

ウェーブレット変換を用いた光透かし Illumination Watermarking Technique Using Wavelet Transform

石川 安則[†] 上平 員丈[‡] 谷中 一寿[‡]

Yasunori ISHIKAWA[†] Kazutake UEHIRA[‡] and Kazuhisa YANAKA[‡]

^{† ‡} 神奈川工科大学情報学部

^{† ‡} Faculty of Information Technology, Kanagawa Institute of Technology

E-mail: [†] yasu@yit-pe.com

1. はじめに

「光透かし」とは、照明光に透かし情報を含ませて被写体に照射することにより、デジタルカメラ等で撮影した画像データに透かしを埋め込む技術である。これにより、美術館の古典画など従来透かしの埋め込みが困難であった被写体に透かし情報を埋め込むことができる。我々は、DCT (Discrete Cosine Transform) や WHT (Walsh-Hadamard Transform) などの直交変換を用いて光透かしに符号情報を埋め込む方式を提案してきた[1][2]。本報告では、直交変換としてウェーブレット変換を用いた光透かし方式について検討を行う。

2. 従来技術と提案方式の概要

2.1 光透かし方式の概要

上記した DCT や WHT を用いる光透かし方式の提案では、係数ブロックの最高周波数成分 (HC 成分) に符号情報を埋め込む。すなわち係数ブロックの DC 成分に空間領域での画素ブロックの平均値を与え、HC 成分の位相により "0" または "1" の 2 値情報を埋め込み、他の AC 成分はすべて "0" とする。このとき HC 成分の絶対値は、埋め込む透かしの強度を制御する。この係数ブロックを直交逆変換して得られた画像データを照明光に用いて撮影した画像データを直交順変換することで、HC 成分に埋め込んだ 2 値情報を抽出することができる。被写体が有する画像情報は、低い空間周波数成分が支配的と考えられるので、HC 成分の抽出が可能となる。

2.2 光透かしにおけるウェーブレット変換の利用

ウェーブレット変換を利用して画像データに一般的な電子透かしを埋め込む方式としては、従来より種々提案がなされている[3][4]。これらは、多重解像度画像の各成分に透かし情報を埋め込む方法に様々な工夫を提案している。

本報告の提案方式を図 1 を用いて説明する。符号情報を埋め込むには、1 階層の多重解像度画像において LL 成分画像全体を DC 値とし、HH 成分画像に $n \times n$ 係

数ブロック毎に +HC 値または -HC 値を与える (それぞれ透かし情報 "1" または "0")。HL および LH 成分画像は、すべて "0" を与える。これを逆ハールウェーブレット変換により画素領域に変換して光透かしの画像データとする。図 2 は、2 次元のハールウェーブレット変換を示し、原画像の 2×2 画素ブロックから LL、HL、LH、HH 成分のハールウェーブレット係数値が得られる。逆変換も同様である。各係数値 w_{LL} 、 w_{HL} 、 w_{LH} 、 w_{HH} は、次の式 (1) から (4) による。

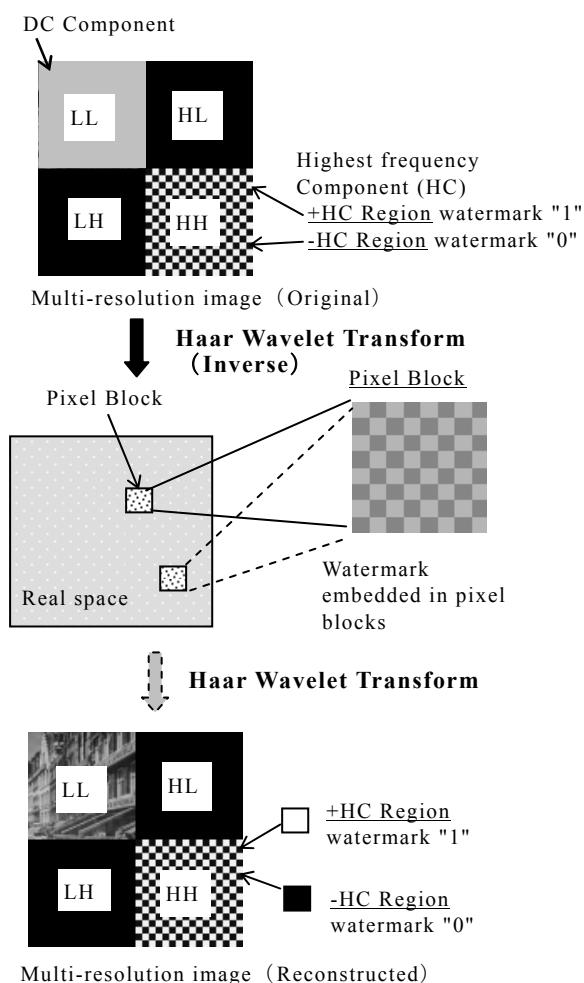


図 1 提案方式の処理手順

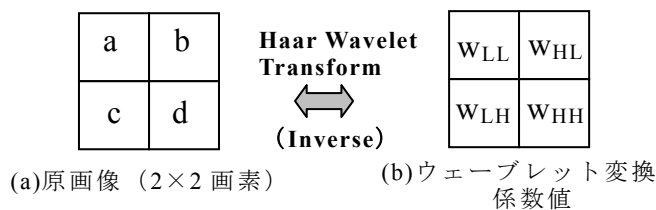


図 2 2次元ハールウェーブレット変換

$$w_{LL} = \frac{1}{4}(a+b+c+d) \quad (1)$$

$$w_{HL} = \frac{1}{4}(a-b+c-d) \quad (2)$$

$$w_{LH} = \frac{1}{4}(a+b-c-d) \quad (3)$$

$$w_{HH} = \frac{1}{4}(a-b-c+d) \quad (4)$$

上記において $n=4$ として光透かしの画像データを生成し（これは同一の DC 値と HC 値による逆 WHT の生成画像と等価）、被写体に照射し撮影して得られた画像データに対して、8×8 画素ブロック毎にハールウェーブレット変換を施すと 4×4 係数の HH 成分画像が得られる。正しく HH 成分が再生できれば "1" を埋め込んだブロックは、すべての係数値が +HC となり、"0" を埋め込んだブロックは、すべての係数値が -HC となる。

3. 実験結果と考察

評価実験は、SCID N2 画像をプリントして被写体とし、透かし埋め込み画像をプロジェクタにより照射してデジタルカメラで撮影した。DC 値=150 とし、HC 値は透かし埋め込み強度を評価するためのパラメータとした。照射した透かし画像のサイズは、128×128 画素（すなわち 8×8 画素ブロックが 16×16=256 ブロック）であるが、撮影した画像データ上では、約 850×850 画素であった。これを画像処理により 128×128 画素に縮小し、ハールウェーブレット変換を施して 64×64 係数の HH 成分画像を求める（すなわち 4×4 係数ブロックが 16×16=256 ブロック）。埋め込んだ透かし情報が正しく再生できれば 4×4 係数ブロック毎に +HC または -HC の値が現れる。しかし、被写体画像の持つ空間周波数成分が HH 成分を含めば、その係数ブロックにはノイズが重畳される。そこで、以下の 2 つの手順により係数ブロック毎に検出率を評価した。

(Proc. 1)

- (1) HH 成分の 4×4 係数ブロックの各係数値を HC 値の位相で判定し、正解係数を計数する。
- (2) あらかじめ指定した正解係数率（4×4 係数に対する正解係数の率 = Th）より計数した値が大きい係数ブロックを正解ブロックとする。

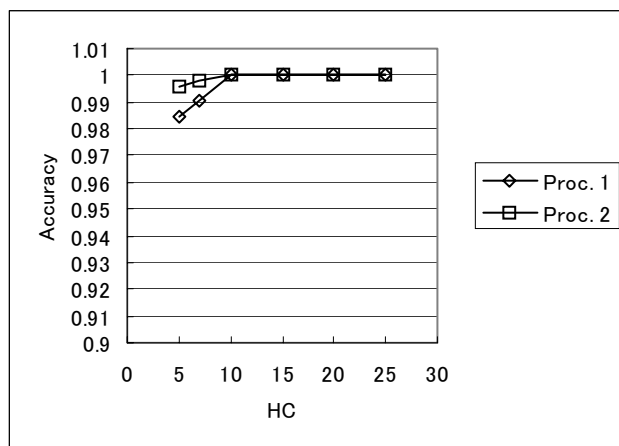


図 3 透かし情報の検出結果

- (3) HH 成分画像全体の 16×16 ブロック（256 ブロック）のうち正解ブロックの数から検出率を求める。

(Proc. 2)

Proc. 1 における (1) (2) の手順で、4×4 係数ブロックの平均値を求め、その位相により正解ブロック数を求める。

以上による評価結果を図 3 に示す。ここで Proc. 1 における Th は 0.5 とした。HC=10 以上ではいずれの手順も検出率が 100% となり、HC=7 以下でも 98% 以上の検出率であった。

先に報告した WHT の場合は、ブロックサイズが 2 のべき乗に限定されるのに対し、本報告方式ではブロックサイズに自由度があるという利点がある。今後、本報告と同等条件で行った WHT による評価実験との比較が必要と考えられる。

4. おわりに

光透かしにおける符号情報の埋め込みにハールウェーブレット変換を用いて評価実験を行った。今後は、異なるフィルタ特性のウェーブレット変換による評価を行うとともに、符号情報の埋め込み方法についてもさらに検討を行う。

文 献

- [1] Y. Ishikawa, K. Uehira, and K. Yanaka, "Illumination watermarking technique using orthogonal transforms", Proc. IAS2009, pp. 257-260, Oct. 2009
- [2] 石川安則, 上平員丈, 谷中一寿, "空間的に変調された照明光を用いた電子透かし技術", 画像学会誌, vol.48, no.5, pp.384-392, 2009.
- [3] 吉田裕史, 長谷川まどか, 加藤茂夫, "複数帯域のウェーブレット変換係数を用いた電子透かし方式に関する研究", 2005 年画電年次大会予稿, pp.23-24, Jun. 2005
- [4] 大西淳児, 松井甲子雄, "多重解像度解析と PN 系列を利用した電子透かし法", 信学誌, vol.J80-D-II, no.11, pp.3020-3028, Nov. 1997.