

## 画像の曲線近似を用いたエッジの鮮鋭化

野澤 麻衣† 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、4K テレビの普及により画像拡大を行う機会が増えている。超解像は、高周波成分の復元を伴う画像拡大を目的に開発された画像処理技術[1]であり、この手法を利用すると、画像拡大後もエッジの鮮鋭度を保持することができる。しかし、超解像の実現においては、その処理コストが大きいことが問題とされている。

一方、画像のエッジの鮮鋭化を目的とする先行研究[2]は、処理コストを抑えて拡大画像の鮮鋭度を回復させることができる。しかし、エッジが集まる部分への鮮鋭化が、過度な画像強調の原因となってしまう。画像の中でも視覚的に重要なオブジェクト境界のエッジに鮮鋭化を限定することで、この問題が解決できると考える。

### 2. 先行研究

先行研究では、1次微分と2次微分を用いてエッジの鮮鋭化を行っている。エッジの中心を2次微分のゼロクロスとし、中心より右では左に向かって、左では右に向かって座標変換を行うことで、エッジ幅を短縮させる(図1)。画素の移動量は2次微分により求められる。しかし、鮮鋭化度合いを強くすると、画素の順番の入れ替えによる画質劣化が生じてしまい、また、エッジが集まる部分では過度な鮮鋭化により強調されすぎてしまう。そのため、1次微分によりエッジの強度を求め、閾値によりエッジの鮮鋭化を制御している。

原画像“Hada”をガウシアンフィルタでぼかした画像(図2(a))のエッジを先行研究によって鮮鋭化した画像を図2(b), (c)に示す。エッジ強度30以上(図2(b))では、顔と背景のエッジと、細かなエッジが集まる瞳に鮮鋭化処理が行われ、その結果、瞳に過度な強調が生じている。そこで、エッジ強度60以上(図2(c))に対して処理を行ったところ、瞳の過度な鮮鋭化は防げないまま、逆に顔と背景のエッジへの鮮鋭化が行われ

ない結果となった。すなわち、先行研究では、視覚的に重要となるオブジェクト境界のエッジのみを鮮鋭化するという、エッジを適切に選択しての鮮鋭化処理の制御ができない。

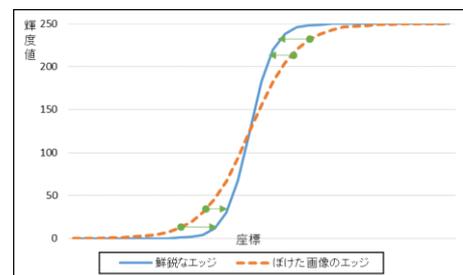


図1 座標変換によるエッジ幅短縮法



図2 先行研究による鮮鋭化結果

### 3. 2次Bezier曲線を用いた画像表現法

先行研究の問題は、画像のエッジを検出する際、視覚的に重要なオブジェクト境界のエッジを選定して鮮鋭化を行うことで解決できる。一般的にエッジ検出で利用されるSobelフィルタやLaplacianフィルタは、1次微分や2次微分に基づくフィルタであるため、閾値の変更だけでオブジェクト境界のエッジのみを検出することは困難である。

そこで本研究では、2次Bezier曲線による画像表現法[3]を用いる。画像に対して走査線ごとに輝度変化(図3×)を3つの制御点で構成される2次曲線で近似(図3曲線)する。その場合、エッジ部分では近似誤差が増大し、制御点(図3●)はエッジ付近に存在する。この表現法の利点は、画像をエッジ領域で分割でき、エッジ領域周辺の特徴から、オブジェクト境界のエッジを選定できることである。また、曲線の制御点の移動により、容易に領域の拡大・縮小が可能である。先行研究では、エッジ領域に対応する全ての画素を座標変換する必要があったが、曲線近似を

Edge Sharpening based on Image Approximation Method using Quadratic Bezier Curves

Mai NOZAWA†, Masashi KAMEDA‡

†‡Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

用いることにより、エッジ領域に対応する一つの制御点の移動のみでエッジ幅の短縮が行われる。これは、処理コストの削減に繋がり、また、画素が入れ替わることによる画質劣化も防ぐことができる。

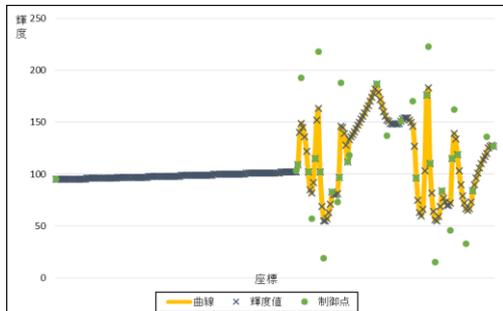


図 3 2次 Bezier 曲線による近似結果

#### 4. 提案手法

入力画像 (256×256 画素, 濃淡 8[bit/pel]) の各走査線に対して, 2 次 Bezier 曲線を用いてエッジ領域で分割を行い, エッジ領域の隣の領域幅を調べることで, オブジェクト境界のエッジを選定する. オブジェクト境界のエッジの隣には, 平坦領域が存在するため曲線の領域幅が大きくなる傾向がある. 一方, エッジが集まる部分は, 輝度変化が激しく曲線が細かく分割されており, 領域幅が小さくなる. これらの特徴を利用し, エッジ領域の隣の領域幅を調べ, 平坦領域が存在した場合はオブジェクト境界のエッジと判断し, 鮮鋭化処理の対象とする. 本研究では, エッジの隣に 45 画素以上の幅を持つ平坦領域が存在した場合, オブジェクト境界のエッジとした.

エッジ幅の短縮は, エッジ領域に対応する曲線の制御点を移動させることにより行う. エッジの両隣の領域で輝度差の最大を求め, 輝度差の最大が小さかった方の領域を拡大するように制御点を移動させ, エッジ幅を短縮する. 制御点の移動量は, ぼけた画像のエッジ幅が原画像のエッジ幅と等しくなるように決定した.

#### 5. 実験結果

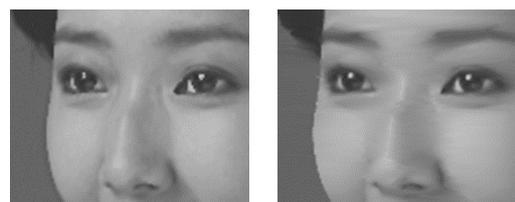
ガウシアンフィルタでぼかした画像 “Hada” (図 4(a)) に対して曲線近似を行い, オブジェクト境界のエッジを選定した (図 4(b)). 瞳などのエッジが集まる部分は除去されており, オブジェクト境界である顔と背景のエッジが残されていることが分かる. なお, 今回は走査線ごとの処理であるため, 垂直方向のエッジのみが選定されている. 次に, 図 4(b)のエッジ領域に対し

て鮮鋭化を行った. 先行研究では, 瞳に過度な強調がされている (図 5(a)) が, 提案手法では, 瞳に鮮鋭化は適用されず, 視覚的に重要な顔と背景の境界であるエッジのみが鮮鋭化される (図 5(b)). また, 先行研究の処理時間は 31[ms]であったが, 提案手法では 16[ms]となり, 処理コストの削減に成功した. しかしながら, 現在は, 垂直方向のエッジのみを鮮鋭化しているため, エッジ付近にジャギーが観測される.



(a) ぼけた画像 (b) エッジ選定結果

図 4 オブジェクト境界のエッジ選定



(a) 先行研究 (b) 提案手法

図 5 鮮鋭化結果

#### 6. まとめ

2 次 Bezier 曲線に基づいた画像表現法を用いてオブジェクト境界のエッジを選定することで, 過度な鮮鋭化を防ぐ手法を提案した. 提案手法では, 曲線の制御点の移動のみによりエッジの鮮鋭化が実現されるため, 処理コストを抑え, 画素の順番の入れ替えによる画質劣化を防ぐこともできた. しかし, これらの処理は垂直方向のエッジの鮮鋭化のみであるため, 今後は水平方向のエッジの鮮鋭化も行う予定である.

#### 参考文献

- [1] 鶴崎裕貴, 亀田昌志, “TotalVariation 正則化に基づく複数の高周波画像の組合せによる単一画像での超解像,” 信学技報, ITS2012-40, pp. 233-238, 2013-02.
- [2] 尾崎修一, “イメージワーピングによる画像強調の一検討,” 信学技報, IMQ2013-57, pp159-164, 2014-03.
- [3] 高橋奈穂美, 亀田昌志, “エッジを保存できる曲線近似を用いた画像拡大法,” 信学技報, ITS2012-34, pp. 89-94, 2013-02.