

2次 Bezier 曲線を用いた画像拡大法におけるグラデーション領域の歪み補正

高橋 奈穂美[†] 亀田 昌志[†]

[†]岩手県立大学ソフトウェア情報学部

1. はじめに

近年、デジタルデバイスの普及に伴い、画像の拡大を行う機会は増えてきている。しかし、従来の拡大法では、拡大率が大きくなるとエッジの部分にボケや偽輪郭といった歪みを生じ、これが視覚的に大きな妨害となる¹⁾。これは画像の構造を考慮せずに、どの部分に対しても同様の処理を行っていることが原因と考えられる。

一方、画像の構造を考慮した表現法として、画像の走査線ごとの輝度の変化を2次 Bezier 曲線を用いて近似する画像表現法が提案されており²⁾、この画像表現法によって取得した曲線を拡大することで画像の構造を考慮した画像拡大を行うことができる。本稿ではこの拡大処理を行った際に生じるグラデーション領域の歪み補正法を提案する。

2. 2次 Bezier 曲線を用いた画像表現法

提案手法で用いられる画像表現法について簡単に説明する。2次 Bezier 曲線は、開始点(Q1)、制御点(Q2)、終点(Q3)の3点によって制御することができる³⁾。原画像に含まれる任意の領域の輝度を2次 Bezier 曲線を用いて近似するとき、輝度が急激に変化する部分では近似誤差が局所的に増大する。この近似誤差の特性によりエッジの位置を求め、エッジを境界とした領域ごとに画像を分割できる。

図1に画像中の走査線の一部に対して曲線近似を適用した結果を示す。ここで、入力画像にはITE標準画像の「肌色チャート」を用いている。このとき、図1では5つの領域に分割・近似されており、隣り合う領域のQ1とQ3は同じ点とする。

この表現法では、近似と画像の構造に基づいた分割が同時にできることが利点であり、本研究ではこれに基づいた画像拡大法を提案する。

3. 近似曲線を用いた画像拡大法

先に説明した画像表現法により求めた2次 Bezier 曲線の情報を用いて、画像の構造を考慮した画像拡大法を提案する。1つの2次 Bezier 曲線は、3点によって制御されており、この3点を水平方向に移動させることによって、各領域における曲線の標本点間隔を変化させて曲線の拡大を行う。近似は走査線単位で行われ

ていることから、本研究では入力画像を水平方向へ4倍に拡大することを考える。

しかし、この処理を適用した結果、グラデーション領域の一部の曲線に歪みが生じることがわかった(図2)。これは拡大率が上がることで顕著となり、視覚的に大きな妨害となる恐れがあるため、補正する必要がある。

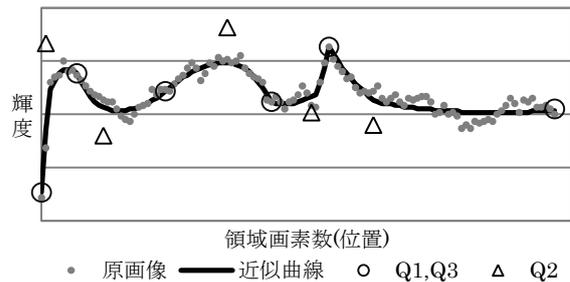


図1 曲線近似結果

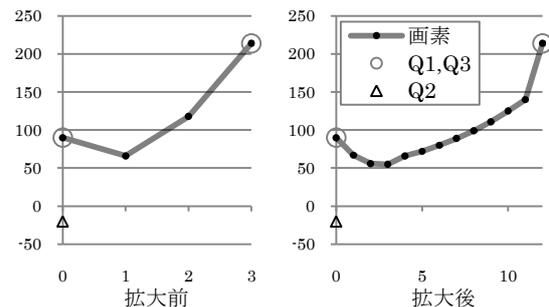


図2 拡大後曲線における歪み

3.1 曲線の歪みが生じる条件

拡大処理を行うことで近似された全ての曲線が歪みを持つわけではないことから、歪みの生じる条件を明らかにし、その条件をみだす領域に対して補正を行う。条件を用いることで拡大処理を行う前に誤差が生じる領域を特定できるため、処理の効率化が図れる。

曲線の歪みは、輝度値の最大値または最小値が大きく変化する部分に生じるものとし、歪みの発生条件を各制御点の関係より求める。ここで、各曲線の制御点間の距離を図3のように定義し、歪みの生じる領域とは最大値・最小値の差が5以上になる部分とする。

まず、「肌色チャート」を含む7枚の画像を用いて歪みの生じている領域の拡大前と後の曲線を取得する。次に抽出した拡大前の曲線に対して、共通する特徴を調査した。その結果、曲線の歪みはQ1-Q2間の傾き($G1=Q1-Q2y/Q1-Q2x$)とQ2-Q3間の傾き($G2=Q2-Q3y/Q2-Q3x$)が一定範囲内になった場合に発生することがわかった。

また、歪みのない曲線に比べて歪みのある曲線では G1 と G2 は原点に集中しておらず、G1 と G2 が互いに逆の符号を持っている(図 4)。さらに、制御点間の輝度差も一定範囲に発生しており(図 5), Q1-Q3x と Q1-Q2x は以下の(i)の範囲, Q1-Q2x と Q2-Q3x は(ii)の範囲に発生している傾向があることがわかった。

- (i) $3 \leq Q1-Q3x \leq 8$
- (ii) $1 \leq Q1-Q2x \leq 2$ かつ $2 \leq Q2-Q3x \leq 4$

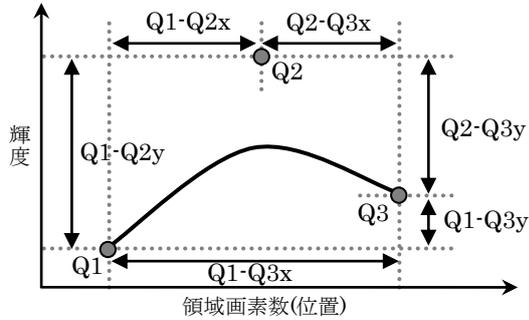


図 3 制御点間の定義

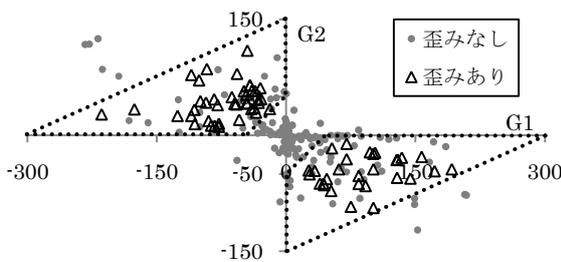


図 4 G1 と G2 の分布

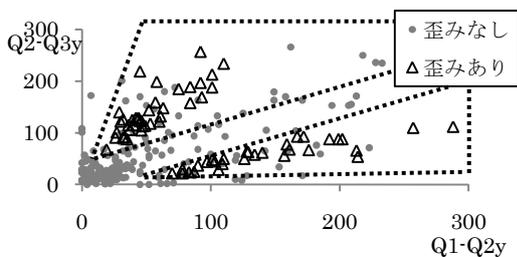


図 5 Q1-Q2y と Q2-Q3y の分布

以上の条件を用いて領域の限定を行った結果について述べる。全領域数 6559 個に対し、歪みの生じている領域の数は 462 個となっている。ここで、「歪みの生じている領域」とは予め全領域に対して探索を行い、最大値・最小値の差が 5 以上となる領域数のことである。

歪みの生じている領域は全体の約 7%であるのに対し、条件によって特定できた領域数は全体の約 12.2%となっていた。また、そのうち歪みの生じている領域は 413 個となっており、歪みの生じている領域の 89.4%を抽出することができた。しかし、特定した領域に対して実際に歪みの生じている領域数の割合は 51.8%となっており、歪みの生じていない領域も多く抽出して

しまっている。

3.2 曲線の歪み補正

曲線の歪みを補正するには、3 点の制御点のうち Q2 の位置を移動させ、適切な曲線形状に修正する。

まず、歪みの生じている領域に対して、輝度方向に対して最大値・最小値の差を調査する。次に、Q2 を拡大前の最大値・最小値との差が最小になるように輝度方向に移動し調整を行う。

この手法を用いて曲線の歪みを補正した結果を図 6 に示す。この領域では、拡大前の最小輝度値は 66、拡大後(補正前)の最小輝度値は 55 となっており、差が 11 となっていた。しかし、補正後の最小輝度値は 66 となっており、拡大前の最小輝度値との差を 0 にすることができ、輝度方向の差を削減することができた。

しかし、輝度方向にのみ移動を行っているため、最小値の位置が拡大処理の前後で位置が異なっており、位置方向への補正も考慮する必要がある。

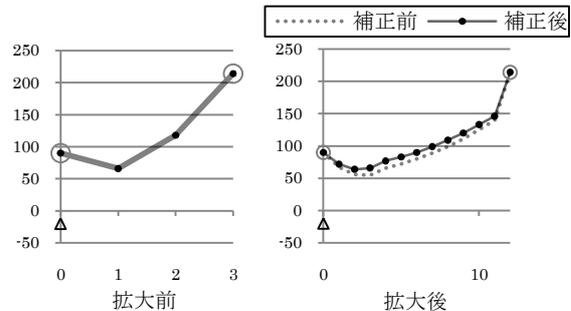


図 6 補正結果

4. まとめ

本研究では、曲線近似による画像拡大におけるグラデーション領域の特定とその補正を提案した。

領域の特定では歪みの生じていない領域を多く抽出しているため、抽出精度が高いとは言えず更に条件を付加していく必要がある。さらに、現在使用している条件においても、範囲を変えることで抽出精度の向上が見込まれる。また、曲線の補正ではグラデーションの折り返し位置の補正も行う必要があり、今後検討していく必要がある。

参考文献

- 1) H. Greenspan, C.H. Anderson and S. Akber, "Image enhancement by nonlinear extrapolation in frequency space," IEEE Trans. Image Proc, vol.9, no.6, pp.1035-1048, June 2000.
- 2) 亀田昌志, 鳥谷峯千恵子, "輪郭を保持できる曲線近似を用いた画像拡大法," 信学論, vol.J93-A, no.1, pp.31-35, Jan. 2010.
- 3) 村岡一信 : コンピュータグラフィックス, CG-ARTS 協会, pp. 58-77, 2008.