

# 創造性研究に供するためのデザインデータベースの開発とfMRIを用いた創造性評価に関する実験的検討

## Development of a design database and an fMRI study of creativity evaluation

寺井 仁<sup>†,‡</sup>, 三輪 和久<sup>†</sup>, 水野 隼輔<sup>†</sup>  
Hitoshi Terai, Kazuhisa, Miwa, Syunsuke Mizuno

<sup>†</sup>名古屋大学, <sup>‡</sup>JST/CREST  
Nagoya University, Creat JST

terai@is.nagoya-u.ac.jp, miwa@is.nagoya-u.ac.jp, mizuno@cog.human.nagoya-u.ac.jp

### Abstract

This study proposed a design database consisting of creative and noncreative designs for creative research and discussed the correlation between creative assessment and brain activities using fMRI. We answered the following two research questions: which brain areas are activated when assessing creative designs in contrast to noncreative designs and does social evaluation influence creativity assessment based on subjective criteria. The left inferior and middle temporal gyri (BA 37) were activated when assessing creative designs in contrast to noncreative designs. These activations suggest that an inference process to understand meanings underlying creative designs is important in creativity assessment. The left superior temporal gyrus (BA 38) was more activated when assessing creative designs with inconsistent social evaluations than without social evaluations; whereas, the decision behavior for creativity assessment was robust. This result suggests that the participants might consider the intentions of evaluation of others when inconsistent social evaluations are presented.

**Keywords** — 創造性評価 (Creativity Assessment), fMRI, 社会的評価 (Social Evaluation)

### 1. はじめに

創造性研究において、創造性に関わる能力の測定、創造的プロセスの評価、さらには、創造性を向上させるための教育効果を検証する上で、産物に対する創造性評価方法のあり方は中心的な課題の一つである(Plucker & Makel, 2010)。例えば、Finke (1990)は、創造性を明確な基準を伴う独創性と実用性という2つの下位要素に分割し、産物の創造性を評価し、創造的認知の実験的検討を行っている。具体的には、訓練された一般の評定者が、これらの基準に基づき評定を行い、双方の基準を満たす産物が創造的であるとされた(Finke, 1990; Finke, Ward, & Smith, 1992)。

一方、人が産物に対して直感的に感じる創造性に対して、実験者から提示される特定の定義や訓練が、創造性評価の妥当性を損なう危険性が指摘されている(Amabile, 1982; Amabile, Conti, Coon, Lazenby, & Herron, 1996)。例えば、Amabile (1982)は、対象となる領域に詳しい評定者に対して、創造性に関する基準を与えず、評定者が有する内的な基準に従った産物の評価を求める、Consensual Assessment Technique (CAT)を提案した。

### 1.1 創造性評価と脳機能イメージング

以上のように、創造性研究を進める上で、産物の創造性をいかに評価すべきかは根本的な課題であり、その評価手法の開発が進められてきた。一方、このような創造性評価の問題に対して、産物によって喚起される創造性の程度を脳活動の観点から、捉え直すことが可能である。近年では、脳機能イメージングに代表される神経科学的研究手法の発展に伴い、創造性を含む高次の認知活動と脳機能との関わりに関する報告がなされ始めている(Dietrich & Kanso, 2010; Fink, Benedek, Grabner, Staudt, & Neubauer, 2007; Sawyer, 2011)。

例えば、Kowatari et al. (2009)は、創造的活動におけるデザインの生成プロセスに焦点を当て、fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging)を用いた実験的検討を行っている。実験では、ペンが描かれた画像を見ながら、新たなペンのデザインを考えるという課題を用い、エキスパートとノービスの脳活動の差異が検討された。その結果、デザインの生成において、エキスパートはノービスに比して、前頭前野の活動の左右差が大きいことが見いだされた。

また、Ellamil, Dobson, Beeman, and Christoff (2012)は、創造的活動における生成のプロセスだけでなく、評価のプロセスにも着目し、fMRIを用いた実験的検討を行っている。実験では、与えられた主題に基づき、ブックカバーをデザインするという課題が用いられ、デザインの生成と評価を

数十秒のサイクルで繰り返すことが求められた。生成プロセスと評価プロセスにおける脳活動の比較から、生成プロセスでは、内側側頭葉における有意な賦活が認められる一方、評価のプロセスにおいては、デフォルトネットワークとエグゼクティブネットワークの双方の賦活が認められることを明らかにした。

このように、神経科学的アプローチを用い、創造性における生成プロセスに加え、評価プロセスを含めた検討も始められている。しかしながら、創造性の評価プロセスを扱った研究の多くは、生成と評価のプロセスからなる創造活動中の評価プロセスに着目しており、評価者自身が生成した産物が評価の対象とされている。一方、創造的な産物に対する創造性評価と脳機能の関わりを検討した研究はこれまでにほとんどなされてこなかった。その原因として、創造性の評価を対象とした実験的検討においては、統制された創造性評価のための刺激セットが不可欠であるという点が上げられる。

そこで、本研究では、創造性評価実験に供する創造的デザインデータベースの開発を行い、本データベースを用い、創造的デザインおよび非創造的デザインに対する評価と脳機能との関わりについて実験的検討を行った。

## 1.2 創造性評価に社会的評価が与える影響

評価者自身が持つ内的な基準に基づいた創造性評価は、様々な要因から影響を受ける可能性が予想される。例えば、創造性評価は、個人にとって創造的であるという側面 (*p-creativity*) と、歴史的な観点から評価して創造的であるという側面 (*h-creativity*) の2つの側面を持ち、これらは時に混同される (Boden, 2003)。このことは、産物に対する個人的な創造性評価が、社会的評価の結果からバイアスを受ける可能性を示唆している。外的な評価基準が存在せず、個人が有するナイーブな基準に基づく創造性評価において、他者からの情報はその判断に影響を与える要因となることが予想される。

そこで、本研究では、個人が持つ内的な基準に従った創造性評価が、外的に与えられる創造性に関する社会的評価から受ける影響について、評価行動および脳機能との関係について検討した。

## 2. 目的

本研究の目的を以下にまとめる。本研究では、創造性の評価に対して実験的な検討を進める上で、創造性研究に供するためのデザインデータベ

スの開発を行うと共に、評価実験を通してその妥当性の確認を行う。これに加えて、評価者個人の主観的な基準に基づく創造性評価を対象に、以下の2つの問い (RQs: Research Questions) に基づきfMRIを用いた実験的な検討を進める。

RQ1: 創造的デザインと非創造的デザインを評価している際に関わる脳部位にはどのような違いがあるのか?

RQ2: 主観的な基準に基づく創造性評価は、外的に与えられる社会的評価からどのような影響を受けるのか?

## 3. デザインデータベース

本デザインデータベースは、創造性の評価において、特定の領域知識が必要とされない身の回りのオブジェクト、18カテゴリーから構成された。18のカテゴリーの一覧を表1に示す。

各デザインは、創造性研究で用いられてきた (Finke et al., 1992) のデザイン課題を用い、15の基本的なオブジェクトを3つまたは4つ組み合わせることによってデザインされた。図1に例示するように、各カテゴリーは、非創造的なデザイン1つと創造的なデザイン3つの計4作品から構成された。

なお、デザインデータベースに含まれる各デザインは、デザインを専攻する学部生21名にデザイン案を依頼し、上記の基準に従い、著者らの合議の上で、最終的なデザインの決定を行った。

### 3.1 評価実験

評価実験を通して、本研究において開発されたデザインデータベースの妥当性について検討を行った。評価実験では、創造的デザインおよび非創造的デザインに対して、創造性の評価を実施し、創造的デザインおよび非創造的デザインの妥当性を第3者評価により検証した。

#### 3.1.1 参加者

本研究において作成した各デザインに対して、大学生86名が創造性の評価を行った。

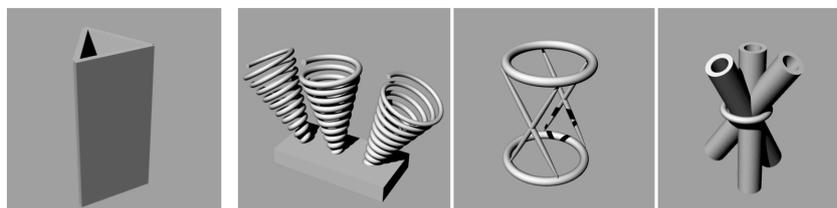
#### 3.1.2 手続き

全72作品がランダムに参加者に提示された。参加者には創造性評価の基準は与えられず、デザインコンテストの審査員になったことを想定し、参加者自身の基準に従い、各デザインの創造性に対して、1(低)~7(高)の7段階で、一貫した評価を行うことを求めた。

評価結果について、カテゴリー毎に1要因4水準(非創造的デザイン1つ、創造的デザイン3つ)の参加者内分散分析を行った結果、デザインの主効

表 1 カテゴリ

コップ	シーソー	スタンドライト	テーブル	ドライヤー	ブランコ
ペン立て	ボート	メガネ	椅子	花瓶	懐中電灯
滑り台	鞆	傘	時計	掃除機	棚



(a) 非創造的なペン立て (b) 創造的なペン立て

図 1 デザインの例

果が確認された。Holm法による多重比較の結果、全カテゴリにおいて、非創造的デザインに比して、3つの創造的デザインの創造性が有意に高く評価されていることが確認された ( $ps < .05$ )。

#### 4. fMRI実験

本実験では、創造性評価のfMRI実験を通して、(1) 創造的デザインと非創造的デザインを評価している際に関わる脳部位にどのような違いがあるのか(RQ1)を明らかにするとともに、(2) 主観的な基準に基づく創造性評価は、外的に与えられる社会的評価からどのような影響を受けるのか(RQ2)について、検討を行う。

##### 4.1 参加者

右利きの健常な大学生20名が参加した。

##### 4.2 実験条件

実験では、デザイン要因と社会的評価要因の2つの要因を操作し、4条件を設定した(表2)。デザイン要因は、評価対象である創造的デザインおよび非創造的デザインに対応する。表2(A)と(B)の比較により、RQ1の検討を行う。

一方、社会的評価要因については、教示により、以下の3つが設定された。教示では、“一部のデザインは、約1,000名の評定者による評価が既になされており、その評価結果がカテゴリ名と共に表示される”ことが伝えられた。その上で、創造的デザインに対して、多数の評定者が創造的と評価したと伝える場合(社会的評価一致)、非創造的と評価したと伝える場合(社会的評価不一致)、および、そのような評価結果が与えられない場合(社会的評価なし)の3つの条件が設定された。表2(B)をベースラインとして、表2(C)および(D)との比較により、RQ2の検討を行う。

表 2 実験条件

		デザイン	
		創造的	非創造的
社会的評価	なし	(B) ← → (A)	
	一致	(C)	-
	不一致	(D)	-

↔ RQ1の検討  
 ↔ RQ2の検討

#### 4.3 手続き

実験では、注視点、カテゴリ名、そしてカテゴリ名が示す評価対象となるデザインが繰り返し提示された(図2)。54個の創造的デザインからランダムに1/3が選ばれ、「創造的」という社会的評価がカテゴリ名と同時に提示された。また、1/3は「ありきたりな」という社会的評価が提示された。残りの創造的デザインと非創造的デザインには、これらの評価は提示されなかった。

#### 4.4 結果と考察

##### 4.4.1 デザインの影響

創造的デザインおよび非創造的デザインに対する創造性評価の結果から、有意差が確認された( $t(19) = 18.69, p < .00$ )(図3(a))。また、脳機能画像の分析の結果、非創造的デザインに比して、創造的デザインの評価において左下および中側頭回(BA37)における有意な賦活が確認された(表3(a), 図4(a))。

左下側頭回(BA37)は、一般的な文の理解と比喩を含んだ文の理解の比較から、比喩理解に関連することの報告がなされている(Rapp, Leube, Erb, Grodd, & Kicher, 2004)。また、文の理解において意

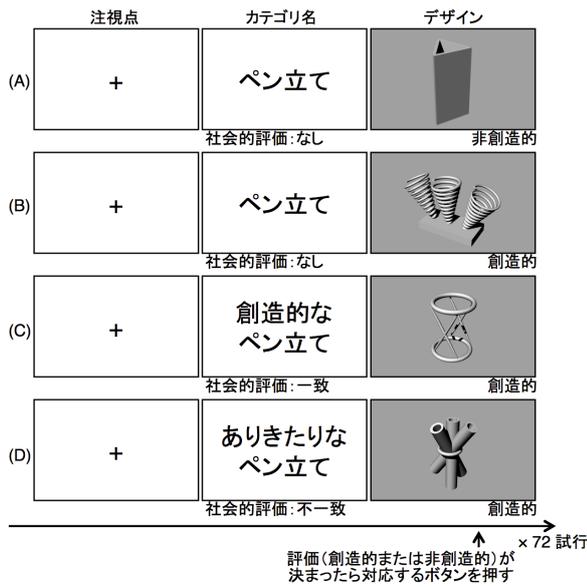


図2 手続き

味の関連性の処理にも関連しており (Goel, Gold, Kapur, & Houle, 1998), さらに演繹的推論との関係も報告されている (McDermott, Petersen, Watson, & Ojemann, 2003). 非創造的デザインの評価に対する創造的デザインの評価における左下側頭回 (BA37) の有意な賦活は, 創造的デザインの評価においては, なぜそのようなデザインが行われたかの意味についての推論が重要な役割を果たしていることを示唆している.

加えて, 非創造的デザインに比して, 創造的デザインの評価において, 左上前頭回 (BA 8) の賦活が認められた. 左上前頭回 (BA 8) は不確実性を経験する際に活動することが報告されている (Volz, Schubotz, & Cramon, 2005). このことから, 非創造的デザインの評価に比して, 創造的デザインの評価はより不確実な意思決定を求められる状況にあることが示唆される.

#### 4.4.2 社会的評価の影響

創造的デザインの評価に対する社会的評価の影響について, 社会的評価は創造性評価に影響を与えないことが確認された ( $F(2, 39) = 0.80, ns$ ) (図3(b)). 一方, 脳機能画像の分析の結果, 社会的評価なしに比して, 社会的評価不一致において左側頭極 (BA38) および左海馬傍回 (BA 36) の有意な賦活が認められた (表3(b), 図4(b)).

側頭極 (BA 38) は, 先行研究において, 他者の思考や感情を推察する際に賦活することが示されており, 心の理論との関連が指摘されている (Olson, Plotzker, & Ezzyat, 2007). 例えば, Grezes (2004) は, 虚偽の検出との関連を示しており, ま

た, Moll et al. (2002) は, モラルの決定に関与していることを示している. Carr, Iacoboni, Dubeau, Mazziotta, and Lenzi (2003) や Völlm et al. (2006) では, 他者の感情推定において, 側頭極が関与していることを明らかにしている.

また, 左海馬傍回 (BA 36) は, 視空間の処理やエピソード記憶を含む文脈の連想の処理に関与する部位であることが報告されている (Aminoff, Kveraga, & Bar, 2013). 例えば, Bar, Aminoff, and Schacter (2008) は, 一つのオブジェクトを背景を含めて撮影した写真を刺激として用い, オブジェクトと背景の関連性 (関係が強い, 関係が弱い) を操作した実験を行っている. その結果, オブジェクトと背景の関連性が低い場合に比して, 強い場合に海馬傍回 (BA 36) が賦活することを示した.

これらの先行研究の結果から (1) 本実験における側頭極における賦活の差異は, 提示されるデザインの評価とは矛盾する社会的評価が与えられている場合, なぜそのような評価が行われたのかについて, 評価者の立場になって考えていたことを示唆している. また (2) 海馬傍回における賦活の差異は, 創造的なデザインがなぜ非創造的と評価されたのかについて, デザインされたオブジェクトを具体的な文脈の中で捉え直し, その評価を行っていた可能性を示唆している.

#### 5. まとめ

本研究では (1) 創造性実験に供するためのデザインデータベースの開発を行うとともに, fMRI による実験的検討を通して (2) 創造的デザインおよび非創造的デザインの評価における差異と, (3) 創造的デザインの評価に対する社会的評価の影響を明らかにした. 一方, 非創造的なデザインの評価に対する社会的評価の影響については検討を行っておらず, 今後の課題である.

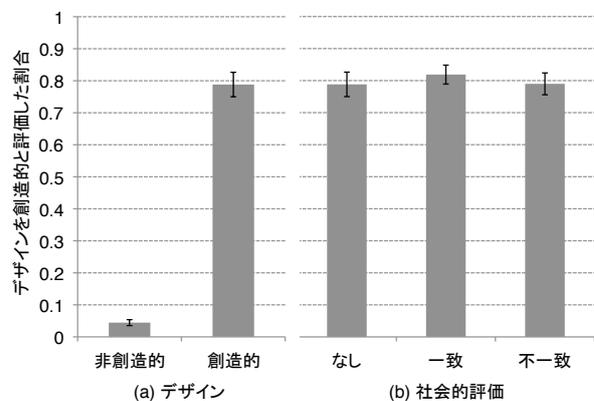


図3 創造性評価の結果

表 3 賦活部位

(a) 創造的デザイン > 非創造的デザイン

Cluster	Voxel			MNI coordinates			Region	BA
	$k_E$	T	Z	x	y	z		
108	5.28	4.09	0.000	-48	-67	-5	Left Inferior Temporal Gyrus	37
	4.55	3.69	0.000	-57	-52	-14	Left Middle Temporal Gyrus	37
111	4.95	3.92	0.000	51	-58	-14	Right Middle Occipital Gyrus	19
	4.61	3.73	0.000	60	-61	-11	Right Inferior Temporal Gyrus	37
74	4.26	3.52	0.000	42	-64	-11	Right Fusiform Gyrus	37
	4.74	3.80	0.000	-54	17	22	Left Inferior Frontal Gyrus	44
17	4.33	3.57	0.000	-3	20	55	Left Superior Frontal Gyrus	8
13	4.17	3.47	0.000	-39	-94	7	Left Middle Occipital Gyrus	18
26	3.88	3.29	0.001	33	-76	22	Right Superior Occipital Gyrus	19
	3.78	3.22	0.001	33	-85	28	Right Superior Occipital Gyrus	19
	3.75	3.20	0.001	39	-82	22	Right Middle Temporal Gyrus	19

(b) 社会的評価不一致 > 社会的評価なし

Cluster	Voxel			MNI coordinates			Region	BA
	$k_E$	T	Z	x	y	z		
10	5.01	3.95	0.000	-39	20	-35	Left Superior Temporal Gyrus	38
23	4.42	3.62	0.000	-27	-34	-35	Left Culmen	-
	4.33	3.57	0.000	-24	-31	-20	Left Parahippocampal Gyrus	36
	4.11	3.43	0.000	-21	-34	-29	Left Culmen	-

N = 20;  $p < .001$  (uncorrected w/ extended threshold of 10 contiguous voxels)

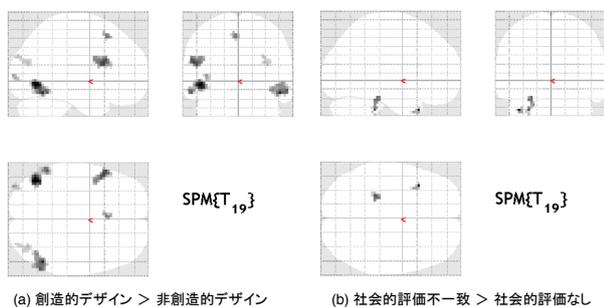


図 4 賦活部位

References

Amabile, T. M. (1982). The social psychology of creativity: A consensual assessment technique. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43(5), 997–1013.

Amabile, T. M., Conti, R., Coon, H., Lazenby, J., & Herron, M. (1996). Assessing the work environment for creativity. *Academy of Management Journal*, 39(5), 1154–1184.

Aminoff, E. M., Kverega, K., & Bar, M. (2013). The role of the parahippocampal cortex in cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(8), 379–390.

Bar, M., Aminoff, E., & Schacter, D. L. (2008). Scenes unseen: the parahippocampal cortex intrinsically subserves contextual associations, not scenes or places per se. *Journal of Neuroscience*, 28(34), 8539–8544.

Boden, M. (2003). *The creative mind: Myths and mechanisms* (2nd ed.). Routledge.

Carr, L., Iacoboni, M., Dubeau, M. C., Mazziotta, J. C., & Lenzi, G. L. (2003). Neural mechanisms of empathy in humans: A relay from neural systems for imitation to limbic areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(9),

5497–5502.

Dietrich, A., & Kanso, R. (2010). A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight. *Psychological Bulletin*, 136(5), 822–848.

Ellamil, M., Dobson, C., Beeman, M., & Christoff, K. (2012). Evaluative and generative modes of thought during the creative process. *NeuroImage*, 59, 1783–1794.

Fink, A., Benedek, M., Grabner, R., Staudt, B., & Neubauer, A. (2007). Creativity meets neuroscience: Experimental tasks for the neuroscientific study of creative thinking. *Methods*, 42(1), 68–76.

Finke, R. A. (1990). *Creative imagery: Discoveries and inventions in visualization*. Psychology Press.

Finke, R. A., Ward, T. B., & Smith, S. M. (1992). *Creative cognition: Theory, research, and applications*. Cambridge, MA: MIT Press.

Goel, V., Gold, B., Kapur, S., & Houle, S. (1998). Neuroanatomical correlates of human reasoning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(3), 293–302.

Grezes, J. (2004). Brain mechanisms for inferring deceit in the actions of others. *Journal of Neuroscience*, 24(24), 5500–5505.

Kowatari, Y., Lee, S. H., Yamamura, H., Nagamori, Y., Levy, p., Yamane, S., et al. (2009). Neural networks involved in artistic creativity. *Human Brain Mapping*, 30, 1678–1690.

McDermott, K. B., Petersen, S. E., Watson, J. M., & Ojemann, J. G. (2003). A procedure for identifying regions preferentially activated by attention to semantic and phonological relations using functional magnetic resonance imaging. *Neuropsychologia*, 41(3), 293–303.

Moll, J., Oliveira-Souza, R. de, Eslinger, P. J., Bramati, I. E., Mourão-Miranda, J., Andreiuolo, P. A., et al. (2002). The neural correlates of moral sensitivity: A functional magnetic resonance imaging investigation of basic and moral emotions. *The Journal of Neuroscience*, 22(7), 2730–2736.

Olson, I. R., Plotzker, A., & Ezzyat, Y. (2007). The Enigmatic temporal pole: A review of findings on social and emotional processing. *Brain*, 130(7), 1718–1731.

Plucker, J. A., & Makel, M. C. (2010). The cambridge handbook of creativity. In J. C. Kaufman &

- R. J. Sternberg (Eds.), (chap. 3). Cambridge University Press.
- Rapp, A. M., Leube, D. T., Erb, M., Grodd, W., & Kicher, T. T. J. (2004). Neural correlates of metaphor processing. *Cognitive Brain Research*, *20*(3), 395–402.
- Sawyer, K. (2011). The cognitive neuroscience of creativity: A critical review. *Creativity Research Journal*, *23*(2), 137–154.
- Völlm, B. A., Taylor, A. N. W., Richardson, P., Corcoran, R., Stirling, J., McKie, S., et al. (2006). Neuronal correlates of theory of mind and empathy: A functional magnetic resonance imaging study in a nonverbal task. *NeuroImage*, *29*(1), 90–98.
- Volz, K. G., Schubotz, R. I., & Cramon, D. Y. von. (2005). Variants of uncertainty in decision-making and their neural correlates. *Brain Research Bulletin*, *67*(5), 403–412.