

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 27 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560441

研究課題名(和文)色相空間疎表現と軟判定によるデジカメ色彩情報復元

研究課題名(英文)Color Information Restoration by the Hue-Space Sparse Representations and Soft-Decision

研究代表者

菊池 久和 (Kikuchi, Hisakazu)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：70126407

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：デジタルカメラなど撮像素色彩情報復元を目的として、色相空間におけるスパース表現について検討した。静止画、ならびに動画におけるイントラ符号化についてスパースサンプリングによって復元、復号される品質がおおよそ PSNR = 30 dB 程度であった。これを映像符号化 H.264 AVC イントラフレーム符号化に適用したところ、現行方式と同一水準の復号品質を得るのに約5分の1のデータ量で済むことを確認した。また、カラー画像・映像の品質評価技法として色彩類似度を考案し、部分参照型映像品質評価技法として組み込んだ。その結果、原画全参照型品質評価法と同等の評価が可能であることを示した。

研究成果の概要(英文)：This project aimed at the improvement in the restoration of color signals for digital imaging. A sparse representation was employed in the hue space. The reconstructed/decoded quality stays around 30dB in PSNR for still-imaging and video decoding of intra-frames, while the one-fifth data is enough to reproduce the quality level comparable to the H.264/AVC. In addition, a color-tone similarity index was invented and was introduced into a new partial-reference (PR) image quality assessment (IQA). The PR IQA is competitive to the full-reference IQA in spite of much less data.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：画像復元 スパース表現 圧縮標本化 映像符号化 色彩類似度

1. 研究開始当初の背景

映像に代表されるデジタル画像表現には恒に高品質化の課題が課せられてきた。画像情報の高品質化に伴い、必然的に画像情報量が拡大し、撮像、記録、伝送、処理におけるボトルネックが露呈し、その都度多数の新技術の開発と融合によって解決するというスパイラルを描いて発展している。

2013 年は 4K 元年といわれ、水平画素数 4 千画素のテレビが登場し、スマートフォンにも 4K 画像のカメラが実装されるに至っている。こうした研究開始当初からの傾向は留まるところを知らず、端的に述べると高画素化、高ダイナミックレンジ化、多原色化、高フレームレート化、多視点化、省電力化の 6 点が中心的課題となっている。

本研究では撮像カメラにおける色彩モザイクングを取り上げ、高画素化、高ダイナミックレンジ化、多原色化、省電力化の 4 課題を抜本的に改善することを課題とした。

2. 研究の目的

デジカメではカラーフィルタアレイ (CFA) を通してイメージセンサの光セルで 3 原色光の 1 つだけを標本化する。したがって光標本情報はフルカラー画像の 3 分の 1 の色彩情報しか得られず、モザイク状の色彩データとなっている。これより未知の 3 分の 2 の色彩情報を推定復元することを CFA 色彩復元という。これを低消費電力、低雑音、したがって高ダイナミックレンジ復元する基本技術の開発を目的とした。これにより、高画素化と多原色化に接続することが容易となる。

3. 研究の方法

研究代表者の CFA 色彩復元と画像技術に関するこれまでの成果と経験を踏まえて、色相空間の勾配情報を軟判定処理と凸射影で最適化する色彩情報推定技法を開発することとした。精細な空間変化に対する忠実性の高い信号処理を構築するため、従来の適応標本化の枠組みに縛られない圧縮標本化による疎表現を採用することとした。

はじめに色相空間疎表現に関する色彩情報復元問題を定式化し、その解法アルゴリズムを構築する。引き続き、高階調化、低雑音化をはかるためマルチショット復元問題に展開する。最後に、主観評価、客観評価で技術的な評価を行うこととした。

4. 研究成果

(1) ランダムカラーフィルタアレイによる疎標本からの画像復元

図 1 のようなランダム CFA による圧縮標本化データから、図 2 に示すとおりフルカラー画像を推定復元する技法を開発した。圧縮標本化による画像復元として高精度の色彩情報復元が可能であることを示したものの、ランダム標本データの読み出し処理

がハードウェア的な課題を提起することとなった。

R <sub>11</sub>	G <sub>12</sub>	R <sub>13</sub>	B <sub>14</sub>	B <sub>15</sub>	G <sub>16</sub>
G <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>	G <sub>23</sub>	G <sub>24</sub>	G <sub>25</sub>	R <sub>26</sub>
B <sub>31</sub>	G <sub>32</sub>	R <sub>33</sub>	G <sub>34</sub>	B <sub>35</sub>	G <sub>36</sub>
G <sub>41</sub>	R <sub>42</sub>	B <sub>43</sub>	G <sub>44</sub>	R <sub>45</sub>	G <sub>46</sub>
G <sub>51</sub>	R <sub>52</sub>	B <sub>53</sub>	G <sub>54</sub>	B <sub>55</sub>	R <sub>56</sub>
G <sub>61</sub>	B <sub>62</sub>	R <sub>63</sub>	G <sub>64</sub>	G <sub>65</sub>	G <sub>66</sub>

図 1 ランダムカラーフィルタアレイ

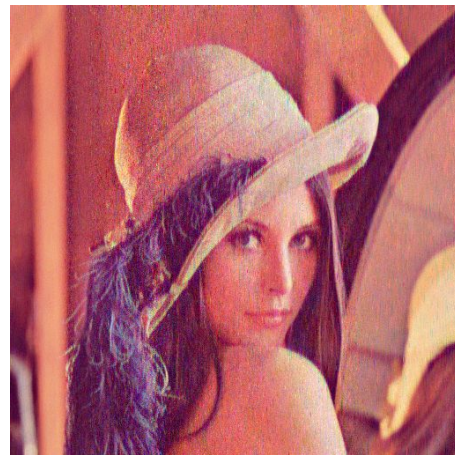


図 2 色彩情報復元画像

(2) 動画像符号化におけるイントラ符号化・復号化

動画像圧縮標本化 CFA 色彩復元に取組み、イントラ符号化・復号化技術として有望であることを実証した。

穏やかな海上を異なる速度で航行する船舶の映像におけるあるフレーム画像を図 3 に示す。手前の陸上部には白いポールが静止している。



図 3 原イントラフレーム

これに対して既存の分散圧縮ビデオセンシング手法(DCVS)のデータレートの 18%

で圧縮標準化を行い，符号化，伝送，復号した場合の復号画像を図4に示す．従前の手法と同一の品質がわずかに18%のデータで得ることができた．

H.264 AVC 動画像符号量の大部分を占めるイントラフレームデータ伝送量を5分の1に削減することを意味する．なお，誤りのあるモバイル無線通信伝送路においてもロバスト復号が可能であることは従来法DCVSに比べて大きな利益である．



図4 圧縮標準化データの復号画像．データ量はDCVSの18%で同等の復号品質．

### (3) 多重露光ショットの画像合成

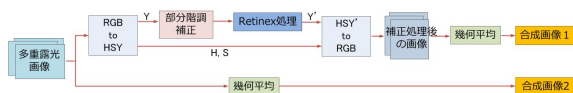
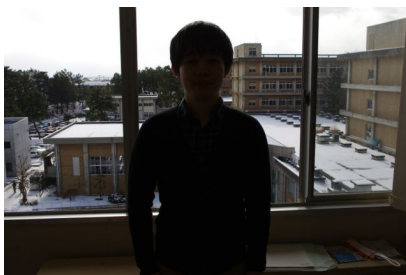
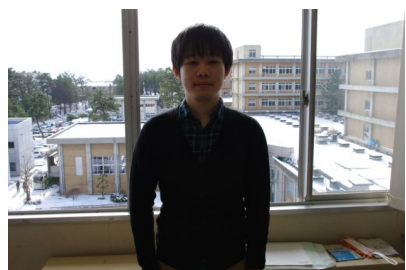


図5 区分的階調補正とRetinex 幾何平均による高階調画像融合

露光量が異なる複数のショットから高ダイナミックレンジ画像を構成し，視認性を向上することができる．



(a) 低露光ショット



(b) 標準露光ショット



(c) 高露光ショット



(d) マルチショット合成画像

図6 マルチショット画像合成例．

図6(a), (b), (c)は露光量が4倍ずつ異なるショットである．これをルーマ(知覚均等明度)と色相，彩度空間に変換して，暗部と陰影部の階調を改善した後，周辺環境光の効果除去するretinex処理を施し，物体表面の詳細部の視認性を高めた後，全ショットの幾何平均により融合し，画像を合成する方法を開発した．図6(d)に示すとおり，積雪や白跳びしがちな雲も，逆光で見えづらい人物の表情もバランスよく合成されていることが確認される．

### (4) カラー画像の色彩類似度

カラー画像間の色彩分布の類似性に関してヒトの主観的印象に近い類似度(CSIM, Color Similarity Index)を提案した．有効なカラー画像の類似度はこれまでになく，これによりカラー復号・復元について品質評価の道が拓けた．また，形状に依存しない計量尺度であるから，色彩分布の類似した画像を検索する技法としても期待できる．

図7左の原画像に対して右の劣化画像の色彩類似度はCSIM = 0.854であり，視覚的印象に近い尺度となっている．



図7 原画と伝送誤りのある復号画像

図8左の原画像に対して右のズームアップ切り出し画像の色彩類似度は CSIM = 0.940 であり，空間物体構成としては全く異なるショットであるが，色彩類似度は極めて高い類似性を示す。



図8 撮影方向とズームの異なる画像

#### 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0件)

〔学会発表〕(計15件)

1. Shin Kurihara and H. Kikuchi, **An Improvement of Key Frame Processing by an Integration of Compressive Sensing and Intra Prediction of H.264/AVC**, *IEEE Region 10 Symp. (TENSYP)*, Kuala Lumpur, pp. 577-580, Apr. 14-16, 2014.
2. Yusuke Kanebako and H. Kikuchi, **Partial-Reference Image Quality Assessment**, *Fusion Tech 2014*, Hanyang University, Seoul, Korea, Jan. 15-17, 2014.
3. Hisakazu Kikuchi, Taiyo Deguchi, Masahiro Okuda, **Lossless Compression of LogLuv32 HDR Images by Simple Bitplane Coding**, 30th PCS, San Jose, USA, pp. 265-268, Dec. 8-10, 2013.
4. Hisakazu Kikuchi, Satoshi Kataoka, Shogo Muramatsu, and Heikki Huttunen, **Color-Tone Similarity of Digital Images**, *Proc. of 2013 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2013)*, No. 2189, pp. 393-397, Melbourne, Australia, Sep. 15-18, 2013.
5. Hisakazu Kikuchi, Taiyo Deguchi, Kazuma shinoda and Masahiro Okuda, **Compression of High Dynamic Range Images in the yu'v' Color Space**, *Proc. of 2013 International Tech. Conf. on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC)*, Yeosu, Korea, pp. 631-634, June 30-July 3, 2013.
6. Shin Kurihara and Hisakazu Kikuchi, **A New Key-Frame Processing by an Integration of Compressive Sensing and**

**Intra Prediction of H.264/AVC**, *Proc. of 2013 Int. Tech. Conf. on Circuits/Systems, Computers and Communications*, Yeosu, Korea, pp. 573-576, June 30-July 3, 2013.

7. Satoshi Kataoka, Hisakazu Kikuchi, Heikki Huttunen, Junghyeun Hwang, Shogo Muramatsu and Jaeho Shin, **Color-tone Similarity Evaluation in Image Quality Assessment**, *Proc. of 2013 International Tech. Conf. on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC)*, Yeosu, Korea, pp. 639-642, June 30-July 3, 2013.

8. Hisakazu Kikuchi, Heikki Huttunen, Junghyeun Hwang, Masahiro Yukawa, Shogo Muramatsu, and Jaeho Shin, **Color-Tone Similarity on Digital Images**, *APSIPA-ASC 2012*, Paper No. 34, Hollywood, USA, Dec. 3-6, 2012.

9. 片岡 智, 菊池 久和, 村松 正吾, 湯川 正裕, ヘイッキ・フットネン, **デジタル画像の色彩類似度に関する研究**, 2012年度信号処理シンポジウム, 石垣島, 2012年11月28-30日.

10. 金箱 裕介, 菊池 久和, **Retinex と幾何平均を用いたマルチショット画像合成**, 第27回信号処理シンポジウム, 石垣島, 2012年11月28-30日.

11. 片岡 智, 菊池 久和, 村松 正吾, ヘイッキ・フットネン, **カラー画像の類似性計量について**, 2012年度画像符号化シンポジウム, ニューウェルシティ湯河原, 2012年10月24-26日.

12. 金箱 裕介, 菊池 久和, **Retinex 理論を用いたマルチショット画像合成**, 2012年度映像メディア処理シンポジウム, ニューウェルシティ湯河原, 2012年10月24-26日.

13. Hisakazu Kikuchi, Heikki Huttunen, Junghyeun Hwang, Shogo Muramatsu, Masahiro Yukawa, and Jaeho Shin, **A Study on Picture-Color Similarity on Digital Images**, *27th ITC-CSCC 2012*, Paper No: E-W2-01, Sapporo Convention Center, Japan, July 15-18, 2012.

14. Junghyeun Hwang, Hisakazu Kikuchi, Shogo Muramatsu and Jaeho Shin, **A Structure-Enhanced Tone Mapping Algorithm for High Dynamic Range Scenes**, *Int. Conf. on Electronics, Information and Commun.*, pp. 154-155, The High-1 Resort, Jeongseon, Korea, Feb. 1-3, 2012.

15. Junghyeun Hwang, Hisakazu Kikuchi, Shogo Muramatsu, and Jaeho Shin, **Edge-aware tone mapping algorithm for high dynamic range imagery**, *26th Int. Technical Conf. on Circuits/Systems, Computers and Commun. (ITC-CSCC 2011)*, pp. 804-807, Gyeongju, Korea, June 19-22, 2011.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

[https://www.researchgate.net/profile/Hisakazu\\_Kikuchi?ev=prf\\_highl](https://www.researchgate.net/profile/Hisakazu_Kikuchi?ev=prf_highl)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

菊池 久和・新潟大学・自然科学系・教授  
(Hisakazu Kikuchi, Niigata University,  
Natural Sciences, Professor)  
研究者番号：70126407

### (2) 研究分担者

なし (None)  
研究者番号：Not Available

### (3) 連携研究者

なし (None)  
研究者番号：Not Available