

## 局所勾配特徴量を用いた適応的画像補間方式 Adaptive image interpolation method using a local gradient feature value

川崎政吾<sup>†</sup>  
Seigo Kawasaki

亀山啓輔<sup>‡</sup>  
Keisuke Kameyama

### 1. 研究背景と目的

今日、電子機器内でデジタル画像を扱うことは一般的になっており、その中で解像度変換を行う場面は数多く存在する。解像度変換は補間を行うことによって実現されるが、代表的な補間法は縦横の画像情報を独立に用いて補間を行っており、それが原因で補間後の画像のエッジ付近にジャギーノイズが発生しやすい問題がある。ジャギーノイズのようなエッジ付近のコントラストや輝度値の不自然な変化は人間の目に敏感に捉えられ、著しく劣化しているように感じられる。

森 [1] はエッジ付近のジャギーノイズを抑える補間法として斜交分離カーネルを用いた補間法を提案した。これは、補間点の近傍画素値から求められる局所エッジ方向に補間軸を設定して補間を行うことにより、ジャギーノイズの発生を抑える補間方法である。この補間手法は、エッジ付近でのみ新手法である斜交補間カーネルを、それ以外の箇所では従来手法である直交補間カーネルを用いており、補間精度は従来手法より向上しているが、エッジ検出の方法が妥当であるかは明らかでなかった。

そこで本研究では、より精度の高い補間を行うために、斜交補間カーネルの使用が有効である領域の検出方法を提案する事を目的とし、その検出方法を用いることが実際の補間結果に与える影響を検証する。

### 2. 従来の画像補間

従来の補間方式は直交分離型カーネルと呼ばれ、二段階に処理を分割している。これらの方法ではまず  $x$  軸 (又は  $y$  軸) 方向の補間により中間補間値を得た後、 $y$  軸 (又は  $x$  軸) 方向に再度補間する事により最終的な補間値を得るものが一般的である (図1)。1変数の補間

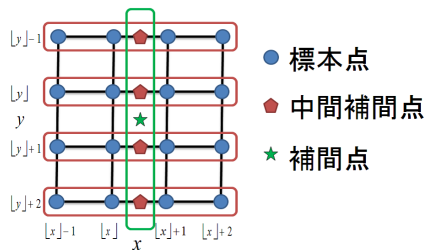


図1: 直交分離型補間カーネルによる補間処理

関数として sinc 関数  $\text{sinc}(x) = \frac{\sin(\pi x)}{\pi x}$  を使うことにより、離散関数の標本点の間隔の2分の1の周波数ま

<sup>†</sup>筑波大学 大学院システム情報工学研究科 コンピュータサイエンス専攻

<sup>‡</sup>筑波大学システム情報系

で元信号を正しく表現できることが標本化定理により示されているため、画像補間においてもこの sinc 関数を有限の台で近似したものが補関関数に用いられている。本実験では、この補関関数に以下の bicubic 関数を用いている。

$$\psi_1(t) = \begin{cases} 1 - 2|t|^2 + |t|^3 & (0 \leq |t| < 1) \\ 4 - 8|t| + 5|t|^2 - |t|^3 & (1 \leq |t| \leq 2) \\ 0 & (2 < |t|) \end{cases} \quad (1)$$

直交分離型補間カーネルによって補間した画像は、斜め方向のエッジ付近にジャギーノイズと呼ばれる階段状のノイズが発生する。森はこのノイズが二つの補間軸が直交する事が原因で発生すると考え、画像の局所エッジ方向に第二補間軸を傾けて補間を行うことでジャギーノイズを抑制する、斜交分離カーネル構成法 (Gradient-based Kernel Composition) を提案し、この補間を行うことによりジャギーノイズが低減されることを確認した。 [1]

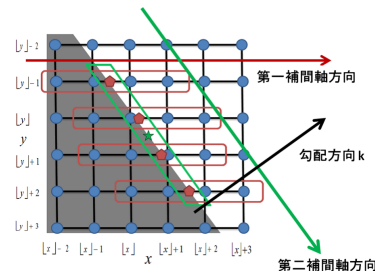


図2: 斜交分離補間法

### 3. 本研究で提案する手法

森の提案した斜交補間を用いた補間法はエッジ付近では斜交補間カーネル、それ以外では直交補間カーネルを用い補間を行っている。しかし、エッジ抽出の方法は、周囲4画素の差分によってエッジ強度を導出し、閾値と比較する方法をとっており、斜交補間に切り替える条件となるエッジ強度の閾値は経験的に設定されている。そのため、ノイズに弱く、小さな階調値変化のエッジを検出できない弱点がある。

そこで予備実験として、斜交補間が有効である領域の抽出法として、複数のエッジ抽出を用いて領域抽出の精度を検証した。予備実験の手順と結果の一部を以下に示す。

1. 画像データセットを用意し、縦横1/4に平均間引きし低解像度画像を作成する



図 3: 理想的な検出

F 値=1

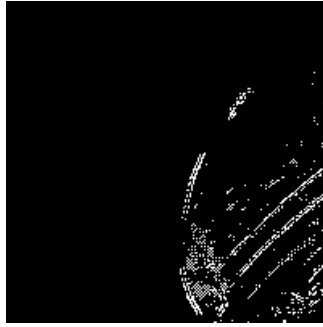


図 4: 従来手法

F 値=0.44

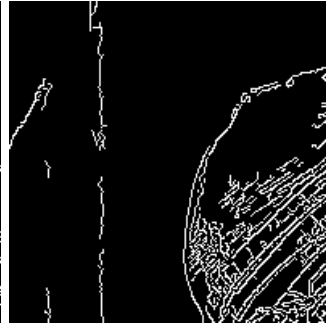


図 5: Canny エッジ検出

F 値=0.38

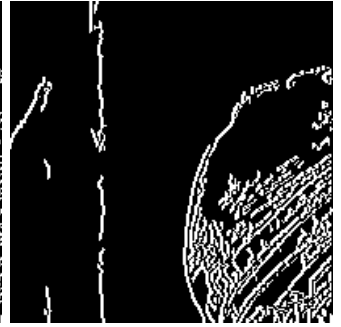


図 6: Canny+周囲 8 画素

F 値=0.78

2. 低解像度画像を斜交補間と直交補間を用いて原画像の大きさに拡大する
3. それぞれの手法で補間した画像と、原画像の誤差を求め、斜交補間カーネルの誤差がより少ない領域を、斜交補間カーネルが直交補間カーネルより有効な領域として検出する (理想的な検出).
4. 低解像度画像にエッジ抽出を行い、従来手法のエッジ抽出と、他エッジ抽出が有効な領域をどれほど正しく抽出できているか F 値によって検証する.

実験結果の F 値は、Canny エッジ検出と、そのエッジ近傍を、斜交補間が有効であるとする方法が最も良い結果を残した。そこで本研究では Canny エッジ検出で検出されたエッジ領域とその周辺 8 画素に斜交補間を、それ以外の領域に直交補間を行う方式を本研究で提案する。

## 4. 実験

### 4.1. 実験手順

本実験の目的は、従来の斜交補間カーネルを用いた補間と本研究で提案した新しい補間方式の補間精度の違いを実験によって明らかにし、Canny エッジ検出によって斜交補間カーネルが有効な領域を検出する事が補間精度にどのような影響を与えるかを検証する。

1. 画像データセットを用意し、縦横  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$  に平均間引きし、低解像度画像を作成する
2. 低解像度画像を直交補間カーネルによる補間、森の提案した手法による補間、提案手法による補間で原画像の大きさに拡大する
3. それぞれのカーネルで補間した画像と、原画像の PSNR 値を求め、補間精度の違いを比較する。

また、本実験に用いる補間関数は斜交補間カーネルを用いた補間でも良い性能を示した Bicubic 関数を用いる。閾値に関しては予備実験で最も良い性能を残した値を用いる。

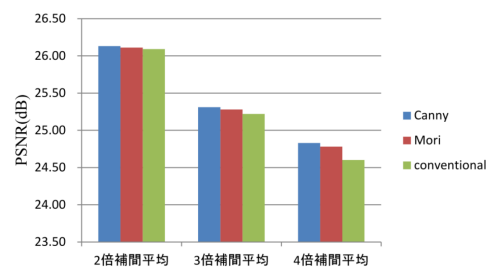


図 7: PSNR-補間倍率グラフ

## 4.2. 実験結果

実験結果を図 7 に示す。

## 4.3. 考察

本研究で提案した手法による補間と森の提案した手法の PSNR 値を比較すると、画像により優劣はあるが、平均的には本研究の提案手法のほうが高くなっており、特に倍率が高い補間を行った時に大きく差が出ている。このことから、canny エッジ検出を使って斜交補間カーネルが有効な領域を検出する方法は有効であるといえる。

## 5. 今後の課題

本研究で提案した Canny エッジ検出を用いた方法は、エッジ周囲に斜交補間カーネルが有効な部位が集まるという先見の知識から提案している。今後は、エッジ付近でない箇所からも斜交補間カーネルが有効な部位を見つけ出すことが課題として挙げられる。また、エッジ周囲 8 画素もエッジとして扱う方法を用いたが、Canny エッジ抽出に組み合わせる方法として、これが最適である保証はなく、数学的な裏付けを持ったエッジ領域の拡張方法の検討も必要があると思われる。

## 参考文献

- [1] 森 崇. 画像の局所情報を用いた適応的分離型補間カーネルによる解像度変換. 筑波大学システム情報工学科修士論文, 2008.