

就学前児の積み木構成における手操作の縦断研究

野田 満*・落合 洋子**・佐々木希実***

要 約

手操作の変化をみるために幼児期の縦断研究を行った。4～6歳の幼児3名に積み木を見本と同じ形・方位(0.90,180度)にする課題を行った。手の動かし方が月齢に従いかに変化するか4ヶ月間の追跡を行った。結果は、手使用(両手・片手を使用)と手操作(調整・崩壊・はさむ)、見比べの計6カテゴリー3側面に分けて整理した。月齢とともに手使用が減少し手操作が増加する2名と、わずかな時間で逆転が生じた構成レベルの高い子どもとに分かれた。我々は単純な手の動きから、無駄のない動きへの移行を捉えることが出来た。巧緻性や技巧性の発達と大いに関連すると思われる。子どもの発達において、表象と行為とのあいだには注意と関連した自己制御が大きな役割を果たしているのではないかという議論を行った。

キーワード：手操作, 手使用, 巧緻性, 自己制御, イメージ, カプラ

問 題

同一の材料を組み合わせて構成させる遊具に積み木やレゴ等がある。多くは自由に遊ぶ場面で用いられることが多い。オランダで開発されたカプラは、1:3:15という比率による板状の積み木で、従来のキューブ型の組み合わせからなる積木とは異なっており、その比率が建築学上の合理性を備えているという点で保育の場面への導入には目ざましいものがある(奥村,2008;板倉・柄田・長崎,2010;井口,2013;瀧川,2013;吉田,2013,2015)。しかしながら、その遊びの背景にある認知的能力のありかたについて、いまだ十分な研究が着手されていないのが実情である。創造性に関する研究であるが(赤津・原田,2008;原田・運天,2015)、認知能力という側面から研究されたことは諸外国を含め少ない。わずかに教育学関係で、就学前児のカプラによる遊びと算数との関係についての報

告(Garðarsdóttir, Pálsdóttir, & Einarsdóttir, 2017)や、認知との関係性を示唆する程度にとどまっている(Knodt,1997)。本稿では、この新しい形状の積み木を用いて、就学前児が見本と同じ形状をいかに構成するか、その手の動きに注目することにした。あわせて構成での抑制機能という点から自己制御との関連性も検討することとした。

まず、最近の一般的な積み木構成と認知能力との関連性について検討した研究を概観する。Piagetの論理数学的知識と積み木構成との関連性が指摘されている(Kamii, Miyakawa, & Kato, 2004)。Kamii et al. (2004)は1歳から4歳までの子どもの自由遊びの中での積み木構成の仕方を分析し、構造物に論理-数学的知識がどのように反映されているか検討している。使用されたのは大小8種類の積み木で、三角柱もあるが殆どが立方体の積み木が用いられた。Piaget (1967/1971)の考えに基づき、彼らは論理数学的知識を論理-計算的知識(logico-arithmetical knowledge)と

2018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

** 江戸川大学 こどもコミュニケーション学科特任教授 幼児教育, 保育学

*** 江戸川大学 人間心理学科 2017年度卒業生

時空的知識 (spatio-temporal knowledge) とに分けている。前者には分類 (classification), 系列化 (seriation), 数 (number) が含まれ, 後者には空間関係 (spatial relationship), 時間的關係 (temporal relationship) が含まれているとしている。例えば, 実際の観察と子どもの持っている知識との対応づけであるが, 積み木を他の積み木の「上」(on) に配置した場合や, 同じ形状の積み木を重ねたり並べたりする場合を「一致」(congruence) という具合に空間関係をカテゴリー化している。しかしながら, この研究では Piaget 理論から論理数学的知識の在り方を系統的に整理しているものの, 行為と知識との対応はなされず, 構成の仕方の記述にとどまっている。

また Wolfgang, Stannard, & Jones (2001) は, 積み木がその後の数学的能力に影響を及ぼす, と考えた。1982年に保育園で3~4歳児クラスに在籍していた子どもの積み木の扱いを記録し, 1999年の高校卒業時に数学能力を検査するという縦断的追跡研究を行っている。まず幼児期に使用したのは Piaget 理論に準拠した積み木尺度で, 積み木遊びでより高次な内容を行っているが高得点となる評定尺度である。小学校でも算数能力を測定し, 高校卒業時には, 最終的な数学能力を測定する検査を行っている。結果は, 幼児期の積み木遊びの評定得点と小学校での算数の成績との相関は無かったが, 高校卒業時で幼児期の積み木と数学成績との間に正の相関を得ている。彼らは幼児期での経験の永続効果 (lasting effect) は, 具体的操作期にあたる小学生の頃より, 高次の思考が要請される形式的操作が可能となる高校卒業時の方が, 現れやすいのではないかと考えている。

質的な研究ではあるが, Park, Chase, & Boyd (2008) は, 年少児の積み木への数学的な関りを調べている。6, 7歳の子ども2名に車と家の輪郭だけが描かれた図を示し, 幾つかの大小の三角形の積み木とU型の積み木を用いて, 積み木で絵の中を埋めるように求めている。興味深い行為として, 子ども達は積み木を幾何学的な形で分類し, 同類の積み木に名前をつけ (例えば「屋根の上」「ダイヤモンド」「半分の車輪」等), 積み木

を裏返したり, 逆さにしたりし動かそうとしていた。著者らはカテゴリー分けしたことと手操作による変換に注目している。

Casey, Andrews, Schindler, Kersh, Samper, & Copley (2008) の研究は, 教師の幼児への積み木構成への介入 (intervention) が5.6~6.7歳の子どもの初期の空間スキルの改善につながるかどうかを調べている。実験デザインはプリーポスト検査で, 積み木構成に物語を取り入れて介入する群, 積み木構成だけで介入なしの群, 統制群の3条件が用意された。効果測定用に取り上げられた空間スキルは空間視覚化 (spatial visualization) とメンタルローテーション (mental rotation) である (Linn & Petersen, 1985)。空間視覚化には WISC-IV (Wechsler, 2003) のプロックデザイン検査, メンタルローテーションには新たに作成された3次元課題が用いられた。7つの正立方体が組み合わさった同一の3次元立体を2つ用意し, 両方の立体を同じ向きで示してから, それらを遮蔽した後に一方を違う向きにして再提示し, 子どもに刺激を自分で動かして再び同じ(同じ向き)にするよう求めている。尚, 積み木構成では, 70個の正立方体を渡し, 雨が降っても濡れないような屋根付きの学校を作るよう求めている。構成された建造物は構造的レベル別に9段階に分けられた。結果は, 積み木構成への教師の介入が構成のレベルを向上させ, 空間視覚化の成績も伸びるというものだ。ただし, 対照的に, メンタルローテーション課題は介入があってもプリーポスト効果が認められなかった。さらにメンタルローテーションの成績では性差があり男児の優位が認められている。

積み木を自由に構成させるのではなく, Casey et al. (2008) のメンタルローテーション課題のように見本と同じにするという状況は, ある意味で対象の再生能力をみており, 対象の位置を変えることで空間的な変換を要請するイメージ能力を測定していることになる。Noda (2014) は, 空間変換を要請する構成課題を3~5歳の幼児に行った。見本と同じように配置させるが, 構成させる向きが違う場合を検討している。使用した刺激

は積み木ではなく鳥型と凸型の幾何図形を使用した。鳥型条件の場合は鳥の形の標準刺激の一部(口ばしの向きが方位の手掛かりとなる頭部)のみを示し、残りの胴体部分を配置させるという課題である。口ばしの向きが0,45,90,135,180度とランダムに変わるので、それに合わせて構成することが求められている。また図形条件の場合は凸型が小さな正方形で4等分されていて、くの字型となる3区画だけを示し、残りの1区画がどこに来るかを配置させた。いずれの年齢でも勾配に従い正反応が減少し、回転操作を行うことでイメージの再生が難しくなることが推測された。また、鳥型では様々な誤反応が生じたことから、刺激の対象のイメージ化には、刺激の部分どうしの接触(contact)、標準刺激の輪郭(contour)、配置すべき部分の全体の中での左右性(left-right)がイメージの再生や予期に重要な役割を果していることを見出している。

一方で、積み木構成では注意深く作業を進めないと途中で積み上げたものを崩してしまう。構成行為では注意が重要な要素と言える。子どもの注意に関しては、Posner & Rothbart (2007/2012) がエフォートフルコントロール(FC: effortful control)の発達が大きな役割を果たしていると説明している。FCとは優勢な反応を抑制し優勢ではない反応を遂行する能力のことであるが、注意の焦点化や注意の転換、抑制的コントロールが含まれている。日本では更に自己主張を追加した幼児用のEC尺度(大内・長尾・櫻井, 2008)が開発されている。また、積み木構成には構成の順番を手順良く見だしていく行動のプランニングが要請されているといえる。更に一方の積み木を持ちながら、他方に組み合わせていく等の、同時に複数の状態や行為を制御する必要がある。一時的な記憶保持が関連してくると予想され、ワーキングメモリーの関与も想定される。実行機能の研究の中で子どもの実行機能について、親や教師の子どもの日常行動の評定に基づくBRIEF-P(Gioia, Espy, & Isquith, 1996)が開発されていて、日本語版として浮穴・橋本・出口(2008)がある。

積み木を直接扱った研究はいずれも、積み木を扱える能力がどのように発達してくるかに焦点をあてているが、重要な視点は空間変換での手操作(Noda, 2010; Park et al., 2008)がどのように行われているのか、ということである。またそうした対象への行為を支えている思考過程にはKamii et al. (2004)の論理数学的知識がどのように用いられて、空間変換で行われているのか、更なる対応づけが必要と考える。そこで従来の積み木ではなく、板状のカブラを用いて見本と同じだが異なる空間方位に構成させる課題を行なった。空間変換を求めた場合、手の動きに現れる構成の仕方を観察を通じて、同一に構成するために必要な要件を調べることにした。また、構成途中での崩壊が注意力不足からくるならば、それが注意と関連する自己制御能力のあり方に起因することも考えられ(Ruff & Rothbart, 1996)、積み木構成のレベルと自己制御や実行機能との関連性についても検討することにした。

方 法

参加児：千葉県内の私立保育園に通う4歳児3名(男児2名, 女児1名), 5歳児3名(男児2名, 女児1名)の計6名, 子どもの選出方法だが、各クラス内で保育上気がかりな子ども、普通の子ども、よく出来る子どもという目安で、担当保育士により3名ずつ選ばれた。

検査日時：2017年4月から8月まで、各月第1週目の定めた曜日の午前10時~12時に実施し、その際に観察も行った。4月17日(この日だけ例外的に3週目)、5月8日、6月5日、7月3日、8月8日の計5回の観察記録を得た。

検査者：検査は江戸川大学の教員1名と学生1名によりそれぞれ個別に実施し、他1名の教員は子どもの検査室への誘導およびVTR記録調整を行った。

実験材料：構成行為を見るために積み木(カブラ)を用いた。カブラは8×24×120mmの木製の積み木板である。見本となる椅子のかたちに構成されたカブラと、途中まで見本と同じ椅子を

作成した土台となるカブラ、残りの材料となるカブラを用意した。椅子を構成させる場所を指定するために、色のついた正方形の用紙を敷き台紙とした。また台紙には方向の手掛かりとするための白色の直線が1辺に対して平行に描かれている。構成すべき椅子の向きを変える条件を付けくわえたので、さらに正面の位置を示すために小型のキューピー人形を用いた。

実験刺激：刺激は3種類の異なる椅子のかたちを用意した。積み木1はベンチと称し、これはカブラ6個で構成されている。A～D以外を土台として、参加児にはA～Dの4つの再構成を求めた。つまり、最初は2本のカブラのみが示されている。積み木2はイスと称し、これはカブラ12個で構成されている。A～D以外を土台として、被験者にはA～Dの4つの再構成を求めた。積み木3は園長先生のイスと称し、これはカブラ17個で構成されている。A～I以外を土台として、参加児にはA～Iの9つの再構成の試行が求められた。

これら3種類の見本に対して、土台の提示の仕方は0度、90度、180度と条件を変えた。よって、1回の実験において、9通りの積み木構成が求められた。

手続き：実験は個別に行った。実験者は子どもと並んで検査用の机の右側に座り、子どもは左側

に座った。実験者のいる側である机の右側に台紙に乗せたカブラの見本を設置し、まず検査者は最初に見本の刺激を台紙ごと時計回りにゆっくり1回転させて、子どもにその見えを観察させた。

子どもの前には台紙の上に途中まで作成されたカブラが置かれている。見本はそのままにし、90度と180度条件の場合、台紙と土台を一緒に90度、180度時計回りの方向に回転させて見せた。0度条件はそのままにした。また、その際に台紙の白い線の方向を正面として子どもの側に配した。また白い線上にキューピーの人形を置いた。積み木1は「こっち（子どもの側）に道路があるよ。キューピーちゃんはここにいるね。」、積み木2、積み木3は「こっち（子どもの側）に窓があるよ。キューピーちゃんはここにいるね。」と教示し、被験者に土台の上のカブラを見本と同じように再構成するよう求めた。その際、参加児が使用するカブラは11個をばらばらに机の上に配置しておいた。また本実験は1試行5分の制限時間を設け、完成させられなくても5分で終了させた。また、行動の順序を記録するために、検査用の机の正面位置からVTRの記録を行った。

子どもの自己制御機能と実行機能：野田・落合(2017)が用いた自己制御質問紙に実行機能項目(日本語版 BRIEF-P: 浮穴ら, 2008)を追加した尺度を利用し、該当児に関してz得点ならびに5段

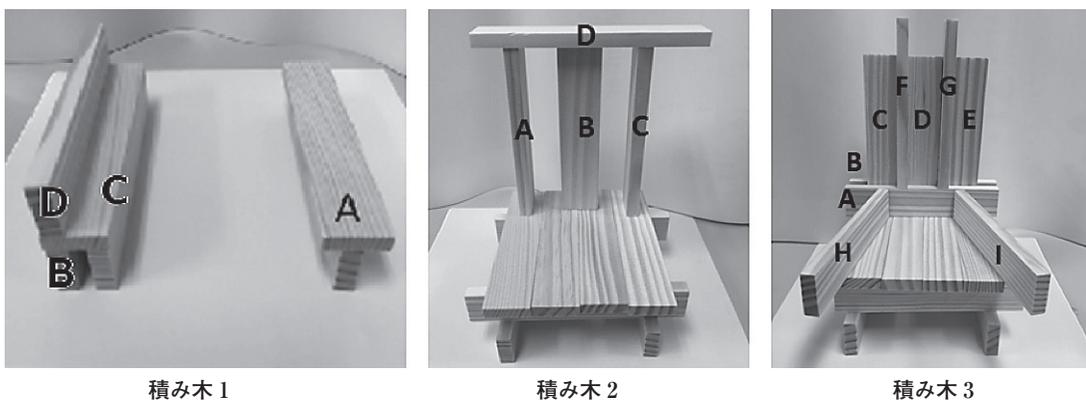


図1 実験で使用した積み木見本。アルファベットで明記してある箇所を再構成させた。構成用の土台は記号のついてない箇所となる。例えば、積み木1では平行に2つのカブラのみが用意された。積み木2と3は土台状になっている。同じ土台だが上に乗る構成部分が異なる。手前に見える白色のラインは道を示し、ライン中央に人形を置いた。

階評定に変換したデータを得た。質問紙は7件法からなり、担当の保育士により行動評定が行われたものである。まず、大内ら(2008)の尺度から3要因を用いた自己制御能力を測定するEC尺度(「注意の焦点化」「注意の移行」「自己抑制」と、浮穴ら(2008)から3要因を利用した実行機能の側面を測るBRIEF-P尺度(「感情コントロール」「ワーキングメモリー」「計画/組織化」と)に分かれる。評定は観察がすべて終了して2ヶ月後の10月に実施した。

結 果

1. 行動分析の準備

積み木構成のスタートから完成までの間の子どもの行為の時系列変化を捉えることにした。まず、行動単位を定めるためにVTRに録画した積み木構成での動きを、質的に異なると捉えられた6種類のカテゴリーに区分した。①両手：構成する際に両手を用いて行っている。②片手：片手だけを用いて構成している。左右のどちらの手であってもカウントした。これら①両手と②片手は実際には以下の4カテゴリーと同時に生じている場合が多いが、積み木に触れているだけであるとか、保持したままの状態もこれらのカテゴリーに含まれる。また、単純に積み木を置く、並べる、重ねる等の行為も含まれている。③見比べ：見本と自分の構成物とを見比べている場合(VTRの視線や頭部の動きに基づきコーディングを行った)。見比べの回数が少ない子どもは記憶保持ができていると考え、イメージ化の指標とした。④調整：構成の途中段階で一定方向に揃えと、突出していたり凹んでいたりを直すために、細部を整えようとする行為。見本に正確に近づけようとする行為で、正確性を表す指標とした。⑤崩壊：不注意で構成を壊してしまう場合と、故意に壊してしまう場合の両方を含む行為。意図的、無意図的な注意と関連する指標とした。⑥はさむ：2つ以上の積み木を片手あるいは両手で挟み込む行為。2つ以上の積み木を組み合わせたまま一つの積み木単位として扱おうとするが、この行為の多

くは次の構成行為へつなげるための準備的な動きでもある。また、はさむ行為は積み木の適切な箇所をはさむ必要がある。指先の発達指標と同時にプランとも関連してくる行為。④調整と⑤はさむは、①両手や②片手で行われていた置く・重ねる・並べる等の基礎的な積み木構成と比べ、より高次の手先の巧緻性が求められるものである。

実際の作業においては、映像データを研究室のスクリーンに投影し、3名でカテゴリーを分担し、行動観察用ソフト(Captive L-2100, Creact社)を用いてコーディングした。尚、記録の開始は子どもが積み木に触った時点から構成し終えた時点(あるいは5分経過した時点)までとした。

2. 分析対象データ

6名の幼児の内、3名を検討することとなった。4歳児クラスのMA(女児, 4;2 実験開始時の年齢, 4歳児では普通の子どもとして保育者から選出)、5歳児クラスのMI(女児, 5;1, 普通の子どもとして選出)と、HA(男児, 6;0, よくできる子どもとして選出)である。他の3名は課題に対する抵抗があり、途中で放棄、数回にわたる実験日での休みが重なったため縦断データとしての扱いが難しく分析から除くこととなった。

3. 積み木構成の成績

対象とした子どもの積み木構成の成績を整理した。表1に示した形の欄は見本と同じ形に積み木を構成出来たか否かを示している。ただし角度欄では、見本の形と同じく構成出来ていても、向きを間違っている場合も見られた。例えば90度条件で形は正しいが、向きは0度のままで構成しているというケース等である。一方、一部分の形は間違っているが、向きは正しいという場合も生じた。斜線で示されている箇所は、その日に休みが重なった場合と欠損データを意味する。

対象児の成績の月齢変化を検討した。形・角度の月齢変化の指標には角度を込みにした各試行での正解度数合計(0~9点幅)を用いて、 χ^2 検定を実施した。MAは積み木の形は4月から8月にかけて成績が上昇する有意傾向が認められた

表1 MA・MI・HA3名の積み木構成の形・角度の成績一覧

	実験内容	4月17日		5月8日		6月5日		7月3日		8月8日	
		形	角度	形	角度	形	角度	形	角度	形	角度
MA 4:2	0度積み木1	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
	0度積み木2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	0度積み木3	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○
	90度積み木1	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	90度積み木2	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×
	90度積み木3	×	×	○	×	○	×	×	×	○	×
	180度積み木1	○	×	○	×	○	○	×	×	○	×
	180度積み木2	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×
180度積み木3	×	×	○	×	○	×	○	×	○	×	
MI 5:1	0度積み木1	○	○	○	○	/		○	○	○	○
	0度積み木2	○	○	○	○			○	○	○	○
	0度積み木3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	90度積み木1	○	○	○	×	○	×	○	○	○	×
	90度積み木2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	90度積み木3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	180度積み木1	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○
	180度積み木2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
180度積み木3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
HA 6:0	0度積み木1	○	○	○	○	○	○	○	○	/	
	0度積み木2	○	○	○	○	○	○	○	○		
	0度積み木3	○	○	○	○	○	○	○	○		
	90度積み木1	○	○	○	○	○	○	○	○		
	90度積み木2	○	×	○	○	○	○	○	○		
	90度積み木3	○	○	○	○	○	○	○	○		
	180度積み木1	○	○	○	○	○	○	○	○		
	180度積み木2	○	○	○	○	○	○	○	○		
180度積み木3	○	○	○	○	○	○	○	×			

注) 検査開始の4月時点での年齢が左欄に示されている。

($\chi^2(4) = 9.474, .05 < p < .10$)。残差分析を行ったところ、4月の成績が有意に低かった ($R = -2.673, p < .01$)。角度は有意差が認められなかった。また他の2名、MI及びHAは、形・角度ともに成績の月齢変化は認められなかった。

4. 信頼性係数

反応カテゴリーの信頼性について、観察者間の一致度をCohenのカップ係数により求めることとした。まず反応の種類の変動の大きかったMAを対象とし、積み木1, 2, 3それぞれの0, 90, 180度における7月のデータを抽出した。実際に実験

に参加し教示を行ったAと、映像でのみ検査の反応を見ただけのBの2名の評定からカップ係数を求めたところ、 $k = .85$ と高い値を得た。

5. カテゴリーの月齢変化・角度変化

対象児別に各カテゴリーの生起度数の月齢変化を検討した。分析対象となるカテゴリーとそれ以外のカテゴリーとの度数の違いを月齢変化として捉える方法も検討したが、その分析の仕方であると、本研究で対象としたカテゴリーに限定した比率を求めることになり、観察対象としなかった行為との関係から歪みが生じると判断し、単純に当

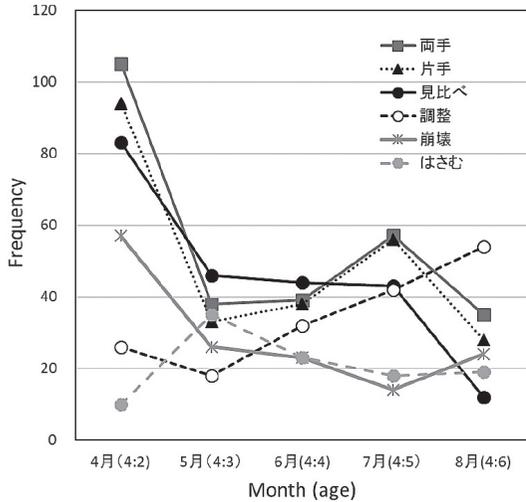


図2 MAの月別カテゴリー度数変化 (MIやHAより出現数が多かったため縦軸スケールは倍になっている)

該カテゴリーの度数変化を分析することにした。まず、角度条件を込みにし期待比率を同等と仮定して、 χ^2 検定を行った。次に月齢を込みにして行った。

MAであるが、観察した4月から8月までの月齢変化はCA 4:2～4:6となる。両手カテゴリーでは4月から8月にかけて有意差が認められ ($\chi^2(4) = 62.93, p < .01$)、Ryan法による多重比較の結果、図2に示されるように、最初に試行した4月に比べるとその後続く月で有意に出現が少なくなった (有意水準 $\alpha = 0.5$)。片手も月齢間に有意差が認められ ($\chi^2(4) = 58.01, p < .01$)、4月に比べると他の月での現れが少なくなった ($p < .5$)。ただし7月は8月に比べ多く出現した ($p < .05$)。見比べでは月齢間の差が認められたが ($\chi^2(4) = 55.64, p < .01$)、4月からすると他の月での出現が少なくなり ($p < .05$)、8月が有意に他の月に比べ最も低い出現数となった ($p < .05$)。調整も月齢間に違いがあったが ($\chi^2(4) = 22.88, p < .01$)、それまでのカテゴリーとは逆に、調整は月齢に従い増えていく傾向がみられる。7月や8月は4月、5月より増加している ($p < .05$)。崩壊は月齢間に差が認められ ($\chi^2(4) = 37.46, p < .01$)、図2から月齢に従い減少することが見て

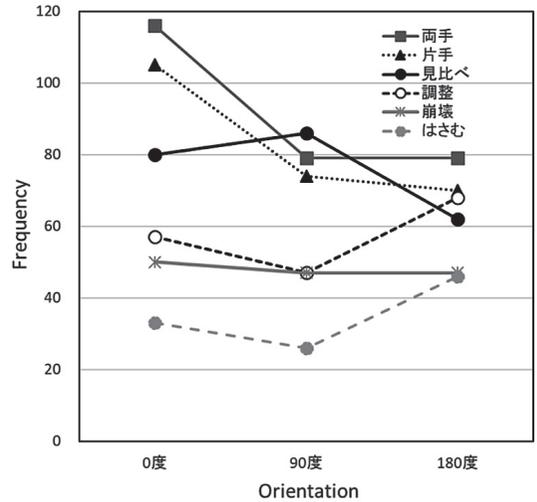


図3 MAの角度別カテゴリー度数変化

取れるが、4月と他の月々との間に差があった ($p < .05$)。はさむも月齢間で差は認められたが ($\chi^2(4) = 15.91, p < .01$)、5月が4月よりも多く現れていた ($p < .05$)。

MAの0, 90, 180度間の変化についてであるが、両手 ($\chi^2(2) = 9.99, p < .01$)、片手 ($\chi^2(2) = 8.84, p < .05$) の度数は角度が増大するにつれ減少した (図3)。ともに90度や180度は0度より高い出現度数となった ($p < .05$)。見比べ、調整、崩

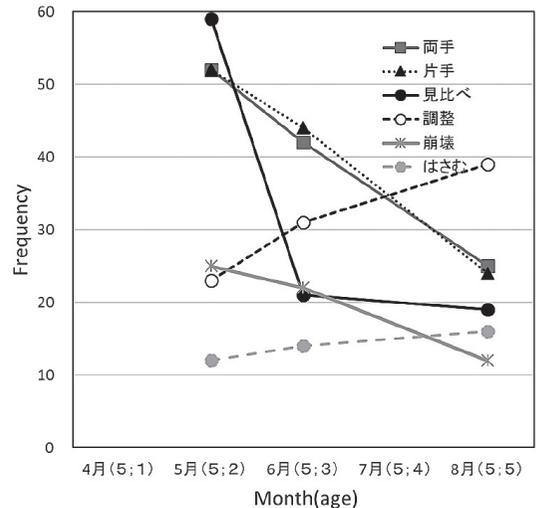


図4 MIの月別カテゴリー度数変化 (4月と7月の観察データが不十分であったので欠損値として表示)

壊では角度間差は無かった。しかし、はさむで有意傾向が認められた ($\chi^2(2) = 5.89, .05 < p < .10$)。

MIは4月と7月の構成カテゴリーのデータが不完全であったので、5、6、8月の変化を検討した。5月から8月までの月齢変化はCA 5:2~5:5となる。両手では5月から8月にかけて生起度数に違いが認められ ($\chi^2(2) = 9.40, p < .01$)、多重比較の結果、図4に示されるように5月から8月にかけて減少が著しく ($p < .05$)、片手 ($\chi^2(2) = 10.40, p < .01$) や見比べ ($\chi^2(2) = 30.79, p < .01$) でも月齢間で差が認められ、片手では5月や6月から8月への減少が認められ ($p < .05$)、見比べでは5月から6月や8月への減少が認められた ($p < .05$)。崩壊は月齢間で有意傾向があり ($\chi^2(2) = 4.71, .05 < p < .10$)、図からは月齢に従っての減少が見て取れる。尚、調整やはさむでは有意差は認められなかったが、図4からすると調整はやや増加傾向が見られた。MIの角度変化であるが、見比べ ($\chi^2(2) = 5.09, .05 < p < .10$) と調整 ($\chi^2(2) = 5.87, .05 < p < .10$) で有意傾向が認められたが、特に特定の角度間の差は検出されなかった。また他のカテゴリーでは角度差はなかった(図5)。

HAは4月から7月までの月齢変化が対象となった(8月は本児が休んだためにデータが取得できず)。月齢変化はCA 6:0~6:3となる。両手、片手、見比べ、調整では月齢間の差が認められな

かった。また崩壊 ($\chi^2(3) = 8.33, p < .05$) とはさむ ($\chi^2(3) = 9.40, p < .05$) で月齢間に差が認められたが、特定の月齢での変化は確認できなかった(図6)。HAの角度変化は崩壊でのみ得られた ($\chi^2(2) = 6.13, p < .05$)。しかし、特定の角度間の差は認められなかった(図7)。

6. 手使用と手操作

反応カテゴリーを分類し直した。行動分析の準

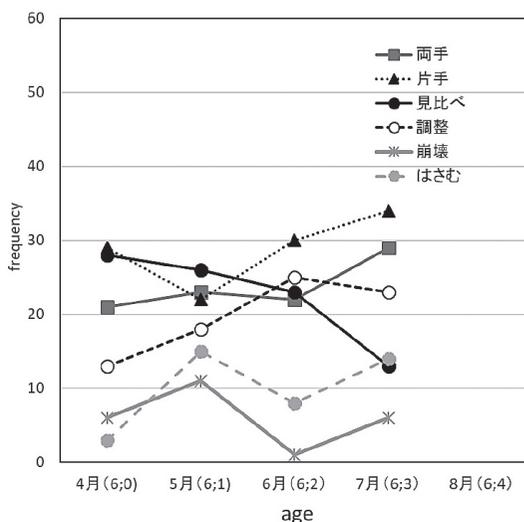


図6 HAの月別カテゴリー度数変化 (8月は休みであった為、7月までを表示してある)

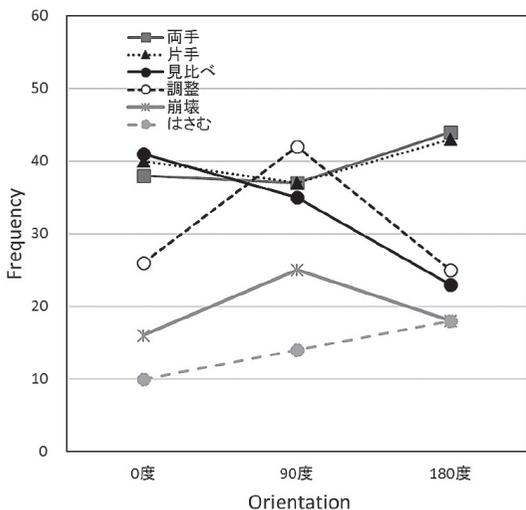


図5 MIの角度別カテゴリー数変化

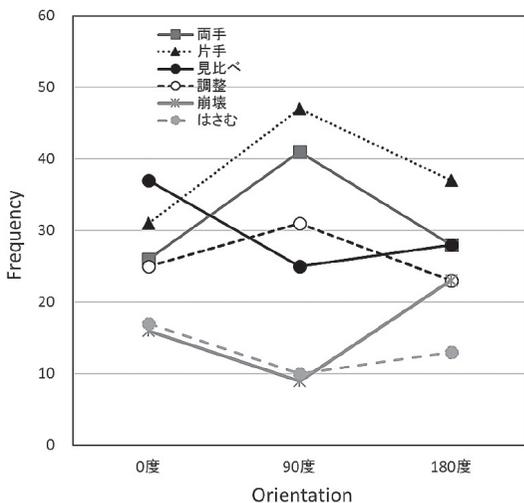


図7 HAの角度別カテゴリー数変化

備の項でも述べたが、両手や片手には、積み木に触れる・保持する・並べる・重ねる・立てかける等が含まれており、これら2カテゴリーを手使用カテゴリーとして新たに区分けした。一方で手先の器用さが要請される調整やはさむと、意図的な再構成のための崩壊と、意図しなかった（不注意による）崩壊はともに手操作の次元に関連すると捉え、手操作としてまとめた。手使用は手操作を包含する関係にある。しかし、見比べは視覚的な比較探索であるので別のカテゴリーとした。この分析の目的は、一般的な積み木へのかかわり（手使用）と手先のより高次な巧緻性や意図的な動き（手操作）との関連性を検討することにある。各児の月齢による構成変化および角度の違いを検討する上で、月齢ごと、角度ごとに手使用と手操作との正確2項検定を行った。

MAであるが、図8に示したように4月（CA 4:2）の時点（効果量 $g = .182, p < .01$ ）や7月（CA 4:5）の時点（ $g = .104, p < .01$ ）で手使用が手操作より優っている。しかし、8月になると逆転し手使用より手操作の方が多くなった（ $g = .106, p < .01$ ）。一方、手使用の月齢変化が認められ（ $\chi^2(4) = 120.49, p < .01$ ）、4月が他の月に比べて多く（ $p < .05$ ）、7月が6月や8月に比べて多く現れていた（ $p < .05$ ）。しかし手操作では月齢変化は認められなかった。角度では0度（ $g = .112, p < .01$ ）、90度（ $g = .060, .05 < p < .10$ ）で手使用が手操作より多く現れた。180度では差はなかった。

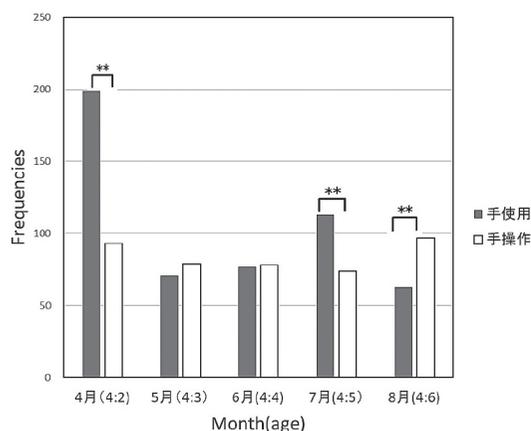


図8 MAの手使用と操作変化 (**: $p < .01$)

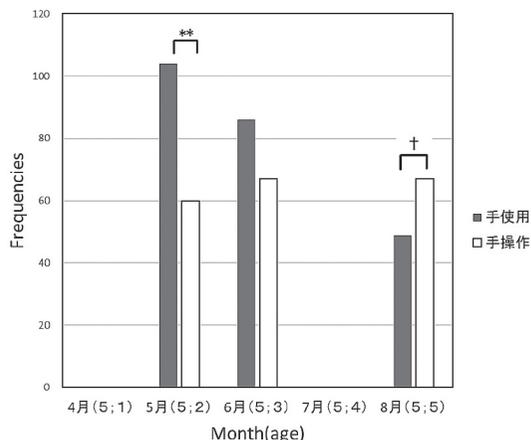


図9 MIの手使用と操作変化 (+: $.05 < p < .1$)

MIは5月（5:2）から8月（5:5）にかけて手使用は減少していくことがわかるが（ $\chi^2(2) = 19.74, p < .01$ ）、手操作は変化がなかった。5月の時点で手使用は手操作に比べ有意に多く現れるが（ $g = .134, p < .01$ ）、図9に示すように8月に至って手操作が手使用を上回り有意傾向だが逆転がみられる（ $g = .078$, 片側検定で $.05 < p < .05$ ）。角度では0度（ $g = .100, p < .05$ ）、180度（ $g = .088, p < .05$ ）で手使用が手操作より多く現れた。90度では差はなかった。

HAは手使用の月齢変化は確認されなかった。しかし手操作は、図10に示すように月齢変化が認められ（ $\chi^2(3) = 24.639, p < .01$ ）、4月（6:0）より5月、6月、7月が増加していた（ $p < .05$ ）。4

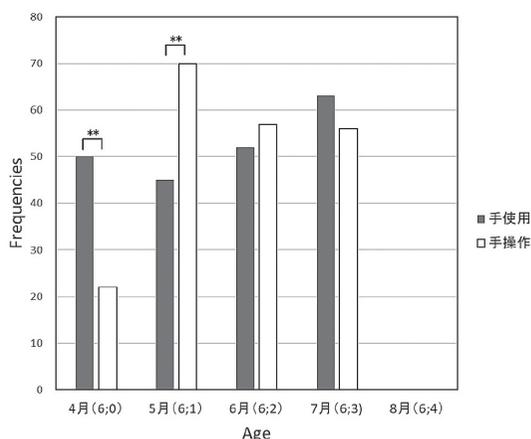


図10 HAの手使用と操作変化 (**: $p < .01$)

月では手使用が手操作より多く現れていたが ($g = .194, p < .01$), 5月になると逆転し手操作が手使用を上回った ($g = .109, p < .01$). それ以降での差異は認められなかった。角度では90度 ($g = .138, p < .01$) で手使用が手操作より多く現れ、0度と180度では差はなかった。

7. 自己制御・実行機能

3名のz得点ならびに5段階評定を表2に示した。5歳児のMIは6変数全てでz得点の値が $-\sigma$ 以下(5段階で1の評定値)であった。同じく5歳児のHAは感情コントロール(E)で評定値1であった。一方で4歳児であるにもかかわらず、MAは平均的な評定値3を大半の変数で占めていた。MIとMAとの差異が際立つ結果となった。

考 察

1. 逆転現象

まず、MAは観察期間の4月(CA 4:2)から8月(CA 4:6)にかけて形も方位も成績が上昇し、構成の理解という点では急速に発達したことを示している。MIとHAは月齢による変化がなかったが、彼らは年齢群でいうとMAより1歳上の5歳児クラス(年長)であり、開始時から高得点であった。しかし、実際のカテゴリーの生起度数を比較検討したところ、MAとMIは共通点が多く積み木構成の仕方においては同レベルであることが推測される。一方、HAはより進んだレベルにあることを示していた。MAとMIとの共通点は、両手・片手・見比べ・崩壊が月齢とともに減少し、調整は増加した(MAは有意差が認められたが、MIでは差はないものの傾向が読み取れた)。はさむは低い出現度数であった。

HAは4月時点(CA 6:0)で既に無駄のない構成行為を行っており、その後も出現度数に変化がなかったためMAやMIとは異なるものであった。

手使用(両手・片手)も同じくMAとMIは月齢とともに減少するが、手操作自体(調整・崩壊・はさむ)では月齢変化がないというパターンをとった。HAでは反対に手使用の月齢による変化はなく、手操作で月齢とともに増加するというパターンを示した。手使用と手操作の関係に注目すると、MAやMIは開始時においてのみ手使用の方が手操作よりも多く現れ、MAは4ヶ月後(CA 4:6)に、MIは3ヶ月後(CA 5:5)に、手操作が手使用の度数を上回るという興味深い変化を遂げた。この手使用と手操作の関係性に関しては、HAも似たパターンを示していて、開始時(CA 6:0)では手使用が手操作に優っていたが、1ヶ月後(CA 6:1)には逆転し手操作が手使用を上回り、以後おなじ水準が続いた。

そもそも手使用は、対象である積み木に手を触れた瞬間からカウントされている。手使用には置く・並べる・重ねるといった基礎的な積み木配置以外に、手の動きとして積み木を掴み直す、一端積み木から手を離して置き直すといった行為も含まれている。一方、手操作にはより技巧的で限定的な動きとして調整・はさむ・崩壊を区分したが、手操作は同時に手使用内のカテゴリーでもある(図11)。その意味で手操作と手使用とはダブルカウントされている。当然、手使用の方が観察される回数は多くなると思われるが、本研究結果が示すように、発達経過後に、手使用と手操作の観察度数に逆転が生じた。極めて興味深い現象と言える。逆転現象を起こした理由の一つは、積み木の扱い方に違いが生じてきたからだと推測される。つまり、置く・重ねる等のひとつひとつの動

表2 自己制御・実行機能の評定値

	注意の焦点化	注意の移行	自己抑制	感情コントロール	ワーキングメモリー	計画/制御
MA	- 0.232 3	- 0.198 3	0.136 3	- 0.857 2	- 0.337 3	- 0.323 3
MI	- 2.054 1	- 1.989 1	- 1.828 1	- 3.279 1	- 1.923 1	- 1.943 1
HA	0.132 3	- 0.735 2	- 0.257 3	- 2.068 1	- 0.184 3	- 0.323 3

注) 上段がz得点、下段は5段階の相対位置を示す。

作 (one-action) を繰り返していた段階から、積み木を手から離さず持ち続けたままの行為 (continuous-action) の段階へ移行したからではないかと考えられる。そこで、連続的な行為を支えるのは、行為を誘導する表象系が明確に働き始めたからだと考えてみると、イメージや表象でこの変化を説明しやすくなる。Piagetは感覚運動的行為が表象にとってかわり、それを内化のプロセスで説明しようとしているが (Piaget,1970 / 訳出 中垣 2007; Piaget,1947/1967)。Kamii et al. (2004) の積み木構成の研究では、構成行為には論理 - 計算的知識 (logico-arithmetical knowledge) と時空的知識 (spatio-temporal knowledge) が含まれていると予想している。論理的形式や時空的知識へ構成行為を組み込んでいくには、内化プロセスとして手操作を位置づけ、手使用から手操作への切り替えが大きな役割を果たすのではないだろうか。

2. 行為の質の変化を推し進めるもの

では、何が行為を変えたのだろうか？ Casey et al. (2008) や Noda (2014) では、子どもに実際に刺激を持たせて見本と同じになるよう置き直す、という方法で課題解決が求められた。そこでは見本と同じにする為に一方の刺激を手を持って、裏返したり逆さにしたり、配置を変えるよう回転させてみるといった行為があった。動作的な

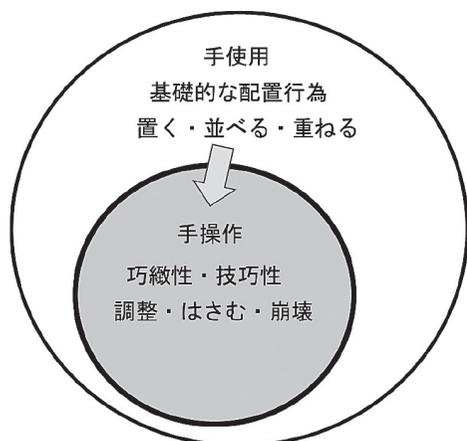


図 11 積み木構成での基礎的な手使用から発達した手操作

かかわりが、既に予測したイメージに基づく表象系とマッチすることで、最終的な解決に至ったものと考えられる。こうした「対象へのかかわり行為」を先導する表象系が関与して、行為の変化が生じると推測されるが、それ以上に自分の動きの調整が出来ていなければ、本研究の課題のように巧緻性の高い動きへ繋がらない。MA, MI, HA 3名が逆転するまでにタイムラグがあったが、手指活動の成熟とともに表象の役割が大きいのではないだろうか。つまり、身体運動系の成熟により巧緻性が伸びるとしても、きっかけとして難度の高い課題に直面し巧緻性が求められることとなり、既に準備されていた動きに変化を生じさせながら表象によるガイドに従って形になるのではないだろうか。表象系が支えとなりながら行為の変容あるいは調整が生じているのではないかと推測する。ただ逆に、行為の変容が新たな表象形成にも成り得る。行為が先か表象が先かは議論すべきところだが、最終的には構成での質的ステップごとに積み木イメージが予測され、それが構成行為への誘導的役割を果たしているのだろう。つまり、各ステップで巧緻性を含めた対象の扱い方が、一連の行為の連鎖群として順次リリースされ、完成度の高い積み木構成になると考えられる。

手使用には置く・並べる・重ねる等といった基本的な積み木配置と、手操作といったより高次の動きから成るが、配置してみて、これはおかしいと気づき修正しようとする行為も入ってくる。先述した置き直してみる等の作り変えである。実はカテゴリーとして記録はしなかったが、置き直しをする回数が巧緻性につながっているのではないかと推測される。積み木を適切な状態に近づけるために置き直そうとするのであるが、その為には手先の器用さが求められ、手の使い方に気づいた(あるいは自然と発現してきた)子どもは月齢とともに手使用の繰り返しが減少し、それにとって代わるように無駄のない動きが次第に現れ、より技巧的な手操作が主流を占めるようになったものと思われる。最終的には置き直しといった修正をすることなく、課題を与えられると順序良く構成できるようになっていったと推測される。つまり

手操作優位となった月齢には、見比べも減少し、内化された表象系が補助的にガイドし、構成ミスなくほぼ自動的に行為の系列を順序良く繰り返すようになってきたものと考えられる。表象上で行為の結果を予測するだけでなく、細分化した行為のイメージが準備され、予測と行為の順序の双方の対応が、タイミングの良い技巧的な手の動かし方の発動へとつながったと思われる。技能学習と類似したことが生じていたとも推測される。

尚、崩壊というカテゴリーについてだが、不注意で生じる場合と意図的に作り直しを試みる場合とがあったと推測される。Ruff & Rothbart(1996)は、注意を自己制御 (self-regulation) の問題として扱っている。彼らによると、見ることと注意を向けることの協調が発達では重要視されるが、それだけでなく、行動抑制が出来るかどうかが発達の発達にとり大きな役割を占めているとしている。このことは抑制の制御が十分に効かずに生じる不器用さとも関連してくると思われる。一方で、意図的作り直しの場合は手順の違いに気づき、その後の芳しくない結果を予想し、最初から作り直すとする行為であるので、意図的に制御された修正行為と推測する。ただ崩壊は残念ながら、どちらの理由で生じたのか判明しない。崩壊の度数はMAとMIともに月齢に従い減少傾向を示し、自己制御・実行機能質問紙では捉えきれなかった自己制御の内的なレベルの変化が推察される。

3. 逆転に至るまでの時間の違い

手使用と手操作の逆転に至るまで、観察開始時からMAやMIは3~4ヶ月かかったが、HAは1ヶ月後に現れた。MAは4:6、MIは5:5、HAは6:1であった。つまり、手使用優位から手操作優位へと移行するのに要した時間・時期ともに異なるという結果を得たことになる。何がこの時間差を生み出したのだろうか。手使用から手操作への移行は、技巧性や巧緻性に特化した動きへと移行したものと既に議論した。では、行為の表象が手先の巧緻性を先導し始めるまでの時間と考えるならば、まずは前提には、① 巧緻性の成熟を支えている身体運動系の発達、② 行為を繰り返す

す表象が補完的役割果たせるようになっていること、があげられる。構成の成績では、MIとHAはほぼ完全であったが、MAはかなりエラーが生じていた。しかしMAは手操作優位への構成行為の逆転までMIと同じ時間を要したにもかかわらず、MAは早い月齢で逆転を生じていたことがわかる。おそらく、MAはMIに比べて月齢は低いのだが(11ヶ月差)、自己制御や実行機能の高さから、積み木の扱いが適切で上手く、同じ時間をかけると自己調整が予想以上に改善出来たのではないだろうか。HAはほぼ完成した状態で課題を開始したので1ヶ月で逆転が生じた可能性がうかがえる。

4. 角度に対する行為の違いについて

MAでは0, 90, 180度と増加するにつれ、両手、片手での出現度数の減少が認められた。MIやHAでは角度間の有意差が認められなかった。また0, 90度で手使用は手操作より多く現れていたが、180度では差がなくなっていた。しかしMAは見本を再構成する上で、見本の角度が増大するに従い、手使用と手操作の差が無くなってきており、向きの難度が増すに従い技巧的な手の動かし方へと変化していったと推測される。ただし、MIは0度と180度で手使用が手操作より多く、HAは90度でのみ手使用が手操作より多く現れており、共通の結果は見いだせなかった。MI、HAともに形や角度の構成はほぼ完成していた。一方で、MAの構成結果は未完成であった。MAはイメージ変換の難しい条件が与えられると、表象の不完全さを補う為に潜在的に準備されていた手先の巧緻性を触発したのかもしれない。

本研究では幼児期の子どもの積み木構成における手の使い方を調べるのが主たる目的であった。手の使い方において、単純な構成行為から複雑で洗練された手先の巧緻性が要請される構成へと至る発達の道筋の一部が明らかとなった。手使用(両手・片手)に加えて手操作(調整・はさむ・崩壊)と見比べるという3領域から整理したところ、基本的な積み木への行為と、より高次の手操作とが質的に異なるものであり、発達の経過の中

で手使用から手操作優位へと移行する時期があることを指摘することが出来た。完成された積み木イメージの表象に一連の行為系列が、どのようなタイミングで対応しあうのかという新しい課題が残された。本研究では、行為の累積による構成行為と捉えるのではなく、行為の質的な変換が発達の中に存在することを踏まえて、その背景に表象と行為のつながりが大きく関与してくることを推察することが出来た。注意の在り方が、構成における空間変換に影響を与える可能性を考えると、行為に現れる自己制御の発達レベル (Ruff & Rothbart, 1991) が大きくイメージ変換に関与してくると思われる。わずかな事例による追跡研究であるが、示唆する内容は大きいと思われる。

引用文献

- 赤津裕子・原田悦子 (2015). 人工物に対する創発的使用. *人間工学*, 44, 268-278.
- Casey, B. M., Andrews, N., Schindler, H., Kersh, J. E., Samper, A., & Copley, J. (2008). The development of spatial skills through interventions involving block building activities. *Cognition and Instruction*, 26 (3), 269-309.
- Garðarsdóttir, B., Pálsdóttir, G., & Einarsdóttir, J. (2017). Mathematics Learning Through Play: Educators' Journeys. In *Pedagogies of Educational Transitions* (pp. 203-220). Springer, Cham.
- Gioia, G. A., Andrus, K., & Isquith, P. K. (1996). Behavior rating inventory of executive function-preschool version (BRIEF-P). Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- 原田悦子・運天裕人 (2015). 異世代コミュニケーションがモノの創発的利用に及ぼす影響. In *日本認知心理学会発表論文集 日本認知心理学会第 13 回大会* (pp. 21-21). 日本認知心理学会.
- 井口眞美 (2015). 幼保小接続期の保育・教育をつなぐ視点の開発 (その 2) 幼小連携研究の変遷と現状. *実践女子大学生生活科学部紀要*, 52, 45-53.
- 板倉達哉・柄田毅・長崎勤 (2010). 他者との共同行為による幼児のタスク習熟度の発達. *障害科学研究*, 34, 129-138.
- Kamii, C., Miyakawa, Y., & Kato, Y. (2004). The development of logico-mathematical knowledge in a block-building activity at ages 1-4. *Journal of Research in Childhood Education*, 19 (1), 44-57.
- Knodt, J. S. (1997). A think tank cultivates kids. *Educational Leadership*, 55, 35-37.
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child development*, 56 (6), 1479-1498.
- Noda, M. (2014). Transformation of the incomplete figure in young children. *International Journal of Behavioral Development*, 38 (1), 23-32.
- 野田満・落合洋子 (2017). 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. *江戸川大学紀要*, 27, 309-319.
- 奥村和則 (2007). 木製玩具と制作に関する一考察. *岐阜市立女子短期大学研究紀要*, 57, 93-98.
- 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.
- Park, B., Chae, J. L., & Boyd, B. F. (2008). Young children's block play and mathematical learning. *Journal of Research in Childhood Education*, 23 (2), 157-162.
- Piaget, J. (1947). *La Psychologie de l'intelligence*. Paris: Armand Colin (波多野完治・滝沢武久 (訳) 1967 知能の心理学 みすず書房)
- Piaget, J. (1970). *Piaget's theory*. P.H. Mussen (Ed.). Carmichael's manual of child psychology (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons. (ピアジェ, J. 中垣啓 (訳) (2007) *ピアジェに学ぶ認知発達の科学*. 北大路書房)
- Piaget, J. (1971). *Biology and knowledge: An essay on the relations between organic regulations and cognitive processes*. (Original work published 1967)
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2007). *Educating the human brain*. American Psychological Association. (ボズナー, M.I. ロスバート, M.K. 無藤隆 (監修), 近藤隆文 (訳) (2012) *脳を教育する* 青灯社)
- Ruff, H. A., & Rothbart, M. K. (1996). *Attention in early development: Themes and variations*. Oxford University Press.
- 瀧川光治 (2013). 保育場面の幼児の探索・探究的な活動における「学び」の分析 - 思考の過程を経て獲得していく学びとその育ち -. *関西国際大学研究紀要*, 14, 97-111.
- 浮穴寿香・橋本創一・出口利定 (2008). 日本語版 BRIEF-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.
- Wechsler, D. (2003). *Wechsler intelligence scale for children-WISC-IV*. Psychological Corporation.
- Wolfgang, C. H., Stannard, L. L., & Jones, I. (2001). Block play performance among preschoolers as a predictor of later school achievement in mathematics. *Journal of Research in Childhood Education*, 15 (2), 173-180.
- 吉田明史 (2013). 保育者に必要な数学力についての基礎的研究 (1). *奈良文化女子短期大学紀要*, 44, 121-136.
- 吉田明史 (2015). 保育者に必要な数学力についての基礎的研究 (2). *奈良文化女子短期大学紀要*, 46, 129-149.

本論文は、佐々木希実「就学前児の積み木構成と自己抑制機能との関係」(人間心理学科 2017 年度卒業論文) のデータを一部使用した。

Longitudinal study of manual operation in block building with pre-school children.

Mitsuru Noda * , Yoko Ochiai ** , Nozomi Sasaki ***

Abstract

This study investigated a longitudinal change in manual operation in early childhood. Three young children (aged 4 and 5 years) performed a block building task, reproducing a sample form and orientation (0, 90, 180 degrees). The participants' hand-movement changes were examined based on age. The results were organized by hand use (using both hands/one hand), manual operation (adjustment/collapse/pinch), and comparison with sample. Two children's hand use decreased and manual operation increased with age, and one child with a high constitution level showed a reversal of hand use and manual operation ability within a few months. The transition from simple to refined movements was captured, which seemed to be greatly related to the development of dexterity and motor skills. The possibility that self-control was related to attention which plays a significant role in the association between representation and action in child development.

keywords: manipulation, hand-using, skillfulness, self-regulation, imagery, KAPLA

* Edogawa University Department of Psychology & Humanities

** Edogawa University Department of Childhood & Communication Studies

*** Edogawa University Department of Psychology & Humanities, Alumnd