

# レーザスキャニングによるコンクリート構造物の損傷度評価 (1) -コンクリート表面特性に基づく回帰手法によるレーザ反射強度の推定-

株式会社小野組 非会員 ○ 井上若菜  
新潟大学大学院自然科学研究科 学生会員 柴野一真  
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、コンクリート構造物の維持管理に、詳細な三次元点群が取得可能であるレーザスキャナが用いられている。筆者らは、損傷コンクリート頭首工において反射強度によるひび割れ・遊離石灰の定性評価を行っている<sup>1)</sup>。反射強度は対象表面特性 (色・粗さ・水分状態) に影響を受けるが<sup>2)</sup>、未だそれらの関係は定量的に評価されていない。

そこで本研究では、損傷度の異なるコンクリート頭首工の点群情報から得られる幾何学指標および色指標を用いて、機械学習の回帰モデルより反射強度と表面特性の関係を明らかにした。

## 2. 実験および解析方法

### 2.1. レーザスキャニング計測

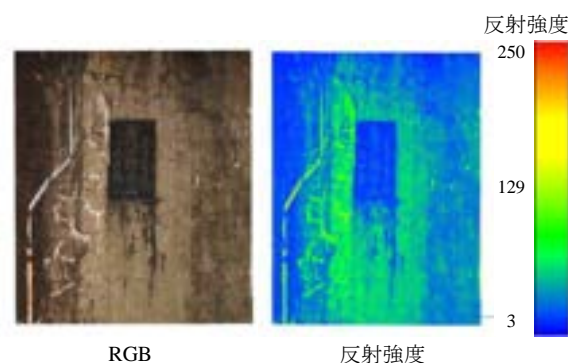
レーザスキャニング計測はひび割れが顕在化した頭首工 (損傷頭首工) (図-1 (a)) と目視でひび割れが確認できなかったコンクリート頭首工 (無損傷頭首工) (図-1 (b)) で行った。計測ではレーザ波長 1,550 nm の地上型レーザスキャナ FARO FocusS150 を用いた<sup>1)</sup>。

### 2.2. レーザスキャニング計測により取得した点群の反射強度の要因分析

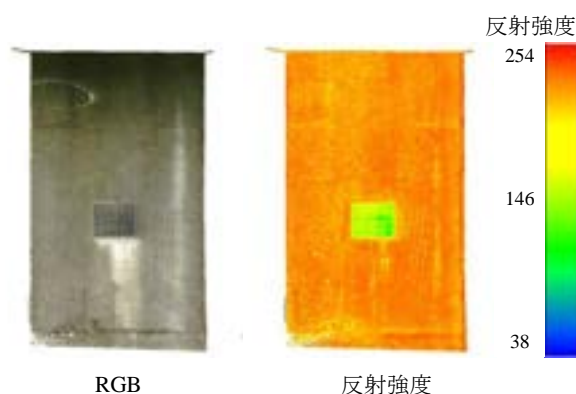
点群データは位置情報、色情報、反射強度を有している。中でも反射強度はコンクリート表面特性に影響を受けることが確認されている。受信信号強度と材料表面特性との関係を式 (1) で示す。

$$P_R = \frac{\pi P_t \rho}{4R^2} \mu_{Atm} \mu_{Sys} \cos \theta \quad (1)$$

ここで、 $P_R$  は受信信号強度、 $P_t$  は送信信号強度、 $\rho$  は材料の表面反射率 (粗さ, 色, 水分状態)、 $\mu_{Atm}$  は大気透過率、 $\mu_{Sys}$  はシステム送信係数、 $\theta$  は入射角、 $R$  は距離とする。



(a) 損傷頭首工



(b) 無損傷頭首工

図-1 レーザスキャニング計測したコンクリート頭首工の RGB 点群と反射強度 (左岸側門柱部)

本論では、位置情報から局所的な粗さ指標を算出し、粗さおよび色指標と反射強度の関係を機械学習の回帰モデルにより定量的に評価した。色情報は画像により得られた RGB を H (色相)、S (彩度)、V (明度) に変換した。

粗さ・色情報により反射強度を予測する回帰モデルを、モデルの解釈が容易である決定木 (DT) および決定木ベースの Light GBM (LG) を用いて構築した (図-2)。反射強度と粗さ・色情報の関係を重要度により評価した。

### 3. 結果および考察

損傷および無損傷頭首工において、DTによる回帰のRMSEはLGによるRMSEより大きかった。高精度なLGによる反射強度の予測値と実測値の関係を図-3に示す。損傷および無損傷頭首工におけるRMSEはそれぞれ1.184, 7.696であった。損傷頭首工では、反射強度が広く分布し、色・粗さ情報で高精度に予測可能であった(図-3(a))。無損傷頭首工では、反射強度は150-250近傍に分布し、色・粗さ情報では予測が難しいと考えられる(図-3(b))。

図-4にDTおよびLGによる損傷頭首工における回帰に寄与した説明変数の重要度を示す。説明変数の重要度は両アルゴリズムにおいて、V(明度)が最大であった。これは、反射強度は黒い変色、ひび割れでは高く、白い遊離石灰部では低い値であるという定性評価と一致する。LGでは、Vが最大であったが、DTと異なり、HおよびSにおいても同等の値を示した。勾配ブースティングによる変数重要度は変数の分布特性によって変化することが知られている<sup>3)</sup>。

### 5. おわりに

本報では、コンクリートの表面特性とレーザスキャナから得られる反射強度の関係を明らかにした。検討の結果、変数重要度より反射強度は明度に大きな影響を受けることが示された。今後の課題として、本研究では考慮していない水分率などの指標についても検討を行い、反射強度の回帰に有効な変数を探索する必要がある。

**謝辞:** 本研究では、計測実施において新潟県農地部にご協力いただきました。ここに記して感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 柴野一真, モロゾバナデージダ, 島本由麻, 鈴木哲也, 伊藤久也, 千代田淳, 末松格太郎, 橘勇貴, レーザ計測による農業水利施設の三次元損傷データの構築, 水土の知, **91** (6), 3-6, 2007.
- 2) Suchocki, C. and Katzer, J., An example of harnessing Terrestrial Laser Scanner for remote sensing of saturation of chosen building materials, Construction and building materials,

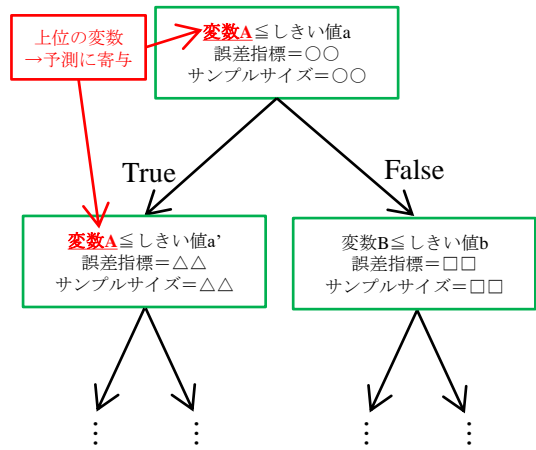


図-2 決定木による説明変数の重要度の算出

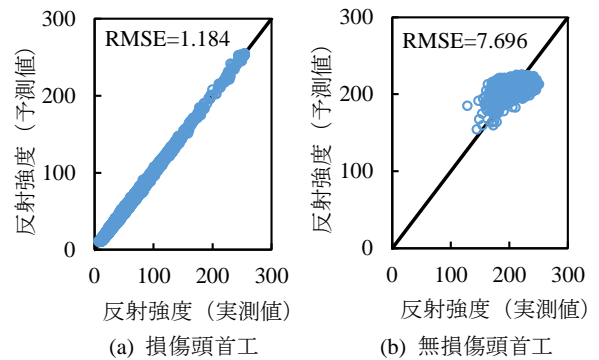


図-3 LGによる反射強度の予測値と実測値の関係

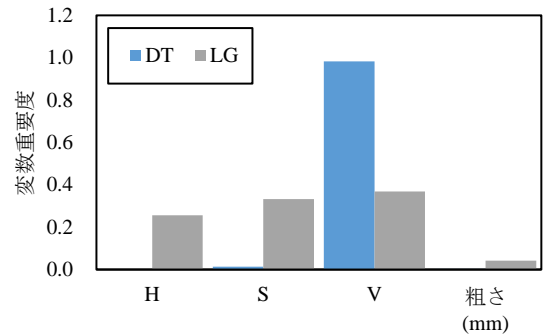


図-4 説明変数の重要度 (損傷頭首工)

122, 400-405, 2016.

- 3) Strobl, C., Boulesteix, AL., Zeileis, A. et al., Bias in random forest variable importance measures: Illustrations, sources and a solution, BMC Bioinformatics, **8**(25), 2007.