

R9 非可視型4値2次元バーコードの読取りに関する基礎研究

澤田 経一*, 廣野 幹彦**, 長方 深*, 牧野 秀夫**, 山宮 士郎*

*新潟大学大学院自然科学研究科, **新潟大学工学部

1. はじめに

従来我々は、名刺に貼付するカラー顔画像のような数キロバイト程度の情報を記録できるバーコードの研究を行ってきた[1]。ここで使用されるバーコードは、正方形のマス目（セル）を横方向と縦方向に配置した2次元バーコードであり、さらに黒と白の階調の他に、中間に2種類の階調を加えることで記録情報の密度を2倍にするというものであった。同時に、デザインやセキュリティ上の問題を解決するために、バーコードを肉眼では観察できないいわゆる非可視型にする研究も同時に行ってきた[1][2]。

しかし、前回までに作製された非可視型4値2次元バーコードは、記録できる情報量は400byteが限界であり、カラー顔画像を記録するには不十分であった。

そこで本研究では、カメラ並びにレンズを高解像度で画像の歪みの少ないものに変更し、バーコードの読取り実験を行った。その結果、1200byteの情報を記録することができ、JPEG カラー顔画像の記録・復号を可能にした。本報告では、非可視型4値2次元バーコードの作製方法と、セル読取りの方法と結果、そして実際にJPEG画像データを記録・復号した結果について述べる。

2. 非可視型4値2次元バーコードの作製

2.1 印刷輝度値の決定

非可視型4値2次元バーコードは、グレースケール印刷（ALPS MD5500, 2400dpi/160lpi）した4値2次元バーコードに、AM-BKを塗布したフィルム（以下、AM-BKフィルム）[1]を貼り付けることで作製する。しかし、AM-BKフィルムの近赤外線透過率は約90%であるので、バーコード部分の画像全体が暗くなり情報の読取りに影響を与える。そこで、AM-BKフィルムがカメラ画像上にどのような影響を与えるのかを知る必要がある。図1は、輝度256階調のテストパターンをカメラがどのように読取っているかをグラフにしたものである。図1を見ると、AM-BKフィルムを貼り付けることによって、カメラ画像上の輝度値のとり得る範囲が狭くなっていることが分かる。今回、この図より4つの階調の印刷輝度値を決定し、印刷のディザにより薄い灰色と白の判別が困難であることを考慮してその値を（0, 115, 180, 255）とした。

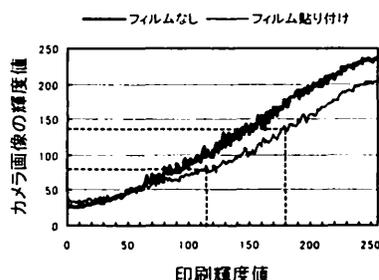


図1 印刷輝度とカメラ画像上の輝度の関係

2.2 非可視型4値2次元バーコードの構成

図2に非可視型4値2次元バーコードの構成を示す。バーコードは4つのブロックに分割されていて、それぞれのブロックごとに閾値を求め、情報の読取りを行う。ブロックごとの閾値は、バーコードの上段、中段、下段に配置された階調インデックスによって決定する。

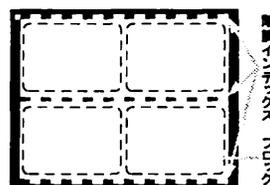


図2 非可視型4値2次元バーコードの構成

このように構成した4値2次元バーコードに、AM-BKフィルムを貼り付けることで非可視型4値2次元バーコードを作製することができる。作製した非可視型4値2次元バーコードを図3に示す。

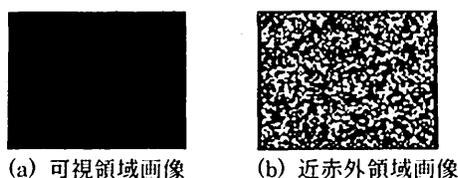


図3 非可視型4値2次元バーコードの画像

3. 実験

3.1 バーコードのセル読取り方法

非可視型4値2次元バーコードのセル読取りは画像処理によって行う。まず初めに、画像全体を2値化し背景とバーコードの枠の部分を分離する。次に、画面を走査してバーコードの頂点を検出する。そして、先に求めた頂点の座標からセルの中心座標を求め、その輝度値を読取る。最後に階調インデックスから求めた閾値と比較してセルの階調を判断する。

3.2 バーコードのセル読取り結果

非可視型4値2次元バーコードのセル読取り実験を行った。実験に使用したバーコードはセル数80×60の情報量1200byteのものであり、セルの値はランダムに設定してある。画像の取り込みに使用するカメラは、日本ボラデジタル株式会社製のデジタルCCDカメラPDMC Ieであり、近接用レンズとしてNikon社製のMicro-Nikkor, 55mm, f/2.8を用いた。撮影画像の解像度は800×600pixelであり、8bitグレースケールで画像を取り込んだ。取り込みを行うバーコードは、4種類のサイズ(4.0cm×5.2cm, 3.0cm×4.0cm, 2.5cm×3.3cm, 2.0cm×2.7cm)を用意し(情報の内容は等しい)、それぞれのサイズのバーコードにおいて5回ずつ取り込みを行った。

セル読取りを行った結果を表1に示す。ここでセル読取り率とは、バーコードの全セルのうち正確に読取ることができたセルの割合を示す。その結果、サイズが4.0cm×5.2cmと3.0cm×4.0cmのものは、100%の読取りが可能であり、2.5cm×3.3cmのものでも常に99%以上の読取りが可能であることが分かった。

表1 バーコードの読取り結果

バーコードサイズ	セル読取り率[%]	誤りの数
4.0cm×5.2cm	100	0
3.0cm×4.0cm	99.98~100	0~1
2.5cm×3.3cm	99.77~99.87	6~11
2.0cm×2.7cm	98.64~99.2	38~65

3.3 JPEG 顔画像の記録・復号

非可視型4値2次元バーコードにJPEG顔画像のデータ(容量1180byte)を記録し、その復号を行った。その結果を図4に示す。(a)は成功例であり、顔画像が完全に復号されていることが分かる。一方(b)は失敗例であり、顔画像の上方の部分に画像の乱れが生じている。この時のセル読取り率は99.91%で誤りの数は4つであった。(a)の成功例と比較すると分かるように、わずかの誤りで画像が大きく崩れてしまっている。

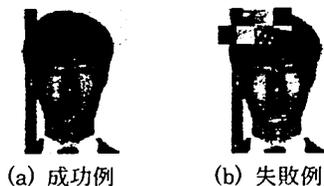


図4 JPEG 顔画像の復号結果

4. 考察

今回用意した4.0cm×5.2cmと3.0cm×4.0cmのサイズのもので100%の読取りが可能であり、2.5cm×3.3cmのものでも常に99%以上の読取りが可能であった。しかし、JPEG画像の場合、誤りが4つだけでも画像に与える影響は大きくなる。さらに、誤って読取ったセルがJPEGデータのマーカなどを記録している部分である場合、誤りが1つだけのときでも復号できない可能性がある。これらの誤検出の原因としては、コードそのものに冗長性が含まれておらず、また単一の計測でのみ復号している為、照明による輝度のばらつきも考えられる。さらに光学フィルタ取り外しの際、埃の影響も含まれる結果となった為、今後それらの改善を進める予定である。

5. まとめと今後の課題

高解像度で歪みの少ないカメラとレンズを使用することで、非可視型4値2次元バーコードの情報量を従来の400byteから1200byteまで増やすことができ、1180byteのJPEGカラー顔画像を記録・復号させることができた。これは、個人情報識別などに利用できると考えられる。

今後の課題は、さらに情報量を2000byteまで増やし、さらに画質の良い顔画像を記録すること、バーコードのサイズを小さくすることである。

また、バーコードを非可視型にするために、AM-BKに混入するCBの量を調節することで4つの階調を実現する顔料の研究も行われている[1][2]。今後は、この顔料を用いて非可視型4値2次元バーコードを作製することについても検討したい。

参考文献

- [1] 志賀亮 “非可視型多値2次元コード読取り方法に関する研究”：平成11年度新潟大学修士論文
- [2] 山宮士郎, 牧野秀夫, 廣野幹彦, 渡邊新二, 石井郁夫 “非可視型バーコードの構成材料に関する基礎研究 [I]”：信学技報 MBE98-25, 1998, pp49-53