全天球画像データベース作成のための動物体除去と色調統一 高橋 英之[†] 堀 磨伊也[†] 神原 誠之[†] 横矢 直和[†]

† 奈良先端科学技術大学院大学 〒 630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5 E-mail: †{hideyuki-t,maiya-h,kanbara,yokoya}@is.naist.jp

あらまし 移動カメラを用いて異なる地点・時刻に撮影された全天球画像群を入力として画像処理を行なう研究では, 入力画像間での色調の統一および画像中の動物体や陰の除去処理が要求される.本研究では異なる地点・時刻におい て撮影された映像から,動物体・陰・色調の差異による見え方の違いを取り除いた全天球画像データベースの作成を 目的とする.従来撮影された画像間において,照明条件が大きく変化するような環境では動物体除去が,また動物体 や陰が存在するような環境では色調統一が困難であった.そこで本研究では,画像間での色調統一に必要な線形濃度 変換パラメータの推定処理と動物体候補領域の推定処理を交互に繰り返し行うことで,これらの問題を同時に解決し, 動物体除去および色調統一された全天球画像データベースの作成を試みる.実験では,屋外環境において車載全方位 カメラで異なる地点・時刻に撮影された全天球画像群の色調の統一および動物体や陰の除去を行なった結果を示す. **キーワード** 全天球画像,動物体の除去,色調統一,画像データベース

Removal of Moving Objects and Consistency of Color for an Omnidirectional Image Database

Hideyuki TAKAHASHI[†], Maiya HORI[†], Masayuki KANBARA[†], and Naokazu YOKOYA[†]

† Nara Institute of Science and Technology (NAIST)
8916–5 Takayama, Ikoma, Nara, 630–0192, Japan
E-mail: †{hideyuki-t,maiya-h,kanbara,yokoya}@is.naist.jp

Abstract This report proposes a method for removing inconsistencies of images due to moving objects, shadows and color tone from an omnidirectional image database. The database is used for archive of outdoor scene in wide areas or generation of novel view images based on image-based rendering. In conventional methods, to remove moving objects in outdoor environment where illumination condition drastically changes, and to be consistent color tone of images which included moving objects and shadows are difficult. In order to realize consistency of images, the proposed method iterates the following two processes: 1) removal of moving objects and 2) consistency of color tone of images. Consistency of color tone is realized by estimating linear transformation parameters which change histogram of input image to that of standard image. In experiments, we show resultant images by removing inconsistencies among omnidirectional images captured with a car-mounted omnidirectional camera in outdoor environment.

Key words omnidirectional image, moving object removal, color consistency, image database

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 遠隔地のシーンが閲覧可能なサービスや, さらに映像の 撮影地点だけでなく, その周辺における新視点映像をイ メージベースドレンダリング (IBR) 等を利用して生成す る研究 [1]~[3] が多くみられるようになってきた. これ らの研究の多くは車載の全方位カメラなどでさまざまな 地点で撮影された画像データベースを入力とすることで 実現されている.一般に,異なる地点・時刻で撮影され た画像により作成された画像データベースは,撮影時の 照明条件の変化や動物体の存在が問題となる.例えば, Google ストリートビューでは,入力画像の色調が大きく 異なる場合や,動物体が存在している場所では,隣接す る地点において見え方が大きく変化する場合がある.一 方,IBR により新視点映像を生成する手法では,複数の 画像を入力とし画像合成を行なうため,画像中に動物体 や色調の異なる領域が含まれる場合,正確な画像合成が 行なえない. これらの問題を解決するためには動物体が 存在せず, かつ色調が統一された画像データベースが必 要とされる.

従来,画像中の動物体を除去する手法として,動物体 領域を異なる時刻に撮影された画像中の動物体の存在し ない同領域を用いて補完する手法[4]が一般的であるが, 色調の大きく異なる画像を用いて単純に補完を試みると 補完された領域のみ色調が異なり,結果画像の光学的な 整合性が保てなくなる.そのため照明条件が大きく変化 する環境にそのまま適用することは困難である.また, 物体が落とす陰を動物体領域として扱い,複数の照明条 件下で光源環境を推定し,照明の変化に対応して陰の除 去を行なう手法[5],[6]が提案されているが,背景と類似 した色の物体の検出漏れが問題として挙げられる.

一方,色調統一を行なう研究として,色調の異なる入 力画像を領域分割し,局所的に変化する色調の統一を行 なう研究[7]が挙げられるが,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は 色調統一を正しく行なうことが困難であった.また,色 調補正を行なった後に動物体除去を行なう研究[8],[9]で は,照明の変化に対応した動物体検出を行なっているが 屋外環境などの照明条件が大きく変化する場合には対応 できない問題がある.

このように異なる地点・時刻で撮影された画像に対し 従来手法をそのまま適用した場合,動物体や陰の存在, 照明条件の大きな変化に同時に対応することは困難であ る. さらに本研究のように屋外の広域環境を効率的に撮 影するために全方位カメラの利用を想定した場合、カメ ラが広角であるために動物体が撮影されやすく、屋外は 光源環境の変化が大きいといった観点から、それらの問 題点には柔軟に対応する必要がある.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群から、動物 体・陰・色調の差異による画像間の違いを取り除く手法 の提案を行なう.本研究では IBR による画像生成手法な どの入力となる全天球画像データベースの対象として屋 外環境を想定し、車載の全方位カメラで複数回同じパス を撮影した画像群を入力とする. それらの画像は位置・ 姿勢情報を保持しており, 密に撮影されていると仮定す る. 提案手法では, 画像間での色調統一に必要な線形濃 度変換パラメータの推定処理と動物体候補領域の推定処 理を交互に繰り返し行うことで全天球画像間での見え方 の違いを取り除く. 二つの処理を交互に繰り返すことで 色調の異なる画像間から動物体領域の絞り込みを行ない, 動物体領域の除去かつ色調の一貫性を持つ画像の生成を 行なう手法を提案する.

全天球画像データベース作成のための動物 体除去と色調統一

2.1 提案手法の概要

本研究では、動物体候補領域の推定処理と線形濃度変



図1 提案手法の処理の流れ

換パラメータの推定処理を繰り返すことで、段階的な色 調統一と動物体候補領域の絞り込みを行ない、動物体除 去かつ色調統一された全天球画像データベースの作成を 試みる.提案手法の処理の流れを図1に示す.本手法は 大きく分けて前処理,反復処理,後処理の三つの処理で 構成される. 前処理では基準となる画像(以下, 色調基 準画像)を入力画像群の中から1枚選択し,入力画像全 てに対して空領域など線形濃度変換では色調変換できな い領域を事前に取り除く (図1(A)). 反復処理 (図1(B)~ (D)) では動物体候補領域の推定処理と線形濃度変換パ ラメータの推定処理を交互に繰り返し行なう. まずロバ スト推定のアプローチを用いて,動物体候補領域を外れ 値として排除した領域に対して線形濃度変換パラメータ を推定する (図 1(B)). 次に推定された線形濃度変換パ ラメータを用いて色調変換された画像と色調基準画像の 輝度値の差分を求めることで動物体候補領域を推定する (図1(C)). 処理対象済みの領域における動物体候補領域 の割合が一定閾値以上ならば分割小領域の一部に動物体 が存在すると考え、領域を分割処理(図1(D))し、その 分割された各領域に対し再度反復処理を行なう. この反 復処理 (図 1(B)~(D)) を領域分割しながら再帰的に繰り 返すことで動物体候補領域の絞り込みと段階的な色調統 一を実現する.後処理では反復処理で動物体候補として 推定された領域を色調統一入力画像群を用いて補完 (図 1(E)) する.

2.2 前処理: 非線形濃度変換領域の除去

本研究では色調統一を行なう際の仮定として,動物体 以外の領域において物体の色調は線形濃度変換によって 補正することができるものとする.ただし屋外環境を全 方位カメラで撮影した場合に映り込む空領域は,表現で きる輝度値の最大値を超える場合や動物体である雲の存 在があるため,線形濃度変換によって正しい色調に変換 することができない可能性がある.本手法では空領域は, 全天球画像の上部に存在し輝度値が一定閾値以上の領域 と仮定し,事前に検出・除去する.また,本研究で用い る全天球画像中には,移動撮影時に環境以外の領域,例 えば撮影した際の車両の一部などが映っている.これら の領域は,画像データベースを作成する際に不必要な領 域のため,空領域と同様に事前に除去する.

2.3 反復処理:動物体候補領域推定と線形濃度変 換パラメータの推定

本節では動物体候補の推定処理と線形濃度変換パラ メータの推定処理を交互に行なうことで動物体以外の領 域において色調統一を行なう手法について述べる.まず 2.3.1と2.3.2ではロバスト推定法に基づく色調統一を 行なう手法と,その処理中に用いる2つの領域間の色調 統一のための線形濃度変換パラメータの推定処理をそれ ぞれ述べる.2.3.3では色調変換された画像と色調基準 画像の輝度値の差分から動物体候補領域の推定処理につ いて詳述する.最後に2.3.4では処理対象領域における 動物体候補領域の割合を求め,一定割合以上ならば領域 の一部に動物体が存在すると判断し,領域の分割処理を 行なう手法について述べる.本項で述べる処理を繰り返 すことで動物体以外の領域で色調統一を行なう.以下に 各項の詳細について述べる.

2.3.1 色調統一のための線形濃度変換パラメータの 推定

一般に屋外環境で大量に画像の取得を行なう場合,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ない.上述のよう な色調が異なる画像間では、背景差分などの手法では一 般的に動物体を検出・除去することはできない.本項で は、画像中から背景差分によって動物体候補領域を検出 するために、入力画像の中から選択された色調基準画像 と色調統一を行なう手法について述べる. また, ここで 用いる色調基準画像は、IBR などを行なう際に適切と思 われる白とびや黒つぶれがない画像を手動で選択する. 線形濃度変換パラメータの推定を行なう際に車載全方位 カメラで移動撮影された画像を入力として用いると、色 調基準画像と入力画像の撮影位置には、ずれが存在する ため、 画素ごとに線形濃度変換パラメータの推定を行な うことはできない. そこで本研究では線形濃度変換パラ メータの推定を行なう際に、位置ずれの影響を軽減する ために色調基準画像と入力画像の一定領域でヒストグラ ムを作成し、互いのヒストグラムの類似度が最大となる ように線形濃度変換パラメータの推定を行なう.以下に、 照明条件が異なる任意の2つの領域の全天球画像の輝度 値を線形変換することで、基準画像の色調に合わせる処 理について詳述する.

本手法では照明条件の変化による見え方の違いに対す る色調変換は線形変換によって補正することができると 仮定し,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,輝度値の変換式(1)を以下に示す.

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

ここで I'(x, y) は画素位置 (x, y) における色調変換後の 輝度値, I(x, y) は画素位置 (x, y) における色調変換前の 輝度値を表す.入力画像と色調基準画像間で輝度値のヒ ストグラムの類似度が最大となるように線形濃度変換パ ラメータの推定を行なう.本手法では以下の式 (2) に示 す Bhattacharyya 係数を用いて色調基準画像と入力画像 とのヒストグラムの類似度 γ を算出する.ここで用いる Bhattacharyya 係数は内積を使うことで外れ値の影響を 受けにくいという利点がある.

$$\gamma = \sum_{i \in C} \sqrt{h_A(i)h_B(i)},\tag{2}$$

ここで $h_A(i)$ は入力画像における輝度値 i の頻度を, $h_B(i)$ は色調基準画像の輝度値 i の頻度を表す. γ は二つ のヒストグラムが類似するほど大きな値になり,完全に 一致すると $\gamma = 1$ となる. γ が 1 に近づくように線形濃 度変換パラメータ 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 γ が最も 1 に近づくときの p_a, p_b を解とする. 推定した線 形濃度変換パラメータ p_a, p_b を用いて式 (1) に基づき入 力画像の R, G, B を独立に変換する.

2.3.2 ロバスト推定法に基づく色調変換

線形濃度変換によって正しく色調変換することができ ない領域として 2.2 で述べた領域以外に動物体領域も含 まれる.一般的に動物体領域が存在する状態で線形濃度 変換パラメータの推定処理を行なうと、その領域では正 しく線形濃度変換パラメータが推定できない.そこで、 動物体領域を除去して色調変換を行なうことが望まれる が、動物体領域は空領域などとは異なり一枚の入力画像 や異なる色調の画像群から推定することは困難である. 本研究では、ロバスト推定法として LMedS 法 [10] に基 づき動物体の候補領域を排除して濃度変換パラメータを 求めることにより処理対象領域に対する線形濃度変換パ ラメータの推定を行なう.

動物体領域の影響を排除して線形濃度変換パラメータ の推定を行なうためのロバスト推定法について図2に概 略を示す.LMedS法に基づき線形濃度変換パラメータ を算出するための前提条件として,動物体候補領域が分 割小領域の画素数の半分以下である必要がある.入力画





(ii) 領域ごとに変換パラメータ

 (p_{a_0}, p_{b_0}) ~ (p_{a_n}, p_{b_n}) を推定

(i) ランダムに取得した点を中心とする 領域を作成 (赤枠内は動物体を含む)



(iii)変換パラメータを各領域に適用し ヒストグラムの類似度の中央値を選択 (これをすべての変換パラメータで実行)

(iv) 選択された類似度の中で最も高い 類似度の変換パラメータ(青枠)を取得

図 2 LMedS 法を用いた分割小領域に対する線形濃度変換パ ラメータの推定

像中の動物体候補領域が半分以下であるなら,ランダム サンプリングを繰り返し行なうことで,動物体の影響を 排除し線形濃度変換パラメータの推定が可能である.

図 2(i) に示すように、ランダムサンプリングされた領 域ごとにヒストグラムの類似度を求める評価関数を用い て線形濃度変換パラメータを推定する.動物体が存在し ない場合には各領域で同様の線形濃度変換パラメータを 推定することが可能である. その後, 図 2(ii) に示すよう に領域ごとに算出された線形濃度変換パラメータをそれ ぞれ他の領域に適用する.もし,適用する領域内に動物 体が存在しない場合には色調変換後のヒストグラムと色 調基準画像のヒストグラムの類似度が高くなる.逆に, 線形濃度変換パラメータを適用する領域に動物体が存在 する場合, 色調変換後のヒストグラムと色調基準画像の ヒストグラムの類似度が低くなる.動物体が存在しない 領域が半数以上あれば,図2(iii)に示すように領域ごと に算出された類似度の中央値を取ることで動物体が存在 しない領域に対して色調変換した場合の類似度の算出が 可能である. 最後に図 2(iv) に示すように, それぞれの 領域で求められたヒストグラムの類似度を比較し、類似 度が最も1に近づく pa, pb を線形濃度変換パラメータと し、入力画像の 2.2 で事前除去した領域以外に適用し色 調変換を行なう.この結果,動物体が含まれる領域を排 除した色調統一が可能である.

2.3.3 動物体候補領域の推定

2.3.2 でロバスト推定法を用いて色調変換処理された 画像と色調基準画像との輝度値の差分を計算することで 動物体候補領域の推定を行なう.本研究では移動カメラ で撮影された画像を入力としているため,入力画像間に 位置ずれが存在している.そのため輝度値の差分を計算 する際,領域ごとにテンプレートマッチングを行ない, 画像間の位置ずれを考慮して動物体候補領域の推定を行 なう.ここでは推定された動物体候補領域に対しマスク 処理を行ない,次節で行なう領域分割処理に用いる.



2.3.4 処理対象領域の分割

各々の処理対象領域において,動物体候補領域の占め る割合を計算し,一定割合以上であった場合,処理対象 領域には変換パラメータの異なる物体が存在していると 考え,処理対象領域を分割し線形濃度変換パラメータの 推定を行なう.図3に入力画像が再分割されている様子 を示す.これにより線形濃度変換パラメータの異なる物 体に対して,領域ごとに過半数を占める物体の線形濃度 変換パラメータを適用することができる.

これらの処理を繰り返し行うことで,動物体以外の領 域を色調統一することができる.繰り返し処理において 処理対象領域の分割を再帰的に行なう際,領域の大きさ を一定以上に保つことで位置ずれの影響にロバストな線 形濃度変換パラメータの推定が可能である.

2.4 後処理:動物体候補領域の補完

推定された線形濃度変換パラメータを画像に適用した としても、図4に示すように、入力画像に存在する動物 体候補領域は色調変換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、図5に示すような近隣地点で 撮影された全天球画像群を用いて動物体候補として推定 された領域の補完を行う.ここでは色調変換された入力 画像群の中に動物体候補領域の背景が存在するという仮 定の下で動物体候補領域の補完を行う.本研究では動物 体候補領域の補完を行なう際、画像間の位置ずれを考慮 するために入力画像において動物体候補領域と推定され る領域に対応する領域を色調の補正された入力画像群か ら探索し補完を行なう.以下に処理手順を述べる.

- (1) 分割小領域ごとに動物体と推定される領域を除いて テンプレートの作成を行なう.
- (2) テンプレートと対応する領域をパターン類似度として Sum of Squared Differences (SSD) を利用することで色調変換された画像群から探索する.
- (3) 色調変換された画像群は動物体が存在しない領域で は同様の色調という仮定の下,対応する領域をそれ



図 4 動物体候補領域を含む入力画像を色調変換した例 (囲われた領域内には動物体が存在し,色調変換が正しく行なわれていない.)





図 5 動物体候補領域を補完するために使用される色調変換さ れた全天球画像群例 (各画像から対応する領域を探索し て補完)

ぞれの画像群から取り出し,各画素の中央値を求めることで動物体候補領域を補完する.

3.1 全方位画像の撮影環境

本実験では車載全方位カメラで撮影された入力画像群 を用いて色調の統一と動物体や陰の除去を行なった.本 研究ではイメージベースドレンダリングやモデルベース ドレンダリングなど新視点映像の生成に必要な情報であ るカメラの位置・姿勢情報を、GPS やジャイロセンサ を用いて取得する方法 [11] や, Structure from Motion 法[12] などのビジョンベースの方法[13] であらかじめ取 得されているものとする. また, 本実験では入力画像と して5枚の全天球画像群を一組とし実験を行なった.入 力画像はそれぞれ撮影地点・時刻の異なる画像であり, また半径 1m 以内で密に撮影されている.図6に入力画 像の一例を示す. 図6に示すように各入力画像には動物 体が存在し,照明条件の変化より色調が大きく変化して いることが分かる.また、各入力画像には撮影位置の不 一致による画像の位置ずれが存在する.入力画像の詳細 を表1に示す.

撮影には全方位マルチカメラシステム (Point Grey Research 社製の Ladybug2) を用い,屋外環境での撮影 を行なった.Ladybug2 は水平方向に 5 個,上方向に 1 個の CCD カメラが外向きに配置されており,各カメラ は 768 × 1024 画素の解像度の画像を取得可能である.そ



図7 車載全方位カメラ

れぞれのカメラにおけるキャリブレーションはあらかじ め行ない,カメラ間の色調の違いは取り除かれているも のとする.実験では図7に示すように車載全方位マルチ カメラシステムを用いて移動しながら撮影することで, 異なる時刻に異なる照明条件の下で画像群の取得を行 なった.

3.2 実験結果と考察

本実験では図 6(a) のような,動物体が存在しない上に 陰領域が少ない曇りの日に撮影された画像を色調基準画 像として一枚定め,実験を行なった.まず図 6 に示す入 力画像に対し,空領域と推定される領域と撮影車両の領 域を事前に除去した.空領域は画像の上部に存在する高 輝度値の領域と仮定し,入力画像における高さが半分以 上の領域であり,かつ R,G,Bの輝度値が 210 以上の領 域もしくは B の値が他の R,G よりも輝度値が 50 以上 高い領域を空とみなし,検出・除去した.また色調変換 時に不必要な撮影車両の領域は手動でマスク画像を生成 し除去した.空領域と撮影車両領域を検出・除去した結 果画像の例を図 8 に示す.図 8 では画像右部に存在する 建物上部が空領域と誤検出されてしまっているが,これ は光源の影響で輝度値が飽和しているためであると考え られる.

次に入力画像 A に対する処理結果を図 9 に示す. LMedS 法を用いて画像全体で各画像の色調を補正した結果を図 9(a) に示す.ここでは画像全体で一組の変換パラメータを推定し入力画像に対して適用しているため,全体的に色調が近づくような結果となっていることが分かる.色調変換後の画像と色調基準画像の輝度値の

表1 入力となる全天球画像の一例

	撮影時の		色調基準画像			
	天候	撮影時刻	との輝度の差異			
色調基準	曇り	12 時				
画像 A	晴れ	10 時	明			
画像 B	曇り	17 時	暗			
画像 C	曇り	16 時	暗			
画像 D	晴れ	13 時	明			
画像 E	晴れ	16 時	暗			



(a) 色調基準画像

(b) 画像 A







(d) 画像 C



(e) 画像 D

(f) 画像 E

図 6 色調基準画像および照明条件が異なり動物体が存在する入力画像の一例



図 8 入力画像に対する空領域と撮影車両の除去結果画像例 (緑色領域は除去した領域)

差分を算出し,輝度値の差分が 15 以上ある部分を赤色 にマスク処理を施した画像を図 9(b) に示す.図 9(b) 中 の一部の道路に見られるように,同一の反射特性を持つ 物体であっても正しく色調変換されている場所と正しく 色調変換されていない場所が混在していることが分かる. この結果から,入力画像に対して一組の変換パラメータ だけで色調変換を行なうことは困難で,小領域に分けて それぞれの領域で線形濃度変換パラメータを推定しなけ ればならないことが分かる.次に動物体候補と推定され た処理対象領域の分割を行ない繰り返しロバスト推定に 基づく線形濃度変換パラメータの推定し,色調変換を行 なった結果を図 9(c) に示す.これらの画像から,ロバス ト推定に基づき動物体を排除して繰り返し処理を行なう ことで動物体周辺の領域で画像の色調が近づいているこ とが確認される.図 9(d) には,繰り返し処理の結果画像 と色調基準画像との輝度値の差が 15 以上である領域を マスク処理した画像を示す.これらの結果より,動物体 候補領域のみの検出が行なわれていることが分かる.

次に,色調変換された画像を用いて各入力画像の動物 体候補領域を補完した結果を図 10 に示す.図 10(b) で は,色調基準画像に比べ全体的に輝度値の高い画像が低 く補正され,入力画像の中央部に存在する移動車両が除 去されていることが分かる。また,図 10(c) では,全体的 に輝度値の低かった画像が補正され,移動車両の領域が 正しく補完されていることが分かる.しかし,図 10(d), 10(e),10(f) に示されるように,補完領域の境界部で擬似 エッジが発生する問題がある.これらは各入力画像間で の色調統一の不完全さや,動物体を補完するときの位置 合わせの精度の低さが原因であると考えられる.

最後に本研究の有効性を示すための評価を行なった.



(a) 画像全体で色調変換した画像



(b) 画像全体での色調変換後の動物体候補領域の推定 (赤色領 域が動物体と推定された領域)



(c) 繰り返し処理を行ない色調統一した画像

(d) 繰り返し処理後の動物体候補領域の推定 (赤色領域が動物 体と推定された領域)

図 9 入力画像 A に対して繰り返し色調変換した結果画像

評価方法として色調基準画像と変換前の入力画像および 変換後の入力画像とのヒストグラムの類似度を算出した. ヒストグラムの類似度は Bhattacharyya 係数を用いた. 表2に各入力画像と色調基準画像のヒストグラムと,各 出力画像と色調基準画像とのヒストグラムの類似度を示 す.表2に示すように入力画像と色調基準画像の類似度 に比べ,出力画像と色調基準画像のヒストグラムの類似 度の方が全てにおいて改善されていることが分かる.こ れより,入力画像から動物体候補領域が取り除かれ色調 統一されていることが確認できた.

4. まとめ

本研究ではイメージベースドレンダリングやモデル ベースドレンダリングの手法によって新視点映像を生成

表 2 色調基準画像とのヒストグラムの類似度 (1 に近い方が 類似度が高い)

画像		R(赤)	G(緑)	B(青)
入力画像 A	変換前	0.8429	0.8996	0.8877
	変換後	0.9945	0.9925	0.9916
入力画像 B	変換前	0.9585	0.9703	0.9669
	変換後	0.9943	0.9921	0.9918
入力画像 C	変換前	0.9717	0.9740	0.9697
	変換後	0.9955	0.9935	0.9934
入力画像 D	変換前	0.9036	0.9265	0.9251
	変換後	0.9944	0.9909	0.9920
入力画像 E	変換前	0.9203	0.9346	0.9306
	変換後	0.9913	0.9817	0.9856

する際などに必要となる全天球画像データベースの作成 を目的とし,動物体除去と色調統一を行なう手法を提案 した.提案手法では線形濃度変換パラメータの推定処理 と動物体候補領域の推定処理の二つの処理を交互に繰り 返し行なうことで,高精度な動物体除去かつ動物体に影 響を受けない色調統一を実現した.実験から,画像を一 度だけ分割小領域に分けるのでなく,動物体候補領域と 推定された処理対象領域を繰り返し分割を行ない線形濃 度変換パラメータの推定と動物体候補領域を推定するこ とで,より色調基準画像に近い色調に補正することが可 能となった.これは,動物体候補領域と推定された処理 対象領域には線形濃度変換パラメータの異なる領域が多 く含まれているためである.

今後の課題として,動物体を補完する際の位置合わせ の精度の向上が挙げられる.さらに物体の一部が空領域 として誤検出された問題に対して,空領域の高精度な検 出方法の検討も挙げられる.また,分割小領域での色調 統一を反射特性の同じ物体に色調変換処理を行なうこと で,より正確な色調統一が可能だと考えられる.

謝辞 本研究の一部は,科学研究費補助金 (基盤研究 (A), No.19200016) による.

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 the 4th IEEE and ACM International



(a) 色調基準画像

(b) 画像 A



(c) 画像 B

(d) 画像 C



(e) 画像 D

(f) 画像 E

図 10 入力画像 (図 6) に対して提案手法を用いて動物体除去と色調統一した結果

Symposium on Mixed Augmented Reality (ISMAR), pp. 214–215, 2005.

- [2] M. Hori, M. Kanbara and N. Yokoya: "Novel stereoscopic view generation by image-based rendering coordinated with depth information," Scandinavian Conference on Image Analysis (SCIA2007), pp. 193– 202, 2007.
- [3] R. Sato, S. Ono, H. Kawasaki and K. Ikeuchi: "Realtime image-based rendering system for virtual city based on image compression technique and eigen texture method," International Conference on Pattern Recognition (ICPR08), 2008.
- [4] 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. 91, No. 10, pp. 2918–2927, 2008.
- [5] G. Finlayson, S. Hordley and M. Drew: "Removing shadows from images," Proceedings of the 7th European Conference on Computer Vision-Part IV (ECCV2002), pp. 823–836, 2002.
- [6] 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, CVIM, Vol. 44, No. 9, pp. 105–114, 2003.
- [7] N. Moroney: "Local color correction using non-linear

masking," Color Science and Engineering Systems, Technologies, Applications, pp. 108–111, 2000.

- [8] 土田, 川西, 村瀬, 高木: "背景差分法による物体検出を 目的とした逐次モンテカルロ法による背景推定", 電子 情報通信学会論文誌. D-II, 情報・システム, II-パターン 処理, Vol. 87, No. 5, pp. 1062–1070, 2004.
- [9] 霧生,北澤: "移動物体抽出における一時静止物体・ゴースト・影の統一的処理手法",電子情報通信学会技術研究報告, SIP, Vol. 107, No. 22, pp. 7–12, 2007.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] P. Beardsley, A.Zisserman and D. Murray: "Sequential updating of projective and affine structure from motion," International Journal of Computer Vision, Vol. 23, No. 3, pp. 235–259, 1997.
- [13] 佐藤,神原,横矢,竹村: "マーカと自然特徴点の追跡に よる動画像からのカメラ移動パラメータの復元",電子 情報通信学会論文誌, Vol. 86, No. 10, pp. 1431–1440, 2003.