

イラスト画像を用いたビジュアルコード

栗山繁（第4工学系，メディア信号処理コア）

1 はじめに

次世代のコピキタスコミュニケーション社会では、実世界に偏在するセンサやタグ等が物体や場所の認識に用いられ、その内容に即した情報を提供してくれる環境が普及すると考えられている。バーコードやICチップは実世界に埋め込めるタグとして現在利用できる技術であるが、バーコードは大量に使用すると生活環境の美観を損なう。また、ICチップは特別なリーダーやID管理が必要なので、導入や更新に伴うコストが比較的高い。本研究では、環境の美観を損なわずに低いコストでの運用が可能なコピキタス・タグを実現するために、画像処理・生成技術に応用したビジュアルコードの開発に取り組んでいる。

近年、2次元バーコードの美観を改良するために色を付加する技術や模様をデザイン化する技術が商品化されているが、バーコードの格子状模様を拡張したものに過ぎないので、その美観の根本的な改善策とはならない。また、ブラックライトに反応するインクを使用した透明バーコードが提案されたが、ICチップと同様に特別なリーダーを必要とする。

デジタル画像に対して情報を埋め込む電子透かしやステガノグラフィ等の従来技術は、埋め込む情報にしたがい画像の色や周波数成分の値を意図的に変調させるが、これらの技術に照明変化やレンズ歪に対する頑健性をもたせて、IDカードや紙広告に用いる技術が提案されている。しかしながら、情報検出の精度や埋め込める情報量の不足、または雑音や歪の耐性を高めるために変調量を増加させた際の画質劣化等が問題となっている。

2 図形の輪郭線を用いたビジュアルコード

本研究ではイラスト図柄に単独に情報を埋め込む事を目的とし、イラスト図形の輪郭線の明度を視覚的に目立たないように変化させる。このアプローチでは、輪郭線以外の部分には影響が及ばないので、イラスト自体の見栄えを損なわないという利点を有する。さらには、図形の矩形領域を特定するマーカー等も不要なので、従来手法よりも柔軟なデザインが可能となる。こ

れらの特徴は人工的な図形、特にキャラクター像等のイラストやロゴ・フォント画像等に情報を埋め込むのに適している。

まず、輪郭線上の画素領域を情報量に応じた数の一定長の区間（以後、セグメント）に分割する。情報の埋め込みには既存手法のように色差の変化を用いるのではなく、人間の視覚に変化が知覚されにくい青色成分の明度変化を用いている。そして図1に示すように、

- 輪郭線をセグメントの境界においては、輪郭方向に沿って明度が最大値から最小値（あるいはその逆の関係）に不連続的に変化させる。
- セグメントの各区間内においては、埋め込む2値情報が1の場合は明度を最小値から最大値（あるいはその逆の関係）になるように連続的に変化させ、0の場合は明度を変化させない。

以上の彩色方法により、セグメントの境界は明度が急峻に変化する箇所を検出して判定され、埋め込まれた2値データはセグメント内の明度変化の勾配値を推定して検出される。このように、セグメント境界と2値データを個別の方法で検出することにより、輪郭線の変形や伸縮に対しても頑健にデータを読み取ることができる。

本手法では、撮影時に生じる画像領域の変形補正のための矩形枠を用いないので、画像変形に対する強い耐性が必要となる。この理由から、1次元バーコードのように彩色の幅に情報を埋め込むのではなく、長さに変動に依存しない、明度変化のみを用いた検出方法を用いている。さらには、カメラ撮影した画像には多くの外乱やノイズが含まれ、実際に検出される輪郭線上の明度変化は図2のようになる。したがって、輪郭線の明度勾配の有無だけで2値を安定に判別すると同時にセグメント境界も頑健に検出する必要があるので、境界付近でセグメント区間長の1/5程度の平坦な緩衝領域を設けた折れ線パターンになるように明度勾配を変化させる。

以上の手続きにより、図3の生成例のように、埋め込み情報から決定される一定区間毎の色変

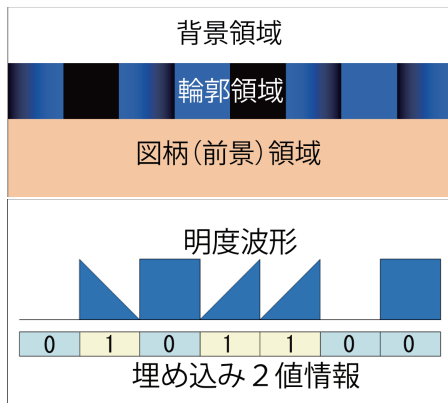


Fig. 1 輪郭の彩色パターン

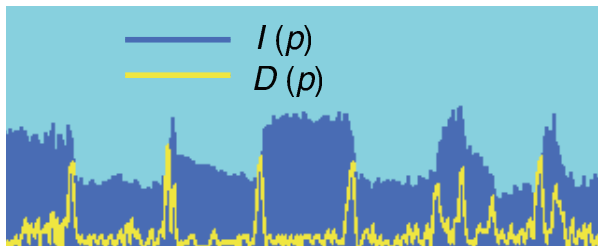


Fig. 2 撮影画像から得られる輪郭上の明度 ($I(p)$:明度、 $D(p)$:明度の移動平均差分)

化のパターンを、対象となる画像から抽出された輪郭線上に反時計回りに描画する。

イラスト図形の輪郭線に埋め込まれた情報を検出する際には、画像から輪郭線を抽出し、さらには輪郭上の画素色の变化の移動平均差分を用いてセグメント境界を求め、その各セグメント区間内の明度勾配の有無を判定する(詳細は、文献[1])を参照)。ただし、輪郭線を用いた手法は、セグメントの境界を全て正しく検出できないと、誤り訂正符号を用いても埋め込んだ情



Fig. 3 輪郭への情報埋め込み画像の生成例

報が読み取れなくなる。したがって、読み取り機構には画像解析手法の入念な実装が必要である。現段階では、埋め込み容量が48ビット程度以下であれば、輪郭形状が先鋭な曲がり角を含まない図形においては実用的な安定度で境界を判別できる事を確認している(表1参照)。

Table 1 埋め込み容量に対する読み取り誤り率

画像	埋め込み容量 [bit]	境界検出誤り率 [%]	平均誤り率 [%]
キウイ	32	0	0.0
	48	0	0.6
	64	10	2.2
狐	32	0	0.3
	48	20	6.0
	64	70	12.0
漢字	32	0	1.9
	48	40	22.9
	64	100	-

3 まとめ

イラストを撮影した画像から情報を読み取るビジュアルコードの技術について紹介した。現段階では、扱えるイラストの種類は限定されているが、既存の手法と比較して情報量や画質、およびデザインの自由度に優位性がある。本手法は電子透かしに基づく手法と同程度の4~6バイトの情報量を埋め込めるので、同様に関連情報のIDを用いるアプリケーションに適用が可能である。今後はこれらの技術を有効に活かす事のできるアプリケーションを発掘していく予定である。特に、今後の発展が期待されている、デジタルサイネージの分野における利活用技術を開拓していく予定である。

参考文献

- [1] 三宅哲平, 栗山繁, “ 明度変化を用いた形状輪郭への情報埋め込み ”、電子情報通信学会総合大会(第6回MIH研究会), DS-3-5 (2009)