

地上型3次元レーザースキャナにおける被測定物と反射強度の関係

株式会社テクノシステム 正会員 丹治史哉
株式会社仙台測器社 正会員 三浦太佳也
東北大学大学院工学研究科 正会員 後藤光亀

1. はじめに

地上型3次元レーザースキャナは、高密度なレーザー光を計測対象物に照射し、被計測物の3次元点座標群と色 (RGB) 画像およびレーザー反射強度をデジタル計測でき、現地で非接触かつ短時間でノートパソコンにデータ収集することが可能である。この計測システムにより、立ち入りの難しい歴史的な建造物等の詳細な現状情報の取得が期待される。本報告では、明治 10 年代に建設された近代土木遺産である宮城県東松島市の野蒜築港市街地に残るレンガ橋台に着目し、建造物の素材であるレンガ、セメント硬化物、自然石などのレーザー反射強度に関する基礎データを収集するとともに、その利活用方法の可能性について考察を加えた。

2. 調査方法

現地調査は平成 22 年 11 月 9 日に行い、図-1 に示す新鳴瀬川跡の野蒜築港跡のレンガ橋台「下の橋」の計測と、レンガを中心とした30種類の素材 (レンガ22種、コンクリートブロック4種、木材1種、金属2種、自然石1種) の反射強度を収集した。本報告ではその中から一般的なレンガ、耐火レンガ、合板、橋台レンガ、稲井石などについて述べる。

計測には、図-2 に示す TOPCON 社製地上型3次元レーザースキャナ GLS-1000 を使用した。この機械は、1535nm の波長のレーザーを、被計測物に 3000 点/秒で照射することができ、20m 先で 1 mm 間隔でのデータ取得ができる。また、測定精度は 4 mm (σ) / 1 ~ 150m である。位置座標値は小数点以下 3 位までの mm まで、反射強度は 0 ~ 2200 までの数値 (数値はメーカー規定値)、色情報は R (赤) G (緑) B (青) が各々 256 階調での数値にて表現される。これらの情報は、専用のソフトウェアより様々な表現方法でデータを表示することも可能である。素材の計測では、センサーから約 9m 付近に被計測物を並べ、レーザーの測定間隔 (ピッチ) 等の条件を 9m 先で 1 mm 間隔と設定



図-2 地上型3次元レーザースキャナ

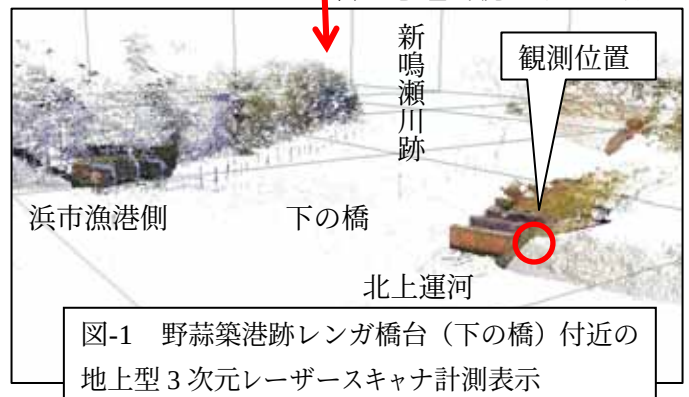


図-1 野蒜築港跡レンガ橋台 (下の橋) 付近の地上型3次元レーザースキャナ計測表示

した。

また、レーザーは、被計測物へのレーザー光の入射角や材質・色などにより変化することに加え、1535nm の波長のレーザー光の場合、水にレーザー光が吸収されやすい特性があり、素材によって反射強度が変化する。(図-3) そこで、素材の反射強度計測は、計測Ⅰ:被計測物がレーザー入射角 90° (正面に直角入射) とし、素材の代表的な反射強度の評価に対する解析面積の影響、計測Ⅱ:水で濡れた被計測物 (レーザー入射角 90°) の反射強度への影響評価に対して行った。

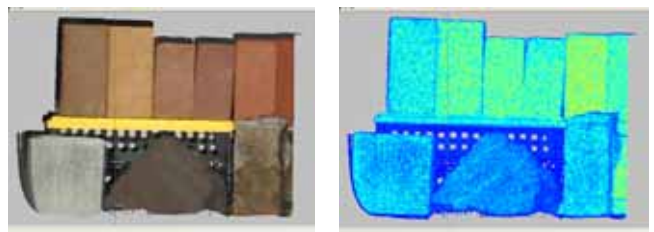


図-3 被計測物の違いによる反射強度の事例 (下段左より、コンクリートブロック、稲井石、橋台レンガ)

3. 結果および考察

図-4 に、計測Ⅰの各素材の解析面積 (一辺 1、3、5、

キーワード:地上型3次元レーザースキャナ、反射強度、土木遺産、

連絡先:株式会社テクノシステム Add.仙台市宮城野区東仙台 3-1-45 Tel.022-297-2151

10cmの正方形)の反射強度を示す。レンガ橋台のレンガと稲井石以外は、市販の新品である。同図より、各素材とも一辺3cmの正方形の解析面積があれば、ほぼ一定の反射強度を示す。反射強度は表面の粗密度、汚れなどがレーザー反射強度に影響し、表面が緻密であれば反射強度が高く、表面が凸凹であればレーザーは散乱し反射強度は小さくなる。また、色は黒など色が濃い場合、反射強度が小さい傾向にあるが、その理由は明確ではない。表-1は計測Ⅱの結果で、同一の素材の乾燥状態と水に濡らした場合の

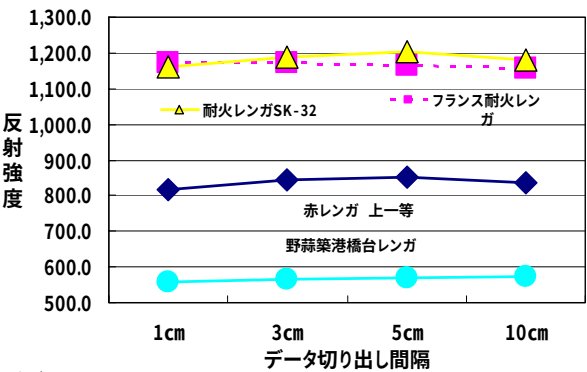


図-4-1 代表的な反射強度の評価（レンガ類）

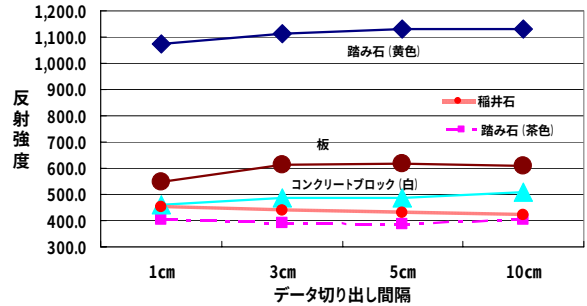


図-4-2 代表的な反射強度の評価（コンクリート他）

表-1 水分による反射強度への影響評価

材質名(注1)	データ数(注2)		反射率	
	反射計測データ数	水濡れ減少率(%)	平均値	水濡れ減少率(%)
レンガA	846		1,187.1	
レンガA(水濡れ)	506	59.8	813.8	68.6
レンガB	1,647		1,141.9	
レンガB(水濡れ)	504	30.6	866.8	75.9
レンガC	865		1,131.2	
レンガC(水濡れ)	399	46.1	689.8	61.0

(注1) レンガA=耐火レンガSK-32、レンガB=赤色レンガ、レンガC=コーラルタンブルレンガ(ミックス 白)
(注2) 計測面:3cm ×3cm

反射強度の変化を示した。対象とした3種類のレンガでは、水に濡れるとセンサーに計測される反射レーザーパルス数が減少し、かつ反射強度も低下する。1535nmのレーザー光の水中での吸光は、 $10^1 \sim 10^2$ (1/cm)と大きく、反射強度を小さくする。

図-5～図-7は、レンガ橋台の「下の橋」側面(石巻側で海側)の3次元レーザースキャナの解析結果を

示す。図-5は、搭載カメラの色情報と3次元座標点データ群、図-6は、反射強度と3次元座標点データ群である。図-7の反射強度の小さい青色のレンガは、色が黒褐色から茶褐色の濃いレンガ色で、風化が進行せずレンガの原寸法を保持している。また、橋台の下端は潮汐の影響を受け、レンガが湿潤状態にあり、反射強度が小さい。潮汐の影響を受けない青色の反射強度を示す風化の少ないレンガの面を6点選択し、これらを基準点としてレンガ橋台側面(海側)の基準平面を決定し、その基準平面からの凹凸を図-6に示す。橋台の上端のレンガ飾りの欠損が明確となり、またレンガの欠損や目地欠落の状況を表示することが可能となった。



図-5 色情報表示（レーザースキャナデータ）

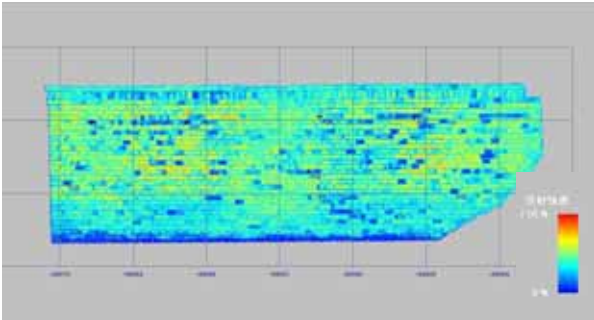


図-6 反射強度表示（レーザースキャナデータ）

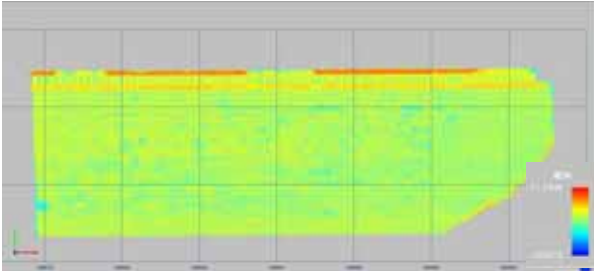


図-7 凹凸表示（青～赤：0～25.4 cm）

4. おわりに

歴史的な遺跡・建造物への地上型3次元レーザースキャナの反射強度データを用いた利活用について考察を加えた。レンガ状況を反射強度で表現するにはさらなる検討が必要であるが、今回の解析例はその可能性を示す一事例として期待される。