

空間における展開図構成過程時の視線移動の特徴

Eye movement during construction of development of solids

細川 貴正, 丹羽 俊介, 藪本 泰基, 野杵 紗千, 細川 洋太

Takamasa HOSOKAWA, Syunsuke NIWA, Taiki YABUMOTO, Sachi NOIRI, Yota HOSOKAWA

立命館大学産業社会学部

Faculty of industrial sociology, Ritsumeikan University

Email: so0369xp@ed.ritsumeikan.ac.jp

あらまし：算数・数学科の図形領域において、図形の移動や変換を念頭で操作する（頭でイメージする）活動は、指導が困難な内容の一つである。これは、学習者がどのように考えているかが見えず、思考過程の把握が難しいことが大きな要因となっており、思考過程の一端を可視化できる手法が求められている。そこで、本研究では、展開図を頭の中でイメージして構成する課題遂行時の視線移動を、視線計測装置を用いて記録することで、図形課題解決過程の特徴を明らかにすることを目的とした。

キーワード：視線計測、展開図、立体構成

1. はじめに

算数・数学科において「図形」は、「数と計算」と並んで主要な領域である。しかし、「図形」は、学習者の得意・不得意の差が大きくなる傾向があり、特有の指導の難しさが存在してきた⁽¹⁾。「図形」における指導の困難性の一つに、図形の移動や変換を念頭で操作する（頭でイメージする）ことが挙げられる。とりわけ、立体は3次元に広がる形状であるために、正確な位置関係を理解することが容易でないといった問題が指摘されてきた。併せて、立体の見取図や展開図の学習は、2次元と3次元の相互関係を問題とするため、より理解が困難な内容とされてきた。

その一方で、「図形」は「数と計算」などと比較して、視覚から多くの情報を取得可能であることから、「見えるのだからわかる」といった暗黙の理解があり、そのことが系統的な指導の開発や、指導困難な点の克服を遅らせてきたのではないかと考えられる。また、図形の変換や移動を伴う念頭での操作では、解き方・考え方の途中過程を学習者自身が表出することが困難であるため、学習者がどの部分で理解できていないのかを指導者側が推測しづらいという問題もあった。

近年、視線計測などの客観的・生理学的データを用いて、学習過程の分析を行う研究が開始されるようになった。これは、視線計測装置の軽量化、装着負担の減少、データ分析の時間短縮、画像処理能力の向上、装置の低価格化などが急速に進んだことに因る。図形問題解決過程においても、学習者の視線計測を行うことで、思考過程の一部を表出するであろう視線移動の時系列データを分析することが可能になると考えられる。

立体の正確な理解や図形問題の正誤と、着目する箇所や、着目する箇所の時系列における順序・変化などに、ある一定の規則が存在するとすれば、適切な指導における重要なヒントを得られる可能性がある。

そこで本研究では、図形領域の中でも念頭操作が必要となる、展開図から立体を組み立てる実験課題を設定し、視線計測を行うことで、課題解決過程の特徴を明らかにすることを主たる目的とする。対象としては、実験課題の正確な理解と、事後のインタビュー調査に対応可能な大学生とする。

2. 視線計測実験

2.1 実験概要

視線移動計測実験の概要は以下のとおりである。
 期間・場所：2014年12月・立命館大学修学館
 被験者：大学生9名（男性3名、女性6名；20.9±0.8歳）

計測装置：視線計測装置として Tobii グラス 1（トビー・テクノロジー・ジャパン社製）を用いた。本装置は、被験者の見ている視野映像と、眼の動きを計測可能なカメラを搭載したサングラス型の装置である。通常のサングラスをかける要領で装置を装着して、視線を計測できる。データとして、実際に見た点（注視点）が、視野映像上に表示される動画が取得できる。

2.2 実験課題

実験課題は、立体を展開した展開図上の一つの頂点に黒丸を示し、展開図を組み立てた時にその頂点を含む辺がどれかであることを解答する課題である。

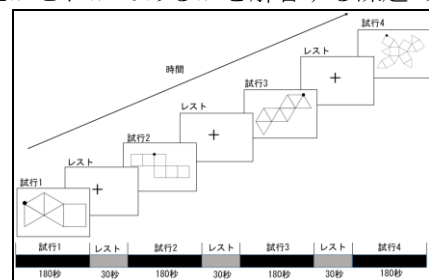


図1 実験課題遂行順序

展開図を印刷した問題用紙（A3）を被験者に提示し、答えとなる辺に丸を書いて解答させることとし

た。なお、問題用紙には、答えとなる辺の個数を示した。1 試行 1 問として、4 試行を実施し、各試行の制限時間は 180 秒に設定した。試行間には 30 秒間のレストを設けた (図 1)。

3. 実験結果と考察

3.1 正答率と所要時間

各被験者の平均正答率の特徴から、被験者を次の 2 群に分けて分析していくこととする。

- ・「正答群」：正答率が 100% の 3 名
- ・「非正答群」：正答率が 63.0% から 85.5% の 6 名

表 1 は、各試行について、正答群と非正答群の平均正答率を示したものである。試行 1, 2 は、いずれの群も 90% 以上であり、群間に有意な差は見られないが、試行 3, 4 と全体は、非正答群の正答率が下がり、群間に有意な差が見られた (いずれも $df=7$)。

表 1 群別の平均正答率および t 検定の結果

	正答群		非正答群		t 値
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
試行 1	100.0	0.0	90.0	16.7	1.46
試行 2	100.0	0.0	96.7	8.2	0.68
試行 3	100.0	0.0	74.8	23.0	2.68 *
試行 4	100.0	0.0	54.3	11.0	6.97 ***
全体	100	0	79	8.2	4.27 **

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

表 2 は、各試行について、正答群と非正答群の平均所要時間を示したものである。全体と試行 1, 3 において、群間に有意な差が見られた (いずれも $df=7$)。また、非正答群は、正答率の高さと所要時間の短さの順序が、試行 2, 1, 3, 4 となり、一致した。

表 2 群別の平均所要時間および t 検定の結果

	正答群		非正答群		t 値
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
試行 1	34.3	4.6	111.8	51.7	2.50 *
試行 2	33.7	11.6	93.0	47.0	2.09
試行 3	53.0	40.0	161.3	25.6	5.04 **
試行 4	129.0	24.8	177.2	6.9	3.31
全体	62.5	19.5	135.8	25.3	4.36 **

* $p < .05$, ** $p < .01$

3.2 視線計測データ

視線計測データから、被験者がどの辺を見たのかを、1 秒ごとに時系列に表して分析を行う。図 2, 3 は、上図が分析のために付した辺の番号、下図が縦軸を辺の番号、横軸を時間とした時系列のグラフである。ここでは、所要時間に有意な差が認められた試行 1 と 3 を主に取りあげ、各群から 1 名の被験者を提示して、群に共通する特徴について言及する。

図 2 より、試行 1 では、正答群は黒丸が付けられた指定の頂点 (以下、指定頂点) 付近の辺 1, 3, 4 を基点にして、離れた部分の正答となる辺 11, 12 へと順に視線を移動させているが、非正答群は順に視線を移動させず、指定頂点を含む辺 4, 6 や、離れた部分にある正答の辺 11 との間で視線を移動させる傾向にあった。これらのことから、正答群は、辺のつながりをたどっていくことで、共有する辺を見つけて立体を構築し、解答に至ったと考えられる。

一方、非正答群は、離れた部分の正答となる辺に見当を付けて立体を考えていたと推測できる。

試行 2 は、試行 1 と同様の特徴が見られた。

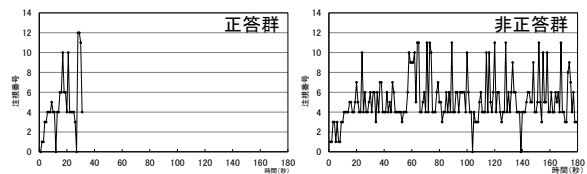
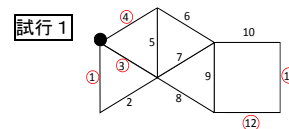


図 2 上：辺の番号 下：時系列データ

図 3 より、試行 3 では、これまでと同様に、正答群は、指定頂点付近の辺 4 から、離れた部分の正答の辺 14 までを順に見ていく傾向にあり、非正答群では、そうした傾向は見られなかった。ただし、非正答群では、指定頂点付近の辺 4, 6 での視線移動が多く見られた。これらのことから、非正答群は、展開図が複雑化した試行 3, 4 において、離れた部分の正答の辺についての見当がつけづらくなり、離れた位置への視線の移動ができず、指定頂点付近での視線移動に留まっていたと考えられる。

試行 4 は、試行 3 と同様の特徴が見られた。

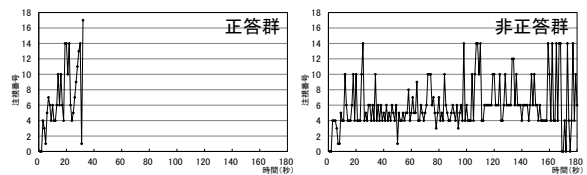
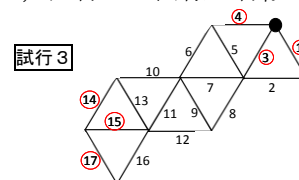


図 3 上：辺の番号 下：時系列データ

4. まとめ

正答率の高い被験者は、展開図上の辺のつながりを順にたどるように視線を移動させていたことから、共有する辺を見つけ、その部分から立体を組み立てていたと推察できた。一方、正答率の低い被験者は、辺のつながりをたどらずに、離れた場所同士で視線を移動させていたことから、離れた位置にある共有する辺同士がどれであるかについて、概ねの見当をつけることで立体構成を考えていたと予想された。ただし、展開図が複雑になると、見当をつける方法では解決できない被験者が多かったことから、この方法は図形問題に苦手意識を持つ学習者の特徴の一つである可能性が考えられた。

参考文献

- (1) 鈴木正彦: “図形. 黒田恭史 編著, 初等算数科教育法—新しい算数科の授業をつくる—”ミネルヴァ書房, 京都, 92-109 (2010)