

キュービック補間を用いた 魚眼レンズ画像の高画質補正アルゴリズムの提案

High Quality Image Correction Algorithm With Cubic Interpolation for Fish-eye Lens

森 隆寛† 外村 元伸‡ 大住 勇治‡ 池永 剛†
Takahiro Mori Motonobu Tonomura Yuuji Ohsumi Takeshi Ikenaga

1. まえがき

魚眼レンズは180度前後の広い視野角、深い被写界深度を持つため、機械的な回転機構を持つことなく1台で多くの可視情報を含むことができる。そのため、監視用途などへ多く用いられている。しかし、魚眼レンズにより得られる画像はひずみがあり、そのままでは被写体の形状や大きさなどの認識が難しい。また、その画像補正において高速・高画質な処理が実現できれば、さらなる用途の拡大とユビキタス社会の実現に貢献するものと考えられる。現在、線形補間を用いた画像補正の実現例は存在するが、画質の点で不十分である。そのため、キュービック補間を用いて高画質な画像補正を行うアルゴリズムを提案し、画質評価結果を示す。

2. 提案アルゴリズム

画像補正を行うためには、光学的な式に基づき取り出す画像の座標系から原画像の座標系への変換を行わなければならない。図1に本アルゴリズム全体の処理フローを示す。まず、取り出す位置や倍率などのパラメータと画像を入力し、正像変換で座標系の変換を行う。次に、変換された座

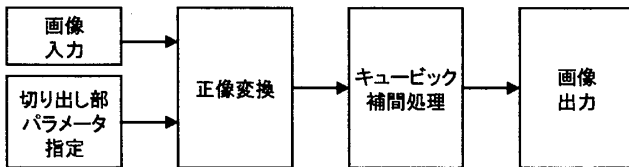


図1 処理フロー

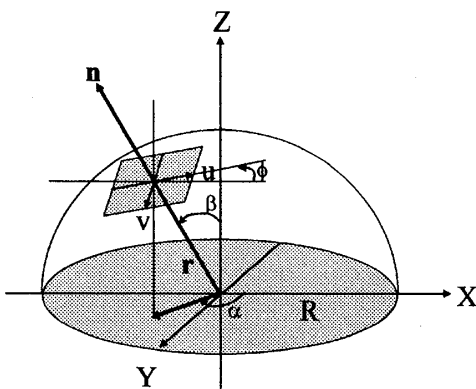


図2 正像変換モデルと座標系

標の画素値について補間をおこなうことで任意の部分の平面化画像が得られる。以下に本研究で使用したレンズにおけるアルゴリズムについて説明する。

2.1 魚眼レンズの光学系と正像変換モデル

魚眼レンズの射影方式は広角レンズを含む通常のレンズとは異なり4種類あるが、本研究では処理結果も良好で処理も容易な等距離射影方式を使用した。この射影方式は、天頂角を変更したときの同心円のピッチが等間隔であり、式(1)となる。

$$y = f\beta \quad (1)$$

ここで、像高を y 、焦点距離を f 、天頂角を β とする。画像内の1点を像点といい、その像点から画像の中心までの距離を像高という。式(1)はその像高と天頂角の関係を表している。

このレンズを使用した場合の正像変換モデルと座標系を図2に示す。 (u, v) 平面が取り出す画像であり、 (x, y) 平面が原画像である。方位角 α 、天頂角 β 、取り出す平面の回転角 ϕ および、倍率 m を入力することで平面化された任意の画像を切り出すことができる。その変換式は次式となる。

$$\begin{aligned} x &= \frac{R(uA - vB + mR\sin\beta\sin\alpha)}{\sqrt{u^2 + v^2 + m^2R^2}} \\ y &= \frac{R(uC - vD - mR\sin\beta\cos\alpha)}{\sqrt{u^2 + v^2 + m^2R^2}} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで係数 A, B, C, D は、

$$\begin{aligned} A &= \cos\phi\cos\alpha - \sin\phi\sin\alpha\cos\beta \\ B &= \sin\phi\cos\alpha + \cos\phi\sin\alpha\cos\beta \\ C &= \cos\phi\sin\alpha + \sin\phi\cos\alpha\cos\beta \\ D &= \sin\phi\sin\alpha - \cos\phi\cos\alpha\cos\beta \end{aligned} \quad (3)$$

である。

2.2 補間方式の選択

(u, v) 平面において座標が移動すると、式(2)で得られる (x, y) 平面の座標は図3のように非線形に移動する。このとき得られる座標値は画素位置上にないため、補間領域の画素から補間を行い画素値の計算を行う必要がある。また、広範囲を写している魚眼画像は一部分を切り出すため、補間時における魚眼画像の参照点が少なく補間精度が要求される。以上の理由から、魚眼画像における補間にはキュービックスプライン補間が適していると考えられる。今回用いたキュービックスプライン補間は今後のハードウェア化を考慮し文献[2]の演算式を用いた。その補間式は4点参照で次式となる。

† 早稲田大学大学院 情報生産システム研究科

‡ 大日本印刷株式会社 電子デバイス事業部
電子デバイス研究所 ひびきの研究センター

$$f(x) = ((a \cdot t + b \cdot (1-t)) \cdot t + c \cdot (1-t)) \cdot t + d \cdot (1-t)$$

$$\begin{cases} a = f_2 \\ d = f_1 \\ b = 0.2(3f_0 - 7f_1 + 12f_2 - 3f_3) \\ c = 0.2(-4f_0 + 6f_1 + 4f_2 - f_3) \end{cases} \quad (4)$$

参照画素値は f_0, f_1, f_2, f_3 で、補間区間は f_1, f_2 のあいだ、その割合が t である。通常の3次多項式は

$$f = \{(Ax+B)x+C\}x+D$$

$$= Ax^3 + Bx^2 + Cx + D \quad (5)$$

であるが、式(4)では a が f_2 となるため計算が簡単となる。これを用いることで高速処理が可能となる。

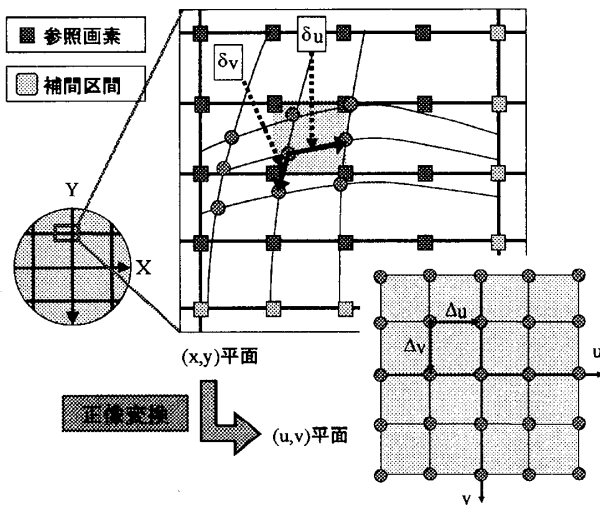
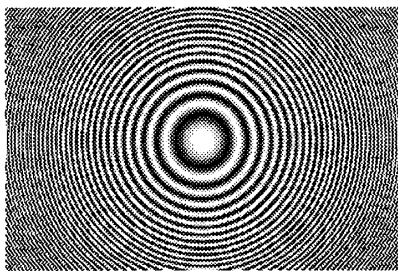
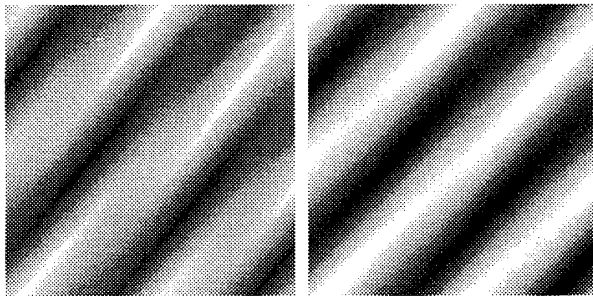


図3 魚眼画像における補間点の移動



(a)ゾーンプレート



(b)バイリニア

(c)バイキュービックスプライン [4点]

図4 処理結果 (ゾーンプレート)

3. 実験結果

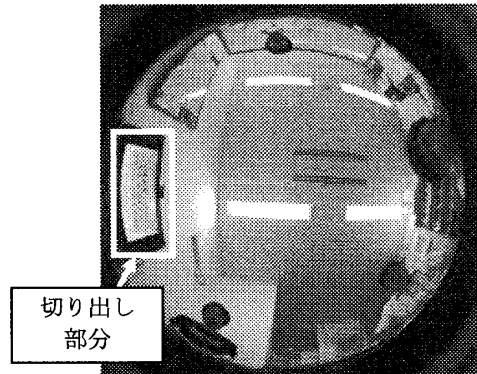
前節で述べたアルゴリズムを使用し、正像変換及び拡大処理を行って画像を得る。まず、補間手法の原理的評価のためにゾーンプレート画像を用いた。図4にその処理結果を示す。ゾーンプレートの円を魚眼画像の円として処理を行い、バイリニアと今回用いたキュービックスプラインとで比較した。図4(b)と(c)にあるように、提案法のほうが原画像に対してより鮮明に拡大できており、良好な結果が得られていることが確認できた。次に画像補正の効果を確認するために図5(a)のような自然画を用いて処理を行った。出力は図5(b)のようになり、歪みを補正できていることを確認した。しかしながら、その処理結果においてあまり鮮明な画像が得られなかった。これは単板式カラー撮像素子における、デモザイク処理が影響していると考えられ、今後の検討が必要である。

4. まとめ

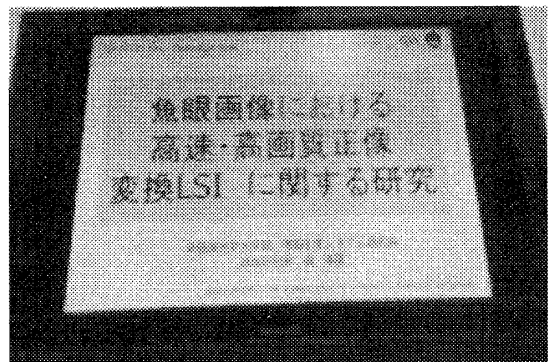
本稿では、キュービックスプラインを用いた高画質補正アルゴリズムを提案し、画質の評価を行った。ゾーンプレートでの評価で提案法がより鮮明な画像を得られることを確認し、自然画において画像補正の効果を確認した。今後はハードウェア化の検討を行う。

参考文献

- [1] インタラクティブ ピクチャーズ コーポレーション, "全視野静止カメラオリエンテーションシステム", 特許第3051173号, 2000-06-12
- [2] 外村元伸, "続実設計に应用できる演算回路スキルを身につけよう", Design Wave Magazine, Aug.2006



(a)自然画像



(b)バイキュービックスプライン [4点]

図5 処理結果 (自然画像)