

幼児期におけるメンタルローテーションと自己制御との関連性

野田 満*・落合 洋子**

要 約

53名の幼児を対象にメンタルローテーションと自己制御能力との関連性を検討した。自己制御能力の内、自己抑制、注意の移行と回転の適切性を示す決定係数との間に有意な相関が得られた。また自己制御能力の高得点群と低得点群にわけ決定係数と比較したところ、決定係数の値が自己抑制で高得点群の方が低得点群より有意に高く、注意の移行、注意の焦点化においても同様の傾向が見られた。自己制御尺度は項目内容から行動制御と注意の制御に分けられるが、抑制と注意という側面からメンタルローテーション課題内で生じている事態について検討を行った。

キーワード：メンタルローテーション 自己制御 抑制

子どもが認知課題を行っている時、課題では要求されていないにもかかわらず自らの身体を意識的あるいは意識せずに動かしていることが多い。課題が難しい場合は成人であっても身体的な動きを伴っていることがある。それはあたかも自分や対象の動きを制御しているかのような印象を受ける。

身体を動かす理由にはいくつかのことが考えられるが、一つには課題の性質が与えられた刺激の空間位置を変えて答えを見つけなければならないという場合に、頭の中で行うのではなくて身体を補助的に用いるとされる (Piaget, Inhelder, & Szeminska, 1960/1948; 野田, 2001, 2012, 2016)。幼児にメンタルローテーション課題を行ったところ、身体利用が頻繁に観察された。特に、動かすことが物理的には無理なのだが、提示された刺激をつかみ持ち上げて比較すべき刺激へと回しながら持っていくとする手の動きが観察された。これは特異な行動であり、イメージの変換と関係があるものと推測され、その行為の様子から「ひきうつし」と命名した (野田, 2001)。実際に、メ

ンタルローテーション課題の際に、幼児の多くがこのひきうつしを行おうとするが、知覚的要因だけでなく身体・運動的要因の一つとしてひきうつしの重要性を検討する必要がある (野田, 2012)。与えられた課題は、2刺激の異同の比較であるが、異同判断を行う前提で、標準刺激の符号化を行う必要がある。それに続いて離れたところにある傾いた比較刺激と比較しなければならない。その為に標準刺激の持つ輪郭の形状やその内部の模様といった図柄を保持して移動しなければならない。通常はそれがイメージ上で行われるものと想定されるのだが、移動の途中で情報を失ってしまうリスクにさらされる。情報を保持する為に、ある意味で身体を道具として用いてその「対象になる」ことが起きているといえる (野田, 2016, 2010)。つまり一種の身体化 (embodiment) が果たされているといえよう。ただ、問題なのはそのリスクに気づき身体を道具として利用しようとする子ども達と、何もしようとしないうち子ども達がいるということである (Noda, 2010)。

筆者が行ってきたイメージの変換を求める課題であると、先にも述べたような輪郭の傾きや図柄等、刺激にある複数の次元を同時に扱わなくてはならなくなる。イメージの変換課題で筆者が取り組んできた代表的な課題はメンタルローテーショ

2016年11月30日受付

* 江戸川大学 人間心理学科教授 空間認知発達心理学

** 江戸川大学 こどもコミュニケーション学科准教授 幼児教育、保育

ン実験 (Noda, 2011) や見本合わせ課題 (Noda, 2008), 構成課題 (Noda, 2014) 等がある。前2者は同じか異なるかを判断させる課題で、特に1つ目は反応時間とエラーを指標とし、2つ目の課題は1つ目の試筆版ともいえるもので、異同を答えさせてその正誤のみを指標としている。3つ目の課題は見本と同じように比較刺激の一部を予め提示しておき、足りない箇所を配置させ、その配置の仕方から正誤を得る課題である。いずれも見本と同じかどうかの判断を求めるといった共通点はあるが、反応の仕方で違いはある。しかしながら、これらの課題から、イメージの変換操作に関わる認知的な処理において問題とされていない下位プロセスがあると思われる。

そもそも Cooper & Shepard (1973) の処理の流れの影響を受けた研究文脈で、多くの研究者は迷わずに、イメージの変換がどのように行われるかを検討する場合は、情報処理的な流れを示すフローチャートのどの処理の部分が、どのような状態にあるのかを明らかにするという論法を用いてきている (Kail & Pellegrino, 1985)。メンタルローテーションのアルゴリズムは、1) 刺激の符号化、2) 比較刺激の回転、3) 比較、4) 同一性を判定、5) 反応の5段階に分けられることが多い。課題から得られる指標は先にも示したが、異同を判断するまでの反応時間や、判断のエラー数、さらに提示される刺激の勾配とその反応時間から得られる関数として、1次関数が求められる。特にその関数の傾きが処理の緩急を表し、 y 切片が符号化までに要した処理時間を示すとされる (Cooper & Shaped, 1973; Marmor, 1975, 1977)。こうした指標群から処理のあり方を推察するという研究パラダイムは優れた方法であるといえる。しかしながら、子どもも大人と同じアルゴリズムをとるとした Kail (1991) は、両者の処理スピードの違いの理由を、コンピュータになぞらえてクロック周期 (CPU) の性能の違いとしている。ただこうした考え方では処理資源を単一に捉えてしまい、処理の方略や下位処理のあり方については充分に言及されないままとなってしまう。更に、彼が扱った年齢は 8.5 歳から 11.25 歳と児童期の子ども

達であり、教示に沿ってアルゴリズムに忠実な意図的な回転を行えた子ども達と考えてよい。Marmor や筆者が対象とする幼児期の子ども達が、果たして同じアルゴリズムで処理したかどうかは疑問が残る。確かに Cooper らのモデルや、その変形のアルゴリズムに沿って議論することは意義があるが (Carter, Pazak, & Kail, 1983), 下位プロセスや新たな変数を想定しなければ、年少の子どもがエラーを犯したり、身体利用することを十分に説明出来ないのではないと思われる。

異同判断をする場合、与えられた刺激内のある属性に対して抑制すべき側面と、遂行の為にしかるべき属性へ注意を向ける側面とがある。例えば図1に示すような刺激対が与えられ異同判断が求められる際に、両者の比較を回転せず直接行えば、向きが違うために「異なる」と判断するであろう。しかし向きを揃えるよう対象の回転練習をさせると、傾けた時の同一性が問われていると一時的に認識する。多くの幼児期の子どもは一次的に正しい認識をするものの、本検査に入るとすぐさま以前の見方に戻ってしまう。つまり傾きの違いから同一性を放棄し傾いているだけで異なると反応する。あるいは一次的に正しく傾けることで答えようとするが、刺激内の図柄には無頓着であり矩形の形状に注意を向けて、正像も鏡像も同じと反応してしまう。これは傾けることがわかっているが図柄まで処理しきれていない結果ではないかと推測される。標準刺激の提供する0度正立という状態を抑制しつつ、回転や傾きに伴う情報の変化への注意が課題遂行には重要な働きとなると推測される。つまり動かして調べる必要のある刺激の不

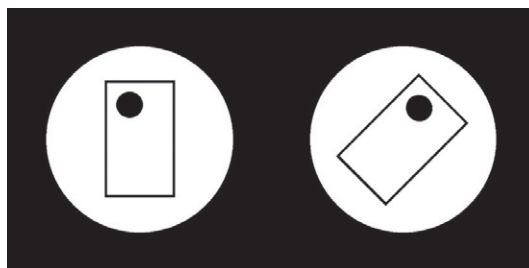


図1 提示刺激の Flag の例 (左が標準刺激, 右が比較刺激)

適切な情報を抑制し、適切な箇所への注意を持続させたことで正しく反応できるようになる側面があるのではないだろうか。このことから、情報の抑制や注意を補助するために身体的な枠組みを与えて捉えている可能性も考えられる。

幼児期の子どもの自己制御の研究へとつながる先駆的な抑制機能 (inhibition) の研究では、随意運動の発生 (Luria, 1969/1957) にみられるように行動調節の働きとして捉えられている。Luria は 3～4 歳の子どもに特定の赤色のランプが点灯するという特定刺激に対してバルブを押し、緑色のランプが点灯した場合は押さないよう指示する課題を行っている。赤色の時は正しく押しているが、緑色の時にも押してしまうということが生じてきている。更に言葉を伴い、赤色の時に「押し」という場合は正しく押すが、緑色の時には「押すな」というにも関わらず、子どもは間違えて押してしまう。Luria の場合は言語が行動に対してどのような働きをするかという視点で解釈をしていくが、初期のこの段階で抑制機能を既に行動調節と捉えている点が重要といえる。

近年、抑制機能の働きについて新たに認知的働きの諸側面から検討しようとする研究がある (Kochanska, Murray, Jacques, Koenig, & Vandegest, 1996; Carlson & Moses, 2001)。Carlson & Moses (2001) は、10 種類の認知課題を行い、その内 6 種類の課題が葛藤抑制、残りの 4 種類が遅延抑制の働く課題に分けられることを示している。森口 (2008) によると、葛藤抑制は優位な反応 (prepotent response) を抑制し、劣位の反応を産出する上で用いられる課題であり、遅延抑制は優位な行動を抑制し、行わず待つことが出来るかを検討する課題とされる。Carlson & Moses (2001) が葛藤抑制として区分された 6 課題は以下のとおりである。昼夜課題 (Day/Night) は、月や星の描かれた黒カードを示されると「昼」と言い、黄色の太陽が描かれた白カードを示されたら「夜」と答える一種のストループ課題である。草雪課題 (Grass/Snow) もストループ課題で、「草」と言われたら白カードを指し、「雪」と言われたら緑カードを指すというものである。空間葛

藤課題 (Spatial Conflict) では PC 画面の左右の一方に絵が提示され、絵の付いた 2 種類のボタンで同定する方法が取られた。刺激が提示される位置とボタンの左右位置との一致・不一致を問題とした課題である。いわば刺激-反応適合性 (SRC: S-R compatibility) と同等の事態といえるものである。クマ竜課題 (Bear/Dragon: Kochanska, Murray, Jacques, Koenig, & Vandegest, 1996) はサイモン課題 (Simon Says) を易しくしたものである。クマと竜の人形を用意し、いい子のクマの言う事には従い、悪い竜の言う事には従わないという課題である。クマや竜の指示には「眼をさわって」とか「お腹をさわって」等があり、思わず竜の言ったことをしてしまわないように抑制できるかどうかを見ている。カード分類 (Card Sort) は、ウィスコンシンカード分類と同じで、最初は形に従い分類するが途中から別の次元である色で分類するように求める。以前の分類次元を抑制することが求められるものだ。ささやき課題 (Whisper) では、子どもに漫画の登場キャラクターを見せ、ささやいてその名前を答えるよう求めている。ただし漫画のキャラクターには現代の子どもには馴染みのあるものと、馴染みの無いものが混じっていて、よく知っている場合に思わず叫んで応えてしまうのを抑制できるかどうか見ている。次に遅延抑制に区分された 4 種類の課題であるが、ピンボール課題 (Pinball) がある。ピンボールゲームにおいて子どもは玉を打つブランジャーを引っ張り、教示者に「はい」と言われるまで打ってはいけない状況のもと、異なる時間条件で待てるか調べる課題である。贈り物遅延課題 (Gift Delay) では、贈り物をあげるのを待つように教示しその間、聞こえるように大きな音で包み紙を包装するが、のぞき見が生じるかを指標としている。塔の構成課題 (Tower Building) は検査者と子どもとが交代で積み木を積み課題である。子どもは勝手に積み上げるのではなく、検査者と交代しながら積み上げていくことができるかを見ている。同画探索課題 (KRISP) は Kagan (1965) の衝動性-熟慮性の認知スタイルを調べる為に開発された課題 (MFF) を KRISP (Wright, 1971) として

幼児用に改めて尺度化したものである。見本と同じ絵を4～6つの比較すべき絵から選ばせる課題で、比較群にはわずかな部分の違いがそれぞれに認められるが、一つだけ同じ絵が配されている。反応潜時と正答率から熟慮性かどうかを分けるが、熟慮性は正しい答えを長期に渡り検索した上で見つけ出しているという点で、見本を遅延抑制の側面を捉えているとされている。

ストループ効果は既存の知識に背反する場合の反応の違いを扱っているが、ここでの葛藤抑制課題の内の、昼夜課題、草雪課題、カード分類課題がそれにあたる。またクマ竜課題やささやき課題は、同じ葛藤抑制でも Luria の行動調整に近い抑制が要請されている。空間葛藤は既に述べたように刺激-反応適合性に備わっている抑制の側面を捉えたものといえる。一方で、遅延抑制課題の内、合図があるまで待たせているという点で、ピンボール課題や贈り物遅延課題、塔の構成は、やはり Luria の行動調整に近い側面がある。同画探索課題 (KRISP) は見本と同じ刺激を探すというところでメンタルローテーションでの異同判断に最も近いと考えられる。しかし KRISP の場合は反応に要する時間と正解との兼ね合いから熟慮性-衝動性という2元的な反応類型の産出を目指し、メンタルローテーションの場合は、比較する上で提示される刺激の勾配に従い反応時間が増えるという効果を問題としているという点でやや異なっている。同画探索 (KRISP) には慎重さ (正確さ) を保証するための処理時間の長さという前提がある。全ての比較刺激を検索することで確実な正解を得られるという課題構造を持ち、見本を保持し続けるだけでなく検索済みとそうでない刺激とを常に記憶更新していかなければならない点で遅延抑制が働いているとされている。これらのことから、葛藤抑制は、与えられた刺激をよく識別して、ルールに従い既存の知識や合理的な空間配置を抑制するような「知っていることの制御」といえる。しかし既知の内容を参照するという認知的レベルで生じているのか、それよりも下位のレベルで生じているのかは一概にはいえない。むしろ与えられた刺激を衝動的に伝えてしまうのではなく、一

呼吸置いて注意深くみる必要があるので「注意の制御」といえるかもしれない。一方、遅延抑制は、信号が現れるまで待機する、自ら検索し終えるまで「待つことの制御」であるといえよう。

以上のような認知課題とバッテリーを組んで空間変換課題との関連性を見出そうとすると、抑制課題特有の性質との関連性に限定されてしまう恐れがある。また自己制御における抑制の指標に局限化されるという側面も生じてくる。本研究では、上記のような抑制機能を調べる認知課題を用いずに、幼児期を対象とした自己制御の4側面を調べることの出来る質問紙法を導入することで、メンタルローテーション課題との関連性を明らかにすることを目的とした。その上で、抑制機能を測定する認知課題の構造がメンタルローテーションと類似している点を検討し、抑制をはじめ自己制御の働きが、認知能力が育っていく上で重要な位置を占めていることを明らかにすることを目論んだ。

方法

実験調査対象

千葉県内の私立保育園の58名(3歳児群19名、平均月齢48.28ヶ月、 $SD=3.544$ 歳児群22名、平均月齢59.73ヶ月、 $SD=3.555$ 歳児群17名、平均月齢73.94ヶ月、 $SD=3.82$ 、全体の平均月齢60.35ヶ月、 $SD=10.76$)に実験を行い、保育士担任4名には各子どもの自己制御質問紙の回答を求めた。

実験調査時期

2013年10月から11月に実施した。

調査内容

(1)メンタルローテーション課題：対提示された刺激の異同判断を求める課題であり、個別に保育園内の個室で実施した。机の上に水平に設置されたディスプレイ(大きさ20inch、対角49.5cm、解像度1600×900)に刺激を対提示し、左は標準刺激、右に比較刺激が同時提示される。標準刺激は0度正立で変わらないが、比較刺激には正像と鏡像があり、ランダムに提示される。異同判断の為のボタンを用意した。同じを示すボタンには黄色のトラの顔を接着し「おなじ」というラベルを

表記し、異なるには緑色のカエルの顔を接着して「ちがう」と表記した。反応時間をミリ秒単位で測定する為にHSP言語を基本にしてAPI関数を呼び出して、提示、計測、記録のできるプログラムを組んだ。

練習試行1：最初に比較刺激に0度正像か鏡像かのサンタの絵が描かれた刺激をランダムに提示し異同を判断させた(10試行)。練習で用いたサンタの絵では棒を右手に持っているか左手で持っているかが正像と鏡像の違いである。練習試行2：比較刺激においてサンタ刺激が傾いて現れ(0,45,90,135,180度)正像か鏡像かを判断させた(5試行)。本検査：用いる刺激として旗型の内部に黒丸の図柄がある図形刺激(Flag)と、白い馬に乗った女の子の絵のある刺激(Gee)条件を設けた。2条件をそれぞれに行ったが、条件の順序は相殺した。比較刺激においては0,45,90,135,180度の傾きの刺激が正像・鏡像ランダムに提示された。5角度×2試行を2条件で実施したので20試行となる。

(2) 自己制御質問紙：子どもの自己制御を調べる上で、大内・長尾・櫻井(2008)の自己制御機能尺度を用いた。開発には複数の既存の尺度が利用されている。まず、子どもの気質を測定する質問票CBQ(Rothbart, Ahadi, Hershey, & Fisher, 2001)は、ニューヨーク縦断研究といった乳児の気質研究など、子どもの行動評定の研究に由来する。大内ら(2008)はそのCBQとその日本語版(Kusanagi, 1993)、柏木(1988)の幼児の行動評定尺度、首藤(1995)の自己主張-自己抑制質問紙等を参考に、保護者用の質問紙として開発している。測定内容は、自己主張(A: Assertion)：子どもが自分の意見や欲求を他者(大人・仲間)に伝えることのできる能力。自己抑制(I: Inhibition)：社会場面で自分の欲求や行動を抑制、制止しなければならない時、それができる能力。注意の移行(S: Attention Shift)：必要に応じて現在注意を向けている対象から別の対象へと適切に注意を切り替える能力。注意の焦点化(F: Attention Focus)：取り組んでいる最中のことに注意を向ける能力。以上の4側面である。自己主張を除く他の3側面

は、「非顕在的な反応を行うために顕現している反応を抑制する能力」(大内ら, 2008; Rothbart & Bates, 1998)を反映するとして、エフォートフル・コントロールという概念(EC: Effortful Control)として取り上げられている。

各下位項目は自己主張(A)が7項目、自己抑制(I)が6項目、注意の移行(S)が5項目、注意の焦点化(F)が4項目から成る。評定は7段階で「まったくあてはまらない」(1点)から「あてはまる」(7点)までの評定段階と、わからないという評定も設けた。メンタルローテーション実験の後で各担任保育士に配布し、約1~2ヶ月後に回収するという方法を用いた。

結果

1. メンタルローテーションの指標

決定係数(r^2)は独立変数である勾配が従属変数である反応時間をどれくらい説明できるかを示す値である。寄与率と呼ばれることもある。標本値から求めた回帰方程式のあてはまりの良さの尺度としても利用される。ここでは勾配に従い等速度で回転させていることを示す指標として用いることにした(Estes, 1998)。また誤反応数は正確さの指標であり、成人の場合は「早く正確に」行うことが事前に教示され、誤反応の生じることは少ないが、子どもの場合の誤反応数は成人に比べて高く生じる(Child, 1979; Kosslyn, Margolis, Barret, Goldknopf, & Daly, 1990; Marmor, 1977)。

本研究で得られた、刺激条件、年齢別の決定係数と誤反応数の平均とSDを表1に示した。まず決定係数について、刺激条件(Flag, Gee)×年齢(3,4,5歳児)の混合型2要因の分散分析を行ったところ、年齢の主効果に有意差が認められた($F(2,55) = 4.14, p < 0.5$)。交互作用は認められなかった。LSD法による多重比較の結果、5歳児($M = .44$)が3歳児($M = .24$)に比べ有意に高い値を示した。誤反応数についても同様に混合型2要因分散分析を行なったが有意差は認められなかった。

表1 メンタルローテーションでの指標

		3歳児	4歳児	5歳児
決定係数	Flag	M .33	.36	.46
		SD .31	.30	.30
誤反応	Gee	M .15	.39	.41
	Flag	M 3.79	4.05	5.53
		SD 3.33	2.85	2.66
	Gee	M 3.79	4.00	5.71
		SD 3.24	2.89	3.12

2. 自己制御機能の状態

自己制御質問紙から4種類の下位能力について各々の子どもの素点平均を求め、3年齢群ごとの平均並びにSDを表2に示した。平均値の差を検討する為に自己制御の下位能力(自己主張(A)・自己抑制(I)・注意の移行(S)・注意の焦点化(F))×年齢(3,4,5歳児)の混合型2要因分散分析を行ったところ、交互作用に有意傾向が認められた($F(6,165) = 1.85, p < .05 < .10$)。下位能力と年齢の交互作用を分析した結果、注意の移行(S)を

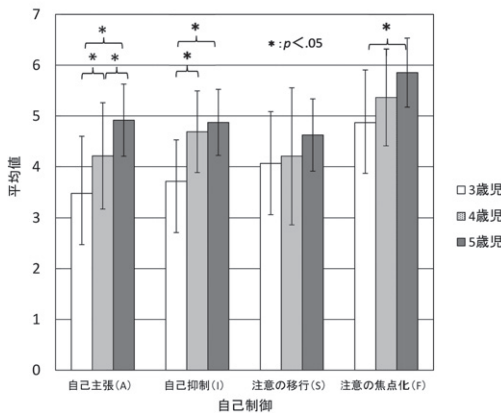


図2 自己制御尺度の各下位能力における年齢変化

除いた3下位能力で年齢差が認められた。LSD法による多重比較によると図2に示すように、自己主張(A)では3歳や4歳児よりも5歳児が高く($MSe=1.032, p < .05$)、自己抑制(I)では3歳児よりも4歳児や5歳児の方が高かった($MSe=.620, p < .05$)。注意の移行(S)では有意差が年齢間の差が認められなかったが、注意の焦点化(F)では、5歳児が3歳児より高い値を示した($MSe=.880, p < .05$)。また、下位能力の成績比較をすると、いずれの年齢群においても注意の焦点化(F)が他の3下位能力より高い値を示し($MSe=.5315, p < .05$)、3歳児では注意の移行(S)が自己主張(A)より高い値、4歳児では自己抑制(I)が自己主張(A)より高い値を示した。

3. メンタルローテーションの2指標と自己制御との関連性

対象となった幼児全体($N=58$)について、メンタルローテーションで用いた刺激条件ごとの決定係数と誤反応数、4種類の自己制御能力、計8変数間のピアソンの相関係数を算出し、無相関検定を行った。表2にその分析結果を示した。Flagを用いた刺激条件の決定係数と自己抑制(I)($r=.302$)、注意の移行(S)($r=.269$)との間で有意な相関が認められた。両刺激の決定係数間には相関が無かったが、誤反応間には有意差が見出され関連性が示された。一方で自己制御4種類の間で全て有意差が認められ、いずれの下位能力の間も相互に関連性が高いことが示された。

表2 各変数のピアソンの相関関係

	Flag 決定係数	Gee 決定係数	Flag 誤反応	Gee 誤反応	自己主張(A)	自己抑制(I)	注意の移行(S)	注意の焦点化(F)
Flag 決定係数	-	.1140	-.0615	.0592	.1287	.3019	.2691	.1703
Gee 決定係数		-	-.0370	.0038	.1679	.2360	.1243	.1184
Flag 誤反応			-	.7813	-.1071	.0294	-.0015	-.0337
Gee 誤反応			**	-	.0617	.1473	.1618	.0825
自己主張(A)					-	.4696	.3504	.3743
自己抑制(I)	*				**	-	.6013	.8706
注意の移行(S)	*				**	**	-	.4944
注意の焦点化(F)					**	**	**	-

注) $N=58, * : p < .05, ** : p < .001$ 両側検定

4. 自己制御得点の違いとメンタルローテーション

自己制御の状態が決定係数や誤反応の違いとなつて生じているかを検討する為に、下位能力について得点の高い群と低い群に分け、メンタルローテーションの成績と比較するための分析を行った。各得点が正規分布をしているか正規性の検定を行った。分布の歪度や尖度によるダゴスティノ検定、歪度と尖度によるオムニバス検定、コルモゴロフ・スミルノフ検定をそれぞれ行った。いずれも適合度の検定である。表3に示すようにいずれかの箇所では有意差が生じている。よって4種類の下位能力はいずれも正規分布しているとはいえない。対象となった子どもの人数も限定されていることから、中央値で折半し高得点群と低得点群に分けることにした。

表3 正規性の検定結果

	自己主張 (A)	自己抑制 (I)	注意の移行 (S)	注意の焦点化 (F)
歪度 (z)	2.310*	1.781ns	1.544ns	1.628ns
尖度 (z)		-3.661**	-2.420**	-4.026**
歪度と尖度 (Chi)	5.488ns	4.079ns	3.567ns	3.612ns
コルモゴロフ・スミルノフ検定	.128*	.152**	.136	.157**

注) * $p < .05$ ** $p < .01$ ns; $\geq .05$ 自己主張の尖度はデータ不適合のために未計算

表4に自己制御の下位能力別に、決定係数と誤反応数の平均とSDを刺激条件別に整理した。下位能力ごとにまず決定係数を指標として、成績(高得点群・低得点群) × 刺激 (Flag・Gee) の混合型2要因分散分析を行った。自己抑制 (I) で成績の主効果に有意差が認められ ($F(1,56) = 5.75, p < .05$)、成績が高い群の方が低い群より決

定係数が高いことが示された。また、注意の移行 (S) ($F(1,56) = 3.68, .05 < p < .10$) や注意の焦点化 (F) の成績の主効果で有意傾向が認められ ($F(1,56) = 3.23, .05 < p < .10$)、成績が高い群の方が低い群より決定係数が高いことが示された。誤反応数についても自己制御能力の高低と刺激との分散分析を行ったが有意な差は得られなかった。

5. メンタルローテーターとノンローテーターの自己制御成績の相違

勾配に従い意図的に回転させている子どもをメンタルローテーターとし、それ以外の子どもと区分する基準値として決定係数の .44 以上を適用した (Estes, 1998; Noda, 2011)。刺激条件別にローテーション (有無) × 下位能力 (自己主張 (A)・自己抑制 (I)・注意の移行 (S)・注意の焦点化 (F)) の混合型2要因分散分析を行った。ローテーションの有無による主効果は認められず、下位能力の主効果が認められた (Flag 刺激で $F(3,168) = 28.36, p < .01$)、Gee 刺激で $F(3,168) = 28.36, p < .01$)。交互作用は無かった。

考 察

メンタルローテーション課題

メンタルローテーションの回転の適切性を示す指標として決定係数を用いたが、年齢とともに決定係数の値が上昇し (表1)、教示のとおりに表示された刺激対象を傾けて比較判断できるようになることが示された。特に3歳児から5歳児にかけて大きな変化があるようだ。5歳児であっても平均

表4 自己制御の高得点と低得点群のメンタルローテーション指標における比較

		自己主張 (A)		自己抑制 (I)		注意の移行 (S)		注意の焦点化 (F)	
		高得点群	低得点群	高得点群	低得点群	高得点群	低得点群	高得点群	低得点群
決定係数 Flag	M	.42	.34	.46	.30	.46	.30	.43	.33
	SD	.29	.33	.32	.29	.35	.25	.32	.30
決定係数 Gee	M	.35	.28	.38	.26	.35	.29	.37	.26
	SD	.26	.34	.29	.31	.30	.31	.29	.31
誤反応数 Flag	M	4.21	4.59	4.59	4.21	4.69	4.10	4.48	4.31
	SD	3.09	3.01	3.12	2.96	2.96	3.12	3.18	2.92
誤反応数 Gee	M	4.69	4.17	4.93	3.93	5.17	3.69	4.90	3.97
	SD	3.09	3.24	3.35	2.92	3.29	2.89	3.34	2.95

注) 高得点群 N=29, 低得点群 N=29

決定係数はFlag刺激で $r^2=.46$ 、Gee刺激で $r^2=.41$ でしかなく、Estes (1998) が用いたメンタルローテーションを適切に行っているとした基準($r^2 \geq .44$)からするとFlagは基準内であるが、Geeでは基準以下となっている。3, 4, 5歳と決定係数が増加してきていることから就学後に、Estesの基準へ届くのではないかと推定される。ただし誤反応については、年齢変化や条件差は認められなかった。おそらく、正確に行う程度には変わりがなかったことを示しているといえる。

自己制御

年齢とともに他の自己主張(A)、自己抑制(I)、注意の焦点化(F)の値が上がっていくことが示された(図2)。3歳から5歳の間でこれら3種類の下位能力における発達が急速に進んだものと考えられる。これは幼児期が自己制御の発達の急激な時期であるという多くの研究者の指摘を支持するものでもある。ただし注意の移行(S)だけは年齢差が確認できなかった。注意の移行(S)の4歳や5歳における変化が他の下位能力に比べて大きくなかったことに由来する(図2)。注意の移行はものごとの切り替えを反映しているので、本調査における子ども達の日常内容によるところがあったのかもしれない。

メンタルローテーションと自己制御との 相関的分析

まず単純にピアソンの相関係数を各課題間で求めたところ、決定係数と自己抑制(I)、注意の移行(S)との間で有意な相関が得られた。また、自己制御の各下位能力における高得点群と低得点群の決定係数の値の比較を行ったところ、自己抑制(I)で有意に高得点群が低得点群に比べて高い決定係数を示し、注意の移行(S)や注意の焦点化(F)においても同様にして有意傾向が得られていた。高・低得点群での比較は、自己制御とメンタルローテーションそれぞれにおける成績の関連性を検討したことになり、一種の相関的分析である。自己抑制(I)、注意の移行(S)、注意の焦点化(F)という3種類の下位能力は、メンタ

ルローテーションの回転の適切性において同じ傾向を得たこととなった。大内ら(2008)は、そもそも自己抑制(I)、注意の移行(S)と注意の焦点化(F)の3下位能力で、エフォートフル・コントロール(EC)を測定している場合が多いと述べている。能動的かつ意図的に行動や注意を制御できる点を指摘し、自己抑制は行動の制御であり、注意に関する他の2種類の下位能力はともに注意の制御であるとしている。一方で、問題において指摘したが、Carlson & Moses (2001)の抑制機能の研究で用いられた認知課題は、葛藤抑制と遅延抑制に分かれるものであった。それらの課題の内容からすると、葛藤抑制が測定される課題の多くが「知っていることの制御」であり、遅延課題の場合は「待つことの制御」であったことを示している。実際、本研究で用いたメンタルローテーション課題は、刺激対を比較し異同判断するというものである。「知っていることの制御」という意味では、提示された刺激対の、輪郭の傾きや図柄の左右の違いを識別し、左右の刺激対の傾きが同じであっても図柄を伴って回転させなければならないことに気づかなければならない。つまり意図的に回転させるという行為が暗黙に求められているので、子どもにとって複数の次元を同時に処理しなければならない事態が生じる。課題遂行では傾きに固執することを避けなければならぬし、図柄の左右性にも注意を向けなければならない。葛藤抑制は潜在的なあるいは新奇な反応を駆動するために、優位な反応を抑えるという働きであった。優位という意味からすると、子どもの行なう最も一般的で自然な反応を指すことになる。刺激対が提示されていれば、子どもにとって刺激を回して解くのではなく、直接比較をして傾きが異なると判断するのが優位な反応である。ただし実験では、練習や教示で回転させて解くことが求められていて、その教示に従えるかどうか回転の適切性(決定係数)として捉えられると考えている。一方で、「待つことの制御」は行動の制御であるとしたが、刺激の一つの次元に安易に衝動的に反応してしまうのではなく、教示や練習で与えられた仕方ですべて精査し尽くすことに役立

つであろう。つまり、優位な反応を抑えて、求められた仕方ですべての検索を行った上で刺激の複数の属性に注意を向ける働きと考えられる。その結果、葛藤抑制である注意の制御（注意の移行（S）、注意の焦点化（F））により複数次元への処理準備が整い、遅延抑制である自己抑制（I）が、刺激内の全ての情報識別へと導いていたのではないかと推測される（図3）。

Kailらが考えたようなアルゴリズムに、上記で検討したような処理変数を組み入れることは、別の意味で難しいことである。しかしメンタルローテーションにおける符号化、回転、比較や同一性の判定のどのステップに自己制御が反映するのかが今のところわからないが、図3に示すように自己抑制（I）、注意の移行（S）、注意の焦点化（F）が回転の適切性に影響することは確かであると考えられる。

また、自己制御尺度の質問内容から考えてみると、自己抑制（I）、注意の移行（S）、注意の焦点化（F）は、自らの欲求や衝動を抑える側面を反映していて、情動を行動の上で制御したり注意を制御する側面を反映する質問内容であるのだが、多くは大人が指示する事柄に沿えるかどうか問われている。つまり決定係数との間で有意な相関が得られたということは、大人から言われたとおり自らを律する力が、実はイメージを回転させるという教示に従う力として反映した可能性も考えられる。有意差の現れなかった自己主張（A）

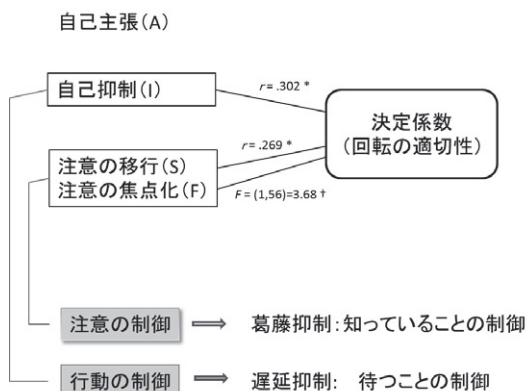


図3 メンタルローテーションと自己制御尺度に含まれる側面との関係性

は、質問内容からすると自己の他者に対する承認であり、集団や仲間の中での自己表明の力をみるものである。イメージの回転にはさほど関連の無い下位能力といえる。

神経科学からの視点

苧坂（2000）は神経科学の側面からメンタルローテーションの経路を推定している。それによると背側と腹側の両経路が協調しダイナミックな相互作用を行いながらメンタルローテーションを扱っていると推定し、背側で空間的位置、腹側で対象の諸属性を処理し前頭前野へと到る経路を想定し、前頭前野がいわば異なる情報を統合する場所とみなされている。Cohen, Kosslyn, Breiter, Di Girolamo, Thompson, Anderson, Bookheimer, Rosen, & Belliveau（1996）はfMRIを用いてメンタルローテーションでの脳活動の計測を行ったところ、前頭前野や後部頭頂、運動前野という領域で活動があったことを報告しており、前頭前野での処理が共通している。ただし頭頂葉や運動前野は実際に対象を動かす上での準備で働く領域とされ、なんらかの回転運動が表象されていることが推測されている。一方で、抑制機能を含む実行機能が前頭葉で生じていることは広く知られていて（Moriguchi & Hiraki, 2013; 森口, 2011）、自己抑制という行動制御や注意の移行、焦点化という注意の制御は、実行機能とみなしてよい。このことからメンタルローテーションと本研究で用いた自己制御尺度の3種類の下位能力は、ともに前頭葉、特に前頭前野で処理されるという共通点が見いだされる。両者のあいだで相関がみられた本研究の結果は、上記の神経科学の知見を支持するものである。

ここで身体運動的な働きをどのように位置づけるかということを議論する必要がある。Cohenによると運動前野や頭頂葉で脳活動が示されており、前頭前野とはまた異なる働きをしていることが捉えられていて、対象の回転という動きを自ら捉え再現していると推測される。頭頂葉は背側経路と体性感覚との交差する場所にあり、対象の空間位置に関する処理をすると同時に自らの身体

で対象を捉えなおす処理をしていると考えられる。ひきうつし(野田, 2001, 2012)をはじめ手でもって対象を捉え移動させようとする行為は、まさに対象の座標を自らの座標にあわせ取り込むことで、容易に変換可能な状態にすると考えられる。

こうして前頭前野における行動や注意の制御という働きにおいてメンタルローテーションと自己制御能力との関連性が見出されてきた。しかし、メンタルローテーション時の子どもの身体的な動きに関しては、前頭前野とは異なる運動前野や頭頂葉が関与しているようなので、神経基盤における自己制御との直接的な関連性は示されない可能性が高い。本研究では身体的動きとの関連性は検討していないので、あくまで推測の域を出ないのだが、空間位置を変換する上で「対象になる」(野田, 2016, 2010)という身体化では、先にも述べたように自らの座標に取り込む際に、慎重に自らの身体を対象に合わせ、その上で対象がそこに存在しないにもかかわらず、対象を手に行っているかのように保持し空間位置を変えていく等の行動の調整が行なわれる。おそらく身体化が生じた時点や身体化という方略が適用できた時点で、子どもは予想された新たな反応へと身体がガイドし始めたといえるので、優位な反応への後退は少なくなるであろう。その意味で Carlson & Moses(2001)がいうところの遅延抑制機能が働きやすくなるのではないかと推測される。

自己主張を除く自己制御の下位尺度とメンタルローテーションとの関係があることが示されたが、今後、発達の観点から認知能力を補助する身体化と自己制御の関係を検討することが重要と思われる。

文献

- Carlson, S. M. & Moses, L. J. (2001). Individual Differences in Inhibitory Control and Children's Theory of Mind. *Child Development*, 72 (4), 1032-1053.
- Carter, P., Pazak, B., & Kail, R. (1983). Algorithms for processing spatial information. *Journal of Experimental Child Psychology*, 36, 284-304.
- Childs, M. K., & Polish, J. M. (1979). Developmental differences in mental rotation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 27, 339-351.
- Cohen, M. S., Kosslyn, S. M., Breiter, H. C., DiGirolamo, G. J., Thompson, W. L., Anderson, A. K., Bookheimer, S. Y., Rosen, B. R., & Belliveau, J. W. (1996). Changes in cortical activity during mental rotation. A mapping study using functional MRI. *Brain*, 119, 89-100.
- Estes, D. (1998). Young children's awareness of their mental activity: The case of mental rotation. *Child Development*, 69 (5), 1345-1360.
- Kagan, J. (1965). Reflection impulsivity and reading ability in primary grade children. *Child Development*, 36 (3), 609-628.
- Kail, R. (1991). Developmental change in speed of processing during childhood and adolescence. *Psychological Bulletin*, 109, 490-501.
- 柏木恵子 (1988). 子どもの「自己」の発達 東京大学出版会
- Kochanska, G., Murray, K., Jacques, T. Y., Koenig, A. L., & Vandegest, K. A. (1996). Inhibitory control in young children and its role in emerging internalization. *Child Development*, 67 (2), 490-507.
- Kosslyn, Margolis, Barret, Goldknopf, & Daly, 1990. Age differences in imagery abilities. *Child Development*, 61 (4), 995-1010.
- Kusanagi, E. (1993). A psychometric examination of the Children's Behavior Questionnaire. 乳幼児発達臨床センター年報, 15, 25-33. 北海道大学
- ルリア, A. R. (1969). 言語と精神発達 (松野豊, 関口昇訳) 明治図書 (Original work published 1957)
- Marmor, G. S. (1975). Development of kinetic images: When does the child first represent movement in mental images? *Cognitive Psychology*, 7, 548-559.
- Marmor, G. S. (1977). Mental rotation and number conservation: Are they related? *Developmental Psychology*, 13 (4), 320-325.
- 森口祐介 (2008). 就学前期における実行機能の発達 心理学評論, 51 (3), 447-459.
- 森口祐介 (2011). 児童期における実行機能の発達 上越教育大学紀要, 30, 115-121.
- Moriguchi, Y., Hiraki, K. (2013). Prefrontal cortex and executive function in young children: a review of NIRS studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 1-9. doi:10.3389/fnhum.2013.00867
- 野田満 (2001). イメージの発達 233-249. 菱谷晋介 (編) イメージの世界 ナカニシヤ出版
- 野田満 (2010). 「対象になる」ということ 江戸川学園人間科学研究紀要, 26, 1-35.
- Noda, M. (2010). Manipulative strategies prepare for mental rotation in young children. *European Journal of Developmental Psychology*, 7 (6), 746-762.
- 野田満 (2012). 幼児期・児童期初期におけるイメージ変換にとっての準備的要因 イメージ心理学研究, 10, 23-27.
- 野田満・落合洋子 (2014). メンタルローテーションと自己制御との関連性 (2) 第56回日本教育心理学会総会, 349. 神戸
- 野田満 (2016). 空間的な変換を要する課題で生じる身体的動き. 江戸川大学紀要, 26, 33-41.
- 大内晶子・長尾仁美・櫻井茂男 (2008). 幼児の自己制御

- 機能尺度の検討 教育心理学研究, 52,414-425.
- 荻阪直行 (2000). 視覚的ワーキングメモリーとその高次構造 117-137 荻阪直行 (編) 脳とワーキングメモリー 京都大学学術出版会
- Piaget, J., Inhelder, B., & Szeminska, A. (1960). *The child's conception of geometry*. (Lunzer, E. A. Trans.) London: Routledge and Kegan Paul (Original work published 1948)
- Rothbart, M. K., & Bates, J. E. (1998). Temperament. In W. Damon (Series Ed.), & N. Eisenberg (Vol. Ed.), *Handbook of child psychology, Vol. 3. Social, emotional and personality development* (pp. 105-176). New York: Wiley.
- Rothbart, M. K., Ahadi, S. A., Hershey, K. L., & Fisher, P. (2001). Investigations of temperament at three to seven years: the Children's Behavior Questionnaire. *Child Development, 72* (5), 1394-1408.
- 首藤敏元 (1995). 幼児の向社会的行動と自己主張 - 自己抑制 筑波大学発達臨床心理学研究, 7, 77-86.
- Wright, J. C. (1971). Kansas Reflection-Impulsivity Scale for Preschoolers (KRISP). St. Louis: CEMREL, Inc.

付記

本研究結果の一部は、日本教育心理学会第56回大会(2014年10月神戸国際会議場、開催校神戸大学)にて発表した。本研究の一部は科学研究費(課題番号25560119)の研究助成を受けて行われた。

英文タイトルと要約

The relevance of mental rotation and self-regulation in preschool children

Mitsuru Noda, Yoko Ochiai

Fifty-eight preschool children were conducted mental rotation and were rated according to the self-regulation scale. Positive correlations were confirmed between the determination coefficient, a useful quantitative index of linearity by Estes (1998), self-inhibition, and attention shifting. Moreover, high-level performers of self-inhibition showed a higher determination coefficient than low-level performers. A similar tendency was observed in attention shifting and attention focusing. As the scale of self-regulation is divided into action and attention control, we examined the level of sub-competence under mental rotation.

keywords : mental rotation, self-regulation, inhibition