

## レーザスキャナ及びデジタルカメラによる3次元計測に関する一考察

(株)計測リサーチコンサルタント 正会員○渡邊 弘行 正会員 西村 正三 米本 雅紀 蔵重 裕俊

### 1. はじめに

近年、レーザスキャナ及びデジタルカメラを利用した3次元計測は利用しやすい環境になってきている。レーザスキャナは、以前に比べて機器本体の価格が安価になり機種も増えている。デジタルカメラは、計測に利用する1,000万画素クラス以上の一眼レフカメラが一般的なものとなり容易に利用できるようになっている。ただし、土木分野ではこれらの3次元計測手法が幅広く利用される状況にまでは至っていない。有効な計測手法として活用されるケースはあるものの、求めるニーズに上手く適合しないケースがあるためと考えられる。また、これらの計測手法に関する情報が関係者に広く知られていないことも一因と考えられる。本報では、筆者らが関係しているこれらの計測事例を踏まえ、計測手法の基本的な特性と最近の実施事例を紹介するとともに、今後の展開・課題等について考察する。

### 2. レーザスキャナ計測の概要

レーザスキャナは高密度でレーザを計測対象に照射し、連続面的に形状・座標を取得するものである。筆者らが保有しているレーザスキャナの一例を表-1に示す。長距離型と近中距離型は三脚に据え置いて計測する。小型高精度型は手で保持して計測する。近年は車両に搭載して移動しながら計測するものもある。個々の仕様は製造メーカーにより相違はあるが、大まかな分類はこの表ようになる。ILRISとFAROの精度は±3mm程度であり他の同様機種でも同程度である。REV Scanは数10cmから数m程度の大きさの対象物を高解像度で計測するのに適しているが、高解像度にするのに従い1回あたりの計測範囲が狭くなる。いずれの機種でも計測後の解析処理から座標や距離等を求めるため、一般的な測量機器のように距離等をリアルタイムで示すことができない。

表-1 レーザスキャナ一覧

長距離型 (ILRIS)	近中距離型 (FARO)	小型高精度型 (REV Scan)
<ul style="list-style-type: none"> <li>測定範囲は5~350m程度</li> <li>精度は100m距離で±3mm</li> <li>大型構造物、地形形状等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定範囲は0.5~76m程度</li> <li>精度は10m距離で±3mm</li> <li>建屋内部、中小構造物等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象から30cmの距離で計測</li> <li>精度0.05mmで解像度0.1mm</li> <li>小型物、微細物、微小変形等</li> </ul>
		

近年は車両に搭載して移動しながら計測するものもある。個々の仕様は製造メーカーにより相違はあるが、大まかな分類はこの表ようになる。ILRISとFAROの精度は±3mm程度であり他の同様機種でも同程度である。REV Scanは数10cmから数m程度の大きさの対象物を高解像度で計測するのに適しているが、高解像度にするのに従い1回あたりの計測範囲が狭くなる。いずれの機種でも計測後の解析処理から座標や距離等を求めるため、一般的な測量機器のように距離等をリアルタイムで示すことができない。

### 3. デジタルカメラ計測の概要

デジタルカメラによる計測の考え方は従来より行われている写真測量と同様であり、ステレオ撮影の原理から座標を算出するのが基本である。計測用解析処理ソフトが複数提供されており目的や状況等に応じて選択することが可能である。座標計測に合わせて形状計測や面積・体積計算等を行うものが多いが、標点座標位置の挙動を高精度で計測するものもある。カメラ画像を利用して解析するため中小規模の対象物に適している。大規模な対象物に適用するには多数の画像取得が必要になるため適用には注意が必要である。

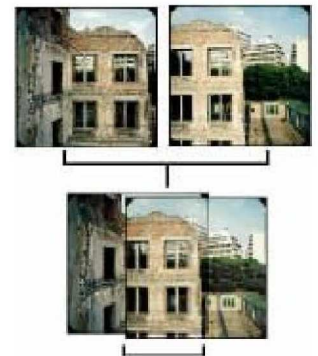


図-2 ステレオ撮影のイメージ

### 4. 小型高精度ハンディスキャナ計測の活用

土木分野の計測では比較的大型の対象物が多く、据置タイプの長距離型・近中距離型のレーザスキャナを利用するケースが多い。全体形状や体積等に利用する場合は詳細な精度を要求されないが、局所的な変位等を把握したい場合には0.1mm単位の精度が求められるケースがある。据置タイプの高精度レーザスキャナも開発さ



図-3 小型高精度ハンディスキャナの計測方

キーワード 3次元計測, レーザスキャナ, デジタルカメラ, 写真計測, ハンディスキャナ, 稜線抽出

連絡先 〒120-0006 東京都足立区谷中2-10-7 エムケイビル TEL03-5673-7050 E-mail:watanabe@krcnet.co.jp

れてはいるが、まだ業務レベルで利用できる状況には至っていない。従来より工場等では可動アーム式の小型高精度レーザスキャナが利用されているが、土木分野への適用は難しかった。しかし、計測部を手で保持してレーザを照射する小型高精度ハンディスキャナが提供されるようになり、筆者らは早速これを導入し業務に適用している。(図-3) このスキャナの利点は次のとおりである。

- ①0.1mmの高解像度で計測対象を表現できる
- ②自由に動かせるため複雑な形状を計測できる
- ③計測状況を確認しながら計測できる

このスキャナはこれまでに文化財関係の保存・修復等の検討で使用される例が多い。図-4に示す事例では計測結果から模型も製作している。部材表面の形状計測を実施した事例として、コンクリート表面の例を図-5に示す

とともに木部材表面の例を図-6に示す。いずれも表面の凹凸を高精度で計測しており0.1mmクラスの等高線で結果を表している。この他、既存のRC構造物のたわみ変形を0.1mm精度で計測した事例もある。本来、レーザスキャナは立体的な3次元形状を計測することを目的としたスキャナであるが、高精度計測の特色を活かして表面の凹凸や変位状況を把握する計測での活用も見られる。



図-4 文化財の事例

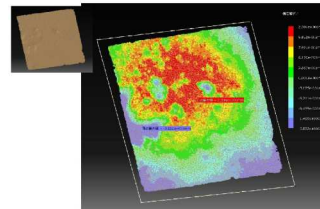


図-5 コンクリートの事例

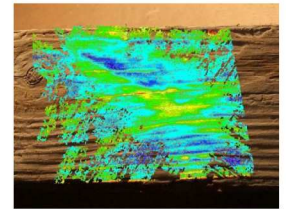


図-6 木部材の事例

## 5. デジタルカメラ計測の活用

昨年開港した羽田空港D滑走路の棧橋部工事ではデジタルカメラ計測の特色を上手く活用している。D滑走路では一部が棧橋構造になっている。この棧橋工事では工場製作した鋼製ジャケットを現地に運搬し先行打設された鋼管杭に据え付ける。その後、個々の鋼製ジャケットを間詰め部材にて接続して一体構造にする。この部材は現地計測の結果に基づき製作するが、ジャケット間は2~2.5m程度離れており部材間の座標が3次元の微妙な位置関係になるため、メジャーで正確に計測するのは困難である。(図-7)そこでデジタルカメラ計測を活用した。デジタルカメラ計測では1台のカメラで対象物を複数回撮影するのが一般的である。また、部材座標を求める場合には標点を貼付する方法がよく用いられる。しかし、ここでは海上の特殊な作業条件と安全性を考慮して標点貼付を省略し、デジタルカメラ3台を1セットにして撮影する方法を採用した。(図-8)制約の多い場所での計測作業だったが、計測精度を確保しつつスピーディに業務を実施することができた。



図-7 ジャケットの据付状況

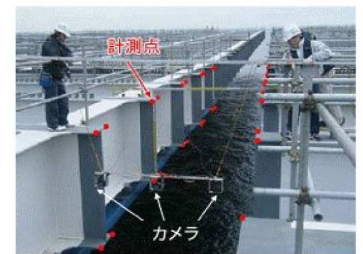


図-8 計測の状況

## 5. まとめ

レーザスキャナは今後も機器の高精度化・高機能化が期待され、土木分野での利用も促進される環境にある。ただし、膨大な点群データを解析処理する際の高速化・効率化が重要な課題と考えられる。解析処理用PCの高性能化も期待できるが、データ処理面からの方策が効果的である。例えば、点群から自動で面や稜線を抽出できればデータ軽量化の効果が得られるとともに、変位監視用機器への活用も可能になる。<sup>1)</sup>

デジタルカメラは解析処理部分での進展に期待ができる。複数の撮影データをリアルタイムで処理して3次元表示するシステムも最近提案されており、今後は利用形態の多機能化が期待できる。一方、土木分野では簡単・高精度の計測に関するニーズも潜在的に多いと考えられるため、この分野での進展に期待したい。今後は技術面の動向により注視しつつ最良の技術提案を行いたい。

### 【参考文献】

- 1) 北村和男ほか:実環境での測定を考慮したレーザスキャナからの点群データを用いたブレイクライン抽出, 第16回画像センシングシンポジウム, パシフィコ横浜, 2010年6月, IS1-08