

# JPEG2000 符号化画像のためのトレース変換を用いた ロバストな画像検索法

下山 真史<sup>†</sup> 塩田 さやか<sup>†</sup> 貴家 仁志<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 首都大学東京大学院 システムデザイン研究科 情報通信システム学域 〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6  
E-mail: shimoyama-masafumi@ed.tmu.ac.jp, sayaka@tmu.ac.jp, kiya@tmu.ac.jp

あらまし 本稿では、JPEG 2000 の符号化画像に対して、DWT 係数の正負符号情報のみを用いた画像検索法について提案する。JPEG 2000 を用いて符号化された画像に対し、これまでヘッダ情報から抽出されたゼロビットプレーン数を用いた画像推定法や画像検索法が研究されている。しかし、それらの手法は DWT 係数の絶対値のみしか推定できないという問題点があった。提案法では、低域の DWT 係数の正負符号情報のみを用いて画像を推定することで、従来法に比べ圧縮率に対しよりロバストな画像検索を目的とする。実際の画像を用いた画像推定及び画像検索のシミュレーションにより、提案法の有効性を確認する。

キーワード JPEG2000, 離散ウェーブレット変換, トレース変換, 画像検索, サポートベクターマシン

## A robust image retrieval method using the trace transform for JPEG 2000 Images

Masafumi SHIMOYAMA<sup>†</sup> Sayaka SHIOTA<sup>†</sup> Hitoshi KIYA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Dept. of Information and Communications Systems, Tokyo Metropolitan University  
6-6 Asahigaoka, Hino-shi, Tokyo, 191-0065 Japan

E-mail: shimoyama-masafumi@ed.tmu.ac.jp, sayaka@tmu.ac.jp, kiya@tmu.ac.jp

**Abstract** In this paper, we propose an image retrieval method using signs of discrete wavelet transform (DWT) coefficients for JPEG 2000 images. For JPEG 2000 images, a number of image estimation methods using the number of zero bit-planes, extracted from the header information have been studied so far, and they have been applied to the calculation of the similarity between images. However, the estimation methods limited to the absolute values of DWT coefficients. The purpose of this article is to robustly estimate image features, and to apply it to image retrieval for JPEG2000 images. The proposed method uses only signs of low-band DWT coefficients to achieve robust image retrieval against the difference of compression levels. A number of simulations are provided to confirm the effectiveness of the proposed method.

**Keyword** JPEG2000, Discrete Wavelet Transform (DWT), Trace transform, Image retrieval, Support Vector Machine

### 1. はじめに

画像圧縮の国際化標準規格の一つである JPEG2000 方式は、JPEG 方式に比べ高い圧縮性能を有し、かつ画素のビット深度やロスレス圧縮に対し広くサポートしている。2005 年にはデジタルシネマ規格 (DCI) の画像コーデック規格としても正式に採用されている。映画コンテンツに代表されるように、膨大な高精細画像情報が JPEG2000 によって符号化され、蓄積されている。このような背景から、圧縮データの使用前提にした画像同定や画像検索の研究が行われてきている [2-4]。そのような研究の一つに JPEG2000 のヘッダ情報からゼロビットプレーン数の情報を抽出し原画像を推定する方法がある [5]。この方法は、圧縮率の違いに

対してロバストな特徴量を利用可能であるが、DWT (Discrete Wavelet Transform) 係数の大きさの推定にその基礎がある。しかし、変換係数の大きさに加え、その正負符号が画像の重要な視覚情報を有することが知られている。従来法は、この符号情報を原理的に利用できない。そこで本研究では、DWT 係数の正負符号のみを用いて、画像の特徴量を推定し、それを画像検索に応用することを検討する。圧縮の際に用いられるスカラー量子化は、DWT 係数の大きさに影響を与えるが、正負符号を反転することはない。特に低域の DWT 係数は零値となる確率が低く、量子化に対しロバストな特徴量となることが期待される。以上のような背景から、提案法では低域の DWT 係数の正負符号のみを用

いて画像の特徴量を定義し、それを画像検索に応用する。

## 2. 準備

### 2.1 JPEG2000 符号化

JPEG 2000 画像では、入力信号を周波数領域で表現する方法として、JPEG で用いられる離散コサイン変換 (Discrete Cosine Transform : DCT) とは異なる DWT を用いている。図 1 に示すように JPEG2000 画像では入力画像をサブバンド分割した DWT 係数に対して量子化処理を施し、Embedded Block Coding with Optimized Truncation (EBCOT) アルゴリズムにより符号化される。図 2 のように EBCOT アルゴリズムでは各サブバンドを更に一定サイズのコードブロックに分割し、各コードブロックに対してそれぞれ独立にビットプレーンに基づく係数ビットモデリングを実行することで DWT 係数を算術符号化する。コードブロックごとに生成された算術符号は、最下位ビット側からビットプレーン単位で切り捨て処理を行うことによって全体として目的のビットレートに調整される。目的のビットレートに圧縮された画像にヘッダ情報などを付加したものが最終的な JPEG 2000 符号列となる。

### 2.2 トレース変換に基づく特徴量抽出

トレース変換とは、1 枚の画像から回転、輝度変化、ノイズなどに頑健な Triple feature と呼ばれる 3 つの演算によって得られるスカラーを特徴量として抽出する手法であり、MPEG7 において標準方式として採用されている [6]。トレース変換により抽出される特徴量 (Triple feature) は顔認識や文字認識にも応用され、その有用性が確認されている。図 3 に、Triple feature 抽出の手順を示す。まず、入力画像は Trace functional を用いて、パラメータ  $(\phi, p)$  で定義される別の 2 次元の画像に変換される。ここで、パラメータ  $\phi$  は入力画像の中心からの角度、パラメータ  $p$  は入力画像の中心からの距離を示す。 $t$  はパラメータ  $(\phi, p)$  によって定まる線に対する法線と定義する。次に、Diametric functional により、Trace functional 後の画像の  $p$  方向に沿って任意の関数を使用することで、Circus function  $c(\phi)$  と呼ばれる 1 次元のベクトルを得る。最後に、Circus functional によりスカラーの特徴量 Triple feature を得る。Trace functional, Diametric functional, Circus functional で使用する関数の選択には自由度があり、それによって得られる特徴量の性質も異なる。選択する関数によっては回転、輝度変化、ノイズなどに対して頑健な特徴量を抽出することが出来る。本研究では特徴量の抽出の方法としてトレース変換を用いた方法を使用する。

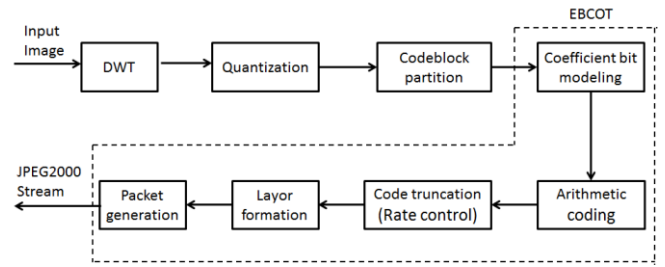


図 1 JPEG 2000 エンコーダ

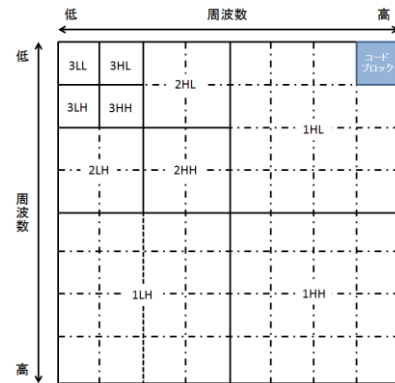


図 2 コードブロック分割 (分解レベルが 3 の場合)

## 3. 量子化にロバストな画像推定及び画像検索

### 3.1 DWT 係数の符号を用いた画像推定

JPEG 2000 画像における画像推定法及び類似画像検索法を提案する。図 4 に提案法のフローを示す。DWT 係数の符号情報を用いた画像推定は以下の手順で実行される。

1. ある圧縮率の下で JPEG 2000 画像を作成する。
2. DWT 係数に関して、分解レベルが 3 以上の部分の符号情報のみを残し、その他の部分については零とする。
3. 2. の正負符号およびゼロ値に対してウェーブレット逆変換を施す。
4. YCbCr 色空間から RGB 色空間へ変換。

DWT の正負符号は、スカラー量子化によって符号反転を生じない。さらに DWT 分解レベルの深い部分の DWT 係数は、ほかの帯域の DWT 係数に比べてより零になりにくい。したがって、上述の推定画像は圧縮率の違いの影響を受けにくいことが期待される。

### 3.2 トレース変換に基づく画像検索法

トレース変換を用いた特徴量抽出及び SVM を用いた類似画像検索は以下の手順で実行される。

#### A. 画像の登録

1. 作成した推定画像に対し Trace functional を適用し、二次元特徴量を抽出する (図 3 を参照)。
2. 得られた特徴量に対し Diametric functional を適用

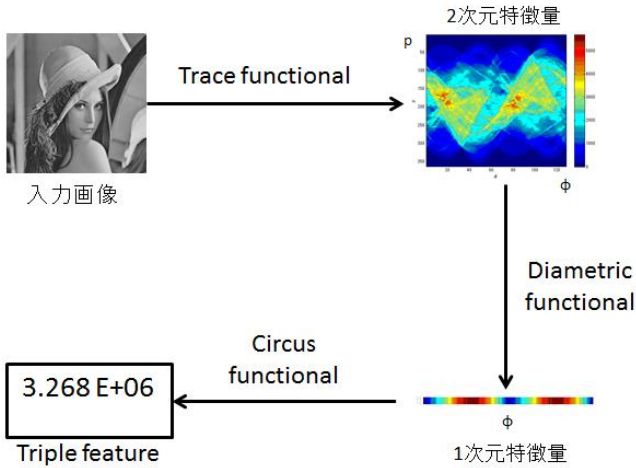


図3 Triple feature 抽出のフロー

し、特徴量の次元を一次元に下げる。(図3)

3. 得られた特徴量を学習データとし、SVMに学習させる。

#### B. 画像の検索

1. 任意の圧縮率の下で問い合わせ画像を設定し、それに対してA.1, A.2を実行する。
2. 抽出された特徴量をテストデータとしてSVMを用いて判定する。

#### 4. 実験

提案法の有効性を示すために、提案法に基づきシーン検索実験を行った。実験条件を表1に示す。実験は以下の手順で実行される。

1. ある圧縮率の下で保存されたJPEG 2000画像から推定画像を作成する。
2. 作成した推定画像からトレース変換を用いて特徴量となる1次元ベクトルを抽出する。
3. 1,2の操作をデータベース内のJPEG 2000画像250枚全てに施し、学習データとする。
4. 1~3の操作を学習データとは異なる圧縮率で実行し、テストデータとする。
5. SVMを用いて3で得られた学習データをスケールリングし、グリッド探索によりRBFカーネルのパラメータ $\gamma$ 及びコストパラメータ $C$ を決定する。
6. 5で新たに得られた学習データをSVMに学習させる。
7. 4で得られたテストデータをクエリとし、学習データの中からクエリがどのシーンに属するかをSVMに判別させる。
8. 検索精度を以下の式で求める。

$$\text{検索精度(\%)} = \frac{\text{正しく分類された枚数}}{\text{テストデータ 250枚}} \times 100$$

実験は、従来法であるゼロビットプレーン数からDWT

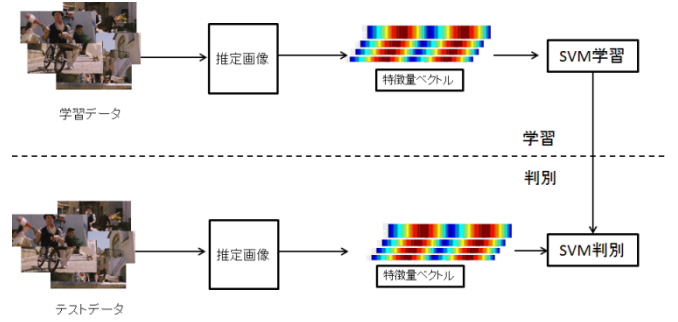


図4 提案法のフロー

表1 実験条件

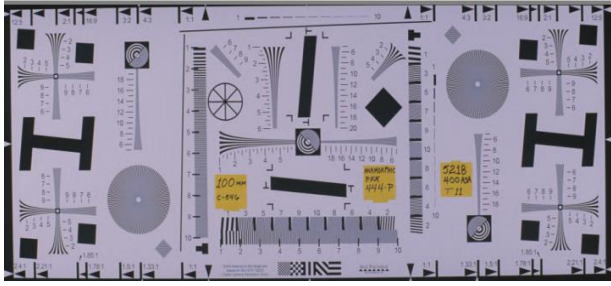
データベース	StEM
解像度	4,096×1,714 dpi
DWT 分解レベル	5
コードブロックサイズ	64
1シーンあたりのフレーム数	25 フレーム
シーン数	10 シーン
コーデック	Kakadu
bpp	0.1,0.5,1.0
分類器	SVM
カーネル	RBF カーネル
Trace functional	$\int  f'(x) dx$
Diametric functional	$\int f(x)dx$

係数の絶対値を推定して推定画像を作成した方法[5]、JPEG 2000符号化画像を直接デコードして推定画像とした方法、提案法の3通りを比較した。

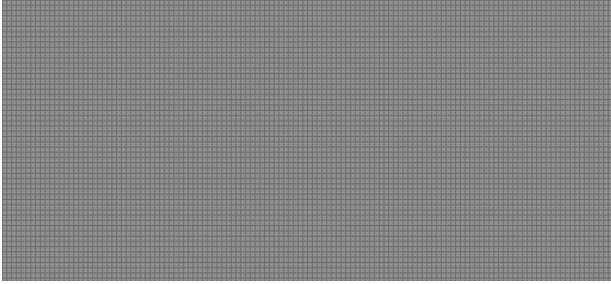
提案法による推定画像と従来法による推定画像、JPEG2000符号化画像の例を図5に示す。類似画像検索の実験結果を表2に示す。図5から、提案法による推定画像は従来法による推定画像よりも原画像に近い印象を与えるものとなっており、DWT係数の中でも分解レベルの深い部分の符号情報が多くのエネルギーを持っていることが分かる。表2から、提案法のシミュレーション結果は、学習データとテストデータのbpp(bit per pixel)が0.5と1.0の組み合わせときは90%を超える精度を示したことが分かる。その他のbppの組み合わせについては45~60%程度となったが、表2(a)と表2(c)を比べると、提案法はbppがモデルデータとテストデータでそれぞれ0.1と0.5の場合と1.0と1.0の場合を除き、どの組み合わせでも相対的に検索精度が向上していることが確認できる。表2(b)と表2(c)の比較では、従来の個数の1/16の正負符号のみの使用で全データを使用した場合に近い精度の結果が得られた。

#### 5. おわりに

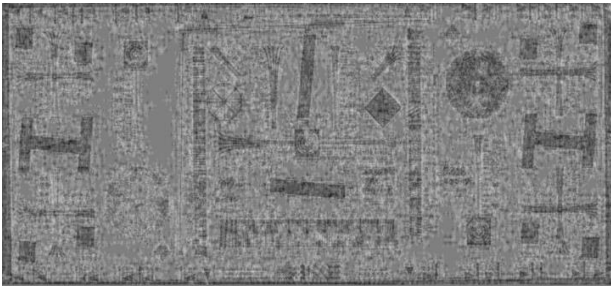
本稿では、JPEG 2000符号化画像を対象としたロバ



(a) JPEG 2000 符号化画像



(b) 従来法による推定画像



(c) 提案法による推定画像

図5 画像の推定例 (0.1bpp)

トな画像検索法について提案した。提案法は、DWT分解レベルの深い部分の正負符号情報のみを用いて画像の特徴量を推定しているため、抽出される特徴量は従来法に比べて圧縮率に対しロバストであることが実験を通して実証された。また、従来の個数の1/16の正負符号のみの使用で全データを使用した場合に近い精度の結果が得られた。今後はトレース変換における異なる関数セットの選択などを考慮しながら更なる検索精度の向上について検討していく。

## 6. 参考文献

- [1] 小野康之, 鈴木順司 “わかりやすい JPEG 2000 の技術”, オーム社, 2003
- [2] T. Fukuhara, K. Hosaka and H. Kiya, “Accurate identifying method of JPEG2000 images for digital cinema,” in Proceedings of The 14th International Multimedia Modeling Conference (MMM '08), vol. 4903. Lecture Notes in Computer Science, pp.380-390, Jan. 2008.

表2 実験結果

(bpp の組み合わせが同一のとき, 3つの手法の中で最も精度が良いものに\*を記す.)

(a) 従来法[5]

検索精度		学習			
		bpp	0.1	0.5	1.0
テスト	0.1	100% (*)	28.0%	29.6%	52.53%
	0.5	52.0% (*)	100% (*)	67.6%	73.2%
	1.0	43.2%	70.0%	100% (*)	71.01%
	平均	65.07%	66.0%	65.73%	65.6%

(b) 符号化画像を直接デコード

検索精度		学習			
		bpp	0.1	0.5	1.0
テスト	0.1	100% (*)	73.2% (*)	81.2% (*)	84.8%
	0.5	46.9%	99.6%	96.0%	80.83%
	1.0	40.8%	99.4% (*)	99.6%	79.93%
	平均	62.57%	90.73%	92.27%	81.85%

(c) 提案法

検索精度		学習			
		bpp	0.1	0.5	1.0
テスト	0.1	100% (*)	58.0%	56.0%	71.33%
	0.5	48.0%	100% (*)	98.0% (*)	82.0%
	1.0	45.6% (*)	94.4%	99.2%	79.73%
	平均	64.53%	84.13%	84.4%	77.68%

- [3] O. Watanabe, T. Fukuhara and H. Kiya, “Fast Identification of JPEG 2000 Images for Digital Cinema Profiles” in Proc. ICASSP 2011, pp.881-884, May. 2011.
- [4] R. Hirayama, A. Niimi, “Improving Precision of Similar Image Retrieval Using SIFT with Color Features” in The 25th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, pp.1-4, Jun. 2011.
- [5] K. Takimoto, T. Dobashi, H. Ishikawa, and H. Kiya, “An Image Estimation Method by Header Information in JPEG 2000 Codestreams and its Application to Image Identification” Proc. IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems, Okinawa, Japan, 18th, pp.25-28, Nov. 2014.
- [6] A. Kadyrov and M. Petrou, “The Trace Transform and Its Application”, IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Int., vol.23 no.8, pp.811-828, Aug. 2001.