

LiDAR と全天球画像を用いた 3次元再構成

3D Reconstruction Using LiDAR and Omni-directional Image

赤塚 紘輝[†] 原 潤一[‡] 渡辺 裕[†]

Hiroki AKATSUKA[†] Junichi HARA[‡] Hiroshi WATANABE[†]

[†]早稲田大学 [‡]株式会社リコー

[†]Waseda University [‡]Ricoh Co. Ltd

1. はじめに

LiDAR で点群データを取得し、その点群データと全天球画像を用いて 3次元再構成を行う。より再現性の高い 3次元再構成を行うための点群データのノイズ処理方法および全天球画像組み合わせ方法を提案する。

2. 目的

より再現性の高い 3次元再構成を行うことにより、より正確な 3D 地図マップの作成、あるいは車搭載 3D 情報獲得による自動運転システムへの応用が可能となる。また、災害により人が進入できない場所の被害状況の確認などが行える。

3. 3次元再構成

図 1 のように LiDAR により与えられた点群を多角形で結んでいくことにより、面の構成、ポリゴン化を行う。より細かな描写を可能にするためには角数の少ない三角形を用いたポリゴン化が望ましい[1]。

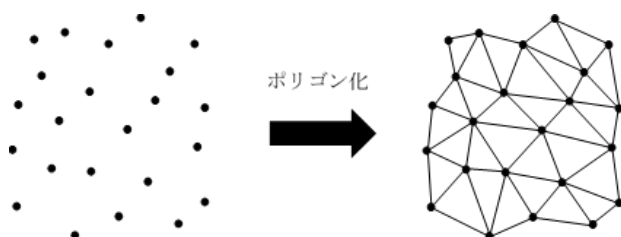


図 1 三角形による点群のポリゴン化

ポリゴン化することにより生成された 3D モデルに対して全天球画像をテクスチャとして貼り付けることで 3次元再構成を行う。図 2 のように正距円筒図法で表示した全天球画像の画素値を、3D モデルの同じ緯度と経度に対応する箇所に対して貼り付けを行うことでテクスチャマッピングを行う。

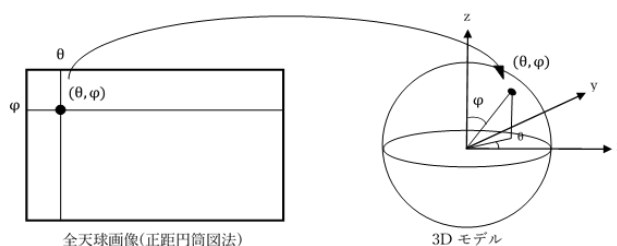


図 2 テクスチャマッピング方法

4. 点群ノイズ処理法

(A) 移動最小二乗法(MLS)

ばらつきのある点サンプルの集合から連続関数を移動最小二乗法により再構成する。

ある点 x を補正するために任意の N 個の近傍点を得る。近傍点の近似平面 H を算出し、近傍点を平面 H に投影することで各点を平面 H の座標系 u, v を用いてパラメータ化する。近傍点を 2 次多項式曲面 $S(u, v) = 0$ で近似し、点 x を曲面 $S(u, v) = 0$ に投影する。以上の操作をすべての点に対して行うことで点群の整形を行う[2]。

(B) ガウシアンフィルタ

2次元の画像におけるガウシアンフィルタと同様に、注目点をその周囲の近傍点の平均値に置き換えることで平滑化を行う。平均値化は、ガウス関数

$$G(x, y, z, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}^3 \sigma^3} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2 + z^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

を用いることで、注目点と近いほど平均値化の重みを大きく、遠い点ほど重みを小さくしている[3]。

5. 比較実験および結果

点群ノイズ処理を行うことで元の点群よりも隣接点間の距離が非常に近くなる部分が生じる。

ポリゴン化の処理時間短縮のため、単位立方体 Voxel を配置し、その Voxel 内に存在する点をその Voxel の重心点一つに置き換えることでデータ数の削減を行った。

MLS による点群ノイズ処理を行った 3D モデルとガウシアンフィルタによる点群ノイズ処理を行った 3D モデルを図 3 に示す。

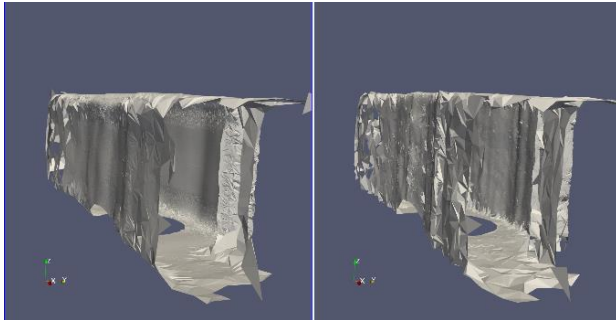


図 3 MLS による整形点群 3D モデル(左)とガウシアンフィルタによる整形点群 3D モデル(右)

MLS を用いる場合、より滑らかに点群を整形することがわかる。しかし角の部分まで滑らかに整形されており、角が丸まってしまう。それぞれ経度 $97-98^\circ$ および $277-278^\circ$ に存在する点だけに注目し、x 軸方向から見た図を図 4 に示す。

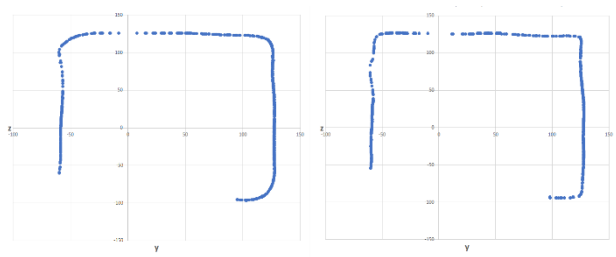


図 4 MLS による整形点群(左)とガウシアンフィルタによる整形点群(右)の y-z 平面(経度 $97-98^\circ$ および $277-278^\circ$)

点群の 4 本の近似直線と点群の間の面積が大きいほど角が丸まっていることになる。この面積を画像のピクセル値で表すと、MLS では 1044.9 画素、ガウシアンフィルタでは 72.8 画素である。つまり、MLS では滑らかな面を描写できるが角を保存することができず、ガウシアンフィルタでは滑らかな面を描写できないが角を保存した処理ができる。

より滑らかな面を描写することも重要であるが、角を正しく描写するほうがより再現性の高い手法であると考えられる。

図 5 に示す全天球画像をガウシアンフィルタによる点群整形を行った 3D モデルに対してテクスチャとして貼り付ける。貼り付けた結果を図 6 に示す。全天球画像を貼り付けることで色情報を

持った 3D モデルの生成に成功した。しかし、まだ 3D モデルの形状と現実空間に差が生じているため、面の大きさや角の部分に誤差が生じ、正確にマッピングが行えていない。



図 5 テクスチャとして用いる全天球画像



図 6 全天球画像を貼り付けた 3D モデル

6. まとめ

3 次元再構成における点群整形において MLS よりもガウシアンフィルタを用いたほうが角を保存する再現性の高い結果を得ることができた。しかし、より高い再現性を得るためにはより平面を滑らかにする MLS を用いて角を保存するような手法が必要である。

参考文献

- [1]. 浅井俊弘: “全方位レンジデータと全方位画像の統合による屋外環境の三次元モデル化”, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科修士論文, pp.13-17, 2004
- [2]. 増田宏, 村上健治: “大規模点群データの平滑化手法に関する研究(第 1 報)”, 精密工学会誌, Vol.76, No.5, pp.582-586, May 2010
- [3]. Y. Ohtake, A. Belyaev, H.-P. Seidel, Mesh Smoothing by Adaptive and Anisotropic Gaussian Filter Applied to Mesh Normals, Proc. Vision, Modeling, and Visualization 2002, pp. 203-210, Erlangen, November 2002.

3D Reconstruction Using LiDAR and Omni-directional Image
 †Hiroki AKATSUKA, Waseda University
 ‡Hiroshi WATANABE, Waseda University
 ‡Junichi HARA, Ricoh Co. Ltd