

ドローン LiDAR を用いた海洋漂着ごみのモニタリングの検討

長岡技術科学大学大学院修士課程 学生会員 ○本間 耀
長岡技術科学大学 中村 健, 高橋 一義

1. 背景および目的

海洋へのマイクロプラスチックの流入は世界的な問題となっている。また、海岸へ漂着したごみ（漂着ごみ）の清掃には多大な労力と時間がかかっている。新潟県も例外ではなく、利用客の多い海水浴場などは優先して清掃されるが、利用客の少ない海水浴場や、人が利用しない岩礁海岸では清掃されていない場所も存在する。しかし、こうした未清掃エリアの実態やごみの分布状況を把握するためのデータが不足しており、どこにどの程度の漂着ごみが存在しているのかを効率的かつ客観的に把握する手段が求められている。

加古ら¹⁾は深層学習を用いることでドローン空撮画像からプラスチックごみの検出が可能と報告している。ただし、礫浜での精度は低く、体積の推定誤差は 15 % 程度であり、様々な海岸でのテストが必要と述べている。

本研究では、空撮画像とは異なり、対象物の 3 次元形状情報が取得可能な LiDAR に着目し、ドローン LiDAR センシングによる漂着ごみの検出可能性について検討する。

2. 方法

漂着ごみのような小規模対象の検出には、高い点密度と形状再現性が求められる。そして、同一 LiDAR においては、点密度は飛行高度と飛行速度により変化する。そこで、砂浜に体積が既知の模擬ごみを配置し、これをドローン LiDAR 計測することで、ごみの検出と体積推定の精度を検討する。

2-1 ドローン LiDAR による模擬ごみの計測実験

新潟県長岡市寺泊中央海水浴場の海岸に 3 つの模擬ごみを図-1 の様に設置し、ドローン LiDAR 計測を実施した。ドローンと LiDAR は、DJI Matrice 300 RTK と DJI Zenmuse L1 である。飛行高度は 5 ケース (5,7,10,15,20 m)、飛行速度は 2 ケース (1,3 m/s) の合計 10 ケースで計測を実施した。実施日は 2025 年 9 月 30 日で、当日の地上風速は約 2 m/s で



図-1 砂浜に配置した模擬ごみの様子



図-2 模擬ごみ (左からごみ A, ごみ B, ごみ C)

表-1 模擬ごみの体積

	A	B	C
体積(cm ³)	134203	25194	4254

あった。実験後、点群データは DJI Terra にて生成した。3 つの模擬ごみ (図-2) は、A : 段ボール、B : ポリタンク、C : 発泡スチロール製の緩衝材である。これらのサイズはそれぞれ異なり、体積は表-1 の通りである。

2-2 模擬ごみの体積算出と評価

まず、点群から目視により模擬ごみの範囲の点群を抽出する。その後、抽出点群をグリッド化し DSM を生成する。また、模擬ごみ周辺の砂地の点群から模擬ごみ周辺の地形の DEM を生成する。そして、DSM と DEM の差分から模擬ごみの体積 V を式 (1) により算出する。

$$V = \sum_{i=1}^n \Delta V_i \quad (1)$$

ここで、 n はグリッドの総数である。グリッド i の体積 ΔV_i は、グリッドの高さ h_i とグリッドの面積 A を用いると次のようになる。

$$\Delta V_i = A \times h_i \quad (2)$$

対象物と点密度に対してグリッドサイズが大きすぎると推定誤差が大きくなるため、本稿では、グリッドサイズは 0.02 m とした。一方、模擬ごみの体積は、ごみの形状を直方体と仮定して算出した。

3. 結果及び評価

飛行高度 5 m, 飛行速度 1 m/s の点群を例として図-3, 図-4 に示す。図-3, 図-4 より、対象物の上面の点群は密に取得できているが、側面の点群は疎であると分かる。また、色付きの点群データでは物体の認識も十分可能であると分かる。

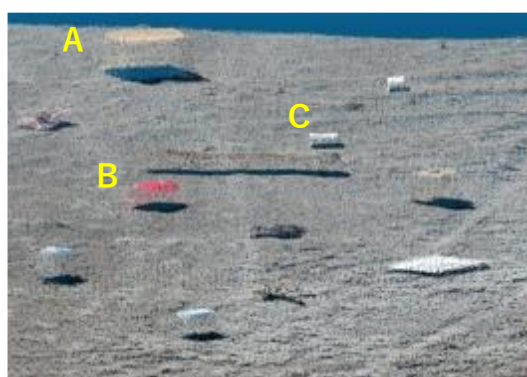


図-3 取得された点群データ



図-4 体積を算出した模擬ごみの点群データ

次に、式(1)で算出した体積をもとに求めた真値からの相対誤差と飛行高度の関係を図-5 に示す。

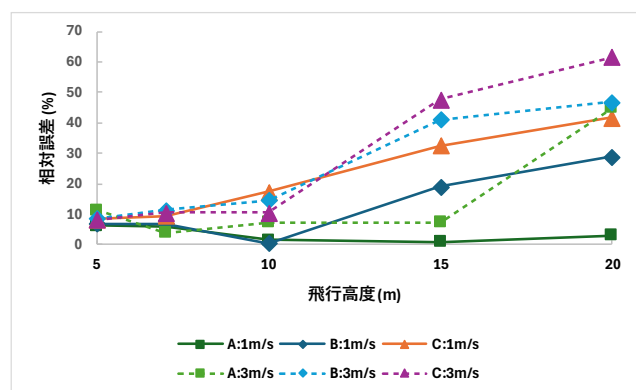


図-5 飛行高度と相対誤差の関係

表-2 ごみ A における高度・速度ごとの点群数

高度(m)	点群数	
	1m/s	3m/s
5	3782	1321
7	2688	973
10	1894	665
15	1239	435
20	932	337

傾向として低高度・低速度で相対誤差が小さくなっている。これは、高度が上がる・速度が大きくなる両方で対象物に照射される点群数が減少することが主な理由であると考えられる。参考にごみ A に照射された点群数を表-2 にまとめた。表-2 からは点群数と飛行高度、点群数と飛行速度にそれぞれ反比例の関係があることが分かる。

体積計算の際、点群をラスタライ化する。点群数とグリッドサイズが適切でないとラスタライに穴が開いてしまい差分をとる際に計算されないグリッドが発生する。飛行高度 20 m, 飛行速度 3 m/s の点群を 0.04 m のグリッドで再計算したところ、相対誤差は約 61 % から約 30 % まで減少した。点群の密度によってグリッドサイズは再度検討する必要がある可能性がある。

ごみ B の高度 10 m, 速度 1 m/s で相対誤差が最も低くなっているのは、点群を切り取る際の人的要因であると考えられる。今回は異なる高度の点群を位置合わせした際、同じ領域で切り取ったため点群同士の軽微な位置ずれがこの結果を招いたと考える。

飛行高度が 5, 7 m の場合は相対誤差が約 6.0 ~ 11.5 % となり、先行研究と比較しても実用的な精度であると考えられる。

5. 今後の展望

日本海側に強風の影響で海岸へ多くのごみが漂着する 1, 2 月に海岸の撮影を行う。

点群データ取得後は cloudcompare などのアプリケーションを用いて、反射特性の差異や形状の把握を試みる。それに加え、RGB 画像から AI による漂着ごみを検出するモデルを作成する。

6. 参考文献

- 1) 加古真一郎「ドローンと AI を用いた海岸漂着プラスチックごみ定量化手法の構築」

<https://www.env.go.jp/content/900539212.pdf>