

簡便な HDR 画像作成による屋内環境の仮想閲覧システム

1. はじめに

近年、バーチャルリアリティ（以下 VR）は多分野に広がりを見せており、いずれにも欠くことのできない存在になりつつある。その中でも、不動産分野はバーチャルコンテンツ（以下 VC）の導入で、画面上での詳細な物件情報の提示が可能となった。しかし、VC 作成にあたり、例えば屋内のパノラマ表示には、画像のつなぎ合わせを意識し、撮影角度に留意しなければならないことや、よりリアルな室内画像を見せようとするれば、画像の組み合わせや色調バランスを詳細に検討しなければならないなど、専門的な技術や知識を要する。コスト発生の面から、物件を扱う量が多い業者ほど、VC の使用を敬遠し、従来通りの顧客への情報提示に留まっているという課題がある。

そこで本研究では、単眼カメラで撮影した全周囲画像から、簡便な屋内環境の仮想閲覧を可能にする手法を提案する。2枚の露出の違う画像からハイダイナミックレンジ（以下 HDR とする）画像を生成し、それを用いた全周囲パノラマ画像の展開により、人間の視覚に近い状態でのパノラマ閲覧を表現する。また、HDR 画像合成の組み合わせを指定することで、使用者が簡単に HDR 画像を生成できるシステムの構築を行う。専門知識や技術を不要とし、必要最低限の器具さえあれば誰もが先のような VC を簡便に作成ができることを目的とする。

全周囲パノラマ画像生成には、代表的なものとして Apple 社が提供する QuickTime VR がある。主に、マウスをドラッグすることで、スムーズな視点移動で全周囲の見渡しを可能にする^[1]。しかし、3枚から4枚の画像をつなぎ合わせて作成する手間を要する。

通常写真では野外や日照が差し込む屋内などを一定の露出時間で撮影する場合、下図 2、3 のように一部ピクセルのシーンの明るさを表現できない。



図 2. シャッター速度
0.025 秒



図 3. シャッター速度
0.000125 秒



図 4. HDR 画像合成後



図 1. QTVR による
全周囲パノラマ画像

これに対し、露出の異なる複数枚の写真を合成することで、あらゆる明るさの領域に対して、図 4 のようにピクセル値が正確にシーンの明るさを表す画像を生成する技術を HDR 画像合成という^[2]。本来、簡便な HDR 画像はレンダリングなどに用いられる技術であるが、作成しやすいという点から、本研究に利用できると考える。

3. 簡便な HDR 画像作成による屋内環境の仮想閲覧

3.1 提案手法

本研究では HDR 合成処理を行った屋内環境画像作成及び、その組み合わせ方法の提示を行う。また数枚の画像をつなぎあわせて構成されていたパノラマ画像を1枚の全周囲画像でパノラマ閲覧可能にするシステムを提案する。これより、画像の組み合わせや色調バランスなどの知識を持たずとも HDR 画像を作成でき、全周囲パノラマ画像作成においても撮影技術がいらない。よって、本提案手法で屋内環境の簡便な VC が生成可能である。

以下にそのプロセスを示す。

- (1) 魚眼カメラにより天井に向けて屋内（ある1部屋）の全周囲画像を露出時間を変えて2枚撮影する。
- (2) 撮影した2枚の全周囲画像により、HDR 全周囲画像を作成し、各時間帯における最適な組み合わせを選定する。
- (3) 基準となる露出時間を決め、その露出時間における輝度情報を取得する。
- (4) 各時間帯での最適 HDR 全周囲画像を、基準となる露出時間における各ピクセルの絶対輝度の総和に関連づける。これにより、使用者が簡単に HDR 画像の組み合わせを採択できるようになる。
- (5) 作成された HDR 全周囲画像を歪み補正し、全周囲パノラマ表現を行い、360 度の見回しを可能にする。

3.2 HDR 画像合成にあたる輝度の算出

HDR 画像を作成する際、撮影風景の絶対的な輝度情報が必要となる。本研究では、カメラの露出制御のパラメータである、シャッター速度 $T(\text{sec})$ 、絞り F 、ISO 感度 S を利用してその画像の絶対輝度値 $B(\text{cd}/\text{m}^2)$ を算出する。以下がその式である。

$$\log_2 \frac{B}{3.42} = 2 \log_2 F - \log_2 T - \log_2 \frac{S}{3.125} \quad (1)$$

次に、撮影した画像 t の各画素 (x,y) を正規化する。以下がその式である。また、基準シャッター速度における L 値の総和を時間帯ごとに算出しておく。

$$L(x,y,t) = \frac{100B(t)Y(x,y,z)}{18Y_{\max}(t)} \quad (2)$$

$Y(x,y,z)$ は CIEXYZ 表色系での Y 値であり、 $Y_{\max}(t)$ は同表色系での最大 Y 値、 $L(x,y,z)$ は絶対輝度を示している。この方法により、各画像の各画素における絶対輝度を算出することができる。

輝度レンジが狭い画像と広いレンジを用いて、広い輝度レンジ・多くの階調情報を持つ HDR 画像を合成する。以下の (3) 式を使い算出を行う。

$$HI(x,y,t) = \begin{cases} \frac{L_{2\max}}{L_{1\max}} & \text{if } I_2(x,y) < th \\ I_1(x,y) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

ここで HI は HDR 画像、 $L_{1\max}$ 、 $L_{2\max}$ はそれぞれ Im_1 、 Im_2 の最大絶対輝度値、 I_1 、 I_2 はそれぞれ画像 1、画像 2、 th は画像 2 を用いる領域の閾値を示し、理論上、HDR 画像合成は完成する。^[2]

3.3 全周囲画像の歪み補正

画像の取得には魚眼レンズを使用する。魚眼レンズは光学レンズの一種で、対象物を図 5 のような球面として捉える事で 180 度近い画角の撮影を可能とする。しかしレンズの特性から、撮影した画像は現実世界での見え方とは大きく異なるため歪み補正が必要である。

図 6 のように補正画像を横幅 W の仮想スクリーンに水平角 Ω で射影する場合、射影面上の (X_p, Y_p) と元画像の (x_p, y_p) の対応は式 (4) により求めることができる。

$$x_p = \frac{R}{\sqrt{1+v}} \cdot \lambda', \quad y_p = \frac{R}{\sqrt{1+v}} \cdot \mu' \quad (4)$$

ただし、入射光の方向余弦 (λ, μ, ν) は (5) 式により決定されるが、この状態での視線方向は天頂を向いているため、 θ 、 ϕ によって決まる視線方向変更行列により、

(λ', μ', ν') へ変換し、式 (4) に代入する。^[3]

$$\lambda = \frac{x_p}{\sqrt{(x_p^2 + y_p^2 + z_v^2)}} \quad \mu = \frac{y_p}{\sqrt{(x_p^2 + y_p^2 + z_v^2)}} \quad \nu = \frac{z_v}{\sqrt{(x_p^2 + y_p^2 + z_v^2)}} \quad (5)$$

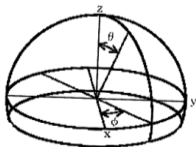


図 5 魚眼モデル

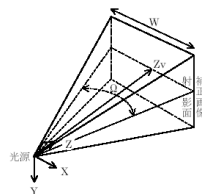


図 6 仮想スクリーン

4 実験

4.1 屋内 HDR 全周囲画像

本研究では、朝 (7 時)、昼 (14 時)、夕方 (17 時)、夜 (18 時) の 4 つの時間帯で撮影を行い、そこから露出の異なる 2 枚の画像から HDR 画像を作成、各時間帯で最も良い組み合わせを選定した。図 7 が昼の時間帯の元画像 2 枚、HDR 画像 1 枚、図 8 が夜の時間帯の元画像 2 枚、HDR 画像 1 枚である。



図 7 シャッター速度 1/1600, 1/4000 の画像と HDR 画像



図 8 シャッター速度 1/160, 1/800 の画像と HDR 画像

また、HDR 全周囲画像を歪み補正、見回しを行った画像が図 9 である。



図 9 HDR 全周囲画像の歪み補正及び見回し

5. 考察とまとめ

実験からまず、HDR 画像作成で、各時間帯において合成前に比べ白とびや黒つぶれが軽減されているものが作成することができた。このことから、数あるデータの中から組み合わせや条件指定を検証することで、簡便な HDR 画像作成が可能であると考えられる。また、全周囲画像の歪み補正、及び見回しに関しても、比較的現実に近い表現がされている。

今後の課題として、今回は 4 つの時間帯での撮影に留まったので、1 年間を通し、撮影データの増加、また、撮影環境の増加によって、本手法にてより精密な出力結果が得られることが検討される。

文 献

- [1] Apple
<http://www.apple.com/jp/quicktime/products/qt/overview/qtvr.html>
- [2] 平井敬太, 中口俊哉, 津村徳道, 三宅洋一, “視覚モデルに基づいた高ダイナミックレンジ動画の見え再現”, 電子情報通信学会論文誌 A Vol. J89-A No11 pp.922-931, 2006
- [3] 才野真理江, “単眼全周囲画像における視点移動表現”, 関西大学工学部卒業論文, 2006.