

5C-01

# LiDAR 搭載マルチコプターによる表面メッシュ生成手法

吉田英晴† 平間毅† 中山恵介† 富田洋文†  
 茨城県産業技術イノベーションセンター†

## 1. はじめに

昨今、ドローンを活用した工場・インフラ設備の点検や物資配送のためのドローン自動運転の研究が進められている。ドローンによる自動運転は、カメラを使用した画像処理や LiDAR を使用した 3 次元点群処理を用いて周囲の飛行環境を推定する場合があります。高速な実行処理が求められる。そこで、本研究では、低処理負荷な表面メッシュを生成する手法の考案と、実行速度及び推定精度の検証を行った。

## 2. データの前処理

### 2.1 LiDAR データのダウンサンプリング

本研究では、LiDAR のレーザ照射角度に着目して、表面メッシュを生成することを考えた。本研究で使用した LiDAR (Livox 製 Mid-70) のレーザ照射パターン(非反復走査 FOV)を図 1 に示す。

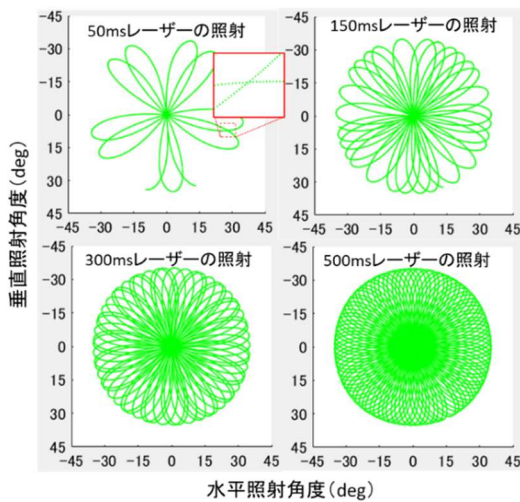


図 1 Mid-70 における LiDAR レーザ照射パターン

非反復走査 FOV によるレーザ照射パターンは、照射角度が小さい範囲の照射密度が高くなる特徴がある。そこで、照射角度の散布図に対して、最大照射角度(水平, 垂直 $\pm 30.2^\circ$ )の値に対するグリッド(250 $\times$ 250)を作成し、そのグリッドの交点の最近傍の点の抽出を行った。この手法は、密度が高い範囲のデータが特にダウンサンプリングされる。ダウンサンプリング結果の例を図 2 に示す。

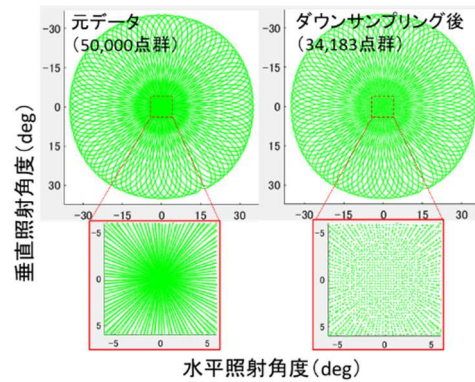


図 2 レーザ照射角度を基にしたダウンサンプリング

### 2.2 取得データのノイズ除去

撮影対象物のエッジ近辺に発生したノイズを次の方法により除去した。LiDAR 座標系の原点を基準とした場合の点  $A_i$  の位置ベクトルを  $\vec{A}_i$ 、点  $A_{i+1}$  の位置ベクトルを  $\vec{A}_{i+1}$  とする。(i はレーザ照射の順番を示す) また、 $\vec{A}_i$  を  $\vec{A}_{i+1}$  へ射影したベクトルを  $\vec{A}'_i$  とする。この時、 $\vec{A}_{i+1} - \vec{A}_i$  と  $\vec{A}'_i - \vec{A}_i$  のコサイン類似度が 0.7 未満の場合、ノイズと判定することとした。さらに、その後、Radius based outlier filter 法[1]を用いて、ノイズ除去を行った。図 3 に正六面体を LiDAR で撮影した例を、図 4 にノイズ除去の結果を示す。

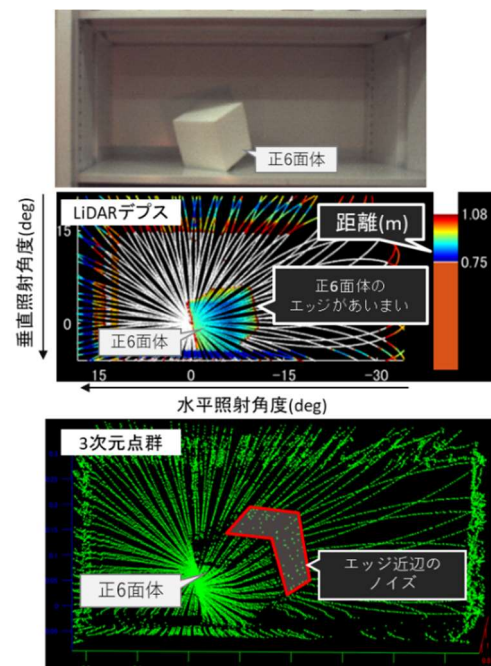


図 3 エッジ近辺に発生したノイズの例

Surface Mesh Generation Method Using Multicopter Equipped with LiDAR  
 †Hideharu Yoshida, Takeshi Hiramata, Keisuke Nakayama, Hirobumi Tomita,

Industrial Technology Innovation Center of Ibaraki Prefecture.

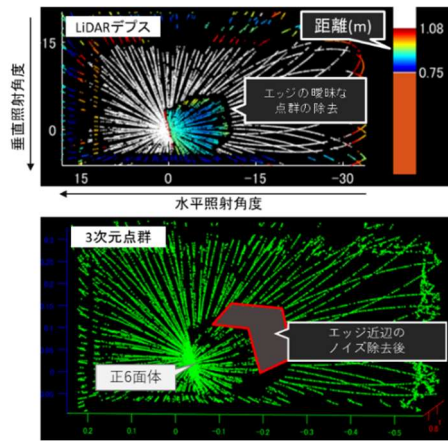


図 4 エッジ近辺のノイズ除去の結果

### 3. 表面メッシュ生成手法

LiDAR で撮影したデータに対して、ダウンサンプリングとノイズ除去等の前処理を行った後、次の方法で、表面メッシュを生成した。まず、レーザ照射角度の散布図に対して、ドロネー三角分割法を用い、三角形分割を行った。次に、3次元点群データに対して、三角形分割の結果を表面メッシュとして適用させた。この手法により生成した表面メッシュの例を図 5 に示す。さらに、生成した表面メッシュに対して、所定の長さ以上の辺を持つ表面メッシュを削除することで、物体を分離した。分離した結果の例を図 6 に示す。

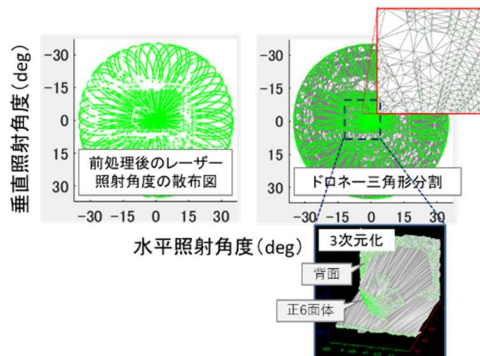


図 5 レーザ照射角度の散布図に対するドロネー三角分割と表面メッシュ生成の結果

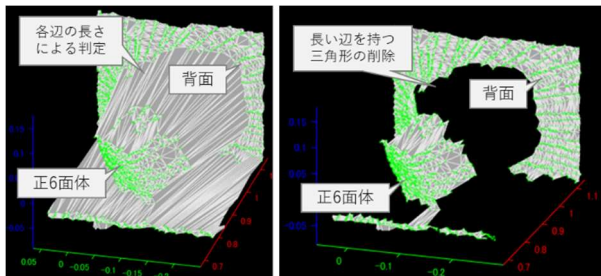


図 6 所定の長さ以上の辺を持つメッシュの削除

### 4. 提案手法における頂点法線の実行速度と推定精度の比較

表面メッシュの生成精度と実行速度を示すための指標として、頂点法線の実行速度と推定精度の比較検証を行った。

正六面体の撮影を行い、提案手法を使用した頂点法線の推定と、近傍点群に対して主成分分析 (PCA) を行い得られる平面法線を使用した頂点法線推定手法[2]を実施し、実行速度と実法線とのコサイン類似度を比較した。推定した法線とコサイン類似度の比較結果を図 7 に示す。

本処理を 10 回実行したところ、提案手法による頂点法線推定の実行速度の平均は 0.081 秒、コサイン類似度の平均は  $0.81 \pm 0.23$  であり、比較手法による頂点法線の推定の実行速度の平均は 0.71 秒、コサイン類似度の平均は  $0.97 \pm 0.07$  であった。

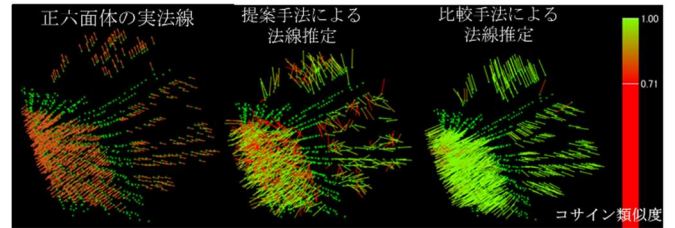


図 7 提案手法と比較手法による頂点法線と実法線とのコサイン類似度の結果

### 5. 考察

提案手法による頂点法線推定は、比較手法より、コサイン類似度が低い結果になった。比較手法は、多数の近傍点群を参照するが、提案手法は、頂点法線を算出するための参照点群が少なく、LiDAR のノイズ抵抗性が低くなったためと考えられる。そのため、LiDAR データの平滑化などの前処理を提案手法に加えることで、頂点法線の精度向上が期待できると考えられる。

実行速度について、比較手法は近傍点群を 3 次元空間点群から探索する一方、提案手法は、レーザの水平、垂直照射角度の散布図の 2 次元データから探索するため、処理負荷が低く、高速に実行できたと考えられる。

### 6. まとめと今後の課題

本研究では、LiDAR を用いた低処理負荷な表面メッシュ手法の考案と、頂点法線の実行速度と推定精度の検証を行った。その結果、提案手法は高速に実行されるが、ノイズ抵抗性が低いため、生成精度が劣ることが示唆された。今後は、表面メッシュの生成精度、実行速度の検証、ドローンへ搭載可能な小型コンピューター (Jetson Orin Nano) に実装した場合の実行速度、異なる対象物における表面メッシュの生成精度や実行速度の検証を予定している。

### 参考文献

[1] Rusu, R. B., Z. C. Marton, N. Blodow, M. Dolha, and M. Beetz. "Towards 3D Point Cloud Based Object Maps for Household Environments".  
 [2] Hoppe, H., T. DeRose, T. Duchamp, J. McDonald, and W. Stuetzle. "Surface Reconstruction from Unorganized Points".