

## 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

## Distributed Video Coding based on Quantization Error Reduction using Motion Estimation

鈴木 惇也 板垣 秀星 甲藤 二郎† 境田 慎一 井口 和久‡  
Junya SUZUKI Shusei ITAGAKI Jiro KATTO Shinichi SAKAIDA Kazuhisa IGUCHI

## 1. まえがき

近年、分散映像符号化 (DVC: Distributed Video Coding) [1] や MDC (Multiple Description Coding) [2] などの検討が盛んに進められている。筆者らも、この DVC/MDC の枠組みの元に、複数枚の圧縮画像の重ね合せによる量子化誤差の低減効果や、高精度動きベクトルを補助情報として用いる動画像符号化について検討を行った [3,4]。本稿では、上記の量子化誤差低減効果に基づき、動き検出と画素シフトを活用した動画像符号化方式について報告を行う。

## 2. 研究背景

[5]では、JPEG 圧縮を対象に、復号側で画素シフトした複数枚の再圧縮画像の重ね合せにより画質改善が図れる効果が報告されている。また [6]では、Motion JPEG を対象に、フレーム毎に画素をシフトし、復号画像をフィルタ処理することで画質改善が図れる効果が報告されている。ただし、これらはブロックひずみ等の低減を目的としたもので、圧縮効率の改善を目的とするものではなかった。[7]では、MDC 的なメカニズムに従い、画像を複数の符号化方式で圧縮・送信し、異なる圧縮画像を受信した場合に画質改善が図れる不確定性符号化が提案されている。この方式は、本稿と同様の目標を指向する。ただし、定常的な圧縮効率の改善を実現するものではなかった。

筆者らは、[3]において、一枚の静止画像内で画素シフトして切り出した複数枚の圧縮画像を重ね合わせることで、量子化誤差を低減できることを示した。図 1 は、JPEG と JPEG-2000 について、合成画像枚数に応じた PSNR の改善効果を示している。この処理自体は圧縮効率を改善するものではないが、本稿では、以降、この効果を活用した動画像符号化方式について検討を進める。

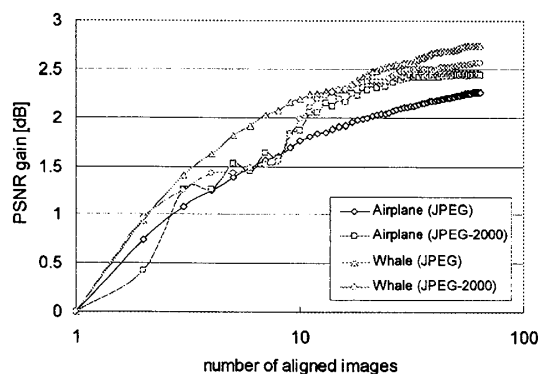


図 1: 画素シフトと合成による量子化誤差低減効果

† 早稲田大学 理工学術院 情報理工学専攻

‡ NHK 放送技術研究所

## 3. 提案方式

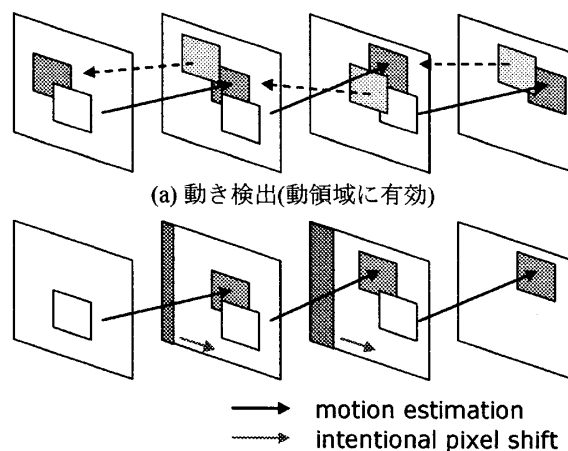
## 3.1 Motion JPEG への適用

まず、[6]と同様に、Motion JPEG に関する検討を行なう。先に説明した量子化誤差の低減効果は、画素シフトによって、画素単位には互いに独立した圧縮方式を適用したとみなせることを基礎にしている。よって、Motion JPEG で同様の効果を得るためには、以下の二方式の適用が考えられる。

- 動き検出による動領域の量子化誤差低減
- 画素シフトによる静止領域の量子化誤差低減

図 2(a)は、Motion JPEG 画像に対する、復号側における動き検出の適用例を示している。ここで、実線は順方向の動き検出、点線は逆方向の動き検出を示す。動領域については、動き補償により異なるフレーム内の画素が正確に整列(アラインメント)できれば、実質的に画素シフトを適用したとみなせるため、量子化誤差の低減効果が期待できる。その一方で、静止領域では、まったく同じ符号化方式を適用したと考えられ、量子化誤差の低減効果は期待できないと予想される。なお、動き検出を行なうフレーム数に制約は無く、図 1 から、片方向検出よりも、両方向検出の方が効果が大きいことが予想される。

図 2(b)は、上記の静止領域の課題を解決すべく、符号化側で予め画素シフトを行い、復号側でそのシフトを元に戻す操作を示している。この場合、符号化側の協力が必要になることから、既存の Motion JPEG 圧縮ストリームへの適用は不可能になると共に、画素シフトに伴う画像周辺部の情報廃棄は不可避になる(環状シフトも考えられるが、圧縮効率の劣化は大きい)。しかしながら、静止領域でも量子化誤差低減が期待できる効果は大きく、その有効性は高いものと期待される。また、シフト分が動き量を相殺しない限りは、動き検出の利点は保たれる。



(b) 画素シフト(静止領域に有効)

図 2: Motion JPEG への適用

ただし、動き検出が必ず成功するとは限らず、逆に検出が外れた場合は大きな画質劣化を引き起こす。そこで、合成実行の判断に際しては、次の拘束条件を課している。

$$\sum_{\text{macroblock}} |I_j(n) - I_j(n-1)| \leq \alpha \cdot \text{quant}(j) \quad (1)$$

ここでは、動き検出は通常のブロックマッチングを想定し、 $I_j(n)$  は第  $n$  フレーム第  $j$  マクロブロックの輝度値を、 $\text{quant}(j)$  は圧縮ストリームから得られる第  $j$  マクロブロックの直流成分の量子化ステップサイズを示す。 $\alpha$  は定数で、デッドゾーン量子化を考慮して 2 としている。この拘束により、合成対象になるマクロブロックは、輝度差が量子化ステップサイズ以下のものに限定される。

### 3.2 H.263+への適用

次に、既に符号化側で動き検出を行っている H.263+への適用に関する検討を行なった。予測構造として IPPP 型を想定し、まず予備実験として符号化側で与えられる順方向の動きベクトルを使用した場合は、量子化誤差の低減効果が全く得られないことを確認した。そこで図 3 に示すように、符号化側で使用していない逆方向の動き検出の利用について検討を行なった(図 3 で、実線は順方向ベクトル、点線は逆方向ベクトルを示す)。この場合、順方向ベクトルと逆方向ベクトルが完全に一致した場合は量子化誤差の低減効果は期待できないが、画像に応じてずれが生じた場合は低減効果が期待される。

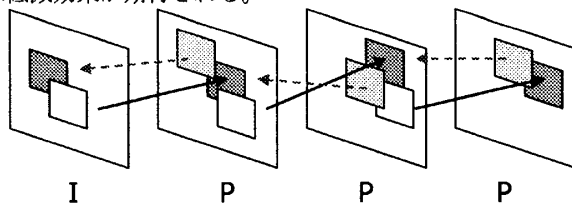


図 3: H.263+への適用

### 4. 実験結果

図 4 に Motion JPEG の実験結果を、図 5 に H.263+の実験結果を示す(fwdME: 順方向動き検出、biME: 両方向動き検出、bwdME: 逆方向動き検出、shift: 画素シフト)。図 4 において、Flower Garden は画面全体がパンしているすべてが動領域とみなせる画像であり、Cognac&Fruit は女性が中央でゆっくり動いている大部分が静止領域とみなせる画像である。予想通り、前者では両方向動き検出が、後者では画素シフトが、良好な PSNR の改善結果をもたらしている。図 5 では、二台の船が左右から中央に動いてくる container において、逆方向動き検出が良好な PSNR の改善効果を示している(各画像の実験時の平均 PSNR も示す)。

### 5. おわりに

本稿では、符号化方式の独立性に基づく量子化誤差低減効果を活用した動画像符号化方式について検討を行い、Motion JPEG、H.263+それぞれについて、PSNR の改善効果を確認した。

### 参考文献

[1] B.Girod et al, "Distributed Video Coding," Proc. of the IEEE, Jan.2005.

[2] V.K.Goyal, "Multiple Description Coding: Compression Meets the Network," IEEE Signal Proc. Magazine, Sep.2001.

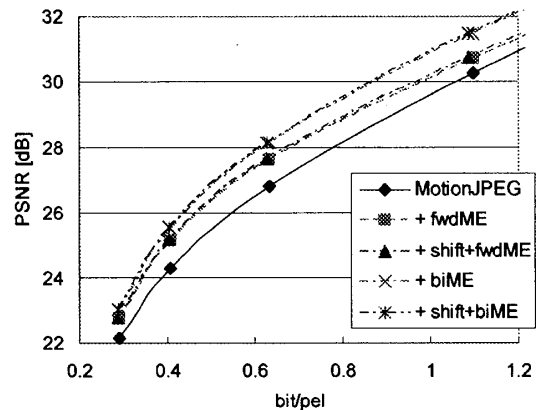
[3] 板垣他: "複数の圧縮画像を用いた量子化誤差低減方式", 2007 春季信学全大, A-4-44, Mar.2007.

[4] 鈴木他: "高精度動きベクトルを用いた復号画像の画質改善", 2007 春季信学全大, A-4-43, Mar.2007.

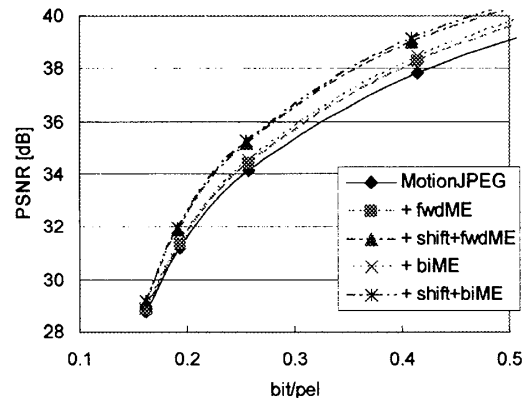
[5] A.Nosratinia: "Denoising JPEG Images by Re-Application of JPEG", IEEE Multimedia Signal Proc., Dec.1998.

[6] 杉山, 荒川: "非線形デジタルフィルタと画面シフトを用いた Motion JPEG の画質改善", 信学技報, SIS2006-2, June.2006.

[7] 石川, 渡辺: "画像の不確定性符号化について", PCSJ2006, P-3.02, Nov. 2006.



(a) Flower Garden



(b) Cognac & Fruit

図 4: Motion JPEG の実験結果

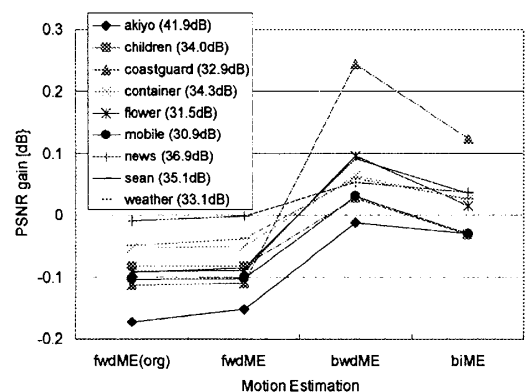


図 5: H.263+の実験結果