タッチパネル方式を用いた幼児向け 実行機能課題の有効性

坂田 陽子¹ 愛知淑徳大学 森口 佑介 京都大学

Effectiveness of an executive function task with a touch panel system for young children

Yoko Sakata (*Aichi Shukutoku University*) and **Yusuke Moriguchi** (*Kyoto University*)

The Dimensional Change Card Sort (DCCS) task is a widely used measure for the development of executive function during early childhood. In this task, children are asked to sort cards according to one rule (e.g., color) during preswitch phases, after which they are asked to sort cards according to another rule (e.g., shape) during the postswitch phases. A computer version of the DCCS was needed to standardize the test material, but a previous study showed that children showed more difficulty in a computer version with a mouse device than the standard card version. In this study, we assessed the effectiveness of a computer version with a touch panel and compared performance with the standard card version. Three- and 4-year-old children were given the card version and computer version of the DCCS tasks. The results revealed that children showed similar performance during the preswitch and postswitch phases both in the computer version and in the card version. The results suggest that both versions of the task assessed the same underlying cognitive processes.

Key words: executive function, preschool children, DCCS task, computer, touch panel.

The Japanese Journal of Psychology

2016, Vol. 87, No. 2, pp. 165–171

J-STAGE Advanced published date: May 10, 2016, doi.org/10.4992/jjpsy.87.15203

実行機能は、前頭葉と深い関連のある認知的な自己制御に必要とされる能力であり、目標志向的行動の実現などに関わる (Garon, Bryson, & Smith, 2008; Wiebe, Espy, & Charak, 2008; Zelazo, Carter, Reznick, & Frye, 1997)。実行機能は生涯にわたって発達が続くことが知られている。具体的には、乳幼児期に急激に発達し、児童期から青年期まで緩やかな発達を遂げ、老年期には低下が見られる (森口, 2012)。

幼児期の実行機能の発達の指標として用いられている課題に、Dimensional Change Card Sort (DCCS) 課題がある (Zelazo, Frye, & Rapus, 1996)。この課題では、色や形などの2つのルールを含むカードを用いる。まず、「黄色の車」と「緑色の花」のカードを用意し、

これをターゲットカードとする。参加児にこのターゲットカードとは色と形の組み合わせが異なる「緑色の車」と「黄色の花」などのテストカードを提示し、それらを分類するように求める。プレスイッチ (ルールの切り替え前) 段階では、2つのルールのうち1つ (例えば、色) で分類させ、ポストスイッチ (ルールの切り替え後) 段階では、1つ目とは異なるルールで分類させる (例えば、形)。4歳児や5歳児はこの課題を容易に通過する。一方、3歳児はプレスイッチ段階を通過するものの、ポストスイッチ段階において、プレスイッチ段階と同じルールでカードを分類してしまう。例えば、プレスイッチ段階で、色ルールでカードを分類すると、ポストスイッチ段階で形ルールを用いて分類すべきときにも、色ルールに固執して分類してしまう。

この課題においてなぜ3歳児が困難を示すかについては様々な説明がなされている。初期の研究は、高次のルールシステムを幼児が表象できるかという点に焦点をあてて説明していた (Zelazo et al., 1996)。ここでの高次のルールとは、色ルール (緑色のカードはあち

Correspondence concerning this article should be sent to: Yusuke Moriguchi, Graduate School of Education, Kyoto University, Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan. (E-mail: moriguchi.yusuke.8s@kyoto-u.ac.jp)

¹ 本研究のデータ収集に際して、田村 優弥氏 (愛知淑徳大学心理学部 2014 年 3 月卒業) の協力を得た。

らへ、黄色のカードはそちらへ」と形ルール（車のカードはあちらへ、花のカードはそちらへ）という個々のルールを束ねるルールのことである。この高次のルールを表象することによって個々のルール（色ルール、形ルール）を状況に応じて使い分けができるようになる。3 歳児は高次のルールを表象することができないためルールを切り替えることができないが、4、5 歳児は高次のルールを表象できるため教示に従ってルールを使い分けができるのである。この説明は、近年の研究により批判を受けており、ポストスイッチ段階において、プレススイッチ段階で用いたルールへの注意を抑制できないために幼児は最初のルールに固執するという説などが提示されている（Kirkham, Cruess, & Diamond, 2003）。いまだに議論は続いているが、幼児が最初のルールを抑制できず、2 つ目のルールを正しく使用できないという点は多数の研究が報告しており、課題の成績が前頭前野の活動と関連していることも示されている（Moriguchi & Hiraki, 2009）。

この課題は、アメリカやカナダといった西洋圏のみならず、中国や日本といったアジア諸国においても、広く用いられている（Carlson & Moses, 2001; Kirkham et al., 2003; Moriguchi, Evans, Hiraki, Itakura, & Lee, 2012）。心の理論の発達指標の 1 つである誤信念課題など、他の認知課題との相関関係も繰り返し示されており、定型発達児の実行機能の発達の個人差を調べるには適した課題であることが示唆されている（Carlson & Moses, 2001; Zelazo, 2006）。また、DCCS 課題の成績と外在化問題行動との関連も示されている（Obradović, 2010）。さらに、同一の参加児に一定の期間において 2 度同じ課題を与える再テスト法を用いた研究において、DCCS 課題の成績は個人内で安定していることが示されている（Beck, Schaefer, Pang, & Carlson, 2011）。このように、この課題の信頼性・妥当性が繰り返し示されている。

DCCS 課題は定型発達児の発達指標として用いられるだけではなく、非定型発達児への有効性も示されている。例えば、自閉症スペクトラム児の特徴の 1 つに常同行動があるが、この特徴は実行機能の機能不全と関連する可能性がある。また、注意欠陥・多動性障害（ADHD）児でも実行機能の発達の遅延が指摘されている。これらの障害を抱える子どもたちに DCCS 課題を与えた場合には、定型発達児と比べて成績が有意に悪く、課題中の前頭前野の活動が弱いことが示されている（Yasumura et al., 2012; Zelazo, 2006）。以上のように、DCCS 課題は、実行機能の発達指標としての感度は高く、基礎的研究のみならず、スクリーニングや発達実践の現場における指標としての使用も期待される。

このような DCCS 課題だが、基礎的研究や教育、保育、医療などの現場において広く使用することを考えると、方法を標準化・簡素化することが望ましいと

思われる。現状では研究者や使用者がそれぞれ実験材料を作成、使用しているが、これは、DCCS 課題が伝統的にカードとトレイを用いて検討されていることによるのかもしれない。DCCS 課題における実験材料の影響を直接的に検討した研究は報告されていないが、課題の教示方法によって成績が影響を受けることは示されているため（Bohlmann & Fenson, 2005）、研究によるばらつきを少なくする工夫が必要と言える。さらに、発達臨床の現場でこの課題が検査として用いられるようになれば、研究者以外の現場従事者、例えば母子保健法に基づき行われる乳幼児健康診査に従事する保健師などが課題を施行することになる。その際、誰が実施しても安定した結果が得られるような、より一般的で簡素化した課題実施方法が求められる。

これらの問題を解決するための一案として、現行のカードやトレイなどの標準化されていない材料を用いるよりも、コンピュータ制御の実験装置を開発することが挙げられる。この装置を使用すれば、材料の作成の手間も省け、また実施者の経験や力量に左右されずにデータを得られることができるようになると考えられる。また、コンピュータを用いた場合、方法の統一化やデータの管理の簡素化、脳研究などへの応用などの利点もあると考えられる。しかしながらその一方で、コンピュータに不慣れた幼児の反応を計測することが難しかったり、伝統的に用いられてきた課題とは異なる能力を測定してしまったりする可能性も考えられる。そこで本研究ではコンピュータを用いた DCCS 課題を作成し、カードを用いた従来の DCCS 課題と比較検討することで、コンピュータを用いた DCCS 課題の妥当性を検討する。

ところで、幼児を対象にコンピュータ制御によって課題を提示した場合の反応測定法は多様である。自閉症スペクトラム児と定型発達児を対象にした Yasumura et al. (2012) や Kloo, Perner, Kerschhuber, Dabernig, & Aichhorn (2008) は、実験参加児にキーボード上のボタンを押させることにより反応測定を行っている。別の課題ではあるが、Heine et al. (2010) は、小学 1 年生から 3 年生の数の大きさ概念を、コンピュータを用いて測定した。この研究では、実験参加児にマウスを使って、それぞれの示された項目に関して数直線の適切な位置へ印を移動させることにより、反応を測定している。しかしながら、幼児は、マウスの操作に困難を示す。Moriguchi, Tanaka, & Itakura (2011) は、DCCS 課題において、定型発達児にマウスを用いて反応させた。その結果、マウスの操作などの問題から 5 歳児であっても 3 割程度の参加児がプレススイッチ段階すら通過することができなかったと報告している。カードを用いた課題を容易に通過することができる 5 歳児がプレススイッチ段階に通過できなかったという結果は、幼児向けの課題においてマウスの使用が適切でないこと

を示唆している。また、従来の DCCS 課題では、カードを手で掴んでトレイに入れるという操作が必要とされる。このような操作には、マウスの操作よりも、コンピュータディスプレイ上に出されたカードを手で直接タッチするという操作のほうが、近いと考えられる。

この点に関して、坂田 (1999) は、幼児期の選択的注意の発達を検討する際に、タッチパネルを用い、幼児に直接的に画面を触らせることで反応を測定している。そして、モニターに直接タッチさせるような実験装置を用いることで十分幼児を対象とした実験が可能であると述べている。

以上のことを考慮し、さらに現行の課題での、実験参加児が直接カードを手を持ってトレイに入れるという作業により近づけるためにも、参加児の反応について、タッチパネルを通して採れるように課題の設計を考案する。さらに、本研究では、コンピュータを用いた DCCS 課題と、従来のカードを用いた同課題を比較し、両者における子どもの反応が類似したパターンであるかも検討する。

方 法

実験参加者

愛知県内の幼稚園に通園する 75 名の 3, 4 歳児が参

加した。3 歳児の男児 2 名がエラーによって除外されたため、3 歳児 52 名 ($M=3$ 歳 8 ヶ月, $SD=3.0$, 範囲 3 歳 2 ヶ月—3 歳 11 ヶ月) および 21 名の 4 歳児 ($M=4$ 歳 2 ヶ月, $SD=2.03$, 範囲 4 歳 0 ヶ月—4 歳 8 ヶ月) が実験に参加した。幼稚園の園長に実験の趣旨、個人特定回避の保証、結果開示方法などを説明した上で、実験実施の許可をとった。また、園児の保護者には、先と同様の説明に加えて、実験への参加は自由であることを紙面にて説明し、保護者の同意を得られた園児のみを対象に実験を行った。

本研究にはコンピュータ課題条件とカード課題条件の 2 つの条件があり、コンピュータ課題条件には 3 歳児 18 名 ($M=3$ 歳 7 ヶ月, 3 歳 4 ヶ月—3 歳 11 ヶ月) と 4 歳児 9 名 ($M=4$ 歳 1 ヶ月, 4 歳 0 ヶ月—4 歳 2 ヶ月) が参加し、カード課題条件には 3 歳児 34 名 ($M=3$ 歳 9 ヶ月, 3 歳 2 ヶ月—3 歳 11 ヶ月) と 4 歳児 12 名 ($M=4$ 歳 2 ヶ月, 4 歳 0 ヶ月—4 歳 8 ヶ月) が参加した。参加児は両条件にランダムに振り分けられた。条件間に月齢の違いは見られなかった ($t < 1.0$)。

材料および手続き

実験は幼稚園の一室で、実験者と実験参加児、付添のための幼稚園の職員の 3 名で行われた。実験参加児は実験者と机を挟んで向かい合って座った。実験者は

Figure 1. Stimuli in the computer task condition.

参加児とラポールをとり、参加児が実験状況に慣れたのちに実験を開始した。

コンピュータ課題条件 タッチパネルモニタ内蔵のラップトップコンピュータを使用した (NEC VersaPro VZ-E, 12.1 型)。ターゲットカードとして、「緑色の花」「黄色の車」の画像を、テストカードとして、「黄色の花」「緑色の車」の画像を用意した。実験の流れは、まず、ターゲットカードとトレイを組み合わせた画像が画面上部の左右にそれぞれ 1 セットずつ提示された。左が緑色の花、右が黄色の車として固定されていた。その 2 秒後に、先に提示されている 2 枚のターゲットカードに加えてテストカード 1 枚が画面の下半分の中央に提示された。そして参加児は、教示されたルールに従って、2 枚のターゲットカードのうち分類できと思う方のトレイの画像をタッチするよう教示された。参加児がタッチすると 1 秒間ブランク画面が現れ、その 2 秒後に再びターゲットカードとトレイが画面上部左右に 1 セットずつ提示された。これを 1 試行とした (Figure 1)。カード刺激の画面上の大きさは、画面から約 30 cm 離れて視角縦 $10^\circ \times$ 横 4° であった。呈示刺激は Visual Basic 6.0 で制御した。

本実験に先立ち、装置に慣れるためにデモンストラーション (デモ試行) を実施した。デモ試行では、それぞれのテストカードにつき 1 試行ずつ、計 2 試行提示された。実験者が、色と形のうち、一方のルールを説明しながら、そのルールに合致するターゲットカード 1 つをタッチした。具体的には、「今から色 (もしくは形) ゲームを始めるよ。画面に出てきたカードが、(一方のターゲットカードを指さしながら) こっちのカードと同じ色 (もしくは形) だったらこっちの入れ物 (トレイ) をタッチしてね。(もう一方のターゲットカードを指さしながら) こっちと同じ色 (形) だったらこっちの入れ物 (トレイ) をタッチしてね。」と教示した。

本実験では、まず、実験者はデモ試行と同じルールでトレイをタッチさせるよう教示を行った (プレススイッチ段階)。プレススイッチ段階では、「黄色の花」「緑色の車」が描かれたテストカードが 6 試行ずつ、計 12 試行が与えられた。12 試行内でテストカードの提示順序はランダムであった。プレススイッチ段階終了後、実験者は参加児に、「今度は、今やったのとは違うゲームをするよ。真ん中に出てきたカードと同じ形 (もしくは色) の方の入れ物 (トレイ) をタッチしてね。」と教示し、参加児にプレススイッチ段階とは異なるルールでトレイをタッチすることを求めた (ポストスイッチ段階)。ポストスイッチ段階でも、参加児はプレススイッチ段階同様 12 試行が与えられた。ルールの順序は参加児間でカウンターバランスがとられた。

カード課題条件 カード課題条件は、コンピュータで刺激を提示する代わりに、実際のカード (7×11

cm) およびトレイ (10×15 cm) を用いた点以外は、コンピュータ課題条件とほぼ同様の手続きであった。カード課題条件では、ラミネート加工されたカードが使用され、ターゲットカードとして、「緑色の花」「黄色の車」が描かれたカードがそれぞれ 1 枚ずつ用意され、2 つのトレイにそれぞれ 1 枚ずつ貼り付けられていた。トレイは子どもの目の前に 2 つ並べて置かれた。テストカードには、「黄色の花」「緑色の車」が描かれたカードがそれぞれ 6 枚ずつ用意された。カードの大きさはすべて同じであった。

本実験に先立ち、コンピュータ課題条件同様、実験自体に慣れるためにデモ試行を実施した。デモ試行では、実験者が、プレススイッチ段階と同じルールを説明しながら、そのルールに従ってテストカードを 2 枚分類した。ターゲットカードが貼られているトレイの位置は固定した。

結 果

各段階において 1 試行正答したら 1 点とした。予備的に、用いたルールの順序が課題の成績に与える影響 (プレススイッチ段階では色ルールでポストスイッチ段階では形ルール、もしくはその逆) を、 t 検定を用いて検討したが、プレススイッチおよびポストスイッチの両段階において、ルールの順序の有意な効果は見られなかった ($t < 1.0$)。また、性差が成績に与える影響を、 t 検定を用いて検討したが、プレススイッチおよびポスト段階において性差の有意な影響は認められなかった ($t < 1.0$)。そのため、以下の分析ではこれらの要因については考慮しないこととした。

まず、課題の成績について、2 (年齢群: 3 歳児 vs. 4 歳児) $\times$ 2 (課題条件: コンピュータ課題 vs. カード課題) $\times$ 2 (課題段階: プレススイッチ vs. ポストスイッチ) の 3 要因の分散分析を行った (Figure 2)。その結果、課題段階の有意な主効果がみられ ($F(1, 69) = 51.284, p < .01, \eta^2 = .267$)、プレススイッチ段階の成

Figure 2. Correct performance in each phase in each condition. Error bars represent standard error.

Table 1

The number of children who passed and failed the preswitch and postswitch phase in each condition

	Condition	Preswitch phase		Postswitch phase	
		Pass	Fail	Pass	Fail
3-year-olds	Computer	14	4	2	12
	Card	30	4	11	19
4-year-olds	Computer	7	2	5	2
	Card	11	1	5	6
Total	Computer	21	6	7	14
	Card	41	5	16	25

績がポストスイッチ段階の成績よりも有意に得点が高かった。また、年齢に有意な傾向がみられ ($F(1, 69) = 2.964, p < .10, \eta^2 = .014$)、3歳児よりも4歳児の方が、有意に成績が高い傾向にあった。

さらに、課題条件間において有意な違いは認められなかった ($F(1, 69) = 0.6700, p > .41, \eta^2 = .003$)。本研究の最大の目的は、課題条件における違いが見られるかどうかを検討することである。しかしながら、帰無仮説を立て、その仮説をある基準に基づいて棄却するか否かを決定する従来の統計的検定ではこの点を検討することは難しい。縄田 (2014) は、ある変数と別の変数の関連のなさを従来以上に積極的に主張するためには、標本サイズが十分に大きい場合に有意差が得られないことと、その関連についての効果量が小さいことを示す必要があると述べている。本研究は、後者に着目し、課題条件間の違いの効果量について検討した。しばしば用いられる Cohen (1969) の基準では、 $\eta^2 = .01$ が小さな効果量とされる。本研究で得られた課題条件の違いに関する効果量は、 $\eta^2 = .003$ であり、十分に小さいものと言える。

さらに、課題条件間の違いに関する効果量の信頼区間を算出し、その範囲が小さな効果量の範囲に留まるかを検討した (Borenstein, Hedges, Higgins, & Rothstein, 2011)。課題条件間の成績の違いについて、効果量の95%信頼区間は $[-.000, .045]$ であり、信頼区間の上限は、Cohen の中程度の効果量の目安である .058 を含まないものの、比較的範囲が広いことが示された。

次に、先行研究では、それぞれの段階を8—9割以上正答した参加児を通過とみなしている (Zelazo, 2006)、本研究においても10点以上を通過、それ以下を不通過として、分析を実施した。

まず、プレスイッチ段階の成績について検討し、そののちにポストスイッチ段階の成績について報告する。各条件におけるプレスイッチ段階の結果を Table 1 に記載した。DCCS 課題においてカードを刺激として用いた先行研究では、ほとんどの3歳児はプレスイッチ段階を通過することが示されている (Zelazo, 2006)。本研究においても、3歳児において、コンピュー

タ課題条件の14名 (77.8%) およびカード課題条件の30名 (88.2%) がプレスイッチ段階を通過した。また、4歳児においてはコンピュータ課題条件の7名 (77.8%)、カード課題条件の11名 (91.7%) が課題に通過した。フィッシャーの直接確率法を用いて両条件におけるプレスイッチ段階の通過率に違いがあるかを各年齢で検討したが、条件間に有意な差は見られなかった (いずれも $p > .10$)。

次に、ポストスイッチ段階の分析について報告する。参加児のうち、プレスイッチ段階を通過しなかった3歳児8名 (コンピュータ課題条件4名、カード課題条件4名)、4歳児3名 (コンピュータ課題条件2名、カード課題条件1名) は以降の分析から除外し、コンピュータ課題条件3歳児14名 ($M = 3$ 歳6ヵ月) と、4歳児7名 ($M = 4$ 歳1ヵ月)、カード課題条件3歳児30名 ($M = 3$ 歳9ヵ月) と、4歳児11名 ($M = 4$ 歳3ヵ月) を分析の対象とした。各条件におけるポストスイッチ段階の結果を Table 1 に記載した。4歳児の人数が少ないため、3, 4歳児を全体で分析したところ、コンピュータ課題条件では7名 (33.3%) の参加児がポストスイッチ段階を通過し、カード課題条件では16名 (39.0%) の参加児がポストスイッチ段階を通過した。両条件における通過率の違いをフィッシャーの直接確率法によって検討したところ、条件間に統計的に有意な違いは認められなかった ($p > .10$)。これらは、両条件における通過率には違いがないことを示唆している。

考 察

本研究では、幼児期の実行機能の発達指標である DCCS 課題のタッチパネル方式を採用したコンピュータ版を作成し、コンピュータを用いた DCCS 課題の妥当性を検討することを目的とした。具体的には、3, 4歳児を対象にコンピュータ版 DCCS 課題と、伝統的に用いられているカード版 DCCS 課題を比較することで、コンピュータ版の課題の特徴を検討した。その結果、2点が明らかになった。1つは、いずれの課題においても8割程度の子どもがプレスイッチ段階を通過できたのにもかかわらず、ポストスイッチ段階には

困難を示したことである。もう 1 つは、プレスイッチ段階においてもポストスイッチ段階においても、両条件において成績が類似していた点である。成績に類似傾向がみられたが、従来の統計的検定では、条件間に違いがないという結論は導くことは難しかった。そこで、本研究では縄田（2014）の指摘に従い、効果量に着目して課題条件間に成績の差があると言えるか否かを検討した。その結果、両条件間の成績の違いに関する効果量は小さいことが明らかになった。また、効果量の信頼区間を検討したところ、その範囲は比較的広いことも示された。今後大規模なサンプルで同様の検証を行うことで、条件間の成績がどの程度異なるかをより正確に検討する必要があるだろう。

本研究で用いた課題では、コンピュータのタッチパネル画面上にターゲットカードとテストカードが提示され、参加児はそれらの画像に触れることによって反応した。このような方法を採用したのは、コンピュータを用いた先行研究において参加児にマウスを用いて反応させた場合に、マウスの操作などの問題から 5 歳児であっても 3 割程度の参加児がプレスイッチ段階すら通過することができなかったためである（Moriguchi et al., 2011）。そしてタッチパネルを用いたほうが参加児にとって課題に取り組みやすいと考えた。このような方法を用いたことにより、プレスイッチ段階においてもポストスイッチ段階においても、コンピュータ課題条件の成績は、カード課題条件の成績と変わらないという結果が得られた。

では、マウスでの反応とタッチパネルでの反応は何か違うのであろうか。いずれも課題遂行時には、視覚と運動能力の協応が必要である。しかしマウスでの反応時には、正解の刺激を注視しながらも、マウスを操作する手は当該の刺激呈示場所とは全く違う場所にあり、課題とは関係のない運動をさせなくてはならない。つまり、視点と運動到達位置および運動内容が不一致であり、協応の負荷が非常に高い。そのため回答時には課題解決とは無関連の能力をも求められることになってしまう。一方、タッチパネルでの反応時は、正解の刺激を注視し、当該の刺激を指で触れるだけでよい。すなわち、視点と運動到達位置が一致しており、協応の負荷が非常に低く、課題解決能力をより純粋に測定できる。このように、マウスではなくタッチパネルを使用することで視覚と運動の協応負荷が軽減された結果、コンピュータ課題条件とカード課題条件の成績に違いが見られなくなったものと考えられる。

今回のようなコンピュータを用いた課題では、それぞれの課題に必要な材料を作成しなくても、プログラムが標準化されれば、それを用いて課題を進めることができる。さらに、子どもの反応はコンピュータで記録されるため、従来よりも実施者側の労力が軽減される。コンピュータを利用することで、多種の課題を組

み合わせて使用することも容易となり、実行機能の介入などに利用できる可能性が広がる。近年、幼児の実行機能が心の理論の発達や就学時の学力を予測することが示されている（Blair & Razza, 2007; Carlson & Moses, 2001）。また、自閉症スペクトラム児や注意欠陥・多動性障害児は、実行機能の発達に問題を抱えていることが示されている（Mulas et al., 2006; Yasumura et al., 2012）。これらの知見を受け、幼児を対象にした実行機能の訓練プログラムが開発されている（Diamond & Lee, 2011）。発達早期から実行機能に介入することで、その後の学力や社会性の発達を促進させようとする試みである。それらの研究では、DCCS 課題を含めた様々な実行機能課題を用いているが、ほとんどがカードなどの伝統的な装置や材料を用いている。こうしたことから、多くの子どもを対象にした実行機能の発達や介入の効果を、実験者や装置、材料の影響を最小限にして検証するためには、コンピュータを用いた課題バッテリーを開発することが有効であることが示唆される。本研究では、タッチパネル方式の有効性を示したに過ぎないので、今後、コンピュータ版の実行機能課題を開発するには、より大規模のサンプルを対象にし、カード版の課題との比較を行うことで、妥当性や信頼性を検証していく必要がある。

しかし、今回のコンピュータを用いた課題設定において、残された問題が 1 つある。それは、課題教示を、従来どおり実験者が口頭で行った点である。もちろん教示も自動化できるが、本研究では、教示だけは実験者が参加児のベースに合わせて口頭で行った。これは、坂田・川口・杉浦（2015）が、幼児のタブレット使用における言葉がけの重要性を指摘しているためである。特に 3 歳以下の幼児では、タブレットの機械音声を通してまめにせず、成人が話しかけながら一緒に使用することが子どもの内容理解を促進するという。また、幼児に対するデジタルデバイスの使用に関する研究は十分でなく、機械音声での教示や課題内容を幼児が十分に理解できるかは明らかではない。幼児を対象としてコンピュータを用いた課題を設定する際は、教示をいかに工夫して自動化するかが今後の課題であろう。このように、方法を標準化できる面とそうではない面があることに留意しながら、様々な幼児向けの課題においてコンピュータを用いた課題設定の有用性を検討していく必要がある。

引用文献

- Beck, D. M., Schaefer, C., Pang, K., & Carlson, S. M. (2011). Executive function in preschool children: Test-retest reliability. *Journal of Cognition and Development, 12*, 169–193.
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control,

- executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78, 647–663.
- Bohlmann, N. L., & Fenson, L. (2005). The effects of feedback on perseverative errors in preschool aged children. *Journal of Cognition and Development*, 6, 119–131.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2011). *Introduction to meta-analysis*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Carlson, S. M., & Moses, L. J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child Development*, 72, 1032–1053.
- Cohen, J. (1969). *Statistical power analysis for the biomechanical sciences*. New York: Academic Press.
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333, 959–964.
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134, 31–60.
- Heine, A., Thaler, V., Tamm, S., Hawelka, S., Schneider, M., Torbeyns, J., ... Jacobs, A. M. (2010). What the eyes already 'know': Using eye movement measurement to tap into children's implicit numerical magnitude representations. *Infant and Child Development*, 19, 175–186.
- Kirkham, N. Z., Cruess, L., & Diamond, A. (2003). Helping children apply their knowledge to their behavior on a dimension-switching task. *Developmental Science*, 6, 449–467.
- Kloo, D., Perner, J., Kerschhuber, A., Dabernig, S., & Aichhorn, M. (2008). Sorting between dimensions: Conditions of cognitive flexibility in preschoolers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 100, 115–134.
- 森口 佑介 (2012). わたしを律するわたし——子どもの抑制機能の発達—— 京都大学学術出版会
- Moriguchi, Y., Evans, A. D., Hiraki, K., Itakura, S., & Lee, K. (2012). Cultural differences in the development of cognitive shifting: East-West comparison. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111, 156–163.
- Moriguchi, Y., & Hiraki, K. (2009). Neural origin of cognitive shifting in young children. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 6017–6021.
- Moriguchi, Y., Tanaka, M., & Itakura, S. (2011). Executive function in young children and chimpanzees (Pan troglodytes): Evidence from a nonverbal dimensional Change Card Sort Task. *Journal of Genetic Psychology*, 172, 252–265.
- Mulas, F., Capilla, A., Fernández, S., Etchepareborda, M. C., Campo, P., Maestú, F., ... Ortiz, T. (2006). Shifting-related brain magnetic activity in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry*, 59, 373–379.
- 縄田 健悟 (2014). 血液型と性格の無関連性——日本と米国の大規模社会調査を用いた実証的論拠—— 心理学研究, 85, 148–156.
- Obrovic, J. (2010). Effortful control and adaptive functioning of homeless children: Variable-focused and person-focused analyses. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 31, 109–117.
- 坂田 陽子 (1999). 幼児の選択的注意と知識の関連性とコンピュータによる刺激提示の有効性 幼年児童教育研究 (兵庫教育大学幼児教育講座紀要), 11, 47–58.
- 坂田 陽子・川口 沙也加・杉浦 悠子 (2015). 幼児の年齢に応じたデジタルデバイスの使用方法の検討——デジタル絵本をもとに—— デジタル教科書研究, 2, 19–31.
- Wiebe, S. A., Espy, K. A., & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Developmental Psychology*, 44, 575–587.
- Yasumura, A., Kokubo, N., Yamamoto, H., Yasumura, Y., Moriguchi, Y., Nakagawa, E., ... Hiraki, K. (2012). Neurobehavioral and hemodynamic evaluation of cognitive shifting in children with autism spectrum disorder. *Journal of Behavioral and Brain Science*, 2, 463–470.
- Zelazo, P. D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1, 297–301.
- Zelazo, P. D., Carter, A., Reznick, J. S., & Frye, D. (1997). Early development of executive function: A problem-solving framework. *Review of General Psychology*, 1, 198–226.
- Zelazo, P. D., Frye, D., & Rapus, T. (1996). An age-related dissociation between knowing rules and using them. *Cognitive Development*, 11, 37–63.