

3Dスキャナを用いた鋼板の3次元座標データの収集

和歌山工業高等専門学校 学生会員 ○中島 輝生
 和歌山工業高等専門学校 正 会 員 山田 宰
 神戸市立工業高等専門学校 正 会 員 酒造 敏廣
 東海旅客鉄道株式会社 石徹白 翔太, 片井 大介

1. まえがき

3次元レーザスキャナ（以下、3D スキャナと呼ぶ）は、昨今の測量技術、とりわけ、レーザ測距技術の発達に伴い、容易に3次元座標データを得られることができるツールとして様々な用途がある。土木分野への適用例として、トンネルの断面形状把握¹⁾や地すべり状況の把握²⁾などで大きな威力を発揮している。ところで、3D スキャナを用いて橋梁などの鋼構造物の解析モデル作成が作成できれば、より多様な用途に3D スキャナを利用することができ、かつ、より正確な数値解析の実施が可能になるものと考えられる。

本研究は、3D スキャナによる3次元座標データを直接的、間接的に用いた、鋼構造物の弾塑性有限変位解析のためのモデルの作成を念頭にして、スキャンデータを利用するためのデータ整理手法について検討を行ったものである。

2. 3Dスキャナとスキャン対象

本研究で用いた3D スキャナである Leica ScanStation C10 を写真-1 に示す。また、その規格を表-1 に示す³⁾。この3D スキャナは最大で水平360度、鉛直270度の範囲がスキャン可能である。また、最大の測定距離は反射率90%時に300mである。さらに、スキャンスピードは最大で50,000点/sであり相当程度に高速なスキャンの実施が可能である。単発の測定精度は座標値に対して6mm、距離に対して4mmであり、この精度が許容できる場合であれば直接的にスキャンデータの利用が可能であると言える。

本研究では、鋼構造物への適用を念頭にして、一辺1mの正方形鋼板を対象にしてスキャンを行った。スキャンにあたり、3D スキャナと鋼板は約10mの間隔を持たせた。なお、鋼板はあらかじめワイヤーを用いて鋼板中央部を牽引してたわみを生じさせている。

3. スキャンデータのノイズ除去手法

既述の通り、今回使用した3D スキャナから得られる座標値には大きく見積もって6mm程度の誤差が含まれていることになる。この誤差の原因の一つとしてトランシットやトータルステーションで発生する三軸誤差が挙げられる。三軸誤差の一部は望遠鏡を反転させつつ観測を行い正位、反位の測定結果を平均することにより消去できることが知られている。3D スキャナにおいても正位、反位の測定を試みたが、必ずしも同一の点をスキャンするとは限らず、正位、反位の測定点に差異が生じることが判明した。

そこで、スキャンデータからノイズを除去する手法としてフーリエ変換を用いた。ある連続的な時間の関数 $g(t)$ が与えられたとき、フーリエ変換と逆フーリエ変換の式は以下の式で表される⁴⁾。



写真-1 Leica ScanStation C10

表-1 Leica ScanStation C10 の規格³⁾

測定範囲	距離	最大	300m
		最小	0.1m
	角度	水平	360°
		鉛直	270°
単発測定精度	座標	6mm	
	距離	4mm	
スキャンスピード	50,000 点/s		

キーワード 3D レーザスキャナ, ノイズ除去, フーリエ変換

連絡先 〒644-0023 和歌山県御坊市名田町野島 77 TEL:0738-29-8456 FAX:0738-29-8469

$$G(f) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t)e^{-2\pi ift} dt \quad (1)$$

$$g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} G(f)e^{-2\pi ift} df \quad (2)$$

上式のうち、式(1)はフーリエ変換を表す。一方で式(2)は逆フーリエ変換を表す。これらの式から、時間の関数 $g(t)$ をフーリエ変換することにより周波数の関数 $G(f)$ に変化し、かつ、 $G(f)$ を逆フーリエ変換すると $g(t)$ に戻ることがわかる。そこで、この原理を応用して 3D スキャナの座標データを波としてとらえ、フーリエ変換と逆フーリエ変換を行ってノイズに該当する周波数の波の除去を行った。なお、実際のスキャンデータについては、離散フーリエ変換を用いている。

4. 鋼板のスキャン結果とノイズ除去結果

(1) 奥行方向と横方向の座標値

3D スキャナを用いて鋼板を測定した結果のうち、鋼板中央部付近の奥行方向の座標値と水平方向の座標値を図-1 に示す。図中には、ノギスを用いて鋼板を実測した結果（実測値）も合わせて示している。この図から、スキャンデータは実測値に対応して概ね同様な傾向が見られ、鋼板中央部に向けて徐々に奥行方向の座標値が上昇していることがわかる。また、スキャンデータの奥行座標値はバラツキが見られ、鋼板の形状を把握することは難しいことがわかる。

(2) スキャンデータのパワースペクトル

スキャンデータの横方向の座標値を時間と読み替え、フーリエ変換を行い得られたパワースペクトルを図-2 に示す。スキャンデータには 1Hz 付近の波が最も大きく影響を及ぼしていることがわかる。その一方で、ノイズがスキャンデータに含まれていることにより、周波数が大きな成分も多分に含まれていることがわかる。

(3) ノイズ除去したスキャンデータ

フーリエ変換を行った結果から、2Hz 以上の部分を削除し、逆フーリエ変換を行った結果を図-3 に示す。この図から、2Hz 以上の周波数の波が除去されたことにより、奥行き方向のスキャンデータに含まれていた座標値の細かな変動が減少していることがわかる。このことから、除去する周波数を適切に選択すればスキャンデータの細かなバラツキを抑制できるものと考えられる。その一方で、実測値とノイズ除去値には依然として差異が見られ、さらなる検討が必要であると言える。

4. まとめ

本研究は、3D スキャナを用いて鋼板をスキャンし、スキャンデータからのノイズの除去を試みたものである。フーリエ変換を用いることにより座標値の細かなバラツキを抑制できる可能性のあることを述べた。

参考文献 1)塩崎正人, 安藤文彦, 岡本 隆: 3次元レーザースキャナーのトンネル施工管理への適用事例, 建設の施工企画' 07.11, 日本建設機械化協会・日本建設機械施工協会, pp.20-25, 2007 年 11 月。2)下村博之, 武士俊也, 石田孝司, 樋口佳意, 西山昭一, 児玉 浩: 地上型レーザースキャナーによる地滑り地表面把握の試み, 第 49 回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.222-223, 2010 年 7 月。3)ライカジオシステム株式会社: Leica ScanStation C10 テクニカルデータ。4)金丸隆志: Excel で学ぶ理論と技術 フーリエ変換入門, ソフトバンククリエイティブ株式会社, 2007 年 1 月。

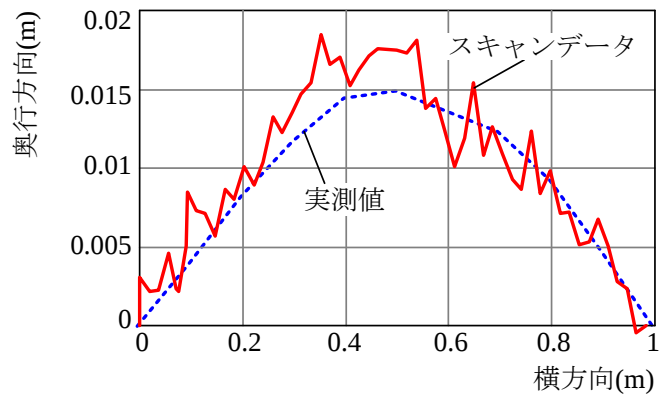


図-1 スキャンにより得られた鋼板の座標データ

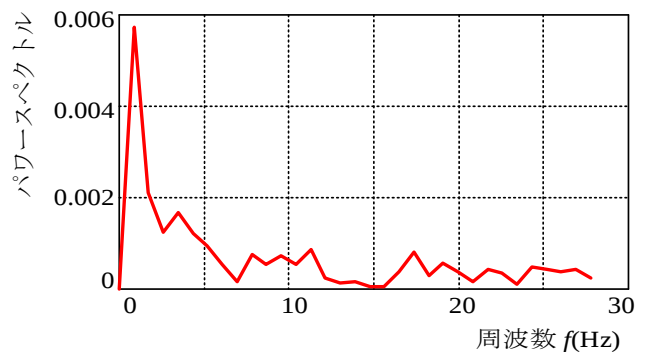


図-2 パワースペクトル

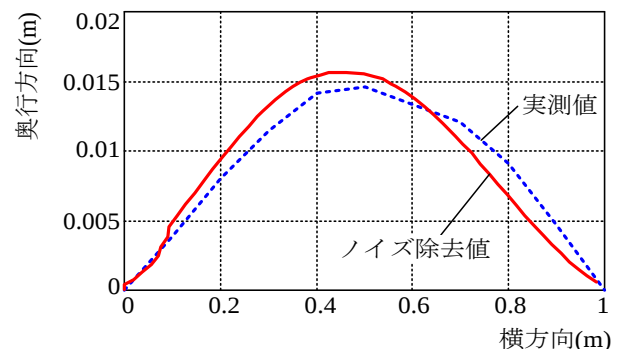


図-3 2Hz 以上の成分を取り除いたノイズ除去値と実測値