

小規模施設における AI ごみクレーン全自動システムの開発および稼働状況

株式会社 川崎技研

営業本部 営業部
〒 815-0035 福岡市南区向野 1 丁目 22 番 11 号
TEL 092-551-2121
FAX 092-561-5100

1. はじめに

近年、労働を担う若者が減少傾向にあり、運転人員の確保に苦勞する状況である。特に地方の廃棄物処理施設では熟練運転員の高齢化も進み、運転技術の継承が深刻な問題である。これまで、小規模施設（100t/日以下を想定）ではごみピットが比較的小さくごみクレーンの細かい動作が必要であり、また、ごみの攪拌状況により燃焼に与える影響が大きいことからごみクレーン全自動の実運用が難しかった。当社は、小規模施設において実運用が可能な AI ごみクレーン全自動システムの開発を進めてきた。本稿で当社が運営する施設での稼働状況について報告する。

2. AI ごみクレーン全自動システム

2.1 概要

開発した AI ごみクレーン全自動システムは、当社独自開発のごみクレーン自動制御システムに AI による画像認識機能を組み込んだ。AI 画像認識により、ごみピット内のごみ種別、攪拌状態などをリアルタイムで識別すると共に焼却量および焼却状況や搬入車両情報など様々なデータを元に自動で投入、攪拌、積替えのモード選択を行う（図 1）。AI 画像認識は、ごみピット画像を元に攪拌状態、ごみ種別などの状態を学習させ、識別精度の向上を行った。攪拌状態の認識は、クレーンバケットの 4 分の 1 サイズを 1 ブロックとして、ごみピットを細分化し、

攪拌状態を数値化した。数値は 0 ～ 100% 表示とし、数値が大きくなるとよく攪拌されていることを示す（図 2）。この数値化により、十分に攪拌されたごみと攪拌が不足しているごみを判別し、十分に攪拌されたごみを常時焼却炉に投入することで安定した焼却を維持する。

ごみ種別の認識は、可燃ごみ、特殊ごみ（せん断ごみ、汚泥、剪定枝、布団、段ボール）をそれぞれ識別する。可燃ごみに対する特殊ごみの混入率を数値化して管理することを可能とし、燃焼状況に大きな影響を与える特殊ごみの混入率を管理コントロールすることで、投入ごみの均質化を図った。



図 1 AI ごみクレーン全自動システムの概要

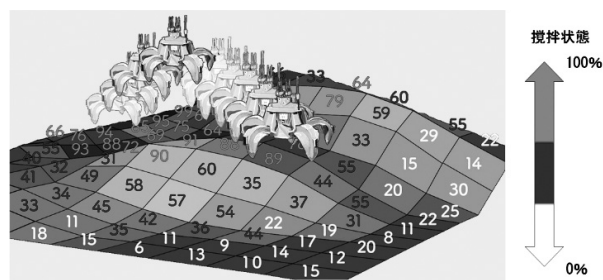


図 2 ごみピット管理画面 3D イメージ

2.2 システム構成

AI ごみクレーン全自動システムは、ごみピット内に設置したカメラ、LiDAR (Light Detection And Ranging)、AIユニット、ごみクレーンコントロールユニットで構成される(図3)。

オペレータコンソール画面では、ごみクレーン稼働状況、ごみピット内の攪拌状態およびごみ積み上げ高さなどがリアルタイムで表示され、ごみの攪拌状態は、段階的な色表示を行い、運転員に視覚認識されやすいよう配慮している。

2.3 主要開発要素

AI ごみクレーン全自動システムの開発は、前述した小規模施設での運用の他に、熟練運転員によるごみクレーン動作およびごみ質把握の再現、リアルタイム判断での運用管理を開発目標とした。

1) 熟練運転員の運転技術継承

熟練運転員は視覚情報の他にクレーンバケットでのつかみ重量、容量等、様々な要素からごみの状態を判別している。AI ごみクレーン全自動システムにおいても画像認識情報に加え、計量データ等から総合的にごみ質を把握し、必要な時に最適なごみの投入が可能である。また、熟練運転員によるごみクレーン操作は、走行・横行・巻き上げ下げを同時に行うことにより最短距離で目標位置までごみクレーンを移動させるが、同じようにごみピット内を3D認識させ、ごみの高低差を考慮した最短コースでの移動を行うことが可能である。

2) ごみ高さ精度向上（複数機器により死角を削減）

ごみピット内に死角を作らないようにするために3台のカメラを設置した。このうち2台はステレオカメラとしても使用しており、ごみピット内のごみ高さはステレオカメラと2台のLiDARを併用して測定している。これにより、ごみを積み上げた場合でも、ごみの影になることなくピット内全範囲の測定を可能とした。た

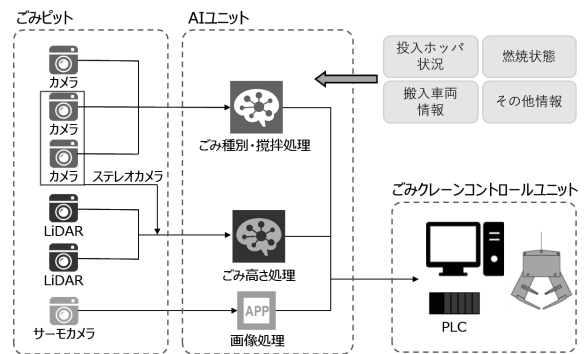


図3 システム構成図

だ、機器の故障等によりカメラやLiDARを交換すると画角がずれてしまう。複数台の機器で測定しているため画角のずれにより正確な数値を測定不可となってしまう。これを防止するために自動的にごみクレーンを動作させて、ごみクレーンバケットの位置を基準にして位置補正するキャリブレーション機能を有している。

3) 安全機能

ごみピット内に人が落ちた場合は、人物落下を検知しアラートを発報する。ごみピット内で火災発生した場合は、サーモカメラで発火位置を即座に特定し、消火設備と連携して自動でごみピット内の消火活動を行う。また、クレーンバケットがごみ中にあるロープ等に引っ掛かった場合も自動的にこれを検知して自動運転を停止させる機能を備えている。

3. 稼働状況について

現在、当社のAI ごみクレーン全自動システムは熊本県山鹿市 山鹿市環境衛生センター（処理23t/16h×2基）、青森県むつ市 下北地域広域行政事務組合（処理43t/24h×2基）で稼働している。

3.1 間欠運転式ごみ処理施設での稼働率

小規模の間欠運転式ごみ焼却施設において、通常運転時のAI ごみクレーン全自動システムの稼働率を88%以上で運用することに成功した。稼働率が低下した要因としては、特殊ごみ搬入対応、ごみ搬入車両集中による受入れ対応

である（図4）。

3.2 ごみ高さ精度

ステレオカメラ、LiDARで測定したごみ高さと、ごみに着床した時のごみクレーンエンコーダの数値を比較すると、平均誤差は約18cmであった。これはピット高さ27mに対して0.66%の誤差であり、精度の高い結果となった（図5）。これにより、受入ごみエリアのごみ高さが正確に検知できるため素早い積替えや、ごみクレーンがごみに接触しない最小の高さで動作可能になるため、最短距離での動きが実現できた。

3.3 攪拌率

夜間のごみクレーン作業はごみ投入と攪拌作業がメインとなり、同じ作業を繰り返すことは人間にとっては苦痛な作業であるが、機械であれば淡々とこなすことが可能である。特に攪拌は攪拌値が低い箇所を自動的に検出して行うため、効率的にごみピット全体を攪拌することができる。表1に各状況での攪拌値の平均値を示す。攪拌値が高いほどよく攪拌されており燃焼が安定するが、手動による攪拌作業に比べてAIごみクレーン全自動システムが高い数値を示しており、より安定した燃焼を維持できるごみまで攪拌できていることを確認できた。

3.4 ヒアリング調査結果

AIごみクレーン全自動システム導入後にヒアリング調査を行った。「クレーン手動操作がなくなり楽になった」、「クレーン操作卓から離れて別の作業ができる」等の作業効率が向上した内容も多くあったが、表2のような機械制御だからないうる高精度で無駄の少ない安全な運転が実現できた。

4. おわりに

小規模施設におけるAIごみクレーン全自動システムの開発を行い、熊本県山鹿市、青森県むつ市の下北地域広域行政事務組合の施設において実際に稼働状況を確認し、実運用が可能で

あることを確認した。当社のAIごみクレーン全自動システムが、廃棄物処理施設の適正かつ合理的な運営の一助となることを期待し、さらなる開発・改良を進めていく。

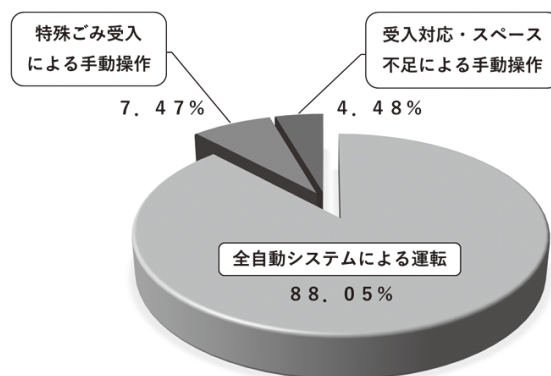


図4 全自動システム稼働率

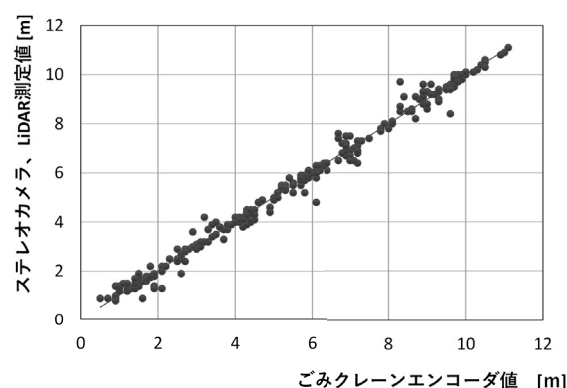


図5 ごみ高さ精度

表1 平均攪拌値

	平均攪拌値
受入ごみ	51.5%
手動のみ	68.2%
AIごみクレーン全自動システム	84.8%

表2 ヒアリング調査結果

ピット壁への衝突がない
必要以上にバケット閉動作をしないためモータへの負担が軽減
ごみの高低差を考慮しているためバケットが傾くことがない
ごみに着床時に直前で減速するためバケットの爪にごみがつきにくい