

## 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 －

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

#### 1. はじめに

放射性廃棄物の地層処分事業では、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。

3次元定時計測器（本稿呼称、表-1 参照.）は、出来形管理や地形測量、工事測量を主な利用目的として、計測精度が重要視される場面において実用化が進んでいる。例えば、坑道内の埋め戻しにおいて施工中の密度管理に利用した例もある。3次元リアルタイム計測器（本稿呼称、表-1 参照.）は、障害物の感知、物体までのおおよその距離の把握などを利用目的として、自動車の自動ブレーキといった安全運転技術や自動運転技術における周辺情報把握のための“眼”としての役割で活用が進んでいる。精度は±30mm程度であるが点群データを即時に取得・分析できるリアルタイム性が特長となる。

本開発では、放射性廃棄物地層処分における遠隔操作への適用をはじめ、一般土木への展開も考慮し、遠隔管理システムを開発している。既報<sup>2)</sup>では、高精度の3Dスキャナとリアルタイム計測が可能な3Dスキャナ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表示する機能について紹介した。本稿では、既報の点群データと設計図をシステム上でリアルタイムに重ね合わせる機能、および重ね合わせた点群データと設計図との差分をカラーマップでリアルタイムに表示する機能を追加し、遠隔での装置の操作や施工管理に向けたシステムの高度化を図ったので報告する。

#### 2. 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概要

本開発に用いた3Dスキャナを表-1に示す。例えば、遠隔操作で盛土・切土施工を行う場合、オペレーターはまず周辺環境と施工対象物を認識する。この認識行動に対し、点群密度が高く色情報も取得可能な高精度の3Dスキャナ（以降、3次元定時計測器と称す.）を選定した。ただし、この3次元定時計測器はリアルタイム性を有していない。次に、オペレーターは設計図（完成形）を目指して施工を開始する。現状の盛土・切土施工では、丁張がその役割を担う。この認識行動に対し、システム上で設計図を重ねられるようプログラムを組んだ。施工中、オペレーターは常に形状を確認し、設計図との差分を確認しながら施工をおこなう。この確認行動に対し、リアルタイムで計測が可能な3Dスキャナ（以降、3次元リアルタイム計測器と称す.）を選定した。また、システム上で3次元定時計測器により取得した点群データと重ね合わせて施工の進捗を確認、あるいは設計図との差分をカラーマップ表示し定量的に施工管理できるようにプログラムを組んだ。3次元リアルタイム計測器は、1走査当たりの測線数が異なる製品がラインナップされている。1走査当たりの測線数が多ければ、その分点群密度が高くなるがデータ容量も大きくなる。本開発では、施工規模に応じて点群密度の選択肢を持たせるため、16測線と128測線の両方に対応できるシステムとした。

表-1 使用した3Dスキャナ

要求性能	製品名	本稿での呼称
精度・視認性(点群密度・色)	Focus3D S120 (FARO)	3次元定時計測器
リアルタイム性	VLP-16 (Velodyne Lidar)	3次元リアルタイム計測器
	OS-128 (Ouster)	

キーワード 放射性廃棄物、遠隔操作、遠隔施工管理、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 : (03)3561-3919

### 3. 遠隔管理システムの構成と計算処理フロー

遠隔管理システムは、3次元定時計測器と3次元リアルタイム計測器、およびこれらの点群データを処理するソフトウェアからなる。システムの構成とそれぞれの役割を図-1に示す。また、施工段階に応じたデータ取得と計算処理のフローを表-2に示す。

### 4. 実証試験

開発した遠隔管理システムを実証するため、盛土・切土施工を対象に実証試験を実施した。試験の詳細については、次報<sup>3)</sup>を参照されたい。実証試験の結果、3次元リアルタイム計測器が持つ計測誤差とほぼ同等の精度で、設計図との差分をカラーマップでリアルタイムに表示できることを確認した。

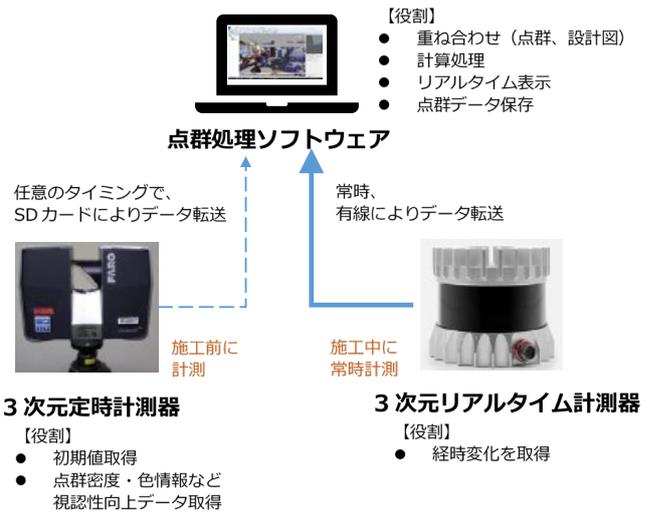
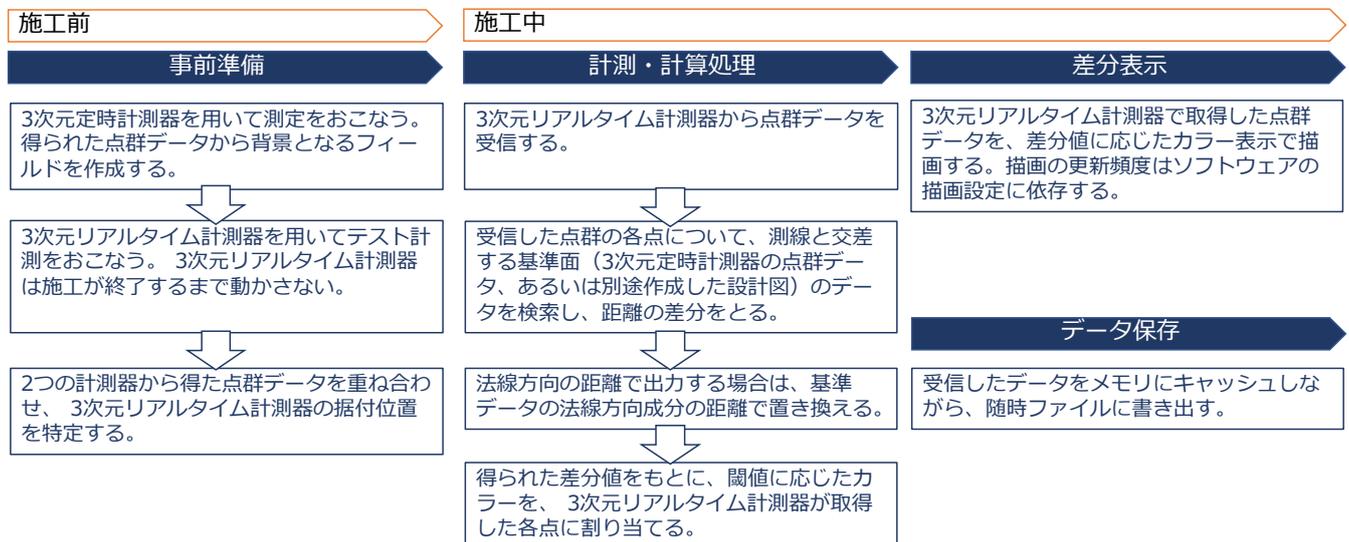


図-1 遠隔管理システムの構成

表-2 遠隔管理システムのデータ取得および計算処理フロー



### 5. 課題と今後の展開

本開発は、遠隔操作や遠隔での施工管理という目的を達成するため、各3Dスキャナが有する特長を利用したシステムであり、試験によってシステムの有効性が実証された。一方で、実証試験を通して明確になった課題もある。各3Dスキャナは市販の製品を用いており、3次元定時計測器はSDカードによるデータ転送である。また、3次元リアルタイム計測器は有線でのデータ転送である。完全遠隔化を目指すうえでは、これら計測器の無線データ転送機能の装備が望まれる。また、各3Dスキャナの点群データの重ね合わせ、設計図との重ね合わせは、手動で行うシステムとしているため、施工前の事前準備に時間を要した。この重ね合わせ作業を容易にするため、自動で重ね合わせできるプログラムに着手しているところである。このほかにも、システムの更なる高度化と実用化を目指して機能を拡充しているところである。

### 6. 参考文献

- 1) JAEA, RWMC：平成30年度 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する研究開発事業地層処分施設閉鎖技術確証試験報告書，2019。
- 2) 矢萩ら：3次元リアルタイム計測を適用した施工管理・検査システムの開発，土木学会第75回年次学術講演会，CS12-07，2020。
- 3) 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，投稿中，2021。