

断面推定に基づく大規模点群からの形状再構成 -大規模点群からの回転体曲面の抽出-

電気通信大学 ○緑川 佳孝, 齋藤 和人, 増田 宏

Extraction of surfaces of revolution by estimating sectional curves and rotation axes

The University of Electro-Communications: Yoshitaka Midorikawa, Kazuto Saito, Hiroshi Masuda

So far, many researchers have studied reconstruction of pipe structures using point-clouds of engineering plants. In most cases, planes and cylinders are extracted, and other types of surfaces are estimated using the planes and cylinders. It is usually difficult to extract surfaces with high-degrees of freedom, such as ellipsoids, from noisy and incomplete point-clouds. In this paper, we discuss a method for detecting surfaces of revolution, such as cones and ellipsoids. In our methods, we estimate rotation axes by detecting circles on section planes, and then calculate silhouette curves of surfaces. A surface of revolution can be generated by rotating silhouette curves around the rotation axis.

Key words: Point-Cloud, Reconstruction, Solid of revolution

1. 緒言

工業設備におけるシミュレーションを行う際には、現況に即した 3D モデルが有効である。近年では、固定式レーザスキャナによって取得した点群から平面や円柱を抽出して、配管や直方体形状を生成する研究が多く行われている。それらの研究では、点群から平面と円柱を検出し、それらを手掛かりとして、立体形状を再構成していくことが多い。

一方、気体や液体を扱うプラントの大型構造物には、円錐やトーラス、楕円体などの曲面も多く用いられる。これらの曲面を算出するための最適化計算は非線形性が高く、初期値や計測誤差に敏感であるため、曲面を一方から計測した点群から曲面を算出することは容易ではない。配管系等のように、他の部材との接続関係が限定されていることを利用した曲面検出を行う手法も試みられているが、適用できる場合は限られている。

本研究では、他の部材との制約を用いることなく、プラントなどの工業設備を計測した点群データから、円錐、トーラス、楕円体などを含む回転体曲面を検出することを目的とする。回転体は、図1のように、シルエット曲線を中心軸周りに回転させることで生成できる。そこで本研究では、回転体の中心軸とシルエット曲線を検出することで、回転体曲面を検出することを考える。

2. 手法の概要

本手法では、固定式レーザスキャナで取得した工業設備の点群を用いる。図2に、距離画像形式で表した工業設備の点群の例を示す。また、図3に、円錐と楕円体を含む部材を抽出した図を示す。本稿では、この点群を例題として用いる。

本手法の流れを図4に示す。まず、我々の開発した手法[1]を用いて、点群から平面と円柱を検出する。次にそれらを用いて、回転体の中心軸の方向ベクトルを推定する。中心軸の方向ベクトルが決まったら、それと垂直な切断面を考える。ここでは、点群を距離画像形式で表現しているので、その隣接関係を利用して点群をワイヤフレームに変換し、切断面との交点を算出する。次に、切断点から円弧を検出し、この円弧の中心点が多く乗っている直線を、回転体の軸として決定する。さらに、中心軸を含む平面によってワイヤフレームを切断し、その切断点からシルエット曲線を検出する。回転体曲面は、シルエット曲線を中心軸周りに回転させてできる形

状となる。

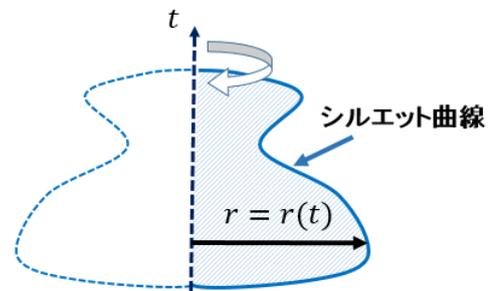


図1 回転体とシルエット曲線

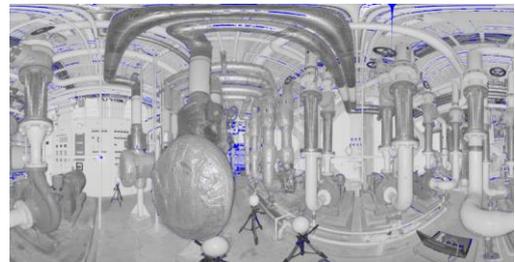


図2 工業設備の点群



図3 回転体を含む点群

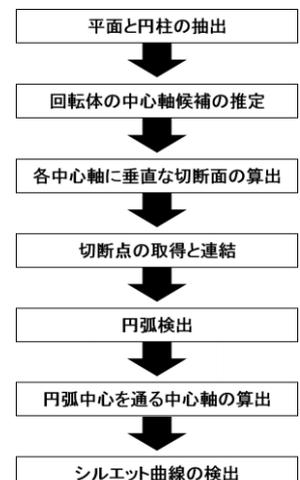


図4 手法の概要

3. 回転体の中心軸の検出

3.1 中心軸の方向ベクトルの推定

ここでは、回転体の中心軸方向に関して、次の3つの仮説を用いるものとする。

- (1) 回転体の中心軸は床に垂直である。
- (2) 回転体の回転軸に平行な円柱が存在する。
- (3) 回転体の回転軸に垂直な平面が存在する。

ここでは、我々が開発した円柱と平面検出法 [1]を用いた。この手法では、図2のような距離画像形式の点群を再帰的に連結領域に分割し、RANSAC法を用いて曲面検出を行う。

曲面が検出できたら、上記の仮説を用いて、中心軸の方向ベクトル候補を求める。ここでは、曲面に乗っている点が多い順に、方向ベクトルの候補を選択する。

3.2 回転体の中心軸の検出

まず、点群をワイヤフレームに変換する。図2の点群において、隣接する点間の距離が閾値以下であれば、点間にエッジを生成する。閾値は、計測原点からの距離に比例する値を用いる[1]。

次に、検出された曲面を含む連結領域に対して、推定された方向ベクトルに垂直な切断面を等間隔に設定する(図6(a))。そして、ワイヤフレームと平面との交点を切断点として算出する。ここでは、切断面の間隔を5cmとした。

得られた切断点にはドロネ三角形分割を施し、閾値以下の線分のみを連結する。そして、連結成分ごとに分割する(図6(b))。各連結成分に対して、RANSAC法を用いて円弧の検出を行う(図6(c))。ここでは、すべての方向ベクトルの候補に対して、同様の操作を行う。

検出された円弧が回転体の断面形状であるとすれば、円弧の中心点は、回転体の中心軸を通る。そこで、RANSAC法を用いて、最も多くの中心点を通る直線を求め、回転体の軸と仮定する。検出された軸の例を図7に示す。(a)の赤い点が円弧の中心点の集合、(b)の緑の線が検出された軸である。

4. シルエット曲線の算出

回転体のシルエットは、回転体の中心軸を通る平面とワイヤフレームの交点として検出できる。図8に、シルエットライン上の交点を示す。この図に示すように、楕円体と円錐のシルエットの軌跡が抽出できていることがわかる。

シルエット曲線は、算出された交点を連結させることで生成できる。ここでは、直線と円弧の検出を行い、それ以外は、折れ線として近似すること考える。生成されたシルエット曲線を中心軸周りに回転させることで、回転体が生成できる。

5. 結言

本稿では、点群から回転体の軸を推定し、円弧検出と直線検出を行うことで、中心軸を算出できることを示した。また、中心軸を通る切断面により、回転体のシルエットが算出できることを示した。

今後は、シルエット上の点列から、連結な曲線を生成する手法を実装し、評価を行う。また、部分的な回転体に対して、シルエット曲線の回転角度を推定する手法についても検討する。さらに、複数の回転体曲面を含む複雑な形状に対して、本手法を適用する手法についても検討していく予定である。

参考文献

- [1] H. Masuda, T. Niwa, I. Tanaka, R. Matsuoka: Reconstruction of Polygonal Faces from Large-Scale Point-Clouds of Engineering Plants, Computer-Aided Design and Applications, 12(5), (2015) 555.

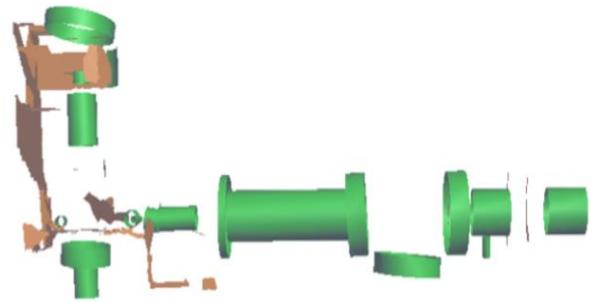


図5 抽出された平面と円柱

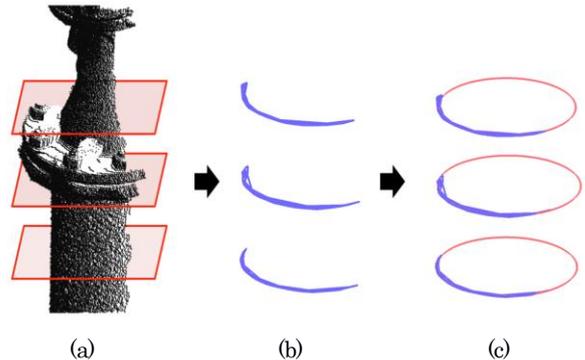


図6 切断点からの円弧検出

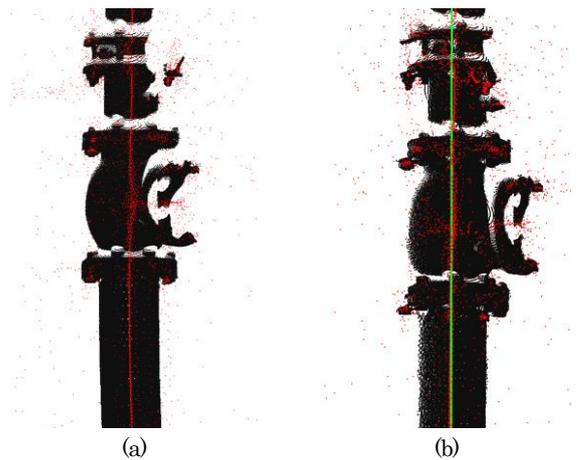


図7 中心点からの軸推定

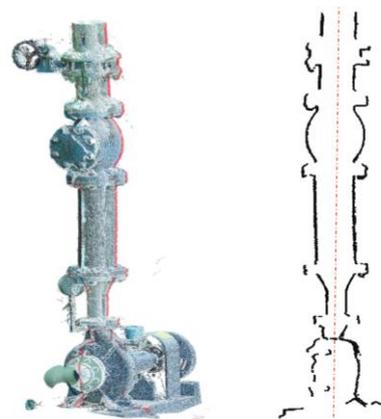


図8 切断面によるシルエット生成