

全天球カメラによるドア高さ情報を用いた 自己位置推定のためのディスクリプタ設計

Descriptor Design for Self-localization by a Spherical Camera Using Height of Doors

○学 小笠 遼太 (中央大学) 濱田 拓海 (中央大学)
Sarthak Pathak (中央大学) 正 梅田 和昇 (中央大学)

Ryota OGASA, Chuo University, ogasa@sensor.mech.chuo-u.ac.jp
Takumi HAMADA, Chuo University, hamada@sensor.mech.chuo-u.ac.jp
Sarthak PATHAK, Chuo University, pathak@mech.chuo-u.ac.jp
Kazunori UMEDA, Chuo University, umeda@mech.chuo-u.ac.jp

In this paper, we propose a method of self-positioning by a spherical camera using height information of doors. GPS is a general method of self-positioning. However, it does not work properly in the bad reception environment. There are some methods of self-positioning with a spherical camera for an offline environment. However, they need a complicated map and hard advance preparation. Therefore, we aim to estimate the current location with a simple map and height of doors.

Key Words: Mobile Robot, Self-Localization, Spherical Camera

1. 序論

近年、移動ロボットの利用が拡大しており、サービス、自動運転、インフラ点検、監視などにおいて活用が期待されている。これらのロボットには、衝突事故などの防止のため位置姿勢を推定する機能が求められる。移動ロボットの位置姿勢推定の手法として GPS (Global Positioning System) がよく知られているが、GPS は衛星からの電波を利用するため、電波が届かない場所や反射してしまう場所においては、ロボットが正しく観測されない可能性がある。この問題の解決策として、松下ら[1]、後藤ら[2]は 360°の視野を持つ図 1 のような全天球カメラを用いた。全天球カメラとは、画角 180°の魚眼レンズを 2 つ組み合わせて 360°映るようにしたカメラである。通常の透視投影カメラを用いたとき、カメラの視野から対象物が外れてしまう場合や対象物が近接して視界が限定される場合に必要な情報が得られず位置推定が困難となってしまう。しかしながら、全天球カメラではより広範囲の画像を取得できるため、位置姿勢推定における悪影響が少なくなるという利点がある。松下ら[1]は、視野に入ったマーカを認識することによりマーカとカメラ間の相対位置を推定する手法を提案した。しかし、事前にマーカを設置する必要が生じる。また、後藤ら[2]は、人工物環境に多数存在する直線の分布を 3D モデルと実際の全天球カメラ画像とを比較して位置姿勢を推定する手法を提案した。しかし、3 次モデルが必要となるため、事前情報が複雑化してしまう。

そこで、本研究では、マーカや複雑な地図を用いず、物体高さ情報を含む二次元地図を用いて全天球カメラの位置推定を行う手法を提案する。



Fig. 1 Spherical camera (RICOHTHETA)[3]

2. 提案手法の概要

本研究では、物体高さとしてドアの高さ情報を利用する。ドアの位置や高さは地図情報から既知とする。また、簡単のため姿勢の推定は行わず、位置のみの推定とする。画像情報と地図

情報からディスクリプタを作成する。本研究でのディスクリプタとは、任意の位置においてカメラに映っているドアの高さ情報を記述する記述子のことである。任意の位置で得た全天球カメラ画像からディスクリプタ 1 を生成する。また、地図上でカメラ位置の候補となる点を複数個設定し、それぞれの点におけるディスクリプタ 2 を生成する。ディスクリプタ 1 とディスクリプタ 2 を比較し、類似度を計算する。カメラがある位置に近づくほど、類似度が高くなる性質を利用して、位置推定を行う。

2.1 ディスクリプタの生成

全天球カメラは、球面に映った画像を取得する。ディスクリプタには、図 2 に示すようなカメラから球面上のドアの上端と下端に引かれた 2 本の直線がなす角度 θ を使用する。全天球カメラで得た画像を処理する際には、図 3 のような縦軸が 180°、横軸が 360°に対応する縦横比 1:2 の正距円筒画像に変換する。このとき、正距円筒画像中のドアの高さは角度 θ に対応する。そこで、図 4 のように画像中のドアを YOLOv4[4] で検出し、バウンディングボックスの高さをそのままディスクリプタ 1 として使用する。角度 θ 、つまり正距円筒画像中のドア高さをディスクリプタ内の棒高さとして設定する。検出したドアに対応させて棒を横に並べ正規化し 300×300 の画像としたものをディスクリプタとする。このとき、何も処理をしないとディスクリプタの要素は、検出された順に並ぶため不規則な形となる。そのため、z 軸周りに回転してしまうと、ドアが検出される順番が変化し、結果として、図 5 のようにカメラの位置が変化しない場合でも形の異なったディスクリプタが生成されてしまう可能性がある。そこで、z 軸周りの回転に対してロバストなディスクリプタとするために、図 6 のように高さ値が大きい順に並べて使用する。この処理により、回転によるディスクリプタの形の変化は少なくなる。また、ディスクリプタ 2 については、地図情報からドアの位置および高さを既知としているため、地図上の任意の点における角度 θ を幾何学的に計算しディスクリプタを生成する。

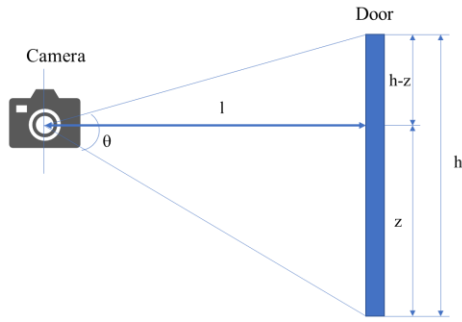


Fig. 2 Angle θ used for descriptors

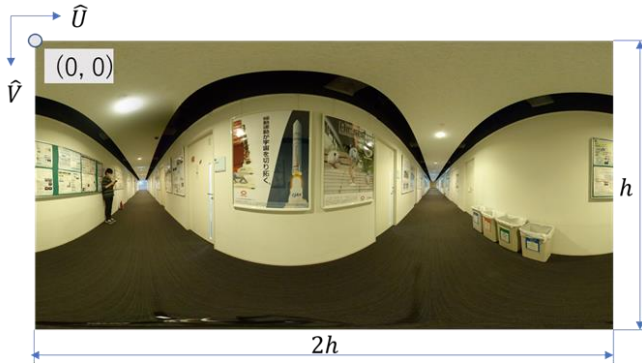


Fig. 3 Equirectangular image



Fig. 4 Object detection

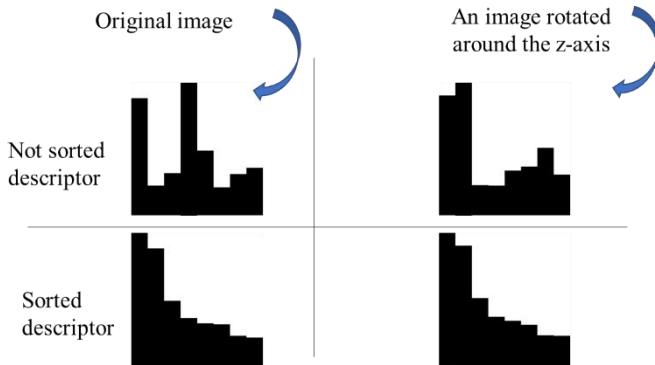
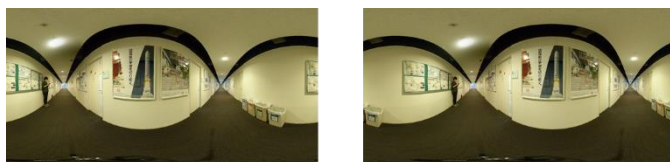


Fig. 5 Sorting histograms

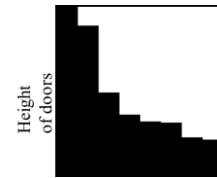


Fig. 6 Descriptor

2.2 類似度計算

ディスクリプタ 1, ディスクリプタ 2 に対して, 正規化相互相関を用いて類似度を計算する.

3. 位置推定実験

3.1 実験条件

提案手法の検証として位置推定実験を行った. カメラ高さは 1m, ドアの位置, 高さは地図情報から既知とした. 地図は図 7 の上の図のようなものを用いた. 赤枠領域にはドアが多く存在し, 類似度計算に用いるディスクリプタを多く生成できることから, 位置推定に適しているため, この領域において位置推定実験を行った. 図 7 の下の図は, 赤枠領域を拡大し, ディスクリプタ 2 を生成するための探索点をプロットしたものである. 廊下の幅は, 2.186m であり, カメラは, 図 7 の拡大図の右下の角から壁に沿って 16.70m, 廊下の中央, つまり壁から約 1.093m あたりに設置した. また, 地図上に 5×35 の計 175 個の探索点を設定した. これらの点がカメラ位置候補である. 点は横方向に 1m 間隔, 縦方向に 0.4m 間隔に置いた. 図 7 のカメラ位置で撮影した正距円筒画像から得たディスクリプタ 1 と各点における角度 θ を計算し生成したディスクリプタ 2 の類似度を正規化相互相関で計算し, 位置推定を行った.

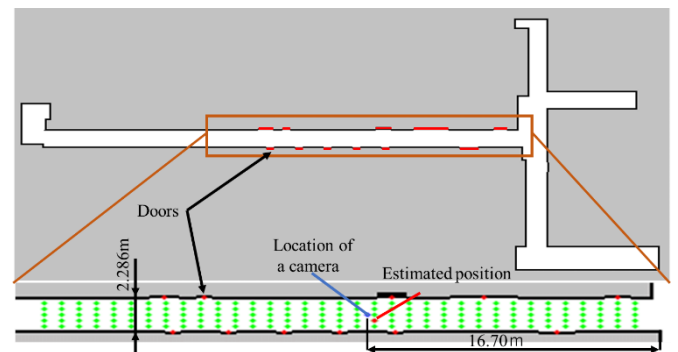


Fig. 7 The map used in the experiment

3.2 実験結果

図 7 の 5×35 各点における類似度を計算した結果は表 1 のようになった. 図 7 の 4 行 20 列の点において類似度が最大となっており, この点が推定位置となる. また, カメラ位置と推定位置の 2 点間の推定誤差は 0.562m となり, おおよそ位置推定ができていたことがわかった. カメラは探索点間に存在し, 位置推定は探索点上に限られるため, 探索点を増やせば, より精度の高い位置推定が可能であると考えられる. また, 第 6 列の第 1, 2, 3 行や第 24 列の第 1, 2, 3 行など, 推定位置から離れた位置で比較的大きな類似度となっている点がある. これはカメラから近い位置のドアの影響が大きく, ディスクリプタの形に差異が生じにくかったためだと考えられる.

Table 1 Calculation result of similarity

Column Row	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.784	0.816	0.849	0.874	0.895	0.905	0.857	0.830	0.913	0.844	0.860	0.820
2	0.779	0.811	0.825	0.866	0.898	0.912	0.893	0.886	0.920	0.849	0.875	0.846
3	0.775	0.782	0.819	0.846	0.880	0.914	0.925	0.907	0.930	0.879	0.851	0.861
4	0.771	0.780	0.814	0.825	0.850	0.875	0.908	0.896	0.890	0.843	0.879	0.866
5	0.742	0.774	0.790	0.810	0.837	0.886	0.904	0.840	0.855	0.849	0.855	0.845
Column Row	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0.796	0.826	0.827	0.805	0.835	0.841	0.894	0.881	0.814	0.872	0.915	0.914
2	0.846	0.837	0.847	0.837	0.846	0.847	0.915	0.922	0.863	0.907	0.899	0.920
3	0.864	0.850	0.858	0.857	0.857	0.854	0.925	0.942	0.885	0.889	0.881	0.902
4	0.874	0.862	0.842	0.870	0.867	0.844	0.914	0.970	0.870	0.891	0.903	0.853
5	0.887	0.860	0.811	0.870	0.870	0.812	0.894	0.932	0.821	0.852	0.886	0.866
Column Row	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
1	0.855	0.790	0.807	0.866	0.890	0.892	0.900	0.914	0.814	0.773	0.797	
2	0.866	0.813	0.826	0.875	0.910	0.875	0.878	0.887	0.832	0.792	0.810	
3	0.864	0.841	0.847	0.887	0.891	0.840	0.841	0.910	0.859	0.815	0.828	
4	0.858	0.850	0.860	0.863	0.872	0.812	0.813	0.883	0.893	0.844	0.851	
5	0.849	0.839	0.856	0.839	0.860	0.793	0.792	0.863	0.900	0.878	0.881	

:Estimated position

4. 結論

本研究では、地図情報と物体高さから全天球カメラによって自己位置推定をするための手法を提案した。マーカや複雑な地図などを用いずに位置推定が可能であることを確認できた。今後は、精度向上と姿勢を推定する手法の構築を目指す。

参考文献

- [1] 松下聖矢他, “全天球カメラによるマーカ位置推定と移動ロボットの制御”, 日本学術会議第 63 回自動制御連合講演会 自動制御連合講演会講演論文集, 2E4-5, 2020.
- [2] 後藤翼他, ”人工物環境における全天球カメラの位置姿勢推定のための直線特徴に基づく 3D-2D マッチング”, 精密工学会誌, 83 巻, 12 号, pp.1209-1215, 2017.
- [3] 株式会社リコー, ”RICOH THETA”, <https://theta360.com/ja/>, 2022 年 1 月 22 日.
- [4] A. Bochkovskiy, C.-Y. Wang and H.-Y. M. Liao, “YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection,” arXiv preprint arXiv:2004.10934, 2020.