

環境と認知の相互作用による数量概念の発達に関する研究

Developmental study of mathematical concepts
in terms of interactions between cognition and the world

研究代表者 広島大学大学院教育学研究科 助教授

湯澤正通

Associate Professor, Graduate School of Education,
Hiroshima University, Masamichi YUZAWA

本研究は、子どもの数量概念の発達のメカニズムについて、子どもが環境にある人や事物と相互作用しながら、数量を比較する有効な外的方略を内化する（環境の外的な操作から心の中での認知的な操作へ変化する）という観点から検討した。4～6歳の幼児に図形の大小を比較させ、その際、“重ねる”という方略を自発的に使用しない幼児、または自発的な使用が少ない幼児を対象にした。18名の幼児に重ね合わせ方略を自発的に使用するよう訓練を行い、同様の訓練を行っていない別の21名の幼児と比較した。その結果、訓練を受けた子どもはすべて自発的に重ね合わせ方略を使用するようになり、また、2つの基準図形と重なり合う比較図形を知覚的に選択する課題において、成績が上昇した。このような結果から、重ね合わせ方略の自発的な使用は、“重ねる”という外的操作の内化に因果的に関与していることが示唆された。

This study examined the role of the cognitive procedure of superimposition in the development of the concept of area in young children. Children from the ages 4 to 6 were asked to compare the sizes of geometric figures and their strategies were observed. Children who never used or scarcely used the strategy of superimposition were assigned to an experimental condition (18 children) or to a control (21 children). Children in the experimental condition received training successively for three days, whereas children in the control did not receive training. As a result, children in the experimental condition, who were led to using the strategy of superimposition, were more successful than children in the control in choosing the target figure of the same size as the two standard figures without placing them on the target. It was suggested that the use of strategy of superimposition is causally related with the internalization of the procedure.

1. 研究目的

子どもは、幼い頃から、環境にある人や物と相互作用しながら、数や量に関する概念を身につけている。例えば、2つの平面の大きさを比較するとき、一方を他方に重ね合わせて、はみ出る方が大きいことを知る。このような外的な操作は、数量概念の発

達にとって大きな意味を持っている。すなわち、重ね合わせることは、一方を単位とみなし、面積を数量的に判断することの基礎となるからである。そして、外的な操作を心の中で行うことができるようになる（内化する）とき、子どもたちは認知的に発達する。このように、面積概念の発達は、図形と面積

の比較方略（認知的道具）との相互作用の中で生じる。そこで、本研究では、年少の子どもが、重ね合わせるという外的な操作を、人や物と関わりながら、どのように自発的に使用し、内化するのかについて検討する。具体的に言うと、大人による教示や図形の形態・配置とどのように相互作用しながら、幼児による重ね合わせ方略の自発的な使用、および心の中での遂行が変化するのかを明らかにする。

2. 研究経過

2.1 先行研究と問題点

Yuzawa, Bart, & Yuzawa (2000)は、重ね合わせる方略を自発的に使用する幼児とそうでない幼児を比較した。両者に2つの基準図形と等しい比較図形を選択させるという課題を実施したが、その際、基準図形と比較図形を知覚的に判断する条件と両者を重ね合わせて判断する条件を設定した。また、正答となる比較図形が2つの基準図形と完全に重なる課題と重ならない課題があった。すると、重ね合わせる方略を自発的に使用する幼児の場合、比較図形と基準図形が完全に重なる課題では、重ね合わせて判断する条件だけでなく、知覚的に判断する条件でも、正しい図形を選択することができ、また、比較図形と基準図形が完全に重なる課題だけでなく、重ならない課題でも、重ね合わせて判断することの促進効果が見られた。このことは、重ね合わせ方略を自発的に使用する幼児は、“重ねる”という外的操作を内化し、高さと幅の二次元によって定義される面積概念を形成しつつあることを示唆している。

しかし、重ね合わせ方略の自発的な使用が、“重ねる”という外的操作の内化や、二次元によって定義される面積概念の形成と因果的に関連しているかどうかは不明である。そこで、本研究では、重ね合わせ方略を自発的に使用するよう幼児を訓練することで、“重ねる”という外的操作の内化や、二次元によって定義される面積概念の形成が促進されるかど

うかを検討することとした。

2.2 手続

1日目に、事前テストを実施し、2～4日目に、方略教示セッションを実施し、5日目に事後テストを実施した。事前テストでは、自由比較課題と面積判断課題を実施し、事後テストでは、面積判断課題のみを実施した。参加者の半数（実験群）のみ方略教示セッション（自由比較課題）を受けた。方略教示セッションは3日間繰り返し行われた。課題はすべて保育園の別室で1対1の面接法で行った。

2.3 参加者

2つの保育園の年長、年中クラスの幼児59名（平均年齢5歳7ヶ月；4歳6ヶ月～6歳4ヶ月）のうち、事前テストの自由比較課（3角形ペア）に対して、自発的に重ね合わせ方略を1度も使用しなかった幼児、および少なくとも1つの図形ペアで自発的に重ね合わせ方略を使用した幼児をランダムに実験群と統制群に割り当てた。実験群の幼児は、18名、統制群の幼児は、21名であった。

2.4 課題

自由比較課題と面積判断課題があった。面積判断課題では、操作的判断条件と知覚的判断条件があった。

自由比較課題 自由比較課題では、図形のペアを子どもの左右の手にそれぞれ渡し、同じ大きさか、それともどちらかが大きいかを選択させ、その際、子どもの使用する方略を観察した。5種類の赤と青の図形のペアが使用された。円のペア（半径：5cm，6cm），長方形のペア（縦×横：5cm×7cm，6cm×7cm），三角形のペア（3辺：6-8-10 cm，6-8-10 cm），ペア（3辺：7-7.9-10 cm，6-8-10 cm），ペア（3辺：6-8-10 cm，6-8.7-11 cm）であった。5種類のペアいずれも赤と青の組み合わせが逆になった2セットが用意された。ただし、3角形のペアに関する方略のみを分析に使用した。

Table 1 Ten Stimulus sets used for the area judgment task

Square sets	Standard (a x b)	Target 1 (a x b x 2)	Target 2 (2a x 2a)	Target 3 (a + b) ²	Target 4 (2b x 2b)	Target 5
Square 1	6 x 7	9.8 x 9.8	12 x 12	13 x 13	14 x 14	8 x 8
Square 2	7 x 5	8.4 x 8.4	14 x 14	12 x 12	10 x 10	7 x 7
Square 3	4 x 6	6.9 x 6.9	8 x 8	10 x 10	12 x 12	5 x 5
Square 4	5 x 4	6.3 x 6.3	10 x 10	9 x 9	8 x 8	5 x 5
Square 5	8 x 2	5.7 x 5.7	16 x 16	10 x 10	4 x 4	11.7 x 11.7
Rectangle sets	Standard	Target 1 (a x b x 2)	Target 2	Target 3 (a + b) ²	Target 4	Target 5
Rectangle 1	6 x 7	6 x 14	9 x 14	12 x 14	15 x 14	3 x 14
Rectangle 2	7 x 5	7 x 10	10.5 x 10	14 x 10	17.5 x 10	3.5 x 10
Rectangle 3	4 x 6	4 x 12	6 x 12	8 x 12	10 x 12	2 x 12
Rectangle 4	5 x 4	5 x 8	7.5 x 8	10 x 8	12.5 x 8	2.5 x 8
Rectangle 5	8 x 2	8 x 4	12 x 4	16 x 4	20 x 4	4 x 4

(Height cm x Width cm)

面積判断課題 10 セットの図形を用意した (Table 1)。1セットは、基準図形2つ、比較図形5つから構成された。基準図形はいずれも長方形であるが、10セットのうち、5セットは比較図形が正方形であり (Square sets)、操作的判断条件で使用された。残りの5セットは比較図形が長方形であり (Rectangle sets)、知覚的判断条件で使用された。5つの比較図形の中に面積が基準図形の2倍になるものが1つだけ含まれていたが (Target 1)、知覚的判断条件の場合 (Rectangle sets)、縦の長さは変えずに、比較図形の横のみを基準図形の2倍にして、面積を2倍にした。すなわち、2つの基準図形が比較図形にすっぽり重なるようになっていた。操作的判断条件の場合 (Square sets)、2つの基準図形が比較図形に重ならないため、2つの基準図形と面積の等しい比較図形を選択するためには、縦と横の二次元の長さを考慮する必要があった。

知覚的判断条件では、基準図形2つと比較図形5つを幼児の前に提示し、直接手で触れずに、基準図形2つと面積が等しい比較図形を1つ選択させた。操作判断条件では、比較図形5つを幼児の前に提示し、基準図形2つを直接幼児に手渡し、比較図形と自由に比較させた後、面積が等しい比較図形を1つ選択させた。両条件とも、以下のような教示を与えた。

「だいくんとゆうくんは仲良しのお友達です。2人ともチョコレートが大好きです。おやつに2人にチョコレートと同じだけあげます。だいくんにはこのチョコレート (基準図形2つ) をあげました。ゆうくんにはこの中から (比較図形5つ) どのチョコレートをあげたらよいですか。」

最初に、練習問題 (1つの基準図形と面積が等しい比較図形を選択する課題) を行った後、知覚的判断条件、操作的判断条件の課題の順に実施した。

3.5 方略教示セッション

自由比較課題を行ったが、この際、重ね方略を使用しなかった幼児には、重ね合わせると大小が簡単に分かることを伝え、再度、図形を手渡し、確認させた。参加者が3回続けて重ね合わせ方略を使用するまで自由比較課題を実施した。

2.6 結果

方略教示セッション 3日間の方略教示セッションで、実験群の子どもがすべて自発的に重ね合わせ方略を使用するようになった。また、それとともに、自由比較課題の正答率が増加した。

事前・事後テスト 事前、事後テストでの面積判断課題の成績を実験群、統制群別に示したのが Table 2 である。実験群と統制群の間の違いを検討するために、事前テストの成績を統制変量として、事後テストの成績に関して、判断条件ごとに、共分

散分析を行った。その結果，知覚的判断条件では，実験群と統制群の間に有意差が見られたが ($F(1,36) = 8.38, p < .01$)，操作的判断条件では，有意差が見られなかった ($F(1,36) = 0.81, ns$)。

Table 2 The numbers of correct selections in the area judgment task by children in the experimental and control conditions under the perceptual and manipulative judgment conditions

Condition	Perceptual		Manipulative	
	Before	After	Before	After
Experimental				
<i>M</i>	2.39	3.67	1.33	1.56
(<i>n</i> =18) <i>SD</i>	1.38	1.65	1.03	1.25
Control				
<i>M</i>	2.86	2.77	1.57	1.43
(<i>n</i> =21) <i>SD</i>	1.53	1.87	1.36	1.36

以上の結果より，重ね合わせ方略の自発的な使用は，“重ねる”という外的操作の内化に因果的に関与していることが示唆された。ただし，二次元によって定義される面積概念の形成と因果的に関連していることは示唆されなかった。

3. 研究成果

先行研究および本研究の結果から，対象を重ね合わせる”という外的な操作の自発的な使用は，その操作の内化を促し，面積概念の発達を促進することが示された。また，幼児が“対象を重ね合わせる”という操作を自発的に使用するようになるには，その有効性に関する大人からのフィードバックが重要であることが分かった。このように，幼児期における数量概念の具体的な発達のメカニズムが明らかとなり，教育的に有意義な示唆が得られた。

4. 今後の課題と発展

図形を“重ね合わせる”操作は，一方が他方に完全に重なる2つの図形の大小を判断するときだけでなく，相互に重ならない部分のある図形ペアの大小を判断するときも，有効であると予想していたが，

必ずしもそうでなかった。そのような図形ペアの場合，多くの幼児は，相互に重ならない部分を相殺して，大小を考えることができず，間違った判断をした。このことは，重ね合わせて大小を判断する段階から，単位に基づいて大小を判断できるようになるまでに，別の認知的操作の発達が介在している可能性を示唆している。例えば，面積判断課題の操作的判断条件で正答した幼児の中に，“相互に重ならない部分のある図形ペアの大小を判断するとき，重ならない部分を切り取って，それを比較すると同じになる”という理由づけを行った者がいた。このことは，適切な部分を切り取って移動することが，数量概念の発達に関与している可能性を示唆している。今後，この可能性を検討していくことが課題である。

5. 発表論文リスト

1. Yuzawa, Miki., Bart, W. M. & Yuzawa, Masamichi. (2002). Young children's change in strategies of size comparison: Effects of strategy evaluation. *Perceptual and Motor Skill*, Vol. 95, 1163-1170.
2. Yuzawa, M., & Bart, W. M. (2002). Young children's learning of size comparison strategies: Effect of origami exercises. *The Journal of Genetic Psychology*, Vol. 163, No. 4, 459-478.
3. Yuzawa, Masamichi., Bart, W. M., & Yuzawa, Miki. (2002). Development of the ability to judge relative areas: Young children's spontaneous use of superimposition as a cognitive tool. In S. P. Shohov (Ed.), *Advances in Psychology Research*, Vol. 12, Pp. 46-66. New York: NOVA Science Publishers, Inc.
4. Yuzawa, M., Bart, W. M., Yuzawa, M. 2000 Development of the ability to judge relative areas: Role of the procedure of placing one object on another. *Cognitive Development*, 15, 135-152.