

## 幼児における足し算時の指の利用方略 —短期記憶、手指の巧緻性、足し算成績との関係—

浅川 淳司<sup>1</sup>・杉村伸一郎<sup>2</sup>

### The strategy of finger use in children's addition —Relationship with short-term memory, finger dexterity, and addition skills—

Atsushi Asakawa<sup>1</sup>, Shinichiro Sugimura<sup>2</sup>

Previous research has shown that the children's use of the fingers in addition changes with age. In this study, a part of data on the strategy of finger use by Asakawa and Sugimura (2009) was reanalyzed to clarify the relationship between, short-term memory, finger dexterity and addition skills. A two-way ANOVA showed a significant interaction between memory span and finger use. Examination of simple main effect indicated that significant effect of memory span at the group of the children who did not use fingers and significant effect of finger use at the group of the children whose memory span were small. However, there was no significant interaction between finger dexterity and finger use. Results suggest that finger use can compensate for small memory span.

**Key Words** : mathematical ability, cognitive development, preschool age children.

#### 問題と目的

幼児が数を表したり、数えたりする際に指を使っていることはよく知られているし、発達心理学においてもこれまで計算と指の利用に関する研究は多数行われている。例えば、Fuson (1988) は、子どもが指を用いて計算を行う際の方略とその発達過程について、以下のような4つの段階を想定している。

最初の段階では、それぞれの集合の各要素を最初に指で示し、その後指を見ながら1から全て数える。第2段階では、各要素を指で最初に示し、2つの数のうち大きい数を選び、それから小さい数を加えていく。第3段階では、第2段階のように加数、被加数を示すことなく、被加数に加数の数だけ1ずつ指で数え足して答えを出す。第4段階では指の使用がなくなり、数の合成・分解を用いた足し算が可能になる。

Siegler & Robinson (1982) は、30名の就学前児を対象に足し算の方略を分析した。その結果、

計算方略には「指をカウンティングする」、「指は立てるがカウンティングしない」、「具体物を用いず、声を出してカウンティング」、「検索(視覚、聴覚的な方略を用いない)」の4つの段階がある事を明らかにしている。

また、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。ひとつずつ指を動かして数えていく方略 (Over counting type : Oタイプ)、目で指を見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)、指をひとつずつ数えることなく一度に指を広げて数えていく方略 (Direct counting type : Dタイプ)、外的行為によらず内的に数える方略 (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。

以上のように先行研究では、指を用いる段階から、計算能力の発達に伴って、計算に指を用

1 広島大学大学院教育学研究科博士課程前期  
2 広島大学大学院教育学研究科附属幼年教育研究施設

いなくなったり、用いられる方略がより高度で効率的になると考えられている。しかし、子どもたちがはじめから計算する際に指を用いていたとは考えにくい。計算能力が低い子どもはそもそも指をどのように使ってよいかかわらず、指をほとんど利用できないと思われる。つまり、指の利用の発達には、指を使わない時期から始まり、そこから徐々に使えるようになり、同時に方略も高度になり、その後、再び利用されなくなっていくと考えられる。したがって、指の利用頻度も含めて計算能力と指の利用方略との関係について検討する必要がある。

さらに、これまでの計算時の指の利用に関する先行研究 (Fuson, 1988; Siegler & Robinson, 1982) では、指の利用は記憶の負担低減の道具として捉えられてきた。しかしながら、実際に記憶容量と指の利用の関係を検討した研究は見当たらない。指が計算時の記憶の負担を軽減するために用いられる外的な道具であるならば、記憶容量の小さい子どもほど指を用いるが、記憶容量の大きい子どもはあまり指を用いないと考えられる。その際、記憶容量が小さいにもかかわらず、指を用いない子どもは、小さくて利用する子どもよりも、足し算の成績が低いと考えられる。また、もし指が計算を助ける道具であるならば、指を計算の過程で用いる場合は、指が器用に動くほど、速く正確に計算を行うことができるため、足し算の成績がよくなると思われるが、手指の巧緻性と指の利用との関係を検討した研究も見当たらない。

手指の巧緻性に関しては、浅川・杉村 (2009) が幼稚園の年長児48名を対象に、計算能力との関係を検討している。その結果、手指の巧緻性と計算能力の間には有意な相関がみられ、この関係は、動作性の発達得点ならびに短期記憶容量の得点を統制しても、変わることがなかったことから、就学前の子どもの計算能力には、従来の知見から予想される以上に、手指の巧緻性が関係していることが示唆された。しかし、浅川・杉村 (2009) では、計算時にどのように指が利用されているかまでは検討されていない。そこで、本研究では、足し算と短期記憶、手指の巧緻性が計算時の指の利用方略とどのように関係しているかを検討するために、浅川・杉村 (2009) のデータの一部を再分析する。

## 方法

浅川・杉村 (2009) で用いた6課題の内、以

下の3課題を本研究の分析の対象とした。分析対象者は広島市内の公立幼稚園に通う年長児48名 (男子26名、女子22名、平均年齢6歳2ヶ月、年齢範囲5歳8ヶ月-6歳8ヶ月) であった。

**足し算課題** 合計が5以下、6~10、11~13になる足し算をそれぞれ4問ずつ、計12問行った。最初に練習問題として「1+1」を行い、以下「2+1」「3+2」「2+2」「1+3」「2+5」「3+7」「6+2」「1+8」「4+9」「7+6」「8+3」「10+2」の順に、計12問行なった。文章題は全て口頭で「もし、飴がヒトツあって、もうヒトツもらうと、あめはみんなでいくつになると思う？」というように答えを尋ねた。下線部は問題によって変化し、「みんなでいくつ」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」というように教示を変更した。

またヒトツ、フタツなどが理解できていないと感じた場合はイッコやニコといった様に教示を変更した。3問続けて「わからない、できない」と答えた場合はそれ以降は中止した。

**手指の巧緻性** 手指の巧緻性は酒井医療株式会社製のベグボード (SOT-2103) を使い測定した。使用するベグボードは縦に4個の穴が5列で計20個あけられた板にピンを立てるもので、左右の手指ごとに30秒間に何本ピンを立てることができたかで評価した。

**数唱** 短期記憶容量を測定するためにWISC-R課題 (児玉・品川・茂木, 1978) の順唱と逆唱を、手引きに示されている通りに行なった。

以上3つの課題は参加者の身体反応が見やすいように、透明のアクリル板で作成したテーブル上で実施し、子どもの反応は分析のためにビデオカメラにより前方より録画した。以上の課題の実施と録画に関しては事前に園長に説明を行い許可を得た。

## 結果と考察

**各課題の得点と指の利用頻度** 足し算と数唱の課題は1問正答するごとに1点を与え、手指の巧緻性は立てられたピンの本数を得点とした。また、指の利用頻度に関しては、1つの計算問題で一度でも指を使用すれば、1回とカウントした。以上のように得点化を行い算出した各課題の平均得点と標準偏差をTable 1の全体の列に示す。足し算課題の全体の正答率は64%で、問題別に見ると、「2+1」が94%と最も

高く、問題が進むにつれ正答率も下がり、「4 + 9」では30%と最も低かった。答えが10以上になる問題ではすべて正答率が50%を下回った。数唱全体の得点を年齢に換算すると約6歳となり、参加者の平均年齢とはほぼ一致する値であった。

指の利用の有無別でみると、指を計算時に一度でも用いた子どもは29名で、全く用いなかった子どもは19名であり、有無別の各課題の平均得点と標準偏差はTable 1 のようであった。有無別で各課題の得点に差があるかを検討するためにt検定を行った結果、足し算については有群の方が無群の方よりも有意に高い得点を示した ( $t(28.28)=2.23, p<.05$ )。巧緻性については、有群と無群の得点差は有意傾向であった ( $t(46)=1.88, p<.10$ ) が、数唱については、順唱、逆唱、両者を合計した得点のいずれも有群と無群の得点差は有意ではなかった。この結果から、指を利用する方が計算成績が高くなるが、指を利用するからといって記憶容量が小さいわけではないことが示唆された。

続いて、指の利用頻度を答えが5以下になる問1-4、6-10になる問5-8、11以上になる問9-12、そして全体の問1-12の4つに分け、それぞれの問題の難易度による指の利用頻度と各課題得点との相関を算出し、その結果をTable 2 に示した。ちなみに、数唱に関しては、順唱と逆唱に分けても難易度別に相関を算出したが、いずれも値は低く有意ではなかった。結果より、難易度の高い問題では、指を利用している子どもの方が足し算の成績が高いことが示唆された。難易度の低い問題ではわざわざ指を利用しなくても問題が解けるが、繰り上がりのあるような問題では指を用いずに計算を行うことが難しいのではないかとと思われる。また、難易度の高い問題では指の利用方略も複雑になると考えられるので、より高い手指の巧緻性が求められてくると考えられる。

Table 1 全体の指の利用の有無別の各課題の平均得点と標準偏差

課題 (満点)	全体	指の利用	
		有群 (29名)	無群 (19名)
指の利用頻度 (12)	3.60 (4.09)	5.97 (3.61)	0 ( 0)
手指の巧緻性 (-)	21.58 (4.36)	22.50 (4.03)	20.02 (4.33)
順唱+逆唱 (28)	6.62 (2.09)	6.41 (1.54)	6.95 (2.65)
順唱 (14)	3.60 (1.53)	3.45 (1.16)	3.84 (1.90)
逆唱 (14)	3.02 (1.04)	2.97 (1.00)	3.11 (1.07)
足し算 (12)	7.58 (3.59)	8.55 (2.74)	6.11 (4.10)

数唱得点ならびに手指の巧緻性と指の利用による足し算成績の差 記憶容量の小さい子どもでも、指を用いることで記憶容量の小ささを補償し、指を用いない子どもよりも足し算の成績が高くなるという仮説を検討するために2要因の分散分析を行った。まず、指を足し算課題で一度でも使った子どもを利用有群に、一度も使用しなかった子どもを利用無群に、数唱の得点が6点以下の子どもを数唱低群、7点以上を数唱高群に分け、各群を組み合わせた4群の足し算得点の平均値と標準偏差を算出した (Table 3 を参照)。足し算得点について、2 (数唱：高群・低群) × 2 (利用の有無：有群・無群) の2要因分散分析を行った結果、交互作用が有意傾向であった ( $F(1,44)=2.93, p<.10$ )。単純主効果の検定を行った結果、利用無群における逆唱得点の単純主効果 ( $F(1, 44)=7.40, p<.05$ )、数唱低群における利用の有無の単純主効果 ( $F(1, 44)=9.48, p<.01$ ) が有意であった。

この結果から、計算時に指を利用していない場合には、記憶容量が大きい方が小さい方よりも足し算の成績がよいが、計算時に指を利用することにより、記憶容量が小さい場合でも、記憶容量が大きい子どもと同等程度の足し算の成績になることが示唆された。これらの結果は本研究の仮説を支持しており、計算時の指の利用は記憶容量の小ささを補償しているのではないかと考えられる。一方、記憶容量が大きい場合

Table 2 指の利用頻度と各課題得点との相関

課題	難易度別の指の利用頻度			全体
	問1-4 (低)	問5-8 (中)	問9-12 (高)	
手足の巧緻性	0.25 <sup>+</sup>	0.22	0.35*	0.29*
数唱	-0.02	-0.04	0.12	0.01
足し算	0.20	0.23	0.34*	0.27 <sup>+</sup>

<sup>+</sup>p<.10, \*p<.05

Table 3 数唱得点と指の利用による群別の足し算得点

数唱の種類	数唱得点 指の利用	高群		低群	
		有	無	有	無
順唱+逆唱	人数	15	11	14	8
	平均	8.93	7.82	8.14	3.75
	SD	( 2.07)	( 4.29)	( 3.42)	( 2.92)
順唱	人数	13	9	16	10
	平均	8.54	7.11	8.56	5.20
	SD	( 2.47)	( 4.43)	( 3.12)	( 4.02)
逆唱	人数	11	7	18	12
	平均	8.36	8.86	8.67	4.50
	SD	( 2.50)	( 3.02)	( 3.01)	( 4.06)

は指の利用の有無は足し算の成績に影響を及ぼしていなかったが、記憶容量が大きいにもかかわらず実際に指を用いている子どもが一定数存在し、仮説と一致しなかった。この点に関しては、記憶容量が大きくなった段階で指を用いて計算することにどのような意味があるか等を検討する必要がある。

次に、数唱課題は順唱と逆唱の2つの課題から構成されているので、より詳細に記憶容量と指の利用との関係を検討するために、数唱課題を順唱と逆唱に分け、上記と同様の分析を行った。順唱、逆唱ともに得点が3点以下の場合を低群、4点以上の場合を高群に分類した。足し算得点について、2(順唱：高群・低群)×2(利用の有無：有群・無群)の2要因分散分析を行ったところ、利用の有無の主効果が有意であり( $F(1, 44)=5.54, p<.05$ )、計算時に指を用いた方が計算成績がよいことが示唆された。続いて、2(逆唱：高群・低群)×2(指の利用：有群・無群)の2要因分散分析を行った結果、逆唱×指の利用の交互作用が有意であった( $F(1, 44)=5.67, p<.05$ )。単純主効果の検定を行った結果、利用無群における逆唱得点の単純主効果( $F(1, 44)=8.16, p<.01$ )、逆唱低群における利用の有無の単純主効果( $F(1, 44)=12.18, p<.01$ )が有意であった。この結果は順唱と逆唱とを合わせた数唱の分散分析の結果と同様であった。

以上のように順唱と逆唱の結果は異なるものであった。この違いは順唱と逆唱の課題の性質の違いに起因するものと考えられる。順唱の場合は、実験者から言われた数字を保持するだけであるが、逆唱の場合は、実験者から言われた数字を保持するだけでなく、同時に保持した数字を逆から言うために、その数字の順序を反対にする操作が必要となる。つまり、順唱の場合は保持だけが求められているが、逆唱の場合は保持と処理の両方が求められている。このことから、計算時に指を利用することは、単純に数字を保持するためだけではなく、計算における処理と言う本質的で動的な部分において機能すると考えられる。さらに言えば、計算に関する心的過程が指を媒介として表れているとも捉えられる。現時点では処理容量が少なく、心的に処理しきれないため計算場面で指を用いているが、発達が進むにつれ処理容量が大きくなれば、徐々に指の使用は減り、計算の操作が内化されると思われる。今回は、横断的なデータから以

上の様な仮説を立てたが、今後はこの仮説を基に、指を利用する子ども達がどのような計算の発達過程をたどるかを縦断的に検討しなければならない。

最後に、足し算における手指の巧緻性と指の利用の影響について検討した。もし指が計算を助ける道具であるならば、指を計算の過程で用いる場合は、指が器用に動くほど速く正確に計算を行うことができるため、足し算の成績がよくなると考えられる。手指の巧緻性が20点以下の子どもを巧緻性低群、21以上の子どもを巧緻性高群に分け、さらに各群で指の利用の有無について分けた。以上の4群における足し算得点の平均値と標準偏差は、巧緻性高・利用有群：9.67 (1.72)、巧緻性高・利用無群：8.56 (3.32)、巧緻性低・利用有群：6.73 (3.29)、巧緻性低・利用無群：3.90 (3.78)であった。さらに、足し算得点について、2(手指の巧緻性：高群・低群)×2(利用の有無：有群・無群)の2要因分散分析を行ったところ、交互作用は有意ではなかったが、手指の巧緻性と利用の有無の主効果が有意であった(順に $F(1, 44)=18.91, p<.01, F(1, 44)=5.09, p<.05$ )。

この結果は数唱の結果とは異なっており、巧緻性が低い場合は、指をうまく使いこなせない可能性があるため、指を計算時に積極的に利用しない、もしくは利用できない、あるいは利用したとしても計算成績は大きく向上しないと考えられる。また、巧緻性が高い場合では、指の利用の有無を問わず、巧緻性が低く指を利用しない子どもよりも足し算成績がよかったことから、指の利用を介さず巧緻性が足し算に影響を与えている可能性が考えられる。その1つとして、脳の中の計算を司る領域と指の運動を司る領域が近接していることがあげられる。近年の経頭蓋磁気刺激を用いた研究でも、計数や数表象の処理が手の運動に関する皮質神経回路を活性化させる事を示唆している(Andres, Seron, & Olivier, 2007; Sato, Cattaneo, Rizzolatti, & Gallese, 2007)。ただ、利用無群の中には過去には指を使っていた子どもも含まれていると考えられることから、さらに縦断的な検討が必要である。

計算能力と指の利用との関係 計算能力と指の利用との関係を検討するために、計算能力が低い子どもは指を用いて計算することが出来ず、逆に計算能力が高い子どもはすでに指を必要としない、という仮説に基づいて以下のような分析を行った。まず、「指の利用なし」「表示

のみ」「1回のみ使用」「指の使用が3回以下」の群に分け、次に、左側に各群の中で足し算課題の得点の低い子どもを、右側に足し算得点の比較的高い子どもを配置した (Figure 1)。

その結果、「指の利用なし」「表示のみ」「1回のみ使用」「指の使用が3回以下」の各群には、足し算得点の高い子どもと低い子どもが混在していたことが明らかになった。仮説どおり、指をあまり利用しない子どもの中にはまだ指を用いて計算ができない子どもとすでに指を必要としない子どもという質的に異なる集団が含まれており、一概に指を用いていないからといって計算ができるわけではないことが示唆された。また、指の利用頻度が1~3回であった人数を数えると、左側では3名であったのに対して、右側では8名と多かった。

以上の結果から、指の利用頻度は初期の時点で急激に増え、その後緩やかに減少していくと考えられる。ただ、「指の利用無し」「表示のみ」「1回のみ使用」の群には平均得点に近い7, 8, 9点の子どもも含まれており、これらの子どもは指をほとんど利用しない方法で数の性質を理解している可能性があるため、注意を払う必要があるだろう。

**計算時の指の利用方略** 最後に、計算能力と計算問題の難易度による方略の変化を検討した。計算成績がよいほど、より効率的な方略が使えるようになると考えられ、さらに、問題と記憶容量、手指の巧緻性にに応じて、特定の方略の利用可能性が高まると考えられる。以上のような仮説を基に、各参加者の指の利用方略について分析した。指の利用方略の分類に関しては、当初Fuson (1988) の4つの段階に基づき分類しようと試みたが、子どもたちが用いる方略は

4つの段階だけではおさまりきらなかった。

そこでFuson (1988) を基盤に、Siegler & Robinson (1982) と栗山 (2002) のカテゴリを統合して独自に作成したものを用いて分析を行った。作成したカテゴリをTable 4に示す。カテゴリは全部で7つである。1aと1bはFuson (1988) のCount-allに相当し、「1つずつ指を折って数える」と「目で指を見たり、立てた指を指で数える」である。2aと2bはFuson (1988) のCount-onに相当し、「被加数・加数とも一度に広げる」と「被加数のみ一度に指を広げ、加数は1つずつ数える」である。次のカテゴリは、Fuson (1988) では被加数を示すことなく、加数だけ指で示し、被加数に加数の数を1つずつ指で数え足して答えを出すとなっているが、逆に被加数だけを指で示して心的に加数を足す可能性もあるため、3aと3bは「Count-on (被加数のみ表示)」と「Count-on (加数のみ表示)」とした。ただし、3aと3bに関しては、カテゴリが細分化しすぎるため一度に指を立てる場合と順に指で数える場合を区別しなかった。計算時に指の利用が見られなかった場合は0とした。

また、中には、計算過程で指が足りなくなっただけで声だけでカウンティングする様子が見られたため、そのような方略がみられた場合はVoice (以下、V) とした。本研究では計算過程で用いられた指を利用回数としてカウントしているが、実験者に答えを提示するためだけに指を用いる子どももいた。このような指の用い方は直接計算に関わるわけではなく、他者へ自分の回答を伝達するために指が用いられていたため、指の利用としてカウントしなかったが、計算での指の用いられ方の1つとして捉えることも可

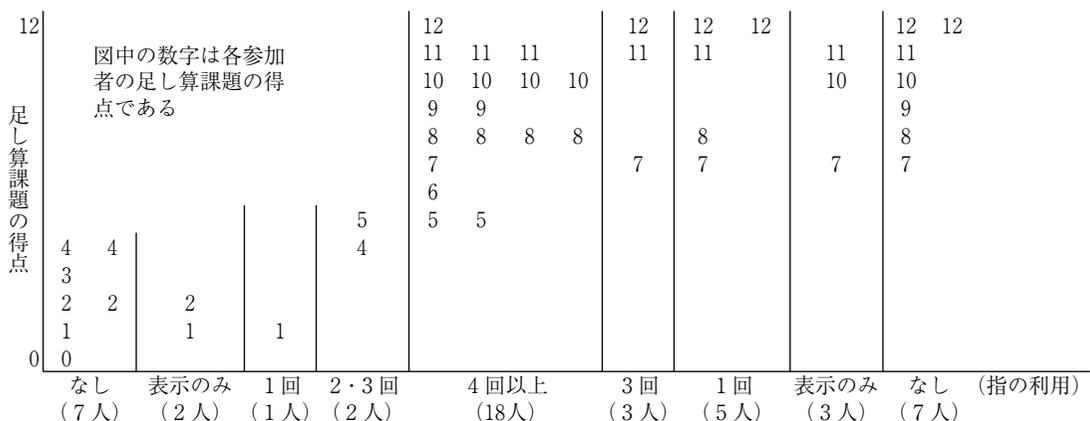


Figure 1 指の利用頻度と足し算課題の得点との関係

Table 4 計算時における指の利用方略のカテゴリ

カテゴリ	カテゴリの説明	例
1a	ひとつずつ指を折る	【7+6】まず、右手の親指から順に、人差し指、中指、薬指、小指、左手人差し指を折って数え、続けて左手の親指から小指までと、右手人差し指、中指を一本ずつ数えて、13と答える
1b	目で指を見たり、立てた指を指で数える	【2+5】右手の指を全部立て、左の人差し指、中指を立て、立てた指を一方の指で数えて、7と答える
2a	count-on (全て表示;被加数・加数とも一度に広げる)	【2+2】右人差し指、中指を一度に立て、そのまま続けて薬指と小指を一度に立てて、4と答える
2b	count-on (全て表示;被加数のみ一度に広げる)	【6+2】右手の全ての指と、左手の人差し指を一度に立て、そのまま続けて左手の中指と薬指を順に立てて、8と答える
3a	count-on (被加数のみ表示)	【3+7】左手の人差し指、中指、薬指を一度に立てて、10と答える
3b	count-on (加数のみ表示)	【7+6】7と言い、続いて右の人差し指、中指、薬指、小指、親指を順に立て、最後に親指を折り、13と答える
Display(D)	答えの表示	【2+2】右親指以外の指を実験者に一度に示し、4と答える
Voice(V)	指を用いず、声に出してカウンティング	【8+3】右の指全てと、左の中指、薬指、小指を立て、指で立てた指を数え、そのまま左の人差し指と中指を立てて、指で指を数え進み、指が足りなくなったので、空中を11と数え、11と答える
0	指の利用無し	指を使わずに問題の答えを答える

Table 5 各参加者の問題ごとの指の利用方略と各課題得点

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	利用数	巧緻性	数唱	足し算
1	0	0	1a	0	—	—	—	—	—	—	—	—	1	16	5	1
2	D	0	D	D	0	0	0	1a	1a	1a	—	—	3	15	8	4
3	0	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	—	—	—	—	7	15	5	5
4	D	D	2a+D	D	1b	1b	2b	0	0	0	—	—	4	18	3	5
5	D	D	D	1a	1b	0	0	0	0	0	0	—	2	18	4	5
6	2a	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1a+1b	1a+1b	1a	1a	—	11	20	6	6
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1b	0	0	—	1	18	6	7
8	0	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1a	1a	1a	—	10	26	7	7
9	0	1b	1b	0	0	3a	0	0	0	0	0	—	3	27	7	7
10	D	D	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	10	18	7	8
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3a	0	1	24	6	8
12	2a+D	3a+D	2a+D	2a+D	1b	2b	2b	3a	3a	3b	3b	—	11	24	7	8
13	D	3a	1b	1b	1a	0	1b	0	2a	0	0	0	6	26	7	8
14	D	1a	1a	0	1a	1a	2a	1a	1a	1a	1a	0	9	26	7	8
15	2a	2a	2a	2a	1b	2b	1b	1b	1a	3a	0	2a	11	25	4	9
16	2a	1a	2a	2a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a+V	0	11	27	8	9
17	0	1a	0	0	2b	2b	0	3a	1a	3b	0	0	6	20	6	10
18	2a	3a	3a	0	D	0	0	0	0	1a	0	0	4	24	9	10
19	0	0	0	0	0	2b	1b	3a	1b	1b	1b	1b	7	25	7	10
20	D	D	D	1a	1b	1b	1a	1a	1b	1b+V	1b+V	3a	9	27	9	10
21	1b	1b	1b	1a	1b	0	1b	1a	2b	1a	0	0	9	20	6	11
22	2a	2a	3a	2a	1b	0	1b	0	0	1b	0	1b+V	8	22	8	11
23	2a	3a	0	0	1b	2b	3a	0	2b	2b	3a	0	8	23	5	11
24	0	0	D	0	2a	0	0	0	0	0	0	0	1	23	8	11
25	0	0	0	2a	D	0	0	0	0	3a	3a	0	3	25	7	11
26	0	0	0	0	0	3a	D	0	0	0	0	0	1	19	5	12
27	0	0	0	0	D	2b	0	0	3a	1a	0	0	3	26	5	12
28	0	0	2a	3a	1a	2b	2a	1a	1a	1a	3a	3a	10	26	9	12
29	2a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	30	5	12

注. 利用方略のカテゴリはTable4参照

能であると考え、Display (以下、D) というカテゴリを設けた。

計算問題中に一度でも指を使った29名の子どもの問題ごとの指の利用方略をTable 5に示す。各子どもの指の利用方略には個人差がみられ、利用方略の推移に関して全体的な規則性を見いだすことは難しかった。例えば、たった一度しか課題中で指を用いなかった子ども(7, 11, 24, 26, 29)<sup>3</sup>や、同じ指の方略を一貫して用い続ける子ども(3・10)、特定の方略に偏るのではなく様々な方略を用いる子ども(12・17・23・28)、課題の難易度が上がるところでそれまで使っていた指の利用方略から別の方略に変える子ども(6・8・15・16・22)、難しい課題でだけ指を使う子ども(2・19)、逆に課題が難しくなると指を使わなくなる子ども(4・5・9・18)など様々なパターンがみられた。

そこで次に、被験児を足し算成績で高群、中群、低群に分け、それぞれの群での指の利用の変化について比較検討した。すると、足し算高群、中群、低群の間で、指の利用頻度(平均値と標準偏差は、順に3.68(3.76), 5.21(4.89), 1.87(3.25)であった)に関しては統計的に有意な差は見られなかったが( $F(2, 45)=2.58, n. s.$ ), 指の利用の仕方については異なる点が見られたので、各群の違いが明確になる様に、各群の子どもが用いた方略の利用頻度を集計した(Table 6)。そして、Table 5とTable 6の結果を合わせて、各群の特徴を検討したところ、以下の様な傾向が明らかとなった。

低群においては、用いられる方略が少なく、固定的であり、1a「ひとつずつ指を折って数える」と1b「目で指を見たり、立てた指を指で数える」が多用されていた。低群では、数をまとまりとして捉えられていないため、利用可能な方略の数が少なく、問題に応じて方略を変更することが難しいと考えられる。

中群では、答えが5以下の問題で、低群ではあまり見られなかった2a「加数・被加数とも一度に広げる」が多く見られた。しかし、その後問題が難しくなっていくにつれ用いられる頻度は減少した。難易度の高い問題に関しては、中群も低群と同様、1a「ひとつずつ指を折って数える」が最も多くみられた。問4までの問題は被加数・加数とも5以下の数しか出てこないため、どちらとも片手で表すことが可能であ

った。そのため、中群の子どもたちは小さい数はひとつずつ数えなくても認識できるようになっており、数をまとまりとしてとらえられる様になりつつあると考えられる。

高群では、中群に比べて、さらに全ての問題を通して2a「count-on(全て表示;被加数・加数とも一度に広げる)」、2b「count-on(全て表示;被加数のみ一度に広げる)」、3a「count-on(被加数のみ表示)」などの方略が用いられるようになっており、より大きな数までまとまりとして認識していると思われる。また、ひとつの方略に頼るのではなく、様々な方略が用いられており、単独で利用率が20%を超える方略はみられなかった。

次に、指を用いなかった19名の子どもについても、V「指を用いず、声に出してカウンティング」やD「答えの表示」が見られたので、Table 7に示した。本研究では指を用いずに答えを導いた場合は一括して0と表記したが、指を用いていない子どもがみな同じ様に心的に計算を行っているとは考えがたく、次の3種類が含まれていると思われる。1つ目は「直感」で、問題を聞いて計算しているわけではなく、おおよそで答えを導く方法である。2つ目は「記憶」で、例えば、「 $1+1=2$ 」であるということの問題ごと記憶しており、計算するというわけではない。3つ目は「計算」で、記憶とは異なり計算プロセスを伴って答えを導く方法である。計算能力の発達に従って、心的方略も「直感」→「計算」→「記憶」と変化していくと考えられるが、桁数が大きくなってくると「記憶」では対応できなくなり、「計算」を行うと思われる。しかし、本研究ではこれら3種類の心的計算を正確に分類できないので、今後これらを分離できるように課題を改善すると同時に、反応時間をとるなど分析を工夫していく必要がある

Table 6 足し算成績による群別の各方略の利用頻度

方略	低群(6人)	中群(10人)	高群(13人)	全体(29人)
1a	9(16%)	31(26%)	14(9%)	54(16%)
1b	18(32%)	17(15%)	20(13%)	55(17%)
2a	2(4%)	13(11%)	10(6%)	25(8%)
2b	1(2%)	3(3%)	9(6%)	13(4%)
3a	0(0%)	7(6%)	16(10%)	23(7%)
3b	0(0%)	2(2%)	1(1%)	3(1%)
V	0(0%)	1(1%)	3(1%)	4(1%)
0	26(46%)	43(37%)	86(47%)	155(47%)

注. 利用方略のカテゴリはTable4参照

3 括弧内の番号はTable 5に示した各参加者の番号である。

Table 7 指の利用なし群の問題ごとの方略と各課題得点

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	利用数	巧緻性	数唱	足し算
1	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	10	7	0
3	D	0	D	D	0	0	—	—	—	—	—	—	0	15	5	1
2	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	0	19	3	1
4	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	0	12	1	2
6	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	0	17	8	2
5	D	D	D	0	0	—	—	—	—	—	—	—	0	19	5	2
7	0	0	0	V	V	V	—	—	—	—	—	—	0	24	9	3
8	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	0	19	6	4
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	0	22	6	4
10	D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	6	7
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	24	14	7
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	23	7	8
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	6	9
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	7	10
15	D	D	D	D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	9	10
16	0	D	D	D	0	D	0	0	0	0	0	0	0	19	8	11
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	10	11
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	7	12
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	8	12

注. 利用方略のカテゴリはTable4参照

る。

ところで、栗山（2002）では、「加数・被加数とも一度に広げる」の利用率が40%に達していたが、本研究では約8%であった。この違いはひとつに、課題の違いが影響していると考えられる。栗山（2002）の研究では、被験児に行った足し算課題は全ての問題の答えが10以下になる課題であった。本研究では、答えが10以上になる問題も含んでいたため、「加数・被加数とも一度に広げる」が計算時にあまり見られなかったと思われる。そこで、本研究の足し算課題でも、答えが10以下になる問題に関して「加数・被加数とも一度に広げる」の利用率を算出したところ、約11%であった。本研究では答えが10以下になる問題において最も用いられていた指を使った方略は「目で指を見たり、立てた指を指で数える」であり、利用率は約20%であった。この違いについては今後、被験者数を増やしてさらに検討していかなければいけないだろう。

**まとめと今後の課題** 本研究の結果から示唆されたのは以下の3点である。

1. 一般的に足し算時に指を利用する子どもの方が利用しない子どもよりも足し算成績が高かった。また、記憶容量が小さくても指を用いる

ことで、記憶容量の大きい子どもなみの足し算成績になることが示唆された。さらに、順唱と逆唱の結果が異なったことから、計算時の指の利用はただ数字を保持するだけでなく、計算の過程において機能していることが示唆された。

2. 計算時の指の利用頻度の推移は「使う」から「使わなくなる」というような単純なものではなく、徐々に指を使い始め、指を最も使う時期を経て、指が計算に使われなくなっていくことが示唆された。さらに、使い始めの時期から、頻繁に使い始める時期までの推移のスピードは、頻繁に使う時期から使わなくなるスピードに比べて早いと考えられた。

3. 足し算能力の発達に伴って、より高度な指の方略を用いることができるようになるという結果は、Fuson（1988）やSiegler & Robinson（1982）、栗山（2002）らの結果と一致していた。しかし、子どもたちは高度な方略を獲得したからといって、より基礎的な方略を用いなくなるわけではなく、問題の難易度にあわせて柔軟に方略を調整していると思われる。ただし、より基礎的な方略を用いたからといって、必ずしも正答しているわけではなく、逆に誤答のほうが多かった。本研究では、当初、問題と記憶容量、手指の巧緻性に依って特定の方略の利用可能性

が高まると考えていたが、これらだけでは用いられる方略は決定されず、さらにその方略の利用に対する自信の程度に応じて最終的に1つの方略が利用されると考えられる。

今回の分析では、年長児のみの横断的データを用いたこともあり、課題の難易度による指の利用方略の変化に関する全体的な規則性を見出すことが困難であった。計算時に指を利用していた時期と算数・数学の得意不得意との関連を大学生を対象に回想を用いて検討した杉村・小山(2006)や同様の調査を行っている杉村・山名(2006)によると、約半数の大学生は小学1・2年生の頃まで計算時に指を用いていたと答えているが、それ以前に指を用いなくなった子どもや、それ以降も指を用い続けている子ども、そしてずっと指を用いてこなかった子どもも存在していた。

つまり、本研究で示唆されたように、計算時の指の利用頻度の時系列的な変化は逆U字型の曲線を描くが、それには2つのパターンがあると考えられる。まず、平均的なU字型となるパターン。2つ目は、使い終わりが遅い、もしくは利用し続けるパターン。そして最後に、まったく指を利用しないパターンも加えておく必要があるだろう。今後の課題としては、これらの3つのパターンを考慮しながら、縦断的に指の利用の仕方の変化を追い、より詳細に検討していかなければならない。

### 引用文献

- 浅川淳司・杉村伸一郎。(2009)。幼児における手指の巧緻性と計算能力の関係。発達心理学研究, 20 (3), 印刷中。
- Andres, M., Seron, X., & Olivier, E. (2007). Contribution of Hand Motor Circuits to Counting. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 563-576.
- Fuson, K.C. (1988). *Children's counting and concepts of number*. New York: Springer-Verlag.
- 児玉省・品川不二郎・茂木茂八。(1978)。日本版WISC-R知能検査法。東京：日本文化科学社。
- 栗山和弘。(2002)。幼児・児童における数表象の構造。京都：北大路書房。
- Sato, M., Cattaneo, L., Rizzolatti, G., & Gallese, V. (2007). Numbers within Our Hands: Modulation of Corticospinal Excitability of Hand Muscles during Numerical Judgment.

*Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 684-693.

- 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.
- 杉村伸一郎・小山正孝。(2006)。計算時における指の利用と算数・数学における自己概念との関連 —短期大学生・専門学校生を対象とした質問紙調査による検討—。広島大学大学院教育学研究科紀要 第三部(教育人間科学関連領域), 55, 357-365。
- 杉村伸一郎・山名裕子。(2006)。計算時における指の利用と算数・数学能力との関連。幼年教育研究年報, 28, 41-49。