

メンタルローテーション課題時の視線移動の特徴の考察

Consideration of characteristics of eye movement during mental rotation tasks

近藤 竜生^{*1}, 岡本 尚子^{*2}, 黒田 恭史^{*3}Tatsuki KONDO^{*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 年生^{*1}Graduate School of Education, Kyoto University of Education^{*2}立命館大学 産業社会学部 現代社会学科^{*2}Department of Social Sciences, College of Social Sciences, Ritsumeikan University^{*3}京都教育大学 教育学部 数学科^{*3}Department of Mathematics, Faculty of Education, Kyoto University of Education

Email: di205021@kyokyo-u.ac.jp

あらまし：幾何教育の中でも、空間図形は理解困難な内容の一つとされている。その要因を探るため、多くのインタビュー調査や質問紙調査が行われてきた。一方で、今日では従来の調査に生体情報を加えることで、より精密な思考過程の分析が期待されている。本研究では、大学生を対象に視線移動計測実験を実施し、メンタルローテーション課題時の視線移動の特徴を分析した。

キーワード：視線移動、メンタルローテーション、空間図形、空間認識力

1. はじめに

幾何教育の中でも、空間図形は理解困難な内容の一つである。その要因として、平面に表された立体を捉えたり、立体を展開図や投影図で表現したりするといった児童生徒の空間認識力が十分でないことが挙げられる⁽¹⁾⁽²⁾。

空間認識力の一つとして、メンタルローテーション能力(以下 MR 能力)がある。ここでいう MR 能力とは、①立体などを念頭操作できる力、②色々な方向から見た立体などの全体像を素早く正確に捉える力、とする。立体の投影図や回転体の見取り図などの問題を解くためには、MR 能力が必要である。

そこで本稿では、大学生を対象に、左右の複合立体の異同を答えるメンタルローテーション課題を設定し、それらを遂行する際の視線移動を計測する。この結果から、メンタルローテーション課題時の視線移動の特徴を分析した。

2. 視線移動計測実験

2.1 実験課題

実験課題は、図 1 のように、左右の複合立体の異同を答えるメンタルローテーション課題である。課題は A3 用紙に印刷し、「同じ」「異なる」のどちらか片方を丸で囲むことで解答させた。左側の立体を基準としたとき、右側の立体は、左側の立体を 180° 回転したものである。ただし、課題の中には、左側の立体の鏡像を 180° 回転したものを右側に表示しているものがある。このとき、答えは「異なる」となる。どの課題も回転角度は 180° であるが、回転軸が異なる。回転軸は、原点(0,0,0)と、ある 1 点を通る直線とした。ある 1 点は、点(0,0,1), (0,1,0), (0,1,1), (1,0,0), (1,0,1), (1,1,0), (1,1,1)のいずれか一つの点と

し、計 7 種類の回転軸を定めた。1 種類の回転軸に対し、課題は 4 問ずつ存在する。また、実験課題には 8 種類の立体を用いた。

課題は全部で 28 問あり、1 問ずつ解く。また、レストとして、課題間には 30 秒間の閉眼安静状態を保持させた。各課題の制限時間は 30 秒で、「はじめ」の合図で解答を始めさせ、解答終了後には「できました」と合図をさせた。30 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。

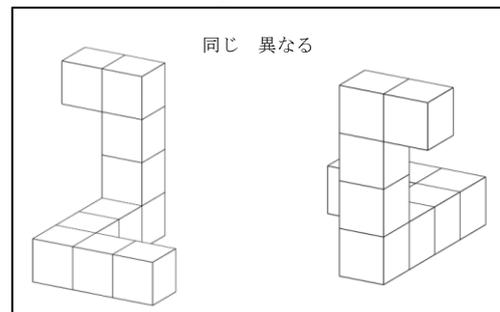


図 1 実験課題例

2.2 実験概要

上記の課題を用いて、視線移動計測実験を行った。実験で使用した装置は、計量かつ拘束が少ないため、自然な学習姿勢に近い状況で計測が可能である。実験概要は以下のとおりである。

実験期間：2020 年 10 月～2021 年 1 月

実験場所：京都教育大学 実験室

使用装置：Tobii pro Glasses2

被験者：京都教育大学生・院生 11 名

2.3 平均所要時間と平均正答率

表 1 は各課題を回転軸ごとに分類し、それぞれの平均所要時間、平均正答率と、課題全体の平均所要時間、平均正答率を表している。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 30 秒として扱う。回転軸の(0,0,1)とは、回転軸が原点と点(0,0,1)を通る直線(以下、回転軸(0,0,1))でできた課題のことを指す。表 1 より、平均所要時間は 16.4 秒～20.0 秒、平均正答率は 75%～98%と回転軸によって差がある。以上より、同じ 180° 回転でも回転軸によって課題の難易度が変化していると考えられる。

表 1 回転軸ごとの平均所要時間と平均正答率 (N=11)

回転軸	平均所要時間	平均正答率
(0,0,1)	16.4 秒	98%
(0,1,0)	19.2 秒	80%
(0,1,1)	19.2 秒	82%
(1,0,0)	16.6 秒	93%
(1,0,1)	17.7 秒	75%
(1,1,0)	17.8 秒	93%
(1,1,1)	20.0 秒	82%
全課題	18.1 秒	86%

2.4 所要時間と視線移動の関係

視線移動計測の分析には、トビー・テクノロジー社の Tobii Pro ラボを使用した。このソフトウェアを使うことで、被験者の視線の停留箇所がどこからどこへ移動したのかを確認できる。

今回は、視線移動のパターンを図 2 の 6 種類に分類した。①P-l(Pursuit-left)パターンは、左の立体の同じパ(列)内で視線が移動したもの、②P-r(Pursuit-right)パターンは、右の立体の同じパーツ内で視線が移動したもの、③J-l(Jump-left)パターンは、左の立体の異なるパーツ間で視線が移動したもの、④J-r(Jump-right)パターンは、右の立体の異なるパーツ間で視線が移動したもの、⑤S-p(Same-parts)パターンは、左右の立体の対応する同じパーツ間で視線が移動したもの、⑥D-p(Different-parts)パターンは、左右の立体の異なるパーツ間で視線が移動したものである。

図 3, 4 は、正答した課題の、所要時間と視線移動のパターン回数の平均値を、回転軸ごとに分けてグラフで表したものである。図 3 の(0,0,1)N=43 とは、回転軸(0,0,1)の課題で、正答した課題数が 43 間であることを示す。また、正答平均とは、正答した課題全体の平均を表している。

図 3, 4 より、所要時間が正答平均以下の、回転軸(0,0,1), (1,0,0), (1,0,1), (1,1,0)の課題は、D-p パターンが S-p パターンより少ない。一方で、所要時間が正答平均より長い回転軸(0,1,0), (0,1,1), (1,1,1)の課題は、D-p パターンが S-p パターン以上である。よって、課題を早く解くためには、左右の立体の同じパーツをより早く見つけ、見比べる必要があると考えられる。

また、所要時間が正答平均より長い、回転軸(0,1,0), (0,1,1)の課題については、D-p パターンの回数が正答平均より多い。また、回転軸(1,1,1)の課題については、S-p パターンと D-p パターンの回数が正答平均より少なく、J-r パターンの回数が正答平均より多い。以上より、

所要時間が正答平均より長い課題は、左右の立体の同じパーツを見つけたいが、見つけれず違うパーツを見てしまっている(D-p パターン)か、右側の立体の形状把握に時間がかかっていることが考えられる。

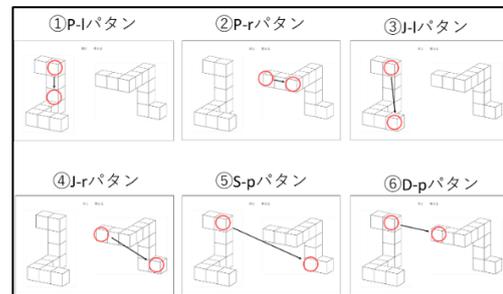


図 2 視線移動のパターン

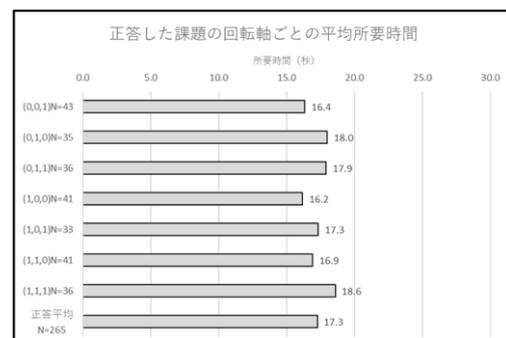


図 3 正答した課題の回転軸ごとの平均所要時間

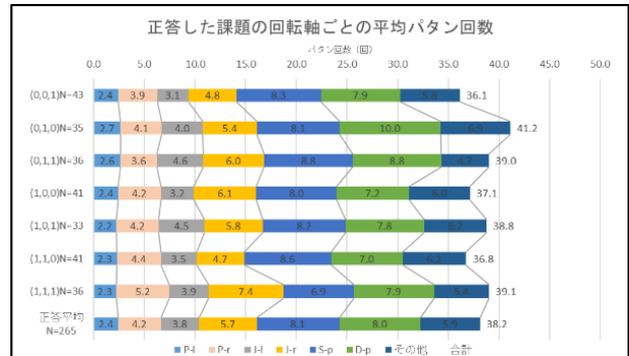


図 4 正答した課題の回転軸ごとの平均パターン回数

3. 結語

左右の複合立体の異同を答えるメンタルローテーション課題を用いた視線移動計測の結果から、次の 2 点が明らかになった。

- 1 点目は、平均所要時間が長い(短い)と、D-p パターンが S-p パターンより多く(少なく)なることである。
- 2 点目は、平均所要時間が長い課題は、D-p パターンや J-r パターンが多くなることである。

参考文献

- (1) 黒田恭史『教育系学生のための数学シリーズ 数学科教育法入門』, 共立出版株式会社 (2008)
- (2) 狭間節子『空間思考の育成の視座からの図形・空間カリキュラム開発研究構想』, 教科教育学論集, pp.67-70 (2004)