

大規模点群に基づく生産設備の物体構成面の推定

電気通信大学 ○千田 暁慧, 増田 宏

Estimation of bounded faces in manufacturing plants based on large-scale point-clouds The University of Electro-Communications: Akisato Chida, Hiroshi Masuda

It is possible to automatically extraction curved surfaces such as cylindrical or plane from point cloud of plant and equipment obtained by laser scanner. On the other hand, the curved surface boundary is not possible to get a complete by occlusion. In this paper, focus on the feature of the plant and equipment that are often combination of line or arc, I discuss technique to estimate the curved boundary to reconstruct the shape of the object.

Key words: point-clouds, Shape Reconstruction, Production Facilities

1. はじめに

レーザスキャナを用いて得られた点群データから、工場などの生産設備内の形状再構成が可能となれば、改修工事や保守のシミュレーションなどへの応用が可能である。

生産設備を計測した点群においては、円柱やトーラスなどの幾何曲面で構成される配管系統と、平面から構成される装置や壁などが占める割合が大きなものとなっている。配管系統は、円柱抽出ができればある程度の形状再構成ができるので、既にいくつかの研究がなされている^[1]。一方で、平面で構成される物体の形状再構成については、平面の境界線の同定が容易ではないことや、配管系統ほど規格化されていないこともあり、まだ信頼できる手法が確立されていない。

そこで本稿では、検出された平面に対して境界線を検出する手法とオクルージョンにより取得できなかった領域の補正を行う手法について検討し、箱状物体の認識と形状再構成の手法について考える。

2. 平面の境界線の生成

まず、点群により検出された平面から縁の部分である境界となる部分を検出する。境界線の検出では、点群の座標データを2次元の距離画像上に写像し、2次元図形において境界となる点列の検出を行う。ただし、平面にはオクルージョンのために穴が空いていることもあるので、一番外側の境界のみを抽出する。抽出された点の一つを基準とし、反時計回りに境界を辿ることにより、外周を構成する点列を選択することができる。

2.1 境界線の抽出

レーザスキャナで計測された点群から境界線を検出するため、得られる境界線は凸凹になってしまう。また、別の物体の裏に隠れてしまうオクルージョンにより図1のように面の一部が欠落した境界が検出されることがある。

工場などの生産設備内は、機械や配管などが多く境界面は直線または円弧で表されることが多い。そこで、境界線を直線で近似することにより実際の境界に近い面の作成を行う。平面を構成する境界として検出された点列より、その平面上において線分の検出を行う。

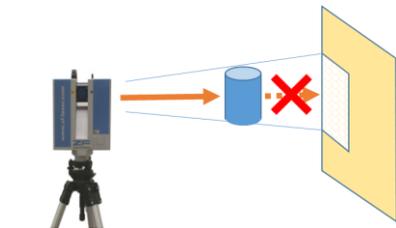


Fig. 1 オクルージョンによる部分的消失

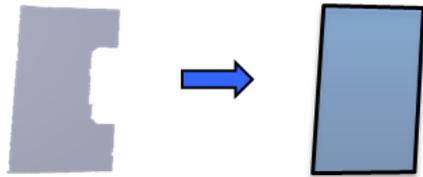


Fig. 2 長方形面の推定

2.2 複数視点からの平面の合成

点群の計測では、レーザスキャナから距離の遠い点では点の密度が疎になってしまうこともあり、一度に計測できる範囲が限られる。そのため、大規模な生産設備内を計測する際は、複数の箇所から計測を行う。

ここでは、複数点群のそれぞれから境界付きの平面を抽出し、それらを合成する。しかしながら、点群に占める平面領域の比率は非常に大きいため、点群のデータを保持しながら複数点のデータを重ね合わせることは、メモリ容量や計算時間の観点から制約が大きい。そこで、複数点群から抽出された平面を統合するに当たっては、平面の境界線のみを保持し、境界で囲まれる領域を統合した。その場合、保持するデータ量は、1/100程度に減らすことができる。

2.3 長方形面の推定

生産設備の面は、長方形であることが多い。そこで、平面境界が長方形であると推定される場合には、境界を長方形に置き換える。図2に示すように、平面の境界上に直交する2直線が検出されるときに、長方形の候補とする。欠落部分に対して、図1のような可視性チェックを行い、もし、欠落部分が平面よりもレーザ光源に近ければ、整合的と判定して、その平面は長方形であると判断する。

Table.1 検出に用いたデータ

| 点群 | 点群数 | 平面数 | 平面検出時間 |
|-----|------------|-------|--------|
| # 1 | 40,660,717 | 5,818 | 268 秒 |
| # 2 | 40,538,597 | 4,037 | 167 秒 |
| # 3 | 40,705,360 | 2,923 | 83 秒 |



Fig. 3 データ 1 による平面境界補正

2.4 実行結果

設備計測で得られた約 4000 万点の点群データ 1 を用いて、平面の検出を行った。検出された平面数は約 6000 で、平面上の点数は約 2400 万点である。これに対して、境界線に対して直線への近似を行い、平面の表現を境界のみで行うと、必要な点群の数は 21 万点に圧縮することができた。

次に、オクルージョンを考慮した長方形平面への近似を行った。図 3 にその結果を示す。長方形推定により、オクルージョンによる平面の欠落部分を補うことができています。

また、複数視点による平面の合成では、3ヶ所の視点からの計測した点群の平面を境界線で表現しスキャナで取得した点の合成を行った、表 1 が取得したデータの概要である。この 3つのデータから得られた平面を統合するための計算時間は、48 秒であった。

3. 箱形状の再構成

大規模点群から平面を検出した後、平面がどのような物体の面なのかを推定し、ラベルを付けることを考える。

今回分類したグループとして、床を構成する面、壁を構成する面、壁床を除く箱状の物体を構成する面を考える。床および壁の検出は比較的容易であり、これまでにも行われてきた。ここでは、箱形の形状を検出しモデル化する手法について考える。

3.1 箱形状の認識

基準となる平面に対して、その周辺に存在する平面との間で、直交しているかどうかの判断を行う。平面の組合せの探索は、球面座標の緯度経度を主軸とする 2次元距離画像上で行う。平面の境界部分の近傍の点が属する平面に対して、法線の直交性を判定する。

レーザスキャナから 3 面が確認できるように箱形状が配置された場合には形状再構成は容易であるが、実際には、2面しか検出できないことが多い。そのような場合には、長方形の辺から、隠れた面を推定することにより、箱形状を再構成する。図 4 のように、側面の 2 平面しか計測できなかった

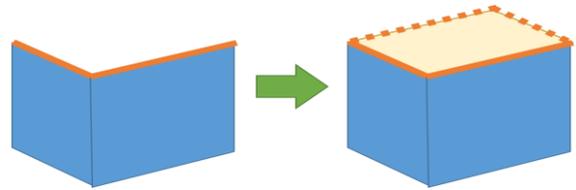


Fig. 4 検出された 2 平面から平面の推定

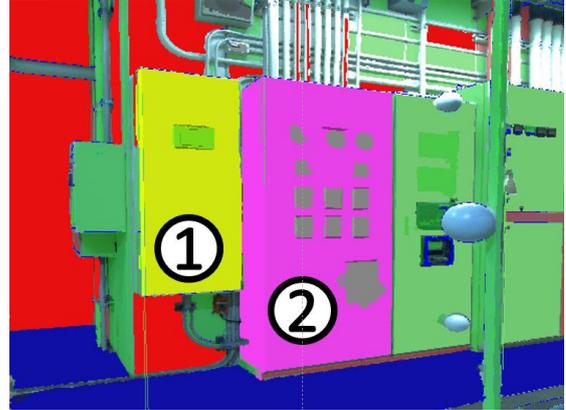


Fig. 5 箱状物体の検出

場合は、側面の境界線から上面も長方形であると仮定し箱形状を作成する。

箱形状の多くは床面上に設置され、また壁に沿って置かれている。そこで、箱形状の検出は、床面に対して垂直な面と壁に平行な面を起点として行う。

3.2 実行結果

本手法の検証においては、16GB のメモリを持ち、クロック周波数 3.40GHz の CPU を持つ 64bitPC を用いた。点群の総数は約 4000 万点から構成される。

検出された平面を図 5 に示す。床として判定された平面は青色に、壁として検出された平面を赤色で示してある。箱形状として認識されたのが①、②で色分けされた部分である。それ以外の検出された平面を緑色で示した。

他の部分で同様な操作を行ったところ、箱状物体の構成面がオクルージョンなどにより 2 面に分割されて検出されてしまう状況下で、起点面に近い平面のみが同一グループと認識される問題が生じた。

4. まとめ

本稿では、点データから検出された平面における処理について境界線を補正することにより、データ圧縮手法及びオクルージョンの補正を行った。また、検出された平面に対して、床壁以外の平面で構成される箱状の物体の自動認識に関する手法について述べた。

現在は、箱状の物体の検出手法について、検出精度のよい方法の検討を行っている。

参考文献

- [1] 松岡諒, 増田宏: 大規模点群からの生産設備の形状再構成, 精密工学会論文誌, 80(6), (2014) 604-608.