

図 3 線形量子化によるエネルギー変動 (境界なし)

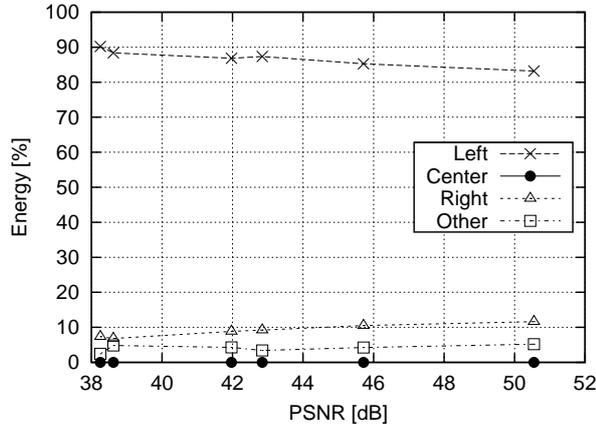


図 4 線形量子化によるエネルギー変動 (左ブロック)

図 3 に分割前のテストチャートを線形量子化し、量子化幅を変化させた結果を示す。各プロット点は、量子化幅に対応している。図 3 より、PSNR 値が減少すると、Left 部分にエネルギーが集中することがわかる。これは、量子化により Left 部分以外に存在する係数が零係数に変化したためと考えられる。

図 4 に、分割後の信号を独立に量子化した左ブロックの結果を示す。エネルギーの分布は分割を行う前と同様に変化していることがわかる。右ブロックについても同等の結果が得られるため、両ブロックを接続した分割前のスケールにおけるエネルギー分布は、Left 部分と Center 部分に係数エネルギーが集中する。分割を行わない処理では、図 3 に示したように Center 部分に非零係数が存在しないため、Center 部分への係数エネルギー集中はブロック歪の発生を意味する。

最後に、図 5 に Noise Shaping を用いた左ブロックの結果を示す。各プロット点は繰り返し回数に対応している。量子化による処理と同様に、PSNR が低下するにつれ Left 部分にエネルギーが集中することがわかる。ただし、Noise Shaping の閾値については、初期閾値を 256、繰り返しごとの閾値の減少を 1 とした [3]。なお、対称信号拡張を利用した同様の実験においても境界へのエネルギー集中を確認したが、実験で用いたテストチャートではブロック歪は発生しなかった。

#### 4 考察

図 4 と図 5 を比較すると、同等の PSNR 値において Noise Shaping を用いる方が Left 部分へのエネルギー集中の割合が高いことがわかる。また、図 4 では約 38[dB] に対応する係数群においても Left 部分以外の領域に非零係数が存在しているが、図 5 では存在していないことが確認できる。このことから、Noise Shaping を用いる

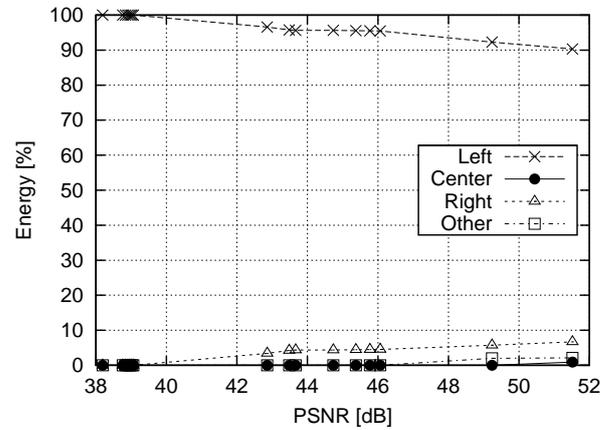


図 5 Noise Shaping によるエネルギー変動 (左ブロック)

と非零のハイパス係数が境界部分に集中し、よりエッジを強調すると考えられる。Noise Shaping は、入力信号におけるエッジなどの大きなエネルギーを持つ係数を保存する処理であり、本来のエッジではない境界エッジについても同様であると考えられる。すなわち、DTCWT と Noise Shaping の組み合わせにおけるブロック歪は、Noise Shaping の初期係数の特性に依存すると考えられる。

これを、疎表現を求める交互射影法において考察する。DTCWT のアフィン集合上の初期解 (入力画像に疑似逆行行列をかけた元) は周期性を含む入力画像の性質に依存している。初期解においてエネルギーの大きな係数は、エッジなどの特異点の情報も忠実に保存しており、循環周期拡張における境界エッジもこれに含まれる。疎表現となる空間への射影では、境界エッジを示す係数は大きなエネルギーを持つため、それらが優先的に選択されることになる。そのため最適解では境界エッジが保存され、ブロック歪の原因となると考えられる。

以上から、DTCWT における Noise Shaping とブロック歪の関係は、入力とする有限長信号をどのように定義するかにも依存していると考えられる。符号化の観点から述べるならば、疎表現の係数群について不要なブロック境界を表す係数を除外すれば、同じ個数の DTCWT 係数を用いてより精度の高い再構成画像を取得できると言える。

#### 5 むすび

並列木複素ウェーブレット変換を用いた画像のブロック変換における視覚的劣化の原因を考察した。DTCWT と Noise Shaping を組み合わせる場合、入力信号を循環周期拡張すると、ブロック境界を表す係数が強調され歪みの原因となることを示した。

#### 参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] J. Yang, Y. Wang, W. Xu and Q. Dai, "Image Coding Using Dual-Tree Discrete Wavelet Transform," IEEE Trans. on Image Proc., vol.17, no.9, pp.1555-1569, Sep. 2008.