

## 3次元リアルタイム計測を適用した遠隔管理システムの開発(3)

## ー 遠隔管理システムの機能拡充 ー

清水建設(株) 正会員 ○矢萩 良二 渡辺 亜裕実  
佐久間 清文 戸栗 智仁  
(株) エリジオン 非会員 池垣 憲之介

## 1. はじめに

放射性廃棄物の地層処分手業では、廃棄体を定置する作業段階以降、様々な装置に遠隔操作が求められている。具体的には、処分坑道内で廃棄体の搬送・定置、埋め戻しをおこなう装置は、放射線量が高いため放射線防護の観点から遠隔操作が必要となる。

本開発では、高精度の3Dスキャナ(以降、静的センサと称す。)とリアルタイム計測が可能な3Dスキャナ(以降、動的センサと称す。)の両者の点群データをシステム上で重ね合わせてリアルタイムに差分表示する機能を開発<sup>1)2)</sup>し、この機能を起点に遠隔管理システムとしての適用範囲拡大に取り組んでいる。遠隔管理システムは機能の拡充に伴い、品質管理コンテンツと安全管理コンテンツに分けて開発を進めており、本稿では各コンテンツに格納した機能について紹介する。

## 2. 品質管理コンテンツ

1) **差分表示機能** 本開発の中心機能である。これまでは、施工管理での適用を目的に、静的センサと動的センサの両者の点群データの差分、ならびに設計データと動的センサの点群データの差分について、基準面に対する鉛直方向(最短距離)の差分値を演算し、カラーマップ表示する機能であった。今回、検査等に適用範囲を拡大するため、設計データと静的センサの点群データの差分に着目し、任意の軸方向で差分値を演算し、カラーマップ表示できる機能を追加した(図-1)。

2) **土量計算機能** 盛土や切土の施工管理での適用を目的に、静的センサと動的センサの点群データの差分値、または設計データと動的センサの差分値を積分し、リアルタイムに体積計算、グラフ表示する機能を追加した(図-2)。この機能により、オペレータは土量の過不足を数値データでリアルタイム監視できる。

3) **重ね合わせ自動化機能** 差分表示機能の事前作業をサポートする機能である。これまでは、データの重ね合わせを手動でおこなってきたが、操作者の熟練度と時短が課題であった。今回、静的センサの点群データ、または設計データを基準に、動的センサの点群データを自動でフィットさせる機能を追加した(図-3)。線形近似による微小移動を収束するまで繰り返し、フィットさせる。

4) **トータルステーションを用いた動的センサの自己位置推定機能** 動的センサが取得した点群データに絶対座標を与えることを目的に、トータルステーション(TS)から動的センサに位置情報を与える機能を追加した(図-4)。この機能により、坑道などGPSによる座標値取得が困難な環境において、動的センサを移動させてもスキャンデータの整合性を確保できる。

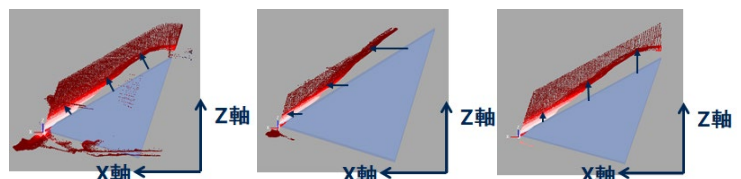


図-1 任意の軸方向での差分表示機能

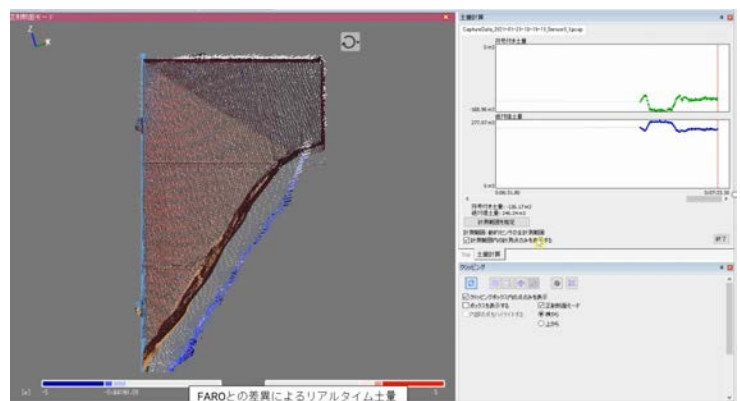


図-2 リアルタイムの土量計算機能

キーワード 放射性廃棄物、遠隔操作、品質管理、安全管理、3次元リアルタイム計測、3Dスキャナ

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16-1 清水建設(株) 土木技術本部バックエンド技術部 Tel : (090)7955-4423

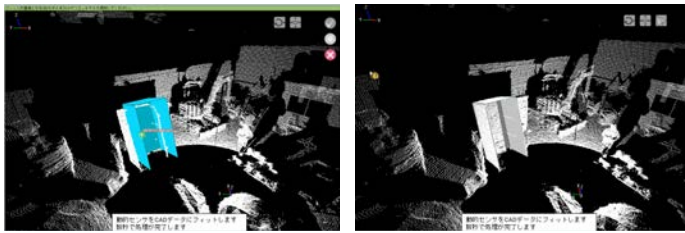


図-3 重ね合わせ自動化機能

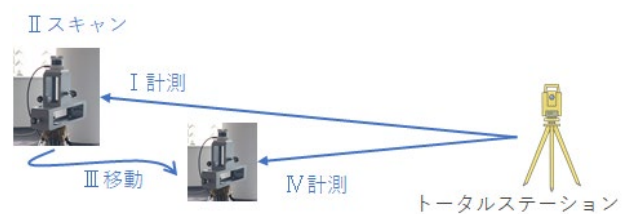
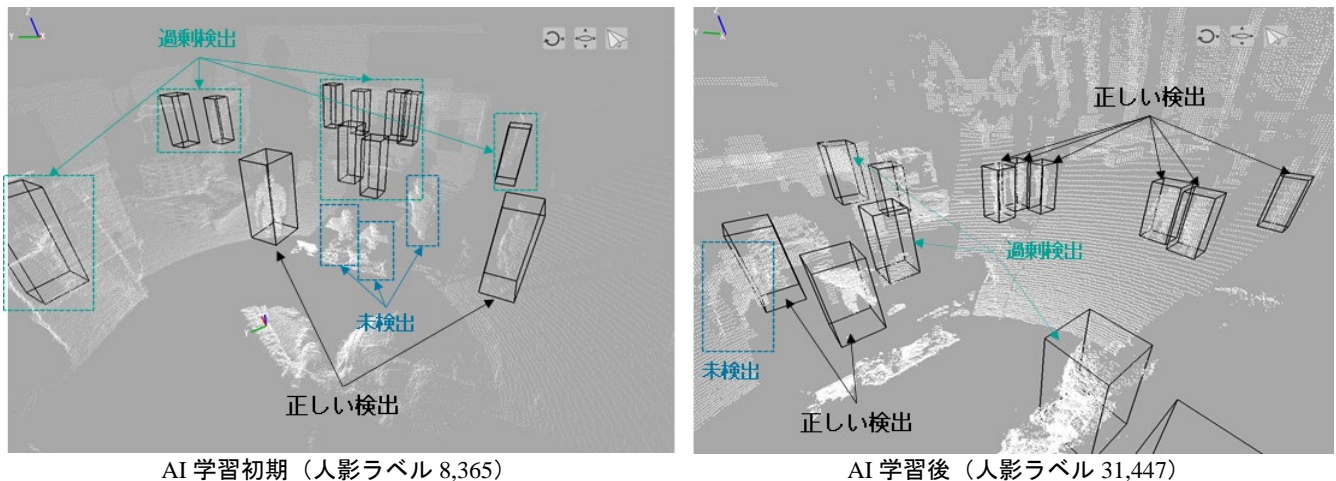


図-4 TS を用いた動的センサの自己位置推定機能

### 3. 安全管理コンテンツ

安全管理コンテンツには、人影検出機能を格納した。坑道など、照度が不足する環境での安全確保を目的に、動的センサから取得した点群データからリアルタイムに人影検出する機能である（図-5）。事前に人が写った点群データにラベル付けをおこない教師データを作成，AI 学習により画像認識精度を高めた。物体検出に使用される評価指標 AP（Average Precision）値は現在 0.104 であり，過剰検出が AP 値低下の主な原因となっている。過剰検出の箇所は，フレーム数の分だけ NG と判定されるためである。一方，AI 学習により確実に過剰検出は減少傾向を示しており，検出精度向上に向けて学習を継続する予定である。



AI 学習初期 (人影ラベル 8,365)

AI 学習後 (人影ラベル 31,447)

図-5 点群データを用いた人影検出機能

### 4. 課題と今後の展開

本開発は、遠隔操作や遠隔による品質管理，安全管理の実現を目指している。今回紹介した各機能について実現性確認はできたが，利便性の点で高度化が必要な機能もある。例えば，TS を用いた動的センサの自己位置推定機能は，現状，動的センサを移動させる度に TS で座標値を取得する必要があるため，連続作業に支障をきたすことになる。これについては，動的センサに内蔵されている IMU（慣性計測装置）の活用や，TS の自動追尾機能との連携等により高度化への期待は持てると考えている。

また，本システムは各 3D スキャナが有する高精度，リアルタイムといった特長を利用しているため，通信に対する負荷が大きい。遠隔操作に有線，無線の制限はないが，有線の場合は通信線の取り回しに注意が必要となり，3D スキャナを搭載した各種装置の動作に制限を伴う可能性がある。そこで，大容量，リアルタイムの無線通信技術の確立が課題となる。さらに，放射性廃棄物の地層処分事業での使用を想定すると，通信にはセキュアな環境構築も課題となる。現在，これらの課題解決に向けた調査や要素試験に着手したところである。今後も機能の拡充，高度化を進め，遠隔管理システムの質を向上させていく。

### 5. 参考文献

- 1) 矢萩ら：3次元リアルタイム計測を適用した遠隔管理システムの開発（1）遠隔管理システムの全体概要，土木学会第76回年次学術講演会，2021。
- 2) 渡辺ら：3次元リアルタイム計測を適用した遠隔管理システムの開発（2）遠隔管理システムを利用した実証試験，土木学会第76回年次学術講演会，2021。