

穴を含む表面 (hole-bearing surface) の形状知覚に関する直接的検討

大岩 礼奈
武藤 拓之

大阪公立大学現代システム科学域

大阪公立大学大学院現代システム科学研究科

穴は独立した存在ではなく、常に表面との関係に基づいて知覚される。従来の研究は穴自体の形状知覚に焦点を当ててきたが、穴を含む表面の形状がどのように知覚されているのかは不明である。そこで本研究は、穴を含む表面について、(1)外側輪郭の内側領域と内側輪郭の内側領域のそれぞれが形をもつ対象として知覚されるのか、(2)外側輪郭と内側輪郭に挟まれた領域が一つの形として知覚されるのかを検討した。これらの可能性を直接的に検討するために、外側輪郭 (円・正方形) と内側輪郭 (花形・星形) が異なる図形に対して相応しい名称 (ブーバ・キキ) を選択させる実験を行い、選択率と反応時間 (RT) を分析した。その結果、命名は内側輪郭が定義する穴の形状に基づいて行われたが、各輪郭が定義する内側領域の音象徴的特徴が不一致な条件で RT が増加した。この結果は、穴を含む表面では外側輪郭の内側領域と内側輪郭の内側領域がともに形状をもつ対象として知覚されている可能性を示唆している。

Keywords: hole-bearing surface, shape perception, sound symbolism

問題・目的

穴は独立した存在ではなく、常に表面との関係に基づいて知覚される。しかし、先行研究の多くが穴自体の形状知覚に焦点を当てており、穴を含む表面全体がどのような表象構造で知覚されているのかは十分に検討されていない。Kim(2020)は、同形の穴と物体でブーバキキ効果の大きさ(選択率)に差が見られないことを報告し、穴を定義する輪郭の内側領域の形状に対するアクセスが自動的であることを示したが、外側輪郭と内側輪郭の情報とどのように形状知覚に寄与しているのかは依然として明らかになっていない。

そこで本研究は、内側輪郭と外側輪郭によって定義された穴を含む表面について、外側輪郭の内側領域と内側輪郭の内側領域のそれぞれが形をもつ対象として知覚されるのか(共同表象仮説)、あるいは外側輪郭と内側輪郭に挟まれた領域が一つの形として知覚されるのか(単一表象仮説)を検討した。具体的には、仮定する表象仮説によって音象徴的特徴の一致性が異なるよう2本の輪郭線を独立に操作した穴を含む表面に対するブーバキキ命名課題を実施し、命名反応の選択率およびRTを分析した。

実験1a・1b

(1)穴を含む表面の内側輪郭が意図した音象徴的特徴を持っているか、(2)穴を含む表面が単独呈示されたときに命名が穴の形状に基づくのか、を検討した。

方法

本研究のプロトコルはOSFに事前登録した(実験1a; <https://osf.io/96cm2>, 実験1b; <https://osf.io/zsr8w>)。

参加者 $\eta_p^2 = .25$ を $\alpha = .05$, $1 - \beta = .95$ で検出するために必要な $N = 41$ を目標サンプルサイズとし、除外を見越してその約3倍の120名をCrowdWorksで募集した。除外基準を適用した結果、最終サンプルサ

イズは実験1aは $N = 119$ (女性54名, $M = 41.7$ 歳), 実験1bは $N = 113$ (女性55名, $M = 38.6$ 歳)だった。

刺激 形状(花形・星形)と提示条件(穴・物体)の組み合わせごとに58枚の刺激を作成した(Figure 1)。実験1aでは穴条件の外側輪郭を円、実験1bでは正方形とした。

Figure 1. 実験1で使用した刺激の例



手続き 実験はlab.jsを使ってオンラインで実施した。刺激の物理サイズを統制するため、参加者はMuto(2025)の手続きに基づくキャリブレーションを行った後、実験課題に取り組んだ。参加者の課題は、提示された物体の名称として「ブーバ」と「キキ」のいずれかが相応しいかを判断し、できるだけ速くキー押しで回答することであった(計220試行、順序はランダム)。はじめの20試行は練習試行であり、残りの200試行を本試行とした。また、提示された刺激が直前の試行と「同じ」か「異なる」かを判断するキャッチ質問18問をランダムに挿入した(練習試行2問、本試行16問)。

結果と考察

タイムアウト試行・RTが200ms未満の試行をデータから除外した後、参加者毎に各刺激条件におけるキキの選択率と平均RTを算出した。

キキの選択率 形状(花形・星形)×提示条件(穴・物体)の反復測定ANOVAを行ったところ(Figure 2), 実験1a・1bのどちらにおいても形状の主効果が有意であり(1a; $p < .001$, $\eta_p^2 = .143$, 1b; $p < .001$, $\eta_p^2 = .182$), 星形条件に対するキキの選択率は花形条件より有意に高かった。星形/物体および花形/物体に対するキキの選択率

はそれぞれチャンスと有意差があり(星形; 1a: $p < .001$, $d = 0.48$, 1b: $p < .001$, $d = 0.54$, 花形; 1a: $p < .001$, $d = -0.39$, 1b: $p < .001$, $d = -0.38$), 穴を含む表面の内側輪郭は意図した音象徴的特徴を持つことが確認された。穴を含む表面への命名については, 実験1a・1bの花形/穴(1a; $p < .001$, $d = -0.41$, 1b; $p < .001$, $d = -0.46$)および実験1bの星形/穴 ($p < .001$, $d = 0.40$)は穴の形状に基づいて行われた。実験1aの星形/穴に対するキキの選択率はチャンスとの有意差は見られなかったが($p = .16$, $d = 0.13$), これは穴の形状表象の不在ではなく, 共同表象仮説下での音象徴的特徴の不一致やキキと星形との音象徴的対応の弱さによるものと考えられる。

反応時間 典型的な反応を示した参加者(実験1a; $N = 57$, 実験1b; $N = 71$)の平均RTについて, 形状(花形・星形)×提示条件(穴・物体)の反復測定ANOVAを行った(Figure 3)。実験1a・1bのどちらにおいても提示条件の主効果が有意であり(1a; $p < .001$, $\eta_p^2 = .441$, 1b; $p < .001$, $\eta_p^2 = .546$), 穴条件への命名は物体条件よりもRTが有意に長かった。

Figure 2. 条件毎のキキの選択率およびその95%信頼区間

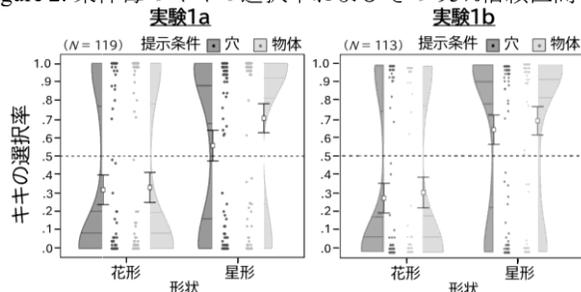
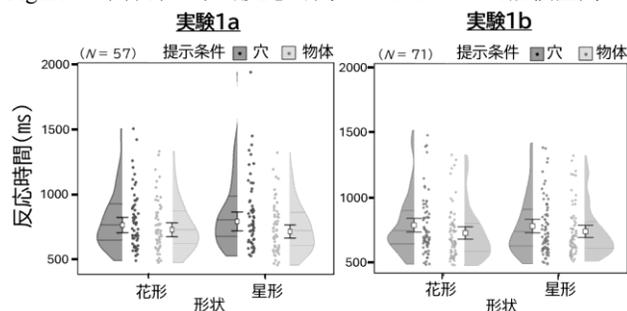


Figure 3. 条件毎の平均反応時間およびその95%信頼区間



実験2

仮定する表象仮説によって音象徴的特徴の一致性が異なる4種類の穴を含む表面に対する命名課題を実施し, RTを比較することで共同表象仮説と単一表象仮説のいずれが支持されるかを直接的に検討した。

方法

プロトコルはOSFに事前登録した(<https://osf.io/x9w8y>)。

参加者 実験1と同様, CrowdWorksで120名の参加者を募集した。除外基準を適用した結果, 最終的なサンプルサイズは $N = 93$ (女性46名, $M = 38.6$ 歳)となった。

刺激と手続き 実験2では, 実験1aおよび実験1bで用いた穴条件の刺激画像を提示した(Figure 4)。それ以外は実験1と同様であった。

Figure 4. 実験2で使用した刺激の例

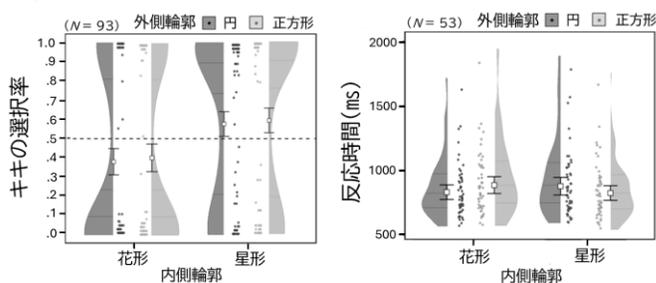


結果と考察

キキの選択率 内側輪郭(花形・星形)×外側輪郭(穴・物体)の反復測定ANOVAを行ったところ(Figure 5), 内側輪郭の主効果が有意であり($p = .006$, $\eta_p^2 = .080$), 星形の内側輪郭に対するキキの選択率は花形の内側輪郭よりも有意に高かった。一方, 外側輪郭の主効果 ($p = .40$, $\eta_p^2 = .008$), および内側輪郭×外側輪郭の交互作用 ($p = .75$, $\eta_p^2 = .001$)は有意でなかった。この結果は, 命名が穴の形状に基づいて行われたことを示す。

反応時間 典型的な反応を示した参加者($N = 53$)の平均RTについて, 内側輪郭(花形・星形)×外側輪郭(穴・物体)の反復測定ANOVAを行ったところ(Figure 5), 内側輪郭×外側輪郭の交互作用が有意であった($p < .001$, $\eta_p^2 = .227$)。下位検定の結果, 共同表象仮説下で音象徴的特徴が一致する花形/円条件への命名は, 不一致の花形/正方形条件よりもRTが有意に短かったことが確認された($p = .05$, $d_z = 0.51$)。

Figure 5. 実験2における条件毎のキキの選択率と平均反応時間



総合考察

本研究は, 2本の異なる輪郭線によって定義された穴を含む表面の表象構造について, 共同表象仮説と単一表象仮説のいずれが支持されるかをブーバキキ命名課題によって検討した。実験の結果, 命名は主に穴の形状(内側輪郭の内側形状)に基づいており(実験1・2), 同じ命名であっても共同表象仮説を仮定した際の音象徴一致刺激において命名反応が促進された(実験2)。

以上の結果は, 共同表象仮説を支持するものであり, 外側輪郭の内側領域と内側輪郭の内側領域のそれぞれの形状が表象されている可能性が示された。これは, 穴と物体の形状が同等に記憶できるのは穴と穴を含む表面の両方が表象されるためであるとしたPalmer (1999)の理論的提案と整合的であり, 本研究はこの提案に対して実証的な証拠を初めて示したといえる。

引用文献

- Kim, S. H. (2020). Bouba and Kiki inside objects: Sound-shape correspondence for objects with a hole. *Cognition*, 195, 104132.
- Muto, H. (2025). A ruler-based technique to rigorously control the size of visual stimuli for online psychological experiments. *The Japanese Journal of Cognitive Psychology*, 23(1), 57–66.
- Palmer, S. E. (1999). *Vision science: Photons to phenomenology*. MIT Press.