

同じ外輪郭をもつ不可能四角形の認識に関する研究

デジタル作品制作に向けた基礎研究

鶴野幸子
近畿大学／九州大学
sachiko@fuk.kindai.ac.jp

富松 潔
九州大学
tomimatu@design.kyushu-u.ac.jp

キーワード：錯覚、不可能形状、認識

1 はじめに

不可能形状はモチーフとして用いられた M.C. エッシャー⁽¹⁾ のリトグラフによって知られるようになった。そして、様々な種類の不可能形状が描かれ、研究の対象となってきた。1958年にペンローズら⁽²⁾により特殊な錯視としてイギリスの心理学会での発表をかわきりに、現在に至るまで様々な分野で研究が進んでいる。近年では杉原⁽³⁾による数学的なアプローチによる形状の3次元化が代表的である。また、Wuら⁽⁴⁾によるCG表現の研究も進んでいる。ところが、不可能形状は3次元空間には幾何学的には存在しない形状で、人間の認識によって引き起こされる心像なのである。それが故に、同じ形をみても不可能形状として認識し不思議感を得る人もいれば、その形を平面的に捉えたり、3次元的に実現可能な形状とし解釈したりと、見る人によってその認識は違いがある。そこで我々は、不可能形状の認識の違いについて研究を行う。特に今回は以前に実験した25種類の不可能形状の中で、形状が類似するにも関わらず、認識の差があった外輪郭が同じ4つの四角形について詳しく調査する。そして、認識の違いに影響する形状的要素の抽出を試みる。

2 四角形の下位分類

認識に違いのあった外輪郭が同じ4つの四角形を図1に示す。(a)は上下で視点の位置が異なるパーツの組み合わせでUD-typeと呼び、(b)は左右で視点が異なるパーツからでき

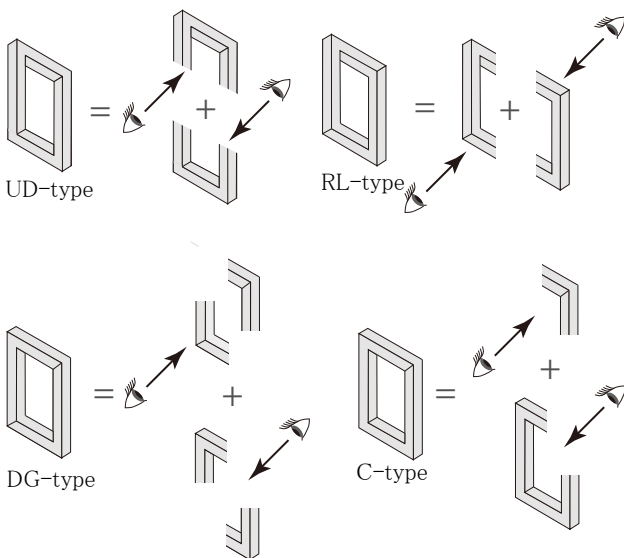


図1 外輪郭が同じ4つの不可能四角形

ており RL-type とする。(c)は対角線上の角のペアにおいて視線方向が異なる形状で DG-type と呼び、(d)は4つの角の内1つだけが視点の位置が異なる形状で C-type する。この4つは形状的には類似しているが、以前に行った実験において、UD-type と RL-type は可能形状と答えた被験者が3%以下であった。これに対し、DG-type は33%、C-type は41%が可能と答えており、明らかに認識に差が見られた。この4種類をさらに詳しく調べるために、視点の位置の異なる組み合わせで表1の図形の欄のように下位分類を行った。図中の矢印は視線の方向を示している。UD,RL,DG-type は視点の位置によってそれぞれ2分類し、さらに、四角形を縦置きと横置きにした場合の違いを検証するためにそれぞれ横置ききの四角形も作成し、それぞれ4種類の図形を準備した。C-type においても同様の分類に加え、1だけ視線方向が異なる角の置く場所によってさらに4分類して、16種類とした。合計28種類の4角形を用いて実験を行った。

3 認識実験

実験は大学生40名を対象に照度が300lx以上の教室とゼミ室で行った。提示形状はダミーの可能形状4種類を加え合計32形状とした。148mm×210mmのシートの左側に描かれた形状に対し、3次元空間に存在しない不可能形状と感ずるか、可能形状と感ずるか、もしくは提示された図形だけでは判断できないかの三択でシートの右側にチェックを入れる形式をとった。被験者が形状を見る順番の影響を排除するために、形状の提示順はランダムにした。

結果は表1の数字欄のようになった。すべての形状で縦置きと横置きの影響はあまり見られなかったのに加え、2次元的に回転して同じになる形状にも、ほとんど差がなかった。また、UD,RL,DG-type については下位分割後も以前の実験と結果と大差は見られなかった。C-type に関しては、1つだけ異なる視点の角の位置による影響は見られなかったものの、その角が鋭角か鈍角かで明らかな違いがあった。鋭角の角が1つだけ視線方向が異なる場合(CA-type)、ほとんどの被験者が不可能形状と答えている一方、鈍角の1つの角が別の視点から描かれている場合(CO-type)は、不可能形状との回答は約60%に留まった。

4 実験結果の分析、要素の抽出

全体として、図形の縦置きと横置きによる大差は見られず、また2次元的に回転して同じになる図形による差もなかった。為、回転して同じになる形状は同一形状とみなし、さらに縦置きに絞って分析を進める。まずは、構成面の構造に注目する。図2の(a)は実験に用いた可能な四角形で、(b)は

表1 提示図形と実験結果

属性	可能形状(P-type)				UD-type				RL-type				DG-type			
	P-Dv	P-Dh	P-Uv	P-Uh	UD-lv	UD-lh	UD-Ov	UD-Oh	RL-lv	RL-lh	RL-Ov	RL-Oh	DG-Duv	DG-Duh	DG-Udv	DG-Udh
図形																
可能	100.0%	97.5%	100.0%	100.0%	7.5%	5.0%	2.5%	7.5%	5.0%	5.0%	0.0%	5.0%	35.0%	40.0%	37.5%	42.5%
不可能	0.0%	2.5%	0.0%	0.0%	92.5%	95.0%	97.5%	92.5%	95.0%	95.0%	100.0%	95.0%	65.0%	60.0%	62.5%	55.0%
判断不可	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%

属性	C-type															
	CA-type								CO-type							
図形記号	CA-U-BRv	CA-U-TRh	CA-U-TLv	CA-U-BLh	CA-L-BRv	CA-L-TRh	CA-L-TLv	CA-L-BLh	CO-U-TRv	CO-U-TLh	CO-U-BLv	CO-U-BRh	CO-L-TRv	CO-L-TLh	CO-L-BLv	CO-L-BRh
図形																
可能	7.5%	0.0%	7.5%	0.0%	0.0%	5.0%	2.5%	0.0%	40.0%	42.5%	32.5%	45.0%	42.5%	42.5%	37.5%	37.5%
不可能	92.5%	100.0%	92.5%	100.0%	100.0%	95.0%	97.5%	100.0%	60.0%	57.5%	65.0%	55.0%	57.5%	57.5%	60.0%	62.5%
判断不可	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%

DG-type、(c) が 2 種類の CO-type で、これらは約 4 割の被験者が可能形状と回答している。4種類の四角形を構成面で分解すると、(a) の可能な四角形はI字型の面と長方形の面、(b) の DG-type はすべてL字型の面、(c) の CO-type は I 字型、L 字型と長方形の面のから構成されており、(a)(b) (c) で構成要素はそれぞれ異なっている。ここで、一部の面同士を接続すると青で示される長方形の面とオレンジ色で示される L 字型の面からの構成とみなすことができる。すなわち DG-type と CO-type には可能形状と類似する青色とオレンジ色の面が存在し、これらが可能形状と間違えやすい形状的要素と考えられる。

一方、ほとんどの被験者に不可能形状として認識された UD-type、RL-type 及び CA-type の面構造を図 3 に示す。(a) の UD-type と (b) の RL-type はそれぞれ I 字型の面と U 字型の面で構成されている。これらの I 字面と U 字面から赤色と緑色の長方形の一部が空いた面を構成できる。(c) の CA-type は I 字型、L 字型の面と長方形の一部が空いた面から構成され、I 字型、L 字型の面を接続することで緑色の長方形の一部が空いた面を構成できる。すなわちほとんどの被験者に不可能形状と判断されているこれらの形状は、赤と緑で示される長方形の一部が空いた面で構成されていることが判明した。

5 おわりに

可能な四角形として認識されることがある不可能な四角形は、実際に可能な四角形の面構造と類似しており、特に図 2 の青で示される閉じた長方形の面が被験者が見間違い要素となっていることを見いだせた。また、ほとんどの被験者が不

可能であると認識した四角形は、赤と緑で示される開いた長方形の面が形状のねじれを意識される要因と考えられ、不可能形状として認識されやすい要素となっていることを見いだせた。今後は四角形以外の不可能形状の分析も行いたいと考えている。

参考文献

- [1] Ernst, B. Magic Mirror of M.C.Escher, Taschen, 1978.
- [2] Penrose L. S, Penrose R., Impossible objects a special type of visual illusion, British Journal of Psychology Vol.49 pp.31-33, 1958.
- [3] Sugihara K., Computer-aided creation of impossible objects and impossible motions, Computational geometry and graphtheory : international conference KyotoCGGT, vol.11, Springer, pp.201-212, 2007
- [4] Wu T.-P., Fu C.-W., Yeung S.-K., Jia J., Tang C.-K., Modeling and rendering of impossible figures, ACM Transactions on Graphics, vol. 29, No. 4, article 106, 2010.

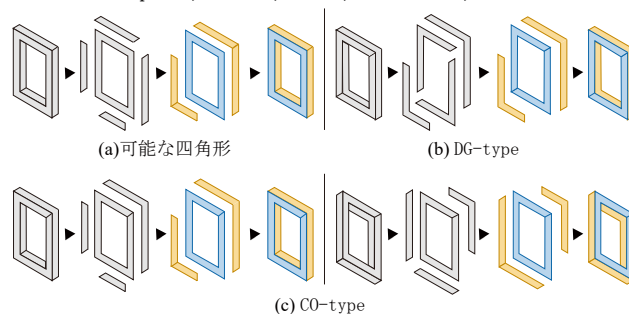


図2 可能な四角形としての認識に関わる要素

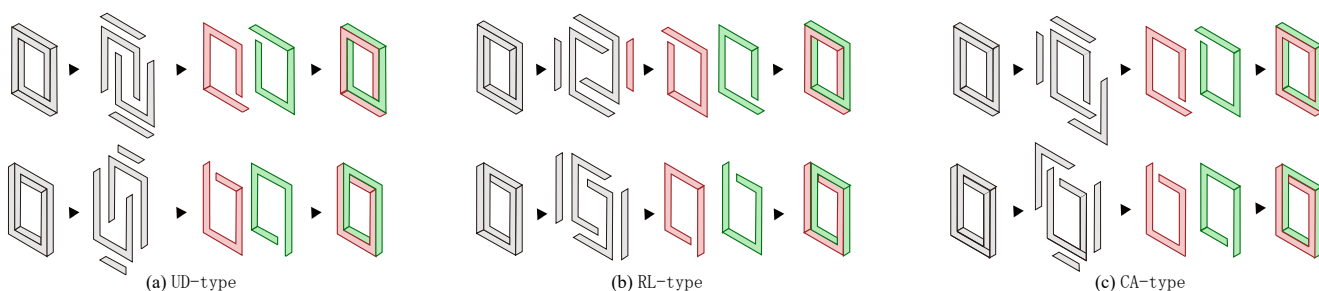


図3 不可能な四角形としての認識に関わる要素