

カラーイメージスケールを用いた形容詞による配色選択とそれを適用した画像検索システムの実現

大塚 ひまわり[†] 林 康弘[†] 岡田 龍太郎[†] 中西 崇文[†]

[†] 武蔵野大学データサイエンス学部データサイエンス学科 〒135-8181 東京都江東区有明 3-3-3

E-mail: [†] himawari.otsuka.2019@ds.musashino-u.ac.jp, yasuihiro.hayashi@ds.musashino-u.ac.jp
ryotaro.okada@ds.musashino-u.ac.jp, takafumi.nakanishi@ds.musashino-u.ac.jp

あらまし 本稿は、検索者が想像する画像の全体印象を形容詞・配色データベースにより選択・描画可能とする画像問い合わせ機構を有する画像検索システムの実現方式について述べる。このシステムにより表現可能な検索者の意図は色彩と構図である。具体的には、本システムはカラーイメージスケールに定義されている形容詞のうち検索者が意図する画像の全体的な印象を表す形容詞と、それに基づいて決定される3配色を用いてN×Nのマスキに描画される画像問い合わせにより、その画像問い合わせの色彩・配置に類似する画像群を画像データベースから検索する。本システムの特徴は、問い合わせ部に形容詞・配色データベースを設定し、任意のカラーイメージスケールの代表色130色による3色の組み合わせと形容詞のセットを定義できる点、検索者が問い合わせ時に形容詞に対応する配色の検索・選択を行うことにより色彩意図を表現できる点、選択される3色により画像問い合わせを検索者自ら描くことにより構図意図を表現できる点、さらにその問い合わせの色彩・配置に類似する画像群を画像データベースから検索できる点である。

キーワード 配色選択, カラーイメージスケール, 画像検索, Query by Drawing

1. はじめに

近年、インターネット上に膨大な数の様々な画像データが散在して蓄積されており、ユーザがこれらの画像データを取得、利活用する機会が増大している。それに伴い、これらの画像データ群からユーザの意図に合致する画像データを検索する手法の実現が重要となっている。

現在、インターネット上で普及している多くの画像検索エンジンは、検索の際にキーワードをクエリとして受け取り、そのキーワードに合致する画像データを検索する。しかしながら、ユーザが画像を検索する際、画像を想起するキーワードが少ない場合、表現が難しい場合、知らない場合、ユーザはその検索意図に合致した画像を検索することが困難である。

また、検索したい画像に対応する画像データがユーザの手元にない場合、ユーザがイメージする画像を言語化してキーワードとして表現するか、そのイメージをもとに例示画像を探したり、画像を描いたりするなどのイメージの具現化が必要となる。よりユーザの検索意図に合致する検索を実現するためには、ユーザが想像する画像に対する印象を容易に具現可能とし、クエリとして検索エンジンに入力する機構の実現が求められる。

本稿では、検索者が想像する画像の全体印象を形容詞・配色データベースにより選択・描画可能とする画像問い合わせ機構を有する画像検索システムの実現方式とそれを用いたシステムの有効性と実現可能性について示す。具体的には、ユーザが想像する画像の全体的な印象を表す形容詞と、それに基づいて決定される

3配色を用いてN×Nのマスキに描画される画像問い合わせにより、その画像問い合わせの色彩・配置に類似する画像群を画像データベースから検索する。本システムの特徴は問い合わせ部に形容詞・配色データベースを設定し、任意のカラーイメージスケールの代表色130色による3色からなる配色パターンと形容詞のセットを定義できる点、ユーザが問い合わせ時に形容詞に対応する配色の検索・選択を行える点、選択される3色により画像問い合わせをユーザ自ら描き、その問い合わせの色彩・配置に類似する画像群を画像データベースから検索できる点である。ユーザは検索したい画像の色彩特徴と配置特徴をN×Nのマスキに自ら描画でき、これらの特徴により、本問い合わせ生成機構はユーザの色彩意図と構図意図を表現可能とする。そうして、ユーザの意図を反映し作成されたクエリ画像の色彩・配置に類似する画像群を画像データベースから検索する。

画像データの場合、インターネット上に膨大な数の様々な画像データが散在して蓄積されているが、その画像データ群をユーザが明確なイメージを持って記憶している場合は少なく、試行錯誤をしながら、該当の画像データを具現化して思い出しながら、該当の画像データに近づけていくことで、探索的に絞り込むことが可能になる。

本稿は次のように構成される。2節は関連研究について紹介する。3節は形容詞・配色データベースによる配色選択と問合せ作成による画像検索方式について示す。今回、我々は構築された実験システムにより本方式の画像検索精度について検証を行った。4節では、

その検証結果および考察について示される．最後に 5 節は本稿をまとめる．

2. 関連研究

ユーザが持つ印象を用いた画像検索手法として、文献[1]のように形容詞と色情報を関連づけ、その色情報をもとに適当な画像を提案する手法や、文献[2]のように描かれているオブジェクトの情報を用いる手法、文献[2,3]のように概略図を作製しクエリ画像とする手法がある．

木本[1]は、カラーイメージスケール[4]において、印象語、形容語、および感性表現である感性語に対応づけられた 3 色もしくは 5 色と、画像の代表色パターン (3 色もしくは 5 色)との類似度計量をして、類似画像を導出するシステムを提案している．この研究では、システムが予め検索対象となる画像の代表色を抽出する．ユーザが感性語をシステムに入力することによりその感性語に対応する配色パターンが提示される．ユーザが提示される配色パターンから任意に 1 パターンを選択、入力し、その 1 パターンと検索対象画像の代表色を Lab 標色空間上における距離を算出することにより印象に合致する画像を検索している．このシステムはユーザから入力される配色パターンを用いて描かれる概略図によりユーザの意図に合致した画像検索を実現している．

西山ら[2]は、特定のオブジェクトや全体像など人間が画像を見分ける際に注目する箇所に着目し、画像表現モデルを構成している．このモデルの特徴は、画像に対して領域・オブジェクト・そのオブジェクトの特徴の 3 つの見地からなる略画を画像検索のためのクエリとして提案している点である．このモデルを実現するシステムでは、画像の全体像を表す領域設定において、任意の色を選んだのち任意の多角形を描いて略画を可能にしている．本システムでは、形容詞に当てられている色の組み合わせのうちから、任意の色の組み合わせを選び、 $N \times N$ グリッドを塗りつぶすことによりクエリ画像は作成される．

松崎ら[3]は、画像内にあるオブジェクトなど特定の領域の色・面積・位置・形状・配置について着目し、ユーザによって作成される図形を組み合わせた概略図を用いた画像検索システムを提案している．この研究では、概略図を作成したのち前述の 5 つの特徴それぞれに重みを設定し、探している画像が持つ 5 つの特徴のうちどれをより重要視するのかを指定することでユーザの意図をより反映したクエリ生成を可能にしている．本方式では、ユーザによって作成される、 $N \times N$ グリッドのキャンバスを探している画像を模すように塗りつぶした画像をクエリとして用いる．

Valova ら[5]は、画像の大域的・局所的な色特性を用

いた画像データベース内での整理及び検索手法を提案している．このモデルの特徴は、画像に含まれる色を 10 色まで減らし、 $N \times N$ のグリッド画像に変換したのちグリッド画像及び数値データと主要な色をデータベースに格納しておく点である．主要な色や 10 色のみを用いて作成されたグリッド画像をユーザからクエリとして受け取り、ソートあるいは類似度計量をすることでデータベース内の画像検索を可能にする．本システムではユーザが作成した、形容詞に定義されている 3 色の配色パターンを用いてクエリ画像を受け取り、データベース内の画像との類似度計量を行い、画像検索を行う．

林ら[6]は、画像について色情報とオブジェクト情報とに分けて考え、画像表現モデルを構成している．このモデルの特徴は、色情報とオブジェクト情報のそれぞれを既存の画像の色もしくはオブジェクト情報を組み合わせて新たに作成し、クエリとして用いることにより画像を検索する点である．このモデルでは、あらかじめ検索対象画像の色情報をカラーヒストグラムに変換し、オブジェクト情報を 2 値化したグリッド画像に変換しておく．そして、ユーザからクエリとして与えられた色情報とオブジェクト情報と、検索対象画像が持つ色情報とオブジェクト情報との類似度を算出し類似度の大きい画像を提示する．本システムは、ユーザが自ら作成したクエリ画像を受け取り、検索対象画像との類似度を算出し類似度の大きい画像を出力することで画像検索を実現する．

また、画像検索におけるクエリ拡張の例として文献[7]が挙げられる．Toilas らは、画像検索のために hamming embedding(HE)技法を用いたクエリ拡張技術を提案している．これは、データベース内の画像の特徴を HE で抽出したのち特徴量空間を作り、クエリ画像を定義するような特徴ベクトルを生成する、というものである．本方式では、クエリ画像と検索対象画像間の類似度を計算する際、あらかじめ全検索対象画像に主成分分析を施して得られた特徴量空間に、クエリ画像の特徴ベクトルを写像して計算を行なっている．

本システムにおけるクエリ画像は、カラーイメージスケール[4]において扱われている形容詞の中からユーザが選択した形容詞に対応した 3 色からなる配色パターンを提示し、ユーザがその中から任意の配色パターンを選び、 $N \times N$ グリッドを塗りつぶすことで生成される．こうすることにより、ユーザが想像する画像のイメージを $N \times N$ グリッドの単純な表現形式で具現化し、クエリにすることが可能となる．本方式は、ユーザのイメージを直感的に表現するだけでなく、類似画像を導出するための計量においても精度を上げることが可能になると考えられる．

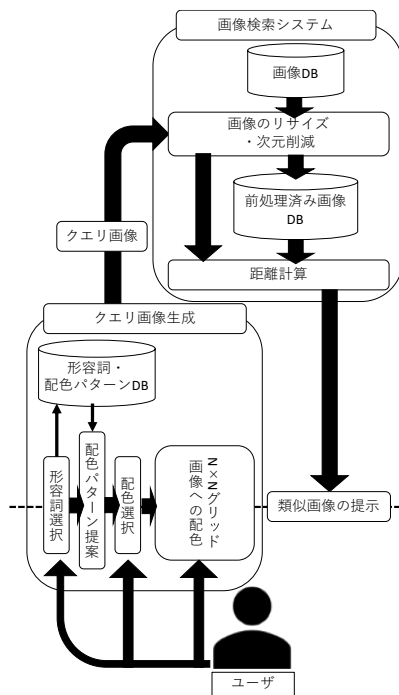


図 1. 提案方式の全体像

3. 形容詞・配色データベースと画像問合せ作成機構による画像検索方式

3.1. システム全体像

本節では、本システムの概要について述べる。提案方式の全体像を図 1 に示す。本システムでは、ユーザーにより検索対象として想定する画像に当てはまる形容詞が選択され、選択された形容詞に対応する 3 色からなる配色パターンの候補を提示し、ユーザーにより最も当てはまるものを選択される。次に、ユーザー自身により選択された配色パターンに含まれる色のみを用いて、検索対象として想定している画像を模したクエリ画像が作成される。そして検索対象画像と合わせて次元削減及び検索対象画像との距離計算を行い、入力したクエリ画像との類似度が大きい画像を数枚出力する。

3.2. カラーイメージスケールと形容詞・配色データベース

本研究では、形容詞と色を関連付ける根拠として、小林[4]の提唱するカラーイメージスケールを形容詞・配色データベースとして用いる。カラーイメージスケールには、単色にそれぞれ形容詞を結びつけた単色イメージスケールと、3 色の配色に形容詞を結びつけた配色イメージスケールがある。本研究では、配色イメージスケールを用いて、入力した形容詞と 3 色の配色パターンを対応させる。文献[6]では、配色パターンは 1,170 例に対して、形容詞は 219 語が使われている。形容詞 1 つに対して配色パターンは最小で 1 つ、最大で

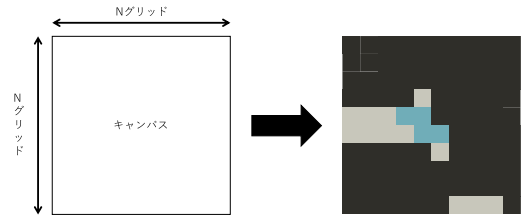


図 2. クエリ画像の作成

14 個対応している。なお、形容詞・配色データベースは他の配色に関する知見データに差し替えることも可能である。これにより特定分野の色彩（例：浮世絵やピカソがよく用いた色彩に限定する等）による配色選択も可能となる。

3.3. クエリ画像作成

本システムではユーザー自身が形容詞を選択し、選択した形容詞に定義された配色パターンが提示され、その中から検索したい画像の色味と似ているものを選択する。そして、 $N \times N$ グリッド画像を作成しクエリ画像とする。本節では、形容詞選択からクエリ画像生成までの流れについて示す。

3.3.1. カラーイメージスケールを用いた色選択

本節では、作成するクエリ画像に用いる色の選択について述べる。まず、ユーザーはカラーイメージスケールにて定義されている形容詞 219 語の中から、検索したい画像と関連があると考えたものをひとつ選択する。本システムは、選択した形容詞に対応付けられている 3 色の配色パターンを全て提示する。ユーザーは提示された配色パターンから、調べたい画像の色味と似ている組み合わせを選択する。













3.3.2. $N \times N$ グリッド画像の作成

本節では、検索クエリとして用いる $N \times N$ グリッド画像の作成方式について述べる。図 2 のように、ユーザーはあらかじめ用意されている $N \times N$ に分割したグリッド上のキャンバスの各グリッドに対して、3.3.1 節で選択した 3 色からなる配色パターンから色を選び、検索したい画像を再現するように塗りつぶす。本システムではユーザーによって 3 色で塗りつぶして作成されたグリッド画像をクエリ画像として用いる。このとき、グリッド数を調整することにより作成するクエリ画像の解像度を変更することができる。

3.4. 画像の次元削減及び距離計算

本節では、クエリ画像と検索対象画像との距離計算方法について述べる。本システムでは、あらかじめすべての検索対象画像に拡大・縮小処理を施し、同じサイズ ($m \times m$ ピクセル) になるよう変形しておく。具体的な変形方式については、実験の際に述べる。次に、各検索対象画像から画素の RGB 値を要素とするベクトル v を構成する。画像の左上を起点とし、左上から右

表 1. 実験 1 結果

クエリ画像	1位	2位	3位	4位	5位
					
類似度	1.00	0.7574032100	0.7486137793	0.7366557831	0.5461859437
					
類似度	1.00	0.6940768532	0.6412279875	0.6339740874	0.6313451203

下へ横方向に画素の情報を取得して RGB の順で並べ、長さ $l = m \times m \times 3$ のベクトルを構成する．各画像に対応するベクトル \mathbf{v}_i は以下の式で表される．

$$\mathbf{v}_i = (v_1, v_2, \dots, v_l)$$

次に、主成分分析を行い、ベクトル \mathbf{v}_i の次元を削減する．全ての検索対象画像に対応するベクトル \mathbf{v} を用いて主成分分析を行い、次元数 p を指定し各ベクトル \mathbf{v}_i を次元数 p のベクトル \mathbf{w}_i に変換する．次元数 p は実験の際に指定する．各画像に対応する次元削減したベクトル \mathbf{w}_i は以下の式で表される．

$$\mathbf{w}_i = (w_1, w_2, \dots, w_p)$$

検索を行う際には、クエリ画像に対して検索対象画像と同じくリサイズを施した RGB 値を要素とするベクトルを構成する．そのベクトルを主成分分析で求めた空間に写像しベクトル \mathbf{x} を得る．検索対象画像とクエリ画像との距離をコサイン類似度 s として算出して類似度の大きい順に画像を出力し検索結果とする．コサイン類似度 s は以下の式で表される．

$$s = \frac{w_1 x_1 + \dots + w_p x_p}{\sqrt{w_1^2 + \dots + w_p^2} \sqrt{x_1^2 + \dots + x_p^2}}$$

4. 実験

4.1. 実験方法

3 章にて示した手法を、Python 言語を用いて実装し実験を行った．実装したシステムでは、カラーイメージスケールにて定義されている形容詞がユーザによって選択される．システムは選択される形容詞に対応する 3 色からなる配色パターンリストをユーザに提示する．提示された配色パターンリストの中からユーザは 1 つの配色パターンを選択する．選択した配色パターンを用いてユーザ自ら 10×10 に分割したキャンパスのグリッドを任意に塗りつぶしクエリ画像が作成された．検索対象画像にはあらかじめ拡大・縮小処理を施し 240×240 ピクセルの画像に変形して画像サイズを

統一した．クエリ画像のサイズも検索対象画像と同じ大きさに統一した．そして、検索対象画像とクエリ画像との類似度を算出した．検索結果として類似度の大きい画像数枚とその類似度を出力し、順位と類似度に対して評価を行った．検索対象の画像は、メトロポリタン美術館[8]が提供しているデータのうち油彩画の画像を 220 枚ダウンロードして使用した．本システムでは、画像の主成分分析を行う際に、Python の機械学習ライブラリである scikit-learn[9]を利用している．

実験 1 では画像間の距離計算の正確さを検証するために、クエリ画像としてリサイズした検索対象画像を入力し、同じ画像が出力されるかどうかの実験を行った．

実験 2 では実際にクエリ画像を作成し、意図した画像を出力する実験を行った．

4.2. 画像検索精度検証

実験 1 として、画像間の距離計算の正確さを検証するために、クエリ画像に検索対象画像をリサイズしただけの画像を用いて検索をかけて検索精度検証を行った．結果を表 1 に表す．1 番目のクエリ画像も、2 番目のクエリ画像も、同じ画像を類似度 1.0 で検索できていることがわかる．また、2 位以降の画像についても、2 番目の画像に関しては意図した画像と似たような画像を検索することができた．1 番目の画像に関しては、画像の構図が似ている程度ではあるが、類似度の値が 2 番目のものよりも全体的に小さく算出されていることから検索対象画像の中でも比較的似ている画像が結果として算出されたと言える．

4.3. 問い合わせ作成精度検証

次に、作成したクエリ画像を用いた検索精度を検証するための実験を行った．実際にクエリ画像を作成し、入力して得られた検索結果を表 2、表 3、表 4 に表す．

表 2 の実験は、含まれている色の色相や明度がお互いに、かつ意図した画像に含まれているものと似てい

表 2. 実験 2 結果











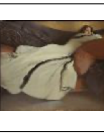




意図した画像	クエリ画像	1位	2位	3位	4位	5位	6位
							
	理知的な	0.74941057	0.57520472	0.52710776	0.52243072	0.51079727	0.50932509
							
	冷静な	0.69426338	0.57504060	0.50683535	0.47445527	0.44774469	0.44423413

表 3. 実験 3 結果



















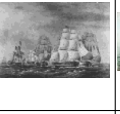

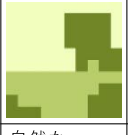





意図した画像	クエリ画像	1位	2位	3位	4位	5位
						
	やさらかな	0.84895084	0.82695375	0.78511711	0.76329278	0.76317556
						
	知的な	0.93442571	0.92972984	0.89553070	0.83401317	0.83365267

表 4. 実験 4 結果

意図した画像	クエリ画像	1位	2位	3位	4位	5位
						
	おだやかな	0.88687806	0.64009959	0.63969470	0.63214136	0.62336359
						
	自然な	0.84794160	0.81648879	0.80089779	0.76358294	0.76281028

る配色パターンを 2 つ選択しクエリ画像を生成したものである。その際、1 番目のクエリ画像に用いた配色パターンは意図した画像に含まれる色の色相を、2 番目のクエリ画像に用いた配色パターンは意図した画像に含まれる色の明度を再現するような配色パターンを選択した。結果として、1 番目のクエリ画像では意図した画像が 1 位に、2 番目のクエリ画像では意図した画像が 6 位に出力された。この結果より、全体的な色の色相や明度が似た配色パターンのうち、より色相が似ている配色パターンを用いると再現度が高くなると

ということがわかった。

次に、表 3 の実験では、意図した画像と明度が似通った配色パターンと、色相が似通った配色パターンの 2 つを用いて、それぞれでクエリ画像を作成し実験した。その結果、1 番目の明度を意識した配色パターンを用いたクエリ画像では意図した画像が 1 位に出力され、2 番目の色相を意識した配色パターンを用いたクエリ画像では意図した画像が出力されなかった。この結果より、多少色相は異なっても意図する画像に含まれる色の明度と似た明度をもつ配色パターンを用

いると再現度が高くなるということがわかった。

最後に、表 4 の実験では上記 2 つの実験結果で得られた、色の明度が再現度向上に重要である、という結果をさらに検証するために、意図した画像に含まれる色と明度が似た配色パターンを 2 つ選択しクエリ画像を作成して実験した。結果として、1 番目のクエリ画像と 2 番目のクエリ画像ともに意図した画像が 1 位に出力され、2 位以降の出力結果も類似度もほぼ等しかった。このことから、色の配置によるユーザの構図意図もうまく検索に反映できているといえる。

以上の実験結果より、検索対象画像と明度の類似するクエリ画像を生成することで、精度の高い検索が行えると考えられる。本方式では主成分分析をする際の基準となる要素として画像の RGB 値を用いているが、RGB 値は各色の明るさを基準とした値であるため、明るさの情報が類似度比較においても色濃く反映されてしまったのだと考えられる。しかし、RGB 値の数値から人間が色を想像するのは難しく、本システムの目指す、より簡単な印象の具現化として用いるのには向いていないと考える。そして、印象を具現化するためには、より人間の直感に近い表色系を用いた改良が重要になると考え、今後の課題とする。また、絵画が人に与える印象は、色の他に構図にも左右される[10, 11]。したがって、ユーザがクエリ画像を作成する際に、ユーザが求める絵画の構図に合わせてある程度色を配置する領域を定めたガイド付きのキャンバスを用意するなどの工夫も容易なクエリ作成のために必要であると考え、合わせて今後の課題とする。

5. おわりに

本稿では、検索者が想像する画像の全体印象を形容詞・配色データベースにより選択・描画可能とする画像問い合わせ機構を有する画像検索システムの実現方式とそれを用いたシステムの有効性と実現可能性について示した。

本システムの特徴は 2 点ある。1 つ目は問い合わせ部に形容詞・配色データベースを設定しユーザが問い合わせ時に形容詞に対応する配色の検索・選択を行える点、2 つ目は選択される 3 色により画像問い合わせをユーザ自ら描くことができ、その解像度の調節も可能な点である。

任意のカラーイメージスケールの代表色 130 色による 3 色からなる配色パターンと形容詞のセットを定義できる。データベースを西洋画や日本画といった絵画の分野、あるいはカラーコーディネーターや画家といった専門家による形容詞と配色のセットに変更することにより、特定分野に限定される形容詞による配色パターンリストの提示が可能となる。例えば、日本画の色調と形容詞のセットを用意しておくことにより、日

本画で用いられる色調でのクエリ画像作成が容易になる。

またキャンバスのグリッド数 $N \times N$ の値を変更可能とすることにより、クエリの解像度を調整することができる。これにより細かな、あるいは大まかな構図の意図を表現することが可能である。

これら 2 つの特徴により、本問い合わせ生成機構はユーザの色彩意図と構図意図を表現可能とする。そうして、ユーザの意図を反映し作成されたクエリ画像の色彩・配置に類似する画像群を画像データベースから検索する。

実験では、本方式の画像検索精度について検証を行った。これにより、ユーザが持つ画像データに対するイメージが抽象的であっても、そのイメージをもとにクエリ画像を生成し検索することは可能であることが知見として得られた。直感的なクエリ生成を可能にし、ユーザの印象を具現化することにより、ユーザの知的活動の促進が可能になる。

今後の課題として、本方式の問い合わせを容易に入力するためのユーザインタフェースの実現、本方式の被験者調査による有効性の検証、絵画以外の画像データ検索の実現が挙げられる。

参 考 文 献

- [1] 木本晴夫, “感性語による画像検索とその精度評価”, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.3, pp.886-898, 1999.
- [2] 西山晴彦, 松下温, “画像の構図を用いた絵画検索システム”, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.1, pp.101-109, 1996.
- [3] 松崎公紀, 櫻村雅章, 小沢慎司, “概略図を入力とした特徴量グラフに基づく絵画画像検索”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J87-D-II, No. 2, 2004
- [4] 小林重順, “カラーイメージスケール改訂版”, 講談社 (2001) .
- [5] I. Valova, B. Rachev, “Retrieval by Color Features in Image Databases”, ADBIS(Local Proceedings), 2004
- [6] Y. Hayashi, Y. Kiyoki, and X. Chen, “An Image-query Creation Method for Expressing User’s Intention by Combining Multiple Images”, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Vol.206: Information Modelling and Knowledge Bases XXI, pp.188-207, 2010.
- [7] G.Tolias, H. Jegou, “Visual query expansion with or without geometry: refining local descriptors by feature aggregation”, Pattern recognition, Vol.47, Issue.10, pp. 3466-3476, 2014.
- [8] The Metropolitan Museum, <https://www.metmuseum.org/>
- [9] scikit-learn, <https://scikit-learn.org/stable/>
- [10] 八村広三郎, 英保茂, “色彩分布と印象語に基づく絵画データの検索”, 情報処理学会研究報告人文科学とコンピュータ (CH), Vol.1995, No.91 (1995-CH-027), pp.37-44, 1995.
- [11] 松下希和, “西洋絵画における空間表現の心理的評価と構図特性との関係の研究”, 日本建築学会計画系論文集, Vol.81, No.721, pp.593-602, 2016.