

照明シミュレーションのための屋外光環境データ化技術（第1報）

照明音響科 豊田敏裕

A study on a measurement and digitization method of outdoor lighting environments for use in lighting simulation (1st Report)

Toshihiro TOYOTA

Keywords : Lighting Simulation, HDRI, Image Based Lighting, IBL, Light Probe

キーワード：照明シミュレーション、ハイダイナミックレンジ画像、イメージ・ベースド・ライティング、ライト・プローブ

1 はじめに

無限に大きい球体の内壁にハイダイナミックレンジ (HDR) 画像を貼り付け、画素値を光源の色や明るさとするImage Based Lighting (IBL) は、照明シミュレーションにおいて実際の光環境を再現する照明手法である (図1)。

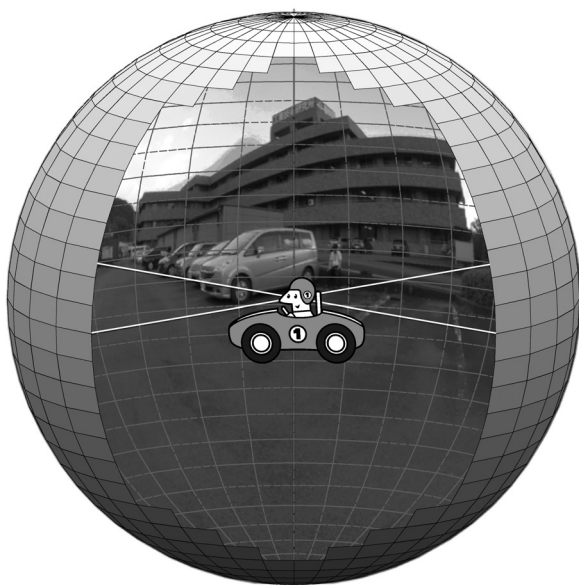


図1 Image Based Lighting の概念図

本稿では、現在開発を進めている、IBLに必要な光源情報のデータ化技術について報告する。

2 方法

画像撮影には、一度に全方位を撮影できるカメラ (リコー社製THETA V) を用いた。電子撮像機器は、一度に取得できる明るさの範囲 (輝度ダイナミックレンジ) に制限があるため、多重露光法¹⁾を参考に、複数の画像を合成し、輝度ダイナミックレンジを拡張した。

まず、カメラの露光時間 t_i を操作して取得できる屋外の明るさの範囲をシフトさせながら、 N 枚の原画像 I_i

(x, y, c) を撮影した (図2 (ア))。 i は画像番号 ($1 \leq i \leq N$)、 x および y は画素位置 ($1 \leq x \leq 5376$ 、 $1 \leq y \leq 2688$)、 c はカラーチャンネルを番号で表している ($1 \leq c \leq 3$)。

次に、画素値が実際の明るさに比例するよう、露光時間に応じて式 (1) により原画像の画素値を補正した画素値補正画像 $I'_i(x, y, c)$ を作成した (図2 (イ))。

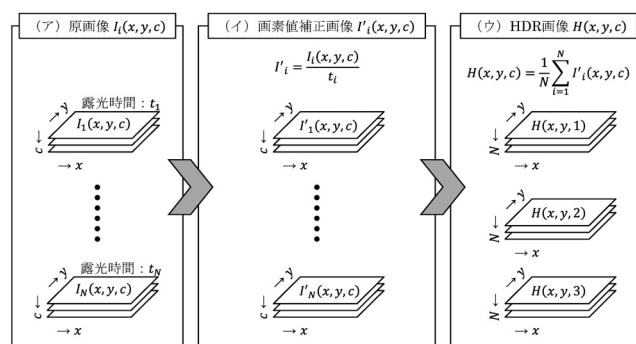


図2 HDR画像の作成手順

$$I'_i(x, y, c) = I_i(x, y, c) / t_i \quad \dots \quad (1)$$

そして、式 (2) により画素値補正画像の各画素の画素値を平均することで、HDR画像 $H(x, y, c)$ を作成した (図2 (ウ))。

$$H(x, y, c) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I'_i(x, y, c) \quad \dots \quad (2)$$

なお、カメラ出力の線形性や白飛び及び黒つぶれを考慮し、すべてのカラーチャンネルの画素値が下限値 I_{min} から上限値 I_{max} の範囲にある画素のみを計算に用いた。

作成したHDR画像は、各カラーチャンネル32bit、約42億階調を表現可能なRadiance形式で保存した。

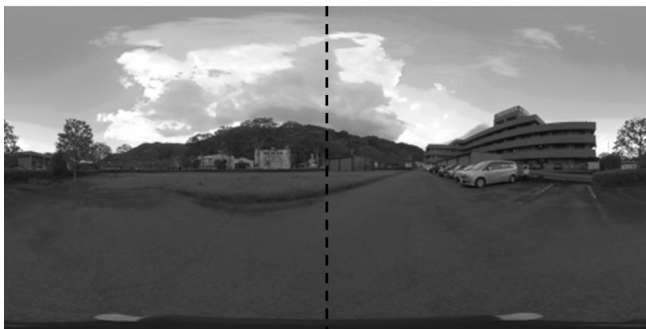
3 結果

屋外の風景を、露光時間 t_i を1/2秒から1/1600

秒の間で変化させて原画像 ($N = 11$) を撮影した。図3 (ア) は、原画像 I_9 ($t_9 = 1/320$ 秒)、図3 (イ) は、作成したHDR画像である。図4は、図3の各画像内に点線で示した断面での相対輝度²⁾である。原画像 I_9 では、空の部分で画素値が飽和している (図4破線) が、HDR画像では、地面から空に至るまで輝度変化がデータ化されていることがわかった (図4実線)。



(ア) 原画像 $I_9(x, y, c)$



(イ) HDR 画像 $H(x, y, c)$

図3 原画像の一例と開発した技術で作成したHDR画像

4 まとめ

多重露光法を参考に、照明シミュレーションに利用可能な屋外の光環境のデータ化技術を開発した。取

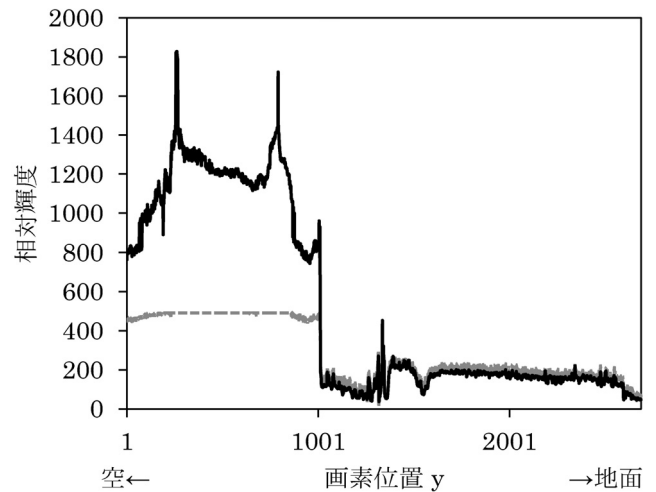


図4 原画像 $I_9(x, y, c)$ とHDR画像 $H(x, y, c)$ の輝度変化 (破線：原画像、実線：HDR画像)

得したHDR画像は、今後実施予定の絶対輝度の値付けにより、照明シミュレーションによる、屋外の光環境下でのHUD (Head-Up Display) の表示性能予測などに活用できる。

参考文献

- 1) Reinhard E. et al. : 05 HDR IMAGE CAPTURE, In "High Dynamic Range Imaging, Acquisition, Display, and Image-Based Lighting", 2nd ed. (Morgan Kaufmann Publisher), eds. Reinhard E., pp.145-202 (2010).
- 2) IEC 61966-2-1 : 1999 : Multimedia systems and equipment - Colour measurement and management - Part 2-1 : Colour management - Default RGB colour space - sRGB.