

ImageJ を用いた特定画像の色彩分布についての調査・考察 —西洋・日本絵画史における名画の色彩分布—

山本理人*, 須田敦

Investigation and consideration of color distribution of specific images using ImageJ
- Color distribution of famous paintings in the history of Western and Japanese painting -

Rihito YAMAMOTO*, Atsushi SUDA

美術作品の評価は従来、鑑賞者の主觀に委ねられることが多かった。本調査は、この主觀的評価を補完する客觀的アプローチとして、オープンソースの画像解析ソフト「ImageJ」を用い、西洋と日本の歴史的名画における色彩分布の定量的な比較分析を試みるものである。分析対象として作品制作の時期が比較的近いゴッホ、モネ、葛飾北斎の三名の描いた作品10点を選定し、RGB値の3次元プロット、加重平均を用いた統計的特微量の算出、暖色・寒色比率の算出、k-means クラスタリングによる主要色の抽出を行った。結果として、西洋絵画では色彩が連続的に分布する一方、日本の浮世絵では複数のクラスタとして離散的に分布するという明確な差異が確認された。この差異は、油彩と木版画という制作技法の違い、ひいては写実性と様式美をそれぞれ追求した文化的背景を反映していると考察される。本調査は色彩の定量化が美術作品の客觀的理解の一助となる可能性を示している。

1 はじめに

絵画の歴史は古代から現代に至るまで、各時代の社会情勢、価値観、科学技術の発展などを色濃く反映しながら遷してきた。例えば、ゴッホの『ひまわり』や葛飾北斎の『富嶽三十六景』といった歴史的名画は、その巧みな色彩によって、鑑賞者に力強さや優しさといった多様な感情を呼び起こす。これは、色彩が視覚を通じて人の自律神経や内分泌系に働きかけ、興奮や安らぎ、時には不快感や恐怖といった心理的効果を生み出すためであると考えられている^{1),2),3)}。

人が絵画の色彩表現に明確な差異を感じるのは、異なる作家、年代、地域の絵画を鑑賞した際である。こうした色彩が与える印象は、これまで美術史家や評論家による豊かな感性と言葉によって、深く魅力的に語られてきた。一方で、科学的な視点から絵画の色彩を数値として捉え、その特徴を比較する試みは、作品鑑賞に新たな発見をもたらす可能性がある。感性的な解釈に定量的なデータを加えることで、画家の個性や様式の違いをこれまでとは異なる角度から見ることができる⁴⁾。

そこで本研究では、画像解析ソフト「ImageJ」を用い

科学的なアプローチを用い、絵画の色彩情報を定量的に分析・可視化することで、複数の絵画を客觀的に比較・考察することを目的とする。特に、西洋と日本の名画における色彩分布の差異や、時代、画家による特徴を客觀的なデータに基づいて明らかにすることを目指す。

2 調査の背景

2.1 美術史における主觀的評価の具体例

美術史家や評論家による主觀的評価が美術史に与える影響はさまざまである。

フランスのジャーナリストであるルイ・ルロワは、1874年に開催された第一回印象派展でモネの作品タイトル「印象、日の出」(図1)を揶揄し、当時の美術アカデミーの緻密な写実性という基準から逸脱したモネの絵画的試みを酷評した⁵⁾。この際に侮蔑的な意味合いで使用された「印象」という言葉が、のちに「印象派」^{6),7)}の名称の由来となった⁸⁾。

日本の民藝運動の創始者である柳宗悦は個人の作家が美を意識して制作した美術品よりも、無名の職人が実用のために作る日用品の中にこそ根源的な美が存在すると考えた

* システム創成工学専攻機械制御システムコース1年

⁹⁾ 柳の評価軸は作品の造形的な優劣や技術的な洗練度ではなく「作り手の精神性」や「用途との結びつき」に重点が置かれている。この独自の審美眼によって、これまで美術として評価されてこなかった日用品に新たな価値を発見し、民藝という文化を確立した。

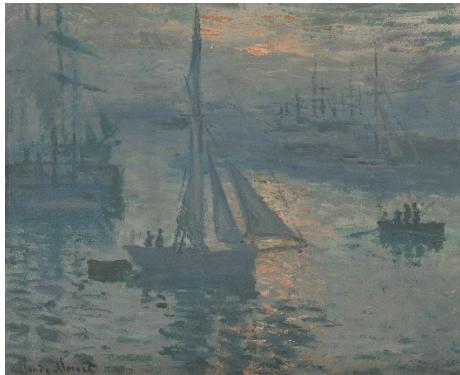


Fig.1 Claude Monet "Impression, soleil levant"

2.2 絵画への科学的なアプローチ

美術作品から受ける感動や印象を評論する伝統的な鑑賞方法に対して、近年では、画像解析をはじめとする科学的な手法を用いた作品分析が注目されている。これらは、絵画の色彩をRGB値といった客観的な数値データとしてとらえるものである。また、情報科学や統計学の分野においても同様に作品の分析が行われている。具体例として、小林光夫による研究では、情報理論などを用いて絵画の色彩構造を数理的に解析し、それが鑑賞者の感じる「色彩美」にどう関連するかが探求されている¹⁰⁾。色彩を定量化することは、特定の画家が好んで用いる色の傾向や、異なる様式間での色彩分布の違いなどを客観的視点で比較することを可能にする。本稿もこの考え方に基づき、伝統的な鑑賞方法を否定するのではなく、新たな視点を加える一つの試みとして、絵画の色彩分析を行うものである。

3 調査対象と分析手法

3.1 調査対象

絵画のRGB値を3次元空間にプロットするほか、HSV色空間を用いて暖色・寒色の比率を算出し、k-means クラスタリングによって主要な色数を特定する手法を用いる。本稿では、まず分析対象と手法を述べ、次にその分析結果を示し、最後に美術史的背景と照らし合わせながら考察を行う。調査対象とする絵画を以下の表1にまとめた。調査対象はパブリックドメインのものを選定し、インターネットからダウンロードする^{11),12)}。

Table 1 Target Works

作者/番号	ゴッホ	モネ	葛飾北斎
1	夜のカフェテラス	散歩、日傘をさす女性	神奈川沖浪裏
2	ひまわり	ルーアン大聖堂	凱風快晴
3	星月夜	睡蓮と日本の橋	駿州江尻

各絵画の内容は以下のとおりである。また、選定を行うあたり主観的な作品評価が含まれている。

『フィンセント・ファン・ゴッホ』

1. 《夜のカフェテラス》(1888年) (図2)

南仏アルルのプラス・デュ・フォルム広場に面するカフェを描いた作品。夜空の深い青色と人工光の眩い黄色の対比が色彩の心理的効果を論じる上で適している。

2. 《ひまわり》(1888年) (図3)

ゴッホを代表する作品群。花瓶に挿されたひまわりは7点描かれている。単一色相の中に多様な明度・輝度・彩度を駆使した表現が用いられている。

3. 《星月夜》(1889年) (図4)

サン=レミ=ド=プロヴァンスの精神病棟で療養していた際に描かれた作品。夜のカフェテラスが静的な作品であるのに対して、この作品は動的な表現が多分に含まれており、色彩表現に特徴がみられる。

『クロード・モネ』

1. 《散歩、日傘をさす女性》(1875年) (図5)

光の表現を探求したモネを代表する作品のうちの一つ。同年の作品にラ・ジャポネーズがあるように日本文化へのリスペクトとある種の批判精神が混在する時期に描かれた絵画。

2. 《ルーアン大聖堂》(1892-1894年) (図6,7)

連作より「朝の効果」「夕日」の2枚を取り上げる。同じ対象を異なる時間帯で描いた作品から色彩構成を分析する。

3. 《睡蓮と日本の橋》(1899年) (図8)

モネのジャポニズムを直接的に示す作品の一つ。水面の反射光や植物の色彩が豊かであり、他の作品と比較するうえでの対象として優れている。

『葛飾北斎』

1. 《神奈川沖浪裏》(1830-1834年) (図9)

世界でもっとも有名な日本の絵画の一つ。ペロ藍（ブルシアンブルー）を大胆に用いた鮮やかで力強い青の階調が最大の特徴として挙げられる。色彩が青系統に大きく偏ることが予想され、分析の基準点となる。

2. 《凱風快晴》(1830-1834年) (図10)

山肌の赤褐色と空の深青の対比が印象的な作品。神奈川沖浪裏とは異なるカラーパレットのため、両者を比較することで色彩表現の幅広さを示すことができる。

3. 《駿州江尻》(1830-1834年) (図11)

他の2作品よりも余白が多く用いられる色数も絞られたような印象を受ける作品。その少ない色数で細やかな草木の表現を実現している。

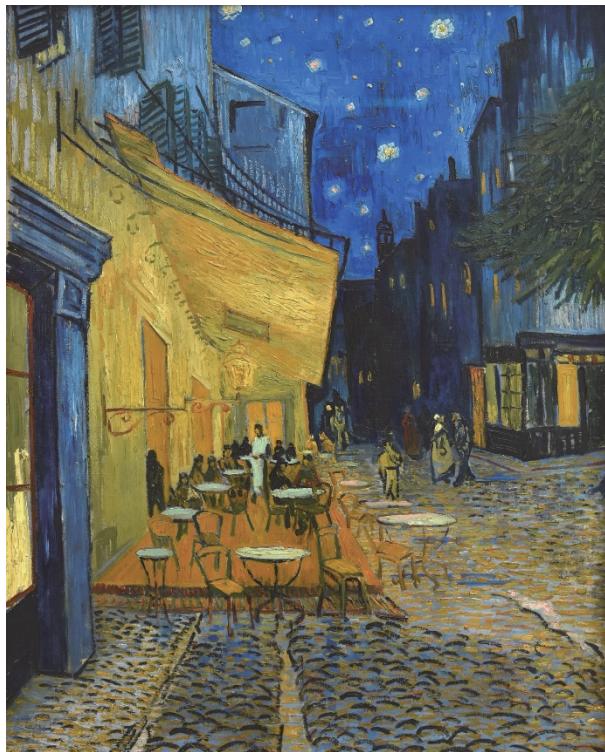


Fig.2 Vincent Williem van Gogh
“Cafeterras bij nacht”¹¹⁾



Fig.4 Vincent Williem van Gogh
“De sterrennacht”¹¹⁾



Fig.3 Vincent Williem van Gogh
“Zonnebloemen”¹¹⁾



Fig.5 Claude Monet
“La Promenade, la femme à l'ombrelle”¹²⁾

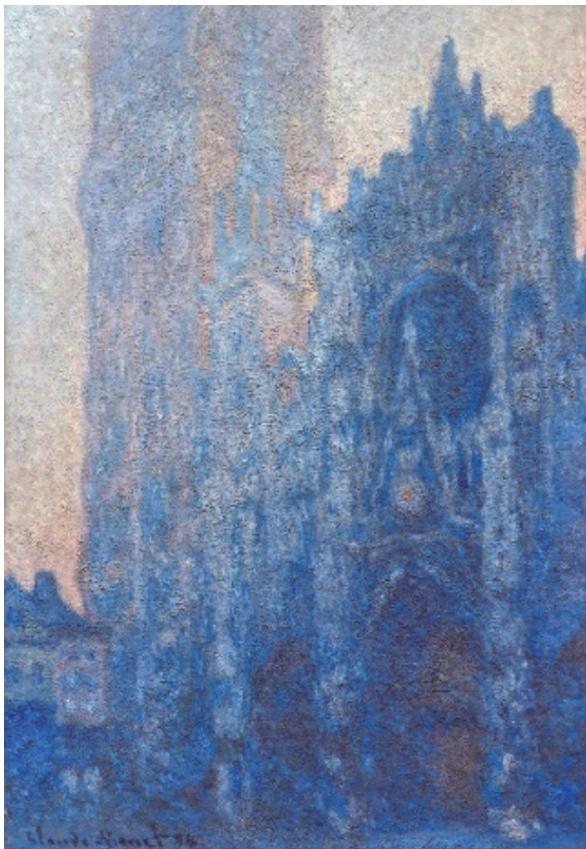


Fig.6 Claude Monet
“Rouen Cathedral Façade and Tour d'Albane
(Morning Effect)”¹²⁾

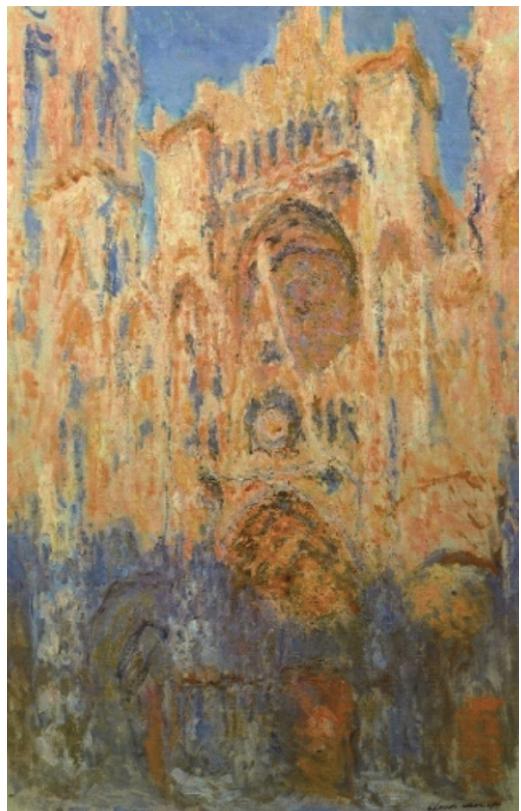


Fig.7 Claude Monet
“Rouen Cathedral, Facade (sunset), harmonie in
gold and blue”¹²⁾



Fig.8 Claude Monet
“Le bassin aux nymphéas”¹²⁾



Fig.9 葛飾北斎
“神奈川沖浪裏”¹¹⁾



Fig.10 葛飾北斎
“凱風快晴”¹¹⁾



Fig.11 葛飾北斎
“駿州江尻”¹¹⁾

3.2 分析環境

本調査における画像解析は、以下の環境で実施した。各ソフトウェアのバージョンは分析実施時点のものである。

<ハードウェアスペック>

- CPU: Intel (R) Core (TM) i7-9700 CPU @3.00GHz
- メモリ: 64GB
- GPU: NVIDIA Quadro P2200

<オペレーティングシステム>

- Windows 10 Pro

<主要ソフトウェア>

- ImageJ 1.54p 17 February 2025
- MATLAB R2023b

<使用プラグイン>

- Color Inspector 3D

3.3 分析手法

本調査で行った画像解析のプロセスを示す。

・前処理

絵画の分析範囲を定義する。本調査では額縁を含めない

絵画全体を分析範囲とする。具体的な手順は以下の通りとなっている。

1. ImageJ を起動する。
2. タブから File > Open から調査対象の画像を選択する。
3. タブの下部から範囲選択ツールを用いて画像の分析範囲を選択する。
4. タブから Edit > Clear Outside を選択し分析範囲を切り抜く。

・色彩分析

色彩分析を行うにあたり、本調査ではプラグイン頒布サイトから Color Inspector 3D と IJ Toolkit をインストールして使用する。導入方法は以下の通りとなっている。

1. ImageJ のプラグイン頒布サイトから Color Inspector 3D と IJ Toolkit をダウンロードする。
2. エクスプローラー内に保存されている ImageJ のフォルダを開く。
3. ダウンロードした Color Inspector 3D と IJ Toolkit を ImageJ > Plugins フォルダに移動する。
4. ImageJ 内で Color Inspector 3D と IJ Toolkit が使用可能か確認する。

色彩分析に必要な画像の取得方法の具体的な手順は以下の通りとなっている。

1. 前処理を行う。
2. タブから Plugins > Analyze > Color Inspector 3D を選択する。
3. Color Inspector 3D が起動する。
4. Color Space を RGB に変更する。(起動時は自動的にRGB値の三次元プロット画面が開く)
5. Display Mode を All Colors から Histogram に変更する。
6. File > Save Visualization で三次元プロット画像とLUTリストを保存する。
7. Color Space を HSV に変更する。
8. File > Save Visualization で三次元プロット画像とLUTリストを保存する。(Color Inspector 3Dでの作業は終了)
9. Plugins > Segmentation > k-means Clustering を選択する。
10. k-means clustering の詳細設定を行う。
 - Number of clusters : 3
 - Cluster center tolerance : 0.00100
 - Interpret stack as 3D : blank
 - Enable randomization seed : check
 - Randomization seed : 48
 - Show clusters as centroid value : check
 - Enable clustering animation : blank
 - Print optimization trace : blank
 - Send to results table : check
11. 詳細設定の後に ok を選択

12. クラスタリングされた画像、重心値で色付けされた画像（クラスタリングされた画像のLUTを編集することでも同様の画像が得られる）、各クラスタのRGB値の結果のテーブルが表示される。
13. 各画像、テーブルを保存する。
14. 各クラスタの構成比率を得るためにタブから Analyze > Histogram を選択
15. 表示された Window から List を選択
16. Value と Count の値をそれぞれ各クラスタのRGB値の結果のテーブルに貼り付け保存する。

以上の手順で色彩分析に使用するすべての画像が用意できる。

RGBデータから各色の出現頻度を重みとしたRGB成分の加重平均値と荷重標準偏差を算出する。加重平均値は、通常の平均値と異なり、数値の重要度や影響度を加味して算出する平均値である。今回の分析では、各色のRGB値の出現頻度（ピクセル数）として計算する。加重平均値は、(RGBの値 × その色の頻度)の合計を、すべての色の頻度の合計で割ることで求められる。

$$\bar{x}_\omega = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i \cdot \omega_i)}{\sum_{i=1}^N \omega_i} \quad (1)$$

N : 色の種類の総数 (csvファイルの行数)

x_i : i 番目の色のRGBの値

ω_i : i 番目の色の出現頻度

加重標準偏差は、色のばらつき具合を示す指標である。加重平均値と同様に各色の出現頻度を重みとして計算する。加重分散の平方根を探ることで算出できる。

$$\sigma_\omega^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \omega_i \cdot (x_i - \bar{x}_\omega)^2}{\sum_{i=1}^N \omega_i} \quad (2)$$

\bar{x}_ω : 加重平均値

x_i : i 番目の色のRGBの値

ω_i : i 番目の色の出現頻度

$$\sigma_\omega = \sqrt{\sigma_\omega^2} \quad (3)$$

HSVデータから暖色、寒色、中性色の割合を取得するためにMATLABを用いたデータ処理を行う。Color Inspector 3Dから保存できるLUTリストは、色彩の構成比率が小数点を切り捨てた数値で記録される。そのため、暖色、寒色、中性色の構成比率を合計した値が100%よりも小さくなる。本調査においては、この元データの丸め誤差を問題ないと判断する。使用したコードは付録に掲載する。

4 結果

4.1 色彩分布の可視化

各分析対象作品から抽出した全ピクセルのRGB値を3次元空間にプロットした結果を、図12から図21に示す。図の各点は個々のピクセルに対応し、原点(0, 0, 0)が黒、対角線上の最も遠い点(255, 255, 255)が白を示す。各分析対象作品の加重平均値、荷重標準偏差、RGBの最大値、最小値を表2から表11に示す。

4.1.1 ゴッホ《夜のカフェテラス》(図2)

・結果

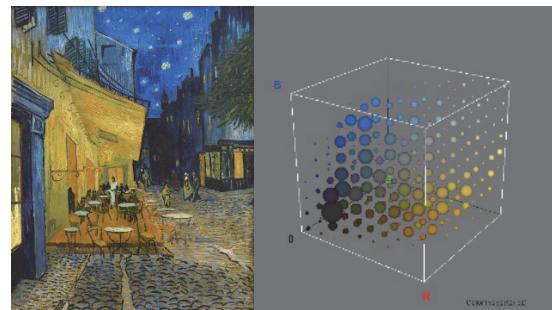


Fig.12 “Cafeterras bij nacht” RGB Space

Table 2 “Cafeterras bij nacht” Statistics

	R	G	B
加重平均値	105.71	106.71	87.507
加重標準偏差	58.186	45.805	54.305
最小値	8	8	8
最大値	248	248	248

・考察

加重平均値をみると、Rの値が最も高く、次いでGが高く、Bが最も低い。この組み合わせは黄色やオレンジ色を示しており、全体の色彩の中心的傾向であることを意味している。加重平均値がいずれも128よりも低いことから、全体としては明るい色よりも暗い色が多い構成となっている。標準偏差が大きいため、色に多様性が見られる。純色に近い鮮やかな色彩の頻度は低いことが読み取れる。

4.1.2 ゴッホ《ひまわり》(図3)

・結果

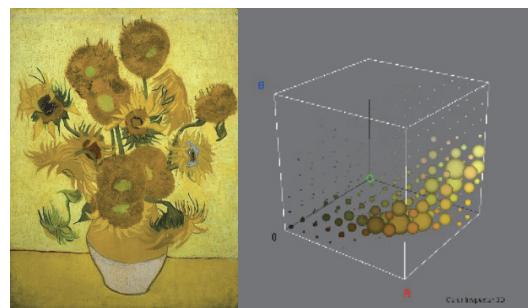


Fig.13 “Zonnebloemen” RGB Space

Table 3 “Zonnebloemen” Statistics

	R	G	B
加重平均値	181.99	165.39	46.382
加重標準偏差	44.403	48.185	40.99
最小値	8	8	8
最大値	248	248	248

・考察

加重平均値から、茶色、オレンジ、黄色といった暖色系の色が中心的なトーンを形成していることが読み取れる。RGB プロットからも R の領域に偏った分布が見て取れる。加重標準偏差が R,G,B ともに 40 前後と小さい値である。これは、使用されている色の範囲が狭く、似たような色調の色が多くを占めていることを示す。

4.1.3 ゴッホ《星月夜》(図 4)

・結果



Fig.14 “De sterrennacht” RGB Space

Table 4 “De sterrennacht” Statistics

	R	G	B
加重平均値	75.243	92.117	110.39
加重標準偏差	48.703	50.827	53.73
最小値	8	8	8
最大値	248	248	248

・考察

加重平均値を見ると、B,G,R の順で低くなっている。この関係性は、画像の中心的な色合いが青色やシアンであることを示す。この色彩の関係性はプロットからも読み取れる。加重平均値が RGB とともに 128 よりも低い値になっていることから、絵画全体を暗い部分が占めていることが分かる。加重標準偏差が RGB でそれぞれ 50 前後に集中している。ここから、暗い色で統一されつつも、その中に様々な明るさや彩度の色がバランスよく含まれていると考えられる。

4.1.4 モネ《散歩、日傘をさす女性》(図 5)

・結果

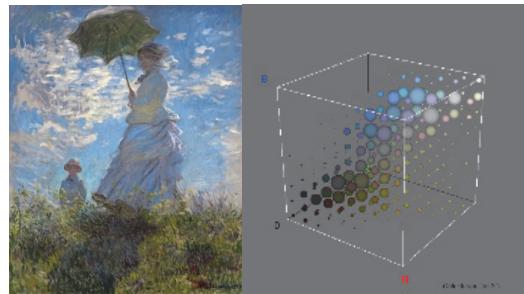


Fig.15 “La Promenade, la femme à l'ombrelle” RGB Space

Table 5 “La Promenade, la femme à l'ombrelle” Statistics

	R	G	B
加重平均値	129.06	138.4	139.42
加重標準偏差	46.775	47.17	65.935
最小値	8	8	8
最大値	248	248	248

・考察

GB が強く、R が弱い組み合わせから、シアンやターコイズブルーといった色合いがこの画像の中心的なトーンであることを示している。全体的に赤みが抑えられていることがプロットから読み取れる。荷重平均値がいずれも 128 前後に集まっていることから、中間的な明るさを持つことがわかる。加重標準偏差から、B の値が R と G と比較して突出して高くなっている。絵画に紺色から水色、空色のような色が広範囲に分布しており、青色の中での明暗のコントラストが非常に高いといえる。影の表現に黒を用いないことをポリシーとしていたモネの特徴がプロットから読み取れる¹³⁾。この特徴は他作品にも共通している。

4.1.5 モネ《ルーアン大聖堂 (朝の効果)》(図 6)

モネ《ルーアン大聖堂 (夕日)》(図 7)

・結果

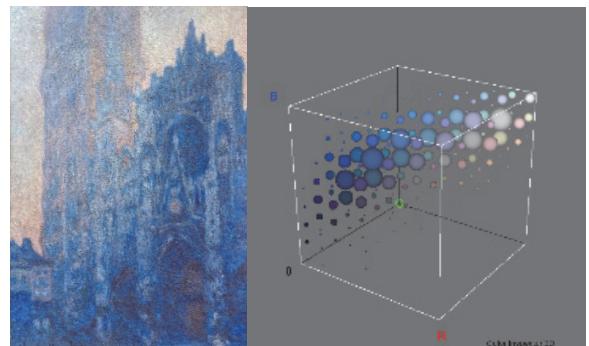


Fig.16 “Rouen Cathedral Façade and Tour d'Albane (Morning Effect)” RGB Space

Table 6 “Rouen Cathedral Façade and Tour d’Albane (Morning Effect)” Statistics

	R	G	B
加重平均値	125.5	142.48	175.17
加重標準偏差	63.606	50.74	36.07
最小値	8	8	8
最大値	248	248	248

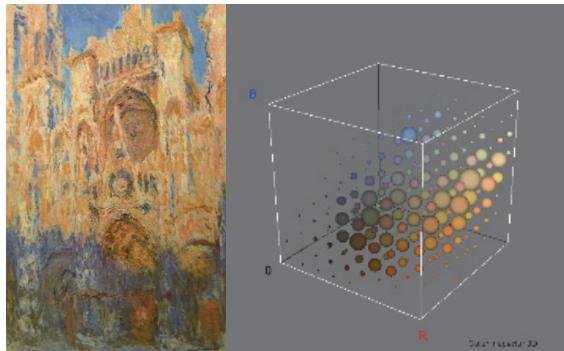


Fig.17 “Rouen Cathedral, Facade (sunset), harmonie in gold and blue” RGB Space

Table 7 “Rouen Cathedral, Facade (sunset), harmonie in gold and blue” Statistics

	R	G	B
加重平均値	165.39	137.89	94.797
加重標準偏差	50.987	43.391	44.871
最小値	8	8	8
最大値	248	248	248

・考察

《朝の効果》

加重平均値はBの値が突出して高くなっている。絵画全体が青色、紫色が中心的かつ支配的な色であると読み取れる。加重平均値がいずれも128前後、もしくはそれ以上であることから全体的に明るい描写だと分かる。加重標準偏差は加重平均値とは異なりBの値が36.1と最も低い。絵画全体が青色を主体とした基調であるにもかかわらず、その青色の種類は少なく、均一で単調であることがわかる。一方、Rの値が63.6と最も高く、絵画の明暗を赤色成分が決定していることを示唆している。つまり、赤色成分のコントラストが非常に強い絵画であるといえる。

《夕日》

加重平均値はRの値が突出している。赤、オレンジ、茶色といった暖色系が中心的な絵画であることがわかる。加重標準偏差はいずれも40から50台の値となっており、大きなばらつきがなくRGB値のバランスが取れた自然なコントラストを持つことが示されている。

二つの絵画は色彩の観点から見て対照的だといえる。プロットからもわかる通り、朝の効果は青色主体、夕日はオレンジ主体の色彩となっており、色相環の正反対に位置する関係性を持っている。両者とも加重平均値が128を上回る成分が多いことから共通して明るいシーン

が描写されていることがわかる。朝の効果は主体の色の多様性が極端に低く、赤色のコントラストが高い色彩構成であるのに対し、夕日は全ての色が均等にばらつきを持っており、調和のとれた色彩構成となっている。連作という形態をもつルーアン大聖堂を制作するにあたり、クロード・モネが風景に合わせて色彩構成を変化させていたことが考えられる。

4.1.6 モネ 《睡蓮と日本の橋》(図8)

・結果

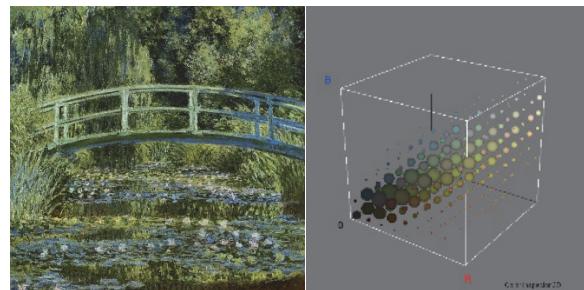


Fig.18 “Le bassin aux nymphéas” RGB Space

Table 8 “Le bassin aux nymphéas” Statistics

	R	G	B
加重平均値	97.468	108.89	71.829
加重標準偏差	54.343	50.21	43.352
最小値	8	8	8
最大値	248	248	248

・考察

加重平均値はGの値が最も高く、次いでR、Bの順で数値が高い。この関係性から、オリーブグリーンや黄緑色、茶色がかった緑色が絵画の中心的傾向であることが読み取れる。加重平均値がいずれも128より低いことから、全体が暗めのトーンで構成されていることがわかる。加重標準偏差から青色成分が比較的均一であり、赤色成分が絵画の陰影、質感、ディテールを担っていることが読み取れる。

4.1.7 葛飾北斎 《神奈川沖浪裏》(図9)

・結果

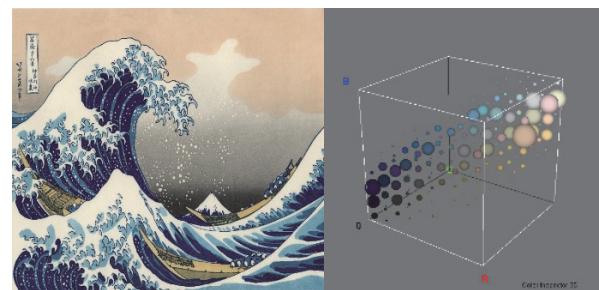


Fig.19 “神奈川沖浪裏”RGB Space

Table 9 “神奈川沖浪裏” Statistics

	R	G	B
加重平均値	161.89	160.28	154.26
加重標準偏差	81.093	71.263	53.277
最小値	8	8	8
最大値	248	248	248

・考察

加重平均値がいずれも 128 を大きく上回っている。絵画全体が非常に明るいトーンで構成されていることが読み取れる。また、青い波打つの表現を第一印象として受ける作品であるが、荷重平均値から B の値が最も低く、支配的な色彩はベージュやクリーム色であることが示された。加重標準偏差はいずれも高い値を示しており、コントラストが非常に強いことが読み取れる。

4.1.8 葛飾北斎《凱風快晴》(図 10)

・結果

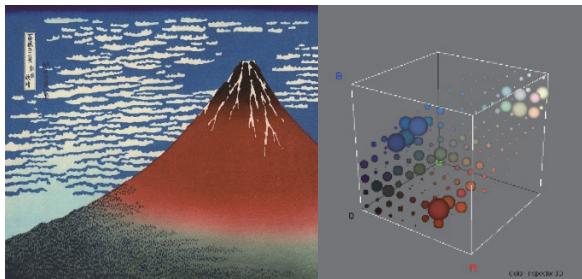


Fig.20 “凱風快晴”RGB Space

Table 10 “凱風快晴” Statistics

	R	G	B
加重平均値	117.92	108.4	116.1
加重標準偏差	73.934	66.003	62.552
最小値	8	8	8
最大値	248	248	248

・考察

プロットから、他の作品と比較して赤と青の二色に偏って分布していることが見て取れる。加重標準偏差がそれぞれ 60 から 70 台と高い値を示していることから色彩のコントラストが強く、一般的にこの絵画から受ける印象と分析した数値にギャップがあることが分かる。

4.1.9 葛飾北斎《駿州江尻》(図 11)

・結果

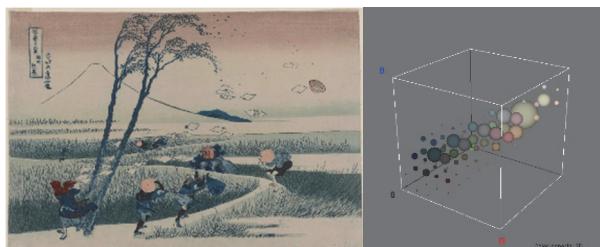


Fig.21 “駿州江尻”RGB Space

Table 11 “駿州江尻” Statistics

	R	G	B
加重平均値	150.6	150.38	133.38
加重標準偏差	53.865	44.385	34.904
最小値	8	8	8
最大値	248	218	218

・考察

プロットを葛飾北斎の他の二作品と比較した際に色数が限定されて使用されていることが読み取れる。加重標準偏差を比較した際も顕著に差が見られ、本作品は他作品よりもコントラストが低いことがわかる。いずれの作品も共通して富士山が描かれているが本作品のみ輪郭のみで描写されていることが色彩構成の違いの要因となっていると考える。

4.2 暖色・寒色比率の結果

各作品における暖色、寒色、及び中性色に分類されるピクセルの比率を算出した。HSV 空間プロット画像を図 22 から図 31 に、算出した数値を表 12 から表 21 に示す。

4.2.1 ゴッホ《夜のカフェテラス》(図 2)



Fig.22 “Cafeterras bij nacht” HSV Space

Table 12 “Cafeterras bij nacht” Color Composition

	色彩構成比率
暖色	25.203 %
寒色	55.946 %
中性色	18.835 %
合計	99.984 %

4.2.2 ゴッホ《ひまわり》(図 3)



Fig.23 “Zonnebloemen” HSV Space

Table 13 “Zonnebloemen” Color Composition

	色彩構成比率
暖色	47.667 %
寒色	40.788 %
中性色	11.520 %
合計	99.975 %

4.2.3 ゴッホ《星月夜》(図4)



Fig.24 “De sterrennacht” HSV Space

Table 14 “De sterrennacht” Color Composition

	色彩構成比率
暖色	1.708%
寒色	79.484%
中性色	18.784%
合計	99.976%

4.2.4 モネ《散歩、日傘をさす女性》(図5)



Fig.25 “La Promenade, la femme à l'ombrelle” HSV Space

Table 15 “La Promenade, la femme à l'ombrelle” Color Composition

	色彩構成比率
暖色	8.448 %
寒色	68.895 %
中性色	22.641 %
合計	99.984 %

4.2.5 モネ《ルーアン大聖堂（朝の効果）》(図6)

モネ《ルーアン大聖堂（夕日）》(図7)

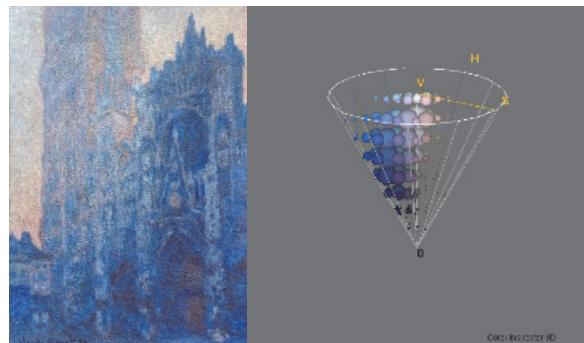


Fig.26 “Rouen Cathedral Façade and Tour d'Albane (Morning Effect)” HSV Space

Table 16 “Rouen Cathedral Façade and Tour d'Albane (Morning Effect)” Color Composition

	色彩構成比率
暖色	3.637 %
寒色	77.783 %
中性色	18.566 %
合計	99.986 %

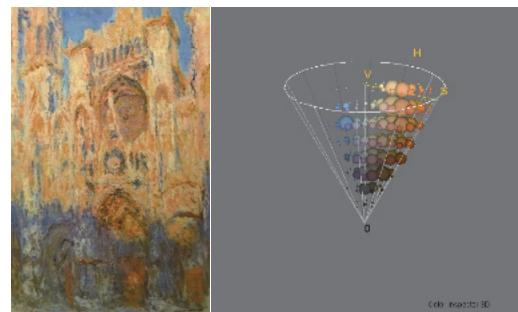


Fig.27 “Rouen Cathedral, Facade (sunset), harmonie in gold and blue” HSV Space

Table 17 “Rouen Cathedral, Facade (sunset), harmonie in gold and blue” Color Composition

	色彩構成比率
暖色	58.293 %
寒色	27.278 %
中性色	14.411 %
合計	99.982 %

4.2.6 モネ《睡蓮と日本の橋》(図 8)



Fig.28 “Le bassin aux nymphéas” HSV Space

Table 18 “Le bassin aux nymphéas” Color Composition

	色彩構成比率
暖色	10.045 %
寒色	78.741 %
中性色	11.193 %
合計	99.979 %

4.2.7 葛飾北斎《神奈川沖浪裏》(図 9)



Fig.29 “神奈川沖浪裏”HSV Space

Table 19 “Le bassin aux nymphéas” Color Composition

	色彩構成比率
暖色	19.066 %
寒色	46.678 %
中性色	34.244 %
合計	99.988 %

4.2.8 葛飾北斎《凱風快晴》(図 10)



Fig.30 “凱風快晴”HSV Space

Table 20 “凱風快晴”Color Composition

	色彩構成比率
暖色	26.372 %
寒色	57.137 %
中性色	16.478 %
合計	99.987 %

4.2.9 葛飾北斎《駿州江尻》(図 11)

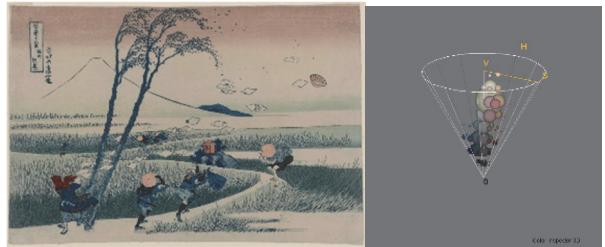


Fig.31 “駿州江尻”HSV Space

Table 21 “駿州江尻”Color Composition

	色彩構成比率
暖色	17.991 %
寒色	64.742 %
中性色	17.262 %
合計	99.995 %

4.3 主要色の抽出結果

k-means クラスタリング ($k=[$ 設定したクラスタ数]) を用いて各作品の主要色を抽出した。クラスタリングされた画像を図 32 から図 41 に、抽出された色のカラーパレットと、各色が画面全体に占める構成比率を表 22 から表 31 に示す。



Fig.32 “Cafeterras bij nacht” Clustering

Table 22 “Cafeterras bij nacht” Clustering Table

Cluster	0	1	2
R	168.225	53.36	92.763
G	143.084	59.837	120.101
B	60.487	57.273	157.818
Count	3619638	3674286	2924828



Fig.33 “Zonnebloemen” Clustering

Table 23 “Zonnebloemen” Clustering Table

Cluster	0	1	2
R	220.779	121.967	176.318
G	213.786	103.045	150.29
B	88.296	13.871	18.473
Count	8597169	4673545	7837286

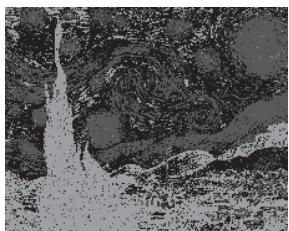


Fig.34 “De sterrennacht” Clustering

Table 24 “De sterrennacht” Clustering Table

Cluster	0	1	2
R	66.762	139.809	31.3
G	91.679	156.755	37.789
B	134.976	150.972	46.552
Count	20466019	14052716	16761265

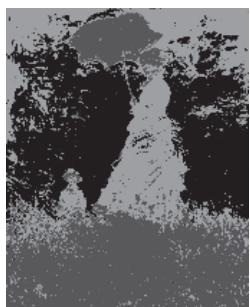


Fig.35 “La Promenade, la femme à l'ombrelle” Clustering

Table 25 “La Promenade, la femme à l'ombrelle” Clustering Table

Cluster	0	1	2
R	176.06	85.392	122.692
G	188.19	86.921	136.714
B	202.178	55.724	155.898
Count	297473	277920	270431

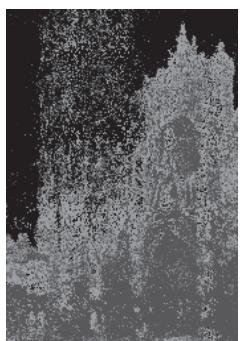


Fig.36 “Rouen Cathedral Façade and Tour d'Albane (Morning Effect)” Clustering

Table 26 “Rouen Cathedral Façade and Tour d'Albane (Morning Effect)” Clustering Table

Cluster	0	1	2
R	199.036	56.444	119.89
G	199.634	86	141.331
B	206.981	139.676	180.168
Count	247592	245728	228600



Fig.37 “Rouen Cathedral, Facade (sunset), harmonie in gold and blue” Clustering

Table 27 “Rouen Cathedral, Facade (sunset), harmonie in gold and blue” Clustering Table

Cluster	0	1	2
R	201.429	110.209	190.321
G	182.745	92.302	141.35
B	141.753	66.805	74.386
Count	227764	238672	205308

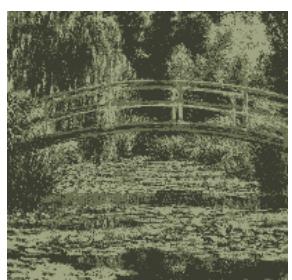
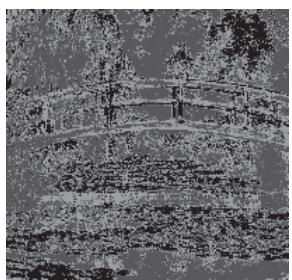


Fig.38 “Le bassin aux nymphéas” Clustering

Table 28 “*Le bassin aux nymphéas*” Clustering Table

Cluster	0	1	2
R	173.121	48.029	106.611
G	177.756	61.182	120.37
B	130.948	35.82	75.273
Count	224821	415016	364707

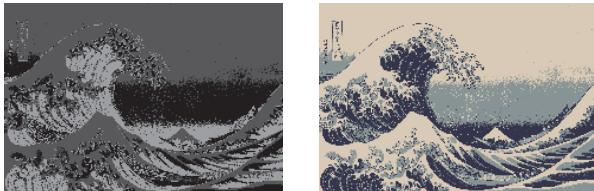


Fig.39 “神奈川沖浪裏”Clustering

Table 29 “*神奈川沖浪裏*” Clustering Table

Cluster	0	1	2
R	144.969	227.242	28.758
G	156.805	213.777	41.375
B	152.75	189.268	74.332
Count	3334193	6777192	2850265

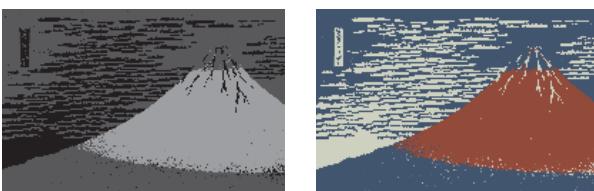


Fig.40 “凱風快晴”Clustering

Table 30 “*凱風快晴*” Clustering Table

Cluster	0	1	2
R	218.916	55.068	201.732
G	220.952	84.634	63.427
B	201.732	115.031	45.19
Count	2804489	6789225	3329086



Fig.41 “駿州江尻”Clustering

Table 31 “*駿州江尻*” Clustering Table

Cluster	0	1	2
R	70.989	180.104	227.437
G	89.266	166.94	216.532
B	85.338	147.218	197.554
Count	169230	427717	31853

抽出された主要色についてカラーコードを用いて結果をまとめる。

・ゴッホ

『夜のカフェテラス』からは、#A88F3C（構成比 35%）、#353B39（構成比 36%）、#5C789D（構成比 29%）が主要色として抽出された。

『ひまわり』からは、#DCD558（構成比 40%）、#79670D（構成比 22%）、#B09612（構成比 38%）が主要色として抽出された。

『星月夜』からは、#425B86（構成比 40%）、#8B9C96（28%）、#1F252E（32%）が主要色として抽出された。

・モネ

『散歩、日傘をさす女性』からは、#B0BCCA（構成比 35%）、#555637（構成比 33%）、#7A889B（32%）が主要色として抽出された。

『ルーアン大聖堂（朝の効果）』からは、#C7C7CE（構成比 34%）、#38568B（構成比 34%）、#778DB4（構成比 32%）が主要色として抽出された。

『ルーアン大聖堂（夕日）』からは、#C9B68D（構成比 34%）、#6E5C42（構成比 35%）、#BE8D4A（構成比 31%）が主要色として抽出された。

『睡蓮と日本の橋』からは、#ADB182（構成比 22%）、#303D23（構成比 42%）、#6A784B（構成比 38%）が主要色として抽出された。

・北斎

『神奈川沖浪裏』からは、#6A784B（構成比 25%）、#E3D5BD（構成比 52%）、#1C294A（構成比 22%）が主要色として抽出された。

『凱風快晴』からは、#DADCC9（構成比 22%）、#375473（構成比 53%）、#C93F2D（構成比 35%）が主要色として抽出された。

『駿州江尻』からは、#465955（構成比 18%）、#B4A693（構成比 47%）、#E3D8C5（構成比 35%）が主要色として抽出された。

5 考察

5.1 西洋と日本の色彩分布の差異

可視化したRGBの三次元プロット、暖色・寒色比率、主要色の抽出結果から、今回選定した画家において、日本と西洋の絵画には明確な色彩構成の違いが存在することが示唆される。

ゴッホとモネの作品ではRGBプロットにおいて特定の色彩を核にしつつも、広範囲にわたって連続的に分布する傾向が見られた。これは、油彩絵具の混色や厚塗りの技法からくるもので、光の移ろいや空気感を表現しようとした印象派の特徴が表れている。暖色と寒色の対比が際立っている一方で、その境界は無数の中性色により繋がれている。

一方、葛飾北斎の作品は色彩分布がRGB空間内の離れた複数の領域にそれぞれ塊となって存在する傾向が見られた。これは木版画という製作手法の特性上、色の境界が明確になり、平面的で均質な色彩が構成されることに起因する。主要色として抽出された色彩分布からも西洋作品と比

較して分布にまとまりがあることが読み取れる。

5.2 色彩構成に見る文化的背景

色彩分布の差異は、描画材料や技法の違いだけではなく、それぞれの文化の持つ芸術に対する価値観や美意識を反映していると考えられる。

印象派は、光の効果や色彩により生まれる対象への瞬間的な印象を描くことを追求した。本調査で見られた色彩の分布から、現実世界の光と影が作り出す現象をキャンバス上に再構築しようとする西洋の科学的で分析的なアプローチが感じ取れる。

対して、日本の浮世絵は写実的な表現よりもデザインとしての洗練や様式美を追求してきた。限られた色数で最大の効果を生むための大膽な構図、明確な境界線、余白の美は、自然を抽象化して捉える独自の美意識に基づいている。本調査で確認された色彩分布のクラスタリングは、平面的でありながらも調和のとれた構成に重きを置いた日本の文化的背景を示唆している。

5.3 本分析手法の有効性と限界

○有効性

・客観的な評価

加重平均値や標準偏差といった数値、あるいは3次元プロットの分布形状として客観的に示すことができる。

・新たな分布傾向や作者の「癖」の発見

人間の視覚では捉えきれない色彩分布の全体的な傾向や、作家ごとの微細な「色の癖」を可視化し、新たな研究の切り口を発見する可能性がある。

・比較研究への応用

同一の基準で複数の作品を分析することで、時代や流派、あるいは作家のキャリアを通じた色彩表現の変遷を追跡するなど、より広範な比較研究への応用が期待できる。

○限界

・物理的質感の欠如

本分析はデジタル化された画像データを対象とするため、絵具の盛り上がり（マチエール）や筆致、キャンバスや和紙といった支持体の質感など、作品が持つ物理的な情報を捨象してしまう。

・デジタルデータへの依存

分析結果は、元となるデジタル画像の品質（解像度、色再現性）に完全に依存する。撮影時の照明や経年による絵具の退色なども、結果に影響を与える。

・芸術的価値の非代替性

本手法による分析は、作品の芸術的価値や感動を代替するものではない。色彩の定量化はあくまで作品を理解するための一つの側面に過ぎず、その背景にある歴史的文脈や作家の思想、そして鑑賞者自身の解釈といった、多角的な視点と組み合わせて初めてその真価を發揮するものである。

6 おわりに

本調査では、ImageJを用いて西洋と日本の名画における色彩分布の定量的分析を試みた。その結果、西洋絵画の色彩が連続的に分布するのに対し、日本の浮世絵では複数の塊として離散的に分布するという明確な差異が示された。これは制作技法や様式美を重視する文化的背景を反映していると考えられる。本手法は、従来の主観的評価を補完する客観的指標を提供する点で有効性を持つ。今後の展望として、分析対象を他ジャンルへ拡大すると共に、質感など他の視覚要素を統合した複合的な分析手法の確立が期待される。

参考文献

- 1) 南雲治嘉, デジタル色彩デザイン, 2016, グラフィック社.
- 2) 大里浩二, 全ての人に知っておいてほしいグラフィックデザインの基本原則, 2012, 株式会社エムディエヌコーポレーション.
- 3) 稲蔭正彦, 内山博子, コンピュータグラフィックスアート, 1988, パーソナルメディア株式会社.
- 4) ルイ・ルロワ, 印象派の展覧会, 1874, ル・シャリヴァリ.
- 5) 富永惣一, マネ／モネ, 1966, 株式会社河出書房新社.
- 6) 井出洋一郎, アレクサン德拉・R・マーフィー, ミレー展「四季」アース色のやさしさ 図録, 日本テレビ放送網株式会社.
- 7) 島田紀夫, 印象派の挑戦：モネ, ルノワール, ドガたちの友情と戦い, 2009, 小学館.
- 8) 日本民藝館, 柳宗悦と日本民藝館, 公益財団法人日本民芸館, available from <<https://mingeikan.or.jp/about/soetsu/>>, (最終閲覧日: 2025/09/21)
- 9) 小林光夫, 絵画における色彩美の数理的分析の研究, 小林光夫, 1999, 10.11501/3191150.
- 10) 安井裕雄, 光の画家モネの美しき世界, 2024, 株式会社宝島社.
- 11) パブリックドメインQ, 著作権フリー画像素材集, available from <<https://publicdomainq.net/>>, (最終閲覧日: 2025/09/21)
- 12) G素材, 絵画の素材, available from <<https://g-sozai.com/>>, (最終閲覧日: 2025/09/21)
- 13) 森実与子, モネとセザンヌ, 2012, 株式会社新人物往来社.

付録

```
csvFilename = '星月夜.csv';

fprintf('MATLAB による色彩分析を開始します ... \n');

if ~isfile(csvFilename)
    error(' エラー : ファイル "%s" が見つかりません。 \n
          このスクリプトと同じフォルダに CSV ファイルを置いてください。 ', csvFilename);
end

[~, paintingName, ~] = fileparts(csvFilename);

opts = detectImportOptions(csvFilename);
opts.VariableNamingRule = 'preserve';
dataTable = readtable(csvFilename, opts);
dataTable.Properties.VariableNames =
strtrim(dataTable.Properties.VariableNames);
requiredCols = {'Red', 'Green', 'Blue', '%'};
if ~all(ismember(requiredCols,
dataTable.Properties.VariableNames))
    error(' エラー : CSV ファイルに必要な列 (Red, Green,
Blue, %) が見つかりません。 ');
end
numRows = height(dataTable);
warm_ratio = 0;
cool_ratio = 0;
neutral_ratio = 0;
for i = 1:numRows
    rgb_normalized = [dataTable.Red(i),
dataTable.Green(i), dataTable.Blue(i)] / 255.0;
    hsv = rgb2hsv(rgb_normalized);
    H = hsv(1); S = hsv(2); V = hsv(3);
    percentage = dataTable.('%')(i);
    if S < 0.1 || V < 0.1 || V > 0.95
        neutral_ratio = neutral_ratio + percentage;
    elseif (H >= 0 && H < 60/360) || (H >= 330/360
&& H <= 1)
        warm_ratio = warm_ratio + percentage;
    else
        cool_ratio = cool_ratio + percentage;
    end
end

fprintf('--- 分析結果 --- \n');
fprintf('『%s』 の色彩構成比率 \n', paintingName);
fprintf(' 暖色 : %.3f %% \n', warm_ratio);
fprintf(' 寒色 : %.3f %% \n', cool_ratio);
fprintf(' 中性色 : %.3f %% \n', neutral_ratio);
fprintf('----- \n');
total_ratio = warm_ratio + cool_ratio + neutral_ratio;
fprintf(' 合計 : %.3f %% \n', total_ratio);
```