

ステレオ全天球カメラからの距離測定の基礎検討

Basic Study on Distance Measurement from Stereo Omni-image Cameras

青木 貴大[†] 松田 卓也[†] 原 潤一[‡] 渡辺 裕[†]
 Takahiro AOKI[†] Takuya MATSUDA[†] Junichi HARA[‡] and Hiroshi Watanabe[†]

[†]早稲田大学 [‡]株式会社リコー
[†]Waseda University [‡]Ricoh Co. Ltd

Abstract Derivation of equation aimed for distance measurement using omni-directional camera is studied. By using ideal images created by computers graphics correctness of the proposed equation is confirmed.

1. 概要

等距離射影方式の魚眼カメラを用いた全天球カメラを用いてステレオカメラを構成し、360°視野における距離測定を行うための基礎検討を行う。等距離射影方式の魚眼カメラで構成されたステレオカメラにおいて距離測定式を導出する。理想的な撮影環境を想定し、等距離射影方式の魚眼カメラで撮影した画像をCGで作成し導出式の有効性を確認している。

2. 従来研究

等距離射影方式の魚眼カメラで撮影した画像平面の中心から対象手間の距離 y は入射角 θ カメラの焦点距離 f を用いて

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

で算出される。従来、式(1)を用いて距離が導出されている。ところで、焦点距離 f の値はカメラによって異なる。また、 f の値は mm の単位であるが y の値は画像平面上から測定するためピクセル単位である。これらの値を変換するパラメータが用いられていた。

3. 提案手法

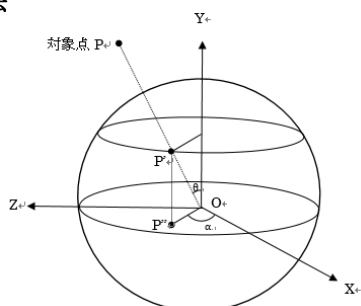


図1 魚眼レンズと射影された対象物の座標関係
 図1において球の半径を1とすると P' の座標は、次

式で与えられる

$$P' = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha \sin \theta \\ \cos \theta \\ \sin \alpha \cos \theta \end{pmatrix} \quad (2)$$

魚眼レンズは等距離射影方式であるため画像中心からの距離が最大 pixel となる点が入射角 90° である。画像平面最大 pixel を L とすると θ は式(3)となる。

$$\theta = \frac{\pi}{2} \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{L} \quad (3)$$

次に図2に示す基線長と対象点 P でなす三角形を考える。

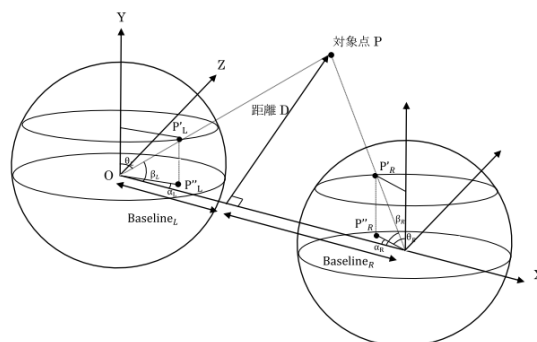


図2 2台の魚眼レンズと対象点との関係

X 軸と対象点からの光線がなす角 β_L , β_R を求める。この両者から基線長からの距離 D が求められる。

$\cos \beta_L$, $\cos \beta_R$ はそれぞれ P'_L と P'_R の x 座標を表しており、

$$\beta_L = \cos^{-1}(\cos \alpha_L \sin \theta_L) \quad (4)$$

$$\beta_R = \cos^{-1}(\cos \alpha_R \sin \theta_R) \quad (5)$$

で計算することができる。これから距離 D は

$$D = \frac{\text{Baseline}_L + \text{Baseline}_R}{\left(\frac{1}{\tan \beta_L} + \frac{1}{\tan \beta_R}\right)} \quad (6)$$

となる．奥行 Y を導出するためにカメラから対象点を見上げる角度 γ を求める．

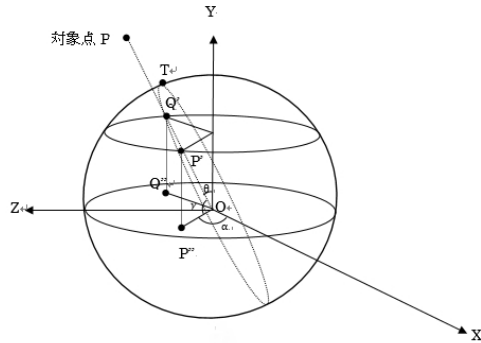


図 3 γ の位置関係

図 2.3 のように点 P' と ZY 平面から対称な点を Q' したとき，中心 O と P', Q' を通る円の方程式は点 P' と点 Q' 外積で求められる．円の方程式からこの円と魚眼レンズの球面の接点 $T(x_T, y_T, z_T)$ が，

$$\gamma = \cos^{-1} \frac{z_T}{r} \quad (7)$$

と求まる．よって，奥行である対象点の Y 座標が距離 D を用いて算出することができる．また，対象点の X 座標，Z 座標は

$$X = \text{Baseline}_L = \frac{D}{\tan \beta_L} \quad (8)$$

$$Z = \pm \sqrt{z^2 - x^2} \quad (9)$$

で求められる，対象点の 3 次元座標が得られる．

4. 実験

CG によって実験画像を作成した．カメラから縦横 2 × 2cm の正方形が描かれたチェッカーボードまでの距離を 5cm，カメラ間の距離を 6cm とし，理想的な等距離射影方式の魚眼カメラで撮影した画像を想定した．

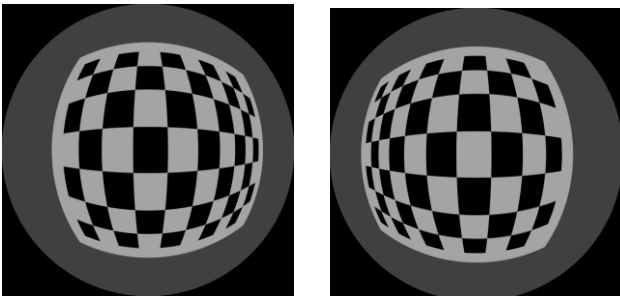


図 4 CG で作成した左右の魚眼画像

各コーナ 86 個の距離を測定してその平均値と誤差を

求める．また，算出した x 座標，y 座標が正しい値かを確認するために各コーナの x 座標の差 80 個と z 座標の差 77 個を求めてその平均値を求める，その平均値と実際の正方形の長さ 2 × 2cm との差を確認する．

5. 実験結果と考察

実験結果を表 1 に示す．提案した導出式から正しく対象点の三次元座標を得られている．誤差が多少ある原因は正しくコーナの位置を検出して距離測定をすることができなかつたためと考えられる．

表 1 実験結果

	結果(各平均)	誤差
奥行 y 座標	4.979281cm	0.414382 %
x 座標の差	2.000397cm	0.019872 %
z 座標の差	2.001427 cm	0.071333 %

6. まとめ

等距離射影方式の魚眼カメラ 2 台から距離測定を行う導出式を提案し，正しく測定できることを示した．魚眼カメラを使用した全天球カメラに応用することができる．今回は理想的な環境下で測定を行ったが実際のカメラで測定する場合理想的な環境とは異なる．実際の撮影画像に対する補正処理などは今後の課題である．

参考文献

- [1]. Yosuke Iguchi : “Omni-directional 3D Measurement Using Double Fish-eye Stereo Vision” ,21st Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV2015), pp.28-30, Jan 2015
- [2]. 徳永，坂田，大西：“ステレオ魚眼視覚を用いた 3 次元測定法に関する研究”，詫間電波工業高等専門学校研究紀要第 37 号，pp.99-102，2009
- [3]. 光本，新垣，下村，寺林，梅田：“魚眼カメラを用いた運動立体視に関する基礎検討”，第 26 回日本ロボット学会学術講演会予稿集，1L1-07，Sep. 2008
- [4]. 竹内，藤井，山下，田中，片岡，三好，奥富，浅間：“魚眼ステレオカメラを用いた全天周時系列画像からのオーロラ三次元計測”，日本機械学会論文集，Vol.82, No.834, pp.15-17, Feb. 2016
- [5]. 山田麻樹：“複数の魚眼カメラを用いた立体視による屋内監視システム”，福井大学工学部知能システム工学科卒業論文，2008

† 早稲田大学 情報理工学研究科 渡辺研究室

〒169-0072 東京都新宿区大久保 3-14-9 早大シネマンホール 401 E-mail: aqua-cosmos@ruri.waseda.jp