

デジタル画像の色彩とエントロピー

水上 善博・西村 裕太

Coloring of Digital Image and Entropy

Yoshihiro MIZUKAMI, Yuta NISHIMURA

Abstract

We classify pixels of digital color image under six colors due to its numeric color values. We create a program to display binary image and estimate entropy of each six color. "Sunflowers", which were painted by Vincent Willem van Gogh during 1888 and 1889, are analyzed. Entropies and number of colors are estimated for digital color images of seven "sunflowers". We discuss character for these images.

キーワード：デジタルカラー画像、ゴッホのひまわり、エントロピー、色彩数

1. はじめに

絵画は様々な要因で人間の感性に訴える。色彩もまたその一つである。古来、人間は目と心で色彩を感じてきた。しかし、近年、コンピュータやスキャナーなどのデジタル機器の進歩によって、絵画をはじめとする多くの画像がデジタル化されるようになった。オリジナルな絵画でも展示される場所や光の加減で人間の感じ方は変わってくる。デジタル化された画像も、どのようなプロセスでデジタル化されたかによってデータの質や量は様々である。しかし、デジタルなデータは、コンピュータを用いて大規模なデータ解析が可能となる。コンピュータによるビッグデータ解析によって、芸術家が意識的あるいは無意識に行ってきた美的創作に潜むパターンやルールのようなものを解明するヒントが得られるかもしれない。近年の人工知能の進歩はそんな時代の始まりを予感させる。

本研究では、コンピュータを用いて、絵画のデジタル画像の特徴を抽出し、客観的な視点から絵画の色彩の評価を試みた。特に、絵画の色彩のエントロピーに注目して解析を行った。エントロピーは秩序の度合いを測る尺度であ

り、エントロピーと芸術についてアルンハイムによって哲学的な考察がなされている¹⁾。また、エントロピーを用いてデジタル画像の色による分割を試みた研究²⁾や情報尺度を用いて時代によるゴッホの創作スタイルの違いを研究した論文が報告されているが³⁾、本研究では、同一の画家による同じモチーフのいくつかの作品における色の使い方の特徴や違いについて、デジタル画像の色彩のエントロピーを用いて研究したもので、この点でユニークである。

具体的に研究の対象にした絵画はゴッホの「ひまわり」である。ゴッホは後期印象派の代表的画家であり、「ひまわり」はゴッホの代表的な作品群である。「ひまわり」には、ゴッホが鮮やかな色彩を求めるために、クロムイエロー（黄鉛）という顔料が特徴的に使われていることが知られている。ゴッホは同じモチーフの作品を特定の時期に集中的に描くことがあり、「ひまわり」というモチーフもその一つである。一連の「ひまわり」を解析することによって、この作品群が制作された時期における、色の変遷を追うことができると思われる。ゴッホは1888年から1889年にかけて花瓶に挿したひ



ひまわり 1



ひまわり 2



ひまわり 3



ひまわり 4



ひまわり 5



ひまわり 6



ひまわり 7

図1 本研究で解析に用いられたゴッホの「ひまわり」7作品。文献4の口絵のカラー画像をスキャナーで取り込んだもの。スキャンする時の解像度は300dpi。

まわりの絵を7枚描いているが、このうち、最初の4枚は実際のひまわりをスケッチしたもので、あとの3枚は最初の4枚のうちの2枚を模写したものと言われている。よって、「ひまわり」は、スケッチ作品と模写作品における色彩の比較という観点からも興味深い対象である。

2. 方法

本研究で解析を行ったデジタルカラー画像を図1に示す。これらは、ゴッホが1888年から1889年にかけて制作した7枚の「ひまわり」の絵（ひまわり1、ひまわり2、ひまわり3、ひまわり4、ひまわり5、ひまわり6、ひまわり7）のデジタルカラー画像である。このうち、「ひまわり6」は「ひまわり3」の模写、「ひまわり5」と「ひまわり7」は「ひまわり4」の模写といわれている。なお、これらのデジタル画像は、文献4の口絵のカラー画像をスキャナーで取り込んだものである。スキャンする時の解像度は300dpiである。

カラーデジタル画像は、画像の各ピクセルにR(赤)、G(緑)、B(青)の各色の大きさを数値で表したデータ(R, G, B = 0 - 255)を持つ。本研究では、そのR、G、Bの各色のデータを、H、S、Vに変換して解析を行った(補遺参照)。HSVとはHue(色相)、Saturation(彩度)、Value(明度)の3つ座標の色空間のことである。RGB色空間ではR、G、Bの各要素の数値だけを見ても直観的にそれが何色であるかということとは分りづらい。また、R、G、Bのどれか一つの要素を変化させると、簡単に違う色になってしまうので、色の解析にはあまり適していない。それと比較して、HSV色空間の場合、色の情報はHの値で決まるので、色の解析にはたいへん便利である。本研究では色の解析を行うためにHSVの色空間を採用した。

図2に示すように、H座標(色相)は0°から360°の範囲の値をとり、S座標(彩度)とV座標(明度)はそれぞれ0から100の範囲の値をとる。本研究では図2の表に示すように、Hの値を60°刻みずつに、赤、黄、緑、シアン、青、紫という6色に分類した。SあるいはVの値も10刻みずつに分類した。そして、それぞれの範囲に存在するH、S、Vのピクセル数をカウントし、確率分布を求めた。なお、Hの分布を

調べるときは、Hの値の範囲のみを指定し、他の2変数S、Vの値は制限していない。SやVの分布を調べる場合も同様に、SあるいはVの値の範囲は指定するが、他の2変数の値は制限していない。

得られた確率分布を用いて、対象とするデジタル画像における、H、S、Vそれぞれのエントロピーを計算した。なお、色を6色に分類した場合のH座標の値のエントロピーを求める式は、hをエントロピー、pを確率分布とすると

$$h = \sum_{i=1}^6 (-p_i \times \log_2 p_i)$$

で表される。これは、Shannon-Wienerの多様度指数とも呼ばれる。

デジタルカラー画像を読み込んで、H、S、Vそれぞれのエントロピーを計算するプログラムをVisual Basic言語で作成した。さらに、HSV色空間のH座標の6色のそれぞれについて反転二値化画像(以降、二値化画像と呼ぶ)を表示するプログラムもVisual Basic言語で作成した。なお、本論文ではH(色相)座標の値に関するエントロピーの解析結果のみを示しているが、S(彩度)やV(明度)の座標に関してもエントロピーの解析が行われており、結果が報告されている⁷⁾。

教育工学では、多肢選択肢から答えを選択させる問題の良し悪しを判断するのに、等価選択肢数という指標を用いることがある。等価選択肢数は各選択肢が選ばれた確率分布から計算されたエントロピーhを用いて、 2^h と表される。絵画の色の使われ方についても、これと同様の解析が可能で、色彩のエントロピーをhとすれば、その絵画で使われている色の数の指標C(これを我々は、色彩数と呼ぶ)として、

$$C = 2^h \quad h: \text{エントロピー}$$

と定義できる。例えば、本研究のように、色を6色で分類している場合、エントロピーhがh = 0のとき、 $C = 2^0 = 1$ (色)、h = 2.58のとき $C = 2^{2.58} = 6$ (色)となり、その絵画に使われ

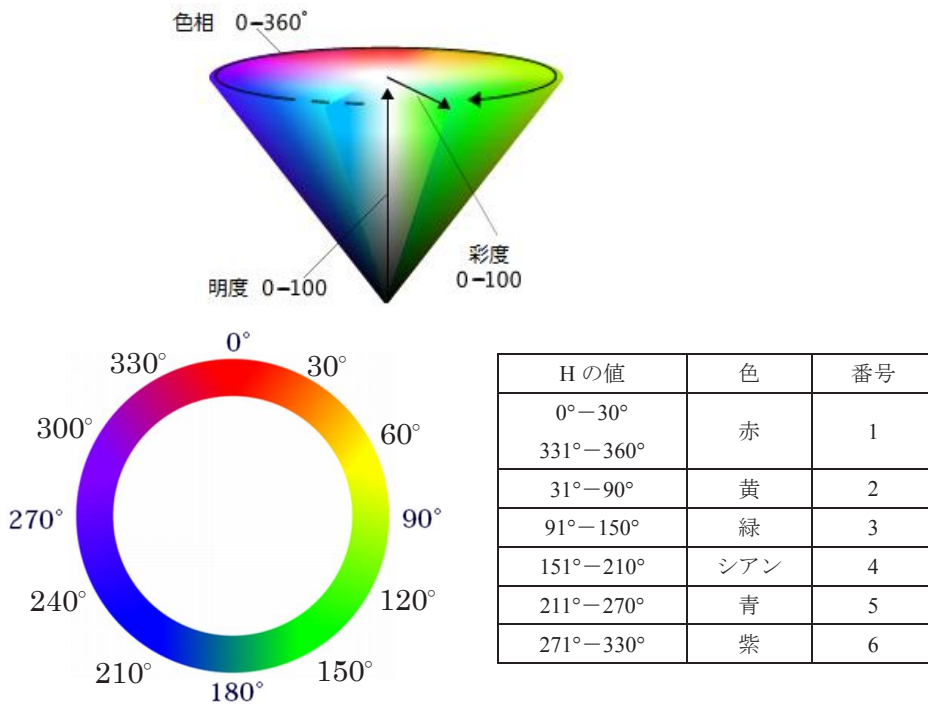


図2 上図はHSV色空間。下図はHの色相環。Hは色相(0°-360°)、Sは彩度(0-100)、V(0-100)は明度を表す。本研究で用いたHの値と色の対応を表に示す。
(色円錐の図は文献5に掲載されている図を用いた。色相環の図は文献6に掲載されている図を改変した)

ている色の数が概算できる。本研究では「ひまわり」7作品について計算されたエントロピーの値からそれぞれの色彩数を算出した。

3. 結果と考察

3-1 H座標の二値化画像、エントロピーおよび色彩数

7枚の「ひまわり」のそれぞれのデジタル画像について、赤、黄、緑、シアン、青、紫の6色のピクセル数をカウントし、確率分布を計算し、エントロピーと色彩数を求めた結果を表1に示す。図3から図9に、「ひまわり1」から「ひまわり7」の各色の二値化画像を示す。ただし、ピクセル数が1000以下の色については省略した。

「ひまわり1」については、表1より赤のピクセル数が多く、全体の47%であった。次に多かったのはシアンで全体の35%であり、赤とシアンのピクセルで全体の82%を占めた。図3に示す二値化画像より「ひまわり1」では、赤がひまわりの花と机の色に広く使われて

おり、シアンが背景に使われて絵全体の中で大きな割合を占めていることがわかる。黄と緑は花の輪郭と花瓶の色に使われていることがわかる。「ひまわり1」の色彩数は3.45となり、3色よりは多く4色よりは少ないという妥当な値が得られた。

「ひまわり2」については、表1より黄が全体の31%で、以下、シアンが25%、青が19%、赤が15%となった。この4色で90%を占めた。図4に示す二値化画像より「ひまわり2」では、黄は花の色、シアンと青は背景と机、赤は花の一部と輪郭に使われている。緑は少量だが、葉の色に使われている。「ひまわり2」の色彩数は4.85と7作品の中で最も大きな値となった。色を6色で分類する場合、理論的に最も大きいエントロピーの値($h_{\max}$)は、各色が均等に1/6ずつ使われている場合で、

$$h_{\max} = -\log_2 (1/6) = 2.58$$

となる。最も小さいエントロピーの値は、単色

表1 H座標で定義した色ごとの各デジタルカラー画像のピクセル数とその確率分布、エントロピーと色彩数

ピクセル数	ひまわり1	ひまわり2	ひまわり3	ひまわり4	ひまわり5	ひまわり6	ひまわり7
赤	599074	168144	96881	31322	14361	11514	23888
黄	94556	348241	774145	1276465	1178058	384881	719202
緑	96643	99631	362470	8798	21261	88351	53
シアン	444885	273843	72171	7832	759	66574	2
青	16768	215406	244	726	2	0	0
紫	22291	13970	581	115	1	2	3
合計	1274217	1119235	1306492	1325258	1214442	551322	743148
確率分布 p	ひまわり1	ひまわり2	ひまわり3	ひまわり4	ひまわり5	ひまわり6	ひまわり7
赤	0.470	0.150	0.074	0.024	0.012	0.021	0.032
黄	0.074	0.311	0.593	0.963	0.970	0.698	0.968
緑	0.076	0.089	0.277	0.007	0.018	0.160	0.000
シアン	0.349	0.245	0.055	0.006	0.000	0.121	0.000
青	0.013	0.192	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
紫	0.017	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
$(-p \log_2 p)$	ひまわり1	ひまわり2	ひまわり3	ひまわり4	ひまわり5	ひまわり6	ひまわり7
赤	0.512	0.411	0.278	0.128	0.076	0.117	0.159
黄	0.278	0.524	0.447	0.052	0.043	0.362	0.046
緑	0.282	0.311	0.513	0.048	0.102	0.423	0.000
シアン	0.530	0.497	0.231	0.044	0.000	0.368	0.000
青	0.082	0.458	0.002	0.006	0.000	0.000	0.000
紫	0.102	0.079	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000
エントロピー h ($\sum -p \log_2 p$)	1.79	2.28	1.48	0.28	0.22	1.27	0.21
色彩数 C (2^h)	3.45	4.85	2.78	1.21	1.16	2.41	1.15

のみが使われている場合で 0 である。6 色のうちより多くの種類の色が使われている場合にエントロピーの値は大きくなる。

2 値化画像を比較すると「ひまわり 2」の方が「ひまわり 1」よりも多くの色が使われていることがわかるが、「ひまわり 2」のエントロピーは 2.28 で、「ひまわり 1」のエントロピー 1.79 より大きいことがわかる。これは、「ひまわり 2」の色彩数が 4.85 で、「ひまわり 1」の色彩数 3.45 より大きいことから理解できる。

「ひまわり 3」は、表 1 より主に黄と緑の 2 色が使われており、この 2 色で全体の 87% となっている。ただし、黄が 59%、緑が 28% とバランスが黄にかたよっており、結果として、エントロピーの値は 1.48 となり、「ひまわり 1」のエントロピー 1.79 より小さくなった。図 5 に示す二値化画像より「ひまわり 3」では、黄がひまわりと机、緑が背景に使われている。花のごく一部と花瓶の輪郭に赤が使われている。そして、背景のごく一部にシアンが使われている。「ひまわり 3」の色彩数は 2.78 であった。

「ひまわり 4」、「ひまわり 5」、「ひまわり 7」

については、表 1 に示すように黄の割合が非常に多く、それぞれ、96%、97%、97% であった。その結果、エントロピーの値は「ひまわり 4」が 0.28、「ひまわり 5」が 0.22、「ひまわり 7」が 0.21 と、単色の場合のエントロピーの値 0 に近い、たいへん小さな値となった。また、色彩数も「ひまわり 4」が 1.21、「ひまわり 5」が 1.16、「ひまわり 7」が 1.15 となり、この 3 作品がほぼ黄色 1 色であることがわかる。二値化画像を見ると、図 6 に示すように「ひまわり 4」では、黄の二値化画像が真っ黒であり、ほとんど黄一色であることがわかる。ほんの少し赤が使われている。図 7 の「ひまわり 5」の二値化画像でも、黄一色であるが、赤と緑がほんの少し使われている。図 9 に示す「ひまわり 7」の二値化画像では、「ひまわり 4」や「ひまわり 5」と同様に、黄一色であるが、ほんのわずかに赤が使われている。

「ひまわり 6」については、表 1 より黄の割合が 70% と多かった。しかし、わずかながら、緑 (16%) とシアン (12%) も使われており、結果として、エントロピーの値は 1.27 となった。

図8に示す「ひまわり6」の二値化画像では、黄が多いが、緑とシアンも使われており、わずかながら赤が使われていることがわかる。

3-2 7枚のひまわりについて

ここで7枚のひまわりについて、簡単に説明をする。都会の生活に蝕まれていたゴッホは、清らかな自然の中で仲間と絵を描きながら共同生活をする画家のユートピアのような場所を求め、1888年2月末に南フランスのアルルに移った。そこでゴッホは絵を描く拠点として黄色い家に住んだ。ゴッホはゴーギャンを画家として尊敬しており、また、過去にゴッホが描いたひまわりをモチーフにした作品をゴーギャンが評価してくれたこともあり、ゴーギャンをアルルに誘った。ゴッホが呼びかけてからずいぶんと時間がたった1888年10月23日にゴッホとゴーギャンの共同生活は実現するのだが、その間、8月21日にゴーギャンからゴッホにアルルへ行くことを承諾する知らせが届くと、8月下旬の4～5日の間に、ゴッホは、「ひまわり1」～「ひまわり4」までの4枚のひまわりを描いてしまった。ゴッホとゴーギャンの共同生活は、当初、順調であったが、残念ながらそれは長くは続かなかった。2人がしばしば諍いをするようになった11月末から12月にかけて「ひまわり5」は描かれたと考えられている。そして、運命の12月23日、ゴッホはゴーギャンに剃刀で切りつけ、その後、自室で、自分の耳の一部を剃刀で切り取ってしまったのである。ゴーギャンはアルルを去り、ゴッホは約1か月の療養生活を送ることになる。年が明けた1889年1月下旬に「ひまわり6」と「ひまわり7」は描かれた。このように、7枚の「ひまわり」は、いずれもゴッホとゴーギャンの共同生活と密接に関連して描かれたものである。以下、7枚の「ひまわり」を作品ごとに考察していく。

「ひまわり1」

この作品は、アルルで描いた最初の作品である。現在は個人が所蔵していると思われ、1948年以来、世間の目に触れたことはない。一見すると深緑が多く使われている印象を受けるが、確率分布からは赤とシアンの割合が多かった。

これは今回シアンとして指定した範囲内に緑の一部が含まれているためと思われる。

複数の色を程よく使っている場合、エントロピーの値が大きくなるが、「ひまわり1」は、赤とシアンの2色が多く使われ、黄と緑が少しだけ使われているため、エントロピーの値は7枚のなかでは2番目に大きい1.79となった。

「ひまわり2」

アルルで2番目に描いたひまわりの作品である。この作品は「芦屋のひまわり」とも呼ばれている。日本の芸術家たちが購入し、芦屋の民家に置かれていたが、1945年（昭和20年）8月6日の阪神大空襲のときに焼失した。8月6日は広島に原子爆弾が落とされた日であるが、大惨事と同じ日に、ゴッホのひまわりの1枚がその命を終えていた。「ひまわり2」はエントロピーの値が7枚のひまわりの中で一番大きく2.81であった。紫は少ないが、その他の色はバランスよく使われている結果である。このひまわりは、7つの作品の中で青が最も強調されているが、表1より、青のピクセル数は、黄のピクセル数よりも少ない。しかし、青とシアンのピクセル数の合計は黄よりも多く、シアンも含めた青色系統の色が多く塗られていることがわかる。この作品には、ゴッホの青へのこだわりがみられる。

「ひまわり3」

ドイツのミュンヘンの美術館（ノイエ・ピナコテーク）が所蔵している。緑の背景と花瓶の色をひまわりと似た黄色にすることにより、前作2つよりも明るくなった印象を受ける。ゴッホは短い期間で「ひまわり1」から「ひまわり4」の4作品を描いたのだが、それぞれに色彩の実験を施していたようで、4作品それぞれが個性的である。この作品から黄色を多く使い始めており、表1からも黄のピクセル数が比較的多いことがわかる。

「ひまわり4」

イギリスのロンドン・ナショナル・ギャラリーが所蔵している。「ひまわり1」から「ひまわり3」までは、黄色の補色である青、あるいは、緑を

背景に使うことによって、ひまわりの黄色を目立たせていたが、この作品からは、黄色の背景に黄色のひまわりを描き、絵全体の明るさを強調している。突出して黄色を使っているため、エントロピーの値も 0.28 と極端に小さくなっている。ゴッホの黄色に対するこだわりがみられる作品である。

「ひまわり 5」

東京の損保ジャパン東郷青児美術館が所蔵している。1987 年に安田火災海上保険が 58 億円で落札したことでも有名である。この作品は「ひまわり 4」の模写である。これが描かれた時期はゴーギャンとの共同生活が始まってしばらく経っており、二人の性格の不一致がお互いが我慢ならない状態にあった頃である。ゴッホの精神が病みはじめ、ゴーギャンとの関係も悪くなっていたようである。確率分布をみるとこの作品が最も黄色の使用割合が高い。彼の精神状態が作品にどのように影響したのかは、想像するしかないが、全体的に若干暗い黄色を使っているように思われる。

「ひまわり 6」

アメリカのフィラデルフィア美術館が所蔵している。これは「ひまわり 3」の模写である。「ひまわり 3」が、緑の背景に描かれたものであり、緑とも青とも言えないような背景でひまわりが描かれている。そのためか、表 1 からわかるように、確率分布は黄色に加えて、若干の赤、緑、シアンが使われている。エントロピーは 1.27 であり「ひまわり 3」の 1.48 よりも少し小さい値となった。

「ひまわり 7」

オランダのファン・ゴッホ美術館にある。この作品は「ひまわり 5」と同様に「ひまわり 4」の模写である。確率分布をみると、やはり黄が突出して使われている。その他の色のピクセル数は「ひまわり 5」と同様に少ないが、特に「ひまわり 7」の青のピクセル数は 0 であった。「ひまわり 7」のエントロピーが 7 枚の絵の中で一番小さい値 (0.21) になった。「ひまわり 7」が描かれた時には、既にゴーギャンとの共同生活

も終わっていた。「ひまわり 4」が明るいひまわりの生命力を表しているとしたら、「ひまわり 7」は少し淡く、今にも溶けて崩れそうなほどはかなげな色合いをしている。

3-3 写生画とその模写との比較

図 1 に示す 7 枚のゴッホのひまわりの作品のうち、写生画とその模写の比較を行う。「ひまわり 5」と「ひまわり 7」が「ひまわり 4」の模写である。そして、「ひまわり 6」が「ひまわり 3」の模写である。ゴッホが模写を描いた理由はゴーギャンに触発されたからだだとされている。ゴーギャンは自分の想像でモチーフを自由に彩り描くことができたため、ゴッホにもそれを奨め、ゴッホは自分がすでに写生して描いた絵を模写することで、モチーフの題材を想像豊かに描くことができるように練習していたと考えられる。

オリジナルの写生画とその模写の色彩について、色彩数から比較したものを図 10 に示す。オリジナルの「ひまわり 3」とその模写である「ひまわり 6」の色彩数は、それぞれ 2.78 と 2.41 と近い値を示している。また、オリジナルの「ひまわり 4」とその模写である「ひまわり 5」、「ひまわり 7」の色彩数は、それぞれ 1.21、1.16、1.15 と近い値を示しており、色彩数の点からも、オリジナル作品と模写作品の類似性がわかる。

「ひまわり 5」を模写していた頃、ゴッホは精神に異常をきたし始めており、ゴーギャンとの関係もかなり陰悪なものになっていたようだ。「ひまわり 5」が完成したのは有名な耳切事件の直前でもある。「ひまわり 5」にはいくつかの不思議点が指摘されており、以下列举する。

1. 贋作疑惑があったが、現在はこれは否定されており、画家のシェフネッケルによる加筆がなされていると言われている。
2. 描かれた時期も諸説ある。損保ジャパン東郷青児美術館ではゴッホのひまわりの隣にゴーギャンがアルルで 10 月末に作成した作品が展示されているが、この 2 つの絵のキャンパスの網目を比べると、明らかな違いがあることから、ゴッホの作品はもっと後 (11 ~ 12 月頃) に作成されたと考えら

れる。

- 3 左下のひまわりの茎が葉っぱを貫通している。
- 4 最も右のひまわりは折れた茎で花を支えていて不自然。
- 5 中心のひまわりに赤い点がある。
- 6 枯れた花がたくさん描かれている。
- 7 模写とは思えない。ゴーギャンのアドバイスをを受けて観念や想像で描こうとしたように感じられる。

「ひまわり 5」は、東京の損保ジャパン東郷青児美術館で常設展示されているので機会があればぜひ鑑賞していただきたい。

3-4 エントロピーと芸術

ゲシュタルト派のドイツの心理学者ルドルフ・アルンハイムは、その著書「エントロピーと芸術」¹⁾の中で、18世紀のドイツの美術史家ウィンケルマンの言葉を引いて、美について次のように述べている。「美を描く線は楕円である。それは単純さとたえざる変化をもっている。それはコンパスでは描けないし、楕円のどの点においても方向を変える。これは言うはやすいが、作ることは難しい。代数を使って多少とも楕円形の線の諸部分を美しくまとめ上げることができない。しかし、昔の人はそれを知っていた。われわれはそれを人物像や船に見ることができる。人体には円いものがないように、昔の船のプロフィールには半円がない。」アルンハイムは美とエントロピーについて哲学的に考察し、美は完全な秩序でもなく、無秩序でもない、いわば、秩序と無秩序のはざまにあるものであり、その意味で、秩序無秩序の指標となるエントロピーの概念の有用性を述べている。今日的に言えば、美は複雑性にありといえるのかもしれない。本研究は、100万ピクセルに及ぶ絵画のデジタル画像のデータを解析したもので、コンピュータが発展し、ビッグデータ処理が可能となった現代ならではの手法を用いてエントロピーの解析を行ったものである。芸術の深淵さは単純な数値で簡単に測れるものではないことを十分に承知したうえで、本研究はこのようなアプローチの最初のささやかな一歩としての意義があるのかもしれない。

参考文献

- 1) アルンハイム「エントロピーと芸術 秩序と無秩序に関する考察」(関計夫 訳) 創言社 (1985)
- 2) Amanjot Kaur, Sukhwinder Bir and Harjasdeep Singh “Image Segmentation Using Entropy: A Review”, International Journal of Emerging Science and Engineering, Vol. 2, 7-9 (2013)
- 3) Jaume Rigau, Miquel Feixas, Mateu Sbert and Christian Wallraven “Toward Auvers Period: Evolution of van Gogh’s Style”, Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging, O. Deussen and P. Jepp (Editors) (2010)
- 4) 朽木ゆり子「ゴッホのひまわり全点謎解きの旅」集英社新書 (2014)
- 5) 色円錐：色 - MSDN - Microsoft
<https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/windows/desktop/aa511283.aspx> (2015 年 9 月 27 日閲覧)
- 6) 色相環：HSV 表色系を使ってみよう
<http://www.demoscene.jp/?p=1460> (2015 年 9 月 27 日閲覧)
- 7) 西村裕太「デジタル画像における絵画の色彩の特徴について」2014 年度修士論文

補遺 本研究で用いた RGB 座標から HSV 座標への変換式

R、G、B の値のうち、最大のものを MAX、最少のものを MIN とすると、RGB 座標から HSV 座標への変換の式は以下のように表される。

H への変換

if R = MIN H = 60 × ((B - G) / (MAX - MIN)) + 180
if G = MIN H = 60 × ((R - B) / (MAX - MIN)) + 300
if B = MIN H = 60 × ((G - R) / (MAX - MIN)) + 60
if MIN = MAX H = 0

S への変換

S = (MAX - MIN) × 100

V への変換

V = (MAX / 256) × 100

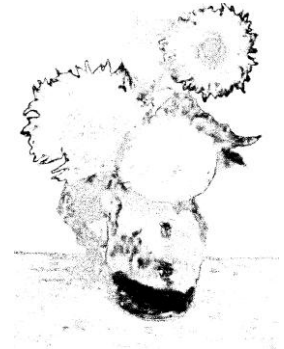
なお、変換後の値は小数第一位を四捨五入して整数にした値を使う。



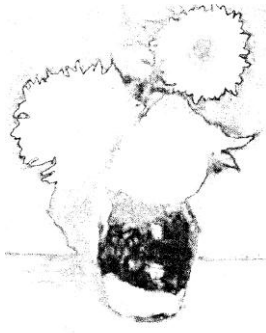
ひまわり 1



赤



黄



緑



シアン



青



紫

図3 ひまわり 1の各色における二値化画像



ひまわり 2



赤



黄



緑



シアン



青

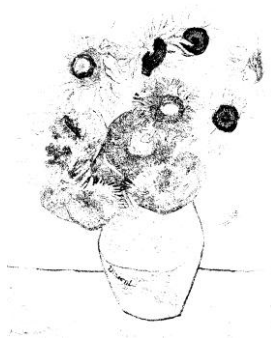


紫

図4 ひまわり 2の各色における二値化画像



ひまわり 3



赤



黄



緑



シアン

図5 ひまわり3の各色における二値化画像



ひまわり 4



赤



黄



緑

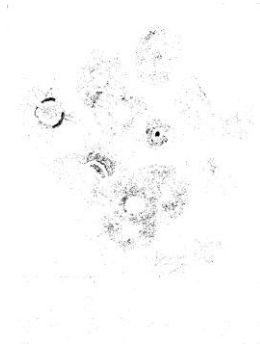


シアン

図6 ひまわり 4の各色における二値化画像



ひまわり 5



赤



黄

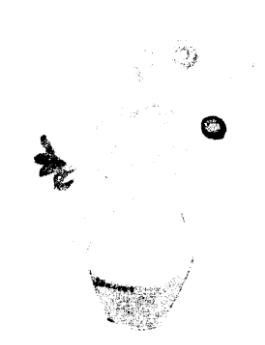


緑

図7 ひまわり5の各色における二値化画像



ひまわり 6



赤



黄



緑



シアン

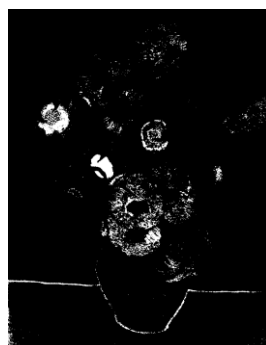
図8 ひまわり 6の各色における二値化画像



ひまわり 7



赤



黄

図9 ひまわり 7の各色における二値化画像

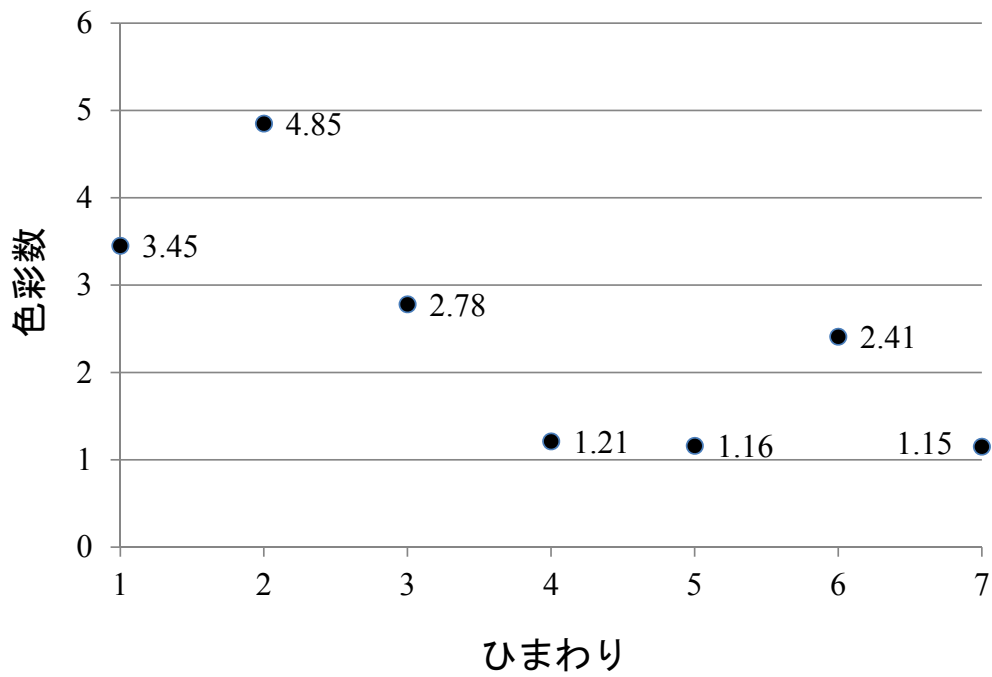


図10 7枚の「ひまわり」の色彩数

