

符号化レートに対応した画像のサブバンド符号化における最適帯域分割

白川 将寛[†] 亀田 昌志[†]

[†]岩手県立大学ソフトウェア情報学部

1. はじめに

サブバンド符号化[1]は、画像の高能率符号化の一手法であり、サブバンド符号化の一種とみなされる wavelet 変換は JPEG2000 でも採用されている[2].

サブバンド符号化において、帯域は一般的には均等に分割されるものであるが、分割パターンを画像信号の特性を考慮して可変することで符号化効率を改善する方式として最適帯域分割[3]が提案されている. この方式では、帯域分割数を指定した場合に、量子化雑音改善量が最大となるように 2 次元周波数領域上の分割パターンを決定している.

従来方式は入力画像の電力に基づいて最適分割を求めているので、高符号化レートの際は適切な分割となる. 一方、低符号化レートの際は量子化により信号の電力が変化するために、最適な分割パターンも変更すると考えられるが、従来手法はこれに対応していない. そこで本研究では、符号化レートが指定された時、PSNR 対エントロピー特性の観点において、最適な分割パターンと各サブバンドにおける最適な量子化を求めるアルゴリズムを提案する.

2. 最適帯域分割 (従来方式)

最適帯域分割は、分割数 M が与えられたとき、入力画像を直接量子化した場合と、帯域分割処理後の各サブバンド信号を量子化した場合の量子化雑音電力の比として定義される量子化雑音改善量を最大とする帯域分割方式である. しかしながら、任意の分割特性を持つフィルタの設計は困難であることから、従来方式では、2 次元周波数帯域 Ω を水平及び垂直方向に均等に N 分割した N^2 個の帯域ブロックと呼ばれる小領域を定義し、これを寄せ集めることで最適帯域分割を近似的に実現している[3]. ここで、図 1 は、標準画像"Lenna"に対して、 $M=5$, $N^2=64$ の条

件で求められた最適帯域分割による 2 次元周波数帯域 Ω 上の分割パターンを示している. 図 1 において、64 個の帯域ブロックは、色分けされた $\Omega_0, \sim \Omega_4$ で示された 5 つのサブバンドに分割されていることがわかる.

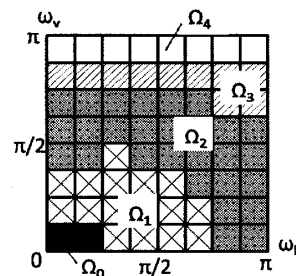


図 1 画像"Lenna"における最適帯域分割パターン($M=5$, $N^2=64$)

3. 符号化レートに対応した最適帯域分割

入力画像の電力に基づいて求められる最適帯域分割は、高符号化レートの際は適切な分割となるが、低符号化レートの際は量子化により信号の電力が変化するために、最適な分割パターンになっていないことが予想される. つまり、符号化レートに対応した最適帯域分割を実現するためには、分割パターンの最適化のみならず、PSNR 対エントロピー特性の観点で各サブバンドへの量子化も最適化しなくてはならない.

これを実現するための提案手法の手順を説明する. まず、符号化レートを減少させるためには、選択されたサブバンドに量子化を適用する. そして、量子化された各帯域ブロックの電力に基づいて最適帯域分割を求める. もし符号化レートが指定の値になっていないならば、改めて量子化するサブバンドを選択し、分割パターンを求める. これらの処理を指定された符号化レートになるまで繰り返す. この時重要なのは、いかに画質を劣化させずに符号化レートを減少させるかであり、サブバンドの選択法を調査する必要がある.

The optimum band partitioning considering the coding rate in subband image coding

Masahiro SHIRAKAWA[†], Masashi KAMEDA[†], [†]Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

3.1. サブバンドの選択

提案手法では、どのサブバンドから量子化すれば画質劣化の影響を受けにくいのかを決定する必要がある。この時、64 個ある帯域ブロックの重要度を求め、それに基づいたサブバンドの選択を行う。まず、各帯域ブロックの信号を 1 個ずつ 3 種類の階調(256, 128, 64)で量子化し、全てのパターンに対して、エントロピー値と PSNR 値を求める。それぞれの階調における PSNR 値を Q_{256} , Q_{128} , Q_{64} とし、符号量であるエントロピー値を C_{256} , C_{128} , C_{64} とするとき、

$$\alpha_1 = (Q_{256} - Q_{128}) / (C_{256} - C_{128}) \quad (1)$$

$$\alpha_2 = (Q_{128} - Q_{64}) / (C_{128} - C_{64}) \quad (2)$$

式(1), (2)から α_1 , α_2 を求め、

$$\alpha = 0.5(\alpha_1 / \mu_1) + 0.5(\alpha_2 / \mu_2) \quad (3)$$

式(3)から α を求める。ここで μ_1 , μ_2 はそれぞれ α_1 , α_2 の平均値を示している。

ここで、 α とは量子化によるエントロピーの低減に対する画質の劣化度を数値化したものであり、符号化の際は α の値が小さい帯域ブロックから選択すべきである。このとき α に適切なしきい値を設け、そのしきい値よりも小さな α を持つ帯域ブロックが求められた各サブバンドにどの程度の割合で存在しているかを調べ、その割合の最も高いサブバンドから優先的に量子化を行うものとする。

4. 実画像に適用した結果

図 2 は、画像"Lenna"に対して、 $M=5$, $N^2=64$ の条件で求められた提案手法による PSNR 対エントロピー特性を従来手法のものと比較した結果を示している。なお、図 2 の○は従来手法による特性を示しており、符号化レートの小さい順に図 1 の全てのサブバンドを 64 階調、128 階調、256 階調で量子化したものである。このとき、図 2 中の■に対する分割パターンを図 3 に示す。図 3 では、図 1 と比べて最適分割パターンも違うが、各サブバンドの量子化も Ω_0 は 256 階調、 Ω_1 , Ω_2 , Ω_3 は 128 階調、 Ω_4 は 64 階調のように最適化が行われている。図 2 において、提案手法はほぼ同符号化レートの条件の従来方式と比べて最大 0.4[dB]ほど改善されており、符号化レートが変化した場合には、分割パターンおよび量子化を最適化することが有効であることがわかる。

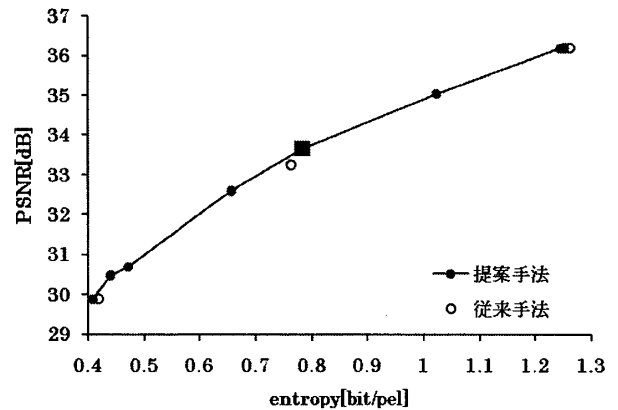


図 2 提案手法と従来手法の符号化性能の比較 ($M=5$, $N^2=64$)

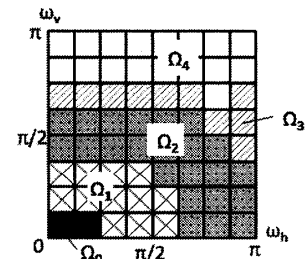


図 3 画像"Lenna"の提案手法による最適帯域分割パターン ($M=5$, $N^2=64$)

5. おわりに

本研究ではあらゆる符号化レートに対応した最適帯域分割を求める方法について提案した。その中で、帯域ブロックの重要度である α を定義し、それに基づいた最適帯域分割を求めることで従来の最適帯域分割よりも符号化特性が改善することを確認した。しかし、 α を求めるには膨大な計算量が必要となるため、それに代わるパラメータについて検討する必要がある。

参考文献

- [1] J.W.Woods, S.D.O'Neil, "Subband coding of images," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. ASSP-34, pp. 1278-1288 (1986).
- [2] 小野 定康, 鈴木 順司: わかりやすい JPEG2000 の技術, オーム社 (2003).
- [3] 亀田 昌志, 大竹 孝平, 宮原 誠, "画像のサブバンド符号化における帯域ブロックをベースにした 2 次元最適周波数分割," 信学論, vol. J81-D-II, no. 6, pp. 1095-1107 (1998.6).