

M-017

## 再分割ブロック間の色差分を用いた二次元カラーコードの透明化 Transparent two-dimensional color code using hue differences between subdivided blocks

節 孝典<sup>†</sup>      栗山 繁<sup>†</sup>      神納 貴生<sup>†</sup>  
Takanori Hitomi    Shigeru Kuriyama    Takao Jinno

### 1. はじめに

近年、二次元バーコードは日常生活から工場の生産ラインまで多方面で利用されている。スマートフォンなどのカメラ機能のある携帯型端末の増加により、広告画像にバーコードを埋め込む手法が提案されるようになった。従来のバーコードの埋め込みは白黒や色彩の判別による方式が多くを占めるが、デザインの拡張性や印字対象への視覚的親和性を損ねないよう、不可視性を高めたビジュアルタグの研究も提案されている。そこで本稿では、色彩の判別に基づく埋め込み手法に対しブロックごとに領域分割した画像に対し、平均色との色差分に情報を重畳することによる透明化を提案する。また、デザイン性を持たせるため、コード領域画像にロゴ画像を透過した手法についても実環境での実験により検証する。

### 2. 関連研究

広告媒体やカタログのデザイン性を損ねない様にメッセージ送信用のコードを埋め込む研究の事例として、人間の視覚が黄色変化に鈍感であるという性質を利用し画素の黄色成分を変調し高い不可視性を持つ FP コード[1]の他、人間の感度の鈍い青色成分を用いて画像の一部を変調する方法[2]やイラストにおける黒い輪郭線の青色成分を変調する方法[3]などが提案されている。

筆者らの先行研究として、経時加法混色を利用した QR コードの擬態化[4]は、人の目が青色成分の輝度変化に鈍感である性質を利用し、青色成分を加減算した二枚の画像を高速に切り替えることにより擬態化を施している。ただし、検出率を上げるために十分な変調量を確保しようとすると青色成分が 0 や 255 付近の画素については難しいことや、擬態能力が下がるなどのトレードオフが発生するという問題があった。

本稿で提案する手法では、これらの青色成分による変調だけでなく、赤色成分や緑色成分における変調を加えても擬態を可能にし、既存のカラーコード手法に対して背景画像の情報を重畳させた透明化を提案する。

### 3. 提案手法

#### 3.1 再分割ブロック間の色差分変調

ディスプレイに表示する背景画像に対し、コードを埋め込む領域に  $8 \times 8$  の各ブロックに変調を施す。図 1 に示されるように 1 ブロックあたりのカラーコード領域はさらに縦横  $2 \times 2$  に 4 分割されており、対角成分が互いに正負になる

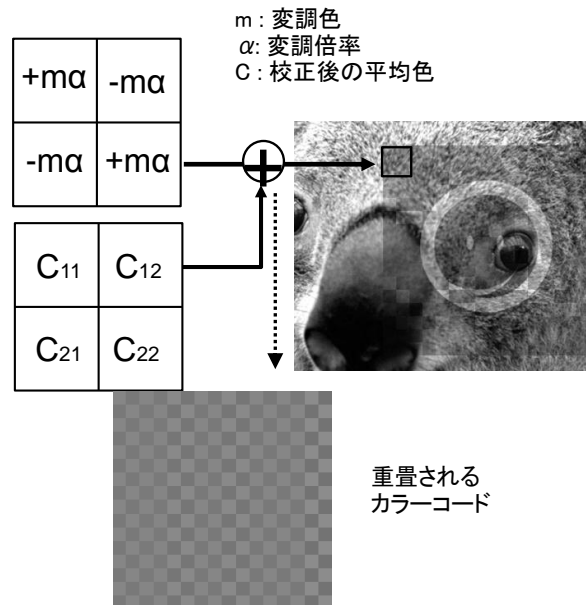


図 1 コードの埋め込み

ようなパターンで特定の色を変調する。元画像では対角同士の平均色が異なるため、変調する前段階として平均色が正負で打ち消しあうようにするために平均色が同じになるように画素値をあらかじめ調整しておく。本手法では再分割ブロックに加える変調色は  $xy$  色空間におけるユークリッド距離において等間隔になるような変調色  $m$  を選択し、変調倍率  $\alpha$  をかけて重畳する。ただし、変調率は  $0 \sim 1$  の間で設定され、1 に近い値にした場合はよりカラーコードが目立つようになる点に注意されたい。

#### 3.2 復号

はじめに前節の手法より埋め込まれたカラーコードをスマートフォンなどで撮影したのち画像データからコードを埋め込んだ矩形領域を特定する。次に矩形領域の画像を既知の  $8 \times 8$  の分割数を用いてブロックを分割し各ブロックで平均色を求める。さらに各ブロックでの  $4 \times 4$  の再分割ブロックにおける平均色との色差分を求めることで色変調量を検出する。本稿での実験においてコードを埋め込んだ矩形領域は手作業で特定した。

変調方向を逆にした場合でも同様の復号手順が可能であるので、再分割ブロックとの平均色の差が正負のどちらの変調方向にあるかを判別することにより情報として検出できる。仮に変調する色パターンが 3 色の場合に変調方向 2 パターンも埋め込み情報として取り出すのであれば、1 ブロックあたり 6 通りのデータが送出できる。

<sup>†</sup> 豊橋技術科学大学

Toyohashi University of Technology



図 2 カラーコードが重畳された画像

#### 4. 実験

前段階の実験として単色画像に対するコード埋め込みを行ったが、彩度の低いグレーの画像(各画素の画素値が 120 程度で等しい)を背景領域にした場合は検出誤り率が 0%であった。逆に彩度が高い画像(いずれかの画素の平均画素値が 200 程度)の場合はほとんど検出できなかった。そのため、安定して検出できる画像は彩度が低いという仮定を元に、画像の複雑性による検出率の影響を調べるために自然画像のような適度な複雑性を持ちかつ彩度が低い画像としてコアラの画像を使用し検出を行った。

実験ではコアラの画像に対し、ロゴ画像を重畳しながら透明度を増加させ、ロゴの位置が判別できる程度の可視化と検出誤り率の影響を確認した。

##### 4.1 4 符号における検出

表 1 に RGB 各三色に加えて、xy 色空間におけるそれらの中間色の計 4 パターンにおける検出結果を示す。ただし、変調倍率は 0.3 および 0.5 に、ロゴ画像の透明度は 25% から 50%の間で変化させている。

コード領域は青い単色成分の多く彩度が高いロゴ画像を用いたが、透明度が低い場合は検出精度も低い。これは前実験における、彩度の低い画像での検出精度が高いという結果と関係している。すなわち、ロゴ画像の透明度が低い場合は彩度が高いが、透明度を調整することで背景画像を

表 1 4 符号検出における検出誤り率

透明度(%)	検出誤り率(%)	
	変調倍率( $\alpha$ )	
	0.3	0.5
25	51.6	39.1
30	42.2	35.9
35	46.9	35.9
40	39.1	10.9
45	46.9	18.8
50	40.6	14.1

表 2 3 符号検出における検出誤り率

透明度(%)	検出誤り率(%)		
	Color	Sign	Total
40	16.9	7.3	16.9
50	6.7	4.5	6.7
60	6.4	6.1	6.4

透過させることにより彩度が下がったので、検出精度が向上したと考えられる。

#### 4.2 変調方向をコード化した 3 符号における検出と精度の向上

検出精度を向上させるために符号数を 3 に減らして実験した。また前節では一定であった変調方向も変化させることにより情報として埋め込んだ際の実験結果を表 2 に示す。RGB 各三色のみをそれぞれ変化させ、変調倍率は 0.5 固定とし、さらに透明度は検出率が高くなると期待される 40 ~ 60 の間で変化させた。Color は符号のみの検出誤り率、Sign は変調方向のみの検出誤り率、Total はそれらをあわせた場合の結果を示す。

符号数を減らすことによって安定して検出をすることが難しい中間色を除去できたため、表 1 の結果よりも安定して検出ができていたことが確認できる。また、変調方向も安定に検出できることが確認できており、加えて Color と Total の検出誤りが一致していることから Total の誤りに Sign が依存していないことも確認できる。よって情報のひとつとして問題なく埋めることが確認できた。

#### 5. おわりに

本稿では再分割ブロック間に色差分を与えることによる二次元カラーコードの透明化手法を提案し、コード領域をロゴ画像の上に埋め込んで背景画像を透過することによりデザイン性を著しく損なうことなく情報を埋め込める事を示した。

今後の課題としては、コードが埋め込まれた矩形領域の自動検出、コード埋め込みに最適な色の探索などがあげられる。

#### 参考文献

- [1] 野田嗣男, 師尾潤, 千葉広隆, “印刷型ステガノグラフィ技術”, 富士通ジャーナル, Vol.2006-5, No. 57(3), pp. 320-324, (2006).
- [2] 大鳥浩史, 栗山繁, “青色成分変調を用いた雑音体勢を有する情報埋め込み”, 第 9 回情報科学技術フォーラム, Vol. 9, No. 3, pp. 455-456, (2010).
- [3] 三宅哲平, 栗山繁, “図形輪郭線の明度変化を用いた情報埋め込み”, 電子情報通信学会誌, Vol. J93-A, No. 2, pp. 73-81, (2010).
- [4] 小室重行, 栗山繁, “色成分の時間変調に基づく不可視 QR コード”, IPSJ マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム, pp. 1690-1694 (2013).