

全天球画像データベース作成のための照明条件の統一と動物体の除去

Removal of Moving Objects and Consistency of Illumination Conditions for Omnidirectional Image Database

高橋 英之[†] 堀 磨伊也[†] 神原 誠之[†] 横矢 直和[†]
 Hideyuki TAKAHASHI Maiya HORI Masayuki KANBARA Naokazu YOKOYA

1. はじめに

近年, Google ストリートビューに代表されるような, さまざまな道路上からの画像が閲覧可能なサービスや, 道路付近からの任意視点映像を生成する研究 [1] などが多くみられるようになってきた. これらの手法の多くは図1に示すように車載の全方位カメラなどで撮影された画像データベースを用いて実現されている. 特に, 任意視点の映像をイメージベースドレンダリング [2] により生成する研究では, 大量の画像が必要となる. イメージベースドレンダリングにより移動カメラを用いて異なる地点・異なる時刻に撮影された画像を入力として画像合成を行なう研究 [3, 4] では, 現実環境の情報を密に取得することが要求されている. 現実環境の情報を画像として取得する代表的な手法として全方位カメラを入力デバイスとして用いる手法が挙げられるが, 異なる地点・時刻に撮影された場合に入力画像間で照明条件が異なる場合や動物体が存在する場合がある. これらの画像を合成してイメージベースドレンダリングを行なった場合, その画像の違いから生成結果に違和感が生じることがある [5]. この違和感を軽減するためには照明条件が統一され, かつ動物体の存在しない画像データベースの作成が要求される.

このような画像データベースを生成するためには動物体の除去と照明条件の変化による色調補正が大きな課題 [6, 7] として挙げられる. 従来研究 [8, 9] では, 画像中の動物体領域を異なる時刻に撮影された動物体の存在しない領域を用いて補間する手法を提案しているが, 照明条件が大きく変化する環境に適応することが困難であった. 一方, 手法 [10, 11] では, 画像を領域分割することで局所変化に対応した色調補正を行なっているが動物体が存在しないことを前提条件としているため, 動物体が存在する場合に色調補正を正しく行なうことが困難であった.

そこで本研究では異なる地点・時刻において撮影された全天球画像を用いて, 動物体・陰・照明条件による見え方の違いを取り除く手法の提案を行なう. 本研究では, 屋外環境を想定し, 車載の全方位カメラで複数回同じパスを撮影した画像を入力画像として利用する. 提案手法では照明条件の統一と動物体や陰の除去の二つの処理を交互に行なうことで全天球画像間での見え方の違いを取り除く. 本稿では予備実験として屋外環境の固定カメラで異なる時刻に撮影された全天球画像を用いて動物体や陰の除去及び画像間での色調の補正を行なう.

以降, 2. では繰り返し処理による色調の補正と動物体の除去手法について述べ, 3. では提案手法を用いた予備実験として固定カメラで撮影された全天球画像の色調補

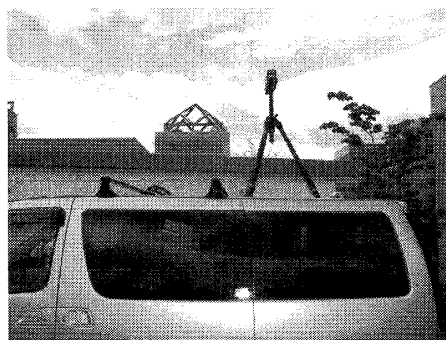


図 1: 車載全方位カメラの一例

正および動物体の除去を行なった結果を示す. 最後に 4. にまとめと今後の課題を示す.

2. 繰り返し処理に基づく色調の補正と動物体の除去

2.1 提案手法の概要

本研究では, 色調補正処理と動物体の除去処理を繰り返すことで動物体除去と色調補正が行なわれた全天球画像データベースの作成を目的とする. 図2に提案手法の処理の流れを示す. まず色調を合わせる基準となる画像(以下, 色調基準画像)を入力画像の中から選択し, 各画像に対して画像全体で色調補正を行なう. その際, ロバスト推定に基づき, 動物体を考慮して色調補正を行なう. 次に色調補正された各画像と色調基準画像との差分から動物体領域を推定し, 動物体を排除した領域を用いて再び色調補正を行なう. これらの処理を繰り返すことにより動物体領域の更新を行い, 動物体を除いた領域で, より正確な色調補正を試みる. 最後に色調補正済の画像中の動物体領域を動物体が存在しない画像領域を用いて補間することにより, 動物体が除去され, かつ色調補正された全方位画像群の生成を行なう.

以下に各処理の詳細を述べる. ただし, 本論文では動物体の除去および色調補正を単純化するために各画像間で撮影位置の位置ずれがないものとした.

2.2 ロバスト推定による動物体領域を考慮した画像全体に対する色調補正

一般に実環境を大量に撮影する場合, 各地点における撮影時刻が異なるため, 天候や日照条件の変化により撮影画像の色調は統一されていない. 本研究では入力画像の中から選択された色調の基準となる画像を用いて, 画像全領域に対して均一な色調補正を行なう. 色調基準画像は, イメージベースドレンダリングなどを行なう際の

[†]奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
 Nara Institute of Science and Technology (NAIST)

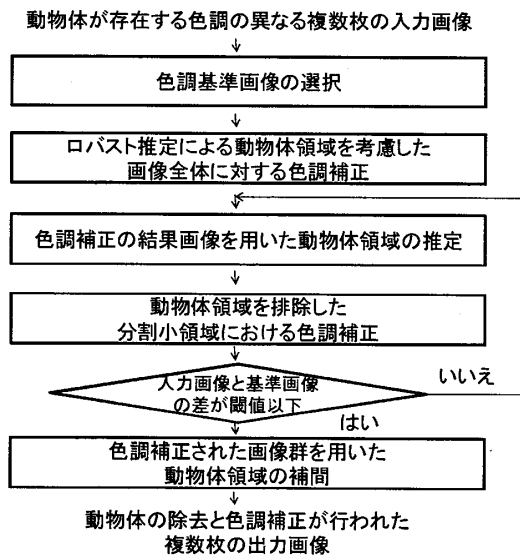


図2: 提案手法の処理の流れ

目的に応じて適当と思われる画像を手動で選択する。

照明条件が異なる複数の全天球画像に対して輝度値を線形変換することで基準画像の色調に合わせる。入力画像の輝度値を色調変換するパラメータを p_a, p_b とした場合の輝度値の線形変換を式 (1) に示す。

$$I'(x, y) = p_a I(x, y) + p_b, \quad (1)$$

ここで $I'(x, y)$ は画素 (x, y) における色調変換後の輝度値を、 $I(x, y)$ は色調補正前の輝度値を表す。色調変換パラメータの推定は入力画像と色調基準画像との各 RGB の輝度値のヒストグラムが一致するように以下の評価関数を最小化することで算出する。

$$e(p_a, p_b) = \sum_i \left\{ h_{out}(i) - \frac{1}{p_a} h_{in} \left(\frac{i - p_b}{p_a} \right) \right\}^2, \quad (2)$$

ここで $e(p_a, p_b)$ は色調基準画像のある領域におけるヒストグラムと入力画像の対応する領域のヒストグラムとの差分を示す。また、 $h_{out}(i)$ は基準画像の輝度値 i の画素数を、 $\frac{1}{p_a} h_{in} \left(\frac{i - p_b}{p_a} \right)$ は色調補正後の輝度値 i の画素数をそれぞれ表す。 $e(p_a, p_b)$ を最小とする色調変換パラメータ p_a, p_b を求めるには計算量を要するため、 p_a, p_b をある範囲内で離散的に変化させたときの $e(p_a, p_b)$ が最小となる p_a, p_b を解とし色調変換に用いる。推定した色調変換パラメータ p_a, p_b から式 (1) に基づき入力画像の R, G, B を独立に変換する。

ここでは画像全体で一組の色調補正パラメータを求めることが目的であるが、入力画像に含まれる動物物体領域を除いて色調変換することが望まれる。そこで本研究では、ロバスト推定法として LMedS 法 [12] を用いて色調変換パラメータを求めることにより動物物体領域の影響を軽減する。まず全天球画像を複数の縦に分割し、各領域で色調変換パラメータを求める。求めた色調変換パラメータを用いて入力画像と色調基準画像との誤差を求め、そ

れぞれの色調変換パラメータにおいて求められた誤差の中央値を算出し、算出された誤差の最小値となる p_a, p_b を色調変換パラメータとして決定する。求められた色調変換パラメータを入力画像に適用し色調補正を行なう。

2.3 色調補正の結果画像を用いた動物物体領域の推定

前節で色調補正された入力画像と色調基準画像との差分から、動物物体の領域を抽出する。本論文では入力画像と色調基準画像の輝度値の差分が一定以上の領域を動物物体と仮定し、この領域を排除した領域で色調変換パラメータを推定する。

2.4 動物物体領域を排除した分割小領域における色調補正

一般に照明条件の異なる画像間では局所的に色調が変化する場合も考えられるため、画像一枚に対し一組のみの色調変換パラメータでは適切な色調補正が行えない場合がある。そこで本研究では色調補正をより正確に行なうため、動物物体領域を排除した画像を小領域に分割し、領域ごとに色調変換パラメータを推定する。まず前節で色調補正された入力画像と色調基準画像の差分から、動物物体の領域を抽出する。次に画像を小領域に分割し、動物物体の領域を排除してヒストグラムの作成を行ない、各領域において前節で述べた手法を用いて色調変換パラメータを推定する。本研究では処理を高速化するため、すべての画素で上述の算出方法を適用せず一定間隔ごとに算出をし、その間を線形補間する。

2.5 色調補正された画像群を用いた動物物体領域の補間

求められた色調変換パラメータを画像全体に適用しても、入力画像に存在する動物物体領域は色調補正処理を繰り返すだけでは除去することはできない。そこで、この色調が補正された動物物体の存在しない画像を用いて各画像における動物物体領域の補間を行なう。入力画像と同様の色調に統一された複数の入力画像を用いて、各対応する画素ごとに複数枚の中央値を算出する処理をすべての画素で行なうことで動物物体の存在しない画像を作成する。この動物物体の存在しない画像を用いて各入力画像における動物物体を排除しその領域を置換することにより、色調補正のされた動物物体が存在しない全天球画像を生成する。

3. 屋外環境で撮影された全天球画像を用いた実験

本実験では予備実験として屋外環境において同一地点から撮影された複数枚の画像を用いて、色調の補正処理と動物物体や陰の除去処理を行なった。本稿では動物物体の除去および色調補正を簡易的に行なうために、固定カメラで撮影し各画像間で撮影位置の位置ずれを排除した状況下で実験を行なった。全方位カメラは Point Grey Research 社製の Ladybug2 を用い、屋外設置し撮影を行った。実験では地上高さ 1.5 メートルの場所に撮影位置を固定して異なる時刻・異なる照明条件の下で撮影した。

図3に入力画像の一例を示す。図3に示すように各入力画像には動物物体が存在し、照明条件の変化により色調が大きく変化していることがわかる。これらの入力画像に対し、図3(a)に示す色調基準画像を一枚定め、LMedS法を用いて画像全体で各画像の色調を補正した。画像全体で色調補正された結果画像を図4に示す。ここでは画

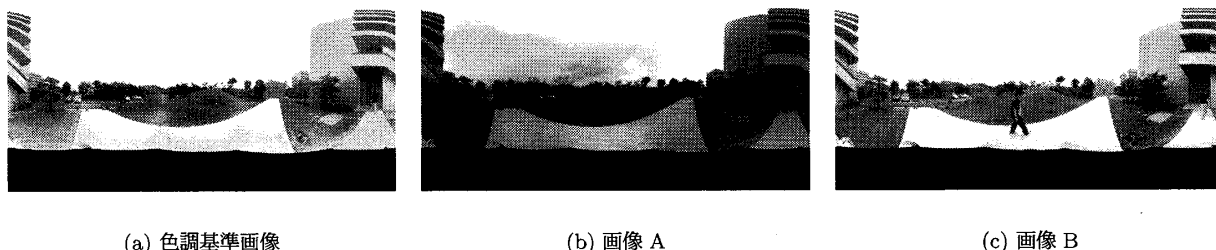


図 3: 照明条件が異なり動物体の存在する入力画像

像全体で一組の変換パラメータしか用いていないため部分的に色調補正が正しく行なわれていないことがわかる。画像全体で色調補正された画像と基準画像との差分から図5に示すような動物体領域を排除するためのマスク画像の生成を行なった。図5のマスク画像では基準画像との輝度値の差分が、ある閾値以上の領域を青色で示している。このマスク画像を用いて再び色調補正を行なった結果を図6に示す。この結果画像より、一組の色調変換パラメータを用いるよりも、小領域に画像を分割し色調変換パラメータを適用した結果画像の方が基準画像に色調が近付いていることがわかる。結果画像において部分的に不自然な領域があるが、これは入力画像の枚数が少ないためと考えられる。入力枚数を増やすことで、より基準画像に近い画像が得られると思われる。最後に、この画像を用いて各入力画像の動物体領域を補間した結果を図7に示す。結果画像より、色調補正を行なった画像の動物体領域を基準画像によって補間できていることが分かる。動物体が完全に除去できていない理由は色調の繰り返し処理の回数が少なかったためであると思われる。今後は最適な変換パラメータを求める繰り返し回数決定方法を自動的に決定する必要があると考えられる。

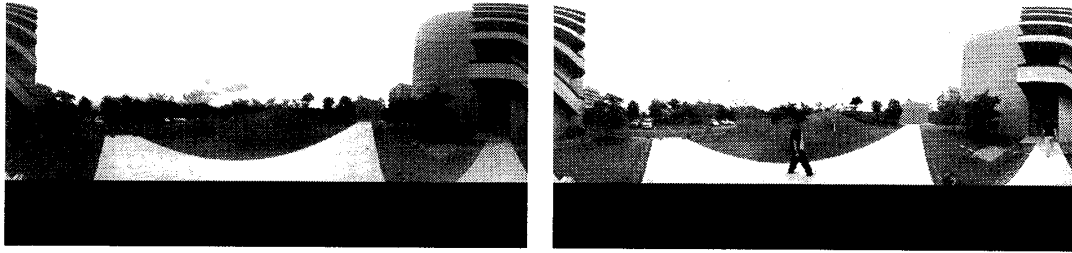
4. まとめ

本研究では照明条件が統一された動物体の存在しない全天球画像のデータベースの作成を目的とし、色調の補正と動物体の除去を行なう手法を提案した。提案手法では色調補正と動物体の除去の二つの処理を交互に行なうことにより動物体にロバストな照明条件の統一を行なった。実験では固定カメラを用いて撮影された全天球画像群に対して動物体の除去および色調補正を行なうことにより、全天球画像のデータベースを構築した。今後の課題として複数の入力画像の撮影位置にずれが存在する場合に動物体の除去および色調補正を行なうことが挙げられる。

謝辞 本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費基盤研究(A) No. 19200016による。

参考文献

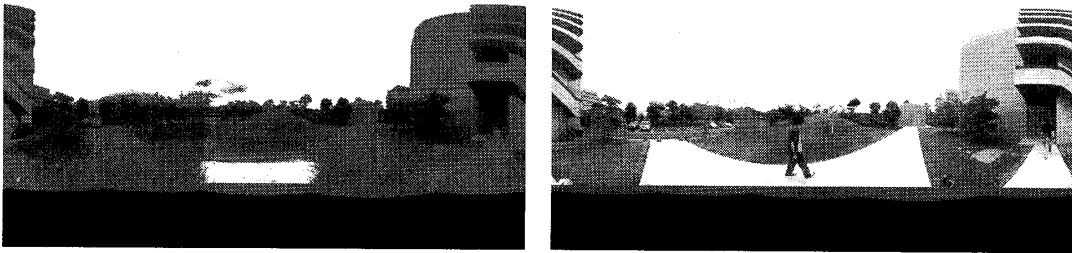
- [1] S. Ono, K. Ogawara, M. Kagesawa, H. Kawasaki, M. Onuki, K. Honda and K. Ikeuchi: "Driving view simulation synthesizing virtual geometry and real images in an experimental mixed-reality traffic space," Proceedings of IEEE and ACM International Symposium on Mixed Augmented Reality (ISMAR), pp. 214-215, 2005.
- [2] J. I. Park and S. Inoue: "Image-based rendering from multi-view images," Journal of ITE, Vol. 52, No. 3, pp. 371-376, 1998.
- [3] M. Hori, M. Kanbara and N. Yokoya: "Novel stereoscopic view generation by image-based rendering coordinated with depth information," Proceedings of the 15th Scandinavian Conference on Image Analysis (SCIA2007), pp. 193-202, 2007.
- [4] R. Sato, S. Ono, H. Kawasaki and K. Ikeuchi: "Real-time image-based rendering system for virtual city based on image compression technique and eigen texture method," International Conference on Pattern Recognition (ICPR08), 2008.
- [5] 堀, 神原, 横矢: "被写体距離を考慮した image-based rendering による広域屋外環境の両眼ステレオ画像生成", 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2007) 講演論文集, pp. 303-309, 2007.
- [6] 一刈, 西沢, 波多野, 柴田, 田村: "映画制作のための複合現実型プレビジュアルゼーション(4) - relighting による映画の照明効果の付与 -", 第5回デジタルコンテンツシンポジウム講演予稿集, 6-3, 2009.
- [7] L. B. Vinh, 角田, 川上, 大石, 池内: "全方位カメラを用いた屋外複合現実感におけるオクルージョンを考慮した移動物体の検出と影の除去", 情報処理学会研究報告, コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol. 36, pp. 295-300, 2008.
- [8] H. Amirshahi, S. Kondo, K. Ito and T. Aoki: "An image completion algorithm using occlusion-free images from internet photo sharing sites," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol. E91-A, No. 10, pp. 2918-2927, 2008.
- [9] 森田, 岩井, 谷内田: "室内における背景画像の推定と影の除去", 情報処理学会論文誌, コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol. 44, SIG9(CVIM7), pp. 105-114, 2003.
- [10] F. Shao, G. Jiang and M. Yu: "New color correction method of multi-view images for view rendering in free-viewpoint television," WSEAS Transactions on Computers, Vol. 7, No. 5, pp. 569-578, 2008.
- [11] N. Moroney: "Local color correction using non-linear masking," Eighth Color Imaging Conference: Color Science and Engineering Systems, Technologies, Applications, pp. 108-111, 2000.
- [12] D. Massart, L. Kaufman, P. Rousseeuw and A. Leroy: "Least median of squares: a robust method for outlier and model error detection in regression and calibration," Analytica Chimica Acta, Vol. 187, pp. 171-179, 1986.



(a) 画像 A

(b) 画像 B

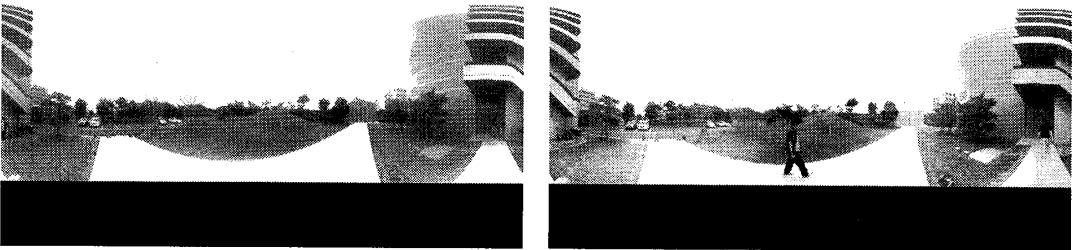
図 4: 画像全体で色調補正された結果画像



(a) 画像 A

(b) 画像 B

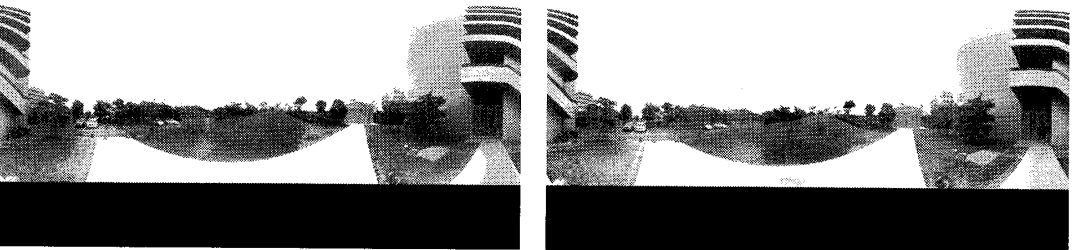
図 5: 色調補正に用いられる動物体領域を排除したマスク画像



(a) 画像 A

(b) 画像 B

図 6: 動物体領域以外を小領域に分割し色調補正した結果画像



(a) 画像 A

(b) 画像 B

図 7: 動物体領域を色調補正された画像で補間した結果画像