

錯視立体の作成

2年3組 永見 祥人 2年3組 山下 諒馬
2年4組 上甲 和樹 2年4組 水谷 優斗
指導者 赤松 弘教

1 課題設定の理由

明治大学の杉原厚吉名誉教授の記事で、錯視アートに関する記事があった。そこには、鏡を使った錯視アートが紹介されていた。その錯視アートとは、見る位置によって見え方が違う、というものである。私たちはその仕組みについて疑問を抱いた。また、錯視アートが方程式を用いて作成されていると知り、自分たちの知識を生かしてこのような物体が作れるのではないかと思い、この課題を設定した。

2 仮説

杉原名誉教授が紹介されていた錯視の起こる立体を基に自分たちで錯視立体を作成した。図1と図2は同じ物体であり、反対方向から写したものである。ある視点から見たもの(図1)と反対側から見たもの(図2)とでは、形が異なって見えるのである。図1は円柱に見え、図2は四角柱に見えるため、私たちは錯視



図1 錯視立体(正面)



図2 錯視立体(背面)

視が起こることを確認することができた。そこで私たちは、錯視の起こる原因は、立体を平面的にとらえてしまうという目の特徴だと考えた。そこで4つの実験を考えた。

3 実験・研究の方法

【実験1】(曲線を直線に投影)

<使用した道具>

- ・はさみ
- ・画用紙
- ・カッター
- ・レーザーポインタ

- ① 直方体 $ABCD-EFGH$ の影を調べるため、画用紙に垂直投影した。
- ② 2つの頂点 B 、 C とそれらから距離の等しい点を中心とする球 O を設定した。
- ③ 弧 BC をとり、それに沿って直方体を切り取る。
- ④ 点 O からレーザーポインタで光を当て、どのように投影するか調べる。

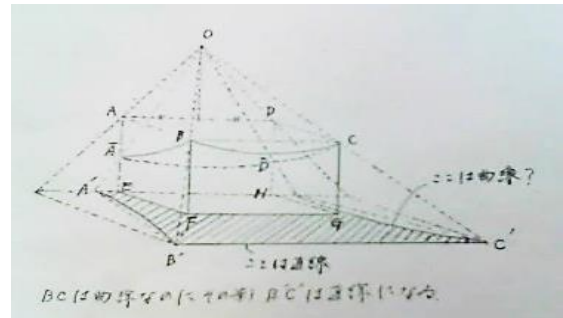


図3 実験1

仮説 弧 BC の延長線上を通る光は直線になると考えた。

【実験2】(方向によって異なって見える物体の作成)

<使用した道具>

- ・豆腐
- ・包丁

- ① 豆腐の面を球体に切断する。
- ② 図のように切断された豆腐を観察する。

仮説 人の目は平面的にとらえてしまうから、切断面が直線に見える位置が存在すると考える。

【実験3】(トポロジーのかく乱物体①)

<使用した道具>

- ・円柱2つ (A・B)
- ・ものさし ・テープ
- ・カッター

- ① 円柱A、円柱Bを用意した。
- ② 円柱Aは前側を直線に切り、円柱Bは後ろ側を直線に切った。
- ③ 円柱Aを正面斜め45°見て、円柱の淵が円に見えるように切る。(トポロジーのかく乱物体) 同様に円柱Bも切る。(Aの切込みをP、Q、R、Bの切込みをS、T、Uとする。)
- ④ 図3のようにPU、RSをそれぞれ斜辺とし、斜辺の長さ5cmとなる直角二等辺三角形を作るように円柱Bの高さを設定する。
- ⑤ できた物体を背面斜め45°から見る。

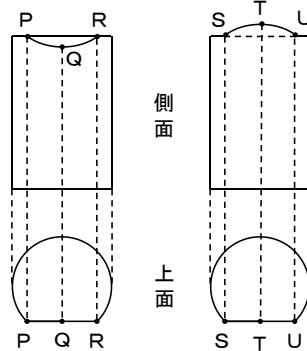


図4 かく乱物体①モデル

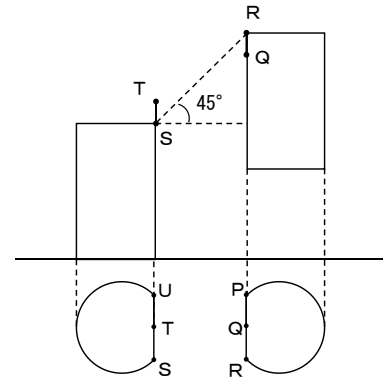


図5 実験3 配置図

仮説 ある地点で、錯視の性質から円柱Aと円柱Bは重なって見えると考えた。

【実験4】(トポロジーのかく乱物体②)

<使用した道具>

- ・四角柱2つ
- ・ものさし ・テープ
- ・カッター

- ① 四角柱を2つ作成する。
- ② 四角柱Aの淵が正方形に見えるように切る。
- ③ 四角柱Aが正面30°から見た時四角形に見えるようにするため尖らせた三角形と合同となるような三角形を四角柱Bの淵から削る。(Aの切れ込みをP、Qとし、Bの切れ込みをS、Tとする。)
- ④ 図7のようにPQ、STをそれぞれ斜辺とし、斜辺の長さ4cmとなる直角二等辺三角形を作るように四角柱Bの高さを決定する。
- ⑤ できた物体を正面30°の角度から見る。

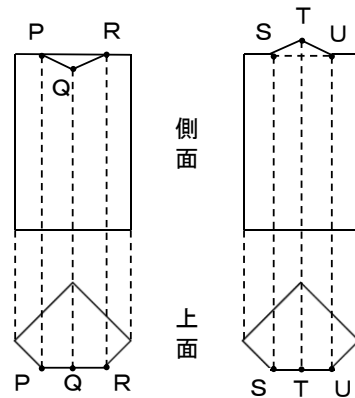


図6 かく乱物体②モデル

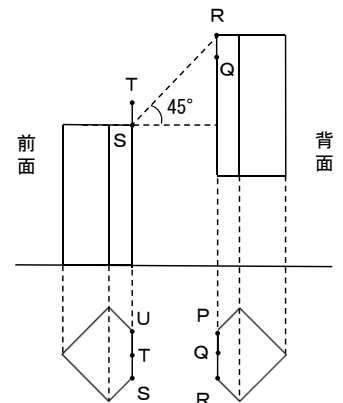


図7 実験4 配置図

仮説 ある地点で、錯視の性質から四角柱Aと四角柱Bに重なって見えると考えた。

4 結果と考察

【実験1】

結果 曲線は直線に見えなかった。しかし底面の画用紙を曲げることで直線に見えるところ

るもあった。

考察 私たちが直線となると予想した弧 B'C'は目線と同一平面上に存在していないため、曲線に見えることはなかった。

【実験 2】

結果 ある地点で切断面が直線に見えた (図 9)。

考察 立体を平面的に見てしまうことで、球面が直線に見えたと考えられる。



図 8 切断した豆腐 (正面)



図 9 切断した豆腐 (背面)

【実験 3】

結果 斜辺の延長線上で見ると距離に関わらず二つの円柱が交わって見えた (図 11)。

考察 円の淵を切った部分を斜辺上に見ることで、切った部分が重なり合っ二つの円が交わって見えたと考えられる。

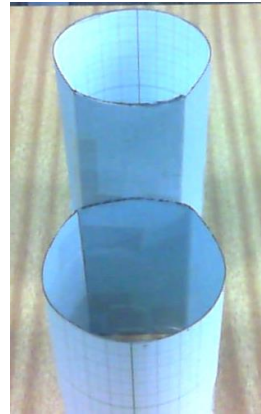


図 10 かく乱物体① (正面)

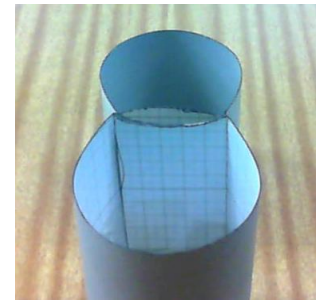


図 11 かく乱物体① (背面)

【実験 4】

結果 正面で見ると四角柱 A・B は離れて見え (図 12)、後方から見るとそれらが交わって見えた (図 13)。

考察 四角柱の淵を切った部分を斜辺上に見ることで、切った部分が重なり合二つの四角形が交わって見えたと考えられる。

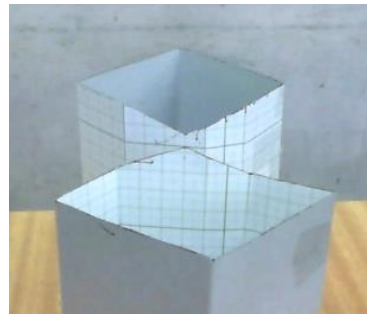


図 12 かく乱物体② (正面)



図 13 かく乱物体② (背面)

5 まとめ

実験 1 では実際に錯視を起こすことはできなかった。このことから錯視は目線上の平面で起こると考えられる。人は立体的な物も平面的にとらえてしまうから、その性質に基づいて平面を曲げることで、錯視を起こすことができた。

実験 3 では二つの円柱が交わって見える、という錯視が起きた。これは平面上の図形で実現するのは不可能であり、空間曲線の見取り図として、それをどう実現するかが問題である。

円を前方に斜め 45° の方向に動かせば、斜め 45° の円柱ができる。それに PQ を通る垂直な平面で切ると、PQ を通る楕円ができる。この円を折り曲げたような図形が 1 つある。(A' とする) また $QQ' = Q'Q''$ 、 $\angle QQ'Q'' = 90^\circ$ の直角三角形をとる。同様に直角三角形 $PP'P''$ をとり、A' の水平部分と合同な欠けた円 $P''Q''R''$ を作る。次に円 $P''Q''R''$ の後方に向かって、 45° の方向に下げると斜

めの円柱ができる。そこに $P''Q''$ を通る垂直な楕円の一部分が現れる。

この円のかげら $P'' Q'' R''$ 下向きに垂れた円のかげら $P''Q''$ を合わせてできる円を折り曲げたような図形を B' として $A'B'$ を合わせた図形は前方から見ると2つのはなれた円に見える。

6 感想

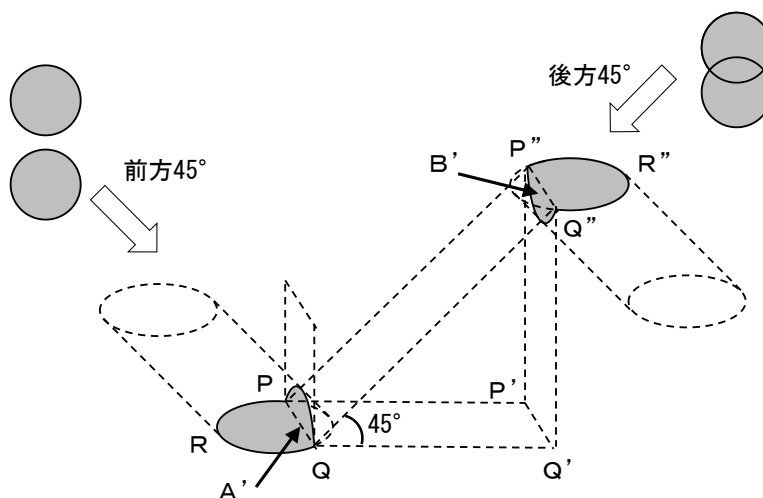


図 14 トポロジーかく乱物体①の改良

今回この研究を通して、1つの方向から見ると交わって見える2つの図形が別の方向から見ると離れた2つの図形に見える錯視立体の作成は前提として平面上で表すことが不可能ということが分かった。また、円柱を用いて錯視立体を作成するのと四角柱を用いて錯視立体を作成するのは比較的后者の方が困難であることが分かった。実験4では知識を応用し、オリジナルの錯視立体を作成することができた。しかし、当初の目的であった錯視立体を数式に起こすことは非常に複雑であることに気づき、今回の研究では実現には至らなかった。このRSIIでの経験で困難な課題に対して挑戦していく大切さを学ぶことができた。今後は学んだことを生かし、実現することができなかった錯視立体の数式化と新たな錯視立体を自分たちの力だけで作成することを実現させたい。

謝辞

本研究にあたって赤松先生、河野先生、杉原先生にご指導ご協力いただきました。この場を借りて謝辞を申し上げます。

参考文献

- ・杉原 厚吉 (2018) 『新・錯視図鑑』誠文堂新光社