

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12042

研究課題名(和文)脳情報処理モデルに基づく絵画と嗜好の計算論的分析

研究課題名(英文)Computational analysis of paintings and preference based on neural visual processing models

研究代表者

本吉 勇 (MOTOYOSHI, Isamu)

東京大学・大学院総合文化研究科・准教授

研究者番号：60447034

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、古今東西の絵画の画像特徴量を分析し、様式や画風が画像の構造によりどのように決定づけられるかを分析するとともに、絵画を含む様々な画像の美醜判断を内容に関係なく決定づけている画像の構造とその処理機構を実験的に解明することをめざした。前者について類似の研究が現れたため後者の問題に焦点を絞り、様々なテクスチャ状の画像に対する人間の嗜好と嫌悪の反応と画像統計量の関係を、一連の心理物理学実験と脳波計測により検討した。その結果、少数の画像特徴量に基づき嗜好と嫌悪の反応を引き起こす素早い情報処理経路が存在することが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：The present study was aimed to investigate how the style of paintings is shaped by the structure of image features contained in paintings, and how the human visual system processes these image features to determine subjective judgments regarding the beauty and ugliness of various images including paintings. Since the other research groups has recently published a similar line of studies about the former style analysis, we focused on examining the latter preference processing via a series of psychophysical and electrophysiological (EEG) experiments, which revealed robust relationships between human preferential judgments and a small set of low-level statistics of texture images. The results suggest the existence of rapid implicit neural processing that utilize image features to directly summon preferential responses.

研究分野：実験心理学

キーワード：視覚情報処理 芸術 嗜好

1. 研究開始当初の背景

「美」は人類の文化的生活において格別の位置を占めている。殊に視覚的な美は、古来より美術品をはじめとする様々な人工物の価値を決める大きな要因であり続けてきた。しかし「人間はなぜ特定のモノに美を見出すのか」、その情報処理に関してはいまでも謎が多い。美術作品に対する主観評価や脳活動を分析した研究は多いものの(三浦による概説, 2013), それらは少数の現代人の嗜好の測定と区別しがたい面もある。

一方、芸術作品そのものを多世代にわたる膨大な人間の嗜好の集積すなわち「歴史的事実としての美」と見なし分析することにより、人間の美的判断に関する普遍的な知見が得られる可能性がある(本吉, 2010)。例えば、古典絵画の名作は数百年にわたり人々が美しいと判断した画像である。それを脳の情報処理モデルに従って分析すれば、人間が美しいと判断する画像の法則性が明らかになると期待される。

申請者らは、脳が複雑な物体表面のもつ「質感」を低次の視覚神経応答の統計量に基づいて判断することを明らかにしてきた(e.g., Motoyoshi et al., 2007, Nature)。この認知神経学的アプローチを、絵画をはじめとする視覚的嗜好の分析に適用すれば、人間の脳が絵画の美しさを判断する仕組みの一端を明らかにできると考えられる。類似の研究は世界的にもまだ極めて少ない(e.g., Taylor, 1999, Nature)。申請者は、このアイデアを西洋と東洋の古典絵画に適用し、二つの様式が単純な画像統計量の点で著しく異なり、かつその違いは地中海とモンスーンという異なる気候帯における照明環境の違いと相関することを示した(Motoyoshi, 2011)。しかし、分析はまだ初歩的なものに留まっている。

また、画像統計量に着目するこのようなアプローチは、特定の作品や内容(画像に含まれるモノやシーンの意味)に関する知識から比較的独立に、絵画を含む様々な画像に対する人間の審美判断あるいは嗜好反応を実験的に検討することを可能にする。だが、このような内容によらない視覚的嗜好性に関する研究も少ない(e.g., Juricevic et al., 2010)。

2. 研究の目的

以上の背景を踏まえ、本研究では、(1)古今東西の絵画の画像特徴量を分析し、様式や画風が画像の構造によりどのように決定づけられるかを検討するとともに、(2)絵画を含む様々な画像の美醜判断を内容に関係なく決定づけている画像の構造とその処理機構を実験的に検討することを試みた。そして、それらの結果を総合的に考察することにより、視覚的な美と嗜好の計算原理の一端を解

明することをめざした。

しかしながら、絵画分析のための画像データベースと画像解析のプラットフォームを構築している段階で、畳み込み深層学習に基づく視覚物体認識モデルを応用し任意の画像を特定の画風をもつ絵画に変換するアルゴリズムがドイツの研究グループから発表され、大きな注目を集めることになった(Gatys et al., 2015)。この研究により、(1)の絵画画像分析については、その新規性や先駆性がかなり失われることになった。そこで、本研究では、(2)の嗜好判断に関わる情報処理機構の検討に焦点を絞り、心理物理学および電気生理学(脳波)実験を大規模に展開することとした。

3. 研究の方法

研究のための材料と手段を整備するため、インターネット上から数千のテクスチャ画像(主に物体表面の画像)を取得し、解像度を揃えるなどして独自のデータベースを構築するとともに、視覚野 V1/V2 において符号化されることが示唆されている画像統計量を正確に計算するためのソフトウェアを開発した。

集めた画像から美醜の評価がばらつくように選定した約 200 の画像(図 1)を視覚刺激とし、輝度と色度を正確に制御した有機 EL モニタに提示し、のべ数十人の観察者にその心地よさ及び気持ち悪さをそれぞれ 5 段階で評価させた。同様に、物体そのものの属性(凹凸や光沢など)についても評価させた。また、各刺激について上記の画像統計量の点で等価となるテクスチャ合成画像を生成し、それらについても美醜の評価データを集めた。得られた評定値と各刺激に含まれる画像統計量の相関関係を解析した。

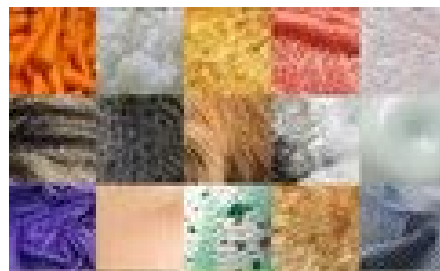


図 1 実験で用いた刺激の例。

加えて、これらの刺激の一部について、提示後数秒間に渡る瞳孔径の変化を計測・解析した。また、各刺激に対する視覚誘発電位を頭皮上の 20 個の電極から計測し、その波形、ウェーブレット成分、およびそれらの空間分布を解析した。

4. 研究成果

一連の実験の結果、以下のことが明らかに

なった。

(1) 人間は特定のクラスのテクスチャ画像に対して安定的に嗜好と嫌悪の反応を示す。
 (2) 嗜好と嫌悪の評価は、いくつかの物体の属性(光沢感, 透明度, 色み)などと弱い相関を示す。

(3) 画像統計量が等しく原画の内容がわからない合成画像でも原画と類似した嗜好と嫌悪の評価が得られる(図2)。

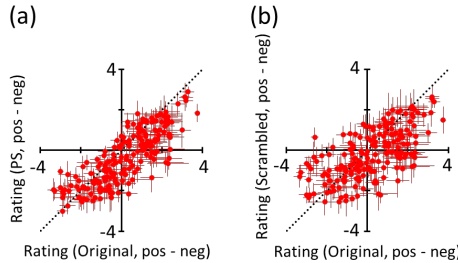


図2 原画に対する嗜好・嫌悪の評価と合成画像(a: PS合成, b: 位相ランダム)に対する評価の相関図。

(4) 刺激を短時間(50 ms, ノイズによるマスクあり)提示した場合でも, 原画と類似した嗜好と嫌悪の評価が得られる(図3)。

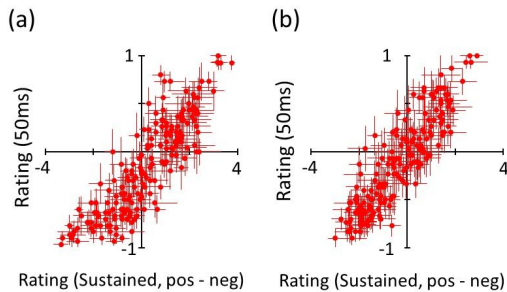


図3 定常提示刺激に対する嗜好・嫌悪の評価と瞬間提示刺激(a: 原画, b: PS合成)に対する評価の相関図。

(5) 嗜好と嫌悪の評価はどちらも, 中空間周波数帯域における輝度・色のコントラスト, 高空間周波数帯域における方位間のエネルギー相関, 中・高空間周波数帯域における輝度と色の相関, といった少数の画像統計量と特異的に高い相関をもつ(図4)。

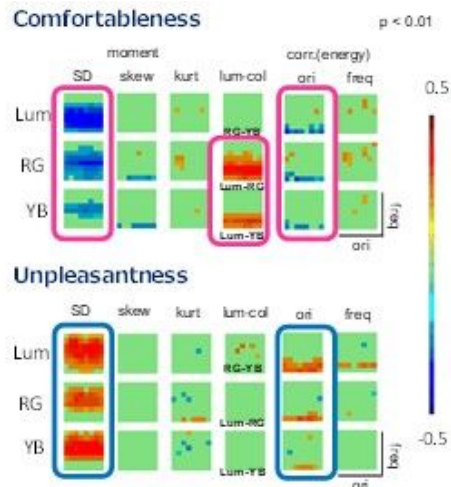


図4 嗜好(上)と嫌悪(下)の評価と相関する画像統計量。

(6) 原画に含まれる上記の画像統計量を調整すると, それに応じて嗜好と嫌悪の評価が変化する。

(7) 嗜好と嫌悪の評価が大きい刺激ほど大きな縮瞳を引き起こす。

(8) 刺激提示後 250 ms 付近から, 主に後頭葉において, 嗜好・嫌悪それぞれに対応した脳波電位が現れるとともに, 嫌悪を生じるテクスチャ画像に対しては 50 ms ほどの短い潜伏時間でウェーブレット波形に変化が現れる。

以上の結果から, 人間の視覚系には画像の内容(今回の場合は特に物体や材質)の認識とは別に, 画像の単純な統計量から素早くその美醜の反応を引き起こす処理経路が存在する可能性が示唆された(図5)。

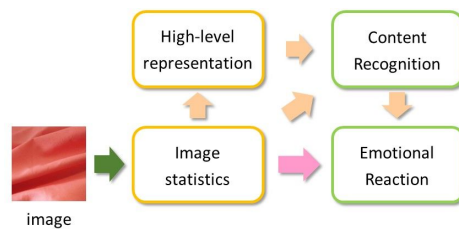


図5 画像統計量から直接に嗜好・嫌悪の反応を引き起こす視覚情報処理のモデル。

このことは絵画にも当てはまるものと予想される。それを絵画の統計量合成画像などを用いて直接的に検討することで, 視覚芸術作品の美醜に対する人間の普遍的な反応の特性を明らかにできると期待される。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計7件)

Motoyoshi, I. (2016). Role of image statistics in the perception of objects, materials, and their values. International workshop "Vision ove

r vision: man, monkey, machine and network models"(招待講演),脳情報通信融合研究センター,大阪府吹田市
Motoyoshi, I. (2016). Perceiving the quality of surfaces and images. Symposium on "Recent advancements in psychophysical study of visual material perception". 31st International Congress of Psychology (ICP2016) (招待講演), パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市西区

Motoyoshi, I. & Mori, S. (2016). Visual processing of emotional information in natural surfaces. Perception, 45, 339-340, Barcelona, Spain

Motoyoshi, I. & Mori, S. (2016). Image statistics and the affective responses to visual surfaces. Journal of Vision, 16(12):645, Florida, USA

森詩織・本吉勇 (2017). 視覚質感への嗜好と嫌悪: 食べ物の魅力と画像統計量. 日本視覚学会 2017 年冬季大会. NHK 放送技術研究所, 東京都世田谷区

森詩織・本吉勇 (2016). 視覚的質感の情動的価値に関わる潜在的情報処理過程. 日本基礎心理学会第 35 回大会.(優秀発表賞), 東京女子大学, 東京都杉並区

森詩織・本吉勇 (2016). 視覚表面への嗜好と忌避を決定づける画像統計量. 日本視覚学会 2016 年冬季大会.(ベストプレゼンテーション賞), 工学院大学, 東京都新宿区

〔図書〕(計 1 件)

本吉勇 (2016)「芸術における質感」(項目執筆): 質感の科学 知覚・認知メカニズムと分析・表現の技術, 朝倉書店, p.183-193.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

本吉 勇 (MOTOYOSHI, Isamu)

東京大学・大学院総合文化研究科・准教授
研究者番号: 60447034

(2)研究協力者

森 詩織 (MORI, Shiori)