

立体把握能力と投影図への違和感についての研究

Research on relation between a solid grasp ability and strangeness of projection images

大原 俊太[†] 米沢 隼[†] 井ノ上 寛人[†] 鉄谷 信二十[†] 桑原 教彰[‡]
 Shunta Ohara Hayato Yonezawa Hiroto Inoue Nobuji Tetsutani Noriaki Tetsutani

1. はじめに

視覚で捉えた情報が実際とは異なって見える現象およびそのような現象を引き起こす図形を錯視という。錯視の一種として位置づけられる不可能立体は、2次元の絵としては描けるが、その立体を3次元空間上で実際に制作することが不可能に見えるだまし絵のことである[1]。不可能立体を数秒ほど鑑賞すると、その実在不可能性に気づかされ、違和感を抱くことも多いと考えられる。また、不可能立体と類似した錯視として、立体自体からは実在不可能性を感じさせないが、その立体に輪が掛けられるなど、何らかの動きが生じると、その動きに不可能性を感じさせる立体がある。これを不可能モーションの錯視という[2]。不可能立体や不可能モーションの錯視の一部は、3次元空間上で実際に制作可能であることが報告されており、その作成方法については研究が進められている[1, 2]。

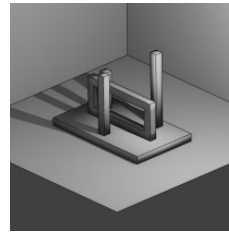
しかし、不可能立体や不可能モーションの錯視が、どのような条件でどの程度の違和感や不可能性を与えるかなど、その印象や特徴については十分に明らかにされていないのが現状である。違和感や不可能性は、一般に「しっくりこない感じ」など否定的に捉えられる印象であるが、創作活動中においては作品の改善点に気づくきっかけになり得るため、これらの印象を抱く要因の解明は、感性工学への応用が期待できるものといえる。

本研究では、立体から感じられる違和感や不可能性の強さが立体把握能力の違いによって有意に生じるかを明らかにすることを目的に、不可能立体や不可能モーションの錯視の三面図を描かせるテストと、立体の違和感を主観評価した実験結果について報告する。

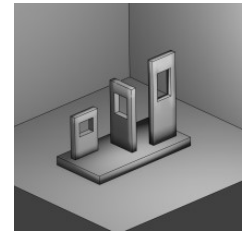
2. 立体の主観評価

本実験の参加者は、理工系の専門的な教育を行う大学の学生15名と、デザインに関する専門的な教育を行う大学の学生10名(うち大学院生1名)の計25名とした。実験参加者には、6種類の立体を描いてもらった後に、立体から感じた印象を回答してもらった。

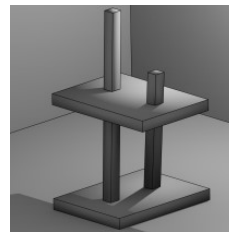
実験参加者に呈示する立体の画像は、Metasequoia 4.5.2でモデリングした「普通の立体」、「不可能立体」、「不可能モーションの錯視」の3種類を二つずつ計6枚用意した。立体の陰影は、立体の見えない部分の形状を把握するうえでの手がかりとなり得るため、全ての立体に陰(shade)を付け、画像1, 3, 5の立体には影(shadow)を付けた。レンダリングにはBlender 2.75を用いた。立体の画像は、1476×1476 pixelでレンダリングした後に127×127 mmの大ききで印刷し、解像度を300 dpiとした。図1に本実験で用意した立体の画像を示す。実験参加者には、紙に印刷された立体の画像を見ながら三面図(平面図、正面図、側面図)を描画する課題に取り組んでもらった。課題の制限時間は5分とした。画像の呈示順序は、実験参加者ごとに無作為とした。実験参加者にはどのような問題を出题するのか事



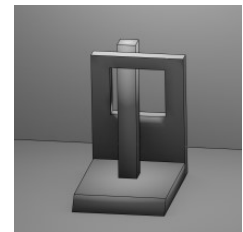
画像1
普通の立体(影あり)



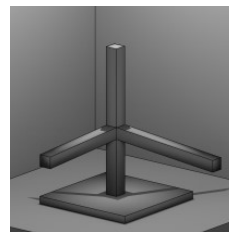
画像2
普通の立体(影なし)



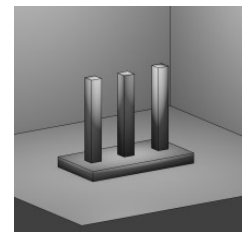
画像3
不可能立体(影あり)



画像4
不可能立体(影なし)



画像5
不可能モーションの錯視(影あり)



画像6
不可能モーションの錯視(影なし)

図 1 実験に用いた画像

前に通知せず、「不可能立体」や「不可能モーションの錯視」が含まれていることを明示しなかった。実験参加者は、

(1) 課題直後にその課題の難易度などについて、(2) 全ての課題を終えた後にそれぞれの課題に取り組むにあたって抱いた違和感などについて、質問紙を通じて回答した。違和感に関する質問は、「3面図テストを行っているときに、立体に対して違和感を感じたと思いませんか?」とし、その回答を「1. そう思わない」、「2. 少しそう思う」、「3. そう思う」、「4. 強くそう思う」、「5. 非常に強くそう思う」の5択で集計した。

3. 実験結果および考察

図2に違和感について質問した回答の割合を示す。図2において、A群は理工系の専門的な教育を行う大学の学生を、B群はデザインに関する専門的な教育を行う大学の学生の回答を表す。

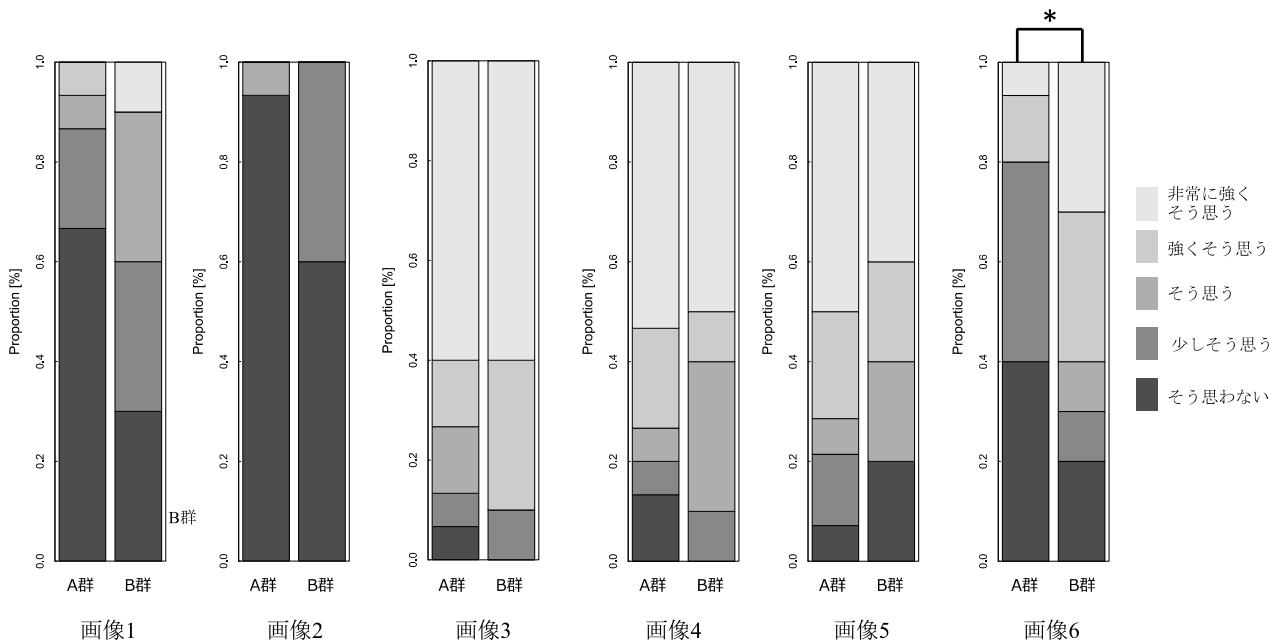


図 2 立体に対する違和感の度合い

マン・ホイットニーの U 検定を適用した結果、画像 6 の立体に対して、B 群は、A 群に比べて違和感を有意に感じることが示された ($P < 0.05$)。この結果から、デザインに関する専門的な教育を受けるなど、立体把握能力が高いと考えられる人は、一見すると普通の立体に見える「不可能モーション」の錯視の微妙な歪みや陰の付き方に反応して違和感を抱きやすい可能性があるといえる。例えば、画像 6 は、一見すると 3 本の直方体が平行に直立しているように見えるが、実際には直立していない。そして、画像 6 の正答図に近い図 3 のような平面図を描けた者や、画像 6 の陰影がおかしいと指摘できた者は、B 群の実験参加者のみであった。また、有意差は示されなかったが、B 群は、画像 1 のような「普通の立体」からも、A 群に比べて違和感を抱く可能性が読み取れる。これは、画像 1 の立体に設定した光源が、実空間上には存在しない完全な点光源であり、影の広がり方が現実にはあり得ないことが理由として考えられる。

4. おわりに

本研究では、3 次元立体から感じられる不可能性や違和感の強さが立体把握能力の違いによって有意に生じるか明らかにすることを目的に、立体の三面図を描かせるテストと主観評価を行った。その結果、デザインに関する専門的な教育を受けているなど、立体把握能力が高いと考えられる人は、一見すると普通の立体に見える「不可能モーション」の錯視に違和感を抱くことが明らかとなった。また、立体把握能力が高い人は、立体の陰影や、実在し得ないコンピュータグラフィックス特有の空間表現などの些細な点に反応して違和感を抱く可能性が示唆された。

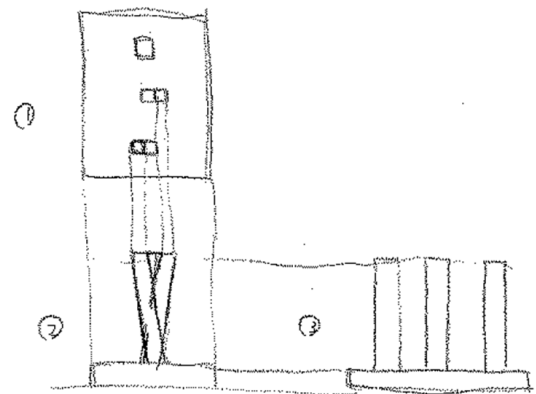


図 3 画像 6 の平面図の正答 (実例)

今後の課題として、立体に対して違和感を抱く詳細な条件を明らかにするとともに、漫画表現への応用方法などについて検討することが挙げられる。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 15K12130 の助成を受けたものである。また、実験にあたっては、産業技術大学院大学 中島瑞季助教から協力を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 杉原厚吉, “不可能立体”, 図学研究, Vol.33, No.1, p.11(1999).
- [2] 杉原厚吉, “不可能立体/不可能モーションの数理 2 (チュートリアル)”, 応用数理, Vol.25, No.2, p.77(2015).

† 東京電機大学, Tokyo Denki University

‡ 京都工芸繊維大学, Kyoto Institute of Technology