

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月1日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22760269

研究課題名（和文） コンプレッシブサンプリングと Colorization による超低負荷画像符号化法

研究課題名（英文） Study of Very Low Complexity Image Coding via Compressive Sampling and Colorization

研究代表者

宮田 高道 (MIYATA TAKAMICHI)

東京工業大学・大学院理工学研究科・助教

研究者番号：90431999

## 研究成果の概要（和文）：

コンプレッシブサンプリングと Colorization を利用した超低負荷画像符号化の実現に向けて、以下の二つの検討を行った。1) 従来の Colorization 符号化において符号化効率を下げる主な原因となっていた、色指定情報を与える点の位置情報の伝送を行わず、復号時にグレースケール画像から色を指定すべき点を特定する手法を開発した。2) コンプレッシブサンプリングに関する検討として、既存の画像符号化の枠組みでは効果的な圧縮が困難であったテクスチャ成分に対して、そのようなテクスチャが同一画像内で繰り返しのパターンを持っているという特徴に着目した画像符号化法を提案した。以上の成果より、コンプレッシブサンプリングと Colorization を組み合わせた新しい画像符号化の実現に向けた要素技術が確立できたといえる。

## 研究成果の概要（英文）：

We designed two research tracks for developing new very low complexity image coding by using colorization method and compressive sampling. 1) New colorization based coding scheme without sending the positions of color information is studied. The positions can be estimated by grayscale image at the decoder side and local decoding allows us to obtain which position will be estimated. 2) It is well known that the texture component of natural image is difficult to compress. Our research reveals that, by utilizing the prior information about texture component, we can decode the texture component precisely from the noiselet coefficient. From these results, we successfully developed the component technologies for establishing the very low complexity image coding.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：通信・ネットワーク工学

キーワード：マルチメディア，画像符号化，Colorization

### 1. 研究開始当初の背景

JPEG や JPEG2000 に代表される既存の標準画像符号化法においては、圧縮符号化の対象となる入力画像を輝度画像と色差画像に分解し、各成分に対して独立に符号化処理を行う。これに対して申請者は、輝度画像に人間が入力したごく少数の(スパースな)色指定情報をもとに自然なカラー画像を生成する手法である Colorization を画像符号化に応用した Colorization 符号化法を提案しており、既存の画像符号化法に対して主観品質の観点からきわめて高い符号化効率を得られることを確認していた。一方、信号処理の分野では、当時から今に至るまでコンプレッシブサンプリングと呼ばれる概念が注目され続けている。これは、符号化時には信号のスパース性を引き出すことを目的とした直交変換を行わず、入力信号に対してランダム基底と呼ばれる基底ベクトルが乱数(疑似乱数でもよい)で決まるような基底を施し、その係数をランダムに間引くだけで圧縮を実現するという、信号処理の新しいパラダイムである。

### 2. 研究の目的

研究開始当初の背景より、Colorization 符号化法の符号化高率の高さは、色差画像が本来持っているスパース性を、輝度画像をヒントとして最大限に引き出せることに起因していること、およびコンプレッシブサンプリングにおいて圧縮処理に相当するランダム基底の計算が(後述する特定の基底を選べば)非常に小さい計算量で実現できることに着目し、これらをもとに超低負荷の画像符号化法を提案することが本申請課題の目的であった。

### 3. 研究の方法

本申請課題はコンプレッシブサンプリングと Colorization の融合にあるため、基礎段階として Colorization 符号化の性質をより詳細に調査する必要がある。また、コンプレッシブサンプリングを用いた画像符号化については、申請課題の研究をすすめるうえで、新たに色以外の情報(テクスチャ情報)についても効率的な圧縮が可能であることが明らかとなった。Colorization が、輝度画像の持っている情報を手がかりに色差情報の大幅な圧縮を可能とするのと同様に、提案するテクスチャ成分の圧縮も、ベースとなる画像から得られる情報を最大限利用することで圧縮が難しいとされてきたテクスチャ情報の圧縮を可能とするものであり、本検討課題の検討の一部に含まれるといえる。

以上より、コンプレッシブサンプリングと Colorization を用いた超低負荷画像符号化を実現するため、以下の3つの項目に分けて

検討を行った。

- (1) **色指定情報を明示的に送らない Colorization 符号化**: 従来の Colorization 符号化において符号化効率を下げた主な原因となっていた、色指定情報を与える点の位置情報の伝送を行わず、復号時にグレースケール画像から色を指定すべき点を特定する手法を開発した。
- (2) **コンプレッシブサンプリングを用いたテクスチャ成分の圧縮**: コンプレッシブサンプリングに関する検討として、既存の画像符号化の枠組みでは効果的な圧縮が困難であったテクスチャ成分に対して、そのようなテクスチャが同一画像内で繰り返しのパターンを持っているという特徴に着目した画像符号化法を提案した。

以下、4. 節において各検討によって得られた成果について紹介する。

### 4. 研究成果

#### (1) 色指定情報を明示的に送らない Colorization 符号化

従来の Colorization 符号化では、符号化データとして、色指定情報を構成する各点の差に加え、当該色情報の位置の情報を復号側に送る必要があった。これに対し、(1)の提案手法では、圧縮された輝度情報からこの座標情報を抽出することで、大幅な情報の削減を可能とする。以下ではその手順を解説する。

符号化時にローカルデコードした輝度画像  $Y$  を矩形のブロックに分割し、ブロックの中心に色差を与える点をおく。 $Y$  を量子化し、各量子化インデックス( $q_y=0$  から  $q_y=q_{max}$  まで)を順に選び、図 1 のような点の配列を生成する。輝度値の変動と色差の変動は同じ箇所で生じることが多い。そこで、最終的に色差のインデックスをこの点列の順序で並べ直すと、ランレングス符号化に適した状態になる。また、輝度画像  $Y$  はローカルデコードによって得られた画像であるから、全く同様の点の配列を復号側でも得られることに注意されたい。

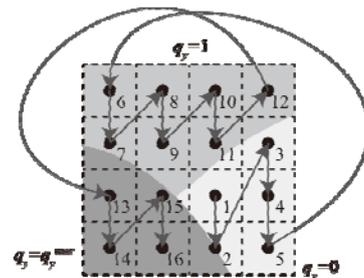


図 1. 点の配列の生成の様子

以上のようにローカルデコードされた輝度画像から得られる点の配列の順序に従って色差情報を伝送し、復号側では Colorization によって画像全体の色差情報の復号を行う。この工夫により、従来の Colorization と比較して符号化効率が大幅に向上し、図 2 に示すように、既存の静止画像符号化方式である JPEG2000 と比較して、低レートにおいて非常に高い符号化効率を示すことが示されている。

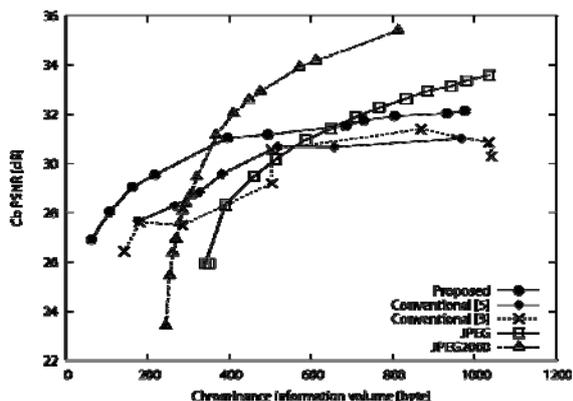


図 2. 画像 Mandrill の色差情報の圧縮における、提案手法と比較手法のレート-歪曲線

## (2) コンプレッシブサンプリングを用いたテクスチャ成分の圧縮

従来の画像符号化法では、テクスチャ成分の圧縮には大きなビット量が必要であった。(2)の研究では、圧縮時には従来のコンプレッシブサンプリングを用いた画像符号化法と同様に、原画像に JPEG 圧縮を施した残差に対して noiselet 変換を施し、その係数に対して間引きと量子化を行った結果を復号側に送信する。このような手法では、復号時には凸最適化問題を解くことによって結果画像を得ることが一般的であるが、(2)の研究では、ここでテクスチャ成分が一般的にもっている性質である「繰り返し性」に着目することで圧縮効率の向上をはかる。

申請者らの予備実験によって、JPEG 圧縮によって得られる画像（以下、骨格成分）と呼ぶ、とその残差（以下、これをテクスチャ成分とよぶ）の間には、骨格成分が似ている局所領域においては、テクスチャ成分もまたよく似ているという傾向があることが明らかとなった。そこで、この傾向をもとに、復号時には骨格成分の類似している領域では、復号されるテクスチャ成分も似ていることを強制する項を導入した関数を最小化することにより、テクスチャ成分の復号を行う。

このように、骨格成分の情報を用いてテクスチャ成分の復元を行うというプロセスは、

前述の Colorization 符号化において、輝度画像を手がかりに色差画像を圧縮したのとよく似た構造をもっているといえる。



図 3 JPEG の結果



図 4 提案手法の結果

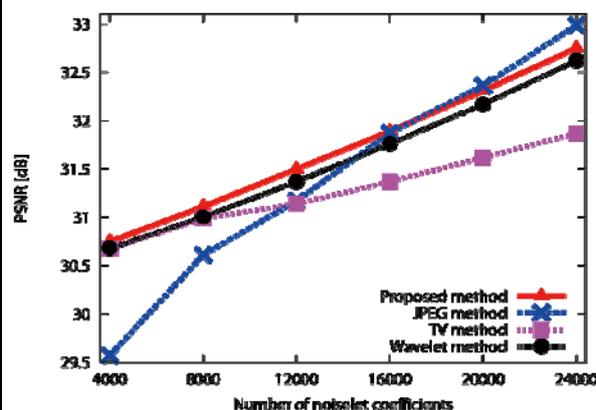


図 5 画像 Mandrill における提案法と比較手法のレート-歪曲線

図 3,4 は提案手法と JPEG との復号画像の比較である。この画像より、タイヤ表面やスポーク付近において、JPEG と比較して提案手法がより精細な画像を復元できていることがわかる。また、JPEG や既存のコンプレッシブサンプリングを用いた手法との性能の比較を図 5 に示す。本研究については現在論文投稿を準備中である。

以上の成果より、コンプレッシブサンプリングと Colorization を組み合わせた新しい画像符号化の実現に向けた要素技術が確立できたといえる。

## 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 4 件)

- (1) Yoshitaka Inoue, Takamichi Miyata, Yoshinori Sakai, "Colorization based Image Coding by using Local Correlation between Luminance and Chrominance", IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E95-D, No. 1, (2012), pp. 247-255.
- (2) 小野峻佑, 宮田高道, 酒井善則, "色指

定情報の冗長性と正解色差を利用した Colorization 符号化の効率改善”, 電子情報通信学会 D, Vol. J93-D, No.9, (2010), pp. 1638-1641

- (3) 井上 義隆, 宮田 高道, 酒井 善則, “局所的な色間相関に基づく Colorization 符号化の効率改善” 電子情報通信学会 D, Vol. J93-D, No.9, (2010), pp. 1642-1644
- (4) 荒井 みどり, 稲積泰宏, 宮田高道, 堀田裕弘, “Web 画像群を用いた静止画像の疑似表現スケーラブル符号化法の検討”, 電子情報通信学会 D, Vol. J93-D, No.9, (2010), pp. 1661-1664

[学会発表](計14件)

- (1) Shunsuke Ono, Takamichi Miyata, Isao Yamada, Katsunori Yamaoka, “Missing Region Recovery by Promoting Blockwise Low-Rankness”, IEEE ICASSP, (2012/03/29), 京都.
- (2) Shunsuke Ono, Takamichi Miyata, Katsunori Yamaoka, “Total Variation-Wavelet-Curvelet Regularized Optimization for Image Restoration”, IEEE ICIP 2011, (2011/09/14), ブリュッセル, ベルギー.
- (3) Takamichi Miyata, Yoshinori Sakai, “Luminance Constrained Total Variation and Its Application for Optimized Decoding of JPEG 2000, IEEE ICIP 2011, (2011/09/14), ブリュッセル, ベルギー.
- (4) Takenobu Usui, Keiji Ishii, Yoshikuni Hirano, Yukio Murakami, Takamichi Miyata, Masahiko Seki, “Study of Address Driving Method with Simultaneous Scanning of Multiple Lines on Plasma Display Panel”, International Display Research Conference, (2011/09/21), ボルドーアルカション, フランス.
- (5) Shunsuke Ono, Takamichi Miyata, Isao Yamada, “A Visually Better Recovered Image Selection for Imaging Inverse Problems”, 電子情報通信学会 信号処理研究会, (2012/03/08), 新潟.
- (6) 小野 峻佑, 宮田 高道, 山田 功, 山岡 克式, “Blockwise Low-Rankness Based Optimization for Missing Region Recovery”, 信号処理シンポジウム, (2011/11/16), 札幌.
- (7) 小野 峻佑, 宮田 高道, 山田 功, 山岡 克式, “複数の先験情報を利用した3成分分離型画像復元法”, PCSJ/IMPS シンポジウム, (2011/10/26), 湯河原.
- (8) 野中 敬介, 宮田 高道, 羽鳥 好律,

“再構成時のパッチの重みを忠実に利用したエネルギー汎関数の最小化による Image Retargeting 手法の基礎検討”, PCSJ/IMPS シンポジウム, (2011/10/28), 湯河原.

- (9) 宮田 高道, 酒井 善則, “輝度拘束 Total Variation の提案と JPEG2000 最適化復号への応用”, PCSJ/IMPS シンポジウム, (2011/10/28), 湯河原.
- (10) 鈴木 千尋, 宮田 高道, 酒井 善則, “繰り返し性と Compressive Sensing を用いたテクスチャ画像圧縮による画像符号化”, PCSJ/IMPS シンポジウム, (2011/10/26), 湯河原.
- (11) 鈴木千尋, 宮田高道, 酒井善則, “骨格画像間の関係と compressive sensing を用いたテクスチャ画像圧縮による画像符号化”, 電子情報通信学会 モバイルマルチメディア研究会, (2011/06/02), 岡山.
- (12) Chihiro Suzuki, Takamichi Miyata, Yoshinori Sakai, “Image Coding by Using Non-Linear Texture Decomposition and Image Summarization”, Picture Coding Symposium, (2010/12/10), 名古屋.
- (13) Yoshitaka Inoue, Takamichi Miyata, Yoshinori Sakai, “Improving colorization-based coding by using local correlation between luminance and chrominance in texture component”, Picture Coding Symposium, (2010/12/10), 名古屋.
- (14) Shunsuke Ono, Takamichi Miyata, Yoshinori Sakai, “Colorization-based Coding by Focusing on Characteristics of Colorization Bases”, Picture Coding Symposium, (2010/12/09), 名古屋.

[その他]

<http://www.net.ss.titech.ac.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

宮田 高道 (MIYATA TAKAMICHI)  
東京工業大学・大学院理工学研究科・助教  
研究者番号: 90431999