

構図情報による類似画像検索のための特徴量抽出 Feature Extraction by Composition for Similar Image Retrieval

尾内 克郎[†] 鈴木 輝彦[‡] 太原 育夫[‡]
Ouchi Katsuro Teruhiko Suzuki Ikuo Tahara

1. はじめに

近年の情報化社会の進展に伴い、情報端末の高性能化や文書作成のデジタル化が進み、画像をデータとして扱うことが普遍的になっている。これは画像データの氾濫を引き起こすと同時に、それらを知識源として扱うための検索技術の需要を高めることになった。

現在の画像検索では画像に付加されたキーワードによる検索が主流である。しかし、利用者が検索対象に関する知識を持っていない場合や、画像の持つ色彩や物体の形状などあまりキーワード化されていない、あるいは印象といった言語化されにくい情報を用いて検索したい場合にはこうした方法は適用できない。この問題を解決するために、利用者に画像の例を提示させ、それと共通の要素を持つ画像を検索する類似画像検索が研究されている。これらは前述したキーワード化されていない情報を反映した画像特徴量を抽出し、その比較によるマッチングを行って類似画像の候補を提示するというものである。

画像特徴量に関しては、色ヒストグラムなどの色彩情報を特徴量とした手法が多く研究されている [1][2]。これは、色彩情報のもつ情報量が多く、また、利用者を与える印象として同じ色合いを持つ画像の与える印象が近いためである。しかし、こうした方法では、あくまで色彩の類似しか判断できないため、その内容までは考慮できない。例えば、同じ被写体を写した画像であっても背景が青空と夜空では類似した画像とはならず、逆に異なる被写体でも共に青空ならば類似しているという結果が出る。もし利用者が手元に無い画像を検索したい場合、スケッチ画像などを用意してそれを元に類似画像検索ができることが好ましいが、きちんとした彩色は難しいため、色彩情報を用いることは難しい。

このようなスケッチ画像に対応した検索手法として画像の持つ情報の1つであるエッジ情報に着目したものがいくつか研究されており、その多くはスケッチに描かれたオブジェクトの形状を捉えることに主眼を置いている [3][4][5]。形状は画像の意味を捉える点で重要ではあるが、利用者が手書きによって画像を用意する場合、形状を細かく描くことは大変であるし、画像の雰囲気や印象を捉えるという観点では、全体の構図を大まかに捉えることが必要だと思われる [6]。

そこで、本論文ではエッジ情報を元に画像全体を俯瞰しオブジェクトの位置等、構図情報を捉える特徴量を提案し、それを用いた画像検索システムについて述べる。

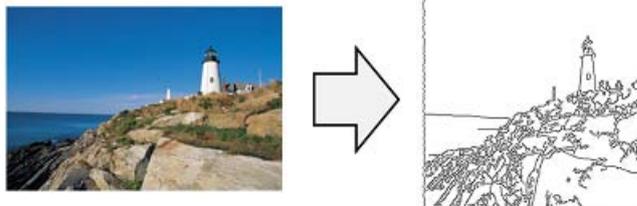


図 1: 画像の前処理

2. 構図情報に関する特徴量の抽出

2.1 前処理

本手法では入力画像に2値で描かれたスケッチ画像を想定しているため、検索対象となる画像もできるだけスケッチ画像に近い形であることが望ましい。また、特徴量は座標情報を主体とするため、比較する画像のサイズが一致していなければならない。

そこで、特徴量抽出を行う画像に前処理として画像サイズの正規化、平滑化、エッジ検出を施し2値の線画像とする。しかし、実世界画像からそのままエッジ検出を行うと、荒い表面や細かい模様を持つオブジェクトの存在する場所に大量のノイズが発生し、特徴量抽出の妨げとなる。このような場合、エッジ検出前に平滑化を行い、オブジェクト表面の輝度値を平均化しておくことでノイズの発生を抑えることができる。

これらの処理を行うことにより、図1に示すようなエッジ画像が得られる。

2.2 放出者と探索点

構図を捉える方法として、オブジェクトのエッジの位置と画像中の空間に着目し、放出者と探索点の2つを定義する。放出者は複数の探索点を所持し(図2)、画像内に設置された放出者は、自身の持つ探索点を放射状に展開することで画像の走査を行う(図3)。

放出者から放たれた探索点は画像中を直線的に移動し、エッジに衝突したところで停止する。そして停止した座標と放出者からの距離、画像内で停止したかどうか等の情報を自身に格納する。一方の放出者は自身の設置された座標に加えて、管理する探索者の情報を元に探索点を展開した範囲を情報として所持する。

特徴量抽出は放出者を単位として行われるが、当然ながら1つの放出者では画像全体を把握することはできない。したがって、画像全体に複数の放出者を設置し、それらをまとめたものが画像の特徴量となる。

2.3 画像間の類似度

画像間の類似度計算は、特徴量から画像間の距離を求めることで、2つの画像間のエッジの差異と空間の持つ情報の価値の2点を考慮して計算を行う。

[†]東京理科大学大学院理工学研究科情報科学専攻

[‡]東京理科大学理工学部情報科学科



図 2: 放出者の構造

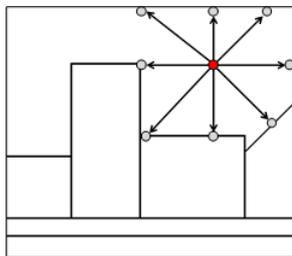


図 3: 探索点の展開

まず、エッジの差異であるが、特徴量抽出に用いた「対応する探索点」のユークリッド距離の平均を距離とする。ここで「対応する探索点」とは、比較する2つの画像の同一座標に設置した放出者から同じ角度で放出された探索点のことを言う。探索点は最初に接触したエッジの座標を得るため、正規化された2画像が同じような構図を持っているならば、同じ経路を持つ探索点は近い位置で停止するはずである(図4)。もし障害物などがあれば大きな差が生まれるため、それを構図の違いとして得ることができる。

これだけからでもエッジの比較は可能であるが、探索点の展開の仕方の都合により、放出者の位置によって探索できる範囲が大きく異なる場合がある(図5)。探索範囲が大きい場合、探索点の比較において多少の距離は誤差として考えられるが、探索範囲が小さい場合、同じ距離であっても探索点の移動距離に占める値が大きくなり誤差とは言えなくなるため、2者を同じように扱ったのでは不具合がおきてしまう。また、図5の右図に示す探索範囲の極端に小さい放出者は構図に関する情報をほとんど持っていないと考えられるが、比較する2画像の同じ位置にある放出者の探索範囲が共に極端に小さい場合、探索点同士の距離が小さくなり画像間の距離を不当に近づける原因となる。

これらの問題を解決するために、空間の持つ情報の価値を設定する。探索点の移動距離はその範囲内に障害物が存在しないこと示すものであり、探索点の移動距離が長い。すなわち広範囲を探索した放出者は画像の構図に

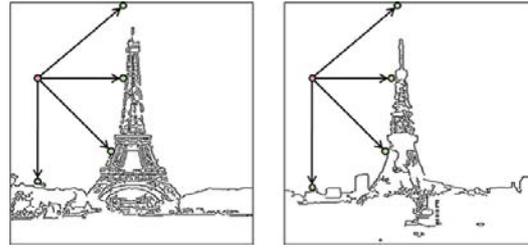


図 4: 座標の比較

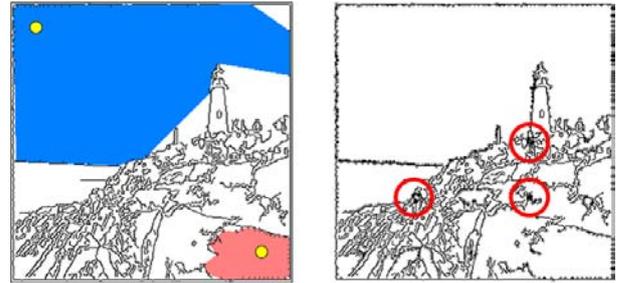


図 5: 探索範囲の違い

関してより多くの情報を持つため価値が高いとする。一方、探索範囲の小さい放出者は画像のごく限られた部分の情報しか持たないため価値は低い。

この価値を距離計算に反映させるために、ある一定以上の範囲を探索した放出者は探索点の距離を軽減し、下限値を超えた探索ができなかった放出者は計算から除外するという3段階の重み付けを行うことにする。以上の点を考慮して、 m 個の放出者からそれぞれ n 個の探索点を放出した場合の画像間の距離 D は次のように定義する。

$$D = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \omega_i d_j}{n \sum_{l=1}^m A_l} \quad (1)$$

$$A_i = \begin{cases} 0 & (\alpha_i < \delta_{min}) \\ 1 & (\alpha_i \geq \delta_{min}) \end{cases} \quad (2)$$

$$\omega_i = \begin{cases} 0 & (\alpha_i < \delta_{min}) \\ 1 & (\delta_{min} \leq \alpha_i < \delta_{max}) \\ \omega & (\delta_{max} \leq \alpha_i) \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 d は対応する各探索点の距離、 α は放出者の探索範囲、 δ_{min} 、 δ_{max} はそれぞれ重み付けの閾値である。また、座標距離にかかる重み ω は $(0, 1)$ の実数値をとる。

この式により2画像間の距離を実数値として得ることができる。したがって、画像検索の際には入力画像とデータベース中の画像でこの値を計算し、小さい画像から順に類似画像の候補として提示することになる。

3. 実験

提案手法の妥当性を検証するため200枚の画像からなるデータベースを用いて実験を行った。この実験ではデータベースに同じ構図を持つ風景写真や色合いやサイ

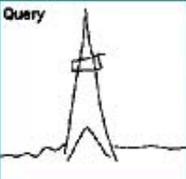
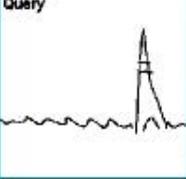
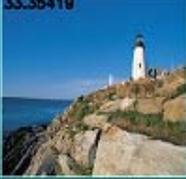
入力画像	第1位	第2位	第3位	第4位	第5位
Query 	21.73228 	21.93000 	23.34788 	24.50927 	25.45442 
Query 	29.63189 	33.35419 	40.25876 	45.72354 	47.25252 
Query 	29.72801 	30.84284 	30.99047 	31.22768 	51.48402 

図6: 実験結果



図7: 左右に分断するオブジェクトを含む画像

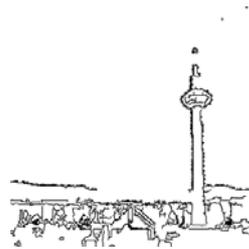


図8: 第3位画像



図9: 第4位画像

ズの違い同じ画像を複数枚含ませており、それらを検出できるか検証した。特徴量抽出は36個の探索点を持つ放出者を格子状に25個配置し、入力画像には手書きの単純なスケッチ画像を3種類用いて行った。この入力画像のうち2枚の画像は共に地平線とタワーを描いたものであり、タワーの位置の違いを構図の違いとして認識できるかどうかを検証した。図6に示す実験結果よりタワーや地平線の位置を検索に反映できていることがわかる。

1枚目の入力画像は上位5位の全てがタワーの画像となっているが、データベース上には図7のように画像を左右に分けるオブジェクトを含む画像が他にも含まれているため、画像を分断するオブジェクトの幅も考慮されていると言える。しかし、2枚目の画像の場合2位と3位の画像では3位の画像の方が近い印象を与えるし、4位にタワーとは大きく形状の異なる画像が現れているなど、1枚目の結果ほど良い結果とは言い難い。

このような結果となったのには前処理を行った後のエッジ画像に原因があると考えられる。まず3位の画像であるが、この画像では地平線近くの輝度値の差が小さく、エッジ化を行った際に地平線のエッジが中央付近で大きく欠けてしまっている。地平線よりも下に設置された放

出者から上向きに放たれた探索点は入力画像においては波線部で停止するが、図8のように途切れてしまっている場合には画像上部まで進んでしまう。これにより多くの探索点の距離の差が大きくなってしまい、順位を落とすと考えられる。次に4位の画像であるが、こちらは建物の窓の並びによって地平線と同じ高さに直線が得られたことで探索点の距離が近づいたと考えられる。また、この画像は左上部分に大きな空間を持ち右端に縦方向の線が引かれているという点も入力画像と共通しているため、エッジの観点から見れば類似性が高い画像だと言える。

3枚目の入力画像はミレーの「落穂拾い」を、記憶を頼りにスケッチしたものである。データベース内には4枚の「落穂拾い」が含まれていたが、実際に提示されたのは1枚のみであった。これは人間の記憶によるスケッチと、単純なエッジ検出での線の認識の違いに原因があると考えられる。記憶を頼りにスケッチを行う場合複雑な線は極力排除してオブジェクトの輪郭や特徴が判断できる程度に描き、雲や草むらなどを適当な曲線で表現することがある。対してエッジ検出では輪郭だけでなく模



図 10: 入力画像

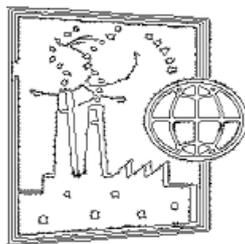


図 11: 第1位画像



図 12: 第3位画像



図 13: 順位外画像

様なども細かくエッジをとり、平滑化をした画像であれば、雲のような周囲と輝度の差が生まれにくいオブジェクトは検出されにくい。

この実験の場合では、入力画像(図10)で雲や草むら表現した線が比較対象のエッジ画像(図12)には存在せず、その差異が画像間の距離を遠ざけてしまっていた。また、結果として提示されなかった方のエッジ画像(図13)では地平線のエッジが検出されておらず、画像左側に設置した放出者から上下方向に放たれた探索点が停止することなく画像外へ出てしまうことで順位が下がっていた。

「落穂拾い」のスケッチに対する1位の画像は一見似ても似つかないが、こちらエッジ画像にすると対応する線を多く見つけることができる(図11)。絵画のような画像を対象とする場合スケッチ画像も複雑になりがちなので効果的な特徴量を得ることは難しいが、2画像間の線の一致を図るのであれば単純な設定でも十分な効果があると言える。

以上の結果より本論文で提案した特徴量は画像を分断する線を強く捉えることが分かる。また、広い空間を多く含む画像であれば、単一オブジェクトの位置を検出するのに十分な能力を持つことが確認できた。一方でエッジ化など特徴量抽出の前処理や、抽出後のマッチング方法に検索結果が影響されやすいと点が挙げられる。この性質は画像が複雑になるほど顕著に現れるため、前処理において画像を簡略化したり放出者や探索点の数を検討するなどの工夫が必要となるだろう。

4. おわりに

本論文では、スケッチ画像による類似画像検索に用いることのできる構図情報による特徴量抽出に関して、放出者と探索点を用いることでエッジや空間を特徴として

得る方法を提案した。実験により、この特徴量を用いることによって単純な画像からでもある程度構図を意識した画像を検索できることが確認できたが、前処理のエッジ化時点でのノイズや輪郭線の欠落に大きく影響されることもわかった。

今後は、前処理や探索点の走査方法の改善、マッチング計算式の検討による検索精度の向上が課題となる。

参考文献

- [1] 山本英典, 岩佐英彦, 竹村治雄, 横矢直和, "色情報の空間分布を考慮した類似画像検索," 映像情報メディア学会技術報告 23(9), 45-50, 1999-02-03.
- [2] 藤田雄大, 野口達也, 石田崇, 平澤茂一, "色情報に対する人間の感性を考慮した類似画像検索," 情報科学技術フォーラム一般講演論文集 6(3), 65-66, 2007-08-22.
- [3] 岡野栄司, 木下宏揚, 酒井善則, "手書き画像とのマッチングによる画像検索," テレビジョン学会誌 48(4), p.531, 1994-04-20.
- [4] 長島康剛, 大橋剛介, 下平美文, "形状情報を用いた手書きスケッチによる画像検索," 映像情報メディア学会技術報告 25(24), 77-82, 2001-03-02.
- [5] 熊谷佳紀, 有川徹, 大橋剛介, "相対的方向別頻度特徴量に対極的・局所的に用いたスケッチ画像検索," 第16回画像センシングシンポジウム, IS2-18, 2010.
- [6] 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 37(1), 101-109, 1996-01-15.