

解説

ラムサス工法 先導体自動制御実現に向けた戦略と現状

たむら しんじろう
田村 晋治郎

(株)ジェイアール総研情報システム
計測システムプロジェクトマネージャー

よねもり せいじ
米森 清祥

サン・シールド(株)
代表取締役

もりしま としき
森島 俊輝

サン・シールド(株)
DX 推進室

1 はじめに

推進施工業界では作業者の高齢化とともに人材不足の問題に直面している。各施工会社は、あの手この手で人材獲得に奔走しており、若年層に興味を抱いてもらうためには、現在の常識を打ち破る革新が必要である。また、いよいよ少ない人員で施工を実現しなければならない状況である。

我々は、ラムサス工法における課題をIT技術で解決に導くための開発を行っている。これまでに、公益財団法人鉄道総合技術研究所と「Sリード」（先導体を計画路線の線形に沿って導くタイプの測量装置）を共同開発している。そこで培ったノウハウも今後の取り組みのために重要になると考えている。

本稿では、我々が持つ技術と経験をもとに、先導体自動制御の実現について、現在までの経過と今後の計画を報告する。

【Sリードについて】

小口径管推進工法における曲線施工では、先導体（掘進機）に装着する電磁波発生装置から放出する電磁波を計測することにより位置を特定するロケータ方式が主に活用されてきた。しかし、土中内に埋設物が多

く交通往来の激しい都市部の施工、また河川横断等の難施工が増加したことで、ロケータによる計測手法が適用できない施工も増えてきた。そのため、新たに管内に計測ロボットを走行させてその走行軌跡から先導体（掘進機）先端の位置を計測するシステムや、プリズム屈折機構を管内に装着してレーザー光により位置を計測するシステムなど様々な計測装置が開発された。そのような背景の中、公益財団法人鉄道総合技術研究所と(株)ジェイアール総研情報システムは、施工関係者から次のようなコンセプトを実現する装置「Sリード」を開発した。Sリードは、光ファイバジャイロで計測した鉛直方向と地球の地軸を基準とした方位角と推進距離から幾何学的な計算で掘進機の位置を推定する。

2 先導体のリモート操作実現までの取り組み

2.1 操作盤のモニタリング

先導体の自動制御実現に向けて、最初に先導体用操作盤のモニタリングを行った。先導体は、多くのリレーや入出力をシーケンサで制御しており、この点に注目した。我々が保有する呼び径200型先導体用の操作盤は操作時のログを記録することが可能である。そこで、

これを試験機として展開させることにした（写真－1）。

制御データの取得に向け、操作盤の各機器の仕様や構成を確認している際、シーケンサと接続されているタッチパネルディスプレイの仕様に目が留まった（写真－2）。シーケンサからは、画面表示用のデータがタッチパネルに送信されている。これは専用ソフトでモニタリング可能である。



写真－1 試験対象とした操作盤



写真－2 タッチパネルディスプレイ（裏側）

まず初めに、既存のシステム構成についての情報を整理した。次にシステム関係者にて、専用ソフトで通信データの分析を試みた。流れているデータを途中で拾い上げ、その変化をビット単位（データの最小単位）で確認していった。筆者は職務上、システム制御の現場から離れており、プログラムの読み解きや機器の接続に関して、過去の記憶を遡りながら実施した。その結果、専用ソフトと同様にデータ通信が可能な手法を見出した。

次に注目したのが、ディスプレイに装着できる通信用モジュールであった。これを使用すると、ディスプレイの制御データをFTP（ファイル通信プロトコル）通信により取

得可能である。このモジュールを操作盤のディスプレイに装着して、シーケンサからディスプレイに送信されている制御データと制御モニタの画面キャプチャデータをPCに取り込んだ。

これらの結果をもとに、操作盤の操作状況をクラウドに転送し、そのデータを実際の操作盤と同じスタイルで表示するシステムを検討した。データ通信はWi-Fiを利用するため、データの軽量化も求められる。また、将来的に集めたデータを利用することも考えられる。そこで、ディスプレイのキャプチャ画像（画面そのものをデータとすること）ではなく、文字や数値のみのデータを転送し、モニタリング画面上に操作盤と同じスタイルで表示することにした。

まず、操作盤の画面とそっくりなベース画像を作成した。そして、ベース画像上に文字や数値のデータを重ねて表示した。次に、制御データのグラフ表示など、モニタリングを行う上で必要となる様々な機能を搭載した。こうして、タブレットやPC等から操作盤の情報が閲覧できる「リモートモニタリングシステム」（特開 2024-64276）が完成した（写真－3）。



写真－3 リモートモニタリングシステム

また、自動制御に向けた操作指標のための測定装置には、前述した「Sリード」を活用することにした。Sリードの方位検出性能は方位安定性（バラつき）が最小約0.15degである。ジャイロ型計測装置が不得意とする掘進機の横滑りによる向き狂いを、施工実績からの分析結果から検討した独自の予測アルゴリズムにより推定して掘進機の進行ラインを補正する仕組みを搭載している。この仕組みは、モニタリングデータの分析が進むごとに、その推定精度が向上するものである。