

# RGB カメラを用いた球体マーカの位置推定精度の評価

山口龍之介<sup>†</sup> 梅澤猛<sup>‡</sup> 大澤範高<sup>‡</sup>

千葉大学工学部総合工学科情報工学コース<sup>†</sup> 千葉大学大学院工学研究院<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

屋内測位において、位置固有の電波、音、映像などに基づいて位置を推定する位置指紋法は、推定したい領域内の位置指紋を事前に観測・収集し、観測した位置指紋から収集したデータを基に位置を推定する。精度の高い推定のためには位置指紋のデータを増やす必要があるが、測定地点を増やし、位置指紋のデータを増やすには手動では収集コストが大きくなるという問題がある。

収集コストを抑える方法として、小型無人航空機(ドローン)を使って位置指紋を自動収集する方法が考えられる。ドローンを用いる場合、収集した位置指紋と対になる真の位置情報としてドローン自体の位置情報を測定する必要がある。本研究ではこのドローンの位置を推定する方法としてドローンに球体マーカを取り付ける手法を検討する。

## 2. 球体マーカの位置座標推定手法

既知の大きさの球体マーカを外部のカメラで撮影して、画像上に円として投影された球体マーカの直径と実際の球体マーカの直径の比と画像上の位置からカメラと球体マーカ間の距離・角度を求め、位置座標を推定する。カメラの位置から光を照射し、球体マーカで反射された光の輝度抽出を行う。しかし、円の中心から外れるに従って、カメラからの光と反射面である球面の角度の違いから輝度が低下する。この問題を低減するために光の入射角方向に光を反射する特性を持つ再帰性反射スプレーを球体マーカに塗布することで円の中心からの反射の減少を抑える。

レンズと球体と画像面上の円の関係を図1に示す。図1において、球体の直径が  $D_0$  [m]、カメラの焦点距離が  $f$  [m]、画像面上での円の直径が  $d$  [pixel]、画像面上での1pixelあたりの大きさが  $s$  [m]、カメラレンズから球体中心までの距離が  $H_0$  [m] である。また、実際に画像面上に投影されるのは球体の直径  $D_0$  ではなくカメラレンズ中心を通る球の接線と球の交点を結んだ直線部分であり、図1において線分ABとして表されてい

る。線分ABの長さを  $D$  [m] とし、レンズから直線ABまでの距離を  $H$  [m] とする。このようなモデルに対して三角形の相似関係を用いてレンズから球体中心までの距離  $H_0$  [m] を導出する。

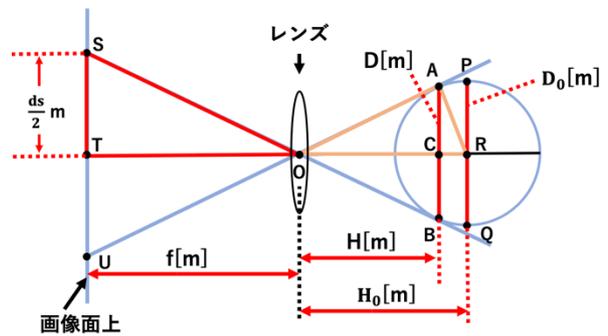


図1:距離推定のモデル

まず、焦点距離  $f$  [m] と画像面上での1pixelあたりの大きさ  $s$  [m] を求める。この  $f$  と  $s$  はカメラの種類によって異なるため、実測値を基に計算して求める必要がある。 $f$  と  $s$  の関係は式(1)で表せる。

$$\frac{f}{s} = \frac{dH}{D} \quad (1)$$

また、 $d$  は計測することができるが、 $H$  と  $D$  を求めることが難しい。そこで、 $H$  と  $D$  を容易に計測可能な  $D_0$  と  $H_0$  で表す必要がある。また、 $H_0$  は本来推定する値なので、 $f$  と  $s$  を求める際に事前に計測しておいたレンズから球体までの距離  $H_0$  を扱う。図1において、 $D$  は式(2)で表せる。

$$D = \frac{D_0 \sqrt{H_0^2 - \frac{D_0^2}{4}}}{H_0} \quad (2)$$

同様に、 $H$  は式(3)で表せる。

$$H = H_0 - \frac{D_0^2}{4H_0} \quad (3)$$

よって  $f/s$  は実測値  $D_0$ 、 $H_0$ 、 $d$  を使って式(4)で表せる。

$$\frac{f}{s} = \frac{dH}{D} = \frac{d}{D_0} \sqrt{H_0^2 - \frac{D_0^2}{4}} \quad (4)$$

こうして求めた  $f/s$  を使ってレンズから球体中心までの距離  $H_0$  を導出する。 $H_0$  は式(5)として表せる。

$$H_0 = \frac{D_0}{2} \sqrt{1 + \frac{4f^2}{d^2 s^2}} \quad (5)$$

以降、式(4)と式(5)の  $f/s$ 、 $H_0$  を使って球体の位置座標推定を行う。また、実験では  $f/s$  を求める

Evaluation on accuracy of position estimation of spherical markers with monocular RGB camera

<sup>†</sup>Ryunosuke Yamaguchi, Department of Information Engineering, Faculty of Engineering, Chiba University

<sup>‡</sup>Takeshi Umezawa, Noritaka Osawa, school of Engineering, Chiba University

際にカメラと直径0.15mの球体マーカ間の距離が0.45m地点で撮影した時、画像上に投影された円の直径が216pixelであったことから  $H'_0=0.45[m]$ 、 $d=216[\text{pixel}]$ 、 $D_0=0.15[m]$  を利用した。

球体マーカの位置推定手法を評価するために、1台のカメラで球体マーカの撮影を行い、抽出した円から位置推定する実験を行った。

### 3. カメラのキャリブレーション

Brown[1]やFryerら[2]が導出した歪み補正モデルを用いてカメラレンズの歪み補正を行う。半径方向歪みと円周方向歪みの補正が行われる。

### 4. 実験

図3に示した黒枠で囲まれた水平方向2m、奥行き方向2mの計測エリア内で、 $X=0$ 、 $Z=0$ に設置したカメラで22地点の位置座標推定を各地点につき10回行い、その平均値と実測値を比較した。また、カメラは一定の向きに固定し、ライトは球体マーカに向けている。

まず、再帰性反射塗料の効果と補正モデルの妥当性を検証するために、暗環境で実験を行った。撮影には有効画素数200万画素、最大解像度1980×1080のRGB単眼カメラのBUFFALO BSW200MBKを使用する。ライトは、Godox LED Video Lightを使用する。

図2に示すように球体マーカの設置には三脚を用いた。



図2:三脚に固定した球体マーカ

### 5. 実験結果

実験の結果を図3に示す。矢印は実際の球体マーカの位置と推定位置とのずれを表している。例えば、図3の  $X=40$ 、 $Z=40$  の地点での推定値を見ると、 $X=21$ 、 $Z=23$  と推定されている。カメラの正面に球体マーカを置いた場合は0.1m以内の誤差で位置推定を行うことができたが、12地点のうち9地点の推定位置座標は実測値と比較して0.1m以上の誤差となった。

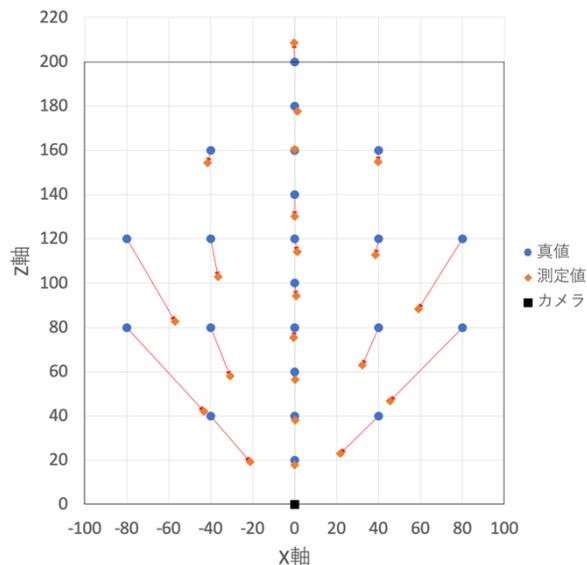


図3:実際の位置と推定位置との誤差

### 6. 考察

推定位置座標は誤差が0.1m以上の地点を見ると、実際の位置よりもカメラに近い地点にあると推定されている。原因として、球体マーカが楕円として投影され、楕円の最小外接円が抽出される。誤差の大きな場合の様子を図4に示す。円が大きく抽出されることで実際の位置より近い位置にあると推定した。今後、カメラの歪みをより適切に補正する必要がある。



図4:楕円として投影されたマーカと最小外接円

### 参考文献

- [1] D.C.Brown, "Close-Range Camera Calibration, Photogrammetric Engineering" Vol.37, No.8, pp.855-866, 1971.
- [2] J.G.Fryer and D.C.Brown, "Lens distortion for close-range photogrammetry," Photogrammetric Engineering Remote Sensing, Vol.52, No.1, pp.51-58, 1986.