

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：13301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K13914

研究課題名(和文) 幼児期の心的数直線形成における手指の役割

研究課題名(英文) The role of the fingers in the development of mental number lines at early childhood

研究代表者

浅川 淳司 (ASAKAWA, ATSUSHI)

金沢大学・学校教育系・准教授

研究者番号：00710906

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、幼児・児童の数能力の発達を測定する上で最も重要な指標のひとつであり、等間隔に数を表象する能力である「心的数直線(mental number line)」と手指の関係について検討した。その結果、数記号であらわされるような抽象的な数直線は突然形成されるのではなく、その前段階として、Okamoto(2010)が指摘していた「心的モノ直線(mental "object" line)」が形成されることが示唆された。また、年長児と小学1年生では、心的数直線と手指のイメージに関連が見られた一方、小学2年生では両者に関連は見られなかったことから、心的モノ直線のモノは手指である可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

数量能力の発達は、抽象的な記号操作の発達としてとらえられることが多いが、本研究の成果に基づくと、身体、特に手指との関係の中で発達していくと考えられる。手指などを使用して数を数えたり、計算しているとネガティブにとらえられがちであるが、そのような経験の中でこそ、数をかぞえたり、数量を操作する感覚や数の大きさを認識する感覚を学習していると考えられ、手指を軸に数量能力の発達をとらえなおす必要があることに加え、教育的アプローチにおいても身体を活用した支援の在り方が模索される必要があるだろう。

研究成果の概要(英文)： In this study, we examined the relationship between the mental number line, which is one of the most important indicators for measuring the development of number ability in infants and children, and the ability to represent numbers at equal intervals, and the fingers. As a result, it was suggested that the mental "object" line, which was pointed out by Okamoto (2010), was formed as a preliminary step to the formation of the abstract number line. In addition, there was a relationship between mental number lines and hand images in kindergarten older children and first graders, while there was no relationship between the both in second graders, suggesting that the object of the mental "object" line may be the fingers.

研究分野：発達心理学

キーワード：心的数直線 手指認識 身体性 認知発達 幼児期

1. 研究開始当初の背景

心的数直線(mental number line)は、幼児・児童の数量能力の発達を測定する上で最も重要な指標のひとつであり、等間隔に数を表象する能力である。幼児期をつうじて、数をかぞえることに関するカウンティングスキーマと全体量の多少(大小)の理解に関する全体量スキーマが発達する(Case & Okamoto, 1996)。そして、この2つのスキーマは統合されて、数の中心的概念構造である心的数直線が形成される。この心的数直線が形成されることによって、数の保存課題や文章題を正確に回答できるようになることが知られている(岡本, 1995)。

Okamoto(2010)は、心的数直線の形成に関して、カウンティングスキーマと全体量スキーマが統合した後すぐに、抽象的な数直線が形成されるわけではなく、その前段階で具体的な経験に基づく心的モノ直線(mental "object" line)が形成されると主張している(Figure 1)。しかし、Okamoto(2010)はこの“モノ”がどのようなものであるかについてまでは言及していない。

では、この“モノ”とはどのような特性を持つのであろうか。子どもが、数を扱う際に頻りに利用する具体物は手指であり、近年、数能力の発達にとって手指が重要な役割を果たしていることが様々な研究から明らかにされつつある。子どもが計算時に手指を使うということだけでなく、正しく自分の手指を認識できる子どものほうが計算能力が高いことや(例えば、Noël, 2005)、手指を器用に動かせる子どもの方が計算能力が高いこと(例えば、Asakawa & Sugimura, 2014)も明らかにされてきている。

以上より、心的モノ直線の“モノ”には手指が強く寄与していると考えられるが、これまで心的数直線の形成過程でどのように手指が関連するのか検討した研究は見当たらない。

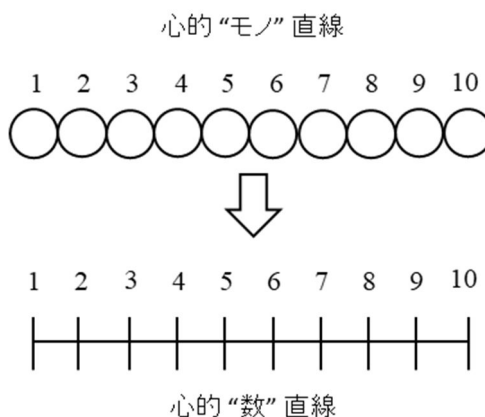


Figure 1. 心的数直線の発達

2. 研究の目的

本研究の目的は、以下の3点である。

- (1) 既存の数直線課題では、左端に0、右端に10が記された用紙が参加児の前に提示され、1試行ごとに1から9までの数字を無作為に提示し、提示された数の正しいと思う数直線上の位置を指さすよう求められる。しかし、心的数直線以前に、心的モノ直線が形成されているのであれば、左端が1の方が自然な状態に近いといえる。そこで、心的モノ直線から心的数直線へ移行する時期の子どもたちを対象に既存の0-10数直線課題と1-10数直線課題の成績を比較する(研究1)。
- (2) 心的モノ直線が形成されているかどうか、“モノ”が手指のイメージと関連しているかどうかを検討するため、数直線課題と手指認識課題(手指のイメージにおける正確性の程度を測定する)に関係が見られるか検討する(研究2)。
- (3) 両端に数字が記載され、任意の数字の位置を回答する数直線課題では、全体と部分の関係を正確に認識できているかを測定しているとも言える。一方で、子どもは必ずしも全体と部分の関係を考慮して、数直線を形成しているわけではなく、例えば、1と2の間といった基本的な間隔を単位として心的モノ直線を形成している可能性がある。そこで、両端に数字が記載されている数直線課題の成績と、左端から一定の間隔をあけて次の数字が記載された数直線課題の成績が、手指認識と関係するのか検討する(研究3)。

3. 研究の方法

1 - 研究1の対象者 小学1年生28名(男児14名、女児14名、平均月齢81.6ヶ月、範囲76~88ヶ月)を対象とした。

1 - 研究1の調査内容 研究1では、0-10と1-10の数直線課題を実施した。0-10の数直線課題では、A4用紙の中央に長さ20cmの直線を横向きに描き、直線の左端に長さ1cmの縦線とその上部に0を、右端から2cmの位置に縦線と10を記した用紙を使用した。1、5、6以外の数をランダムに提示し、その位置を指し示してもらい、1、5、6は最後にカウンターバランスをとって提示した。1-10の数直線課題では、左端に1が記してあり、直線の右端から2cmの位置に縦線とその上部に10を記した用紙を使用した。2と6以外の数をランダムに提示し、その位置を指し示してもらい、2と6は最後にカウンターバランスをとって提示した。

数直線課題の分析は、次の手順で行った。まず、提示数ごとに、0-10 の数直線課題の場合は 0 から、1-10 の数直線課題の場合は 1 から矢印をつけた位置まで mm 単位で小数第 1 位まで測定し、見積もった数の値とした。そして、 ER (Error Rate) を算出した。 ER は、『(| 提示した数の位置 (mm) - 見積もられた数の位置 (mm) |) ÷ 数直線上の数値の間隔 (mm)』で算出し、 ER の値が小さいほど見積もりが正確であることを表している。次に、提示した数を横軸にとり、見積もった数を縦軸にとった散布図を描くとともに、曲線推定を用いてその散布図に関数に当てはめた (当てはめる関数として直線関数と対数関数を用いた)。それぞれの分類は、分析結果が有意であり、加えて決定係数 (R^2 値) が .25 以上であるものを採用した (Barth & Paladino, 2011)。

2 - 研究2の対象者 小学1年生 33名 (男児 14名, 女児 19名, 平均月齢 85.2ヶ月, 範囲 79~91ヶ月) と小学2年生 35名 (男児 18名, 女児 17名, 平均月齢 96.7ヶ月, 範囲 91~103ヶ月) を対象とした。

2 - 研究2の調査内容 心的数直線課題および手指認識課題にくわえて、視空間的な記憶能力を統制するために視空間的記憶課題を実施した。

心的数直線課題は、研究1で用いた 1-10 の数直線課題を使用した。手続きおよび分析方法は研究1と同様であり、 ER を算出し、心的数直線の型を分類した。

手指認識課題では、まず、参加児は自身の手を箱の中に入れる。そして、調査者が子どもの指を 1本ずつ触る。参加児は触られた指がどの指だったのか手指の図版を用いて回答する。さらに、2本の手指を同時に触られ、回答する課題も行った。

視空間的短期記憶の課題では、参加児は、目の前にブロックを 8個提示され、調査者がブロックを指した順と同じ順序でブロックを指でさすよう求められた。ブロックは 2個からはじめ、最大 8個であった。ひとつの問題で 2試行行い、両試行誤答の場合は課題を打ち切った。

3 - 研究3の対象者 年長児 48名 (男児 25名, 女児 23名, 平均月齢 77.0ヶ月, 範囲 71~83ヶ月) を対象とした。

3 - 研究3の調査内容 数直線課題と手指認識課題が実施された。

数直線課題では、左端に 1 (あるいは 0)、右端に 10 が記載されている課題 (Bound 課題) と、左端に 1 (あるいは 0) そこから一定の間隔をあけて 2 (あるいは 1) と記載された課題 (Unbound 課題) が用いられた (Figure 2)。参加児は A パターンか B パターンの課題に取り組んだ。左端に 1 (あるいは 0)、右端に 10 が記載されている課題の手続きは、研究1および2と同様である。左端に 1 (あるいは 0) そこから一定の間隔をあけて 2 (あるいは 1) と記載された課題では、3 (あるいは 2) から 10 の位置が問われた。 ER の算出については、研究1と同様の方法で行われた。

手指認識課題は、研究2と同様の手続きで実施された。



Figure 2. 研究3で用いられた心的数直線課題と組み合わせのパターン

4. 研究成果

(1) 研究1の成果 ふたつの数直線課題の成績からそれぞれ ER を算出した結果、0-10 の数直線課題における ER の平均値は 118.32 ($SD=47.55$), 1-10 の数直線課題における ER の平均値は 96.83 ($SD=40.79$) であり、対応のある t 検定の結果、両課題の成績に有意な差が見られた ($t(27)=2.912, p=.007, d=.487$)。

次に、提示した数と参加児が見積もった数を使用して散布図を描き関数に当てはめた。その結

果、0-10の数直線課題を実施した者の中では、直線型7名、対数型21名となり、対数型に適合した者の割合が高かった。1-10の数直線課題を実施した者の中では、直線型14名、対数型14名となり、同程度の割合となった。

0-10課題に比べて、1-10の課題の方が誤差が小さかったことから、いきなり0を出発点とした心的数直線が形成されるのではないことが示唆された。

(2) 研究2の成果 まず、各学年の課題ごとの平均値と標準偏差をTable 1に示した。次に、提示した数と参加児が見積もった数を使用して散布図を描き関数に当てはめた。その結果、1年生では、直線型21名、対数型12名となり、2年生では、直線型24名、対数型11名となり、1年生でも2年生でも直線型が多いことが示唆された。

心的数直線の形成に手指のイメージが関連しているかを検討するために、ERを従属変数、月齢、手指認識、視空間的短期記憶を独立変数とする重回帰分析を行ったところ、1年生においては、手指認識の標準偏回帰係数が有意であったが、2年生ではいずれの変数の標準偏回帰係数も有意ではなかった(Table 2)。

最後に数直線の型と手指認識の関係について検討した。手指認識を従属変数とし、数直線の型(直線、対数)×学年(1年生、2年生)を独立変数とした2要因分散分析を行った。その結果、数直線の型と学年の交互作用が10%水準で有意であった($F(1, 64) = 3.486, p = .067, \eta^2_p = .052$)。交互作用が有意であったことから、単純主効果の検定を行ったところ、1年生における数直線の型の単純主効果が有意であり($F(1, 64) = 4.956, p = .030, \eta^2_p = .138$)、対数群よりも直線群の方が手指認識の成績が高かった。また、対数型における学年の単純主効果も有意あり($F(1, 64) = 7.009, p = .010, \eta^2_p = .250$)、1年生よりも2年生の方が手指認識得点は高くなっていた。

心的数直線課題と手指認識の関係が1年生のみで見られたことから、1年生は、心的数直線ではなく、心的モノ直線が形成される段階であり、そのモノが手指のイメージである可能性が示唆された。

Table 1 各学年の課題ごとの平均とSD

	1年生		2年生	
	平均	SD	平均	SD
ER	.891	.419	.907	.550
手指認識	17.121	4.196	18.743	2.430
視空間的短期記憶	7.242	1.324	7.657	1.187

Table 2 ERを従属変数とした重回帰分析

	1年生	2年生
月齢	-.140	.111
手指認識	-.696 **	-.073
視空間的短期記憶	.012	.144
R^2	.485 **	.033

注．値は標準偏回帰係数 * $p < .05$, ** $p < .01$

(3) 研究3の成果

異なる種類の数直線課題によってERに違いがあるか検討するためにERを従属変数とした、数直線課題の種類(Bound課題、Unbound課題)×数直線課題の始まりの数値(0, 1)を独立変数とした2要因の分散分析を行った。その結果、交互作用および、それぞれの主効果はいずれも有意ではなかったことから、課題によってERには差がないことが示された。

つづいて、数直線課題の種類ごとに手指認識課題と関係があるのか検討するために、月齢を統制して、各数直線課題のERと手指認識課題の成績の相関係数を算出した。その結果、1から始まる1-10のBound課題と1-2のUnbound課題の成績は、手指認識との間で有意な相関がみられた(順に、 $r = -.528, p < .01$; $r = -.502, p < .05$)。一方で、0から始まる0-10のBound課題と0-1のUnbound課題の成績は、手指認識との間で有意な相関は見られなかった(順に、 $r = -.326, r = -.208, n.s.$)。

以上のことから、年長児期においては、数直線課題がBound課題であるかUnbound課題であるかは問題ではなく、数直線課題が0からはじまるか、1から始まるかで手指認識との関係が異なることが示唆された。

(4) まとめ

研究1から3までの成果をまとめると、以下の2点に集約できる。

第1に、従来、心的数直線を検討する際に用いられてきた左端に0、右端に10を記した心的数直線課題では、子どもの心的数直線課題の状態を適切に測定できていない可能性が示唆された。幼児期から児童期前半にかけて、子どもは生活の中の数量活動において0を扱うことはほとんどない。数をかぞえる際も1から数えることが一般的であるし、手指で数を表す際も1から数を表すことが一般的である。心的数直線の形成は実生活に根差しており、漸次的に形成されるものと考えられる。

第2に、心的数直線が漸次的に形成される過程で、手指が重要な役割をはたしていることが示唆された。研究2と研究3の結果を合わせると、年長児と小学1年生では、心的数直線課題と手指認識課題の成績に関連が見られた一方、小学2年生では両者に関連は見られなかった。これは、

数記号であらわされるような抽象的な数直線が突然形成されるのではなく、その前段階として、Okamoto(2010)が指摘していた、心的モノ直線がまず形成され、このモノは手指であると考えられる。Okamoto(2010)は、理論的に心的モノ直線が存在することを指摘していたが、本研究の一連の実証的な成果によって、心的モノ直線が存在する可能性が高まったと考えられる。

今後の課題としては、より直接的に心的モノ直線の实在性を確かめるための測定課題の考案が求められる。

<引用文献>

- Asakawa, A., & Sugimura, S. (2014). Developmental trajectory in the relationship between calculation skill and finger dexterity: A longitudinal study. *Japanese Psychological Research*, 56, 189-200.
- Barth, H., & Paladino, A. M. (2011). The development of numerical estimation: Evidence against a representational shift. *Developmental Science*, 14, 125-135.
- Noël, P. M. (2005). Finger gnosia: A predictor of numerical abilities in children? *Child Neuropsychology*, 11, 413-430.
- 岡本ゆかり. (1995). 低学年の文章題. 吉田甫・多鹿秀継(編), *認知心理学から見た数の理解*. 北大路書房 (pp.84-101).
- Okamoto, Y. (2010). Children's developing understanding of number: Mind, brain, and culture. In M. Ferrari, & L. Vuletic (Eds.), *Developmental relations among mind, brain, and education: Essays in honor of Robbie Case*. New York: Springer (pp.129-148).
- Okamoto, Y., & Case, R. (1996). Exploring the microstructure of children's central conceptual structures in the domain of number. In R. Case & Y. Okamoto (Eds.), *The role of central conceptual structures in the development of children's thought*. Monographs of the Society for Research in Child Development, 61(1-2, Serial No. 246), 27-58.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 浅川淳司
2. 発表標題 数量能力と手指の機能的連関とその変化
3. 学会等名 日本発達心理学会第32回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Atsushi ASAKAWA
2. 発表標題 Selective relationships between fine motor abilities and numerical abilities at preschool children
3. 学会等名 Tagung experimentell arbeitender Psychologen; Conference of Experimental Psychologists (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Asakawa A. & Akane R.
2. 発表標題 RELATIONSHIP BETWEEN FINGER GNOSIS AND MENTAL NUMBER LINE AT CHILDREN
3. 学会等名 19th European Conference on Developmental Psychology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi ASAKAWA
2. 発表標題 The relationship between calculation skill, finger-use in calculation, and finger gnosis in young children
3. 学会等名 The British Psychological Society Developmental Psychology Annual Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅川 淳司
2. 発表標題 手指の巧緻性と計算能力は関係するのか？
3. 学会等名 日本特殊教育学会第56回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅川 淳司
2. 発表標題 手指に根ざした数量発達
3. 学会等名 日本発達心理学会第30回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi ASAKAWA
2. 発表標題 How does fine motor abilities relate to arithmetical abilities in early childhood?
3. 学会等名 18th European Conference on Developmental Psychology (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 浅川淳司
2. 発表標題 数能力の発達と手指の関係
3. 学会等名 第29回日本発達心理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅川淳司
2. 発表標題 保育の中の数量的活動
3. 学会等名 第29回日本発達心理学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 心理科学研究会（編）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 有斐閣	5. 総ページ数 316
3. 書名 新・育ちあう乳幼児心理学	

1. 著者名 下山 晴彦、佐藤 隆夫、本郷 一夫（監）、林 創（編）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 ミネルヴァ書房	5. 総ページ数 200
3. 書名 発達心理学	

1. 著者名 杉村 伸一郎、山名 裕子（編）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 中央法規出版	5. 総ページ数 200
3. 書名 保育の心理学	

1. 著者名 北 洋輔、平田 正吾（編）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 福村出版	5. 総ページ数 200
3. 書名 発達障害の心理学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------