

カラー画像の特性を考慮した超解像手法に関する検討

A Study on Super-Resolution Technique based on Characteristics of Color Image

早雨 美樹 *1 Miki SASSA *1 河村 圭 *2 Kei KAWAMURA *2 永吉 功 *3 Isao NAGAYOSHI *3 渡辺 裕 *2 Hiroshi WATANABE *2 富永 英義 *1*2 Hideyoshi TOMINAGA *1*2

*1 早稲田大学 理工学部 電子・情報通信学科

*1 Dept. of Elec. Info. and Comm. Eng., WASEDA Univ.

*2 早稲田大学大学院 国際情報通信研究科

*2 Graduate School of GITS, WASEDA Univ. *3 早稲田大学 国際情報通信研究センター

*3 Global Info. and Tele. Institute, WASEDA Univ.

1 はじめに

複数の低解像度画像間の微小なずれを活用し、高解像度画像を合成する超解像手法が検討されている [1]。この微小なずれの検出精度は、出力画像の画質を決定する最重要事項である。カラー画像を対象とする場合には3つの色成分信号を要するため、それらの信号の組み合わせにより複数のずれの検出方法が存在する。そこで本稿では、超解像手法を複数のカラー画像に拡張した際の、様々な対象画像におけるずれの検出方法の比較・検討を行う。

2 超解像手法

2.1 超解像手法の手順

超解像手法とは、微小なずれを含む複数の低解像度画像 y_1, y_2, \dots, y_k を用いて高解像度画像 Y を合成する手法である。これは、以下の3段階の手順で実現される [2]。

1. y_1, y_2, \dots, y_k の任意の2枚の画像を用いて対応するピクセル間のずれ（以下、変位ベクトルと呼ぶ）をサブピクセル単位で推定する
2. y_1, y_2, \dots, y_k について折り返し歪みを含む帯域の広いローパスフィルタを使い、内挿補間する
3. 1で得た変位ベクトルに基づき、各画像データを重み付け・加重和をすることで折り返し歪みを打ち消し、原信号の高周波成分を復元する

2.2 変位ベクトル選択方法

超解像手法を複数のカラー画像に拡張するにあたり、変位ベクトルの推定方法について述べる。本稿では、RGB色空間を仮定する。変位ベクトルを検出した後は、R成分、G成分、B成分と3つの色成分信号が存在するため、各々の成分に変位ベクトル $\vec{mv}_R, \vec{mv}_G, \vec{mv}_B$ が存在する。ここで、最終的な変位ベクトルの決定方法として以下の方法が挙げられる。

方式1 \vec{mv}_G のみを検出し、3つの色信号成分全てに用いる方法

方式2 色空間ごとに最適な $\vec{mv}_R, \vec{mv}_G, \vec{mv}_B$ を検出し、各色成分で独立した変位ベクトルを用いる方法

方式3 色空間ごとに最適な $\vec{mv}_R, \vec{mv}_G, \vec{mv}_B$ を検出し、それら3つの中間値 \vec{mv}_{med} を用いる方法

方式4 $\vec{mv}_R, \vec{mv}_G, \vec{mv}_B$ の変位量の推定誤差の合計値を最小化し、各色空間に最適かつ共通の変位ベクトル \vec{mv}_{sim} を推定し、用いる方法 [3]

上記の方式において、方式4はRGB全ての色空間を考慮しており、ずれの推定誤差を最小化する事から最適な変位ベクトルが得られると考えられる。また、対象画像の特性によって要求されるずれの検出精度も異なることから、対象画像の特性と有効な演算量に応じて適切に変位ベクトル選択手法を適用することが重要となる。

3 対象画像の特性による変位ベクトル選択方法の比較

様々な対象画像に対して変位ベクトル選択方法の比較・検討を行い、画像の特性に基づいた適用方法を検討する。

3.1 シミュレーション

各画像に対して各々の変位ベクトル選択方法を適用し、変位の推定誤差値を測定した。シミュレーションにおいては、CPUはPentium4の3.00[MHz]、メモリは

表1 差分絶対値和 (SAD)

入力画像	差分絶対値和 (SAD) の合計値			
	Method1	Method2	Method3	Method4
N1	240876	94839	2321372	171111
N2	766120	338344	718192	583756
N3	330547	119209	316976	232216
N4	303365	135319	301424	236123
N5	375084	168783	363977	291401
N6	146161	45482	138767	92404

表2 処理時間 [秒]

入力画像	処理時間の合計値 [秒]			
	Method1	Method2	Method3	Method4
N1	0.358	1.075	1.075	1.046
N2	0.359	1.078	1.078	1.047
N3	0.359	1.075	1.075	1.047
N4	0.357	1.073	1.073	1.046
N5	0.359	1.077	1.077	1.046
N6	0.356	1.072	1.072	1.046

512[MByte]で構成されるPCを使用した。入力画像としてJIS X 9201規格の高精細標準画像を用いた。解像度は2048x2560x2560[pixel]である。入力画像の位相を9通りにずらしてダウンサンプリングした9枚の画像 y_1, y_2, \dots, y_k ($k=9$) を作成し、任意の画像 y_k, y_j で相互にマッチングを行い、変位ベクトル検出を行った。なお、本稿ではより正確に変位ベクトルを求めるため、ピクセルマッチングを採用した。

3.2 結果と考察

表1にR空間、G空間、B空間でのずれ検出後の差分絶対値和 (SAD: Sum of Absolute Difference) の合計値を、表2に3空間の処理時間の合計値をそれぞれ示す。いずれの対象画像も方式2が最も誤差が少なく、対象画像による最も有効な方式の違いは、特に見受けられない。方式1と方式3は対象画像に関わらず、推定誤差の合計値がほぼ同量であるため、処理時間の合計が少ない方式1の方が有効である。方式2と3は同じ処理時間にも関わらず、推定誤差の合計値は方式2の方が少ない。方式4は、R空間、G空間、B空間が相互の空間を考慮した推定をしており、色ずれも防ぐ最も良い方法と考えられたが、結果は方式2の方が処理時間はかかるものの精度が良いことが判明した。

4 まとめ

本稿では、超解像手法を複数のカラー画像に拡張する際の、様々な対象画像と変位ベクトル選択方法の比較・検討を行った。シミュレーションにより、変位ベクトル選択手法2が最も推定誤差を少なく出来ることを確認した。また、方式3を適用する必要がある際は、方式1を適用した方が推定時間も少なく、有効であることを明らかにした。

参考文献

- [1] 鈴木, “複数の画像の統合と劣化を考慮した高解像度画像の取得に関する研究,” 早稲田大学理工学部電子通信学科富永研究室卒業論文, February 1997
- [2] 青木, “複数のデジタル画像データによる超解像処理,” Ricoh Technical Report, No.24, November 1998
- [3] Brian, Aggelos, “Resolution Enhancement of Monochrome and Color Video Using Motion Compensation,” IEEE Transactions on Image Processing, Vol.10, No.2, February 2001