

Motion JPEG 2000における静動領域判定に基づくフリッカー低減手法の検討

伊谷 裕介[†] 渡辺 裕[†]

[†] 早稲田大学大学院 国際情報通信研究科

〒 367-0035 埼玉県本庄市西富田大久保山 1011

E-mail: ty-itani@tom.comm.waseda.ac.jp, hiroshi.watanabe@waseda.jp

あらまし デジタルシネマの符号化方式として、JPEG 2000 が内定している。JPEG 2000 の動画像規格として、Motion JPEG 2000 がある。Motion JPEG 2000 は映像コンテンツの編集、加工処理が容易であるという利点がある。しかし、Motion JPEG 2000 の問題点として、復号画像中にフリッカー雑音が発生することが知られている。これは輝度値の変動により視覚的に大きなちらつきを伴う画質劣化として検知される。本稿では、フリッカー雑音を低減するための手法について検討した。提案手法では、まず閾値処理を用いて画像を静止領域と動領域に分け、前後フレームを用いることで輝度値の変動を抑えている。最後に、シミュレーションにより有効性を示す。

キーワード JPEG2000, フリッカー, デジタルシネマ

A study on flicker reduction based on distinction between static and moving region in Motion JPEG 2000

Yusuke ITANI[†] and Hiroshi WATANABE[†]

[†] Graduate School of Electronics, Information and Communication Engineering Studies, Waseda University
1-0-1-1 Okuboyama Nishi-Tomida Honjo-shi Saitama 367-0035 Japan

E-mail: ty-itani@tom.comm.waseda.ac.jp, hiroshi.watanabe@waseda.jp

Abstract JPEG 2000 is decided as coding system for Digital Cinema. Motion JPEG 2000 is motion pictures standard of JPEG 2000. There is an advantage with an easy processing and editing the image contents in Motion JPEG 2000. However, it is reported that there is some noise called "Flicker Artifact" in the decoded image of Motion JPEG 2000. In video sequence, this noise is visually detected as large flicker deterioration to change luminance value. In this paper, we study the method of flicker reduction in Motion JPEG 2000. In proposal method, we distinguish between static and moving region in decoded image using threshold process and uses forward and backward frames. We show the validity of the proposed method.

Key words JPEG 2000, flicker artifact, Digital Cinema

1. ま え が き

近年、映像技術のデジタル化が進み、映画において高品位映像の撮影、上映が可能な機器の登場によりデジタル化が進みつつある。現在デジタルシネマシステムが DCI (Digital Cinema Initiative), SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) 及び ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 により標準化が進められており、4096 × 2160 [pel] という超高解像度のデジタルシネマシステムが提案されている [1]。

デジタルシネマに対応する画像の符号化として JPEG 2000 を使うことが内定している。JPEG 2000 の動画像符号化方式

として、Motion JPEG 2000 がある。Motion JPEG 2000 の利点として、イントラ符号化のみを行うため、映像の加工や編集が容易であること、符号化データの空間スケーラビリティを持つことなどが挙げられる。Motion JPEG 2000 の問題点として、復号画像中にフリッカー雑音が発生することが知られている。我々は、今までこのフリッカー雑音について調査してきた [5] [6] [7]。これにより、JPEG2000 ではレート制御を、wavelet 係数のスカラー量子化と、いわゆるポスト量子化と呼ばれる Code truncation の 2 箇所で行えるが、ポスト量子化がフリッカー雑音に大きな影響を及ぼすことがわかっている。また、輝度値の変動を抑える方法として、前後フレームを用いた

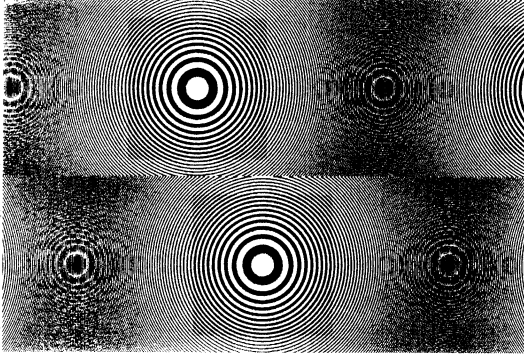


図 1 zoneplate

フィルタを提案している [8]。しかし、このフィルタでは、静止領域ではフリッカー雑音を低減する事ができ視覚的に向上するが、動領域においては、前フレームの残像が残ってしまうという問題がある。

本稿では静止領域と動領域に分け、フリッカー雑音を低減させる方法について検討を行った。

2. フリッカー雑音

Motion JPEG 2000 の主な問題点としてフリッカー雑音の発生があげられる。このノイズは復号画像上に細かいリング状のノイズとして現れる。静止画ではさほど目立たないが、動画ではそのノイズの大きさと位置が変化するため、時間方向に波打つようにノイズが発生する。このため、視覚的にちらつきを伴い感知されやすい。また、このノイズは時間方向の変化によるものであるため、PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) などの定量的尺度による評価、比較が困難である。また、フリッカー雑音は可逆圧縮を行う際には発生せず、量子化を行い非可逆圧縮を行う時のみ発生する。

2.1 予備実験

時間軸方向で輝度値がどのように変化するかを確認する予備実験を行った。実験映像には図 1 に示す、上部 720 × 240 の部分が左方向から右方向に 9pix/s で水平移動し、下半分が静止画像である同心円サーキュラゾーンプレート [6] [7] [8] を用いた。

図 2 に輝度値の変化を示す。また、隣接フレーム間の差分を図 3 に示す。今回元画像の静止部分の輝度値はどのフレームでも同じ値を示しているはずである。しかし図 3 をみると輝度値が変動していることがわかる。このように輝度値が変動することにより視覚的には映像がちらついて見える。これがフリッカー雑音という現象である。

2.2 JPEG 2000 における量子化

JPEG 2000 における量子化について述べる。JPEG 2000 では量子化の方法として、スカラー量子化とポスト量子化がある。スカラー量子化とは、一般的な画像符号化の際に行われる、量子化ステップ Q により係数を量子化する方法である。一方、ポスト量子化は、図 4 のようにウェーブレット係数をビットプレーンに展開し、RD 最適化のもとデータを切り捨て符号量制

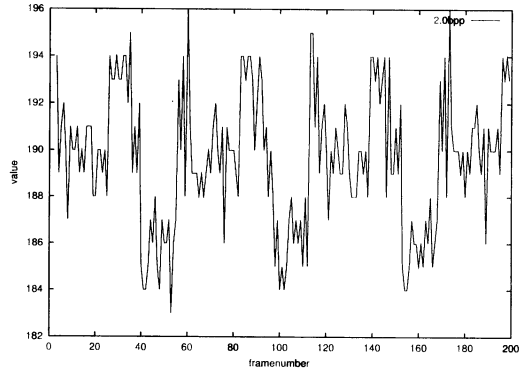


図 2 輝度値の変化 (2.0bpp)

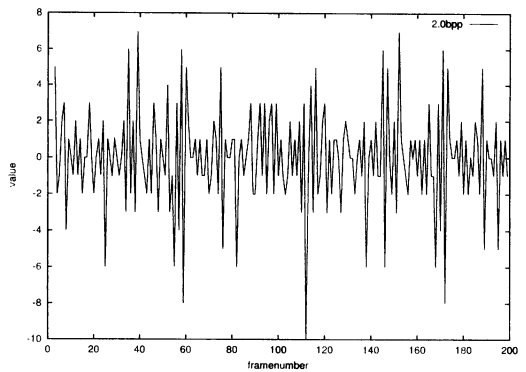


図 3 輝度値のフレーム間の差分 (2.0bpp)

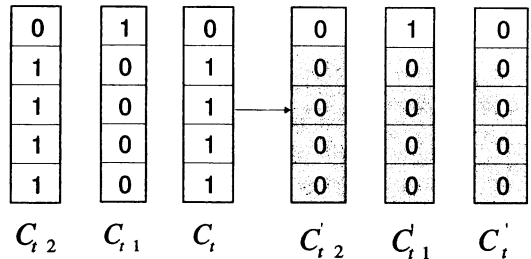


図 4 ポスト量子化

御する方法である。スカラー量子化では符号量制御を行うためには量子化ステップ幅を適宜変更しながら符号化を行い、符号量の制御を行う必要がある。一方、ポスト量子化では符号化後の符号列に対して切捨てを行うため、再度量子化を行う必要がない。そのため、細かい量子化を行う際には非常に有効な方法である。[2] しかし、次節に示すように、ポスト量子化によりフリッカーが発生してしまうという問題点がある [4]。

2.3 フリッカー雑音が起こる原因

輝度値の変動の原因はポスト量子化によって隣接フレーム間のウェーブレット係数の差の変動が拡大することにある [4] [6]。図 5 を例にとると、(A) の場合、量子化前のフレーム間の係数

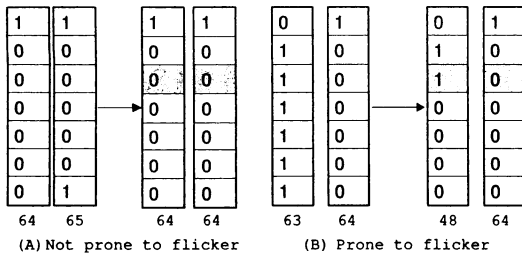


図5 フリッカー雑音の起こる傾向

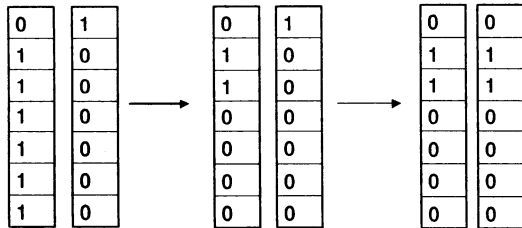


図6 従来手法

が64→65であるのに対し、量子化後の係数は64→64となるため差が拡大することはない。しかし、(B)の量子化前の係数は63→64であるものが量子化後48→64と差が1から16に広がる。(A)と(B)のビットプレーンの構成を比較すると、網掛け部分のビットプレーンの構成が(A)は0,0と同じ値であるが、(B)は1,0と値が反転していることがわかる。このように、係数の差が拡大するしないかを決定しているのは係数をビットプレーン展開したときの構成によると考えられる。

3. 従来手法

3.1 Visual Weighting を用いた手法

フリッカー雑音に対する有効な解決手法として、Visual Weighting を用いた手法がある[3]。文献[3]では、フリッカー雑音の発生原因は低域成分の量子化誤差が画像全体に折り返すことと考えている。そのため重み付けされた量子化マトリクスを用いることで低域成分を高精度に量子化し、フリッカー雑音を低減することを目的とした方法である。

しかし、低域成分だけでなく高域成分においても大きな係数誤差がみられることが報告されている[5]。このため、低域成分のみを高精度に量子化し低域成分の歪を目立たなくしても、高域成分に対し荒い量子化をおこなうことにより高域成分には歪が発生してしまう。各サブバンドと合成することによりこの歪が画像全体に広がると考えられるため、Visual Weighting では本質的な解決にはならないと考えられる。

3.2 ビットプレーンの構成を利用した方法[4]

3.2.1 手法

ビットプレーンの構成に注目し、前フレームの情報を用いてフレーム間の係数の差を減少させるように係数を変化させる手法が提案されている。

以下にその手順を示す。またこの手法による係数の変化の遷

移を図6に示す。

- 前フレームの情報として、切り捨てたビットの直前の2つのビットプレーンの情報を保存する。
 - 前フレームの情報を元に、ビットプレーンが反転している場合は後フレームの係数を前フレームの係数にあわせる。
- 図6を例にとると、この場合、直前のビットは1,0と値が異なっている。そのため、後フレームの係数を前フレームの係数にそろえる。

また、文献[4]ではDWTレベルごとに量子化により差が拡大する現象がどれだけあるかを調べている。これによるとlevel2, level3がもっとも起こりやすくフリッカー雑音が発生しやすいことが調査されている。

3.3 問題点

文献[4]の手法では、フレーム間の係数の差は小さくなるが、図6のように前フレームの係数にそろえることにより元の係数とは大きく変わることがある。このことが問題点としてあげられる。例を示すと、図6では、量子化前の係数の値が63,64であった画素が前フレームの係数にあわせることにより、量子化後48,48に変化する。これは量子化前の係数が63,64であることを考えると前フレームではなく後フレームの64にそろえたほうがよい。

また、原画の輝度値がもともと変化している場合、すべて前フレームにそろえるというこの手法では原画の輝度変化に追従できないという問題点もある。

4. 提案手法

提案手法は、輝度値の変動を抑えるフィルタと、動領域と静止領域を判定する部分とからなる。以下それぞれについて説明をする。

4.1 提案フィルタ

提案フィルタは、フリッカーの検出、補正からなる。

- フリッカーの検出

図7のように前後複数のフレームを参照する。そのときの画素値の波形に注目し、波形が振動していたらその部分をフリッカー雑音が起きている場所とし検出する。前フレームや後フレームの値と異なる値であったとしても、振動している波形でない場合はフリッカー雑音とみなさない。

具体的なフリッカー雑音検出の例を図8に示す。(a)のような三角形や(b)のような台形状の波形のように、参照しているフレーム内で輝度が増えてまた減る、または減って増えるように振動していることを検出した場合、それをフリッカー雑音として認識する。しかし、(c)のような波形になった場合、隣接フレーム間では輝度値が異なるがこれは上下に振動していないため、フリッカー雑音とは認識しない。

以上のことを数式で表すと以下ようになる。

$$V_i - V_{i-1} > 0, V_i - V_{i+1} > 0 \quad (1)$$

$$V_i - V_{i-1} < 0, V_i - V_{i+1} < 0 \quad (2)$$

式(1),(2)の場合にはフリッカー雑音として認識する。

$$V_i - V_{i-1} > 0, V_i - V_{i+1} < 0 \quad (3)$$

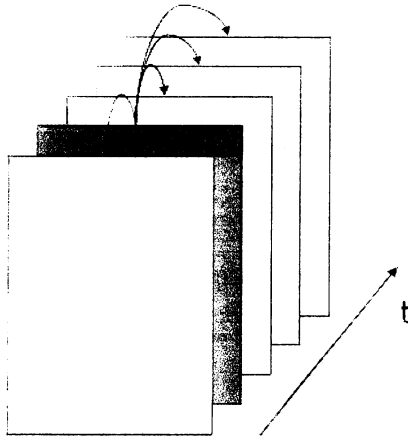


図7 参照フレーム

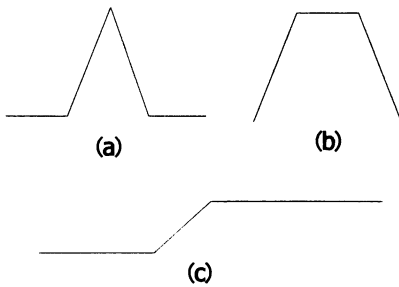


図8 波形

$$V_i - V_{i-1} < 0, V_i - V_{i+1} > 0 \quad (4)$$

式(3), (4)の場合には, 前フレームとの値は異なっているが, 振動していないため, フリッカー雑音として認識しない.

● 補正

フリッカー雑音の検出後, 検出された箇所に対して補正を行う. 補正は前フレームの輝度値にそろえることによって行う.

図9にフリッカー雑音の検出, 補正の様子を示す.

また, 提案フィルタをかけた際の輝度値の変化を図10, 11に示す. これは予備実験の際に使用したゾーンプレートを用いている. 図10, 11に示すように, 提案フィルタにより輝度値の変化を抑えることができる.

4.2 静動領域判定

図12にある一点による輝度変化を示す. このように, 静止領域から動領域に変わるとき, 輝度が大きく変化することが確認される. そのため, 閾値を設定することにより, この変化を検出することが可能である.

このため, 静動領域判定は以下の方法により行う.

- 8×8のブロックに分ける

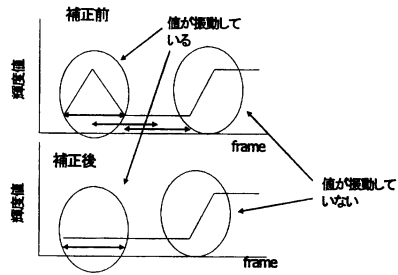


図9 フリッカー雑音の検出, 補正の様子

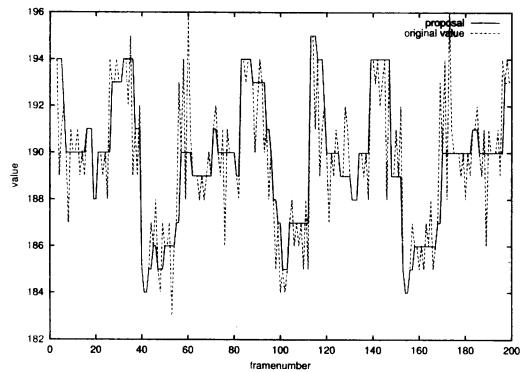


図10 提案フィルタによる輝度値の変化

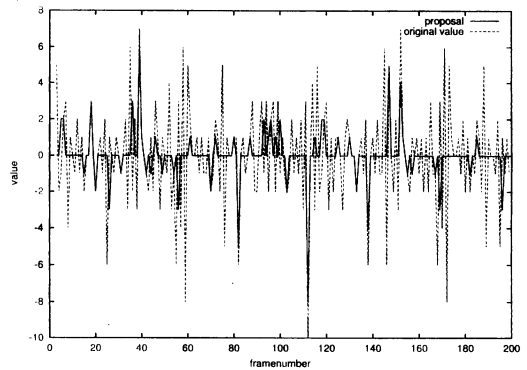


図11 提案フィルタによるフレーム間差分値

- ブロックごとに, 前フレームの対応するブロックとの差分値 D を計算する

$$D = V_i - V_{i-1} \quad (5)$$

- ブロック内で差分値の2乗の和がある閾値を超えた場合, その領域を動領域とする.

動領域

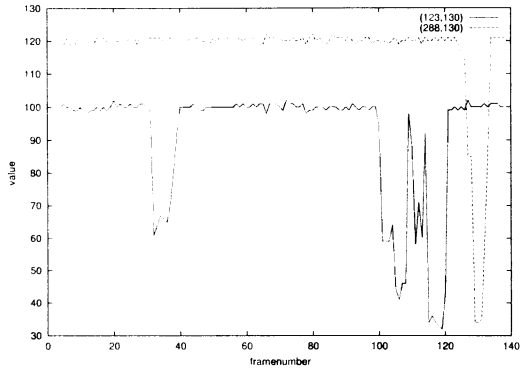


図 12 輝度変化の様子

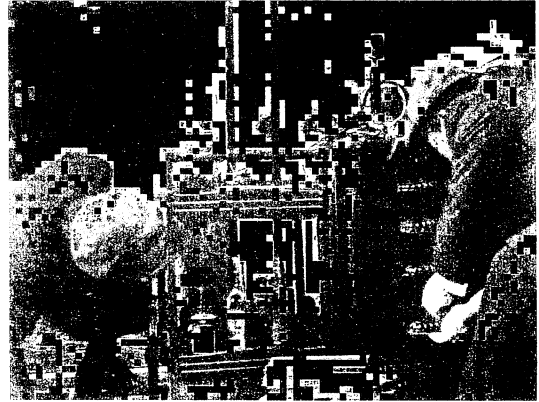


図 14 動領域判定

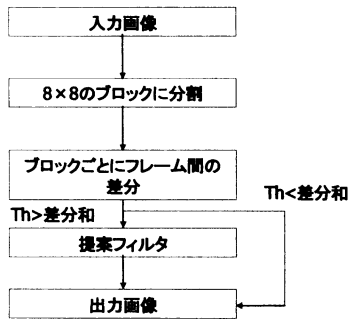


図 13 提案手法



図 15 残 像

$$\sum D^2 > threshold \quad (6)$$

静止領域

$$\sum D^2 < threshold \quad (7)$$

以上をまとめ、図 13 に提案手法のブロック図を示す。

5. 実験と考察

4章で述べた提案手法を実験により検証した。実験条件を表 1 に示す。

表 1 実験条件

Codec	kakadu
Input Sequence	SpySorge(1920x1072,Progressive) [9]
Filter	9/7-Daubechies
Bit Rate	1.0bpp
Frame Rate	24fps

まず、領域判定の結果を図 14 に示す。これより、閾値判定により図 14 のように、動領域を判定することができた。

この領域判定を用いた提案手法による結果を図 16 に示す。これより、領域判定をすることで提案フィルタのみのときに発生

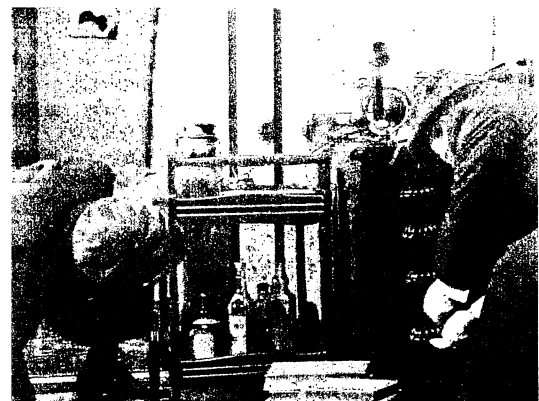


図 16 フィルタ処理後

した残像(図 15)を残すことなく処理をすることができた。

また、図 17 にフィルタ後とフィルタ前の PSNR のグラフを示す。これより、0.2dB 程度 PSNR が低下している。これは輝度値補正の際に前フレームの値にあわせる操作をしているためであると考えられる。しかし、提案手法によりノイズが除去さ

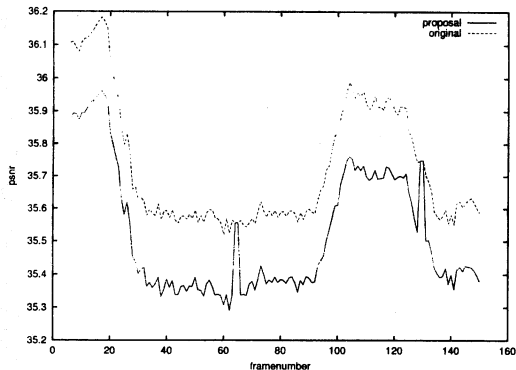


図 17 PSNR の比較

れるため、主観的には画質の向上が確認された。

6. ま と め

本稿では、静動領域の判定を用いたフリッカー低減手法について検討した。前後フレームの値と閾値処理を用いた領域判定を組み合わせることで、輝度値の変動を抑え、また残像を残すことなくフリッカー雑音を低減することができた。また、提案手法後の映像を確認することにより、画質の向上が認められた。今後の問題点として、静動領域の判定に用いた閾値処理における閾値の決定法が挙げられる。また、フリッカー雑音を定量的に評価する指標を導入する必要がある。

謝辞

この研究は、情報通信研究機構 (NICT) 委託研究課題“通信ネットワーク利用放送技術の研究開発”により行われた。

文 献

- [1] “Digital Cinema System Specification v.5.0”DCI,LLC Private Draft Document, Mar. 2005.
- [2] 野水泰之 “JPEG2000 符号化方式解説” トリケップス, 2003
- [3] 木村青司, 荒木淳哉, 福原隆浩, “Motion JPEG 2000 における Visual weighting を用いた画質改善の検討,” 画像符号化シンポジウム資料 (PCSJ2001),p-5.02,pp75-76,Nov.2001
- [4] Becker A., Chan W., Poulouin D., “Flicker reduction in intraframe codecs,” Data Compression Conference 2004. Proceedings, Mar. 2004
- [5] 田邊集, 加藤徹洋, 渡辺裕, 富永英義, “wavelet 変換符号化における量子化歪について,” 画像符号化シンポジウム資料 (PCSJ2002),p-3.02,pp55-56,Nov.2002
- [6] 加藤, 石川, 渡辺, “Motion JPEG 2000 におけるフリッカー雑音とタイリングの関係について,” 情報処理学会オーディオビジュアル複合情報処理研究報告, 2004-AVM-44, Mar. 2004.
- [7] 加藤, 田邊, 渡辺, 富永, “Motion JPEG 2000 におけるフリッカー雑音と量子化誤差の関係について,” 情報技術フォーラム 2003 講演論文集, sep. 2003.
- [8] 伊谷, 石川, 渡辺, 富永, “Motion JPEG 2000 におけるフリッカー低減手法の検討,” 電子情報通信学会総合大会, Mar. 2005.
- [9] 篠田正浩原作・制作・監督作品, “スパイ・ゾルゲ,” 編集前源情報 (GITI)