

画像フィードバックを用いた高精度ズーム率推定 Precise Zoom-ratio Estimation using Feed-back of Images

赤嶺 耕司†
AKAMINE Koji

青木 恭太†
AOKI Kyota

1. まえがき

複数の画像を処理するとき、画像間の画素対応関係を知ることが必要である。カメラのパンやチルトに伴う画素の移動は、画像全体を同一動きとみなした最も簡単な動き推定の問題として容易に解くことが出来る。一方、撮像系のパラメータの変化に起因するズームによる画素対応関係の変動は、1画素が表現するシーン部分の変動に伴い、パンやチルトよりもその推定が困難である。[2]

実際のレンズ系において大きなズーム変動を伴い、対象物が遠方に存在しない場合には、撮像系の特性の変化も大きく、隔たった2画像間で直接にズーム率を推定することは困難となり、多くの場合直接のズーム率推定は破綻する。一方、隣接画像間では容易にズーム率を推定することが可能であり、その累積を用いて隔たった画像間のズームを推定する方式が用いられる。しかし、隣接2画像間のズーム率推定において周辺未対応部分の情報なしに推定を行う結果、微少の誤差が生じ、累積ズーム率を用いるとこの誤差が累積し無視できないものとなる。本稿では、この誤差の累積を避けるため画像フィードバックを用いたズーム率推定方式を提案する。さらにズーム率推定実験を行い提案方式の有効性を示す。

2. 高精度なズーム率推定方式

2.1 合成画像を用いた負帰還効果をもつズーム率推定

ズーム率の誤差の累積を抑制しつつ精度良く隣接フレーム間のズーム率を推定する方式を示す。提案方式ではズーム動画像中で最もズームインをしているフレームからズーム率の推定を行う。本方式の概念図を図1に示す。まず、基準フレームと2番目のフレームでズーム率を推定し、求めたズーム率を用いてサブピクセル精度で貼り合わせを行いパノラマ画像を作成する。次に、作成したパノラマ画像と3番目のフレームとでズーム率を推定しサブピクセル精度で貼り合わせを行いパノラマ画像を作成する。これを繰り返すことにより隔たったフレーム間のズーム率を推定する。基準フレームとそれぞれのフレーム間のズーム率は、上記により求めた隣接フレーム間ズーム率の累積を用いる。本方式により、1番目の観測フレーム(Y_1)から N 番目の観測フレーム(Y_N)までのズーム率 Z を求めるアルゴリズムを以下に示す。

step1 1番目の観測フレーム Y_1 と2番目の観測フレーム Y_2 でズーム率 Z_1 を推定する。

step2 Z_1 に基づき、 Y_1 を Y_2 の内部へサブピクセル精度で貼り合せ Y'_2 を作成する。
 $k \leftarrow 2$ を設定する。

step3 Y'_k と Y_{k+1} で Z_k を推定する。

†宇都宮大学工学部, 宇都宮市

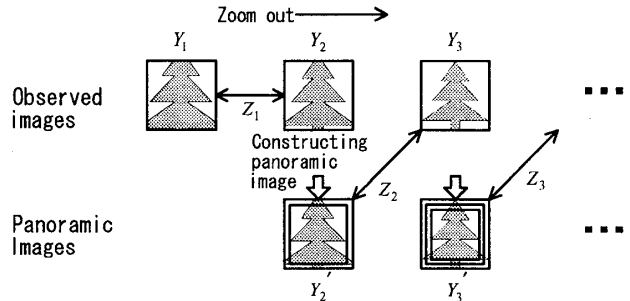


図1: ズーム率推定提案方式

step4 $k < N - 1$ の場合、次のステップへ進む。
 $k = N - 1$ の場合、step6へ進む。

step5 Z_k に基づき、 Y'_k を Y_{k+1} の内部へサブピクセル精度で貼り合せ Y'_{k+1} を作成する。
 $k \leftarrow k + 1$ を設定してstep3へ進む。

step6 ズーム率の累積を計算する。
 $Z \leftarrow Z_1 Z_2 \cdots Z_{N-1}$

本稿では、輝度投影相関法[1]により、パノラマ画像と観測フレーム間のズーム率推定を行った。輝度投影相関法は、画像の各行もしくは各列ごとの平均輝度値の分布の相関を用いてズーム率を決定する手法であり、画像の局所的な輝度変動に対してロバストかつ、高速にズーム率推定を行うことができる。

2.2 誤差累積抑制のメカニズム

隣接フレーム間でズーム率を推定するときに誤差が生じる原因としてズーム動きの歪の影響や隣接フレーム間の推定ズーム率の絶対精度の影響などがある。

本稿では、ズーム率は画像内で一定であると仮定している。そのとき、画像中心から離れるほど対応画素の移動量は大きくなる。隣接フレーム間でズーム率を推定する際、ズームイン側フレームには写りこまないズームアウト側画像の縁部分はズーム率推定に用いられないが、この縁部分の移動量は他部分と比べて大きい。そのため、縁部分を除いた領域の照合によりフレーム内で一定値と仮定したズーム率を求めると、移動量は実際よりも小さく推定され、ズーム率も画像変動が小さくなる方向へ偏って推定される。隣接フレーム間ズーム率を累積するとこの誤差が累積する。

提案方式において、作成するパノラマ画像は、隣接フレーム間ズーム率の誤差の影響を受ける。ズーム率の誤差の影響を受けたパノラマ画像と次の観測フレームにより推定されるズーム率には、パノラマ画像作成に用いられた推定ズーム率とパノラマ画像作成操作の影響により

負帰還効果が働く。この負帰還効果により累積ズーム率の誤差が減少する。

パノラマ画像作成操作は、画像の縮小と貼り合わせよりなる。画像の微小縮小操作は、基本的には画像の高周波成分を減少させる。パノラマ画像中心部分では、画像の微小縮小操作が繰り返し適用されることになり、ピクセル位置により強い変動を受ける高周波成分が徐々に減少することにより、安定した画像照合が可能となっている。

さらに、隣接画像間のズーム変動が小さい場合には、画像の多くのピクセルにおいてピクセル移動量は、サブピクセルオーダーとなり、結果として推定ズーム変動が0と推定される場合もある。この場合にも、前記の負帰還効果により隣接画像間では検出困難な微小ズーム変動も検出可能となる。

これら3つの効果により、提案ズーム率推定方式では、高解像度化に適したゆっくりとしたズーム変動画像において安定かつ高精度にズーム率を推定することを可能としている。

3. 実画像によるズーム率推定実験

デジタルビデオカメラにより撮影した図2のズーム動画像100フレーム(グレースケール、256階調)を用い、提案方式によるズーム率推定を用いて、パノラマ画像を作成する実験を行った。ここでは、ズームイン画像を基準フレームとしズームイン画像の緑部分に後続のフレームを張り合わせた。

提案方式と従来方式によるズーム率推定結果を図3に示す。図3は、横軸の画像番号の画像を基準とした次のフレームとのズーム率である。図4は、図3を累積し、1枚目のフレームを基準とした横軸のフレームまでの累積ズーム率である。図4を見ると、従来方式は提案方式と比べて画像変動が小さい方向に推定されていることがわかる。これは、ズームアウト側画像の緑部分が照合に用いられないため、ズーム率推定値が画像変動の少ない方向へ偏るためである(2.2節参照)。また、直接推定では基準画像から5,6枚目程度までは良好なズーム率推定が行われるが、それ以降のズーム率推定では破綻してしまう。

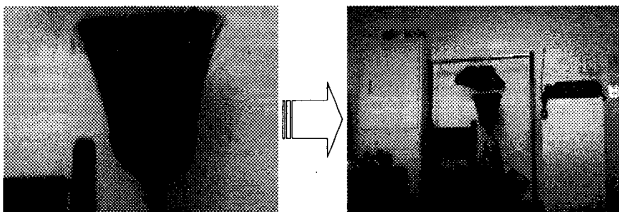


図2: ズームアウト動画像

4. まとめ

本稿では、既存のズーム率推定方式の問題点を示し、累積ズーム率の誤差を負帰還効果により減少させる新しいズーム率推定方式を示した。また、実ズームアウト動画像において、提案方式によるズーム率推定と従来方

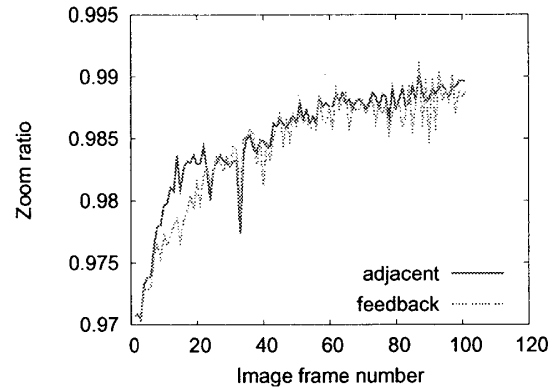


図3: ズーム率推定結果

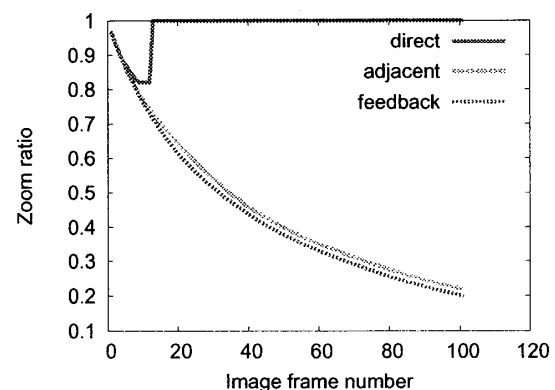


図4: 累積ズーム率

式によるズーム率推定の実験を行い、実画像において提案方式の有効性を確認した。また、直接推定においてはズーム率推定の破綻がおきることも確かめた。既存方式の推定ズーム率では、良好なパノラマ画像を得られない状況においても提案方式の推定ズーム率を用いることにより良好なパノラマ画像を得ることができる。

今後の課題としては、他のカメラ操作および物体移動を含む画像において、フレーム間の対応を求める問題に、提案方式と同様に負帰還効果を組み込むことがある。隣接フレーム間の動き推定に負帰還効果を加えて累積動きを推定する方式は、隔たったフレーム間で直接推定が困難な状況において効果を発揮すると期待される。

参考文献

- [1] 長坂 晃朗, 宮武 孝文, “輝度投影相関を用いた実時間ビデオモザイク,” 信学論 (D-II), vol.J-82-D-II, no.10, pp.1572-1580, Oct. 1999.
- [2] 竹内 俊一, 四分一 大介, 寺島 信義, 富永 英義, “ズームイン・ズームアウトを繰り返すビデオ画像シーケンスを用いた平面静止画の適応領域高精彩ディジタル化,” 信学論 (D-II), vol.J-83-D-II, no.12, pp.2675-2685, Dec. 2000.