

ハンディレーザスキャナの利活用

烏山 類・澤口 侑古・澤 幸輝・濱村 龍平・大竹 優輝（株式会社アスコ大東）

1. はじめに

全ての産業界では常に技術開発が行われており、建設コンサルタント業界においても、新技術の開発により、年々建設技術が進展している。我々、建設コンサルタントの技術者は、積極的に新技術を導入し、様々な分野での利活用を見出し、継続的に技術力を向上させることが必要不可欠である。

本節では新技術の一つである、移動しながら三次元点群データを取得することのできるハンディレーザスキャナの機器構成、解析手法および利活用について述べる。

これまで、三次元点群データ作成に用いられてきたレーザ計測の手法は、航空レーザ測量、MMS（モバイルマッピングシステム）、地上レーザスキャナが代表的である。こういった計測機器に加え、近年では、より簡易で直感的に計測することのできるハンディレーザスキャナが注目されており、地形測量あるいは三次元点群データ作成に利活用されることが期待されている。

弊社では、平成29年6月よりハンディレーザスキャナを導入し、どういった作業に利活用できるかについて検討している。当然のことながら、利活用するためには、計測機器が所有する計測精度が重要な要件であることから、ハンディレーザスキャナの計測精度について検証した。

2. ハンディレーザスキャナの構成

2.1 レーザスキャナユニット

自己位置推定および点群データ取得に使用するレーザスキャナユニットは、VLP-16（Velodyne社製）で図2に示す。仕様は表1のとおりである。

特徴としては以下の2点がある。

- ・GNSSが必要なく、屋内・屋外問わず計測可能。
- ・地表面のデータが計測可能。



図1 ハンディレーザスキャナ

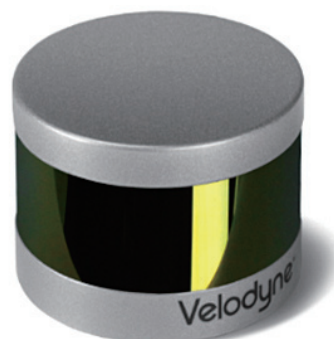


図2 VLP-16

表1 レーザスキャナユニットの仕様

項目	性能
重量	約830g
センサータイプ	16個のレーザ+検出器（送受信センサー）
測定範囲・測定視野	水平360°全方位 垂直30°（+15°～-15°）
測定距離	約100m（1m～100m）
測定スピード	5～20Hz
測定ポイント数	約30万ポイント/秒
測定精度	（1σ@25m）
角度分解能	水平0.1°～0.4° 垂直2.0°
レーザクラス	Class 1 Eye Safe

2.2 CCDカメラ

自己位置推定を補助するために使用するCCDカメラで、仕様は表2のとおりである。



図3 CCDカメラ

表2 CCDカメラの仕様

項目	性能
解像度	640×360
画像	白黒
フレーム率	50Hz

2.3 プロセッサ及びデータロガー

リアルタイムSLAMの演算および計測データの収集を行うもので、仕様は表3のとおりである。



図4 解析機器

表3 解析機器の仕様

項目	性能
寸法	110mm×141mm×162mm
入力電源	12-19VDC
プロセッサ	Intel NUC Dual Core Ubuntu Linux OS
連続計測時間	約45分 (23000mhaリポバッテリー) の場合)
ストレージ	250GB
IMU	MEMS ZOO HZ 6軸センサー

3. 検証実験

3.1 精度検証概要

ハンディレーザスキャナの精度検証は、リアルタイムSLAM処理により取得した計測軌跡データとトータルステーションによる観測データとの比較により行った。精度検証の条件は、リアルタイムSLAM処理が成立する最も厳しい環境における精度とした。この条件を満たすために、計測進行方向・直角方向100m以内に物件・物体が無い地形で、且つCCDカメラによる補助を停止し、SLAM処理が成立しない環境を意図的に設定した上で、人工的に特徴点となる物体を設置、SLAM処理が成立する最低限の環境を構築し検証した。また、計測延長は直線100mとした(図5)。

計測軌跡の観測方法は、計測機器上部に反射鏡を取り付け、計測始点の後方に設置したトータルステーションによる放射法で反射鏡を計測開始から終了まで約1秒から2秒間隔で観測した。

3.2 観測結果

3.2.1 特徴点非設置の場合

特徴点を一つも設置せずに観測した場合、図6の白い軌跡になった。赤い軌跡がSLAMが正しく機能している軌跡であり、非設置の場合では自己位置を正しく推定できず、大きくカーブするような軌跡となった。

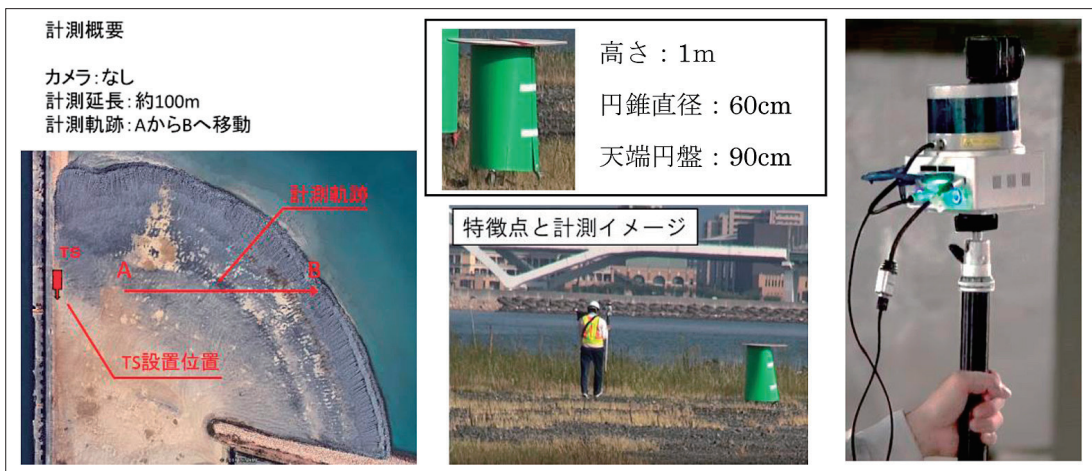


図5 ハンディレーザスキャナ精度検証概要

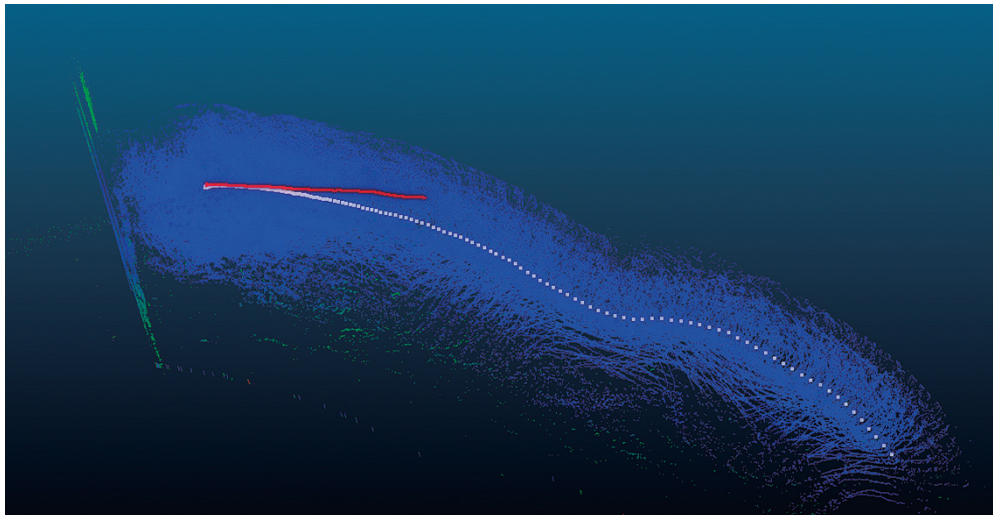


図6 特徴点非設置の場合の観測軌跡



図7 特徴点設置位置 (1点の場合)

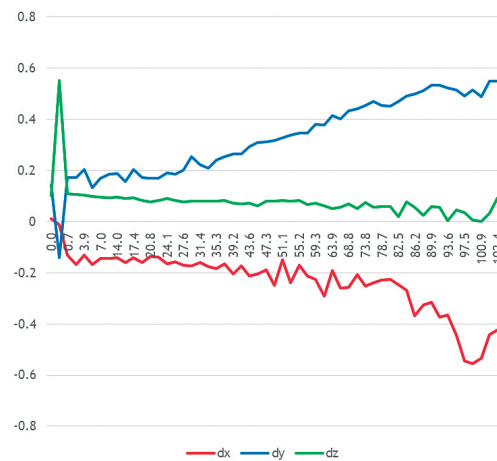


図8 観測値の比較 (1点の場合)



図9 特徴点設置位置 (2点の場合)

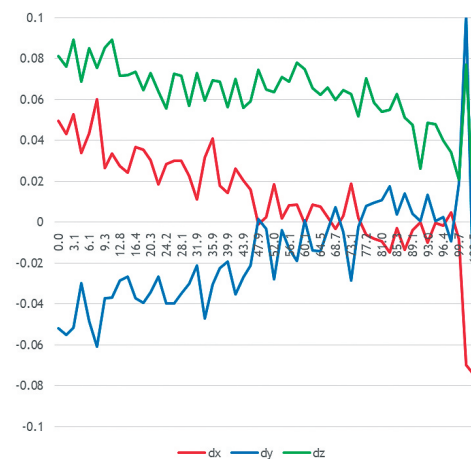


図10 観測値の比較 (2点の場合)

3.2.2 特徴点1点設置の場合

特徴点を1点設置した場合、図8のように、自己位置の推定はある程度できているが、最終的にはy軸方向で0.6m程のズレが生じた。

3.2.3 特徴点2点設置の場合

特徴点を40m間隔で2点設置した場合、図10のように0.1m程の較差に収まった。しかし、計測開始付近が終了付近と比べて、較差が大きく



図11 特徴点設置位置(4点の場合)

なっている。

3.2.4 特徴点4点設置の場合

特徴点を既設点付近に2点追加し、計4点設置した場合、図12のように0.1m程の較差に収まった。また、特徴点2点設置した場合に比べ、計測開始付近もより安定した較差となった。標準偏差は0.02mとなった。

3.2.5 考察

4つの条件下での計測結果を基に精度検証した結果、少なくとも40m置きに特徴点が必要である。また、特徴点は4点程あることが望ましい。

4. ハンディレーザスキャナの利活用

ハンディレーザスキャナは航空レーザ測量、MMS(モバイルマッピングシステム)、地上レーザスキャナといった三次元計測機器と比べ、計測にかかる準備が簡易的で、事前の計測計画を必要とすることなく直感的に三次元計測することが可能である。

また、ハンディレーザスキャナが保持できる精度が10cm以内であることから、測量作業規程(国土地理院)にある地図情報レベル250と同等の地形図作成に用いることが出来る。以上のことから地形測量と基礎調査における横断測量について作業の効率化(作業日数、作業人員

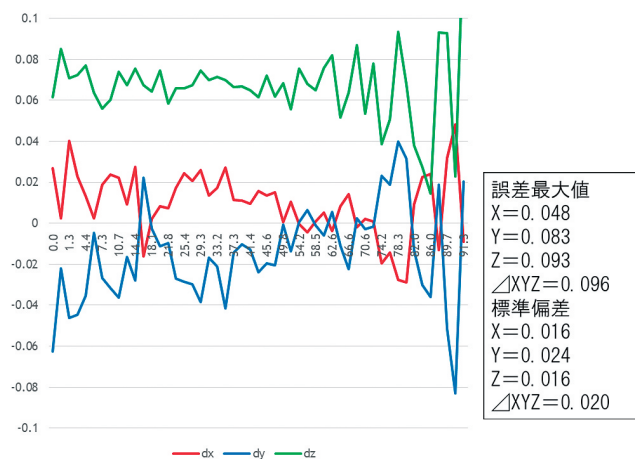


図12 観測値の比較(4点の場合)と標準偏差

数、経費削減)に向けた利活用を提案している。

4.1 地形測量における従来手法との比較

従来での測量では、作業範囲が大きくなるにつれ基準点測量、地形測量に掛かる日数が増えてくる。ハンディレーザスキャナでの計測は、作業範囲を網羅するように歩くだけで計測できることから、基準点測量、地形測量に掛かる作業量を表4のように、3割ほど軽減することが可能となる。

表4 作業にかかる人工(山地を想定)

作業項目	従来手法	ハンディレーザスキャナ計測
面積	50000m ²	
人工(外業)	28	13
人工(内業)	7	12
合計	35	25

4.2 土砂災害防止法に基づく基礎調査横断測量における従来手法との比較

従来の基礎調査では、1班2名体制で、設定、横断測量、写真撮影を1箇所毎に行っている。ハンディレーザスキャナを導入した場合は、設定、横断測量、写真撮影を作業毎に行うことで、1日の作業量が1.5倍となる。

4.2 立木調査

調査範囲をハンディレーザスキャナで計測し三次元点群データを生成し、立木の数量・

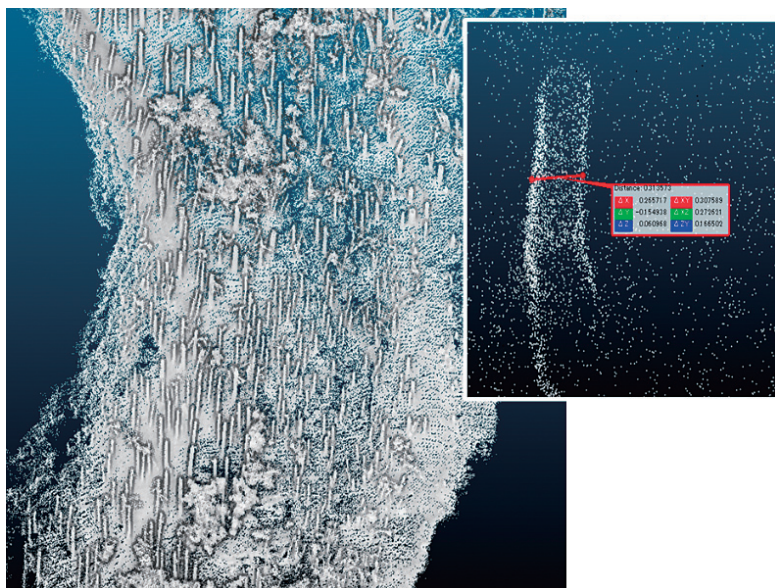


図13 三次元点群データからの立木検出

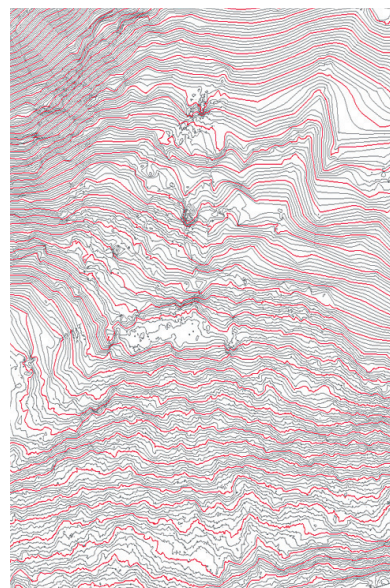


図14 図13の点群から作成した等高線

位置・大きさを検出する(図13)。また、三次元点群データから等高線図を作成することも可能である(図14)。

5. ハンディレーザスキャナの課題

ハンディレーザスキャナの計測は、3.2.1で分かるように周辺に何も特徴点が無い場所では正しく計測することができない。

また、自己位置の推定を解析するには、計測中急激な運動が加わると、SLAM処理中に非連続データが発生し、スキャニングされた地形データに点群や計測軌跡のズレといった致命的な誤差が生じる。

したがって、急傾斜、起伏の激しい地形など機器を安定して持つことが難しい場所では注意が必要である。これについては今後より走査数の高いLIDARなどの外部センサが登場すれば解決できる可能性があると考ええる。

■執筆者

烏山 類 (からすやま るい)

株式会社アスコ大東

(共著者) 所属は筆頭執筆者に同じ

澤口 侑 (さわぐち たすく)

古澤 幸輝 (ふるさわ こうき)

濱村 龍平 (はまむら りゅうへい)

大竹 優輝 (おおたけ ゆうき)