

複数のイントラ符号化形式で圧縮された動画像の画質改善手法の提案

板垣 秀星[†] 新井悠佑[†] 境田 慎一[‡] 井口 和久[‡] 合志 清一[‡] 甲藤 二郎[†]

[†] 早稲田大学基幹理工学研究科 〒169-8555 新宿区大久保 3-4-1 55N-06-09B

[‡] NHK 放送技術研究所 〒157-8510 世田谷区砧 1-10-11

E-mail: [†] { itagaki, arai, katto } @katto.comm.waseda.ac.jp, [‡] { sakaida.s-gq, iguchi.k-eq, goshi.s-fu } @nhk.or.jp

あらまし 本稿では、静止画において画素シフトした複数の画像を合成することで画質が改善されることを応用し、動画像に拡張をする。イントラ符号化された動画像では近傍フレームを参照することで画質の改善が期待できる。また、複数の符号化方式を混在させることにより動き補償による画質改善の効果が得られない領域であっても画質を改善させることができる。

キーワード MDC, 画質改善, 量子化誤差, イントラ符号化, 動き補償

A Study on Picture Quality Improvement by using Multiply Encoded Intra-coded Video

Shusei ITAGAKI[†] Yusuke ARAI[†] Shinichi SAKAIDA[‡] Kazuhisa IGUCHI[‡] Seiichi GHOSHI[‡] Jiro KATTO[†]

[†] Fundamental Science and Engineering, Waseda University 55N-06-09B 3-4-1 Okubo, Shinjyuku-ku, 169-8555 Japan

[‡] NHK Science & Technical Research Laboratories 1-10-11 Kinuta, Setagaya-ku, Tokyo, Japan 157-8510

E-mail: [†] { junya, itagaki, katto } @katto.comm.waseda.ac.jp, [‡] { sakaida.s-gq, iguchi.k-eq } @nhk.or.jp

Abstract In this paper, we apply the fact that the image quality can be improved by synthesizing images to design of a new video coding technique. In intra-coded video, we can expect improvement of the image quality by referring to neighborhood frames at a decoder. Moreover, even for an area where the motion estimation effect is not achieved, applying two or more intra-coding methods in a periodical manner brings image quality improvement.

Keyword MDC, Image quality improvement, Quantization error, Intra-coding, Motion Estimation

1. はじめに

モバイル端末やセンサネットワークのような消費電力が制限される機器では、従来のようなエンコードに負荷がかかる動画像圧縮方式ではなく、デコーダ側に負荷を置いた圧縮方式が求められる。近年、画像の符号化においてMDC (Multiple Description Coding)[1] や分散映像符号化(DVC: Distributed Video Coding)[2]の様に、付加情報や複数の圧縮画像の活用によってデコーダ側で復号画像の画質改善を行う手法に関する研究が盛んに行われている。筆者らもまた、一枚の画像を互いに独立に圧縮符号化し、その復号画像を重ね合わせることで量子化誤差を低減する手法を提案し、効果を確認した [4]。

本稿では、復号側において動き検出・合成を行うことで動画像の画質を改善することを確認する。また、動画像のイントラ符号化時にフレームごとに複数の異なる符号化方式を用いることでフレーム間の量子化誤差相関を小さくし、動きの少ない動画像においても画質が改善されることを確認する。また、画質の評価はPSNRだけでなくSSIMおよび主観評価で行う。

2. 関連研究

[3]ではMDCの原理に倣い、複数系統による伝送を前提にしたMPEG-2の映像符号化・伝送方式が提案されている。この方式では、入力映像に対して時間方向の予測構造と空間方向のブロック位置を変化させ、受信側で平均化することでPSNRが改善されることが示されている。また、特に2系統の場合について、PSNRの改善効果に関する理論式も導かれている。また[4]では、同一ビットレートかつ同一品質であるが構造の異なる複数のビットストリームを生成する不確定性符号化と呼ばれる方式が提案されている。これらのビットストリームを異なる係数で信号表現するためにフレーム展開を利用し、係数群を交互射影法を用いて任意の非零係数で表現している。

一方、JPEG 圧縮や MPEG 圧縮では画像を 8×8 ブロックに分割し、DCT 変換を行っていることから、ブロックひずみが発生する。このブロックひずみの緩和を目的とする研究が各種行われている。[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を重ね合わせることで、ブロックひずみが緩和されるだけでなく、復号画像の PSNR も改善される効果が報告されている。また[6]では、Motion JPEG において、フレーム毎に画素をシフトして圧縮し、復号画像を非線形フィルタ処理して平均化することで、ブロックひずみと PSNR が改善されることが報告されている。[7]もまた Motion JPEG を対象とし、隣接する 3 フレーム間で動き補償を行い、変換領域の雑音解析に応じて平均化を行うことで PSNR の改善を図る方式が提案されている。

筆者らも、量子化誤差低減ならびに雑音除去(denoising)として、互いに異なる圧縮方式を適用した復号画像の重ね合わせによる量子化誤差低減手法に関する検討を行った[8][9][10][11]。本稿では静止画像での検討結果を動画像符号化へ適用する。また、動画像に適用するに当たり、フレームごとに圧縮方式を切り替えることで動きの少ない動画像においても画質が改善されることを確認する。

3. 画像合成による量子化誤差低減効果

3.1. 処理の流れ

静止画像での図 3.1 に処理の流れを示す。処理の流れは以下に示す。

(1)原画像から画素シフトを行った複数の画像をサブ画像として切り出す。

(2)サブ画像各々について画像圧縮伸張を行う。

(3)画素位置を合わせて合成する(重み加算する)。一枚の画像では量子化誤差がそのまま現れるが、複数の画像を合成することにより、誤差が平均化される(低減される)効果が期待される。

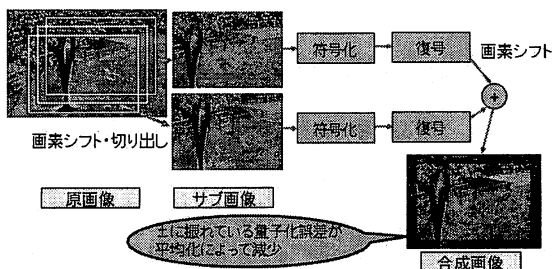


図 3.1 画像合成実験の処理の流れ

3.2. JPEG 評価実験

評価実験では、標準静止画像より Eiffel, Chromakey, Tulip の三枚を用いた。これらの画像から複数枚のサブ画像を切り出し、JPEG 圧縮し、1 枚(合成無し)から 64 枚まで合成する。このときの画像の合成枚数と PSNR の向上の効果関係を図 3.2 に示す。この結果、少ない合成枚数であっても PSNR の向上が確認された。また、画像によらず量子化誤差が低減されている事が確認できる。

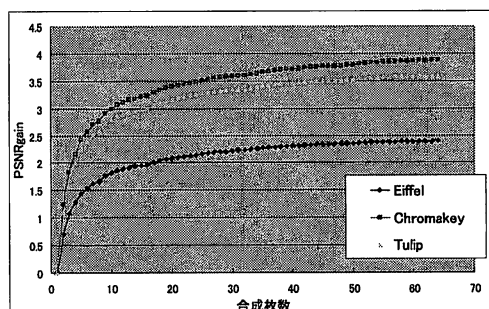


図 3.2 JPEG 画像の合成枚数と PSNR [11]

4. 動画像への適用

図 3.1 の実験は、同じ画像を複数枚圧縮するものであり、静止画圧縮としては使えない。しかし、画素シフトして複数の画像を得ていた部分を、動画像シーケンスの近傍フレームに見立てることで、動画像圧縮に適用可能になる(図 4.1)。すると、前節と同様の原理で PSNR を改善することが可能となる。手法として、現フレームの前後 1 フレームに対し動き補償を行う。この動き補償は 8×8 ブロックベースで行い、得られたブロックを現フレームと合成する。この様子を図 4.2 に示す。

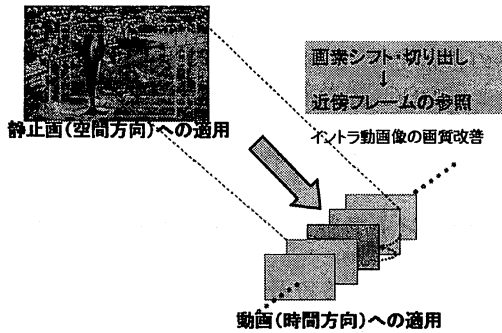


図 4.1 動画像への適用

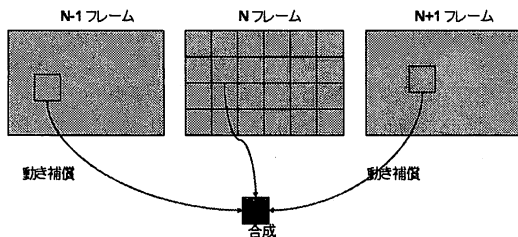


図 4.2 動き補償および合成

4.1.単一のイントラ符号化で圧縮された動画像での画質改善効果の確認

はじめに、単一のイントラ符号化で圧縮された動画像で動き補償・合成を行い画質改善効果の確認をする。実験には標準動画像 14 番(ヨットハーバー), 35 番(競馬), 39 番(天気予報)を 360×240 サイズに縮小した動画像を用いた。図 4.3 に MotionJPEG, 動き補償を行った結果, 目標値の PSNR を示す。なお, 目標値とは圧縮前の動画像のデータから抽出した動きベクトルを用いて動き補償と合成を行なった結果である。この動きベクトルは符号化画像から検出した動きベクトルより適切と考えられる。そこでこの「目標値」を当面の目標とする。また, 図 4.4 に主観評価実験の Score を示す。主観評価には ARIB で提供されているマルチメディア向け主観画質評価ツール[12]を用いた。このツールは ITU-R の勧告 BT.500 に記載された SAMVIQ 法に基づいている。主観評価は 15 人の被験者を対象に行った。図 4.3(a)はカメラがゆっくりとパンする動画像であるが, 動き補償によって画素シフトと同様の効果が得られるため画質が改善していることがわかる。また図 4.3(b)もカメラがパンする動画像であるが, ベクトル探索範囲以上の動きであったため動き補償を行った結果の PSNR は下がっている。一方, 図

4.3(c)は動きのほとんどない動画像である。そのため, 参照する近傍フレームとの相関が大きく PSNR 改善効果が小さい。この問題を解決するためには, 画面内の動きが少ない場合でも近傍フレームの相関を低くする必要がある。主観評価結果においては PSNR 同様, 動きベクトルの見つけれなかった競馬は下がっているが, 他の二つの動画については画質が改善している。

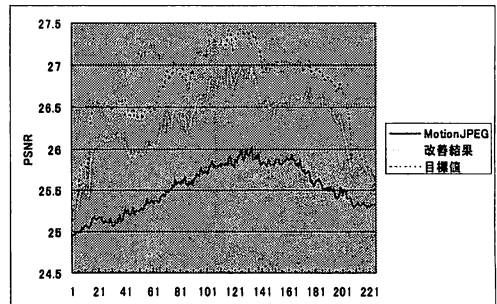


図 4.3(a)ヨットハーバーでの画質改善効果

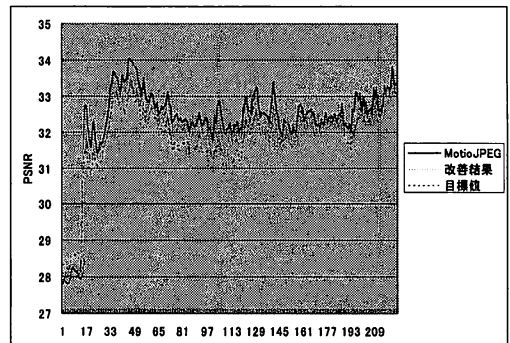


図 4.3(b)競馬での画質改善効果

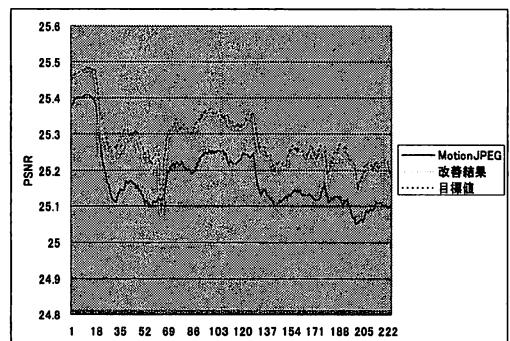


図 4.3(c)天気予報での画質改善効果

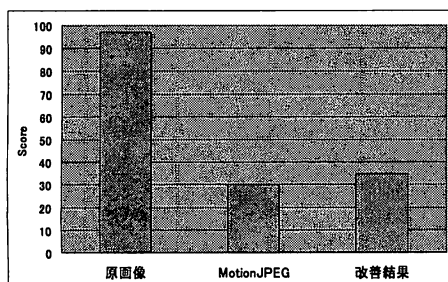


図 4.4(a) ヨットハーバーでの主観評価結果

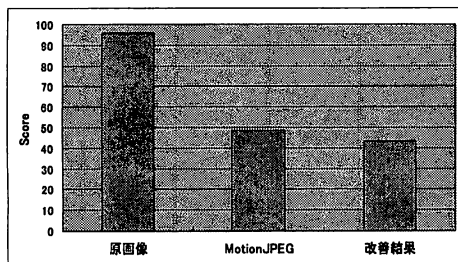


図 4.4(b) 競馬での主観評価結果

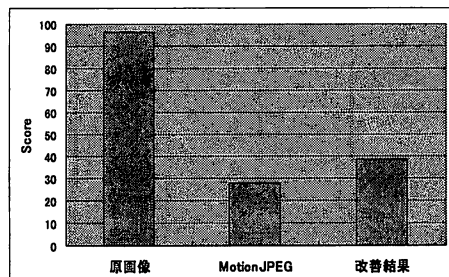


図 4.4(c) 天気予報での主観評価結果

4.2. JPEG/JPEG-2000 混合評価実験

動きの少ない動画画像においても画質改善効果を得るために、近傍フレームとの相関を小さくする必要がある。効果的な方法として、異なる符号化方式を用いることが考えられる。はじめに静止画において効果を確認する。実験は PSNR をほぼ同じ値にそろえた JPEG, JPEG 2000 圧縮画像を合成し、PSNR および主観画質が向上を調べる。実験結果を図 4.5 に示す。

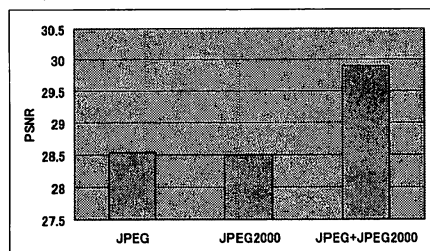


図 4.5 JPEG/JPEG 2000 混合合成画像と PSNR

この結果については、[8]において、圧縮した画像の重ね合わせの際に生じる量子化誤差の特性と、MDC 的な考えに基づく複数の圧縮手法で圧縮した二枚の画像の合成による PSNR 改善効果について検討を行なっている。

5.複数のイントラ符号化を混在させた動画画像の画質改善効果

4.2.章より異なる符号化方式の画像を合成することにより画質が改善することが確かめられた。動画画像においても同様の効果を得るために、フレームごとに符号化方式を切り替える手法を提案する。この様子を図 5.1 に示す。提案手法では、フレームの符号化方式として JPEG, JPEG2000, H.264intra の 3 種類を用いている。これらで符号化を周期 3 で繰り返すイントラ動画画像としてエンコードを行う。前述のとおり、異なる符号化方式間では互いの相関が小さくなる。そのため単一の符号化方式での動き補償+合成[図 5.1(b)]よりも画質の改善が期待できる。デコーダ側では 4 章における手法と同様の手順によりデコードを行う。



図 5.1(a) MotionJPEG



図 5.1(b) MotionJPEG+動き補償

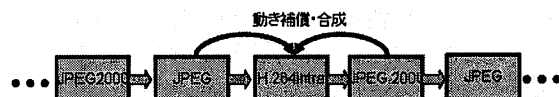


図 5.1(c) 提案手法

実験では、3 つの符号化は互いに PSNR が近い値になるようビットレートの調整を行っている。実験結果の PSNR を図 5.2 に、SSIM を図 5.3 に、主観評価の結果を図 5.4 に示す。図 5.2 より動きの少ない天気予報においても PSNR が改善していることがわかる。また、シーケンスのフレームごとに PSNR の高い部分と低い部分で周期 3 の波があるが、JPEG2000 のフレームにおいて他の 2 方式のフレームよりも PSNR が低い値となっている。これは、JPEG2000 を基

準として動きベクトルを探索する際、JPEG および H.264 がブロックベースで符号化されているため、ブロック歪により正しい動きベクトルが探索されなかったことが原因と考えられる。そのため、符号化前の動画像から抽出した動きベクトルを用いた目標値では安定した結果が得られている。すなわち、すべてのフレームにおいて正解の動きベクトルを得ることができれば目標値に近い PSNR を実現可能であることが期待できる。SSIM においても同様に正解の動きベクトルを探索できれば安定してよい結果となることがわかる。また主観評価の結果は、総じて提案手法が MotionJPEG2000 より低くなった。これはフレームごとに圧縮方式を切り替えると劣化特性の違いにより画面全体にちらつきが発生するためである。提案手法ではそのちらつきが減少されるものの残っていた。このちらつきは視覚的に目に付きやすいため Score の低下につながったと考えられる。しかし、目標値ではちらつきがほぼ無くなった。したがって、動きベクトル検出の改善などにより最終的には目標値のレベルまでちらつきを無くし、画質を改善することが可能と考えられる。また、PSNR をほぼ同等にそろえたにもかかわらず H.264intra の主観評価が低い結果となっている。これは H.264 の機能の一つであるデブロッキングフィルタの影響により、時間軸方向に現れたノイズが影響していると考えられる。

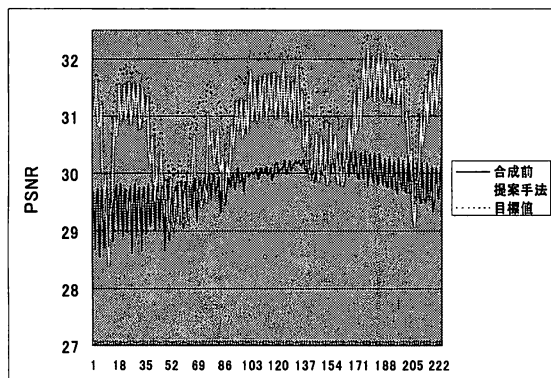


図 5.2(a)ヨットハーバーでの PSNR

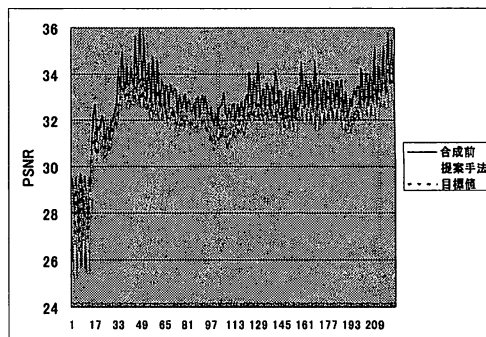


図 5.2(b)競馬での PSNR

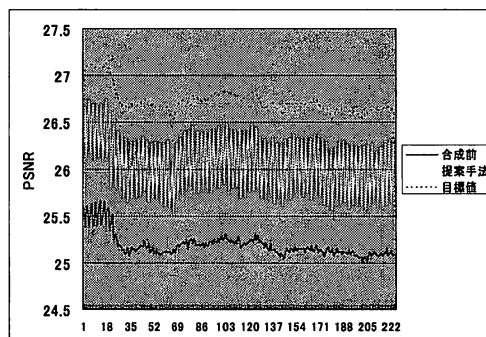


図 5.2(c)天気予報での PSNR

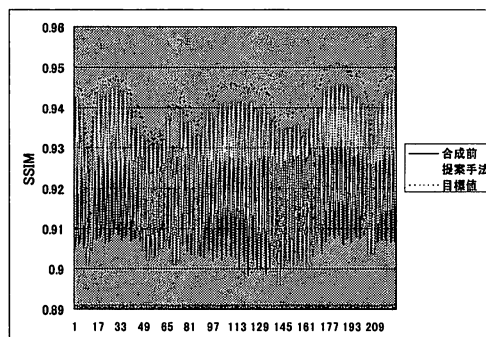


図 5.3(a)ヨットハーバーでの SSIM

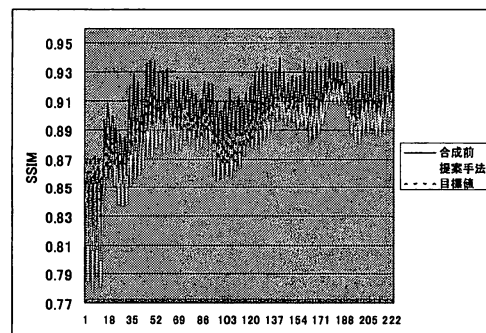


図 5.3(b)競馬での SSIM

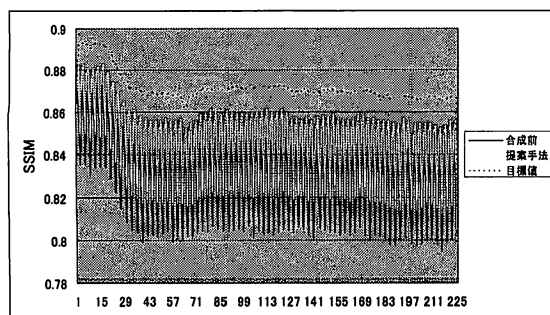


図 5.3(c)天気予報での SSIM

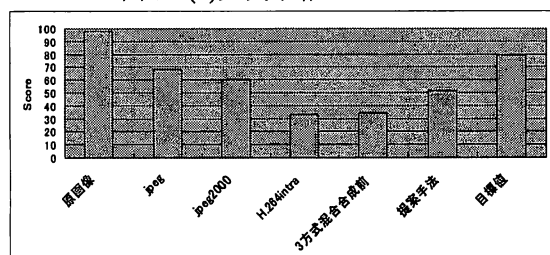


図 5.4(a)ヨットハーバーにおける主観評価結果

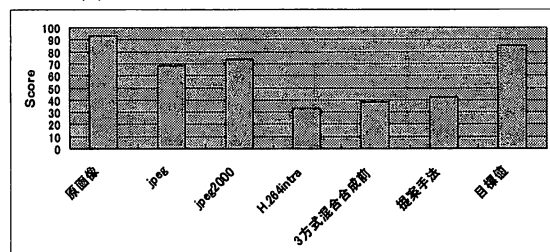


図 5.4(b) 天気予報における主観評価結果

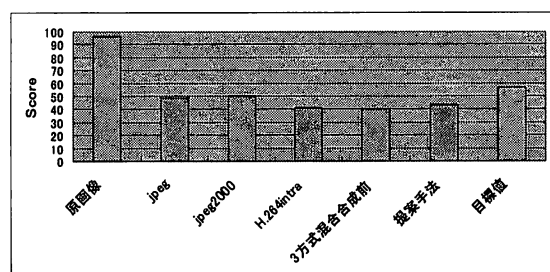


図 5.4(c)競馬における主観評価結果

6.まとめと今後の課題

本稿ではイントラ符号化された動画像において動き補償・合成を行った場合の効果を確認した。特に、複数の符号化方式を混在させることにより動きの少ない動画像においても画質が改善することを確認した。しかし、本稿で用いた JPEG は JPEG2000, H.264intra に比べ圧縮効

率が悪いので、今後は JPEG の代わりに第 3 の符号化方式を用いて効果の確認を行いたい。また、本稿で用いた競馬のような動きの激しい動画像においても、動きベクトルの探索範囲を広げる、閾値設定を見なおすなどをし、画質の改善を図る。さらに、本稿と同様の指標に基づいた DVC との性能比較も行う予定である。

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] 川田亮一, 松本修一, "フラットマルチスケラブル 高能率高信頼度映像伝送方式", 信学論(B), vol.J84-B, no.3, pp.621-631, Mar. 2003.
- [4] 石川, 渡辺: "画像の不確定性符号化におけるレート制御方式に関する検討", PCSJ2008, P-2.02, Oct.2008.
- [5] A.Nosratinia: "Denoising JPEG Images by Re-Application of JPEG", Proc. of IEEE Multimedia Signal Processing, 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, Jun.2006.
- [7] D.T.Vo and T.Q.Nguyen: "Quality Enhancement for Motion JPEG using Temporal Redundancies," IEEE ICIP 2007, Sep.2007.
- [8] 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.
- [9] 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", 情報処理学会 AVM 研究会, AVM-58-5, Sep.2007.
- [10] 鈴木他: "付加情報を用いた符号化画質改善手法に関する検討", 情報処理学会 AVM 研究会, AVM-59-9, Dec.2007
- [11] 板垣他, "複数の圧縮画像を用いた量子化誤差低減効果および主観が質向上の検討", no.126, 2008-AVM 研究会, AVM-58-5, Sep.2007.
- [12] 井口他, "モバイル用動画像評価に関する SAMVIQ 法の性能評価", 2007 信学全大, AS-10-7, Mar. 2007.