

# Box/Cylinder フィッティング

作成日:2015/2/6

## 1. 概要

CAD モデルへの Box/Cylinder フィッティング方法を説明する。

## 2. 方法

以下の手順によりフィッティングする。

- 1)ポイントクラウド化
- 2)ダウンサンプリング
- 3)Cylinder フィッティング
- 4)Box フィッティング

まず、モデルをポイントクラウドに変換し、そのモデルに対して Cylinder のフィッティングを試みる。次に、フィッティングされた Cylinder 部を除去したポイントクラウドに対して Box フィッティングを試みる。

### 2.1. Cylinder フィッティング

Cylinder フィッティングを以下の手順で行う。

- 1)クラスタリング
- 2)RSD 算出
- 3)各クラスタに対してフィッティング (RANSAC)
- 4)妥当性チェック
- 5)Cylinder 部除去

入力されたポイントクラウドにクラスタリングを行い、各クラスタに対してフィッティングを実行する。フィッティングの妥当性チェックには RSD 特徴量[1]を利用して判定する。ポイントクラウドから妥当な Cylinder 部を除去し、そのポイントクラウドと、フィッティングした Cylinder の情報を出力する。

クラスタリングは、RegionGrowing アルゴリズムをベースとしたものを使用し、離れた点、急激に法線方向が変化する所を切り分けるようにした。これにより、ポイントクラウドは平面や曲面に分割される。

RSD は近傍点と対象点から、対象点の予想される最大半径と最小半径を算出する。この値を利用することにより、対象点が属している面の種類(平面、曲面)が判定できる。RSD 特徴量はクラスタリング後に算出する。これは RSD の算出時に小さな直方体が円柱に近い特徴になるのを避けるためである。

妥当性チェックは以下の方法により判定する。

1. フィッティングされた Cylinder の曲面付近にある点を抽出する。
2. 抽出した点群に対して、Cylinder の半径と対象点の RSD 最小半径との平均 2 乗誤差を求める。
3. 平均 2 乗誤差が K 以下の場合には妥当と判断する。(プログラム中では K=10mm)

### 2.2. Box フィッティング

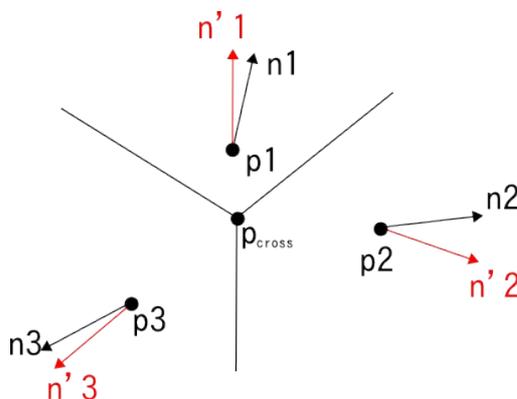
Box は RANSAC によりフィッティングを行う。ポイントクラウドの残りが少なくなる、もしくはフィッティングが失敗するまで繰り返しフィッティングする。Cylinder フィッティングとは異なり、ポイントクラウド全体に対してフィッティングする。

#### [RANSAC での Box パラメータ]

Box パラメータは 3 点から Box の回転行列 (3 平面の法線) を推測し、辺の長さはヒューリスティックな方法で決めた。

下記手順で Box パラメータを算出する。

1. ポイントクラウドからランダムに 3 点( $p_1, p_2, p_3$ )を選択する。
2. 3 点の法線( $n_1, n_2, n_3$ )がそれぞれのなす角が $90^\circ \pm \alpha$  以上ならば, 3 点の選択をやり直す。  
(プログラム中では  $\alpha = 15^\circ$ )
3. 法線  $n_1, n_2, n_3$  が直交するようにそれぞれ調整する。  
調整後の法線  $n'_1, n'_2, n'_3$  が Box を構成する平面の法線となる。
4.  $p_1, p_2, p_3$  と  $n'_1, n'_2, n'_3$  から 3 平面の交点  $p_{\text{cross}}$  を求める。
5.  $p_1, p_2, p_3, n'_1, n'_2, n'_3, p_{\text{cross}}$  から各辺の長さ( $l_1, l_2, l_3$ )を推測する。  
例えば,  $p_2, p_3$  の平面がなす辺の長さ  $l_1$  は  
$$l_1 = |(p_{\text{cross}} - p_2) \cdot n'_1 + (p_{\text{cross}} - p_3) \cdot n'_1 * n'_1|$$
のようにして求めた。
6. 得られたパラメータの Box の各面に含まれる点を抽出する。  
抽出範囲は平面から距離  $t$  (プログラム中では 2.5mm) 以内の点とした。  
平面中の点が存在しない余分な部分を削除し, Box の各辺の長さをリサイズする。



#### [RANSAC でのパラメータリジェクト]

2 個目の Box フィッティングでは, 1 個目の Box 部分を除去したポイントクラウドに対してフィッティングを実行する。そのため, Box パラメータを算出時に 1 個目の Box 部分からはみ出した部分の点が選択され, 1 個目の Box と重なる密度が疎な Box となる場合がある。

密度が疎な Box を避けるため, 2 個目以降の Box フィッティングでは RANSAC 中で密度が疎な Box パラメータをリジェクトする。

具体的には点密度  $d$  が一定値 (プログラム中では 0.25) 以下ならリジェクトする。

点密度  $d$  は以下のように定義した。

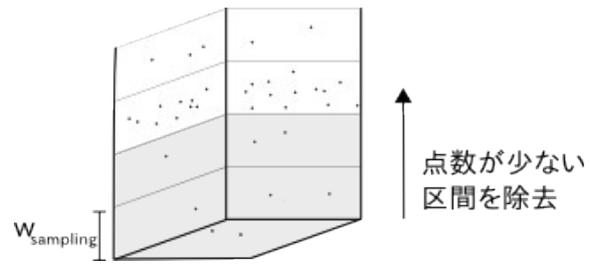
$$d = n_p / (a_{\text{surface}} / (w_{\text{sampling}} * w_{\text{sampling}}))$$

ここで,  $n_p$  は Box の表面に含まれる点の数,  $a_{\text{surface}}$  は Box の表面積,  $w_{\text{sampling}}$  はダウンサンプリング時のサンプリング幅を表している。

#### [RANSAC 後のリサイズ]

上記の Box パラメータを使用した RANSAC では Box の端の密度が疎なものが出力されることがある。以下の方法で疎な部分を切り取る。

1. Box の内部に含まれる点を抽出する。この点の総数を  $n$  とする。
2. 1 つの軸方向に対して Box を  $w_{\text{sampling}}$  間隔に分割する。  
1 つの区間での平均点数  $n_{\text{avg}} = n / (\text{len} / w_{\text{sampling}})$  となる。ここで  $\text{len}$  は辺の長さである。
3. 各区間に含まれる点数  $n_i$  をカウントする。
4. 密度が小さい区間 ( $n_i < \beta * n_{\text{avg}}$ , プログラム中では  $\beta = 0.75$ ) を端の区間から削除する。
5. 他の 2 方向に対しても 2~4 を実行する。



## 参考文献

- [1]Z. Marton, et al, "General 3D Modelling of Novel Objects from a Single View," in 2010 IROS