



深度センサを用いた鏡面検出手法の提案

Proposal of a Method for Detection of Mirror Surfaces Using Depth Sensors

谷口智生¹⁾, 中泉文孝²⁾, 井上雄紀²⁾

Tomoki TANIGUCHI, Fumitaka NAKAIZUMI, and Yuki INOUE

1) 大阪工業大学 大学院 ロボティクス&デザイン工学研究科
(〒530 - 8568 大阪府大阪市北区茶屋町 1 - 45, mlm20r17@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, yuki.inoue@oit.ac.jp)

概要：光線を活用する深度センサは、光沢金属面や鏡といった鏡面物体に映り込んだ空間の深度データを取得する。鏡表面の深度とは異なる情報を得ることは、シーン再構築や物体認識の妨げとなる。よってこれら鏡面物体の存在を検出しその影響を取り除くことが重要である。本研究では、枠などの特徴を利用して領域の特定を行い、その鏡面に映り込んだ深度情報から鏡面物体の存在および位置姿勢を検出する手法を提案する。

キーワード：鏡面検出, 深度センサ, 画像処理

1. はじめに

近年, Kinect や RealSense カメラ等を用いた屋内のシーン再構成[1]や, LIDER による自動運転車のための周辺情報収集など, 深度センサを用いた技術の活用が屋内外問わず進められている。しかし, 鏡面反射を生じる物体では, 鏡像の世界が鏡面の後ろに存在するように深度センサに認識される。鏡自体は深度センサではその存在を認識することができないため, 正確な深度獲得が困難という問題がある。

Whelan ら[2]は, マーカを取り付けた深度センサを用いて, マーカが取得画像に映りこんだ状態, すなわち深度センサが自身を観測した場合に鏡面物体の存在を確認し, 歪められたデータを補正する手法を提案した。しかし, この手法では鏡面の認識のため鏡面をセンサに正対する位置から観測する必要がある。

本研究では, 鏡面物体にセンサ本体が映らない場合においても鏡面物体の存在および位置姿勢を検出できる手法を提案する。図 1 にそのコンセプト図を示す。

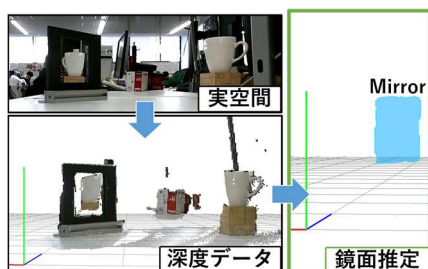


図 1. コンセプト図

2. 深度センサによる平面鏡検出

深度センサを用いて平面鏡を撮影すると, その物体表面ではなく鏡像の深度が取得される。またその際, 深度画像上では鏡の枠や取り付け面などの深度差が, 鏡像を囲う輪郭のように撮影されることが多い。本研究ではこれらの特徴を利用して平面鏡の検出を行う。手法としては, 深度画像において周囲との深度差が大きい領域を, 鏡面である可能性が高い領域(鏡面候補)として抽出する(図 2)。次に, 深度画像をもとに 3次元座標空間を再構成したのち, 鏡面候補を鏡面と仮定して, 鏡像の点群を鏡面について面対称移動させる。最後に, それらとシーン全体の点群のマッチング率を計算し, その適合度がしきい値以上かによって当該の領域が平面鏡か否かを判定する。



図 2. 鏡面候補抽出 (図中赤枠部分)

3. 反射点のデータ補正

深度センサを使用して鏡面物体の存在するシーンを撮影する際、鏡像が鏡の先の点群情報として得られるだけでなく、使用するセンサによっては鏡像として映りこんでいるオリジナルの物体の深度情報が歪むことがある。予備的実験の結果、深度センサが発した光のうち、ある一点のみを通してから受光された光ではなく、鏡面反射ののちその点を通してから受光された光のデータが優先されたためにこの歪みが発生していると判明した(図3)。

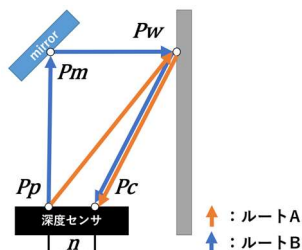


図3. 2種の光路

上記の歪みは本手法での鏡の検出精度を低下させる原因となるが、本来の点群配置を算出するのは原理上困難である。そこで本手法では元の点群配置を再現するのではなく、2章で面对称移動させた点群を元の点群配置と見立て、これらに前述の歪みを再現する変形をかけたものをマッチング用の点群とすることでこれに対応した。

4. 評価実験

提案手法評価のため、ToF センサの Kinect v2 を使用した試作環境を作成し、その評価のため2つの実験を行った。実験1では、枠および鏡を複数パターンの位置姿勢で配置し、それを Kinect v2 で撮影したときの各地点での検出の可否および位置姿勢を計測した。実験2では、4種のシーンが鏡像として映りこむ位置に枠および鏡を配置した状況で、各シーンについて鏡像と判断された点群のマッチング処理を実行し、その結果を計測した。

5. 結果

実験1の結果を図4, 5に、実験2の結果を図6に示す。

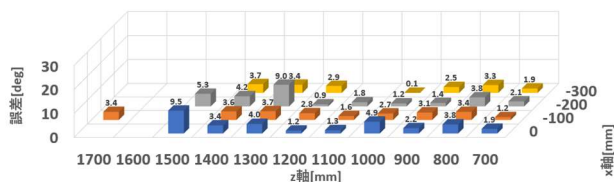


図4. 傾き45度の枠の傾きの誤差量

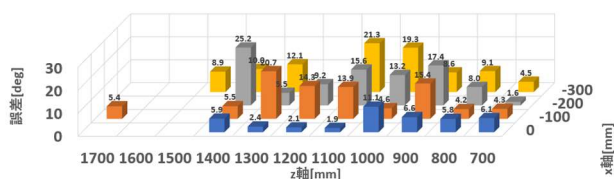


図5. 傾き45度の鏡の傾きの誤差量

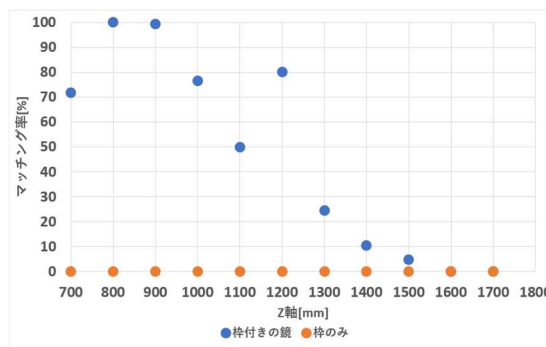


図6. 実験2の結果

6. 考察

実験1では $z=1400[\text{mm}]$ までの範囲ですべてのパターンにおいて枠および鏡を鏡面候補として検出した。しかし、 $z=1500[\text{mm}]$ 以降ではこれらが鏡面候補として検出されないシーンが多い。これは鏡と深度センサが離れたことにより深度画像上の鏡像の輪郭の抽出精度が落ちたためと考えられる。また、枠を使用した際に比較して鏡の傾きの計測精度が低下したことについては、鏡の縁の部分で深度情報が大きく歪むことがあり、本手法では鏡面候補の輪郭の点群から3次元座標空間での面の法線方向を計算するため、これらを輪郭の一部として計算したために計測精度が低下したと考えられる。

実験2では正誤判定の基準値を50%に設定していたため、 $z=1200[\text{mm}]$ までについては鏡面候補を鏡と枠をほぼ正確に分離することができたが、 $z=1300[\text{mm}]$ 以降は鏡のマッチング率が大きく低下し判別ができなかった。これは鏡と深度センサの距離が大きくなり、鏡像が深度センサの撮影できる深度以上の距離に映りこみ、使用できる鏡像の点群が減少したこと、遠方になるにつれて深度情報の精度が低下したことによるマッチング率の低下が原因と考えられる。

7. 結論

本提案手法によって、センサ本体を鏡面に映さずに鏡面物体の存在およびその位置姿勢を検出できることが確認できた。しかし遠方の鏡や遮蔽物の多い環境での検出には問題が残る。今後は距離によってマッチング時のパラメータを調整する、点群情報をそのまま使うのではなく面形状等を推測して形状の類似性から一致度合いを計測する等の手法の改良が必要だと考えられる。

参考文献

- [1] Olaf Kahler : "Very High Frame Rate Volumetric Integration of Depth Images on Mobile Devices", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol.21, no.11, pp. 1241-1250, 2015.
- [2] Thomas Whelan : "Reconstructing Scenes with Mirror and Glass Surfaces", ACM Transactions on Graphics, vol.37, no.4, article102, 2018