

卒業論文概要書

Summary of Bachelor's Thesis

Date of submission: ___/___/___ (MM/DD/YYYY)

専攻名 (専門分野) Department	情報理工	氏名 Name	高木政徳	指導員 Advisor	渡辺 裕 印 Seal
研究指導名 Research guidance	オーディオビジュアル情報処理研究	学籍番号 Student ID number	CD 1w120292-5		
研究題目 Title	レンズ歪み補正を伴う動き補償方式の研究 Research on Motion Compensation Method with Lens Distortion Correction				

1. まえがき

近年, GoPro HERO 4 などの身体等に装着しハンズフリーで撮影することを目的とした小型カメラである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の世界全体での出荷台数は, 2014 年の 560 万台から 2020 年までに 3060 万台へと増加する見込みであり [1], 世界的自転車プロロードレースであるツール・ド・フランス 2015 でも選手の自転車に取り付けられた GoPro で撮影された映像が公開される [2] など, 注目を浴びている.

ウェアラブルカメラには, 広い画角を撮影することができる広角レンズが一般的に使用されており, 広角レンズを使用して撮影された動画は, 外側に向かって膨らんだような画になる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挙げられる [3] が, 樽型歪曲収差を持つ動画には有効でないと考えられる. そこで, 本研究では, 広角レンズによって生じる歪みである樽型歪曲収差を持つ動画の圧縮効率の向上をめざし, 樽型歪曲収差を持つ動画に対し, 歪み補正を行った場合と行わなかった場合とで動き補償をしたとき, 予測誤差を比較することで, 歪み補正付き動き補償方式の有効性を検証する.

2. 歪み補正に伴う画質劣化

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が伴い, その結果, 動き補償に画質劣化を伴ってしまう. そこで, 歪み補正に伴う画質劣化がどの程度あるのかを確認する実験を行った. 各 step における画素補間法を Bicubic 補間法, Lanczos3 補間法, Lanczos4 補間法と変えた場合, 共に Lanczos4 補間法を用いた場合は, 共に Bicubic 補間法を用いた場合に比べてそれぞれ 7.05dB, 5.45dB, 5.67dB 改善されていることがわかり. 共に Bicubic 補間法を用いた場合でもそれぞれ 42.57dB, 47.79dB, 45.41dB の性能を確保できていることが確認できた.

3. 歪みゾーンプレートを用いた性能評価

2 章の歪み画像の生成手法に関して, サーキュラゾーンプレートに歪み処理を行って生成した歪みゾーンプレートに対して歪み補正処理および歪み処理を行い, 周波数特性の観点から処理の前後での性能評価を行った. 結果, 歪みゾーンプレートに若干の模様が発生したことから, 高周波成分に若干の劣化を生じてしまうことがわかった.

4. 歪み補正を伴う動き補償方式

樽型歪曲収差を持つ 2 つの連続する画像に対し歪み補正を行った場合と行わなかった場合とで, ブロックマッチングの際のブロックサイズを変えたときに予測誤差がどのように変化するかを確認した. 結果として, 2k サイズの歪み画像の場合はブロックサイズが 16 以上, 4k サイズの歪み画像の場合はブロックサイズが 32 以上のときに, 補正なしのときよりも補正ありで予測画像を生成した場合が高い PSNR 値を示した.

5. まとめ

本研究では, 樽型歪曲収差を持つ動画の圧縮効率の向上をめざし, 樽型歪曲収差を持つ動画に対するレンズ歪み補正付き動き補償方式について研究を行った. まず, 歪み補正処理及び再歪み処理の際の画素補間法として Bicubic 補間法が十分有効であることを確認した. さらに, 樽型歪曲収差を持つ 2 画像に対して歪み補正を施してからブロックマッチングを行うことで, 大きいブロックで予測画像を生成した際の予測誤差が減少することを確認し, 樽型歪曲収差を持つ動画に対して歪み補正を伴う動き補償が有効であることを示した.

参考文献

- [1] Wearable Cameras - Consumer, Sports, Public Safety, Enterprise, Industrial and Other Applications for Body-Worn and Mounted Cameras: Global Market Analysis and Forecasts, Tractica, Apr.2015.
- [2] GoPro: Tour de France 2015 - Best of Stages 1-7, <https://www.youtube.com/watch?v=7C4iGVsnWCs>, 参照 Aug.30, 2016.
- [3] 大久保栄監修, “インプレス標準教科書シリーズ H. 265/HEVC 教科書”, 2013.

2015 年度 卒業論文

レンズ歪み補正を伴う動き補償方式の研究

Research on Motion Compensation Method
with Lens Distortion Correction

指導教員 渡辺 裕 教授

早稲田大学 基幹理工学部

情報理工学科

1W120292-5

高木 政徳

目次

目次

第 1 章 序論	1
1.1 研究の背景	1
1.2 本研究の目的	2
1.3 本論文の構成	2
第 2 章 歪み補正画像の生成	3
2.1 まえがき	3
2.2 画素補間	3
2.2.1 Bicubic 補間法	3
2.2.2 Lanczos 補間法	4
2.3 歪み補正	5
2.4 歪み補正画像の生成	6
2.5 歪み画像の生成	6
第 3 章 歪み補正に伴う画質劣化	10
3.1 まえがき	10
3.2 実験方法	10
3.3 実験結果	12
3.4 考察	13
第 4 章 歪みゾンプレートをを用いた性能評価	14

4.1 まえがき	14
4.2 サーキュラゾーンプレート.....	14
4.3 樽型歪曲収差を持つゾーンプレートの生成	15
4.4 歪みゾーンプレートを用いた性能評価.....	16
4.5 考察.....	16
第5章 歪み補正を伴う動き補償方式.....	18
5.1 まえがき	18
5.2 動き補償	19
5.2.1 ブロックマッチング	19
5.3 実験方法	19
5.4 実験結果	21
5.5 考察.....	22
第6章 結論	23
6.1 総括.....	23
6.2 課題.....	23
謝辞	25
参考文献.....	26
図一覧	27
表一覧	28
研究業績	

第 1 章

序論

1.1 研究の背景

近年, GoPro HERO 4 や HDR-AS200V などといった, 身体等に装着しハンズフリーで撮影することを目的とした小型カメラである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の世界全体での出荷台数は, 2014 年の 560 万台から 2020 年までに 3060 万台へと増加する見込みであり [1], 世界的自転車プロロードレースであるツール・ド・フランス 2015 でも選手の自転車に取り付けられた GoPro で撮影された映像が公開される [2,3] など, 注目を浴びている.

ウェアラブルカメラには, 広い画角を撮影することができる広角レンズが一般的に使用されており, 広角レンズを使用して撮影された動画像は, 外側に向かって膨らんだような画になる樽型歪曲収差を持つという特徴がある [4].

2013 年に国際標準化機構である ITU-T, ISO/IEC JTC1 によって制定された H.265/HEVC (High Efficiency Video Coding) は, 前方式の H.264/AVC (Advanced Video Coding) と比べて約 2 倍の圧縮率を実現している. H.265/HEVC 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挙げられる [5] が, 樽型歪曲収差を持つ動画像には有効でないと考えられる.

1.2 本研究の目的

本研究では、広角レンズによって生じる歪みである樽型歪曲収差を持つ動画像の圧縮効率の向上をめざし、樽型歪曲収差を持つ動画像に対し、歪み補正を行った場合と行わなかった場合とで動き補償をしたとき、予測誤差を比較することで、歪み補正付き動き補償方式の有効性を検証する。

1.3 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。

第1章は本章であり、本論文の研究の背景と目的及び本論文の構成について示している。

第2章では、歪み補正画像及び歪み画像の生成方法、さらにそれに伴う画素補間法として Bicubic 補間法、Lanczos 補間法について説明する。

第3章では、歪み補正に伴う画質劣化がどの程度あるのかを確認する実験を行い、その実験方法ならびに結果と考察を述べる。

第4章では、3章で述べた歪み画像の生成手法に関して、サーキュラゾーンプレートに歪み処理を行って生成した歪みゾーンプレートに対して歪み補正処理および歪み処理を行い、周波数特性の観点から処理の前後での性能評価を行う。

第5章では、樽型歪曲収差を持つ2つの連続する画像に対し歪み補正を行った場合と行わなかった場合とで、ブロックマッチングの際のブロックサイズを変えたときに予測誤差がどのように変化するのかを確認する。それに際して、動き補償とブロックマッチングについて説明する。

第6章では、本論文の結論と今後の課題について述べる。

第2章

歪み補正画像の生成

2.1 まえがき

本章では, 歪み補正画像及び歪み画像の生成方法, さらにそれに伴う画素補間法として Bicubic 補間法, Lanczos 補間法について説明する.

2.2 画素補間

入力画像に拡大や縮小, 回転などといった変換処理を施す際, 出力画像の整数座標点は, 一般的には入力画像上の実数座標点に対応することが多い. しかし, 入力画像の画素値データは整数座標上にしか存在しないため, 対応点の画素値を周辺の整数座標上の画素値から求める必要がある. 主要な画素補間法として Bicubic 補間法, Lanczos 補間法が挙げられる.

2.2.1 Bicubic 補間法

Bicubic 補間法では, 求める位置 (x, y) の画素値を周辺の 4×4 画素(16 画素)の画素値を用いて, 式(2.1)に従って補間を行う(図 2.1)[6].

$$f(x, y) = \sum_k \sum_i f(u_k, v_i) w_B(u_k - x) w_B(v_i - y) \quad (2.1)$$

ここで, 点 (u_k, v_i) は点 (x, y) の周囲の整数座標点, $w_B(d)$ は各座標点における重みを表し, 以下の式(2.2)に従う.

$$w_B(d) = \begin{cases} (a+2)d^3 - (a+3)d^2 + 1, & |d| \leq 1 \\ ad^3 - 5ad^2 + 8ad - 4a, & 1 < |d| \leq 2 \\ 0, & |d| \geq 2 \end{cases} \quad (2.2)$$

ここで, a の値はシャープさに影響しており, 本研究では $a = -1$ とした.

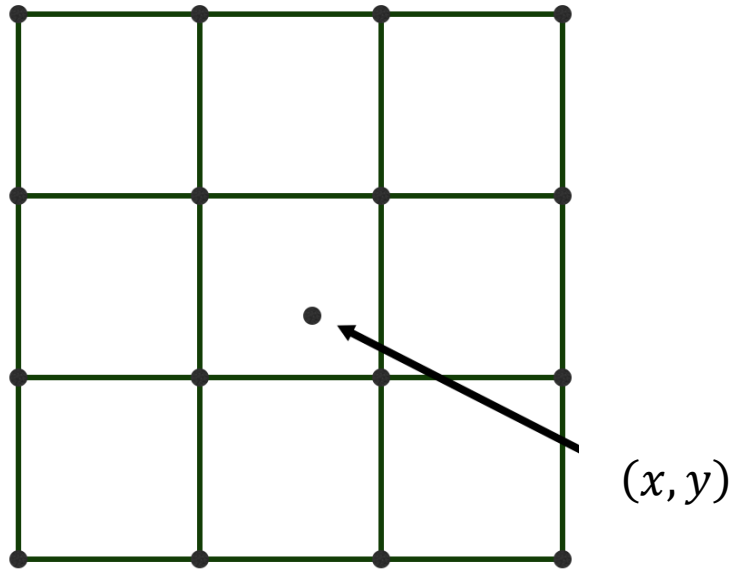


図 2.1 注目点と周辺 16 画素

2.2.2 Lanczos 補間法

Lanczos 補間法は Bicubic 補間法よりも高い品質を期待できる補間法である. Lanczos3 補間法は, 求める位置 (x, y) の画素値を周辺の 6×6 画素 (36画素) の画素値, Lanczos4 補間法は, 求める位置 (x, y) の画素値を周辺の 8×8 画素 (64画素) の画素値から算出する. 補間式は式(2.3)に従う.

$$f(x, y) = \sum_k \sum_i f(u_k, v_i) w_L(u_k - x) w_L(v_i - y) \quad (2.3)$$

ここで, 点 (u_k, v_i) は点 (x, y) の周囲の整数座標点, $w_L(d)$ は各座標点における重みを表し, 以下の式(2.4)に従う. なお, 式(2.4)において, Lanczos3 のときは $n = 3$, Lanczos4 のとき

は $n = 4$ となる.

$$w_L(d) = \begin{cases} \text{sinc}(d) \times \text{sinc}\left(\frac{d}{n}\right), & |d| \leq n \\ 0, & |d| > n \end{cases} \quad (2.4)$$

ここで,

$$\text{sinc}(x) = \frac{\sin(x\pi)}{x\pi} \quad (2.5)$$

である.

2.3 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(2.6)のように表される[7]. ただし, 画像の中心を原点とする.

$$x_G = \frac{x}{1 + k(x^2 + y^2)} \quad (2.6)$$
$$y_G = \frac{y}{1 + k(x^2 + y^2)}$$

ここで, k は歪みパラメータを表す. なお本稿では, k の値を2kサイズ画像への処理の場合は式(2.7), 4k画像への処理の場合は式(2.8)とした.

$$k = \frac{1}{0.9 \times 1920^2 \times 1080^2} \quad (2.7)$$

$$k = \frac{1}{0.9 \times 3840^2 \times 2160^2} \quad (2.8)$$

式(2.6)から,

$$\frac{x_G}{y_G} = \frac{x}{y} \quad (2.9)$$

を得る. 式(2.7)を式(2.6)に代入すると以下を得る.

$$y^2 \left\{ k \left(\frac{x_G^2}{y_G^2} + 1 \right) \right\} + y \left(-\frac{1}{y_G} \right) + 1 = 0 \quad (2.10)$$

式(2.10)を y について解くと,

$$y = \frac{1 \pm \sqrt{1 - 4k(x_G^2 + y_G^2)}}{2k(x_G^2 + y_G^2)} y_G \quad (2.11)$$

となり, y は2つの解を持つことがわかる.

ここで, 式(2.6)より,

$$\lim_{k \rightarrow 0} y_G = y \quad (2.12)$$

であることから、式(2.11)において、

$$\lim_{k \rightarrow 0} \frac{1 + \sqrt{1 - 4k(x_G^2 + y_G^2)}}{2k(x_G^2 + y_G^2)} y_G = \infty \quad (2.13)$$

一方、

$$\lim_{k \rightarrow 0} \frac{1 - \sqrt{1 - 4k(x_G^2 + y_G^2)}}{2k(x_G^2 + y_G^2)} y_G = y_G \quad (2.14)$$

であることから、式(2.14)が正しい解であることがわかる。

以上より、式(2.6)は、以下のように変形できる。

$$\begin{aligned} x &= \frac{1 - \sqrt{1 - 4k(x_G^2 + y_G^2)}}{2k(x_G^2 + y_G^2)} x_G \\ y &= \frac{1 - \sqrt{1 - 4k(x_G^2 + y_G^2)}}{2k(x_G^2 + y_G^2)} y_G \end{aligned} \quad (2.15)$$

2.4 歪み補正画像の生成

歪み補正処理において、入力画像を樽型歪曲収差を持つ画像としたとき、出力画像である歪み補正画像の整数座標上の点は、入力画像の実数座標上の点に対応する(図 2.2)。出力画像の整数座標上の点を (x, y) 、それに対応する入力画像の実数座標上の点を (x_G, y_G) としたとき、点 (x_G, y_G) は式(2.6)によって求められる。求めた点 (x_G, y_G) における画素値は、Bicubic 補間法もしくは Lanczos 補間法を用いて周囲の画素値から補間し、値を算出する。算出した画素値を出力画像上の点 (x, y) にあてはめることで歪み補正画像を生成することができる。

樽型歪曲収差を持つ画像(図 2.3)を入力画像としたとき、上記の方法で生成される歪み補正画像を図 2.4 に示す。

2.5 歪み画像の生成

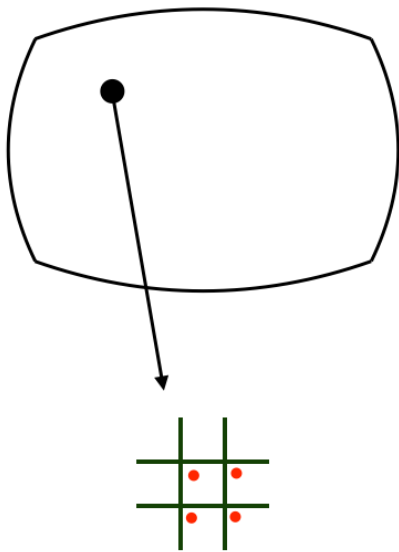
歪み補正画像に対して再度歪みをかける処理、つまり歪んだ画像を生成する処理については、出力画像の整数座標上の点は、入力画像上の実数座標上の点に対応することから、出力画像である歪み画像の整数座標上の点を (x_G, y_G) 、入力画像である歪み補正画像の実数座標上の点を (x, y) としたとき、点 (x, y) は式(2.15)によって求められる。求めた点 (x, y) における画素値は、Bicubic 法もしくは Lanczos 法を用いて周囲の画素値か

ら補間し、値を算出する。算出した画素値を出力画像上の点 (x_G, y_G) にあてはめることで歪み画像を生成することができる。

歪み補正画像(図 2.4)を入力画像としたとき、上記の方法で生成される歪み画像を図 2.5 に示す。

図 2.5 より、歪み補正画像に対して再度歪みをかける処理を行うと四隅に空白部分が発生した。これは、式(2.7)で設定した k の値が大きく、式(2.15)を用いた変換処理の過程において、ルート内の値がマイナスになり、データが欠落してしまったからである。以降の章においても画像の四隅が欠落した結果が出てくるが、いずれも同じ理由によるものである。

入力画像(樽型歪曲収差)



出力画像(歪み補正)

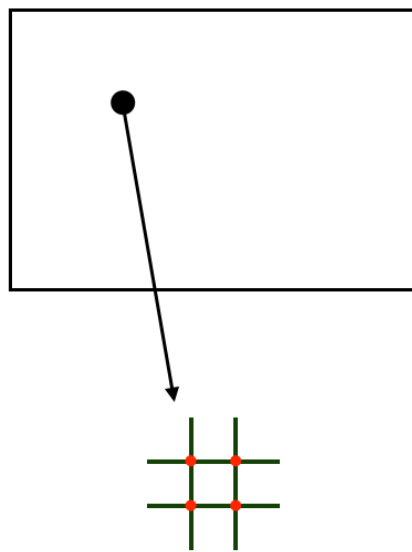


図 2.2 出力画像整数座標上の点に対応する入力画像上の点



図 2.3 樽型歪曲収差を持つ画像



図 2.4 歪み補正画像



図 2.5 再歪み処理結果

第3章

歪み補正に伴う画質劣化

3.1 まえがき

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、及び補正された画像に対して再度歪みをかける処理が必要となる。この歪み補正及びその逆処理には2章で述べたように補間処理が伴い、その結果、動き補償に画質劣化を伴ってしまう。そこで本章では、歪み補正に伴う画質劣化がどの程度あるのかを確認する実験を行い、その実験方法ならびに結果と考察を述べる。

3.2 実験方法

本実験では、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を施し(step2)、各 step において画素の補間法を変えた場合、処理の前後で画質の性能にどの程度差が出るのかを PSNR 値で比較する。なお、補間法として各 step 共に Bicubic 補間法, Lanczos3 補間法, Lanczos4 補間法の3種類を使用した。入力画像として用意したテスト画像をそれぞれ図 3.1, 図 3.2, 図 3.3 に示す。また、テスト画像のサイズを表 3.1 に示す。

画像の性能比較に関して、2章で述べたように歪み補正画像に対し再度歪みをかける

処理を行った場合、画像の四隅に空白部分が生じてしまうため、この部分を含む上下 4 ピクセル、左右 65 ピクセルを除いて比較した。



図 3.1 テスト画像 1



図 3.2 テスト画像 2



図 3.3 テスト画像 3

表 3.1 テスト画像のサイズ

テスト画像	サイズ
1	1920×1080
2	1920×1080
3	3840×2160

3.3 実験結果

実験結果を表 3.2, 表 3.3, 表 3.4 に示す.

表 3.2 補間の組み合わせに対する PSNR 値(テスト画像 1)

		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

表 3.3 補間の組み合わせに対する PSNR 値(テスト画像 2)

		step1		
		Bicubic	Lanczos3	Lanczos4
step2	Bicubic	47.79	49.05	50.01
	Lanczos3	49.17	54.73	55.46
	Lanczos4	49.19	53.12	53.14

表 3.4 補間の組み合わせに対する PSNR 値(テスト画像 3)

		step1		
		Bicubic	Lanczos3	Lanczos4
step2	Bicubic	45.41	46.39	47.45
	Lanczos3	46.51	49.83	50.83
	Lanczos4	47.19	50.10	51.08

3.4 考察

表 1, 表 2, 表 3 から, step1, step2 共に Lanczos4 補間法を用いた場合は, 共に Bicubic 補間法を用いた場合に比べてそれぞれ 7.05dB, 5.45dB, 5.67dB 改善されていることがわかる. しかし, 共に Bicubic 補間法を用いた場合でもそれぞれ 42.57dB, 47.79dB, 45.41dB の性能を確保できていることが確認できることから, 歪み補正処理及び再度歪みをかける処理における画素の補間方法として, Bicubic 補間法で十分な性能を確保できることがわかった. 従って, 以降の章で用いる歪み補正処理及び歪み処理における画素補間法はすべて Bicubic 補間法を用いる.

第4章

歪みゾーンプレートを用いた性能評価

4.1 まえがき

本章では, 3章で述べた歪み画像の生成手法に関して, サーキュラゾーンプレートに歪み処理を行って生成した歪みゾーンプレートに対して歪み補正処理および歪み処理を行い, 周波数特性の観点から処理の前後での性能評価を行う.

4.2 サーキュラゾーンプレート

サーキュラゾーンプレートは同心円の中心が低周波, 中心から離れるに従って高周波成分となっている. これによって周波数成分の分布が視覚的にわかりやすく, 低域から高域までの周波数成分の影響を調べるのに効率が良い.

サーキュラゾーンプレートの算出式は式(4.1)に従う.

$$f(x, y) = A \sin \left\{ \frac{\pi}{2} + \frac{(x-a)^2}{\alpha} + \frac{(y-b)^2}{\beta} + \theta \right\} + B \quad (4.1)$$

また, 各変数は表 4.1 に示す.

表 4.1 ゾーンプレート算出式の変数とその意味

変数	意味
(x, y)	画像上の位置
(a, b)	同心円の中心座標
(α, β)	最高解像度までの同心円の半径
A	正弦波の振幅
B	正弦波を重畳するグレーレベル
θ	同心円中心の正弦波の位相

4.3 樽型歪曲収差を持つゾーンプレートの生成

ゾーンプレートは低周波成分から高周波成分までを含んでいる必要がある。そのため、サーキュラゾーンプレートに歪み処理を行って歪みゾーンプレートを生成する際、画像中央から最も離れた位置が最高周波数とならなければならない。

そこで、 $2k$ サイズの歪みゾーンプレートをちょうど切り抜ける大きさのサーキュラゾーンプレートを用意した。このサーキュラゾーンプレートに対して歪み処理を行って生成した歪みゾーンプレートを図 4.1 に示す。

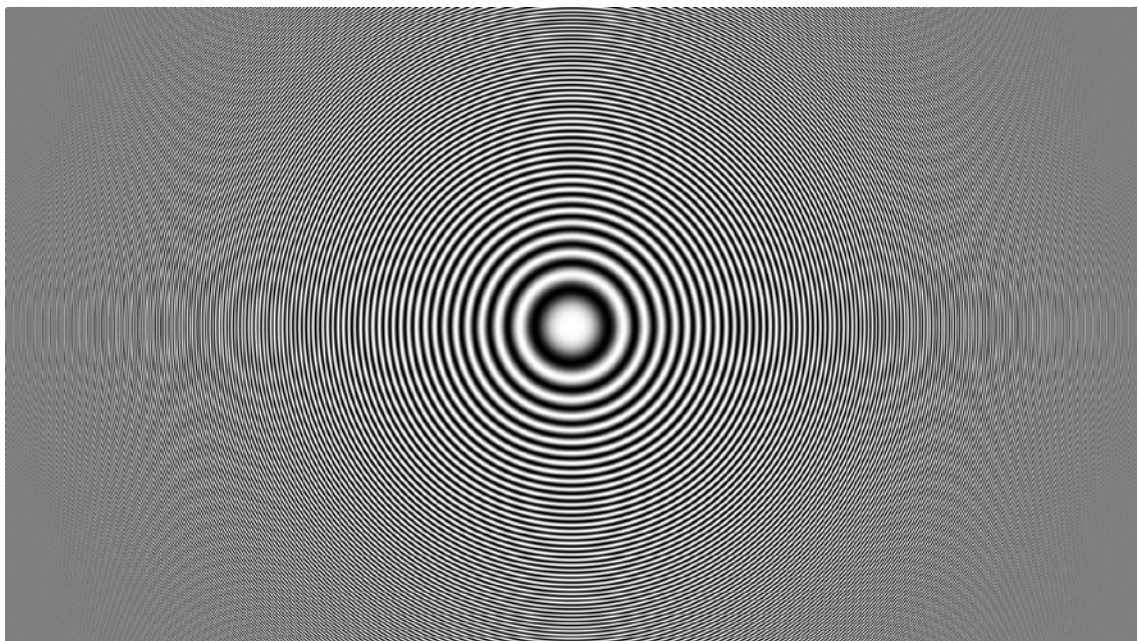


図 4.1 樽型歪曲収差を持つゾーンプレート

4.4 歪みゾーンプレートを用いた性能評価

図 4.1 に示した歪みゾーンプレートに対し, 第 3 章と同様に, 歪みを補正する処理, 及び補正された画像に対して再度歪みをかける処理を行い, 処理の前後でのゾーンプレートの模様の変化を観察する. また, 画質の性能にどの程度差が出るのかを PSNR 値で比較する. 得られた PSNR 値を表 4.2 に示す.

図 4.1 に対して歪みを補正する処理及び再度歪みをかける処理を行って生成された画像を図 4.2 に示す.

表 4.2 補正処理の前後での画像性能差

PSNR 値	34.39
--------	-------

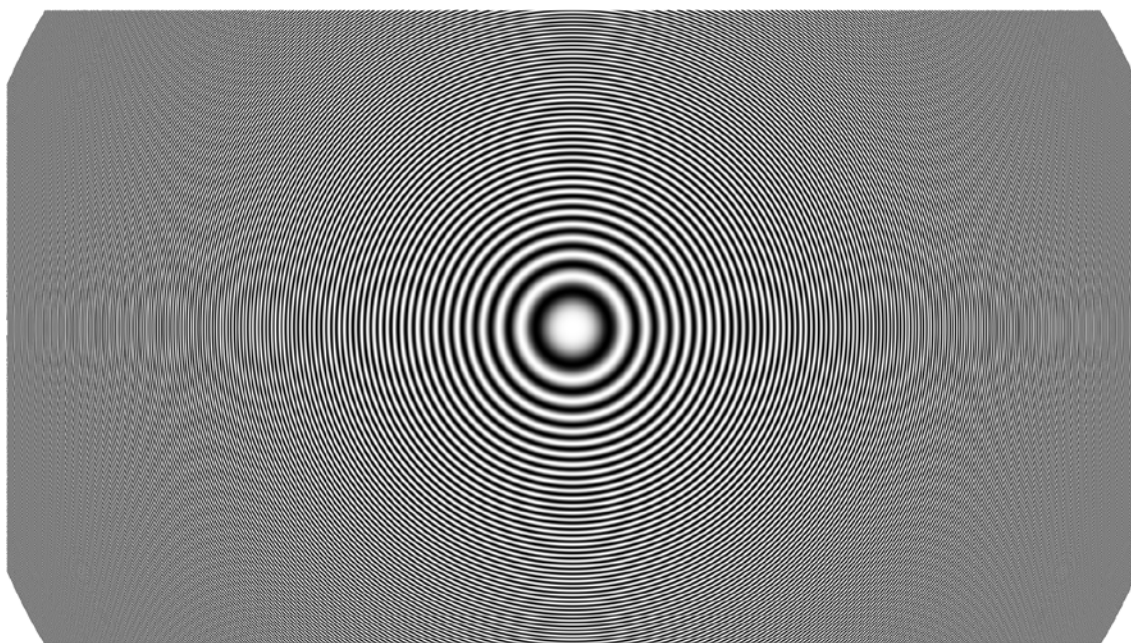


図 4.2 図 4.1 に補正処理を行った結果

4.5 考察

表 4.2 より, 第 3 章での結果よりやや劣るが, 34.39dB の性能を確保できていることがわかった.

図 4.2, 図 4.3 を Full HD 以上に対応しているディスプレイで再生して比較すると, わずかではあるが図 4.3 の方に図 4.2 にはない模様が発生しているのが確認できた. よって, 第 3 章における歪み処理には, 高周波成分に若干の劣化を生じてしまうことがわかった.

第 5 章

歪み補正を伴う動き補償方式

5.1 まえがき

本章では, 樽型歪曲収差を持つ 2 つの連続する画像に対し歪み補正を行った場合と行わなかった場合とで, ブロックマッチングの際のブロックサイズを変えたときに予測誤差がどのように変化するかを確認する, それに伴い, 動き補償とブロックマッチングについて説明する.

5.2 動き補償

動画像には多くの移動する物体が写っており, それらを個々に見ると画面上ほぼ同じ方向に動いていることから, 画面を細かいブロックに分割し, 過去の画像(参照フレーム)から現在の画像(カレントフレーム)に最も類似しているブロックを探索し, 対応するブロックの位置の差を動きベクトルとして検出し, その動きベクトルを基に予測画像を生成することができる. これを動き補償という[8].

動き検出の手法として, ブロックマッチングが挙げられる.

5.2.1 ブロックマッチング

比較する2枚の画像から注目するブロックを切り出し、そのブロック間における輝度値の差分絶対値和(SAD: Sum of Absolute Difference)を求める。探索領域内において差分絶対和が最も小さい値となったブロックまでの距離と方向を動きベクトルとする。本研究で用いるブロックマッチングに関して、注目ブロックに対する探索領域は周辺 200×200 ピクセルとした。

5.3 実験方法

本実験では、2枚の連続する樽型歪曲収差を持つ画像に対してブロックマッチングを行った場合に生成される予測画像と、歪み補正した画像間でブロックマッチングを行い、再歪み処理によって生成される予測画像の、それぞれの予測誤差を比較する。このとき、ブロックマッチングの際のブロックサイズを 4×4 から 64×64 まで変化させるものとする。なお、補正処理における画素の補間法は Bicubic 補間法を用いる。また、第2章でも述べた通り、再歪み処理の際に画像の四隅に空白部分が生じるため、この部分を除いて評価するものとする。

入力画像として用意したテスト画像をそれぞれ図 5.1, 図 5.2, 図 5.3 に示す。また、テスト画像のサイズを表 5.1 に示す。



図 5.1 テスト画像 A



図 5.2 テスト画像 B



図 5.3 テスト画像 B

表 5.1 テスト画像のサイズ

テスト画像	サイズ
A	1920×1080
B	1920×1080
C	3840×2160

5.4 実験結果

テスト画像 A, B, C について, 歪み補正処理を行った場合と行わなかった場合とで, ブロックサイズを 4×4 から 64×64 まで変化させたときの予測誤差をそれぞれ図 5.4, 図 5.5, 図 5.6 に示す.

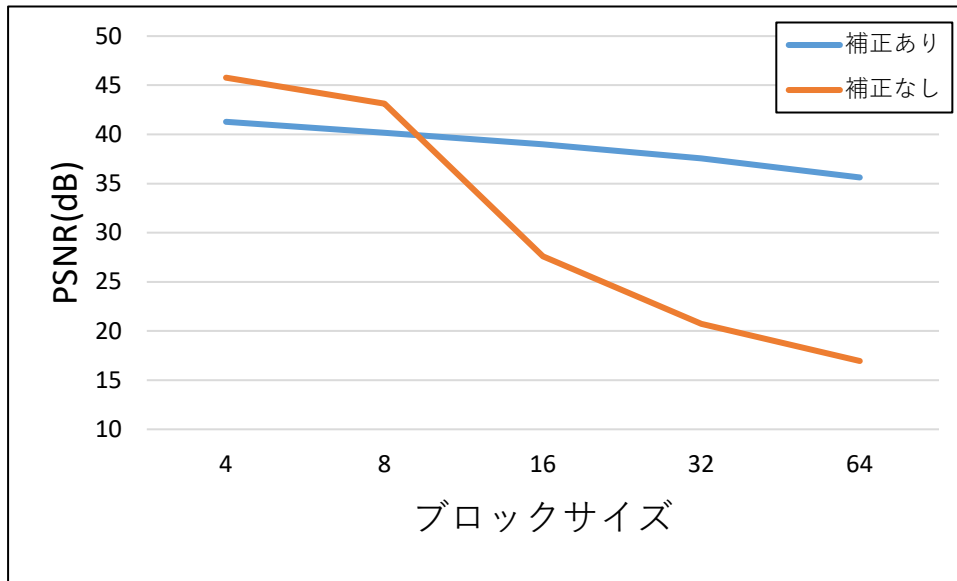


図 5.4 予測誤差(テスト画像 A)

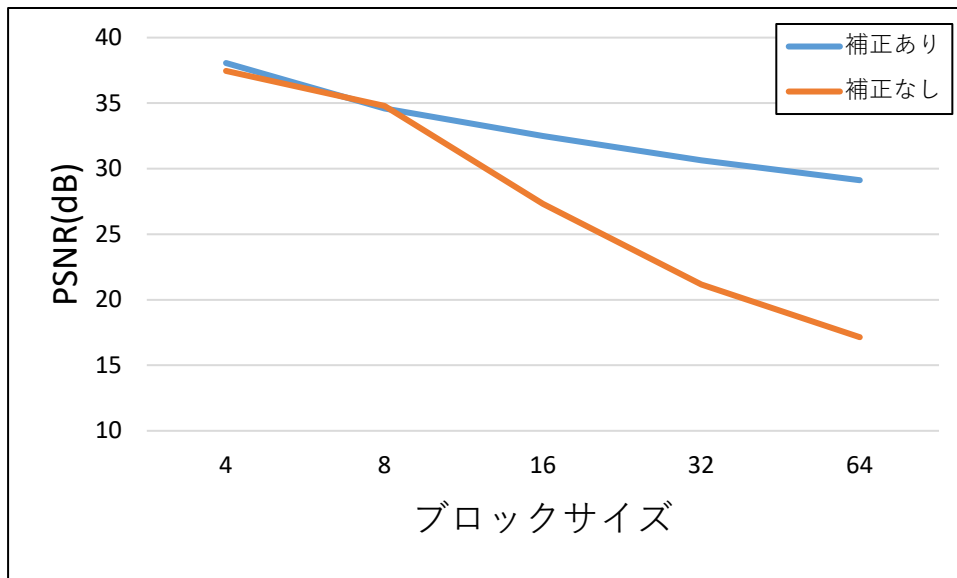


図 5.5 予測誤差(テスト画像 B)

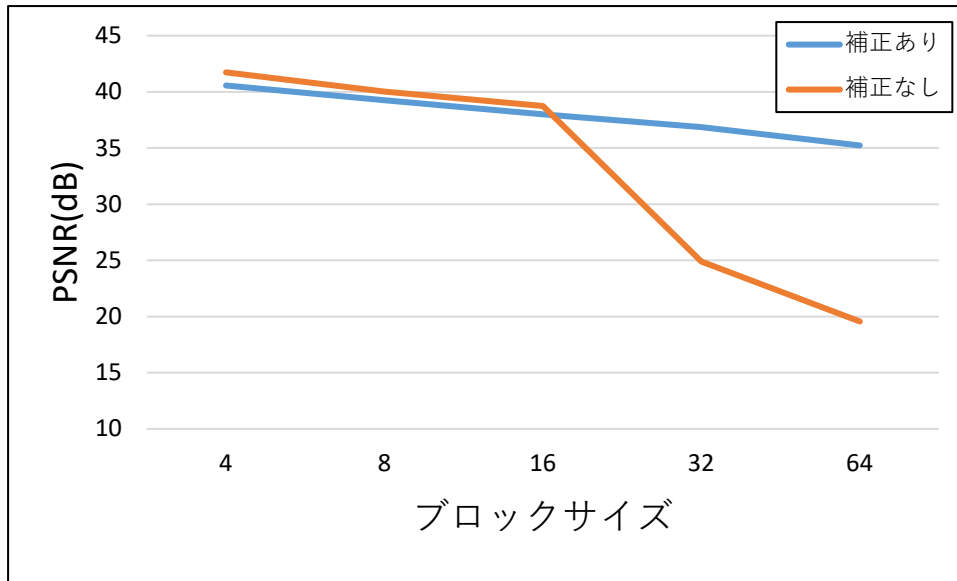


図 5.6 予測誤差(テスト画像 C)

5.5 考察

図 5.4, 図 5.5 より, テスト画像が 2k サイズ(1920 × 1080)の場合については, ブロックサイズが 8 以下のとき, 補正ありは補正なしとほぼ同じもしくはやや低い PSNR 値が出ている. しかし, ブロックサイズが 16 以上のとき, 補正なしは極端に劣化し, 補正ありは補正なしのときよりも高い PSNR 値となり, その差はブロックサイズが大きくなるにつれ広がっている.

図 5.6 より, テスト画像が 4k サイズ(3840 × 2160)の場合については, ブロックサイズが 16 以下のとき, 補正ありは補正なしとほぼ同じ PSNR 値が出ている. しかし, ブロックサイズが 32 以上のとき, 図 5.4, 図 5.5 のときと同様に, 補正なしは極端に劣化し, 補正ありは補正なしのときよりも高い PSNR 値となり, その差はブロックサイズが大きくなるにつれ広がっている.

以上の結果から, 樽型歪曲収差を持つ動画像に対して, 大きいブロックサイズでの歪み補正付きの動き補償が十分有効であることがわかる.

第 6 章

結論

6.1 総括

本研究では、樽型歪曲収差を持つ動画像の圧縮効率の向上をめざし、樽型歪曲収差を持つ動画像に対するレンズ歪み補正付き動き補償方式について研究を行った。まず、歪み補正処理及び再歪み処理の際の画素補間法として Bicubic 補間法が十分有効であることを確認した。さらに、樽型歪曲収差を持つ 2 画像に対して歪み補正を施してからブロックマッチングを行うことで、大きいブロックで予測画像を生成した際の予測誤差が減少することを確認し、樽型歪曲収差を持つ動画像に対して歪み補正を伴う動き補償が有効であることを示した。

6.2 今後の課題

本研究において、式(2.6)の歪みパラメータである k の値を特定の値で行っていたため、今後は最適な k の値を求める必要がある。

また、歪み補正付き動き補償方式に関して、歪みの補正式がわかっていることから、連続する 2 枚の歪み補正フレーム間での固定サイズのブロックでの動き補償を行って

予測画像を生成するのではなく、画像位置によって変わる歪み特性を考慮した領域マッチング方法を検討する必要があると考える。

謝辞

本研究の機会, そして素晴らしい研究環境を与えて下さり, また, 貴重な時間を割いてご指導頂きました渡辺裕教授に心から感謝いたします.

本研究のきっかけを与えてくださり, 様々なご提案を頂きました KDDI 株式会社研究所河村圭博士に心から感謝いたします.

日頃からアドバイスや議論をして頂いた研究室の皆様心から感謝いたします.

最後に, 私をここまで育ててくださった家族に心から感謝致します.

参考文献

- [1] Wearable Cameras – Consumer, Sports, Public Safety, Enterprise, Industrial and Other Applications for Body-Worn and Mounted Cameras: Global Market Analysis and Forecasts, Tractica, Apr.2015.
- [2] GoPro: Tour de France 2015 – Best of Stages 1-7, <https://www.youtube.com/watch?v=7C4iGVsnWCs>, 参照 Aug.30, 2016.
- [3] GoPro: OVERWORK – Create(Official Music Video) https://www.youtube.com/watch?v=P0PhuLX4_Aw, 参照 Aug.30,2016.
- [4] Y.Altunbasak, R.M.Merserau and A.J.Patti “A fast parametric motion estimation algorithm with illumination and lens distortion correction”, IEEE Trans. Image Process., vol.12, no.4,pp.395-408 2003.
- [5] 大久保栄監修, “インプレス標準教科書シリーズ H. 265/HEVC 教科書”, 2013.
- [6] 村上伸一: “画像処理工学”, 東京電機大学出版局, pp.67-68.
- [7] B. Jahne, Digital Image Processing: Concepts, Algorithms, and Scientific Applications, 2nd ed New York: Springer-Verlag.
- [8] 谷口慶治 : “画像処理工学 - 基礎編 -”, 共立出版株式会社, 1996.

図一覧

- 図 2.1 注目点と周辺 16 画素 エラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 2.2 出力画像整数座標上の点に対応する入力画像上の点エラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 2.3 樽型歪曲収差を持つ画像 エラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 2.4 歪み補正画像 エラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 2.5 再歪み処理結果..... エラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 3.1 テスト画像 1 エラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 3.2 テスト画像 2 エラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 3.3 テスト画像 3 エラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 4.1 樽型歪曲収差を持つゾーンプレートエラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 4.2 図 4.2 図 4.1 の補正処理後の結果エラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 5.1 テスト画像 A..... エラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 5.2 テスト画像 B..... エラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 5.3 テスト画像 C エラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 5.4 予測誤差 (テスト画像 A) エラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 5.5 予測誤差 (テスト画像 B) エラー! ブックマークが定義されていません。
- 図 5.6 予測誤差 (テスト画像 C) エラー! ブックマークが定義されていません。

表一覧

- 表 3.1 テスト画像のサイズ エラー! ブックマークが定義されていません。
- 表 3.2 補間の組み合わせに対する PSNR 値(テスト画像 1)エラー! ブックマークが定義されていません。
- 表 3.3 補間の組み合わせに対する PSNR 値(テスト画像 2)エラー! ブックマークが定義されていません。
- 表 3.4 補間の組み合わせに対する PSNR 値(テスト画像 3)エラー! ブックマークが定義されていません。
- 表 4.1 ゾーンプレート算出式の変数とその意味エラー! ブックマークが定義されていません。
- 表 4.2 補正処理の前後での画像性能差エラー! ブックマークが定義されていません。
- 表 5.1 テスト画像のサイズ エラー! ブックマークが定義されていません。

研究業績

- [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”, 電気通信情報通信学会総合大会, 2016年3月(予定)

学会の原稿については pdf にした時に結合予定