

数的イメージの形成が弱い算数障害の1例

内山千鶴子
(Chizuko UCHIYAMA)

【要約】

《目的》 数的イメージ形成が遅れた算数障害女児の指導経過を報告し、認知特性と算数障害の関連を考察する。

《症例》 小学1年女児。乳幼児期、就学時に発達の問題はなかった。1年2学期以降10以上の数の加減算が困難で、文章題が解けず、登校を渋るようになった。

《神経心理学的特性》 知的な遅れは無いが、視覚的イメージを必要とする課題と算数が困難だった。読み書き、言語理解、聴覚的長期記憶は良好だが、視覚的イメージと視覚的記憶に遅れがあった。数式の記号は理解し、5までの数の分解、合成と具体物の計数は可能だが長時間を要した。特に、3以上の具体物を計数せずに数量を即時に把握(subitizing)できなかった。

《指導内容》 本児は視覚的イメージと視覚的記憶を必要とする課題が困難だった。これにより、数の具体的なイメージが形成できず、subitizingが困難だと考えた。そこで、具体物～半具体物を操作してsubitizingを形成した。

《結果と考察》 1年間の指導の結果、subitizingの時間が短縮し、算数学力検査の偏差値も改善した。具体物操作で数的イメージが改善したと考えた。

キーワード：算数障害、視覚的イメージ、subitizing、具体物操作

I. 目的

算数障害とはDSM-Vの診断基準では「限局性学習症／限局性学習障害」のうち「数の感覚、数学的事実の記憶、計算の正確さまたは流暢性、数学的推理の正確さといった算数・数学面での障害を伴う」ものを指す。稲垣ら¹⁾は算数障害を数処理や数概念といった基礎能力と計算の障害とし、全くできないのではなく、速度と正確性が向上しない状態としている。

算数障害の内容として熊谷(2018)²⁾は数処理、数概念、計算、数的推論の4点としている。これはDSM-Vの内容である数感覚、数学的事実の記憶、正確で流暢な計算、正確な数的推論の4点と相違はない。どの内容に問題があるかで介入も異なる。

学校教育における算数は数と計算、量と測定、図形、数量の関係の4領域の内容が学習される。症状として算数障害がある児童はこの領域のどれかに不都合が生じる。算数障害がある児童は通常教育で行われて

いる指導を繰り返し学習しても、学習内容を獲得できないことがある。学習障害の1つである算数障害の原因が認知上の問題であることを考慮すると、認知特性を評価し、その評価結果を取り入れた指導³⁾がより適切であると考えられる。

数量の処理は算数学習の初期の段階で獲得されるものであるが、数量処理には、一つ一つの数量を数えて数を把握するcountingと、一見して大体の個数を把握するsubitizingが指摘されている⁴⁾。それぞれの処理を困難にする認知能力が想定されているが、counting、subitizingとも視覚的ワーキングメモリーが必要なこと⁵⁾、subitizingの困難性は数的な視覚的イメージ形成の弱さと関連することをKucianら⁶⁾が指摘している。また、視覚的イメージの形成不全は視覚的ワーキングメモリーの機能低下とも関連することが指摘されている⁷⁾。このことからsubitizingの習得には具体物の視覚的イメージを形成し数詞と結合する能力が必要⁸⁾であると考えられる。

算数障害は発達性読み書き障害との合併が多いが、今回、発達性読み書き障害はなく、算数障害のみを認めた女児を報告する。本児は数量処理で subitizing が困難で、視覚的記憶に課題があったが、具体物操作を取り入れた視覚的イメージ形成指導で計算能力が向上した。このことから subitizing と視覚的記憶と視覚的イメージの関連を考察することが本研究の目的である。

II. 症例

1. 発達歴と主訴

症例は初診時小学1年の女児である。乳幼児期と就学時に発達の遅れは無く、問題なく地域の小学校に就学した。母親の印象では、コミュニケーションに問題はなく、対人関係も良好だったが、パターン化しやすい行動特徴があった。例えば、一つのことを決めたら、必ずそれからやり始めるとか、持ち物や食べ物に同じものを選ぶ傾向があった。パターンが崩れることを嫌がったが、崩れたことによってパニックになることはなかった。

1年生の3学期以降、10以上の数の加減算が困難で文章題が解けないことが問題となった。本児の行動特性から学校の宿題や課題、ドリル学習は必ず自宅で実施していた。母親は復習しても身に付かないのはどうしてだろうと不思議だったと報告している。さらに、文章題や数量計算で学習直後は正解するが、時間がたつと解けない等の問題が大きくなった。このことを通じて登校渋りがみられ始めたため、母親は通級指導教

室の担当教員に相談した。その結果、担当教員が筆者が所属するクリニックを紹介し、来院した。

2. 初期の神経心理学的状況

本児7歳2か月でPVT-Rの語彙年齢7歳4か月、評価点が10で言語理解に問題はなく、WISC-IV（図1）の全合成得点88、言語理解95、知覚推理80で知的能力にも問題はなかった。しかし、積木模様と行列推理の評価点は6.5と低い状態だった。

KABC-II（図2）では認知尺度下位検査、習得尺度下位検査の評価点平均9で全体的な知的能力に遅れは無いと判断できた。しかし、習得尺度における計算の評価点が5、数的推論の評価点が7とともに1標準偏差以下だった。習得総合尺度の算数の標準得点も77と1標準偏差以下で算数の障害が仮定できた。認知尺度では絵の統合の評価点が6で視知覚上の問題が推定できた。

フロスティック視知覚発達検査（表1）で遅れは無く、ウエクスラー記憶検査-WMT（表2）では視覚的記憶が同年齢児より2SD低く、視覚的記憶の困難を示した。一方、聴覚的長期記憶の検査であるRey's Auditory Verbal Learning Testの結果（表3）、言語性の長期記憶は良好だった。

数の症状は数式の記号の意味は理解できたが、5以下の数の分解、合成は時間がかかった。具体物の計数は3以下なら比較的早く数えたが4以上は時間がかかった。10以下で具体物がバラバラの配置では1列に並び変えないと計数できなかった。また、同年齢児で

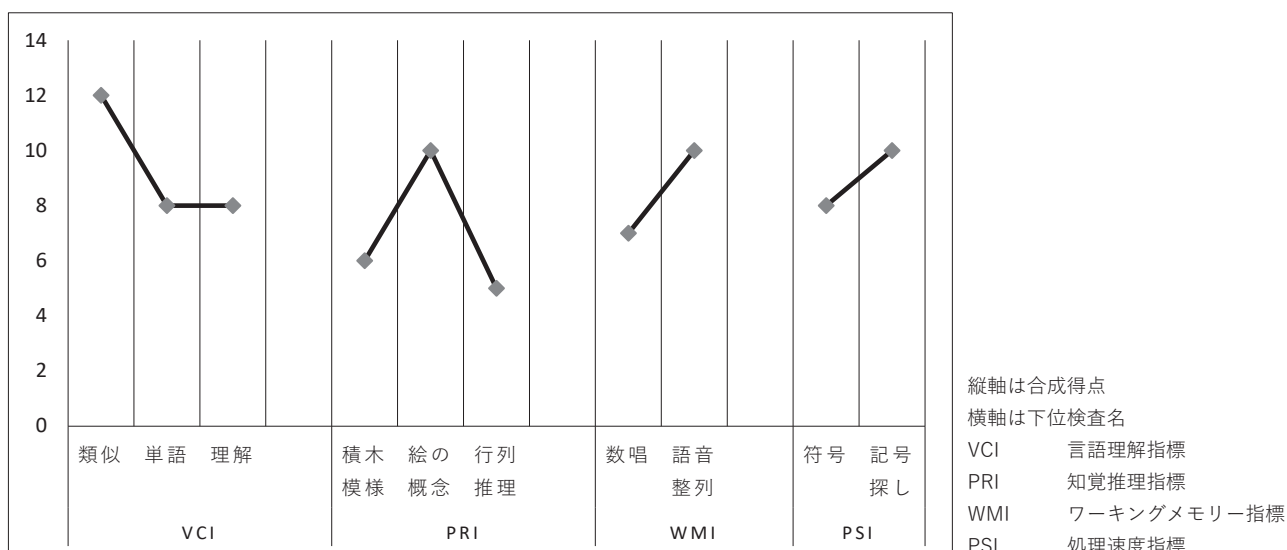


図1 WISC-IV（7歳2か月時）のプロフィール

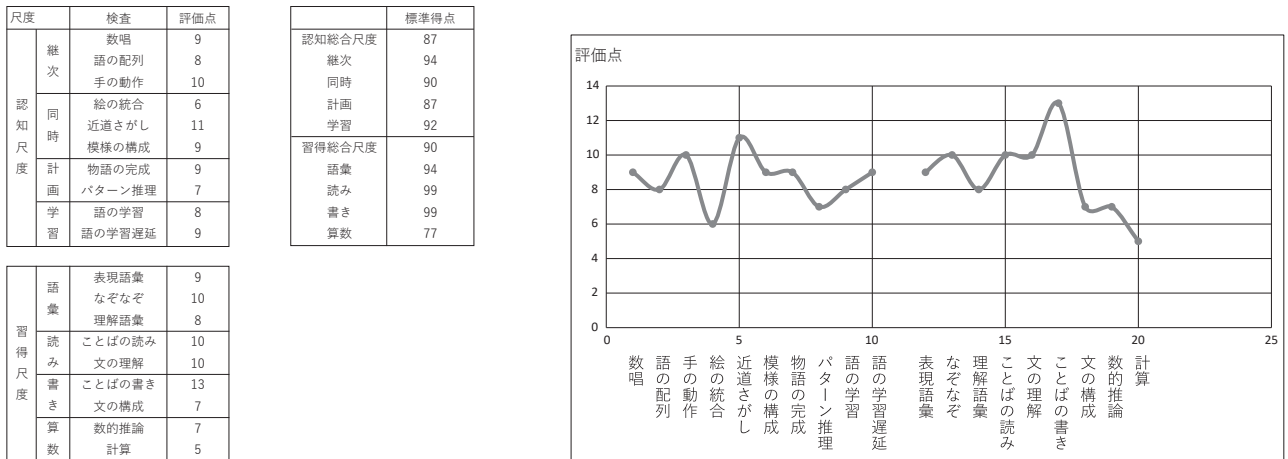


図2 KABC-IIのプロフィール

表1 フロスティング視知覚発達検査（本児7歳11か月）の結果

| 下位検査 | 視覚と運動の協応 | 図形と素地 | 形の恒常 | 空間における位置 | 空間関係 |
|----------|----------|-------|------|----------|------|
| 粗点（点） | 21 | 23 | 11 | 8 | 8 |
| 知覚年齢（PA） | 9：04 | 8：06 | 6：01 | 8：00 | 8：00 |
| 評価点（SS） | 12 | 11 | 8 | 10 | 10 |
| 知覚指数（PQ） | | | | | 102 |

表2 WMS-R（本児8歳）の結果 8歳児の平均は荏原ら（2006）^{9）}参考

| | 本児の合成得点 | 8歳児の合成得点平均 | ± SD |
|--------|-------------|------------|------|
| 言語性記憶 | 37 | 41.4 | 17.7 |
| 視覚性記憶 | 34（2 SD 以下） | 54.5 | 7.2 |
| 一般性記憶 | 71（1 SD 以下） | 95.9 | 23.4 |
| 注意／集中性 | 46 | 53.6 | 8.7 |
| 遅延再生 | 40（1 SD 以下） | 61.8 | 11.9 |

表3 Rey's Auditory Verbal Learning Test（本児8歳）8歳児の平均は柴ら（2006）^{10）}参考

| | trial 1 | trial 2 | trial 3 | trial 4 | trial 5 | 合計 | 再認 A | 再認 B |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|------|------|------|
| 本児（8：2） | 5 | 3 | 8 | 8 | 9 | 33 | 10 | 0 |
| 小学2年生平均 | 5.2 | 6.8 | 7.4 | 7.7 | 8.1 | 35.2 | 9.6 | 0.1 |
| 小学2年生 SD | 1.2 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.2 | 4.7 | 0.8 | 0.2 |

は3以上の具体物の数は瞬時に数量を把握できるが、本児はできなかった。1桁と1桁の繰り上がりのある足し算ができなかった。文章を読んで式にするだけの簡単な問題で、+、-、=の数式は正しく記入したが、合わせて、みんなでなどの計算式を導き出すために必要な語彙がない問題は+、-の使い方が間違っ

いた。

小学生の読み書きスクリーニングテストの結果（表4）、読み書きに問題は認めなかった。しかし、レイの複雑図形の3分間遅延では同年齢の平均より1 SD 低い得点だった。

表4 小学生の読み書きスクリーニングテストの結果

| | 本児 | 2年生平均 | - 1 SD 値 |
|--|---------------|---------|----------|
| レーヴェン色彩マトリックス検査 | 26 | 29.5 | 23.9 |
| 抽象語検査 | 19/32 | 16.6/32 | 12.3/32 |
| PVT-R (絵画語い発達検査) | 語彙年齢 9 歳 5 ヶ月 | | |
| 小学生の読み書きスクリーニング検査 | | | |
| 読みの正確性 音読ひらがな 1 文字 | 20 | 19.7 | 19.1 |
| 音読カタカナ 1 文字 | 19 | 19.7 | 18.9 |
| 音読ひらがな単語 | 20 | 19.9 | 19.7 |
| 音読カタカナ単語 | 20 | 19.8 | 19.2 |
| 音読漢字単語 | 19 | 18.2 | 16.9 |
| 書きの正確性 音読ひらがな 1 文字 | 20 | 19.6 | 18.7 |
| 音読カタカナ 1 文字 | 16 | 18.4 | 16.6 |
| 音読ひらがな単語 | 20 | 19.6 | 18.8 |
| 音読カタカナ単語 | 18 | 18.5 | 15.6 |
| 音読漢字単語 | 20 | 18 | 15.5 |
| RAN の所要時間 | 14 | 12.9 | *15.3 |
| 速読の所要時間 単語ひらがな | 18 | 23.7 | *33.2 |
| 単語カタカナ | 32 | 23.9 | *36 |
| 非語ひらがな | 40 | 31.6 | *41 |
| 非語カタカナ | 30 | 32.1 | *42.9 |
| 文章 | 85 | 86.4 | *121.6 |
| 2 先生の平均は STRAW-R 改訂版標準読み書きスクリーニング検査結果参考 * RAN の所要時間と速読の所要時間は + 1 SD 値 | | | |
| レイの複雑図形 模写 | 35/36 | 25.62 | 20.7 |
| 3 分後再生 | 7 / 36 | 16.08 | 7.35 |
| 2 年生の平均は服部 (2004) ¹¹⁾ 参考 | | | |

3. 本児の認知特性のまとめ

本児の認知特性は WISC-IV と KABC-II の結果から知的能力に問題はなく、読み書きに困難もないが算数障害の症状を示すことが示された。算数能力では、計算に使用する記号の意味と計算方法は理解している。大小や多少などの数の概念も習得していた。しかし、数処理では 1 つずつ数える counting は可能であるが、全体的に数を捉える subitizing に問題があった。算数障害の内容では数量処理の問題と推測できた。

本児の認定特性として、KABC-II の認知検査では絵の統合の評価点が 6 と低く全体像がぼやけた絵から全体像を想像する (イメージする) ことが不得意であると考えられた。さらに、視知覚上の問題としてウエ

クスラー記憶検査の結果から視覚的記憶に課題があることが判明した。

4. 倫理的配慮

本稿執筆当時、筆者所属先の倫理審査委員会では症例報告の規定がなかった。ヘルシンキ宣言および『人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針』(文部科学省、厚生労働省、経済産業省) に基づいて、対象児の保護者へのインフォームド・アセントを行い文書にて同意を得た。

Ⅲ. 指導過程

先行研究¹²⁾より、本児の認知特性が算数障害に影響

を与えている可能性を考慮し、指導方針として、具体物を用いて数のイメージを形成する練習と、10以下の数の合成、分解を体験して理解することを目指した。そして、この基礎的能力を使い加減算を学習させた。担任と家族へ生活の中で数量の概念形成を意識的に行うことをお願いした。担任の方針で計算時に指などの具体物を使用することが禁止されていたので、担任に本児の特徴を話し、小学校でも家庭でも指を使うことを許可していただいた。なお、本児の指導は通級指導教室の担当教員が直接指導にあたり、筆者は指導状況の報告を受けたり、実際に指導を観察したりした後、担当教員と相談しながら指導案を作成するという指導形態を取った。

1. 数のイメージ化に関する指導

ステップ1（全7回）では $3+2$ 、 $5-3$ といった5までの計算ができず、わからないと適当な数字を発言していた。そこで、指導として5までの量感覚を把握させるために具体物を見せ即時に数をいう練習をした。また、3回目以降は図3の例のように合わせて5になる組み合わせを具体物を用いて分けたり、合成したりして学習し計算カードを用いて記憶させた。計算カードとは5までの数を用いた加算と減算を1題ずつカードにしたものである。例えばカードの表には $3+2$ と書かれ、裏には5と答えが書かれたカードである。次に、図4のようにプリント学習を開始し半具体物を用いて数詞と具体物のイメージを結合させた。5回目以降には具体物を用いて5までの加減算の練習をした。足し算は足して5になる数、引き算は5から5以下の数を引く練習を行った。この頃は合わせて5に

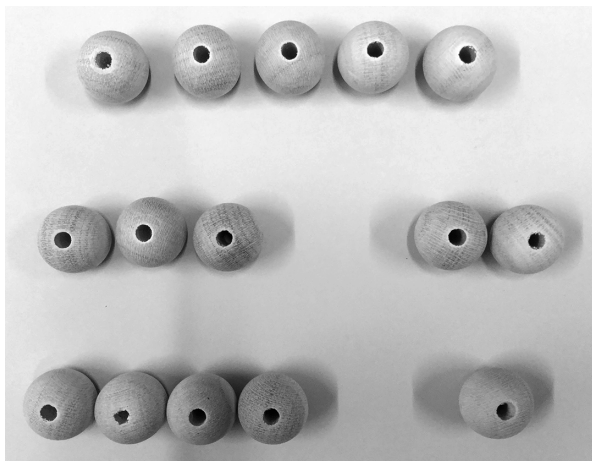


図3

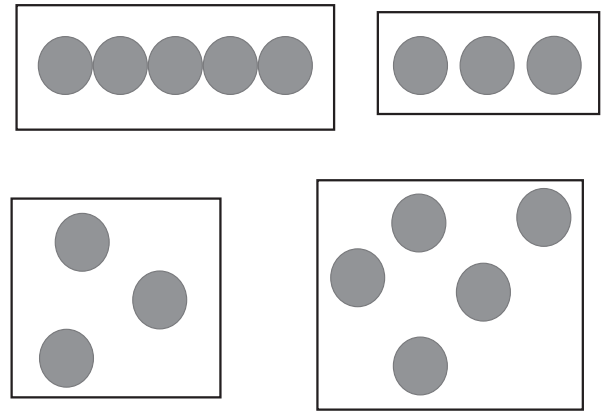


図4

なる数の組み合わせを想起できたが、具体物が無いと想起できないこともあったので、具体物と数詞のイメージをつなぐため、プリントを用いた半具体物の学習を増加させた。7回目で計算カードなどによる具体物なしで5になる数の組み合わせが想起でき、5までの加減算もできた。

2. 10以下の数の合成、分解の体験

ステップ2（全7回）はステップ1と同様な方法で10までの数の瞬時の計数と合成、分解を練習した。具体的には、①具体物を数える。②半具体物を数える。③合わせて10になる組み合わせを具体物を用いて分けたり、合成したりして学習する。その後、足して10になる足し算の計算カードを記憶する。④半具体物を用いて、数詞と具体物のイメージを結合する。⑤10以下の加減算を数詞で実施する。具体的にはもらった飴を加えて数えたり（足し算、図5）、ボーリングのピンを倒して数える（引き算、図6）。⑥数詞だけで数の分解を実施し（図7）可能となった（図8）。



図5

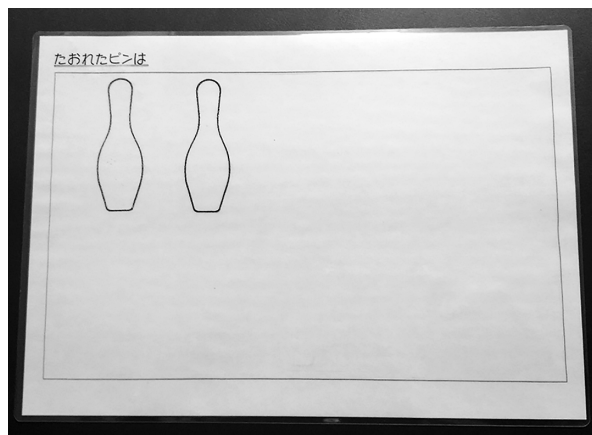
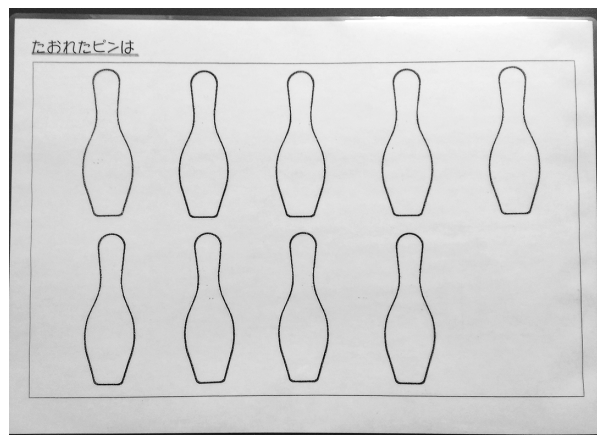


図 6

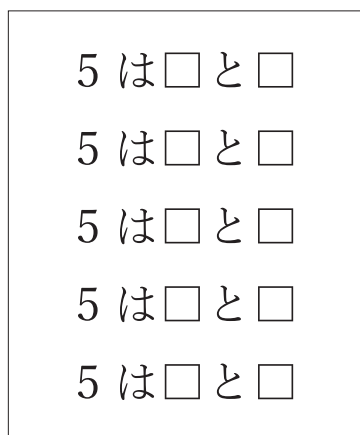


図 7

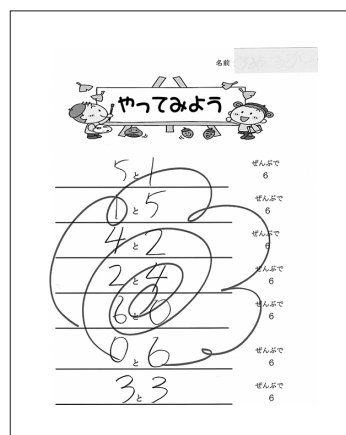


図 8

3. 繰り上がりのある計算

ステップ3 (全7回) 足す数、足される数とも10以下の加減算を具体物、半具体物、計算カードを用いて実施した。足し算では10の分解と合成を用いて、繰り上がりの概念を学習した。

4. 指導期間

本児の学習は2年生の初めから通級指導教室で週に1回1時間、合計21回実施した。

IV. 結果

その結果、本児は算数学習に関する拒否が軽減し、間違うと適当な数で答えることが無くなった。登校を嫌がることもなくなった。分からないときは通級教室では「分からない」と言えるようになった。計算も安定し、学習した範囲では、数字が異なっても容易に計算ができるようになった。

KABC-IIの計算は評価点5から10に改善した。視覚的な計数の時間が指導実施前より短縮した。指導実

表5 「TK 式領域別学力検査」さんすう1ねんとさんすう2ねんの結果

| 学年 | 得点 | | 評価プロフィール | | 偏差値 | |
|------|--------|--------|----------|-----|-----|-----|
| | 2年生 | 3年生 | 2年生 | 3年生 | 2年生 | 3年生 |
| 数と計算 | 12/80 | 56/76 | 1/3 | 2/3 | | |
| 量と測定 | 5/10 | 6/14 | 2/3 | 2/3 | | |
| 図形 | 4/10 | 4/10 | 2/3 | 2/3 | | |
| 合計 | 21/100 | 66/100 | 1/3 | 2/3 | 25 | 39 |

2年次、3年次とも1学期終了後の結果

施前にはバラバラになった具体物を数えるのに、5～6秒かかっていたが、指導終了時に2秒となった。具体物が1列に並んだ場合、数えるためにかかった時間は開始前3秒、終了時1秒だった。

表5のように、TK 式領域別標準学力検査さんすうでは偏差値が25から39に向上したが、まだ、筆者がすでに報告した結果、2年生79人の偏差値の割合からすると低い段階¹³⁾である。

V. 考察

本児は神経心理学検査の結果 DSM-V の診断基準である数の感覚（数概念）に、熊谷の分類では数量処理に障害があると考えられた。また、認知特性として、視覚的イメージと視覚的記憶障害を示した。

数量処理の問題では一見して個数を把握する subitizing に困難性があると推測した。この特性を改善するため、熊谷は計算の前段階として、具体物操作の次には頭の中での半具体物の操作が必要で、具体物から半具体物へ、それを基礎に数詞を形成する練習¹²⁾の重要性を指摘している。数量処理や数概念といった基礎能力の障害と計算障害は全くできないのではなく、速度と正確性が向上しない¹⁾ことであるが本児も同じであった。確実に獲得できないことが学習意欲を低下させ、登校渋りを生じた可能性は否定できない。

一見して個数を把握すること（subitizing）の困難性は視覚的イメージ形成の弱さとの関連⁵⁾や視覚的ワーキングメモリーの機能低下⁶⁾が想定されている。この仮定に従えば、視覚的イメージと視覚的ワーキングメモリーを改善しなければ、subitizing の学習は進まない。

そこで本児も丸い玉、飴、ボーリングのピンなどによる具体物とプリントによる半具体物の操作で、数量に関する視覚的イメージを形成し、数的イメージと数

詞を結合させたと考えた。それにより subitizing が向上した。また、確実に獲得された数量概念を基に計算力も改善したと推察した。数的イメージの形成が遅れた子どもは、実際に具体物を多く用いて量の概念を育てることが計算力の改善に有効であると考えた。本児は担任の考慮で「小学校へ入学したから指は使わない」と約束させられていた。数量把握に具体物の操作を必要としていたにもかかわらず、パターン化しやすい、本児の認知特性から頑なに使用しなかった。そのことは subitizing の発達を遅くした可能性もある。通常の学習で獲得できない児童には、児童の認知特性を考慮した指導が重要である。義務教育における特別支援教育でも対象児の認知特性を理解し、それに適した指導が望まれる。

利益相反

本研究にかかわる利益相反事項はない。

【文献】

- 1) 稲垣真澄, 米田れい子: 限局性学習症（学習障害）総論: 医師の立場から。児童青年精神医学とその近接領域 58, 205-216 (2017)
- 2) 熊谷恵子: 算数障害の歴史と内容。LD 研究27, 162-166 (2018)
- 3) 中村好則: 算数障害の児童への支援を配慮した教材開発の留意点。日本数学教育学会誌93, 11-19 (2011)
- 4) 熊谷恵子: 学習障害児の数量概念の理解度を測定する手法について基礎的研究。LD 研究16, 312-322 (2007)
- 5) Butterworth, B., Varma S., Laurillard, D.: Dyscalculia: From brain to education. Science 332, 1049-1053 (2011)
- 6) Kucian, K., von Aster, M.: Developmental dyscalculia. Eur. J. Pediatr. 174, 1-13 (2015)
- 7) Ashkenazi, S., Black, J. M., Abrams, D. A., et al.: Neurobiological underpinnings of math and reading learning disabilities. J. Learn. Disabil. 46, 549-569 (2013)

- 8) 熊谷恵子：学習障害児の数量概念の理解度を測定する手法についての基礎的研究。LD 研究16, 312-322 (2007)
- 9) 荏原実千代, 高橋伸佳, 山崎正子他：小児認知機能の発達的变化—小児における高次脳機能評価法の予備的検討—。リハビリテーション医学43, 249-258 (2006)
- 10) 柴玲子, 小林範子, 石田宏代他：未就学児における聴覚性言語性記憶の発達についての検討—Rey's Auditory Verbal Learning Test「小児版」作成にむけて—。高次脳機能研究26, 385-396 (2006)
- 11) 服部淳子：Rey-Osterrieth Complex Figure を通してみた子どもの視覚認知能力の発達—視覚認知能力の描画方略との関連について。愛知県立看護大学紀要10, 1-10 (2004)
- 12) 熊谷恵子：数・量の発達。小児内科49, 884-891 (2017)
- 13) 内山千鶴子：通常学級に在籍する学習不振の兆候を示す子どもの割合と原因。第18回 LD 学会, 抄録集209 (2009)

(2023年9月25日受付、2023年12月20日受理)

Dyscalculia with weak numerical image formations: A case report

Chizuko UCHIYAMA¹⁾

【Abstract】

Here, we report on the progress of teaching a dyscalculic girl who was delayed in forming numerical images and consider the association between cognitive characteristics and dyscalculia.

Case: A first-grade elementary school girl reported no developmental problems during infancy or upon entering school. She had difficulty adding and subtracting numbers over 10, could not solve word problems, and became reluctant to go to school after the second semester of the first year.

Neuropsychological characteristics: She demonstrated no intellectual delay, but she had difficulty with tasks that required visual imagery and arithmetic. She had good reading, writing, verbal comprehension, and verbal long-term memory; however, she had delays in visual imagery and working memory. She was able to understand the symbols in mathematical formulas, decompose and compose numbers up to 5, and count concrete objects, but it took a long time. In particular, immediately grasping the quantity (subitizing) of concrete objects of ≥ 3 was impossible without counting them.

Content of instruction: The child was diagnosed with dyscalculia. She had difficulty performing tasks that required visual memory and imagery. She thought that this caused her inability to form concrete images of numbers, making subitizing difficult. Therefore, she formed subitizing by manipulating concrete into semiconcrete objects.

Results and discussion: After one year of instruction, the subitizing time was shortened and the deviation score of the mathematics ability test was improved. Hence, the manipulation of concrete objects was considered to improve her numerical imagery.

Keywords: dyscalculia, visual image, subitizing, manipulation of concrete objects

1) Department of Speech, Language and Hearing Therapy, Faculty of Health Sciences, Mejiro University, Japan