

AI によるシールド掘進計画支援システムの開発

清水建設株式会社 正会員 ○小野塚 直紘 中谷 武彦 大木 智明 和田 健介
名古屋工業大学 伊原 滉也 土橋 俊紀 加藤 昇平

1. はじめに

i-Construction をはじめ、情報化技術の活用による建設業の生産性向上は急務である．その中で期待されるものの一つが AI の活用である．

弊社では、シールド工事に於いて従来から収集していた施工管理データに工夫を加え、AI が機械学習に基づいてシールド掘進操作支援を行うシステムの開発を試みている¹⁾．この取り組みでは、実施工から収集するデータを「正しい操作」のための手本として学ぶ方式であり、良質かつ大量のデータを必要とする．データの収集・保管の仕組みと共に、得られたデータから良質のデータを抽出する工夫が求められる．

一方今回は、実データから学ぶ仕組みではなく、自己の試行錯誤から学ぶ仕組みによって施工計画を支援するシステムの開発について報告する．

2. 強化学習、他

自己学習の仕組みの一つに強化学習がある．Google 社が出資する Deep Mind 社の人工知能 DQN²⁾ をテレビゲーム『ブロック崩し』へ活用した事例が有名である．何回も繰り返しプレーすることによってゲームの攻略法を自己学習し、試行を重ねるにつれて得点をアップしていく(図-1)．遺伝アルゴリズム(GA)にも活用の余地がある．生物の進化する過程に着目し、複数の答えを遺伝的に変化させながらよりよい答えを導き出す手法である．

このような AI 技術の適用では、前述のような蓄積された実施工データを必要としない．代わりに施工計画シミュレーションを行う“場”，あるいは“ゲーム”をプログラムし、そこで AI に検討/試行させる形となる．今回はシールド工事における施工計画(掘進計画)を適用対象とした．

3. シールド掘進シミュレーション

3-1. 概要

シールド工事では、曲線を含むトンネル線形に対して、異形セグメントと標準セグメントを組合せ、シールド機の中折れと余掘り装置を使ってトンネルを掘進する．計画段階においては、実施工に先立ってこれらの計画値を検討する．従来の計画方法では、シールド機メーカーが保有する専用のプログラムを用いて、中折れ値、余掘り値の計画シミュレーション(一般に“カーブシミュレーション”と呼ぶ)を行う(図-2)．シールド機形状や与えられた曲線半径等に基づいて三角関数を用いた理論計算によって計画値を算出するものである．またセグメントの組合せ計画については、現場の技術者が手計算に基づいて実施する(セグメント割付計画)．



図-1 ブロック崩しでの活用事例

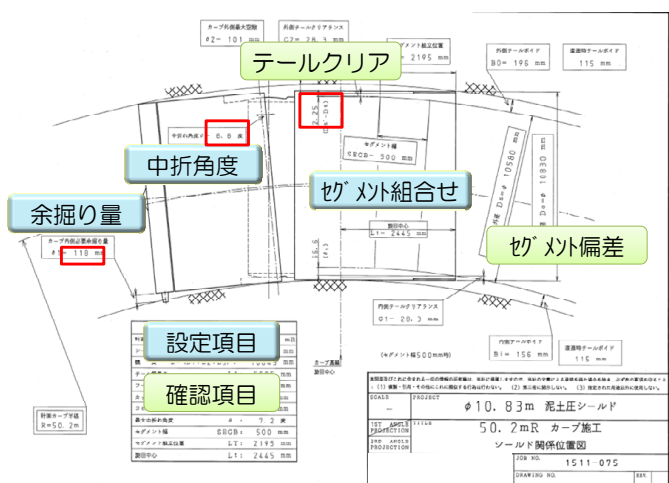


図-2 従来の掘進シミュレーション(イメージ)

キーワード シールド工法, AI, 施工計画支援, 掘進シミュレーション, 強化学習

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設(株) TEL:03-3561-3892

3-2. 開発システム (AI によるシミュレータ)

そのような従来のやり方に対して、AI を活用するシミュレータでは、AI がセグメントの割付けや、中折れ、余掘りの設定値を試行錯誤しながら仮想空間内で模擬掘進を行い、各試行における計画線形に対する偏差を評価して、掘進計画を都度向上させていく、というものである (図-3)。

結果を評価するために得点算出においては、偏差だけでなくテールクリアランス確保や、掘削地山とシールドマシンとの干渉度合いなども評価指標として取り入れる。評価手法の設定に際して、技術者が実際に掘進計画を作成する際の考え方を忠実に反映させる工夫を施した。例えば複数の評価項目間では、「どの項目がどの程度重要か?」を採点の重みによって順位づけした。このように従来曖昧にしていた評価基準をも明確にし、かつ重要性の優劣評価を加えることで、より客観性の高い掘進計画の作成へつながる。

開発したシステムを、実工事の施工計画に適用し、従来の技術者によるセグメント割付計画、およびシールド機メーカーによる掘進シミュレーション結果との比較を行った。結果に大きな差はなく、いずれも実施工に対して適用可能な計画であることが確認できた。

3-3. 3次元への展開

ここまで報告したシミュレータは、従来通り平面と縦断を別々に扱う 2 次元によるものである。作成に当たっては、セグメントやシールド機を動かす仮想空間のグラフィック部分もゼロからプログラミングした。一方昨今では、シールド工事に特化した CIM (あるいは 3 次元モデル作成システム、以下「シールド CIM」) が利用可能であり、技術者が入力画面からセグメントタイプや掘進計画値を入力することで 3 次元の計画シミュレーションを行うことが可能である。このシールド CIM を活用して、入力役割を AI に実行させる (すなわち AI に入力画面から入力させる) ことによって更に CIM 活用、AI 活用が広がっていく、と考えた。

これを上記の実工事において試験的に実施予定である。開発したシミュレータは、施工開始前の計画作成だけでなく、施工開始後の位置ズレ修正など任意の場面で活用できる。この試験運用では、掘進途中で計画線形からのズレが生じた場面からの修正掘進シミュレーションを AI が行う。実施手順としては、まずその場面でのシールド機位置とセグメント出来形を測量結果からシールド CIM に入力する。次に 3 次元モデル上で、AI が余掘り量やテールクリアランスを確認しながら修正掘進計画を作成する。イメージを図-4 に示す。

4. おわりに

強化学習のように AI が自分で試行錯誤して学んでいく、物事を改善してく、という機能は、我々が AI に期待する最も有用な働きの 1 つである。さらにその AI によって、昨今活用が促進されている 3D モデル上での検討を行えば、「施工計画」という業務が画期的に変化するものと期待できる。本稿ではまず、そのシールド工法における取組みを報告した。同様の手法が、建設業における他の工法での施工計画/管理業務、あるいは設計業務にも展開しうることを視野に入れて、更なる展開を図っていく所存である。

参考文献

- 1) 杉山博一ほか、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、第 72 回年次学術講演会概要集、土木学会、2017
- 2) <https://deepmind.com/research/dqn/>

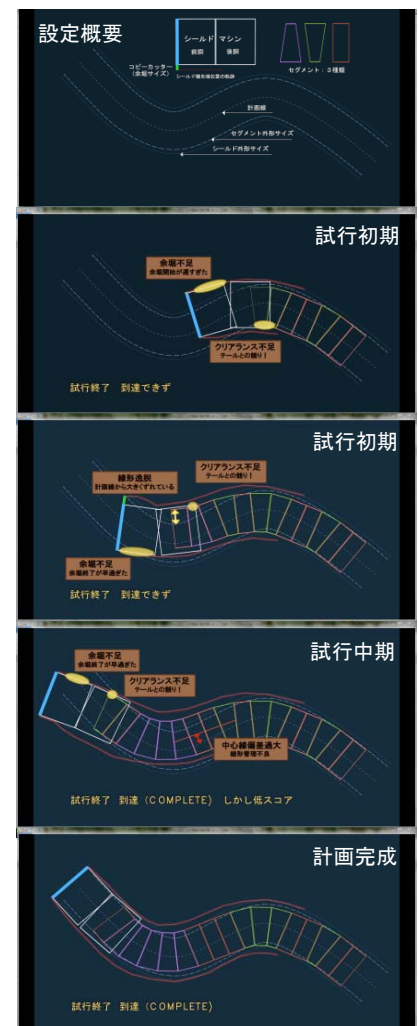


図-3 シールド掘進の強化学習

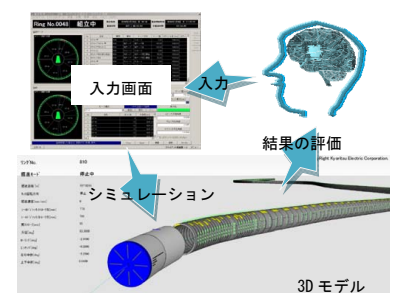


図-4 シールド CIM と AI の融合