

# Motion JPEG における動き検出と量子化制約条件を 用いた符号化ひずみ低減方法

新井悠祐<sup>†</sup> 板垣秀星<sup>†</sup> 甲藤二郎<sup>†</sup> 境田慎一<sup>‡</sup> 井口和久<sup>†</sup> 合志清一<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 早稲田大学基幹理工学研究科 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 55N-06-09B

<sup>‡</sup> NHK 放送技術研究所 〒157-8510 世田谷区砧 1-1011

E-mail: † {arai, itagaki, katto}@katto.comm.waseda.ac.jp,

‡ {sakaida.s-gq, iguchi.k-eq, gohshi.s-fu}@nhk.or.jp

あらまし 本稿では Motion JPEG において、動き検出を用いたフレーム間での合成に加え、量子化制約条件を考慮した符号化ひずみ低減方法を提案する。従来手法である動き検出を用いた画像の合成と量子化制約条件を利用した DCT 係数の補正について述べた後、提案手法について説明する。また、シミュレーションによる実験を行い、提案手法の性能を従来手法と比較することによって評価する。

## Denoising Method Using Motion Estimation and Quantization Restriction for Motion JPEG

Yusuke ARAI<sup>†</sup> Shusei ITAGAKI<sup>†</sup> Jiro KATTO<sup>†</sup>

Shinichi SAKAIDA<sup>‡</sup> Kazuhisa IGUCHI<sup>‡</sup> Seiichi GOHSHI<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Fundamental Science and Engineering, Waseda University 55N-06-09B 3-4-1 Okubo, Shinjuku, Tokyo 169-8555, Japan

<sup>‡</sup> NHK Science & Technical Research Laboratories 1-10-11 Kinuta, Setagaya, Tokyo 157-8510, Japan

E-mail: † {arai, itagaki, katto}@katto.comm.waseda.ac.jp,

‡ {sakaida.s-gq, iguchi.k-eq, gohshi.s-fu}@nhk.or.jp

**Abstract** This paper presents a new denoising method which uses motion estimation and quantization restriction for Motion JPEG. After describing two denoising methods, mixing multiple frames using motion estimation and correction of DCT coefficients using quantization restriction, we explain our proposal which combines the both. We show several experimental results using Motion JPEG sequences and compare performances of our proposal with the existing methods.

### 1 はじめに

近年、膨大な量の画像データが圧縮され保存されてきている。この圧縮されたデータを対象とし、付加情報や複数の圧縮画像を利用してデコーダ側で復号画像の画質を改善する手法に関する研究が多く行われている。筆者らも一枚の画像を互いに独立して圧縮符号化し、その復号画像を重ね合わせることで符号化ひずみが低減する効果があることを確認し

ており、これを動画像へと拡張する手法についての研究を進めている [1]-[3]。

本稿では従来手法として、動画像の前後フレームを動き検出を用いて重ね合わせる手法と JPEG 画像の量子化制約条件を用いて DCT 係数を補正する手法について述べ、それらの手法を組み合わせた符号化ひずみ低減方法を提案する。また、シミュレーション実験を行うことにより従来手法との比較を行い、その

結果を報告する。

## 2 画像の重ね合わせによる符号化ひずみ低減手法

### 2.1 静止画による符号化ひずみ低減効果

画像を圧縮する際には符号化ひずみが生じる。一枚の画像の場合、この符号化ひずみがそのまま表れ画質の劣化へと繋がるが、複数の画像を合成し符号化ひずみを平均化することによってひずみが低減される効果が期待できる。ここでの複数の画像とは互いに独立して圧縮符号化された復号画像を意味している。図1に示すように、一枚の原画像を画素シフトして切り出した複数のサブ画像をそれぞれ独立して圧縮符号化し、画素位置を合わせて重ね合わせる（平均化させる）。この重ね合わせにより符号化ひずみが低減する。また、JPEG 圧縮では 8x8 のブロックで圧縮を行っているため、縦 0~8、横 0~8 画素シフトにより最大で 64 枚の画像を切り出すことができる。重ね合わせる枚数が多くなるほどひずみの低減効果も高くなる[1][2]。

### 2.2 動画像への拡張

前節の静止画の重ね合わせによる符号化ひずみ低減効果を動画像へ拡張することを考える。前節の手法での低減効果は画素シフトをして切り出したサブ画像が画素単位に互いに独立した圧縮方式を適用した場合と等価となることを利用している。よって、動画像においては隣接フレームの画像が互いに独立して圧縮されていることを利用し、隣接フレームの画像を重ね合わせることで動画像においても同等の効果が期待できる。そこで、デコーダ側で動き検出を用いて同一領域をトラッキングすることでこれを実現する[3]。処理の様子を図2に示す。ここではフレーム間での物体の移動が前節の画素シフトと等価であることを利用しているが、原画像の異なるフレームのトラッキング後のブロック同士が同じ画素値である場合には、実質画素シフトを適用したものとみなせるがこのようなことは稀である。実際には物体の形や大きさ、向きが変化する可能性があり、動き検出が必ずしも成功するとは限らない。逆に、動き検出が外れた場合には合成に有効でないブロックまで合成してしまうことになり、大きな画像劣化を引き起こす可能性がある。

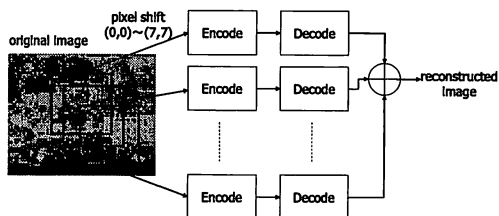


図1 画素シフトと重ね合わせの様子

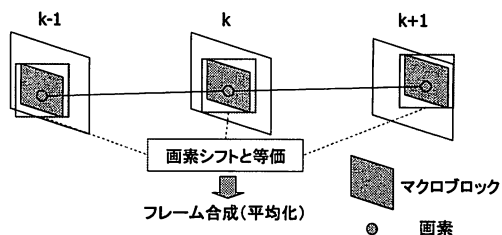


図2 動き検出と重ね合わせ処理の様子

## 3 量子化制約条件による DCT 係数補正

JPEG 圧縮では、量子化テーブルを用いて圧縮を行っているため、量子化テーブルと量子化後の DCT 係数を参照することで、量子化を行う前に DCT 係数が存在していた範囲を特定することができる。圧縮画像に対し何らかの画像処理を施したとき、処理画像の DCT 係数は必ずしも特定した範囲内に存在しているとは限らない。そこで、[4][5]では POCS の考え[6]を用いた DCT 係数の補正を提案しており、処理画像の DCT 係数が範囲内に収まっているものはそのままの値を保ち、範囲を超えていた場合には範囲内に収まるように補正（クリッピング）を行うことで画質の改善効果が得られる。また、[7]ではクリッピングを行う際の範囲を狭めることにより、さらなる改善効果が得られることが示されている。この処理を式(1)に示す。

$$C' = \begin{cases} C - S \cdot \frac{Q}{2} & (C' \leq C - \frac{Q}{2}) \\ C + S \cdot \frac{Q}{2} & (C' \geq C + \frac{Q}{2}) \\ C & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (1)$$

ここで  $C$  は補正前、 $C'$  は補正後の DCT 係数であり  $Q$  は量子化テーブルの係数、 $S$  はクリッピング処理の際の範囲を狭める割合である。

#### 4 提案手法

本章では 2 章、3 章で述べた 2 つの従来手法を組み合わせた提案手法について説明する。各フレームの処理の流れを図 3 に示す。

(1)各フレームをブロックに分割し、ブロックごとにフレーム間で同一領域のトラッキングを行う。

(2)同一領域同士でフレーム合成(平均化)する。

(3)DCT 変換を行い、式(1)による DCT 係数の補正(クリッピング)を行う。

(4)逆 DCT 変換を行って合成画像を得る。

(1)(2)の部分が 2 章の画像の重ね合わせに相当し、(3)(4)の部分が 3 章の DCT 係数補正に相当する。Motion JPEG においては各フレームが JPEG 圧縮であるため、DCT 係数の補正の効果が期待できることを利用している。

ここで、前述のように動き検出が必ずしも成功するとは限らず、明らかに誤ったブロックを検出する可能性があるため、ある程度似ている領域のみ合成を行う必要がある。ここでは合成を行う際の閾値を式(2)のように設定した[3]。

$$\sum_{(x,y) \in \text{block}} |I_k(x,y) - I_{k'}(x+u,y+v)| \leq \alpha \cdot \text{quant}(k) \quad (2)$$

$I_k(x,y)$  は  $k$  フレームでの画素値、 $I_{k'}(x+u,y+v)$  は  $k'$  フレームでの画素値、 $(u,v)$  は動きベクトル、 $\text{quant}(k)$  は  $k$  フレームでの量子化テーブルの DC 成分を表している。 $\alpha$  は閾値を決定するパラメータである。

さらに、図 3 による処理を繰り返すことについても検討を行う。繰り返し処理はすべてのフレームに図 3 での一連の処理を行うことを 1 回と数え、改善された動画像に対して同様の処理を繰り返した結果について、従来手法との比較とともに次章で報告する。

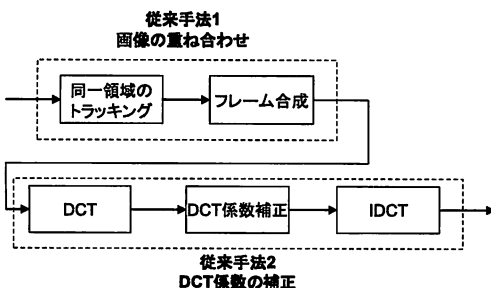


図 3 各フレームの処理の流れ

#### 5 評価実験

##### 5.1 DCT 係数補正の効果

評価実験には CIF サイズの標準動画像 mobile を用い、JPEG 圧縮には jpeglib を用いた。圧縮率は、jpeglib の品質パラメータとして、 $\text{quality}=10,50,75$  (低品質～高品質)の 3 通りの場合について調査した。DCT 係数の補正は、補正の範囲を狭めない場合(式(1)の  $S=1.0$  とした場合)と狭める場合について調べ前者を通常補正、後者を縮小補正と呼ぶこととする。さらに、狭めた場合の範囲は  $S=0.5$  とし、式(2)の  $\alpha$  の値を変化させて実験を行った。また、動き検出においては整数画素のブロックマッチングを用いており、片方向動き検出(後 1 フレーム)と両方向動き検出(前後 1 フレームずつ)について比較を行っている。

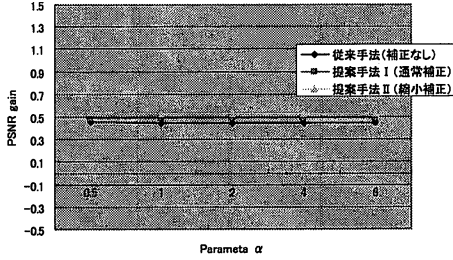
提案手法と従来手法の Motion JPEG に対する  $\text{quality}=10,50,75$  それぞれの改善効果の平均値を図 4～図 6 に示す。ここで、提案手法は通常補正を用いる場合を提案手法 I、縮小補正を用いる場合を提案手法 II とし、従来手法とはトラッキングによる画像の重ね合わせのみで DCT 係数による補正がない場合を表している。また、それぞれの Motion JPEG の PSNR の値を表 1 に示す。

$\text{quality}=10$  の場合は  $\alpha$  の値に左右されずほぼ一定の値を保っており、従来手法よりも提案手法の効果が高いことがわかる。また、縮小補正によりさらなる効果が得られており、片方向よりも両方向動き検出を用いた場合のほうが有効であることがわかる。

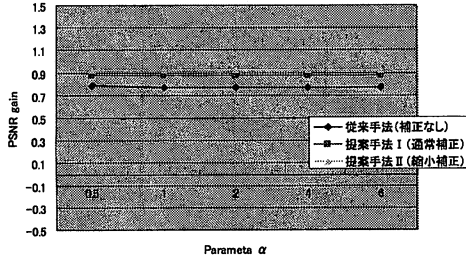
$\text{quality}=50$  の場合では、 $\alpha$  の値を大きくしすぎると片方向、両方向動き検出に関わらず値が下がってしまっていることが見てとれる。これは  $\alpha$  の値を大きくすることにより、合成の際の条件が緩くなったため、合成に有効でないブロックまで合成してしまっていることが原因となっている。これに対し、提案手法では従来手法において  $\alpha$  を大きくすることで効果が下がってしまった場合においても DCT 係数の補正を行うことでさらなる改善

表 1 圧縮画像の PSNR 値

| quality | 10    | 50    | 75    |
|---------|-------|-------|-------|
| PSNR    | 22.85 | 28.94 | 32.47 |

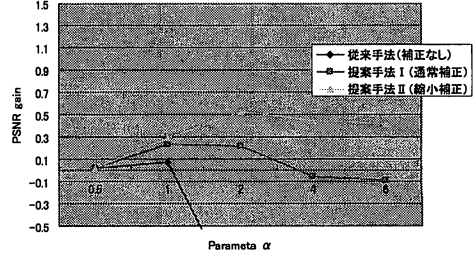


(a)片方向動き検出の場合

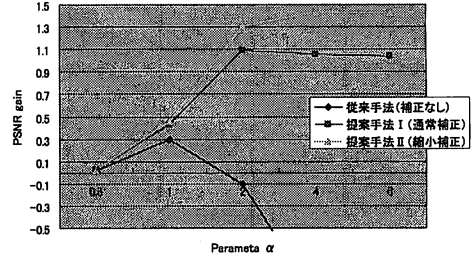


(b)両方向動き検出の場合

図4 画質改善効果 I (quality=10)

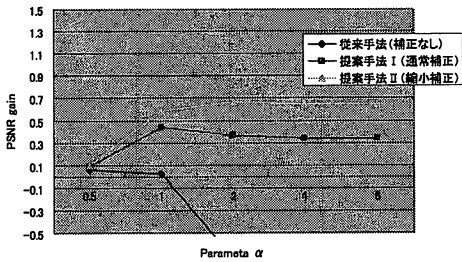


(a)片方向動き検出の場合

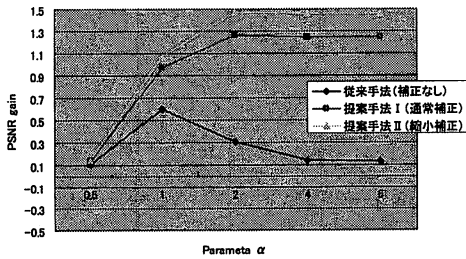


(b)両方向動き検出の場合

図6 画質改善効果 III (quality=75)



(a)片方向動き検出の場合



(b)両方向動き検出の場合

図5 画質改善効果 II (quality=50)

効果が得られている。特に、従来手法では閾値の設定(ここでは $\alpha$ )によって改善効果が大きく左右されるが、提案手法では閾値の設定に寛容で、ある程度条件を緩くすることで安定した結果が出ていることがわかる。特に quality=75 では条件を緩めにした場合のほうが安定した結果となっている。縮小補正と両方向動き検出を用いた場合がより高い効果が得られているというのは quality=10 の場合と同じであり、quality=75 でも似た傾向となっている。

## 5.2 繰り返し処理の効果

本節では図3による処理を繰り返し行った場合の実験結果について報告する。動画像は mobile の quality=50,75 を使い、図7に実験結果を示す。また、両方向動き検出、縮小補正を用いており合成の際の閾値は式(2)の  $\alpha=2.0$  としている。繰り返し処理は2回目までは効果が見込めるが回数を多くするにつれて値が下がってしまい、右下がりのグラフになってしまっている。このことから繰り返し処理は繰り返す回数が非常に少ない場合のみ

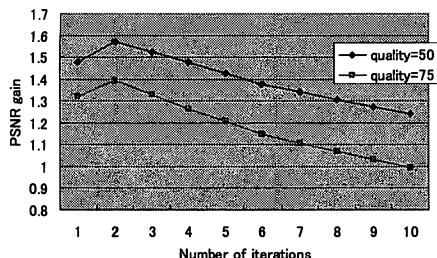


図7 繰り返し処理による効果

有効であると言える。これは、フレーム合成を行う際に互いに独立して圧縮された画像を対象としているように、合成する画像の量子化誤差の相関性が小さいほど改善効果が大いことに起因すると考えられる。[3]では Motion JPEG の場合に加えて、H.263+を対象としてフレーム合成を行っているが、エンコード時の動き検出によりフレーム間の量子化誤差の相関性が大きくなり、Motion JPEG の場合に比べて改善効果が小さくなることが確認されている。同様に、繰り返し手法においても1回目の合成の時点でフレーム間の量子化誤差の相関性が大きくなり、2回目以降の合成では効果が出にくいものと考えられる。また、3回目以降の合成で画質が劣化する原因については、量子化誤差の相関が高くなること、適切な重み係数を使用していないこと、対応していない画素を合成してしまうこと、などが原因と考えられるが、現時点では検証は不十分であり、今後の課題としたい。

## 6 むすび

本稿では動き検出を用いて画像の重ね合わせる手法と、量子化制約条件に基づいて DCT 係数を補正する手法を組み合わせた手法について提案し、実験によりその改善効果を示した。今後は処理の繰り返しによる画質低下の原因追究や、動き検出アルゴリズムの工夫や合成枚数などに注目し、性能改善を目指す。

## 参考文献

- [1] 板垣他: "複数の圧縮画像を用いた量子化誤差低減方式", 2007 春季信学全大, A-4-44, Mar.2007.
- [2] 板垣他: "複数の圧縮画像の合成時における PSNR 改善効果の一検討", PCSJ2007, P-2.09, Nov.2007.
- [3] 鈴木他: "動き検出を用いた量子化誤差低減に基づく分散映像符号化", AVM 研究会 AVM-58-5, Sep.2007.
- [4] Zakhor, "Iterative procedures for reduction of blocking effects in transform image coding", IEEE Trans. on CSVT, Vol.2, No.1, pp.91-95, Mar.1992.
- [5] 橋本他: "方向性適応画像符号化のためのブロック歪み低減法", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.100, No.12,13, pp.31-36.
- [6] D.C. Youla and H.Webb, "Image Restoration by the Method of Convex Projections: Part1-Theory". IEEE Trans. on Medical Imaging, Vol.MI-1, No.2, pp.81-94, Oct.1982.
- [7] Y.Yang, N.P.Galatsanos and A.K. Katsaggelos, "Regularized Reconstruction to Reduce Blocking Artifacts of Block Discrete Cosine Transform Compressed Images", IEEE Trans. on CSVT, Vol.3, No.6, pp.421-432, Dec.1993.