

幼児期の手指操作の発達：手内操作に焦点を当てて

著者	浅川 淳司, 森 慶恵
著者別表示	Asakawa Atsushi, Mori Yoshie
雑誌名	金沢大学人間社会研究域学校教育系紀要
号	13
ページ	149-154
発行年	2021-03-17
URL	http://doi.org/10.24517/00061951



幼児期の手指操作の発達：手内操作に焦点を当てて

浅川 淳司・森 慶恵

Development of Finger Manipulation at Early Childhood: Focus on In-Hand Manipulation

Atsushi ASAKAWA & Yoshie MORI

はじめに

幼児期には、各指を意図的に動かす、手の中でモノを操作し始める。このスキルにより、効率的により小さなモノを操作することができるようになっていく。本論文では、手の中でのモノの操作に焦点をあてて、その発達および関連する要因、アセスメント方法について先行研究を概観する。

手内操作 (In-Hand Manipulation) の発達

手の中でモノを操作し始めることを、Exner (1992, 2001) は手内操作と呼んだ。手内操作には大きく3つの要素がある。1つ目は、指と手掌間の移動 (Translation) である。指でつまんだモノを手掌へ動かしたり、手掌から指へモノを動かしたりする運動である。例えば、ゴミを指でつまみ上げて手の中に持ち、その後、手掌から指に移動させてゴミ箱に入れるといった運動が該当する。2つ目は、回転 (Rotation) である。指でつかんだモノの向きを変えろといった単純な回転運動と、独立した指でモノを回転させるといった複雑な回転運動 (指と指でモノを挟んで回転させるなど) を含んでいる。3つ目は、シフト (Shift) であり、母指と他指が交互運動したり、母指と他指の指腹で生じる運動である。例えば、ペンを握った後に、最初に握った位置から手指をペンの先に近づけるといった運動が該当する。また、Pont, Wallen, & Bundy (2009) は、Exner の手内操作の概念を整理し、シフトを単純なシフト (Simple shift)

と複雑なシフト (Complex shift) に分類している。前述したペンを握った後に、最初に握った位置から手指をペンの先に近づけるといった運動は複雑なシフトに該当する。単純なシフトは、指でつまんだモノの直線的な運動が該当する。例えば、コインを貯金箱に入れたり、ボタンを止めたりといった運動が含まれる。さらに、移動とシフトには、安定化の有無が付与される。安定化とは、手掌で対象物を保持しながら、指先を操作することである。例えば、何枚かのコインを手掌に保持したまま、もう1枚コインを拾って手掌に動かすことは、指-手掌間の移動：安定化付与の例にあたる。

幼児期の指-手掌の移動運動を発達的に検討した研究として Pehoski, Henderson, & Tickle-Degnen (1997b) がある。Pehoski et al. (1997b) は3歳から6歳11ヵ月までの154人の子どもを対象に、安定化を必要とするモノの指から手掌への移動と手掌から指への移動のパフォーマンスを調査した。まず、指から手掌への移動では、ペグボード上に立てられたペグを1本ずつ指でつかみ、手掌に移動させて、手掌の中で保持することが求められた。2本のペグからはじまり、3本、4本、5本までペグは増えた。調査の結果、2本や3本に関しては、3歳時点から、ほとんどの子どもがペグを落とすことなく保持できていた。4本については、3歳半以降で、保持できているペグの平均本数が3.5を超え、標準偏差も0.5を下回っていた。5本については、4歳半以降になってようやく、

保持的できている平均本数が4.5を超え、標準偏差も0.5を下回った。

指から手掌への移動において使用されていた方略は次の4つであった。(1)ペグをつかんだ後に手首を180度回転させペグを手掌の中に落として保持する。この方略は成人が最も実行する方略である。(2)ペグをつかんだ後に手首を少し回外させて、親指で手掌の方にペグを押し込む。(3)ペグをつかんだ後に手首を少し回内させて、親指で手掌の方にペグを押し込む。(4)指で挟んで手掌に移動させない。

5歳までは、(3)のペグをつかんだ後に手首を少し回内させて、親指で手掌の方にペグを押し込む方略が優位ではあったが、5歳半以降は、(2)ペグをつかんだ後に手首を少し回外させて、親指で手掌の方にペグを押し込む方略が優位となる。成人が最も使用する(1)のペグをつかんだ後に手首を180度回転させペグを手掌の中に落として保持する方略は、6歳半時点でも使用している割合は10%程度であり、方略自体はこの後も変化していくと示唆された。

つぎに、手掌から指への移動では、手掌の中で保持したペグを、1本ずつペグボードに立てることを求められた。手掌で保持するペグは、2本から5本までペグは増えた。調査の結果、手掌から指への移動は、指から手掌への移動よりも難しいことが示された。6歳半を過ぎても、4本のペグの課題で、1本もペグを落とさなかった子ども半数程度であり、5本のペグの課題では、1本もペグを落とさなかった子どもは3割程度であった。

手掌から指への移動において使用された方略は、(1)手首を立て、前方に傾け、ペグを指側の方へ移動させて、そのうち1本を親指を使って人差し指の方に押し出し、親指と人差し指でつまむ。残りの指でペグを握りなおして落ちないようにする。この方略は成人が最も実行する方略である。(2)手掌を仰向けにし、ペグを親指を使って人差し指の付け根に動かし、親指と人差し指でペグをつまむ。(3)ペグを手掌で

握った状態のままペグをペグボードに立てようとする。(4)ペグを握っている手以外の体の部位を使用しようとする。

使用されている方略は、3歳から6歳半まで、すべてのグループで(2)の手掌を仰向けにし、ペグを親指を使って人差し指の付け根に動かし、親指と人差し指でペグをつまむ方略が優位であり、約70%を占めている。成人が最も使用する(1)の方略は、6歳半時点でも使用している割合は5%程度であり、ほとんど方略の移行は見られないことが示唆された。

つづいて、手内操作の回転運動の発達について見ていく。Pehoski, Henderson, & Tickle-Degnen(1997a)は、3歳から6歳11ヵ月までの153人の子どもに対して、片手だけを使って10本の小さいペグをペグボード上でひっくり返すことを求めた。10本のペグをすべてひっくり返すのにかかった時間が子どものパフォーマンスの指標として用いられた。ペグをすべてひっくり返すのに要した時間とそのための方略は、3歳から半年ごとに分けられた年齢群によって異なっていた。要した時間は年齢とともに減少していったが、6歳半以上の子どもたちのグループでも、成人より遅かった。

方略については3種類に分けられた。(1)ペグを指先で回転させる。成人で一般的に見られる方略である。(2)ペグを回転させるために、手指以外の身体的表面が使用する。胸にペグを当てて持ち替えるなどの行為が見られた。(3)最初に手首をひねって回転させておく方略。右手であれば、最初に左側に手首をひねっておいて、ペグをつかんだ後に、手首を元に戻すことでペグを回転させる。3歳から4歳未満の子どもでは、(1)ペグを指先で回転させる方略と(2)手指以外の身体的表面を使用する方略が拮抗しているが、4歳以降になると、(1)ペグを指先で回転させる方略が増加していき、(2)手指以外の身体的表面を使用する方略は減少していった。(3)最初に手首をひねって回転させておく方略は、全年齢を通じて1割弱程度の子どもが

使用するのにとどまっていた。

ただし、4歳以降、(1)ペグを指先で回転させる方略が増加するからと言って、いきなり、

(1)ペグを指先で回転させる方略だけを使用するようになるわけではない。4歳ごろは課題中で他の方略を使用している姿も見られ、6歳になっても、一貫して(1)ペグを指先で回転させる方略を使用する子どもの割合は6割程度にとどまる。発達は、環境との相互作用を通して、様々な行動の形を試行錯誤し、最終的により効果的で効率的なひとつの形に収束していく(Thelen & Smith, 1994)。つまり、手内操作の回転運動は大きくシステムが変更され、幼児期を通じてそのシステムの変化が安定化へと向かおうとしている時期と捉えることができる。

最後に、シフトは、複雑なシフトにおいては幼児を対象とした発達の研究は見当たらなかった。単純なシフトに関しては、ボタン止めの発達研究が参考になるだろう。Peabody Developmental Motor Scale (Folio & Fewell, 1983)の中に、20秒以内に2つのボタンを止める課題がある。2歳児から5歳児のボタン止めのパフォーマンスは、2歳児から順に、1%、25%、65%、76%と変化することが報告されており、4歳ごろから単純なシフトは可能になってくると考えられる。

以上から、幼児期の手内操作の発達は、回転と単純なシフトが先行して発達して、その後、指-手掌の移動運動が発達していくことが想定される。回転や単純なシフトは、3歳以前に発達する小さなものをつまむ精密把握の延長線上にある運動動作であるが、一方、指-手掌の移動は、手掌まで使用することに加えて、親指でつまむ以外の動作も求められるため、指-手掌の移動は、回転やシフトに比べて発達が少し遅れるのではないかと考えられる。

手内操作の発達に関連する要因

手内操作の発達に関連する重要な要因として考えられているのが、5本の指を独立して動か

せることと握力の調整である。まず、5本の指を独立して動かせることによって、手の中でモノを操作する自由度が高まる。例えば、小指、薬指、中指でモノを押さえながら、親指や人差し指で別のモノをつまもうとすると、小指、薬指および中指と親指および人差し指は異なる動きが求められる。このように5本の指を独立して動かせることは、手内操作にとって、必要不可欠な要素である。この5本の指を独立して動かす能力は、3歳半ごろから徐々に表れる。Merrill Palmer Mental Scale (Stutsman, 1948)には、母指とそれぞれの手指を順番に対立させる課題があり、30-35カ月の子どもでは3人だけが可能であったのに対して、36-41カ月の子どもでは、35%が課題を達成し、42-47カ月の子どもでは50%の子どもが課題を達成することが報告されている。また、前述したPeabody Developmental Motor Scalesでも、5秒以内に母指に残りの指を対立させる課題を用いてこの能力を評価している。その結果、42-47カ月の子どもたちでは、この課題に成功したのは22%だったのに対して、48カ月から57カ月の子どもでは、72%の子どもがこの課題に成功していた。したがって、4歳以降には、随意的に指を独立して動かせるようになっていくことが示唆されている。その後も9歳頃まで発達し、指を独立して動かす精度は高まっていく(Dehckla, 1973, 1974)。

次に、手指でモノをつまんだり、操作したりする際には、モノを落とさない程度には力を入れ、一方で、モノを動かせる程度には力を抜くなど握力の調整も必要となる。Forssberg et al. (1991)によると、4歳以下の子どもは、大人に比べて小さいものをつまみ上げるとき、余分な力をくわえて強めにつまんでしまうことが報告されている。この握力の調整には、モノをつまんだ時の触覚フィードバックが関与している。モノの表面の材質やモノ自体の材質によって、つまむときの力を調整する必要があるためである。同じ重さのモノであっても、表面がツルツ

ルしているのかザラザラしているのかで力を入れ具合は異なるし、モノ自体の材質が柔らかいのか硬いのかでも力を入れ具合は異なってくる。

以上から、5本の指を独立して動かせることと握力の調整はそれぞれ4歳ごろに発達し、手内操作を支えることとなると考えられる。

手内操作のアセスメント

手内操作のアセスメントに関しては、これまでいくつかアセスメントツールが開発されてきた。Case-Smith(1996)は、Exner(1992)とPehoski et al. (1997a, 1997b)の研究に基づいて、Test of In-Hand Manipulation (TIHM)を開発している。このTIHMに関しては、Pont, Wallen, Bundy, & Case-Smith(2008)によって、その妥当性が確認されているが、測定している内容が、指-手掌の移動と回転の2つであり、シフトに関する課題は含まれていなかった。

そのような問題点を踏まえて、Klymenko, Liu, Bissett, Fong, Welage, & Wong (2018)は、手内操作が含まれる他の微細運動のアセスメントを参照しつつ、Pont et al. (2009)によって再整理された手内操作の7つの要素（指から手掌への移動、手掌から指への移動、単純なシフト、複雑なシフト、単純な回転、複雑な回転、安定化）を網羅的に評定するアセスメントバッテリー（In-Hand Manipulation Assessment; IHMA）を開発した。

Klymenko et al. (2018)によって開発された手内操作の課題内容と、それらの課題と手内操作の7つの要素との関係を整理したものをTable 1に示した。10個の課題が設定されており、各課題には、1つから4つまでの手内操作の要素が含まれていた。それぞれの構成要素は、その課題中の様子によって、0（失敗）から3（スムーズな実施）までの4段階で調査者に評定された。また、Klymenko et al. (2018)の課題は日常生活を意識した課題の内容となっていた。

以上より、現在では、手内操作のアセスメント課題については、手内操作の構成要素を網羅

的に測定できる内容が整えられている。これまで、シフトに関する課題が設定されておらず、シフトの発達の変化について検討している研究は少ないため、シフトに関するデータの蓄積が今度の課題であると思われる。

おわりに

手内操作の発達は微細運動の効率性と正確性を向上させる重要な要因であるにもかかわらず、手内操作に着目した研究は多くはなく、日本でもほとんど行われていない。その原因としては手内操作自体の概念や定義のあいまいさ、それに加え、測定する方法が整っていなかったためであると思われる。しかし、手内運動の構成要素は整理され（Pont et al., 2009）、測定方法も整備されつつある（Klymenko et al., 2018）ことから、この分野で研究を蓄積していくことは可能であろう。また、実践的な研究も多くないことから、特に手内操作が著しく発達すると想定されている幼児期において、どのような環境の設定が手内操作の発達を支えるのか検討していくことも必要であろう。

引用文献

- Case-Smith, J. (1996). Fine motor outcomes in preschool children who receive occupational therapy services. *American Journal of Occupational Therapy*, 50, 52-61.
- Denckla, M. B. (1973). Development of speed in repetitive and successive finder movements in normal children. *Developmental medicine and child neurology*, 15, 635-645.
- Denckla, M. B. (1974). Development of motor coordination in normal children. *Developmental medicine and child neurology*, 16, 729-741.
- Exner, C. E. (1992). In-hand manipulation skills. In J. Case-Smith & C. Pehoski (Eds.), *Development of hand skills in child* (pp. 35-45). Bethesda, MD: American Occupational Therapy Association.

Table 1 Klymenko et al.(2018)によって開発された手内操作の課題と手内操作の構成要素との関係

課題	内容	指から手のひらへの移動	手のひらから指への移動	単純なシフト	複雑なシフト	単純な回転	複雑な回転	安定化
1. Screw and unscrew the lid of a medicine bottle	親指、人差し指、中指を使用して、ボトルの蓋を開け閉めする。			✓				
2. Rotate a pencil from the lead end to the rubber end	消しゴム付き鉛筆で紙に線を描いた後に、鉛筆を180度回転させ、鉛筆についている消しゴムで線を消す。				✓		✓	
3. Pick up and position pen ready for writing	最初にペンの上部をつかみ、そこから、指の位置をペンの先まで移動する。				✓			
4. Sharpen pencil with a handheld sharpener	鉛筆を鉛筆削りに入れて削る。					✓		✓
5. Turn the page of a book	1枚ずつ本のページをめくる。			✓				
6. Fasten and unfasten two buttons	2個のボタンを順にボタン穴に止めた後に、順にボタン穴から外す。			✓				
7. Pick up three 20-cent coins and place in slot	3枚のコインを用意し、1枚ずつひろう。ひろい終わったら、スロットに1枚ずつコインを入れる。	✓				✓		✓
8. Pick up and place two clothes pegs	2個の洗濯ばさみを用意し、1個ずつひろう。ひろい終わったら、1個ずつ洗濯ばさみを物干しおに挟む。	✓				✓		✓
9. Retrieve one key from a set of five keys	鍵の束を拾い手の中におさめ、赤い鍵を指先に持ってくる。	✓				✓		✓
10. Turn over a small food container	手の中で小さな容器を180度回転させる。						✓	

注. チェックが入っている部分が関係する手内操作の構成要素。

- Exner, C. E. (2001). Development of hand skills. In J. Case-Smith (Ed.), *Occupational therapy for children* (pp.289-328). St Louis, Mosby.
- Folio, M. R. & Fewell, R. R. (1983). *Peabody developmental motor scales*. Texas: DLM Teaching Resources.
- Forsberg, H., Eliasson, A. C., Kinoshita, H., Johansson, R. S., & Westling, G. (1991). Development of human precision grip I: Basic coordination of force. *Experimental Brain Research*, 85, 451-457.
- Klymenko, G., Liu, K. P. Y., Bissett, M., Fong, K. N. K., Welage, N., & Wong, R. S. M. (2018). Development and initial validity of the in-hand manipulation assessment. *Australian Occupational Therapy Journal*, 65, 135-145.
- Pehoski, C. (1992). Central nervous system control of precision movements of the hand. In J. Case-Smith & C. Pehoski (Eds.), *Development of hand skills in the child* (pp. 1-11). Bethesda, MD: American Occupational Therapy Association.
- Pehoski, C., Henderson, A., & Tickle-Degnen, L. (1997a). In-hand manipulation in young children: rotation of an object in the fingers. *American Journal of Occupational Therapy*, 51, 544-555.
- Pehoski, C., Henderson, A. & Tickle-Degnen, L. (1997b). In-hand manipulation in young children: Translation movements. *American Journal of Occupational Therapy*, 51, 719-728.
- Pont, K., Wallen, M., & Bundy, A. (2009). Conceptualising a modified system for classification of in-hand manipulation. *Australian Occupational Therapy Journal*, 56, 2-15
- Pont, K., Wallen, M., Bundy, A., & Case-Smith, J. (2008). Reliability and Validity of the Test of In-Hand Manipulation in Children Ages 5 to 6 Years. *American Journal of Occupational Therapy*, 62, 384-392.
- Stutsman, R. (1948). *Guide for administering the Merrill-Palmer scale of mental tests*. New York. Harcourt, Brace & World.
- Thelen, E. & Smith, L. (1994). *A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action*. Cambridge, MA: MIT Press.