

適応リサンプリングによる
線幅保存拡大縮小方式の開発

5D-7

樋野 匡利* 宗政 成大* 吉村 光彦* 金澤 龍樹**

* (株)日立製作所システム開発研究所 ** (株)日立製作所神奈川工場

1. はじめに

帳票や文書などの二値画像を高品質に拡大縮小するためには、線の情報を保存することが重要である。従来の方式[1]は、画像全体の白黒画素比保存等を中心に考えられており、線情報の保存という面からは十分な機能を持っていなかった。線に着目した方式としては、FAX画像の画面表示を目的に、縮小時に細い線が消える細線消失を防止する方式[2]が提案されている。これに対して、さらに高画質化を実現する方式として、処理前に同じ幅であった線が処理後に異なる幅になる線幅変動と細線消失を防止する方式を開発した。本方式の特徴は、処理する画像の黒領域に適応してリサンプリング位置を補正する点にある。黒領域の推定法とは独立で、推定法として、従来の画素補間法等の考え方を使用できる。

2. 本方式の考え方

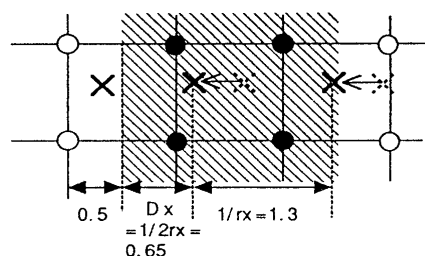
従来の方式は、拡大縮小処理後の各画素の原画像上の対応位置(以下、リサンプリング位置と呼ぶ)を求め、その位置の周辺の原画素の値により処理後の画素値を決定する。この時の画素値の決定(画素補間)法に関して多くの提案がある。この方式では、処理後の線の幅は、原画像の線の幅と拡大縮小率により一定に決まるのではなく、原画像の線を構成する画素とリサンプリング位置の関係に依存する。原画素の間隔を1とすると、リサンプリング位置は倍率の逆数の間隔で原画像上に並び、リサンプリング位置と原画素の間隔は画像上の位置により変動する。よって、原画像上で同一幅の黒領域であっても、その中に入るリサンプリング位置の数は一定しない。縮小時には、一画素も入らない場合が生じる。このようにして、線幅変動や細線消失が生じ、処理結果の画質が低下する。本方式では、線情報を保存するために、原画像の黒領域に適応してリサンプリング位置を補正し、同一幅の黒領域内に入るリサンプリング位置の数を一定化し、線幅の変動を防止する。

3. リサンプリング位置の補正方式

図1に位置補正の例を示す。説明を簡単にするため、横(x軸)方向の位置補正を説明するが、縦(y軸)方向についても同様である。また、黒領域推定法は、リサンプリング位置に最も近い原画素の値を変換後の画素値とする最近傍法の考え方を用いることとする。従って、図中ハッチング部分にリサンプリング位置があればその画素は黒となる。他の画素補間法や領域推定法でもよい。図1の横(x軸)

方向の倍率は $rx=1/1.3$ 、よって、隣合うリサンプリング位置の間隔は倍率の逆数 $1/rx=1.3$ となる。位置補正は、原画像の黒領域の境界と黒領域内で最も近いリサンプリング位置の間隔を一定の距離 Dx になるように行なう。領域の左右両方の境界に対して一定化することできないので、どちらか一方に対して一定化する。図1は、左境界に対して、距離 $Dx=(1/rx)/2$ (リサンプリング位置の間隔の1/2)に補正した例である。位置補正は、補正が起こった画素から右方向で同一の黒領域に入る全ての画素に対して、同一量行う。位置補正をしても同一黒領域に入らない画素があれば補正を終了し、その画素は補正の無い元の位置に戻す。画素値の決定は、補正がない場合はそのリサンプリング位置、補正がある場合は補正後のリサンプリング位置で行なう。

細線保存は、リサンプリング位置における画素値が白(0)であった場合でも、左隣のリサンプリング位置との間に新たな黒領域の開始(黒領域の左境界)があればその画素を黒(1)にするで行う。縦(y軸)方向についても同様(黒領域の上境界)である。



○ : 白画素 ⊗ : リサンプリング位置(補正前)
● : 黒画素 ⊗ : リサンプリング位置

図1 リサンプリング位置補正

図2に処理フローを示す。処理後の画像の座標(X, Y)の画素を $Q(X, Y)$ とすると、リサンプリング位置は、 $(x, y)=(X/rx, Y/ry)$ となる。 x/y 軸方向の位置補正量を cx/cy で表し、補正量0は、補正無しを表す。以下の説明では、補正の有無に関わらず補正後のリサンプリング位置と呼び、 $(x', y')=(X/rx+cx, Y/ry+cy)$ で表わし、 x', y' の整数部を ix, iy 、小数部を dx, dy とする。処理は、画像の左上を原点とし、原点から右下に横方向に走査するように X, Y を順次更新しながら、 $Q(X, Y)$ の値を決定することにより行なう。

位置補正と細線保存の詳細を説明する。補正後のリサンプリング位置に、最も近い原画素を $P(nx, ny)$ とする。以下、 k, m を整数とし、 $k=k1-k2$ は、 $k \leq k1$ から $k2$ までの整数値をとることを示す。[]は切捨て、[]は切上げを表わす。

[補正開始条件、及び、画素値決定処理]

(a) $P(nx, ny) = 1$ の場合、 $Q(X, Y) = 1$ として、

(i) $cx = 0$ のとき、

(nx, ny) から x 座標の小さくなる(左)方向で、最初の白画素を求める。その x 座標を wx とすると、補正後の x 座標は、 $x' = wx + 0.5 + Dx$ によって、補正值は、 $cx = x - x' = x - wx - 0.5 - Dx$ となる。

(ii) $cy = 0$ のとき

(ix, iy) から y 座標の小さくなる(上)方向で、最初の白画素を求める。その y 座標を wy とすると、補正後の y 座標は、 $y' = wy + 0.5 + Dy$ によって、補正值は、 $cy = y - y' = y - wy - 0.5 - Dy$ となる。

(b) $P(nx, ny) = 0$ の場合

以下、 k, m を整数とし、 $k = k1 - k2$ は、 k が $k1$ から $k2$ までの整数値をとることを示すものとする。

$k = [x' - 1/rx + 0.5] + 1 - nx$, $m = [y' - 1/ry + 0.5] + 1 - ny$ の範囲で

($P(k, ny) = 0$ and $P(k+1, ny) = 1$) or
 ($P(nx, m) = 0$ and $P(nx, m+1) = 1$) or
 ($P(k, m) = 0$ and $P(k+1, m) = 0$ and $P(k, m+1) = 0$ and $P(k+1, m+1) = 1$) となる k, m があるか調べ、あれば $Q(X, Y) = 1$ なければ $Q(X, Y) = 0$ とする。

[補正の終了条件]

(1) x 軸方向の補正終了条件($cx \neq 0$ のとき)

$k = [x' - 1/rx + 0.5] + 1 - nx$ について、 $P(k, ny)$ の値を調べ、白画素があれば、 $cx = 0$ (補正終了)とする。

(2) y 軸方向の補正終了条件($cy \neq 0$ のとき)

$m = [y' - 1/ry + 0.5] + 1 - ny$ について、 $P(nx, m)$ の値を調べ、白画素があれば、 $cy = 0$ (補正終了)とする。

4. 高速化方式

上述の方式は、従来方式に対して位置補正処理の負荷が増加するため、より高速な処理方式を検討した。原画像の横方向の黒ランを検出し、その始/終点の倍率に応じた座標計算により、処理結果の画像の黒ランを求める方式である。原画像の黒ランの始/終点の x 座標を xs, xe 、倍率を rx とする。領域の白から黒への境界は、 $(xs - 0.5)$ の位置にあると考えられるから、処理後の境界は、 $(xs - 0.5) \times rx$ の位置に

ある。従って、黒ランの始点は、境界の右画素とすると $xs' = [(xs - 0.5) \times rx] + 1$ となる。同様に、黒から白への境界の座標は $(xe + 0.5)$ であるから黒ランの終点は、境界の左画素とすると $xe' = [(xe + 0.5) \times rx] + 1$ となるが、これでは、線幅変動を生じる。これを防止するため、上述の考え方にに基づき、終点の座標計算を原画像のランの幅と倍率から計算した処理後のランの幅に基づく方式に変更する。原画像のランの幅は $w = (xe - xs + 1)$ 、よって、処理後のランの幅は $w' = w \times rx$ をなす。開始境界は $xs' - 0.5$ であるから、終点の座標は $xe' = [xs' - 0.5 + w'] = [xs' - 0.5 + (xe - xs + 1) \times rx]$ となる。この処理を x 軸方向に行った後、 y 軸方向にも同様に行うことにより、処理結果を得る。

この方式では、 x 軸方向に処理した画像を一旦記憶するメモリが必要となるが、 x 軸方向に処理した画像を作成する代わりに、 x 軸方向の一行分のランの情報を記憶するテーブルを用いて、一行ずつ処理を行いながら y 軸方向にも拡大縮小して結果を求めることもできる。このテーブルによる方式では、処理時間は、基本的に倍率(結果の画像サイズ)ではなく、原画像サイズに依存する。ワークステーション 2050/32E(68030, 25MHz)による実験で、評価用データ(B4, 240dpi)の縮小処理時間は約10秒であった。

図3に、計算機で生成した帳票画像に対する処理例を示す。本方式によれば、細線消失がなく、原画と同様な線幅の揃った高品質な処理結果が得られる。

5. おわりに

帳票や文書などの線の情報が重要な画像に対する高品質な拡大縮小法として、原画像の黒領域に適応してリサンプリング位置を補正する方式を提案した。本方式によれば、細線消失と線幅変動の防止により、高品質な結果を得ることができる。

[参考文献]

- [1] 新井他:"ファクシミリ線密度変換の一検討", 画像電子学会誌, Vol. 7, No. 1, pp. 11-18, (1978)
- [2] 若林他:"細線消失を防止した縮小変換法", 信学論(D), Vol. J70-D, No. 4, pp. 742-749, (1987, 4)

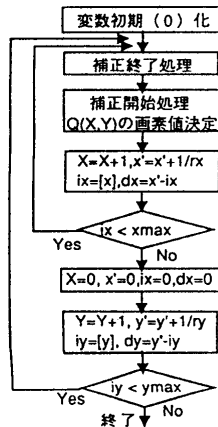


図2 処理フロー

No.	名称	形式	用途
1	原画像	Word 97 B1P1	文書の作成、編集、印刷
2	処理結果	Word 97 B1P1	文書の作成、編集、印刷

(a) 従来方式(投影法)

(b) 本方式

図3 処理結果の例