

# 建造物解体における小割作業自動化のための 深度分布を用いたガラ認識

○伊藤駿（岐阜大） 池田貴公（岐阜大） 山田宏尚（岐阜大）

## 1. 緒言

近年、建設業では超高齢社会による人材不足が深刻な問題となっており、単純作業の自動化が求められている。本研究では、建築物の解体現場におけるガラ（コンクリートの破片）の破碎作業に着目する。建築物解体後に発生するガラの小割作業（二次破碎作業）は単純作業であるが作業量が多く、工事期間の長期化の要因となっている。そこで、本研究では二次破碎作業における建設機械操作者の負担軽減や作業効率の向上を目的として、屋外における複数の不定形物体であるガラの認識手法の研究開発する。先行研究<sup>[1]</sup>では複数の不定形物体が積みあがった場合にガラを正確に認識出来ないという課題があった。本研究では深度センサの深度分布に着目し、複数の不定形物体が積みあがったガラ認識の手法を研究開発した。

## 2. 実験環境

本実験の屋内実験環境を図 1 に示す。深度センサを作業場上方に設置し、取得した深度データを用いてガラを認識した。また、解体現場のガラの配置を再現するために、直径約 8 cm の軽石をセメントで 3 個つなげた「隣接用ガラ」と 5 個つなげた「破碎対象用ガラ」を作成した。実験では、軽石を積み上げ、その頂上に隣接用ガラと破碎対象用ガラを配置した。

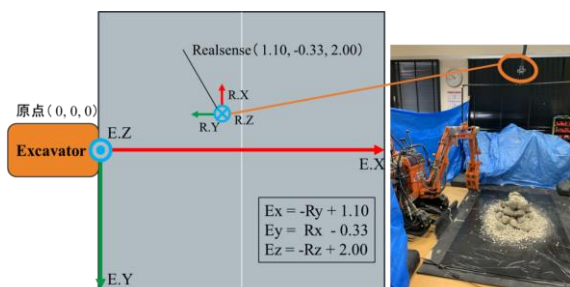


図 1 実験環境

## 3. ガラ認識手法

深度データの取得には RGB-D センサの一種である RealSense を使用した。提案するガラ認識手法ではガラ山の深度データを一定間隔の層に区切り、最低面層を徐々に上げながら最高点から破碎対象としてラベリングし、対象領域の点群数が閾値以下になった場合に処理を終了する（図 2）。図 3 に認識対象となるガラ山を示す。また一つ目の破碎対象は赤色、二つ目の破碎対象は青色、非破碎対象は緑色でラベ

リングした。認識対象は、二次破碎作業で多く見られる図 3 のような丸みを帯びている形状とした。

次に終了判定のための閾値について述べる。ガラ山の高さの変化や破碎対象の大きさにより点群数は変化する。そこで、realsense と破碎対象の距離に応じた点群の関係について調査した。面積のわかっていいるスポンジを徐々に realsense に近づけていき、距離に応じた点群の密度  $\rho$  [cm<sup>2</sup>]を得た。また、破碎対象用ガラを半径  $r$  [cm]の円形物体として認識することで、閾値  $p$  を

$$p = \pi \rho r^2 \quad (1)$$

と決定した。

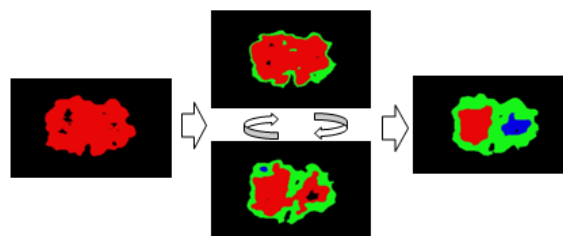


図 2 提案手法のラベリング過程



図 3 ガラの山積モデル

## 4. 実験方法

ガラ認識手法では、ガラ山を深度に応じた一定間隔の層に区切る。そこで、区切る層の最適な幅を検討した。幅は 1 cm から 10 cm まで 1 cm 間隔で検証した。また、提案手法ではガラ山を一定の幅で区切るため、ガラ山の高さによって実験結果が変化すると考えられる。そこで、ガラ山の高さに変化を付けた積載方法を 3 つ用意した。それぞれ、軽石の積む段数を 1 段（積載 1）、2 段（積載 2）、3 段（積載 3）としその上に破碎対象用ガラを設置した。図 4 に左から順に積載 1、積載 2、積載 3 を示す。さらに先行研究で破碎対象用ガラの設置方法により認識率に差異が生じることを確認したため、破碎対象用ガラの設置方法も複数検討した。図 5 に本研究で使

配置3「隣接用ガラと隣り合わせる」の配置方法を示す。

以上より、積載1から積載3のガラ山の高さに対し配置1から配置3の破碎対象用ガラを配置し、計9通りを認識対象の設置方法とした。

認識精度は、破碎位置と破碎位置のばらつきの2点から評価した。破碎位置を用いた評価では、RGB画像中に認識結果である破碎位置を赤丸で描写し、赤丸が全て破碎対象用ガラの上に表示されていた場合を認識成功とし、それ以外を認識失敗とした。なお、破碎位置は赤色のラベリング部の面積重心とした。破碎位置のばらつきの度合いにおいては、30秒間プログラムを実行した際に求められた破碎位置から分散を算出した。



図4 ガラモデルの積載方法



図5 ガラモデルの配置方法

## 5. 実験結果

分割幅ごとに9通りの認識対象に対する認識成功率と分散を平均した結果を表1に示す。

破碎対象用ガラは5つの軽石をセメントで接着しているため、表面には多くの凹凸が存在している。したがって、分割幅が大きいと、図7(a)のように破

碎対象用ガラは5つの軽石をセメントで接着しているため、表面には多くの凹凸が存在している。したがって、分割幅が大きいと、図7(a)のように破

碎対象用ガラは5つの軽石をセメントで接着しているため、表面には多くの凹凸が存在している。したがって、分割幅が大きいと、図7(a)のように破

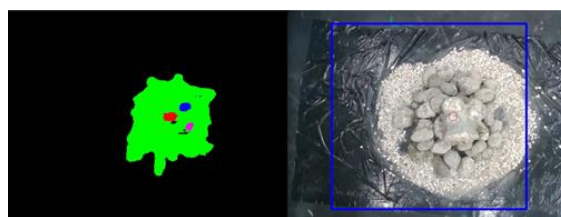
表1 実験結果

Height	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm	7cm	8cm	9cm	10cm
Success rate of proposed method [%]	100	100	100	100	100	100	88.7	78.6	99.7	94.3
Variance [cm <sup>2</sup> ]	0.6	0.7	1.5	6.9	29.7	30.5	37.1	44.1	45.8	25.9



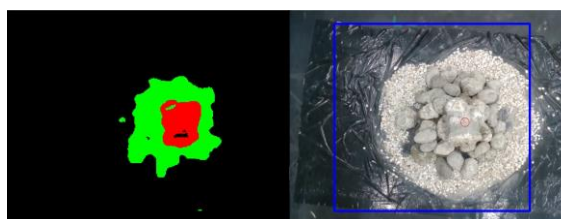
(a)ラベリング画像 (b)RGB画像

図6 認識失敗例1



(a)ラベリング画像 (b)RGB画像

図7 認識失敗例2



(a)ラベリング画像 (b)RGB画像

図8 認識成功例

## 6. 結言

本研究では、深度イメージの深度分布を利用した認識手法の開発を行い、積み上げた軽石の上にある破碎対象用ガラを認識を行うことが出来た。

今後は、センサを建設機械に搭載して斜め方向から認識する手法の開発を行う必要があると考える。

## 参考文献

- [1] 井上由也：ガラの形状・位置認識を用いた建設ロボットの小割作業自動制御に関する研究，日本機械学会東海支部第69期総会・講演会講演論文集, No.203-1, 2020