

## 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 —

清水建設（株） 正会員 ○渡辺 亜裕実 矢萩 良二 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  
 （株）地層科学研究所 非会員 林 邦彦

### 1. はじめに

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、広く一般土木への展開を考慮し、遠隔施工管理システムを開発している。遠隔操作に点群データを用いる場合、オペレーターが対象物を認識するためには、リアルタイム性だけでなく点群密度も重要視される。対象物が広範囲にわたる場合、点群の密度が低くてもオペレーターは対象物を認識することができる。逆に狭い範囲で細かな作業を行う場合は、密度の低い点群では対象物を認識しづらいため、より密度の高い点群が必要となる。このように施工規模により必要となる点群密度は異なり、必要な計測器の仕様も異なる。しかし、点群の密度が高くなるとデータ転送と処理に時間がかかり、リアルタイム性が損なわれることが危惧される。本稿では、点群密度が変化してもリアルタイム性が左右されないことを確かめるため、2種類の3次元リアルタイム計測機を用いて盛土・切土の施工状況を計測した、実証試験の結果について報告する。

### 2. 本試験で使用した3次元計測器

本試験では、取得点群数の違いがリアルタイム性に及ぼす影響を検証するため、2種類の3次元リアルタイム計測器を使用した。また、施工前の対象物を計測するために3次元定時計測器を使用した。使用した計測器の一

表-1 本実験で使用した3Dスキャナの一覧

製品名	メーカー	計測範囲	1走査の測線数 取得点群数/秒	本試験での役割
FOCUS3D S120	FARO	垂直：300° 水平：360°	縦横各 40, 960 976, 000 点/秒	3次元定時計測器
VLP-16	Velodyne Lidar	垂直：30° 水平：360°	垂直方向 16 測線 300, 000 点/秒	3次元リアルタイム計測器
OS1-128	Ouster	垂直：45° 水平：360°	垂直方向 128 測線 2, 621, 440 点/秒	3次元リアルタイム計測器

覧を表-1に示す。VLP-16とOS1-128は計測中、常に計測データの転送が可能であるため、3次元リアルタイム計測器に分類される。1走査当たりの垂直方向の測線数は、VLP-16は16測線、OS1-128は128測線であり、OS1-128はVLP-16に比べて単位時間当たりの取得点群数が多い。Focus3D S120は3次元の出来形測量や地形測量に頻繁に使用されている計測器である。垂直方向・水平方向ともにVLP-16とOS1-128に比べて測線数が多く、高密度で高精度な点群を取得することができるが、計測が完了するまでデータを転送することができないため、リアルタイム性を持たない。そのため、3次元定時計測器として分類している。

### 3. 実証試験概要

実証試験における、施工・計測のフロー図と施工対象をそれぞれ図-1、2に示す。試験は斜めに立てかけた水槽内へ

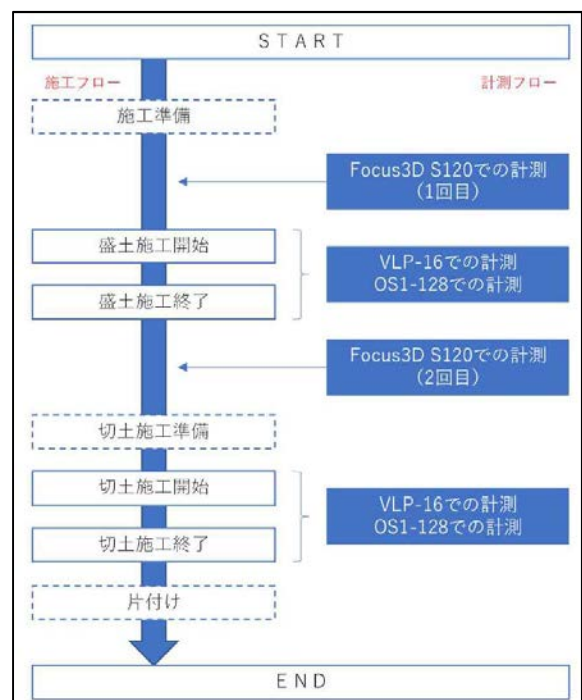


図-1 施工フロー

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

の盛土施工および切土施工を対象に行い、2種類の3次元リアルタイム計測器を使用して施工状況を計測した。3次元リアルタイム計測器2台とパソコンは有線でつながっており、施工中は常に計測データがパソコンに転送され、パソコン内のソフトで処理される。パソコンの画面には処理結果がリアルタイムで表示される。3次元定時計測器は、現状では全方向の計測が終了した後にSDカードでのデータ転送となるため、計測のタイミングは盛土施工と切土施工それぞれの開始前とした。施工対象と計測器の配置図を図-3に示す。

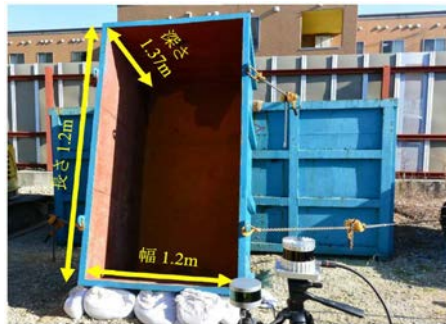


図-2 施工対象

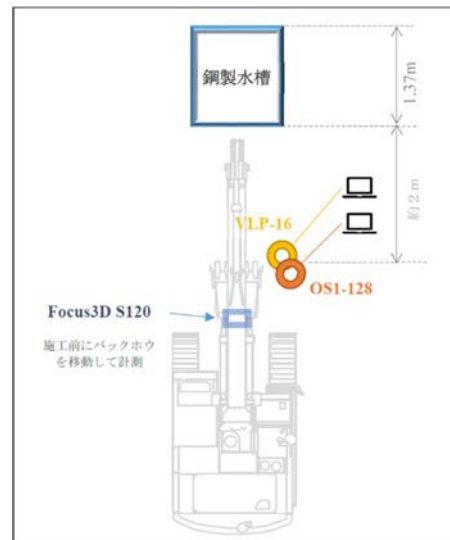


図-3 施工対象と計測器の配置

#### 4. 実証試験の結果

図-4に実証試験状況を示す。また、図-5は3次元定時計測器で施工前に計測した点群データに、3次元リアルタイム計測器と設計データとの差分値(カラーマップ)を重ね合わせて、リアルタイム表示している状況である。施工中はVLP-16, OS1-128それぞれの計測器より得られた計測データは、どちらも遅延なくパソコンに転送され、画面上に表示された。このことから、本システムは計測器の1走査当たりの測線数(単位時間当たりの取得点群数)の大小により、リアルタイム性が左右されないことを確認できた。また、どちらの点群データも、施工に使用した重機の動作と、盛土・切土の形状を、概ね計測器が有する誤差の範囲で認識することができた。図-6は、3次元リアルタイム計測器と設計データとの差分値のみをカラーマップ表示したものである。点群密度が高いOS1-128と比較して、点群密度が低いVLP-16の差分値データは重機の詳細形状までは捉えづらいつことが分かる。前述のとおり、施工規模に応じた計測機器の選定が必要である。



図-4 施工状況

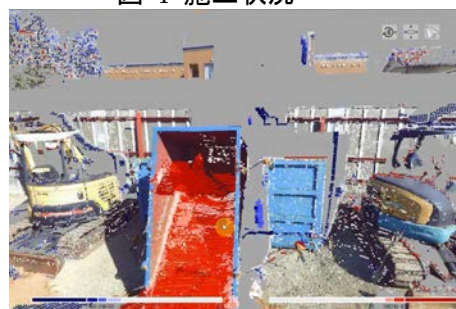


図-5 点群データと差分値のリアルタイム表示(左:VLP-16, 右:OS1-128)

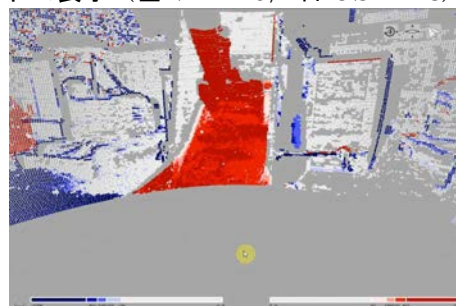
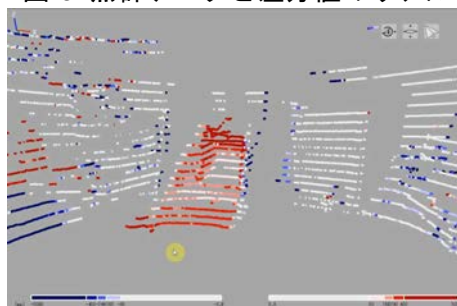


図-6 設計データとの差分値のみを表示(左:VLP-16, 右:OS1-128)

#### 5. 今後の課題

今回の実証試験においては、使用した3種類すべての3Dスキャナを任意の点に固定して計測を実施した。しかし、計測器を固定して計測をする場合、施工が進行していく過程をリアルタイムに追うことは難しい。施工状況の変化に追随する計測を行うためには、施工機械に3Dスキャナを直接搭載する方法が合理的である。そのため今後は、3Dスキャナを施工機械に搭載することを目指し、慣性計測装置やGNSS、トータルステーション等を利用した姿勢情報・移動情報取得機能との連携について検討していく。