

# 過完備変換係数の最適化における画質評価に関する考察

A Study on Visual Quality Evaluation for Coefficients Optimization of Overcomplete Transform

石川 孝明\*      渡辺 裕\*      坂東 幸浩\*\*  
 Takaaki ISHIKAWA    Hiroshi WATANABE    Yukihiro BANDO  
 高村 誠之\*\*      如澤 裕尚\*\*  
 Seishi TAKAMURA      Hirohisa JOZAWA

\* 早稲田大学 国際情報通信研究センター

\* Graduate School of Global Information and Telecommunication Institute, WASEDA University

\*\* 日本電信電話株式会社 NTT サイバースペース研究所

\*\* NTT Cyber Space Laboratories, NTT Corporation

## 1 まえがき

過完備変換における係数最適化手法として、Noise Shaping[1] や交互射影法が提案されている。しかし、最適化処理における画像品質の評価基準に最小二乗誤差を用いているため、再構成画像の品質が必ずしも視覚特性と合致しない場合が考えられる。そこで、より視覚特性に近い画像の客観評価値として Structural Similarity (SSIM)[2] を利用し、最適化過程における画像品質の変化を明らかにする。

## 2 係数最適化手法と画質評価

本検討では、過完備変換の一つである並列木複素ウェーブレット変換[3]の係数群について、Noise Shaping[1]を用いて、より符号化効率の高い疎表現を求める。Noise Shapingの反復処理において、再構成画像の画像品質をSSIM値で評価し、その変化を定量的に示すことで、過完備変換係数の最適化による視覚的な画質への影響を明らかにする。

### Noise Shaping

Noise Shapingは、Kingsburyらが提案した冗長に求まる過完備変換の係数群を、限られた数の非零係数で表すための手法である。Noise Shapingでは、係数の絶対値に対する閾値を徐々に減少させ、大きな値を持つ係数から順に、符号化対象とする非零係数として採用する。この時、非零係数を用いて再構成した画像と入力画像とのPSNR値、および、非零係数の総数を拘束条件とする最適化問題を解くことにより、疎表現を導出している。ただし、非零係数と零係数を決定するアルゴリズムは非凸の非線形処理であり、大域的最適解が求まるとは限らない。本検討では、閾値を256から10に至るまで1づつ減少させた。

### Structural Similarity (SSIM)

SSIM[2]は、Wangらが提案した画像の客観評価尺度である。入力画像の輝度、コントラストおよび構造情報を局所的な画素値から算出し、画像全体について総和を求めることで評価値としている。一方、Noise Shapingにおいて画像品質の評価値として利用されるPSNRは、最小二乗誤差を利用している。最小二乗誤差はL2ノルムによる距離尺度であるので、同じ値を有する場合であっても必ずしも同じ視覚的な品質を持つとは限らない。このような場合、SSIM値による評価が適している。本検討では、SSIMの各変数に、 $K_1 = 0.01$ ,  $K_2 = 0.03$ ,  $L = 255$  を利用した。また、重み付け関数として、標準偏差が1.5,  $11 \times 11$ [pel]のガウシアンローパスフィルタを用いた。

## 3 実験結果と考察

入力画像としてLenaおよびBarbaraを用いた。それぞれ、 $512 \times 512$ [pel]のグレースケール画像である。まず、非零係数の個数とSSIM値の関係を図1に示す。直線で結んだ点列がLenaの結果であり、破線がBarbaraの結果である。ただし、比較のためにSSIM値は50倍

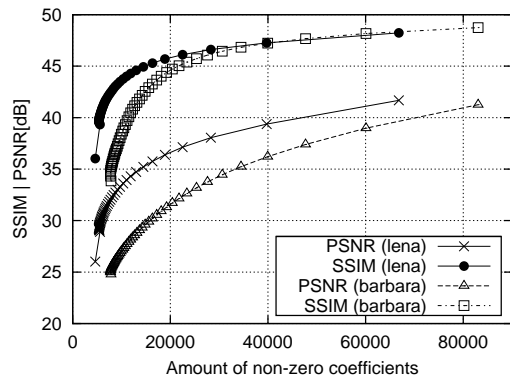


図1 非零係数の個数とSSIM値の関係

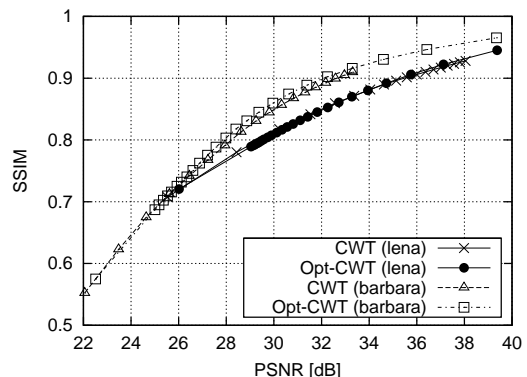


図2 PSNR値とSSIM値の関係

した値を表示している。図1より、SSIM値は、非零係数の個数が増加すると共に、PSNR値と同様に徐々に増加していることがわかる。

次に、PSNR値とSSIM値の関係を図2に示す。図1と同様に直線がLenaの結果であり、破線がBarbaraの結果である。図2より、PSNR値とSSIM値の関係は、最適化処理により係数群の情報量が削減されるにも関わらず、同じ傾向を有することがわかる。

## 4 むすび

本検討では、過完備変換係数の最適化処理において、画像品質の変化を客観評価基準であるSSIMを用いて評価した。実験により、最適化過程におけるSSIM値の変化は、PSNR値の変化とほぼ同様の傾向を持つことを確認した。

## 参考文献

- [1] T. H. Reeves and N. G. Kingsbury, "Overcomplete Image Coding Using Iterative Projection-Based Noise Shaping," IEEE ICIP, vol.3, pp.597-600, June 2002.
- [2] Zhou Wang et al., "Image quality assessment: from error visibility to structural similarity," IEEE Trans. on Image Proc., vol. 13, no.4, pp.600-612, Apr. 2004.
- [3] I. W. Selesnick, R. G. Baraniuk and N. G. Kingsbury, "The Dual-Tree Complex Wavelet Transform," IEEE Signal Proc. Mag., pp.123-151, Nov. 2005.