

CMI 報告

レーザー scanner による 出来形・出来高管理の実現に向けて

藤島 崇・椎葉 祐士

1. はじめに

国土交通省の策定した情報化施工推進戦略においては、マシンコントロール技術やマシンガイダンス技術等、3次元の面的なデータを利用した情報化技術、トータルステーション（以下、TS）を利用した出来形管理等、3次元測量結果を利用した施工管理手法の普及促進に向けた取組みが実施されている。

この他、3次元測量が可能な機器はTSの他、RTK-GNSSやレーザー scanner 技術が挙げられるが、これらの機器についても一部の工事測量で利用が試みられており、3次元測量技術、データの効率的な利用が

情報化施工の効果を一層高めると考えられる。そこで、建設施工分野におけるICT技術を活用した新しい施工管理手法の一つとして、レーザー scanner を利用した地形測量および出来形測量・出来高算出方法の検討を行った。なお、本報告はH21年度国土交通省九州技術事務所の委託による施工管理技術開発支援業務の成果である。

2. レーザー scanner の特徴

レーザー scanner とは、特定の間隔（縦・横）にレーザーを発信し、発信時の角度と受信までの時間や位相差等から距離を取得して、レーザー scanner からの被計測対象までの相対位置の座標点群を取得する装置である。図-1にレーザー scanner 測量の構成と計測手順を示す。特徴としては、①ノンプリズム方式の採用により、大量の点群を取得できることや被計測地域に作業員を配置せずに測量が可能であること。②デジタルカメラとの併用により座標点群に色データが付与できること。③点群データを利用した高精度な数量算出が可能であること。等が挙げられる。しかし、現行の管理基準との不一致、同一の計測点群に計測精度が異なる値が存在する、導入効果が明らかではない等の活用上の課題もある。

そこで、施工管理への導入に向けて、現場での計測精度を確保するための留意点の抽出や作業効率の検証を行う必要があった。表-1にレーザー scanner の特徴を示す。

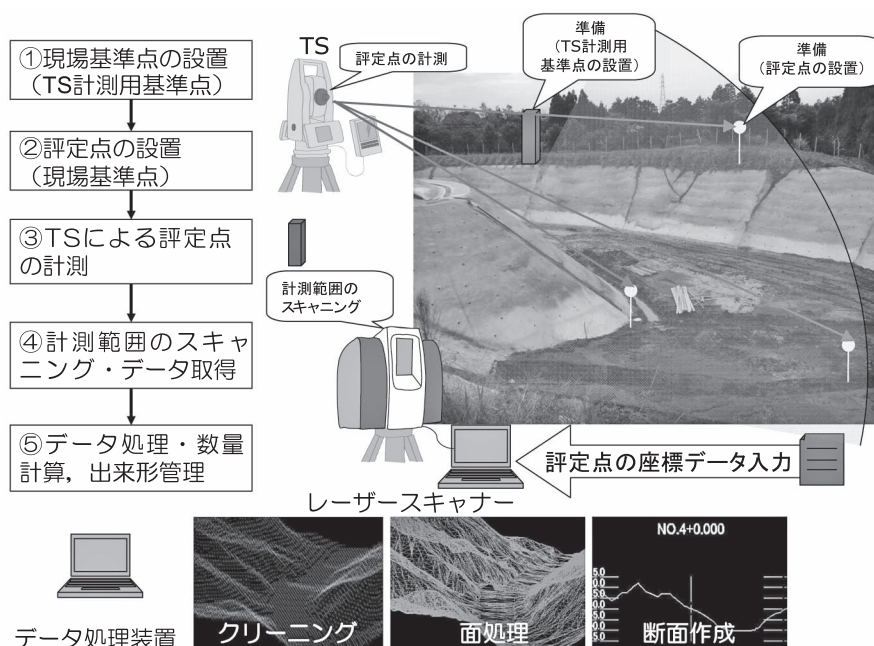


図-1 レーザー scanner 測量の構成と計測手順

表一 1 レーザースキャナーの特徴

メリット
<ul style="list-style-type: none"> ・ノンプリズム方式の採用により、被計測地域に作業員を配置せずに測量が可能。 ・ノンプリズム方式の採用により、多量の点群を取得できることである（従来の計測方法に比べて遠隔地の計測が詳細かつ短時間で実施可能）。 ・デジタルカメラとの併用により座標点群に色データを付与できる。 ・レーザーの反射強度により、ある程度の材質の違いを判別できる。 ・点群データを利用した高精度な数量算出が可能。
デメリット
<ul style="list-style-type: none"> ・反射率の極端に低い黒色部分の計測が困難。 ・雨・雪・霧・逆光などの気象条件により計測が困難な場合がある。 ・可視範囲しか測定ができない。 ・機器費用が高い（1日計測、3Dモデル作成：100～150万程度（NETIS登録データ参照））。 ・取得データを扱える汎用ソフトウェアが少ない。 ・1点あたりの計測精度がTSに比べてやや劣る（NETISデータ参照）。 ・計測データ内に近距離から遠距離のデータ、あるいは測定角度の違いを含むデータを有しており、各点の精度が一定でない。

3. レーザースキャナーを用いた出来形・出来高管理手法

これまでに、レーザースキャナーを用いた地形測量・出来形計測・出来高数量を実現するために「レーザースキャナーを用いた施工管理手法（素案）」が策定されており、その手法の検証を行った。表一 2 に、施工管理手法（素案）に定められている計測精度を確保するために必要な主な測定条件を示す。

表一 2 主な測定条件

精度面の確認事項	確認内容
① レーザーの入射角	10° 以上を確保することが望ましい
② 計測距離	200m 以内
③ レーザーからの不可視部分	凹凸を取得できる機械位置
④ 計測対象物の状況	水溜まり等がないか
⑤ 基準点	精度検証が可能な不動点の設置
⑥ 作業の安全性	機械設置場所の確保

4. 現場実験

道路改良工事において、レーザースキャナーおよびTSによる地形測量、出来形計測、出来高算出作業を実施し、作業性の検証、安全性の確認、精度面の検証を行った。図一 2 に、現場実験で取得したレーザースキャナーの計測結果を示す。また、図一 3 に本実験で実施したレーザースキャナーの計測後のデータ処理手順の手順を示す。

5. 現場実験結果

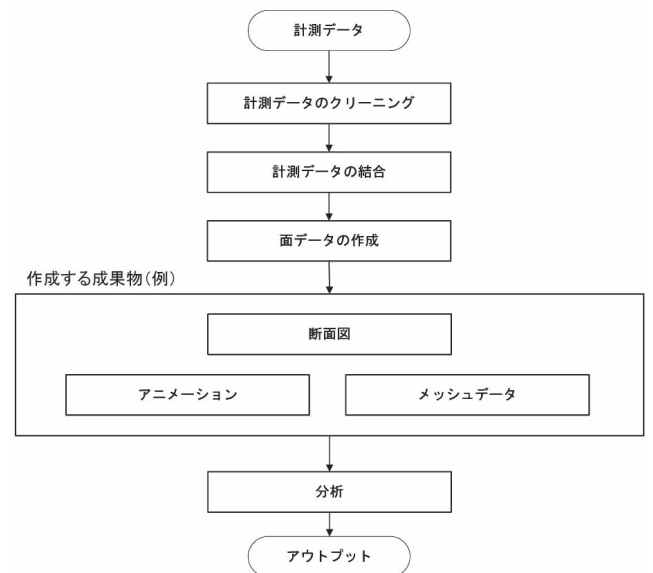
(1) 作業性の検証

a) 地形測量（図一 4）

現場計測の作業時間は、道路延長 140 m 区間において比較を行い、レーザースキャナーは 2 人工、TS



図一 2 レーザースキャナーの計測結果



図一 3 レーザースキャナーのデータ処理手順

は 7 人工の作業工数となり、レーザースキャナーによる計測では TS を用いた標準的な作業工数に比べて約 1/3 で計測可能となり現場作業性の効率化の効果は非常に大きいことがわかる。

内業のデータ処理の作業時間はレーザースキャナー

を用いたデータ処理時間と標準的な横断測量時の作業時間の比較（横断図作成まで）を実施した。レーザースキャナーは、1.4 人工、TS は 2 人工の作業工数となり、約 2/3 で作成可能な結果となった。

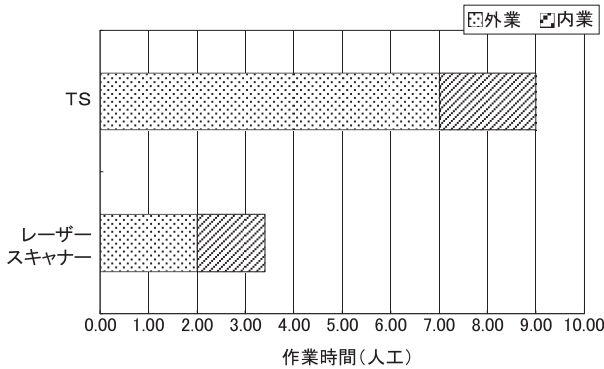


図-4 地形測量の作業時間の比較

b) 出来形管理 (図-5)

現場計測の作業時間は、道路延長 40 m 区間において比較を行い、TS は 0.1 人工、レーザースキャナーは 0.4 人工となり、TS に比べ 4 倍程度計測作業時間が多い結果となった。この結果は、試行工事対象範囲が 40 m 区間と狭く、出来形計測断面も 5 断面と少ないことから TS の計測時間が短時間で計測できたためと考えられる。

内業のデータ処理の作業時間は、TS は 0.54 人工、レーザースキャナーは 0.83 人工であり、TS に比べ 1.8 倍程度作業時間が多いことがわかる。この結果は、データ処理時間に加え、出来形帳票を作成するために、設計データ作成や横断図の作成等の作業に時間が掛かったためである。

出来形管理における検証結果は、TS の方が作業時間が短い結果となった。しかし、施工現場の面積や出来形管理断面の増加に応じてレーザースキャナーの方が作業効率が良くなる場合も想定されるため、工事規模や作業時間等の現場条件によっては十分現場へ導入できると考えられる。

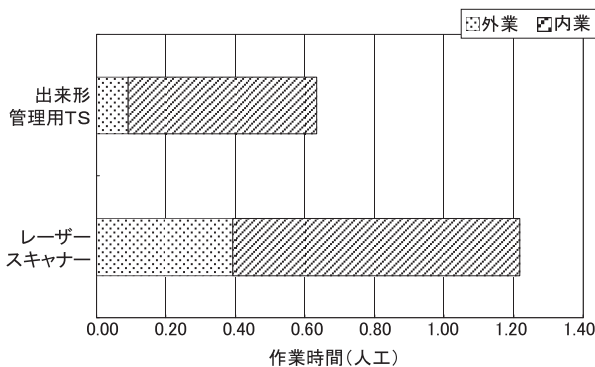


図-5 TSとレーザースキャナーの作業時間の比較

(2) 安全性の確認 (図-6)

試行工事では、現場が起伏の多い急峻な地形条件であったため、従来の測量では、測量中の転落等、危険の伴う現場条件も見られた。レーザースキャナーを用いることにより危険地帯に立ち入ることなく計測が可能であり、かつ詳細な測量が可能であることもわかった。



図-6 安全性の検証結果

(3) 精度面の検証

a) 出来形管理について (図-7)

レーザースキャナー結果から作成した断面図を用いて CAD 上での抽出作業をすると、単点において設計との誤差は 1.1 cm であった。高さ方向の基準値は ± 50 mm であり十分規格値内であった。ただし、設計データがない場合に現場の形状から変化点を任意に選点することは困難であることがわかった。

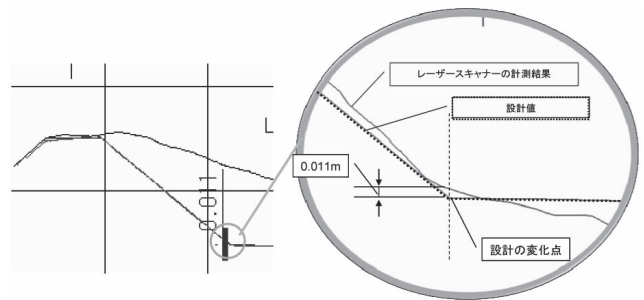


図-7 精度検証結果

b) 出来高について (表-3)

レーザースキャナー結果から作成した断面図を用いた数量算出（平均断面法）では、TS との数量の比較結果から同等の精度で数量算出が可能であった。また、メッシュ法による数量算出において、平均断面法（5 m 間隔）と同等の精度を確保するためには、1 m 以下のメッシュ間隔で算出する必要があることがわかった。

表-3 出来高算出の検証結果（平均断面法）

計測方法	数量算出方法	断面間隔	数量
トータルステーション	平均断面法	5m	2396m ³
〃	〃	10m	2420m ³
〃	〃	20m	2886m ³
レーザースキャナー	平均断面法	5m	2401m ³
〃	〃	10m	2422m ³
〃	〃	20m	2880m ³

6. おわりに

現場実験の結果、レーザースキャナーの計測精度、作業の安全性向上、出来高管理の妥当性の検証により、レーザースキャナーを用いた施工管理手法（素案）の現場適用性が確認できた。これらの用途に関しては、十分実用段階で利用できると考えられ、施工管理ツールの一つとして位置づけられると考えられる。ただし、出来形管理については、断面変化点の抽出手法に関する課題が残る。

今後、試行工事やさらなる効果の検証を行うことで、レーザースキャナーの普及と3次元点群を扱う対応ソフトウェアの洗練が進み、施工管理手法として本格運用が実現することに期待したい。

JCMA

【筆者紹介】



藤島 崇（ふじしま たかし）
 (株)日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第三部
 技術課長



椎葉 祐士（しいば ゆうし）
 (株)日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第三部
 研究員