

レンズ歪み補正動き補償方式に関する一検討

A Study on Motion Compensation with Lens Distortion Correction

高木 政徳[†]
Masanori Takagi[†]

渡辺 裕[†]
Hiroshi Watanabe[†]

河村 圭[‡]
Kei Kawamura[‡]

内藤 整[‡]
Sei Naito[‡]

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[†]

株式会社 KDDI 研究所[‡]
KDDI R&D Laboratories, Inc.[‡]

Abstract: 近年, GoPro などのウェアラブルカメラの需要が高まっており, スポーツ映像の撮影など様々な環境で活用されている. ウェアラブルカメラは広角レンズを搭載しており, 広角レンズを用いて撮影された動画は, 樽型歪曲収差を持つという特徴がある. 現在の主要な圧縮技術の一つに平行移動型のフレーム間動き補償があげられる. しかしながら, 歪みを持つ動画には有効でないと考えられる. 我々はこれまでに歪みブロックを用いたレンズ歪み補正動き補償方式の有効性を示した. 本稿では, 歪み補正モデルにおける歪みパラメータについて, レンズ歪み補正動き補償に最適な歪みパラメータを検討した. 結果として, ブロックサイズが 16 のときは $k' = 1.00$, ブロックサイズが 32 のときは $k' = 1.02$ の時に予測誤差が最も小さくなるという結果を得た.

1 はじめに

近年, GoPro などのウェアラブルカメラの需要が高まっている. ウェアラブルカメラは広角レンズを搭載しており, 広角レンズを用いて撮影された動画には, 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には有効でないと考えられる. 我々はこれまでに歪みブロックを用いたレンズ歪み補正動き補償方式の有効性を示した[1]. 本検討では, 歪み補正モデルにおいてレンズ歪み補正動き補償に最適な歪みパラメータの検討を行う.

2 従来手法

2.1 平行移動型フレーム間動き補償

従来の動画符号化方式では, 平行移動型フレーム間動き補償を行う. また, 動きベクトルの算出に主にブロックマッチング法が用いられる. ブロックマッチング法は被写体の動きを剛体の平行移動と仮定したモデルであり, フレームを矩形ブロックに分割し, 参照フレームから類似したブロックを探索する[2].

2.2 歪み補正

画像中央を原点としたとき, 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[3].

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

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

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

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

ここで k は歪みパラメータであり, 入力画像サイズを $\text{ImW} \times \text{ImH}[\text{px}]$ とすると, 以下の式(3)で表される.

$$k = \frac{1}{k'(\text{ImW}^2 + \text{ImH}^2)} \quad (3)$$

なお, 式(2), (3)より k' の値の取り得る範囲は

$$k' \geq 1 \quad (4)$$

である.

3 提案手法

原画像における各正方形ブロックは, 図1に示すように, 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の歪みを持つ. そこで, 図2のように, これらの歪みブロックをマスク画像とし, マスク処理した符号化対象画像と, 参照画像とでマッチングを行い, 動き補償を行う. 以前の研究で, レンズ歪みブロックを用いた動き補償方式は, ブロックサイズが 16 および 32 の場合において平行移動型フレーム間動き補償よりも予測誤差が小さくなることが示されている[1].

本検討では、歪みパラメータを変化させることでレンズ歪み補正動き補償に最適な歪みパラメータを検討する。具体的には、十分な精度と考えられる量子化ステップとして0.01を用い、変化範囲は1~1.10とした。

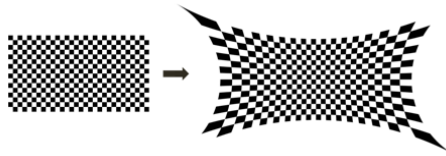


図1 歪みブロック

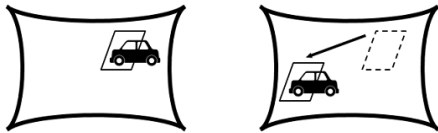


図2 歪みブロックによるマッチング

4 実験

4.1 実験概要

歪み補正モデルである式(1)-(4)において k' の値を変化させたときの予測誤差の変化を調査する。本実験で使用するテスト画像(1920×1024画素)を図3に示す。この画像はGoPro Hero4で撮影したものである。動き探索の範囲は40×40画素とする。なお、テスト画像は32×32画素の正方ブロックに分割する必要があったため、原画像(1920×1080画素)の上下28画素分を切り取ったものを使用した。

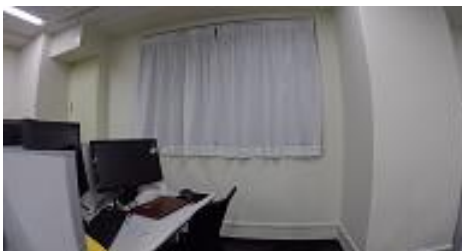


図3 テスト画像

4.2 実験結果

歪み補正を行い、歪みブロックを用いて動き補償をした場合($k'=1.00$)、および歪み補正なしで動き補償を行った場合のPSNR値を表1に、 k' を変化させた場合のPSNR値の変化を表2に示す。表1より、歪み補正ありで動き補償を行うことで通常の平行移動型フレーム間動き補償よりも予測誤差がおおよそ0.07dB程度小さくなっていることがわかる。表2より、ブロックサイズが16のときは $k'=1.00$ で予測誤差が最も小さくなり、その後 k' が大きくなるにつれて徐々に予測誤差

が大きくなっているのがわかる。一方ブロックサイズが32のときは $k'=1.02$ のときに予測誤差が最も小さくなり、その後ブロックサイズ16のときと同様に k' が大きくなるにつれて徐々に予測誤差が大きくなった。

表1 PSNR 値

	BS16	BS32
補正あり	40.843	40.005
補正なし	40.772	39.945

表2 PSNR 値の推移

k'	BS16	BS32
1.00	40.843	40.005
1.01	40.800	40.000
1.02	40.797	40.034
1.03	40.812	40.027
1.04	40.806	39.999
1.05	40.813	39.954
1.06	40.777	39.954
1.07	40.772	39.955
1.08	40.775	39.931
1.09	40.757	39.942
1.10	40.749	39.908

5 まとめ

本稿では、歪みパラメータを変化させることでレンズ歪み補正動き補償に最適な歪みパラメータを検討した。ブロックサイズが16のときは $k'=1.00$ で、ブロックサイズが32のときは $k'=1.02$ で予測誤差が最も小さくなるという結果を得た。今後は、歪み補正処理における画素補間に伴う画質劣化の改善を行う。

参考文献

- [1] 高木政徳, 渡辺裕, 河村圭, 内藤整: “レンズ歪みブロックを用いた動き補償方式の検討”, FIT2016 (第15回科学技術フォーラム), No.I-033, Sep. 2016
- [2] 児玉明: “フレーム間予測技術”, 映像情報メディア学会誌, Vol. 67, No.4, pp. 303-307, 2013.
- [3] X. Wu *et al.*: “Context-based, adaptive, lossless image codec,” IEEE Trans. Commun., vol. 45, pp. 437–444, Apr. 1997 2212

早稲田大学大学院 基幹理工学研究科 情報通信
専攻 渡辺研究室
〒169-0072 東京都新宿区大久保 3-14-9 早大シ
ルマンホール401
Phone: 03-5286-2509
E-mail: t-masanori@akane.waseda.jp