

超不可能立体「同心3円と交差3円」

杉原 厚吉 Kokichi SUGIHARA



図1 広い視点範囲で錯視が起きる「超」不可能立体:正面から見たとき同心円が鏡の中で交差円に変身する(左)が、それとほぼ同じ変身が、右50度から見ても起こる(右)。3Dプリントにより制作、45×50×60m、アクリル樹脂、2019。

概要:従来の不可能立体と違って広い視点範囲で不可能に見える立体を発見し、それを「超不可能立体」と名付けた。本作品はその一例で、直接見ると3個の同心円に見えるのに、鏡に映すと3個の交差した円に見える。しかも、見る方向を正面から50度程度変更してもこの視覚効果は消えない。

コンセプト

「不可能立体」という概念は、絵を見たとき脳に思い浮かぶが実際に作ることはできない架空の3次元構造のイメージを意味するものとして提案された。この不可能立体を描いた絵は「不可能図形」と呼ばれる。しかしその後、不可能図形と同じ姿を持つ3次元構造を実際に作る方法がいくつか見つかると、不可能立体は必ずしも不可能ではないことがわかってきた^[1]。そのため筆者は、「不可能立体」を、「物理的に実在する3次元構造だが、そ

の振る舞いがありえないように見えるもの」と定義しなおして使っている。本稿でもこの意味で使う。なお、実在するものがありえないように見えるのであるから、この視覚効果は錯視である。

実在する立体が不可能図形と同じ姿に見えるのは、ある特定の視点位置から見たときだけである。一般に、立体を両目で見ると、両眼立体視の機能によって本当の距離がわかり、不可能という印象は生じない。片方の目だけで視点位置をかなり厳密に調整しなければ不可能立体は見えてこない。視点を少しでも移動させると立体の本当の形がわかって、不可能という印象は消滅する。

不可能立体の一種に、鏡に映すと姿が激変して同じ立体を見ているとは思えないという印象を生じる「変身立体」がある^[2]。これも、やはり視点を正しい位置に合わせないとその視覚効果は生じない。

しかし、視点位置をかなり広い範囲で動かしても不可

能という印象が消えない立体があることを発見した。これを、「超」不可能立体と名付けた。本作品は、そのような性質を持つ典型的な変身立体の例である。

特筆点

本作品は、変身立体の中でも特に「トポロジー攪乱立体」と名付けたクラスに属す^[3]。鏡に映した時、立体の形が変わるだけでなく、つながり方も変わって見えるからである。つながったところが離れて見えたり、離れていたところがつながって見えたりするためには、錯視が起きる視点位置から見たとき立体が奥行き方向に不連続になっていなければならない。そのような不連続な構造は一般に視点位置を少しでも動かすと姿が激変する。ところが、本作品では、不連続になっているにもかかわらず、視点を動かしても簡単には形が崩れない。これは、変身立体を設計する段階では想像できず、出来上がった立体を観察して初めて見つかった性質である。

制作過程・方法

この変身立体は、図2(a)、(b)に示す二つの目標図形を実現することを目指して設計した。すなわち、第1の方向から見たとき3個の同心円に見え、第2の方向から見たとき、横に並んだ3個の交差円に見える空間曲線をまず作る。そのためには、二つの目標図形を縦に並べたとき、曲線上の点同士で垂直方向に1対1対応が取れなければならない^[2]。これを達成するために、第2目標図形を、図2(c)に示すように、接触するが交差しない3個の曲線に分解した。

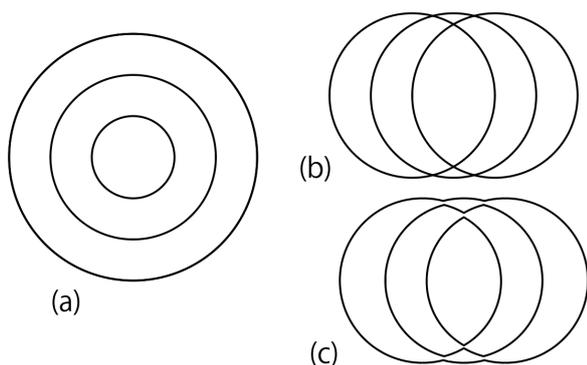


図2 目標図形のための1対1対応：(a)第1目標図形；(b)第2目標図形；(c)第2目標図形の分解

二つの目標図形の内側・中間・外側の3つの曲線に対して、それぞれ対応する空間曲線を求めた。そして、それらが二つの目標図形に見えるように配置した。最後にその曲線を垂直方向へ一定距離だけ平行移動して掃

き出す曲面を採用した。これにより、側面の長さがどこでも測っても等しい柱体が得られ、直角の大好きな私たちの脳^[4]が、柱体の上端の曲線を軸に垂直な平面で切断した切り口だとみなすことが期待できる。

設計のためのソフトウェアは、筆者の自作による Fortran プログラムである。設計計算には、明治大学先端数理科学インスティテュートの共同利用計算機 MIMS-SMP を利用した。計算結果として得られた部品立体の結合などの最終調整には、形状設計用アプリケーションソフト Rhinoceros (version 5) を使用した。3Dプリント作業は、3Dプリントサービス会社へ外注した。

おわりに

3個の同心円と3個の交差円を目標図形として作った変身立体が、視点を大きく動かしても錯視が起き続けるという性質を持つことがわかった。これは、錯視の起きる視点位置は非常に狭いという従来の常識を裏切る新しい視覚効果である。どのような立体に対してなぜこの性質が生まれるのかは、今後の研究課題である。

本研究は、科研費基盤研究(B)課題番号 21H03530, および挑戦的研究(萌芽)課題番号 21K19801 の支援を受けている。

参考文献

- [1] Ernst, G., *The Eye Beguiled: Optical Illusions*, Taschen GmbH, Köln (1992).
- [2] K. Sugihara, “Ambiguous cylinders: A new class of impossible objects,” *Computer Aided Drafting, Design and manufacturing*, 25 (2015), 19–25.
- [3] K. Sugihara, “Topology-disturbing objects: A new class of 3D optical illusion,” *Journal of Mathematics and the Arts*, 12 (2018), pp. 2–18.
- [4] Perkins, D.N., “Visual discrimination between rectangular and nonrectangular parallelepipeds,” *Perception and Psychophysics*, 12 (1972), 293–331.

著者紹介

すぎはら こうきち

明治大学先端数理科学インスティテュート
〒164-8525 東京都中野区中野 4-21-1
kokichis@meiji.ac.jp