

# 複数画像によるダイナミックレンジ向上に関する検討

A Study on Dynamic Range Enhancement from Multiple Images

高木 鉄平 \*1 河村 圭 \*2 渡辺 裕 \*2 富永 英義 \*1\*2

Tepei TAKAGI \*1 Kei KAWAMURA \*2 Hiroshi WATANABE \*2 Hideyoshi TOMINAGA \*1\*2

\*1 早稲田大学 理工学部 コンピュータ・ネットワーク工学科 \*2 早稲田大学 大学院 国際情報通信研究所  
\*1 Dept. of Computer Science and Engineering, WASEDA Univ. \*2 Global Info. and Tele. Studies, WASEDA Univ.

## 1 はじめに

デジタルカメラの高性能・高機能化が進んでいる。しかし、そのダイナミックレンジは、未だに限られたままである。そのため、広大なダイナミックレンジを持つ実世界を過不足なく捉えるのは困難である。そこで、高ダイナミックレンジ (High Dynamic Range: HDR) 画像への関心が高まっている。HDR 画像は、露出が異なる複数の画像を合成して生成される。合成時に、各画像から全画素を用いるより、信頼性の高い画素のみを用いることで、HDR 画像の品質は向上する。本稿では、HDR 画像の画質向上を目的として、合成時の画素選択手法を検討する。

## 2 従来研究

### 2.1 HDR 画像の生成手法

HDR 画像は、同一シーンを露出を変えて撮影した複数の画像より生成する。露出を変えることで、各画像間で白飛び、黒潰れした情報を補間する。画像の輝度値からシーンの照度値への変換は、撮像系の応答関数を推定することで可能となる。応答関数の推定手法については様々な研究が行われている。

Debevec らは、画像の各輝度値に対応する照度値を推定する手法を提案した [1]。この手法は、応答関数は滑らかであるという制約条件を必要とするが、形状に制約がなく、柔軟な推定が可能である。しかし、正確な露出情報が分かっており、かつ、精細な画像でなければ推定は困難な手法である。

一方で、光永らは応答関数は単調増加であり、撮像系によって形状に大きな違いはないとして、多項式に近似する手法を提案した [2]。この手法では、正確な露出情報は必要でなく、応答関数の推定と同時に露出時間を推定することができる。

応答関数が推定されると各画像の画素値を照度値に変換する。それらを合成して HDR 画像を生成する。HDR 画像生成の一連の流れを図 1 に示した。ただし、合成時に、各照度値に輝度の中央値付近を強調する重みが掛け合わされる。これは、飽和した画素を破棄し、信頼性の低い画素の寄与度を下げたためである。このような重み係数が用いられる理由は、画素値は両端 (0, 255 付近) でノイズの影響を受け、誤差が大きい傾向があるためである。

### 2.2 問題点

輝度の中央値を付近を強調し、両端を落とすため、ガウス分布状の重み関数 (以下、ガウス重み関数) を用いても、ノイズの影響はあまり低減されない。図 2 はガウス重み関数により生成した HDR 画像である。低輝度部分で色調が変化している。画像の合成時に、各露出の画像から全画素を用いるより、誤差が大きいと分かる画素はあらかじめ破棄したほうが、誤差の影響を低減できると考えられる。また、応答関数は非線型であるため、画像間で露出を同じ割合で変化させても、照度値と画素値の増加量は比例しない。よって、必要な画素の寄与度を大きく低下させる問題が生じる。

## 3 提案手法

本稿では、ガウス重み関数に加えて、画像間の画素値の増加量による重み係数決定手法を提案する。まず、露出を 1 段

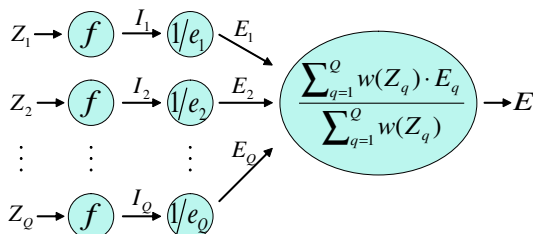


図 1 HDR 生成の流れ。Q: フレーム数, Z: 画素値, f: 応答関数, I: 入射光量, e: 露出, E: 照度値, w(Z): 重み関数

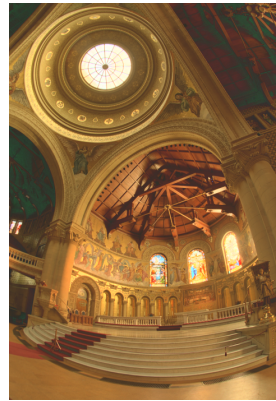


図 2 ガウス重み関数で生成した HDR 画像

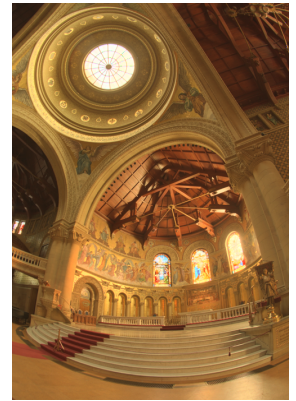


図 3 提案手法で生成した HDR 画像

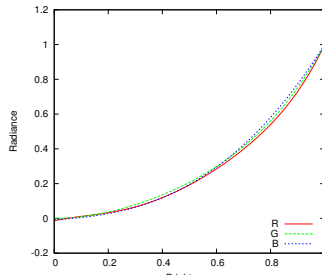


図 4 応答関数

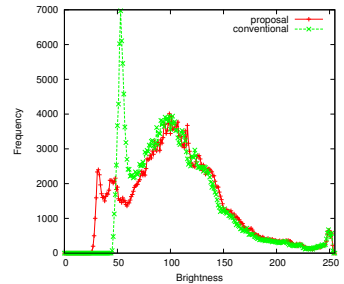


図 5 ヒストグラム

下げた画像と上げた画像を参照し、輝度増加量が大きいほど高い重みを与える。さらに、露出の低い画像と比較して輝度が減少している画素は重みを 0 とする。以上により、明らかに誤差が含まれると分かる画素を破棄し、かつ、応答関数の形状に合った重み付けができる。

## 4 実験

本手法の有効性を調べるために、画像、応答関数を一定にし、重み関数のみ変更して HDR 画像を生成した。提案手法で得られた HDR 画像を図 3 に示す。各 HDR 画像は、Reinhard らの手法でトーンマッピングした [3]。また、応答関数の推定には光永らの手法を用いた。推定した応答関数を図 4 に、生成した HDR 画像のヒストグラムを図 5 示す。

図 5 を見ると、ガウス重み関数で生成した HDR 画像は、50 前後の輝度が突出している。そのため、図 2 中では色調が崩れている。一方、図 3 では、目立った色調の損失はなくノイズの影響が低減されたと考えられる。また、図 5 に 50 前後を除いて大きな違いはない。従って、提案手法により、低輝度部分では画質が改善され、高輝度部分では同等の画質が得られたことが確認できる。

## 5 まとめ

本稿では、HDR 画像の画質を向上させるため、合成時に用いられる重み関数を画像間の輝度増加量によって決定する手法を提案した。実験により、提案手法によりノイズの影響が低減されることを確認した。今後の予定としては、本提案が他の画像にも有効であることを検証する。また、重み関数と HDR 画像の関係性をより詳細に検証する。

## 参考文献

- [1] P. E. Debevec, J. Malik, "Recovering high dynamic range radiance maps from photographs," Proc. SIGGRAPH, pp369-378, 1997.
- [2] T. Mitsunaga and S. Nayar, "Radiometric Self-Calibration," Proc. CVPR '99. Vol.2, pp374-380, 1999.
- [3] E. Reinhard, M. Stark, P. Shirley, J. Ferwerda, "Photographic Tone Reproduction for Digital Images," Proc. SIGGRAPH 2002.