

# 鏡面物体におけるロボットハンドリングの ベンチマークとメトリクス手法の提案

○細見 直矢（大阪工業大学），野田 哲男（大阪工業大学）

## Proposal of Benchmark and Metrics Methods for Robot Handling on Specular Objects

○ Naoya HOSOMI (Osaka Institute of Technology), and  
Akio NODA (Osaka Institute of Technology)

Abstract: There are several difficult substances that cannot be solved using image recognition. An example is a specular object. In this study, we clarify the relation between physical properties such as reflectance and shape, supply condition and recognition success or failure in the specular objects and to evaluate difficulty quantitatively. Also, we propose a method using the bi-static radar principle to recognize specular objects.

### 1. はじめに

本研究では，鏡面物体におけるロボットハンドリングのためのベンチマークとメトリクス手法を提案するうえで，物体認識の定量的な評価を行う必要がある．最近では，三次元センサの性能は向上し，安価であることから物体を認識する方法としてよく利用されてきている．Amazon Robotics Challenge や World Robot Summit(WRS) といった国際的な競技会 [1][2] においても，産業用ロボットのマニピュレーションを行う上で，画像認識の技術は重要な要素の一つである．また上記で示した競技会においても，物体認識を行う上で，正確かつ高速に処理を行える三次元センサで物体を認識することが多い．

しかし，三次元センサにおいても認識困難な物体が複数存在する [3]．例として，鏡面物体や透明物体，黒い物体，小さな物体が挙げられる．本稿では，その中でもステルス機を発見するための軍事用技術であるバイスタティックレーダ [4] の原理を利用することで，鏡面物体の認識するための手法を提案する．

### 2. 認識方法

#### 2.1 課題

通常，三次元センサは赤外光などの信号を飛ばし，物体によって乱反射した光をセンサが拾い，その時間から三次元（奥行）情報を取得する．しかし鏡面物体は，放射した信号がすべて別方向に跳ね返ったり，そのまま強い光が跳ね返ってくることによるハレーション現象によって物体を認識することができない．また，RGB 画像においても鏡面物体が背景と同化したり，他の物体に光が反射し写っていることが確認できることから，鏡面は認識困難な物体で

あることが確認できる．また，物性の形状や反射率などを変えることにより，認識の精度は変わることも確認できている．

#### 2.2 バイスタティックレーダ

ステルス戦闘機は送信機が飛ばした信号を別方向に飛ばすことで受信機がその信号を受け取ることができない．しかし受信機と送信機を複数台別々に置くことによって，別の方向に跳ね返った信号を捉えることが出来る．この技術をバイスタティックレーダという．Fig. 1 にバイスタティックレーダの簡略図について示す．受信機 (Receiver) と送信機 (Transmitter) または物体を置いたとき，送信機から受信機への信号と送信機から物体に飛ばした信号が跳ね返って受信機がとらえたときの時間の差を，計算することで受信機と送信機を焦点とするような，緑色で描いた楕円上に計測できる技術である．

#### 2.3 認識方法の提案

複数の三次元センサを使用することで受信機の数を増やし，別の方向に反射した信号を他のセンサが捉えることを考える．このセンサが捉えた信号を合成することで，一つのセンサで認識できない物体を見つけ出す．ここで，受信機と送信機は各々カメラや光源の出るものでもよい．はじめに，受信機に三次元センサを用いている理由として，RGB カメラや赤外線カメラなどの機器的性能やプログラムのモジュールが充実しているため使用している．Fig. 2 で示すように，複数の受信機と送信機を置く．丸印を受信機，バツ印を送信機とする．このことから複数のバイスタティックレーダを作成し，楕円上の重なった部分の重心に鏡面物体が存在すると仮定する．

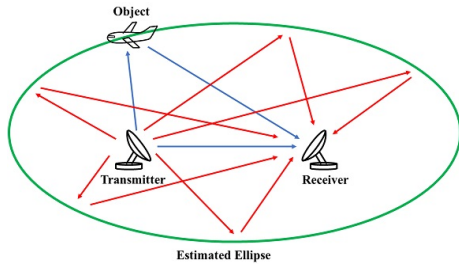


Fig. 1: バイスタティックレーダ

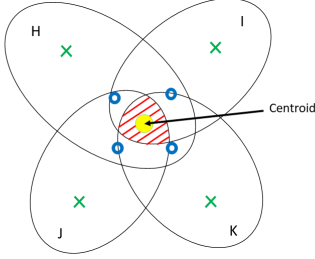


Fig. 2: 鏡面物体の推測

## 2.4 多角形の重心の計算方法

重心の求め方について位置をは、全ての楕円が重なった頂点の多角形における重心として計算を行う。Fig. 3 のような多角形の凸の  $n$  角形について考える。多角形の頂点はある頂点か時計回りに  $\sum_{n=1}^n P_n(x_n, y_n)$  とし、 $P_1$  の隣の頂点を除く対角線にを引くことで、 $n$  角形の中にある三角形の数は  $N = n - 2$  個できる。レーダが一様な板であることから、 $n$  角形のときの重心は各三角形の重心と面積によって求めることが出来るため、このとき、それぞれの三角形の重心を求めるとき、 $i$  番目の三角形の頂点は  $P(x_1, y_1)$  と  $P(x_{i+1}, y_{i+1})$  と  $P(x_{i+2}, y_{i+2})$  とした場合、三角形の重心は以下のような式 (1) と (2) で表せる。

$$g_{xi} = \frac{x_1 + x_{i+1} + x_{i+2}}{3} \quad (1)$$

$$g_{yi} = \frac{y_1 + y_{i+1} + y_{i+2}}{3} \quad (2)$$

また、それぞれの三角形の面積を  $S_i$  としたとき、以下のような式 (3) で表せる。

$$S_i = \frac{1}{2}[(x_{i+1} - x_1)(y_{i+2} - y_1) - (y_{i+1} - y_1)(x_{i+2} - x_1)] \quad (3)$$

以上の式から  $n$  角形における重心の値を  $G_x$  と  $G_y$  としたとき、以下の式 (4) と (5) で表せる。

$$G_x = \frac{S_1 g_{x1} + S_2 g_{x2} + \dots + S_N g_{xN}}{S_1 + S_2 + \dots + S_N} \quad (4)$$

$$G_y = \frac{S_1 g_{y1} + S_2 g_{y2} + \dots + S_N g_{yN}}{S_1 + S_2 + \dots + S_N} \quad (5)$$

以上より、多角形の重心の位置を求める。

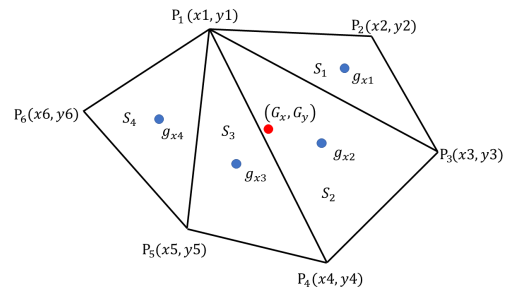


Fig. 3: 多角形の重心モデル

## 3. 結言

本稿では、複数の三次元センサを用いた場合における鏡面物体の計測手法の提案と計算原理について説明した。よって研究の進行度合により、結果または詳しい説明に関してはポスター展示にて行います。

## 参考文献

- [1] 堂前幸康. 産業用ロボットマニピュレーション: パタン認識・機械学習編, 計測と制御, 2017, 56.10: pp.776-781.
- [2] 横小路泰義, et al. World Robot Summit 2018 ものづくりカテゴリー競技「製品組立チャレンジ」の概要. 日本ロボット学会誌, 2019, 37.3: pp.208-217.
- [3] 橋本学. AI 時代のロボットビジョン技術の現状と展望 (AI 画像認識技術の進展). 光学 = Japanese journal of optics: publication of the Optical Society of Japan, 2018, 47.12: pp.509-515.
- [4] 大津山卓哉; 本田純一. マルチスタティックレーダによる航空機監視の可能性 (宇宙・航行エレクトロニクス). 電子情報通信学会技術研究報告 = IEICE technical report: 信学技報, 2015, 114.397: pp.91-94.