

幼児が立方体を構成する方略に関する研究 —遊びの環境が幼児に与える影響に焦点を当てて—

渡辺 敏

* 生活文化学科 算数教育研究室

A Study on Strategies of Young Children Constructing Cubes - Focusing on the Influence of Play Environment on Young children -

Satoshi WATANABE

Department of Human Sciences and Arts, Jissen Women's University

I have installed geometric toys in nursery schools for three years. Every year, we observed how five-years-old children play with geometric toys and studied the strategy of the construction of cubes by individuals, before and after observation. Three strategies were observed in the construction of cubes. The first one is a strategy that involves the construction of cubes using three visible sides, while the second one is a strategy that constructs parallel sides and the third one is a strategy that constructs them from a flat pattern. For both children who played well and did not play with geometric toys, development was observed in the strategies of constructing cubes. Rich, individual experience and the experience of observing friends playing with geometric toys developed the ability of young children to construct cubes.

Key words : Spatial ability (空間能力), Early childhood mathematics education (幼児の算数教育), Strategy of constructing a cube (立方体の構成方略)

1. 研究の背景と目的

2008年に改定された保育所保育指針と幼稚園教育要領には、小学校との積極的で円滑な連携を図ることが記された。こうした動向から幼稚園や保育園と小学校との連携研究が継続して行われ、制度や組織、文化の面だけでなく人的な環境や連携カリキュラムについても検討されている(酒井・横井, 2011)。学習面では小学校第1学年の児童は、その個人差が大きいことが以前から指摘されている。幼児期の様々な経験に基づいて生じた差異を簡単に埋めることは難しく、教師の行う手立ての効果は十分であるとは言えず、多くの改善すべき点が残されている(松尾, 2013)。

一人ひとりの幼児が興味や欲求を十分に満足できるように、「個」としての子どもを尊重している幼児教育では経験に個人差が生まれやすい。集団で同じ学びに取り組む機会が多い小学校では同様な経験をしていることが望まれる。だからといって就学前に子どもた

ちが同じ経験をすることを安易に望むことはできない。この問題の本質は幼児教育では何を担うべきか、また小学校教育では何を担うべきかという事があるからである。このことを認識しないと、就学時期早期化という動きを安易に取り入れてしまう危険性がある。

幼児教育のねらいは生活や遊びを通して総合的に達成されるものであり、子どもの発達や実態に合った活動を中心に進められる。それぞれ校種の特徴を生かし、小学校への円滑な連携を進めるための方策を算数に関わる活動から考えたい。

保育の活動は、大きく遊びを中心とした幼児主体の活動と保育者主導の設定活動に分けられる。幼稚園では保育者主導の設定活動に数的活動が多く取り組まれていることが報告されている(榊原, 2006)。幼児の興味を尊重する形で日常の様々な活動(「歌」、「製作」、「運動・器械体操」、「出席の確認」、「集合」など)に数を取り入れる形で頻繁に行われている。一

方、算数につながるほかの領域に関する活動、例えば、図形、測定、算術、パターンに結びついた活動は保育者主導の活動ではあまりおこなわれていない（榊原、2014）。

遊びを中心とした幼児主体の活動の中では積み木やブロックなど小学校の図形教育に関連のある遊びが日常的に取り組まれている。操作性が十分でない幼児でも積み木は簡単に大きな構造物を組み立てられる。また、やり直しが簡単にできる。このような理由から多くの保育園、幼稚園に遊具としておかれている。並べる、積むといった活動を通して幼児は立体や空間、高さといった認知を発達させている。

本研究では幾何学玩具のポリドロンを遊びの中での遊具として設置する。ポリドロンは正方形、正三角形、二等辺三角形、五角形等の平面図形があり、それぞれの辺同士で簡単に着脱が出来る。巧緻性の発達が進む5歳児の幼児が立体を作ったり、分解したりという経験が豊富にできる遊具である。積み木やブロックでは難しい面と面をつないだときの互いの面の動きや面から立体が出来る過程などを経験することが出来る。このような遊具が保育の中で自由に使える環境を用意する。そして、保育の様子を3年間継続して観察した。幼児が日頃、ポリドロンでどのように遊ぶかについての観察と共に、幼児の立体の構成方略にどのような変化が現れるのかを立方体に焦点を当てて分析する。このような観察と分析を基に、幾何学遊具が幼児の空間認知に与える影響を明らかにすることを本研究の目的とする。そして、この研究の知見を幼児、児童の遊びや教育の環境構成に役立てたい。

2. 先行研究

空間認知の能力と数学の学力は密接な関係がある。しかし、私たちはなぜ、またどのように、空間認知の能力が高い幼児が算数において力を発揮するのかについてはよく理解していない（Guay & McDaniel, 1977; Lean & Clements, 1981; Wheatley, 1990）。

空間感覚（spatial sense）には空間的方向付け（spatial orientation）と空間的視覚化と想像力（spatial visualization and imagery）の2つがあるといわれる（McGee, 1979）。空間的視覚化は2次元と3次元の物の動きのイメージの操作と理解を含むといわれている。このようなことを行うには心的操作と具体的

操作ができることが必要になる（Clements, 2003）。小学校算数の学習では4年生の直方体と立方体の学習の中で、このような力を使うことになる。また、中学校以降は図形の学習の中でもイメージの操作を問題解決に用いていく。中学校以降は実際の指導を通じた研究が多くなされている（國宗他、2008）。しかし、小学校、また、それ以前の幼児期に関する研究は少ない。Piaget は多くの子どもたちは小学生になるまで、大きな動きの心的イメージはできないと述べている（Piaget & Inhelder, 1967, 1971）。一方、Clements は幼児にも初期の空間の変換能力があると述べている（Clements, 2003）。

Clements は、子どもには立体を用いた豊かな経験が必要であると自身の研究の中で述べている（Clements, 2003）。また、立体の構成や分解の活動は子どもが2次元と3次元間の識別を学ぶことに役立つことを研究者はより多くの成功した実践例を示し、それらの実践例を検討し、その特徴を述べ、さらによりよい実践を研究しなくてはならないとも述べている。

空間的視覚化と想像力について、山崎（1989）や狭間（2002）は質問紙を用いた量的な研究で児童、生徒の調査をし、空間認知の発達について知見を得ている。狭間（2002）の研究では小学校1-3年では、「図の見えによる、一面的な視点、大きさより形に注目などの判断とみられる。」（狭間、2002、p218）と低学年の特徴を述べている。しかし具体的な記述が少ないため、幼児がどのように空間で物を考える力を身につけていくのか、どのような指導がよいのかという課題が残る。

渡辺（2014）は幼児の空間的視覚化と想像力について1年間、ポリドロンを保育園に設置し、自由遊びの観察と、一人一人の立方体の構成と展開図の心的操作の調査から質的研究を行った。立方体の構成においては様々な方略が見られること、また、自由遊びを経た半年後には立方体の構成方略には変化があることを報告している。また、5歳児、小学校1、2年生の児童の立方体の構成方略を縦断的に調査し、その変化についても報告している。

渡辺（2014）の調査した結果である幼児の立方体の構成方略が、どの幼児にも発達の傾向として見られるものであるのかを3年間の観察結果から分析したい。

3. 研究の方法

(1) 対象

日野市立保育園年長クラス (5 歳児)

平成 26 年度 (男児 11 名、女児 9 名 計 20 名)

平成 27 年度 (男児 4 名、女児 4 名 計 8 名)

平成 28 年度 (男児 9 名、女児 6 名 計 15 名)

(2) 観察期間

毎年 6 月に事前調査、1 月に事後調査を行った。その間、ポリドロンを含めた自由遊びの様子を月 1 回程度、観察し記録した。

(3) 手続き

ポリドロンを設置する前の 6 月、5 歳児、一人ひとりに立方体の構成の調査を行った。この調査では、普段目にしてはいるこの形を、幼児自らが、2 次元の平面図形から構成できるのかを調査した。初めに幼児に 6 枚 (赤 2 枚、黄色 2 枚、青 2 枚) の正方形のポリドロンを渡し、向かい合う面が同じ色の立方体の見本を見せ、同じ立方体を構成させた。構成途中、見本に自由に触れられることも伝えた。構成している様子はビデオカメラで録画した。6 月以降、ポリドロンを朝夕方の自由遊びの遊具として設置した。ポリドロンで遊びたい幼児は毎朝夕方に遊ぶ機会があった。この遊びの様子はデジタルカメラで撮影した画像と文章で記録した。7 ヶ月後の 1 月に事後調査として事前調査と同じ立方体の構成の調査を行った。ポリドロンでよく遊んだ幼児と、あまり遊んでいない幼児の 2 回の、立方体の構成方略の結果、そして保育中の全体の幼児の様子と個々の様子とを比較し、分析する。

研究の実施にあたり保育園園長に研究内容を説明し承諾を得た。対象児童の保護者へは研究内容を手紙で知らせ、賛同の家庭の幼児のみを研究対象とした。

4. 研究の結果と考察

(1) 立方体を構成できなかった方略

事前調査のみ、立方体を構成できない幼児がいた。その幼児たちの構成方略は以下の 2 つである。1 つ目は 6 枚の正方形を直線に 6 枚並べる方略だ。6 枚をつないだ後に端の面と端の面をつなごうとしていた (図 1 参照)。2 つ目は 6 枚の正方形を 2×3 の長方形に並べる方略である。6 枚の正方形を長方形型に敷き詰め、敷き詰めた 6 枚を折り曲げて構成しようとするが作れない (図 2 参照)。



図 1 正方形を直線に並べ構成しようとする



図 2 長方形型に並べ、折って構成しようとする

表 1 から分かるように毎年、同様な立方体の構成方略で取り組むが、構成することが出来ない幼児がいることが分かる。幼児は細長い長方形の端と端をつなぎ輪飾りを作った経験がある。また、折り紙では正方形を折って様々な形を作ってきた経験がある。幼児はこのような既習体験を、正方形を用いて立方体を構成する方略と関連付けて取り組んだことが予想される。このような幼児はこれまでに自身が身につけた平面を立体にする方略を用いているが、実際の立方体と、正方形 6 枚とを関連付けて方略を考えるまでには至っていない。このような姿は幼児が平面を立体に構成する初期の姿と考えることが出来る。

表 1 直線、長方形に並べ構成しようとした人数

	26年6月		27年6月		28年6月	
	男児	女児	男児	女児	男児	女児
直線	0人	1人	0人	0人	1人	1人
長方形	0人	1人	0人	1人	2人	2人

(2) 立方体を見たおりに構成する方略

構成できた幼児の方略を見ると大きく 2 つに分類できる。1 つは、見本の立方体を見たとおりに再現しようとする方略であり、もう 1 つは展開図の形に面をつなぎ、構成する方略である。

見たとおりに構成する方略にも大きく 2 通りが見られた。1 つは初めに 1 つの頂点に集まる 3 面を構成する方法である。この方略ではまず、底面につながった 2 面を立てる。その後立てた 2 面それぞれの反対側に同じ色の面を立てる。最後に上の底面を付ける。

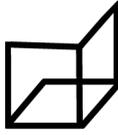


図3 見える3面をまず構成する方略

幼児には見本の立方体の3面がいつも見えている。この3面をまず構成する方略である。そのため、つなげた3面を立方体に被せ、面の色が同じになっているか一対一の対応で確かめる幼児もいた。立ててつながった2枚の側面の対面に同色の面をそれぞれ立て、立方体を構成した。

表2 見える3面から構成した人数

	26年度		27年度		28年度	
	男児	女児	男児	女児	男児	女児
6月	1人	3人	0人	1人	0人	1人
1月	4人	2人	1人	2人	1人	2人

26年度は事後調査で方略として選ぶ人数が増えているが、他の2年は取り組む幼児の人数も多くない。

もう1つの見たとおりに再現する方略は対面にまらず、同じ色の側面を2枚立てる方略である。

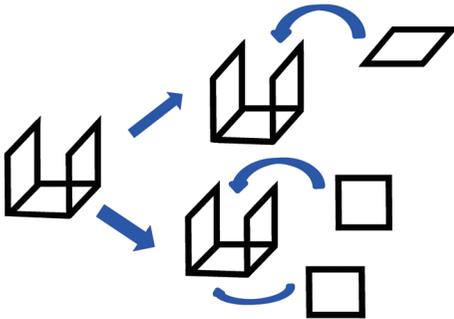


図4 見える側面を構成する方略

図4の上の方略は2面の側面を立てた後に、底面と同じ色の面を構成する方略である。つなげた4枚を構成すると立方体の側面が構成される。図4の下の方略は底面に2面の側面を2組順に構成する方略である。これらの方略は向かい合う面が同じ色になっていることを幼児が確認しながら構成できる方略である。

表3 見える2枚の側面から構成した人数

	26年度		27年度		28年度	
	男子	女子	男子	女子	男子	女子
6月	10人	3人	1人	1人	3人	1人
1月	1人	1人	0人	2人	4人	3人

26年度は6月と1月を比べ、この方略で取り組む幼児の数が減っていることが分かる。

(3) 立方体を展開図から構成する方略

立方体を展開図から構成する方略には6つの種類が見られた(図5参照)。構成する前から展開図を知っている幼児は少なく、展開図に面を並べながら途中途中で向かい合う面を立て、同じ色に並ぶことを確認してから、また展開図として並べ、最後に一気に構成する方略で取り組む幼児が多く見られた。

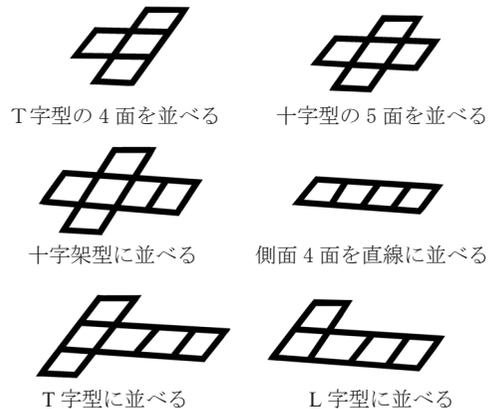


図5 展開図から構成する方略

26年度、28年度の6月と1月を比べると、この方略で取り組む幼児の数が増えていることがわかる。遊びを中心とした活動の中で、立方体を構成する経験をしたことで、展開図を用いて立方体を構成したことが考えられる。また、幼児の自由な遊びの中では、向かい合う面を意図的に同じ色にする姿は見られなかった。今回の課題は向かい合う面を同じ色にするため、構成途中で向かい合う色の確認をしたことが考えられる。

表4 展開図から構成した人数

	26年度		27年度		28年度	
	男児	女児	男児	女児	男児	女児
6月	0人	1人	3人	1人	3人	1人
1月	6人	6人	3人	0人	4人	1人

(4) ポリドロンでの自由遊びが立方体の構成方略に及ぼした影響

ポリドロンは通常、朝と夕方の遊びの時間、また、雨天の際の室内での遊びの中で設置され、自由遊びの道具となった。ポリドロンに関連して遊びを分類すると、幼児の遊びは、およそ3つのカテゴリーに分けられた。1つ目はポリドロンで立体を構成したり、分解したりする遊びである。2つ目はポリドロンを、人形の家や、ままごとの道具として用いる遊びである。3つ目は全くポリドロンを使わない遊びである。本研究ではポリドロンを使った豊かな立体の構成と分解の経験が立方体の構成方略に与える影響を見ることを目的であるため、1つ目の、ポリドロンで立体の構成と分解を遊びの中心とした幼児に焦点を当て、立方体の構成方略の分析を行う。

26年度は3名（男児2名、女児1名）、27年度は2名（男児2名）、28年度は5名（男児4名、女児1名）の幼児は観察の時にポリドロンで様々な立体を構成して遊んでいる姿が見られた。この幼児が事前と事後でどのような立方体の構成方略を用いたかを表5に記す。

表5からわかるようにポリドロンでよく遊んだ幼児はどの年度も立方体を、展開図を用いて構成する方略を用いるようになっていくことがわかった。これは幼児が遊びの中で何度も立体の構成と分解の経験を繰り返す中で、どのように面を並べると組み立てたときに面がどのように動くか、また、どのような立体になるかという知識が身についたことが考えられる。

26年度のC児（女児）は6月には立方体を直線に並べ構成できなかったが、1月には構成することができるようになっていた。観察を通して、この幼児はポリドロンが好きな男児と共に立方体をたくさん作り、積む遊びを繰り返す姿が見られた。他の遊び、経験等の影響と共に、このような豊富な立体の構成の経験が立方体の構成方法の獲得に影響したことが考えられる。

表5 ポリドロンでよく遊んだ幼児の構成方略

年度	幼児	6月	1月
26	A (男児)	同じ色の側面を立て構成	十字の展開図から構成
	B (男児)	同じ色の側面を立て構成	L字の展開図から構成
	C (女児)	直線に並べ構成できない	見える3面を構成
27	D (男児)	4側面の展開図から構成	T字型の展開図から構成
	E (男児)	十字架型の展開図から構成	十字の展開図から構成
28	F (男児)	同じ色の側面を立て構成	4側面の展開図から構成
	G (男児)	同じ色の側面を立て構成	十字の展開図から構成
	H (男児)	T字型の展開図から構成	十字の展開図から構成
	I (女児)	同じ色の側面を立て構成	十字の展開図から構成
	J (男児)	同じ色の側面を立て構成	十字の展開図から構成

この幼児Cを含め、6月に立方体を構成できなかった幼児（26年度2名、27年度1名、28年度6名）はいずれも1月の事後調査では立方体を構成できている。この要因として保育者主導の設定活動の影響も考えられる。朝や夕方、自由遊びの時間が短い時に保育者から「今日はポリドロンだけで遊びましょう。」と指示されることがあった。普段、ポリドロンで遊ばない幼児も、友達が立体を作る様子を見ながら、まねて構成する姿が見られた。このような経験も幼児が立方体の構成方法を理解するうえで役立ったことが考えられる。

表6 事前調査で立方体を構成できなかった幼児の事前、事後の構成方略

年度	幼児	6月	1月
26	C (女児)	直線にならべ構成できない	見える3面を構成
	K (女児)	長方形に並べ構成できない	十字の展開図から構成
27	L (女児)	長方形に並べ構成できない	同じ色の側面を立て構成
28	M (男児)	直線に並べ構成できない	同じ色の側面を立て構成
	N (男児)	長方形に並べ構成できない	見える3面を構成
	O (女児)	直線に並べ構成できない	同じ色の側面を立て構成
	P (女児)	長方形に並べ構成できない	同じ色の側面を立て構成
	Q (男児)	長方形に並べ構成できない	同じ色の側面を立て構成
	R (女児)	長方形に並べ構成できない	同じ色の側面を立て構成

5. 研究のまとめ

幼児がポリドロンを自由遊びの遊具として使うことが、立体の構成方略にどのように影響したのか、3年間の観察と事前、事後の調査の結果から考察する。

(1) 立方体の構成について

立方体の構成ではポリドロンでよく遊んでいた幼児が事後調査で展開図を用いて構成するという特徴が見られた。ポリドロンでの豊かな構成と分解の経験が、どのように2次元上の平面に正方形を並べ、構成すると、その面が動き、どのような位置関係になるかという理解と、立方体の展開図である6面の並び方の理解が深まったことが考えられる。

(2) ポリドロンを使った遊びの経験と立方体の構成方略との関連

ポリドロンでよく遊んでいない幼児にも方略に変化が見られた。3年間ともにポリドロンで立方体が構成できなかった、また、ポリドロンでよく遊んでいなかった幼児にも構成方法に変化が見られ、構成できるようになった。これは遊びの中に遊具の一つとしてポリドロンが置かれ、友達が構成する様子を観察したことや、保育者主導の設定活動の中での友達の構成する様子を見ながら自身で構成した経験が構成方略に影響したことが考えられる。遊具としてのポリドロンでの遊びは立体の構成につながる経験になったと考えられる。

このような結果から遊具としてのポリドロンは立方体の構成が好きな幼児にも、そうでない幼児にも立方体の構成方略に影響があることが考えられた。

(3) 立方体の構成方略の発達段階

3年間の継続観察から、幼児は2次元の平面を3次元に構成しようとする場合、次の発達段階を経ることが考えられた。

- ①平面の端と端をつないだり、方形に並べて折ったりして構成しようとする。
- ②立体の見えたとおりに構成しようとする。
- ③面の動きを考え、また、組み立てた時に出来上がる形の知識を用いて構成しようとする。

(4) 幾何学遊具の有効性と可能性

ポリドロンのような様々な立体の構成と分解が自由にできる遊具を遊びの中に取り入れることは幼児の空間認知を育む1つのきっかけになることが期待できる。また、設定活動の中でのこのような幾何学玩具を

用いた活動は幼児の取り組む意欲を高めること、また、互いに学びあうことで図形の認知が進むことが期待できる。

幼児の保育環境に新たな幾何学遊具を加えることで、空間認知への影響があることが分かった。小学校算数教育では算数的活動の1つとして具体物を操作した学習を大事にしている。今回の研究の知見を小学校低学年の図形の算数的活動の指導方法に生かしていきたい。

6. 今後の課題

今回の研究では図形の豊富な経験がなくても幼児の空間認知の発達は進むのか、その他の遊びが空間認知に影響を及ぼすのかは分からなかった。また、どのように幼児主体の活動に幾何学遊具を扱うことで、どの幼児にも平面図形や立体図形の認知が進むのかについては明らかにできていない。今後の課題としたい。このような幼児の空間認知に関する基礎研究を土台に小学校以降の算数・数学教育の内容、指導方法を考えることは、子どもの学びの連続性を考えた、環境、教育を考えるうえで大きな課題である。

参考・引用文献

- Bishop, A. J (1980). Spatial abilities and mathematics achievement-A review. *Educational Studies in Mathematics*, 11, 257-268.
- Clements, D. H (2003). Geometric and Spatial Thinking in Early Childhood Education. *Engaging Young Children in Mathematics*. Lawrence Erlbaum Associates, 275-284.
- Guay, R. B., & McDaniel, E (1977). The relationship between mathematics achievement and spatial abilities among elementary school children. *Journal for Research in mathematics Education* 8, 211-215.
- 狭間節子 (2002). 児童・生徒の空間思考の発達に関する研究. 大阪教育大学紀要, 第V部門. 第50巻. 第2号. 213-233.
- 影山和也 (2000). 空間的思考の階層性に関する考察. 全国数学教育学会誌, 数学教育学研究 第6巻. 163-173.
- 國宗進, 八田弘恵, 熊倉啓之, 近藤裕 (2008). 空間図形についての理解に関する研究—小中高を見通した空間図形カリキュラム—. 数学教育論文発表会論文集, 41, 381-386.
- Lean, G., & Clements, M. A (1981). Spatial ability, visual imagery, and mathematical performance. *Educational Studies in Mathematics*, 12, 267-299.

- 松尾七重 (2013). 小学校低学年の算数科における学習指導内容に関する問題点—その改善の可能性について—. 千葉大学教育学部研究紀要. 第 61 巻. 245-254.
- McGee, M. G (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86, 889-918.
- 無藤隆 (2013). 幼児教育のデザイン—保育の生態学—. 東京大学出版.
- Piaget, J., & Inhelder, B (1967). *The child's conception of space*. (F. J. Langdon & J. L. Lunzer, Trans.) New York: Norton.
- 酒井朗・横井絢子 (2011). 保幼小連携の原理と実践—移行期の子どもの支援—. ミネルバ書房.
- 榊原知美 (2006). 幼児の数的発達に対する幼稚園教師の支援と役割: 5 歳児の数量理解に対する保育者の援助: 保育活動の自然観察にもとづく検討. *発達心理学研究*. 第 17 巻. 第 1 号. 50-61.
- 榊原知美 (2014). 5 歳児の数量理解に対する保育者の援助: 幼稚園での自然観察にもとづく検討. *保育学研究*. 52(1), 19-30, 2014.
- Shepard, R. N., & Metzler, J (1971). *Mental rotation of three-dimensional objects*. *Science*, 171, 701-703.
- Lean, G., & Clements, M. A. (1981). Spatial ability, visual imagery, and mathematical performance. *Educational Studies in Mathematics*, 12, 267-299.
- 渡辺敏 (2010). 小学校算数科における立体の念頭操作に関する研究. *日本数学教育学会誌*, 第 92 巻, 第 10 号, 12-23.
- 渡辺敏 (2014). 幼児の空間認知に関する研究—幼児の立方体の構成と心的操作に焦点を当てて—. *日本数学教育学会誌*, 数学教育学論究, 臨時増刊. 第 96 巻. 209-216.
- Wheatley, G. H (1990). Spatial sense and mathematics learning. *Arithmetic Teacher*, 37(6), 10-11.
- Wheatley, G. H., Brown, D. L., & Solano, A (1994). Long term relationship between spatial ability and mathematical knowledge. In D. Kirshner (Ed.), *Proceedings of the sixteenth annual meeting of North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (vol. 1, pp225-231). Baton Rouge: Louisiana State University.
- 山崎七重 (1989). 2 次元図形に関する Spatial Ability の発達についての一考察. *数学教育論文発表会論文集*. 22. 175-180.