

幼児におけるメンタルローテーションでの準備的探索

野田 満*

要 約

3歳から5歳児を対象に異同判断課題でメンタルローテーターを抽出し (Estes,1989), 異同を特別なカーソルを用いて探索させた。そしてミリ秒でカーソルの動きを記録しその動きを探索に要する活動性と捉えた。回転変換以外の符号化, 比較, 反応といった働きが想定されている一次関数の y 切片までの時間と, 最終判断までに要した2種類の時間の活動性を比較した。その結果, 両方の時間領域ともに, 活動性は年齢とともに減少し, 3歳児は角度に対する異なる反応を示すものであった。y 切片までの時間が課題全体の活動性を代表していることが示された。

キーワード: メンタルローテーション 加速度 活動性 探索 カーソルポインター y切片

メンタルローテーション課題においては反応速度と誤反応とが指標とされてきた。成人を対象に行った実験において Shepard and Metzler(1971)は, 対提示された刺激間の角度勾配の増大に従い, 異同判断するまでに要する時間が増加するという関数関係を見出し, 心的なイメージの回転が物理的な動きと類似していることを初めて示した (Shepard & Metzler,1971)。メンタルローテーションの関数は, 角度に対する反応時間のスロープの傾きと対刺激が0° 正立の状態にある時の値を示す y 切片とから成る。傾きは回転の速度, y 切片は回転以外の符号化や, 比較・反応といったプロセスに要した時間を反映すると考えられている (Cooper & Shepard, 1978; Just & Carpenter, 1985)。その後, このメンタルローテーションは幼児においても確認され (Marmor,1975,1977), 成人に比べて回転に要する反応速度は緩やかなものであることが示された。しかし, 4~5歳の幼児においてイメージの操作が可能であるという発見は, 運動イメージ (kinetic imagery) が具体的操作で生じると考えていた Piaget and Inhelder (1971) とは食い違うものとなった。しかしそれは課題設定が異なっていたことや, イメージとい

う言葉の捉え方が違うために生じたものと考えられる。

さて, y 切片は回転というイメージ変換以外の符号化や比較・反応といった部分に要した時間を反映していると言われ (Cooper & Shepard,1973, 1978; Kail,Pellegrino, & Carter,1980), 発達とともに回転の速度が上昇するのと同じく, 符号化や比較・反応などの処理時間が短縮されることが多くの研究で示されてきた。実際に, 刺激対象がどのようなものであるのかは, 未知の複雑な刺激でない限り, 符号化や比較などに要する時間は短くなると予想される。一方で年齢の低い子どもは, 刺激対象が何であるのか知覚的に分析するために, 一時期誤った方略を取り入れてしまう傾向を示すことが多く, 幼児期特有の誤反応を生み出す方略が報告されてきた (Foulkes & Hollifield, 1989; Kerr, Coritt, & Jurkovic,1980; Quaiser-Pohl, Rohe, & Amberger,2010; Noda,2010)。また, 図形の一部を用いて見本を再構成させる課題を実施したところ, 物理的な距離に従って正反応だけでなく処理の困難さを反映する誤反応の増減が, 勾配に従い明確なスロープ状に描かれる関係が示された (Noda,2014)。

しかしながら, 最終的な反応の結果を得るまでのあいだには, ただ刺激を見ているだけではなく

2013年11月30日受付

* 江戸川大学 人間心理学科教授 認知発達心理学

刺激への身体的なかかわり（「ひきうつし」）が現れることが児童期の子どもで観察されてきた（野田,2001,2008,2014）。このことは引き続き、身体に関連する幼児期の研究において確認されてきており、刺激の傾きに合わせて身体を傾けてみたり（Marmor,1977; Noda,2012）、対象に手を伸ばして触れずにそのものを回そうとしたり（Chu & Kita,2008; 野田,2001）、対象を比較するために与えられた対象の一部を比較の為に様々な形状に置き換えたり（Noda,2010,2014）という具合の自己調整的な行為や、刺激自体の見え方などを変更しようとする対象自体を調整しようとする行為が生じてくることが分かってきている。前者は自らの身体を調整し直すなかかわりを通じて、対象をイメージの上で把握するための準備的作業として位置付けられ、後者はイメージ上の変換を手や指を補助的に用いて調整を行うものと捉えてきた。特に後者は、対象そのもののイメージを自分自身の手や指を用いて空の状態の中に描き直していく「ひきうつし」を示しており、積極的に認識を形成する為の身体的なかかわりとして概念化すべきものと考えられてきた（野田 2001,2008,2009）。

実際、子どもが知覚やイメージ課題を解く場合、提示された対象の属性や構造がわかっていることが前提とされている。筆者の実験記録からすると、提示された刺激をすぐさま判断できればいいが、そのままでは十分に読み取っている状態とは言えない。自分から対象にかかわっていかないと新たな情報を得られぬまま、何も読み取れずに、「自覚の無い見えていないままの状態」となる幼児が多い。誤反応が生じる原因もここにあると言える。一方で、メンタルローテーターの多くは提示される刺激を符号化し、比較するための準備的な探索を充分に行い、その後の課題要請（例えば、メンタルローテーションの場合はイメージの回転）に応じるというプロセスを、自発的に行っていることが予想される。

一方で、子どもの活動や環境内の動きを捉える指標として、加速度の応用が検討されつつある。特に工学や体育学領域で子どもの身体活動を把握するために利用されている。例えば、加速度を内

蔵した歩数計（ライフコーダ）を利用して幼児の活動量を測定し、日常生活と身体活動量の変化について調査した研究（塩見・角南・沖嶋・吉武・足立, 2008; Tanaka,Tanaka,Kawahata,& Midorikawa,2007）や、同様の方法で児童期を対象にした調査（足立・笹山・引原・沖嶋・水内・角南・塩見・西牟田・菊永・田中・齊藤・吉武,2007）がある。また4歳児における身体活動と運動能力の関係を調べたもの（鈴木, 2001）などがある。これらは、活動量が日によってまた年齢によってどう変化するかを明らかにしようとした研究である。主に健康生活との関連から行われている。一方、ライフコーダと位置情報の取得に用いるICタグ（RFID）とを併用して、集団活動の質的变化を捉えたものがある。幼稚園内の所定の空間領域内で一緒に遊ぶ子どもどうしの加速度を取り、それらの相関を算出した後に相関係数を非類似度に変換し、そのデータをMDS(多次元尺度構成法)にかけて、子ども達の行動のレベルを2次元平面に表現するという手法を用いた研究が行われている（今城・上坂・柴田・芳賀・金田,2009）。更にこのグループでは、子どもの行動の園内での時間変化に伴う活動レベルの質的变化を、加速度により把握しようとする試みが行われている。この研究は、装着している加速度計のデータ変化から、時系列的に自由遊びから設定保育、次ぎにお昼ごはん等と進むにつれて、多くの子どもが一斉に質的に変化する活動性をセンサーデータの変化として捉える試み（上坂・今城・柴田・芳賀・金田, 2009）であり、与えられた状況、課題への対応を加速度に反映される活動性のパターンから捉えようとしたものと言える。しかし、いずれの幼児を対象とした研究も加速度センサーは腰に装着したりして、身体全体の運動強度を測定するように用いられており、本研究の目的である手の動きを識別する為に、加速度が利用されることは無かった。ただし、音楽で用いるタクトに加速度センサーを埋め込み「タクトを振る」という行為を幼児に行わせ、取得したセンサーデータの周期やそのばらつきから、ふり方が適切であるかどうか検討しようという試みがある（新谷・橋詰・金岩・金田,

2007)。運動の状態をシンプルな腕のふりの動きから読み取ろうとしたものである。しかしこの場合においても技術的な問題もあって手指を用いた手操作の微妙な変化を加速度で捉えていくという試みはなされていない。

前報告(野田,2013)では、異同判断課題の際にどこを見て、異同の判断がなされているかを調べる為に、対提示されている刺激と同じディスプレイに特別なカーソルを示し、それを用いて同じか違うかを探索するように求めるという課題を行った。その結果、傾きは0° 正立のままの標準刺激より、試行ごとに傾きの変わる比較刺激の側を長い時間探索することが示された。新奇なものへ探索の対象が変化することがわかった。また、刺激にはコスチューム姿の子どもの線画を用いたが、その身体の各部分の中でも当初予想されていた顔領域への探索よりむしろ身体の衣服の部分に探索が集中した。しかし、一事例による方法論上のパイロットスタディであったので、3歳から5歳までの保育園児(N=49)を対象に同様の手続きを実施し、メンタルローテーターの基準を通過した子どもを分析したところ、興味深いことがわかってきた(Noda,2013)。まず第1に、いずれの年齢も前報と同じく、0度正立のまま提示され続ける標準刺激より、試行ごとに傾きが変わる比較刺激の方をカーソルを用いてトラッキングする時間が長かった。このことは、刺激の向きの変化に関心を示し、何かが違うのかもしれないとトラッキングによる探索が長時間続いたものと考えられた。第2として、刺激内のシンメトリー部分ではなく、非シンメトリー部分へのトラッキング時間が長かった。このことは探索が異同判断の手掛かりとなる重点的探索領域に対して、意図的に行われたことを示すものと解釈された。筆者のこれらの研究は、いずれの領域に関心が集中し、カーソルによる探索という手操作がいかに生じるかという点から検討してきたが、課題中の探索活動の運動量における時間的な変化については十分に検討出来ていない。先の研究で試みたトレース移動の時系列分析は、提示刺激のどの領域をカーソルが移動したか、時間的な行動変化を捉えたも

ので、刺激の各要素を順にトレースしていく動きを数値化して捉えたものであった(野田,2013)。

本研究では、よりイメージ操作に特化して検討を試みるため、イメージの回転あるいは変換を行う前の準備的段階で、活動性がいかに変化するかを検討することを目的とした。実際にはトレースによる動きの加速度を活動性の指標とし、探索行為の状況が反映されると仮定した。一次関数から得られるy切片の値までの時間と、課題全体で要した時間との比較を通じて、回転するための準備的な段階で生じている探索を中心とした動きの性質を検討することを目的とした。

方 法

参加幼児：千葉県の実験室に通う3歳児24名(平均48.2ヶ月)、4歳児18名(平均60.9ヶ月)、5歳児17名(平均71.6ヶ月)。

実験日時・場所：2013年10月 保育園の一室で個別に実施した。

装置：解像度1440×900のディスプレイ(21.5inch)に刺激対を提示。画面までの距離は約35cm。PCのOSはwindows7。HSP言語でAPI関数を利用してmsecまでの計測を行えるようにメンタルローテーションのプログラムを組んだ。画面背景は黒色で、カーソルポインター(ポインター)の形状は黄色のリング状(32×32px)にReal World Cursor Editor(Miller & Miller,2012)を用いて加工し、リング中央は透明になるようにした。ポインターは初期状態では画面中央にある。光学式の幼児でも手に収まる小型のマウスを使用し、実験開始の際は幼児の右側に置いた。反応記録は外付けのテンキーを改造し「同じ」「ちがう」のキーを割り当てた。反応ボタンについてだが、幼児が分かりやすいように、プラスチックでできた動物のボタンを配した。「同」の場合はボタンの上に「おなじ」と文字を添えた黄色のトラ(35×30mm)、「異」の場合は「ちがう」と文字を添えた緑色のカエル(35×30mm)のボタンをテンキーに接着した。

刺激：練習試行、本試行とも標準刺激をディス

プレー左側 0 度正立の状態で示し、比較刺激は右側に角度を変えて提示した。比較刺激には標準刺激と重ねると一致する同試行と、鏡映像となる異試行との 2 種類から成り、0,45,90,135,180 度の角度ごとに同試行と異試行を用意した。練習ではクマの絵を使用。本実験用では仮装した男児の線画を刺激とした条件 1 (wog) と、女児の線画を刺激とした条件 2 (girl) とを使用した (Figure 1, 参照)。いずれもフリーの子ども向けイラストを利用した。尚、3 歳児群では課題の負荷の点から条件 1 のみで条件 2 は実施しなかった。

手続き：まず練習試行では、幼児にクマの絵を対提示し、異なっているか同じであるかのどちらかであることを告げ、「2つの絵がおなじかどうか」を調べるように尋ねた。調べる際に「この不思議な輪を使って調べてみましょう」と画面内のリング状のカーソルを指さし、動かして見せた。参加児にはカーソルを用いて探索するように、「同じようにしてこれを使って調べてみましょう」と使用を促す教示を繰り返し、その都度励ました。参加児が探索の結果「おなじ」「ちがう」の判断を行う場合は別に用意した外付けの反応ボタンを押させることで答えさせた。ボタンを押して 100msec の後にディスプレイの刺激は消えて、更に 100msec 後に次の刺激対が呈示された。比較刺激では正像・鏡像および提示角度はランダムとした。練習はフィードバックを行わず、操作の習熟を目標にした。本実験も練習試行と同じ手順

で実施したが、条件 1 と 2 の施行順序は 4 歳と 5 歳児群でランダムに振り分けた。練習では正像・鏡像×5 角度×1 試行の 10 試行、本実験では正像・鏡像×5 角度×2 試行×2 条件の 40 試行を行った。3 歳児は条件 1 のみ実施し 20 試行となった。

結 果

1. メンタルローテーターの抽出

y 切片までの活動性や課題全体の活動性を検討するために、角度と反応時間との相関係数の値が 0.40 以上 (Estes,1998) であった子どもをメンタルローテーターとして抽出した。条件 1 では、3 歳児 3 名、4 歳児 4 名、5 歳児 7 名の計 14 名、条件 2 では 4 歳児 2 名、5 歳児 7 名の計 9 名であった。秒単位で各年齢での一次関数を求めた。条件 1 の 3 歳児の一次関数は $y = .066x + 21.207$ であった。4 歳児は $y = .103x + 16.650$ 、5 歳児では $y = .134x + 4.821$ であった。条件 2 では 4 歳児の一次関数は $y = .131x + 7.860$ であった。5 歳児では $y = .099x + 7.918$ であった。傾きおよび y 切片の値について年齢を変数とした分散分析を行ったが条件 1,2 とも有意差は認められなかった。しかし年齢とともに傾きは緩やかなスロープとなり、y 切片の値も年齢とともに下がっていく傾向がうかがわれた。おそらく各年齢群での個人差が原因して分散が大きくなり、有意差が得られなかったと思われる。

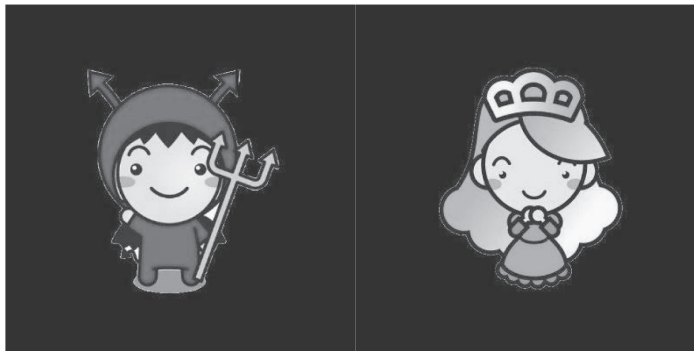


Figure 1 Upright image of stimuli used at condition 1 and 2

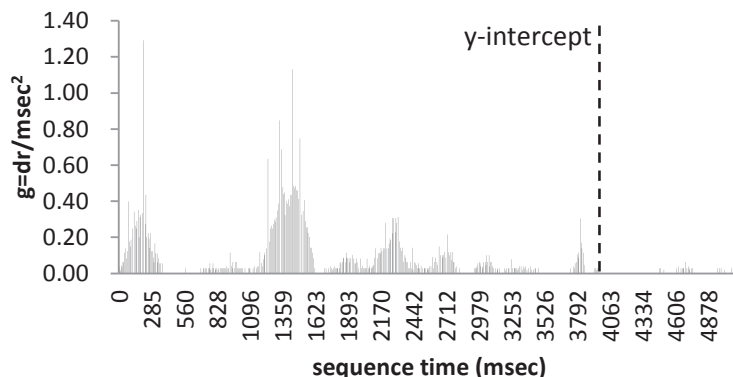


Figure 2-1 Acceleration variation at 0 degree

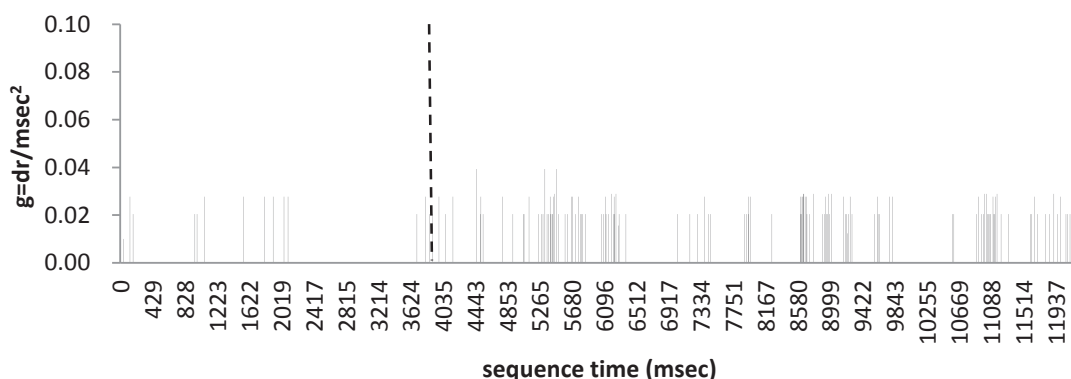


Figure 2-2 Acceleration variation at 45 degree

2. 加速度の算出と例

カーソルのディスプレイ上の座標は2～10msecの単位で記録された。時系列に得られた各カーソル座標からディスプレイ上の座標間の移動距離 (dr) と各カーソル座標間の時間差 (Δ msec) を求めた。これらの値を用いて $g=dr/\Delta$ msec² の式により加速度を算出した。カーソル座標が変わらない場合は、加速度の変化が無いために値は0となった。しかし記録された単位時間内でのカーソル座標が変化した場合移動距離が算出され、単位時間内の加速度として0以上の値を得た。以下に加速度の変化の一例（本研究、最年長の6歳6ヶ月女児・条件1）をFigure 2-1～5に示した。刺激提示から異同判断までの時間を

対象とし、縦軸に示した加速度がどう変化したか示すものである。角度が増すと反応時間がかかったことや、カーソルの動きの強弱（例えば135度で6.604sec経過後に $g=24.738$ の値を示した急激なカーソルの動き等）の為に、同一の縦横比のグラフとはなっていない。一次関数の傾きは0.25でy切片は4.014secであった。Figure 2-1は0度正立の刺激の場合で、4.014secにy切片を示す破線を入れた。加速度として得られたカーソルの動きは、そのほとんどがy切片までに生じたことがわかる。符号化のための動きが活発に現れ、探索することで刺激の各特徴を移動したものと考えられる。y切片後に微小な動きが認められるが、なんらかの調整を行ったものであろう。それが、

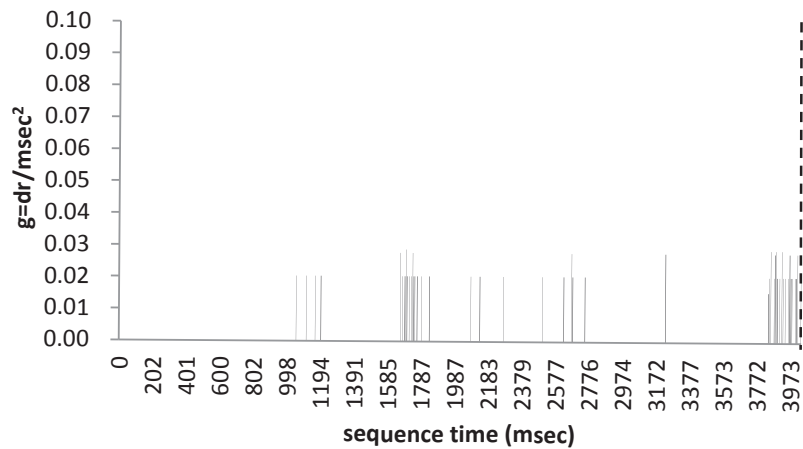


Figure 2-3 Acceleration variation at 90 degree

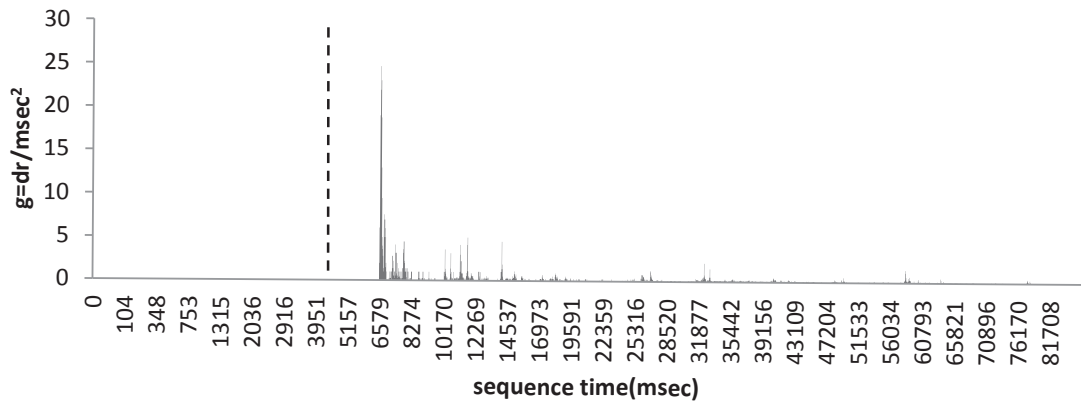


Figure 2-4 Acceleration variation at 135 degree

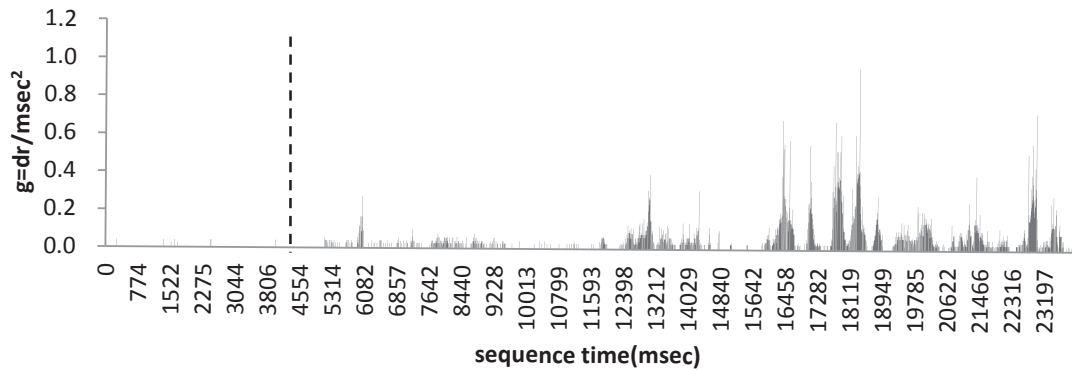


Figure 2-5 Acceleration variation at 180 degree

45度 (Figure 2-2) になると、y 切片の値までの時間幅は全体の一部分に限定され、むしろその後の時間の方が長く、活動性も対応している。おそらく符号化の後の回転変換に要した活動であると思われる、そこでのカーソルによる探索が何を意味するのか注目すべき時間帯と言える。90度 (Figure 2-3) ではこの児の場合、y 切片までの時間で課題に要したほとんどの時間を占めた。回転よりも刺激の特徴どうしの対応を試みるという方略、つまり符号化や比較の繰り返しがあった場合に、こうしたパターンが得られるのではないかと推測できる。135度 (Figure 2-4) では、y 切片までの間に加速度値は得られなかった、つまり y 切片の値まで動くことは無く、ひき続くピーク時 (Figure 2-4 の 6.604sec 前後) に急激に動いて後、それと関連するような動きが微弱ながら続くというものであった。180度 (Figure 2-5) では、このグラフでは視認が難しいが微弱な動きが y 切片までに認められ、その後続く時間の後半で活発な動きが認められるというかたちをとっている。本事例は y 切片までの活動性が、特に高かったわけではない。

3. y 切片までの平均加速度の比較

メンタルローテーターとして抽出された子どもを対象に、刺激提示から y 切片までの時間について、平均加速度を指標とし年齢×角度 (0,45,90,135,180度) の分散分析を行った。尚、各児の y 切片時間までの平均加速度を求め、分析対象データとした。条件1では年齢と角度との交互作用が認められた ($F(8,44) = 3.649, p < .01$)。交互作用における単純主効果を検討したところ、45度 ($F(2,55) = 3.249, p < .05$) と90度 ($F(2,55) = 5.973, p < .01$) でまた3歳児において単純主効果 ($F(4,44) = 5.636, p < .01$) が得られたので、Ryan法による多重比較を行ったところ、45度では特に差は認められなかったが、90度では3歳と5歳、3歳と4歳の間で有意差が認められ ($p < .05$)、3歳では0度と90度、90度と180度の間で有意差が認められた ($p < .05$)。Figure 3を見ると明らかなように、年齢とともに平均加速度は下降し、3歳では0度や180度に比べて90度が最も盛んに動きが現れ

たことがわかる。年齢変化と角度に対する反応の違いが見いだされた。一方、条件2での分散分析の結果では年齢、角度ともに有意差は得られなかった。

4. 全体の平均加速度の比較

上記3で分析した y 切片までの時間と同じくメンタルローテーターを対象としたが、刺激提示から異同判断までの課題に要した全時間を検討した。得られた平均加速度について年齢×角度 (0,45,90,135,180度) の分散分析を行った。y 切片での分析と同じく、条件1では年齢と角度との交互作用が認められた ($F(8,44) = 3.199, p < .01$)。単純主効果を検討したところ、45度で有意傾向 ($F(2,55) = 2.491, p = .09$)、90度で単純主効果が得られ ($F(2,55) = 6.376, p < .01$)、また年齢別には3歳児で単純主効果 ($F(4,44) = 5.636, p < .01$) が得られた。Ryan法による多重比較の結果、90度では3歳と4歳及び3歳と5歳との間で有意差 ($p < .05$) が得られ、3歳では0度と90度との間で差が得られた ($p < .05$)。Figure 4に示すように90度では年齢とともに減少する傾向がうかがわれ、45度では差が認められなかったものの90度と似た傾向が示された。尚、条件2の分散分析では年齢、角度ともに有意差が得られなかった。

5. y 切片までと全体との平均加速度の比較

y 切片までの時間と課題全体を通じての時間帯との2種類の時間帯で、平均加速度値に違いがあるかどうかを検討する為に、時間帯×角度の対応のある2元配置分散分析を年齢および条件ごとに実施した。結果はいずれの年齢・条件においても時間帯の間に有意差は得られなかった。ただし3歳児の角度要因は既に分析した通り角度の主効果 ($p < .05$) が認められた。どの角度においても刺激提示から y 切片までの平均加速度値と判断終了までの値とに違いが無かったことになる。

考 察

平均加速度の年齢推移は、y 切片までを対象として分析した結果も課題全体を通じて得た結果も同じ傾向を得た。45度や90度でみられたように、

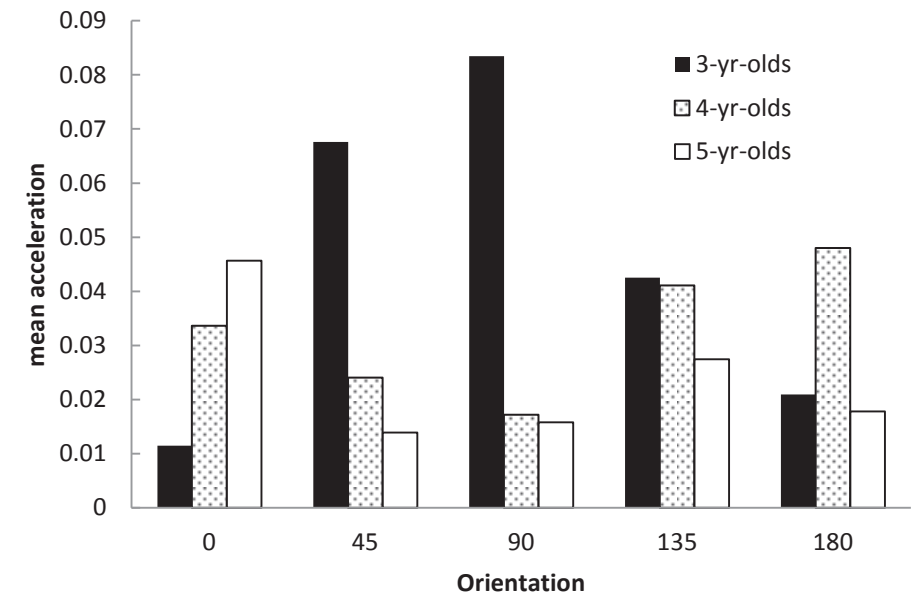


Figure 3 Angular difference of mean acceleration by y-intercept at condition 1

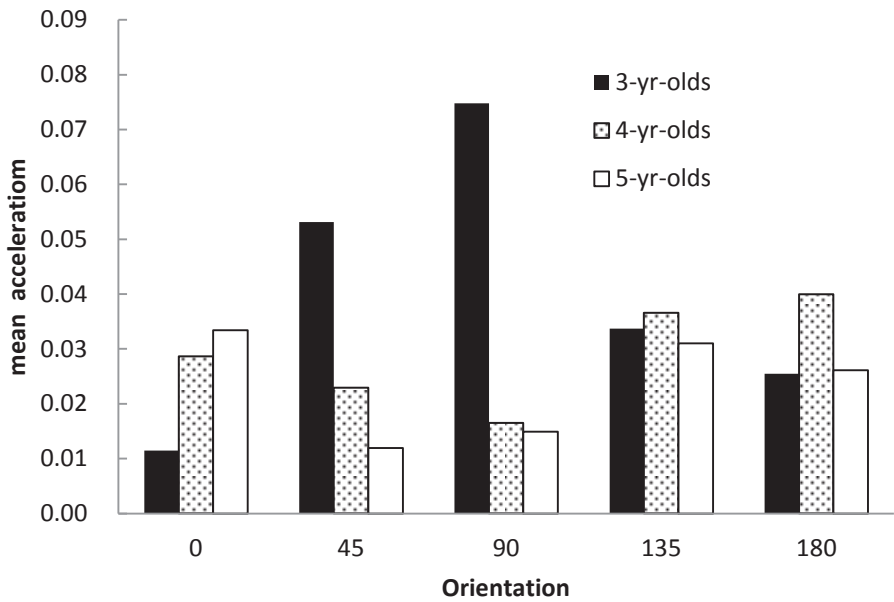


Figure 4 Angular difference of mean acceleration through task at condition 1

年齢とともにカーソルによる活動性が下がってくるのは、それほど探索せずとも対象の理解が素早く行われるようになってきたことを示唆している。ただしいずれの角度でも同様の傾向が示されたわけではなかった (Figure 3, 4)。少なくとも 45 度や 90 度を見る限り、年齢とともに視覚イメージ化しやすくなってきたと言える。

また 3 歳では 90 度での活動性が最も盛んであることが再び示された。3 歳で得られた 90 度をピークにした山形のプロフィールであるが、おそらくこの子どもが横倒しになっている状態に固執し、探索後も何度も確認を繰り返したのではないだろうか。0 度や 180 度といった鉛直方向に向けられた刺激に対しては、それほど探索をしていないことからすると、90 度という横倒しの向きに特別な困難さを感じたのかもしれない。反応時間は勾配に従い増加していたので、活動性の増減とは対応関係にはない。0 度や 180 度では標準刺激と同じく垂直線上に刺激の構成要素が並ぶことになり、傾きのある刺激に比べて符号化や比較のしやすさが生じたと予想される。幼児期は特に視覚スキニングが上から下へと進行するが (Ghent, 1961; 田中, 1991)、ポインターでの探索が視覚スキニングと機能的に似ていることも探索が低下した要因のひとつと考えられる。つまり 3 歳のメンタルローテーターは角度の増大に従い、イメージの回転に要する変換のための時間が長くなるが、回転に先立っての符号化や比較などの準備的なプロセスでの探索は 90 度で最も活発で、刺激の上下に関係なく 0 度や 180 度といった垂直の場合は、準備的なプロセスにおける活動性が低下する傾向が示されたことになるのだろう。しかし 90 度への固執は 3 歳という年齢に特異的な現れなのかもしれない。尚、条件 2 の分散分析では有意差は得られなかった。条件 2 で年齢差や角度差が現れなかったのは、4.5 歳児と 3 歳児との比較ができなかったことが原因ではないかと考えられる。条件 1 では 3 歳児と他の年齢群とのあいだで差異が生じていた。そのことからすると、3 歳と 4 歳との間に大きな発達の変化があったと推察できる。

また、y 切片までの活動性と課題全体での時間で得られた活動性とが同一の傾向を示した。このことは、y 切片の時間までに課題での主要な動きが、既に生じていたと考えることが出来る。回転の段階ではそれほど大きな活動性が生じず、むしろそれまでの y 切片時までの活動性が全体を代表していたと推測される。すなわち y 切片までの段階で、刺激の符号化のための探索や回転に先立っての比較等の識別に必要なトレースが生じていて、y 切片以降に引き続く時間帯で回転における活動が微弱ながら生じたと推察される。そもそもポインターは探索用に開発され、刺激内の特徴の違いを調べるためにリング状の形状をしていた。部分に特化しているがゆえに、イメージの全体的な変換には利用しにくいと思われる。だが幼児期という年齢から考えると、特徴分析的な方略が用いられていただろうと予測できる。もしも標準刺激と比較刺激との特定部分を反復的に参照するといった特徴分析的な方略 (Foulkes & Hollifield, 1989; Kerr et al., 1980; Quaiser-Pohlet et al., 2010; Noda, 2010) が用いられていたならば、課題の終了間際まで特徴分析的な活動が生じるはずである。つまり y 切片後の時間においても特徴間の比較のためのトレースが予想できる。しかしメンタルローテーターとして抽出したデータのほとんどが、y 切片までに活動性が集約されていた。課題の早期から特徴分析的な方略が用いられていた可能性が高いことになる。

前研究でポインターにより探索させると、対象の特徴的部分の探索や輪郭等の形状の確認に用いられることが示された (野田, 2013; Noda, 2013)。本研究結果では顕著な探索の行為が課題提示の早期に生じていたこと、つまり y 切片の時間までのあいだに課題最中の大半の動きが生じたという結果を得た。両方の実験結果を合わせて考えると、対象の特徴的な部分や識別を行う上で重要な個所となる重点的探索領域を、まずは見つけ出すために早期の段階でポインターによる探索が行われたのではないかと推察できる。その上で回転がなされたのだと考えるならば、既に異同判断の解答を得て、確認的なローテーションが行われた可能性

も考えられる。

最後に運動要因からすると、おそらく年齢の低い子どもは、年長児より対象へのカーソルによるかかわりが重要な対象理解を導いたと推測される。カーソル移動を加速度として捉えたが、おそらく「動かすこと」で注意のレベルが変わり、自分と対象との関係が変化し、そこに認識の形成を手助けするなにかが生じたのだと思われる。今後、対象へのかかわりをカーソル等の媒体を通じて、認識がいかに形成されるかを問題にできるものと考えられる。

まとめ

- 1) 回転操作以前の y 切片までの活動成分が課題全体の活動成分を代表していた。
- 2) 加速度という指標でトレースに含まれている活動成分をとらえたが、符号化、比較、回転、反応といった異なる内容が多重に反映していると考えられる。しかし、y 切片までと、y 切片以降とに分けると、準備的段階と回転による変換の段階に分かれるのではないかと考えられた。
- 3) 年齢とともに活動性が下がっていくのは、カーソルによる活動性が回転ではなく準備的な働きと対応関係にあると捉えられた。

参考文献

- 足立 稔, 笹山健作, 引原有輝, 沖嶋今日太, 水内秀次, 角南良幸, 塩見優子, 西牟田 守, 菊永茂司, 田中宏暁, 齋藤慎一, 吉武 裕. 2007 小学生の日常生活における身体活動量の評価: 二重標識水法と加速度計法による検討, 体力科学, **56** (3), 347-355.
- Chu, M., & Kita, S. 2008 Spontaneous gestures during mental rotation tasks: Insights into the micro development of the motor strategy. *Journal of Experimental Psychology: General*, **137**, 706-723.
- Cooper, L.A., & Shepard, R.N. 1973 Chronometric studies of the rotation of mental images. 75-176. W.G.Chase (Ed.) *Visual information processing*. New York: Academic Press
- Cooper, L.A., & Shepard, R.N. 1978 Transformations on representations of objects in space E. C. Carterette and M. P. Friedman (Eds.), *Handbook of perception, Volume VIII: Perceptual Coding*. New York: Academic Press.
- Estes, D. 1998 Young children's awareness of their mental activity: The case of mental rotation. *Child Development*, **69** (5), 1345-1360.
- Foulkes, D., & Hollifield, M. 1989 Responses to picture-plane and depth mental-rotation stimuli in children and adults. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **27** (4), 327-330.
- Ghent, L. 1961 Form and its orientation: A child's-eye view. *American Journal of Psychology*, **74**, 177-190.
- 今城和宏, 上坂和也, 柴田征宏, 芳賀博英. 2009 RFID 及び加速度センサによる子どもの交友関係の自動分析. 情報処理学会研究報告. UBI, [ユビキタスコンピューティングシステム], **4**, 1-8.
- Just, M.A., & Carpenter, P.A. 1976 Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, **8**, 441-480.
- Kail, R., Pellegrino, J., & Carter, P. 1980 Developmental changes in mental rotation. *Journal of Experimental Child Psychology*, **29** (1) 102-116.
- Kerr, N.H., Corbitt, R., & Jurkovic, G.J. 1980 Mental rotation: Is it stage related? *Journal of Mental Imagery*, **4**, 49-56.
- 上坂和也, 今城和宏, 柴田征宏, 芳賀博英, 金田重郎. 2009 加速度に基づく集団行動の自動セグメンテーション 第23回人工知能学会発表論文
- 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.
- Milér, V., & Milér, J. (2012). RealWorld Cursor Editor - version 2012.1
<http://www.rw-designer.com/cursor-maker>
- 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 2008 知覚を束ねる身体的作用. 江戸川学園人間科学研究所紀要, **24**, 81-115.
- 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.
- 野田 満 2013 異同判断におけるトレース指標の予備的研究. 江戸川大学紀要, **23**, 133-144.
- 野田 満 2013 幼児期・児童期初期におけるイメージ変換にのっての準備的要因. イメージ心理学研究, (印刷中)
- Noda, M. 2010 Manipulative strategies prepare for mental rotation in young children. *Journal of European Developmental Psychology*, **7** (6), 746-762.
- Noda, M. 2012 Developmental change of strategies in a matching-sample task. 109-113. *15th European Conference on Developmental Psychology*, Medimond International Proceedings
- Noda, M. 2013 Searching area using mouse pointer in mental rotation by young children. *16th European Conference on Developmental Psychology*, 74.
- Noda, M. 2014 Transformation of the incomplete figure in young children. *International Journal of Behavioral Development*, **38** (1), 23-32
- Piaget, J., & Inhelder, B. 1971 *Mental imagery in the child*.

- Chilton, P.A. (translated from the French first published in 1966) New York: Basic Books.
- Quaiser-Pohl, C., Rohe, A., & Amberger, T. 2010 The solution strategy as an indicator of the developmental stage of preschool children's mental-rotation ability. *Journal of Individual Differences* **31** (2), 95-100.
- Shepard, R.N., & Metzler, J. 1971 Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, **171**, 701-703.
- 新谷公朗, 橋詰和範, 金岩伸悟, 金田重郎 2007 センサー情報を用いた音楽指導場面における幼児の行動分析手法の提案, 情報処理学会第 69 回全国大会発表論文, 419-420.
- 塩見優子, 角南良幸, 沖嶋今日太, 吉武 裕, 足立 稔 2008 加速度計を用いた幼児の日常生活における身体活動量についての研究. 発育発達研究, **39**, 1-6.
- 鈴木裕子 2001 4 歳女兒における身体活動と運動能力に関する研究: ライフコーダを用いた身体活動量の測定評価から. 名古屋柳城短期大学研究紀要, **23**, 97-107.
- 田中敏隆 1991 認知の実験発達心理学 中央法規出版
- Tanaka, Tanaka, Kawahata, & Midorikawa 2007 Triaxial accelerometry for assessment of physical activity in young children. *Obesity*, **15** (5), 1233-1241.

謝 辞

本実験のデータに協力いただいたえどがわ森の保育園園長の落合洋子先生をはじめ保育士の方々、子ども達に感謝します。本研究は JSPS 科研費 25560119 の助成を受けたものです。

Preliminarily research on the mental rotation in young children.

Mitsuru Noda

Abstract

Three to five years old children were conducted to extract mental rotator (Estes, 1989), and were asked to search the differences with the particular cursor-pointer. The movements of the pointer on the display were recorded in millisecond, and were defined as activities for searching differences. The activities were compared during the time of y-intercept of linear function, which was presumed encoding, comparison, and so on, and with the time it took to reaching the final decision. Both time zone showed the activities decreasing with age and the three-year-old showed anisotropy.

It is possibly that the time zone during the y-interception represents the full range of task activities in young children.