

レンズ歪みブロックを用いた動き補償方式の検討

A Study on Motion Compensation Method by Block with Radial Distortion

高木 政徳^{*1}
Masanori Takagi

渡辺 裕^{*1}
Hiroshi Watanabe

河村 圭^{*2}
Kei Kawamura

内藤 整^{*2}
Sei Naito

^{*1} 早稲田大学大学院基幹理工学研究科
Graduate School of Fundamental Science and Engineering, WASEDA University.

^{*2} 株式会社 KDDI 研究所
KDDI R&D Laboratories, Inc.

1. まえがき

ウェアラブルカメラ等, 広角レンズを用いて撮影された動画像には, 樽型歪曲収差を持つという特徴がある. しかし, 現在の主要な動画像圧縮技術の一つである平行移動型のフレーム間動き補償は, これらのレンズ歪みを持つ動画像には有効でないと考えられる. 以前我々はレンズ歪み補正画像間で正方ブロックを用いて動き補償を行った[1]. 本稿では, レンズ歪みを持つゾーンプレート画像に対してレンズ歪み補正を行い, 補正画像間でレンズ歪みブロックを用いた動き補償を行う手法を提案する. 実験により, 平行移動型のフレーム間動き補償と比較して, 予測誤差が小さくなることを確認した.

2. 歪み補正

樽型歪曲収差を持つ画像上の点 (x_G, y_G) は, 歪曲前画像上の点 (x, y) を用いて式(1), またその逆関数は式(2)のように表される[2].

$$x_G = \frac{x}{1 + k(x^2 + y^2)} \quad (1)$$

$$y_G = \frac{y}{1 + k(x^2 + y^2)}$$

$$x = \frac{1 - \sqrt{1 - 4k(x_G^2 + y_G^2)}}{2k(x_G^2 + y_G^2)} x_G \quad (2)$$

$$y = \frac{1 - \sqrt{1 - 4k(x_G^2 + y_G^2)}}{2k(x_G^2 + y_G^2)} y_G$$

ここで, k は歪みパラメータを表す.

3. 歪み補正時の補間処理による画質劣化

歪みを補正したフレーム間で動き補償を行うには, 樽型歪曲収差を持つ画像に対して歪みを補正する処理(step1), 及び補正された画像に対して再度歪みをかける処理(step2)が必要となる. この歪み補正及びその逆処理には補間処理を伴う. その結果, 動き補償に画質劣化を伴う. そこで歪み補正に伴う画質劣化を定量化することを目的とし, 各 step で画素の補間法を変えた場合, 処理の前後で画像の性能にどの程度差が出るのかを PSNR 値で比較検証する. なお, 補間法として各 step について bicubic 法, lanczos3 法, lanczos4 法

の 3 種を使用した. 実験で使用する画像(1920 × 1080画素)はいずれも GoPro Hero 3+ Black で撮影したものである.

歪み補正の概略を図 1 に, 補間処理による画像品質を測定した結果を表 1 に示す.

表 1 より step1, step2 共に lanczos4 法を用いた場合, 共に bicubic 法を用いた場合に比べて 7.05dB 改善されることがわかる. しかし, bicubic 法でも 42.57dB が確保できていることから, bicubic 法で十分な精度が得られることを確認した.

以降, 補正を行う際の画素補間法として bicubic 補間法を用いる.

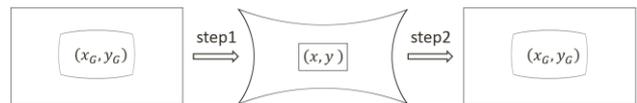


図 1 歪み補正の概略図

表 1 補間の組み合わせに対する PSNR 値

		step1		
		bicubic	lanczos3	lanczos4
step2	bicubic	42.57	43.93	45.00
	lanczos3	44.00	48.25	49.37
	lanczos4	44.78	48.67	49.62

4. 提案手法

原画像における各正方ブロックは, そのブロック位置によって歪み補正後にそれぞれ異なる形に歪む(図 2). これらの歪みブロックをマスク画像とし, マスク処理した領域でマッチングを行うことで, 動き補償を行う(図 3).

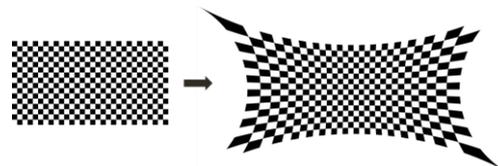


図 2 歪みブロック



図 3 歪みブロックによるマッチング

5. 実験・考察

水平方向の動きに起因する動き補償フレーム間予測の性能を評価するために、実験画像として歪みゾーンプレートを用いる(図 4). ゾーンプレートの算出式は式(3)に従い、1 フレームごとに 10pel ずつ平行移動させ、歪みをかけることで実験画像とする. 実験画像は歪み補正を行うことで縦縞模様のゾーンプレート(図 5)となる.

$$N = A \sin \left\{ \frac{x^2}{\alpha^2} + \theta \right\} + B \quad (3)$$

表 2 変数の意味

A	正弦波の振幅
B	グレーレベル
x	x座標
α	最高解像度までの距離
θ	正弦波の位相

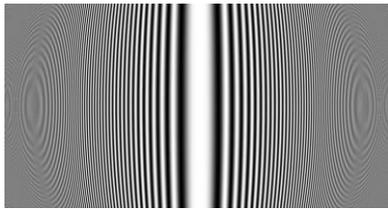


図 4 歪みゾーンプレート

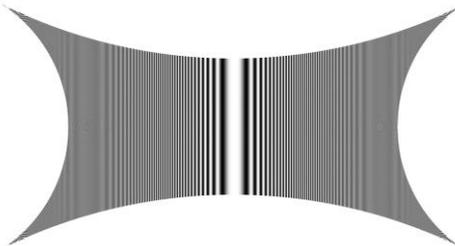


図 5 歪み補正ゾーンプレート

歪みブロックを用いてマッチングをする際の探索領域は $40\text{pel} \times 40\text{pel}$ として実験を行った. 得られた予測誤差を表 3 及び図 6 に示す. また、動きベクトルの平均と分散を算出した. それらをそれぞれ表 5, 6 に示す.

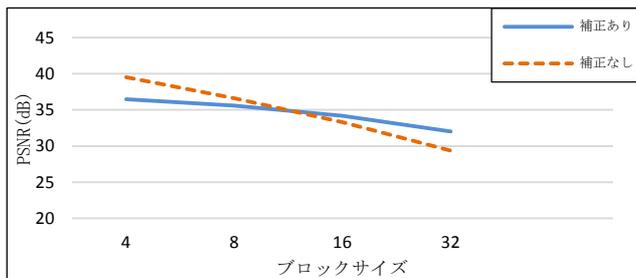


図 6 予測誤差

表 3 予測誤差

	4	8	16	32
補正あり	36.47	35.60	34.18	32.00
補正なし	39.53	36.61	33.29	29.38

図 6, 表 3 より, 大きいブロックサイズでは補正を行った方が予測誤差が小さくなる. しかし, 小さいブロックサイズでは補正を行わない方が予測誤差が小さくなるという結果になった. これはブロックサイズが小さくなったことにより, よく似た領域を発見しやすくなってしまったためと考えられる.

表 5, 6 より, 各ブロックサイズの動きベクトルの分散は, 歪み補正を行った場合が補正なしよりも小さくなり, 動きベクトルのばらつきが小さくなっていることが確認できる.

表 5 平均ベクトルと分散 (歪み補正あり)

ブロックサイズ	平均ベクトル	分散
4 × 4	(-9.52, -0.03)	144.43
8 × 8	(-9.55, 0.01)	162.33
16 × 16	(-9.61, 0.01)	177.59
32 × 32	(-9.62, -0.01)	197.87

表 6 平均ベクトルと分散 (歪み補正なし)

ブロックサイズ	平均ベクトル	分散
4 × 4	(-6.90, -0.01)	176.25
8 × 8	(-7.21, 0.02)	187.73
16 × 16	(-7.38, 0.02)	202.14
32 × 32	(-7.30, 0.06)	218.46

6. まとめ

本研究では, まず歪み補正処理における画素補間法について, bicubic 補間法で 40dB 以上の品質を確保できることを確認した. また, 提案したレンズ歪みブロックを用いた動き補償では, 小さいブロックサイズでの予測誤差は歪み補正なしの場合で小さくなったものの, 大きいブロックサイズでの予測誤差は歪み補正ありの場合が小さくなった. また, 動きベクトルのばらつきを示す分散は, 各ブロックサイズにおいて歪み補正ありで小さくなった.

参考文献

- [1]. 高木政徳, 渡辺裕, 河村圭, 内藤整: "レンズ歪み補正付き動き補償方式の検討", 電子情報通信学会総合大会, 2016.
- [2]. B. Jahne, Digital Image Processing: Concepts, Algorithms, and Scientific Applications, 2nd ed. New York: Springer-Verlag.