

大規模点群からの箱形状の検出と再構成

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

As-built 3D models are useful for simulating renovation and maintenance of production facilities. Most components in production facilities are pipe structures and planar box shapes. In our previous work, we proposed methods for shape reconstruction of pipe structures. In this research, we propose a technique for detecting box-like objects by combining planes extracted from large-scale point-clouds.

Key words: point-clouds, manufacturing plants

1. はじめに

固定式レーザスキャナを用いて得られた点群データから、生産設備内の形状再構成が可能となれば、改修工事や保守を行う際のシミュレーションへと適用することができる。

生産設備を計測した点群では、配管系統の円柱やトラスなどの幾何曲面と、装置や壁などから構成される平面が占める割合が大きなものとなる。配管系統は、円柱の抽出ができればある程度の形状再構成ができることが報告されている^[1]。一方、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、配管系統のような規格が存在しないため、まだ信頼できる手法が確立されているとはいえない。

そこで本稿では、検出された平面に対して近傍の平面との関係性より箱形状の検出する手法について考える。また、ある面からスイープした形で表現される物体に対しても再構成する手法についても考える。

2. 箱形状の再構成

取得された点群から RANSAC 法を用いることで平面を検出することが可能である。物体形状の再構成を行う際には検出された平面を含む物体のクラスや、他の平面との関係性を推定する必要がある。床や壁面などの同定は比較的容易であり、これまでいくつかの手法が行われてきた。ここでは箱形状の検出及び再構成する手法について述べる、

2.1. 箱形状の検出

大規模点群より検出される平面は非常に多いため、この中から物体を構成する組み合わせを選ぶのは容易ではない。そのため、箱形状に属さない、床および壁面に属する平面を取り除き、検索対象の平面数を削減する。

次に、固定式レーザスキャナにより得られたデータを、2次元距離画像に展開し、ある平面とその近傍に存在する平面との関係性を判定することにより箱形状の構成面であるかの判定を行う。ここで用いた関係性は以下のとおりである。

- 2平面のなす角が直角である
- それぞれの平面の境界線の一部が平行かつ近接している
- 2平面がスキャナ方向に対して凸向きで交差する

という条件を満たす平面の組を検出する。平面の境界線は、平面の境界点に対して RANSAC 法により直線検出を行い、代表的な



図 1. 箱形状の検出

10本の直線を境界線として用いた。

2.2. 箱形状の再構成

検出された平面の組より物体の再構成を行う。箱形状は箱を構成する頂点の1点の座標と直交する3つのベクトルにより記述することができる。

まず、平面同士の交線を、箱形状の境界線とする。この際、それぞれの平面に含まれる全点の座標を交線上に投影し、境界線の始点と終点を決定する。

箱形状に属する平面の検出の際、対象物体とスキャナの位置関係や、物体の陰などの影響により2平面しか検出されないことがある。その場合は、2平面に直交する方向ベクトルを考え、ベクトルの長さを、2平面の交線の端点を始点としたベクトル方向に、各平面の点の座標をベクトル上に投影した際の最大距離とする。

頂点となる1点の座標と3つのベクトルが求めれば、それらを用いて箱形状の再構成を行う。箱形の物体を配置した室内の点群に対して本手法を適用したものを図1に示す。

3. 平行スイープ形状の再構成

前章で示した方法では、3つの条件を満たす物体に対して箱形状として再構成される、しかしながら、生産設備内には図2(a)のような箱形状の組み合わせで表現される物体も存在する。ある平面をスイープして得られるこれらの物体をここでは平行スイープ物体と呼ぶ。今回、提案する平行スイープ形状の再構成手順を図3に示す。

3.1. 可視性を利用した箱形状の整合性評価

先に述べた箱形状の検出方法では、近傍の平面との関係性で箱形状として認識するために、図2(b)のように誤って再構成されてしまうことがある。そこで、箱形状として再構成されたモ

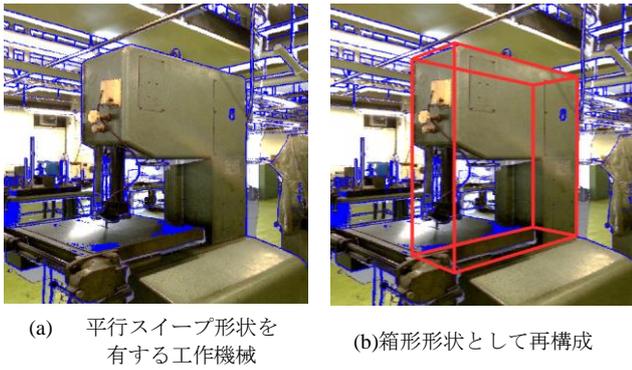


図 2. 箱形状の誤認識

モデルに対して可視性のチェックを行なうことで誤認識を防ぐ。スキャナから再構成されたモデルまでの距離と実測の点までの距離を比較して、近いときは物理的に矛盾が生じるために棄却する。棄却された物体に関して、箱形状より複雑な平行スイープ形状として再構成を行う。

3.2. 平行スイープ形状の基準面の作成

平行スイープを行うには、スイープを行う基準面における境界を定める必要がある。点群計測では、単純に境界点を結ぶと複雑な境界を持つ形状になる。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面の一部が欠落した境界線が検出されることもある、

そのため、境界点以外の情報を用い、スイープ基準面の境界線を推定しつつ決定する必要がある。そこで箱形状の認識時に用いた頂点情報、交線情報を付加情報として用いることを考える。

まず、箱形状の検出時に得られた 8 頂点の内、スイープ基準平面上に存在する 4 頂点できる長方形を、暫定的な 4 直線で構成される閉じた境界とする(図 4(a))。

この長方形の頂点とスイープ基準面として検出された平面との間で可視性のチェックを行う。レーザスキャナを用いて計測を行うため、得られたデータ点は、実際の物体の境界線よりも内側にある部分のものだけとなる。そこで、4 頂点でできる長方形より一回り小さい長方形を作成し可視性の判断を行う。平面上にある点は基準面の境界線の節点の 1 つとしてそのまま利用し、無効な点は破棄する。

また、検出平面上の境界点の情報は、境界点に対して RANSAC 法を用い断続的な直線の検出を行いスイープ基準面の境界検出に利用する。この線を境界予備線と呼ぶこととする。

スイープ基準面の境界線は、節点として採用された箱形状の頂点情報と境界予備線により決定する。暫定的な 4 直線で構成される境界に対して、破棄された点及びその点で構成される直線の除去を行う(図 4(b))。

開かれた境界から、境界予備線を順次辿り結びつけることで、スイープ基準面となる閉じた境界を作成する(図 4(c))。

3.3. 平行スイープ形状の再構成

スイープ方向の奥行き距離は、箱形状での奥行きを用いることで平行スイープ形状の 3D モデルの再構成が可能となる。図 2(a)の工作機械に対してアルゴリズムを適用した結果が、図 4(d)であ



図 3. 平行スイープ形状の検出手順

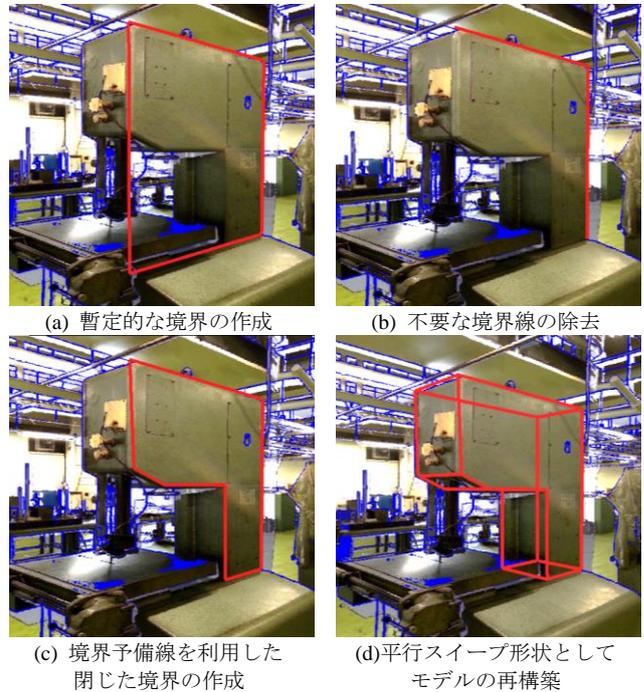


図 4. 平行スイープ形状の再構成

る。検出平面の境界点の情報を利用するため、鉛直垂直以外の直線も平行スイープ形状の境界として検出されている。

4. まとめ

本稿では、点群から平面の検出を行い、自動的に箱形状を検出してモデルとして再構築する手法について述べた。また、ある平面をスイープすることで表現できる平行スイープ形状について、箱形状での頂点情報を利用したモデルの再構成手法について述べた。現在は、平行スイープ形状の再構成における、精度の向上を行っている。

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(第 2 報), 精密工学会論文誌, 80(10), (2014) 939-943.