



3次元計測技術を用いた 出来形管理の活用手引き(案)

**令和4年12月 ※令和6年3月一部改訂
国土交通省関東地方整備局**

はじめに

- 情報通信技術（ICT技術）の活用により、土工については、マシンコントロール又はマシンガイダンスを有するICT建設機械による施工やICT計測技術を用いた3次元出来形管理が一般的になっており、建設現場の生産性向上に大きな成果をあげてきています。
- 今後は、事業の上流段階である測量、地質調査、設計から3次元データを導入し、調査・設計、施工、維持管理の各プロセスでBIM／CIMを有効に活用することが期待されています。
- 令和4年3月には、ICT技術の全面的な活用のため、国土交通省にて工種ごとの3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）、監督・検査要領（案）について改定版が策定されたところです。
- この出来形管理要領（案）等を用い、施工段階において3次元データを効果的に活用することで、建設現場の生産性向上を図ることが求められています。
- 今回、現場技術者が3次元データを効果的に活用するための資料として、出来形管理要領（案）を分かりやすく解説した「3次元計測技術を用いた出来形管理の活用手引き（案）」を作成しました。
- 本手引き（案）は、用語の解説、3次元計測技術の概要等をまとめた共通編と、工種ごとに3次元計測技術を用いた出来形管理について解説した出来形管理編で構成しています。
- 出来形管理編では、現場条件による計測手法の選択や計測方法、3次元計測を実施する効果や注意点を図解で分かりやすく解説するなど、現場技術者が3次元出来形計測を実施する際の判断や留意事項を確認する資料として活用できるものです。
- 本手引き（案）により、3次元データが出来形管理に活用され、建設現場の生産性向上に寄与することを期待しています。

○本手引き(案)の概要・目次

「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」(以下、「要領」という)は、第1編を総則とし、第2編から第15編まで各工種毎に取り纏められています。

本手引き(案)は、**行政職員及び施工業者が要領を活用し、建設現場の生産性向上が図られることを目的**として、以下の構成で要約したものです(下表参照)。

第1編: 共通編

第2編～第15編: 各工種毎の出来形管理方法、実施フロー※

※実施フローは一部工種のみ掲載

第1編 共通編

1. 用語の解説
2. 3次元計測技術を用いた出来形管理の概要
3. 3次元計測技術の概要
4. 3次元計測技術に求められる精度



- 第2編 土工編
- 第3編 舗装工編
- 第4編 路面切削工編
- 第5編 河川浚渫工編
- 第6編 護岸工編
- 第7編 表層安定処理等・固結工(中層混合処理)編
- 第8編 固結工(スラリー攪拌工)編
- 第9編 法面工編
- 第10編 トンネル工編
- 第11編 基礎工(矢板工・既製杭工・場所打杭工)編
- 第12編 擁壁工編
- 第13編 構造物工(橋脚・橋台)編
- 第14編 土工(1,000m³未満)・床掘工・小規模土工・法面整形工編
- 第15編 構造物工(橋梁架設・床版)編

3次元計測技術を用いた出来形管理の活用手引き（案）

第1編 共通編

令和4年12月 ※令和6年3月一部改訂

国土交通省関東地方整備局

1. 用語の解説

○用語の解説

本手引き(案)で使用する用語を以下に解説する。

表1-1 出典用語の解説(1/5)

用語	解説
TS (Total Station)	1台の機械で角度(鉛直角・水平角)と距離を同時に測定できる。 標定点、検証点、標定点、調整用基準点の座標取得、及び出来形管理・検査等に利用される。
TS:プリズム方式	TSを用いた計測手法のうち、被計測箇所にターゲットとなるプリズムを設置して計測する方法。 プリズムに照準を合わせ、プリズムからの反射光により測距する。
TS:ノンプリズム方式	TSを用いた計測手法のうち、ターゲットとなるプリズムを利用せず被計測対象からの反射波を利用して測距する方法。
TS等光波方式	TSに加え国土地理院で認定されていないがTSと同等な計測性能をもつ光波方式の総称。
出来形管理用TS	現場での出来形の計測や確認を行うために必要なTS、TSに接続された情報機器、及び情報機器に搭載する出来形管理用TSソフトウェア一式のことである。
出来形計測	基本設計データを搭載した出来形管理用TSにより計測を行うものである。 出来形計測は、基準点又は工事基準点を用いて計測を行う。
プリズム	TSによる測定時に測定対象物上に設定する目標物。ミラーとも呼ぶ。
LS (Laser Scanner)	1台の機械で指定した範囲にレーザーを連続的に照射し、その反射波より対象物との相対位置(角度と距離)を面的に取得できる。 LSは、TSのようにターゲットを照準して計測を行わないため、特定の辺移転や位置を選択して計測することができない場合が多い。
TLS (Terrestrial Laser Scanner)	地上に設置して計測するLSである。
地上移動体搭載型LS:MLS (Mobile Laser Scanner)	地上を移動して計測するLSである。 現場の面的な出来形座標を取得する装置で、LS本体から計測対象までの相対的な位置とLS本体の位置及び姿勢を組合せて観測した結果を3次元座標値の点群データとして変換する技術である。

1. 用語の解説

○用語の解説

表1-1 出典用語の解説(2/5)

用語	解説
汎地球測位航法衛星システム:GNSS (Global Navigation Satellite System)	人工衛星からの信号を用いて位置を決定する衛星測位システムの総称。 米国が運営するGPS以外にも、ロシアで開発運用しているGLONASS、ヨーロッパ連合で運用しているGalileo、日本の準天頂衛星(みちびき)も運用されている。
RTK-GNSS	RTKとは、リアルタイムキネマティックの略で、衛星測位から発信される搬送波を用いた計測手法である。 既知点と移動局にGNSSのアンテナを設置し、既知点から移動局への相対位置関係により、リアルタイムに移動局の座標を計算することができる。
GNSSローバー	ネットワーク型RTK法による単点観測法で用いるGNSS受信機を備えた計測機器。
2周波GNSS	GNSSの衛星から送信されてくる電波(搬送波)は、周波数の異なる2種類の電波(L1、L2)がある。 L1、L2ともに受信し測位に用いることのできるGNSSを2周波GNSSと呼ぶ。
無人航空機:UAV (Unmanned aerial vehicle)	無人で自律制御あるいは地上からの遠隔操作によって飛行することができる航空機。UAVにデジタルカメラやレーザー機器類を搭載することで、測量に必要となる写真や点群データ等を空中から取得できる。
空中写真測量	航空機やUAVなどを用いて上空から撮影された連続する写真を用いて、対象範囲のオルソ画像(正射変換した画像)と、地形や地物などの色付き3次元座標(x,y,z+RGB)を取得できる。
UAVレーザー	UAV上のGNSS、IMU及びレーザースキャナーによって構成される。 GNSSとIMUによりUAVの位置と姿勢を求め、レーザースキャナーにより左右にスキャンしながら地上までのレーザー光の反射方向と地上までの距離を計算し、3次元座標を解析する。
音響測深機器 Echo-Sounder	ソナー送受波器や動揺計測装置、船を含めたシステム全体のことである(但し、点群データ処理用のソフトウェアは含まない)。マルチ及びシングルビームソナー本体を指す場合は「音響測深機器本体」と呼ぶ。
マルチビーム	マルチビームとは、ナロー(細い)マルチ(複数の)ビームによる測深が名前の由来であるナローマルチビーム測深システムのことであり、音響ビームを扇状に照射することで一度に多数の水深を面的に取得できる。専ら起工測量、部分払い用出来高計測、出来形管理に供する。
ICT建設機械	ICT建設機械とは、施工中の建設機械の作業装置位置の3次元座標を取得することができる3DMC(マシンコントロール)、3DMG(マシンガイダンス)を搭載した建設機械であり、バックホウ、ブルドーザ等に搭載されている。

1. 用語の解説

○用語の解説

表1-1 出典用語の解説(3/5)

用語	解説
施工履歴データ	ICT建設機械により施工しながら計測されるICT建設機械の作業装置の3次元座標、取得時刻、その時の建設機械の状態等の記録。
施工履歴データを用いた出来形管理	施工履歴データを用いて被計測対象の3次元形状の取得を行うことで、出来形や数量を面的に算出、把握する管理方法である。
3次元設計データ	道路中心線形又は法線(平面及び縦断線形)、出来形横断面形状、工事基準点情報及び利用する座標系情報など設計図書に規定されている工事目的物の形状とともに、それらをTINなどの面データで出力したものである。
基本設計データ [XMLファイル]	基本設計データとは、TSによる出来形管理に用いるデータで、設計図書に既定されている工事目的物の形状、出来形管理対象項目、工事基準点情報及び利用する座標系情報などのことである。また、施工管理データから現場での出来形計測で得られる情報を除いたデータである。
オリジナルデータ	使用するソフトウェアから出力できるデータのことで、使用するソフトウェア独自のファイル形式あるいは、オープンなデータ交換形式となる。
不等三角網:TIN (Triangular Irregular Network)	地形や出来形形状などの表面形状を3次元座標の変化点標高データで補間する最も一般的なデジタルデータ構造である。TINは多くの点を3次元上の直線で繋いで三角形を構築するものであり、構造物を形成する表面形状の3次元座標の変化点で構成される。
基準点	測定の基準とするために設置された国土地理院が管理する三角点・水準点である。
工事基準点	監督職員より指示された基準点を基に、受注者が施工及び施工管理のために現場及びその周辺に設置する基準点をいう。
検証点 ※空中写真測量(UAV)、UAV レーザーの場合	空中写真又はUAVレーザーによって取得した位置座標の計測精度を確認するために必要となる位置座標を持つ点であり、基準点あるいは工事基準点といった既設点や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を用いる。なお、検証点は計測によって得られる位置座標の確認に利用するため、空中写真測量の標定点又はUAVレーザー測量時の調整用基準点として利用してはならない。
検証点 ※地上移動体搭載型LSの場合	地上移動体搭載型LSで計測した結果の平面方向及び高さ方向の精度確認を行うための点である。検証点は、実現場において最も測定精度が低下する位置付近に地上移動体搭載型LSの計測結果から平面位置が特定できる物を用いることができる。

1. 用語の解説

○用語の解説

表1-1 出典用語の解説(4/5)

用語	解説
標定点	TLS、地上移動体搭載型LS、空中写真測量(UAV)等で計測した相対形状を3次元座標に変換する際に用いる座標点である。基準点あるいは工事基準点と対応付けするために、基準点あるいは工事基準点からTS等によって測量する。
出来形計測点	「土木工事施工管理基準及び規格値(案)」に定められた出来形を計測する点や、受注者が自ら定めた出来形を計測する点等である。
出来形横断面形状	平面線形に直交する断面での、土工仕上がり、法面、舗装面等の形状である。現行では、横断図として示されている。
施工管理データ [XMLファイル]	施工管理データとは、本管理要領(案)の出来形管理に必要なデータの総称であり、「基本設計データ」及び「出来形計測データ」のことをいう。
出来形計測データ [XMLファイル]	出来形管理用TS、RTK-GNSSで計測した3次元座標値及び計測地点(法肩や法尻など)の記号を付加したデータのことをいう。出来形計測データと基本設計データとの対比により、出来形管理を行う。
計測点群データ [ポイントファイル]	3次元計測技術のうち、多点計測技術を用いて計測した地形や地物を示す3次元座標値の点群データ。
出来形評価用データ [ポイントファイル]	3次元計測技術のうち、多点計測技術を用いて計測した計測点群データから不要な点を削除し、さらに出来形管理基準を満たす点密度に調整したポイントデータ。出来形の評価と出来形管理資料に利用する。
出来形計測データ [TINファイル]	3次元計測技術のうち、多点計測技術を用いて計測した計測点群データから不要な点を削除し、不等三角網の面の集合体として出来形地形としての面を構築したデータ。数量算出に利用する。
起工測量計測データ [TINファイル]	3次元計測技術のうち、多点計測技術を用いて計測した計測点群データから不要な点を削除し、不等三角網の面の集合体として着工前の地形としての面を構築したデータ。数量算出に利用する。
出来形管理資料	3次元設計データと出来形評価用データを用いて、設計面と出来形評価用データの各ポイントの離れ等の出来形管理基準上の管理項目の計算結果と出来形の良否の評価結果、及び設計面と出来形評価用データの各ポイントの離れを表した分布図を整理した帳票、もしくは3次元モデル。

1. 用語の解説

○用語の解説

表1-1 出典用語の解説(5/5)

用語	解説
出来形帳票作成ソフトウェア ※面管理の場合	3次元設計データと出来形評価用データを入力することで、設計面と出来形評価用データの各ポイントの離れの算出と良否の判定が行える情報を提供するとともに、計測結果を出来形管理資料として出力することができる。
出来形帳票作成ソフトウェア ※断面管理の場合	基本設計データと出来形計測データから、出来形帳票の自動作成と出来形管理データ及び施工管理データの出力が可能なソフトウェアの総称。
点群処理ソフトウェア	3次元計測技術のうち、多点計測技術を用いて計測した3次元座標値の点群データから樹木や草木、建設機械や仮設備、水中の浮遊物や魚群等の不要な点を除外するソフトウェアである。 整理した3次元座標の点群データを、さらに出来形管理基準を満たす点密度に調整したポイントデータ、及び当該点群にTINを配置し、3次元の出来形計測結果を出力するソフトウェアである。
計測性能	使用する3次元計測技術が有している能力のことであり、計測機器が具備すべき性能。
測定精度	3次元計測技術を用いた出来形管理などの計測時(計測結果)に必要な測定精度。
精度管理	使用する3次元計測技術の機器本体の動作やシステムに不具合が無いことを確認するなど、計測性能や測定精度に応じた測定結果が正しいものとなるように管理すること。
モバイル端末	携帯端末などの汎用の電子デバイスで容易に可搬できるもの。 出来形計測に利用するセンサーは、モバイル端末に搭載されているLiDARやカメラの他、モバイル端末に携帯可能なセンサーを組み合わせたものを含むものとする。
BIM/CIM (Building / Construction Information Modeling, Management)	調査、計画、設計段階からBIM/CIM(3次元)モデルを導入することにより、その後の施工、維持管理の各段階においても3次元モデルを連携・発展させて、事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産・管理システムの効率化・高度化を図ることを目的としている。 BIMは欧州が先進国であるが、日本では建築(BIM)、土木(CIM)が並列の『BIM/CIM』が使用されている。(BIM/CIMは日本固有の名称)

2. 3次元計測技術を用いた出来形管理の概要

○i-Constructionの概要

i-Constructionは、建設現場の生産性を2025年度までに2割向上を目的として、以下の取組みを実施している。

- ✓ICTの全面的な活用(ICT土工)、全体最適の導入(コンクリート工の規格の標準化等)、施工時期の平準化
- ✓測量から設計、施工、維持管理に至る一連の建設プロセスに関する3次元データを連携・一元化

Before

○従来工事の出来形管理(断面管理)

「土木工事施工管理基準及び規格値」により、検尺テープなどで出来形を計測



土工(盛土工)の場合

土工(盛土工)の場合、施工延長40mにつき1カ所測定
(断面管理)

After

○ICT施工の出来形管理(面管理)

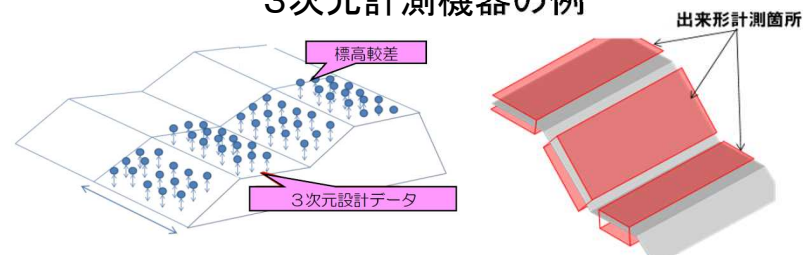
「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」により、3次元計測機器で面管理による出来形計測を実施

地上型レーザースキャナー

本体からレーザーを自動的・連続的に発射し、反射波から点群データを取得



3次元計測機器の例



設計面上で点群データと設計面との標高差を出来形として評価
(面管理)

2. 3次元計測技術を用いた出来形管理の概要

○「ICT施工」とは？

「ICT施工」は、①ICT建設機械を使用したICT施工と、②ICT建機を使用しないICT施工の2種類あり、以下に概要を示す。



ICT建設機械による施工＝「ICT施工」
と思いませんか？
ワンポイントアドバイスとして
次のページ以降へ示します。



①ICT建設機械を使用したICT施工

以下に示す施工プロセスの全ての段階※においてICT施工を全面的に実施する工事

【施工プロセス: 土工の場合】



※全てのプロセスを活用しなくてもICT活用工事となる工種もあります

②ICT建設機械を使用しないICT施工

ICT建設機械による施工を実施せず、以下に示す施工プロセスにおいてICT施工を実施する工事

【施工プロセス: 構造物工(橋脚・橋台)の場合】



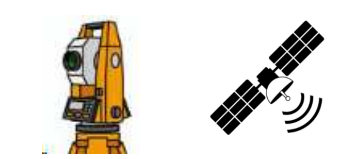
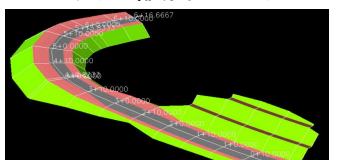
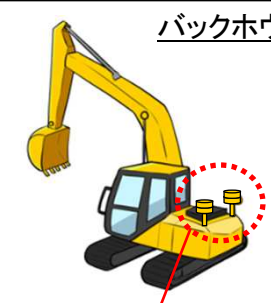
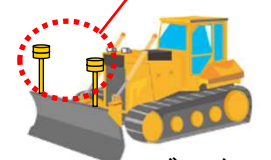
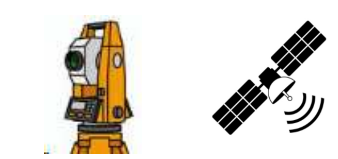
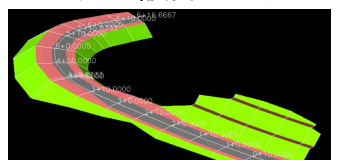
2. 3次元計測技術を用いた出来形管理の概要

○ICT建設機械による施工

ICT建設機械は、以下に示す2種類のシステムにより自動追尾式TSやGNSS等から取得した建設機械の位置情報と、3次元設計データを用いて施工を実施する。

- マシンコントロール：3次元設計データと現地盤データとの差分を基に、**建設機械の作業装置を設計面で自動制御**するシステム
- マシンガイダンス：3次元設計データと現地盤データとの差分を基に、設計面に対する**建設機械の作業装置の位置を明示し、操作を支援**するシステム

表1-2 マシンコントロールとマシンガイダンスの概要

マシンコントロール：MC		マシンガイダンス：MG
建設機械の位置情報  自動追尾式TS GNSS + 3次元設計データ  ●GNSS等から建設機械の位置情報をリアルタイムに取得 ●3次元設計データと現地盤データの差分をリアルタイムに把握 ●建設機械の移動と操作はオペレータが実施 ●差分情報を基に、建設機械の作業装置を設計面で自動制御するシステム	バックホウ  位置情報の送受信装置  ブルドーザ	建設機械の位置情報  自動追尾式TS GNSS + 3次元設計データ  ●GNSS等から建設機械の位置情報をリアルタイムに取得 ●3次元設計データと現地盤データの差分をリアルタイムに把握 ●建設機械の移動はオペレータが実施 ●差分情報を基に、設計面に対する建設機械の作業装置の位置を明示し、操作を支援するシステム

○主なICT建設機械の特徴

表1-3 ICT建設機械の種類に対するマシンコントロールとマシンガイダンスの概要

ICT建設機械の種類	マシンコントロール：MC	マシンガイダンス：MG
ブルドーザ、モーターグレーダ	設計面でブレードの高さと勾配を自動制御	設計面との位置関係を明示
バックホウ	設計面でバケットを自動制御	設計面との位置関係を明示

2. 3次元計測技術を用いた出来形管理の概要

○ICT建設機械における各工種への適用状況

※2024年3月時点

ICT建設機械を各工種(全14工種)へ適用する際の適用可否と対象とする作業は以下のとおり。

表1-4 ICT活用工種に対するICT建設機械の適用可否

MC : マシンコントロール
MG : マシンガイダンス

ICT活用工種	適用可否	対象作業
土工	MC または MG	まきだし、敷き均し、掘削、整形
舗装工	MC	まきだし、敷き均し、整形
路面切削工	MC または MG	切削
河川浚渫工	MC または MG	浚渫
護岸工	×	—
表層安定処理等・固結工(中層混合処理)	MC または MG	地盤改良
固結工(スラリー攪拌工)	MC または MG	地盤改良
法面工	MC または MG	作業に応じて選択※
トンネル工	×	—
基礎工(矢板工・既製杭工・場所打杭工)	×	—
擁壁工	×	—
構造物工(橋脚・橋台)	×	—
土工(1000m ³ 未満)・床掘工・小規模土工・法面整形工	MG	まきだし、敷き均し、掘削、整形
構造物工(橋梁架設・床版)	×	—

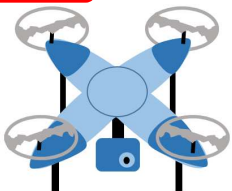
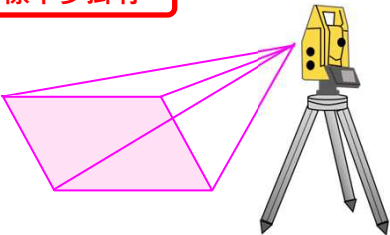
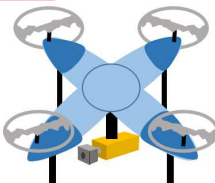
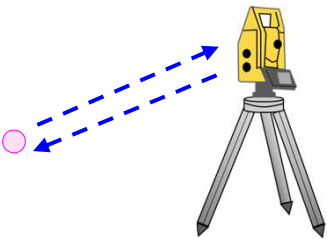
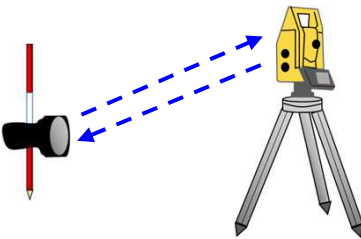
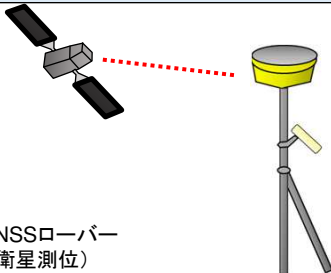
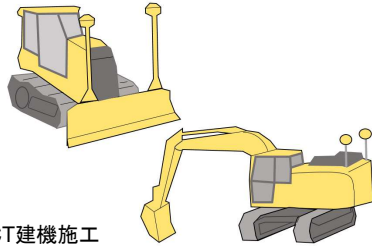
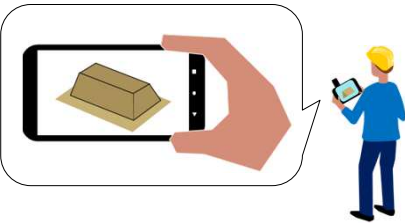
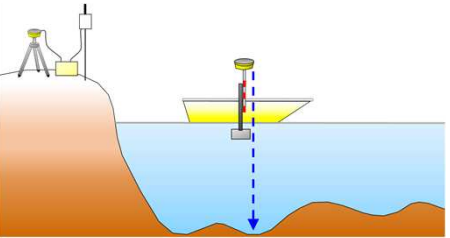
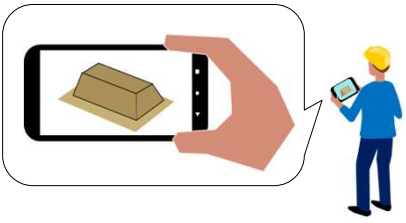
※土工量1,000m³未満の法面整形工のみ(土工量が1,000m³を超える法面整形工については、ICT土工を適用する。)

3. 3次元計測技術の概要

○3次元計測技術の一覧

本手引き(案)で対象とする3次元計測技術には以下のものがある。

表1-5 3次元計測技術一覧

①空中写真測量 (UAV)	②地上型レーザースキャナー (TLS)	③地上移動体搭載型 レーザースキャナー(MLS)	④無人航空機搭載型 レーザースキャナー(UAVレーザー)
標準歩掛有 	標準歩掛有 		標準歩掛有 
⑤TSノンプリズム方式 (NTS)	⑥TS等光波方式	⑦RTK-GNSS	⑧施工履歴データ
		 ※GNSSローバー (衛星測位)	 ※ICT建機施工
⑨地上写真測量	⑩音響測深機器	⑪モバイル端末を用いた 3次元計測技術	
			

3. 3次元計測技術の概要

○3次元計測技術に対応する各工種一覧

本手引き(案)の3次元計測技術が対応している工種は以下のとおりである。

表1-6 工種別3次元計測技術一覧

※2024年3月時点

番号	3次元計測技術	土工	舗装工	路面切削工	河川浚渫工	護岸工	表層安定処理等・固結工(中層混合処理)	固結工(スラリー攪拌工)	法面工	トンネル工	基礎工(矢板工・既製杭工・場所打杭工)	擁壁工	構造物工(橋脚・橋台)	土工(100%未満)・床掘工・小規模土工・法面整形工	構造物工(橋梁架設・床版)
①	空中写真測量(UAV)	○	—	—	—	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○
②	地上型レーザースキャナー(TLS)	○	○	○	—	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○
③	地上移動体搭載型レーザースキャナー(MLS)	○	○	○	—	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○
④	無人航空機搭載型レーザースキャナー(UAVレーザー)	○	—	—	—	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○
⑤	TSノンプリズム方式(NTS)	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—
⑥	TS等光波方式	○	○	○	—	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○
⑦	RTK-GNSS	○	—	—	—	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○
⑧	施工履歴データ ※土工でも一部可能	○※	—	○	○	—	○	○	—	—	—	—	—	○※	—
⑨	地上写真測量	○	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—
⑩	音響測深機器	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
⑪	モバイル端末を用いた3次元計測技術	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—

①空中写真測量(UAV)

○計測手法の概要

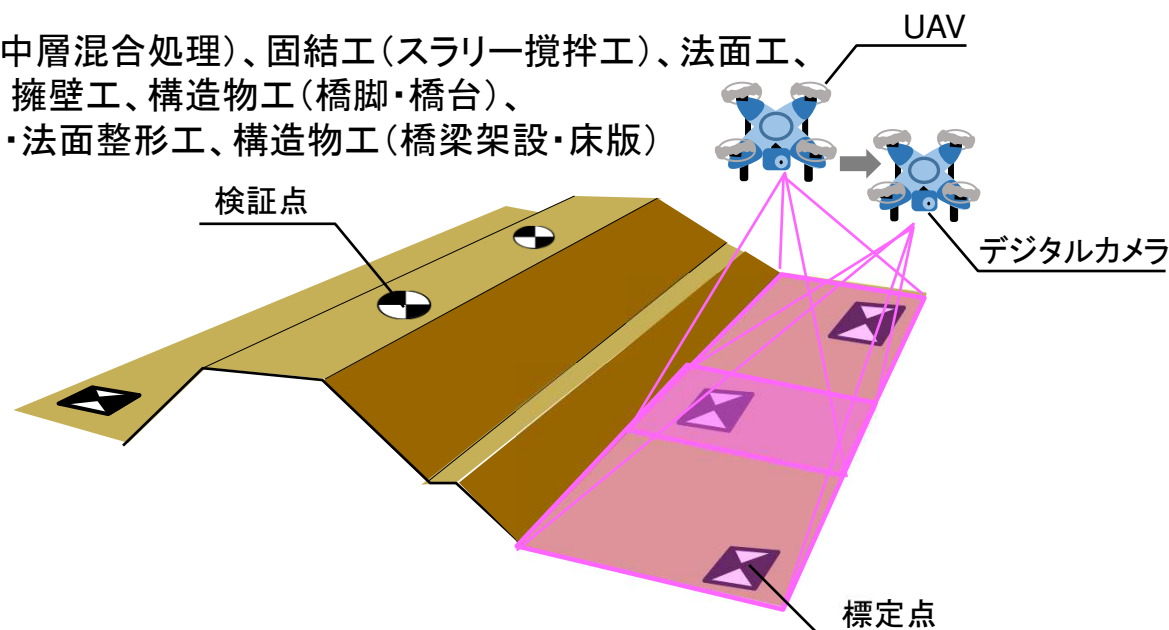
UAVに搭載したデジタルカメラで上空から撮影された連続する画像を用いて、対象範囲のオルソ画像(正射変換した画像)と、地形や地物等の色付き3次元点群データを取得する手法。

○適用工種

土工、護岸工、表層安定処理等・固結工(中層混合処理)、固結工(スラリー攪拌工)、法面工、基礎工(矢板工・既製杭工・場所打杭工)、擁壁工、構造物工(橋脚・橋台)、土工(1000m³未満)・床掘工・小規模土工・法面整形工、構造物工(橋梁架設・床版)

○機器構成

- ・UAV
- ・デジタルカメラ
- ・写真測量ソフトウェア
- ・3次元設計データ作成ソフトウェア
- ・点群処理ソフトウェア
- ・出来高算出ソフトウェア
- ・出来形帳票作成ソフトウェア



特徴・留意事項

- ・1回の飛行で計測範囲が広く、計測時間が短い
- ・人が入れない箇所を計測可能
- ・面的に計測が可能
- ・航空法をはじめとする関連法令を遵守した作業、手続きが必要(例:飛行する空域や方法等)
- ・高圧線等による電波障害が予想されるなどGNSS測位ができないエリアは測量できない
- ・強風時など天候によって計測できない場合がある
- ・地表面に植物が繁茂している場合は、計測前に伐採が必要
- ・計測後のデータ処理に時間を要する
- ・TS等により標定点及び検証点の設置が必要

②地上型レーザースキャナー(TLS)

○計測手法の概要

地上にLSを設置し指定範囲にレーザーを連続的に照射することで、その反射波より対象物との相対位置(角度と距離)を面的な3次元点群データとして取得する方法。

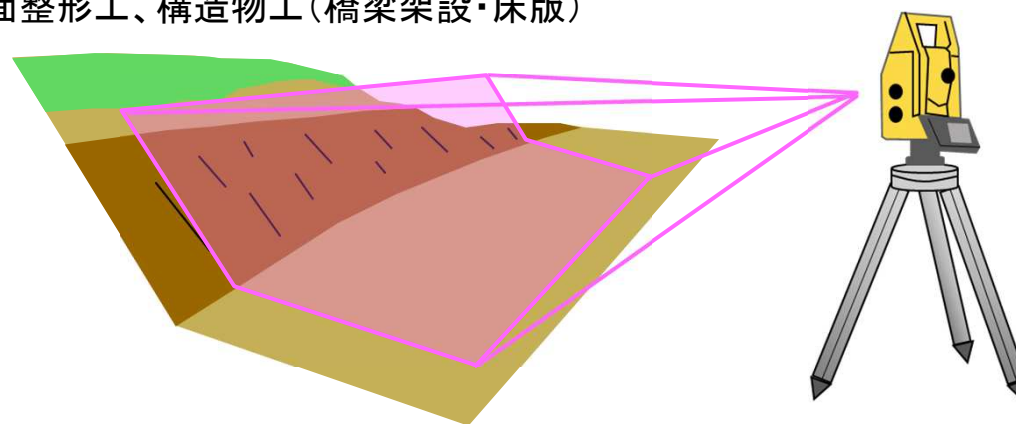
レーザー光を十分に反射しない物質(濡れた地表面等)には適さない。

○適用工種

土工、舗装工、路面切削工、護岸工、表層安定処理等・固結工(中層混合処理)、固結工(スラリー攪拌工)、法面工、基礎工(矢板工・既製杭工・場所打杭工)、擁壁工、構造物工(橋脚・橋台)、土工(1000m³未満)・床掘工・小規模土工・法面整形工、構造物工(橋梁架設・床版)

○機器構成

- ・TLS本体
- ・3次元設計データ作成ソフトウェア
- ・点群処理ソフトウェア
- ・出来高算出ソフトウェア
- ・出来形帳票作成ソフトウェア



特徴・留意事項

- ・地表面に植物が生息している場合においても計測可能(広葉樹等が過度に密な場合は不可)
- ・面的に計測が可能
- ・1人で計測が可能
- ・計測後のデータ処理に時間を要する
- ・1回の計測範囲が狭いため広範囲な計測など器械の移動頻度が多い場合は手間を要する(例:盛土工のように左右の法面と天端を分けて計測する場合)
- ・計測面が濡れているとレーザーが反射されないため計測できない
- ・機器の設置位置について測量が必要

③地上移動体搭載型レーザースキャナー(MLS)

○計測手法の概要

TLSと計測する原理は同様であるが、地上に設置するのではなく、作業員がレーザースキャナーを搭載した台車を押しながら計測する手法。

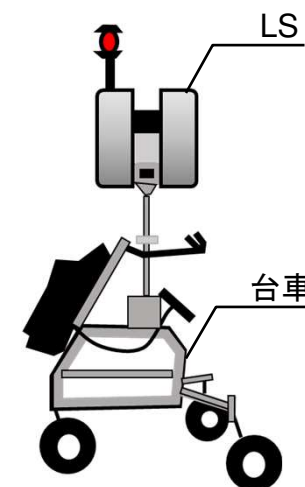
レーザー光を十分に反射しない物質(濡れた地表面等)には適さない。

○適用工種

土工、舗装工、路面切削工、護岸工、表層安定処理等・固結工(中層混合処理)、固結工(スラリー攪拌工)、法面工、基礎工(矢板工・既製杭工・場所打杭工)、擁壁工、構造物工(橋脚・橋台)、土工(1000m³未満)・床掘工・小規模土工・法面整形工、構造物工(橋梁架設・床版)

○機器構成

- ・地上移動体搭載型LS:MLS
- ・3次元設計データ作成ソフトウェア
- ・点群処理ソフトウェア
- ・出来高算出ソフトウェア
- ・出来形帳票作成ソフトウェア



特徴・留意事項

- ・地表面に植物が生息している場合においても計測可能(広葉樹等が過度に密な場合は不可)
- ・1回の移動計測で計測範囲が広く、計測時間が短い
- ・面的に計測が可能
- ・1人で計測が可能
- ・計測後のデータ処理に時間を要する
- ・不陸のある場所など、台車が移動できない箇所は計測不可
- ・計測面が濡れているとレーザーが反射されないため計測できない
- ・GNSS、TS等で台車の位置について追尾する必要がある

④無人航空機搭載型レーザースキャナー(UAVレーザー)

○計測手法の概要

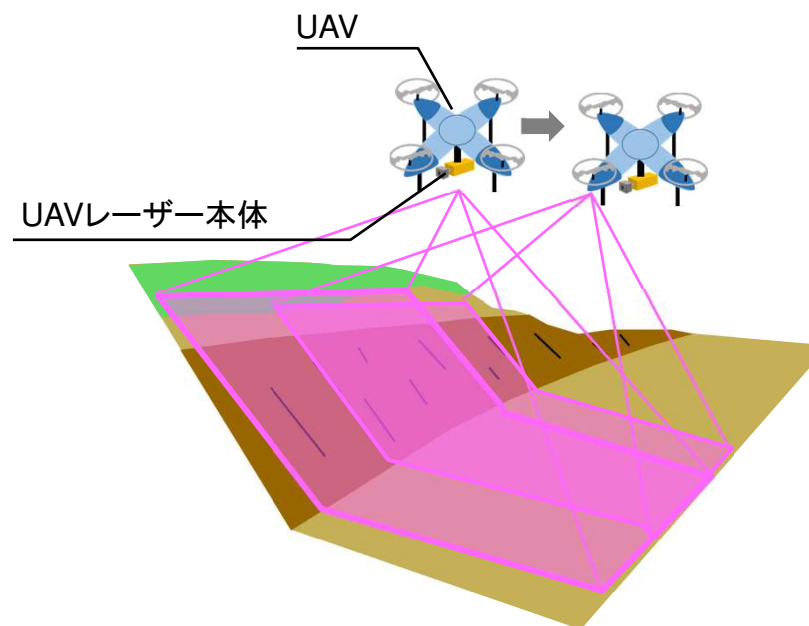
UAVに搭載したレーザースキャナーで上空を移動しながら地形や地物等の3次元点群データを取得する手法。
レーザ光を十分に反射しない物質(濡れた地表面等)には適さない。

○適用工種

土工、護岸工、表層安定処理等・固結工(中層混合処理)、
固結工(スラリー攪拌工)、法面工、
基礎工(矢板工・既製杭工・場所打杭工)、擁壁工、
構造物工(橋脚・橋台)、
土工(1000m³未満)・床掘工・小規模土工・法面整形工、
構造物工(橋梁架設・床版)

○機器構成

- ・UAVレーザー本体
- ・UAV
- ・3次元設計データ作成ソフトウェア
- ・点群処理ソフトウェア
- ・出来高算出ソフトウェア
- ・出来形帳票作成ソフトウェア



特徴・留意事項

- ・地表面に植物が生息している場合においても計測可能(広葉樹等が過度に密な場合は不可)
- ・1回の飛行で計測範囲が広く、計測時間が短い
- ・人の立ち入りができない場所を計測可能
- ・面的に計測が可能
- ・航空法をはじめとする関連法令を遵守した作業、手続きが必要(例:飛行する空域や方法等)
- ・高圧線等による電波障害が予想されるなどGNSS測位ができないエリアは測量できない
- ・強風時など天候によって計測できない場合がある
- ・計測後のデータ処理時間に時間を要する
- ・計測面が濡れているとレーザーが反射されないため計測できない
- ・TS等により標定点及び検証点の設置が必要

⑤TSノンプリズム方式(NTS)

○計測手法の概要

計測箇所にターゲットとなるプリズムを利用せず、1点ごとにレーザー光を計測面へ照射して反射波を用いて測距する手法。

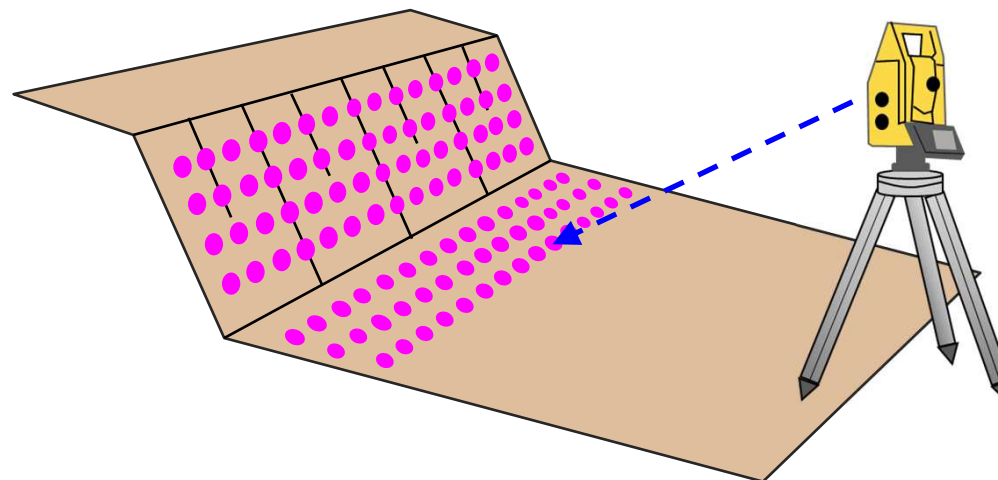
レーザー光を十分に反射しない物質(濡れた地表面等)には適さない。

○適用工種

土工、舗装工、路面切削工、護岸工、表層安定処理等・固結工(中層混合処理)、固結工(スラリー攪拌工)、法面工、トンネル工、基礎工(矢板工・既製杭工・場所打杭工)、擁壁工、構造物工(橋脚・橋台)、土工(1000m³未満)・床掘工・小規模土工・法面整形工

○機器構成

- ・TS本体
- ・3次元設計データ作成ソフトウェア
- ・点群処理ソフトウェア
- ・出来高算出ソフトウェア
- ・出来形帳票作成ソフトウェア



特徴・留意事項

- ・プリズムが不要のため人の立ち入りができない場所も計測可能
- ・多点を自動で計測できるため面的に計測が可能
- ・プリズムが不要のため1人で計測が可能
- ・1回の計測範囲が狭いため広範囲な計測を行う場合は器械の移設が必要
- ・計測面が濡れているとレーザーが反射されないため計測できない
- ・機器の設置位置について測量が必要

⑥TS等光波方式

○計測手法の概要

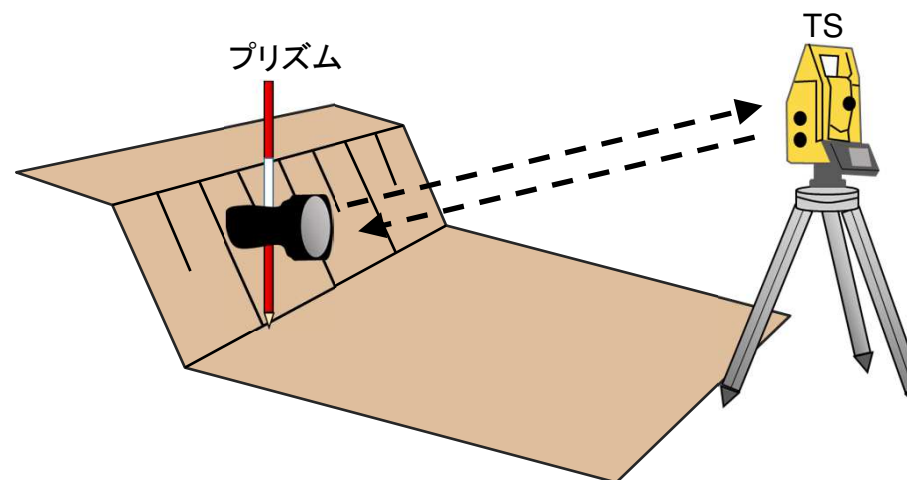
計測箇所にターゲットとなるプリズムを設置し、TSからプリズムへ照準を合わせ、プリズムからの反射波により測距する手法。自動追尾方式では機器がプリズムを自動で追尾する。

○適用工種

土工、舗装工、路面切削工、護岸工、表層安定処理工等・固結工（中層混合処理）、固結工（スラリー攪拌工）、法面工、基礎工（矢板工・既製杭工・場所打杭工）、擁壁工、構造物工（橋脚・橋台）、土工（1000m³未満）・床掘工・小規模土工・法面整形工、構造物工（橋梁架設・床版）

○機器構成

- ・TS本体
- ・プリズム
- ・3次元設計データ作成ソフトウェア
- ・点群処理ソフトウェア
- ・出来高算出ソフトウェア
- ・出来形帳票作成ソフトウェア
- ・基本設計データ作成ソフトウェア
（TSを用いた断面管理のみ）



特徴・留意事項

- ・任意の点を計測することが可能
- ・計測面が濡れているなど計測面の状況に影響を受けずに計測が可能
- ・自動追尾型はデータコレクターを使用すれば1人で計測が可能
- ・1回の計測範囲が狭いため広範囲な計測を行う場合は器械の移設が必要
- ・プリズムを支持するための作業員が必要
- ・作業員がプリズムを移動・支持するため面的な測量には不向き
- ・機器の設置位置について測量が必要

○計測手法の概要

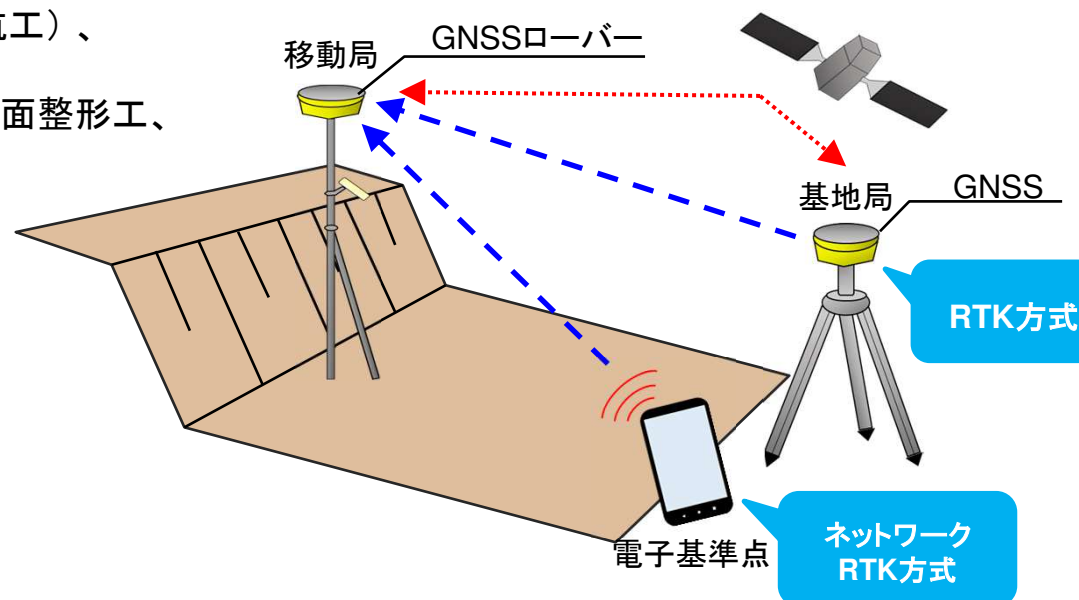
RTKとは、リアルタイムキネマティックの略で、衛星測位から発信される搬送波を用いた計測手法。既知点と移動局にGNSSのアンテナを設置し、既知点から移動局への相対位置関係によりリアルタイムに移動局の座標を計算可能。

○適用工種

土工、護岸工、表層安定処理工等・固結工（中層混合処理）、固結工（スラリー攪拌工）、
法面工、基礎工（矢板工・既製杭工・場所打杭工）、
擁壁工、構造物工（橋脚・橋台）、
土工（1000m³未満）・床掘工・小規模土工・法面整形工、
構造物工（橋梁架設・床版）

○機器構成

- ・RTK-GNSS（基地局）
- ・GNSSローバー（移動局）
- ・3次元設計データ作成ソフトウェア
- ・点群処理ソフトウェア
- ・出来高算出ソフトウェア
- ・出来形帳票作成ソフトウェア



特徴・留意事項

- ・任意の点を計測することが可能
- ・計測面が濡れているなど計測面の状況に影響を受けずに計測が可能
- ・RTK-GNSSローバーを用いて1人で計測が可能
- ・ネットワーク型RTK-GNSSは基地局の設置が不要
- ・高圧線等の電波障害が予想されるなどGNSS測位ができないエリアは測量できない
- ・1回の計測範囲が狭いため広範囲な計測を行う場合は器械の移設が必要
- ・測点でGNSSローバーを支持するための作業員が必要
- ・作業員がGNSSローバー移動・支持するため面的な測量には不向き

○計測手法の概要

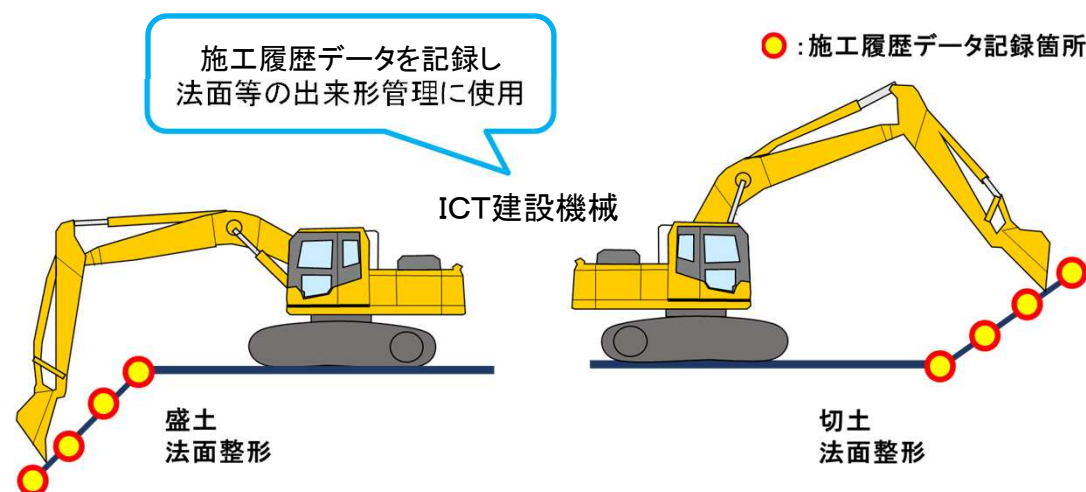
施工しながら記録される作業装置の3次元座標や取得時刻、その時の建設機械の状態等のデータを用いて出来形管理を行う手法。

○適用工種 ※一部可能

土工※、路面切削工、河川浚渫工、表層安定処理等・固結工（中層混合処理）、
固結工（スラリー攪拌工）、土工（1000m³未満）・床掘工・小規模土工・法面整形工※

○機器構成

- ・ICT建設機械
- ・RTK-GNSS
- ・GNSSローバー
- ・3次元設計データ作成ソフトウェア
- ・点群処理ソフトウェア
- ・出来高算出ソフトウェア
- ・出来形帳票作成ソフトウェア



特徴・留意事項

- ・計測機器を使用することなく施工中にデータ取得が可能
- ・工種によっては面的に計測が可能
- ・高圧線等による電波障害が予想されるなどGNSS測位ができないエリアでは測量できない（建設機械の測位にGNSSを利用している場合）
- ・計測後のデータ処理時間に時間を要する
- ・適用可能な工種が限定的

○計測手法の概要

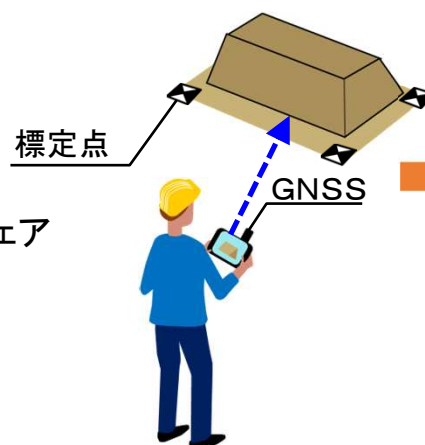
計測対象の周辺に「標定点」を設置し、GNSSを装着したスマートフォンやタブレット等で移動しながら計測することで、現場座標系に適合した点群データを生成する手法。2周波のGNSS電波を採用し、計測準備時間を短縮可能。

○適用工種

土工、路面切削工、
土工(1000m³未満)・床掘工・小規模土工・法面整形工

○機器構成

- ・GNSS
- ・スマートフォン、タブレット等
- ・3次元設計データ作成ソフトウェア
- ・点群処理ソフトウェア
- ・出来高算出ソフトウェア
- ・出来形帳票作成ソフトウェア



スマートフォン、タブレット



特徴・留意事項

- ・低コスト、且つ短時間で点群データが取得可能
- ・狭い範囲の計測に適用可能
- ・面的に計測が可能
- ・モバイル端末等により1人で計測が可能
- ・高圧線等による電波障害が予想されるなどGNSS測位ができないエリアでは測量できない
- ・地表面に植物が繁茂している場合は、計測前に伐採が必要
- ・計測範囲が限られるため広範囲の現場には適さない
- ・計測後のデータ処理に時間を要する
- ・適用可能な工種が限定的
- ・TS等により標定点及び検証点の設置が必要

○計測手法の概要

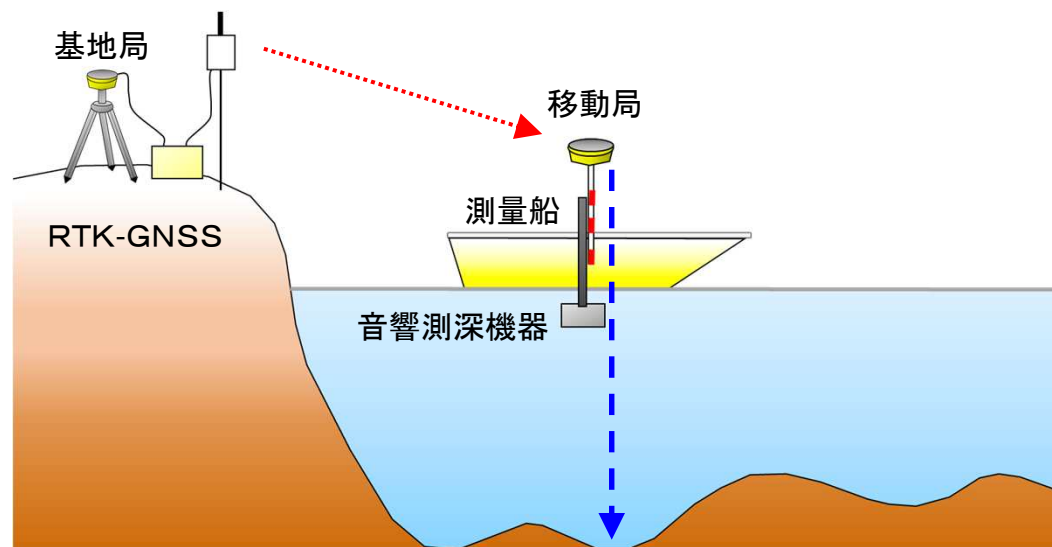
GNSSの位置座標と音響測深機の反射波を用いて、自船位置の測深値をリアルタイムに計測する手法。
音響測深機には、マルチビームとシングルビームの2種類ある。

○適用工種

河川浚渫工

○機器構成

- ・音響測深機器本体 ・測量船
- ・水深測量ソフトウェア
- ・RTK-GNSS(基地局)
- ・GNSSローバー(移動局)
- ・3次元設計データ作成ソフトウェア
- ・点群処理ソフトウェア
- ・出来高算出ソフトウェア
- ・出来形帳票作成ソフトウェア



特徴・留意事項

- ・水面下のデータが取得可能
- ・マルチビームは面的に計測が可能
- ・高圧線等による電波障害が予想されるなどGNSS測位ができないエリアでは測量できない
- ・高波時など状況によって計測できない場合がある
- ・植物が繁茂しているなど河床の状況によってはデータの精度が低下する場合がある
- ・計測後のデータ処理に時間を要する
- ・適用可能な工種が限定的

⑪モバイル端末を用いた計測

○計測手法の概要

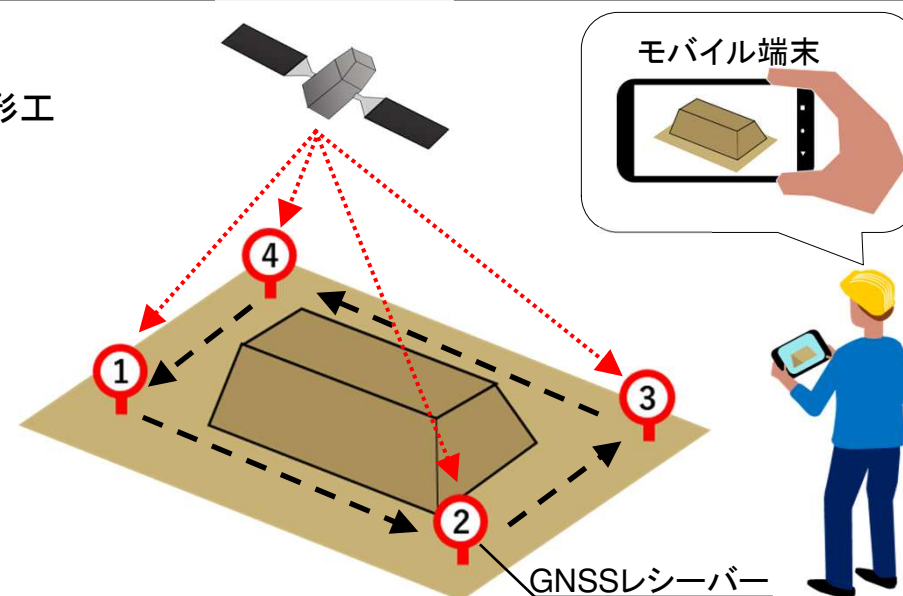
モバイル端末に搭載されているLiDAR等のセンサーにより3次元点群データを生成する手法。
計測で得られた3次元点群データを、計測対象と重ねてリアルタイムに確認が可能。

○適用工種

土工(1000m³未満)・床掘工・小規模土工・法面整形工

○機器構成

- ・モバイル端末
- ・GNSSレシーバー
- ・メーカー専用のデータ処理ソフトウェア
- ・3次元設計データ作成ソフトウェア
- ・点群処理ソフトウェア
- ・出来高算出ソフトウェア
- ・出来形帳票作成ソフトウェア



特徴・留意事項

- ・低コストで、且つ短時間で点群データが取得可能
- ・狭い範囲の計測に適用可能(土工1,000m³未満の小規模現場での計測に有効)
- ・モバイル端末等により1人で計測が可能
- ・高压線等による電波障害が予想されるなどGNSS測位ができないエリアでは測量できない
- ・地表面に植物が繁茂している場合は、計測前に伐採が必要
- ・計測範囲に限られるため広範囲の現場には適さない(5m程度)
- ・計測後のデータ処理に時間を要する
- ・計測面が濡れているとレーザーが反射されないため計測できない
- ・適用可能な工種が限定的

4. 3次元計測技術に求められる精度：要求精度

○3次元計測技術に求められる精度：要求精度

工種別の3次元計測技術において、次頁以降に土工編を例として定められた規格値に対する機械精度を確保した測定精度、点群の計測密度を示す。

表1-7 工種別 3次元計測技術一覧

※2024年3月時点

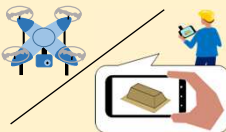
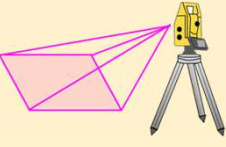
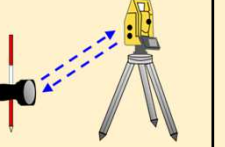
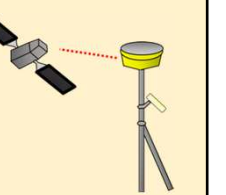
番号	3次元計測技術	土工	舗装工	路面切削工	河川浚渫工	護岸工	表層安定処理等・固結工（中層混合処理）	固結工（スラリー攪拌工）	法面工	トンネル工	基礎工（矢板工・既製杭工・場所打杭工）	擁壁工	構造物工（橋脚・橋台）	土工（ 100% 未満）・床掘工・小規模土工・法面整形工	構造物工（橋梁架設・床版）
①	空中写真測量（UAV）	○	—	—	—	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○
②	地上型レーザースキャナー（TLS）	○	○	○	—	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○
③	地上移動体搭載型レーザースキャナー（MLS）	○	○	○	—	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○
④	無人航空機搭載型レーザースキャナー（UAVレーザー）	○	—	—	—	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○
⑤	TSノンプリズム方式（NTS）	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—
⑥	TS等光波方式	○	○	○	—	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○
⑦	RTK-GNSS	○	—	—	—	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○
⑧	施工履歴データ ※土工でも一部可能	○※	—	○	○	—	○	○	—	—	—	—	—	○※	—
⑨	地上写真測量	○	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—
⑩	音響測深機器	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
⑪	モバイル端末を用いた3次元計測技術	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—

4. 3次元計測技術に求められる精度：要求精度

○土工編：面管理における3次元計測機器の性能基準

3次元計測技術の適用は、定められた規格値に対する機械精度を確保した測定精度、点群の計測密度に準拠し、起工測量・出来形計測を実施するため、下表の数値を満足しなければならない。

表1-8 3次元計測機器の性能基準：面管理(1/2)

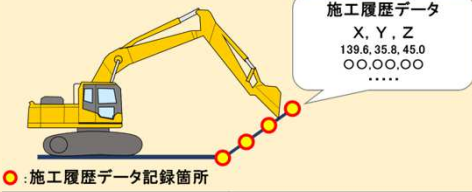
機種		空中写真測量 (UAV) 地上写真測量	地上型レーザー スキャナー(TLS)	地上移動体搭載型 レーザーสキャナー (MLS)	無人航空機搭載型 レーザーสキャナー (UAVレーザー)	TSノンプリズム方式 (NTS)	TS等光波方式	RTK-GNSS
項目								
測定精度	起工測量	±100mm以内	±100mm以内	±100mm以内	±100mm以内	±20mm以内	【鉛直方向】 ±10mm以内 【平面方向】 ±20mm以内	【鉛直方向】 ±30mm以内 【平面方向】 ±20mm以内
	出来形 管理計測	±50mm以内	±50mm以内	±50mm以内	±50mm以内			
計測密度	起工測量	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	4点以上/1㎡	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)
	出来形計測	1点以上/0.01㎡ (0.1m×0.1mメッシュ)	1点以上/0.01㎡ (0.1m×0.1mメッシュ)	1点以上/0.01㎡ (0.1m×0.1mメッシュ)	100点以上/1㎡	1点以上/1㎡ (1m×1mメッシュ)	1点以上/1㎡ (1m×1mメッシュ)	1点以上/1㎡ (1m×1mメッシュ)
	出来形評価点	1点以上/1㎡ (1m×1mメッシュ)	1点以上/1㎡ (1m×1mメッシュ)	1点以上/1㎡ (1m×1mメッシュ)	1点以上/1㎡ (1m×1mメッシュ)			

4. 3次元計測技術に求められる精度：要求精度

○土工編：面管理における3次元計測機器の性能基準

3次元計測技術の適用は、定められた規格値に対する機械精度を確保した測定精度、点群の計測密度に準拠し、起工測量・出来形計測を実施するため、下表の数値を満足しなければならない。

表1-9 3次元計測機器の性能基準：面管理(2/2)

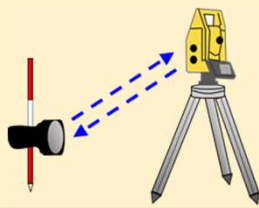
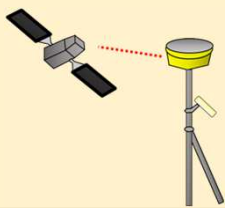
機種		項目		施工履歴データ	
					
測定精度	起工測量	-		-	
	出来形管理計測	ICTバックホウ・ICTブルドーザ（以下の①及び②両方を実施） <u>①実施に掘削・整形作業を行う方法</u> ・法面または平場で下記の精度を確認する ・水平・鉛直方向(Δx 、 Δy 、 Δz)各 $\pm 50\text{mm}$ 以内 <u>②ICT建設機械の作業装置位置を計測する方法</u> ・水平・鉛直方向(Δx 、 Δy 、 Δz)各 $\pm 50\text{mm}$ 以内		MGローラ（以下の①及び②両方を実施） <u>①実施に締固め作業を行う方法</u> ・平場で下記の精度を確認する ・水平・鉛直方向(Δx 、 Δy 、 Δz)各 $\pm 50\text{mm}$ 以内 <u>②ICT建設機械の作業装置位置を計測する方法</u> ・水平・鉛直方向(Δx 、 Δy 、 Δz)各 $\pm 50\text{mm}$ 以内	
計測密度	起工測量	-		-	
	出来形計測	1点以上/ 1m^2 (1m×1mメッシュ)		1点以上/ 1m^2 (1m×1mメッシュ)	
	出来形管理計測 出来形評価点	-		-	

4. 3次元計測技術に求められる精度：要求精度

○土工編：断面管理における3次元計測機器の性能基準

3次元計測技術の適用は、定められた規格値に対する機械精度を確保した測定精度に準拠し、起工測量・出来形計測を実施するため、下表の数値を満足しなければならない。

表1-10 3次元計測機器の性能基準：断面管理

項目		機種
測定精度	起工測量	TS等光波方式 
	出来形管理計測	RTK-GNSS 
		【鉛直方向】 ±10mm以内 【平面方向】 ±20mm以内
		【鉛直方向】 ±10mm以内 【平面方向】 ±20mm以内