

ウェーブレット変換を用いた動画像の照合法

A Verification Method for a Moving Image File Using a Discrete Wavelet Transform

藤井 廉¹ 野口 拓弥² 田村 将貴³ 吉富 康成¹ 浅田 太郎¹ 田伏 正佳¹
 Ren Fujii Takuya Noguchi Masataka Tamura Yasunari Yoshitomi Taro Asada Masayoshi Tabuse

1. 緒言

コンテンツの著作権保護の方策である電子透かしでは、高圧縮でも十分検出できる埋め込みを行うと、画質の劣化が生じてしまう。そこで、この課題を解決するため、著者らは、画像データにウェーブレット変換を施すことにより抽出される多重解像度表現部の数値データを用いた、画像照合法[1]を開発した。本研究では、既報の画像照合法[1]とフレーム選択法を組み合わせた動画像の照合法を開発した。そして、本法では画質の劣化は皆無なので、各種圧縮に対する耐性を検証し、本法の有効性を示した。

2. 照合法

2.1 画像の照合法

以下に、本法で用いた画像照合法[1]を概説する。

・2.1.1 画像からのコード作成

画像データの多重解像度表現部ウェーブレット展開係数 V のヒストグラムにおいて、画像に対する電子透かし法[2]と同様にして、コーディングに用いるパラメータの設定を行う。まず、ヒストグラムで $V > 0$ の部分の全面積を S_p 、 $V \leq 0$ の部分の全面積を S_m とし、それぞれの面積を等分するよう $Th(plus)$ 、 $Th(minus)$ を算出しパラメータとして設定する。次に、コーディングに用いるパラメータである $T1, T2, T3, T4$ を以下の条件で求める。

($T1 < Th(minus) < T2 < 0 < T3 < Th(plus) < T4$)

- ・ $V = T1$ と $V = Th(minus)$ で囲む面積 S_{T1} と、
 $V = Th(minus)$ と $V = T2$ で囲む面積 S_{T2} が等しい
- ・ $V = T3$ と $V = Th(plus)$ で囲む面積 S_{T3} と、
 $V = Th(plus)$ と $V = T4$ で囲む面積 S_{T4} が等しい

本論文では $S_{T1}/S_m = S_{T3}/S_p$ として 0.25 を用いた。コーディングに際し、多重解像度表現部のウェーブレット展開係数 V について、以下のように領域を A~E に分類する。

A: $V \leq T1$, B: $T1 < V < T2$, C: $T2 \leq V \leq T3$,
 D: $T3 < V < T4$, E: $T4 \leq V$

そして、対象となる多重解像度表現部のウェーブレット展開係数 V が属す領域に応じて、C の時 $\rightarrow 0$ 、A, E の時 $\rightarrow 1$ 、B, D の時 \rightarrow コーディング対象外、とした。

得られた 0,1 データのビット列(コード)が照合に用いられる。多重解像度表現部のウェーブレット展開係数に一連

の番号を付し、さらに照合対象となる A, C, E の領域のウェーブレット展開係数に識別フラグ 1 を与え、B, D の領域のウェーブレット展開係数に識別フラグ 0 を与えて区別する。B, D の領域のウェーブレット展開係数をコーディング対象外としたことが、この画像照合法[1]の特徴である。

・2.1.2 画像の照合

照合の対象となる画像は、あらかじめ用意したデータベースにある bmp 形式の画像である。その画像データに、コーディングのために施したのと同じ条件でウェーブレット変換を施し、多重解像度表現部のウェーブレット展開係数 V' のヒストグラムを得る。次に、ヒストグラムで $V' > 0$ の部分の全面積を S'_p 、 $V' \leq 0$ の部分の全面積を S'_m とし、それぞれの面積を等分するよう $Th'(plus)$ 、 $Th'(minus)$ を算出する。以下での説明の都合上、ウェーブレット展開係数 V' について、次のように領域を 3 つに分類する。

F: $V' < Th'(minus)$, G: $Th'(minus) \leq V' \leq Th'(plus)$,
 H: $Th'(plus) < V'$

次に、コーディング時に選択されたウェーブレット展開係数(A,C,E 領域)について、照合時に属する領域に応じて、G の時 $\rightarrow 0$ 、F, H の時 $\rightarrow 1$ 、とし、0,1 データのビット列を作成する。そして、予め得ておいた原画像でのビット列と、照合対象でのビット列との、各ビットの一致率(=照合率)を求める。

2.2 動画の照合法

・2.2.1 フレーム選択法

データベースの構成要素となる各動画像に対して以下の処理を行い、コードを作成する。ただし、13 個以上のフレームがある動画像を処理対象とする。

Step 1: コードを作成する動画の総フレーム数を取得し、先頭から 10%、最後から 10% のフレーム数を計算する。それらをコード作成対象から除外し、Step 2 へ。

Step 2: コード化対象フレーム(No. $k_B \sim k_E$)のうち、No. k_B と No. $(k_B + 1)$ のフレームを bmp 形式で出力し、No. k_B と No. $(k_B + 1)$ のフレームの各画素の濃度差の 2 乗の総和 $S[1]$ を計算し、No. $(k_B + 1)$ のフレームの濃度値を配列 A_1 に格納し、 $C[1] := k_B + 1$, $count := 1$, $k := k_B + 2$ とし、Step 3 へ。

Step 3: $k = k_E + 1$ であれば、Step 8 へ。さもなければ、Step 4 へ。

Step 4: No. k のフレームを、No. $(k - 2)$ のフレームの bmp 形式のファイルに上書きし、No. k のフレームの濃度値を配列 B に格納し、No. k と No. $(k - 1)$ のフレームの各画素の濃度差の 2 乗の総和 T を計算、 $k := k + 1$ とし、Step 5 へ。

1: 京都府立大学 大学院 生命環境科学研究科, Graduate School of Life and Environmental Sciences, Kyoto Prefectural University

2: 株式会社エステンナイン京都, S.TEN NINES KYOTO CO.,LTD

3: 株式会社 システムディ, SystemD INC.

Step 5: $count < 10$ であれば, $count := count + 1$ として, Step6へ. さもなければ, Step7へ.

Step 6: $A_{count} := B, S[count] := T, C[count] := k - 1$ として, Step4へ.

Step 7: $l = \arg \max_{i=1,2,\dots,10} S[i]$ を求め, $S[l] > T$ ならば, $S[l] := T, A_l := B, C[l] := k - 1$ として, $k = k_E + 1$ であれば, Step8へ. さもなければ, Step4へ.

Step 8: $A_i (i=1,2,\dots,10)$ を bmp 形式で出力し, 既報[1]の方法でコーディングを行い, そのコードおよび $C[i] (i=1,2,\dots,10), S[i] (i=1,2,\dots,10)$ を出力し, 終了.

・2.2.2 動画の照合

2.1.1 節記載の方法で作成された各コードを用い, 対象となる動画像との照合率を 2.1.2 節の方法で各々求め, その照合率が最大となるコードを与えるデータベースの動画像の識別番号(照合結果)と照合率の最大値を出力する. なお, 対象となる動画像の照合対象フレームの選択には, 2.2.1 節記載の方法を用いる.

3. 評価実験

本章では提案手法の性能評価のために行った計算機実験について述べる.

3.1 方法

実験にはパーソナルコンピュータとして, DELL OPTIPLEX3020(CPU: Intel(R) Core(TM) i5-4570 32.0 GHz, メモリ: 4.0 GB), OSに Windows 7 Professional, 開発言語として Microsoft Visual C++6.0を使用した.

「MUSCLE-VCD-2007」[3]の動画像ファイル(mpeg-1形式)(100個)の Y 成分について, 2章記載の方法でコードを作成し, 各々照合した. 動画像からの bmp 出力には, ffmpeg[4]を用いた. ウェーブレット変換はレベル 4 まで施した. 2章記載の方法で, 1つの動画に対して各 10 枚の静止画像を出力し, 100 個の動画から出力した各 10 枚(計 1000 枚)の静止画像との照合率を計算し, 照合対象の各動画について一番照合率が高い静止画とその照合率を求めた. また 100 個の動画の中で, 再生時間が最長(No.47: 1時間 55 分 46 秒), 最短(No.31: 17 秒), 平均値に一番近い(No.49: 34 分 56 秒), 計 3 つの動画について, mpeg-2 と mpeg-4 に変換し, mpeg-1 形式の 100 個の動画との照合率を計算することにより, 本法の圧縮耐性を調べた.

3.2 結果と考察

100 個の動画において, 同一動画との照合率はすべて 100%, 相異なる動画との照合率は 34.1~94.1%(平均 66.0%)となった(図 1). 動画 No.73 をコーディングし, 動画 No.59 と照合したときに, 照合率が 94.1%となった. その際に, この 2 つの動画から選択されたフレームを各々図 2, 3 に示す. このように上部及び下部が黒色かつ, 中央部が白色のみのフレームが, 各動画から出力された 10 枚フレームに含まれていたため, 高い照合率となった. 白色部分が多いフレームや黒色部分が多いフレームは, フレーム選択の予備処理で照合対象から除いているが, 白い部分と黒い部分

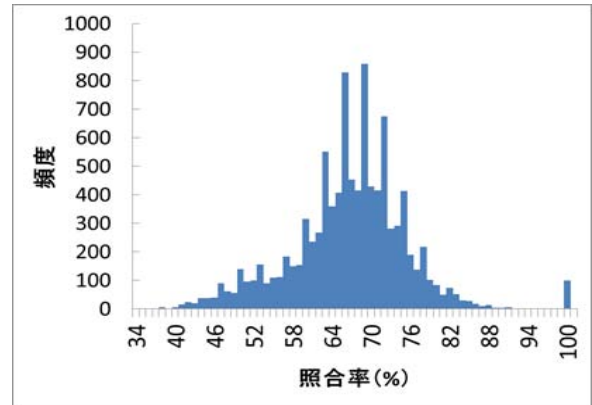


図 1 照合率のヒストグラム



図 2 No.73 のフレーム

図 3 No.59 のフレーム

表 1 3 種類の形式による 3 個の動画の照合率(%)

	31P	31Q	31R	47P	47Q	47R	49P	49Q	49R
31P	100	100	100	59.1	58.3	59.8	60.6	65.9	56.8
47P	62.1	63.6	65.2	100	100	100	60.6	63.6	59.8
49P	64.4	62.9	63.6	59.1	59.1	59.8	100	100	100

P: mpeg-1 形式, Q: mpeg-2 形式, R: mpeg-4 形式

が混合していると照合対象に含まれるため, 相異なる動画でも高い照合率となった.

3.1 節に記載した mpeg-2, mpeg-4 形式の動画の照合結果を表 1 に示す. 同一動画との照合率は 100%となり, その他 99 枚の動画(mpeg-1 形式)との照合率は 43.9~79.5%となった.

4. 結言

ウェーブレット変換を用いた動画像の照合法を開発し, 良好な圧縮耐性を有することを実証した. 今後は特定の悪意ある攻撃への耐性を調査し, 必要に応じて対策を検討する.

参考文献

- [1] 浅田太郎, 吉富康成, 田伏正佳, “ウェーブレット変換を用いた画像の照合法”, 画像電子学会誌, vol.39, no.6, pp.679-680, 2010.
- [2] 篠政義, 崔潤基, 相澤清晴, “ウェーブレット係数の可変閾値判定に基づく電子透かし法”, 信学技報 DSP2000-86, pp.29-34, 2000.
- [3] MUSCLE-VCD2007, <http://www.wrocq.inria.fr/imedia/civrbench/index.html>.
- [4] ffmpeg, <http://ffmpeg.org/>