

# 2値画像データの明るさ制御における一手法

A tone control method for bi-level image data

鷲尾 こうじ\*

Washio, Koji

市原 美幸\*

Ichihara, Yoshiyuki

In this paper, a tone control method for bi-level (1 bit depth) image data processed by dither or error diffusion is proposed. This method includes a process that is applying error diffusion method directly to 2 level-image (So it was named Direct Error Diffusion (DED) method) and has an advantage of keeping a highly image quality (detail or sharpness). DED is expected to be applied to various image devices such as PC, Scanner, Printer or FAX for tone control.

## 1 はじめに

パソコン、スキャナ、プリンタ、FAXやデジタルコピーなどの画像機器においては必要に応じてディザ法や誤差拡散法などにより2値化された疑似階調画像が多く扱われている。その理由は、これらの画像のデータサイズがコンパクトな割に階調性や解像力がよく保存されている点にある。

これらの2値化された疑似階調画像はOn/Offのデータの集まりであり、このままではその明るさ(γ)を多階調画像のように自由に変えることは難しい。勿論ハードプリントあるいはモニタ表示の際にドット径を制御するあるいは輝度調整つまみを回すことで解決する状況もあるが、たとえば複数の画像や文字などを編集して一枚の紙あるいはモニタ画面にレイアウトする場合には前述のいわゆるアナログ的な制御は他の画像にも影響を及ぼすという問題がある。このような問題を回避するためにはデータの段階で明るさをデジタルに調節できることが望ましい。

この問題を解決するためには2値化された疑似階調画像から元の多階調画像を復元し、この復元された多階調画像の明るさ(γ)を変え、再びディザ法や誤差拡散法などにより再び2値化する処理を行うといった方法が考えられる。2値化された疑似階調画像から元の多階調画像を復元する技術として、注目画素周辺にある走査ウィンドウを設け、そのウィンドウ内で計数された黒画素数に重みをかけてその注目画素値を推定する等の手法が提案されている<sup>1)~3)</sup>。

しかしながらこれらの階調復元技術は複数画素の情報平均化する事になるため、解像度が劣化する。たとえば1画素幅の細線が太く薄い線になったり、小さな文字などはぼやけて読めなくなるといった具合にである。すなわち復元された多階調画像にγをかけて明るさを変え、再び2値化すると、2値画像の時に再現されていた細線

や文字の品質が劣化する可能性がある。

本稿では、ディザ法や誤差拡散法などにより2値化された階調画像に対し、解像度を損なうことなく、その明るさを変えることのできる一つの手法を提案する。

## 2 DED法

本手法の処理ブロック図をFig.1に示した。本手法は、1次元LUT(Look Up Table)と誤差拡散処理とを組み合わせた構成であり、2値画像に対して誤差拡散処理を直接的にかけるので、DED(Direct Error Diffusion)法と呼ぶことにする。処理手順は以下ようになる。

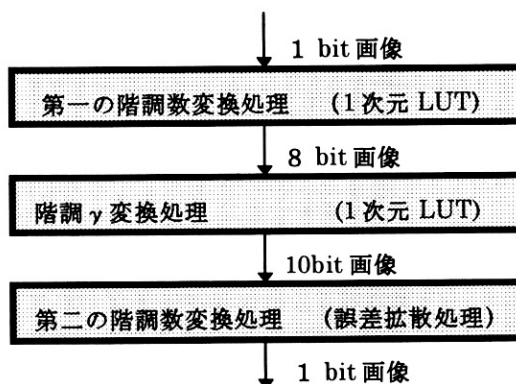


Fig.1 処理ブロック図

### 2.1 第一の階調数変換処理

はじめに、第一の階調数変換処理を行うことにより、1 bit 画像を8 bit 画像に変換する。この変換時には、注目画素の情報xだけでなく、周辺画素の情報も使うことが有効な場合があるが説明の便宜上、ここでは注目画素の情報xだけを使った場合を説明する。この場合で1 bit 画像xを8 bit 画像yに変換する式は例えば以下のようなものがある。

$$y = x \cdot 2^8 - 1$$

この式によって第一の階調数変換処理が行われ、変換

\* 機器開発統括部 第2開発センター

後の値は0（白）または255（黒）をとることになる。

## 2.2 階調 $\gamma$ 変換処理

階調 $\gamma$ 変換処理で使う変換式は基本的には入出力関係が一意的であればどのような変換式を使うことも可能であるが、ここでは簡単のため入力信号を $x$ 、出力を $y$ として以下のような変換式を使うことにする。

$$y = ax + b$$

ここで係数 $a$ 、 $b$ は実数で、実用上 $a = -2.0 \sim 2.0$ 、 $b = -256 \sim 255$ の範囲の値とする。係数 $a$ 、 $b$ を変えることにより $\gamma$ を変えることができるが、係数や入力信号 $x$ によっては出力値 $y$ が8 bitの値の範囲（0～255）を超えてしまうことがある。このとき出力値 $y$ の範囲を8 bit（0～255）としてクリップすると、処理される画像が元々2値画像だった場合、0か255の値しかとらないので、階調 $\gamma$ 変換処理で $\gamma$ を立てたときに、結果的に値が変わらないということになる。Fig. 2はその例で、 $y = 2x$ の場合も $y = 2x - 255$ の場合も0は0に、255は255にしかならず、画像の $\gamma$ は変化しない。

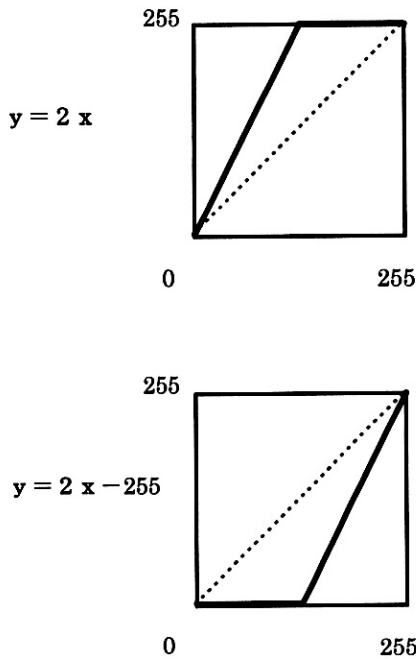


Fig. 2  $\gamma$ 変換と通常のクリップ処理

そこで、出力値 $y$ の範囲を8 bit（0～255）とせず、8 bitよりも大きい、例えば10 bit（-511～512）としてクリップ処理を行う。これにより、処理される画像が元々2値画像だった場合でも、その出力値は10 bit（-511～512）の信号となる。Fig. 3はその例で、 $y = 2x$ の場合は255は510になり、 $y = 2x - 255$ の場合は、0が-255に変換されている。

## 2.3 第2の階調数変換処理

第2の階調数変換処理として、10 bit（-511～512）の信号に対し、8 bit信号を扱うような誤差拡散処理を行う。すなわち注目画素値を $x$ 、誤差を $er$ として、以下のしきい値条件で誤差発生させる。

```
if  $x > 128$     dot ON     $er = x - 255$ 
Otherwise      dot OFF    $er = x$ 
```

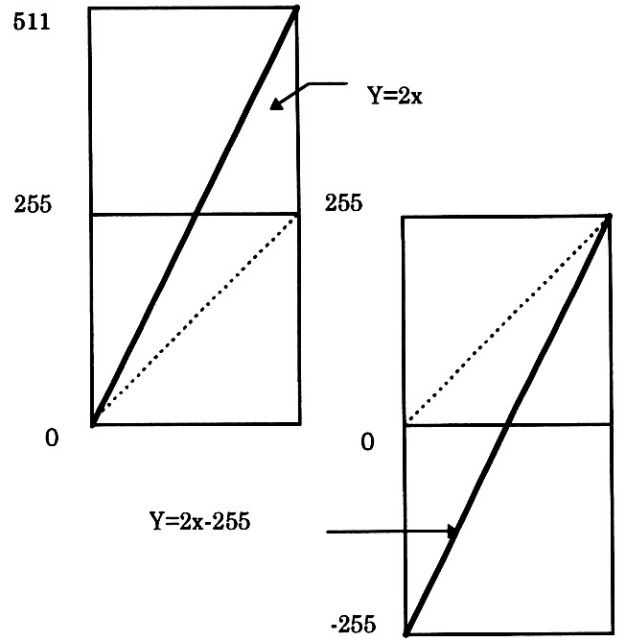


Fig. 3  $\gamma$ 変換と10bitクリップ処理

注目画素	1/2
1/2	

Fig. 4 選定された拡散マトリックス

この時に使用した誤差の拡散マトリックスをFig. 4に示した。これは注目画素の右隣と真下に半分ずつ $er$ を分散するタイプのものである。拡散マトリックスとしてはこのほかにも様々なものを使用できるが、場合によってはパターンノイズが現れるなどの不都合がおこるので選定には注意が必要である。筆者らは数種類のマトリックスを試みたが、このマトリックス以外のものはすべてパターンノイズが現れた。パターンノイズ対策として、拡散マトリックスに乱数や周期関数などを重畳するなどの手法<sup>3)</sup>も有効である。

## 2.4 誤差拡散処理時のクリップ処理について

拡散された誤差を受けた画素に対してクリップ処理を行う。通常は(8 bitの場合)画素値のレンジは0~255であり、誤差拡散処理後には画素値は0(白)、または255(黒)に変換される。つまり誤差拡散処理の前後で値のレンジが変わらない。この場合のクリップの必要は無い。

しかしながら、本手法では前段で階調 $\gamma$ 変換を行うために、誤差拡散処理の前後で画素値のレンジが変わってしまう。この場合にはクリップ処理をしないと、誤差を分散しきれずに、雪崩のように画像をぬりつぶしてしまうといった現象が起こることがある。その例を簡単な画像で説明する。例えばFig. 5のような、左上に黒の四角が画かれた画像を想定する。8 bit画像として扱うと黒=255、白=0の画素値である。黒画素数は36である。

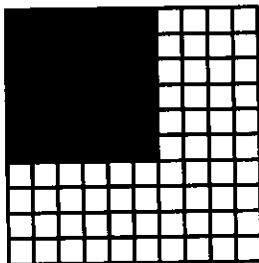


Fig. 5 2値画像の例

これを $y = 2x$ という式でガンマ変換すると、255(黒)は510に、0(白)はそのまま0になる。この状態で通常の誤差拡散処理を行い、その際にクリップを全くしないことにする。つまり510という値を持つ画素に対してOn(=255)と判定し、このときの誤差(=255)を右と下の隣接画素に分散させるように処理すると、画像の形がFig. 6のように変わってしまう。この現象は以下のように説明できる。 $y = 2x$ の $\gamma$ 変換後にはそれぞれの黒画素に255という誤差値が潜在的に存在することになる。黒画素の数は36なので、誤差の総計は $36 \times 255$ 、すなわち白画素を36画素塗りつぶすだけの値となり、これが誤差の拡散方向である右下の方向に雪崩のように移動したものである。

この現象は「白い部分が黒く塗りつぶされる」という場合だけではなく「黒が白く飛ばされる」という場合においても起こり得る。たとえば $\gamma$ の式 $y = ax + b$ で $b < 0$ (例えば $b = -255$ )の場合がそうである。この場合は白画素が連続した部分においてマイナスの誤差が雪崩のように移動し、隣接する黒画素の連続する部分を白く塗りつぶすことになる。

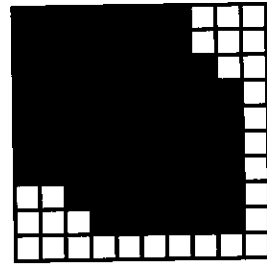


Fig. 6 通常に誤差拡散を行った画像

## 2.5 クリップレベル

クリップ処理を行うにあたって、クリップレベルを決める必要がある。クリップレベルが広すぎると「誤差の雪崩」を抑える効果が現れない。反対に狭すぎると、拡散すべき誤差が不必要に切り捨てられてしまい、前段で $\gamma$ 変換を行ってもその明るさを変換する効果が薄れてしまうことが起こりうる。

本手法では、誤差が拡散された時に、注目画素の右と下の隣接画素に対してクリップレベルを10 bit(-512~511)としてクリップ処理を行っている。先ほどの画像にこのクリップ処理を加えたものがFig. 7である。

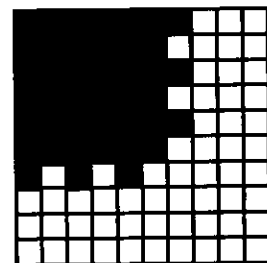


Fig. 7 誤差拡散+クリップ処理を行った画像

画像中の黒い四角は1画素程度はみ出すだけで、いわゆる「誤差の雪崩」はかなり軽減されている。このようにして処理した2値画像はドットの密度(パターン)が変わることによって解像力を劣化させずに画像濃度が変わることになる。

## 3 検 証

実際にデジタルコピー機を画像入出力装置として用いて本手法を以下の手順で検証した。原稿(社内テストチャート:印刷物)をデジタルコピーのスキャナーにて解像度400dpi、輝度出力8 bitで読みとり、4676 x 3456画素の画像データを得た。この画像データを濃度変換後、誤差拡散処理で2値化し、画像メモリに記憶した。この段階での2値画像をデジタルコピーのプリンタにて400 dpi、2値で出力したものをFig. 8に示した。この画像に本手法

のDED処理を用いて明るさ(γ)を変え、400 dpi、2値で出力した例をFig. 9~10に示した。この時に使用した明るさ変換式は図中に示した。Fig. 9~10で明らかのように、DED処理によれば2値化された画像でもコピー機の濃度調整機能のように明るさを自由に変えられ、またそれでいて解像力の劣化が目立たないことが確認できた。

比較として、前述の階調復元手法の1つをFig. 8の2値画像に適応して明るさ変換をした結果をFig. 11に示した。階調復元手法の応用では明るさ変換は可能であるが、DED法に比べて解像力の劣化が激しい事が分かる。

#### 4 まとめ

誤差拡散法などの疑似中間調表現法により2値化された階調画像に対して解像度を損なうことなく明るさを変えることのできる手法としてDED法を提案した。DED法はパターンマッチング法などに比べてアルゴリズムが単純なため、小規模なハードウェア構成で実現可能であり、またリアルタイム処理を必要としなければソフトウェアとして機械に組み込むことができるなど実現形態に柔軟性がある。またデータを書き換えることによる明るさ調整方法であるため、デバイスの能力に依存することがないため、デジタルコピー、FAXなどに限らず、パソコンや電子ファイリングシステムなどの出力の際の明るさ調整手段として応用することが可能である。

#### ●参考文献

- 1) 特開昭 63-234672 号広報
- 2) 特開昭 63-290072 号広報
- 3) 特許広報 2635308 号

7.0 Point ELECTRO  
OF A PHOTSENS  
LAYER. THIS IS  
THE FILM AND T  
IS PRODUCED WI

6.0 Point ELECTROS  
MEMBERCONSISTIN  
producing an over-all  
film to anoptical imag  
where light inpings up

5.5 Point ELECTROSTA  
CONSISTING OF A PH  
ALL UNIFORM DISTRI  
exposure to the image, e  
dissipation of the surface  
can also be produced on



Fig. 8 2値化された画像

7.0 Point ELECTRO  
OF A PHOTSENS  
LAYER. THIS IS  
THE FILM AND T  
IS PRODUCED WI

6.0 Point ELECTROS  
MEMBERCONSISTIN  
producing an over-all  
film to anoptical imag  
where light inpings up

5.5 Point ELECTROSTA  
CONSISTING OF A PH  
ALL UNIFORM DISTRI  
exposure to the image, e  
dissipation of the surface  
can also be produced on



Fig. 9 DED法による処理例 (y = 0.4x)

7.0 Point ELECTRO  
OF A PHOTSENS  
LAYER. THIS IS  
THE FILM AND T  
IS PRODUCED WI

6.0 Point ELECTROS  
MEMBERCONSISTIN  
producing an over-all  
film to anoptical imag  
where light inpings up

5.5 Point ELECTROSTA  
CONSISTING OF A PH  
ALL UNIFORM DISTRI  
exposure to the image, e  
dissipation of the surface  
can also be produced on



Fig. 10 DED法による処理例 (y = 1.4x)

7.0 Point ELECTRO  
OF A PHOTSENS  
LAYER. THIS IS  
THE FILM AND T  
IS PRODUCED WI

6.0 Point ELECTROS  
MEMBERCONSISTIN  
producing an over-all  
film to anoptical imag  
where light inpings up

5.5 Point ELECTROSTA  
CONSISTING OF A PH  
ALL UNIFORM DISTRI  
exposure to the image, e  
dissipation of the surface  
can also be produced on



Fig. 11 2値画像を9×9画素で平均して再び2値化した従来例 (y = 0.4x)