

Wavelet 変換符号化画像に発生するリングング歪の発生位置特定

歳弘 麻子[†] 亀田 昌志[‡]

岩手県立大学ソフトウェア情報学研究科 〒020-0173 岩手県滝沢村滝沢字菓子 152-52

E-mail: [†]g231c027@edu.soft.iwate-pu.ac.jp, [‡]kameda@soft.iwate-pu.ac.jp

あらまし JPEG2000 の符号化方式である Wavelet 変換符号化画像には、リングング歪と呼ばれる符号化歪が発生する。この歪を符号化後の画像から除去するためには、歪が発生する場所の特定が必要とされる。本稿では、Wavelet 変換の際に用いた帯域分割フィルタを用いて符号化後の画像を再分割することで、エッジの方向や処理範囲を限定し、さらに分割された帯域ごとに周囲の画素情報を用いることにより、リングング歪の発生場所を特定する方法を提案する。原画像の情報を用いて特定されたリングング歪の発生位置と比較した。その結果、画像の中で目立つリングング歪の発生位置を特定することができた。

キーワード JPEG2000, ウェーブレット変換符号化, リングング歪

Detection of Ringing Distortion in Encoded Image by Wavelet Transform

Asako TOSHIHIRO[†] Masashi KAMEDA[‡]

Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

152-52 Sugo, Takizawa-aza, Takizawa-mura, Iwate, 020-0173 Japan

E-mail: [†]g231c027@edu.soft.iwate-pu.ac.jp, [‡]kameda@soft.iwate-pu.ac.jp

Abstract The image which are encoded by the wavelet transform coding such as JPEG2000 have ringing distortion. It is important to examine the position of ringing distortion to remove it from encoded images. In this paper, we have re-analysis handling to encoded image, examine the position of ringing distortion in each subband signal. In addition, we evaluate to compare position of ringing distortion by our system and by information of original image. Finally, the results show that detected position of big ringing distortion.

Keyword JPEG2000, Wavelet transform coding, ringing distortion

1. まえがき

現在、普く用いられている画像の符号化方式は JPEG である。近年新しく標準化された JPEG2000[1]は、JPEG よりも高画質・高圧縮が可能なことから、JPEG に代わって用いられるようになると考えられる。

JPEG で符号化された画像にはブロック歪が発生する。JPEG2000 で符号化された画像には、このブロック歪は発生しないが、エッジ周辺に擬似輪郭のようなリングング歪が発生し、ブロック歪と同様に大きな視覚妨害となる[2]。符号化によって劣化した画像の画質を改善するには、ポストフィルタを用いて除去する手法が用いられる。JPEG で発生するブロック歪に対するポストフィルタは、現在までに数多く開発されている[3]。しかし、JPEG2000 で発生するリングング歪は、JPEG2000 の符号化方式である Wavelet 変換に起因しており、ブロック歪とは全く性質が異なるために、JPEG に対するポストフィルタをそのまま適用することがで

きない。

本研究では、Wavelet 変換に起因して画像に発生するリングング歪を除去し、画像の画質を改善するためのポストフィルタの開発を目指す。しかし、リングング歪を除去するためには、歪が符号化画像のどの部分に発生しているか知る必要がある。そこで本稿では、リングング歪の除去のために、リングング歪が発生する場所の特定を行う。

2. Wavelet 変換と再分割手法

本研究で除去の対象としているのは、フィルタ処理に伴って発生するエッジ周辺のリングング歪である[4]。リングング歪の発生場所は、発生場所が画像に依存せずブロックサイズのみで決まるブロック歪に比べて、特定するのが難しい。しかし、リングング歪の発生する方向を制限して考えることができれば、歪の発生場所を容易に特定することができる。そこで、符号

化後の画像に対して、符号化の際に使用した分割フィルタを用いて再度画像を帯域分割することで、歪の発生場所の特定を容易にする[5].

図1に、2次元フィルタバンクの概念図を示す。入力画像は分割フィルタにより、低周波成分 SLL, 垂直高周波成分 SLH, 水平高周波成分 SHL, 対角高周波成分 SHH の4つの帯域に分割される。これらの帯域に対し量子化を施した後、合成フィルタによって各帯域が合成され、符号化画像が出力される[6].

この符号化後の画像に対して、再度分割フィルタを適用することにより、4つの帯域 (S'LL, S'LH, S'HL, S'HH) に分割する。分割フィルタを用いて画像を分割することにより、リングング歪もまた各帯域に分割される。このように各帯域に分割することで、エッジの方向や処理範囲を限定することができ、リングング歪の発生場所を特定するのが容易となる。このとき、Wavelet 変換のフィルタバンクでは、帯域に分割した後、ダウンサンプリングを行うが、符号化後の画像を再度分割する際には、ダウンサンプリングを行わない。

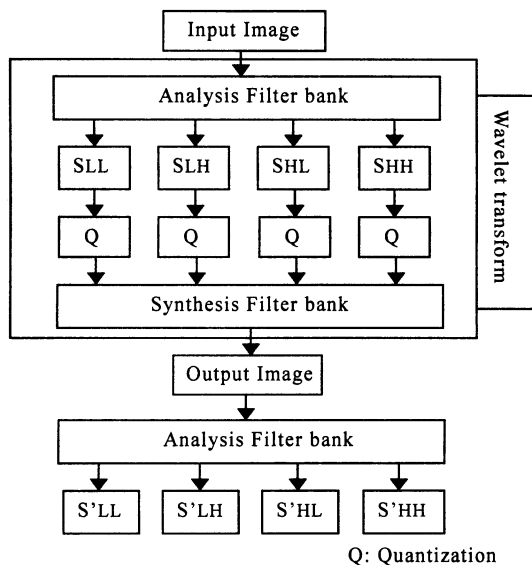


図1.分割フィルタバンクと再分割手法

3. 歪の発生位置の特定

再分割された各高周波の帯域画像には、エッジ成分、リングング歪、そしてランダムノイズのようなリングング歪ではないノイズ成分が含まれている。リングング歪の発生場所特定のためには、これらの余分な成分を取り除く必要がある。提案手法では、リングング歪

である可能性の高いリングング候補領域を確保した後、その中に含まれるエッジ成分やノイズ成分を取り除くことで、リングング歪の発生場所を特定する。

3.1.リングング候補領域の確保

各高周波帯域の中でリングング歪は、ある程度大きな値を持っている、かつ、エッジ成分の近くに存在する。したがって、大きな輝度値を持つ画素と、その周囲2画素をリングング候補領域として確保する。このとき、周囲2画素とは、垂直高周波成分であれば水平方向に、水平高周波成分であれば垂直方向といったように、それぞれの帯域の方向に合わせて広げている。

本稿では、輝度値の閾値を1.0とした。この値は、数種類の画像を用いて、閾値と周囲の画素数を変化させて検証した結果、いずれの画像においても輝度値の閾値を1.0、周囲を2画素とした場合に最も良好な結果となったため、これらの値を使用する。

3.2.リングング候補領域の縮小

確保されたリングング候補領域は図2のように、リングング歪とエッジを含む大きな領域である。リングング歪はエッジ成分の近くに発生するため、リングング候補領域内の内側付近にエッジ、その両脇にリングング歪が存在する可能性が高い。そのため、領域の外側に関してはリングング歪である可能性が低いので、リングング候補領域から除外する。

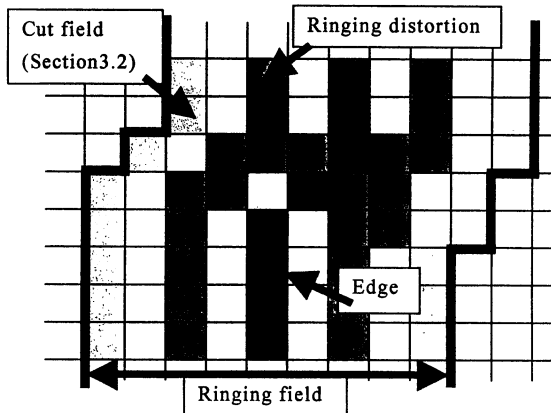
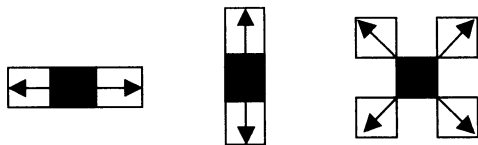


図2.リングング候補領域の確保と領域の縮小

3.3.エッジ成分の除外

リングング候補領域の中にはエッジ成分が含まれている。帯域画像におけるエッジ成分は、周囲のリングング歪に比べて輝度値が高く、かつ、画素同士の繋がりが強いと考えられる。そこで、輝度値の大きな画

素をエッジ成分の始点とし、そこから隣接する画素の輝度値が同様に大きければその画素もエッジとみなす。さらに、エッジとみなされた画素に、後述する方向に画素の輝度値が大きければその画素もまたエッジとみなす。このように、輝度値の小さな画素に当たるまで同様の処理を繰り返すことで、画素同士の繋がりを持つエッジを追いかけて特定することが出来る。エッジを追いかける方向である隣接情報は帯域ごとに異なり、垂直高周波成分は垂直方向に、水平高周波成分は水平方向に輝度値の大きな画素を追う。対角高周波成分に関しては、斜め4方向に対して行う。図3に、各帯域における方向の簡略図を示す。



(a)水平成分 (b)垂直成分 (c)対角成分
図3.エッジを追いかける方向

高周波帯域の中でエッジ成分は、場所によってエッジの大きさが異なる。そのため、たとえ輝度値が小さくても、画像内の場所によっては、エッジ成分である可能性がある。しかし、上記の方法のみでは輝度値の高い画素を始点とし、そこからエッジである画素を追いかけるため、エッジ成分の輝度値が小さいとエッジ成分として領域から除外することが出来ない。また、輝度値の大きなエッジ付近にはリングング歪も大きく発生してしまい、小さなエッジとの見分けがつかない。そのため、始点である輝度値の閾値を下げると、高い輝度値を持つエッジ成分から発生したリングング歪までもエッジ成分としてみなしてしまうため、適切な閾値を見つけることは困難である。

そこで、確保したリングング候補領域1ラインの中には必ずエッジ成分が含まれると仮定し、領域1ラインの中の最大値をエッジとみなす。これにより、領域1ラインの限定された範囲内での輝度値の大きさを見ることができ、たとえ輝度値の小さいエッジでも特定することが可能となる。図4に、領域の1ラインから最大値であるエッジ成分の特定方法の簡略図を示す。図4では垂直高周波成分の場合での処理を示している。水平高周波成分の場合は垂直方向にラインを引き、その中の最大値をエッジとする。また、対角高周波成分に関しては、垂直・水平高周波成分よりもリングング候補領域の大きさも小さく、エッジの数も少ないと考えられるので、処理を行っていない。

上記2種類の方法で特定したエッジ成分を、リングング領域から除外する。

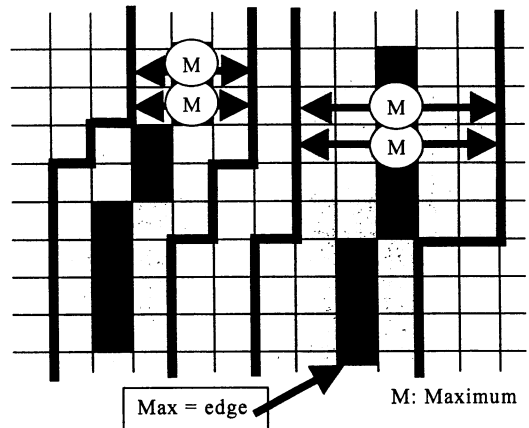


図4.エッジ成分(垂直高周波成分)

3.4.ノイズ成分の除外

エッジ成分を抜いたリングング候補領域の中には、リングング歪だけでなく、ランダムノイズ成分が多量に含まれている。ここでは、歪除去の対象とするのはリングング歪であるため、ノイズ成分と思われる部分を領域から除外する。

ノイズ成分は、エッジやリングング歪に比べて値が小さく、かつ画素同士に輝度値の繋がりが無いと考えられる。そこで、リングング領域1ライン内の輝度値の平均値が比較的低いものに関しては、その中にリングング歪は含まれておらず、ノイズのみで構成された領域であるとみなしリングング候補領域から除外する。

また、リングング歪は比較的エッジに近い部分にあることから、リングング候補領域のエッジに接していない側の輝度値の平均が小さい場合は、その部分もノイズとみなし領域から除外する(図5)。

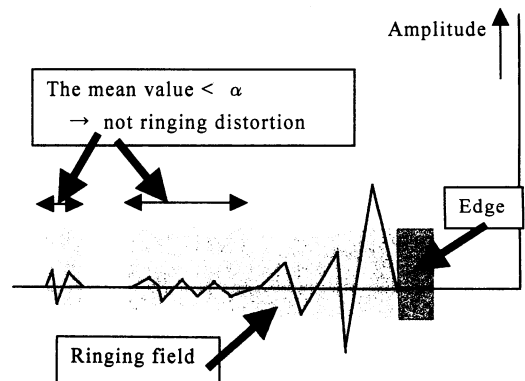


図5.ノイズ成分の除外

4. 結果と考察

4.1. 比較対象となる正解画像

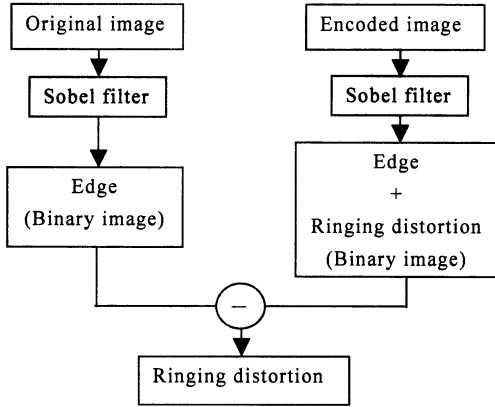


図 6. ソーベルフィルタによる正解画像の作成



図 7. リンギング歪位置正解画像

提案手法の結果を検証するためには、リンギング歪の正解位置を定義する必要がある。そこで、符号化後の画像にソーベルフィルタを適用して得られた部分から、原画像（符号化前の入力画像）にソーベルフィルタを適用して得られた部分を抜いた画像を正解画像と定義する。その処理を図 6 に示す。

符号化後の画像にソーベルフィルタを適用すると、本来画像に存在したエッジ成分に加えてリンギング歪も取り出される。この画像から、原画像にソーベルを適用しエッジ成分を取り出したものを抜くことで、リンギング歪のみを取り出すことが出来る。このリンギング歪発生場所の特定方法は原画像を使用しているため、本来の目標であるリンギング歪を除去するポストフィルタの開発に使うことは出来ないが、今回はリン

ギング歪の発生位置特定の検証に用いる。この方法で特定したリンギング歪を図 7 に示す。この図 7 のリンギング歪として特定された画素を、リンギング正解画像と呼ぶことにする。

4.2. 比較結果

図 8 に提案手法適用結果を示す。画像は ITE 標準画像である「天気予報」を用いた(図 8(a))。画像サイズは 256×256 画素、量子化ステップ幅である量子化レベルの値は 5.0 とした。図 8 は、帯域ごとに特定したリンギング歪を全て合わせた画像である。図 8(b) は 3.1 章で確保されたリンギング領域であり、図 8(c) は 3.3 章で除外されたエッジ成分を示している。

図 8(d) は、提案手法を用いてリンギング歪の発生場所を特定した結果である。グレーの部分が提案手法で特定された画素を示し、白い部分がリンギング正解画素を示す。図 9 は図 8 の画像の一部を拡大したものである。図 9(a) が原画像、図 9(b) が符号化後の画像、図 9(c) が提案手法でリンギング歪を特定した結果である。

また、画像全体の画素を N 、提案手法で特定されたリンギング歪の画素を F 、リンギング正解画素を S とする。 $n(A)$ は A の画素数を表す。

このとき、リンギング正解画素に対して、どの程度提案手法で特定することができたかを表す一致率 $H(l)$ は、式(1)で表すことができる。

$$H(l) = n(F \cap S) / n(S) * 100 \quad (1)$$

また、リンギング正解画素に対して、どの程度提案手法で誤った特定をしてしまったかを表す不一致率 $H(m)$ は、式(2)で表すことができる。

$$H(m) = n(\bar{S} \cap F) / n(\bar{S}) * 100 \quad (2)$$

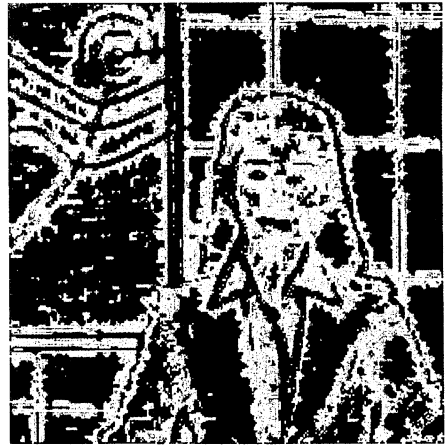
さらに、画像全体のリンギング歪発生場所特定の正答率 $H(p)$ は、式(3)で表すことができる。

$$H(p) = (n(S) * H(l) + n(\bar{S}) * (100 - H(m))) / n(N) \quad (3)$$

結果を表 1 に示す。適用画像は「天気予報」と「cameraman」を用いた。提案手法内での閾値はどの画像でも同じ値を使用した。



(a)適用画像「天気予報」

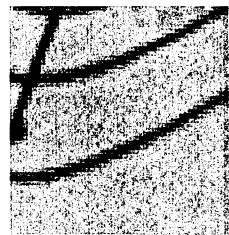


(d)提案結果

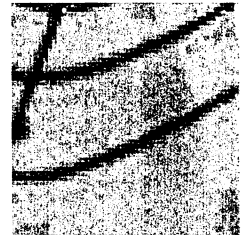
図 8.提案手法適用結果



(b)確保したリンキング領域



(a)原画像



(b)符号化後画像



(c)提案手法でのリンキング歪特定結果

図 9.提案手法特定結果(拡大図)



(c)除去したエッジ成分

表 1.リンキング正解画素と提案手法との一致度

適用画像	一致率 (%)	不一致率 (%)	正答率 (%)
天気予報	77.4	36.0	64.8
Camerman	69.6	28.3	71.4

提案手法を画像に適用した結果、約 77% のリンキング歪を特定でき、約 60~70% の正答率を得ることが出来た。図 8 の結果を見ても、ほぼリンキング正解画素

含む画素を特定できたことがわかる。

その一方、画像の背景部分や人の顔の辺りなど、本来リングング歪ではないにもかかわらず特定されている部分がある。これはエッジ成分を特定する際に、領域ごとで処理をすることで輝度値が低いエッジも特定できるようにしているものの、エッジの大きさ等を考慮して適応処理をしていないために起きるものであると考えられる。特に、現在の提案手法では、領域内のエッジの範囲を固定しているために、エッジの取り残し、もしくはリングング歪を誤ってエッジとして領域から除外してしまう場合が考えられる。そのため、エッジの輝度値の大きさによってエッジ範囲を変える処理を加える必要があると考える。

5. むすび

本稿では、Wavelet 変換に起因して発生するリングング歪の除去を目的とし、リングング歪の発生位置の特定を行った。処理の簡略化のために Wavelet 変換符号化に用いた分割フィルタを用いて再度符号化後の画像を帯域に分けた後、帯域ごとに特定処理を行った結果、約 60～70% のリングング歪を特定することが出来た。今後は、適応処理を加えることにより、さらに精度高いリングング歪の特定方法を検討する。

文 献

- [1] 小野定康, 鈴木純司, わかりやすい JPEG2000 の技術, 佐藤政次, オーム社, 東京, 2003.
- [2] 金子由紀夫, 亀田昌志, 官原誠, “Wavelet 変換における画像の画質改善～リングング歪の抽出”, PCSJ2000, p-p.2.11, pp.103-104, Nov.(2000).
- [3] 吹抜敬彦, “リップル修正フィルタによる画像歪みの抑圧～DCT 量子化歪みへの適用～”, 映像情報メディア学会誌 vol.57, No.10, pp-1377-1379, Sep.(2003).
- [4] 小林弘幸, 貴家仁志, 佐川雅彦, “フィルタ処理に伴う画像歪みの性質とその軽減”, 信学技報, CS92-98, pp.25-32, Jan.(1993).
- [5] 歳弘麻子, 亀田昌志, “画像の Wavelet 変換符号化において発生するリングング歪の特定と解析”, PCSJ2004, p-p.5.05, pp.69-70, Nov(2004).
- [6] 貴家仁志, よくわかるデジタル画像処理, 増田久喜, CQ 出版株式会社, 東京, 1996.