

4. 3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）における 計測技術の整理

国土交通省国土技術政策総合研究所 ○池田 誠
国土交通省国土技術政策総合研究所 杉谷 康弘

1. 背景

国土交通省の i-Construction において、ICT の全面的な活用を推進するため、3次元計測技術に対応した各種要領が整備されている。「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）¹⁾」（以下、出来形管理要領）では、TS 等光波方式をはじめ、地上型レーザースキャナー（以下、TLS）や、GNSS 等の多くの計測技術が定められている。また、国土交通省では令和元年度より新たな ICT 計測技術の活用範囲を拡大するため、民間からの提案を出来形管理要領に反映する取り組み（以下、民間提案）を実施しており、これにより適用可能な工種及び計測技術が年々増加している。近年では、一般的に TLS よりも事前準備が簡易なことや器械本体が小さいといったことから手軽に点群取得できる技術として、地上移動体搭載型レーザースキャナーの出来形管理機器の構成例の一つであるバックパック型レーザースキャナーといった技術も民間提案を通じて要領化されている。

2. 研究目的

バックパック型レーザースキャナーと機器構成が同一であるハンディ型レーザースキャナー（以下、ハンディ型 LS）には、GNSS 等のセンサにより、本体のみで座標の標定が可能な機種と、GNSS を搭載せずに周辺環境の情報から自己位置を推定する SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)²⁾処理のみで点群生成が可能な機種がある。後者のような機種では、さらに安価かつ手軽に計測ができるため、3次元点群データの計測技術として要領化を期待する声が挙がっているが、SLAM 処理による点群生成は、現行の出来形管理要領において定められていない。

そこで本研究では、SLAM 処理により点群を生成する GNSS 非搭載ハンディ型 LS と、現行の出来形管理要領において定められた計測技術である TLS との比較検証を通じて、SLAM 処理による点

群生成における今後の出来形管理要領への導入可能性を検討した。

3. 研究方法

本研究の検証方法は次の通りである。

まず、現場に設置した 6 点の白黒チェックカーターゲットの中心座標を TS のノンプリズム計測機能にて計測し、本検証における真値座標とした。次に、ハンディ型 LS 及び TLS で現場の点群計測を実施した。6 点の白黒チェックカーターゲットの中心座標のうち 4 点の座標を標定点とし、各レーザースキャナー観測座標を TS 観測座標へと座標標定した。残る 2 点の座標を検証点とし、検証点における真値となる TS 観測座標と各レーザースキャナー観測座標の座標較差を検証結果とした。

なお、本研究は特定の機器の性能を検証するものではないため、検証に使用したハンディ型 LS 及び TLS の機種については示さないことにとする。

その他の条件は以下の通りである。

- 座標取得及び点群操作 :

ハンディ型 LS 及び TLS の計測点群における白黒チェックカーターゲットの中心座標の検出及び取得は、点群処理ソフトウェアの自動検出機能を使用した。また、点群データの表示及び座標変換等の操作には、点群処理ソフトウェアの Cloud Compare³⁾ (Open-source) を使用した。

- 現場環境 :

実際の使用環境を想定して、二つのパターンの現場環境で検証を実施し、それぞれ図-1、図-2 のように配置した白黒チェックカーターゲットを標定点及び検証点とした。パターン A では、法面を含む高低差のある現場環境とし、パターン B では、平面地形で背の高い草木に囲まれた現場環境とした。



図- 1 現場環境 (パターン A)

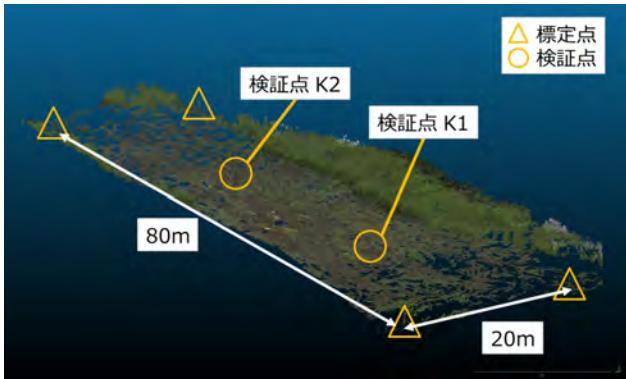


図- 2 現場環境 (パターン B)

4. 結果と考察

検証結果を図- 3, 図- 4 に示す。TLS の検証結果から、現場環境パターン A, B ともに座標精度が 4mm 以下という結果となった。ハンディ型 LS の検証結果から、パターン A では、座標精度が最大 30mm 程度であり、出来形管理要領中で定める土工の出来形管理の要求精度 50mm 以内を満たしたのに対して、パターン B では、座標精度が最大 300mm 程度となり、この要求精度を大幅に超過した。パターン A においては、法面の地形形状が SLAM 处理による点群生成に有利であった一方で、パターン B のように平面かつ背の高い草木に囲まれた現場環境では、SLAM 处理による点群生成に不利であったと考えられる。これは周囲の特徴的な箇所を参考に点群生成する SLAM 处理のような技術の特性が現れた結果といえる。このことから SLAM 处理による点群生成では、計測する現場の形状や周囲環境によって測定精度の変動があるということが明らかとなった。

また本検証での計測の際には、点群生成に十分な点群密度を確保するために、計測中の歩行速度や方向転換時の計測に配慮する必要があった。このことから作業者や歩行ルートによっても得られる結果が変動する可能性を示した。

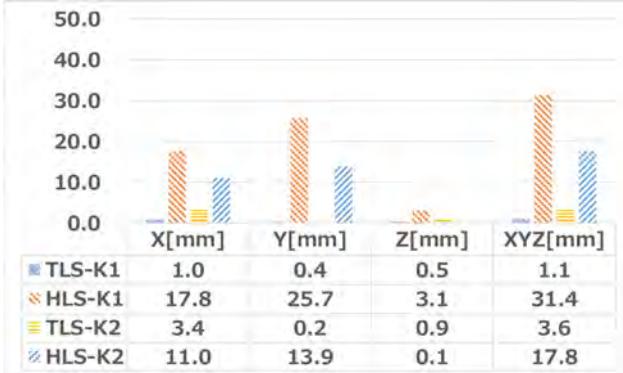


図- 3 検証結果 (パターン A)

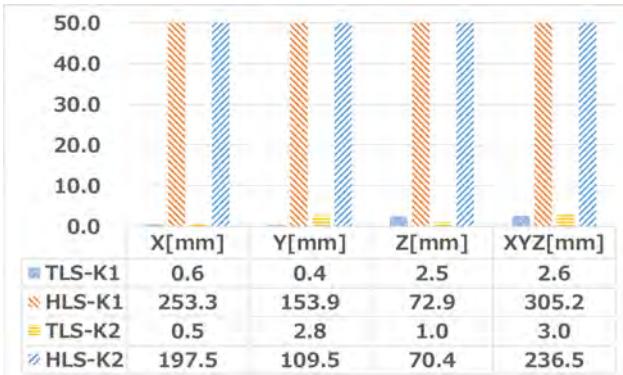


図- 4 検証結果 (パターン B)

5. 結論

本研究では、SLAM 处理による点群生成について、計測する現場の形状や周囲環境によって測定精度の変動があるということが明らかになり、今後の出来形管理要領への導入可能性を検討することができた。

今後の展望として、実際の使用環境を想定した他のパターンについての検証及び、計測における歩行速度や経路についての検証を行い、さらに特徴を洗い出すことで、SLAM 处理により点群を生成する計測機器の活用ケースが拡大することを期待する。

参考文献

- 1) 国土交通省: 3 次元計測技術を用いた出来形管理要領 (案), 令和6年3月
- 2) [Takafumi Taketomi, Hideaki Uchiyama and Sei Ikeda : “Visual SLAM algorithms: a survey from 2010 to 2016“](#)
- 3) Cloud Compare : <https://www.danielgm.net/cc/>