

## 機械学習を用いたシールド機蛇行量の推定

大成建設（株） 正会員 ○福井 学  
 大成建設（株） 正会員 志田 智之  
 大成建設（株） 正会員 田村 憲

## 1. はじめに

円滑なシールド機運転は、切羽圧・掘削土量・裏込め注入・線形管理等を総合的に管理することで成立しているが、熟練オペレータの退職等によりシールド機の運転技術が伝承されず、経験が浅いオペレータが従事する事例が増えており、小さなトラブルの見逃ごしや積み重ねで大きなトラブル発生の一因にもなっている。

そこで、トラブル防止および品質確保のための運転支援システムとして、熟練オペレータの掘進データを教師データとして機械学習したモデル（以下 AI システム）の開発を始めた。本稿は、初期段階である概念検証（以下 PoC）を直線区間で実施した結果の報告である。

## 2. 学習データの取扱い

図-1 は代表的なシールド掘進総合管理システムの画面である。AI システムへの入力データは、オペレータが操作している主項目の、(1) シールドジャッキ選択 (2) 掘進速度 (3) カッタ回転速度、回転方向 (4) 排土ロケット開度 (5) 裏込め注入量 (6) コピーカッターストロークおよび範囲 (7) スクリュ回転速度 (8) 加泥注入量の 8 つとした。また、AI システムが予測する出力値は、(9) 掘進終了時の水平蛇行量 (10) 掘進終了時の鉛直蛇行量とした。



図-1 シールド掘進総合管理システム

なお、今回 PoC に使用する施工データの条件は以下の 3 つとした。

- 1) トータルステーションを設置して、シールド機の計画線からの蛇行量を常時自動測定している
- 2) 土質変化が緩やかな、連続した長い直線区間である
- 3) 直線区間で縦断勾配の変化がない

これらの条件より使用する施工データは直線区間長  $L=516\text{m}$  (430 リング分) で、縦断勾配は  $i=3.4\%$  の下り勾配である。また、シールド機の仕様はシールド機外径  $\Phi 10.46\text{m}$ 、掘削外径  $\Phi 10.50\text{m}$ 、フリクションカット量  $20\text{mm}$  である。なお、施工データの欠損値については線形補完等によりデータを加工した。

## 3. PoC 結果

PoC として 430 リング分の掘進完了データを使用した。380 リング分を教師データとして機械学習をさせ、50 リング分について掘進中データから掘進終了時の蛇行量を AI システムに予測させ、50 リング分の実施データと比較した。なお、使用した AI アルゴリズムは木構造からなる独自 AI アルゴリズムである。

図-2 はシールド機先端部、図-3 はシールド機後端部の水平蛇行量について AI 予測値と自動測定値の差を示すグラフである。縦軸は AI 予測値と自動測定結果との差であり、横軸は 1 リング (幅  $1200\text{mm}$ ) を  $20\text{mm}$  ピッチで 60 ステップに分割している。折線は各ステップでの最終 60 ステップ目 (掘進終了) の 50 リング分のキーワード シールド機, AI システム, PoC, 運転支援システム

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設（株） TEL 03-5381-5284

予測値の差の平均を示し、着色範囲は予測値の差の平均値の分布範囲を示している。

掘削開始直後に 3mm程度グラフが急激に下がっている箇所は、フリクションカット部のクリアランスによるシールド機の挙動と思われる。

掘進開始時（1ステップ目）のAI予測値と自動測量値には 12mm程度の差が見られるが、折線は小刻みな上下を繰り返し、徐々に5mm程度に収束している。

図-4および図-5は50リング分の10ステップおよび30ステップならびに60ステップ目における掘進終了60ステップ目の予測値の差の分布を示している。掘進の進捗に合わせて分布高さは低くなり予測値差は収束している。ただし、掘削終了の60ステップ目の予測値差が5mm程度あることや、初期段階（10ステップ目）の予測値データに数個の特異値が見られる。これらの原因究明や処理方法については今後の課題である。

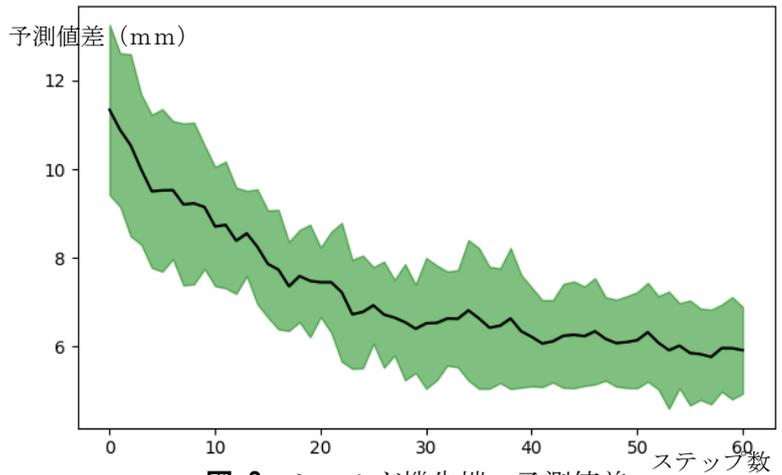


図-2 シールド機先端 予測値差

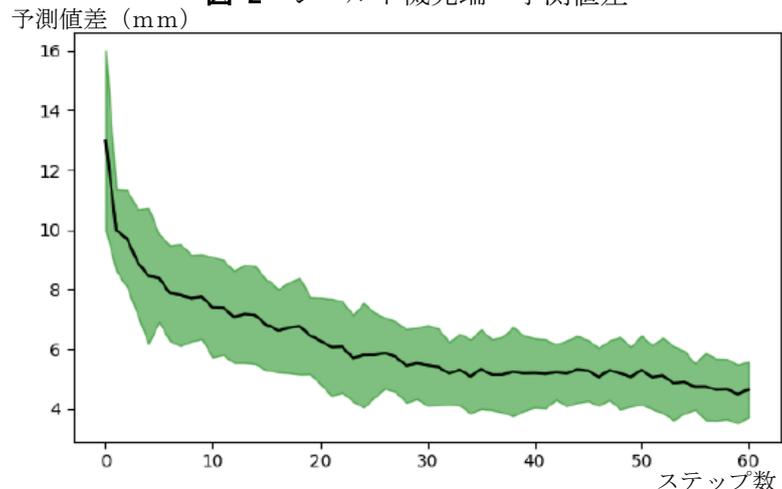


図-3 シールド機後端 予測値差

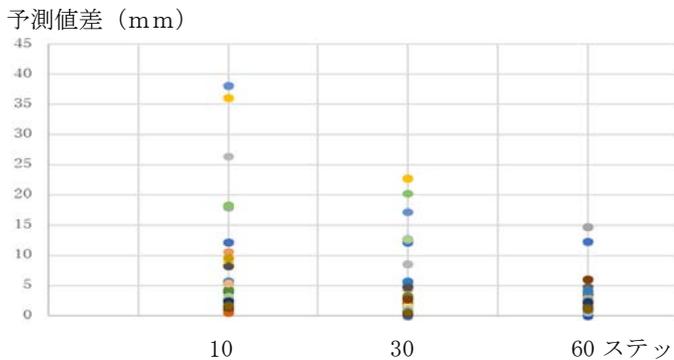


図-4 シールド機先端 予測値差 分布

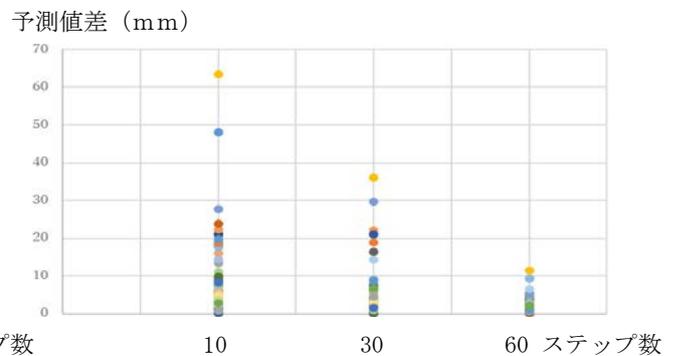


図-5 シールド機後端 予測値差 分布

4. まとめ

今回実施した PoC 結果から、掘進中のオペレータ操作項目を教師データとした AI システムにより、掘進終了時の計画線からの蛇行量は推定できると判断した。

5. おわりに

次段階は、予測値の精度・早期段階での予測値の収束・特異値や欠損値の処理方法の改善を図り、曲線部施工にも対応し、蛇行量が品質管理値を逸脱することが予想される場合には、オペレータにアラートを出す運転支援システムの開発を行う。最終目標は、AI システムがシールド機自動運転状況の良否を判断し、必要に応じて的確な蛇行量修正を行い、掘削残土量についても適正な測定・管理を行うシールド機自動運転のコア技術の開発である。