



鏡像を用いた視野外物体の三次元位置推定

Three-dimensional Position Estimation of An Object Present in A Blind Spot Using A Mirror Image

谷口智生¹⁾, 中泉文孝²⁾

Tomoki TANIGUCHI and Fumitaka NAKAIZUMI

1) 大阪工業大学 工学部 (〒530 - 8568 大阪府大阪市北区茶屋町 1 - 45, e1x16042@oit.ac.jp)

2) 大阪工業大学 ロボティクス&デザイン工学部

(〒530 - 8568 大阪府大阪市北区茶屋町 1 - 45, fumitaka.nakaizumi@oit.ac.jp)

概要: 本研究では、凸面鏡の鏡像を利用し、視野外に存在する物体の位置推定を行うシステムの開発を目的としている。手法としては、多視点画像から鏡像領域を認識し、当該領域についてステレオ視処理及び座標変換処理をかけることにより、直接視認不可能な領域での三次元位置推定を行う。本稿では、凸面鏡およびステレオカメラの各パラメータを既知とした限定的な条件において、死角に存在する物体の三次元位置推定を行った。

キーワード: ステレオ視, 鏡, 三次元位置推定

1. 緒言

鏡を用いた視野外の状況把握は有効な手段として用いられてきた。近年ではこれらの鏡を利用した移動ロボットのための死角情報収集技術の研究が進んでおり、内海らは畳み込みニューラルネットワークを用いて鏡の先の深度情報取得を行っている。[1]

本研究では、複数のカメラを用いて環境に存在する鏡を撮影し、その画像データから鏡の位置、姿勢、曲率などのパラメータを推定しそこに映る像からカメラ本来の視界外にある物体の三次元位置を推定するシステムの開発を目的としている。図 1 に提案システムの外観を示す。

本稿では、そのシステム研究の過程として曲率及び三次元位置が既知の凸面鏡をステレオカメラで撮影し、鏡像から対象物体の三次元位置推定及びその精度評価を行った。

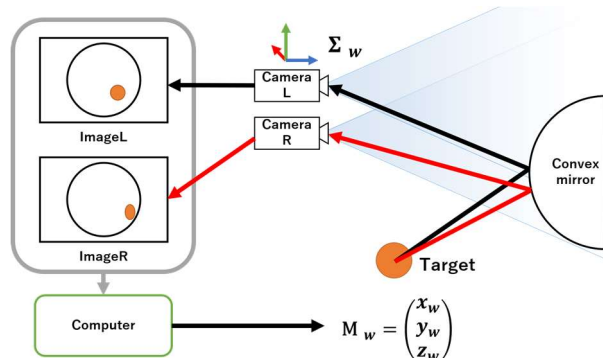


図 1: 提案システムの概観

2. 凸面鏡とステレオカメラによる三次元位置推定

2.1 概要

本システムは、カメラ 2 台、凸面鏡、三次元位置推定対象物 (対象物)、画像処理をするコンピューターからなる。ここで、凸面鏡と左側のカメラの三次元的な位置関係、凸面鏡の曲率は既知であるとする。処理の流れは以下のとおりである。

1. 凸面鏡に映りこむ対象物を 2 台のカメラで撮影し、取得画像を変形させ凸面鏡から撮影した像を生成する。(2.1.1 項)
2. 手順 1 にて生成した 2 画像についてステレオ視処理をかけ、左側のカメラを原点としたワールド座標系における対象物の三次元位置を推定する。(2.1.2 項)

2.1.1 凸面鏡を視点とした画像の生成

光軸方向を z 軸方向としたカメラ座標系において、凸面鏡を介して撮影した光源がすべて xy 平面上に存在するという仮定のもと、凸面鏡の曲率とカメラとの距離から凸面鏡に映りこむ像を変形し、凸面鏡の曲率中心から xy 平面を撮影したような画像を生成する。

2.1.2 三次元位置推定

2.1.1 項で生成した画像座標において、空間上の位置 (x_w, y_w, z_w) にある点の 2 つの画像への投影点の画像座標がそれぞれ $m_s = (u_1, v_1)$, $m_s' = (u_2, v_2)$ のとき、左右それぞれのカメラの透視投影変換行列を \mathbf{P} , \mathbf{P}' とおくと次の関係式が得られる。

$$s\tilde{\mathbf{m}}_s = \mathbf{P}\tilde{\mathbf{M}}_w \quad (1)$$

$$s'\tilde{\mathbf{m}}_s = \mathbf{P}'\tilde{\mathbf{M}}_w \quad (2)$$

ここで、両カメラの内部パラメータ \mathbf{A} , \mathbf{A}' と、位置関係を表す回転行列 \mathbf{R} , 並進行列 \mathbf{t} をキャリブレーションによって求め、次のようにおくと空間上の位置が計算できる。

$$\mathbf{P} = \mathbf{A}(\mathbf{I} \quad \mathbf{0}) \quad (3)$$

$$\mathbf{P}' = \mathbf{A}'(\mathbf{R} \quad \mathbf{t}) \quad (4)$$

3. 評価実験

本章では、2章の手法による三次元位置推定値を測定した。実験装置の構成図を図2に示す。

カメラはLogicool C920 (30[fps], 960×720 画素フルカラー, 焦点距離 3.67[mm], 水平視野 70.42[deg], 垂直視野 43.3[deg]) 2台, 凸面鏡は半径150[mm]のものを使用した。

左側カメラ(図2ではCamL)の z , y 軸をそれぞれ光軸方向, 鉛直上向きとし, 画像素子の中心を原点とした右手系のワールド座標系を設定した。右側カメラ(図2ではCamR)は左側カメラを x 軸方向-140[mm]平行移動させた位置に固定した。凸面鏡は曲率中心 P_m が $(x_w, y_w, z_w) = (-70, 0, 430)$ となるように設置した。

実験では、三次元位置推定の対象物となる直径35[mm]の緑色のボールを $-200 < x < 100$, $-200 < y < 0$, $50 < z < 200$ の範囲で50[mm]間隔で移動させ, 各座標での三次元位置推定を行った。

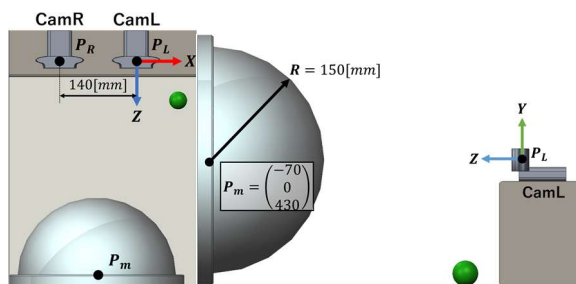


図2: 実験環境 (左: 上面図, 右: 右側面図)

4. 三次元位置推定の結果

実際の計測座標を始点とし, 誤差をベクトルとして示し, 凸面鏡の3Dモデルを重ねたグラフを図3に記す。単位はすべて[mm]である。

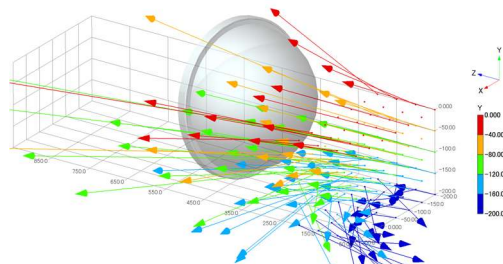


図3: 実験結果

5. 考察

本章では4章の結果のうち, $Z = 50, 200$ の時の誤差ベクトルのみを取り出して, xz 平面から見たグラフを図4に示す。グラフを見ると, 両グラフとも Z 軸正方向に誤差ベクトルが伸びており, $Z = 50$ の時と比較して, $Z = 200$ のときはほぼすべての点において誤差ベクトルが大きくなっている。これは, 今回使用した2.1.1項の凸面鏡画像を視点とした画像生成アルゴリズムに起因するものと考えられる。このアルゴリズムは, 入力画像に映るすべての光源がカメラの感光素子と一致する平面上に存在するものとして画素の再配置を行う。つまり凸面鏡視点画像を生成した時点で z 座標がほぼ0に等しい値のデータ以外, z 軸方向の情報をゆがめられてしまい, 結果, 三次元位置推定時に z 座標の絶対値が大きいデータであるほど, z 軸方向に大きな誤差が発生してしまったと考えられる。

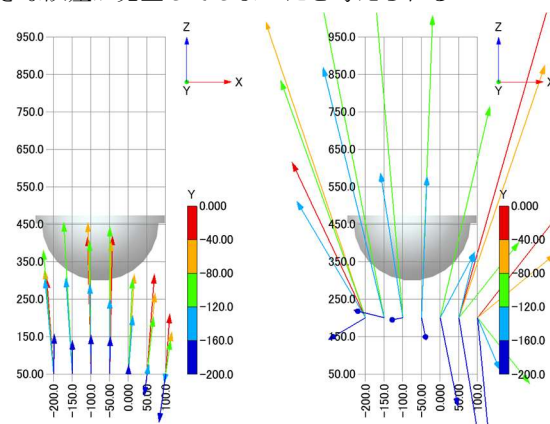


図4: 実験結果 xz 平面 (左: $Z=50$, 右: $Z=200$)

6. 結言

実験結果から, 本稿で使用した手法では凸面鏡の鏡像を用いた三次元位置推定が困難であることが分かった。しかしながら, 本研究の事前段階として行った鏡なしでの三次元位置推定および平面鏡を使つての三次元位置推定については, 簡易な実験ではあるが最低限の精度を確保できることを確認しており, 誤差が大きくなった主な要因は凸面鏡視点画像生成アルゴリズムにあるといえる。よって今後は鏡面の法線ベクトルを利用して光線追跡を行う, 上記アルゴリズムを改良し z 軸方向の情報を保持したまま画像を生成する, 等の改良を加え, 正確な三次元位置推定手法の開発を目指す。

参考文献

- [1] 内海佑斗, 北川晋吾, 矢野倉伊織, 岡田慧, 稲葉雅幸: CNNによる深度予測に基づく鏡を活用した死角の物体知覚, 人工知能学会全国大会論文集第33回大会論文集, 1L2-J-11-02, 2019.