

魚眼レンズの主点位置計測

A Measurement of Nodal Point Displacement of Fisheye Lens

○大澤 弘一¹, 伊東 航², 脇山 拓也², 清水 雅夫³

*Koichi Osawa¹, Wataru Itou², Takuya Wakiyama², Masao Shimizu³

Abstract: A pin-hole camera model is widely used in computer vision and stereo vision. In this model the camera position is defined as the position of the pin-hole. The position is called nodal point in a camera lens (an assembly of lenses). This assumption is effective for perspective lenses, but it is inapplicable for a very wide angle lens or a fisheye lens. We investigate the nodal point displacement of two fisheye lenses by a ray-based method in this study.

1. はじめに

1.1. ピンホールカメラモデル

図1に示すように、ピンホールカメラモデルでは、光学中心（ピンホール位置）を通る光線だけで投影面への結像をモデル化している。

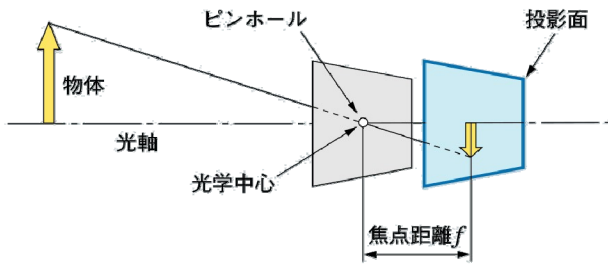


図1 ピンホールカメラモデル

このモデルでは、焦点距離 f だけがモデルパラメータとなる。投影面のできる像高 R と入射角 θ との関係は、次のようになる。

$$R = f \tan \theta \quad \dots \dots \dots (1)$$

図2に示すように、ステレオ距離計測では、計測対象上のある点 P は、左右カメラの光学中心を通り撮像面に投影されて画像になる。左右カメラの光学中心間の距離と画像上の点 P の位置から、点 P までの距離 D を求めることができる。実際のカメラでは、レンズの(前)主点位置を光学中心位置と考えることができる。

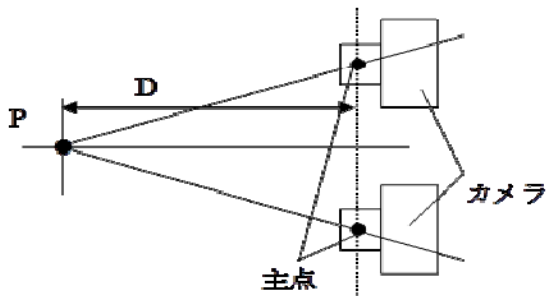


図2 ステレオ距離計測

1.2. 魚眼レンズ

魚眼レンズを使うと、画角（画像として撮影できる範囲角度）が180度の画像を撮影することができる。

図3に示すように、魚眼レンズによる像高 R と入射角 θ との関係は、次のようにモデル化されることが多い（等距離射影）。

$$R = f\theta \quad \dots \dots \dots (2)$$

このモデルでは撮像面から焦点距離 f だけ離れた点を全ての光線が通過するが、それではピンホールカメラモデルと同じになり、180度の範囲を撮影できない。つまり、実際の魚眼レンズでは、入射角に応じて主点位置が移動していると考えられる。この移動を考慮することで、ステレオ距離計測に魚眼レンズを用いたときにも高精度な距離計測が実現できる。

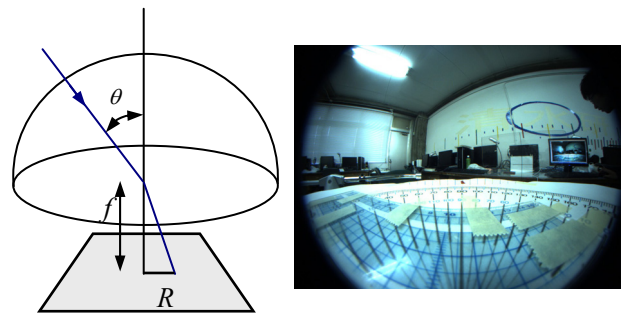


図3 魚眼レンズモデルと撮影画像

2. 主点位置の計測

2.1. 計測原理

ある点をカメラで撮影するとき、撮影レンズの主点位置とその点に対する入射角はわからない。しかし、撮影した画像に変化が表れないように、その点までの距離を変化させることができれば、この点の移動を結ぶ直線は主点位置を通る。

撮影レンズの主点は光軸上にあるので、図4に示すように、カメラを前後に微小移動および回転する機構

1 : 日大理工・院(前)・精機, 2 : 日大理工・精機, 3 : 日大理工・教員・精機

があれば、撮影画像を観測することで主点位置の変化を計測できる。このような主点位置計測法をノーダルスライド法と呼ぶ。

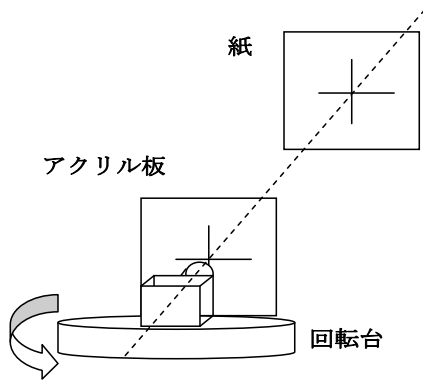


図 4 主点位置の計測方法

主点位置が移動する可能性のある撮影レンズでは、具体的な計測手順は、以下ようになる。

- ① まず、ある入射角（40 度など）に対する主点位置を求める。遠い目標（紙に書いた十字線）と近い目標（アクリル板に書いた十字線）を固定して、画像の中心（光軸方向）に重なって見えるようにする。40 度回転したときにも 2 つの目標が重なるように、回転中心の位置を前後方向に調整する。このときの回転中心が入射角 40 度に対する主点位置となる。
- ② 次に、入射角 40 度を基準として主点位置の移動を計測する。異なる入射角度になるように、カメラを回転する。2 つの目標が重なるように、カメラを前後方向に移動する。この移動が主点の移動となる。

図 5 に、2 つの目標が重なっていないときと重なったときの画像の例を示す。

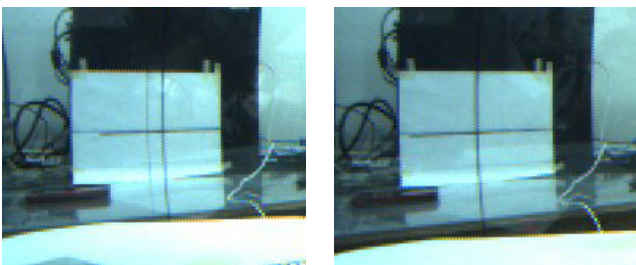


図 5 2 つの目標を撮影した様子

2. 2. 計測結果

2 種類の魚眼レンズ(魚眼カメラシステム MB-C-2000 に装着されたものと、フジノン製 $f=1.4\text{mm}$ 魚眼レンズ FE185C046HA-1) と、通常の 6mm レンズ (DF6HA-1B)

について、主点位置の移動を計測した。図 6 に計測結果を示す。

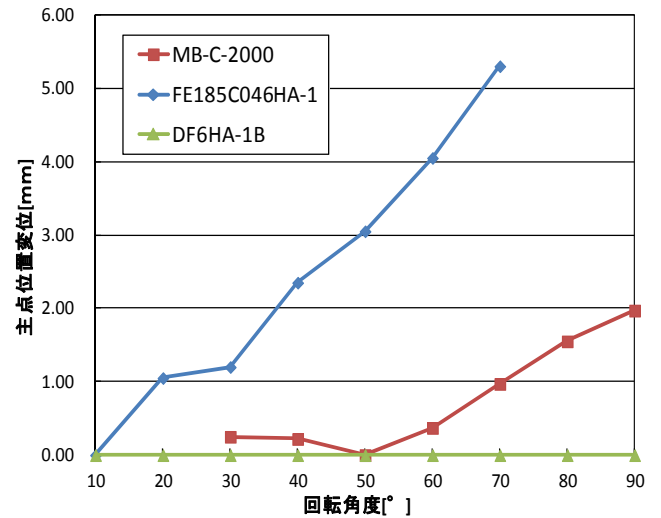


図 6 主点位置の移動

計測結果を用いて、図 7 にフジノン製魚眼レンズの主点位置の移動を示す。

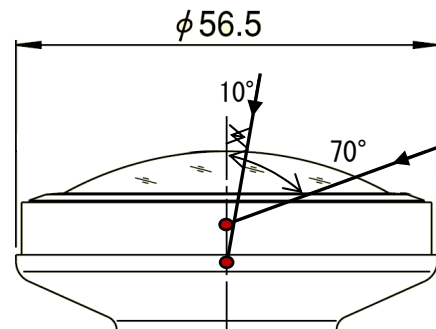


図 7 FE185C046HA-1 の主点位置

3. まとめ

魚眼レンズでは、光学中心の位置すなわちレンズ主点位置が、撮影対象の方向によって変化していることを計測によって確認した。今後は、この主点位置の移動をより簡単に計測する方法の開発と、主点位置の移動も考慮したステレオ距離計測を検討する。

参考文献

- [1] S. Baker, S. K. Nayar, "A Theory of Single-Viewpoint Catadioptric Image Formation", International Journal of Computer Vision, 35(2), pp. 175-196, 1999.
- [2] M. D. Grossbarg, S. K. Nayar, "The Raxel Imaging Model and Ray-Based Calibration", International Journal of Computer Vision, 61(2), pp. 119-137, 2005.
- [3] フジノン FE185C046HA-1 レンズカタログ