

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

A Multi-objective Fuzzy Hierarchical Decision-Making System for Waste Pit Crane Control

○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 Hirata¹, Kenneth J Mackin¹, Yasuo Nagai¹, Makoto Fujiyoshi²

¹東京情報大学 ²Hitz 日立造船株式会社

¹Tokyo University of Information Sciences ²Hitachi Zosen Corporation

1. はじめに

ごみ焼却においてごみの燃焼は、ごみ質の影響を受けるため、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。そのため、ピット内のクレーン作業として、燃焼炉への投入作業、ピット内のごみの積替作業、整地作業に加えて、ごみ質を均一にするための攪拌作業がある (Fig. 1)。

主に夜間で使用されるピットクレーンの自動運転では、クレーン作業ごとに作業モードが存在する。各作業モードを手動や時間によって切り替えて作業を行うため、各作業が独立している。さらに、ピット内のごみの攪拌状況も分からない。一方、作業員によるクレーン操作は自動運転に比べて、細かい操作ができ、速度や精度が高い。

本研究の目的は、各作業を作業モードの切り替えなしに行い、ごみの攪拌状況をシステムで管理するクレーンの自動運転を実現させることである。それにより、従来の自動運転で解決できなかった問題を解決し、平坦でかつ攪拌された理想的なピット状態を作ることを目指す。本論文では、このためのクレーンの行動を決定する階層型多目的ファジィ意思決定方式を提案する。



Fig. 1: ピット内画像

2. 3次元ピットシミュレータの設計

3次元ピットシミュレータとは、本研究で試作したピット内を表現するシミュレータである。このシミュレータでは、クレーンが一度につかむごみを1ごみブロックとして捉える。そのごみブロックを3次元配列に配置し、ピット内を表現した。3次元ピットシミュレータにおいてx軸とy軸はピットを真

上から見た際の縦と横を表し、z軸はピットの高さを表している (Fig. 2)。

ごみの攪拌状況の管理方法として、ピットサイズの3次元配列を用意し、各ごみブロックに対応した座標に攪拌回数を格納した。シミュレータではクレーンでごみブロックをつかみ、落としたときにそのごみブロックに対して攪拌回数を1回ずつ加算する。

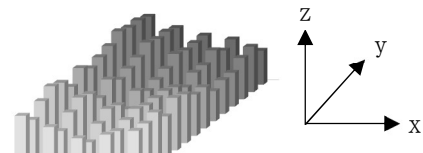


Fig. 2: ピットイメージ

3. クレーンの多目的問題

本研究では、複数の目的を満たすクレーン行動の意思決定を多目的問題として定式化する。これらは、目的によっては相反関係にある。例えば、プラットホーム付近のごみは搬入されたばかりのため、攪拌が行われていない。そのため、積替作業を行うと投入ごみとして適した攪拌されたごみが下に埋もれてしまう。このような、相反関係を含んだ多目的問題を扱うため、ピットの状態から、複数のファジィルールによってクレーン行動の決定をする。

4. 階層型多目的ファジィ意思決定方式

本研究で提案する階層型多目的ファジィ意思決定方式では、3階層に分けて多目的問題を取り扱う。クレーンの作業は、投入作業、積替作業、そして整地作業と攪拌作業の順に優先して行われる。ピットの状態から作業の優先順に必要性を判断し、それに伴うクレーン行動を決定するため3階層で意思決定を行う。

第1階層では、クレーン作業を「投入作業」、「積替作業」、「その他」の3つに分け、優先作業を決定する。

第2階層は、優先作業が「その他」の場合に適用する。ピットの表面全体の状態から複数のファジィルールにより重視する行動とその度合いを決定する。

例えば、ピット全体が平坦な状態にあり、攪拌回数が少ない場合、ごみの攪拌行動を重視する。

第3階層では、ピット表面の各ごみブロックの状態から複数のファジィルールによりクレーンがつかむごみブロックと落とす座標を決定する。

これにより、平坦作業と攪拌作業において従来の作業モードの必要がなくなり、クレーンはごみが平坦かつ攪拌されるような行動をとることができる。

4.1 第1階層の設計

第1階層では、クレーンが行う各作業を「投入作業」、「積替作業」、「その他」の3つのグループに分ける。そして、ピットの状態から「投入作業」と「積替作業」の必要性を数値化した投入要求度 T (式1)と積替要求度 R (式2)を求める。投入要求度 T と積替要求度 R から複数のファジィルールによって優先作業を決定する。

$$T = \left(1 - \frac{\text{現在のホッパーレベル}}{\text{最大のホッパーレベル}}\right) \quad (\text{式1})$$

ホッパーレベル…ホッパー内のごみの量を表す値

$$R = \left(\frac{\text{積替エリアの最大の高さ}}{\text{ピットの高さ}}\right) \quad (\text{式2})$$

積替エリア…ピットのプラットホーム付近のエリア

4.2 第2階層の設計

第2階層は、優先作業が「その他」の場合に適用される。ピットの状態から、ピット全体での平坦さと攪拌度合いを数値化した全体平坦値 SA (式3)と全体攪拌値 MA (式4)を求める。全体平坦値 SA は0に近いほど、全体攪拌値 MA は大きいほど良い値である。そして、全体平坦値 SA と全体攪拌値 MA からファジィルールにより重視行動と補正値を求める(Fig.4)(Fig.5)。補正値は第3階層でクレーンの適用座標の決定に影響を与える。

$$SA = \sum \sum (|\text{座標}(x,y)\text{の高さ} - \text{隣接の高さ}|) \quad (\text{式3})$$

隣接…ノイマン近傍

$$MA = \sum (\text{ピット表面の座標}(x,y)\text{の攪拌回数}) \quad (\text{式4})$$

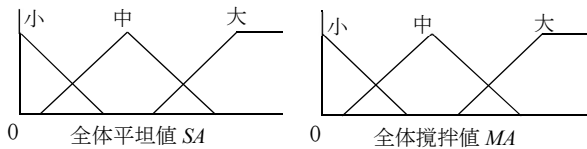


Fig 4: SAとMAのメンバシップ関数

	SA	MA	重視行動
ルール1	小	大	無
ルール2	小	小	攪拌
ルール3	大	大	平坦

Fig 5: 第2階層でのファジィルール例

4.3 第3階層の設計

第3階層では、第1階層で決定した優先作業におけるクレーン行動の適用座標を決定する(Fig.6)。

そのため、各ごみブロックに対して、平坦さと攪拌度合いを数値化した個別平坦値 SI (式5)と個別攪拌値 MI (式6)を算出する。個別平坦値 SI が正のときごみブロックは突出し、負のとき凹んでいるとする。

「投入作業」の場合、個別平坦値 SI と個別攪拌値 MI から複数のファジィルールによって投入ごみの適性を求める。投入ごみとして適しているごみは、高い位置にあり、攪拌回数が高いごみである。

「積替作業」の場合、積替エリアの最も高いごみをクレーンでつかむごみとし、落とす座標は、個別平坦値 SI と個別攪拌値 MI から適性を求めて決める。

「その他」の場合、個別平坦値 SI と個別攪拌値 MI からつかむごみと落とす座標の適性を求め、決定する(Fig.7)。このとき、個別平坦値 SI と個別攪拌値 MI に第2階層で求めた補正値をかけ、重視行動をとりやすくする。つかむごみとしては突出し、攪拌回数の少ないごみが、落とす座標としては凹んでいて攪拌回数の少ないごみの上が適している。

$$SI = \sum (\text{座標}(x,y)\text{の高さ} - \text{隣接の高さ}) \quad (\text{式5})$$

$$MI = \text{ピット表面の座標}(x,y)\text{の攪拌回数} \quad (\text{式6})$$

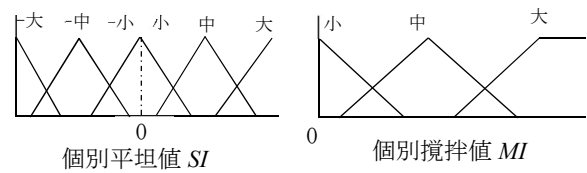


Fig 6: SIとMIのメンバシップ関数

	SI	MI	つかむ適性	落とす適性
ルール1	大	小	高	低
ルール2	-大	小	低	高

Fig 7: 適性ごみを決めるファジィルール例

5. まとめと今後の課題

本論文では、ごみ処理場におけるクレーンの自動化を目的とした階層型多目的ファジィ意思決定方式の提案をした。提案手法の設計を行い、作業モードを手動や時間によって切り替える必要のないクレーンの行動決定方法を示した。逐次ピット内の状態を把握しながら行動を決定するため、夜間だけでなくごみ搬入が多い昼間の作業にも適用できると考える。

今後、階層型多目的ファジィ意思決定方式を実装し、実験として試作した3次元ピットシミュレータでクレーンの意思決定を行う予定である。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 平田駿稀, マッキンケネス, 永井保夫: “ごみ処理場ピットクレーンへの多目的ファジィ意思決定方式の適用評価”, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2018 講演論文集, SS10-01, 2018