

論 文

ナスカの地上絵の認知過程：無意味図形の
心的回転課題を用いた検討

佐 久 間 春 奈

大 杉 尚 之*

本 多 薫

南米ペルー共和国のアンデス山脈西側，中南部海岸地帯に位置するナスカ台地には，人や動物，幾何学図形，無数の直線が描かれたナスカの地上絵がある。1994年にユネスコの世界文化遺産に指定されたナスカの地上絵は，その芸術的な造形と規模の大きさに加えてなぜ制作されたのかという謎から，多くの人々の関心を集めている。地上絵は多くの人にとって上空から見た姿が想像されるが，制作当時（西暦紀元前200年前後から紀元後700年前後）はまだ飛行技術がなかったとされている（e.g., アヴェニ，2006）。それでは，地上絵の上空からの姿を知らない人間が地上に立ってそれらを見たとき，空から見た図を正確に頭の中に思い浮かべることができるのか。この問いは，ナスカの地上絵を見ることから着想を得た，人間の認知機能に関する問いとして捉えることができると考えられる。すなわち，斜面や水平な面に描かれた図像を基に，正面から見たイメージを形成できるかという問いである（尚，本研究では上空（真上）からの視点を便宜的に正面とする）。本研究では，この問いについて認知科学的方法で検討し，ナスカの地上絵という題材と認知科学の基礎的な知見とを紐づけることを目的とする。

まず，本研究で取り扱うナスカの地上絵の研究について概説する。地上絵が描かれているナスカ台地は，東西約20km，南北約15kmに広がる不毛な沙漠である。ナスカ台地は礫層でつくられているため，その地表は小石が散乱した状態である。地表面の礫は，長年太陽に照らされたことで風化し赤黒い褐色に変色しており，その下は白色の砂地となっている。地上絵は黒い石を除いて白い下地を見せることによる明暗のコントラストによって描かれる（e.g., 坂井，2008）。明暗の対比によって隣り合う領域が物体または背景として認知されることを，ゲシュタルト心理学では「図地分化」という（e.g., Gregory, 1997; 渡邊・本多，2019）。地上絵の場合，明暗の境目が形を認識する手がかりとなり，上空からでも認識可能となっている。地上絵の制作方法として，石が線状に取り除かれたものと面状に取り除かれたものがある。描かれたタイプによって大きさ

* 責任著者

も異なる。地上絵は数 m のものから 100m を超える大きさまで大小さまざま存在する。線状の地上絵は比較的大きく、面状の地上絵は比較的小さい。有名なハチドリは、白い線状であり台地に描かれた全長 90m を超す大きさの地上絵という特徴を持つ。

渡邊・本多 (2019) は、「観察距離による形の歪み」、「視野範囲」、「形の知覚容易性」等を考慮することで、空高い場所から見下ろすことを想定した地上絵と人間が地上から立ってみることを想定した地上絵に大別できると説明した。観察距離による形の歪みについてであるが、斜面や水平な地面の図像を直立して見たとき、観察距離が遠くなるほど図形の奥行き方向の情報が、観察者の眼の網膜上には縦に圧縮されて投影される (透視図法的な変化)。よって、網膜上では図形が横幅に比べて縦方向に大きく縮んだような形のゆがみが生じる。この奥行き方向の圧縮は観察距離が長くなるほど顕著になるため、大きな地上絵は一つの地点から全体を把握するのが困難になると考えられる。このことから、地上に描かれた図像は、地面に立った状態から見ると形の識別が困難であることがわかる。また、視野範囲に関しては、直立した人間の視野は中心部を 0° としたとき、上方は 50° から 55° の間、下方は 70° から 80° の範囲であると言われている (小松原, 2003)。そのため対象物との距離が近すぎると、大きな図形は全体を視野範囲に収めることが難しくなり、全体像の把握が困難になる。以上の観察距離と視野範囲の影響を考慮し、渡邊・本多 (2019) は斜面に描かれた地上絵は立って見るのが妥当であり、台地に描かれた巨大な地上絵は上空から見下ろすような視点を想定して制作された可能性について指摘している (ただし、下記に示すように台地 (地面) に描かれた地上絵も、上空からだけでなく地上からでも認識は可能である)。

上空から見下ろす視点を想定して制作された地上絵についても、「形の知覚容易性」等の手がかりにより、ある程度は地上で把握が可能であると考えられている。形の知覚容易性について、全体が視野に収まる小さな地上絵は比較的簡単に形を知覚することができる。一方で、一つの視点から全体像が見えないほど大きな地上絵の場合、対称性と部分的特徴の統合が認識に役立つ。ハチドリの地上絵は一瞥して見るができないが、周囲を歩くことで左右対称に近い形状であることが分かる (e.g., 渡邊・本多, 2019)。

以上のように渡邊・本多 (2019) は、地上絵を見る視点について考えるためには、地上絵の観察者が有する認知機能や認知的枠組みを考慮する必要があると主張した。しかし、渡邊・本多 (2019) の説明は地上絵の現地調査を通じた観察により構築されたものであり、その裏付けとなる人間の認知機能や認知的枠組みに関する実験的な証拠と紐づけるための研究成果が蓄積されていない。特に、斜面や水平な面に描かれた図像を地上から観察した際における観察報告が、認知科学の研究文脈における典型的な心的回転または物体認識の研究成果とどのように関係しているのかが明らかではない。そこで、まずは以下に心的回転および物体認識に関する認知科学的な研究について概説する。

ある面に描かれた正方形が平面回転で 45° 傾くとひし形に見える。また、奥行き回転で傾ける

と台形に見えることもある。このように、同じ正方形でも見る方向や対象の角度が変わると、見え方も変化する。異なる方向に傾いた2つの図形を呈示した時、どちらか一方を頭の中で回転させ、それらの図形が同形であることを確かめることができる。このように、視対象の写し(心理表象 mental representation)をまるで頭の中で回転しているかのように操作することは「心的回転」と呼ばれ、イメージ操作に関する研究の一つとして挙げられる。Shepard & Metzler (1971)の実験では、実験参加者に立体の図形を対呈示し、正像か鏡像か判断させることで、2つの物体の角度差が図形の同異判断への反応時間に及ぼす影響を検討した。その結果、反応時間は2つの物体の角度差が大きくなるにつれて比例的に増加することが示された。この実験で使用した刺激は三次元立体の投影図であったが、心的回転はそれ以外の様々な図形や文字、人間の手といったものにまで実行される。そしてそのような対象でも、2つの物体の角度差が大きくなるほど反応時間が増加することが報告されている(e.g., Shepard & Cooper, 1982; 海老原・岩永, 1994)。

物体認識の研究でも、物体の角度差によってパフォーマンスが低下することが示されている。物体認識に関する理論では、複数の見え(view)の表象が心的に保存されており、その像と異なる視点の物体を認識する際には、心的回転、拡大、縮小等の変換を行うことが主張されている(e.g., Tarr & Pinker, 1989; Tarr, 1995; Ullman, 1989, 1996; Hayward & Williams, 2000)。例えば、Ullman (1989, 1996)は、歪んだ形の特徴点を捉えることで歪みを変形できるプロセスをアラインメントと呼んだ。この方法を利用すれば、視対象を異なる視点から見てもその形の特徴点を手がかり(アンカーポイント)として、形を認識することができる。また、Tarr (1995)は、物体を目にした時、視覚像が輪郭線の抽出を経てから記憶の見えの表象と照合されるプロセスを正規化と呼び、角度差がある物体の照合プロセスにおけるパフォーマンスの低下を説明している。

回転方向の違い(平面回転と奥行き回転)が生じててもこのように平均反応時間が角度(差)の線形関数になることは示されている(e.g., Shepard & Metzler, 1971)。ただし、奥行き回転は平面回転より難易度が高く正答率が低下することが示されている(e.g., Rock, DiVita, & Barbeito, 1981; 仲山, 2011)。同様のことは、物体認識の研究でも主張されており、奥行き回転は物体の長軸が奥行方向に圧縮された見えになりやすく、視覚的特徴も大きく変化することから、物体認識の成績が大きく低下することが示されている(Lawson & Humphreys, 1998; Mitsumatsu & Yokosawa, 2002)。これらの報告から、奥行き回転を伴う物体は、心的回転および物体認識においてパフォーマンスが低下すると考えられる。

以上のように心的回転または物体認識の研究知見が蓄積されてきたが、これらの研究は人間の認知機能全般に適用可能な理論構築を目的としたものであり、地上からナスカの地上絵を観察する場合のような、特殊な事例での認知機能を想定されて行われたものではない。また、ナスカの地上絵の観察を、従来の心的回転または物体認識の研究知見の文脈に位置付ける時、課題や刺激の性質の違いが問題となる。心的回転または物体認識の研究では、正像か鏡像かの判断、または2つの図形が同じか異なるかの判断を行っていたことから、課題特有の方略を実験参加者が用い

る可能性がある（例えば、局所的な特徴の違いのみに注目する等）。そのため、図形全体の心的イメージの性質を直接的に検討できる内容になっていない。また、奥行き回転を伴う心的回転または物体認識の研究で用いられる刺激の多くは三次元物体であり、二次元平面に描かれた図像の奥行き回転については十分な検討は行われていない。以上より、斜面や水平な面に描かれた図像を基に、正面から見たイメージを形成する際にどのような系統的な歪みが生じるのかは明らかではない。

そこで、本研究の目的は、平面図形の奥行き方向への傾き度合いが元の形態イメージの形成に及ぼす影響について実験室実験により明らかにすることである。尚、本研究では実際の地上絵の図像を用いず、標準化された無意味輪郭図形を用いた。これは、元の形態イメージに関する知識や記憶が、課題成績に影響を及ぼすのを避けるためである。また、Osugi & Takeda (2013) が考案した描画再生課題を用いた。描画再生課題とは、図形の記憶精度を検討するために考案された課題であり、覚えた図形を紙面に描画することで再生を求める方法である。この方法では、実験参加者のイメージをそのまま報告することを求めることから、課題特有のバイアス（例えば局所的な特徴にのみ注目する等）が生じにくいと考えられる。基礎的な実験の結果をもとに、地上絵の上空からの姿を知らない人間が地上に立ってそれらを見たとき、空（真上）から見た図を正確に頭の中に思い浮かべることができるのかについて考察する。

実験

本実験では水平軸の奥行き方向に傾いた無意味輪郭図形を用いて、描画再生課題による実験を行った。実験終了後に再生された無意味輪郭図形と見本図形を比較し、その類似性を評価することで図形のどのような特徴がどの程度正確に保持されているかを包括的に検討することが可能となる。本研究においても、この課題を使用することで、網膜像上に投影された図のイメージ操作後（真上からの視点に変換後）の形状を確かめることが可能となる。そこで再生された無意味輪郭図形と見本図形（傾き 0° の同形）を比較し、第三者の主観に基づいた類似性の得点化による分析を実施した。イメージ操作後の心的表象に歪みが生じるのであれば、奥行き方向へ傾ける角度が大きくなるほど再生された描画の類似性評定の値が小さくなると予測した（仮説1）。また、奥行き方向の圧縮は観察距離が長くなるほど顕著になることから（渡邊・本多, 2019）、図形の上部（奥側）は下部（手前側）と比較して、傾きの角度が大きくなるほどより類似性評定の値が小さくなり、角度が大きくなるにつれ上部と下部の評定値の差が広がると予測した（仮説2）。

方法

参加者 正常な視力（矯正視力も含む）を有する大学生15名（女性9名，男性6名）が実験に参加した。サンプルサイズの決定は，Osugi & Takeda (2013) の人数（16人）を参考にし，刺激セットのカウンターバランスを考慮に入れて決定した。参加者の平均年齢は21.2歳（SD = 0.86）であった。実験の実施前に実験の目的，プライバシーや人権の保護，参加辞退への配慮，データの公表等について必要な説明を行い，紙面で参加への同意を得たうえで実験を行った（山形大学人文社会科学部倫理審査委員会，承認番号：2018-1）。

装置・刺激 刺激を制御するためにパーソナル・コンピュータ（Mac mini (Late 2014), MGEN 2xx/A），ソフトウェア（GNU Octave）を用い，液晶ディスプレイ（iiyama proLite, X3291HS-B 1）上に刺激が呈示された。刺激を制御するためのプログラムはPsychophysics Toolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997; Kleiner et al, 2007) およびGL utility toolkit (GLUT) によって書かれた。実験は明室において個別に行われた。ディスプレイの中心が目の高さに合うように椅子の高さを各自で調節した。刺激材料として手書きによって作成された無意味輪郭（遠藤・齋木・中尾・齋藤，2003）のうち，複雑さの値が低いものから順に60点（総数100点）が用いられた。図形は5セットに分けられた（1セットあたり12点）。各セットにおける図形刺激の複雑さ（遠藤・齋木・中尾・齋藤，2003）に基づき，平均と標準偏差を揃えた（セット1: $M = 3.74$, $SD = 1.26$; セット2: $M = 3.76$, $SD = 1.12$; セット3: $M = 3.73$, $SD = 1.16$; セット4: $M = 3.75$, $SD = 1.12$; セット5: $M = 3.75$, $SD = 1.28$ ）。図形刺激は白色の正方形の中央に黒色で描かれた。図形刺激は仮想的な3D空間内(灰色)に呈示された(Figure 1)。刺激は視線に対して垂直面のパターン(角度なし)と，

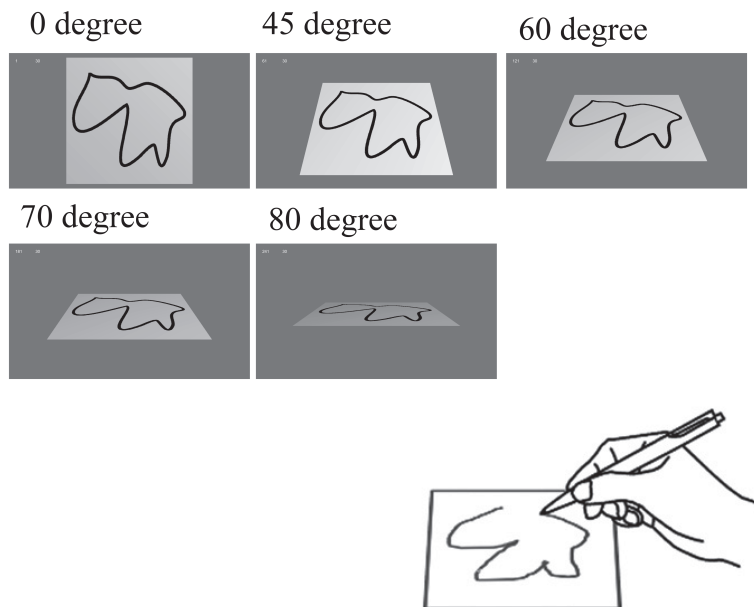


Figure 1. Schematic illustration of the stimulus display in Experiment.

奥行き方向に傾いているパターン（角度あり）のいずれかでディスプレイに呈示された。各刺激の呈示角度は 0° 、 45° 、 60° 、 70° 、 80° の5種類であった（画面に対して平行に呈示されている時を角度 0° とする）。ディスプレイに呈示された、視線と垂直面の正方形の大きさは縦36cm × 横36cmだった。本研究では、画像の認識が困難になる急勾配の角度（ 60° 、 70° 、 80° ）で角度の変化する間隔が狭くなるように角度水準を設計した。角度と刺激セットの組合せは参加者ごとにカウンターバランスが取られた。すなわち、刺激セット1から刺激セット5までを 0° 、 45° 、 60° 、 70° 、 80° のいずれかの角度条件に割り振り、参加者ごとにその組み合わせを変えた。

実験手続き 実験はスペースキーを押すことで開始された。各試行では、画面中央に図形刺激が30秒間呈示された。残り時間は画面右上に表示され、試行番号は左上に呈示された。参加者の課題は、画面に呈示された図形について正面から見た図形（画面に対して平行に表示される図形）を想像し、時間内にできるだけ正確に、ボールペンを使って記入用紙の枠内（1つあたり縦5cm × 横6.5cm）に描くことであった。呈示から30秒が経過すると灰色の画面に切り替わり、参加者がスペースキーを押すことで次の試行が開始された。図形は一筆書きで描くこと、書き始めと書き終わりの線を結び、切れ目がないように描くことを教示した。練習試行を6試行行った後（練習で使用した図形は本実験では使われなかった）、本実験が行われた。本実験は条件（ 0° 、 45° 、 60° 、 70° 、 80° ）ごとに12試行あり、全部で60試行が行われた。なお、刺激の呈示順はランダムであった。

類似性評定のための得点化

本実験で取得した手書き無意味輪郭図形を分析するために、第三者による尺度評定法を用いて見本図形との主観的な類似性の得点化を行った。

評定者 図形評定には大学生4名（女性3名、男性1名）が参加した。参加者の平均年齢は20.33歳（SD = 1.53）であった。評定者の内、1名は第一著者であった。著者を除く評定者には謝金が支払われた。

評定対象 上記の実験の結果得られた15名の参加者による描画結果を用いた。評定する図形は、スキャナーで取り込んだ後に元画像が同じである形ごとに一枚にまとめた。評定する図形は同じ形ごとに一枚のA4用紙にまとめられ、1部60枚が参加者に配布された（Figure 2）。実験で使用した60点の無意味輪郭図形（角度 0° ）をそれぞれA4用紙中央上に配置し、見本とした（背景は黒色）。その下に見本図形と同形の手書き無意味輪郭図形15点を縦5 × 横3に配置した。画像一つにつき枠の大きさは縦4.5cm × 横5.5cmであった。

評定作業手続き 評定作業は個別に行われた。無意味図形の主観的な類似性評定を10段階（1: 似ていない—10: 似ている）で評定することを求めた。質問項目は大きく分けて「縦横比率」「大まかな形状」「全体的な向き」「凸の幅」「凹の深さ」「凸の向き」であった。「凸の幅」「凹の深さ」「凸の向き」に関しては、評定する図形部分の位置を「上部・下部」に分けて回答させたため、質問

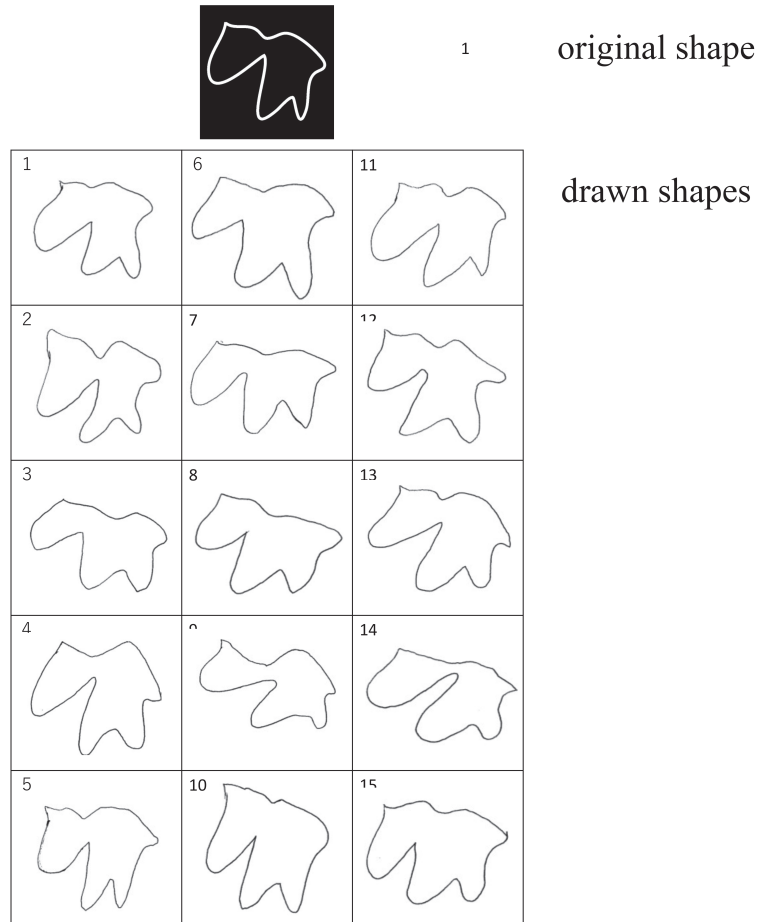


Figure 2. Examples of the original shape and the drawn shapes used for the evaluation task.

項目は全9問であった。参加者1人当たりの回答数は図形(60点)と実験参加者(15名)と質問数(9問)を掛け合わせた計8,100個であった。

分析手続き 4名の評定者から得た類似性評定値の平均を、各図形の類似性評定値として用いた。それを描画再生実験の参加者と角度別に平均値とし、分散分析を行った。尚、評定者の入力ミス(評定値が1-10を超えた値)については除外し、残り3名の点数で算出した(誤入力は3件)。また4名の評定者の類似性評価が一貫しているのかを確認するために、級内相関係数を算出した。参加者15名の5つの角度条件の各代表値(図形11-12個の平均値)の順位が4名の評定者で一貫しているのかを確認するためにICC(3,m)を用いた。ICC(3,m)は「縦横比率:0.95」「大まかな形状:0.94」「全体的な向き:0.90」「凸の幅(上部):0.89」「凸の幅(下部):0.88」「凹の深さ(上部):0.93」「凹の深さ(下部):0.89」「凸の向き(上部):0.87」「凸の向き(下部):0.86」であった。以上より、4名の評定者の類似性評価が一貫していることが確認された。

Table 1. Mean rate values and standard deviations.

	Degree Angle				
	0°	45°	60°	70°	80°
Aspect rate	7.5 (0.4)	7.1 (0.3)	6.7 (0.4)	6.5 (0.3)	5.9 (0.7)
Global shape	7.1 (0.5)	6.9 (0.5)	6.5 (0.5)	6.3 (0.3)	5.6 (0.5)
Global orientation	8.0 (0.3)	7.9 (0.2)	7.7 (0.3)	7.5 (0.2)	7.1 (0.4)
Width of Convex					
Top	6.8 (0.5)	6.6 (0.4)	6.4 (0.3)	6.3 (0.2)	5.7 (0.4)
Bottom	6.7 (0.5)	6.5 (0.4)	6.1 (0.3)	6.0 (0.3)	5.6 (0.4)
Depth of Concave					
Top	6.9 (0.5)	6.7 (0.5)	6.4 (0.4)	6.2 (0.4)	5.6 (0.4)
Bottom	7.0 (0.4)	6.9 (0.4)	6.7 (0.4)	6.4 (0.4)	5.9 (0.5)
Orientation of Convex					
Top	7.8 (0.3)	7.7 (0.3)	7.4 (0.3)	7.3 (0.3)	6.8 (0.4)
Bottom	7.9 (0.3)	7.8 (0.4)	7.5 (0.4)	7.2 (0.3)	6.7 (0.5)

結果

各主観的評定の結果を Table 1 に示す。「縦横比率」, 「大まかな形状」, 「全体的な向き」の評価値 (従属変数) に関して, 角度 (独立変数: 0°, 45°, 60°, 70°, 80°) を参加者内要因とする 1 要因分散分析を行った。「凸の幅 (上部・下部)」「凹の深さ (上部・下部)」「凸の向き (上部・下部)」について, 評定する図形部分の位置 (上部・下部) によって刺激の呈示角度による評定値の変化が生じたかどうかを検討するために, 2 要因分散分析を行った。それぞれの質問項目について評定する図形部分の位置 (2 水準: 上部, 下部) と角度 (5 水準: 0°, 45°, 60°, 70°, 80°) を参加者内要因とした。

縦横比率 縦横比率の評定値は, 角度が大きくなるほど低くなっていた。また, 70° と 80° の間の差が最も大きくなっていた。評定値に関する角度の主効果は有意であった ($F(4, 56) = 31.00, p < .001, \eta^2 = .69$)。Holm 法を用いて多重比較を行った結果, 0° -45° 条件間, 0° -60° 条件間, 0° -70° 条件間, 0° -80° 条件間, 45° -60° 条件間, 45° -70° 条件間, 45° -80° 条件間, 60° -80° 条件間, 70° -80° 条件間に有意差が見られた ($t_s(14) > 3.32, p_{\text{adj}} < .01, d_s > 0.89$)。60° -70° 条件間では有意差が見られなかった ($t(14) = 1.99, p_{\text{adj}} = .07, d = 0.55$)。よって, 60° 条件と 70° 条件間以外のすべての組み合わせで有意差が見られた。

大まかな形状 大まかな形状の評定値に関する角度の主効果は有意であった ($F(4, 56)$)

=42.08, $p < .001$, $\eta^2 = .75$)。縦横比率の結果と同様、評定値は角度が大きくなるほど低くなった。また、70°と80°の間の得点差が最も大きくなっていった。多重比較の結果、0°-60°条件、0°-70°条件間、0°-80°条件間、45°-60°条件間、45°-70°条件間、45°-80°条件間、60°-80°条件間、70°-80°条件間に有意差が見られた ($t_s(14) > 3.70$, $p_{\text{adj}} < .007$, $d_s > 0.83$)。0°-45°条件間、60°-70°条件間では有意差が見られなかった ($t_s(14) < 2.47$, $p_{\text{adj}} > .05$, $d_s < 0.58$)。よって、0°条件と45°条件間、60°条件と70°条件間以外のすべての組み合わせで有意差が見られた。

全体的な向き 全体的な向きの評定値に関する角度の主効果は有意であった ($F(4, 56) = 30.64$, $p < .001$, $\eta^2 = .69$)。評定値は角度の度数が高くなるほど低くなっていった。また、70°と80°の間の得点差が最も大きくなっていった。多重比較の結果、0°-60°条件、0°-70°条件間、0°-80°条件間、45°-60°条件間、45°-70°条件間、45°-80°条件間、60°-80°条件間、70°-80°条件間に有意差が見られた ($t_s(14) > 3.11$, $p_{\text{adj}} < .02$, $d_s > 0.87$)。0°-45°条件間、60°-70°条件間では有意差が見られなかった ($t_s(14) < 2.16$, $p_{\text{adj}} > .09$, $d_s < 0.57$)。よって、0°条件と45°条件間、60°条件と70°条件間以外のすべての組み合わせで有意差が見られた。また、水準ごとの評定平均値が他の質問項目の結果より高いことが示された。

上部と下部の凸の幅 「上部の凸の幅」「下部の凸の幅」の評定値に関する図形部分の位置(上部、下部)と角度(0°, 45°, 60°, 70°, 80°)の2要因分散分析を行った。その結果、図形部分の位置の主効果 ($F(1, 14) = 21.93$, $p < .001$, $\eta^2 = .61$) と角度の主効果 ($F(4, 56) = 35.99$, $p < .001$, $\eta^2 = .72$) が有意となった。図形部分の位置と角度の交互作用 ($F(4, 56) = 1.31$, $p = .28$, $\eta^2 = .09$) は有意ではなかった。図形部分の位置については下部が上部に比べて評定得点が低く、角度については呈示角度の度数が高くなるほど評定得点が低くなった。しかし、図形部分の位置要因と角度要因の間に交互作用が見られなかったことから、それぞれの要因の影響は加算的であると考えられる。多重比較の結果、0°-60°条件間、0°-70°条件間、0°-80°条件間、45°-60°条件間、45°-70°条件間、45°-80°条件間、60°-80°条件間、70°-80°条件間に有意差が見られた ($t_s(14) > 4.98$, $p_{\text{adj}} < .001$, $d_s > 0.92$)。0°-45°条件間、60°-70°条件間では有意差が見られなかった ($t_s(14) < 2.31$, $p_{\text{adj}} > .07$, $d_s < 0.45$)。よって、0°条件と45°条件間、60°条件と70°条件間以外のすべての組み合わせで有意差が見られた。これらの結果をまとめると、図形部分の位置にかかわらず角度の度数が高くなるほど評定得点が低くなり、より図形の下部で評定得点が低くなることが示された。

上部と下部の凹の深さ 「上部の凹の深さ」「下部の凹の深さ」の評定値に関する図形部分の位置と角度の2要因分散分析を行った。その結果、方向の主効果 ($F(1, 14) = 27.91$, $p < .001$, $\eta^2 = .67$) と角度の主効果 ($F(4, 56) = 40.12$, $p < .001$, $\eta^2 = .74$) が有意となった。方向と角度の交互作用 ($F(4, 56) = 1.25$, $p = .30$, $\eta^2 = .08$) は有意ではなかった。図形部分の位置については上部が下部に比べて評定得点が低く、角度については呈示角度の度数が高くなるほど評定得点が低くなった。図形部分の位置と角度が評定値に及ぼす影響について詳しく調べるために多重比較を

行った。その結果, $0^\circ - 60^\circ$ 条件, $0^\circ - 70^\circ$ 条件間, $0^\circ - 80^\circ$ 条件間, $45^\circ - 60^\circ$ 条件間, $45^\circ - 70^\circ$ 条件間, $45^\circ - 80^\circ$ 条件間, $60^\circ - 80^\circ$ 条件間, $70^\circ - 80^\circ$ 条件間に有意差が見られた ($t_s(14) > 3.32$, $p_{adj} < .02$, $ds > 0.73$)。 $0^\circ - 45^\circ$ 条件間, $60^\circ - 70^\circ$ 条件間では有意差が見られなかった ($t_s(14) < 2.18$, $p_{adj} > .09$, $ds < 0.64$)。まとめると, 図形部分の位置にかかわらず角度の度数が高くなるほど評定得点が低くなり, より図形の上部で評定得点が低くなることが示された。

上部と下部の凸の向き 「上部の凸の向き」「下部の凸の向き」の評定値に関する図形部分の位置と角度の2要因分散分析を行った。その結果, 角度の主効果 ($F(2, 36, 33.09) = 49.44$, $p < .001$, $\eta^2 = .78$) が有意となった。図形部分の位置の主効果 ($F(1, 14) = 0.03$, $p = .86$, $\eta^2 < .01$) 及び, 図形部分の位置と角度の交互作用 ($F(4, 56) = 1.74$, $p = .16$, $\eta^2 = .11$) は有意ではなかった。多重比較の結果, $0^\circ - 60^\circ$ 条件, $0^\circ - 70^\circ$ 条件間, $0^\circ - 80^\circ$ 条件間, $45^\circ - 60^\circ$ 条件間, $45^\circ - 70^\circ$ 条件間, $45^\circ - 80^\circ$ 条件間, $60^\circ - 80^\circ$ 条件間, $70^\circ - 80^\circ$ 条件間に有意差が見られた ($t_s(14) > 4.58$, $p_{adj} < .001$, $ds > 1.02$)。 $0^\circ - 45^\circ$ 条件間, $60^\circ - 70^\circ$ 条件間では有意差が見られなかった ($t_s(14) < 2.32$, $p_{adj} > .07$, $ds < 0.58$)。まとめると, 図形部分の位置にかかわらず角度の度数が高くなるほど評定得点が低くなることが示された。

すべての評定項目において, 刺激の呈示角度が大きくなるほど類似性得点が低くなった。「凸の幅」「凹の深さ」「凸の向き」の各項目でも, 上下に分けた図形部分の位置にかかわらず同じような結果が見られた。さらに, すべての評定項目において 70° 条件と 80° 条件間の得点の差が最も大きかった。多重比較の結果から, 「縦横比率」以外のすべての評定項目で 0° 条件と 45° 条件, 60° 条件と 70° 条件のペア間における類似性得点の差は見られなかった。

本研究の目的は, 2次元図形の奥行き方向への傾き度合いが元の形態の復元に及ぼす影響について, 主観的な類似性得点から検討することであった。検証する仮説は, 「水平軸の奥行き方向へ傾ける角度が大きくなるほど再生された描画の類似性得点が低くなる (仮説1)」と, 「図形の上部(奥側)は下部(手前側)と比較して, 傾きの角度が大きくなるほどより評定の値が小さくなる。また, 角度が大きくなるにつれ点差の幅が広がる (仮説2)」の2つであった。まず, 仮説1については, 「縦横比率」「大まかな形状」「全体的な向き」「凸の幅」「凹の深さ」「凸の向き」のすべての質問項目で, 傾き角度が大きくなるにつれて類似性得点が低くなることが明らかとなった。この結果から, 仮説1は支持された。次に, 仮説2については, 質問項目の「凸の幅」「凹の深さ」「凸の向き」で, 図形部分の位置(上部・下部)により角度が及ぼす影響に違いが生じる可能性について検討した結果, そのような傾向は示されなかった。よって, 傾きの大きさによる上下部間の点差の開きは見られないことが示された。この結果から, 仮説2は支持されなかった。

本実験において, 傾き角度が大きくなるにつれて類似性得点が低くなるという結果が示され, 傾き角度が類似性得点に影響していることが明らかとなった。傾ける角度が大きくなると類似性得点が低下したということは, 角度が大きくなるほど形の復元が困難になるということを示す。

この結果は、心的回転についての実験結果 (e.g., Shepard & Metzler, 1971) や物体認識についての実験結果 (Lawson & Humphreys, 1998; Mitsumatsu & Yokosawa, 2002) と同様の傾向であると考えられる。網膜像上に投影された図の正面から見た形状のイメージを確かめる描画再生課題においても、大きな角度変化を伴う心的操作は困難になることが確かめられた。また、図形の上部と下部で角度による影響に有意な違いがないことが示された。よって、一つの図形において観察距離の違いによる復元の程度は変わらないことが示唆された。

上記以外で明らかになった点として、「全体的な向き」「凸の向き」という図形の向きを問う質問項目では、類似性得点の平均がどの水準でも他の質問項目より高いことが示された。このことから、心的回転を必要とする描画再生課題においては、奥行き方向の傾きは平面方向の向きへの影響度が小さいことが確かめられた。

追加分析

実験により、無意味図形の奥行き方向への傾き度合いが大きくなるほど、類似性得点が低くなることが明らかとなった。しかし、本実験の分析では主観的な類似性判断により傾き角度の影響を検討した。この方法は画像の特徴印象を直接評価できるが、評定者の判断のバイアスの影響を取り除くことはできない。類似図形の判断には、人間の主観的な報告と画像間の物理的な類似性との両面を考慮することが重要であると考えられる。そこでこの分析とは別に、Osugi & Takeda (2013) で用いた分析方法を参考にし、図形そのものが保持する輪郭周波数成分を測定することで描画精度を評定する追加分析を行なった。輪郭周波数成分は形状特徴を有する指標であり、フーリエ記述子によって記述し、定量的に評価することが可能となる。フーリエ記述子とは、形状特性を周波数、振幅、位相の3変数により階層的に記述する方法である (遠藤・斎木・中尾・斎藤, 2002)。また、フーリエ記述子の振幅、位相次元は、輪郭形状の類似性知覚と一致することが報告されている (Cortese & Dyre, 1996)。そのため、フーリエ記述子を用いることで形状の類似性を数学的に評定することが可能となる。Osugi & Takeda (2013) では、図形を記憶した際には周波数5までの成分が保持されていた。そこで、心的な操作が可能な範囲として周波数5までの成分に限定して分析を行った。

幾何学情報と類似性評価の関係について検討するために、描画図形をスキャナーにより取得した。これらの各図形の輪郭上に512点 (x,y) の注目点をサンプリングし、各注目点における偏角を任意の始点からの距離の関数 (偏角関数) として表現した (Zahn & Roskies, 1972)。この方法により始点と終点では偏角に 2π の差が生じるため両者が一致する周期関数となるように正規化した。この正規化偏角関数をフーリエ級数展開し、フーリエ記述子 (周波数ごとの振幅と位相) を算出した。以上の手続きを元図形と描画図形に対して行なった。そして周波数ごとの元図形と描画図形の振幅の偏差 (DA) と位相の偏差 (DP) ($0 \leq DP \leq \pi$) を、描画精度の指標として用いた (詳細は、Osugi & Takeda, 2013 参照)。具体的には、DAについては周波数1から5まで

の範囲で、参加者ごとに全 60 図形の振幅の平均を算出した。DP については、位相がサンプリングの開始位置に依存してしまうことから、周波数 1 を用いて補正をした。すなわち、周波数 2 以上の位相から周波数 1 の位相を引いた。以上より、DP については、周波数 2 から 5 までの範囲で、参加者ごとに全 60 図形の位相の平均を算出した。さらに、DA と DP の値を棄却域と比較するために、元図形 (60 個) と描画図形 (60 個) のデータをランダムに組み合わせて元図形と描画図形のペアを作成し、各ペアの差分 (60 ペア分) の平均をとるという一連のプロセスを 2000 回繰り返して、2000 回分の差分データをサロゲイトデータとして作成した。このサロゲイトデータの分布の平均と標準偏差を用いることで DA と DP を z 得点化した Z_{DA} と Z_{DP} を算出した。尚、サロゲイトデータの平均から DA と DP を引き、標準偏差で割るという方法を用いている (詳細は、Osugi & Takeda, 2013 参照)。 Z_{DA} と Z_{DP} は元図形と描画図形をランダムに組み合わせた分布からの逸脱を示す指標であるため、その値が大きいくほど描画図形の精度が高いことを意味している。

Z_{DA} と Z_{DP} を Table 2 と Table 3 に示す。95% 信頼区間の上限が $z=1.96$ ($p<.05, uncorrected$) であり、それよりも高い数値の場合には有意に精度が保たれていることを意味している (詳細は、Osugi & Takeda, 2013 参照)。本実験では全ての条件で有意水準を超えており、元図形と描画図形の類似性が保たれたことが示された。輪郭周波数 (1-5) ごとに、角度 (独立変数: 0° , 45° , 60° , 70° , 80°) を参加者内要因とする 1 要因分散分析を行った。その結果、 Z_{DA} については周波数 1 ($F(4,56) = 3.83, p = .008, \eta^2 = .22$)、周波数 3 ($F(4,56) = 4.54, p = .003, \eta^2 = .25$)、周波数 4 ($F(4,56) = 5.81, p = .001, \eta^2 = .29$) では主効果が有意であり、その他の周波数 (周波数 2 と 5) では主効果は有意ではなかった ($F_s(4,56) < 2.13, p_s > .09, \eta^2 < .13$)。多重比較の結果、周波数 1 と 3 では 0° に比べて 80° で Z_{DA} が減少した ($t_s(14) > 4.58, p_{adj} < .015, d_s > 1.29$)。また、周波数 4 では 0° と 45° 、 0° と 80° で Z_{DA} が減少した ($t_s(14) > 4.63, p_{adj} < .003, d_s > 1.08$)。 Z_{DP} についてはすべての周波数 (2-5) で角度の主効果は示されなかった ($F_s(4,56) < 2.06, p_s > .10, \eta^2 < .13$)。以上の結果より、輪郭周波数ごとの振幅と位相の両データにおいて、 0° と 80° の角度差がある場合に周波数 1, 3, 4 の振幅でのみ低下が示された (周波数 4 においても 0° と 45° 間も)。すなわち、全体的な傾向として傾き角度が増加しても 0° 条件に比べて描画精度はほとんど低下せず、大きな角度差のある条件でのみ精度低下が検出された。これまでの研究で、輪郭周波数は図形の類似性評価 (Cortese & Dyre, 1996) や図形の記憶精度 (Osugi & Takeda, 2013) の違いを十分に検出できており、この指標が図形の特徴量に対応することは確かめられている。すなわち、主観的評定によって示された角度による類似性の低下は、この指標によって検出できないほど小さいことが明らかになった。

主観的評価と幾何学的情報に基づく評価 (フーリエ記述子) の対応としては、低周波数の振幅は図形の幅、高周波数の振幅は図形のスムーズさ (複雑さ) と関連すること、位相は図形 (および図形の局所的な特徴) の向きと関連することが報告されている (Cortese & Dyre, 1996)。本研究においては主観的評価の「縦横比率」「大まかな形状」は低周波数の振幅と対応した指標であ

Table 2. Mean ZDA and standard deviations.

	Degree Angle				
	0°	45°	60°	70°	80°
Radial	10.0	9.3	9.2	9.2	8.7
Frequency 1	(0.6)	(1.2)	(1.1)	(0.8)	(1.0)
Radial	9.1	8.9	8.4	8.7	8.1
Frequency 2	(1.0)	(0.8)	(1.0)	(1.0)	(1.3)
Radial	8.7	8.1	8.2	8.2	6.8
Frequency 3	(1.0)	(1.1)	(1.4)	(1.1)	(1.8)
Radial	8.0	6.3	6.5	6.5	5.4
Frequency 4	(1.3)	(1.7)	(1.7)	(1.3)	(2.1)
Radial	7.0	6.3	5.9	6.2	5.9
Frequency 5	(1.5)	(1.6)	(2.7)	(2.0)	(2.8)

Table 3. Mean ZDP and standard deviations.

	Degree Angle				
	0°	45°	60°	70°	80°
Radial	8.6	7.8	8.1	7.3	7.1
Frequency 2	(1.2)	(1.6)	(1.8)	(1.9)	(1.4)
Radial	8.3	7.9	7.4	7.9	6.8
Frequency 3	(2.2)	(1.7)	(1.2)	(1.6)	(1.4)
Radial	6.5	6.6	6.0	6.7	6.2
Frequency 4	(2.1)	(1.7)	(1.6)	(1.6)	(1.4)
Radial	5.3	5.9	4.8	5.0	4.1
Frequency 5	(2.3)	(1.9)	(1.6)	(1.8)	(3.1)

ると考えられる。また、「凸の幅」「凹の深さ」は全ての周波数の振幅と対応していると考えられる。さらに、「全体的な向き」や「凸の向き」は各周波数の位相と関連していると考えられる。そのため主観的評価と幾何学的情報に基づく評価で同様の傾向が示されると予想した。本研究においては、0°と80°のように大きな角度差がある条件間の振幅では、主観的評価と幾何学的情報に基づく評価に対応が見られた。すなわち、「縦横比率」「大まかな形状」「凸の幅」「凹の深さ」については、主観的に大きく変化した条件においては、幾何学的情報に基づく評価でも検出がされた。しかし、上述のように、振幅の多くの組み合わせ、または位相の全組み合わせでは主観的評価でのみ違いが見出され、主観的評価と幾何学的情報に基づく評価で異なった傾向が示された。

主観的評価と幾何学的情報に基づく評価で異なる結果となった理由として、分析方法の違いが影響した可能性が考えられる。フーリエ記述子による類似性評定では、似ていないと判定するための基準をサロゲイトデータにより設計し、その基準と比較することで各図形の類似性を判断するという方法を用いた。この方法で評価した場合に、0°と80°のように大きな角度差がある一部の条件の振幅を除き、元図形と描画図形の違いがほとんど見出されなかったと考えられる。一方、本研究で用いた主観的評定では、描画図形と見本図形で同じ図形を紙面上に配置し、見本図

形全ての描画図形を一度に眺めることで類似性を評価した。つまり、一致した形状を相対的に比較した類似性を検討したため、少しのずれでも十分に検出することができ、それが類似性得点を下げる原因となったのではないかと考えられる。また、フーリエ記述子のように図形の周波数ごとに分節する評定方法では、周波数ごとに類似性は独立に評価されるが、主観的評価の場合には、図形の特定の情報に注目したとしても、他の特徴情報の類似を無視できないという点でもそれぞれ異なっていたと考えられる。

考察

本研究の目的は、2次元図形の奥行き方向への傾き度合いが元の形態の復元に及ぼす影響について検討することであった。主観的報告と幾何学情報に基づく評定結果より、傾き度合いは心的回転からの復元精度に影響するが、幾何学情報に基づく評定に基づけば、急な角度でもある程度の精度は保たれていることが示された。奥行き方向に傾いた無意味輪郭図形の正面から見た形を、精度を保って復元できた理由として、線遠近法に基づく奥行き手がかりを利用した復元と、アラインメントを利用した復元の2通りが考えられる。以下に、2つの説明について述べる。

奥行き方向に傾いた無意味輪郭図形の正面から見た形を、精度を保って復元できた理由の一点目は、奥行き知覚が手がかりとして機能したためである。奥行き方向の傾きにより特に図形の上部（奥側）で形状が縦に圧縮されて見えづらくなるにも関わらず（e.g., 渡邊・本多, 2019）、復元できていたことが本研究で明らかになった。これには、正方形の形の恒常性を利用した奥行き知覚が影響した可能性が考えられる。本実験では、無意味輪郭図形を囲む白色の正方形が線遠近的の手がかりとして機能し、それにより奥行きが知覚されたと考えられる。無意味輪郭図形を囲む白色正方形の縦横比は、傾き角度による違いが顕著に現れる。このような縦横比や左右の辺の狭まりの変化といった傾き情報は、図形がどれくらい傾いており、奥行き方向の距離がどれくらいあるのかを知覚させるのに十分な手がかりであった可能性が考えられる。以上のことから、平面図形の奥行き知覚において、線遠近法の手がかりがあれば形の復元は可能であることが考えられる。このような奥行き手がかりの知覚に基づき、三次元の心的回転が可能になることは、高野（1987, 1992; Takano, 1989）でも指摘されている。視対象が奥行き方向に傾いている場合、視対象の形態特徴が変化するため、その形態特徴の変化をもとに形を復元することで奥行き方向への心的回転を行っている」と主張している。上記と類似した知覚プロセスとして、補正過程（compensation process）と呼ばれる知覚過程（Pirenne, 1970）の作用により、図形が心的に復元された可能性も考えられる。補正過程は主に絵画知覚において提案された説明であり、心的回転に似た認知的操作による視点変換が必要であると考えられている（Kubovy, 1986; 戸関, 2014）。また、少ない手がかりによって補正知覚が得られることが過去の研究によって示されている（Rosinski, Mulholland, Degelman & Farber, 1980; 戸澤, 2014）。本研究では、無意味輪郭図形を囲む白色正方形における線遠近法の働きが図形の復元を助長させたと考えられる。

二点目は、物体認識におけるアラインメント (Ullman, 1989, 1996) が働いた可能性である。Ullman (1989, 1996) は、歪んだ形の特徴点を捉えることで歪みを変形するプロセスをアラインメントと呼び、この方法により視対象を異なる視点から見てもその形の特徴点を手がかりとして形を認識することができることを説明した。特徴点には視対象の角度が変わっても不変な要素が選ばれる。角度によって特徴点が検出できない場合、偶然的見えとなり、形の認識は困難になる (新美・上田・横沢, 2016)。本研究の場合、図形を構成する凸部や凹部といった特徴点が 80° の傾き条件の場合でも認識可能だったため、より奥行き方向の部位でも比較的精度を保って形の変形ができたのではないかと考えられる。本実験で使用した刺激は無意味輪郭図形であったため、元の図形に関する知識を利用して特徴点を抽出し、形を認識することはできないと考えられる。しかしながら、凸部が形の特徴として知覚される (Hoffman & Richard, 1984; 酒井・乾, 1999) ことから、図形凸部の特徴点を捉えることで復元を容易にした可能性が考えられる。

まとめ

本研究では、ナスカの地上絵に関して斜面や水平に描かれた図像を心的に変換し、正面 (上空) から見たイメージを形成できるかについて認知科学的な観点から検討を試みた。本実験では、描画再生課題により奥行き方向の傾き角度の増加による形の復元への影響について検証した。その結果、傾き角度が増加しても正面から見た形をある程度精度を保って復元できていたことが確かめられ、角度による影響は小さいことが示された。以上より、地上絵の認知において、地面からの傾斜が 10° 以上 (正面から 80° 以下) の場所の視野内に収まる地上絵は、主題の知識なしに上空から見た図を心的にイメージすることが可能であると考えられる。ナスカの地上絵を作成した人々はどのような空間認知の枠組みで地上絵を制作したのかについて、本研究より認知科学的観点から補足となるような見解を示すことができたら幸いである。

引用文献

- アヴェニ, A.F. 増田義郎 (監修) 武井摩利 (訳) (2006). 『ナスカ地上絵の謎—砂漠からの永遠のメッセージ』 創元社. Aveni, A.F. (2000): *Between the lines: The mystery of the giant ground drawings of ancient Nasca, Peru*. Austin. University of Texas Press.
- Brainard, D.H. (1997). The Psychophysics Toolbox, *Spatial Vision*, 10, 443-446.
- Cortese, J.M., & Dyre, B.P. (1996). Perceptual similarity of shapes generated from Fourier Descriptors. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 133-143.
- 海老原直邦・岩永誠 (1994). 文字の心的回転における情報処理 - 作業記憶の働きを中心として -. 富山大学人文学部紀要, 20, 45-59.

- 遠藤信貴・齋木潤・中尾陽子・齋藤洋典 (2002). 無意味輪郭図形の階層的特徴記述に基づく知覚判断特性の分析. *心理学研究*, 74, 346-353.
- Gregory, R. L. (1998) *Eye and Brain -The Psychology of Seeing-*, Oxford University Press.
- Hayward, W. G., & Williams, P. (2000). Viewpoint dependence and object discriminability. *Psychological Science*, 11, 7-12.
- Hoffman, D. D., & Richards, W. A. (1984). Parts of recognition. *Cognition*, 18, 65-96.
- Kleiner, M., Brainard, D., Pelli, D. (2007). "What's new in Psychtoolbox-3?" *Perception* 36 ECVF Abstract Supplement.
- 小松原明哲 (2003). 『ヒューマンエラー』丸善.
- Kubovy, M. (1986). *The Psychology of Perspective and Renaissance Art*. London: Cambridge University Press.
- Lawson, R., & Humphreys, G. W. (1998). View-specific effects of depth rotation and foreshortening on the initial recognition and priming of familiar objects. *Perception & Psychophysics*, 60, 1052-1066.
- Mitsumatsu, H., & Yokosawa, K. (2002). How do the internal details of the object contribute to recognition? *Perception*, 31, 1289-1298.
- 仲山佳秀 (2011). 心的回転課題の成績に対する回転方向の効果 - 構成行為における心的操作の観点から -. *人間の福祉*, 25, p39-52.
- 新美亮輔・上田彩子・横澤一彦 (2016). 『オブジェクト認知 統合された表象と理解』勁草書房.
- Osugi, T., & Takeda, Y. (2013). The precision of visual memory for a complex contour shape measured by a freehand drawing task. *Vision Research*, 79, 17-26.
- Pelli, D.G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10, 437-442.
- Pirenne, M. H. (1970). *Optics, painting and photography*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rock, I., DiVita, J., & Barbeito, R. (1981). The effect on form perception of change of orientation in the third dimension. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 719-732.
- Rosinski, R.R., Mulholland, T., Degelman, D., & Faber, J. (1980). Picture perception: An analysis of visual. *Perception & Psychophysics*, 28, 521-526.
- 酒井浩二・乾敏郎 (1999). 視覚短期記憶における図形の変容特性. *心理学研究*, 70, 211-219.
- 坂井正人編 (2008). 『ナスカ地上絵の新展開』山形大学出版会.
- Shepard, R.N., & Cooper, L.A. (1982). *Mental images and their transformations*. The MIT Press.
- Shepard, R.N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701-703.
- 高野陽太郎 (1987) 『傾いた図形の謎』東京大学出版会.

- Takano, Y. (1989). Perception of rotated forms: A theory of information types. *Cognitive Psychology*, 2, 1-59.
- 高野陽太郎 (1992). 形の中の方向. 安西祐郎, 石崎俊, 波多野諄余夫, 大津由紀雄, 溝口文雄 (編著) 『認知科学ハンドブック』共立出版, 579-592.
- Tarr, M. J. (1995). Rotating objects to recognize them: A case study on the role of viewpoint dependency in the recognition of three-dimensional objects. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2, 55-82.
- Tarr, M. J., & Pinker, S. (1989). Mental rotation and orientation-dependence in shape recognition. *Cognitive psychology*, 21, 233-282.
- 戸澤純子 (2014). 絵画知覚における補正過程と形の恒常性. 川村学園女子大学研究紀要, 25 41-54.
- Ullman, S. (1989). Aligning pictorial description: an approach to object recognition. *Cognition*, 32, 193-254.
- Ullman, S. (1996). High-level vision. Cambridge, MA: MIT Press.
- 渡邊 洋一・本多明生 (2019). 地上絵に関する認知心理学的研究. 青山和夫, 米延仁志, 坂井正人, 鈴木紀 (編) 『古代アメリカの比較文明論 メソアメリカとアンデスの過去から現代まで』京都大学学術出版会, 218-228.
- Zahn, C. T., & Roskies, R. Z. (1972). Fourier descriptors for plane closed curves. *IEEE Transactions on computers*, 100, 269-281.

An Exploratory Study on the Process of Reconstructing the Mental Image of the Geoglyphs of Nasca

Haruna SAKUMA, Takayuki OSUGI, Kaoru HONDA

One of the issues regarding the geoglyphs of Nasca is what kind of spatial framework was used to create them. In the present study, we examined the process of reconstructing the mental image of the geoglyphs of Nasca. In the experiment, we examined the process of reconstructing the mental image of the complex contour shapes by a freehand drawing task. Participants viewed the tilted shapes and reproduced the imaginary upright shapes by freehand drawing. The precision of the drawn shapes was evaluated by rating the subjective similarities between the studied and reproduced contours. The result showed that the degree of inclination from the upright position affects the accuracy of restoration from the mental rotation. Furthermore, additional analysis by comparing Fourier descriptors for the studied and reproduced contours demonstrated that both low and middle frequency information was maintained even increasing the degree of inclination. As a result, it was suggested that geoglyphs can be reproduced when their inclination is below 80° from the upright position. These results suggest that the visual system of human can reconstruct the mental image of geoglyphs if their inclination is below 80° from the upright position (i.e., above 10° from the ground).