

空間的な変換を要する課題で生じる身体的動き

野田 満*

要 約

対象を変換して同一性を見出す発達の変化について、複雑系の枠組みから解釈可能性を検討した。まず異同判断の見本合わせ課題やメンタルローテーション課題で観察されたひきうつしについて述べた。対象の変換には運動要因が関係していて、変換過程についての認識を形成するために、対象への身体的かわりがひきうつしや探索というかたちで生じると考えられた。また、身体各部の動きの協調や自己制御、注意のコントロールも対象に対するかわりの諸側面を表すと考えられた。身体的かわりの諸反応が現れ消失する発達の一時期があるが、各反応が最終的に集約した状態は複雑系におけるアトラクターと類似し、その時期はより高次の異なる状態へのゆらぎの性質を持つと考えられた。

キーワード：身体性、メンタルローテーション、ひきうつし、協調、複雑系、探索、自己制御

はじめに

言葉の中に潜む意味やニュアンスから貴重な示唆が得られることがある。市川(1993)はその身体論の中で、「身」という言葉が心とおなじように使われていることを指摘している。「身にしてみる」とか「身をこがす」などいずれも身体ではなく心への影響を表していることをあげている。一方で日本語の「からだ」は靱殻のからや枯れるなど同義の生命のない形骸としての身体を意味することから、市川は身と対比させからだには空(くう)に通じるものがあるとしている。身体を利用して対象のイメージを扱おうとする行為は、空になっているこの「からだ」の用例にあてはまりそうだ。筆者は国語学者や哲学者ではないので深くは追及しないし出来ないが、気にはなる。拡大解釈かもしれないが、認識するはたらきによりからだを対象の媒体として利用することがあるのかもしれないと考えている。

さて、子どもの成長に伴う変化は発達心理学の

中心的なテーマである。子どもの変化は時間に従い連続しているのだが、観測する時間単位の取り方や、観察しようとする対象のまとまりやそのまとまりの境界のとり方により、非連続的でもある。観察対象のどこからどこまでがまとまりのある状態であるのかという問題は認識する側の研究者が、何をもってまとまりとみなすかという研究の枠組みと関係しそうだ。また発達の要因は複雑に絡み合っているので、重要な変数のみに絞り込んで要因間の関係を見出そうとする。複雑なものを複雑なまま扱えるといいが、要素に還元するというとらえ方により因果が明確になり、ある意味で説明はしやすくなる。しかし直線的な因果関係をいくつ束ねても、リアルな子どもの反応や現象について実感をもって説明することは難しい。おそらく難しさの理由は、行動の背景にある精神活動が複雑系の科学対象であることに起因するからだと思われる。特に発達の視点では時間軸の中で様々な変化をとげていく、「生きている」システムの動的な秩序(井庭・福原,1998)を扱わざるをえないからであると思われる。

本研究では対象の変換の発達が知覚系から扱われることが多かったが、動作系や自己制御という

2015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

異なる領域どうしの相互の働きがもたらす「まとまり」を検討することを目的とする。筆者の検討してきたテーマから、具体的にはメンタルローテーションにおける身体の動きを含めた諸要因から仮説的な説明を試みることで、今後の研究方向への道標を示すことにした。

ひきうつし

見本合わせの異同判断課題やメンタルローテーション課題を幼児や児童に行ったところ、自らの手を用いて提示された刺激をつかみ比較すべき刺激へと移そうとする行為が観察された。この行為は身体を用いてイメージの変換を補完していると想定され、特別な行為とみなし「ひきうつし」と命名した(野田, 2001)。異同判断課題では検査用紙に印刷された標準刺激と比較刺激とが呈示されるが、標準刺激は0度正立であり、比較刺激は $\pm 45, \pm 90, \pm 135, \pm 180$ 度の傾きがある。比較刺激の図柄は標準刺激と同じ場合と鏡像になっている場合とが用意された。子どもは比較刺激が標準刺激と同じか異なるかが求められる。例えば図1のように両手を用いて、標準刺激の輪郭をはさみながら、傾いた比較刺激のある位置まではさみこんだまま移動させていこうとする行為が観察された。他にも親指と人差し指、中指などで刺激を持ち上げるようにしてから、比較すべき刺激まで移動させていこうとする場合もあった。またPC



図1 異同判断課題で最初に観察されたひきうつしの例(野田, 2001)

ディスプレイに刺激を対呈示して、異同判断の時間を測定するメンタルローテーション課題においても同様の行為が観察された(野田, 2014; 野田, 印刷中)。反応の仕方や時間制限の有無に関わらず、同じように「ひきうつし」と名付けた行為が観察された。

手の動き

運動要因や姿勢がメンタルローテーションの成績に影響するという研究は多くあり(Frick, Daum, Walsler, & Mast, 2009; Funk, Brugger, & Wilkening, 2005; Wexler, Kosslyn, & Berthoz, 1998), いずれも刺激を手で操作することが成績に作用すると考えられており、身体的かかわりがイメージの変換にとり重要な役割を果たしていると思われる(野田, 2014)。

VTRから組織的に分析した結果、ひきうつしには数種類の異なるパターンが観察され、例えばポインティングシフトと名付けた行為は、刺激の特徴的な黒丸の部分指さしをしてもう一方の刺激内の黒丸へと指さしたまま移動させようとする。またサイドフレーミングは両手で刺激の輪郭をはさみ移動させようとする。これらのひきうつしの行動はイメージの変換が出来るようになってくると減少することが確認された(野田, 印刷中)。ひきうつしでは、いずれも反応の呈示方法や反応の答えさせ方、応え方に関わらず、現実にはつかむことの出来ない対象であっても、想像上でつかんで移動させ位置を換えようとする「想像上の仮象の抽出」が行われる。つまりひきうつしと呼んだ対象へのかかわりは、動かすことの出来る仮象を得るため平面に埋め込まれた事物を手という道具を用いて現実世界にリアルに取り出し変換しようとする行為のことを指している。その意味でひきうつしの出現した子どもは身体を通じて対象と直接的なかかわりを示しているが、ひきうつし無しで課題を行える子どもは、身体と対象との関係がイメージ化され内化したかたちで遂行していると捉えることができる。

ひきうつし以外の方略

一方で、ひきうつし以外に身体を傾ける等して課題を解こうとする子どもが観察された。そこで異同判断課題で用いられた方略を調べてみた。手を使っていた場合（ひきうつし）、刺激を裏がえして解いた場合、頭や身体を傾けて解いた場合、頭の中で回して解いた場合、「みぎ・ひだり・うえ・した」など言葉を使った場合の5通りを調べ、数量化三類で分析したところ、内化の程度（internalization）と媒介の程度（medium）、変換の対象（transformation）の3軸が得られた。いずれの軸も年齢とともに外的なかかわりから内的なかかわりへと内化の程度が進み、対象を変換する上で対象を担う媒介物が身体から記号へと進み、変換は自らの身体的位置を換えることで変換をもたらすレベルから対象それ自体を換えるレベルへと進むことがわかった（Noda, 2012）。

探索という事

こうした身体のあり方は対象を認識する上で重要な働きをしていると考えられるが、身体の動きは課題で求められている答えを探すための探索的な行為ではないかと考えられた。イメージ変換にとっての準備的な要因には知覚的要因と身体・運動的要因があり（野田, 2012）、前者は対象の輪郭や図柄の配置関係を比較して刺激属性を認識する要因で、後者は自分と対象との空間関係のあり方から対象の刺激属性をあらためて更新し直して認識するといった、対象への身体的なかかわりを前提とした要因である。メンタルローテーションでは対象の空間的な変換が求められているが、変換する対象の情報をまず得なければならない。対象の刺激座標を得るのにどのようなかかわりを持つかを直接調べた（Noda, 2010）。対呈示された刺激の異同を判断する際に、探索用に刺激と同じ形・図柄のプレートを渡すと、それを子どもがどのように用いるかという方法を用いた。提示された刺激の輪郭や図柄に基づきプレートを利用した

調べ方は5種類に分かれた。視覚的にガイドされたこれらの行為が対象図形のイメージ上での変換を助けているものと考えられた。そこでPCディスプレイ上に視覚的ガイドの役割を果たす操作可能なリングを提示し、そのリングによる探索を分析すると、興味深いことがわかってきた。まず幼児期では重点的に集中する探索領域があるということが明らかにされた。特徴的な部位や刺激が目を持つ場合はそこを重点的に探索していた（Noda, 2013）。おそらく異同の判断を行う上で情報量が多いだけでなく、認識になんらかの負荷がかかる場所を選んで探索しているのではないかと推測される。また対象の触り方とメンタルローテーションの程度にも関係があることがわかってきた。見えない箱の中の対象物を触らせる課題とメンタルローテーション課題とを組み合わせ実施したところ、適切にメンタルローテーションを行った児童であれば、なぞる・つまむ・こする・すべらせる・おす・回転させるという様々な触り方が現れ、それらの頻度に違いが生じた。一方、メンタルローテーション方略を用いていない子どもの触索は少なく、すべらせる触り方がやや多く生じた（大竹, 2015）。触認知課題は、言い換えれば見えない対象をいかに触るかという課題である。対象を映像化する上で適切な特徴を発見的に触れるかがポイントとなっており、適切にメンタルローテーションを行った子どもは、探索的に触ることで対象を認識している。特徴発見の能力が長けているともいえる結果であった。

メンタルローテーションの情報処理の流れはフローチャートで示されており、最初の刺激が呈示される段階で符号化（encoding）が行われ、刺激情報の読み取りがなされている。次の段階で比較刺激の回転がなされ、同一かどうかの判定がなされる（Cooper & Shepard, 1973）。Noda（2014）は59名の3歳から5歳の幼児にメンタルローテーション課題を行ったが、課題の際に対刺激が同じか異なるか調べるように特定の仕方で探索活動をさせた。刺激の情報処理プロセスのいつの段階で探索活動が活発に行われているのかを調べる上で、メンタルローテーションを行っている抽出し

た8名の子どもについて角度に対する反応時間の一次関数を求めた。次に一次関数から傾き0度の際のy切片つまり先のフローチャート (Cooper & Shepard, 1973) で示される符号化までに要した時間と、符号化以降の課題を終えるまでの時間とに分けて探索活動の量を計算してみた。符号化までの時間とそれ以降の時間とを比べると、顕著に符号化までの時間の方がそれ以降に比べて多くの探索活動が行なわれていたことがわかった。つまり、探索活動はフローチャートに従った情報処理の流れからすると、対象の情報の読み込み段階に多くが行われ、それ以降の回転や比較段階では少なくなることが示された。ただし最初の符号化の段階は一方的に対象の情報の読み込みだけではないと思われる。標準刺激と比較刺激の対提示という形式をとっているために、最初の段階で一時的な回転まで含めた作業が行われていて、符号化以降は確認的な意味での2次的な回転が行われていた可能性が考えられる。実際に Corballis (1982,1988) は対象の左右を識別した上で対象の構造を認識し、その時点で実質的な回転にみあう作業を終えていて、いわゆる回転は確認的な2次的なものであると考えている。

このことから、対象の情報を取得すると同時に変換しようとして身体的なかかわりが生じてきていると捉えることができる。例えば、対象に手を伸ばしてつかもうとする際に、既に対象の形や向きを認識して手の開きを調整するプリシェイピングの現象 (Jeannerod, 1986) と同じ内容を含むといえる。つかみ方を意識した手の開きは、対象の形状を認識し「対象にあわせる」ために自分の手を調整していることになる。課題が求めているのは異同判断であるから、対象どうしを比較する為に対象をなんとかして動かして並べるとか重ねるといった比較探索の仕方 (Noda, 2010) だけでなく、自らが姿勢を変えて対象の向きにあわせるといった方略 (Noda, 2012) も用いられる。つまり自分の身体を利用して刺激に合わせるために対象に「なる行為」が生じてくるものと考えられる。それと同時に傾いたもう一方の比較刺激にひきうつすための「換える行為」が観察されたと捉えら

れる (図2)。ひきうつしや身体を傾けるといった身体利用には対象とのかかわりで生じる動きや揺れの中に特定のパターンが潜在するのではないかと予想される。以下の協調の箇所ですらについて考察を試みた。

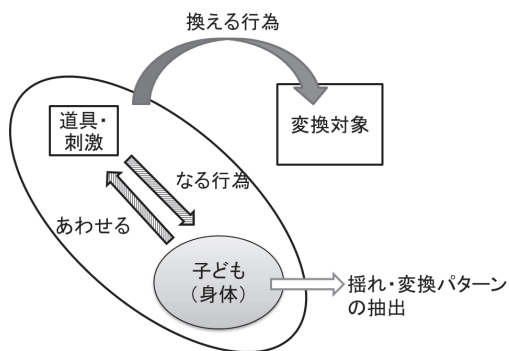


図2 なる行為、換える行為

協調ということ

メンタルローテーション課題中のひきうつしによる身体的な動きだけでなく、幼児において身体各部分のあいだの動きに共変関係が確認された (野田, 2015; Noda, 2015)。この実験では加速度計を手首と後頭部に装着し、課題を行っているあいだ身体の揺れを計測した。異同判断のための反応ボタンを押す手の動きと同時に頭の揺れが生じた。この手と頭の動きの同時性は特にメンタルローテーションを行っているときとされる子どもの場合で明確に現れ、手と頭との揺れの相関係数は高い値を示した (課題で用いた2種類の刺激により異なるが $r=.37$, $r=.79$ であった)。手と頭とが同時に揺れることは自明のようにも見えるが、メンタルローテーション方略を用いていないとされる子どもの場合では手と頭は同時に揺れておらず、むしろ時間的には別々の一致しない揺れを示すものであった。加速度計の値はわずかな身体的揺れもとらえるが、普通の生活場面ではむしろ頭と手とが一致する方が不自然な姿でもある。その意味で、課題に集中した結果から身体的な同時性が生じたと考えられる。成人のデータを分析検討したとこ

る、メンタルローテーションを行っていると考えられた子どもと同じように手と頭の揺れの同時性が確認されている（現在は未発表、Noda, 2016 予定）。Bernstein (1967 工藤・佐々木 訳 2003)は身体各部の筋・骨格等が別々に動かすとなると膨大な信号が必要になるが、身体各部が協調すること (coordination) で自由度を少なくでき、身体を可動させるための情報を低減できるというシナジーの考えを示している。この手と頭の同時の揺れは身体各部分の協調 (coordination) の結果であり、力学系 (dynamical systems) から表象上の対象の変換に伴う身体のあり方を説明できるのではないかと考えられる。

自己制御

対象を空間的に変換する課題では、まず能動的かつ意図的に対象に注意を向け、関係の無い次元を無視することが必要とされる。Frick, Mohring, & Newcombe (2014) は対象を心的に変換するような場合は、実行機能のうち特に抑制制御 (inhibitory control) が関連していて、知覚的な入力と運動出力を抑制することが必要と推測している。乳児の気質研究からはじまった制御行動の研究の中で、エフォートフル・コントロール (effortful control: EC) は注意の焦点化 (attention-focus) や注意の移行 (attention-shift), 自己抑制 (self-inhibitory) といった内容からなる (Rothbart & Bates, 2006)。大内・長尾・櫻井 (2008) はそれら 3 要因に自己主張 (self-assertion) も取り入れて幼児期の自己制御機能尺度の作成を試みている。この大内らの EC 尺度を用いてメンタルローテーションと自己制御との関連を 3～5 歳の幼児を対象に検討した (野田・落合, 2014)。メンタルローテーションの研究では、呈示される刺激の角度と反応時間との関係は回帰直線で示され、回帰直線のあてはまりの良さの指標として決定係数 (r^2) が用いられている (Estes, 1998)。回帰式の寄与率に相当する指標でもある。決定係数と EC 尺度との関連を検討したところ、決定係数と自己抑制や注意の移行とのあいだに有意な正

の相関が示され、自己抑制の高い群が低い群より決定係数が有意に高く現れ、注意の移行においても高・低群で同様の結果が得られた。イメージの操作を表象上で適切に行うためには、不適切な行為の抑制や注意の切り替えといった前頭葉と関わる働きが関与することが推測された。更に、ひきうつし (野田, 2001; 野田, 2009) という身体利用が対象変換で重要な働きをすることからも、身体の意図的な制御がイメージの変換に重要な働きを担うものと考えられた。対象の空間的な変換については前頭葉の働きが大きく関与することが推察されたので、エフォートフル・コントロールだけでなく実行機能に関するプランやワーキングメモリー、感情コントロールも含めて測定することにした (野田・落合, 2015)。対象は同じく幼児であるが、実行機能を測定する上で用いたのは BRIEF-P (浮穴・橋本・出口, 2008) である。EC 尺度もあわせて用いた。決定係数との関連はみられなかったが、自己抑制と注意の焦点化が因子 1、ワーキングメモリー、プラン、感情コントロール、注意の移行が因子 2 を形成し、メンタルローテーション課題での正確さと 2 つ目の因子とのあいだで有意な偏相関係数が得られた。得られた結果から因子 1 は課題への集中と関連し因子 2 は課題への取り組みと関連していると考えられた。メンタルローテーション課題の場合は時間をかければ、潜在的な課題構造に気づき、反応時間が短くなり正確さが向上する。その意味で因子 2 は課題構造への気づきを反映している可能性がある。ただし野田・落合 (2014) のように決定係数と EC 尺度との関連性が見られなかった点から、抑制制御との関連性についてまだ確定的ではないが、評価者バイアス等の問題もあり、十分な検討を要する側面といえるだろう。

ゆらぐ身体と対象

観察されたひきうつしという行為は、身体・運動的側面からメンタルローテーションを補助するため発達の一時期に現れるものであったが、広く対象を変換するという課題に共通して生じる可能

性が残された。運動要因には身体化、探索、協調、自己制御等のいくつもの下位要因が絡んでいて、筆者は発達とともに各下位要因が対象と自己との関係を変化させながら認識を形成する動きを担っていると考えている。しかしこれらの下位要因のあいだの関係性は判明していない。ここでヒントを与えてくれる可能性のある複雑系の科学が、対象変換という課題に対してどのようなかたちで貢献し得るか記しておく。

一定の規則に従って時間の経過とともに状態が変化するシステムのことを力学系 (dynamical systems) というが、自然界にある現象のみならず人の行動をも説明対象として含んでいる。ダイナミカル・システム理論として心理学への応用が検討されている (岡林, 2008)。発達は時間軸に沿った適応的变化とみなされるが、ダイナミカル・システム理論では連続的な変化であると同時に質的に以前の時期とは全く異なった層が立ち現れてくる動的な側面を捉えようとしている。この新たに立ち現れた相は発達の一時期を過ぎると次の発達段階へと移行していくが、その過程において再び不安定な状態になり、移行し終わると安定したかたちをとる。

またダイナミカル・システム理論では発達における変化過程をカオスの概念を援用し説明しようとしている。発達のな変化は不安定な状態から安定した状態へと移行するが、行動がひとつのまとまりをなし落ち着く先としてアトラクター (= ひきつけるもの) の概念を用いて説明しようとしている。発達のにはどのような領域も時間軸とともに次の段階へと移行するが、アトラクターは一時的に安定した時期として描かれている。その意味でアトラクターは各発達の段階的な状態を説明するのに適しているが、アトラクターは力学系の世界では位相空間の「幾何学的な」部分集合という性質を持つことから、数学的な記述がなされる。

しかし、必ずしも数学的記述のレベルではまだ捉えられないものもある。むしろ発達の諸側面では圧倒的にそのレベルには達していないのが実情であろう。発達心理学の領域に複雑系やダイナミック・システム理論の考え方を導入した研究者の

ひとりに Thelen がいる。彼女は、ワディントンの水路⁽¹⁾を例にとり、子どもの運動発達が落ち着く先として、アトラクターを位置づけ、時間軸とともに順次現れては消失する行動の発達変化をとらえようと試みている (Thelen & Smith, 1994; Thelen, 1995)。環境要因が子どものそれぞれ異なる行動を生み出しながらも、最終的には斉一的な運動発達の段階が明瞭になってくることを説明している。

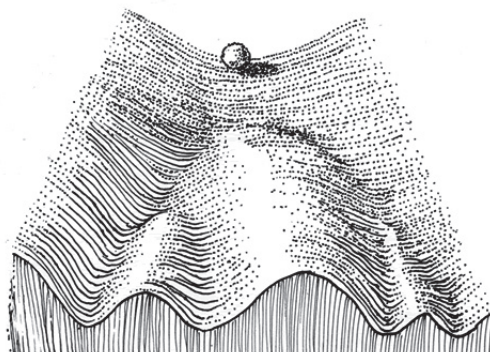


図3 ワディントンの水路 (Thelen & Smith, 1988)

例えば, Thelen, Corbetta, & Spencer (1996) はガブリエル他4人の4ヶ月になる乳児の遊具へのリーチングを毎週観察した。変数として乳児の腕の発光ダイオードをカメラでとらえ行動分析を行い、リーチングの軌跡から目標への速度 (speed) と、手から目標までの距離と実際の直線的距離の比率から直線性 (straightness) を計算してリーチングのパターンを検討している。よいリーチングは対象への直接的なスムーズな動きであることを捉えているが、Thelenらの4人の乳児の異なるパターンが適切なリーチングへと相近 (convergence:⁽²⁾) し安定した軌跡になることを見出している。Thelen & Smith (1994) は発達の行動パターンは柔らかな集合 (soft assemble) から成り立っていて、アトラクターを形成しているという。そしてダイナミカル・システムでの行動パターンは常にゆらいでいる状態にあるが、行動の各構成要素が協調しようとしてコヒーレントな状態を保とうとすると、ゆらぎ (fluctuations) は弱まるとしている。

Thelenらは徹底した行動分析と観察による方法を取り、多様な行為の出現と消失を結び付けてひとつの安定した行為に相近させていく運動発達を適切に切り取ることに成功し、複雑系の枠組みを巧みに援用して説明している。その意味で発達現象の盛衰のあり方を含めた変化過程の捉え方をうまく工夫すること、そして複雑系の概念やモデルを適切に援用することで、発達のある時期に生じる特異な行動の意味を説明することができるのではないと思われる。

「なる行為」や「換える行為」で対象をひきうつす際には身体が大きく動くが(図2)、それがしだいに内化されてくると、手や頭のばらばらな動きが次第に協調しあい一定の動きにまとまってくる。課題に対して高い成績を示す子どもや成人では、アトラクターを形成するようばらばらな手や頭の揺れが同時性を持ちはじめ、ほぼ一貫したリズムカルな動きが捉えられている。このことは自己制御とも関係していて、自己抑制や注意の移行ができる子どもであれば高い変換能力を示していた(野田・落合, 2014)。仮に自らの制御や注意の制御が課題へのリズムカルな同期的動きへ結びついていく(集約していく)基盤を与えているとすると、Thelenらの相近の成立要因には身体・運動面だけでなく制御という側面もあわせてとらえることで新たな地平を見出せるように思われる。一方で、既に述べたように、対象変換における探索行為には複数の種類があった。例えば、子どもに事前に刺激と同型同柄のプレートを渡し、それをを用いて異同を調べるという場合では、複数の方法から最終的にプレートを刺激の上に重ねる方法に集約されていくことがわかっている(Noda, 2010)。刺激を比較する道具としてプレートが様々なかたちで用いられたのがひとつのパターンに集約されていく理由として、対象と自己身体との空間的な効率性があるのだと思われる。

また刺激の異同をいかに調べるか知るためにPCディスプレイ上に探索用の円環リングを用意した。そのリングは画面上を動かすことが出来て、円環の真ん中はメガネのように透かして見ることが出来る。動かして刺激の各部分に焦点化することができるので、その軌跡を分析対象にした。この視覚的なガイドの役割を担ったディスプレイ上のリンクの動きも最初はランダムな動きをしてい

たが、しばらくすると特徴部分へ集約された(Noda, 2013)。ここでもThelenらの相近という過程が生じていた可能性がある。ひきうつしについても数種類が確認されているが、イメージによる変換行為の内化とともにひきうつしは消失していくと推定される。課題を遂行していく上で、まずは最も効率性の良い対象へのかかわりを見出そうとする行為として、多様なひきうつしの動きの現れが観察されたと推測される。ゆらぐような手さぐり状態から効率性などの点からひとつの動きへと最終的に集約していく過程に、複雑系の発達の姿があるといえる。つまり認識の形成の為に拡張した身体が対象へかかわろうとするのだが、その拡張した領域、つまり身体化した状態やかかわるといふ意味での探索の領域では、身体と対象とが一体になろうとするために常にゆらぐ性質(fluctuation)が生じ、結果として様々な動きが観測されることになるのではないかと考えられる(図4)。

身体が対象に引き寄せられるという意味でひきうつしはアトラクターであるかもしれない。つまり、拡張した身体の実態は対象にかかわるかたちをとりながらアトラクターをつくり出すものと捉えることもできそうだ。対象を操ろうとして生じるかかわりは、言い換えれば対象に引きつけられて生じている状態であり、またその諸行為は発達の一時期に現れ減衰していくことから不安定な状態にある。そして対象に対するかかわり方は、対象を認識するための行為として、多くの潜在的な複数のパターンを生じながら次の安定したパターンや状態へと変化していこうとするゆらぎの性質を持っていると推察される。

最初にも述べたように複雑系とは「生きている」

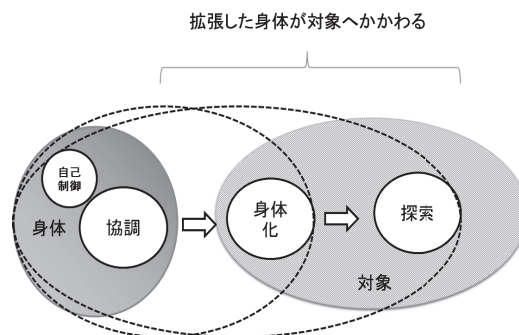


図4 対象にひきつけられて生じるかかわり

システムの動的な秩序（井庭・福原，1998）であるので、子どもの特定の場面における動きを伴った反応に対してあらたな説明の可能性があると考ええる。変換にともなう動作系のあり方と知覚系の双方をつなげてとらえることで知覚と運動の両面から、よりリアルな状態に近い認識の形成の途上のメカニズムを明らかにしていくことが出来ると思われる。

対象を変換して同一性を得る発達の変化を中心に検討してきたが、今後は対象を変換する事態に、少し異なる側面も取り入れることが必要ではないかと考えている。例えば筆という「道具」を用いる場合は、道具を介して外界に描画の線や筆の線という痕跡を残しつつ変化（変換）をもたらししている。なぞり書きなどのようにあらかじめ決めた軌跡上での運動行為を行わせると、道具へのかかわり方が変わってくる。変化の指標のとり方だいが、例えばその筆の把持力に注目すると、与えられたなぞり刺激の様相や子どもの年齢により、把持力が行為の時系列変化として捉えられることを示唆する研究結果が得られている（高橋，2015）。つまり視覚的にガイドされたなぞり線に対して、筆の持ち方や力の入れ方をシナジ的な意味で安定した協調へと年齢とともに相近させていく姿と捉えなおすことも出来るのではないかと考えられる。対象の変換をどう整理していくかが今後の課題となると思われる。

《注》

- (1) ワディントンの水路モデルは、そもそも遺伝と環境の相互作用により生物は発生するという後成説を唱える際に用いた、斜面を緩やかに下るボールの例であった。緩やかな時間の坂にはいくつかの谷があり、それが環境の制約でもあるということを示している。
- (2) convergenceの訳語として佐々木（2000）の「相近」を用いた。形態発生的な用語を行動面へ援用したものである。異なる運動から派生しているが、同じ行動をとれるようになることを意味している。

参考文献

Bernstein, N.A. (1967). *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford: Pergamon Press. (ベルンシュタイン, N. A. 工藤和俊(訳)/佐々木 正人(監訳) (2003). *デクステリティ 巧みさとその発達* 金子書房)

Cooper, L. A., & Shepard, R. N. (1973). Chronometric studies of the rotation of mental images. In W. G.

Chase (Ed.) *Visual information processing* (pp. 75-176). New York: Academic Press

Corballis, M. C. (1982). Mental rotation: Anatomy of a paradigm. In M. Potegal (Ed.) *Spatial abilities: Developmental and physiological foundations*. (pp.173-198) New York: Academic Press

Corballis, M. C. (1988). Recognition of disoriented shapes. *Psychological Review*, 95 (1), 115-123.

Estes, D. (1998). Young children's awareness of their mental activity: The case of mental rotation. *Child Development*, 69 (5), 1345-1360.

Frick, A., Daum, M. M., Walsler, S., & Mast, R. W. (2009). Motor processes in children's mental rotation. *Journal of Cognitive and Development*, 10 (1-2), 18-40.

Frick, A., Mohring, W., & Newcombe, N. S. (2014). Development of mental transformation abilities. *Trends in Cognitive Sciences*, 18 (10), 536-542.

Funk, M., Brugger, P., & Wilkening, F. (2005). Motor processes in children's imagery: The case of mental rotation of hands. *Developmental Science*, 8 (5), 402-408.

井庭 崇・福原 義 (1998). 複雑系入門 NTT出版

市川 浩 (1993). <身>の構造 講談社学術文庫

Jeannerod, M. (1986) The formation of finger grip during prehension: A cortically mediated visuomotor pattern. *Behavioral Brain Research*, 79, 99-116.

野田 満 (2001). イメージの発達 菱谷晋介(編) イメージの世界 (pp.233-249) . ナカニシヤ出版

野田 満 (2009). ひきうつしの構造 - みたての役割 -. 江戸川学園人間科学研究所紀要, 25, 1-25.

Noda, M. (2010). Manipulative strategies prepare for mental rotation in young children. *Journal of European 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つての準備的要因 イメージ心理学研究 10, 23-27.

Noda, M. (2012). Developmental change of strategies in a matching-sample task. *Medimond International Proceedings*. 109-113.

Noda, M. (2013). *Searching area using mouse pointer in mental rotation by young children*. Paper Presented at 16th European Conference on Developmental Psychology. 74. Lausanne, Swiss

野田 満 (2014). 幼児におけるメンタルローテーションでの準備的探索 江戸川大学紀要 24, 21-32.

Noda, M (2014). *Preliminary Searching Behavior of Mental Rotation in Young Children*. Paper Presented at 122th Annual American Psychological Association Convention, Washington D. C.

野田 満 (2015). 発達のみたイメージ変換におけるからだの動き 江戸川大学紀要, 25, 145-157.

Noda, M. (2015). *Young child's coordination between hand and head at the mental rotation*. Paper Presented at 17th European Conference on Developmental Psychology, Braga, Portugal

Noda, M (2016 予定). *Synchronization among body parts movement during mental rotation*. Paper Presented at 31st International Congress of Psychology, Yokoha

- ma, Japan
- 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) 日本教育心理学会第56回総会発表論文集
- 野田 満・落合 洋子 (2015). 幼児におけるメンタルローテーションと自己制御との関連 日本心理学会第79回大会発表論文集
- 野田 満 (印刷中). イメージと身体性 — 「ひきうつし」という手操作方略のイメージにおける役割 — イメージ心理学研究
- 岡林 春雄 (2008). 心理学におけるダイナミカルシステム理論 金子書房
- 大竹 由佳 (2015). 児童によるメンタルローテーションと触認知方略 (江戸川大学 2015 年度卒業論文)
- 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 56 (3),414-425.
- Rothbart, M. K., & Bates, J. E. (2006). Temperament. In W. Damon & R. Lerner (Series Eds.), N. Eisenberg (Vol. Ed.), *Handbook of child psychology, Vol. 3. Social, emotional, and personality development* (6th ed., pp. 99-166). New York: Wiley
- 佐々木 正人 (2000). 発達研究の現在 - 運動研究 1990 年代 - 児童心理学の進歩 2000 年版 1-26. 金子書房
- 高橋 美美祐 (2015). 児童における筆記具把持の準備的研究 (江戸川大学 2015 年度卒業論文)
- Thelen, E. (1995). Motor development. *American Psychologist, 50* (2), 79-95.
- Thelen E., Corbetta D., & Spencer J.P. (1996). The development of reaching during the first year: The role of movement speed. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 22*, 1059-1076
- Thelen, E., & Smith, L.B. (1988). Dynamic systems theories. In W. Damon (Ed.), R. M. Lerner (Vol. Ed.), *Handbook of child psychology. Vol.1. Theoretical models of human development* (5th ed., pp. 563-634). New York: Wiley
- Thelen, E. & Smith, L. B. (1994). *A dynamical systems approach to the development of perception and action*. Cambridge, MA: MIT Press
- 淳穴 寿香・橋本 創一・出口 利定 (2008). 日本語版 BRI EF-P の開発—発達障害児支援への活用をめざして— "発達障害支援システム学" 研究 7 (2), 59-64.
- Wexler, M., Kosslyn, S. M., & Berthoz, A. (1998). Motor processes in mental rotation. *Cognition, 68*, 77-94.

謝辞

本研究は JSPS 科学研究費 25560119 の助成を受けて行われたものです。

英文タイトルと要約

Physical movements occurring during spatial transformation tasks

Mitsuru Noda

We first dealt with the Hikiutsushi that had been observed in the matching sample task and the mental rotation task. Because there are kinematic factors related to object transformation, the physical involvement of the object was considered as occurring in the form of a Hikiutsushi, while searching behaviors were used to determine the steps of the transformation process. In addition, coordination of body movements, self-control, and control of attention were considered as factors involved in object transformation. There is a specific stage of development during which the various reactions of physical involvement appear and disappear. During this stage, the state of the reaction is finally aggregated, and its functions are similar to the attractors found in complex systems. This stage is considered to have a fluctuating nature; that is, its different states range from lower to higher orders.

keywords : embdiment, mental rotation, hikiutsushi, coordinatiou, complex system, searcuing, selfregulation