

HDR 画像の効果的なロスレス圧縮法

An effective lossless compression method of HDR images

小高 拓
Taku Odaka

渡辺健太
Kenta Watanabe

貴家仁志
Hitoshi Kiya

首都大学東京システムデザイン学部情報通信システム工学コース
Department of Information and Communication Systems, Tokyo Metropolitan University

1 まえがき

本稿では、高ダイナミックレンジ (HDR) 画像のフォーマットの一つである RGBE フォーマット [1] を例にして、HDR 画像の効果的な圧縮法を提案する。HDR 画像は一般にその高ダイナミックレンジ性から、浮動小数点表示でデータ表示される。しかし、多くの画像圧縮法は固定小数点表示 (整数表示) を前提にしている。本稿では、HDR 画像の浮動小数点表示のヒストグラム疎性に着目して、HDR 画像をまず固定小数点で表示する。その後、JPEG 2000 などの一般の画像圧縮法を適用することを提案する。従来法に比べて、HDR 画像をより効果的に圧縮できることを確認した。

2 RGBE フォーマット

HDR 画像の代表的なフォーマットに G.Ward が提案した RGBE フォーマットがある。このフォーマットは図 1 が示すように RGB チャンルの各仮数部 (R_M, G_M, B_M) と共通の指数部 E にそれぞれ 8bit を割り当てた合計 32bpp のフォーマットである。RGB 各チャンネルは浮動小数点値として表示されるため、国際標準規格など一般の画像圧縮方式ではなく、ランレングス符号化を用いて、約 25% の圧縮を達成している。なお、RGB 各チャンネルの浮動小数点値は式 (1) で求められる。このとき、各 RGB 値は約 $10^{\pm 38}$ の範囲の値をとる。さらに RGB の値の種類はそれぞれ 2^{16} となる。

$$[R, G, B] = \frac{[R_M, G_M, B_M] + 0.5}{256} \times 2^{E-128} \quad (1)$$

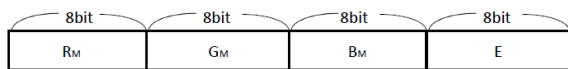


図 1 RGBE フォーマット (各 8bit)

3 提案法

提案法は以下の手順で実行される。

1. HDR 画像の各 RGB 値に対してそれぞれ 2^{16} 種類 (16bit) の値を取るインデックス画像を生成する。各インデックス値は式 (1) より計算される RGB 値に 1 体 1 対応

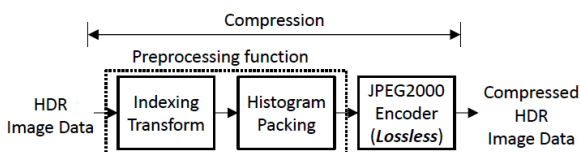


図 2 提案法の概略図

表 1 HDR 画像の圧縮特性

画像名	元画像	RGBE フォーマット	対数レンジ圧縮法	提案法
memorial	1.50MB[32bpp]	1.28MB[27.3bpp]	1.58MB[33.8bpp]	0.95MB[20.3bpp]
Montral	12.0MB[32bpp]	9.45MB[25.2bpp]	10.6MB[28.3bpp]	6.19MB[16.5bpp]
belguim	3.01MB[32bpp]	2.48MB[26.4bpp]	2.74MB[29.2bpp]	1.62MB[17.3bpp]

する。インデックス値と RGB 値の対応テーブルは RGB 共通であり、1 つだけ設定される。

2. インデックス画像のヒストグラムに対して疎性に着目し、ヒストグラムパッキング [2] を施す。ヒストグラムパッキングした画像から元インデックス画像に戻すための RGB それぞれに対応する補助テーブルを準備する。

3. JPEG 2000 でヒストグラムパッキングした画像をロスレス圧縮する。

4 シミュレーション結果

表 1 において、RGBE フォーマットは HDR 画像をランレングス符号化し圧縮したデータである。元画像は RGBE フォーマットを復号したデータである。対数レンジ圧縮法 [3] は HDR 画像のダイナミックレンジを対数変換で小さくし、浮動小数点を整数変換した後に JPEG 2000 で圧縮したデータである。提案法には、圧縮されたインデックス画像のデータ量に加え、元画像との対応テーブルも含まれている。対数レンジ圧縮法は RGB を各 $N(N=8 \text{ or } 16)$ bit で表現し直すために、共通の指数部表現を無駄にしている。又、対数変換する際に小さい誤差が発生してしまうので厳密なロスレス変換はできない。シミュレーションの結果、提案法はロスレス圧縮を実現し、RGBE フォーマットや対数レンジ圧縮法よりも優れた圧縮特性を示すことが確認できた。

参考文献

- [1] E. Reinhard, G. Ward, S. Pattanaik, P. debevec, W. Heidrich and K. Myszkowski, High Dynamic Range Imaging - Aquisition, Display and Image-Based Lighting, morgan kaufmann Publisher, 2010.
- [2] M. Iwahashi, H. Kobayashi and H. Kiya, " Lossy Compression of Sparse Histogram Image, "IEEE ICASSP 2012. (to be published.)
- [3] R. Xu, S. N. Pattanaik, C. E. Huges, " High-Dynamic-Range Still-Image Encoding in JPEG2000, "IEEE Computer Graphics and Applications vol.25, no.6, pp.57-64, 2005.