

断面推定に基づく大規模点群からの形状再構成(第2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 studied reconstruction of pipe structures using point-clouds. In most cases, only planes and cylinders are extracted from point-clouds, and other types of surfaces are estimated using planes and cylinders, because it is difficult to extract surfaces with high-degrees of freedom, such as ellipsoids, from noisy and incomplete point-clouds. In this paper, we discuss methods to detect revolution surfaces and generalized cylinders. In our methods, we calculate section circles from point-clouds, and detect evolutionary surfaces and generalized cylinders. We also describe a method for calculate silhouette curves of evolutionary surfaces. Revolution shapes 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。一方で、気体や液体を扱うプラントの大型構造物には、平面や円柱以外の曲面も多く用いられる。このような3Dモデルを作成するには、平面や円柱だけでなく、さらに自由度の大きい曲面についても検出を行うことが求められる。

本研究では、プラントなどの工業設備を計測した点群データから、回転体や一般化円柱を曲面要素として検出することを目的とする。ここでは、回転体として、図1に示されるような、中心軸周りにシルエット曲線を回転させた曲面を考える。また、一般化円柱は、可変半径の円弧を任意の曲線に沿って移動してできる曲面とする。前報では、点群中から検出した平面や円柱の法線、中心軸を手掛かりとして回転体を検出する手法を示した[1]。本報では、図2のような回転体や一般化円柱を複数含む工業設備の点群中から、回転体や一般化円柱で記述できる曲面を抽出する手法の検討を行う。

2. 手法の概要

2.1 断面からの曲面抽出

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。工業設備には、図2に示すように、回転体や一般化円柱を含む形状が多く用いられている。本研究では、点群から断面形状を算出することで、回転体や一般化円柱を抽出することを考える。

まず、点群をワイヤフレームモデルに変換した後、ワイヤフレームモデルを平面で等間隔に切断し、交点集合を得る。複数箇所から計測された点群があるときは、それぞれから交点を算出する。その後、切断面ごとに円弧フィッティングを行い、得られた円弧の中心点が一直線に並ぶ場合、その部分を回転体曲面の候補とする。また、直線以外の曲線に沿って並ぶ場合、その領域を一般化円柱の候補とする。

2.2 回転体のシルエット曲線の検出

曲面が回転体の候補である場合、シルエット曲線を算出する。まず、円弧の中心点集合に対して最小二乗法を適用することにより回転体の中心軸を推定する。また、円弧の半径から推定される回転体領域の近傍点群を抽出し、それらをワイ

ヤフレームモデルに変換する。

次に、推定された中心軸を通る複数の平面を考え、それらとワイヤフレームモデルとの交点集合を算出する。各平面から得られた交点集合を重ね合わせ、一致した部分を回転体のシルエットとする。回転体の中心軸とシルエット曲線が得られたら、それらを用いて、回転体形状の再構成を行う。

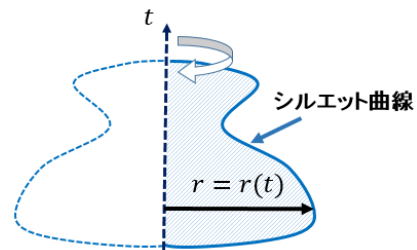


図1 回転体とシルエット曲線



(a) 一般化円柱と回転体 (b) 回転体

図2 回転体と一般化円柱を含む形状

3. 回転体を含む点群の抽出

3.1 ワイヤフレームモデルの生成

ここでは、複数箇所から計測された点群がレジストレーションされており、各点群の変換行列が算出されているものとする。また、点群は構造化された点群であり、レーザの照射角度 (θ, ϕ) によって格子点に写像できるものとする。

このとき、同一地点で計測された点群ごとに、格子上で隣接する点間の距離を調べ、閾値以下であればエッジを生成してワイヤフレームモデルを作成する。複数地点で計測を行った場合には、複数のワイヤフレームモデルが生成される。

3.2 切断面の算出

次に、ワイヤフレームモデルと主軸に垂直な平行な切断面との交点を算出する。交点を算出後、レジストレーションで得られた変換行列を用いて座標変換し、切断面ごとに交点をマージしていく。図3は、z軸に垂直な切断面から得られた交点集合である。各切断面上の交点に対して、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RANSAC法を用いて円弧フィッティングを行う。その際、円弧付近に存在する点を取得し、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、その円弧を切断面候補とする。

3.3 曲面候補の算出

検出された各円弧の中心点の距離が閾値以下の円弧が同じグループになるようにグルーピングする。円弧をグルーピングした結果を図4に示す。

グルーピングされた円弧の中心が同一直線上に乗っていれば、その部分を回転体の候補とする。このときは、4で述べる方法を用いて、回転体のシルエット曲線を算出する。直線部分は、RANSAC法を用いて抽出する。

また、直線上に乗っていない場合には、一般化円柱と見做す。このときは、円弧の中心を通る曲線を算出し、一般化円柱の中心軸とする。その後、中心軸に垂直な切断面から円弧の再計算を行い、一般化円柱を再構成する。

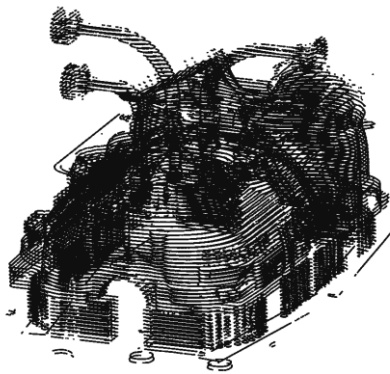


図3 切断面とワイヤフレームモデルとの交点



図4 グループ化された円弧

4. 回転体曲面の再構成

回転体形状を再構成するためには、中心軸とシルエット曲線を算出することが必要である。中心軸は、円弧の中心点に対して最小二乗法により算出する。この中心軸を用いて、シルエット曲線を算出する。

ここでは、図2(b)の点群を用いて説明する。まず、中心軸と円弧の半径から、回転体上にあると推定される点群を抽出し、それらをワイヤフレームモデルに変換する。このとき、回転体の中心軸を通る平面とワイヤフレームモデルとの交点はシルエット曲線上の点となる。

しかし、工業設備を計測して得られた点群においては、回転体に他の部材が接続したり、オクルージョンによって点群の欠落が発生したりすることがある。そこで、シルエット曲線を安定的に算出するために、複数のシルエット曲線を用いる。中心軸を通る平面には回転の自由度があるので、図5に示すように、中心軸周りに切断面を回転させて、複数のシルエット曲線を得ることができる。

図6(a)は、複数のシルエット曲線を重ね合わせたものである。ノイズや付属物除去するために、図6(b)のように、シルエット曲線上の点が多くなる部分のみを抽出する。その後、重なっている部分に関して、中心軸からの距離の平均を取り、シルエット曲線を生成する。

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のモデルが作成できる。図7に生成された回転体の例を示す。

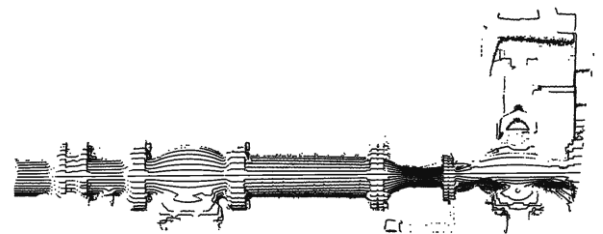
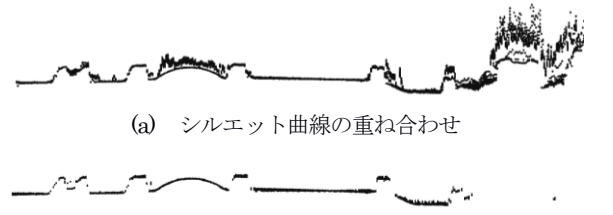


図5 複数の切断面によるシルエット曲線



(a) シルエット曲線の重ね合わせ

(b) 重複部分の抽出

図6 シルエット曲線の重ね合わせ



図7 生成された回転体

5. 結言

本稿では、点群から、曲面要素として、回転体と一般化円柱を検出する方法について検討した。また、回転体の曲面を再構成するために、シルエット曲線を得る方法を示した。

なお、一般化円柱の形状を安定的に再構成する手法については、今後の検討課題である。今回は、主軸に垂直な切断面のみを考えたが、それ以外の切断面を利用する方法についても検討していきたい。また、曲面要素の種類を増やすために、切断面が円弧以外の形状についても検討する必要がある。

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からの形状再構成, 精密工学会秋季講演会 2016