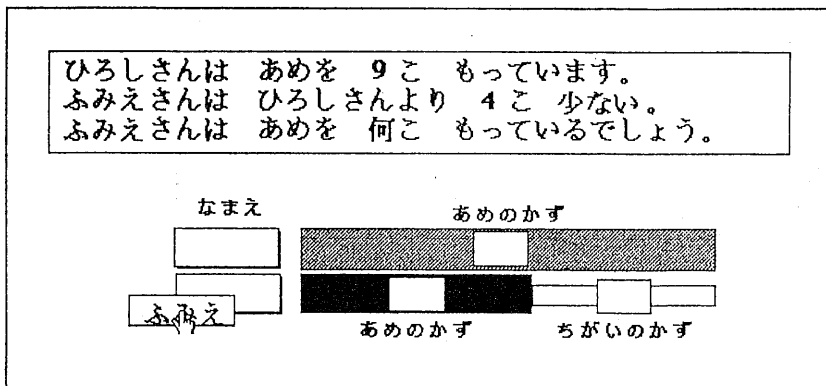


Fig. 5 文章題学習用教材の画面例

B」のうち $A \geq B$ のもの 20 題を用いた。

まず繰り上がり方略学習用教材による指導（指導 1）を実施し、方略が定着した時点（後述の口答形式のプロープにおいて 80% 以上の正答率が 2 回続いた時とした）でスピードアップを目的とした教材による指導（指導 2）に切り替えた。指導 2 の課題達成条件は、口答形式のプロープにおいて正答率 100% でしかも 10 秒以内に正答したものが 80% 以上あることが 2 回連続することとした。

3-2. 評価方法

指導の効果をみるため、指導のものと同じ加算 20 題及びその逆算の減算 20 題について口答形式と筆記形式のプロープ（テスト）を適宜行い、加算の指導前、指導期 1（方略学習）、指導期 2（スピードアップを目標とした学習）、指導後における成績を比較した。いずれのプロープも制限時間は設けなかった。

口答形式のプロープでは CAI 教材の問題表示画面と同様に 1 画面に 1 題ずつ表示し、解答に対する正誤のフィードバックは返さなかった。成績の指標として、制限時間を考えない場合の正答率と解答潜時 10 秒以内のもののみ正答とみなしたときの正答率を用いた。

筆記形式のプロープでは教室場面でのテストと同様に 1 枚の紙上に 20 題を掲載し、全部解答しおわってから正答に対して丸をつけ、誤答に対して正答の呈示を行った。成績の指標として、正答率と平均所要時間を用いた。

3-3. 結果

結果を Fig. 6 に示す。

(1) 加算プロープ（口答形式）において

指導 1 の時期は正答率が著しく上昇したが、解答潜時 10 秒以内の正答率は半分程度であった。指導 2 に入っても正答率は高いまま、解答潜時 10 秒以内の正答率が急上昇し 80% 以上に

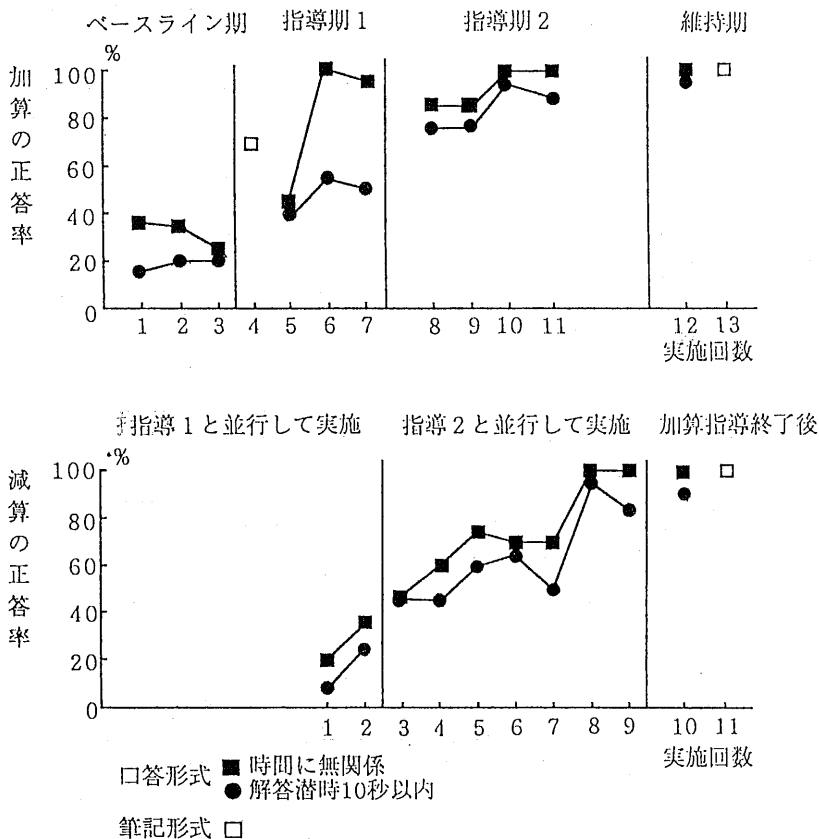


Fig. 6 加算及び減算のプロープ結果

なった。課題達成基準を満たしたが、減算プロープ（口答形式）においても同様の成績（正答率100%でしかも10秒以内に正答したものが80%以上あることが2回連続すること）が得られるまで指導2を続けた。指導終了後2週間たった時におけるプロープでも速く正確に答えることが維持されていた。

(2) 減算プロープ（口答形式）において

加算の定着とともに正答率が上昇して行き、10月末には10秒以内に正答したものが80%以上という状態が2回連続し、速く正確に答えることが可能になったとみなされた。加算指導終了後2週間たった時におけるプロープでも速く正確に答えることが維持されていた。

(3) 筆記形式のプロープにおいて

筆記形式のプロープは、加算においては第1回（加算指導期1の初期に行った）が正答率75%で1問あたりの平均所要時間は34秒、第2回（加算指導後）が正答率100%で1問あたりの平均所要時間は14秒であった。減算においては加算指導後のみプロープを行ったが正答率100%で1問あたりの平均所要時間は14秒と、第2回の加算のプロープと同様の成績であった。

3-4. 考察

指導を始める前のベースライン期における口答形式のプロープにおいて加算の正答率は40%以下と低く、できたものの半数は10秒以上かかっているという状態であった。これは、本児が2年次の延長で継次処理的な操作を伴う数え足しの方略をとっていたために誤りやすかったり時間がかかったりしたと考えられる。それに対し、繰り上がりの方略学習用教材による指導を始めてからは、口答形式のプロープの正答率が著しく上昇し100%になったが、解答潜時10秒以内に正答できた問題はその半数程度であった。このことは、繰り上がりの方略をイメージ操作として視覚的・運動的に行っていたものが心的にできるようになり確実に答が出せるようになったが、その操作に時間がかかるためと考えられた。

そこで方略に頼らずに記憶から答を引き出せる段階にまで習熟できるようにするため、スピードアップを目的とした教材による指導を行った。その結果、口答形式のプロープの正答率は高く保たれたまま、解答潜時10秒以内の正答率が急上昇し80%以上になった。このことはスピードアップを目的とした教材が有効であったためと考えられる。具体的には、前川ら（1992⁷⁾の研究の対象児と同様に、正答に対するフィードバックだけではなく、解答の速さを反映した画面上の棒グラフを見て、対象児が少しでも速く解こうとしたこと、単調なドリル学習が意欲的に取り組めたことなどが原因と考えられる。継次処理に困難をもつ児童もひとたび計算の方略を獲得できれば、このような教材によるドリル学習により、数秒で解答できるほどに計算に習熟できる可能性があることが示唆された。

減算については、加算の定着によって逆算としての減算の答も導きだせるようになると仮説をたてて、特に指導を行わなかった。繰り上がり学習中に繰り下がりの方略も指導することは本児にとって負荷が高いと思われる、また、2年次の時に加算の逆算として想起する方法で一位数どうしの減算を習得できたからである。加算の指導と並行して実施した減算のプロープ（口答形式）では、加算の定着とともに正答率が上昇し、仮説を裏付ける結果となった。

また、筆記形式のプロープにおいても100%の正答率となり、学級場面の学習やテストへの計算技能の般化が期待できるといえよう。

4. 文章題の指導

4-1. 指導期間及び手続き

平成6年4月末より6月末まで本指導を行った。セッティングは加算繰り上がりの指導と同様である。

ペーパーテストで用いた文章題のうち、差が既知で比較する2数のいずれかが未知のコンペア問題（コンペア3～6）を指導に用いた。文章題学習用CAI教材で、コンペア3～6の問題各1題計4題で構成される学習を1ブロックと

し、出題順をランダムにしてこのブロックを繰り返した。1回に2~3ブロック使用した。

CAIに入る前に教材を動かしながら2題において操作のしかたと図の表わしている意味を筆者が説明し、対象児の操作を誘導した。

説明後、まず、名前や数値の選択の順序を制限しない（ベースライン条件）で、コンピュータからのフィードバックのみをてがかりに、図を完成する学習を3ブロック行った。その後、「多い（少ない）」というキーワードを含む文を最初に強調する条件（介入条件）で学習を進めた。介入条件では、構成要素間の関係を描べている文に注目し、多い（少ない）方の登場人物を識別することから解決過程に着手させることをねらっている。具体的には次の手順で進行する。

- (a) まず、「多い（少ない）」という語を含む文を強調するため、その文を残し他の文の部分が暗くなる。対象児は、強調された文から多い方の登場人物の名前を拾い、テープ図の上のテープの横に、少ない方の名前を下のテープの横に、差の数値を「ちがいのかず」の箱にあてはめる。
- (b) 次に(a)の文の部分が暗くなり、残りの2文が強調される。その2文から、それぞれの登場人物の「あめのかず」を拾い、テープ図に既知の数値や「？」をあてはめる。

4-2. 評価方法

読み取りの枠組みとして図を用意するだけで文章題理解ができるのか、それとも、文章の一部を強調する介入も必要かを検討するため、ベースライン条件時と介入条件時で図の完成に

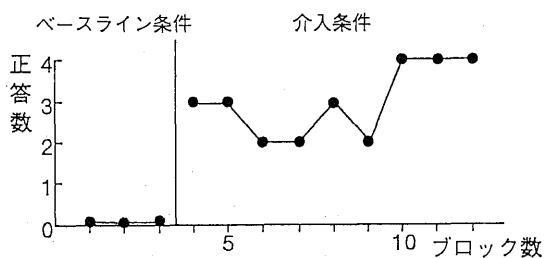


Fig. 7 文章題学習用教材における図の完成の学習状況

における成績を比較した。一度も誤入力せずに図が完成できた場合を正答とし、各ブロック（4題）における正答数を成績の指標とした。

4-3. 結果

Fig. 7 に、図の完成の成績の推移を示す。

対象児は図を完成させることに意欲的に取り組んだが、ベースライン条件時は、ランダムに名前や数値を空いている箱に入れようとし、入らなければ別の箱に入れようとするという様子であり、成績は0のままであった。コンピュータの援助により正しい図が完成すれば、図を見て立式し正答を出すことは独力でできた。

介入条件になると、多い（少ない）方の登場人物に気づくようになり、テープ図に正しい名前や数をあてはめることができるようになってきた。7ブロック目には1度も誤入力することなく図が完成できるようになった。

4-4. 考察

De Corte and Verschaffel (1986⁴⁾)は、小学1年の児童が文章題を解く際の眼球運動を観察した。その結果、文章題で誤りやすい児童は、文章を全部は読んでいないか、問題の中の数だけを拾って加算してしまうことがわかった。逆に文章題のよくできる児童は、何度も文章を読み返したり時間をかけて読んでいることがわかった。本研究の対象児はペーパーテストにおいて、問題文を最初から最後までたどって音読することはできたが、解きながら読み返すことはなかった。また、De Corteら(1986⁴⁾)の実験の対象児のように、文章の内容に関係なく文中の数を足したり引いたりしていた。

このようなテストの場合、式と答が正しかったとしても、それが偶然によるものか、それとも本当に構成要素間の関係が理解されているのかを判断することは難しい。それに対し、本研究で開発した文章題学習用教材においては、問題の構成要素を図にあてはめていく過程を観察することで、対象児の理解状況を確認しながら指導を進めることができる。さらに、本児の場合、視覚的な情報の同時処理的な把握を得意としており、完成された図から正しい式と答が独

力で求められるので、図の完成の学習を重点的に指導すれば、文章題の大部分が解決できることになる。したがって、本研究で開発した文章題学習用教材は、本児のように継次処理の弱さにより文章の読み取りを困難とするが同時処理には強い児童にとって強力な援助となりうると考えられる。

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とらえる枠組みが重要であると言われている (Resnick, 1989⁸⁾) が、コンペア問題の場合、最も難しい問題はこの部分-全体関係が把握できていないと解けないことが指摘されている (Stern, 1993¹⁰⁾)。このように部分-全体関係、すなわち、「多い方の数は少ない方の数に差分を加えたものである (少ない方の数は多い方の数から差分を引いたものである)」ということを捉える必要がある。本児の指導においてはその部分-全体関係を表わす文を強調する介入を行ったが、その介入は効果が認められた。

今後、コンピュータによる援助を減らし、ベースライン条件に戻してもなお図の完成がスムーズにできるのか、さらに、図の表示されていない状態で頭中に図を描きながら解けるのか、ペーパーテストにおいてはどのように問題を解決するかを調べていく必要がある。

III. おわりに

初期の加算における数え足しの方略や、繰り上がりのある加算における系列化された手順を実行するという継次的な処理が、特に算数の基礎的な学習段階において必要とされる。したがって継次処理に困難をもつ児童の場合、計算の方略学習につまずきを示すと考えられる。また、計算技能が獲得されても、文章題で一連の構成要素を読み取るという点で困難が生じ、文中から重要な情報を抽出して答を求めるところまで進みにくいと考えられる。

本研究の対象児において、WISC-R や K-ABC 及び平素の学習の様子から、視空間認知

や同時処理には問題をもたないが、継次処理に困難をもつことが示された。また、本児は基本的な量概念をもっているにもかかわらず、計算学習や文章題理解の面でつまづいていた。

そこで本研究では、本児のつまづきが継次処理の弱さからくるものであると考え、継次処理に関係あると思われる方略による本児の負荷を軽減し、本児に受け入れやすい方略を用いて指導することとした。

具体的には、繰り上がりの方略学習に際して、コンピュータ画面上でタイルの操作により 10 のまとまりを作ると同時に一方で数を分解するという、視覚的ながかりを強調した指導をしたところ、方略を定着させることができた。また、手続きを順次実行するという過程をなるべく減らすため、加算の逆算として減算の答が引き出せるようになることを期待して、減算の手続きは指導しなかったが、その期待どおり、減算も次第に定着した。

また、文章題の指導においては、文章の読み取りの枠組みとして、コンピュータ上で量の関係を示すテープ図を利用し、その図の中に名前や数値をあてはめる指導を行ったところ、構成要素間の関係を表わす文を強調する援助が非常に有効であった。

このように、継次処理に困難をもつ児童の計算方略学習や文章題の読みの場面でのつまづきに対し、①言語的ながかりではなく視覚的ながかりを強調する②手順の系列を順次実行する過程をなるべく減らす③課題の構成要素の全体と部分の関係が視覚的に把握できるような画像や図を用いるといった基本方針に基づく CAI 教材の開発及び適用が有効であることが、本研究で明らかになった。

付 記

本研究の対象児の指導にあたり、情緒障害学級における指導時間を使わせていただきました。関係の方々には御礼申し上げます。

文 献

- 1) Ashcraft, M.N. (1982): The development of mental arithmetic: A chronometric approach. *Development Review*, 2, 213-236.
- 2) Das, J.P., Kirby, J.R., and Jarman, R.F. (1979): Simultaneous and successive cognitive process. New York, Academic Press.
- 3) Das, J.P., Naglieri, J.A., and Kirby, J.R. (1994): Assessment of cognitive processes. Massachusetts, Allyn and Bacon.
- 4) De Corte, 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 Educational Research Association.
- 5) Kaufman, A.S. and Kaufman, N.L. (1983): Kaufman assessment battery for children: interpretive manual. MN: American Guidance Service.
- 6) Luria, A.R. (1980): Higher cortical functions in man (2nd ed.). New York, Basic Book.
- 7) 前川久男・東原文子・大塚 玲・熊谷恵子・野村勝彦 (1992): 知的障害児教育におけるコンピュータ利用の検討—算数に困難を示す学習障害児の加算方略訓練から—。筑波大学養護・訓練研究, 5, 21-28.
- 8) Resnick, L.B. (1989): Developing mathematical knowledge. *American Psychologist*, 44, 162-169.
- 9) 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*. CA: Academic Press.
- 10) Stern, E. (1993): What makes certain arithmetic word problems involving the comparison of sets so difficult for children?. *Journal of Educational Psychology*, 85 (1), 7-23.

Difficulties in Arithmetic Learning of Children with Successive Processing Weakness and CAI for these Children

Fumiko HIGASHIBARA, Hisao MAEKAWA, Takashi FUJIKURA

In arithmetic learning some children may have experienced difficulties, since they have successive processing weakness. It is the aim of this report to clarify difficulties of children with successive processing weakness in basic arithmetic learning, and to examine basic plan of the intervention.

Subject had experienced difficulty in following steps of computation process. So we instructed him by CAI which emphasized visual cues and could executed steps of computation process for him to reduce his load. As the result, he aquired single-digit addition and subtraction as reverse operation of addition.

And also he experienced difficulty in solving word problems of arithmetic. We designed the course-ware of CAI that subject had to complete the diagram of relationship between components of word problem while looking at sentences.

As the result of instruction by the course-ware, he became able to complete the diagram smoothly.

The above data confirm that children with successive processing weakness may experience the difficulty in arithmetic learning, particularly in following steps of computation process and reading word problem, and instruction which emphasize visual cues is useful.

Key Words : Successive processing, Learning disabilities, Computation, Arithmetic word problem, CAI