

# 携帯型レーザスキャナを用いた大規模点群の詳細化

電気通信大学 ○渡邊 拓麻, 丹羽 健, 増田 宏

**Unification of Point-Clouds from Terrestrial Laser Scanner and Hand-Held 3D Scanners**  
The University of Electro-Communications: Takuma WATANABE, Takeru NIWA, Hiroshi MASUDA

Terrestrial laser scanners are convenient for measuring large-scale facilities, but they cannot capture tiny-scale bumps such as deterioration of surfaces. On the other hand, portable scanners can capture tiny-scale features at the expense of narrow measurement areas. In this paper, we consider methods for integrating large-scale point-clouds from a terrestrial laser scanner and detail point-clouds from a portable laser scanner. First we propose a registration method of point-clouds, and then discuss data management of combined point-clouds, which are large-scale and partly detailed.

## 1. 緒言

固定式のレーザスキャナを使用することで、生産設備を大規模な点群情報として取得することができるようになった。大規模点群は包括的に実環境を表現することに長けているが、劣化などを示す微細な凹凸を表現することは難しい。一方で現在、小型のハンディタイプのレーザスキャナが開発されており、近距離範囲を詳細に点群情報として取得することができる。そこで本研究では、近距離計測点群を使用して、大規模点群の必要な箇所の点群を補うことを考える。

疎な点群の細部を補完するためには、詳細な点群と位置合わせが必要である。また、表示においては、大局的な点群と詳細な点群とを適宜切り替えることも必要となる。本稿では、それらの手法について論じる。

## 2. 携帯型レーザスキャナ

本研究で用いたレーザスキャナは、ニコン社の P3D NC-2323S の試作機である。仕様は表 1 のようになっている[1]、P3D は手持ちまたは三脚を用いて複数箇所での点群計測を行う。計測範囲は小さいが、精度は 0.3mm であり、金属表面の劣化なども捉えることができる。計測したデータは点群もしくはメッシュデータとして出力することができる。

表 1. P3D の仕様

質量	約 1.9(kg)
装置寸法	180×260×50mm
測定点数	512×512 1024×1024(最大)
測定エリア	□230mm, 深さ 100mm
測定精度	測定誤差 PFF PFS PS E<0.3mm (JISB7441 対応)

## 3. 近距離計測データのレジストレーション

近距離計測で得た詳細な点群によって大規模点群を補完するための位置合わせ手法の流れを図 1 に示す。

### 3.1 位置合わせ手法

代表的な位置合わせを行う手法として、ICP 法と特徴点の位置合わせがある。ICP 法は 2 つの点群間の最近傍点との対応関係から位置を推定する方法だが、近距離計測は計測範囲が狭いため、推定が困難であることが考えられる。そこで本研究では特徴点を用いて位置合わせを行う。工場などの設備では平面と円柱が多くを占めることから、平面と円柱を抽出し特徴点として使用する。また、設備内では、多くの平面形状に直線の境界が生じるため、直線エッジとして抽出する。

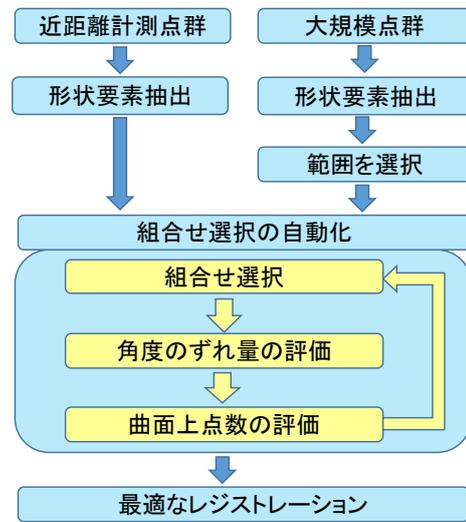


図 1. フローチャート

これらの検出には RANSAC 法を用いる。図 2 に近距離計測と広範囲計測の二つの点群から抽出した平面と円柱を示す。共通する特徴点を一致させることで位置合わせを行う。

### 3.2 RANSAC 法による形状要素抽出

本研究では、RANSAC 法を用いて平面と円柱を抽出する。RANSAC 法は点の総数や抽出する曲面の数が多いほど計算に時間がかかるという欠点がある。そこで、大規模点群からの平面と円柱の抽出には Masuda ら[2]の手法を使用した。また、近距離計測点群は点の総数が数十万程度と少ないため、従来の RANSAC 法を使用する。

近距離点群から直線エッジを抽出する手順を以下に示す。図 3 のように、各点とその近傍点との法線を比較し、閾値以上離れていた場合、エッジ付近の点として抽出する。そして、抽出した点群に対して RANSAC 法を適用し直線エッジを抽出する。



(a) 近距離計測点群

(b) 大規模点群

図 2. 点群データの面抽出

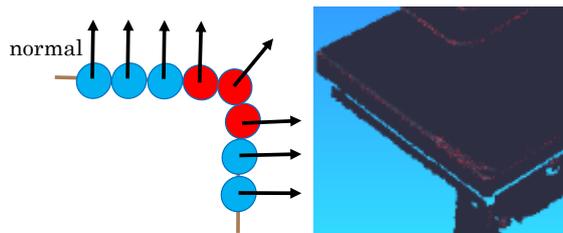


図 3. 点群データの面抽出

### 3.3 曲面選択の自動化

位置合わせに使用する，共通した曲面の組合せを自動的に選択することを考える．

まず，図 4 のように大規模点群のパノラマ画像から近距離計測を行った範囲を指定する．これにより大規模点群から抽出した多量の曲面から，指定した範囲内にある曲面の絞り込みを行う．次に，選択した曲面と，近距離計測点群から抽出した曲面から組合せを総当たりで選択し，位置合わせを試行する．全ての組合せにおいて評価を行い，評価が一番高いものをレジストレーション結果として採用する．

評価は 2 段階に分けて行う．最初の段階では，角度のずれ量を評価する為に，近距離計測点群を回転移動させた後の角度のずれを数値化する．ずれ量が多い場合，該当する面ではないと判断し除外する．次の段階は，曲面上点数の評価を行う．大規模点群から抽出した曲面に対して，位置合わせ後の近距離計測点群が乗っている数を評価する．

大規模点群から抽出した複数の平面が類似した成分を持つ場合，曲面上点数の評価が成立しない．よって，点の内外判定を行う．大規模点群から抽出した曲面は境界点を保持しているため，これを用いて判定する．

### 3.4 レジストレーションの速度評価

図 4 の範囲を選択し，レジストレーションを行った．近距離計測点群から抽出した曲面の数は 4，選択した範囲内における大規模点群の曲面の数は 11 である．レジストレーション結果を図 5 に示す．計算時間は 3.7sec となった．



図 4. 範囲選択

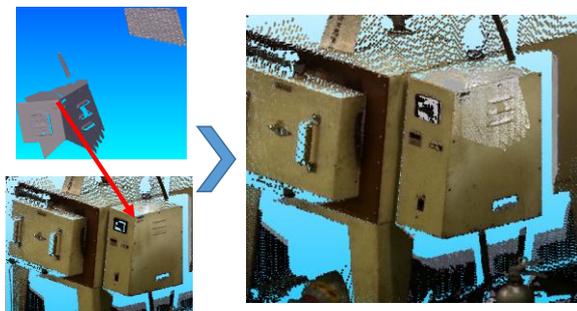


図 5. 実行結果

### 4. 詳細化点群の重畳

携帯型レーザスキャナは，三脚を設置する必要が無く，様々な角度からの計測が可能である．そのため，複雑な形状をした物体であっても情報を欠くことなく点群を取得することがで

きる．図 6 は固定式レーザスキャナにより得た大規模点群に近距離計測点群をレジストレーションした結果である．より具体的に，物体の形状を把握できるようになっている．また，近距離計測による高密度の点群は，錆のような微細な情報まで取得することができる(図 7)．

近距離計測点群は数十万点程度であるが，それをそのまま持ち続けることはデータ量の増大につながる．また，近距離計測点群と大規模点群を同時に表示すると，詳細なデータが隠されてしまう可能性がある．

近距離計測による詳細な点は，至近距離において対象を観察する場合にのみ必要となると考えられるため，ここでは近距離計測点群と大規模点群を必要に応じて切り替えるものとする．そのためには，二つの点群のオーバーラップ部分を検出する必要がある．

手順として，まずは大規模点群のパノラマ画像に近距離計測点群を投影する．パノラマ画像は 1 ピクセル毎に一つの点を保有している．ピクセルが保有する点と投影された近距離計測の点のデプス値をそれぞれ  $r_1, r_2$  とすると， $|r_1 - r_2| < k$  のとき，オーバーラップ部分としてマークする． $k$  は定数である．マークされた点は，オーバーラップする近距離計測の点の情報を保有する．ただし，大規模点群と詳細点群の境目において段差が生じる．ここでは，段差が目立たないように，継ぎ目付近の点の奥行きをパノラマ画像上で平均化する．

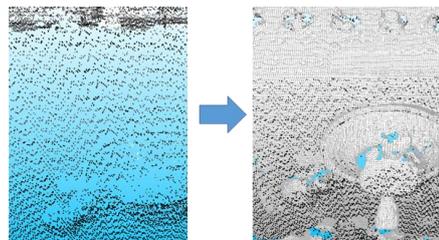
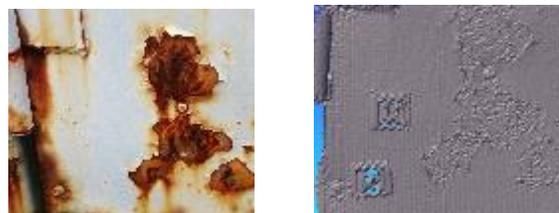


図 6. 物体形状の補完



(a) 実世界の写真 (b) 近距離計測点群

図 7. 錆の計測

### 5. まとめ

本研究では，携帯型レーザスキャナによる大規模点群の詳細化を行うことを目的として，詳細な点との位置合わせ手法，重畳した点群の表示の切り替えについて示した．今後は，様々な形状要素の組合せの選択の自動化やオーバーラップ部分での座標や色が自然に見えるような処理を行う必要がある．

### 謝辞

本研究で用いた携帯型レーザスキャナの利用に当たっては，株式会社ニコンに協力いただいた．ここに深く感謝する．

### 参考文献

- [1] 青木洋:ポータブル型 3D 形状計測装置 P3D とその応用,O plus E, 36(1), pp. 1-5
- [2] H. Masuda, et.al.: Reconstruction of Polygonal Faces from Large-Scale Point-Clouds of Engineering Plants, CAD&A, 2014.
- [3] 渡邊拓麻, 増田宏: 携帯型レーザスキャナを用いた大規模点群の補完手法, 精密工学会秋季講演会 2014