

2U-05

# 全天球カメラの位置推定手法及び距離測定手法の検討

## Position Estimation and Distance Measurement from Omni-directional Cameras

青木 貴大<sup>†</sup> 宋 夢成<sup>†</sup> 渡辺 裕<sup>†</sup>  
 Takahiro AOKI<sup>†</sup> Song Mengcheng<sup>†</sup> Hiroshi Watanabe<sup>†</sup>

<sup>†</sup>早稲田大学  
<sup>†</sup>Waseda University

### 1. はじめに

本研究では、特定の条件下で全天球カメラの位置を推定する手法を提案する。また、推定した位置からカメラ間の情報を得て、距離測定を行う手法を提案する。

### 2. 従来研究

ステレオカメラでの距離測定には三角測量が用いられている。従来における距離測定ではカメラ間の前後の位置のずれが無く、同方向を向いている場合で行われている。キャリブレーションを行いカメラの平行化を行い、カメラの外部パラメータを求めることで測定がされていた。しかし、精密なキャリブレーションには多数の画像を必要とする問題点があった。

### 3. 提案手法

各辺の長さが既知である矩形の台上に全天球カメラを配置する。得られる全天球画像から四角形のコーナーを選択し、全天球カメラの中心を原点としたときの四角形のコーナー座標を算出する。

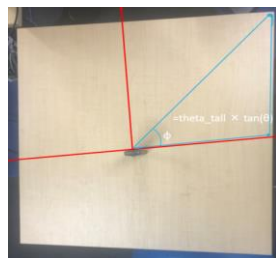
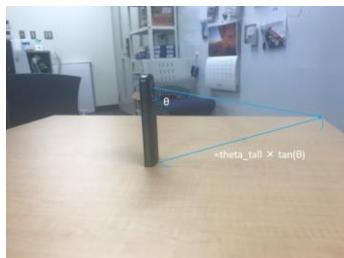


図1 全天球カメラと見下ろす角度 図2 全天球カメラとコーナー

図1のように全天球カメラから四角を見下ろす角度を $\theta$ とすると、全天球カメラの中心と四角の距離は全天球カメラの高さに $\tan\theta$ を乗算して得られる。図2の通り全天球カメラからコーナーを見る角度 $\phi$ を求めることで四角の座標が算出できる。算出したコーナー

Position Estimation and Distance Measurement from  
 Omni-directional Cameras

<sup>†</sup>Takahiro AOKI · Waseda University  
<sup>†</sup>Song Mengcheng · Waseda University  
<sup>†</sup>Hiroshi Watanabe · Waseda University

座標から全天球カメラの座標軸と四角形の各辺の傾き $\Delta$ を求め、2つの全天球カメラの向きを平行化させる。この向きの平行化には全天球画像の画像変換を用いる。四角形のコーナー座標を左右の全天球カメラにおいて算出することにより、矩形の台上のどこに左右の全天球カメラが置かれているかが算出できる。

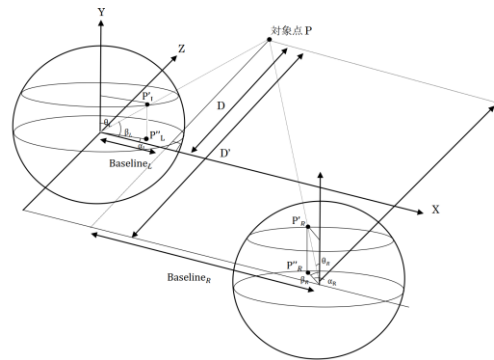


図3 カメラの位置が前後にずれている場合の2台の全天球カメラと対象点の関係

左右の全天球カメラの位置関係が算出できればカメラ間の距離 $Baseline_L + Baseline_R$ と $d$ も求められる。したがって図3から距離 $D$ は

$$D = \frac{Baseline_L + Baseline_R - \frac{d}{\cos(\gamma_r) \tan \beta_R}}{\frac{1}{\tan \beta_L} + \frac{\cos(\gamma_r)}{\cos(\gamma_r) \tan \beta_R}} \quad (1)$$

で導出できる。

### 4. 実験

1辺の長さが75cmの正方形の机の上に全天球カメラを配置し撮影を行った。得られた画像を図4に示す。



図4 左側の全天球カメラで撮影して得られた画像

図4の画像から四角を選択し提案手法を用いて座標計算を行った。これらの座標を図5に示す。また、図5のA~Dの辺の長さを表1に示す。

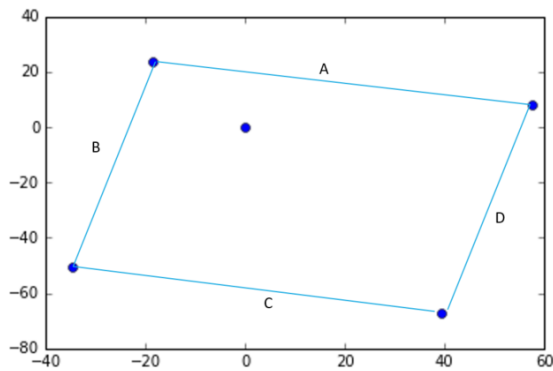


図5 四角の座標プロット

表1 コーナー座標から算出した各辺の長さ

	実験値 cm	誤差%	$\Delta^\circ$
A	75.201	0.268	0.099
B	73.240	2.346	0.334
V	72.847	2.870	0.456
D	73.742	1.676	2.163

表1からAの辺の誤差が小さいことがわかる。したがって向きの補正にはAの $\Delta$ を用いる。これらの処理を左右の全天球カメラで行い向きを平行化する。向きが平行化された2つの全天球画像から図6の魚眼画像を生成し、距離測定を行った。今回の実験で算出された $Baseline_L + Baseline_R$ とdはそれぞれ、 $Baseline_L + Baseline_R = 8.626\text{cm}$ ,  $d = 1.229\text{cm}$ である。



図6 距離測定に用いる左右の魚眼画像

チェスボードの全てのコーナーの距離を測定した結果を表2と表3に示す。 $L_x$ ,  $L_y$ ,  $L_z$ は対象点の3次元座標である。実験で使用した机はチェッカーボードがある壁に接しているため、測定値の $L_y$ の理想値は机の角の奥行座標の9.796cmである。この奥行座標は左側の全天球カメラでコーナー座標を算出した結果より得られた。表2の誤差は測定値 $L_y$ と理想値の差を表している。

表2 距離測定の結果 (各行の平均)

	D cm	$L_x$ cm	$L_y$ cm	$L_z$ cm	誤差%
1 段目	12.171	4.849	10.048	6.867	2.567
2 段目	11.219	3.749	10.142	4.796	3.535
3 段目	10.535	3.722	10.185	2.692	3.969
4 段目	10.203	3.736	10.189	0.532	4.016
5 段目	10.363	3.720	10.239	-1.306	4.521
6 段目	10.866	5.011	10.205	-3.732	4.176
7 段目	11.835	3.689	10.266	-5.889	4.803
8 段目	12.902	4.773	10.179	-7.928	3.555

表3 距離測定の結果 (各列の平均)

	D cm	$L_x$ cm	$L_y$ cm	$L_z$ cm	誤差%
1 列目	11.400	-4.780	10.741	-0.500	8.267
2 列目	11.577	-4.826	10.467	-0.089	6.845
3 列目	11.370	-2.589	10.274	-0.508	4.881
4 列目	11.288	-0.421	10.185	-0.511	3.971
5 列目	11.095	1.706	10.009	-0.535	2.178
6 列目	11.057	3.818	9.970	-0.526	1.772
7 列目	11.046	5.888	9.970	-0.534	1.772
8 列目	11.149	8.013	10.087	-0.546	2.969
9 列目	11.166	10.089	10.108	-0.560	3.180
10 列目	11.185	12.185	10.137	-0.560	3.482
11 列目	11.264	14.236	10.209	-0.581	4.215
12 列目	11.262	4.156	10.182	-0.496	3.893

## 5. まとめ

実験の結果から提案手法を用いて距離測定を行うことができることが分かる。本手法により大雑把にカメラを配置しても左右のカメラそれぞれ撮影は1回で距離測定が行える。表3から外に広がるほど誤差が大きくなっていることが分かる。これは実験に用いた魚眼画像の歪みが理想的な等距離射影方式になっていないことが原因と考えられる。

## 参考文献

- [1]. Yosuke Iguchi : "Omni-directional 3D Measurement Using Double Fish-eye Stereo Vision" ,21<sup>st</sup> 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", 誌間電波工業高等専門学校研究紀要第37号, pp.99-102, 2009