

Color Watermarking Detection by an AR LSI

Akihiro Takeda Hiroshi Kage Kenichi Tanaka

Mitsubishi Electric Corporation Advanced R&D Center

1. 緒言

近年 CPU の高速化、大容量ネットワークの整備が進み、様々な電子化されたデータ・コンテンツを自由に利用出来る環境が整いつつある。その反面、電子化されたデータは非常に複製が容易であり、著作権の侵害、データの改ざん・悪用などの問題が深刻化している。そのためコンテンツの保護を目的として、コンテンツに ID や文字・図形などの秘匿情報を埋め込み、特定の利用者だけにその利用権限を与える電子透かし (Digital Watermarking) の手法が注目されている。今回の発表では電子透かしの一手法として、カラー画像の色相成分に透かし情報を埋め込み、当社製のイメージセンサ、AR LSI (人工網膜 LSI) を用いて透かし情報を検出する方法を提案する。これまで透かし情報の埋め込み方法は[1]を初め多数報告されている。一般に、色の三要素 (色相・彩度・明度) のうち、人の眼は特に色相成分に対する分解能が高くないことから、我々はこれに着目し、今回 HSV (色相・彩度・明度) 表色系で表現した画像の色相成分に透かし情報を埋め込む手法について検討した。

2. 人工網膜 LSI とカラー電子透かし

2.1 表色系とカラー電子透かし

透かし情報を画像に埋め込む方法としては、輝度成分を利用する方法や、空間周波数成分を利用する方法など様々報告されている。特に[1]では、人間の視覚の特長を生かした埋め込み方式が報告されている。今回、我々は特に人間の色覚視覚特性に注目し、これに基づく透かし情報の埋め込み方式を検討した。既に提唱されている表色系 (画像を構成する各画素の色成分を表す座標系) には、広く利用される RGB 表色系以外にも数多くあり、代表的なものとして下記が上げられる。

表色系	要素	特長
RGB	R (赤) G (緑) B (青)	画像処理では一般的であるが、色の三要素が明示的に記述できない。
La*b*	L (明度) a* (赤と緑の色差) b* (青と黄の色差)	心理量としての色差が座標軸上の二点間距離に等しい。RGB 表色系からの変換が難しい。
HSV	H (色相) S (彩度) V (明度)	色の三要素が線形的に分離され、かつ RGB からの表色系変換が比較的単純

表 1: 代表的な表色系

一般に、色の三要素 (色相・彩度・明度) のうち、人の目は特に色相成分に対する分解能が高くないことから、我々は上記の表色系の中で色相成分を最も明示的に表現し、かつ RGB からの変換が容易な HSV 表色系を取り上げ、その色相成分(H)にカラー透かし情報を埋め込む手法を検討した。色相を用いることのメリットとして、人間の知覚心理において色相は明度に比べて分解能が低いとされるため、

(a) 透かし情報を埋め込んでも元画像の色の劣化が見分けにくい。

(b) 透かし情報の位置・内容が分かりにくい。

という二つの利点があり、画像の持つ情報を損ねることなく透かし情報を埋め込むことが出来る。さらに HSV 表色系の利点は、図 4 のシミュレーション結果に示すように、色相 (H) 成分によって画像の色分布を明示的に表わすことができ、画像の色解析等に利用することが出来る。

2.2 人工網膜 LSI

人工網膜 LSI は、三菱電機 (株) が開発した CMOS イメージセンサである (図 2, 表 3)。通常の CMOS センサと異なり撮像機能だけでなく、チップ上に画像処理機能が実現されており、カメラおよびシステムをコントロールする後段 CPU の負荷の軽減、処理速度向上が実現できる。その画像処理機能の一つに色ヒストグラム解析機能がある。この機能は画像出力データをリアルタイムに HSV 表色系に変換し色相 (H) 成分の分布データを得る物で、画像の色解析等に利用することが出来る (図 4)。



図 2: 人工網膜 LSI

サイズ	8.2×8.8×6.5mm
画素数	1000 (32×32) ~ 30万 (VGA)
特長	低消費電力・小型化
画像処理機能	エッジ検出・動き検出・色ヒストグラム解析等 (予定)

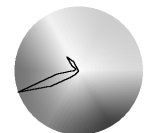


表 3: 人工網膜 LSI の仕様 図 4: 画像と色相ヒストグラム

2.3 透かし読み取りシステム

透かし情報が埋め込み済の画像に対し、我々が想定する、透かし情報読み取りシステムは次のようになる (図 5)。まず、ユーザは元画像 P に透かし情報 Wm を埋め込まれた画像 Pwm を印刷 (或いは画面に表示) した物を持つ。これに対しシステムは印刷物もしくは表示させた画像を人工網膜 LSI で撮像する。続いて撮像画像 Pwm' を元に色キャリブレーション算式 (後述) を求め、色補正情報を準備する。最後にシステムは撮像画像 Pwm' と、元画像 P の色補正画像 P' を用いて透かし情報 Wm を検出する。

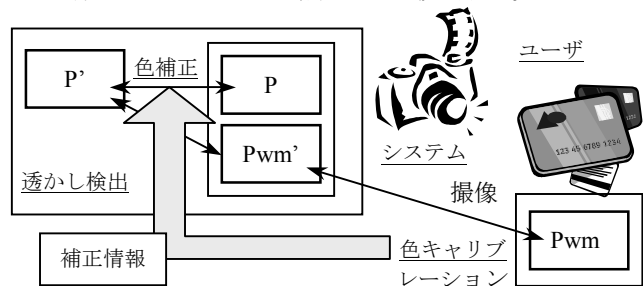


図 5: 透かし読み取りシステム

3. 透かし情報読み取りアルゴリズム

3.1 透かし情報埋め込みアルゴリズム

本報告では透かし情報として二値化画像を選び、それを元画像の色相成分に埋め込む方法を考える。透かし情報を埋め込むアルゴリズムは以下の通りである。

- Step1. 画像 P の第 k 番目の画素 P(k) を HSV 表色系に変換。
 Step2. 透かし情報 Wm の第 k 番目の画素 Wm(k) の輝度値が黒の場合、P(k) の色相値 P(k)h に 常数 a を加える。
 Step3. 得られた新色相値 P'(k)h を RGB 表色系に変換して (彩度・明度はそのまま)、透かし埋め込み画像 Pwm を得る (図 6)。



図 6：透かし埋め込み画像

3.2 色キャリブレーション

埋め込み画像 Pwm を印刷機で印刷した物 (あるいは画面に表示された物) をカメラで撮像する時には色ずれが生じ、埋め込まれた透かし情報が検出出来なくなる。それを回避するために、基底色を選び、元画像と撮像画像でのそれらの対応と線形性を仮定した、色補正を行う色キャリブレーション手法を以下の通りに行う (図 7,8,9)。

1. 埋め込み画像 Pwm と共に n 色の基底色となる C1, C2, ..., Cn (色相値 h1, h2, ..., hn) を加えた画像を作成。
2. 人工網膜 LSI で撮像した画像 Pwm' 上での n 種類の基底色 (C1', C2', ..., Cn') の色相値 h1', h2', ..., hn' を算出する。
3. h1', h2', ..., hn' を元にキャリブレーション算式 (図 8) を作成し、元画像 P に対して色補正を行う。

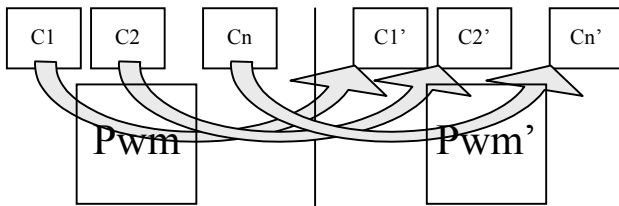


図 7：色キャリブレーションの手法

【色キャリブレーション算式】

元画像における n 種類の基底色 C1, C2, ..., Cn (色相値 h1, h2, ..., hn) がそれぞれ撮像画像上にて色相値 h1', h2', ..., hn' と表せる時に、元画像の画素の色相値 h は元画像上は以下の変換式を用いて色相値 h' に補正される。

(h(i-1) < h < h(i)) の時、

$$h' = h'(i-1) + (h(i)' - h(i-1)') \times (h - h(i-1)) / (h(i) - h(i-1))$$

色/色相値	C1	C2	.....	Cn
元画像(h)	h1	h2	.....	hn
撮像画像(h')	h1'	h2'	.....	hn'

図 8：色キャリブレーション算式

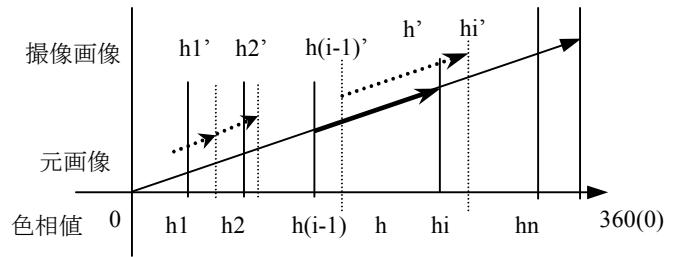
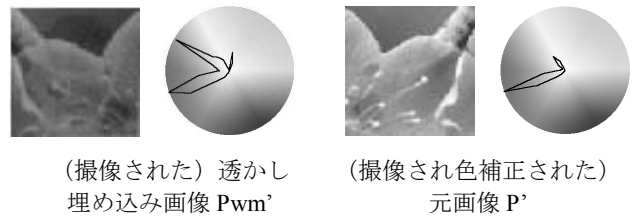


図 9：色キャリブレーション説明図

3.3 透かし情報の検出

3.2 で得た色キャリブレーション算式を元に元画像 P の補正を行った画像 P' と透かし埋め込み撮像画像 Pwm' に含まれる各色ヒストグラムの差分を計算する。色相の差分情報を用い、埋め込まれた透かし画像 Wm を検出する。



画素数/色相値	0	...	hi	...	359
Pwm' (埋め込み画像)	30	...	...	...	10
P' (元画像)	25	...	...	...	7
Wm (Pwm'-P') (透かし画像)	5	...	...	...	3

図 10：P', Pwm', Wm の色ヒストグラム

4. 結果

例としてサンプル画像 (緑一色の平坦画像：図 7) に透かし画像 (二値化画像：図 8) を埋め込んだ透かし埋め込み画像 (図 9) を作成し、基底色を 3 色 (RGB、それぞれ色相値 h1=0, h2=120, h3=240) を選び、前述の透かし読み取り方式に従い、透かし情報を検出した。



図 7：サンプル画像



図 8：透かし画像



図 9：透かし埋め込み画像

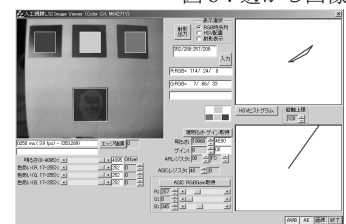


図 10：シミュレーション画面

5. 考察

上記サンプルにてシミュレーションを行い、電子透かし埋め込み方法の検証を行った。基底色の線形性を仮定して色キャリブレーション手法を提案したが、任意の自然画像に対して有効な手法は確立できていない。今後、1. 任意の自然画像に対する色キャリブレーション手法 2. 撮像ノイズに対してロバストな色相情報を用いた透かし埋め込み・検出方法、について考察していく。

6 参考文献

[1] 谷垣 芳博、田中 清、杉村 立夫、近藤 昭治、
 “色覚モデルに基づく色彩透かし”, 信学論(D-II)Vol. J82-D-II, No.3, pp. 501-511, Mar. 1999