

業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞部門	AIによるシールド自動運転システムの開発	清水建設株式会社

業績の概要

シールド工事は、建設工種のなかでは比較的、機械化が進んでいるが、掘進指示書の作成やシールド機の操作は、長年の経験と技術や多大な手間と時間を要しているのが現状である。これらの作業を、AIに置き換えることにより省人化、合理化による生産性向上が期待でき、今後想定される熟練技能労働者の大量離職にも対応できる。生産性向上と一層の安全性確保を目的としてシールド機の方向制御に関する自動運転システムの開発を行った。

本技術は、AIを活用したシールドトンネルの掘進計画を立案する計画支援AIとシールド機の操作を支援する操作支援AIによりシールドトンネルの自動掘進を実現する技術である。

計画支援AIについては、従来の人力の手法では数リング先までの計画に1時間以上要する上、数リング先のシールド機とセグメントとの相対位置の算定は極めて困難であるが、AIにより40リング分の掘進計画を5分で完了できることを確認した。

操作支援AIについては、シールド機のジャッキ操作をAIが自動で実施できることを確認した。計画に対する誤差は方位角0.02°程度、高さ2mm程度であり熟練オペレータの操作と同等以上の精度であった。AIによる操作であるため常時情報を監視し蛇行の兆候を見逃すことなく操作ができ精度向上につながる。



図-1 自動運転の現場実証



図-2 操作支援AIによるジャッキ選択

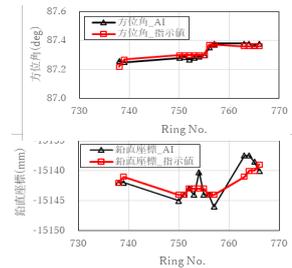


図-3 自動運転結果

業績の特徴

(1) 経済性

従来、シールド機の位置測量から掘進計画立案、指示書作成に片番あたり90分要していたが、計画支援AIを用いることにより、15分まで削減できた。さらに、従来シールド機の掘進操作に片番あたり195分要していたが、操作支援AIを用いることにより、126分まで削減できた。合わせて片番あたり285分要していたがAIを用いることにより141分まで削減でき、AIにより省力化、合理化ができ生産性が向上する。

将来的には複数の現場を一人の熟練オペレータが担当し、個々の現場の実操作はAIが担当することで更なる生産性向上も視野にしている。

(2) 汎用性

シールドトンネルは下水、地下河川、電力、ガス、鉄道、道路などを構築する施工法として今後も多くのニーズがあり、本技術の活用も見込まれる。また、様々なメーカーのシールドマシンに導入しており、どのメーカーのシールドマシンであっても適用可能である。本技術の導入現場が増え、学習量が増加することでAIモデルのますます高精度化し汎用性の高い技術となることが期待できる。なお、熟練技能労働者の確保が難しい海外においても適用可能であり、汎用性は極めて高い。

(3) 安全性

本技術では、シールド機のジャッキ操作を自動で行うことから、AIモデルが適切に予測できなかった場合に備えたフェールセーフ機構を有したシステムとしている。AI予測が前回の予測と大きくずれてくる場合は、掘進方向の急な変更やジャッキ操作への負荷が生じ、円滑な掘進が困難となることから、ジャッキの使用・変更本数に制限を設ける管理値が設定されている。またAI予測異常がある場合や緊急時などは、自動運転を中止して即座にオペレータによる手動運転に変更できる設計としていることから、高い安全性を確保している。さらに、安全性確保のためAIが適切な予測を行っているか判断するため以下のチェック機能を有している。

- ①入力データチェック AIに渡すデータの欠損、あるいは計測器の測定範囲外となるようなデータの有無を確認し、そのような状態が継続する場合には異常、緊急性を判定してエラー表示しオペレータに判断を仰ぐ。
- ②未学習チェック データがAIモデルの学習範囲内であることを確認し、学習結果に応じた結果を提供できるかどうかを確認する。データが学習範囲内には異常と判定する。

表-1 掘進管理の生産性向上

計測値 (マシン状態量)	操作判定 モデル (操作タイミングを判定)	操作予測 モデル (力点位置を判定)	ジャッキ 操作指示	
図-4 操作支援AIモデルの構成				

作業区分	作業内容	従来方法 (min)	計画支援AI (min)	操作支援AI (min)
計測結果の整理	● 測進結果から現状の計画線形からのスレやクリアランスを把握 ● 計画線形からのスレやクリアランスの増減の現状を把握	30	0	-
掘進計画立案, 掘進指示書作成	● 測進結果より以降の出来形を予測 ● 線形精度を確保するためのセグメント配置計画立案 ● クリアランスを確保し、線形精度を確保するための操作方法を立案	60	15	-
指示説明	● 掘進計画の趣旨説明 ● 切羽圧力管理・制御 (添加剤注入を含む) : 30%	15	0	-
掘進操作 (6リング分掘進時の180minを想定)	● 排土状況管理・制御 : 30%	54	-	54
	● 方向制御 : 30%	54	-	0
	● シールド機稼働状況管理 (トルク・推力など) : 10%	18	-	18
合計		285	141	