

## 2次元コードの多階調化及びその認識のための多値化処理 Multivalued Image Processing for Multiple Tone 2D Code

高田 康行<sup>†</sup>  
Yasuyuki Takata

本田 郁二<sup>†</sup>  
Ikuji Honda

### 1. はじめに

携帯電話へのデジタルカメラの普及により、QRコードなどのデジタルコードは一気に普及し読み取る機会が増えてきた。また、その情報量も内部に収めるコンテンツの多様化に伴い、大容量化へのニーズが高まっている。しかし、携帯電話などのカメラを利用したコードの読み取りでは、周囲の環境などによってデバイスに入力される画像にノイズなどが乗ってしまい、正確に情報を読み取ることが困難となる。本稿では、読み取るデジタル画像のスペクトルや、画像を2値に高速領域分割する2値CV法に着目し、グレースケール(輝度)における4値化されたデジタル画像を一つの例として考え、実際に携帯電話のカメラで取り込んだ画像への多値化処理の方法を提案する。

### 2. 2次元コードの多階調化

白黒の2色で表現される2次元コードを多階調化することで、その階調数に伴い情報量はその整数倍されることになる。加えて多階調化することでデバイスでの読み取りも困難となるが、誤り訂正符号(リードソロモン符号)の誤り率を大きくすることである程度の読み取り誤差は解決することが出来る。結果として、2次元コードの大容量化が可能となる。

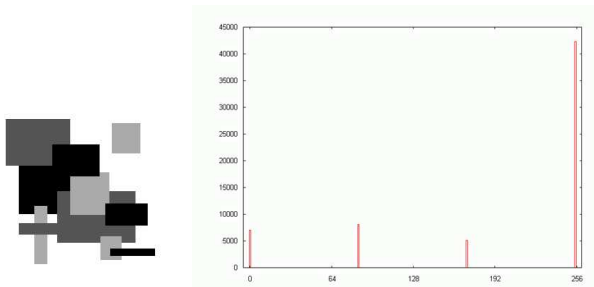


図 1: 多階調コードとそのヒストグラム

### 3. 認識のための多値化処理

実際に撮影すると、そのヒストグラムは大きく崩れる(図2)ため単純に多値の領域を分割することは出来ない。本稿では、Song等によって提案された2値CV法[1]を階層的に用いる。

#### 3.1 2値CV法

2値CV法は、初期輪郭 $C_0$ の外側に対するレベルセット閾数値を $\phi_1 = 1$ 、内側を $\phi_2 = -1$ とし、それぞれの領域における輝度平均 $c_1, c_2$ を求め、全てのピクセルにおいてそのピクセルの輝度値が内外の輝度平均 $c_1, c_2$

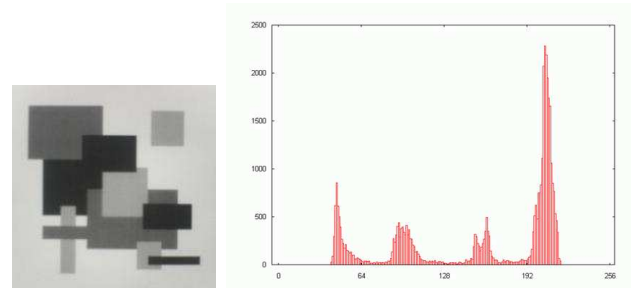


図 2: 撮影画像とそのヒストグラム

のどちらに近いかを判定し、エネルギー関数 $F$ を最小化していく手法である[1]。

#### アルゴリズム

1. 入力画像にガウシアンフィルタリングを行う。
  2. 初期輪郭 $C_0$ を与え、その外内側に対するレベルセット閾数値を $\phi_1 = 1, \phi_2 = -1$ とする。
  3. それぞれの領域における輝度平均 $c_1, c_2$ を算出する。
  4. 画像上の全てのピクセルを順番にみていき、そのピクセルの領域が $\phi_1$ であれば $\Delta F_{12}$ を、 $\phi_2$ であれば $\Delta F_{21}$ を算出し、その変化量が負である場合そのピクセルの領域を変える。
- $$\Delta F_{12} = (x - c_2)^2 \frac{n}{n+1} - (x - c_1)^2 \frac{m}{m-1} \quad (1)$$
- $$\Delta F_{21} = (x - c_1)^2 \frac{m}{m+1} - (x - c_2)^2 \frac{n}{n-1} \quad (2)$$
5. ピクセル領域変化が終わるまでステップ3、4を繰り返す。

#### 3.2 階層的2値CV法

階層的2値CV法とは、先述のCV法を簡潔にして高速化した2値CV法を階層的(段階的)に画像に適用することで、与えられた画像の領域分割を2値分割、4値分割、8値分割と段階的に領域分割する手法である。

#### 3.3 ヒストグラム法

提案手法と比較するために、デジタル画像のヒストグラムの特徴を利用した手法を挙げ、そのアルゴリズムを示す。

1. 取り込んだデジタル画像にガウシアンフィルタをフィルタリングする。
2. フィルタリング処理した画像の全てのピクセルに対して、輝度値別にその個数を数える。

<sup>†</sup>慶應義塾大学大学院 理工学研究科 総合デザイン工学専攻

3. そのピクセル数の最も多い輝度値を一つのピークと考え、その上下  $W$  の幅の輝度値を次以降のステップではピークと判定しない。
4. デジタル画像の輝度ピークの数だけ、ステップ 3 を繰り返す。
5. ピークと判定されなかった輝度値をもつピクセルは、最も輝度値に近いピークの輝度値に置き換える。

#### 4. 性能評価

人工的に作った 4 階調 (0, 85, 170, 255) のデジタル画像を用意し、カメラ付き携帯電話でその画像を 3 つの条件で撮影 (図 4.) し、その画像に対して提案法の処理結果を示す。

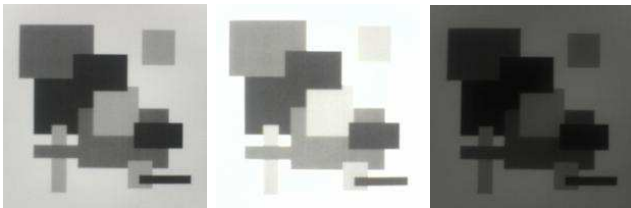


図 3: 3 条件下 (普通、明るい、暗い) での撮影画像

### 5. 結果

#### 5.1 普通の場合

普通の環境で撮影した画像は全体的に輝度変化が少なく、どの手法においてもある程度良好な結果が得られた。

#### 5.2 明るい場合

図 4 は明るい場合の結果画像、図 5 (左) はその撮影画像のヒストグラムである。また (a)~ (d) は、

- (a) 階層的 2 値 CV 法結果画像
  - (b)  $W = 5$  のヒストグラム法結果画像
  - (c)  $W = 25$  のヒストグラム法結果画像
  - (d)  $W = 40$  のヒストグラム法結果画像
- である。

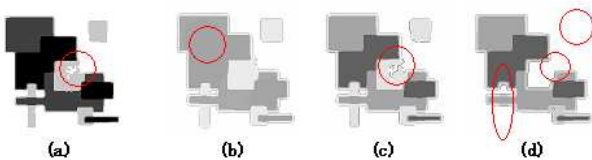


図 4: 階層的 2 値 CV 法及びヒストグラム法結果画像

与えられたデジタル画像を明るい環境で撮影しているために、図 5 にあるように輝度情報は白 (輝度:255) の方に偏ってしまう。そのため、ピークからピークまでの輝度距離が短くなってしまい、ヒストグラム法では  $W$  の値に左右されやすくなってしまっている。結果的に図

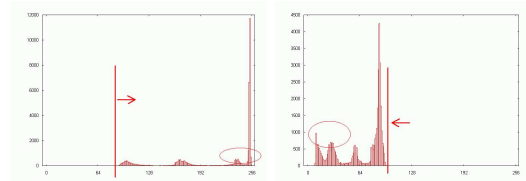


図 5: 撮影画像 (左: 明、右: 暗) のヒストグラム

4 の (b), (d) にあるように正しく領域分割出来ていない結果が得られている。

また、図 4 の (a), (c) は正しく領域分割されているものの、赤丸の部分において、撮影時にその部分の輝度値が大きく撮られてしまい、その部分が背景と判定されている。

#### 5.3 暗い場合

図 6 は暗い場合の結果画像、図 5 (右) はその撮影画像のヒストグラムである。また、(a)~ (d) は図 4 の (a)~ (d) に対応している。

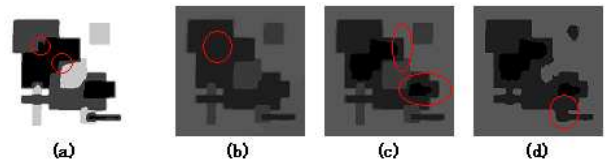


図 6: 階層的 2 値 CV 法及びヒストグラム法結果画像

暗い場合も、暗い環境で撮影しているために全体的な輝度情報は黒 (輝度:0) の方に偏っている (5)。そのため、同様にピークからピークまでの輝度距離が短くなってしまっている。ヒストグラム法では、図 6 の (b), (c), (d) の丸で示した部分に適切に領域分割されていない箇所がみてとれる。(b) は  $W$  の値が小さすぎるために正しいピークではなく最も大きいピークの近くの輝度をピークと判定しており、逆に (c), (d) はピークである場所を  $W$  が飲み込んでしまっている (図 5)。それにより (d) では、背景を除いて画像が 2 階層にしか領域分割されていないことがわかる。

実験 3 では、画像が暗すぎるために階層的 2 値 CV 法も図 6 の (a) にあるように部分的に正しく領域分割出来ていないことがみてとれる。

### 6. まとめ

2 次元コードの多階調化及びその認識のための多値化処理において、階層的 2 値 CV 法を提案、性能評価し、用意したデジタル画像を 3 つの条件のもとで撮影し実験を行うことでその有効性を示した。本稿では、グレースケールにおける濃淡情報をもつデジタル画像についてのみ多値化処理を示したが、その濃淡による多値化はカラー情報へと拡張し処理していくことが可能であると考えられる。

#### 参考文献

- [1] Bing Song and Tony Chan. A fast algorithm for level set based optimization. Dec. 2002.