

シールドマシンの操作支援用AIシステムの開発

清水建設 正会員 ○杉山 博一, 野澤剛二郎
正会員 和田 健介, 穂刈 利之

1. はじめに

筆者らはシールドマシンの操作を担う人工知能(AI)の開発を進めてきた^{1), 2)}。また、実際のシールドマシンから送られてくるデータを利用してAIに予測させて表示するシステムを実証した³⁾。これら結果を踏まえつつ、シールドマシンの操作をAIでガイダンスするシステムを新たに開発した。

2. AIシステムのレベル分けの定義

自動車の自動運転の技術レベルを参考に、図-1に示すようなレベル分けを行って開発を進めている。ガイダンスシステム(Lv.0)は、データが正常であればAIの予測結果を表示し、異常時、緊急時はエラーを表示する段階である。いずれもオペレータへ情報提供だけのシステムである。半自動運転システム(Lv.1)は、異常時、緊急時はオペレータが操作するが、正常時はAIの予測結果をそのままシールド機に操作信号として送って操作する段階とした。自動運転システム(Lv.2)は、緊急時にオペレータが停止操作する以外は自動運転できるような段階と定義した。本論文ではLv.0(ガイダンスシステム)を開発したので、その概要を報告する。

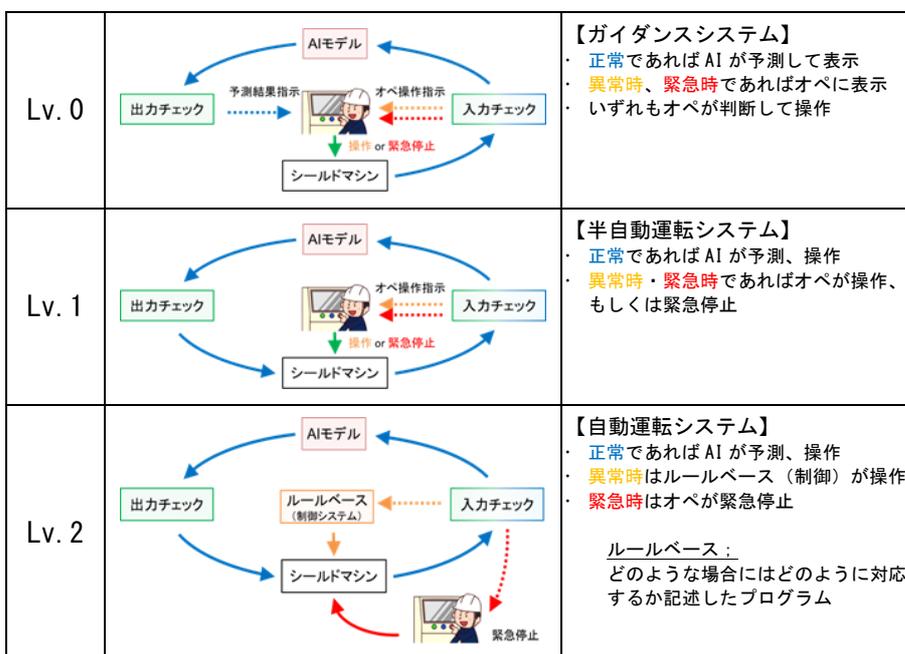


図-1 シールドAIシステムのレベル分け

3. ガイダンスシステムの概要

図-2にガイダンスシステムでの機器、およびソフトウェアの構成例を示す。

ガイダンスシステムは以下の5つのソフトウェアから構成される。

①データ仲介ソフト；シールドマシンからデータを受け取り、記録するソフトウェア。

②指示値入力ソフト；掘進指示書の値を入力するソフトウェア。また、後述する管理値・限界値等もここで入力する。

③入力チェックソフト；①，②で受け取ったデータをチェックするソフトウェア。図-3にそのフロー図

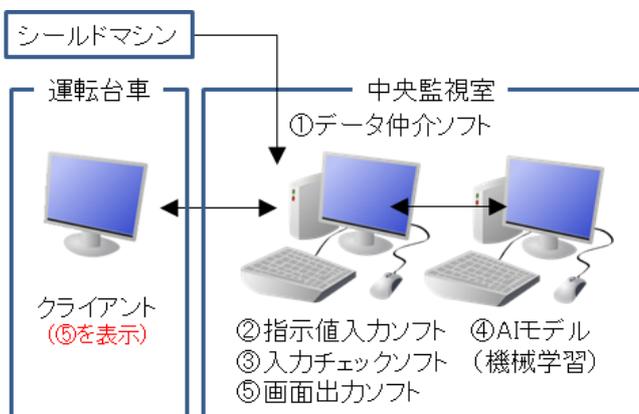


図-2 機器・ソフトウェア構成例

キーワード シールドマシン, 人工知能, ガイダンスシステム

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

を示す。まず、データを読み込み、「データチェック」においてデータの欠損、あるいは計測器の測定範囲外となるようなデータがないかを確認する。そのような状態が継続する時間に応じて異常時・緊急時を判定し、エラーを表示してオペレータに判断を仰ぐ。次の「土圧・方向チェック」では、チャンバー内土圧が管理値、限界値を越えていないか、さらにシールド機の計画線形からのずれ量（水平偏差、鉛直偏差）や、指示した方位やピッチングとの偏差が管理値、限界値を超えていないかを確認する。管理値を超えた場合は異常時と判定し、限界値を超えた場合は緊急時と判定する。最後に、「未学習チェック」においてAIモデルの学習範囲内のデータであるかを確認する。これらの全てが正常であればAIモデルにデータを渡して予測させることとした。

④AIモデル；事前の機械学習で作成した予測モデルであり、各種データ（特徴量）から次の操作量を予測する。なお、AIモデルの更新（機械学習）時の負荷にも対応できるように別PCで行うこととした。

⑤画面出力ソフト；AIの予測結果や入力チェック時のエラー等を表示するソフトウェア。図-4に画面出力例を示す。画面の左半分にスクリュウ速度設定に関する項目、右半分にジャッキ選択に関する項目を表示する。それぞれオペレータの操作状況とAIの予測結果を1画面で確認できるようになっている。また、異常・緊急時にはエラーを点滅表示させてオペレータに注意を促すことができる。

4. システム安全性の検討

システムを作成する過程において、システムの安全性を STAMP/STPA⁴⁾の方法により検討した。STAMP (Systems Theoretic Accident Model and Processes) はアクシデントを説明するモデルであり、STPA (System-Theoretic Process Analysis)はシステム開発を行う際などに用いるハザード分析法である。様々なシナリオを想定して検討することにより、想定外の動作がないように努めた。

5. まとめ

今回開発したAIシステム (Lv.0) は2018年5月から本掘進を行う予定の現場に試験的に導入し、システムの安全性やAIモデルの予測精度等の検証を行う予定である。今後、数現場で実証を重ね、自動運転を目指して開発に取り組む予定である。

参考文献 1)杉山他：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，土木学会第72回年次学術講演会，VI-338，pp.675～676，2017。 2)和田他：AIによるシールドマシンの自動方向制御，土木学会第73回年次学術講演会，2018（投稿中） 3)杉山他：人工知能によるシールドマシン操作技術開発への取り組み，アーバンインフラ・テクノロジー推進会議 技術研究発表論文集，29巻，2017。 4)（独）情報処理推進機構：はじめての STAMP/STPA～システム思考に基づく新しい安全性解析手法～ 第1刷，2016年4月

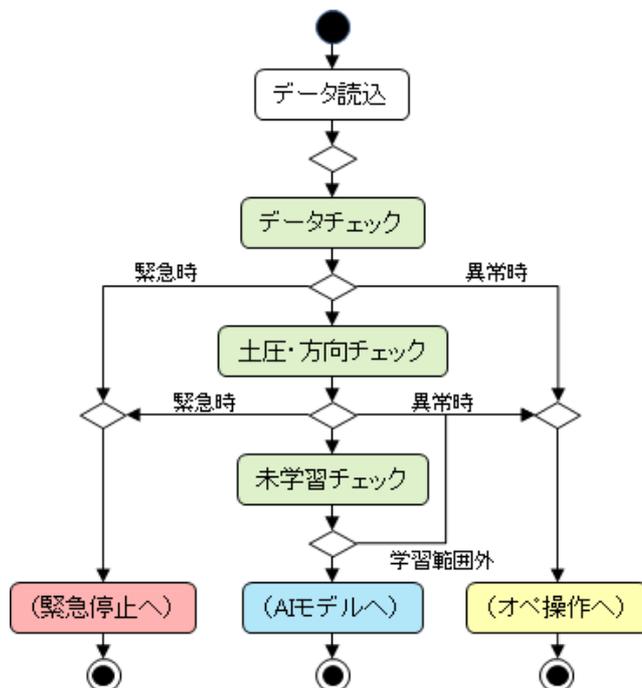


図-3 入力チェックソフトのフロー図

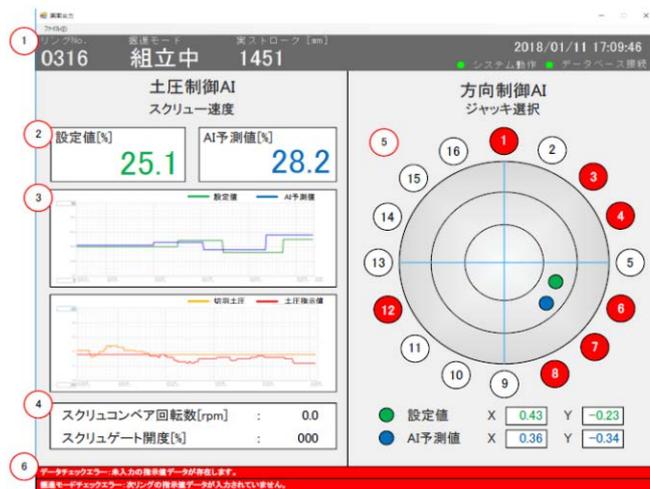


図-4 画面出力ソフトの出力例 (Lv.0)