

視線移動・脳活動の同時計測による立体図形課題遂行時の思考分析

Analysis of thinking when performing 3D figure task by simultaneous measurement of eye movement and brain activity

木下 卓海^{*1}, 岡本 尚子^{*2}, 黒田 恭史^{*3}

Takumi KINOSHITA^{*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 2 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: di185025@kyokyo-u.ac.jp

あらまし: 近年の科学技術の進展は、生体情報を安全、正確に採取することを可能にしている。本稿では、児童生徒の立体図形課題における認識能力の特徴、ICT 機器を用いた学習における効果等を分析する基礎データ取得のため、大学生を対象に、視線移動計測装置と、脳活動計測装置として NIRS (Near Infra-Red Spectroscopy: 近赤外分光法) 装置を用いて実験を行った。

キーワード: 立体図形, 生体情報, 視線移動計測, NIRS

1. はじめに

今日、生体情報計測技術の発展により、装置の小型化、精密化、操作の容易化が進んだ。その結果、普通の学習姿勢に近い状態での計測を可能としており、従来の行動観察、記述調査、アンケート調査に、生体情報を加えることで、より精緻な学習者の思考過程の分析が期待される。

本稿では、大学生を対象に、3つの異なる媒体(実物、タブレット、紙面)を用いて複合立体図形の形状を把握する課題を設定し、それらを遂行する際の視線移動と脳活動を計測する。これにより、各媒体について、問題解決時にどのような視線移動の特徴があるのかを解明すること、また、課題遂行過程のどの段階で負荷が上昇するのかを脳活動データから明らかにすること、また、同時に媒体間の方略獲得の違いを検討することを目的とする。

2. 方法

2.1 実験概要

実験概要は以下のとおりである。

実験対象：大学生（10名、平均年齢 21 歳）

実験日時：2018 年 11 月～12 月

実験場所：京都教育大学実験室

測定方法：被験者ごとに単独で実験を実施する。計測者は 2 名とし、1 名は解答時間の記録と、課題間のレスト時間の測定を行い、もう 1 名は、問題の差し替えを行う。

視線移動計測装置：Tobii pro グラス 2 (Tobii Technology 製) を用いる。

脳活動計測装置・計測部位：NIRS 装置として OEG-16 (Spectratech 製) を用い、左

右前額部を 16 箇所計測する。

2.2 実験課題

実験課題は、立方体のブロックを縦、横、高さがそれぞれ 4 個ずつになるよう積み重ねた立方体から、いくつかのブロックを抜き取り作製された複合立体について、使用されているブロックの個数を答えるものである。実物の立体を提示する課題（以下、実物課題）、タブレット端末で立体を提示する課題（以下、タブレット課題）、紙面上に立体を提示する課題（以下、紙面課題）の 3 媒体の課題を設定する。実物課題は手に取り、自由な角度から観察することが可能であり、タブレット課題は、画面操作により、自由な角度から観察可能である。紙面課題は、ある方向からの立体を表した前面と、前面の反対からの立体を表した背面の 2 方向からの図によって立体の形状を把握する。

各媒体で 3 種ずつ課題を作製し、それぞれを課題①、課題②、課題③とすることで合計 9 題の課題を設定した。なお、各課題①同士、課題②同士、課題③同士は同じ特徴を持つようにし、課題①、②、③の順に複雑な構造となるよう設定を行った。

2.3 実験手順

- i) 被験者に視線移動計測装置、脳活動計測装置を装着後、サンプルの課題を用意し、実験課題について説明をする。
- ii) 被験者の閉眼、安静状態の間に測定者は課題を机の上に提示し、「はじめ」の合図を行う。被験者は開眼し、課題に取り組む。各課題の制限時間は 60 秒、課題間のレストは 60 秒とする。
- iii) 制限時間内に解答が終わった場合には被験者の

「終わりました」の合図で、レストに移行する。レストでは閉眼・安静状態とする。課題の出題順序として、実物課題①～③、タブレット課題①～③、紙面課題①～③とした。

3. 結果

3.1 正答率, 所要時間

表1は、各課題の正答率と平均所要時間である。

表1 正答率, 平均所要時間

	実物①	実物②	実物③	タブレット①	タブレット②	タブレット③	紙面①	紙面②	紙面③
正答率	80%	60%	80%	80%	80%	70%	80%	80%	30%
所要時間(秒)	25.5	39.3	37.3	35.2	38.3	46.2	40.6	41.6	50.8

タブレット課題, 紙面課題においては, 最も複雑な構造をした課題③の正答率が低くなり, 所要時間も長くなるという結果になったが, 実物課題では課題③の正答率が高くなり, 所要時間も短くなるという結果を示した。この要因として, 最も複雑な構造の課題③は, ブロック間に隙間のある立体であったため, 実物課題の場合, 隙間から他のブロックが目視でき, 構造把握が容易になったことが考えられる。

3.2 視線移動計測

視線移動計測装置は, 被験者の視野映像を録画するとともに, 注視点をその映像上に表示できる。分析にあたっては, 録画した動画を0.08秒間隔で画像に変換し, どのブロックを注視しているかを集計した。視線移動に関しては, 正答者と誤答者の差異を検証することとし, 正答者・誤答者別に, 実物課題, タブレット課題, 紙面課題の注視時間の上位3か所, 上位5か所, 上位10か所の合計を算出した。表2, 表3は正答者, 誤答者の平均合計時間である。

表2 正答者データ 表3 誤答者データ

	実物	タブレット	紙面		実物	タブレット	紙面
正答数	22	23	19	誤答数	8	7	11
上位3か所(秒)	6.2	7.4	8.8	上位3か所(秒)	7.7	10.4	12.7
上位5か所(秒)	8.9	11.0	13.3	上位5か所(秒)	11.6	14.7	18.0
上位10か所(秒)	13.7	17.3	19.4	上位10か所(秒)	18.6	22.5	27.1

表2, 3から, 正答者は誤答者に比べ, 上位箇所を注視する時間が短い。つまり, 正答者は立体全体を観察する傾向, 誤答者は特定の箇所を観察する傾向にある。

媒体間の比較を行うと, 実物課題, タブレット課題, 紙面課題の順に, 上位箇所をより長く注視する傾向にある。実物課題は, 他の媒体よりも視線が散乱する傾向にあり, これは, 任意の箇所を見やすく, 立体を動かした場合でも一定箇所を注意深く追尾する必要性が低かったためと予想される。タブレット課題に関しては, 画面操作の際に, 移動するブロックを目で追い続ける必要があったため, 注視時間の増加につながったと考えられる。紙面課題に関しては, 前面, 背面の2方向からの図に限られていること, また, 各方向から対応するブロックを正確に捉えるために, 同じ箇所を繰り返して確認したために, 注視時間が増加したと考えられる。

3.3 脳活動計測

NIRS装置は, 頭皮上から近赤外線を照射, 検出することで光が脳内を通過する際の減衰を計測し, 複数のヘモグロビン濃度の変化を算出することが可能である。本稿では, 酸素を含む酸素化ヘモグロビン(oxygenated hemoglobin, 以下oxyHb)に着目し, この増加を賦活として分析を行う。また, ヘモグロビン濃度変化において左右差が確認されなかったため, 左前額部1箇所に関して分析を行う。

今回は, 被験者がどのタイミングで脳が最も賦活しているのかを分析するため, oxyHbの最大値観測時間にどのような特徴を持つのか検証を行う。また, 媒体間での正答者, 誤答者の特徴を明らかにするため, 実物課題, タブレット課題, 紙面課題における, 正答者と誤答者に分類し, 分析を行う。

表4, 5は, それぞれ正答者(個数)・誤答者(個数), 所要時間(秒), 最大値観測点(秒)を表している。

表4 正答者データ

表5 誤答者データ

	実物	タブレット	紙面		実物	タブレット	紙面
正答者(個数)	22	23	19	誤答者(個数)	8	7	11
所要時間(秒)	32.2	37.8	41.5	所要時間(秒)	39.3	46.9	49.3
最大値観測点(秒)	16.6	21.7	26.5	最大値観測点(秒)	26.2	22.5	21.1

表4, 5から, すべての媒体で, 正答者の方が誤答者よりも所要時間が短くなるという結果になった。最大値観測点は, 実物課題, タブレット課題, 紙面課題と, 所要時間の長さに応じて遅くなるといえる。

最大値観測地点以降は, 賦活が抑制されていることから, そこで方略獲得がなされたことが想定できる。これを踏まえると, 実物課題は, 自由に観察できるため, 他の媒体と比べて素早く方略を決定できたと考えられる。タブレット課題は, 観察しているブロックを目で正確に追い続けることが, 実物課題よりも困難であり, 解決方略の獲得が遅くなったと考えられる。紙面課題は, 実物課題, タブレット課題と異なり, 前面と背面の2方向からの図の観察でのみ解決しなければならぬため, 方略の獲得が困難であり, 所要時間が長く, 最大値観測点が遅くなったと考えられる。

4. 結語

各生体情報により, 実物課題, タブレット課題, 紙面課題での学習者の注視傾向や, 脳の賦活傾向が明らかになった。今後は, 視線が移動する順序や, 賦活の大きさに関して分析を行うことが課題である。

参考文献

- (1) 黒田恭史, 岡本尚子, 前迫孝憲, 『NIRSを用いた脳活動計測技術がもたらす教育神経科学の可能性』, 日本レーザー医学会誌, Vol.36, No.2, pp.176-185, (2015)
- (2) 江田英雄, 『近赤外光を用いた脳計測システム(NIRS装置)』, 電子情報通信学会誌, Vol.96, No.9, pp.694-698, (2013)