

# 学 位 論 文 要 旨

ソフトウェア情報学研究科(博士後期課程)

学籍番号 2362015002

氏 名 鶴崎 裕貴

研究室名 亀田研究室

## 1 題目 (日本語及び英語で記載すること)

日 : Total Variation 正則化を用いた単一画像の超解像における画質改善の研究

英 : Improvement of Image Quality in Super Resolution from a Single Image using Total Variation Regularization

## 2 要旨

超解像とは、高周波成分の補填を伴う画像拡大を目的に開発された画像処理技術であり、大きく分けて二つに分類することができる。一つは入力画像とは別に用意された高解像画像を用いた学習型の超解像、もう一つは、入力画像のみで処理を行う単一画像の超解像である。学習型の超解像は、高周波成分の生成が単一画像の超解像よりも容易なため、高画質な拡大画像を生成することができる。しかしながら、高解像画像が利用できない場合には実現できない問題がある。この問題を解決するために提案されたのが単一画像の超解像である。単一画像の超解像は入力画像のみで処理が可能であるが、高周波成分の生成が学習型の超解像よりも困難であるため、拡大画像にボケが発生する問題がある。ボケの問題に対して、様々な取り組みがなされており、近年では、自己相似性を用いた単一画像の超解像により拡大画像のエッジ領域の鮮鋭度において高い改善効果が得られている。しかしながら、動物の毛皮などに代表されるテクスチャ領域に関しては、十分な鮮鋭度の改善がなされていない問題がある。

本論文は、上述の問題を解決するために、Total Variation (TV)正則化を用いた単一画像の超解像を提案する。上述の問題は、異なる特徴を有するエッジ領域とテクスチャ領域を同列に扱っているために、どちらかまたはその両方の鮮鋭度の改善が困難になっていると考えられる。そこで、入力画像をエッジ成分と低周波成分を含んだ骨格画像と、その他の高周波成分を含んだテクスチャ画像に分離可能な TV の正則化を用いることで、エッジ領域とテクスチャ領域を別々に処理する超解像手法を提案する。

拡大画像の鮮鋭度を改善するための高周波成分は、エッジ領域とテクスチャ領域で異なっていることが実験的に明らかとなった。また、入力画像に通常の TV 正則化を適用して得られる高周波成分を用いるだけでは、拡大画像のテクスチャ領域の鮮鋭度の改善が困難であることも確認された。このとき、TV 正則化を発散させると、通常の TV 正則化を収束させて得られる高周波成分よりも多くの高周波成分が発生できることがわかった。そして、この発散により得られる高周波成分が拡大画像のテクスチャ領域を鮮鋭にできることを実験的に示す。実験結果より、拡大画像のテクスチャ領域の鮮鋭度を改善させる高周波成分は、ランダム性のある成分が有効であることが示唆された。さらに、ランダム性のある成分として、ガウシアンノイズが代用可能であることを示す。これにより、拡大画像におけるテクスチャ領域の鮮鋭度の改善が容易に行えるようになる。

さらに、DCT 係数と符号情報を用いて、ボケ画像の復元と拡大画像の客観評価手法を提案する。DCT は、画像圧縮の標準規格である JPEG や MPEG などに幅広く利用されている技術であるため、DCT を基にした手法は、多くの応用先が考えられる利点がある。既存の客観評価手法では、評価対象画像における同じ解像度の正解画像が必要であるため、拡大画像に用いることが困難である。そこで、解像度に依存しない客観評価手法を提案する。新たな評価尺度を提案することで、超解像の研究のさらなる発展が期待される。

本研究の成果は、これまで不明確であった拡大画像のテクスチャ領域の鮮鋭度を改善させるための高周波成分の特徴を明らかにしたことである。また、その高周波成分がガウシアンノイズで代用可能であることを実験的に明らかにした。これまで、ディスプレイの解像度不足のため、テクスチャ領域の画像表現は視覚的にあまり重要とされていなかったが、近年開発されてきた、4K や 8K などの高解像度の画像が表示可能なデバイスにおいては、デバイスのサイズも大きくなり、また、非常に高解像であるため、テクスチャ領域の質感も人間の目で知覚されるようになり、今後、テクスチャ領域の重要度は増すと考えられる。そのため、本研究の成果は、今後の画像表現において重要な役割を担うと考えられる。