

視差オフセットマップによる 魚眼ステレオカメラの高精度化

中央大学 ○山野 史登, 飯田 浩貴, 梅田 和昇

クラリオン 大橋 明, 福田 大輔, 金子 修造, 村山 純哉, 内田 吉孝

Improvement on accuracy of fisheye stereo camera by disparity offset map

Chuo Univ. Fumito YAMANO, Hirotaka IIDA, Kazunori UMEDA,

Clarion Akira OHASHI, Daisuke Fukuda, Shuzo KANEKO, Junya MURAYAMA, Yoshitaka UCHIDA

This paper improves the accuracy of fisheye stereo camera by correcting the images using a disparity offset map. A disparity offset map is a map of disparity errors that are calculated from the disparity of the feature points obtained from the object with known distance. By correcting the disparity errors and aligning the images, errors due to the insufficient calibration of the camera parameters, etc. are reduced. A disparity offset map is constructed and the accuracy of distance measurement of a fisheye stereo camera using the disparity offset map is evaluated by experiments.

1. 序 論

近年, クルマの運転支援のためのカメラや距離センサなどが多く使用されている. 本論文では, 魚眼ステレオカメラに着目する. 魚眼カメラは 180 度前後の広い視野角を持ち, 魚眼カメラを二つ用いた魚眼ステレオカメラを構築することによって広範囲で密な距離計測が可能となる. 大橋ら¹⁾は魚眼画像を方位角 λ と仰角 ϕ を横軸と縦軸においた直交座標系の画像に変換した正距円筒画像を用いた魚眼ステレオカメラを提案している. 正距円筒画像により魚眼画像の歪みの低減, 対応点探索の簡単化を行うことができる. しかしながら, 透視投影画像に比べると歪みが大きいことや, 外部パラメータの誤差などから, 距離計測精度が十分でないという課題がある. 本論文では, 既知の距離にあるターゲットの視差から画像の補正をする視差オフセットマップを用いることで高精度化を行う. 提案手法の有効性を実験で示す.

2. 視差オフセットマップ

2.1 距離が既知の特徴点に対する視差誤差

既知の距離にある対象を撮像した正距円筒画像から特徴点を抽出し, それぞれの点の視差の誤差を求める. 視差は横方向 x , 縦方向 y , それぞれに対して求める. 対象物は既知の距離にある遠方のものとする. Fig.1 の赤い矩形で囲まれた建物がその一例である. 特徴点の抽出とマッチングには AKAZE²⁾ を用いる. なお, 画像全体に遠方の対象を撮像することは困難であるため, カメラの向きを変えることによって遠方の対象を画像中の様々な位置で撮像し特徴点を抽出することによって, 画像全体に対して特徴点が得られるようにする. また, 左右画像の特徴点のユークリッド距離が大きい点ははずれ値として除去する.

2.2 視差オフセットマップ

特徴点の視差誤差から全画素に対する視差誤差を求めたマップを作成する. これを視差オフセットマップと呼ぶ. 各画素の視差誤差は, その画素の周囲にある特徴点を用い, 画素と点の距離 d_k に応じて重み w_k を付与した重み付き平均

により算出する. 特徴点 (u_k, v_k) の視差誤差 e_{uk}, e_{vk} から画素 (i, j) の視差誤差 e_i, e_j を次式で求める.

$$e_i = \frac{\sum_{k=1}^n w_k \cdot e_{uk}}{\sum_{k=1}^n w_k} \quad (1)$$

$$e_j = \frac{\sum_{k=1}^n w_k \cdot e_{vk}}{\sum_{k=1}^n w_k} \quad (2)$$

$$w_k = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left\{-\frac{d_k^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (3)$$

$$d_k = \sqrt{(u_k - i)^2 + (v_k - j)^2} \quad (4)$$

また, 式 (3) は 2 次元ガウス分布に従っており, σ は標準偏差を表す. 画素の視差誤差を求める周囲の特徴点は画素からしきい値以下の距離の点に制限する. n はこの時の特徴点の点数である. 周囲の点がしきい値以内に存在しなかった場合はその画素の視差誤差は不定とする.

2.3 視差オフセットマップによる画像補正

視差オフセットマップの画素の視差誤差をもとに画像を補正する. 本論文では左画像に補正を行う. 画素 (i, j) から視差誤差を補正した画素 (n, m) は式 (5)(6) で表すことができる.

$$n = i - e_i \quad (5)$$

$$m = j - e_j \quad (6)$$

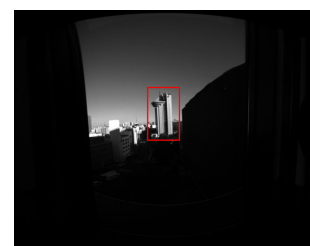


Fig.1 正距円筒画像上の既知のターゲット

3. 距離精度の評価実験

3.1 実験条件

提案手法を用い、距離精度の評価実験を行った。カメラは Point Grey Research 社の Flea3、魚眼レンズは SPACE 社の TV1634M を用いた。魚眼レンズの内部パラメータは Matlab の OcamCalib Toolbox³⁾ を利用して推定した。カメラの解像度は 1328×1048 [pixel]、基線長は 52[mm]、画角は水平方向 165° 、垂直方向 132° である。テンプレートサイズは 7×7 、視差探索範囲は 48[pixel] とした。実験環境と計測箇所を色別で表記した図を Fig.2 に示す。計測距離は 1[m]、5[m] とし計測対象は白黒の紙の境とした。距離計測結果は注目点と上下の 2 点ずつ計 5 点の計測値の平均を 1 回の計測値とし、5 回計測を行って平均と標準偏差を求めた。Fig.1 の赤い矩形で囲まれた距離約 300[m] の建物を対象に特徴点を抽出し、ユークリッド距離 10[pixel] 以下の点を使用した。撮像枚数は 230 枚、点数は 23239 点であった。視差オフセットマップ作成の際のしきい値は 50[pixel]、 $\sigma = 25$ [pixel] とした。

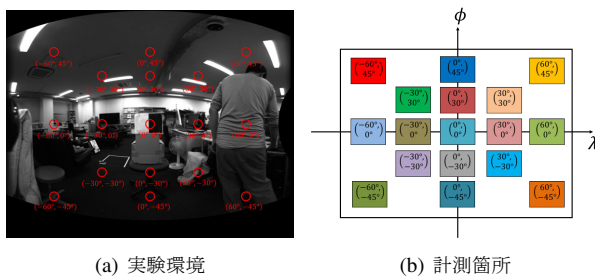


Fig.2 実験環境と計測箇所

3.2 実験結果

Fig.3 に特徴点の視差誤差を、Fig.4 に Fig.3 から得られたオフセットマップを示す。マップ補正なしとありの距離画像を Fig.5 に、計測距離の誤差と標準偏差を Fig.6、7 に示す。Fig.3、4 は青色から赤色が視差の誤差 $-5.0 \sim 5.0$ [pixel] に対応する。ただし -5.0 [pixel] 以下は青色、 5.0 [pixel] 以上は赤色、周囲に点がなく視差誤差が求まらない箇所は黒色とした。Fig.5 は青色から赤色がカメラまでの距離 0.0 [m] $\sim$ 10.0 [m] に対応し 10.0 [m] 以上は青色とした。Fig.6、7 の棒グラフの色は Fig.2(b) の計測箇所に対応している。

Fig.6、7 より、補正を行うことにより誤差が小さくなっていることが分かる。距離 1[m] では最大約 0.15[m]、5[m] では最大約 1.0[m] まで誤差が小さくなった。1[m] より 5[m] の結果のほうが誤差の改善の程度が大きいのは、遠方の対象に対してオフセットマップを求めているためであると考えている。また、補正ありで誤差が大きい箇所は、Fig.3 において特徴点が疎な箇所や特徴点の視差誤差に偏りが大きい箇所だと考えている。

4. 結論

本論文では、視差オフセットマップを用いた画像補正をすることにより、正距円筒画像を用いた魚眼ステレオカメラの距離精度を向上できることを示した。今後は、視差誤差に用いる特徴点の選定方法の改善と近距離のターゲットに変更しての視差オフセットマップでの検証を行い更なる精度向上を目指す。

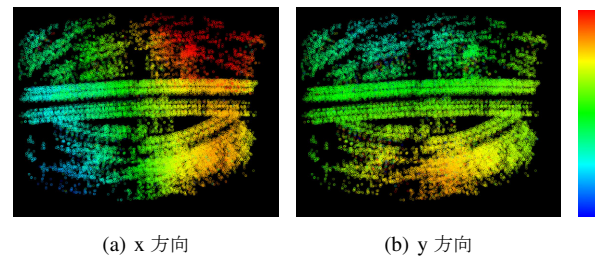


Fig.3 特徴点の視差誤差

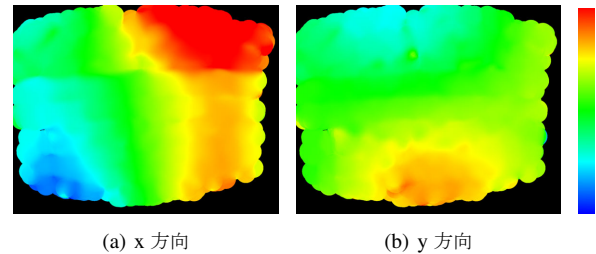


Fig.4 視差オフセットマップ

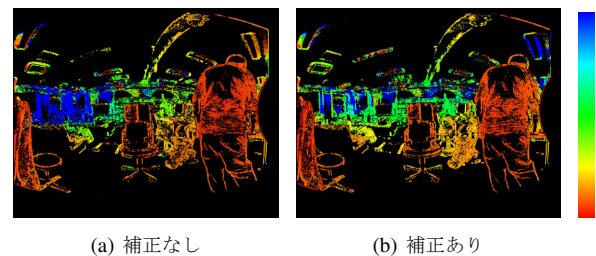


Fig.5 距離画像

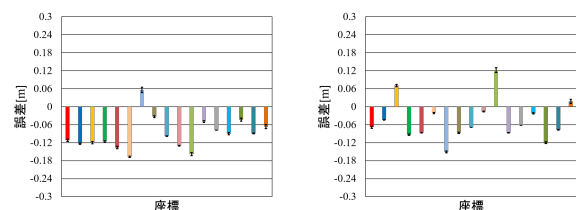


Fig.6 1[m] の誤差と標準偏差の結果

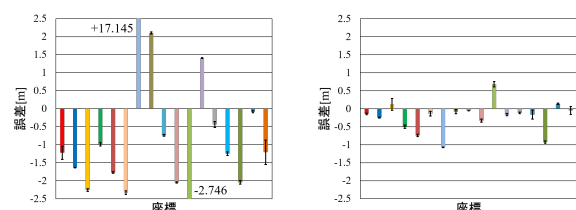


Fig.7 5[m] の誤差と標準偏差の結果

参考文献

- 1) 大橋 明, 山野 史登, 増山 岳人, 梅田 和昇, 福田 大輔, 入江 耕太, 金子 修造, 村山 純哉, 内田 吉孝, “正距円筒画像への変換を用いた魚眼ステレオカメラの構築”, 精密工学会誌, Vol.83, No.12, pp.1095-1100, 2017.
- 2) Pablo F. Alcantarilla, Jess Nuevo and Adrien Bartoli, “Fast Explicit Diffusion for Accelerated Features in Nonlinear Scale Spaces”, Proc. of BMVC2013, 2013.
- 3) Davide Scaramuzza, Agostino Martinelli and Roland Siegwart, “A Toolbox for Easy Calibrating Omnidirectional Cameras”, Proc. of IROS2006, pp.5695-5701, 2006.