

全天球カメラと対象物体位置に応じた距離測定手法の改善

小原 守生[†] 亀田 昌志[†]

[†]岩手県立大学

1. はじめに

ステレオ画像法^[1]は 2 台のカメラを用いてカメラと被写体までの距離を三角測量により測定する距離測定方式である。この距離測定法は計測対象に対して何の影響も与えず、対象の制限がないことや、測定の条件が画像の取得のみであることから汎用性が高く、現代においても自動車の衝突防止技術などにも使われている。

また、近年、360 度全方向の撮影ができる全天球カメラ^[2]が多く普及している。このカメラは、一回の撮影で周囲全方向の撮影ができ、特定の被写体にカメラを向ける必要がないという特性を持っているため、上記の距離測定方法と組み合わせると、全天球カメラ二台を用いた計測対象と計測方向に縛りのない測定手法が存在している^[3]。

しかし、全天球カメラは魚眼レンズを使用していることから、画像の出力の際に歪みが画像内に発生してしまう。そのため画像内で歪みが大きく発生している部分に位置している被写体においては精度の高い距離測定が行えないという問題がある。本研究では二台の全天球カメラを平行に並べ、先行研究に基づいた距離測定手法において、精度の高い距離測定を行える測定対象物体の存在領域を実験的に明らかにする。その後、求めた領域外に位置する物体に対して高い精度で距離測定を行うことができる改善手法を提案する。

2. 従来研究

全天球カメラ二台を平行に並べ撮影を行い、同時に二台のカメラ間の距離を手動により計測する。得られた画像に映る測定対象物体のピクセル値とカメラ間の距離を用いてカメラと測定対象物体の角度情報を取得し、三角測量を用いて距離を測定する。

従来研究の実験では対象物体の位置を平行にずらしながら距離測定を行っており、その平均誤差率は 3.163%であった。しかし、カメラの中心から外側に広がるにつれ誤差が大

きくなっており、これは、画像内で中心から広がっている歪みが外側になるにつれ大きくなっていることが原因である。また、対象物体までの実距離を 200mm 程度で測定を行っているため遠距離の物体に対しての距離測定精度は十分ではないと考えられる。

3. 高精度な距離測定の範囲

まず、従来研究の測定方法において高精度で距離測定を行える領域を求める。ここでの高精度の距離測定とは誤差率が 5%未満での距離測定と定義する。

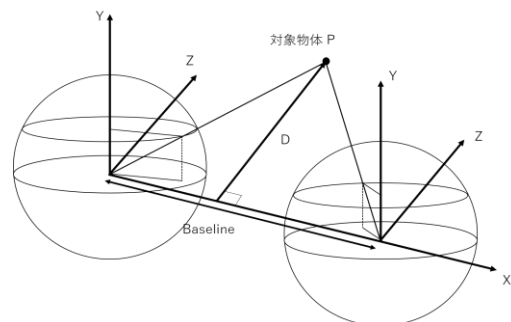


図 1 距離測定におけるカメラと対象物体の関係

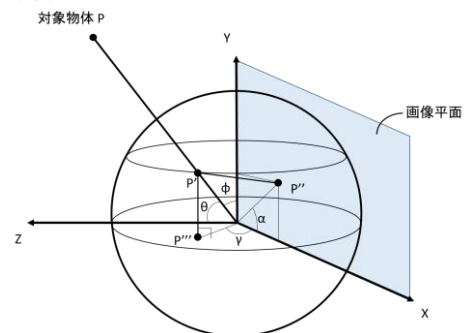


図 2 距離測定(三角測量)に必要な角度情報

測定の手法は 2 台の全天球カメラを平行に並べ、図 1 のような位置関係で三角測量を行う。図 1 において全天球カメラは 2 つの球の中心に置かれる。三角測量において必要な角度情報は図 2 に示したものであり、この情報を用いて D の値を

$$D = \frac{\text{Baseline}}{\left[\frac{1}{\tan\{\cos^{-1}(\cos \alpha_L \times \sin \theta_L)\}} + \frac{1}{\tan\{\cos^{-1}(\cos \alpha_R \times \sin \theta_R)\}} \right]} \quad (1)$$

Improvement of distance measurement method according to omnidirectional camera and target object position

[†]Shu Obara · Iwate Prefectural University

[†]Masashi Kameda · Iwate Prefectural University

で算出する。このとき、カメラからの距離は D を \sin の値で除算することで導出できる。実験ではカメラ間の距離を 600mm に固定して、対象物体はホワイトボードに打った点とした。実験の内容と結果を以下に示す。

実験 1：最大距離測定

対象物体位置を 2 台のカメラの間に置かれるように設置し、誤差率 5%以下となる最大の距離を求める。

実験 2：角度上限距離測定

ホワイトボード上に複数の点を横一列となるように打ち、距離測定を行う。徐々にカメラとホワイトボードの距離を離して誤差率が 5%を超えた位置に存在する点を除外し、除外される前の対象物体と右カメラとのなす図 2 の角度 γ を限界角度として決定する。実験開始時のカメラとホワイトボードの距離は 200mm として行った。

実験 1 より誤差率 5%以下に定めたときに測定可能な距離の最大値は 1264.7mm であった。また、実験 2 の結果では対象物体が近距離にある場合に限り 30 度前後の小さな角度でも高精度な距離測定が行えたが、物体までの距離が大きくなるにつれ距離測定が行える角度は 60 度前後の値のみになった。また、一方のカメラに対して近距離に位置する物体であっても、もう一方のカメラから遠く離れた場所に位置するような場合には高精度な距離測定が行えていない問題があることが分かった。

4. 提案手法

実験 2 の結果より図 2 の γ の値が小さくなり、画像の外側に対象物体が位置するような場合では高精度に距離測定が行えないことが分かった。そこで画像内で横方向の外側に位置する物体に対して高精度に距離測定を行うことが可能となる手法を提案する。

高精度に距離が測定できない対象物体位置の例として一方のカメラから対象物体が遠く離れており、2 台のカメラが挟み込むような位置に対象物がないという場合がある。そこで疑似的なカメラを想定し距離測定を可能とする手法を提案する。

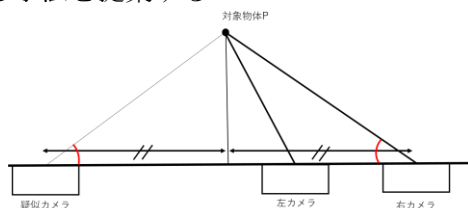


図 3 提案手法における疑似カメラ

図 3 のように対象物体からカメラの並ぶ軸に対して垂線をおろす。対象物との角度が小さいカメラに対し、垂線を軸に右カメラと線対称の位置に疑似カメラを想定する。得られている角度情報とカメラ間の距離から疑似カメラとカメラの間の距離を計算する。疑似カメラと線対称位置にあるカメラが作り出す大きな三角形を用いて三角測量の元距離測定を行う。これにより、画像内で横方向の外側部分に位置する対象物体に対しても距離測定が可能となる。

実験 2 の際に高精度の距離測定が行えなかった対象物に対して改善手法を用いて距離測定を行った結果を表 2 に示す。

表 2 改善手法における従来手法との比較

γ 値(度)	実測値	実験 2 結果	提案手法
43	880	811.5257	890.4099
34	1070	550.2815	1120.9914
28	1320	459.3308	1396.1692

表 2 より実験 2 で角度と歪みにより高精度な距離測定が困難であった対象物体位置に対して距離測定が可能となっていることがわかる。

5. まとめ

本手法では実験により求められた距離測定が正確でない対象物体位置に対して、疑似的にカメラを想定することで距離測定の精度を改善することができた。しかし、疑似カメラと本当のカメラ間の距離が大きくなってしまいうことで測定が高精度ではなくなってしまうことがある。また、今回は横方向のみに手法改善を行ったが歪みは縦方向にも発生しているため、縦方向に対しても改善すべき課題があると考えられる。

参考文献

[1], “ステレオ画像法” 地理空間情報技術ミュージアム Museum of GIS Technology, 2015 年 11 月 18 日 (最終閲覧日: 2020 年 1 月 9 日)
<http://mogist.kkc.co.jp/word/7f0ccba0-ff0d-4a6c-9956-36a9eaea5632.html>

[2], 360 度カメラ RICOH THETA (最終閲覧日: 2020 年 1 月 9 日)
<https://theta360.com/ja/>

[3], 青木貴大, 渡辺裕: “全天球カメラを用いたステレオ距離測定” 早稲田大学情報理工学科 2016 年度卒業論文 (最終閲覧日: 2020 年 1 月 9 日)
<https://www.ams.giti.waseda.ac.jp/data/pdf-files/2017-aoki-bt.pdf>