CMI 報告

レーザースキャナーによる出来形・出来高管理の実現へ向けて（その 2）

藤島　　崇・椎葉　祐士

1. はじめに

国土交通省は，情報化施工推進戦略を策定し，ICT を工事施工等に活用し，従来の施工技術と比べて高い生産性と施工品質を実現する情報化施工の積極的な普及促進を図っている。平成 22 年 8 月には，技術の確立している①トータルステーション（以下, TS という）を用いた出来形管理，②マシンコントロール（モータグレーダ）技術について平成 25 年度に一般化するという目標を発表している。

今後は，上記以外にも，建設施工に利用できる ICT について現場適用性の検証を行うことにより，さらに建設施工や施工管理の効率化を実現することが期待されている。これを実現するためには，① ICT 開発者へのニーズ提示により必要な機能を簡易に操作できるシステムの開発，②利用者への導入効果の公表，③利用者が適切に ICT を利用するための要領書や手引き書の整備が必要である。

九州地方整備局　九州技術事務所では，その取組みの一つとして，地上型のレーザースキャナーを活用した現況把握，出来形管理，出来高管理の効率化の実現に向けた検討を実施している。

本報告では，本検討のうち，平成 22 年度までにとりまとめた施工時の利用方法や留意点，主なデータ処理手順について紹介する。

2. レーザースキャナーの主な特徴

レーザースキャナーは, 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計測して，レーザースキャナーから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。最大の特徴は，大量の点群を短時間で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である。

一般的な適用課題は，以下の事項があげられる。

①指定した範囲の高密度なデータを短時間で計測できるが，計測対象物の端部や突部などを計測できないことがある。

②計測部から視通できない箇所は計測できない。

③レーザーの反射が得られない対象物（水面等）や環境下（降雨，降雪）での計測ができない。

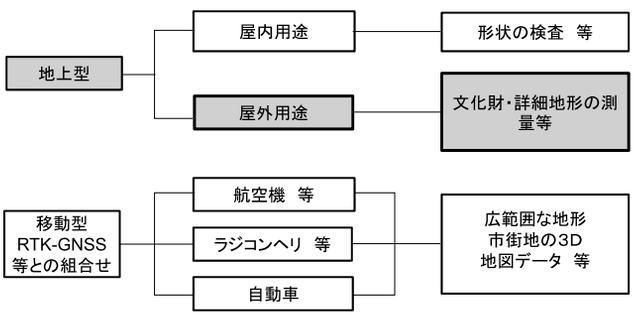
④計測結果のデータ群に精度の異なるデータが含まれる。

⑤計測結果のデータ群に計測対象以外のデータが含まれる。

⑥一般的に，データ計測の生データから成果物としての計測結果となるまでに，データの処理が行われるが，上記④，⑤の特徴から，利用用途や適用範囲に応じた処理を行う必要がある。

これらの課題に対応するため，最近では，地上型の他に，航空機への搭載や自動車に車載した GNSS と組合せた移動型などが多数開発されている。

さらに，データ処理においても，不要なデータの簡易的な削除や 3D モデル作成技術が研究・開発されており, 端部や突部を演算処理で作成できるものもある。



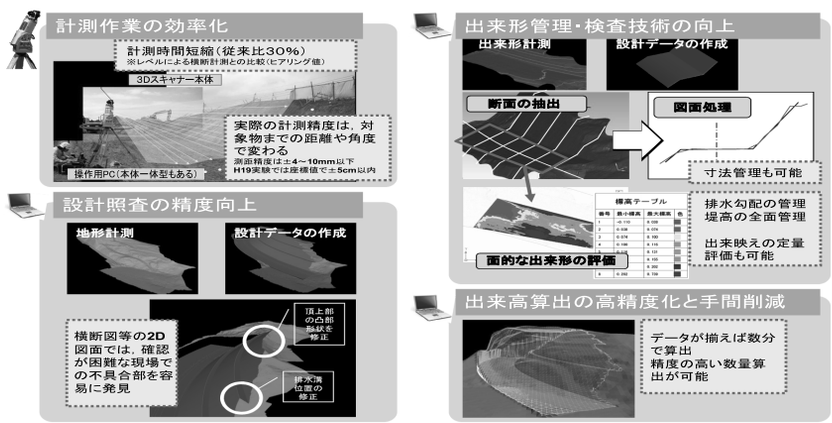
図―１　レーザースキャナーの主な利用形態

3. 主な利用場面

本検討では，地上型レーザースキャナーを対象に，土工における主な利用場面と現状の課題を**表―１**にまとめた。また，**図―２**は主な利用場面でのレーザースキャナーの導入メリットをまとめたものである。

表―１　主な利用場面と現状課題

利用場面	現状の課題
①　計測作業の効率化	従来の起工測量は，特定の間隔（20 m間隔など）で横断測量を行うが，急峻な地形の横断測量では危険・苦渋作業である。
②　設計照査の精度向上（地形の把握）	実際の施工時に横断測量以外の箇所で不具合が発生（すりつけ形状の修正）することがある。
③　出来形管理･検査技術の向上	従来の出来形管理は，設計図書（縦・横断図）で示されている箇所を現地に投影（丁張りなど）し，２次元での寸法値によりその良否を判定しており，寸法確認箇所増加や任意箇所での管理には手間を要する。 また，全体の良否は目視による出来映えで判定しているため，定量的な評価がない。
④　出来高の算出高精度化	従来の数量算出は横断測量成果に基づく平均断面法による体積算出や三斜法による面積算出が行われているが，横断測量などの２次元測量に手間を要するうえに，２次元的な数量計算手順を記録する必要がある。



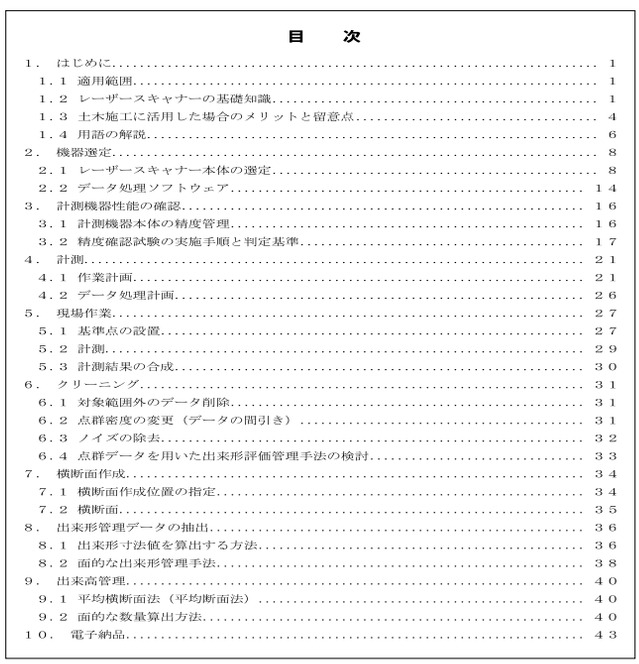
図―２　レーザースキャナーの適用メリット

4. 施工管理手法（素案）とデータ処理事例

レーザースキャナー本体および得られるデータ群の利活用手法に関する研究は活発に行われているが，これらの利活用には専門の技術が必要である。また，機器本体やソフトウェアも高価であり，現状では，汎用的に扱える機器ではないため，専門業者による計測が行われると想定される。

そこで，本要領（素案）では利用者がレーザースキャナーを用いた適切な施工管理を行うために把握してくべき内容や利用時に留意すべき事項を中心にとりまとめた。

さらに，レーザースキャナーの特徴を踏まえ，土木施工で活用を促進するために，土工での代表的なデータ処理例を本要領（素案）に記載した。**図―３**に素案の目次を示し,以下に本要領（素案）の主な記載事項をまとめた。


目　　次

１．　はじめに……１
１．１　適用範囲……１
１．２　レーザースキャナーの基礎知識……１
１．３　土木施工に活用した場合のメリットと留意点……４
１．４　用語の解説……６
２．　機器選定……８
２．１　レーザースキャナー本体の選定……８
２．２　データ処理ソフトウェア……１４
３．　計測機器性能の確認……１６
３．１　計測機器本体の精度管理……１６
３．２　精度確認試験の実施手順と判定基準……１７
４．　計測……２１
４．１　作業計画……２１
４．２　データ処理計画……２６
５．　現場作業……２７
５．１　基準点の設置……２７
５．２　計測……２９
５．３　計測結果の合成……３０
６．　クリーニング……３１
６．１　対象範囲外のデータ削除……３１
６．２　点群密度の変更（データの間引き）……３１
６．３　ノイズの除去……３２
６．４　点群データを用いた出来形評価管理手法の検討……３３
７．　横断面作成……３４
７．１　横断面作成位置の指定……３４
７．２　横断面……３５
８．　出来形管理データの抽出……３６
８．１　出来形寸法値を算出する方法……３６
８．２　面的な出来形管理手法……３８
９．　出来高管理……４０
９．１　平均横断面法（平均断面法）……４０
９．２　面的な数量算出方法……４０
１０．　電子納品……４３

図―３　施工管理手法（素案）の目次

①レーザースキャナーの特徴

レーザースキャナーの機構や特徴（長所・短所）を整理するとともに，計測距離と精度の観点から適切な機種選定を行うための留意点をまとめた。

②機器の性能確認

レーザースキャナーの機器仕様に関する試験方法や仕様の表記方法の標準化が検討段階であり，現状ではメーカ間で統一されてない。そこで，現場毎にその適用可否を確認することが必要である。

また，土木施工の現場においては計測対象や環境が多様であることから，当該現場で所定の性能を発揮できるかを事前に確認しておくことが重要である。

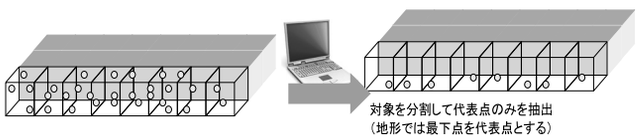
③現場計測時の留意点

レーザースキャナーの特徴を活かし効率的に計測す

るための計画が重要である。効率的な計測そのための準備事項，計測精度確保のための留意点などをとりまとめた。

④データ処置（処理）の留意点

土工では地形データを取得する場合などが多いことから，草や工事車両，安全柵などが含まれていることが多い。データのクリーニング段階では，取得時に想定される不要点と計測対象の関係に着目した処理が必要となるが，地形計測時の代表的な処理として，計測データの最下点を選択する手法を例示した。

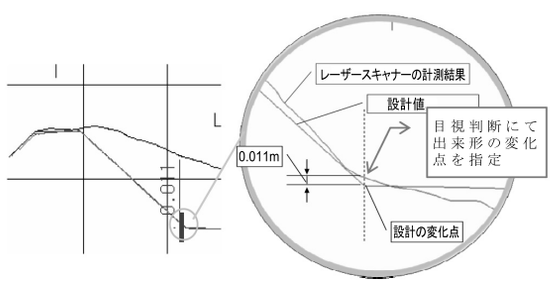


図―４　地形データのクリーニング手法例

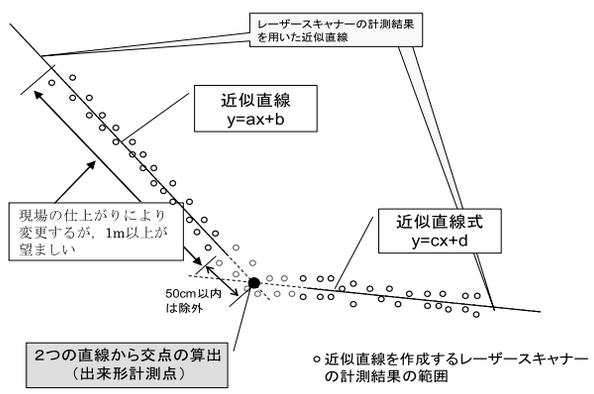
⑤出来形の算出方法

レーザースキャナーでは，従来の出来形管理のような端部を指定して計測することができない。そこで，従来の管理手法を代替する方法として，計測結果から面データを作成し断面形状を抽出する方法（2 案）を例としてまとめた（**図**―５参照）。

a）面データを管理断面で抽出した後，横断方向の変化点を利用者自らが判断・指定する方法。特殊な演算機能がなくても実施できるが，計測点密度が少ないと変化点を捉えられない。



a）横断形状から目視判断にて変化点を求める方法

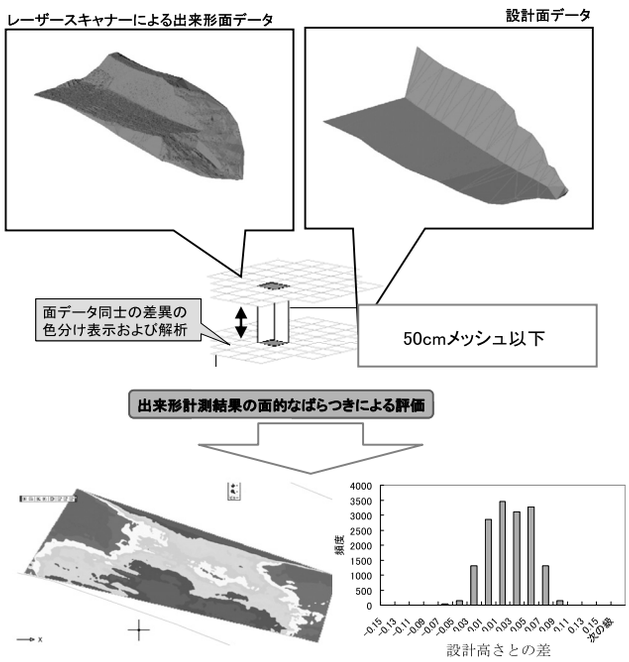


b）横断形状付近の点から変化点を求める方法

図―５　面データから横断形状を抽出する方法

b）断面の近傍点を抽出し，横断上に 2 次元変換してプロットし，これを用いて交点計算を行う方法。ただし，計測点の密度が少なくなると算出精度も劣化するので留意が必要である。写真などと比較して著しく形状が異ならないこと等を確認する必要がある。

さらに，今後の活用方法として，面データを活用し設計面との高さの差を面的に比較する方法をまとめている。ただし，面的な評価に際しては，現状では規格値や基準値がないことから参考値としての扱いとしている（**図**―６参照）。



図―６　面データの活用方法例

⑥出来高の算出方法

従来の出来高管理では手間を省くために平均断面法などを用いていたが，レーザースキャナーでは，断面の間も高頻度にデータを取得することが可能で，このデータを用い，3 次元 CAD を活用することで高精度かつ容易に数量が算出できる。

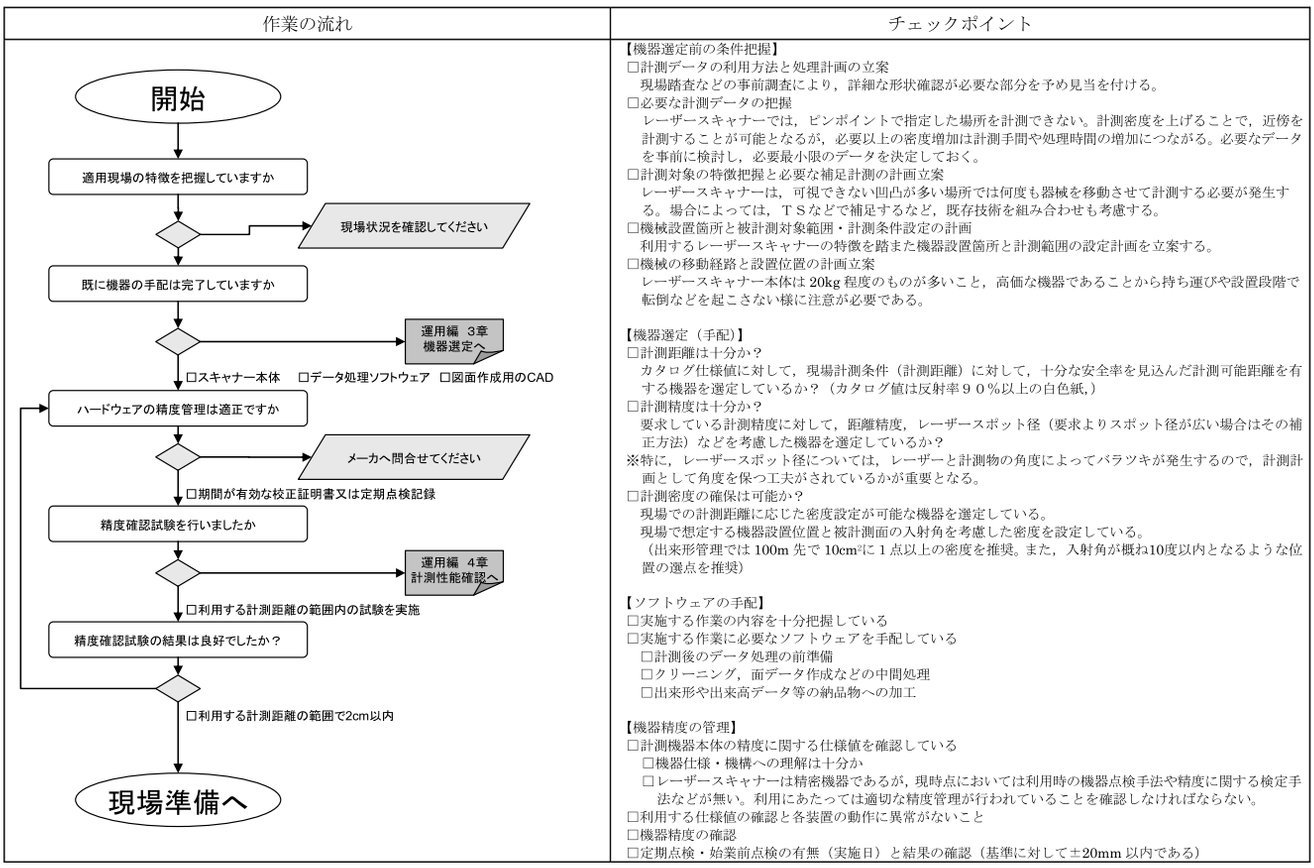
しかし，CAD の仕様によって，測定範囲外周部の演算条件が異なることが誤差要因と想定される。

そこで，本検討において，これらの 3 次元 CAD による数量算出手法について，**表**―２に示す代表的なソフトウェアを用いて計算方式を比較し，0.5 m 間隔

表―２　３次元 CAD の違いによる数量算出結果

使用したソフトウェア	算出結果
A 社	38335. 99 m³
B 社	38335. 60 m³
C 社	38000. 47 m³

※データの頻度は 1 点/50 cmメッシュ



図―７　チェックリスト（案）の作成例（機器準備編）

程度のデータを用いることで，1%程度の差で算出できることを確認できた。

以上より，本要領（素案）では，メッシュを十分小さくすることで，３次元 CAD による数量算出を行う方法を記載した。

5. チェックリスト

レーザースキャナーを利用する際の主な手順を整理し，作業フローに対して計測結果の品質を確保するうえで留意すべきポイントをチェックシートとして整理した。

チェックシートは，①機器準備編，②現場準備編，③現場計測・データの基準処理編，④出来形・出来高管理値算出編で構成されている。**図**―７にチェックリスト例を示す。

6. おわりに

レーザースキャナーの計測距離，精度の向上と計測時間の短縮によりレーザースキャナーの適用範囲は広がりを見せている。また，これまでの検証結果から，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本要領（素案）の現場適用性が確認できている。

しかし，土木施工現場における認知度が低いことや，機器（ハード・ソフト）費や機器本体およびデータ処理ソフトウェアの操作性の問題など，汎用化するための課題もまだまだ多い。

さらに，実工事での普及に向けては，３次元データの標準的な処理や演算方法の整備も必要である。

本検討が，この課題解消に向けて，レーザースキャナーの特徴や優位性を利用者に示し，かつ，汎用的な利用方法（機能）を示すことでソフトウェアの操作性改善の一助となることを期待している。

JCMA

［筆者紹介］

藤島　崇（ふじしま　たかし）
㈳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）
㈳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