

係留気球搭載カメラで取得された画像の撮影方向推定手法

北海道大学 ○檜村 健, 小野里 雅彦, 田中 文基

要 旨

災害用係留型情報気球 InfoBalloon に搭載されたパンチルトカメラによって取得された画像に対して、SIFT と四元数による画像合成技術を用いて画像取得時のカメラの向きを推定し記録する手法を提案する。

1 はじめに

1995年に発生した阪神淡路大震災では、被災地の情報収集・伝達機能が麻痺し情報インフラがほとんど機能せず被害の拡大につながった。このような震災に対して、上空からの情報収集、配信、中継によって被災地支援を行うことを目的とした災害用係留型情報気球 InfoBalloon の開発が進められている[1]。

InfoBalloonの気球本体部には被災地周辺の監視のためにパンチルトカメラが設置され、地上のコンピュータとの通信によって指定する方向の画像を取得することができる。上空に係留された気球は風等の外乱によって揺れるため、画像取得時に指定した方向と実際の撮影方向が異なる場合がある。画像を取得後に効率よく利用するため、画像には撮影方向などの情報が正しく記録されることが望ましい。そのため、本報告ではパンチルトカメラによって取得された画像に対して、カメラに指定するパンチルト値によらずに実際の撮影方向を推定し、記録する手法を提案することを目的とする。

2 画像撮影方向推定の方針

画像の撮影方向の推定のために図1のようなカメラを中心とする仮想的な球を設定する。その球面上で画像特徴による対応点と四元数回転を用いた画像合成に関する技術を用いて、球面上での位置決定を行うことで撮影方向の推定とする。画像の取得は隣接画像間で取得範囲が一部重複するようにカメラを動かしながら撮影する。撮影方向推定は画像の取得順番にて順々に行う前提での手法を示す。

3 画像の対応点組の決定手法

3.1 SIFTによる対応点組決定

仮想球面上での画像合成を行うために画像間の対応点組の決定が必要となる。対応点組を決定するために Scale-Invariant Feature Transform (SIFT)[2]を用いる。SIFTは、スケールの異なるガウス関数によって平滑化された画像の差分から特徴点を検出する。検出した特徴点に対してスケール、回転、照明変化に頑健な128次元の特徴量を記述する。対象とする2画像間でユークリッド距離を計算し、対応点を決定する。

3.2 LMedSによる例外点組除去

SIFTによって検出される対応点組の中には、誤った対応点組が含まれる場合がある。この例外点組を除去するために最小二乗メディアン法 (Least Median of Squares, LMedS)[3]を用いる。最小二乗メディアン法を適用する関数として、平面での画像合成に用いられる射影変換行列を利用する。射影変換行列は4対応点組によって一意に決まる。LMedSでは4対応点組を一つのサブサンプルとして一定数のサブサンプルをランダムに抽出し、その中から最適サブサンプルを決定する。その最適サブサンプルから生成される射影変換行列を全対応点組に適用し、対応点間の残差が一定値以上となる対応点組を除去する。

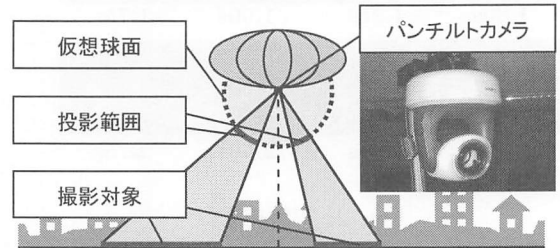


図1 気球上のパンチルトカメラを中心とした仮想的な球

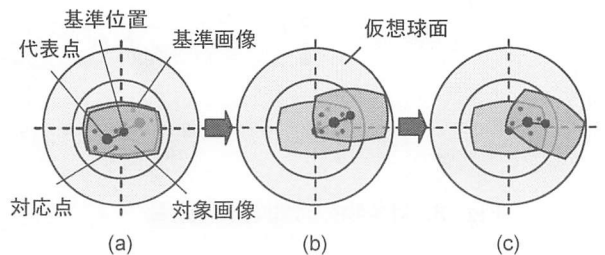


図2 仮想球面上での画像の回転による対応点組の一致

4 仮想球面上での画像位置決定

仮想球面上では、隣接画像2枚を一組にして画像位置の決定を行う。まず、図2のように仮想球面の真下に当たる位置を球面上での「基準位置」とし、基準画像を固定する。同じ基準位置に球面上での位置を決定したい対象画像を配置する。対象画像に対して基準位置からの球面上での回転移動を与え、基準画像と対象画像の対応点を一致させる。この回転移動に四元数回転を用いる。四元数回転を用いることで、基準位置からの画像の向き、方向を含めた回転移動を一意に表すことができる。ここで一致させる対応点組は、LMedSによって決定された最適サブサンプルの4対応点組と、各画像中での4対応点の座標重心となる点の計5点組とする。

対応点組と代表点組の座標値を画像座標から球面座標に変換し、次の2つの回転四元数を求める。

1. 2画像の代表点組一致の回転四元数 Q_1

各画像において、画像中心から代表点までの回転四元数を求める。この回転四元数を基準画像、対象画像それぞれに対し R_1, R_2 とする。ここでの回転軸と回転角度は仮想球の中心 O から球面の画像中心 P_{10} へのベクトル \mathbf{P}_{10} と球中心から代表点 P_{11} までのベクトル \mathbf{P}_{11} の外積計算によって求めることができる。求めた回転四元数を組み合わせた回転四元数 $Q_1 = R_1 R_2^{-1}$ を対象画像に与えることで代表点が一致する。

2. 代表点組を回転軸とする対応点組一致回転四元数 Q_2

Q_1 によって一致した代表点を回転軸として利用し、4対応点組を一致させる回転四元数を求める。4つの対応点組間それぞれでなす角度を求め、求めた4つの

角度の平均値を回転角度とする。

以上の回転を行うことで対応点組を一致させる。この回転を合成した回転四元数 $Q_i = Q_1 Q_2$ を対象画像の回転に適用することによって仮想球面上での対象画像の位置を決定することができる。

取得全画像それぞれに対する回転四元数を求めるために、撮影順番が隣接する画像間でそれぞれ回転四元数 $Q_1 \sim Q_n$ を求める。そして、例えば j 番目の画像に対しては回転四元数の積演算 $Q = Q_1 Q_2 \dots Q_{j-1} Q_j$ を行うことによって基準位置からの回転四元数を求めることができる。

5 推定結果による全方位画像の生成

上で求めた回転四元数から、仮想球面上での位置決定に関する実証を行った。実証は仮想球面上の画像の平面投影による全方位画像生成によって行う。画像取得にはパンチルトカメラ Canon VB-C60 を用いた。画像取得時のカメラの設定条件は、画像サイズ 640×480 [pixel]、画像アスペクト比 4:3、カメラ水平画角 55.8 [deg]、垂直画角 43.3 [deg] で、取得枚数は 25 枚である。地上約 35 [m] の建物の窓にカメラを設置し、InfoBalloon の上空での揺れを想定し、カメラを手で揺らしながら画像取得を行った。

実証結果の図 3 の全方位画像は地図投影法による平射図法を用いて水平線上 10.0 [deg] までの範囲を表示している。画像取得時にカメラに指定する値のみを用いて位置決定を行った全方位画像を図 3(a-1) に、提案手法を用いた位置決定に基づく全方位画像を図 3(b-1) に、各画像の一部拡大図を図 3(a-2)、(b-2) に示す。図 3(a-2) では画像間のつなぎ目で建物などが明らかにずれており、正しい撮影方向が決定できないことがわかる。一方、提案手法を用いた図 3(b-2) では、カメラへの外乱による影響をほとんど受けずに各画像の位置決定を行うことができたことが確認できる。

6 推定結果の評価

画像撮影方向推定のための、仮想球面上での画像位置決定の精度の評価を行う。評価手法は、仮想球面上での各画像間の対応点組の残差平均値を用いた。ここでの残差平均値は、各画像間で球中心 O から対応点組 a_i, b_i それぞれへのベクトルがなす角度 $\Delta\theta_i$ を LMedS 適用後の全対応点組について算出し平均したものとする。LMedS のランダムサンプリングにより同じ画像間でも対応点組数や最適 4 対応点組が処理を行うごとに異なる場合がある。そのため、同一の画像データから 3 回同様の処理を行い、その平均値と標準偏差を求め、表 1 の結果を得た。取得全 25 枚中最低限必要な対応点組数を確保できない 1 画像ははじめから除外した。また、LMedS では適切な例外点除去ができず、その結果明らかに不適切な位置決定となった 1 画像を目視によって結果から除外したデータも表 1 に併せて示す。

今後は、残差をより少なくするための対応点組の取り方や補正を行う手段を考案する必要があると考えている。

7 結論

本報告では、係留気球 InfoBalloon 搭載カメラで取得された画像に対する、画像特徴と四元数回転を用いた撮影方向の推定手法の提案を行った。カメラを中心とする仮想的な球を設定し、その球面上で画像合成に関する技術を用いて画像位置を決定する手法を用いた。実証の結果、提案手法によりカメラへの外乱に対して、画像取得時の実際のカメラの撮影方向を推定できたことを確認した。

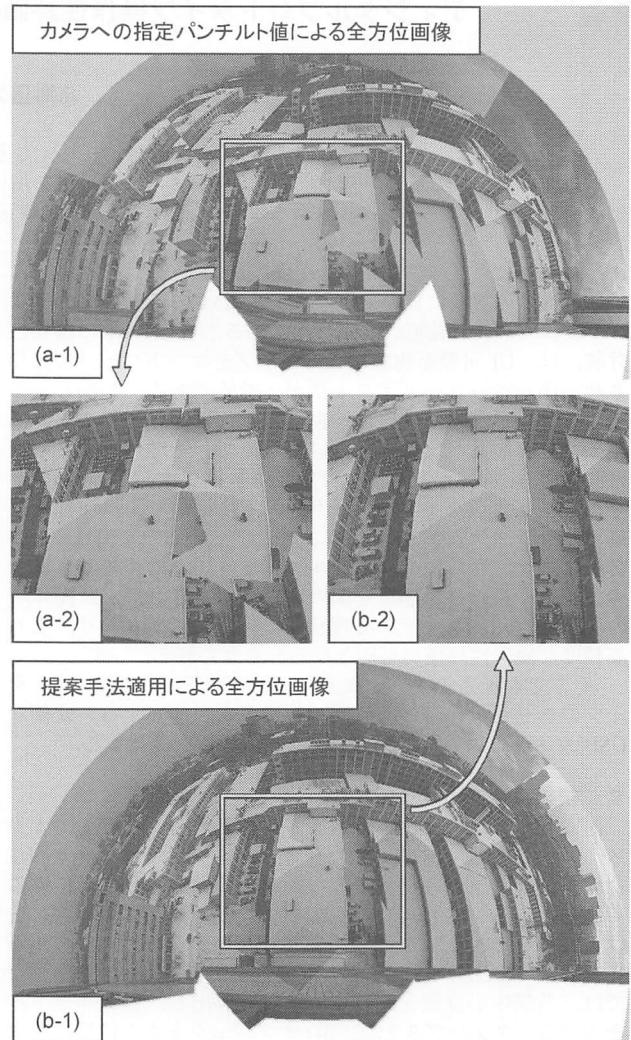


図 3 提案手法適用前後の全方位画像と各画像の一部拡大図

表 1 対応点間の残差算出結果

	処理対象画像(24枚)	誤対応画像除去後画像(23枚)
平均値[deg]	1.325	0.502
標準偏差[deg]	3.929	0.337
最大値[deg]	23.320	2.178
最小値[deg]	0.100	0.100

今後の課題として、仮想球面上での画像位置決定の精度の向上や、任意の方向をランダムに撮影した画像に対する撮影方向推定手法、画像の利用者への効果的な提示手法の検討が挙げられる。

[参考文献]

- [1] 小野里雅彦: 災害用係留型情報気球 InfoBalloon の開発—現代版火の見櫓の実現を目指して—, 第 9 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2008) 講演論文集(CD-ROM) 1A3-4, pp.35-36, 2008.
- [2] David G. Lowe: Object Recognition from Local Scale-Invariant Features, Proc. of IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), pp.1150-1157, 1999.
- [3] Peter J. Rousseeuw, Annick M. Leroy: Robust regression and outlier detection, Wiley, 1987.