

# skew 型不可能直方体の認識調査と形状要素の抽出

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：錯視、不可能形状、認識

## 1 はじめに

不可能形状は M.C. エッシャーのリトグラフによって一般にも知られるようになった<sup>[1]</sup>。そして様々な分野で研究対象となり作品制作も行われてきた<sup>[2]-[5]</sup>。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である為、同じ形をみても見る人によってその解釈には大きな違いがある。そこで我々は、不可能な形状として解釈され易い形状特性を抽出し、その傾向を分析することで、今後の不可能形状に関する研究や作品制作に役立てたいと考える。これまでの不可能形状の認識調査において、図 1 (a) に示す直方体は不可能な構造をしているにも関わらず、調査参加者の過半数が可能形状として解釈したことが報告されている<sup>[6]</sup>。しかしその理由は不明である。そこで本研究ではこの原因を探ることを目的として、より精密な調査・分析を行う。

## 2 調査形状

図 1(a) の形状特性として、直方体の上面と底面では長方形の縦横比が逆になっている。すなわち、上面と底面それぞれの長方形の長い方の辺を含む赤色の直線は、ねじれの位置にある。この性質を持った直方体を「skew 型不可能直方体」と呼ぶこととする。板状の上面が 4 本のポールとの接続箇所を全て隠しているため、主に想起される構造として図 1 の (b) と (c) の 2 種類となる。さらに、(b) と (c) の上面と底面を板状にしたものをそれぞれ (d), (e) とする。そして、他の不可能形状との違いを調べるた

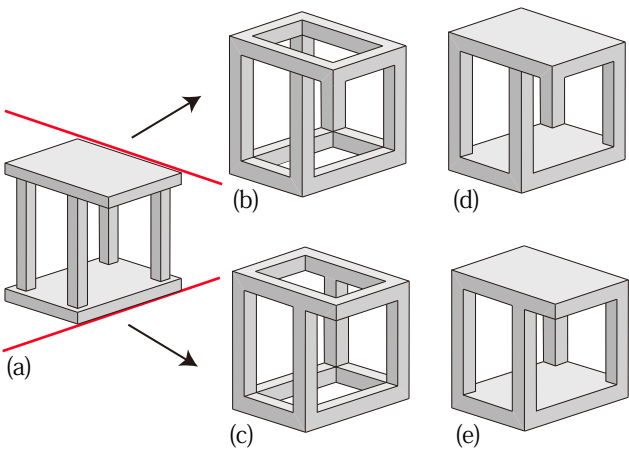


図 1 skew型不可能直方体の形状バリエーション

めに skew 型でない不可能直方体を加えた。また、上面と底面の縦横比による違い、及び距離による違いを調べるために、プロポーションの違う直方体をそれぞれ準備した。なお、調査参加者が類似形状が続くことで反応が鈍くなることを防ぐために、直方体以外の形状も調査対象に含め、図 2 に示す 31 の不可能形状と 11 の可能形状 (灰枠部分) の合わせて 42 形状を調査対象とした。

## 3 認識調査

調査は大学生 240 名 (男性：168 名、女性：71 名、無回答 1 名、平均年齢 19.8 歳) を対象に照度が 300lx 以上の教室で行った。148mm×210 mm のシートの左側に描かれた形状に対し、可能形状か、不可能形状かを判断する形式で行った。開始前に条件 (形状は全て直角に接続している等) を説明し、形状の提示順はランダムで行った。また、どちらか判断できない状態で時間切れになるのを防ぐ為、提示時間は設定せず、各人の回答時間を記録した。

## 4 調査結果、分析

調査対象の形状を可能と判断した人数の割合は、図 2 の % で示す結果となった。数値の下の小文字のアルファベットは図形記号である。所要時間は 1 図形あたり平均 13.1 秒で、所要時間と正解率には全く関連性は見られなかった。分析にはラフ集合理論を用いるため、形状の属性を大文字のアルファベットで次のように設定した。

- B: 板面を含む (B1), 含まない (B0)
- U: 見えていない接続箇所がある (U1), ない (U0)
- I: 不可能な明確な交差がある (I1), 明確な交差はない (I0)
- T: 不可能な台形 (図 3(a)) を含む (T1), 含まない (T0)
- R: 不可能な四角形 (図 3(b)) を含む (R1), 含まない (R0)
- D: ポール (柱) の端が上面と底面の奥行きが違う角に接続している (D1), していない (D0)
- S: 上面と底面がねじれの位置にある (S1), ない (S0)
- N: 上面底面の上下の法線の向きが異なる (N1), 同じ (N0)

形状のプロポーションだけが違っていても属性は同じなので、まずは基本形状での分析を行う。表 1 に示すように形状の属性を設定し、不可能形状を可能形状と判断した割合が 20% 未満の形状は、判断の属性を Y=1、20% 以上 40% 未満の場合は Y=2、40% 以上の場合は Y=3 とする。これにより極小条件を算出したものが表 2 である。S1 の属性を持つ 6 形状は Y=1 の spt-m, sbt-m, sbfm と Y=3 の sbv-m, spn-m, sbn-m に別れている。この内、不可能形状と認識されやすい Y=1 の 3 形状には共通して T1 の属性があり (表 2 黄色部分)、Y=3 の 3 形状にそれらは含ま

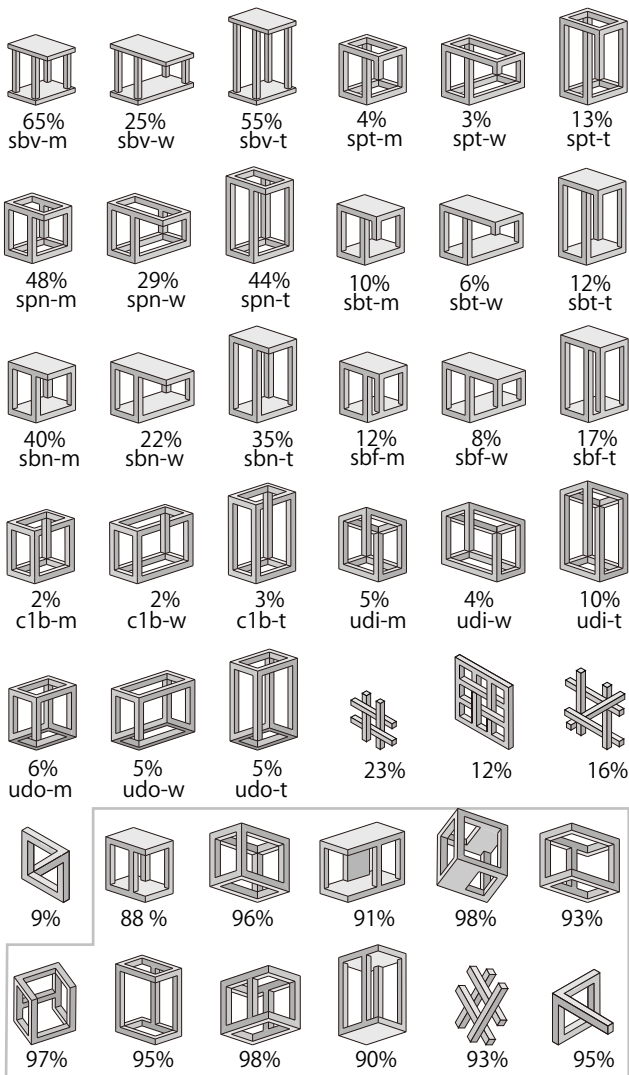


図2 調査形状と可能形状と回答した割合

れない。従って S1 の属性を持つ skew 型不可能直方体において、T1 の不可能な台形が含まれる場合は不可能形状として認識されることが多いと考えられる。先行研究<sup>6)</sup>で、不可能台形(図3(a))を可能形状と答えたのは12%で、sbt-m, sbf-m と近い数値となっている。spt-m は4%と、さらに低い数値になのは、不可能な交差という属性(I1)もあるためではないかと考えられる。

逆に Y=3 の sbv-m, spn-m, sbn-m については表2黄緑部分でわかるように、T1 の属性がないだけでなく、I1 (不可能な交差)等、他の不可能と認識しやすい形状的要素がない。すなわち S1 の上面と底面がねじれの位置にあるという属性は、不可能形状として認識が容易ではない要素ではないかと考えられる。

次に表3に示すプロポーションによる違い(図形記号末尾-m, w, t)を見ると、左側の列の S1 と T1 の属性を合わせ持つ(S1T1)の3形状は、上面と底面の縦横比を大きくした w タイプが、それぞれの標準タイプ m に比べて不可能形状として認識しやすくなっている。中央の列の S1 の属性は持つが T1 の属性を持たない(S1T0)の場合も、w タイプの数値が m, t に比べてやや低めである。これに対し、右の列の S1 の属性を持たない(S0)にはこの傾向は見られない。すなわち、S1 の場合は縦横比を大きくしたことで、奥行きが矛盾していること気付き易くなった

表1 不可能形状の属性と認識データ

	B	U	I	T	R	D	S	N	Y
sbv-m	B1	U1	I0	T0	R0	D0	S1	N0	3
spt-m	B0	U0	I1	T1	R0	D1	S1	N0	1
spn-m	B0	U0	I0	T0	R0	D0	S1	N0	3
sbt-m	B1	U1	I0	T1	R0	D1	S1	N0	1
sbn-m	B1	U1	I0	T0	R0	D0	S1	N0	3
sbf-m	B1	U0	I0	T1	R0	D0	S1	N0	1
c1b-m	B0	U0	I1	T0	R0	D0	S0	N0	1
udi-m	B0	U0	I0	T0	R1	D1	S0	N1	1
udo-m	B0	U0	I1	T0	R1	D1	S0	N1	1

(a)不可能台形\*  
\*1組の向き合う辺がねじれの位置にある

(b)不可能四角形

図3

表2 Y=1とY=3の極小条件表

Y=1	C.I.	spt-m	sbt-m	sbf-m	c1b-m	udo-m	udi-m
D1	4/6	*	*			*	*
T1	3/6	*	*	*			
I1	3/6	*			*	*	
S0	3/6				*	*	*
R1	2/6				*	*	*
N1	2/6				*	*	*
U0B1	1/6			*			

Y=3	C.I.	sbv-m	spn-m	sbn-m
D0S1	3/3	*	*	*
T0S1	3/3	*	*	*
D0I0	3/3	*	*	*
T0I0R0	3/3	*	*	*
T0I0N0	3/3	*	*	*
D0B1	2/3	*	*	*
D0U1	2/3	*	*	*
T0B1	2/3	*	*	*
T0U1	2/3	*	*	*
:	:	C.I.値1/3以下省略		

表3プロポーションによる認識の違い

S1T1	m	w	t	S1T0	m	w	t	S0	m	w	t
sbv	65%	25%	55%	spt	4%	3%	13%	c1b	2%	2%	3%
spn	48%	29%	44%	sbt	10%	6%	12%	udi	5%	4%	10%
sbn	40%	22%	35%	sbf	12%	8%	17%	udo	6%	5%	5%

ものと考えられる。また、上面と底面の距離を大きくした t タイプは多少標準タイプとの違いは見受けられるものの、w タイプほどの明確な差は見られなかった。

## 5 結論

調査目的である図1(a)の構造の直方体が不可能形状としての認識度が高くなかった原因として、上面と底面がねじれの位置にあるという形状属性そのものが、不可能形状として認識が容易ではないと考えられる。しかし、図3(a)の不可能台形の有無が認識結果を左右しており、この台形が含まれる場合は不可能形状として認識が高くなる事が判明した。さらに、上面と底面の縦横比も影響を与えていることも解った。

## 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] Tsuruno S., The animation of M.C. Escher's 'Belvedere', ACM SIGGRAPH 97 Visual Proceeding, p237. Presented at Siggraph Electronic Theater, 1997.
- [4] 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
- [5] Tsuruno S., Natural Expression of Physical Models of Impossible Figures and Motions, International Journal of Asia Digital Art & Design Vol.18 pp88-95, 2015.
- [6] Tsuruno S., Tomimatsu K., Morphological Perception of Impossible Figures with Inconsistent Depth, Proceeding of KEER2016 International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research, No.086, 2016