

# レーザスキャナ計測で生成した点群データによる頭首工コンクリートの損傷検出

新潟大学大学院自然科学研究科 学生会員 ○ 柴野一真  
東京農工大学大学院農学研究院 正会員 島本由麻  
新潟大学自然科学系（農学部） 正会員 鈴木哲也

## 1. はじめに

近年、長期供用のコンクリート構造物が増加している。効率化および高度化を目的として、三次元データを活用した維持管理が進められている。レーザスキャナおよび UAV における高精度な点群データの取得が可能になり、より効果的で信頼性の高い損傷検出手法が期待されている。本論では、レーザスキャナ計測で得られた三次元データにより頭首工コンクリートの損傷検出を試みた結果を報告する。

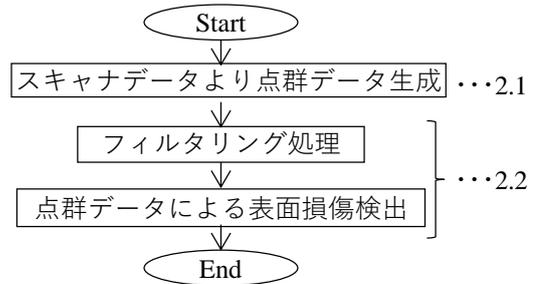


図-1 計測および解析フロー

表-1 スキャナの仕様

指標	単位	データ
波長	nm	1,550
明瞭識別距離	points/sec	122,000-488,000@614m 976,000@307m
測定範囲	m	0.6-150@90%
ビーム広がり	nm	1,550
範囲誤差	mm	±1

## 2. 実験および解析方法

対象構造物は供用年数 46 年の頭首工である。ひび割れが主に堰柱部で顕在化していた。計測および解析の流れを図-1 に示す。

### 2.1. レーザスキャナ計測および点群データ生成

点群データ生成のためのレーザスキャナ計測は FARO® Focus S150 laser scanner を用いて行った。測距に用いられた手法は位相差検出方式である。Time-of-Flight (TOF) 方式のスキャナより単位時間当たりの点群取得数が多い特徴がある。レーザスキャナの仕様を表-1 に示す。

点群データの生成は FARO SCENE により行った。高精度の点群データの作成のため、20 のスキャンデータを統合した。

### 2.2. 点群処理による表面損傷検出

既往研究では、画像処理や機械学習を用いた高精度のひび割れ検出が主に行われてきた。レーザスキャナ計測により得られた点群データ特有の指標として、座標データおよび反射強度が挙げられる。本解析では、幾何学特性および反射強度の指標を用いて損傷検出を試みた。

点群処理に用いたソフトウェアは Open-source CloudCompare software である。解析範囲は左岸側の堰柱である (図-2)。選定理由としては、ひび割れ、

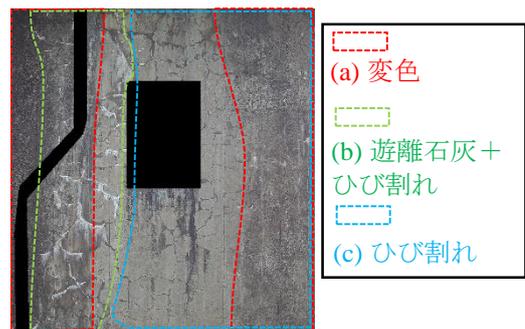


図-2 左岸側の堰柱の損傷状況 (解析面)

遊離石灰、変色が見られたためである。銘板およびパイプは解析面から除去した。点群から一定範囲外の孤立した点群はノイズとして除去を行った。遊離石灰は幾何学特性により検出し、ひび割れの検出は反射強度の指標を用いて検討した。

遊離石灰の検出は解析面全体の点群から RMS に基づく最小二乗法により得られた平面と点群との距離により行われた。ひび割れの検出は反射強度を

指標として行われた。送信信号強度と受信信号強度の関係を下式で示す<sup>2)</sup>。

$$P_R = \frac{\pi P_T \rho}{4R^2} \eta_{Atm} \eta_{Sys} \cos \alpha \quad (1)$$

ここで、 $P_R$  は受信信号強度、 $P_T$  は送信信号強度、 $\alpha$  は入射角、 $\rho$  は材料の反射率、 $\eta_{Atm}$  および  $\eta_{Sys}$  は大気透過率とシステム送信係数、 $R$  は距離である。

### 3. 結果および考察

#### 3.1. レーザスキャナデータによる点群生成

生成された点群と解析対象範囲を図-3にて示す。水面部においてレーザの反射と吸収のため、粗い点群やデータの欠損部が確認された<sup>3)</sup>。損傷検出を行う前に解析面のノイズを除去した(図-4)。

#### 3.2. 点群処理による表面損傷特性の評価

遊離石灰部の検出を図-5に示す。遊離石灰はひび割れの存在と水みちの存在を示す。図-5(左)に示すRGB点群において白い箇所が遊離石灰である。図-5(右)に示す平面と点群の距離において-0.010~-0.02 mの箇所と対応していることが確認された。

ひび割れの表面特性は反射強度により検討された。図-6に可視画像と反射強度を投影した点群を示す。反射強度は主に対象の色、粗さおよび水分に影響を受けるとされている<sup>2)</sup>。反射強度は遊離石灰部で100以上、変色を伴うひび割れ部は約30~80、変色部は約10を示した。以上の結果から、反射強度は色に大きな影響を受け、反射強度のみでは変色を伴わないひび割れの検出は困難であることが示唆された。

### 5. おわりに

本研究では、レーザスキャナ計測により得られた点群を用いて、コンクリート表面の損傷検出を試みた。その結果、幾何学特性に基づいた指標による遊離石灰の検出と反射強度による表面損傷検出の可能性が示唆された。

#### 参考文献

1) Huang, C-M. and Tseng, Y-H.: Plane fitting methods of LIDAR point cloud, 29th Asian Conference on Remote Sensing 2008, 2008.  
 2) Stałowska, P., Suchocki, C. and Rutkowska, M.: Crack detection in building walls based on geometric and radiometric point cloud information, *Automation*

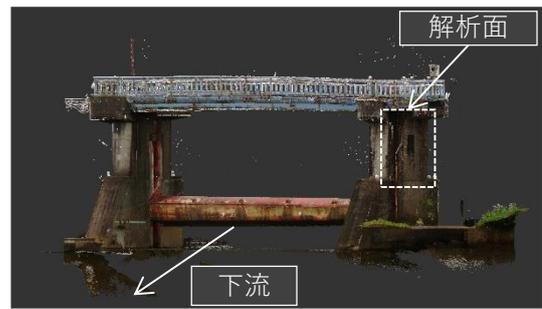


図-3 生成された点群と解析面

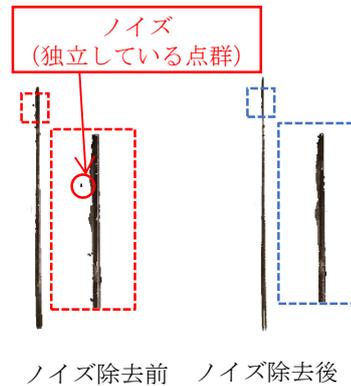


図-4 解析面(側面図)のノイズ除去

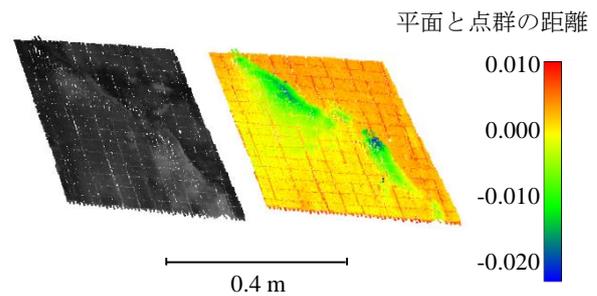


図-5 遊離石灰が確認された範囲でのRGB(左)と平面と点群の距離(右)

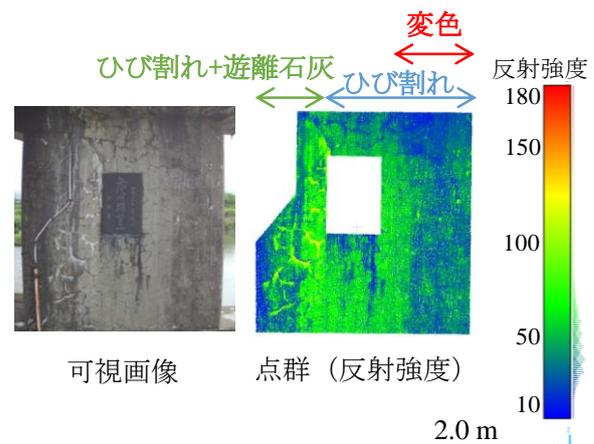


図-6 可視画像と反射強度を投影した点群

in *Construction*. 134, 104065, 2022.  
 3) Dong, Z., Liang, F., Yang, B., Xu, Y., Zang, Y., Li, J., Wang, Y., Dai, W., Fan, H., Hyppä, J. and Stilla, U.: Registration of large-scale terrestrial laser scanner point clouds: A review and benchmark, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 163, 327-342, 2020.