

ごみ処理場のごみピットにおける 3 次元点群データを用いたごみ袋認識方式の検討 Recognition of Garbage Bags in Waste Pits using Three-Dimensional Laser Scanner Data

平田 駿稀¹ マッキン ケネスジェームス¹ 永井 保夫¹ 藤吉 誠²
Toshiki Hirata Kenneth J Mackin Yasuo Nagai Makoto Fujiyoshi

1. はじめに

ごみ焼却発電は、ごみ焼却による熱を利用して蒸気を発生させ、タービンを回転させることで発電を行っている。また、ごみの燃焼はごみの種類や水分、可燃分などのごみ質による影響を受ける。燃焼炉に投入するごみのごみ質が変動すると安定した発電の難易度や、有害ガスが増加する要因となる。また、燃えにくいごみが燃焼炉に入るとごみの供給速度の抑制や、酸素を送り込むなどの作業が必要であり、燃焼の制御が難しくなる。そのため、ごみ焼却ではごみ質の変動による影響を最小限に抑え、長時間安定した燃焼を行う技術が必要とされている。

ごみを蓄えておくピット内(図 1)で行う重要なクレーン作業の一つである攪拌作業は、何度もクレーンでごみをつかんで落とすことで行われる。この作業によってごみ袋を破き、ごみの種類を均一化させ、燃焼炉に投入されるごみ質の変動を抑える。

現在、夜間のクレーン作業において使われている一般的なクレーンの自動運転は、作業ごとに存在する作業モードを手動や時間によって切り替えている。また、夜間と昼間におけるクレーンの自動運転を目的とした研究[平田 18][平田 19]では、ごみをつかんで落とす回数を攪拌回数として管理し、クレーンの運転員の知識や経験をもとに 3 回攪拌されたごみは十分攪拌されたと仮定している。しかし、この攪拌回数による攪拌情報管理方法では、攪拌作業によって実際にごみ袋が破れたかを判別することができないという問題がある。

最新のピットでは、ピット内に 3D レーザースキャナが導入されており、ピット表面の 3 次元点群データを取得することができる(図 2)。本研究ではピット内の 3 次元点群データを活用したごみ袋認識方式の検討を行う。それにより、攪拌作業での不要な攪拌や攪拌不足を防ぎ、クレーンの自動運転での効率的なクレーン作業と安定した燃焼が期待できる。



図 1 : ピット内画像

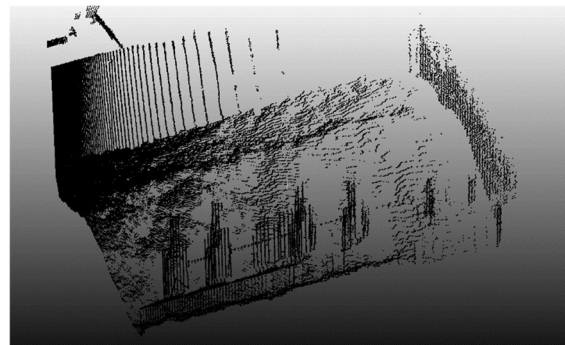


図 2 : 3 次元点群データ

2. ごみ袋認識方式

本研究で提案するごみ袋認識方式では、3 次元点群データからニューラルネットワークでごみ袋の認識を行い、座標ごとにごみ袋が存在する確率を求める。これにより自動運転の際にシステムがピット内のごみ袋の位置を認識できるようになり、従来の攪拌回数による攪拌情報管理方法を用いたクレーンの自動運転に比べて攪拌作業の質と効率を向上させることができると考える。以下にニューラルネットワークで使用するための 3 次元点群データの加工方法とニューラルネットワークの設計について説明する。

2.1 3 次元点群データの加工方法

3 次元点群データをニューラルネットワークで活用するための加工方法について説明する。3 次元点群データは各点が(x,y,z)=(横,縦,高さ)となっている。本研究では、ピット全体の 3 次元点群データから目視でごみ袋の確認が可能な部分を切り抜いて使用データの作成を行った(図 3)。

切り抜いた 3 次元点群データの x 軸と y 軸を 10×14 のマス目状に区切り、1 マスを 1 座標とした。1 座標内にある点群の高さデータの平均をその座標の高さとし、標高データを作成した(図 4)。この標高データの半分をトレーニングデータとし、残りをテストデータとする。

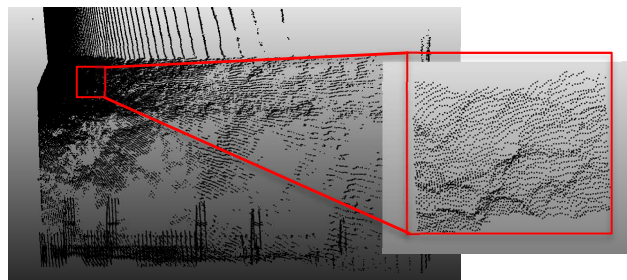


図 3 : 入力点群データ

1 東京情報大学 Tokyo University of Information Sciences
2 日立造船株式会社 Hitachi Zosen Corporation

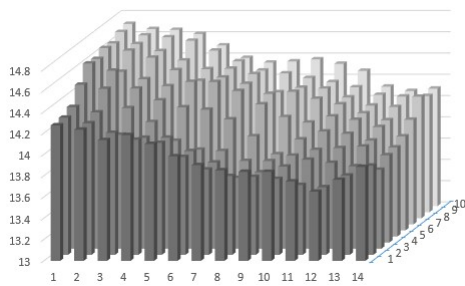


図 4 : 標高データ

2.2 ニューラルネットワークによる認識

本研究で使用するニューラルネットワークの設計について説明する。使用するニューラルネットワークは入力層、中間層、出力層のそれぞれが 1 層の全 3 層からなる誤差逆伝播法を用いた多層パーセプトロンである。標高データの $x \times y = 3 \times 3$ の高さデータを入力とした 9 個のノードを入力層とする(図 5)(図 6)。出力層では、ごみ袋の存在確率を 0.0 ~ 1.0 で出力する。

また、3 次元点群データから目視によりごみ袋の頂点を判断し、教師データとなる標高データの x, y 座標に対応したごみ袋データを作成した(図 7)。図 7 の赤点が目視でごみ袋の頂点と判断した点である。入力とした 3×3 の標高データの位置にごみ袋の頂点がある場合、その位置に応じて入力データのラベル付けを行う。中心に頂点があればラベルを 1.0 とし、頂点がなければ 0.0 とする。

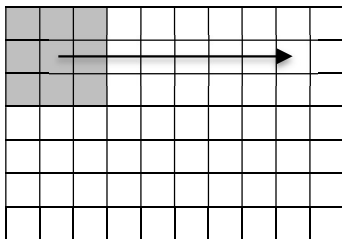


図 5 : 入力層ノードの作成

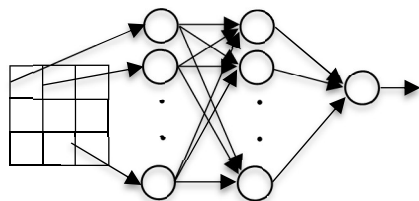


図 6 : ニューラルネットワークの構造

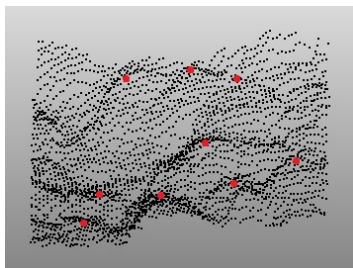


図 7 : ごみ袋の頂点

3 実験と結果

実験として標高データのトレーニングデータで学習を行い、テストデータでの出力と教師データとの平均絶対誤差

によってごみ袋の認識精度を評価した。以下に実験パラメータを示す。

学習回数 10,000 回
 入力層ノード数 9
 中間層ノード数 9
 出力層ノード数 1
 初期重み w -1.0~1.0(ランダム値)
 閾値 t 0.0~1.0(ランダム値)
 トレーニングデータ 40 件*
 テストデータ 40 件*
 *標高データ $x \times y = 3 \times 3$ を 1 件とする

シード値を変更して 10 回実験を行った。10 回の実験のテストデータにおける平均絶対誤差は 0.360161 であり、未学習時に比べてよい値となった。また、トレーニングデータに対する学習曲線は図 8 のようになった。図 8 はある 1 回の実験における学習曲線である。縦軸が教師データとの平均絶対誤差、横軸が学習回数であり、データ 200 件の平均絶対誤差ごとのプロットである。

結果より 3 次元点群データから多層パーセプトロンによってごみ袋の認識が可能であると考えられる。

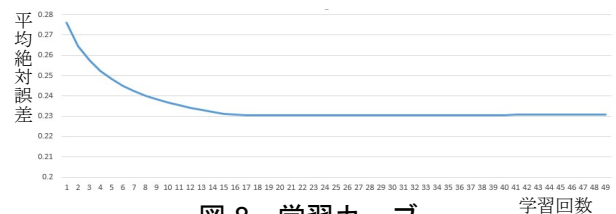


図 8 : 学習カーブ

4 まとめ

攪拌作業によってピット内のごみ袋を破くことは、ごみ質による影響を抑え、長時間安定した燃焼を行うために重要な作業の一つである。そのため、クレーンの自動運転においてシステムがピット内の攪拌状況を詳しく知ることは、効率的なクレーン行動と安定した燃焼に大きく貢献すると考える。

そのため本研究では、3D レーザースキャナによって得られた 3 次元点群データを標高データに加工し、誤差逆伝播法を用いた多層パーセプトロンでごみ袋を認識する方法を提案した。

また、実験により 3 次元点群データからピット内のごみ袋の認識が可能であることを示した。本報告は、3 次元点群データからごみ袋を認識するための研究初期段階であり、今後は学習アルゴリズムの改善を行う。

参考文献

- [平田 18]平田駿稀,マッキンケネスジェームス,永井保夫,藤吉誠,“適応度計算にファジィ演算を用いた改良遺伝的アルゴリズムによるごみ処理場ピットクレーンの自動化”, 第 34 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, TH2-4, p.574/p.577 (2018).
- [平田 19]平田駿稀,マッキンケネスジェームス,永井保夫,藤吉誠,“ごみ処理場ピットクレーンにおける階層型多目的ファジィ意思決定方式の提案”, 情報処理学会第 81 回全国大会講演論文集, 6D-04, 2-79/2-80 (2019).
- [藤原 09]藤原健史,吉川佳織,劉大偉,辻本進一,松田吉司,“ごみ焼却ピット投入ごみの画像処理に関する研究”, EICA 第 14 巻第 2・3 合併号, p110/p.114
- [タクマ環境技術研究会 11]タクマ環境技術研究会,“ごみ焼却技術絵とき基本用語”,オーム社 (2011)