

廃棄物処理システムにおけるリモート化ならびに ロボット技術適用に向けた取組み

Kawasaki 川崎重工業株式会社

エネルギー・環境プラントカンパニー
プラントディビジョン 環境プラント総括部
環境プラント部

〒105-8315 東京都港区海岸 1-14-5

TEL 03-3435-6655

FAX 03-3435-6601

1. はじめに

廃棄物処理施設は、安全・安心にごみを処理する重要社会インフラの一つであり、今日においては脱炭素社会や循環型社会の構築に貢献していくことが期待されている。

今後、少子高齢化による労働人口の減少に伴い労働力の確保が難しくなってくることが予想される中、ごみ焼却施設の自動運転やリモート運転技術の開発が進められている。また、コロナ禍の影響もあり、こうした技術に対するニーズは今後高まってくると考えられる。

当社は、2030年に向けてロボティクスを含むリモート化の推進を掲げている。入異物処理分野において、省力化や危険作業対策として、産業廃棄物を対象とした処理施設でロボット技術の適用事例があるものの、一般廃棄物を対象とした施設におけるロボット技術の適用事例はないと思われる。

本稿では、ごみ焼却施設における遠隔監視・支援の取組みや、燃焼管理の自動化を見据えたAIによるレコメンドシステムについて紹介するとともに、資源化施設における手選別工程にロボット技術を活用したシステムについて紹介する。

2. ごみ焼却施設におけるリモート化

(1) 運転支援システム（レコメンドシステム）

本システムは、AIがレコメンドする操作情

報を運転員にアナウンスすることで、燃焼管理に係る運転員の負担軽減を図るとともに、経験の浅い運転員の仮想ベテラン運転員化に貢献するものである。

焼却炉の運転は燃焼制御システム（ACC：Auto Combustion Control system）によって自動制御が行われているが、ごみ質の急変などが原因で燃焼状態が大きく変化する際などは、運転員が手動にて操作（以下、手動介入）を行うことがある。レコメンドシステムは、AIにベテラン運転員が手動介入した際の操作情報と、その時のプロセスデータ・燃焼画像データとを学習させ、手動介入した時と同様な状態に近づくと必要な操作情報を運転員にレコメンドとして発信する。当社神戸工場のサポートセンターにある遠隔監視・支援システム（以下、KEEPER）に本システムを設置し、当社が運営管理している施設からサポートセンターに送られている画像データならびに各種プロセスデータに基づき、レコメンド情報を施設へと発信するシステム構成となっている。

(2) 遠隔支援・操作

サポートセンターでは、DCSのグラフィック画面やトレンドデータのほか、イベント履歴、ITV映像など現場と同じデータを閲覧できるようになっており、ベテラン運転員がそうした情報に基づき運転状況の確認等を行っている。

またKEEPERには遠隔からの操作、パラメータの変更などの機能も設けており、経年的な変化などにより制御調整をする際や、人員不足による運転支援が必要となった場合に、サポートセンターのスタッフにより迅速に対応することが可能である。これまでのところ、遠隔支援を行っている施設からの要請を受けて実施した事例はないものの、施設側と連絡を取りつつサポートセンターからの運転操作を試験的に行い、問題のないことを確認している。

(3) 燃焼管理の自動化

上述のように遠隔からの操作に加えて、従来手動介入していた時においても自動運転（運転員はDCS監視のみを行う）が可能となるようレコメンドシステムとACCを統合したシステムの開発を行っている。ただし、事業化に際しては自動運転のレベル定義や事故等が生じた際の責任をルール化されるなど事業環境の状況も踏まえて判断することになると考えている。

3. 資源化施設におけるロボット技術の適用

家庭等で廃棄された資源ごみの選別を行う資源化施設における選別工程では、手選別作業が広く採用されている。手選別作業はコンベヤ上で行われることが多く、作業員は搬入されてきた廃棄物の中から選別対象物を見つけ回収して

いる。こうした作業は繁忙であることに加えて、回収物に重量物が含まれる場合もあり、作業員への負荷が小さくない。

当社は、こうした状況を踏まえ手選別作業に係る作業員の負荷を軽減することを目的に、びんの色選別を対象としてロボット技術を用いた作業支援システムの開発を行っている。

3.1 人共存型システム

(1) システムの特徴

2019年4月から開発に取り組んでいる。要素試験にて基本構造を決定し、その後当社神戸工場内に設置した試験装置にて把持部ならびに識別部の性能を確認するとともに、システムの安全性を検証してきた。

本システムはロボット、対象物の把持部、搬送物から対象とするびんの色を識別する認識部から構成される。図1のようにロボットをコンベヤ横に配置し、コンベヤ流れ上流側に設置した認識部からの信号に基づき対象物を自動で把持する。把持されたびんはロボットの脇にある回収シュートに運ばれ回収される。

適用するロボットは、当社が保有する平面的な作業を得意とする双腕スカラロボット（duAro2）で、衝突探知機能を備え、また柔らかな表面材料等を採用することで人との共存、協働作業が可能である。コンパクトなサイズで

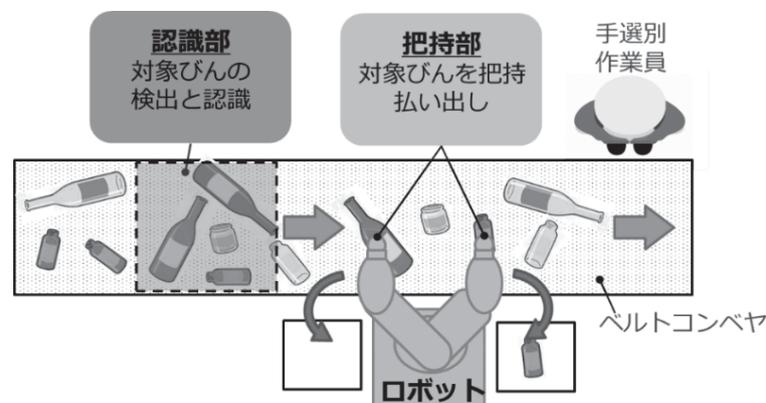


図1 システム全体イメージ

表 1 duAro2 の主な仕様

形式	人共存型双腕 スカラロボット
軸数	片腕 4 軸
最大可搬質量	片腕 3 kg (両腕 6 kg)
本体質量	210kg

あり、設置が容易なことから汎用性が高く、これまでに豊富な実績を有している。主な仕様を表 1 に、神戸工場内での試験状況を図 2 に示す。

把持部は真空吸着式を採用している。複数の爪の開閉で対象物を挟むグripper式と比較すると、安全かつ確実性が高く、びんの向きや形状、大きさに関係なく把持することが可能で、対象物が密集する状況にあっても目標物だけをピンポイントで把持しやすく、確実性が高い。

認識部は画像データに基づき、当社が開発した AI が色や形状の違いなどから対象物を自動で識別する。図 3 は試験時における識別状況の例である。

(2) 実証試験

2020 年度からは実際にベルトコンベヤにてびんの手選別を行っている施設に duAro2 を設置し、実証試験を行ってきた。

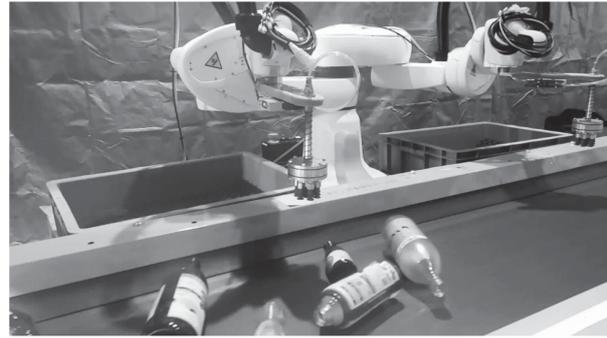


図 2 試験状況(社内検証試験)

本システムの有効性を確認するため、試験は通常の運転状態において、ロボットが選別したびんの重量と、作業員が選別したびんの重量をそれぞれ計測し、作業員が選別した重量に対するロボットの処理割合を算出した。1 回当たりの試験時間は約 1 時間である。

その結果、実証試験における AI 認識精度（搬送されてきた対象色のびんのうち、AI が識別した割合）は 90% 以上であり、本システム（ロボット 1 台当たり）による処理能力は、開発目標である作業員一人当たりの処理能力の 50% 程度を実現した。

今後は実証試験で得られた知見を基に、最適システムの構築を図り、まずは既設を対象に本システムの提案を開始する。その後、新設向けにも展開していく計画としている。



図 3 AI による識別状況例
(○：びんと識別、×：割れびんと識別)

3.2 高速選別システム

人共存型ロボットによる支援システムと並行して、ロボットのみにより作業を代替するための高速選別システムについても開発を行っている。適用するロボットは、当社標準製品で duAro2 の 2 倍以上の速度で動作することが可能なため、作業員一人分と同等の処理能力を有することになる。ただし、人共存型のロボットではないため作業員と同じ空間で作業することはできない。そのため、作業員は遠隔操作機能により作業環境の良い離れた箇所から作業することを想定している。

4. おわりに

今回、ごみ焼却施設ならびに資源化施設におけるリモート化ならびにロボット技術適用に向けた取組みについて紹介した。

こうした技術は、例えば新型コロナウイルスなどの感染症により 3 密（密閉空間、密集場所、密接場面）を回避した働き方が必要な状況においても、業務に従事することを可能とするツールの一つとなり得る。

廃棄物処理システムも安心・安全なごみ処理を大前提として、その時々ニーズに適合するような形を提供していくことが、プラントメーカーとして重要な役割であると考えている。

発展していく ICT や AI 技術を用いて、運用を通して得られる廃棄物処理に係わる膨大なデータをより有効に活用し、これからの社会環境に適したごみ処理の実現を目指すとともに、LCC を抑えたエネルギー回収の高効率化技術により脱炭素社会の構築に貢献していく。