

実行機能の下位要素が心の理論に及ぼす影響

島 義弘*

(2020年10月21日 受理)

Which Aspects of Executive Functions Facilitate Understanding of Theory of Mind in Childhood?

SHIMA Yoshihiro

要約

実行機能の発達が他者の心の理解の発達を促すとされているが、実行機能のどのような側面がより強い効果を持つのかは明らかになっていない。本研究では幼児を対象とした実験を行い、他者の心の理解の発達に対する実行機能の影響を、実行機能を下位要素（抑制機能、認知的柔軟性、ワーキングメモリ）に分解して検討した。その際、従来の誤信念課題は実際以上にワーキングメモリを必要とするため、本研究では誤信念課題を改変して記憶負荷の軽減を試みた。分析の結果、他者の心の理解、実行機能のいずれも年少から年長にかけて向上すること、他者の心の理解の発達は実行機能の中でも認知的柔軟性の影響をより強く受けることが示された。他者の心的状態を推論するためには自己と他者の知識を切り離し、注意の焦点を自分自身の知識から他者の知識へと切り替える力が必要であると考えられる。

キーワード：心の理論，実行機能，誤信念課題

問題と目的

心の理論

他者の心の理解は他者の欲求の理解から始まり、信念や見かけと実際の感情のずれなど複雑な内面の理解へと段階的に発達する（東山，2007; Wellman & Liu, 2004）。このような、他者の心を推測

* 鹿児島大学 法文教育学域 教育学系 准教授

する能力は心の理論 (theory of mind) と呼ばれ、国内外で広く研究されてきた。

心の理論とは、広義には意図や信念など直接観察できない心の働きについての体系的な知識・理解 (素朴理論) であるが、狭義には他者の信念の理解にまつわる問題として扱われている。

狭義の心の理論は「マクシの課題」、「サリーとアンの課題」、「スマーティ課題」などの誤信念課題によって測定されることが多く、およそ4歳から5歳の間に他者の誤った信念を表象し、それに基づく行動の予測が可能になることが明らかとなっている (Wellman, Cross, & Watson, 2001)。

しかし、誤信念課題に正答する以前から他者の意図や信念を理解していると考えられる知見は多数得られている。例えば、Woodward (1998) は3-9か月児を対象とした研究で、馴化時と同じ手の動きで異なる物体を掴んだ場合に、馴化時とは異なる手の動きで同じ物体を掴んだ場合よりも強い脱馴化が生じたことを報告している。また、Ruffman, Garnham, Import, & Connolly (2001) は3歳児を対象としてサリーとアンの課題と同型の課題を実施したところ、明示的な質問には誤答するものの、視線は正解のほうに向いていることを報告した。

これらの知見は、乳児期から幼児期前期の子どもたちも潜在的には他者の心を理解していることを示唆している。先述の通り、誤信念課題を通過するのは4-5歳ごろであるため、潜在的には理解している他者の誤信念を明示的に表現できるようになるには、言語能力や行動制御能力の発達が必要であると考えられる。実際、多くの研究で言語能力と誤信念課題の間には中程度の相関が認められている (e.g., 小川・子安, 2008)。一方、行動制御能力については実行機能に注目が集まっている (森口, 2008)。

実行機能

実行機能 (executive function) とは、目標達成のために行動や思考を計画・調整しコントロールする機能の総称であり (Carlson, 2005)、抑制機能、認知的柔軟性 (またはシフティング)、ワーキングメモリ (またはアップデューティング) などの要素が含まれる (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter, & Wager, 2000)。

抑制機能は自身の行動をコントロールする能力であり、遅延抑制 (衝動的な反応の抑制) と葛藤抑制 (優勢ではあるが不適切な行動の抑制) の2つに分けられる。認知的柔軟性は注意や思考を柔軟に切り替える能力、ワーキングメモリは入力される情報を保持・更新し、必要なときに適切な情報を活性化させるなど、情報処理に関わる能力である。

実行機能の発達 実行機能は前頭葉の成熟と関連し、「乳児期に発達の萌芽がみられ、幼児期に急激に発達し、その後青年期まで緩やかな発達が続く」(森口, 2008, p. 449) とされており、特に3歳から5歳にかけて著しく発達する (Zelazo & Müller, 2002)。この、3-5歳というのは幼児が誤信念課題に正答できるようになる時期よりも若干早く、実行機能の発達が他者の心の理解を促進するものと考えられる。

実行機能と心の理論 誤信念課題では一定の時間、課題内容を覚えておき、自身とは異なる知識を持つ他者の信念を推測し、自分の知識や考えではなく他者の信念を表現することが求められる。

これらはいずれも実行機能に含まれる能力であり、実行機能は心の理論の先行要因であると考えられている (Frye, Zelazo, & Palfai, 1995)。実際、実行機能課題の得点が高いほど誤信念課題の通過率が高いことが多くの研究で示されている (Carlson & Moses, 2001; 小川・子安, 2008; 島, 2015; 島・桑原・東郷・森, 2017)。

本研究の目的

実行機能と心の理論の関連については多くの研究がなされているが、実行機能の下位要素のうち、どの側面が心の理論に影響を与えているのかについては詳らかになっていない。多くの研究でワーキングメモリの影響が認められているが、それは従来の誤信念課題が多くのワーキングメモリを要する形になっているためであるという指摘もある (小川, 2010)。そこで、本研究ではワーキングメモリの負荷を軽減した改訂版誤信念課題を作成し、実行機能の下位要素が誤信念課題に与える影響を検討する。

誤信念課題の改訂については、以下の通りとした。

誤信念課題 (不意移動課題) では物体が移動する場面を見ていない主人公が、その物体がある場所についてどのような信念を抱いているかを問う。この際、他者信念質問 (主人公は物体がどこにあると考えているか) と現在質問 (物体は現在、どこにあるか)、記憶質問 (物体は当初、どこにあったか) の3つをストーリー呈示後に行うため、この課題に正答するためにはストーリーの全体を保持しておく必要がある。改訂版では主人公が課題場面から離れた時点 (物体の不意移動が生じる前) で現在質問と記憶質問を行うことで課題状況を整理した。これによって、ワーキングメモリの負荷を軽減し、物体の移動とそれに伴う主人公の信念の変化 (信念が変化しないこと) に資源を集中させることができると考えた。

方法

実験参加者

A 県内の幼稚園に通う幼児 89 名 ($mean\ month\ age = 58.13, SD = 9.72; range = 39-74$) が参加した。対象児の内訳は、年少児 20 名 (男児 10 名, 女児 10 名; $mean\ month\ age = 44.80, SD = 2.71; range = 39-50$), 年中児 36 名 (男児 19 名, 女児 17 名; $mean\ month\ age = 56.19, SD = 3.85; range = 50-62$), 年長児 33 名 (男児 17 名, 女児 16 名; $mean\ month\ age = 68.33, SD = 4.06; range = 63-74$) であった。

手続き

実験は幼稚園内の一室で、個別に行われた。実験参加者とラポールを形成した後、改訂版誤信念課題と実行機能課題 (赤/青課題, DCCS, 単語逆唱スパン課題) を実施した。なお、実験参加者の負担を考慮して、単語逆唱スパン課題は別日に、本論文では報告しない他の課題と合わせて実施した。

改訂版誤信念課題

サリーとアンの課題を基にして、主人公 (たろうくん) が不在の間に他者 (はなこちゃん) がク

レヨンを移動させるというストーリーを4場面からなる紙芝居で提示した。このうち、第2場面(『たろうくんはお母さんに呼ばれて外に出ていきました』)の後に現実質問(「クレヨンは今どこにあるかな」と記憶質問(「クレヨンは最初どこにあったかな」)を行い、第4場面(『たろうくんがクレヨンを探しています』)の後に他者信念質問(「たろうくんはどこを探すかな」)を行った。回答は言語反応、指差しともに許容した。現実質問、記憶質問、他者信念質問のすべてに正答した場合に1点を与えた(範囲:0-1)。

実行機能課題

赤／青課題 葛藤抑制を測定する課題として赤／青課題(小川・子安, 2008)を実施した。実験参加者の前に赤と青のカードを1枚ずつ置き、「今からゲームをするよ。もし私が〇〇(実験参加者名)くん／ちゃんに赤って言ったら、青いカードをできるだけ早く指さしてね。もし、青って言ったら、赤いカードをできるだけ早く指さしてね」と教示をした。教示後に練習を行い、教示を理解していることを確認した。教示の理解が不十分な参加者には教示を繰り返した。赤と青のカードを置く位置(左右)は実験参加者間でカウンターバランスを取り、赤5試行、青5試行の計10試行をランダムに実施した。10試行中の正反応数を得点とした(範囲:0-10)。

DCCS 認知的柔軟性を測定する課題としてDCCS(Frye et al., 1995)を実施した。2枚のモデルカード(黄色のぼうし、緑のカサ)を示しながら、8枚の分類カード(黄色のカサ、緑のぼうし各4枚)を色もしくは形の次元で分類し、モデルカードが貼られている箱の中入れるように教示した。最初の2枚は実験者が分類カードを見せながら「これは黄色(カサ)のカードです。色(形)のゲームではこのカードはこっちの箱に行きます」と説明しながら実演し、残りの6枚は実験参加者が分類した。分類カードは1枚ずつ手渡しし、その都度「これは黄色(カサ)のカードです。色(形)のゲームではこのカードはどこへ行くかな」と発言し、着目する次元に注意が向くようにした。6枚のカードの分類が終わったら分類カードを回収し、分類の次元を切り替えて再度、8枚のカードの分類を求めた。次元切り替え後に正しく分類できたカードの枚数を得点とした(範囲:0-8)。

単語逆唱スパン課題 ワーキングメモリを測定する課題として単語逆唱スパン課題を実施した。本研究では小川・子安(2008)と同様の単語セットを使用した。この単語セットは2単語から5単語までのリストで構成されており、各語数について2つのリストがある。実験者はリストに含まれる単語数と同数の白い厚紙を実験参加者の前に並べ、「これから私がここにある紙を指さしながら〇〇(実験参加者名)くん／ちゃんに言葉を言っていきます。〇〇(実験参加者名)くん／ちゃんはその言葉とは反対の順番で言ってください。今から私と人形でやってみるので見ていてください。その後で〇〇(実験参加者名)くん／ちゃんにも人形がするみたいにしてもらいます」と教示をし、人形が逆唱する様子を観察させた。続いて練習試行を実施した。練習試行に誤答した場合は「この紙を指さしたときは『いぬ』、この紙を指さしたときは『りんご』って言いましたね。では、反対の順番で言ってみましょう」と説明し、練習を繰り返した。本試行では2単語から始めて、各語数につき2つあるリストのいずれか一方に正答したら単語数を増やしていき、2つのリストのいずれに

も誤答した時点で課題を終了した。正しく逆唱できた単語数を得点とした（範囲：1-5）。

結果

各課題の記述統計量と相関，学年差

各課題の記述統計量と相関を Table 1 に，学年を要因とした分散分析の結果を Table 2 に示した。

相関分析の結果，改訂版誤信念課題と赤／青課題が無相関 ($r = -.03, n.s.$)，赤／青課題と DCCS が有意傾向 ($r = .22, p < .10$) であったのを除いて，すべて有意な相関が認められた ($r_s \geq .24, p_s < .05$)。月齢を統制した偏相関分析を行ったところ，改訂版誤信念課題と赤／青課題の間に有意傾向が出現し ($r_p = -.22, p < .10$)，DCCS と単語逆唱スパン課題の間に有意な偏相関が残った ($r_p = .35, p < .01$)。改訂版誤信念課題と DCCS の偏相関は有意傾向となり ($r_p = .21, p < .10$)，その他は無相関であった ($r_{ps} \leq .07, n.s.$)。

続いて，学年を要因とした分散分析を行ったところ，訂版誤信念課題と実行機能課題のいずれも学年の主効果が有意であった ($F(2, 72-83) \geq 8.46, p_s < .001, \eta^2 \geq .17$)。多重比較 (Bonferroni 法) の結果，単語逆唱スパン課題は年少，年中と年長の間に，その他の課題は年少と年中，年長の間に有意差が認められた。

Table 1. 改訂版誤信念課題と実行機能課題の記述統計量と相関

	N	M	SD	range	r				
					1	2	3	4	5
1 改訂版誤信念課題	86	0.49	0.50	0 - 1	—	-.03	.37 ***	.24 *	.43 ***
2 赤／青課題	75	9.35	1.86	0 - 10	-.22 †	—	.22 †	.25 *	.35 **
3 DCCS	86	6.77	1.96	0 - 8	.21 †	.06	—	.51 ***	.46 ***
4 単語逆唱スパン課題	77	2.35	0.94	1 - 5	.01	.07	.35 **	—	.55 ***
5 月齢	89	58.13	9.72	39 - 75	—	—	—	—	—

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$, † $p < .10$

右上には単純相関 ($N = 74-86$)，左下には月齢を統制した偏相関 ($N = 68-86$) を示した。

Table 2. 改訂版誤信念課題と実行機能課題の学年差

		年少	年中	年長	F	df	p	η^2	多重比較 (Bonferroni)
改訂版誤信念課題	N	20	36	30	8.46	2, 83	< .001	0.17	年少 < 年中, 年長
	M	0.15	0.50	0.70					
	SD	0.37	0.51	0.47					
赤／青課題	N	12	33	30	9.68	2, 72	< .001	0.21	年少 < 年中, 年長
	M	7.42	9.61	9.83					
	SD	3.60	1.14	0.75					
DCCS	N	20	36	30	10.18	2, 83	< .001	0.20	年少 < 年中, 年長
	M	5.35	6.81	7.67					
	SD	2.23	1.98	1.03					
単語逆唱スパン課題	N	16	30	31	18.53	2, 74	< .001	0.33	年少, 年中 < 年長
	M	1.75	2.00	3.00					
	SD	0.68	0.87	0.73					

改訂版誤信念課題と実行機能課題のいずれも、月齢の関数として成績が向上することが示された。

改訂版誤信念課題と実行機能の関連

実行機能が改訂版誤信念課題に与える影響を検討するため、すべての課題に欠損のない68名(年少児12名, 年中児28名, 年長児28名; $mean\ month\ age = 59.49, SD = 9.33; range = 39-74$)のデータを用いて階層的重回帰分析を行った (Table 3)。

最初に、第1ステップに月齢、第2ステップに実行機能の3課題を投入したところ、決定係数の変化量 (ΔR^2) は有意ではなかった。

続いて、実行機能3課題のどの側面が他者の信念の理解の促進に貢献しているのかを検討するため、月齢と実行機能3課題のうち2つを第1ステップに、残り1つの実行機能課題を第2ステップに投入した階層的重回帰分析を行った。その結果、第2ステップにDCCSを投入した場合のみ決定係数の変化量が有意となり ($\Delta R^2 = .05, p < .05$)、認知的柔軟性が高いほど改訂版誤信念課題の得点が高いことが示された ($\beta = .27, p < .05$)。

考察

本研究では他者の心の理解の発達に対する実行機能の影響を、実行機能を下位要素に分解して検討した。その結果、他者の心の理解、実行機能のいずれも年少から年長にかけて向上すること、他者の心の理解の発達は実行機能の中でも認知的柔軟性の影響をより強く受けることが示された。

実行機能については先行研究 (Zelazo & Müller, 2002) で指摘されている通り、およそ3歳から5歳にかけて発達することが確認された。ただし、赤/青課題とDCCSは年中児、年長児において天井効果が生じている可能性が考えられるため、詳細な発達を検討するためにはより難易度の高い課題を用いる必要がある。

誤信念課題については年中児(4歳児)の通過率が50%、年長児(5歳児)の通過率が70%であった。本研究では現実質問と記憶質問を課題の途中に行う改訂版誤信念課題を実施したが、結果は従来型の課題における通過年齢と概ね一致している(小川・子安, 2008; Wellman et al., 2001)。島の一連の研究では年中児の通過率が35%(島他, 2017)から45%(吉川・島, 2017)となっており、

Table 3. 改訂版誤信念課題に対する実行機能の影響

	実行機能		葛藤抑制		認知的柔軟性		ワーキングメモリ	
	step 1	step 2	step 1	step 2	step 1	step 2	step 1	step 2
月齢	.36 **	.34 *	.28 *	.34 *	.41 **	.34 *	.32 *	.34 *
赤/青課題		-.19		-.19	-.18	-.19	-.20	-.19
DCCS		.27 *	.26 †	.27 *		.27 *	.25 *	.27 *
単語逆唱スパン課題		-.06	-.07	-.06	.03	-.06		-.06
R^2	.13 **	.21 **	.18 **	.21 **	.16 *	.21 **	.21 **	.21 **
ΔR^2		.08		.03		.05 *		.00

** $p < .01$, * $p < .05$, † $p < .10$

若干の上昇が認められるが、これは記憶負荷の軽減による効果であると考えられる。本研究では直接的に検討することはできないが、記憶負荷の軽減によって誤信念課題の成績が向上するということは、他者の心を理解する力の発達はより発達の早い段階から潜在的に進んでいる可能性を指摘した Woodward (1998) や Ruffman et al. (2001) の知見を支持するものである。

実行機能が他者の心の理解を顕現させる主要な要因の1つであることは多くの先行研究で指摘されてきたが (Carlson & Moses, 2001; 小川・子安, 2008; 島, 2015; 島他, 2017), 実行機能のどのような側面がより効果を持つのかについては詳らかになっていない。比較的多くの研究がワーキングメモリの影響を見出しているが、それは誤信念課題自体が多くのワーキングメモリを必要とする課題であるためであるという指摘もある (小川, 2010)。本研究では誤信念課題におけるワーキングメモリの負荷を軽減した上で実行機能の下位要素が誤信念課題に与える影響を検討したところ、葛藤抑制とワーキングメモリの個別の影響は認められず、認知的柔軟性のみが誤信念課題の成績に対して個別の影響力を有していることが示された。

認知的柔軟性はシフティングとも呼ばれる、注意や思考を柔軟に切り替える能力である。他者の知識状態を推論するにあたっては、自己と他者の知識を切り離し、注意の焦点を自分自身の知識から他者の知識へと切り替える力が必要であると考えられる。もちろん、課題状況を記憶していること (ワーキングメモリ)、自身にとって優勢反応である自分の知識を抑制すること (葛藤抑制) はいずれも誤信念課題に正答するために必要な能力であり、実行機能の3課題の間には中程度の相関も認められるが (Table 1), より本質的に重要なのは自身の知識から他者の知識へと注意の焦点を移行させる能力である可能性が示された。

誤信念課題に対する認知的柔軟性の影響を示した研究は少なく (e.g., Carlson, Moses, & Breton, 2002), 本研究で得られた知見は貴重である。この知見をより確かなものにするために、引き続き検討を重ねる必要がある。特に、本研究では誤信念課題におけるワーキングメモリの影響を抑制するために記憶負荷を軽減するよう、課題に改訂を加えたが、従来型の誤信念課題との比較は行っていないため、今回の改訂によって記憶負荷が軽減されたのかについての確かな証拠は得られていない。この点も今後の検討課題である。

引用文献

- Carlson, S. M. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 28, 595-616.
- Carlson, S. M., & Moses, L. J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child Development*, 72, 1032-1053.
- Carlson, S. M., Moses, L. J., & Breton, C. (2002). How specific is the relation between executive function and theory of mind? Contribution of inhibitory control and working memory. *Infant and Child Development*, 11, 73-92.

- Frye, D., Zelazo, P. D., & Palfai, T. (1995). Theory of mind and rule-based reasoning. *Cognitive Development, 10*, 483-527.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wagner, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology, 41*, 49-100.
- 森口 佑介 (2008). 就学前期における実行機能の発達 心理学評論, 51, 447-459.
- 小川 絢子 (2010). 不意移動ストーリーの読みなおしによる幼児の誤信念理解の促進—ワーキングメモリとの関連から— 京都大学大学院教育学研究科紀要, 56, 401-410.
- 小川 絢子・子安 増生 (2008). 幼児における「心の理論」と実行機能の関連性：ワーキングメモリと葛藤抑制を中心に 発達心理学研究, 19, 171-182.
- Ruffman, T., Garnham, W., Import, A., & Connolly, D. (2001). Does eye gaze indicate implicit knowledge of false belief? Charting transitions in knowledge. *Journal of Experimental Child Psychology, 80*, 201-224.
- 島 義弘 (2015). 幼児期の葛藤抑制の発達と“思いやりの嘘” 鹿児島大学教育学部紀要（教育科学編）, 66, 85-96.
- 島 義弘・桑原 麻衣・東郷 清代香・森 幸美 (2017). 心の理論の発達に影響を及ぼす要因の検討—認知と社会性の個人差に着目して— 鹿児島大学教育学部紀要（教育科学編）, 68, 187-198.
- 東山 薫 (2007). “心の理論”の多面性の発達—Wellman & Liu 尺度と誤答の分析— 教育心理学研究, 55, 359-369.
- Wellman, H. M., Cross, D., & Watson, J. (2001). Meta-analysis of theory-of-mind development: The truth about false belief. *Child Development, 72*, 655-684.
- Wellman, H. M. & Liu, D. (2004). Scaling of theory-of-mind tasks. *Child Development, 75*, 523-541.
- Woodward, A. L. (1998). Infants selectively encode the goal object of an actor's reach. *Cognition, 69*, 1-34.
- 吉川 詩織・島 義弘 (2017). 幼児の感情理解と心の理論—故意性の推測と悲しみ・怒りの弁別— 鹿児島大学教育学部教育実践研究紀要, 26, 55-64.
- Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. In U. Goswami (Ed.), *Blackwell handbook of childhood development* (pp. 445-469). Oxford: Blackwell.

付記

本論文は、鹿児島大学教育学部の授業の一環として、大迫 由佳、花牟禮 淑乃、山門 祥弥香の3名が実施した研究を再分析、再構成したものである。研究実施に際して科研費（15K17276）の助成を受けた。研究にご協力いただいた幼稚園の皆様とデータ収集にご協力いただいた今村 梓、吉川 詩織（以上、鹿児島大学教育学部（当時））、黒岩 悠（鹿児島大学大学院教育学研究科（当時））の各氏に感謝いたします。