

合成画像を用いた高精度ズーム率推定 による高解像度画像生成

柳田 光昭[†] 青木 恭太[‡]

^{† ‡} 宇都宮大学工学部
〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-2-1

E-mail: [†] mt003529@cc.utsunomiya-u.ac.jp,
[‡] kyota@is.utsunomiya-u.ac.jp

あらまし 複数枚の画像を用いて高解像度化を行う際、ズーム動画像では基準画像とそれぞれのフレーム間の精度良いズーム率が必要である。本報告では、既存のズーム率推定方式の問題点を示す。次に、ズーム率により貼り合わせた合成画像と観測画像の間でズーム率の推定を行い、ズーム率推定誤差の累積を防ぐ新しい推定方式を示し、既存方式と提案方式によるズーム率推定実験を示す。さらに、新方式による推定ズーム率を用いて高解像度画像を生成する方法及び実験結果を示す。

キーワード ズーム率, 画像高解像度化, パノラマ画像, 超解像度

Resolution Enhancement Using a Precise Zoom Ratio Estimation with Synthetic Images

Mitsuaki YANAGITA[†], Kyota AOKI[‡]

^{† ‡} Faculty of Engineering, Utsunomiya University
Yoto 7-2-1, Utsunomiya, Tochigi, 321-8585 Japan

E-mail: [†] mt003529@cc.utsunomiya-u.ac.jp,
[‡] kyota@is.utsunomiya-u.ac.jp

Abstract We need accurate zoom ratios between a base frame and other frames for resolution enhancements using plural images in zoom sequences. In this report, we show the problem of the existing zoom ratio estimation methods. Next, we show a new estimation method to decrease the error of the accumulated zoom ratio by estimating zoom ratio between observation frames and panoramic images pasted according to the zoom ratio, and we show experimental result of zoom ratio estimations using the proposed method. Then, we show the method and these experimental results of estimating the high resolution image using the estimation zoom ratio.

Key words zoom ratio, resolution enhancement, panoramic image, superresolution

1. はじめに

画像の高解像度化や復元についてはこれまでに様々な研究がなされてきた。中でも複数枚の画像を用いた研究は成果を挙げている[1-4]。

複数枚の画像を用いて高解像度化を行う際、ズーム動画像では基準画像とそれぞれのフレーム間の精度良いズーム率が必要である。ズーム率を精度良く推定するためには、隣接フレーム間で推定を行うことが必要である。しかし、この隣接フレーム間のズーム率の累積を基準画像とそれぞれのフレーム間のズーム率として用いる場合、誤差の累積が問題となる。そこで、ズーム率により貼りあわせた合成画像と観測画像の間でズーム率の推定を行い、ズーム率推定誤差の累積を防ぐ新しい推定方式を提案する。

本報告では、既存のズーム率推定方式の問題点を示す。次に、累積ズーム率の誤差を減少させる新しい推定方式を示し、既存方式と提案方式によるズーム率推定実験を示す。さらに、新方式による推定ズーム率を用いて高解像度画像を生成する方法及び実験結果を示す。

2. ズーム率の推定

2.1 ズーム率

複数枚の画像を用いて画像改善処理を行う場合、各画像間の正確な対応を求める必要がある。本稿で対象とする画像は、ズーム以外にカメラパラメータの変動がないズーム動画像とする。本稿では各フレーム間の対応位置を求めるためにズーム率を用いる。実際、ズーム率は画像内で非線形な値をとるが、ここでは、画像内で一定値であるとする。

画像間のズーム率推定手法として、画像の輝度値を用いた照合やオプティカルフローを用いる方法がある。しかし、従来手法は短い時間間隔では画像の変動が少ないという動画像特有の性質を利用しているため、遠く隔たった2画像間のズーム率を精度良く推定することは難しい。したがって、ズーム動画像において、基準となるフレームとそれぞれのフレーム間のズーム率を精度良く推定するために、隣接フレーム間のズーム率の累積を用いる必要があった。しかし、この場合隣接フレーム間で推定する際には無視できた誤差が累積し、基準フレームから遠いフレームでは正確なズーム率を得ることができない。

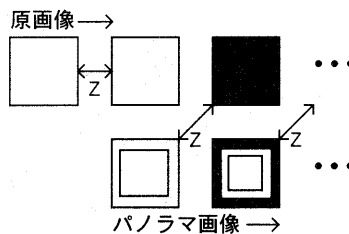


図1: 提案方式

2.2 高精度なズーム率の推定

2.2.1 合成画像を用いたズーム率の推定

ズーム率の誤差の累積を防ぐ方式を示す。本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。合成画像を用いて高精度ズーム率を推定する概念図を図1に示す。まず、1枚目の画像と2枚目の画像とでズーム率を推定し、求めたズーム率を用いて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枚目の画像とでズーム率を推定しパノラマ画像を作成する。これを繰り返すことにより隣接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。

2.2.2 誤差累積防止のメカニズム

作成したパノラマ画像は、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フレームにより推定されるズーム率の誤差は、1つ前のズーム率推定の誤差と正負逆方向に推定される。例えば、ズーム率が実際よりも小さく推定された場合、前のフレームを貼り合わせた部分（貼り合わせ領域）が大きいパノラマ画像が作成される。このパノラマ画像と次のフレーム間のズーム率推定において、パノラマ画像の最も縁部分の画像の幅は数画素であるので、マッチングに用いる多くの部分はパノラマ画像の貼り合わせ領域である。ズーム率が実際よりも小さく推定された場合、パノラマ画像の貼り合わせ領域は実際よりも大きくなり、その影響により次のフレームとのズーム率は実際よりも大きく推定される。同様に、ズーム率が大きく推定された場合、貼り合わせ領域が小さいパノラマ画像が作成され、次のフレームとのズーム率は実際よりも小さく推定される。このようにしてズーム率推定誤差の累積を減少させる。

3. 高解像度画像の推定

3.1 ズーム動画像を用いた高解像度化

一般に高解像度なカメラは高価である。そこで、安価なカメラで撮影した画像を拡大して高解像度なカメラで撮影した画像と同等な解像度の画像にしたという要求がある。一般的には1枚の画像を補間法等により拡大する手法等が用いられるが、動画像のように複数枚の観測画像がある場合はこれらを用いて高解像度化の方がより良い画像を得られる。

カメラのズーム以外にカメラパラメータに変動がないズーム動画像において、相対的にズームインをしている画像は高解像度であるが視野が狭く、相対的にズームアウトをしている画像は低解像度であるが視野が広い。ビデオモザイクの分野では、ズームアウト画像にズームイン画像を貼り合わせパノラマ画像を作成することにより、高解像度画像を作成する研究が行われている [5,6]。この場合、ズームアウト側である複数の画像でズームイン側画像と重なる部分は用いられない。そこで、本稿ではズームイン画像と重なる複数のズームアウト側画像を用いて高解像度化を行う。

3.2 高解像度画像の推定

3.2.1 画素の対応

本稿では、カメラのズーム以外にカメラパラメータに変動がないズーム動画像を対象とするため、ズーム率を用いて基準フレームとそれぞれのフレーム間の画素の対応を求める。基準フレームの任意の位置を (x, y) 、基準フレームからある観測フレームまでのズーム率を Z とすると、観測フレームの対応位置 (x', y') は式(1)(2)により求めることができる。ここで、 w は画像の幅、 h は画像の高さを表している。

$$x' = \frac{(1-Z)w}{2} + xZ \quad (1)$$

$$y' = \frac{(1-Z)h}{2} + yZ \quad (2)$$

3.2.2 画像の推定

本稿では、各観測フレームとの2乗誤差の小さい画像を推定する。また、安定に画像を求めるために推定画像モデルとして線形予測モデルを用いる。つまり、次式において $f_0(X)$ と $f_1(X)$ の和が最小となるときに画像 X を最小2乗法により求め、推定画像とする。本稿では、観測画像にGauss分布雑音が付加しているものと仮定する。このとき、最小2乗推定は最尤推定で

ある。

$$f_0(X) = \sum_n \sum_i (l(n, i) - p(X, n, i))^2 \quad (3)$$

$$f_1(X) = \sum_i E(X, i)^2 \quad (4)$$

式(3),(4)において、 $l(n, i)$ は n 枚目の観測画像のある位置 i における輝度値、 $E(X, i)$ は、推定画像 X においてある位置 i の画素の画像モデルからの誤差である。式(3)では各観測画像と推定画像の2乗誤差を求める。しかし、ズーム観測画像系列には大きさや位置の異なる画像が存在するため、推定画像から観測画像に対応する画像を得る必要がある。 $p(X, n, i)$ は n 枚目の観測画像のある位置 i で推定画像 X より得られる輝度値であり、観測画像の各画素に対応する推定画像画素の加重平均輝度値とする。本稿では、推定画像 X の初期値を基準画像を拡大した画像とする。画像モデルとしては、線形予測モデルを用い、 $E(X, i)$ を推定画像 X 内のある位置 i の輝度値とその4隣接近傍画素の平均の差とした。

3.2.3 画像推定の高速化

一般的に用いられる大きさの画像を上記手法により推定するには多くのメモリと莫大な計算時間が必要であり、実現は難しい。また、画像のある部分と遠く離れた部分では互いに相関があるとは考えにくい。そこで、画像のある位置と近傍の部分に相関があると考え、動画像中の1枚目を複数に分割し、後続のフレームで1枚目の分割画像に対応する領域を用いることにより高速に画像推定を行う。

4. 実験

4.1 ズーム率推定模擬実験

図2の画像の中央部分を縁から2画素おきに切り取り、それぞれを画像サイズ212×212に縮小した擬似ズームアウト画像20枚を作成した(図3)。この擬似ズームアウト画像に対して従来方式と本稿の提案方式によりズーム率を推定する模擬実験を行った。ここでは、基準フレームを最もズームインした画像とし、高速な輝度投影相関[5]の手法を用いて画像間のズーム率を推定した。

推定したズーム率の絶対値誤差(%)を図4に示す。図4において、点線が隣接画像間ズーム率の累積を用いる従来手法、実線が本稿で提案した合成画像を用



図2: 実験画像(画像サイズ500×500)

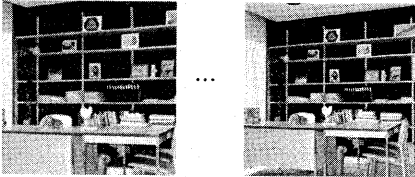


図3: 擬似ズームアウト画像20枚(212×212)

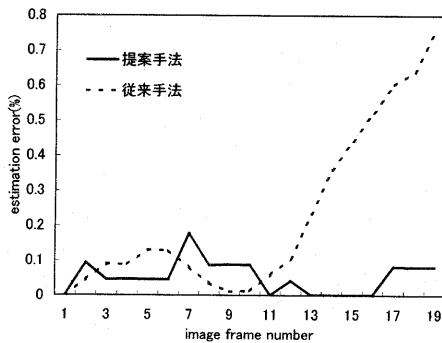


図4: ズーム率推定誤差

いたズーム率推定手法である。従来方式ではズーム率推定誤差の累積により、基準フレームから遠いフレームになると誤差が大きくなる。提案手法では、誤差が0.2%以内であり良好に誤差累積を防止していることが確認できた。

4.2 パノラマ画像作成実験

実画像においてズーム率推定提案方式の有効性を確認するために、デジタルビデオカメラで撮影した124フレームの実際のズームアウト動画像(図5)から従来方式と提案方式によりズーム率を推定し、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、ズームイン画像の縁部分に後続のフレームを貼り合わせた。

従来方式によるズーム率推定値を用いて作成した

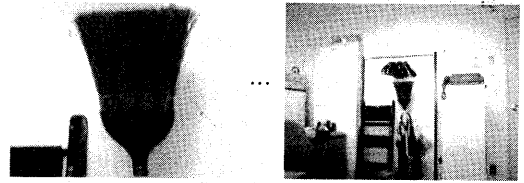


図5: ズームアウト動画像
(320×240, 124フレーム)

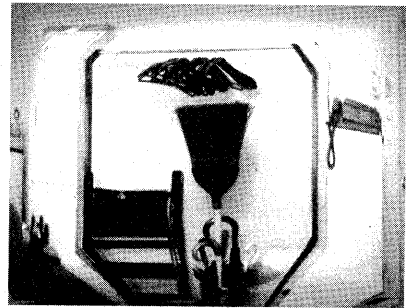


図6: 従来方式で作成したパノラマ画像
(861×659)



図7: 提案方式で作成したパノラマ画像
(1913×1433)

パノラマ画像を図6に示す。また、提案方式によるズーム率推定値を用いて作成したパノラマ画像を図7に示す。従来方式ではズーム率推定誤差により縁部分で良好な拡大が得られず、不自然な画像となった。提案方式では画像の歪等の影響でずれが確認されたが、目立ったものはなく、良好に画像を作成できた。

4.3 高解像度画像作成模擬実験

図3の擬似ズームアウト画像を用いて最もズームインしている画像を推定する実験を行った。推定画像の解像度はXY各方向2倍とした。

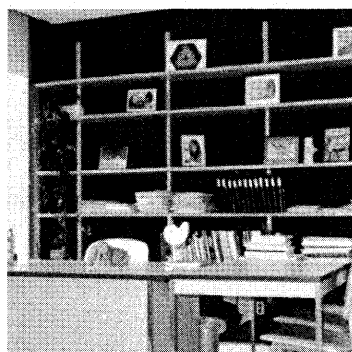


図8: 推定画像(424×424)

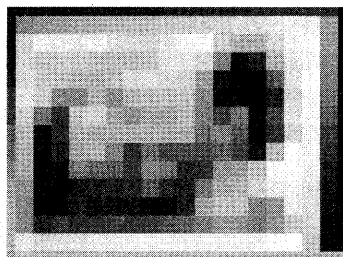


図9: 観測画像

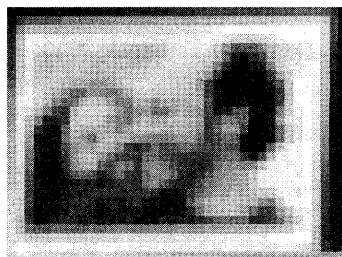


図10: 原画像

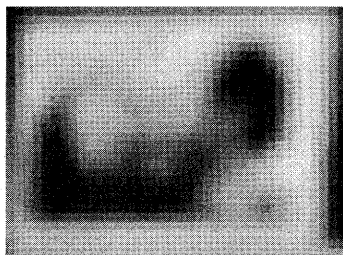


図11: B-spline補間

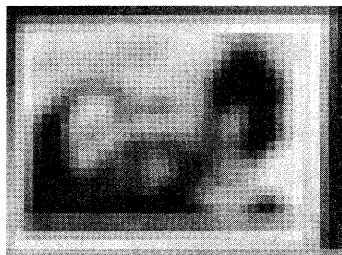


図12: 実験結果

ズームアウト画像20枚を用いて推定した高解像度画像を図8に示す。図3の擬似ズームアウト画像で最もズームインしている画像は、図2から作成する際にXY各方向1/2に縮小を行っている。図9は推定に用いた図3の観測ズームイン画像の一部、図10は図2の原画像の一部、図11は観測ズームイン画像をB-spline補間により拡大した画像の一部、図12は本実験により推定した画像の一部を示している。推定画像は1枚のみを用いた補間法による拡大よりも鮮明であることが分かる。

本実験では推定に用いる観測画像数をズームイン画像から数えて1枚から20枚まで変化させて画像を推定する実験を行った。図2の対応部分と推定画像で平均2乗誤差(MSE)を求めた結果を図13に示す。図3のズームイン画像の単純拡大画像と原画像とのMSEは93.0であったが、20枚の観測画像を用いて推定した画像と原画像との平均2乗誤差は28.4であり、良好に画像を推定できた。

4.4 実画像による高解像度画像作成実験

デジタルビデオカメラにより文書を撮影した図14のズーム動画像40フレームを用い、XY各方向4倍の解像度でズームイン画像を推定する実験を行った。

原画像の拡大図を図15、作成した高解像度画像の拡大図を図16に示す。図14では文字を読み取ること

が困難であったが、図16では文字が読み取れる程度まで改善していることが分かる。しかし、作成した高解像度画像は、線形予測モデル等の影響でぼやけてしまっている。

そこで、線形予測モデルからの誤差の重みを1/16とし、観測画像は推定画像基準で半径0.9画素の点広がり関数により劣化していると仮定して高解像度画像の推定を行った。また、文書画像の特徴を考慮して推定の際に輝度値を55から148の間に制限した。推定結果を図17に示す。図17は図16と比較すると鮮明であることが分かる。

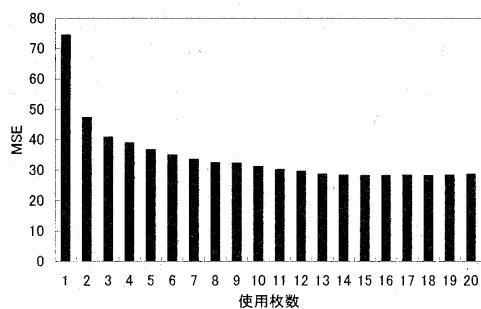


図13: 使用枚数と誤差

such as shading, texture, contour, focus, stereo, new techniques produce 2.5-D representations of scenes. This survey discusses aspects of this research in some recent advances including video-rate range sensing as well as emerging themes and applications: computer vision, passive range sensing, shape from range, shape recovery.

Conclusion

One of the most important tasks in computer vision is understanding a three-dimensional scene from two-dimensional (2-D) images of a real-world scene. The acquisition of three-dimensional (3-D) information from a scene from 2-D images has attracted much attention in the last two decades. Range acquisition techniques can be essentially divided into two categories: Passive and active. The former is generally based on solving an inverse problem of the process of projecting a 3-D scene onto a 2-D image and has an advantage that it

penetrates perspective projection. No discussion aspect view the literature tool.

This survey is at Sect. 2 describes several from single-view image shape-from-texture, shape-from-focus/defocus. Acquiring depth from a stereo, in Sect. 3. After variety of passive range describe recent active range sensors as well as Sects. 4 and 5.

2. Depth from Single View

2.1 Shape from Shading

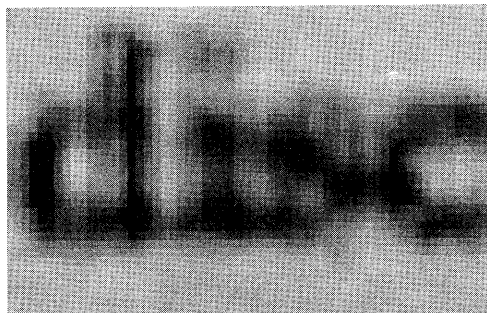


図16: 推定画像

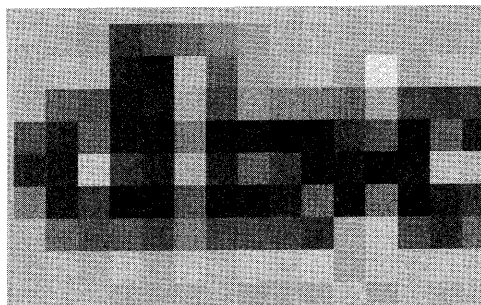


図15: 原画像

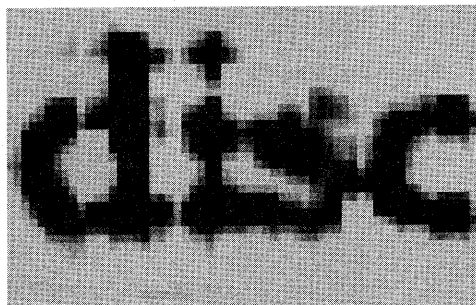


図17: 改良手法による推定画像

5. おわりに

本報告では、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減少させる新しい推定方式を示した。また、既存方式と提案方式によるズーム率推定実験を示し、新方式による推定ズーム率を用いて高解像度画像を生成する方法及び実験結果を示した。実験では、良好にズーム率推定誤差の累積を防ぎ、高解像度画像を推定することを示した。

本報告で示した高解像度画像生成法はズーム以外のカメラ操作で撮影した画像に対しても有効である。例えば、カメラのパンにより撮影した画像は従来手法により各フレーム間の対応が精度良く求められるので、高解像度化できるが、車載カメラで撮影した画像等は各フレーム各画素間の正確な対応を求める必要がある。また、画像の運動劣化も問題となる。今後の課題としては、他のカメラ操作で撮影した画像の高解像度化や、劣化した観測画像からの高解像度化が挙げられる。

文 献

- [1] Nimish R. Shah, Avideth Zakhor, "Resolution Enhancement of Color Video Sequences," IEEE Trans. Image Processing, vol.8, no.6, pp.879-885, Jun. 1999
- [2] R. Hardie, K. Barnard, and E. Armstrong, "Joint MAP Registration and High Resolution Image Estimation Using a Sequence of Undersampled Images," IEEE Trans. Image Processing, vol.6, no.12, pp.1621-1632, Dec. 1997
- [3] M. Elad, A. Feuer, "Restoration of a Single Superresolution Image from Several Blurred, Noisy, and Undersampled Measured images," IEEE Trans. Image Processing, vol.6, no.12, Dec 1997
- [4] 藤本 浩司, 藤田 和弘, 吉田 靖夫, "画像確率モデルに基づく複数の劣化画像からの復元," 信学論(D-II), vol.J-82-D-II, no.5, pp.863-871, May 1999
- [5] 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
- [6] 竹内 俊一, 四分一 大助, 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細デジタル化," 信学論(D-II), vol.J-83-D-II, no.12, pp.2675-2685, Dec. 2000