

## 幼児の足し算における指の利用

杉村伸一郎<sup>1</sup>・山名 裕子<sup>2</sup>

### Young children's use of fingers in doing addition

Shinichiro Sugimura, Yuko Yamana

Recently, acquisition of basic count ability has become increasingly valued, but, in many cases, the process is not sufficiently clarified. This study was intended to explore the process of mastering informal mathematics from the viewpoints of situated learning, focusing on the use of fingers during calculation. Questions of one-digit additions such as  $2+1$ , and  $3+6$ , were asked to 15 children aged 5, and their behaviors were observed until they answered. At that time, 3 kinds of objects, cards with numbers, dotted cards as semi-concretion, and marbles as concretion, were presented separately. Additionally, when the children explained how they calculated, their finger movements were also observed. As the result, children used fingers voluntarily on 8% of tasks when adding. Meanwhile, children kept their eyes on a presented object on 14%, which implies that they used their eyes when adding. This tendency became noticeable when a dot card was presented. As for the task for children to explain their calculation methods, children used their fingers on 18% of tasks, and they used their eyes on 5%. These results indicate that preschool children may use their fingers to give explanations to others, but hardly use their fingers as a tool for cognitive processing. Those findings were discussed from an embodied cognition viewpoint.

**Key Words :** count ability, informal mathematics, cognitive development, embodied cognition

### 問題と目的

電卓だけでなくパソコンまでが一家に何台もある世の中になっても、基本的な計算能力を身につけることの重要性は、「読み書き算盤」といわれていた時代から変わっていない。それどころか、最近では、「百ます計算」がブームになり、反復による基礎学力の向上が見直されつつある（陰山，2001，2002）。しかしながら、基本的な計算能力の獲得過程に関しては、十分に明らかにされていないことが多く、その一つに、計算時における指の利用の問題がある。

基本的な計算能力が幼児期から児童期にかけてどのように獲得されていくのかを明らかにすることは、最近重要な課題となっている幼小連携におけるカリキュラムや指導方法の開発に関しても大きな示唆を与えると考えられる。また、計算時における指の利用ということに限定しても、学習や発達における指の利用の意味が明らかにされれば、指を使っている子どもやそれを見ている教師や親の、疑問と悩みを解決することができるであろう（杉村・山名，2003）。

子どもたちは小さい頃から様々な数に関する活動を行っている。小学校に入る前でも「ひとつ、ふたつ、みっつ」と数えることはできるし、「お休みしたお友達が2人いる」というような理解も可能になってくる。小学校に入学する前に、つまり学校という場所でフォーマルに算数

1 広島大学大学院教育学研究科附属幼年教育研究施設

2 秋田大学教育文化学部

を教えられなくても、子どもたちはインフォーマルに算数の理解を行っている (Baroody, 1993; 丸山・無藤, 1997)。インフォーマルな知識は間違っていたり、非体系的であったりするので、子どもがもっている既存のインフォーマルな知識を、どのようにフォーマルな理解につなげていくのが、重要な課題となっている (Bruer, 1993/1997)。

たとえば、足し算のインフォーマルな知識と言われる計数の研究としては以下のようなものがみられる。Fuson (1992) は、足し算における指の利用や数唱に関して、4つの段階を想定している。第1段階では、被加数、加数、どちらの数字も指で表示し、その後、すべての指を1本ずつ足していく段階である。第2段階では、被加数、加数のどちらかの数だけを足す段階、第3段階では、被加数、加数のどちらかだけを指で表示し、表示した指の分だけ数え足す段階、そして第4段階では、指を使用せず、記憶検索で計算していく段階である。

栗山 (2002) は、数表象の構造を分析するために、5歳4ヶ月から6歳3ヶ月までの幼児22名に対して「数のゲーム」を行い、外的な方略としての指の動きを分析し、次の4つのタイプを区別している。1つずつ手の指を動かして数えていく方略 (Over counting type: Oタイプ)、目で指をみたり頭を動かしたりして数えていく方略 (Covert counting type: Cタイプ)、指を1つずつ数えることなく一気に指をひろげて数えていく方略 (Direct counting type: Dタイプ)、外的行為によらないで頭の中で内的に数えていく方略 (Internal counting type: Iタイプ) である。そして、この4つの方略はOタイプ、Cタイプ、Dタイプ、Iタイプの順に発達していくと仮定している。

Siegler & Shrager (1984), Siegler (1986/1992) は、4歳から5歳の幼児に、次の様な教示を与え、1から5までの数の足し算 (合計が10以下になる足し算) を行う際の行動を分析している; “I want you to imagine that you have a pile of oranges. I'll give you more oranges to add to your pile; then you need to tell me how many oranges you have altogether. Okay? You have  $m$  oranges and I give you  $n$  to add to your pile. How many do you have altogether?” と教示し、最後に次のようなことも付け加えている; “You can do anything you want to help you get the right answer. If you want to use your fingers or count aloud, that's

fine.”

Sieglerらはこれらの実験で、就学前児が足し算を行う際に選択する方略として、指をおって数えること、指を眺めて声だけで数えること、指を出すそれを数えないで答えること、記憶から答えを引き出して答えることを見いだした。そして、問題が難しくなるほど指を利用する頻度が高くなることを明らかにした。

また、小学校1年生の足し算方略に関しては、平井 (1992, 1993) が詳細に分析している。彼は、計算をする際、具体物 (オハジキ) を用いる、指で数える、暗算で計算する、のどれかで解答するように教示をし、子どもたちがどのような解決法で足し算を行うのか分析している。その中で、具体物を使ってほとんどの問題を解決する子どもや、指を利用して解決する子どもの特徴を詳細に把握し、さらに指導していくことが重要であると述べている。

以上のように先行研究では、計数の段階の初期では指を使って数を理解することが示されている。しかし栗山 (2002) では、「手の指を使ってもいいからね。指を机の上に出してみて」という教示を用い、手を積極的に使うことを子どもたちに示している。平井 (1992, 1993) も小学校1年生に対して具体物 (オハジキ) を用いる、指で数える、暗算で計算する、のどれかで解答するように言っているため、指を使ってもよいことを伝えている。また、Siegler & Robinson (1982) は計算時の自然発生的な子どもの指の動きを調べているが、Siegler & Shrager (1984) では、指を利用することを教示したときの指の動きを分析している。そのため、現在のところ、子どもたちが足し算を行うときに自然に指を動かすのかどうかに関する資料は少ない。

さらに従来の研究では、課題の提示方法として、口頭、具体物、数字のどれか1つを用いることが多く、提示方法間の成績や方略の比較を行ってこなかった。足し算を求められる場合、日常生活では具体物、学校では数字で提示されることが多いので、身体を含めた計算システムの働き方が提示方法によってどのように異なるのかを明らかにすることは、幼小連携のためのカリキュラムを検討する上でも重要である。

そこで本研究では、足し算において、指を使ったり動かしたりすることを参加者に教示せず、課題を、数字のカード、半具体物としてドットカード、具体物としてオハジキ、の3つの

方法で提示し、提示方法間の成績や方略の違いを検討する。あわせて、足し算を他者へ説明する際の指の動きを観察することにより、計算時以外の指や身体の働きを検討する。

## 方法

**参加者** 参加者は兵庫県明石市内の幼稚園の年長児クラスに所属する15名（男児6名，女児9名，平均年齢5歳8ヶ月）であった。

**課題** 足し算の課題を「2と1」「3と2」「2と5」「3と4」「3と6」の組み合わせで5課題作成した。数字カードは、1から6までの数字をA5版の用紙に400ポイントの大ききで1つずつ印刷したものをを用いた。ドットカードは、直径約2.5cmの黒色の丸を数字に対応した個数A5版の用紙に均等に散らばるように描いた。また、オハジキは、直径約2.5cmの赤色のオハジキを数字と同じ個数提示した。

**手続き** 2枚の数字カードを1枚ずつ提示し、「これ、なんて書いてある？この数字、なんて読むかな？」と各数字について尋ねる。参加者がそれぞれに答えた後、「じゃあね、これとこれをね、足したらいくつになるかな？」と答えを尋ねる。その際、「足す」という言葉が理解できない参加者に対しては、「合わせたらいくつになるかな？」というように教示を変えた。そして「どうして○（答えた数字）になるってわかったの？」と説明することを促した。

基本的に、各参加者は数字のカード、ドットカード、オハジキのどれか1種類が提示され、「2と1」「3と2」「2と5」「3と4」「3と6」の順で5課題実施した。ただし、本研究では、探索的に指の利用をみるのが目的であったので、参加者によって2種類提示したりして課題を適宜変化させた。以上の課題における子どもの反応は、分析のためにビデオテープレコーダーにより録画された。

## 結果と考察

各課題ごとに身体の動きの有無とその内容を評定したところ、Table 1の下位カテゴリ欄に示したような動きがみられた。さらに、下位カテゴリを6つのカテゴリにまとめ、それをTable 1のカテゴリ欄に示した。以下では、計算をしているとき（計算時）の参加者の身体の動きと、参加者自身が自分の行った計算について説明をしているとき（説明時）の身体の動きに分けて結果を報告し、考察を加える。

**計算時の分析** 各課題で計算時における身体の動きの有無を調べ、その頻度を提示条件別に集計し、さらに動きの有無別に正答数と正答率を求め、Table 2に示した。全体の正答率は63%で、課題の難易度別にみると、「2+1」課題が86%ともっとも高く、課題が難しくなるにつれて正答率は低くなり、「3+6」課題では44%であった。提示条件別では、数字カードを提示した場合の正答率が、全課題合計で38%と、他の提示条件の時と比べ低い傾向がみられた。

次に身体の動きの有無と正答率との関係について分析した。全課題数（99）に対して身体の動きがあった割合は67%であり、一桁の足し算をするときに何らかの身体の動きを示す年長児が半数以上いたことが明らかになった。またこのような身体の動きを伴う課題の正答率は71%であり、動きがない場合の正答率45%に比べて高かった。

栗山（2002）の実験では、22名の幼児（平均年齢5歳9ヶ月）の一桁の足し算課題（25題）の正答率は84%であり、本研究における全体の正答率63%に比べて高かった。しかしながら、本研究においても、身体の動きを伴う課題の正答率は71%であったので、栗山（2002）のように、指の利用を積極的に促せば、正答率がさらに高くなっていった可能性が高い。今後この点を、指の利用に関する教示の有無を条件として設定し、実証していく必要がある。

課題の難易度別に身体の動きをみると、「2+1」課題では、身体の動きは33%と他の課題に比べ低く、正答率は身体の動きの有無にかかわらず86%と高かった。このような身体の動きが少なく、かつ正答率が高い傾向は「2+1」課題だけでみられ、その他の課題では計算時に身体の動きがみられる場合が多く、かつ、身体の動きがある方が正答率も高い傾向がみられた。おそらく日常生活の中で「2+1」を表すような行動が多くあるため、年長児では数的事実として理解しているのかもしれない。

提示条件別では、数字カードを提示した場合、身体の動きの有無はほぼ同じくらいであったが、ドットカードなど他の提示条件の場合は、計算をするときに身体の動きを伴うことが比較的多かった。また、数字カードを提示した場合は他の提示条件に比べ正答率が低く、その傾向は身体的な動きがない場合に顕著に現れていた（全課題合計で、身体の動きがある場合50%、

Table 1 計算時と説明時における各カテゴリの典型例

カテゴリ	下位カテゴリ	カテゴリの説明	典型例
counting fingers	指による“数”の表示とカウンティング	指によって表した数字を、カウンティングする動き。	数字カード 3+4の課題【説明時】 S <右で3本、左手で4本指をたてて目で数える> 7やった E どうして7ってわかったん S 数えた
fingers	指による“数”の表示	人差し指と中指をたてて“2”を表示するなど、指によって数字を示す。	数字カード 2+1の課題【計算時】 E あわせていくつになりますか？ S 2<右手の人差し指と中指をたてる> 数字カード 3+2の課題【説明時】 S <右手の人差し指、中指をたて、左手で人差し指、中指、薬指をたて> 4
カウンティング	指で数える	指を折って数えたりドットを声をだしながら数えていく動き（有声、無声の場合を含む）。	数字カード 2+5の課題【計算時】 S <指を折って数える> 7
	数える（有声）	声にだして提示物を数える。	ドットカード 2+1の課題【説明時】 S これ、1個、2個、3個 <カウンティング>
	数える（無声）	声にはでていないが、唇が提示物を数えているような動きをする。	ドットカード 3+6の課題【計算時】 S 9 <首を動かして数えるときに唇がかすかに動く>
目や首の動き	目で数える	首を上下に動かすなどの大きな動きはないが、目で提示物を追うときに、小刻みな動きを伴う。「首を動かす」場合よりも動きは小さい。	ドットカード 3+6の課題【説明時】 S 数えた E どうやって数えたん？ S <目でドットを追いながらカウンティング>
	目で追う	目で提示物を追うときに小刻みな動きが少なく左右に目を動かす。カウンティングはみられなく、比較的滑らかに目を左右に動かす。	ドットカード 3+4の課題【計算時】 S 7 <左から右に、目でドットを追う>
	頭や首で数える	首を上下に動かしながら数を数える動き。大きく首を振らない場合でも、目で数えているような動きもこのカテゴリに含まれる。	ドットカード 2+5の課題【計算時】 E あわせたらいくつになる？ S <首を小さく動かしながらドットを数える> 7個
	頭や首で追う	提示物を追うときに左右に頭や首が動く。目で追う場合に比べ、比較的是っきりと動く。	数字+おはじき 3+6の課題【計算時】 S めっちゃ多いからわからん E どうやったらわかると思う？ S 9 <おはじきを数えるときに、首を左右に動かす>
その他 (関連あり)	指さす	ドットなどをひとかたまりとして捉えるような動きをする。また提示物を指さすだけの動き。	ドットカード 2+5の課題【説明時】 E どうして7になったんかな？ S こんなにいっぱいが点々になっているから <宙でドットをぐるっと指しながら>
	手で合わせる	左右の手で具体物を囲う（包む）ような動き。	おはじき 2+1の課題【計算時】 S 3個 <おはじき2個と1個を合わせるような動き>
	具体物による“足す”の表示	具体物が提示されたとき、その具体物を動かすことによって“足す”ことを示そうとする動き。	数字+おはじき 2+1の課題【計算時】 E あわせたらいくつになる？ S <おはじき2個の方におはじき1個を寄せて> 3個 数字+おはじき 2+1の課題【説明時】 S だって、1、2、3 <最初、1個のおはじきを2個のおはじきの方に動かし、その後1個ずつおはじきを積み上げていく>
	提示物を凝視	首や目の明確な動きが見られず、提示物を凝視する。	おはじき 3+4の課題【計算時】 S <じっとみる> 7個
	宙を凝視	宙の一点を凝視する。	ドットカード 2+1の課題【計算時】 S <宙をじっとみる> 3
その他 (関連なし)	その他	提示されたカードを左右いれかえたり、足し算とは直接関係のない動きをする。	数字カード 2+1の課題【計算時】 E この数字とこの数字たしたらいくつになりますか？ S <数字のカードを左右いれかえる> 数字カード 2+5の課題【説明時】 E どうして2つになったんかな？ S だってな、これな <数字カードを左右いれかえる>

注. Eは実験者、Sは参加者の発話を表している。また < > はそのときの動作を記述している。

Table 2 各課題における提示条件別、身体の動きの有無の頻度ならびに有無別の正答率 (%) (計算時)

課題	2+1			3+2			2+5			3+4			3+6			全課題合計			
	有	無	合計	有	無	合計	有	無	合計	有	無	合計	有	無	合計	有	無	合計	
数 字	課題数	2	4	6	1	1	2	3	3	6	1	2	3	1	3	4	8	13	21
	正答数	1	3	4	1	0	1	1	1	2	1	0	1	0	0	0	4	4	8
	正答率	50	75	67	100	0	50	33	33	33	100	0	33	0	0	0	50	31	38
ドット	課題数	1	5	6	4	3	7	10	2	12	6	2	8	11	0	11	32	12	44
	正答数	1	5	6	4	1	5	7	1	8	4	0	4	7	0	7	23	7	30
	正答率	100	100	100	100	33	71	70	50	67	67	0	50	64	0	64	72	58	68
おはじき	課題数	2	3	5	1	0	1	4	1	5	2	0	2	5	0	5	14	4	18
	正答数	2	3	5	1	0	1	3	0	3	2	0	2	3	0	3	11	3	14
	正答率	100	100	100	100	0	100	75	0	60	100	0	100	60	0	60	79	75	78
数 字 十 ドット	課題数	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	3	2	2	4
	正答数	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	正答率	0	0	0	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
数 字 十 おはじき	課題数	2	2	4	2	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	2	10	2	12
	正答数	2	1	3	2	0	2	2	0	2	1	0	1	1	0	1	8	1	9
	正答率	100	50	75	100	0	100	100	0	100	50	0	50	50	0	50	80	50	75
全 条 件 合 計	課題数	7	14	21	9	4	13	19	6	25	11	4	15	20	5	25	66	33	99
	正答数	6	12	18	9	1	10	13	2	15	8	0	8	11	0	11	47	15	62
	正答率	86	86	86	100	25	77	68	33	60	73	0	53	55	0	44	71	45	63

Table 4 各課題における提示条件別、身体の動きの有無の頻度ならびに有無別の正答率 (%) (説明時)

課題	2+1			3+2			2+5			3+4			3+6			全課題合計			
	有	無	合計	有	無	合計	有	無	合計	有	無	合計	有	無	合計	有	無	合計	
数 字	課題数	2	3	5	2	0	2	2	1	3	1	1	2	0	2	2	7	7	14
	正答数	2	1	3	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	5	1	6
	正答率	100	33	60	50	0	50	50	0	33	100	0	50	0	0	0	71	14	43
ドット	課題数	4	2	6	3	3	6	5	4	9	3	3	6	3	6	9	18	18	36
	正答数	3	1	4	1	1	2	3	1	4	2	1	3	2	2	4	11	6	17
	正答率	75	50	67	33	33	33	60	25	44	67	33	50	67	33	44	61	33	47
おはじき	課題数	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	1	0	1	3	1	4
	正答数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1
	正答率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	50	0	0	0	33	0	25
数 字 十 ドット	課題数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
	正答数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	正答率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
数 字 十 おはじき	課題数	3	0	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	2	5
	正答数	3	0	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	2	5
	正答率	100	0	100	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
全 条 件 合 計	課題数	9	5	14	5	4	9	8	5	13	5	5	10	4	10	14	31	29	60
	正答数	8	2	10	2	2	4	4	1	5	4	1	5	2	3	5	20	9	29
	正答率	89	40	71	40	50	44	50	20	38	80	20	50	50	30	36	65	31	48

Table 3 計算時における提示条件別の各カテゴリの出現頻度と正答率

条件	課題数	数の表示とカウンティング	fingers		カウンティング		目や首の動き				その他 (関連あり)				その他 (関連なし)				合計		
			数の表示	指で数える	指で数える (有聲)	指で数える (無聲)	目で数える	目で追う	頭や首で数える	頭や首で追う	指さす	手で合わせる	手で具を動かす	提示物を凝視	宙を凝視	指・その他	手・その他	目・その他		足	鼻や胴などを動かす
数字	21	1	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	2	1	10	0	4	27
ドット	44	1	0	6	5	3	1	12	4	0	0	0	15	1	3	0	7	1	5	70	
おはじき	18	0	1	2	0	0	0	0	2	0	1	1	2	12	0	3	0	3	0	2	29
数字+	4	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	2	7	
ドット+	12	0	0	2	5	0	0	0	0	0	1	5	0	1	3	0	0	1	0	18	
合計	99	3	5	10	10	3	1	13	7	1	12	1	36	1	8	1	22	1	13	151	
割合 (%)		3	5	10	10	3	1	13	7	1	12	1	36	1	8	1	22	1	13		
正答数	62	1	1	10	8	3	1	9	6	1	9	1	3	20	1	6	1	10	0	1	101
正答率	63	33	20	100	80	100	100	69	86	100	75	100	100	56	100	75	100	45	0	8	67

注. 割合 (%) は課題数 (99) を分母にした。また正答率 (%) は、各カテゴリに該当する身体の動きが見られた場合の正答数を分子に、各カテゴリの合計を分母にして算出した。

Table 5 説明時における提示条件別の各カテゴリの出現頻度と正答率

条件	課題数	数の表示とカウンティング	fingers		カウンティング		目や首の動き				その他 (関連あり)				その他 (関連なし)				合計		
			数の表示	指で数える	指で数える (有聲)	指で数える (無聲)	目で数える	目で追う	頭や首で数える	頭や首で追う	指さす	手で合わせる	手で具を動かす	提示物を凝視	宙を凝視	指・その他	手・その他	目・その他		足	鼻や胴などを動かす
数字	14	2	3	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0	4	0	1	2	4	0	1	22
ドット	36	1	4	2	4	0	0	3	0	0	9	0	0	14	2	2	1	7	0	6	55
おはじき	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	5
数字+	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
ドット+	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	1	7
合計	60	3	8	3	5	0	0	3	0	0	12	2	6	18	2	4	3	12	0	9	90
割合 (%)		5	13	5	8	0	0	5	0	0	20	3	10	30	3	7	5	20	0	15	
正答数	29	2	4	3	5	0	0	3	0	0	5	2	5	8	2	0	1	4	0	4	48
正答率	48	67	50	100	100	100	100	42	100	83	44	100	83	44	100	0	33	33	44	44	53

注. 割合 (%) は課題数 (60) を分母にした。また正答率 (%) は、各カテゴリに該当する身体の動きが見られた場合の正答数を分子に、各カテゴリの合計を分母にして算出した。

ない場合31%)。

以上のように、身体の動きの有無に関して、「2+1」課題において他の課題と多少違う傾向がみられたが、全体としては提示条件による違いが顕著であった。そこで、提示条件の違いを詳しく分析するために、課題をこみにした具体的な身体の動きの出現頻度と正答率を、Table 1 に示したカテゴリに基づき算出し、その結果をTable 3 に示した。なお、身体の動きの出現頻度は、1つの課題において、いずれかのカテゴリに該当する身体の動きがみられた場合には、多重に数えた。例えば、ドットを声を出しながら指で数えた場合は、「指で数える」と「数える(有声)」の両方にカウントした。

提示条件をこみにした場合、計算に関連すると考えられた身体の動きのうち、最も出現頻度が多かったのは、「提示物を凝視」する動きで全課題の36%においてみられた。その次は、「目で追う」が13%、「指さす」が12%で、「指で数える」と「数える(有声)」がそれぞれ10%であり、数を指で表示する動作は、「counting fingers」が3%、「fingers」が5%と、予想されたよりも少なかった。

本研究の「counting fingers」, 「fingers」の割合は、口頭で課題を提示したSiegler & Robinson (1982) の結果(「counting fingers」が15%、「fingers」が13%)よりも低く、課題の難易度の違いがあるので一概には言えないが、課題をカードや具体物で提示すると、指の動きが少なくなることが示唆された。その一方で、本研究においては、先行研究ではあまり議論されていなかった、数の表示やカウンティング以外の「目や首の動き」や「その他(関連あり)」に分類された身体の動きが多くを占め、「その他(関連あり)」では「提示物を凝視」することが特に多いことが明らかになった。今後、これらの身体の動きが計算過程や計算の学習においてどのような役割を果たしているのかを詳細に検討していく必要があるだろう。

次に、提示条件間の比較を行ったところ、数字条件では「数の表示」は出現するが「カウンティング」や「目で数える」、「目で追う」は出現せず、ドット条件では、反対に、「数の表示」は出現せず、代わりに「カウンティング」や「目や首の動き」が出現することがわかった。また、ドットカード条件とおはじき条件とでも各カテゴリの出現頻度が異なり、ドットカード

条件で出現した「目で数える」と「目で追う」、「カウンティング」のうちの「数える(有声, 無声)」は、おはじき条件では出現せず、代わりに「手で具体物を動かす」などが出現した。

これらの結果は、数字カードで提示した場合には、数の表示という形で指を利用できる反面、数えるという動作が行いにくく、ドットカードで提示した場合には、分離されているドットを数えやすいこと、さらに同じ分離されたものでも、操作が可能な具体物である、おはじきになると、実際に手で動かしながら答えを出す、というように、同じ足し算という課題でも、提示されるものの性質に応じた身体の動きが用いられることを示している。

最後に、身体の動きのカテゴリ別の正答率を検討したところ、「指で数える」が全課題正答のように全体的に「カウンティング」は高く、出現頻度は少ないものの、「目で数える」、「頭や首で追う」、「手で合わせる」、「手で具体物を動かす」、「宙を凝視」も全課題正答であった。それに対して、「数の表示とカウンティング」と「数の表示」は正答率が低く、他のカテゴリは、その中間であることがわかった。

先に述べたように、全体では身体の動きを伴う方が正答率が高くなるが、「数の表示」の場合は、指を利用しても正答率が低い。この原因は、「数の表示」は提示条件が数字の場合に多く出現することと関連していると考えられる。つまり、足し算に習熟していない幼児の場合、ドット条件では数えるところから始めることができるが、数字条件では一旦、数を指で表示してから数える必要があるため、他の場合に比べて負荷が大きくなり正答率が下がった可能性がある。もしそうであれば、指を全てカウンティングしなくなれば、もう少し指を効率的に利用できるようになり、「数の表示」が出現した場合の正答率が高くなるのではないだろうか。いずれにせよ、今後は計算を習得する過程に伴う身体の動きを提示条件ごとに細かく検討していく必要があるだろう。

**説明時の分析** 計算時と同様に各課題で説明時における身体の動きの有無を調べ、その頻度を提示条件別に集計し、さらに動きの有無別に正答数と正答率を求め、Table 4 に示した。なお、この場合の正答は、「どうして○(計算時に答えた数字)になるってわかったの?」と実験者が尋ねた時に、正しい説明ができたか否かではなく、説明をしている時の計算の答えが合

っているか否かを基準にした。

全条件を込みにした場合の説明時の正答率は48%であり、計算時の63%に比べて低かった。このことは、計算に比べてその説明が困難であることを示唆している。課題の難易度別では、「2+1」課題の正答率が71%と比較的高かったが、残りの課題に関しては、計算時のように、課題の難易度に伴って正答率が低くなる傾向はみられず、提示条件においても数字カードとドットの正答率に大きな違いはみられなかった。

全課題数(60)に対してなんらかの身体の動きがあった割合は52%であり、計算時の67%に比べて動きは少なかったが、身体の動きがある場合の正答率(65%)が、ない場合の正答率(31%)に比べ高いという傾向は、計算時と同様であった。課題の難易度別により身体の動きの割合を比較した結果、「2+1」課題では64%と計算時の33%よりも高く、逆に「3+6」課題では29%と計算時の80%よりも低かった。また、計算時と同様、身体の動きがある場合の方が正答率が高く、特に、「2+1」課題で顕著であった(ある場合89%、ない場合40%)。さらに、提示条件による身体の動きの有無の割合の違いを分析したところ、計算時とは異なり数字カードとドットカードにおける身体の動きの有無の違いはあまりみられなかった。

最後に、計算時と同様に、課題をこみにした提示条件別の身体の動きの出現頻度と正答率を求め、Table 5に示した。提示条件をこみにした場合、計算の説明に関連すると考えられた身体の動きのうち、最も出現頻度が多かったのは、計算時と同じく「提示物を凝視」する動きで全課題の30%においてみられた。その次は、「指さす」が20%、「数の表示」が13%であった。計算時と比較すると、説明時の方が「数の表示」と「指さす」が多くみられ、ドット条件の場合にそれが顕著であった。その反面、説明時では、「目で追う」は若干出現したものの、「頭や首で数える」など他の「目や首の動き」は出現しなかった。

身体の動きのカテゴリ別の正答率を検討したところ、「カウンティング」が全課題正答で、出現頻度は少ないものの、「目で追う」、「手で合わせる」、「宙を凝視」も全課題正答であった。そして、「数の表示とカウンティング」と「数の表示」の正答率は中程度で、他のカテゴリの正答率は低かった。この結果を計算時と比較すると、「数の表示とカウンティング」と「数の

表示」の正答率が上昇していることがわかる。

以上の結果から、計算という同じ活動であっても、それを自分で実行するときと、他者に説明するときとで、また、課題の提示条件によっても、身体の動きが異なることが明らかになった。具体的には、説明時の方が「数の表示」と「指さす」が多くなり、「目や首の動き」が少なくなった。このことは、子どもがレポートリーとして「数の表示」や「指さす」という身体の動きをもっている、それらは文脈を超えて利用されるのではなく、個々の課題や状況に応じて利用されることを示唆している。具体的な例としてあげれば、他者に計算を説明するために指を利用しても、自分の認知的道具として指を利用しない子どもがいる、ということである。

また、全条件を込みにした場合の説明時の正答率は計算時に比べて低かったが、個別にみると、計算時には答えが間違っている、説明時に指を利用することによって、正しい答えを導いた参加者もいた。例えば、ある子どもは、「3+4」の数字カード提示条件で「6」と答えるが、「どうしてそうなったか説明して」という問いに対し、左手で3本、右手で4本の指をたて、それを目で数えていく。そうして「7やった」と正答を導き、「数えたからできた」という発話をしていた。このような事例は、幼児や小学校の低学年の子どもにおいても、他者への説明が計算時には自発的に利用しなかった指の利用を促すことを示唆しており、教育方法の一つとして今後検討する価値があると思われる。

**今後の課題** 小学校の低学年では、足し算や引き算をする時に指を使う子どもが多い。杉村・山名(2003)は、女子大学生に「(小さい頃)指を使って計算することを、自分でどのように思っていましたか」という質問を行った。そして、自由記述の結果から、「すぐに答えが出るし確実だから自分では良かった」、「指ってすごいって思っていました」というように、指の利用を肯定的に思っていた学生がいる一方で、「少し恥ずかしかったので、わからないように使っていた」、「親とか先生とかに、あまりいいことではないと言われていたから、使うときにはドキドキしていた」というように、指の利用に羞恥心や罪悪感が伴い、否定的に思っていた学生も多いことを明らかにした。子どもと同様に、大人においても利用することに関して肯定・否定とも様々な意見があるが、その多くは



個人の経験や考えに基づいているようであり、科学的な根拠に乏しい。

それに対してSiegler (1986) は、連合分布モデルに基づき、子どもに指を使うことを禁ずることは、逆説的に、子どもが指を使う必要のある時期を長引かせるのではないかと指摘している。さらに、藤村 (2002) も、子どもが手の指を使って数えるのは、記憶検索による解答に確信がもてない場合であり、代替方略として指の使用を認めて正答を導き、答えに対する確信度を高めることが、結果として検索方略の利用を高めることになる、と述べている。また、指を使うことを禁止したとしても、Sieglerらがインタビューした教師達は、子どもが机の下や背中の後ろなどで隠れて目に見える方略を使い続けることを認めている。

このように、小学校の初期では指の利用の是非が論じられてきた。そして、最初に問題と目的で述べたように、幼児を対象にした足し算の研究においても、多くの研究が指の利用に焦点を当ててきた。しかしながら、参加者に指を使うことを教示しなかった本研究では、計算時において指を利用する子どもの割合は従来の結果に比べて少なく、解答できない場合に自発的に指を利用する子どもも少なかった。この結果は、指の利用の発達的变化やその説明を見直す必要があることを示唆している。

従来の研究において指の利用やその禁止を問題にする場合、足し算の習得時には指などの外的な方略を利用することを暗黙の前提にし、外的な方略を利用しなくなっていく変化にのみ着目していたのではないだろうか。たとえ外的方略の単調な減少という単純な見方をしていなかったとしても、発達につれて外的方略が減少する点だけを研究していたことは確かであろう。そこで、幼稚園の年長児が足し算をする時に、あまり自発的に指を利用しなかったという結果を考慮すると、今後の研究においては、指がどのように利用され始めるのかにも着目し、指の利用の増加と減少を合わせて解明していく必要があるだろう。

指の利用の説明に関しても、これまでの枠組みを拡張していくことが望まれる。従来の研究の多くは、その理論的枠組みが情報处理的なものであったために、指を認知的負荷を減らす手段として解釈する傾向が強かった。しかし、構成論の立場から考えると、指は認識の起源と見なすことができ、なんらかの抽象の過程が指の

動きに反映されている可能性がある。また、状況論や社会文化的な観点から考えると、計算は指という道具に媒介された活動と見なすことができ、さらに、指の利用は個人の発明ではなく社会的な産物であるという可能性が出てくる。このように、情報処理アプローチの枠組みに縛られない見方をすることにより、従来の研究では見過ごしていた指の働きが発見されたり、指の利用に関する異なった見方が出てくるのではないだろうか。

そうした観点から先行研究を眺めると、自由遊びにおける足し算の観察例では、他者に足し算の結果を説明するために指を利用しており (天岩, 1997, 2004)、本研究においても、他者に向けて指で数を表示することができても、計算時に自分に向けて利用しない子どもがいたので、活動や文脈に依存していた指の利用が、どこかの時点で計算という課題においても利用されるようになる可能性が考えられる。また、親や教師に指の使い方を教えられて、指を使うようになったと回想している大学生が存在し (杉村・山名, 2003)、保育活動においても、指の利用の有無は明確ではないが、出欠の確認の際に教師が、男の子と女の子の休んだ数を合わせるといような形で、足し算を促していることから (榊原, 2002)、教育や模倣によって指を利用するようになる子どもも存在するであろう。

さらに、指の利用の増加や減少に関しては、認知的な面だけでなく感情的な面も関与していると考えられる。例えば杉村・山名 (2003) の研究では、次のような回想が報告されている。「親に指を使って計算するのは小さい子がすることなので、大きくなったら恥ずかしいことだと言われた」、「そんなやり方で答えを出しても意味がない、と先生に言われていた」、「まだ使ってるのと友達に言われた」。したがって、指を利用しなくなっていく過程に関しては、記憶から引き出した答えに対する自信の程度 (Siegler, 1986) といった認知的な説明に加えて、指を利用していることにより、親や教師、友達などから何か言われ、恥ずかしい思いをするといった感情的な面も考慮していく必要があるだろう。

これまでは指の利用に限定して議論してきたが、本研究では、計算時と説明時に、指以外にも様々な身体の動きが観察された。そこで今後は、計算を行うシステムを想定する場合、それ

を頭の中に閉じこめたり、頭と指だけに限定するのではなく、様々な身体の動きを含めていく必要がある。さらに、一見、同じような身体の動きでも、就学前と後で利用の仕方に変化があるかどうか、指の利用と他の身体的な動きとに何らかの関連があるかどうか等も検討していく必要があるだろう。

また、本研究では、提示条件により計算時の身体の動きが異なることが明らかにされた。このことは、おはじき、ドット、数字という提示条件ごとに用いられる計算システムが異なることを示唆している。もしそうであれば、おはじきを使って足し算を学んでも、そのやり方を数字の場合にそのまま利用することができないことになる。生活において学んだ足し算を学校での算数の学習に関連づけるには、いかにいえば、インフォーマルな算数をフォーマルな算数をつなげるには、今後、提示条件の違いを組織的に検討し、各提示条件において働く計算システムを特定するとともに、身体的な動きが少なくなっていく過程や、それとともに生じていると考えられる概念的な発達の変化を明らかにしていく必要があるだろう。

## 引用文献

- 天岩静子 1997 自由遊びの中で幼児が用いる数表現 信州大学教育学部紀要 92, 77-85.
- 天岩静子 2004 入学前の計算力 無藤 隆・岡本祐子・大坪治彦(編) よくわかる発達心理学 ミネルヴァ書房, 82-83.
- Baroody, A. J 1993 Fostering the mathematical learning of young children. In B. Spodel (Ed). *Handbook of research on the education of young children*. NY: Macmillan, 151-175.
- ブルーアー, J. T. 松田文子・森敏昭(監訳) 1997 授業が変わるー認知心理学と教育実践が手を結ぶときー 北大路書房 (Bauer, J. T 1993 *School for thought: A science of learning in the classroom*. MIT Press.)
- 藤村宣之 2002 学力の基礎の発達と学習障害 柏木恵子・藤永保(監) 認知発達とその支援 ミネルヴァ書房, 211-229.
- Fuson, K. C. 1992 Research on learning and teaching addition and subtraction of whole numbers. In G. Leinhardt, R. Patnam, & R. A. Hattrop (Eds.) *Analysis of arithmetic for mathematics teaching*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 53-187.
- 平井安久 1992 子どものたし算における COMPOSITEレベルの変容について 筑波数学教育研究 第11号, 105-114.
- 平井安久 1993 子どものたし算ストラテジーについてー指を用いたストラテジーと COMPOSITEレベルー 岡山大学教育学部研究集録 93, 1-8.
- 陰山英男 2001 学力の基礎は読み書き計算にあるー徹底反復・山口小学校の授業実践ー 小学館
- 陰山英男 2002 徹底反復「百ます計算」 小学館
- 栗山和広 2002 幼児・児童における数表象の構造 北大路書房
- 丸山良平・無藤 隆 1997 幼児のインフォーマル算数について 発達心理学研究 8, 98-110.
- 榎原知美 2002 保育活動における幼児の数量学習ー幼稚園教師からの支援を通じてー 保育学研究 40 (2), 39-48.
- シーグラール, R. S. 1992 学校で勉強する技能の発達 無藤隆・日笠摩子(訳) 子どもの思考 誠信書房, 348-399. (Siegler, R. S. 1986 *Children's Thinking*. Englewood cliffs, NJ: Prentice-Hall.)
- Siegler, R.S., & Robinson, M. 1982 The development of numerical understandings. In H. W. Reese & L. P. Lipsitt (Eds.), *Advances in child development and behavior* (Vol. 16). New York: Academic Press.
- Siegler, R. S., & Shrager, J. 1984 Strategy choice in addition and subtraction: How do children know what to do? In C. Sophian (Ed.), *Origins of cognitive skills*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 229-293.
- 杉村伸一郎・山名裕子 2003 計算時における指の利用とそれに対する指導ー教職志望の女子大学生による回想と指導に関する信念ー 神戸女子大学文学部紀要 36, 63-75.