

## 平行移動と回転によるパノラマ画像モザイクング

## Panorama Image Mosaicing by Parallel and Rotation Transformation

越智慎介† 久保田裕紀† 石渡洋考† 高良敬之† 小林 喬† 嶋 好博†  
Shinsuke Ochi Hiroki Kubota Hirotaka Ishiwata Takayuki Koura Takashi Kobayashi Yoshihiro Shima

## 1 概要

安価なデジタルカメラやカメラ付の携帯電話で広い視野(被写体)を撮影したいという主旨のもと、重なりのある複数の画像の位置を速く、正確に合わせるための新アルゴリズムを提案する。本アルゴリズムでは画像を平行移動、又は回転することにより合成可能なものを取り扱っている。倍率の異なる画像には対応していない。新アルゴリズムでは、正確さの向上を目指し(1)微分画像による特定特徴領域の判定、及び、(2)最小値評価量として従来の平均二乗誤差に替わり面積を加味させた二乗誤差による最小値評価、等を行っている。また、速度面での向上を図るため、(3)画素アクセス範囲を重なり領域に限定し、(4)画素アクセス時の間引きサンプリング等を行っている。

## 2 従来の問題点と解決方法

画像の重ね合わせ評価方法として、2枚の画像に対して画素値の差を求め、この誤差を累積して領域の面積で割るという(a)平均二乗誤差の最小値検出法が知られている。この方法では、(b)誤差の累積処理を途中で打ち切り速度を向上させている[1]。また、重ね合わせ処理の高速化のため、粗精二段階の探索を行うことが知られている[2]。さらに、(c)画像の内部のエッジを検出して重ね合わせに利用することが知られている[3]。(a)の方法では、重ね合わせる領域の面積が変化する場合は、面積で平均化しているため、誤った小領域で良好な評価量が得られるという問題がある。また、(b)の高速化のための途中打ち切り方法では、その打ち切り条件と正確さの関係が明確でない。さらに、(c)の方法は、風景写真のように任意の形状を有する画像にそのまま適用することはできない。そこで、提案する新アルゴリズムでは、正確さを目指し、特徴のあるランドマークを検出するアプローチをとる。また、誤差評価量を面積により補正する。さらに、位置探索リジェクト(拒絶)時、上記補正值を変えリトライ(再試行)する制御を採用する。また、高速性を目指し、画素アクセスのループ回数低減を行う。

## 3 特徴検出に基づく高精度・高速画像照合

図1に本アルゴリズムに於ける画像配置探索の概要を示す。入力画像1を基準に入力画像2を左上段から右下段までスライドさせ、一致箇所の探索を行っている。角度を変化させ撮影した画像では平行移動だけでは一致箇所が見つからないため、入力画像2の角度に1度刻みで変化をつけスライドすることにより一致箇所の探索を行っている。図2に提案アルゴリズムの基本構成を示す。縮小画像による粗精二段階の探索処理[2]を行う。また、その上位にリト

ライ制御を設け探索処理が拒絶時、再試行する。拒絶判定は特徴的なランドマークの有無により行う。

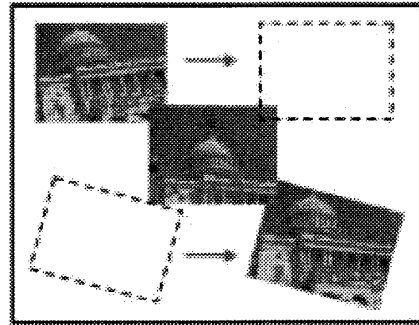


図1 画像配置探索の概要

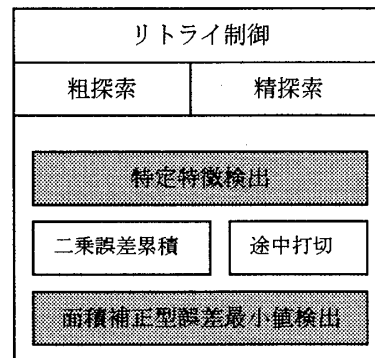


図2 基本構成

(a)正確さを目指したアルゴリズム

・特定特徴検出:画像から特定特徴の検出を行う。図3(a)に示す1枚の画像に対して、図3(b)に示すような微分画像を求め、ランドマークが重ね合わせ領域にあるかどうかの判定を行う。



図3 ランドマーク判定のための微分画像

このランドマーク判定により、青い空のように一様で変化の少ない領域では重ね合わせ探索結果を無効にする。具体的には、微分値が閾値  $T_1$  より大きい画素の個数を計数

し、当該画素の個数が所定値より大きければランドマークが存在するとしている。エラー率と上記の閾値や所定値との関係についての予備実験結果から微分値の閾値  $T_1$  を5、画素数の下限値  $T_2$  を10に値を設定した。画素値を  $v(x, y)$  とすると微分値は

$$|v(x, y) - v(x-1, y)| > T_1$$

を満たす。このとき画素数  $N$  は

$$N \geq T_2$$

となる。

・平均二乗誤差の面積による補正：従来、重なり領域内の累積二乗誤差を領域の面積で割った平均二乗誤差を評価量としていた。しかしながら、重なり領域の面積が小さい個所で評価が良好（平均二乗誤差が小）となり、探索が誤る。このため、重なり領域の面積が大きいほど評価を良とする補正を行う。重なり領域の面積にべき乗の補正を行い、補正後の面積で累積誤差を割る方法を採用した。べき数  $\alpha$  として1.5乗を採用する。Eを二乗誤差の累積、Aを重なり領域の面積（画素数）とすると面積補正評価量  $M'$  は

$$M' = E / A^\alpha \quad (\alpha = 1.5)$$

となる。

#### (b) 高速化アルゴリズム

・誤差計算の途中打ち切り：2枚の画像の誤差を累積する途中で、累積誤差が所定値を超えた場合、誤差計算の処理を途中で打ち切り、次の探索に移行する[1]。

・間引きサンプリング：重ね合わせ領域で誤差計算を行う画素を間引いて誤差計算回数を削減する。重ね合わせ領域で計算対象画素を最大100個に限定する。

## 4 実験結果

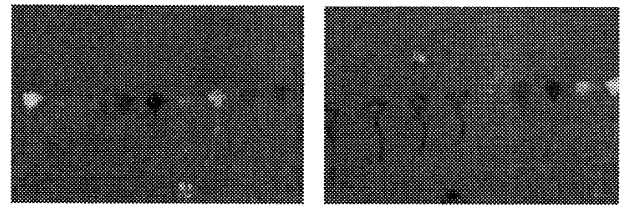
PRMU委員会が公開しているサンプル画像50枚を用いた[4]。その内10枚は予備実験でパラメーター調整に用いた。提案アルゴリズムでモザイクングを行った所、50枚中42枚が正解となった。残りの8枚は誤った位置、角度で照合された。平均処理速度は4.1秒であった(Intel Celeron 2.4GHz)。モザイクングの処理結果を図4に示す。図4の青空の様が一様な部分が大半を占める画像では、その一様な領域で一致の判定がなされ合成に失敗することがあるが、風の様なランドマークを一致判定に用いることにより成功に至った。図5は合成の失敗例である。失敗の原因として、一見ランドマークたり得る塔が後ろの空と画素値に大差がなくランドマークとして認識しなかったものと思われる。図6はその微分画像である。

## 5 まとめ

平行移動と回転により合成できるサンプル画像に対して、微分特徴を用いた高精度・高速の画像照合方法を考案した。微分特徴利用法を中心に紹介したが、実装面では各種方法を複合している。今後の課題として更なる精度の向上、歪みのある画像への対応、フラッシュや太陽光の加減により明るさの異なった画像への対応を考えている。

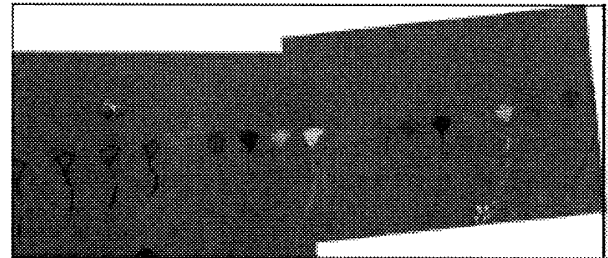
## 謝辞

サンプル画像を利用させていただいたPRMU委員会及び東北大学大町真一郎博士に感謝する。



(a) 入力画像 1

(b) 入力画像 2



(c) 合成画像

図4 パノラマ写真合成結果 (成功)

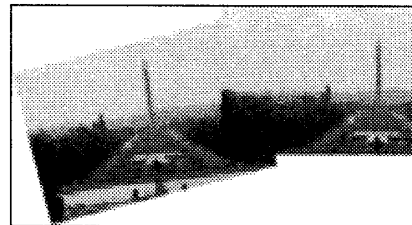
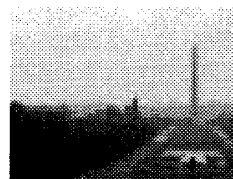


図5 パノラマ写真合成結果 (失敗)



(a) 入力画像



(b) 微分画像

図6 失敗した画像の微分画像

## 参考文献

- [1] D. I. Barnea and H. F. Silverman: "A class of algorithms for fast digital image registration," IEEE Trans. Comput., Vol.C-21, pp.179-186(1972).
- [2] A. Rosenfeld, and G. J. Vanderburg: "Coarse-fine template matching," IEEE Trans. Syst, Man, Cybern., Vol.SMC-2, pp.104-107(1977).
- [3] T. C. Henderson, E. T. Triendl, and R. Winter: "Edge-and-shape-based geometrical registration," IEEE Trans. Geosc. & Remote Sensing, Vol.GE-23, No.3, pp.334-342(1985).
- [4] 大町真一郎, 森明彗, 越智慎介, 久保田裕紀, 黒田玲, 関口諒, 宮脇智博, 松浦勇, 伊藤周, 中川知香, 宮崎洋光: "2004年PRMUアルゴリズムコンテスト「複数の写真からパノラマ写真を作ろう」実施報告とその入賞アルゴリズムの紹介" 電子情報通信学会技報 TECHNICAL REPORT OF IEICE. 2004年12月