

# 人工知能によるシールドマシン操作に関する予備的検討

清水建設 正会員 ○杉山博一, 和田健介  
清水建設 正会員 中谷武彦, 大木智明

## 1. はじめに

建設分野では IoT・人工知能 (AI) などの革新的な技術の現場導入により, 生産性の向上, 省人化を図る取り組みが始まっている。その中でもシールド工事は ICT 技術を最も取り込みやすい工種の一つであると考えられる。従来, シールドマシンは熟練オペレータの判断によって操作が行われてきているが, 操作行動を人工知能によって再現できるようになれば, AI による操作支援 (ガイダンス), さらに自動運転も可能になる。そこで, 本研究ではシールド現場で採取されたデータを用いて, 操作行動の再現可能性について検討した。

## 2. 分析対象データの概要

### (1) データの概要

本研究では, 首都圏にある土圧式シールド工事で得られた施工時データを用いて検討した。シールド外径は約 10m である。データの概要を表-1 に示す。分析に用いたデータは, 路線途中の No.85 リングから最終 524 リングまでの 440 リング分のデータであり, 保存可能なデータを 1 秒間隔で保存したものである。収集データ項目には, 施工管理に必要な基本的データの他に, 従来, データとして保存されてこなかったオペレータの操作行動 (スクリーコンベヤー回転速度の設定値, ジャッキ推進速度の設定値, シールドジャッキ選択) も含まれている。

### (2) 本研究で着目する操作行動

図-1 左は本シールド機の操作画面であり, 図-1 右の拡大図に示すようにスクリーコンベヤーの回転速度やジャッキ推進速度はタッチパネル上で 1%刻みに調整して操作している。図-2 はリング毎のスクリーコンベヤー回転速度に関する操作 (以後, スクリュー手動速度設定と記す) の回数であり, 頻繁に操作していることが分かる。図-3 は操作 1 回あたりの変更量の頻度を示すものであり,  $\pm 1 \sim 3\%$  の微調整が多いことが分かる。本研究では手始めにこれらスクリー手動速度設定の操作行動を再現する AI モデルの作成を試みた。

表-1 分析用データの概要

|          |                       |
|----------|-----------------------|
| 期間       | 2014/12/01～2015/03/18 |
| リング数     | 440 リング (No.85～524)   |
| サンプリング速度 | 1Hz                   |
| データ行数    | 1,360,324 行           |
| データ項目数   | 426 列                 |



図-1 シールド機の操作画面

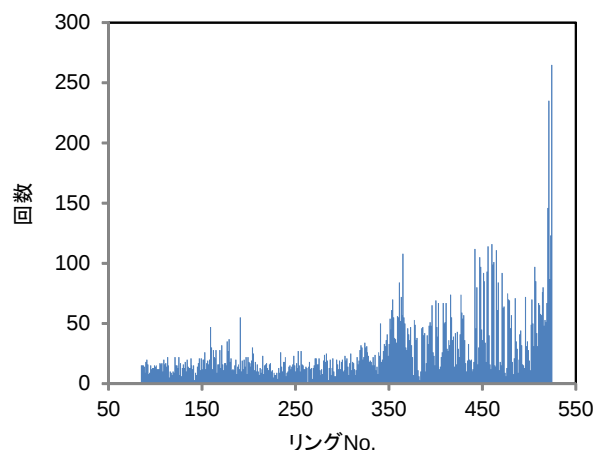


図-2 スクリュー手動速度設定の変更回数

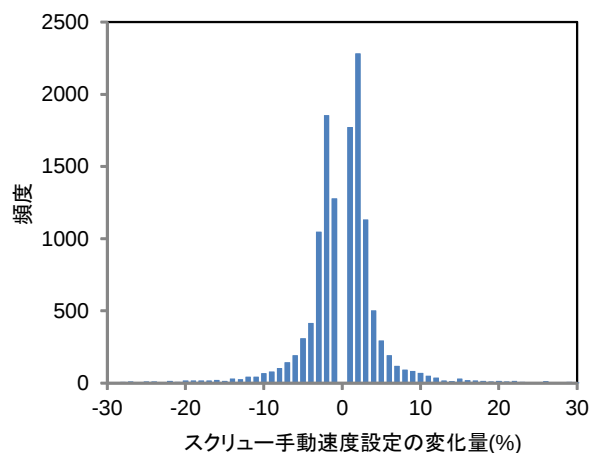


図-3 スクリュー手動速度変化量の頻度

キーワード シールドマシン, 人工知能, 機械学習, 切羽土圧制御, スクリューコンベヤー

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株)技術研究所 TEL: 03-3820-6978

### 3. 土圧制御 AI モデル作成方法の概要

まず機械学習用の教師群を選定する目的で、スクリー手動速度設定、制御土圧（切羽土圧）のデータからクラスタリング（K-means 法、クラスタ個数 4）した。図-4 はクラスタ分析した結果であり、この中で操作の頻度やばらつき、掘進指示値と制御土圧との差が小さかったクラスタ番号 3（計 133 リング分）のデータを教師群として選定した。

次に、特徴量として切羽土圧の変動に関連するデータを絞り込むと同時に、時系列の変化を考慮できるように特徴量を追加した。教師群におけるスクリー手動速度設定を目的変数として機械学習（サポートベクター回帰）を行い、土圧制御 AI モデルを作成した。

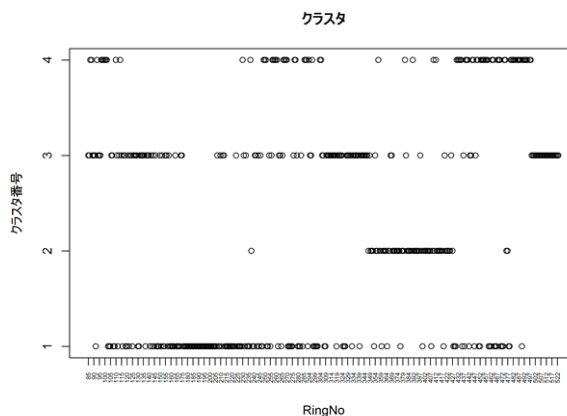


図-4 クラスタ分析結果

### 4. AI モデルの評価

図-5 に制御土圧の掘進指示値との誤差（実績）と、スクリー手動速度の変化量の実績と AI モデルの予測値を 2 リング分の比較結果を時系列順に示す。概ねオペレータの操作タイミング、変更量と AI の予測値が一致している。図-6 は全操作時の実績値と AI の予測値を比較したものである。操作の多い掘進開始期と定常時を分けてプロットしたが、いずれも  $\pm 10\%$  以内の範囲では実績と予測値が一致している。一方で、 $\pm 10\%$  以上の領域では予測値が下回る結果となっているが、安全側の判定となっていることから概ね良いモデルができたと思われる。

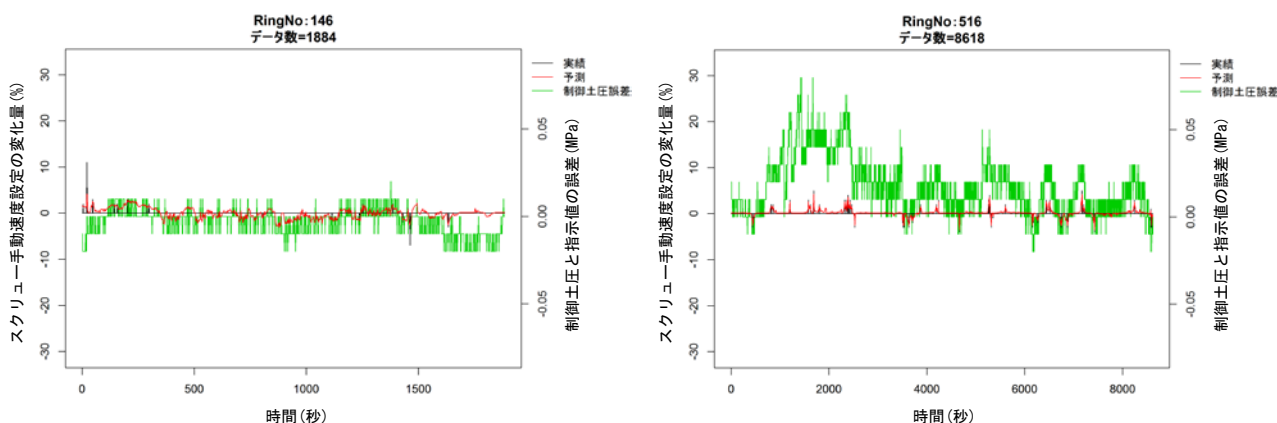


図-5 実績と予測の比較（左；急曲線部 1 リング分，右；直線部 1 リング分）

### 5. まとめ

シールドマシン操作のうち、スクリー手動速度設定の操作を再現する AI モデルの作成を試みた。その結果、概ね現場での操作量を再現できることが確認できた。今後、さらにデータ収集、機械学習を進めるとともに、現場での検証を重ねて実装展開を進める予定である。

**謝辞：**本研究の推進、データ分析にあたり、社内関係者、富士通グループ関係者にご協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

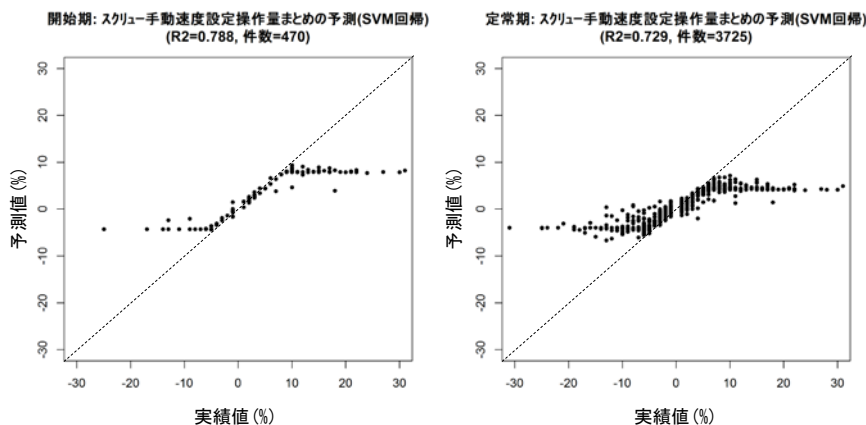


図-6 全操作時の実績と予測の比較（左；開始期 右；定常期）