

統計的手法を用いた絵画の色彩情報の特徴解析

福本麻子[†] 蔡 東生^{††} 安村通晃^{†††}慶応義塾大学政策メディア研究科[†] 筑波大学電子情報工学系^{††} 慶応義塾大学環境情報学部^{†††}

図 1 「積み藁」1890年 クロード・モネ (著者撮影)
Institute of art of Chicago 蔵

はじめに

本研究は絵画の色彩情報を情報エントロピーと統計的手法を用いて数値的に解析しようとしたものである。研究対象とした印象派絵画は19世紀後半に活躍した一派であり100年を経て未だ世界中の人々に愛されている。その理由の1つとしては、印象派絵画の明るく輝くような色彩とタッチに人々が魅了されてきたことがあげられる。本研究では印象派絵画および同時代の絵画を対象に2つの実験を行って特徴解析を行い以下の2つの知見を得た。(1)情報エントロピーを用いて解析を行った結果、印象派絵画の色彩情報は複雑性が高く(2)絵画の各色が現れる順位と頻度の関係はZipfの法則(冪乗則)に従うことがわかった。そのため“印象派絵画の色彩情報は複雑性が高い、と同時にその複雑性の中にある種のルールをもっている”といえる。これらの解析は印象派絵画の芸術性、魅力に対して新しい解釈をもたらすものと考えられる。

1 実験1 絵画の色彩情報の複雑さ

1-1 情報エントロピー

Shannon による情報エントロピーをもとに絵画の色彩情報に適用した条件付エントロピーを以下の通り定義をする。

定義条件 F を与えた時の O の条件付確率を $P(O|F)$ 、F と O の同時発生確率を $P(O,F)$ と表した場合

$$H(O|F) = - \sum_i \sum_j P(O_i, F_j) \log_2 P(O_i|F_j) \quad (1)$$

H: エントロピー P: 出現確率

O: order (色の出現順位) F: Frequency (色の出現頻度)

$H(O|F)$ は F が与えられた時の O の曖昧さを表す条件付エントロピーである。求めたエントロピーの値が高いほど複雑性が大きいといえる。本研究では絵画の色彩情報に対して解析を行っているため、エントロピーの値が高いほど、複雑な色彩情報を持つ絵画であるといえる。

1-2 手順

- (1) 印象派絵画および同時代に活躍した他派作品のデジタル画像を用意する。
- (2) 各画像の RGB 空間上の色彩情報のヒストグラム値を抽出し、得られた各色の出現頻度とその出現順位を求める。
- (3) 求めた各色の出現順位、出現頻度に対し式(1)条件付きエントロピー値を求める。

1-3 結果と考察

表1 各絵画のエントロピー値

トレンド	画家 (作品名)	エントロピー値
写実派	クールベ (画家のアトリエ)	6.52
自然派	ミレー (晩鐘)	7.19
印象派	モネ (睡蓮)	7.72
印象派	セザンヌ (バッサン)	7.74
印象派	ゴッホ (自画像)	7.66

表1に示すように、実験に使用した印象派絵画の色彩情報は同時代他派と比較しエントロピー値が高い、即ち複雑性が高いといえる。

1 Extracting the features of color information of impressionist's artworks using statistical method

[†]Asako Fukumoto · Keio graduate school of media and governance

^{††}Dong Sheng Cai Tsukuba University

^{†††} Michiaki Yasumura Keio University Environmental Information



図2 実験で使用したクロード・モネ「積み藁」1890年
Institute of Art of Chicago 蔵 (著者撮影)

2-3 結果

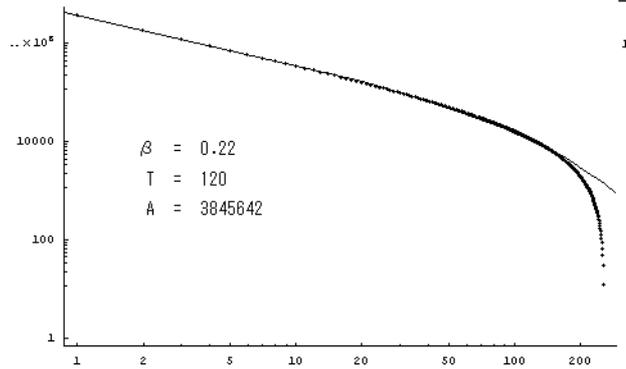


図3 「積み藁」クロード・モネ (実験 2-2-3 結果)
両対数グラフ上の各色の出現頻度 (y) 出現順位 (x)

2 実験2 印象派絵画の色彩情報の規則性

2-1 Zipf の法則 (冪乗則)

Zipf の法則は文章中に表れる膨大な量の単語の出現頻度と出現順位がこの法則に従うことで知られている[1]。Zipf の法則、即ち冪乗則は複雑系の自己組織化臨界現象の特徴的な現象であり自然、社会の様々な場面でみることができ (ex 株価の変動、1/f ノイズ、フラクタル) [2]。本研究では複雑性が高い印象派絵画の色彩情報の各色の出現頻度と出現順位が冪乗則に従っているかどうかの検証を行った。以下に絵画の分析に適用した式を示す。

$$N(\tau) = A \frac{1}{\tau^\beta} e^{\frac{-\tau}{T}} \quad (2)$$

N: 各色のピクセル数 τ : 順位
A: 調整パラメータ T: カットオフパラメータ

2-2 手順

- (1) 印象派絵画のデジタル画像を用意する。
- (2) 各画像の RGB 色空間上の色彩情報のヒストグラム値を抽出し、各色における出現頻度とその出現順位を求める。
- (3) (2) で求めた各データを両対数グラフ上で降順に並べ直線に近似しているかどうか (冪乗則に従っているかどうか) 確認する。
- (4) (2) 求めたデータを $N(\tau)$ 式(2) の実測データを積分し、理論分布最も適合していると思われる時の各パラメータを求め、それにより $N(\tau)$ の理論分布の傾き β を求める。

表2 各絵画の傾き

使用絵画	傾き β
Pile of Straw 1	0.22
Pile of Straw 2	0.22
Pile of Straw 3	0.22
Pile of Straw 4	0.22
Pile of Straw 5	0.22
Pile of Straw 6	0.22

2-4 考察

実験に用いた印象派絵画の色彩情報における出現頻度とその順位は両対数グラフ上で直線に近似している (図3 参照) 即ち、印象派絵画の色彩情報は Zipf の法則に従っているといえる。さらに、2-2 の(4)で直線の傾きを求めるところ、「積み藁」の連作で各絵画が使用している色は各々異なるにも関わらず、同じ傾きが顕れることがわかった。

まとめ

絵画の色彩情報に対して情報エントロピーと統計的手法を用いた解析を行った。「本研究の実験対象の印象派絵画において色彩情報は複雑性が高い、と同時に冪乗則に従っている」ことがわかった。これらの解析は印象派絵画の芸術性、魅力に対して新しい解釈をもたらすと考える。

参考文献

- [1] C. E. Shannon: A mathematical theory of communication, Bell System Tech. J., Vol27, pp.370-423, pp.623-656, July and Oct(1948)
- [2] Zipf, George Kingsley, Human Behavior and the Principle of Least Effort, Cambridge MA: Addison Wesley, 1949
- [3] Bak, Per, How nature works, Springer-Verlag, 1996.