

立方体の切断課題における学習者の視線移動及び脳活動の特徴

Characteristics of Learner's Eye Movement and Brain Activity during Cube Cutting Task

青木 駿介^{*1}, 岡本 尚子^{*2}, 黒田 恭史^{*3}

Shunsuke AOKI^{*1}, Naoko OKAMOTO^{*2}, Yasufumi KURODA^{*3}

^{*1} 京都教育大学大学院 教育学研究科 教科教育専攻 数学教育専修 1 回生

^{*1} Graduate School of Education, Kyoto University of Education

^{*2} 立命館大学 産業社会学部

^{*2} College of Social Sciences, Ritsumeikan University

^{*3} 京都教育大学 教育学部

^{*3} Faculty of Education, Kyoto University of Education

Email: di195024@kyokyo-u.ac.jp

あらまし：立方体の切断の学習は苦手とする児童生徒が少なくない。その理由は、平面上に表された立体図形を読み取り、切断面を想像する困難性にある。思考過程の特徴を捉えることが指導にあたって重要となるが、こうした学習は思考過程が紙面や行動に表出されにくい。そこで、本稿では思考過程の生体情報の取得を行うこととした。具体的には、立方体の辺上にある3点を通る平面で切断したときの切断面の作図課題を出題し、従来の行動観察に加え、視線移動計測及び脳活動計測を用いた分析を行った。

キーワード：立方体の切断、視線移動計測、脳活動計測

1. はじめに

立方体の切断を扱うねらいとして、立方体は切断する位置によって切断面がそれぞれ異なることを正しく理解し、切断面における辺や面の位置関係について、筋道を立てて説明できるようにすることとされている⁽¹⁾。しかし、立体図形の頂点、辺、面の位置関係を正確に読み取ることや、立体図形を平面上に表すことは容易ではなく、苦手意識をもつ児童生徒も少なくない。指導にあたっては、児童生徒の思考過程を正しく把握する必要があるが、こうした過程は紙面に残りづらく、従来の行動観察手法のみでは捉えられない特徴もある⁽²⁾。そこで、本稿では、中高生への実験の前段階として、大学生を対象に、立方体の切断課題遂行時の視線移動及び脳活動を計測することで、立体の切断面把握における生理学的特徴を解明することを目的とする。

2. 視線移動計測実験

2.1 実験課題

図1は実験手順を表しており、実験課題は、立方体の辺上にある3点を通る平面で切断したときの切断面を作図するというものである。問題用紙にかかれた立方体の各辺上に等間隔に5箇所ずつ計44箇所の黒点を配置し、その内の3箇所を白点とする。被験者にはこの3箇所を白点を通る平面で立方体を切断したときの切断面を直接問題用紙に作図するよう指示した。課題は、切断面が等脚台形、長方形、ひし形、平行四辺形となる計4題とした。各課題の制限時間は60秒で、「はじめ」の合図で解答を始めさせ、解答終了時には「できました」と合図をさせた。60秒以内に解答できなかった場合は「やめてく

ださい」と合図をして終了させた。レストとして、課題間には60秒間閉眼安静状態を保持させた。

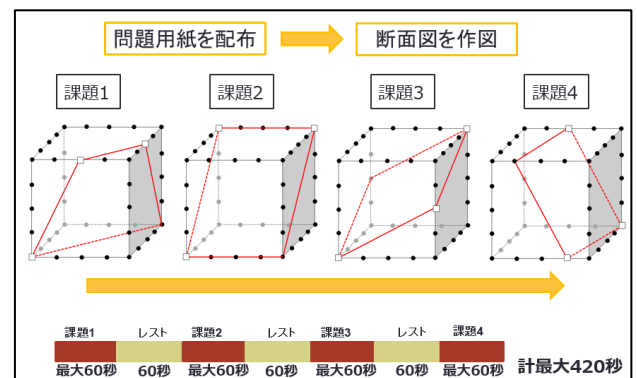


図1 実験手順

2.2 実験概要

上記の課題を用いて、視線移動計測及び脳活動計測の同時計測を行った。視線移動計測では、近赤外LEDを用いた瞳孔-角膜反射法(PCCR; Pupil Centre Corneal Reflection)に改良を加えたシステムにより空間中の目の位置と視点を高精度で推定可能である。脳活動計測では、近赤外分光法(NIRS; Near infra-red spectroscopy)による光計測装置を用いて被験者の血液中の酸素化ヘモグロビンの変化量(以下 Δ OxyHb)を測定することが可能である。両装置とも軽量かつ拘束が少なく自然な学習姿勢に近い状況で計測が可能である。実験概要は以下の通りである。

実験期間：2018年11月～2019年11月

実験場所：京都教育大学 実験室

使用装置：Tobii pro Glasses2, Spectratech OEG-16

被験者：京都教育大学生 30名

2.3 実験結果と考察

表 1 は各課題の平均正答率、平均所要時間を表している。なお、制限時間内に解答できなかった被験者の所要時間は 60 秒として扱う。表 1 より、課題 2（長方形）は他の課題と比べて正答率が高く所要時間が短い。一方課題 1（等脚台形）は正答率が最も低く所要時間が長い傾向にある。また、実験終了後、被験者に課題の難度を 1～5 の 5 段階で順位付けさせた。被験者全員による平均難度は課題 2（長方形）、課題 1（等脚台形）、課題 3（ひし形）、課題 4（平行四辺形）の順に上昇した。このことから、被験者は切断面の頂点が立方体の頂点とより多く一致する図形の方が容易に感じていたと考えられる。

以上から、被験者が感じる難度の順位と正答率の順位には差異があり、自身の解答の正誤が把握できていないと予想される。

表 1 平均正答率及び平均所要時間 (n=30)

課題	平均正答率	平均所要時間
1	47%	48.1 秒
2	80%	38.9 秒
3	73%	45.0 秒
4	57%	54.6 秒

2.4 生体情報による考察

視線移動計測の分析は、視線移動計測装置を用いて録画した動画から、どの点を注視しているかを記録し注視割合を算出した。図 2 は、被験者 30 名が立方体を注視している時間の内、注視割合の大きい上位 5 箇所（1～5）の注視割合を表示している。切断面の 3 箇所（1～3）の白点以外の頂点の注視割合も、別途色付きで表示している。図 2 より、被験者は切断面の辺上を注視する傾向にあることが明らかになった。また、どの課題においても 3 箇所（1～3）の白点以外の頂点の注視割合が小さいことから、白点同士を結ぶことは容易であるのに対し、3 箇所（1～3）の白点以外の頂点を認識する段階に困難を感じていることが予想される。

脳活動計測の分析は、近赤外分光法による光計測装置を用いて記録した左前額部の Δ OxyHb を対象とした。なお、相対変化というデータの特性上、被験者間での数値比較が行えないため、各課題において Δ OxyHb の最大値（以下 Δ OxyHbMax）を算出し、その最大値の低い順に順位付けを行った。そしてその順位の平均値を賦活平均値として分析した。つまり、賦活平均値が高いほど脳が賦活していると捉えることができる。表 2 は被験者 30 名による各課題の賦活平均値を表している。表 2 より、賦活平均値は課題 3（ひし形）、課題 2（長方形）、課題 4（平行四辺形）、課題 1（等脚台形）の順に大きくなった。 Δ OxyHbMax 観測直前は、被験者の脳が最も賦活に向かっている地点を示していると考えられることから、 Δ OxyHbMax 観測前 4 秒間と所要時間全体の注視箇所を比較した。注視割合上位 5 箇所（1～5）に大きな差

異はなく、脳の賦活と注視する点の位置には特定の変化が認められなかった。次に、 Δ OxyHbMax 観測前 4 秒間の注視の特徴を、正答者と誤答者に分類して分析を行った。正答者は解答用紙を注視していたが、誤答者は解答用紙よりも特定の白点を注視する傾向にあることが明らかになった。

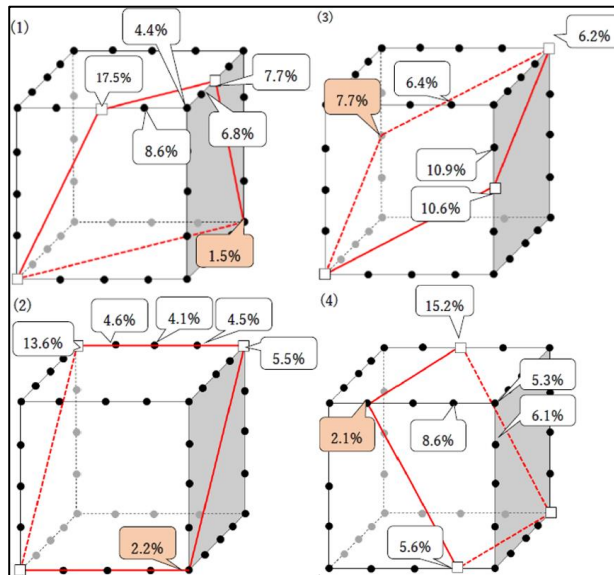


図 2 課題別注視割合上位 5 位 (n=30)

表 2 課題別賦活平均値 (n=30)

課題	賦活平均値	標準偏差
1	3.3	1.10
2	2.3	0.93
3	1.8	0.91
4	2.6	0.95

3. 結語

立方体の切断課題を用いた視線移動計測及び脳活動計測の結果から次の 3 点が明らかになった。

- 1 点目は、正答率と脳活動計測より立方体の切断課題における難度は課題 2（長方形）、課題 3（ひし形）、課題 4（平行四辺形）、課題 1（等脚台形）の順に上昇し脳も同様に賦活する傾向にあることである。
- 2 点目は、視線移動計測より注視点は切断面の辺上に集中する一方、3 箇所（1～3）の白点以外の頂点を見つけることに困難を感じていることである。
- 3 点目は、視線移動計測と脳活動計測より正答者は脳の賦活時に断面図作図を終えていること。一方、誤答者は賦活時においても断面図が把握できておらず、特定の白点を注視する傾向にあることである。

参考文献

- (1) 岩田俊義: “空間概念を形成する指導に関する一考察: 立方体の展開・切断を通して”, 千葉敬愛短期大学紀要, 第 39 号, pp.59-68 (2017)
- (2) 黒田恭史編著: “数学科教育法入門”, 共立出版, pp21-31, (2008)