

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330204

研究課題名(和文) 高度擬似表現を用いた超高圧縮映像符号化の研究

研究課題名(英文) A Study of High Efficiency Image Coding using Pseudo Representaion

研究代表者

八島 由幸 (Yashima, Yoshiyuki)

千葉工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：60550689

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：画像の複雑なテクスチャ領域に擬似表現技術を適用することで画質に違和感を与えることなく、高圧縮化を図ることができる手法を開発した。テクスチャ領域の一部をパッチとして符号化し、復号側で合成拡大を行った後に、非テクスチャ領域とポアソン画像合成する。この際、顕著性マップおよびテクスチャ特徴ベクトルを用いて、エンコードするパッチ位置とサイズを自動設定できることを明らかにするとともに、非テクスチャ領域とテクスチャパッチ成分に対する適切な量子化制御方式を明らかにし、画質を保ちつつ符号量を20～30%に抑えることができた。また、ポアソン合成処理を高速化することで、従来の3%以下の処理速度を達成した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we propose a new image coding method based on pseudo texture representation. In the encoder, complex texture regions are detected by image segmentation and only their small partial patches are encoded. In the decoder, texture synthesis using image quilting technique is applied for the transmitted patches to reproduce texture regions, and they are synthesized with non-texture regions using Poisson blending. Our algorithm newly introduces a saliency map and texture feature vectors to select patches to be encoded, and an optimization method of quantization parameters for both non-texture component and texture patch component. Simulation results show that the proposed method can reduce 70-80% of occurred bits without visual degradation in comparison with the conventional standards. Moreover, we have proposed a fast Poisson blending method and it can reduce over 97% of the processing time without picture degradation in comparison with conventional synthesis method.

研究分野：画像符号化

キーワード：画像符号化 画像通信 テクスチャ符号化

1. 研究開始当初の背景

画像は極めて情報量が多く、効率的なネットワーク伝送や蓄積のためには高効率な情報圧縮符号化技術が欠かせない。これまでに、JPEG・MPEG-2・H.264/AVCなどの画像圧縮国際標準方式が開発され、通信・放送・家電などの産業分野に広く普及している。一方、有線・無線ネットワークの広帯域化や、4Kに代表される画像そのもの高精細化は急速な勢いで進んでおり、インターネットを流通する画像情報は今後も増加の一途をたどると予想される。このような背景のもと、効率的な映像伝送蓄積のために AVC/H.264 を上回る高圧縮符号化として、2013年に新たな国際標準方式 HEVC(High Efficiency Video Coding)が制定された。しかしながら HEVCは動き補償と DCT(離散コサイン変換)を基本とする従来の圧縮符号化の枠組みを踏襲したまま最適化手法を図るものであり、符号化効率は H.264/AVC の 2 倍に留まっている。また、2018 年度にはネットワークを流通する情報量の 80%が画像データで占められるという報告もなされている。近年にみるスマートフォンの普及、映像配信アプリケーション/サービスの多様化、有線・無線ネットワークの広帯域化などに伴い、SNS を利用した個人映像発信やストリーミング視聴の機会が爆発的に増加する CGM (Consumer Generated Media) 流通の環境下では、HEVC を超えてさらに圧縮率を高める画期的な手法の検討が必須である。

HEVC を含む従来の画像圧縮符号化標準の考え方が、できるだけ少ない符号量でいかに原画像に近い復号画像を得るかという「原画忠実性」に基づいていたのに対し、本研究では「送り側の映像を正確に再現する必要はなくその意図が伝わればよい」という新しい発想に基づいて超高圧縮符号化を達成することが考えられる。具体的には、これまでの「動き補償+DCT」にとらわれることなく、擬似テクスチャ表現やポアソン画像合成などを画像符号化に適用する新しいアルゴリズムを検討し、高圧縮化を実現しつつ視覚的に優れた画像圧縮・画像通信技術の確立が必要である。また、提案アルゴリズムを実システムに適用する場合のパラメータ設計まで含めた詳細な検討が求められている。

2. 研究の目的

本検討では、JPEG や MPEG に代表される国際標準方式では大きな符号量が発生してしまう複雑なテクスチャ領域の効率的な圧縮符号化をターゲットとする。HEVC を含む従来の画像圧縮符号化標準では DCT やウェーブレットなどの基底信号を準備し、基底の線形和で原画像を近似する信号処理ベースの手法が採られている。また最近では、基底の取り方を工夫して疎表現を可能とする Sparse

Coding の研究も進んでいる。これらは原画像を忠実に再現することを評価基準とする場合には有効であるが、超高圧縮化を達成するのは難しい。一方、古くから提案されている「認識合成符号化」は、伝送情報量は大幅に低減できる可能性があるが、再生画像は必ずしも満足いくものではなく、広く普及するには至っていない。

これらに対して、本研究では、「送り側の映像を正確に再現する必要はなくその意図が伝わればよい」という発想に基づいて、テクスチャ領域に擬似的な画像表現技術を応用することで、視聴者に違和感を与えることなく、かつ超高圧縮を図ることを目的とする。図 1 に基本的な処理の流れを示す。原画像からテクスチャ領域を分離し、その一部領域(パッチ)を受信側に伝送する。受信側ではパッチを基にしてテクスチャ合成処理を行い、ポアソン画像合成等を用いて自然な画像になるように非テクスチャ領域と合成する。本研究の特徴的な点は、テクスチャ生成やポアソン合成といった画像処理技術を、超高圧縮画像符号化というターゲットに的を絞って最適化を図るところにある。画像の擬似表現手法そのものは多く提案されているが、本研究の目的は、画像圧縮というターゲットのためにはどのような画像領域に対してどのような擬似表現技術を適用すれば、画質を保持したまま超高圧縮化を図ることができるかを示すことであり、また、パッチの選択方法や量子化制御に関する具体的なアルゴリズムを明らかにすることである。芝生や波のような複雑なテクスチャ領域は、従来は符号量の発生が大きく超高圧縮を狙う際のネックとなっているが、本技術が確立されればその問題を解決して超高圧縮化が可能となり、ネットワークを介した映像サービス分野が拡大すると考えられる。

3. 研究の方法

研究のポイントとして、テクスチャ生成とポアソン画像合成による画像再構成手法の

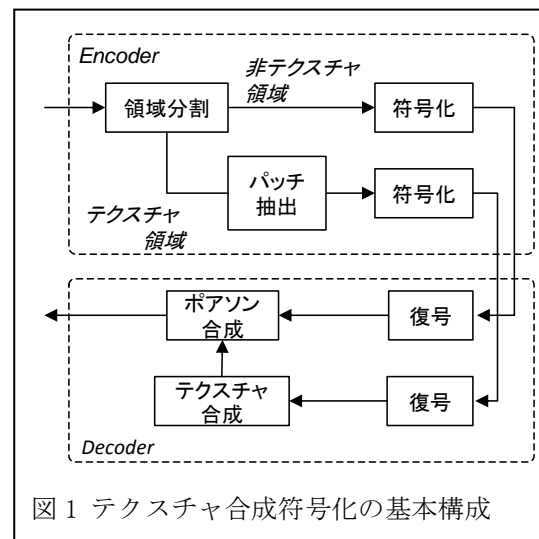


図 1 テクスチャ合成符号化の基本構成

検討, 擬似表現符号化適用可能領域の自動抽出, パッチ抽出手法の検討, テクスチャ分離型画像合成符号化と量子化制御に関する検討, 動的テクスチャへの適用, の5つを設定し検討を進めた. アルゴリズム検証には, 考案技術をCまたはC++言語にてプログラミングし, 画像処理用高速ワークステーションにてシミュレーションを行う. 性能評価については, 発生情報量と画質に関する RD (Rate-Distortion) 特性に基づいて行う. なお, 画質の定量化には PSNR や SSIM に基づく定量評価とともに, 主観評価に基づく視覚的評価も取り入れる形で検討を進めた.

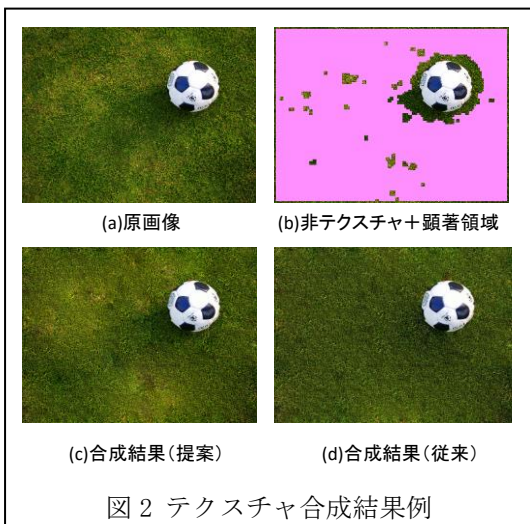
4. 研究成果

(1) テクスチャ生成とポアソン画像合成による画像再構成手法の検討

テクスチャ合成符号化において, エンコーダ側で顕著性マップを利用することによりテクスチャ合成に用いるパッチを効果的に選択する方法を提案した. また受信側においては, テクスチャ合成時にポアソン画像合成を併用して画質向上を図るとともにその高速化手法についても検討を行った.

パッチ抽出にあたっては, テクスチャ領域内の顕著性マップから最も非顕著なブロック領域を選択してパッチとすることで, テクスチャ領域内の非定常領域が強調された違和感のあるテクスチャ生成が行われることを防ぐことができた. また, テクスチャ領域中における相対的な顕著領域を非テクスチャ領域へと反転させた後に, テクスチャ領域と非テクスチャ領域のポアソン合成を施す手法を提案し, これにより, 大局的な輝度・色の変化を保持したままの復元が可能となり, 視覚的に自然な処理画を得ることができた (図2). 結果として, 本手法により, 非テクスチャ領域の画質を同一にしたまま情報量を20~30%に削減可能となった.

一方, デコーダ側で必要となるポアソン合成に関して, 縮小画像にポアソン合成を施し

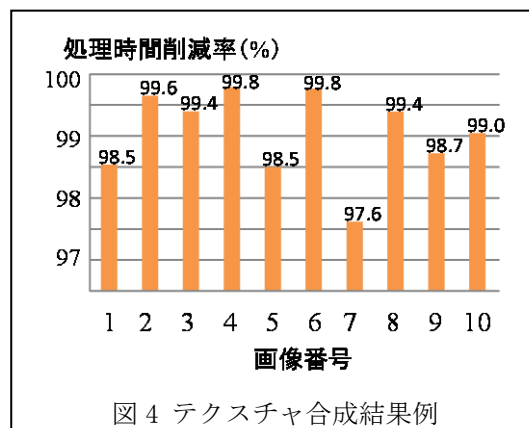
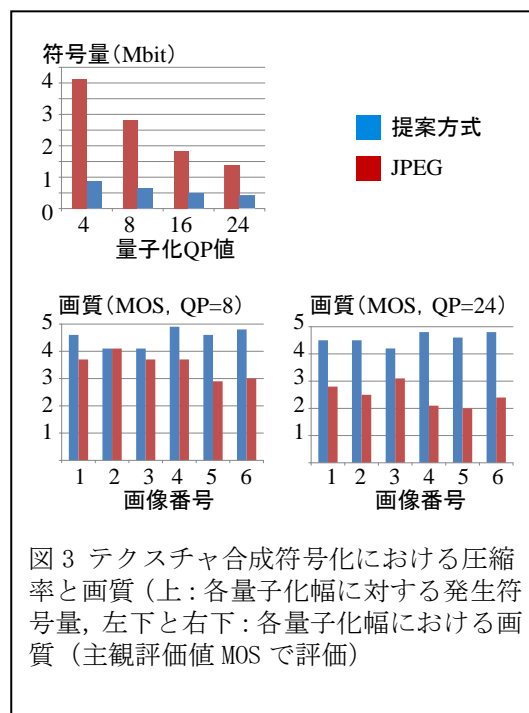


た後に, オブジェクト内の画素勾配情報を利用して補間処理を行うことで高周波成分を復元する高速化処理を導入することで, 図4に示すように, 画像合成に係る処理時間を従来の3%以下に削減することができた.

(2) 擬似表現符号化適用可能領域の自動抽出

テクスチャ合成符号化において, 画像中のどの領域に適用すべきかは, 従来定量的に決定する手法が確立されていなかった. 一般的には, 比較的一様で細かい模様の領域 (テクスチャ領域) の場合にはテクスチャ合成符号化によって良好な再生画像が得られるが, そうでない場合 (非テクスチャ領域) には逆に非常に違和感のある合成画像が生成されてしまうことが知られている.

今回, テクスチャ合成に適した画像かどうかを Haralick テクスチャ特徴量と, 教師ありのパターン認識モデルの一つであるサポートベクターマシン (SVM) による学習結果により, テクスチャ合成符号化に適した領域

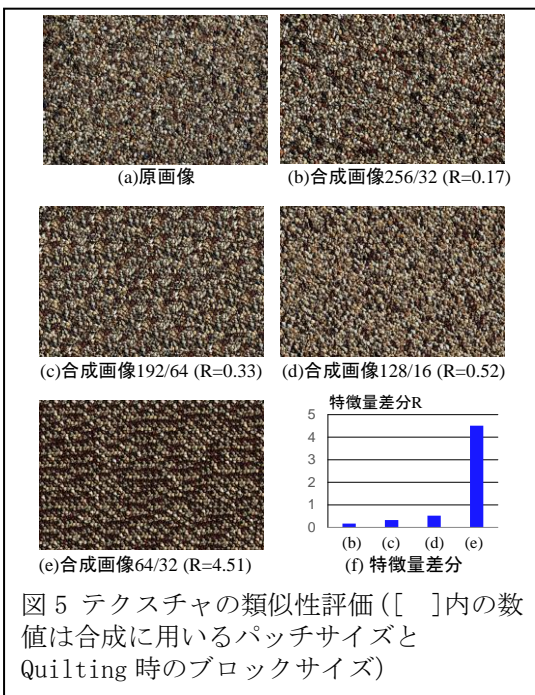


を自動的に判別する手法を検討した。手順としては、まず、複数枚の学習画像（テクスチャ合成後の画像に違和感があるかないかを事前に主観評価で求めたもの）を準備し、それぞれに対して同時生起行列をもとに 11 種類の Haralick テクスチャ特徴量を算出する。これら 11 種類の特徴量を用いて SVM による学習を行い、テクスチャ/非テクスチャを区別する超平面を求める。実際の判別については、領域分割の後に各領域の Haralick 特徴量を計算した上で、前記で求められた超平面による分類を行い、テクスチャ領域と判定された場合のみ合成符号化を実行する。実験により本手法の有効性が確認されているが、まだ充分な性能とは言えず、領域分割の精度設定や、学習サンプルの汎用性等に課題が残されている。

(3) パッチ抽出手法の検討

テクスチャ合成符号化においては、取り出すパッチのサイズや位置によって合成画像の画質が変化し、適切なパッチを設定しないと違和感のある合成画像が再生されてしまうことが知られていた。これを避けるためには、いくつかの候補パッチで合成した画像のうちどれが原画像に印象が近いかを定量的に計測して、それが最も優れたものを選択すればよい。しかしながらテクスチャ合成のように必ずしも原画忠実性を狙わない符号化になると、従来の PSNR や SSIM のような画質評価規範は使うことができない。

そこで、本検討では、テクスチャ画像の性質を定量化する Haralick 特徴量に注目した。まず、原画像から抽出されたパッチに基づいてテクスチャ合成を行い合成画像を得る。次に、原画像および合成画像に対してそれぞれ 11 種類の特徴量 $F(k)$, $S(k)$, ($k=1$

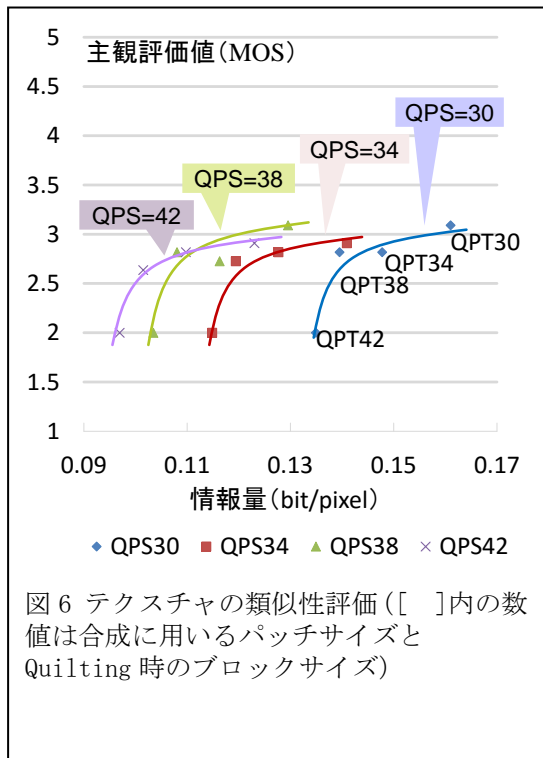


~11)を求める。 $S(k)$ と $F(k)$ の差を原画像の特徴量 $F(k)$ で正規化して $S'(k)=(S(k)-F(k))/F(k)$ とし、この絶対値 $R=|S'(k)|$ を合成画像の画質の指標とする。 R が小さいほど原画像に近い合成画像であると判断できるので、複数のパッチで合成を行って R を算出し、最も R が小さなパッチを用いて合成すればよいことになる。図 5(f)は、原画像(図 5(a))から選択した異なるパッチにより生成されるテクスチャ合成画像(図 5(b)(c)(d)(e))の画質を推定したものであり、人間の視覚的印象に対応した推定が可能であることを示している。

テクスチャ同一性の評価については、同時生起行列、Texton ヒストグラム、ガボール分析、フラクタル次元などを基本にした手法も適用できる可能性が残されており、今後、さらに良好な評価尺度確立が望まれる。

(4) テクスチャ分離型画像合成符号化と量子化制御に関する検討

テクスチャ合成符号化へのアプローチとして、原画像に対して骨格/テクスチャ分離を施した後に合成処理を行う手法がある。テクスチャ分離型の合成符号化では、まず、符号化対象画像中からテクスチャ合成符号化に適する領域を抽出し、該領域を大局的な性質を表す骨格成分と細かな変化のみを表すテクスチャ成分に分離する。本検討ではトータルバリエーションフィルタを利用する。次に、骨格成分については、H. 265/HEVCをベースとした手法で符号化し、テクスチャ成分についてはその一部領域をパッチとして切り出し、パッチを H. 265/HEVC ベースの手法で符号化する。一方、復号時には、パッチを復



号した後にテクスチャ合成手法によって領域全体を復元し、復号骨格成分と加算して最終的な復号画像を得る。このとき、骨格成分の量子化幅 QPS とテクスチャ成分の量子化幅 QPT の組み合わせは、復号画質に大きな影響を与えるが、その詳細は明らかにされていない。

そこで、骨格成分およびパッチ成分に H. 265/HEVC イントラ符号化を適用し、それぞれの DCT 係数量子化幅 QPS, QPT を変化させて、発生情報量を測定するとともに、復号画像の画質評価を行った。QPS, QPT を変化させた時の復号画像の主観評価結果を図 6 に示す。実験の結果、最終的な復号画像の情報量のうち、大半を占めるのは骨格成分であるが、主観評価スコアから最終的な画質への影響は少なく、復元画像の画質を大きく左右するのはテクスチャ成分であることが明らかにされた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 八島由幸, 高度擬似表現を用いた超高压縮映像符号化の研究, 千葉工業大学附属研究所プロジェクト研究年報, 査読無, Vol. 12, 2015, pp. 139-140.
- ② 八島由幸, 画像圧縮符号化研究について思うこと, 画像電子学会誌, 査読無, Vol. 44, No. 1, 2015, pp. 150-153.
- ③ 八島由幸, 顕著性マップとポアソンレンディングを用いたテクスチャ合成画像符号化に関する研究, 千葉工業大学附属総合研究所プロジェクト研究年報, 査読無, Vol. 11, 2014, pp. 79-81.

[学会発表] (計 8 件)

- ① 鈴木貴規, 八島由幸, テクスチャ合成符号化における量子化幅と画質に関する一考察, 電子情報通信学会総合大会, 2016 年 3 月 18 日, 九州大学(福岡県福岡市).
- ② 八島由幸, 画像符号化技術のブレイクスルー ~ 課題と可能性 ~, 電子情報通信学会画像工学研究会, 2016 年 3 月 7 日, 名桜大学(沖縄県名護市).
- ③ 鈴木貴規, 長友陽介, 八島由幸, バイラテラル/Wavelet/TV フィルタによるテクスチャ合成画像比較実験, 電子情報通信学会総合大会, 2015 年 3 月 11 日, 立命館大学(滋賀県大津市).
- ④ 八島由幸, 画像圧縮符号化研究のこれから ~keep steady と make innovation~, 電子情報通信学会画像工学研究会, 2015 年 2 月 23 日, 北海道大学(北海道札幌市).
- ⑤ Yousuke Nagatomo and Yoshihyuki Yashima, Image Coding Method With Saliency-based Texture Synthesis and Poisson Blending, International

Workshop on Advanced Image Technology, IWAIT2015, 2015 年 1 月 13 日, National Cheng Kung University (Tainan, Taiwan).

- ⑥ 長友陽介, 八島由幸, 顕著性マップとポアソンレンディングを用いたテクスチャ合成符号化の検討, 電子情報通信学会第 29 回画像符号化シンポジウム, 2014 年 11 月 12 日, ラフォーレ修善寺(静岡県伊豆市).
- ⑦ 長友陽介, 八島由幸, 画像縮小と輝度勾配参照拡大を利用したポアソン画像合成の高速化, 第 85 回情報処理学会オーディオビジュアル複合情報処理研究会, 2014 年 8 月 1 日, 千葉工業大学(千葉県習志野市).
- ⑧ 長友陽介, 八島由幸, 縮小画像を用いたポアソン画像合成の高速化, 電子情報通信学会第 12 回情報科学技術フォーラム, 2013 年 9 月 6 日, 鳥取大学(鳥取県鳥取市).

[その他]

以下の Web ページに研究成果の一部を記載。
<http://www.vpc.net.it-chiba.ac.jp/research-v2.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

八島 由幸 (YASHIMA, Yoshiyuki)
千葉工業大学・情報科学部・教授
研究者番号: 60550689