

シールドマシン方向制御支援システムの開発

高原 裕介* 田口 毅*
 Yusuke Takahara Takeshi Taguchi
 田中 勉** 平野 享***
 Tsutomu Tanaka Toru Hirano

1. はじめに

シールド工事では高度な情報化と機械化が進められているが、掘進中の方向制御については、シールドマシンの方位・傾斜角や土圧といった掘進データをオペレーターが監視し、ジャッキ選択、ジャッキ速度といった掘進パラメータを調整している。

こうしたオペレーター調整の匙加減には個人差があり、その情報共有が不十分で暗黙知とされ、後学に生かせる明確なルール定義が困難となっている。ゆえにシールドマシンの方向制御は、情報化が遅れている状況であった。

そこで、独自開発しているシールド自動解析診断システム「NS-BRAINS¹⁾」で日々蓄積している、シールドマシンや関連設備等からの掘削に関連する各種施工データやオペレーター操作のデータを活用し、それらのデータをAIモデルに学習させることで、状況に応じた最適な操作を探索し、オペレーターに提示する「シールドマシン方向制御支援システム」を開発した。本項では、本システムの機能概要について報告する。

2. システム概要

本システムは、シールドマシンの位置・姿勢（掘進方向や傾き）を計測・算出し、計画線形との偏差を正確に把握したうえで、ジャッキ選択、ジャッキ速度や掘進パラメータの全体的監視といった、オペレーターの方向制御に関わる作業を中心にAIモデルにより運転操作の支援を行うものである（図-1）。運転時には、このモデルを用いて計画線形との偏差を最小とする最適操作が探索され、これをオペレーターに提示することで熟練技術者に頼らない操作が可能となる。

本システムでは、人工知能が既往の熟練技能者の操作技術を、少なくとも約50リング以上学習することができれば、現場毎に最適化されたAIモデルが与えられる。将来、実績が増えれば、シールドマシン設計や地質などが

掘進管理データ（時系列データ）

操作量	変化量
ジャッキパターン	方位変化量
ジャッキストローク	ピッチング変化量
ジャッキ圧	水平変化量
ジャッキ速度	垂直変化量
カッタートルク	etc
中折れ角度	
コピーカッター	
etc	

AIモデルによる最適操作の探索



各掘進パラメータの調整

シールドマシン

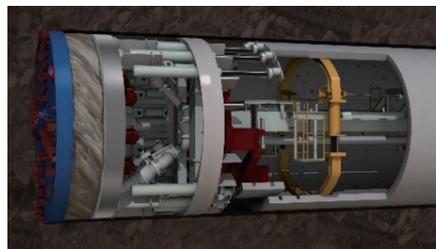


図-1 システム概要

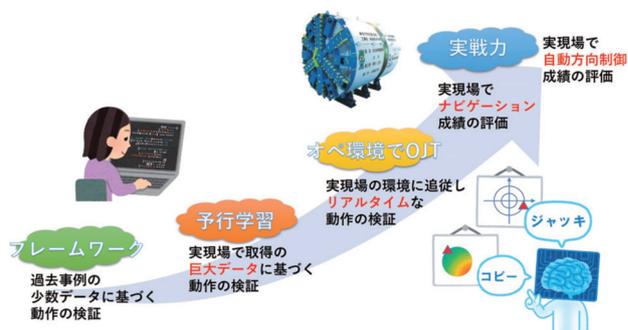


図-2 AIモデル現場学習の概要

類似した現場であれば、既往のモデルで開始し、短期間で追加学習・適応させる事を目論んでいる（図-2）。

本システムはシールドマシンの仕様に合わせて、以下の3パターンで制御を可能としている。

* 技術研究所先端技術グループ

** 技術研究所先端技術グループ

（現：DX戦略室デジタル技術革新部技術革新課）

*** 技術研究所

① System1：ジャッキパターン選択モード

本システムの基本モードである。中小口径の一般的なシールドマシンにおいては、掘進方向が計画線形に沿うよう、シールドジャッキのON・OFFを制御している。この制御パターンをAIモデルにより学習し、状況に応じて最適なジャッキパターンを推測する。

② System2：ジャッキモーメント制御モード

シールドマシンの掘進方向を決める力点を、各シールドジャッキのジャッキ圧を可変させることで制御する仕様に対応したモードである。AIモデルにより最適な力点の位置と各ジャッキ圧を提示する。

③ System3：同時掘進対応モード

System2を元に、掘進中にセグメント組み立てを行う同時掘進に対応したモードである。同時掘進中は掘進とセグメント組み立てに使用されるシールドジャッキが混在している。AIモデルによる力点、ジャッキ圧の推測には、予めセグメントの組み立てパターンを設定することで、掘進に使用するシールドジャッキのみで最適な制御となるよう改良している。

3. システムの主な機能

ここではSystem3を例に以下説明する。本システムはメイン画面(図-3)とサブ画面(図-4)から構成されており、用途に応じて切り替えながら使用する。

(1) メイン画面

メイン画面では、オペレーターによる操作を実データ、AIモデルにより提示された操作を制御データとして、同時に複数のウィンドウにより表示している。これにより、オペレーターは制御データを参考に実際の運転操作に反映することで、適切な運転操作を行うことができる。

各ウィンドウの役割は以下の通りである。



図-3 メイン画面

① シールドマシン線形表示画面

予め設定されたシールドマシンの計画線形を表示しており、シールドマシンの方角、ピッチングの実データをNS-BRAINSよりリアルタイムで取得し、同時に表示させることで偏差を監視する。また、現状のシールドマシン位置を計画線形に近似させるため、AIモデルにより修正

線形を提示する。

② 力点表示画面

シールドマシン断面とシールドジャッキの配置を簡易的に表示しており、AIモデルにより修正線形を達成するために最適なジャッキパターン、力点を提示する。

③ ジャッキ圧表示画面

各シールドジャッキのジャッキ圧を表示しており、AIモデルにより修正線形を達成するために最適な値を提示する。

(2) サブ画面

サブ画面では、シールドマシンの面向き、中折れ角度といった姿勢制御を行う上で重要な掘進パラメータを表示する。これらについてもリアルタイムで実データを取得、表示しており、修正線形に基づいた最適な値がAIモデルより提示される。

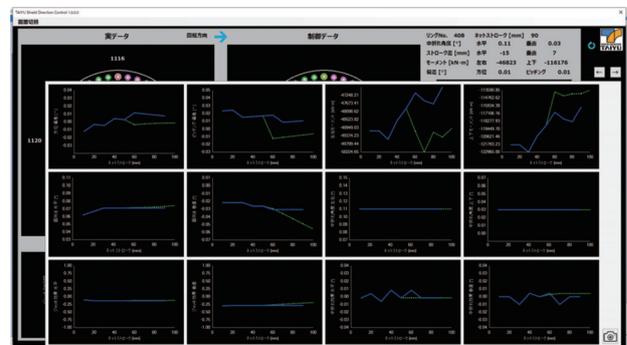


図-4 サブ画面

4. おわりに

現状の本システムの機能はオペレーターへの最適操作の提示であるが、一定の信頼が得られた後は提示を制御信号に置換えて、シールドマシンの自動制御に進めていきたい。その信頼を得るために、本システムの現場運用により、より多くの掘進パラメータ変化を学習し、オペレーター操作との比較・評価を繰り返しシステムのバージョンアップを図る。

本システムはNS-BRAINSプラットフォームで動作する他のアプリケーション²⁾(線形管理、余掘り管理)と同時に運用可能である。各種ツールをうまく組合せてシールド工事の無人化、遠隔化を進めていく所存である。

参考文献

- 1) シールド自動解析診断システム「NS-BRAINS(エヌエスブレインズ)」の開発, 田中他, 西松建設技報, VOL.42, 2019
- 2) シールド工事における自動化技術の取り組み, 田口他, 西松建設技報, VOL.43, 2020