

断面推定に基づく大規模点群からの形状再構成(第 3 報)

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 proposed methods for shape reconstruction of pipe structures by extracting cylinders and planes. However, in manufacturing plants for liquids and gases, rotating surfaces and generalized cylinders are typically used as well as cylinders and cones. In this paper, we discuss methods for detecting and reconstructing rotation surfaces and generalized cylinders. In our methods, section circles are calculated from point-clouds, and surfaces are reconstructed based on section circles. In addition, we propose a method for subdividing a rotation surface into multiple primitive surfaces.

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

1. 緒言

工業設備のシミュレーションに用いる 3D モデルでは、現況に即した形状が必要となるため、固定式レーザスキャナによって取得された高密度点群を用いた形状再構成が重要である。これまで、点群から平面や円柱を抽出することで、配管系統の形状再構成を行う研究が行われてきた。しかし、工業設備には平面や円柱以外の形状も存在するが、従来手法ではそうした形状を含む形状の自動生成は難しかった。

ここでは、液体や気体を扱う工業プラントにおいて特徴的に現れる形状として、回転体と一般化円筒について考える。本研究では、点群から、これらの形状を効率的に再構成する手法について考える。回転体は中心軸のまわりに 2 次元形状を回転させて生成される形状であり、一般化円筒は、断面形状を中心軸に沿ってスイープして得られる形状である。ここでは特に、一般化円筒として、円弧をスイープした形状について考える。

前報では、点群をある軸に垂直な平面で切断することによって得られる断面点から円弧を検出することによって、回転体を構成する手法を示した [1]。本報では、円弧ではなく楕円弧を検出することによって、図 1 のように中心軸が切断方向から傾いている場合にも手法の適用を可能とした。また、この手法を用いて、一般化円筒の曲面生成を行う手法についても提案する。さらに、回転体として検出された曲面については、セグメンテーションを行い、基本曲面の集合に分割する方法についても示す。

2. 手法の概要

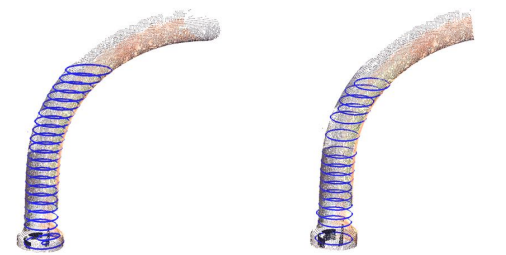
2.1 一般化円筒の曲面生成手法

一般化円筒の曲面生成手法には、図 2 に示した工業設備内の点群を例題として用いる。まず、点群をワイヤフレームモデルに変換し、ワイヤフレームモデルを複数方向に平面で等間隔に切断して交点集合を得る。次に、各断面の交点集合に対して楕円弧フィッティングを適用し、楕円弧集合を取得する。この楕円弧集合の中心点と短径を用いて一般化円筒の曲面生成を行う。

2.2 回転体からの基本形状抽出手法

回転体からの基本形状抽出手法には、図 3 に示した点群を例題として用いる。回転体から基本形状を抽出する際には前報で提案した手法により抽出したシルエット曲線を用いる。

セグメンテーションにおいては、まず、シルエット曲線を角度の変化率が大きいところで分割をする。次に分割された各セグメントに対して直線、円弧検出を適用し、2 次元形状の推定を行う。この 2 次元形状を用いてシルエット曲線を中心軸周りに回転させた曲面を、円筒、円錐、トーラスなどに分割する。



(a)楕円弧フィッティング (b)円弧フィッティング
図 1 楕円弧フィッティングと円弧フィッティングの比較



図 2 一般化円筒を含む工業設備点群



図 3 回転体を含む工業設備点群

3. 一般化円筒の曲面生成手法

3.1 切断面での楕円弧検出

点群は離散的であるため、切断面を生成するために、点群をワイヤフレームに変換する。点群を距離画像形式に変換して隣接点との距離を計算し、閾値以下であればエッジを生成することでワイヤフレームモデルを生成する。

次に、ワイヤフレームモデルと主軸に垂直な切断面との交点を算出する。一般化円筒の場合、軸方向が一定ではないため、複数方向への切断により断面点を得る。ここでは、X, Y, Z 軸のそれぞれに垂直な切断面によって切断点を計算した。

断面点を算出後、各断面点に対して、点間の距離が閾値以下の点をグルーピングしていき、連結成分を求める。各連結成分に対して最小二乗法を用いて楕円弧フィッティングを行う。その際、付近に存在する点を取得し、楕円弧上に点に乗る部分の割合を算出する。算出された割合が閾値以上であれば、その楕円弧を採用する。

3.2 楕円弧のグルーピング

算出された楕円弧は孤立している状態であるため、一般化円筒ごとになるように、グルーピングを行う必要がある。まず、同じ法線を持つ切断面に関して、各楕円の中心距離が閾値以下であり、かつ半径の差が閾値以下である楕円弧を同じグループとする。この操作を行った結果を図4(a)に示す。

次に、同じグループの楕円弧の中心を連結した線分列を作成する。ここで、(1) 線分列がオーバーラップする、もしくは、(2) 線分列の端点間距離が閾値以下で、端点での線分列の方向ベクトルの差が閾値以下、のいずれを満たすとき、二つの楕円弧のグループは、同じ一般円筒であるとみなして併合する。なお、ノイズの影響を避けるために、端点での方向ベクトルは、端点付近の複数の楕円弧中心から RANSAC 法により算出する。最終的に、グルーピングされた楕円弧を図4(b)に示す。この図に示すように、一般化円筒ごとにグルーピングされていることがわかる。

3.4 曲面の生成

楕円弧グループごとに一般化円筒の曲面生成を行う。一般化円筒は、中心軸の曲線と、断面となる円弧の半径が決まれば、算出できる。ここでは、楕円弧の中心を連結した曲線を中心軸とする。ただし、図4(b)に示すように、中心軸に乗っていない異常値も存在する。そこで、RANSAC 法を用いて多項式曲線を算出して中心軸とする。また、一般化円筒の半径は楕円弧の短径となるため、ここでは、一般化円筒の半径として、中心軸上にある楕円弧の短径の平均を用いた。このようにして算出された曲面を図5に示す。

4. 回転体からの基本曲面抽出

前報では、シルエット曲線を算出して回転体を求める手法を示したが、複数の部材が一体化された曲面となっていた。そこで、本研究では、一体化した曲面を個々の部材ごとに分離するために、円柱や円錐、トーラスなどの基本曲面に分割する。シルエットの形状を基本形状ごとに分割するために、シルエットの方向ベクトルが大きく変化する点を特徴点としてセグメンテーションを行う。



図4 一般化円筒に対応する楕円弧の算出



図5 生成された曲面

表1 2次元形状と曲面との関係

2次元形状	軸との位置関係	回転体形状
直線	平行	円柱
	垂直	平面
	その他	円錐
円	中心を通る	球
	中心を通らない (弧上を通る)	トーラス (種数0)
	中心を通らない (弧上を通らない)	トーラス (種数1)
楕円	中心を通る	楕円体

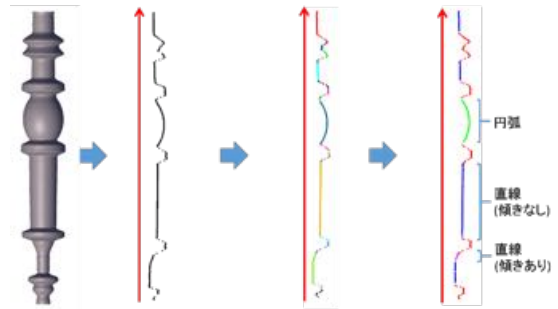


図7 2次元形状の検出

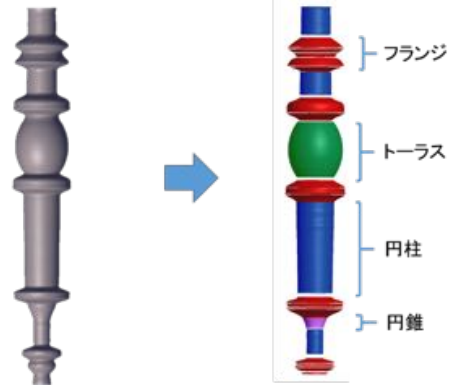


図8 3次元基本形状の推定

さらに、分離された各セグメントに対して直線、円、楕円の検出を行う。直線部は、円柱もしくは円錐、円弧部はトーラス、楕円は楕円体となる。セグメントに2つ以上の形状が含まれる場合は、そのセグメントをさらに分割する。検出された2次元形状から表1に基づき、基本曲面を生成する。図8に、この操作により得られた3次元形状を示す。

5. 結言

本稿では、点群から抽出された一般化円筒点群を用いて一般化円筒曲面を生成する手法、および回転体からの基本曲面抽出手法について提案を行った。

今回は断面が円弧、楕円弧の形状のみに関して扱ったが、今後は断面が長方形となるダクト形状などに関しても手法の適用を行っていく。また、今回はxyz軸方向への切断のみ行って断面点を取得したが、今後は他の軸方向への切断も行うことにより手法の一般化を図っていきたい。

参考文献

- [1] 緑川佳孝, 齋藤 和人, 増田 宏: 断面推定に基づく大規模点群からの形状再構成(第2報), 精密工学会春季講演会 2017