

イラストの著作権保護のための HOG 特徴量を用いた複製検出

木下研究室 工藤 護 (工学研究科 電気電子情報工学専攻 201070080)

1 まえがき

近年、漫画などの電子書籍化、pixiv 等の大型のイラスト投稿サイトの影響でインターネット上に多くの画像コンテンツが存在している。しかし、それらの発達に伴い不正なコピーによる著作権の侵害などの問題が発生している。コンテンツの著作権の保護の手法として、電子透かしや画像検索に基づく複製検出などの技術が提案されている。

局所特徴量を用いたデータベースで複製を検出する研究として、線画の著作権保護のための部分的複製検出法がある [1]。この方法では、局所特徴領域の検出器として MSER (Maximally Stable Extremal Regions) を [2]、局所特徴領域の記述子として HOG を用いるもので、手書きによる線画の複製に対する有効性を示したものである。しかし、対象とする画像が線画像から線画像を複製したものであるため、トレース画像のようにイラストからその輪郭線部分を複製したものや構図を複製したものについてはその有効性が検証されていない。

そこで本論文では、トレース画像に対する手法を提案する。提案手法では、局所特徴量として最も一般的な、SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) [3] に比べ、計算時間の早い SURF および、線画の検出に有効とされる HOG 特徴量を用いてデータベースを作成し、これらの特徴量で実験を行うことでそれぞれの局所特徴量のトレース画像に対する有効性の検証を行う。

2 対象となる画像の定義

今回の実験で、検出を目的とする複製は図 1 のようなものとなる。オリジナルをそのまま使用するものを直接利用、回転やサイズの変化を加えるといったものを改変を加えた複製、手書きによりオリジナルの線画部分 (輪郭線や構図など) を複製したもの、それらにオリジナルと異なる着色を施したもの等をトレース画像と定義する。図 2 は、オリジナル画像の輪郭線をトレースした場合の例である。本研究では以上の 3 つの複製画像、特にトレース画像の検出を可能とすることを目的とする。

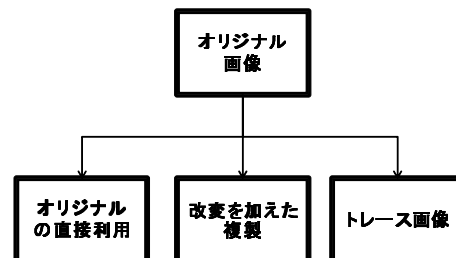


図 1: 検索対象の画像



図 2: トレース画像の例

3 使用する局所特徴量

3.1 SURF(Speeded Up Robust Features)

SURF は Herbert 氏らによって提案された局所特徴量で [4][5], 物体認識に用いる特徴点を求める画像処理のアルゴリズムである. 抽出されるデータとして, 特徴点の位置, 特徴点の輝度勾配の方向, スケール, 64次元の特徴を表すベクトルが抽出される.

その流れは, まず図3のように Integral image による積分を適用し, 計算量を減らしておく. これを特徴点検出フィルタでは2次元に拡張する.

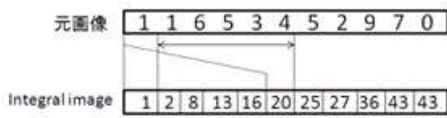


図 3: Integral image による積分

次に, Hessian 応答 $\det(H)$ を近似した次式の Fast-Hessian Detector を様々なスケールでフィルタの大きさを変え適用し,

$$\det(H_{approx}) = D_{xx}D_{yy} - (D_{xy})^2$$

適当な閾値で捨て, 極大を求めることで特徴点を検出する. D_{xx}, D_{yy}, D_{xy} は画像の 1px あたりの輝度値をそれぞれの方向ごとに2回偏微分をすることで求める. その後, 図4のように Haar wavelet フィルタを適用し, 特徴点の傾き d_x, d_y を求める.

$$d_x = d_y = 2(E - F) - C + D - A + B$$

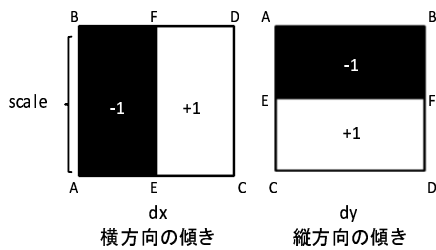


図 4: 勾配方向の算出

そして, 図5のように特徴点から一定の範囲にある特徴点の傾き d_x, d_y をガウス関数で重み付け

することでプロットし, 着色部分から見えるベクトルを加算していき, 最も長くなった時のベクトルを平均の向きとする. そして, 求めた向きを基準に 4×4 のブロックに分割し, 各ブロックで総和を取り $\Sigma d_x, \Sigma d_y, \Sigma |d_x|, \Sigma |d_y|$ の値を求める. このため, 64次元の値で特徴量が求まる.

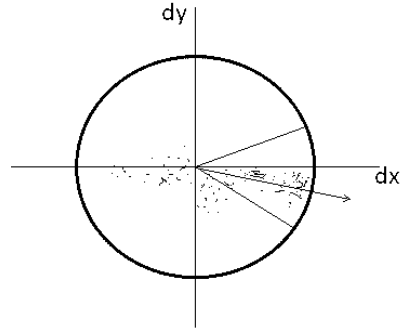


図 5: ガウス関数による重み付け

3.2 HOG (Histograms of Oriented Gradients)

HOG は Dalas 氏らによって提案された, 画像の局所領域から輝度勾配・輝度強度を取り出す特徴量で, 物体のおおまかな形状を表現することが可能である [6].

まず, 局所領域を 3×3 のブロックに分割しそのブロックを 5×5 のセルに分割する. 分割したセルごとに次式を用いて輝度 L から勾配強度 m と勾配方向 θ を図6のようにセルの座標 (x, y) から計算する.

$$m(x, y) = \sqrt{f_x(x, y)^2 + f_y(x, y)^2}$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \frac{f_y(x, y)}{f_x(x, y)}$$

$$\begin{cases} f_x(x, y) = L(x+1, y) - L(x-1, y) \\ f_y(x, y) = L(x, y+1) - L(x, y-1) \end{cases}$$

そして, 0度から180度までを20度ずつ9方向に分割し輝度勾配のヒストグラムを作り, ブロックごとに正規化を行う. 最終的にすべてのヒストグラムを統合して特徴量とする.

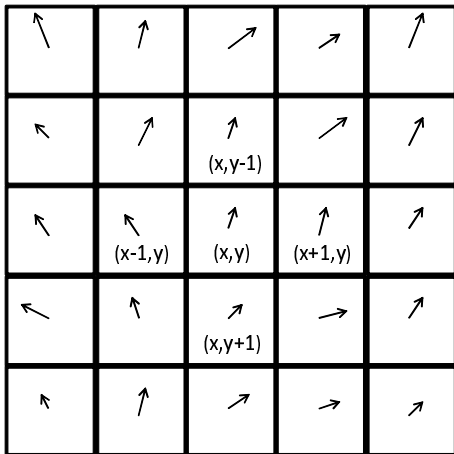


図 6: 輝度勾配と強度の算出

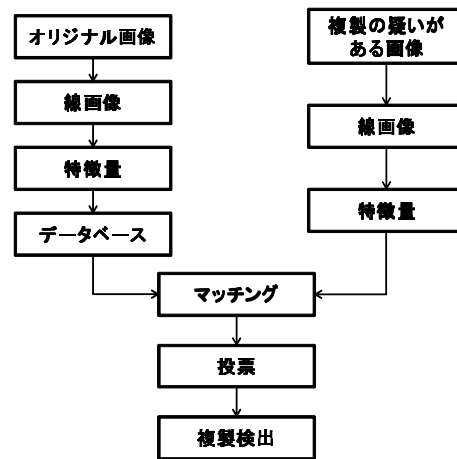


図 7: 複製検出の流れ

4 提案手法

4.1 処理の流れ

提案手法では図 7 のように、2 つの処理からなる流れで複製の検出を行う。

まず、データベース側の処理では著作権保護の対象となるオリジナル画像から線画部分を抜き出し、線画像から局所特徴量を抽出し、データベースに登録する。局所特徴量の抽出アルゴリズムとして、SURF と HOG を用いる。また、クエリ側の処理では著作権を侵害する可能性がある画像をクエリとして、データベース側の処理と同様に局所特徴量を抽出して、クエリの特徴量とデータベース側の特徴量を照合し、著作権保護対象の画像に一致する特徴量の個数分投票を行う。

クエリとデータベースに登録された画像からは、局所特徴量の種類によるが数百から数万の特徴量が抽出され、その数だけ投票の処理が行われる。

投票処理の終了後、得票数が多い画像から一定数までを著作権侵害の可能性がある画像として報告する。

4.2 線画の抽出

トレース画像に対応するために、オリジナル画像から線画を抽出する。オリジナル画像に閾値を設定し、コントラストの変化がある部分を輪郭線として、線画の抽出を行う。この際、閾値を一定にするとオ

リジナル画像の彩色方法次第で輪郭部分がうまく抽出できない場合があるので、ユーザーが実際に閾値を適宜変化させ、最も輪郭が正確に抽出される画像を使用する。

4.3 実験の条件

本手法の有効性の検証のために、pixiv に投稿されている画像から、使用の許可が降りたもの 100 枚をデータベースに保存する著作権保護の対象の画像とする。クエリとして用いるのは、データベースに登録されている画像をそのままスキャンやコピーをしたオリジナルの直接利用、オリジナル画像のスケールを変化させたものや回転を加えたもの、部分的に画像を切り出すなどした改変が加えられた画像、手書きによるオリジナル画像のトレース画像の 3 種類を用意した。

5 実験結果

オリジナルの直接利用、画像に改変を加えた場合の複製検出については、SURF の場合平均して 95 % 程度の一貫率となり、HOG の場合は平均して 90 % 程度となり、2 位以下の画像については SURF が 1 % 以下、HOG が 10 % 程度となり、どちらの特徴量も複製元の画像を検出することができた。

トレース画像については、SURF の場合平均 20 % 程度の一貫率となり、複製元のオリジナル画像と異

なる場合が多く、有効ではないと考えられる。HOG の場合は一致率は 70%程度だが、2位以下の一致率は 10%程度であり、ほぼ複製元の画像が検出されたためトレース画像の検出に対しての有効性はあると考えられる。

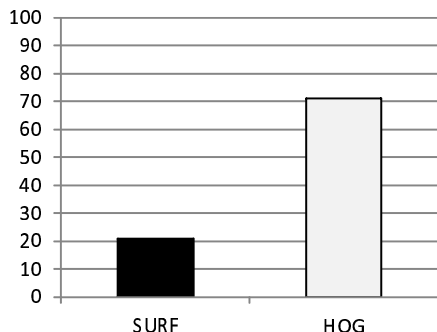


図 8: トレース画像の検出

6 考察

今回の実験から、以下のことが分かった。SURF, HOG どちらの特徴量も共に、オリジナル画像のコピーや印刷による直接利用や、サイズの変化や回転、部分的な抜き出しといった改変を加えた画像に対しては十分有効であると考えられる。しかし、トレース画像に対してはどちらも決して十分なものとは言えない。SURF の場合は、オリジナルの直接利用や回転やサイズの変化など局所の変動が小さい画像に対しては有効であるが、トレース画像のように手書き独特の線のぶれに対する不安定さと、ベクトルの算出方法が先の位置ずれに対応できていないためと考えられる。

対して HOG を用いた場合は、それなりの精度ではあるが、複製の検出が可能である事がわかる。今回の実験で精度が下がった原因としては、1枚の画像をブロックとセルに分割した際、得られる局所領域に含まれる線分が十分でなかったためと考えられる。また、今回の実験では抽出した特徴量をそのまま使用しているため、データベースのメモリ量や計算時間が大きくなっている。このことからより多くの画像を保護対象とするには特徴量の次元数を効率よく削減し、メモリ量を減らす必要がある。その方

法として、”大規模特定物体認識における認識率、処理時間、メモリ量のバランスに関する実験的検討” [7] などでも処理時間やメモリ量を削減する手法が提案されている。このような手法を取り入れることで、データベースのメモリ量や検索時間については改善できると考えられる。

7 むすび

本論文では、局所特徴量を用いたデータベースによるイラストの複製検出の手法を提案した。今回用いた特徴量は SURF と HOG だがコピーや印刷による複製に対しては検出時間を考えると SURF が適していると言えるが、トレース画像を含めどちらにも対応するには HOG 特徴量を用いるのが有効であることが実験によりわかった。しかし、トレース画像に対する精度は十分なものではないため、効果的な局所領域の抽出法を検討する必要がある。

今後の課題としては、効果的な局所領域の抽出法の検討、メモリ量や検出時間を削減するための手法の検討があげられる。

参考文献

- [1] Wei-han Sun, and Koichi Kise, “線画の著作権保護のための部分的複製検出法,” 電子情報通信学会論文誌, D Vol. J93-D No.6 pp.909-919, 2010.
- [2] J. Matas, O. Chum, M. Urban, and T. Pajdla, “Robust wide baseline stereo from maximally stable extremal regions,” BMVC, pp.384-393, 2002.
- [3] D. G. Lowe, “Distinctive image features from scale-invariant key-points,” Int. J. Comput. Vis., vol.60, no.2, pp.91-110, 2004
- [4] Herbert Bay, “SURF: Speeded Up Robust Features,” Computer Vision and Image Understanding (CVIU), vol. 110, No.3, pp. 346-359, 2008.
- [5] SURF: “Speeded-Up Robust Features の紹介,” <http://storage.osdev.info/pub/idmjt/diaryimage/0901/neta09013011.pdf>
- [6] Navneet Dalal and Bill Triggs, “Histograms of Oriented Gradients for Human Detection,” Proc.of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR), pp.886-893, 2005
- [7] 野口和人, 黄瀬浩一, 岩村雅一, “大規模特定物体認識における認識率, 処理時間, メモリ量のバランスに関する実験的検討,” 電子情報通信学会論文誌 D Vol. J92-D No.8 pp. 1135-1143, 2009