短 報

児童の道具操作における速度・正確性トレードオフの 発達変化

——なぞり書き，折り紙，シール貼りの3つの課題から——

奥住 秀之^{*}，國分 充，島田 恭子[†]

東京学芸大学教育学部

(平成18年11月6日受付，平成19年4月9日受理)

要 約

本研究では，3つの手指運動課題を小学生と成人に行ない，学童期における道具操作の発達の変化を検討した。評価の観点には課題遂行速度と正確性であった。被験者は，小学生1年生～6年生60名（各学年10名）と成人大学生10名である。なぞり書き課題，折り紙課題，シール貼り課題という3つの課題を行い，それぞれ課題遂行時間（運動速度）と正確性を求めた。結果は以下の通りである。(1) 幼児期においては運動の正確性は速度よりも発達の先に先行した。(2) 折り紙課題は全課題の中で最も早く発達の画期を示し，シール貼り課題はなぞり書き課題よりも発達の画期が先行した。

キーワード：手指運動，道具操作，発達，速度・正確性トレードオフ

Developmental Changes of Speed-accuracy Trade-offs in Manual Skills

Hideyuki Okuzumi^{*}, Mitsuru Kokubun, and Kyoko Shimada[†]

Tokyo Gakugei University

(Received 6 November 2006; accepted 9 April 2007)

Abstract

The purpose of this study was to clarify developmental changes of relationship between speed and accuracy of three manual tasks. The subjects were 60 children in a primary school and 10 adults in a university. The tracing Japanese character, folding a paper (origami in Japanese), and stamping seals were performed. A one-way MANOVA was conducted to examine effects of age in the three tasks. Results were as follows: (1) Motor accuracy developed faster than motor speed in childhood. This result suggested that motor speed was independent of accuracy in the developmental stage. (2) The folding a paper developed fastest of all the tasks. The stamping seals developed faster than the tracing Japanese character.

Key words: manual skill, tool operation, developmental change, speed-accuracy trade-offs

[†] 現所属：東京都立府中養護学校

^{*} 東京学芸大学教育学部特別支援科学講座

〒184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1

E-mail: okuzumi@u-gakugei.ac.jp

©2007 The Anthropological Society of Nippon

はじめに

進化における道具使用の意義は、人類学上の重要なテーマの一つであり（たとえば最近では海部（2005）の総説など）、ヒトの道具操作に関する検討が散見されている（Ueda ほか, 1999; 奥住ほか, 2001）。しかし、その様相は十分に明らかにされているとは言えず、今後の知見の積み重ねが必要である。

ところで、ヒトの道具操作を検討する際、その評価にはどのような視座があるのか。従来は、運動速度に着目した評価が比較的多かったと言える。たとえば、どのくらいの時間で課題が完成したか、どのくらいの速さで行動できたか、等である。こうした運動速度（motor speed）とトレードオフ関係にあるとされるのが正確性（motor accuracy）で、これはいわゆるフィッツ（Fitts）の法則に依拠している（たとえば Latash（1993）など）。この法則によれば、運動速度と正確性は見た目上は二変数であるが、実際の制御対象は一つだという。つまり、運動速度が高ければ正確性は低くなり、運動速度が低ければ正確性は高くなるという関係性である。

一方、こうした速度・正確性トレードオフという関係が必ずしも成り立たない可能性が、知的障害者を対象とした研究レビューで提起された（奥住, 2005）。すなわち、極端に正確性を重視して運動を行なっている知的障害者が少なからず存在することが近年報告されつつあるのである。知的障害者のこの特性を発達の遅れと結び付けてみれば、健常発達においても同様のことが生じているのではないかという可能性がある。すなわち、道具操作における速さと正確性は同時並行的に関係性をもって発達するのではなく、発達の順序性があり、どちらか一方の変数が他よりも先に発達していくという図式である。

本研究では、文字のなぞり書き、折り紙、シール貼りという3つの課題を小学生と成人に行なわせ、学童期における道具操作の発達的变化について検討する。これらの課題は手指運動に関する先行研究で取り上げられているものであり（大竹・成瀬, 1980）、就学前教育や学校教育で比較的良好に行なわれている。また、評価の観点として、課題遂行に要する時間（すなわち課題遂行速度）と正確性に着目する。

方 法

1. 被験者

ある一つの小学校に在籍する小学生1年生～6年生、

それぞれ10名ずつ計60名（1年生男子5名、女子5名、2年生男子5名、女子5名、3年生男子7名、女子3名、4年生男子4名、女子6名、5年生男子7名、女子3名、6年生男子5名、女子5名、計33名、女子27名）と、ある一つの大学に通う22歳～25歳の成人10名（男性3名、女性7名）を対象とした。いずれも測定趣旨をよく理解し、参加を快諾した。

2. 課題手続き

(1) なぞり書き課題

鉛筆（かきかた鉛筆、ぺんてる（株）製）でなぞり書きを行なう。文字種は、「ほ」と「を」の2種、フォントは教科書体、サイズ200である。利き手で文字をできるだけ早くはみださないようなぞることを求める。速さについては、鉛筆が紙についた時点から書き終わるまでの所要時間をストップウォッチで計測し、正確性については、手本となる（なぞる）文字からはみ出た線の高さ（はみ出た線分となぞるべき線分の距離の最大値）が一番長い箇所を定規で計測する。

(2) 折り紙課題

15cm四方の折り紙（（株）大創製）を三角に半分に折る課題を行う。半分にできるだけ早くきれいに折るよう求める。速さについては、折り紙を折り始めた時点から、折り紙から手が離れるまでの所要時間をストップウォッチで計測し、正確性については、三角の頂点間のずれの距離を定規で計測する。

(3) シール貼り課題

直径2cmの円が3つ並んで書かれている紙に、円と同じ大きさのシール（タックタイトル タ-70-43NR KOKUYO 製）を貼る。測定は3枚ずつ、2回行う。シールは、測定者の指（人差し指、中指、薬指）に貼り、対象児の取りやすい位置に提示する。利き手でシールをとって、できるだけ早く枠からはみ出ないように貼ることを求める。速さについては、測定者の手からシールが取られた時点から、全てのシールを貼り終えるまでの所要時間をストップウォッチで計測し、正確性については、シールと台紙のそれぞれの中心点の距離を定規で計測する。なお、複数試行のデータのため、平均値を代表値とする。

3. 統計処理

3つの課題遂行の発達変化を調べるために、学年を独立変数、各課題の所要時間とずれを従属変数とする1要因多変量分散分析（MANOVA）を行った。用いたソフトはSPSS Ver. 13.0である。

結果と考察

すべての課題において、有意な統計的性差が認められなかったため ($p>.05$)、以下、男女まとめて処理を行なうことにする。

学年を独立変数、各課題の所要時間とずれを従属変数とする1要因多変量分散分析(MANOVA)を行なった。従属変数ごとに学年の主効果をみると、なぞりがき(ほ)の所要時間 ($F(6, 63)=4.792, p<.01$)、なぞりがき(ほ)のずれ ($F(6, 63)=2.419, p<.05$)、なぞりがき(を)の所要時間 ($F(6, 63)=2.672, p<.05$)、なぞりがき(を)のずれ ($F(6, 63)=3.107, p<.01$)、シール貼り(1回目)の所要時間 ($F(6, 63)=3.238, p<.01$)、シール貼り(2回目)の所要時間 ($F(6, 63)=3.027, p<.05$) において、年齢が高くなるほど時間が短縮される(またはずれが小さくなる)。一方、折り紙の所要時間 ($F(6, 63)=1.709, p>.05$)、折り紙のずれ ($F(6, 63)=1.648, p>.05$)、シール貼り(1回目)のずれ ($F(6, 63)=0.780, p>.05$)、シール貼り(2回目)のずれ ($F(6, 63)=1.069, p>.05$) の主効果は有意でない。

主効果で有意な変数についてLSD法による多重比較を行った($p<.05$)。なぞりがき(ほ)の時間において、1年生は6年生・成人よりも時間が有意に延長した。なぞりがき(ほ)のずれにおいて、1年生・2年生は4年生・6年生よりずれが有意に大きい。なぞりがき(を)の時間において、1年生・2年生・4年生は成人より有意に時間が延長した。なぞりがき(を)のずれについて、1年生・2年生は4年生より、2年生・3年生は4年生・5年生・6年生より、ずれが有意に大きい。シール貼り(1回目)の時間について、1年生は3年生・5年生より、3年生・4年生・5年生は成人より時間が有意に延長した。シール貼り(2回目)の時間について、1年生は3年生・5年生・6年生・成人より、3年生は4年生より、4年生は5年生・成人より、時間が有意に延長した。

結果は以下のようにまとめられる。すなわち、なぞり書きについては、所要時間に関して小学生の学年間ではほとんど差がないが、成人との差があることから、中学生以降に発達の画期があると推察される。一方、正確性に関して、4年生以降と低学年との差が有意であり、4年生ごろに成人と同水準となると考えられる。折り紙については、所要時間及び正確性の両者に関して、小学生と成人との間に統計的な差はなく、小学校1年生段階で成人とほぼ同じ水準である、すなわち、発達の画期が小学校入学以前にあると推測される。シール貼りについて、所要時間に関しては、小学校5年生ごろに成人とほぼ同水準になり、一方、正確性に関しては、小学生と成人とに統計的な差がなく、発達の画期が小学校入学以前にあると推測される。

まず、速さ(すなわち所要時間)と正確性の関連の発達変化について考察する。全ての課題で、正確性が先に成人と同水準となり、その後に速さ(所要時間)が成人値に近づくという結果が得られた。

フィッツの法則によれば、運動の速さと正確性は一変数で制御される。しかし、今回の結果では、速さと正確性がそれぞれ独立して制御される変数として発達しながら、やがて一つの変数で制御されるようになるという可能性が示唆される。もし、こうした発達の变化があるならば、行為や操作の発達とは独立制御される変数がまとまっていく過程と見ることはできないだろうか。すると、運動コントロールにおける運動の自由度は無限にあるのではなく協調的にまとまって数を減らしているとするベルンシュタインの自由度問題が重要となってくる(Latash and Turvey, 1996)。

しかしながら、一方では、それぞれの年代の中での子ども個人ではトレードオフが成立している可能性も否定できない。今回はパイロット研究という意味で一つの結果を提起したが、今後様々な角度から知見を積み重ねる

表1 小学生及び成人における課題ごとの所要時間とずれ(平均値±標準偏差)

被験者群	なぞり書き (ほ)・時間 (sec)	なぞり書き (ほ)・ずれ (mm)	なぞり書き (を)・時間 (sec)	なぞり書き (を)・ずれ (mm)	折り紙・ 時間 (sec)	折り紙・ ずれ (mm)	シール貼り 1回目・時間 (sec)	シール貼り 1回目・ずれ (mm)	シール貼り 2回目・時間 (sec)	シール貼り 2回目・ずれ (mm)
1年生	11.4±2.3	0.6±0.4	8.5±2.5	0.5±0.4	10.9±5.4	1.2±0.7	13.8±3.8	0.1±0.1	12.0±3.1	0.1±0.2
2年生	11.5±0.8	0.6±0.4	9.0±2.0	0.6±0.6	15.6±6.8	1.0±1.6	15.3±5.2	0.1±0.2	10.2±1.4	0.1±0.1
3年生	10.8±3.4	0.3±0.4	8.2±2.8	0.6±0.6	11.1±4.8	0.8±0.4	10.2±3.2	0.1±0.2	8.7±2.6	0.1±0.1
4年生	12.1±1.5	0.1±0.2	8.9±1.7	0.0±0.0	15.0±9.2	0.6±0.4	13.1±5.4	0.1±0.1	11.2±3.2	0.0±0.1
5年生	11.5±3.8	0.3±0.4	8.2±2.4	0.1±0.2	13.3±5.4	0.4±0.4	10.2±1.8	0.0±0.0	8.3±2.2	0.0±0.0
6年生	12.3±2.1	0.1±0.2	8.2±1.2	0.1±0.2	15.4±5.5	0.6±0.4	12.7±2.9	0.0±0.0	9.7±2.6	0.1±0.2
成人	7.2±2.0	0.4±0.5	5.8±1.4	0.3±0.4	9.4±3.3	0.6±0.4	9.7±2.2	0.0±0.1	8.7±1.8	0.0±0.1

必要がある。

次に、取り上げた3つの課題間の発達の差異については、最初に折り紙、そしてシール貼り、最後になぞり書きという順序で成人と同じ水準になる発達変化が見られた。

この順序については、もちろん、たとえば折り紙といっても様々な折り方があるわけで、当然ではあるが、全ての折り方でこの順序性が普遍的に成り立つわけではないだろう。たとえば、今回は三角形に半分に折るという課題であるが、別の折り方の課題であれば、当然異なった順序になる。

とはいえ、あえて別の視点でこの順序性の意味を捉えるならば、操作する道具の数に注目してみたい。今回の3課題のうち、折り紙だけ操作する道具が1つしかない（なぞり書きでは鉛筆と台紙、シール貼りではシールと台紙という2つの道具がある）。操作する道具が複数になれば、当然、両手の協応や注意の配分が必要になり、発達の高い水準の操作を要求されることになるだろう。こうした道具の数と操作の関係について、今後検討することが必要であろう。

最後に、課題を2点提起する。一つには、本研究では、統計的な差異は見られなかったものの、平均値に差があるとみなせるところもあった（例えば折り紙）。統計的な差が見られなかった原因として対象者数の影響も考えられ、今後その数を増やして検討する必要がある。

二つには、本研究では、性差については、課題ごとに

全対象者で男女差の統計的検定を行い、いずれの課題でも有意な差を確認しなかったが、性差の発達のなずれまでは検討には至らなかった。小学校高学年では、一般に女子の成長・発達が早期に生じることが指摘されており、今後は性差について対象児を増やして検討する必要があるだろう。

謝 辞

ご協力いただきました東京都老人総合研究所・西澤哲先生と、東京学芸大学大学院・平田正吾先生に感謝いたします。

引用文献

- 海部陽介（2005）現代人の起源——研究の現状と将来の展望——. *Anthropological Science (Japanese Series)*, 113: 5–16.
- Latash M.L. (1993) Control of Human Movement. *Human Kinetics*. Illinois, pp. 181–187.
- Latash M.L. and Turvey M.T. (1996) *Dexterity and its development*. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, pp. 277–303.
- 奥住秀之・牛山道夫・葉石浩一・田中敦士（2000）7つの課題からみた知的障害者の身体運動能力. *Anthropological Science (Japanese Series)*, 108: 91–99.
- 奥住秀之（2005）知的障害者の運動行為の問題. *発達障害研究*, 27: 13–19.
- 大竹弘子・成瀬悟策（1980）なぞりがき動作の発達と視覚的情報の役割. *九州大学教育学部紀要（教育心理学部門）*, 25: 29–35.
- Ueda Y., Nishizawa S., and Kimura T. (1999) Aging effect on tapping frequency assessed by hand dominance. *Anthropological Science*, 107: 247–254.