

Neural Correlates of Beauty

Hideaki Kawabata and Semir Zeki

< *J Neurophysiol* 掲載 >

1. Introduction

- 美しさの源の探求は遠い昔から哲学者や作家の思考を働かせた
- カント：美的判断に妥当性を与えるものは何か？
- 本研究は、神経相関を調査することによってカントの問いに対処しようとする試み
- 美しさは文化によって感じ方が異なる
 - この重要な問題を認識しつつ、我々は被験者が美しいかどうかを決定できるようにすることで、それらを回避しようとしている
- 多くの脳イメージング研究では、脳の各部位がもつ特定の機能との関連を示すもの
 - このような関連付けは美の分野で先験的に明らかにされていない
- 美しさと醜さは、連続的な極性の両極端を構成
- 美しさの度合いを反映している領域において、直線的な強度を発見したい

2. METHODS

2.1. *Subjects*

- 20～31歳の健康で右利きの実験参加者10名(うち5名が女性)が参加
 - 全員、学部または大学院生
 - 絵画に対する特別な経験や芸術理論は持っていない
 - 正常な視力
 - インフォームドコンセントを行い、倫理委員会によって承認

2.2. *Psychophysical testing and scaling*

- fMRIイメージング研究の前に、実験参加者はモニターに映し出された300枚の絵画を評価
 - 10段階評価
 - 1～4点…「醜い」、5,6点…「はっきりしない」、7～10点…「美しい」
 - 独立した評価
 - ◇ ある実験参加者に美しいと分類された絵画も他の実験参加者によって醜いと分類される（逆も然り）

- 以上の心理テストに基づいて、各カテゴリ（抽象画、静物画、風景画、肖像画）に対して16枚、計192枚を準備（ $16 \times 4 \times 3 = 192$ ）
 - ブロック内においてランダムで表示
 - 「醜い」と「美しい」カテゴリの中の、1,2点と9,10点に分類された絵画だけスキャナ内で使用
 - 5,6点のカテゴリに属している絵画は、「はっきりしない」としてスキャナ内で使用

2.3. *Functional MRI (fMRI) stimulus*

- 実験参加者は評価実験の3～6日後にfMRI実験を実施
- ランダムに12ブロックを提示
 - 各ブロックに異なるカテゴリが混在
 - 1ブロックに8枚の絵画
 - ◇ 6枚…同一カテゴリ、2枚…他の2カテゴリ（1枚ずつ）
 - ◇ 例：美しい（6枚）、はっきりしない（1枚）、醜い（1枚）
 - ブロック内の刺激はランダムで提示
- 各ブロック…20s
 - 絵画…2s 提示
 - 間隔…500ms 以内
- それぞれの絵画は2回提示
 - 同ブロック、直後のブロックでは出てこない
 - 計384枚の絵画を提示（ 192×2 ）
- 実験参加者にはスキャナ内で各絵画に対して、「美しい」「はっきりしない」「醜い」の3種類のボタンのうち1つを押すように要求

2.4. *fMRI data acquisition and analysis*

- スキャニングは head-volume coil の 2T Magnetom Vision fMRI scanner を用いた
- 画像は BOLD 法によって測定
- SPM99 を用いて統計分析
- 2 要因分析
 - 反応状態（美しい、はっきりしない、醜い）
 - カテゴリ（抽象画、風景画、静止画、肖像画）
- 多重比較により検定（ $p < 0.05$ ）
- 各カテゴリにおける、「美しい」「はっきりしない」「醜い」と答えた割合と反応時間（図1）
 - 反応時間に有意差はなかったが、「はっきりしない」ものを見た時が他の状態よ

りも遅かった

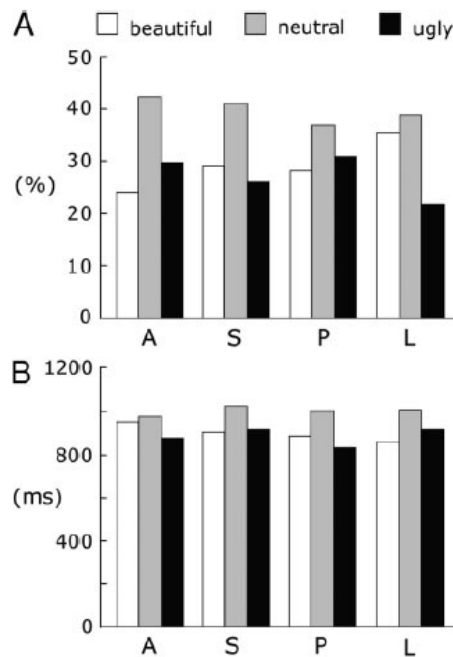


FIG. 1. Behavioral data collected in the functional MRI (fMRI) study. *A*: the proportion of pictures that subjects responded to as beautiful, neutral, or ugly for the picture categories—abstract (A), still life (S), portrait (P), or landscape (L). The proportion for neutral was more than that for beautiful and ugly. *B*: averaged response times by condition and response type. There was no significant difference between categories and between responses in a 2-way ANOVA (4 category \times 3 response type), but the response time for neutral was slower than for other response types.

3. RESULTS

- 異なるカテゴリーの絵画を見ることで、異なる脳活動部位が観察 (図 2)
 - (A) 肖像画 VS 非肖像画
 - ◇ 顔の認識に関わる紡錘状回(Kanwisher et al. 1997)が賦活し、顔面知覚に関連すると言われている扁桃体(Breiter et al. 1996; Dolan et al.1996)も賦活
 - (B) 風景画 VS 非風景画
 - ◇ 舌状回と海馬傍回 (PPA) (Epstein and Kanwisher 1998), 頭頂葉皮質の右半球が賦活
 - (C) 静止画 VS 非静止画
 - ◇ 後頭回 (occipital gyru,) の側部と中央部が賦活
 - (D) 抽象画 VS 非抽象画
 - ◇ 賦活が見られず
 - ◇ 抽象画は他の種類の絵画が持つ特有の構造がないため
 - (E) 肖像画を認知した際に、特に賦活した部分のパラメーター

- (F) 風景画を認知した際に、特に賦活した部分のパラメーター
- (G) 静止画を認知した際に、特に賦活した部分のパラメーター

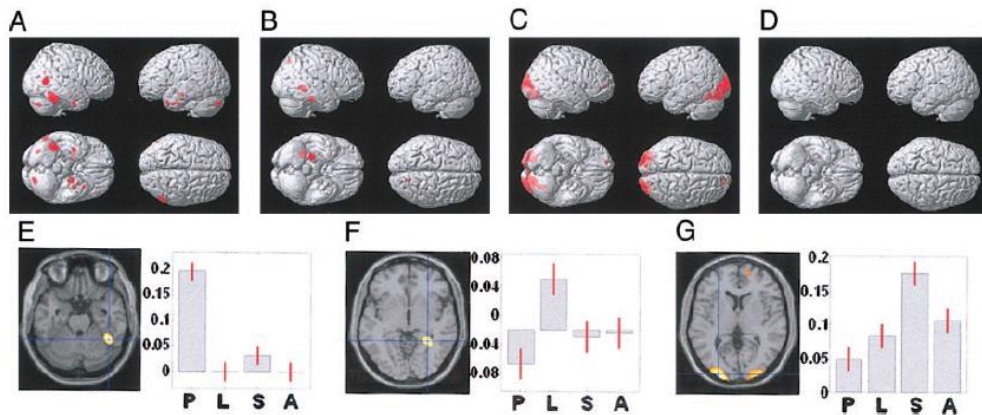


FIG. 2. Statistical parametric maps rendered onto a “standard brain,” showing category-specific activity as assessed by conjunction analysis, in the comparisons of portrait vs. non-portrait (A), landscape vs. non-landscape (B), still life vs. non-still life (C), and abstract vs. non-abstract (D), taken across response categories (corrected, $P < 0.05$). Although abstract paintings produced no activity in the CA-corrected significance level, still life produced the greatest change at V3 (Talairach coordinates, $-26, -96, 6$), portraits in the middle fusiform gyrus (fusiform face area, FFA; $44, -48, -24$), and landscapes at the para-hippocampal place area (PPA; $30, -46, -4$). E–G: averaged parameter estimates for the three different painting categories for portrait (E), landscape (F), and still life (G) with the superimposed slice of the hottest voxel taken through a template brain. Each red bar shows SE of each relative condition.

- カテゴリーに関わらず、美しい絵画または醜い絵画を見るときに関連して賦活する部位を観察 (図 3)
 - (A) 美しい絵画 VS 醜い絵画
 - ◇ 眼窩前頭皮質 (orbito-frontal cortex) が賦活
 - (B) 美しい絵画 VS はっきりしない絵画
 - ◇ 全てのカテゴリーで眼窩前頭皮質と前帯状皮質 (anterior cingulate) と左頭頂皮質 (left parietal cortex) が賦活
 - (C) 醜い絵画 VS 美しい絵画
 - ◇ 運動野 (motor cortex) が賦活
 - (D) 醜い絵画 VS はっきりしない絵画
 - ◇ 賦活なし
 - 「美しい」「はっきりしない」「醜い」という対比に関与する部位は、眼窩前頭皮質、前帯状皮質、左頭頂皮質、運動野である

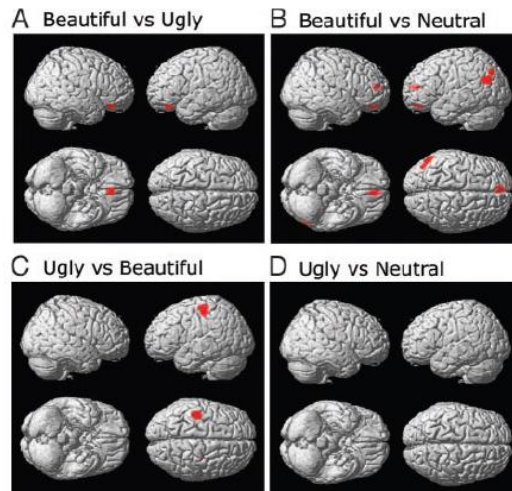


FIG. 3. Statistical parametric maps rendered onto a standard brain showing judgment-specific activity in comparisons of beautiful vs. ugly (A), beautiful vs. neutral (B), ugly vs. beautiful (C), and ugly vs. neutral (D) taken across painting categories (corrected, $P < 0.05$). A: the activity in the medial orbito-frontal cortex only (Talairach coordinates $-2, 36, -22$). B: the activities in medial orbito-frontal cortex ($-2, 50, -20$), anterior cingulate gyrus ($-4, 48, 14$) and left parietal cortex ($-54, -68, 26$). C: somato-motor cortex bilaterally (left $-44, -26, 60$; right $28, -10, 56$). D: no activity at corrected significant level.

- 対比に関与した部位のパラメーター (図4)
 - Aの眼窩前頭皮質, Bの運動野においては賦活が直線的な関係になっている
 - Aでは, 美しい絵画の際に最も高く, Bでは醜い絵画の際に最も高くなった
 - Cの前帯状皮質, Dの左頭頂皮質では直線的な関係が観察されなかった

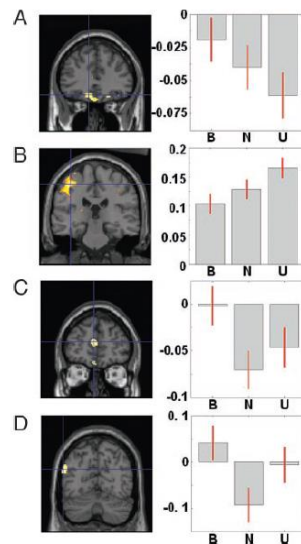


FIG. 4. Averaged parameter estimates for all 3 response categories at medial orbito-frontal cortex (A; Talairach coordinates, $-4, 36, -20$), left motor cortex (B; $-4, 38, -20$), anterior cingulate (C; $-54, -68, 26$), and left parietal cortex (D; $-54, -68, 26$). The medial orbito-frontal cortex and the motor cortex show a significant linear modulation of their response with aesthetic judgment (F test, corrected, $P < 0.05$), whereas the anterior cingulate and the parietal cortex show no linear modulation. Each red bar shows SE of each condition.

- 個々の実験参加者の運動野と眼窩前頭皮質における，者の「美しい」と（「はっきりしない」+「醜い」）の対比と，醜いと（「美しい」+「醜い」）の対比（図5）
 - (A) 醜い VS はっきりしない，美しい
 - (B) 美しい VS はっきりしない，醜い
 - (C) BOLD反応が醜い（美しくないと判断されたときと比較して）と感じた場合に高い
 - (D) 10人のうち5人の実験参加者が美しい（醜くないと判断されたときと比較して）と感じたとき有意に賦活

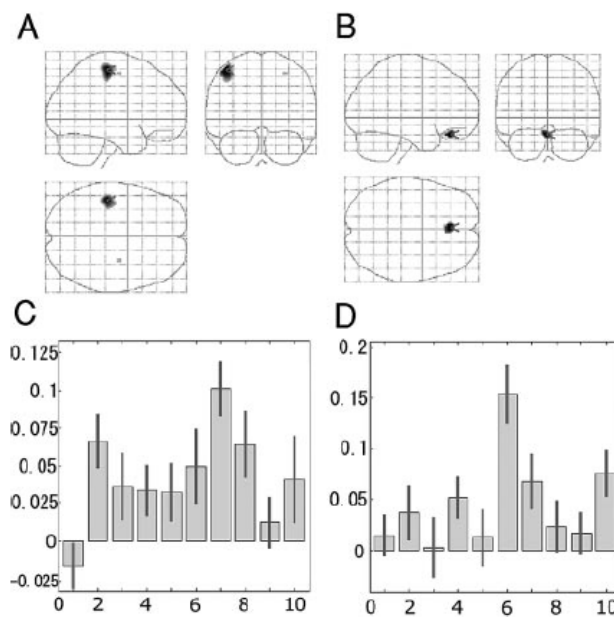


FIG. 5. Brain activities in motor cortex and in orbito-frontal cortex in individual subjects. *A* and *B*: glass-brain presentations of group results produced in comparisons of ugly vs. neutral plus beautiful (*A*) and beautiful vs. ugly plus neutral (*B*). *C* and *D*: averaged-parameter estimates for 10 subjects at the hottest voxel of the somato-motor and the orbito-frontal produced the activities by contrast of *B* and *A*. *C*: consistently higher BOLD responses for beautiful compared with non-beautiful judgments. *D*: 5 of 10 subjects had significantly more activity for ugly compared with non-ugly judgments in their motor cortex. Each bar shows SE of each condition.

- 眼窩前頭皮質と運動野において，各カテゴリーの絵画に対するBOLD signal changesの平均（図6）
 - A（眼窩前頭皮質）においてはカテゴリーに関わらず，美しいと感じれば信号レベルが増加
 - B（運動野）においては絵画のカテゴリーに関わらず，醜いと感じれば信号レベルが増加

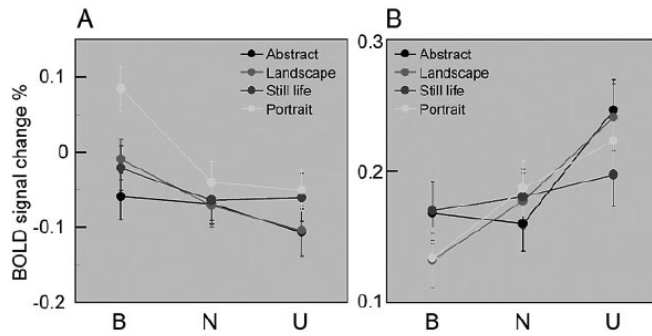


FIG. 6. Averaged blood oxygen level-dependent signal changes taken across all 10 subjects for the 4 different painting categories (abstract, landscape, still life, portrait) and the 3 response categories (beautiful, neutral, ugly) at medial orbito-frontal cortex (A), produced by the contrast of beautiful vs. ugly, and left motor cortex (B) by ugly vs. beautiful. Regardless of painting categories, the signals increase for beautiful judgment at the orbito-frontal cortex and for ugly judgment at the motor cortex.

4. Discussion

- 人が美しいと感じた時に賦活する特定の部位があるかという疑問を明らかにした
- 美しい絵画とそうではない絵画と分類されたものを見ることは、視覚野全体ではなく刺激のカテゴリの処理と認知を専門とする部位だけに関与(Moutoussis and Zeki 2002)
 - 機能分業が美的判断に基づいてあるということを意味(Zeki 1995)
- 美しいまたはそうではないとした絵画の判断は特定の脳の部位に関連
 - 主に報酬刺激の認知によって賦活する、眼窩前頭皮質と運動野で賦活
 - 刺激が醜いと感じた時、特定に賦活する分離構造がない
- パラメーター推定は、美しいと醜いという判断に関する、眼窩前頭皮質の相対的な賦活の変化
- 同じパターンが運動野にも当てはまり、醜いと判断された刺激では大きく賦活し、美しいと判断された刺激は最少となる
- 前帯状皮質は、ロマンチックな愛や音楽に対する愉快的な反応、官能的な写真をみるような感情状態の変化に関連する皮質領域
- このパラダイムを使用する将来の研究は、これらの結論が音楽、詩、文学、ドラマなど他の美しさが感じられるものに対してどのようになるかということ