

(2) 3次元計測技術と起工測量

★3次元起工測量の手法と使用できる技術について



単点計測管理(断面管理)

- ・TS等光波方式
- ・RTK-GNSS
- ・TS(ノンプリズム方式)

多点計測管理(面管理)

- ・UAV
- ・TLS
- ・TS等光波方式
- ・RTK-GNSS
- ・TS(ノンプリズム方式)
- ・UAVレーザー
- ・地上移動体LS
- ・その他3次元計測技術

3次元計測
技術

1. 多点計測技術による3次元起工測量

1-1. 多点計測技術について

多点計測技術:一度に多くの3次元座標点の計測データ(点群データ)を取得できる計測技術

代表例

地上型レーザースキャナー



無人航空機を用いた
空中写真測量



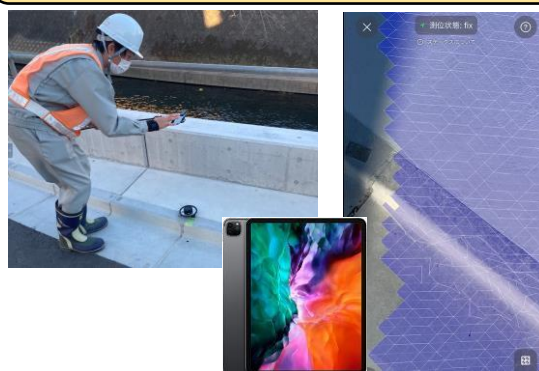
無人航空機搭載型
レーザースキャナー



ICT建機の施工履歴データ



モバイル端末計測技術



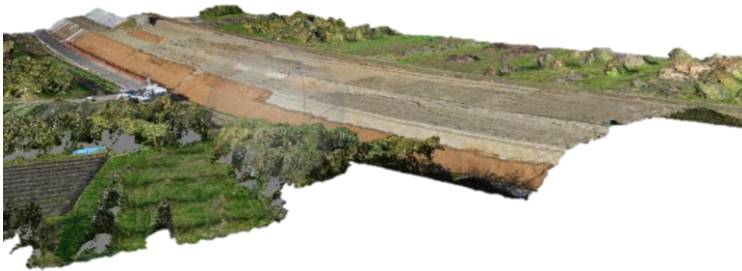
R4.3.31 策定

土工(1,000m³未満)・床掘工・小規模土工・法面整形工の出来形管理(面管理)で利用できる技術

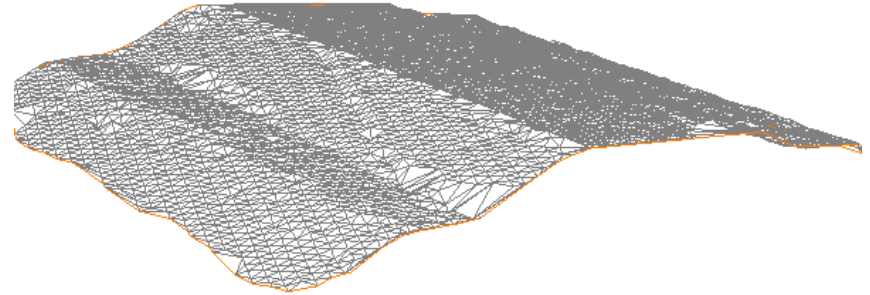
1-2. 多点計測技術による取得データと利用場面

取得データ

点群データ(X,Y,Z)



施工履歴データ



用途

面管理の場合の以下の場面

起工測量

岩線測量

出来形管理※

数量算出(部分払い含む)

1-3. 多点計測技術の紹介

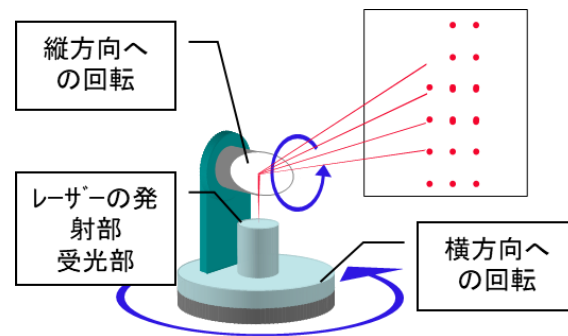
①地上型レーザースキャナ(TLS)

・TLSは、地上型レーザースキャナー(Terrestrial Laser Scanner)の略。

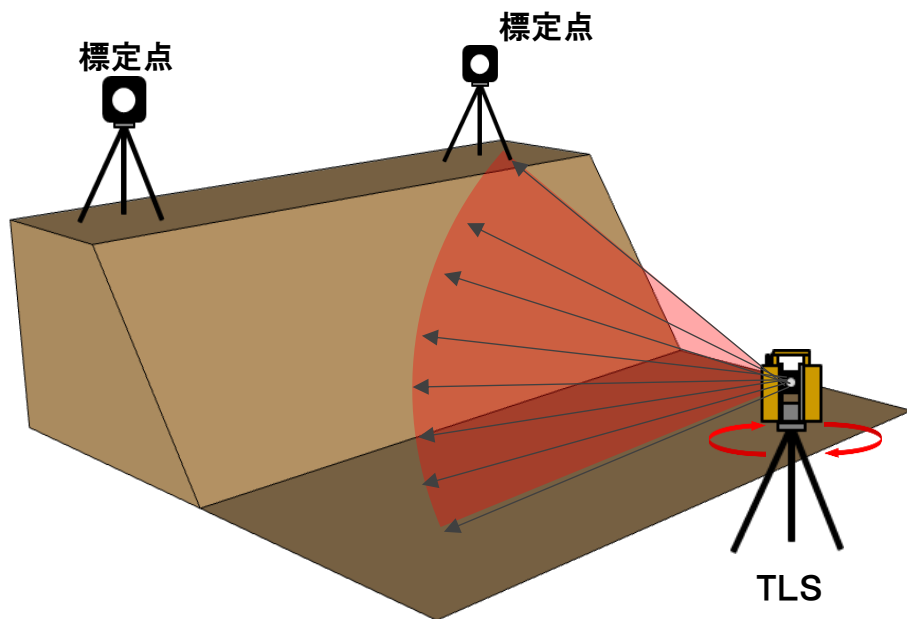
・機器を回転しながらレーザーを連続的に照射することで、対象物との相対位置(角度と距離)を面的に取得できる。

・1点ずつの計測とは異なり、短時間で点群データが取得できる。また、写真測量のように写真から点群化する作業が不要である。

計測機器の原理(イメージ)



計測作業手順(イメージ)



【計測作業手順】

- ①TLSを設置
- ②標定点を設置・計測※
- ③計測の開始

※標定点を用いてTLSによる計測結果を3次元座標へ変換、あるいは複数回の計測結果を標定点を用いて合成する場合

■標定点とは

相対形状を3次元座標に変換する際に用いる座標点。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。

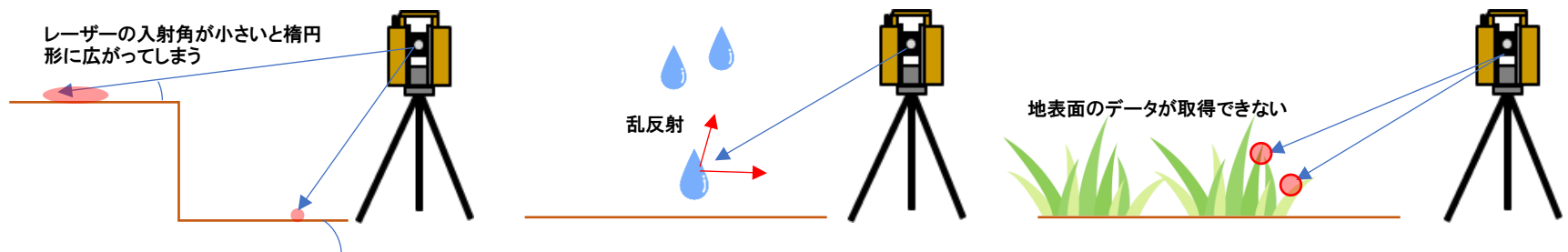


特徴

- 計測対象の地形を**短時間かつ高密度**に取得した出来形計測点群(3次元座標値)から、3次元CADや同様のソフトウェアを用いて、**出来形を面的に把握**、出来形数量などを容易に算出することが可能
- 計測対象点を指定した計測が出来ない(単点計測はできない)
- 計測間隔が均一でない(レーザーの入射角による影響など)
- 計測点群データの処理が必要

以下の環境に留意が必要。

- 雨や霧、雪などレーザーが乱反射してしまう気象
- 計測対象範囲とレーザー光の入射角が極端に低下する場合
- 強風などで土埃などが大量に舞っている場合
- 草や木などで地面が覆われている場所



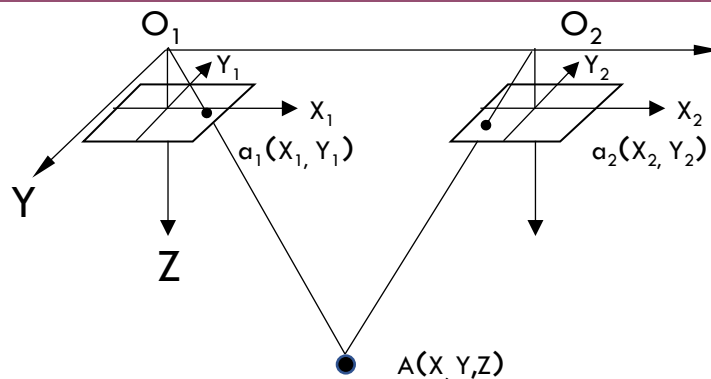
②無人航空機を用いた空中写真測量(UAV)

・UAVは、無人航空機(Unmanned aerial vehicle)の略。

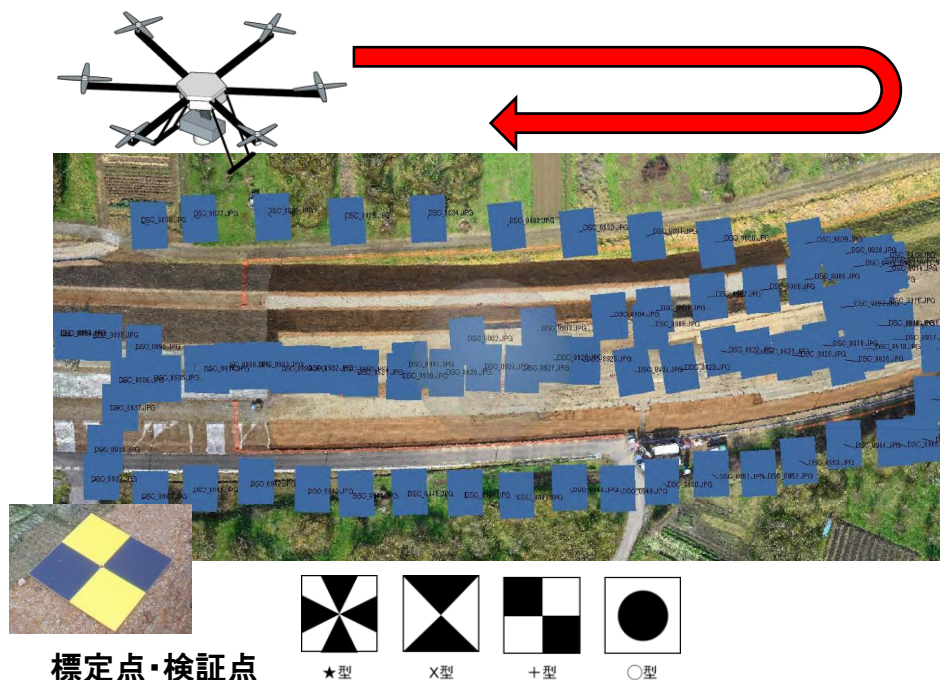
・デジタルカメラを搭載したUAVで上空から連続で撮影した空中写真を用いて、対象範囲のステレオモデルの作成や地上の測地座標への変換等を行うことで、地形や地物の3次元の座標値を取得できる。

・写真に写らないものは点群化できない。

計測機器の原理(イメージ)



計測作業手順(イメージ)



【計測作業手順】

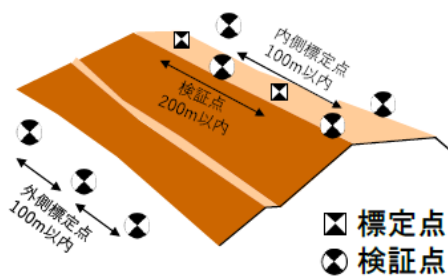
- ①撮影計画立案
- ②標定点及び検証点の設置・計測
- ③撮影の開始

【標定点】

3次元計測技術を用いて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

【検証点】

3次元計測技術を用いて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検証点

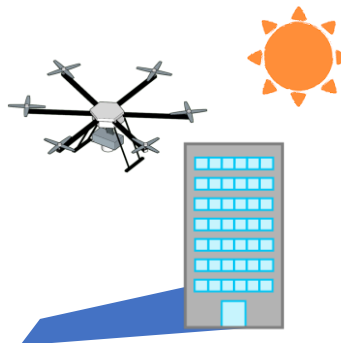


特徴

- 計測対象の**地形の空中写真を撮影**し、写真測量用のソフトウェアによる**数値化**を行い、3次元CADや同様のソフトウェアを用いて、**出来形を面的に把握**、出来形数量などを容易に算出することが可能
- 計測対象点を指定した計測が出来ない(単点計測はできない)
- 撮影した写真を点群化と、点群データの処理作業が必要

以下の環境に留意が必要。

- 強風や突風の恐れのある気象条件
- 写真が鮮明に取れないなど、暗い場合
- 日差しが強く影部が鮮明に取れない場合
- 草や木など地面が覆われている場所
- 積雪により地面が覆われている場所



UAVの不可視部分は点群化されない

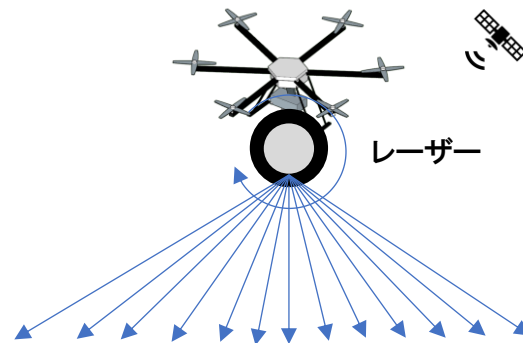


③無人航空機搭載型レーザースキャナ

・UAVと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、これらの装置の関係付けと計測データの解析により3次元座標を解析する。

計測機器の原理(イメージ)



計測作業手順(イメージ)

【計測作業手順】

- ①撮影計画立案
- ②調整用基準点・検証点の設置
- ③地上固定局の設置
- ④UAVレーザースステムの確認
- ⑤計測の開始

■調整用基準点とは

UAVレーザ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。標高調整用と水平調整用の2種類がある。

標高調整用基準点の一例



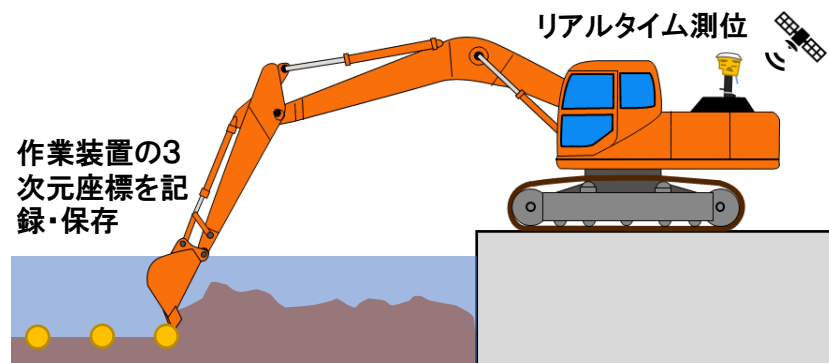
水平調整用基準点の一例



④ICT建機の施工履歴データ

- ・ICT建設機械は、オペレータへの操作支援又は作業装置の自動制御を行うため、施工中は**作業装置の3次元座標**をリアルタイムで取得している。この3次元座標は、**取得時刻等とともに記録、保存**される。**この記録データが施工履歴データである。**
- ・施工しながらの計測が可能となる。

計測機器の原理(イメージ)



計測作業手順(イメージ)

【計測作業手順】

- ① 建設機械の作業装置位置の3次元座標取得のための準備 (GNSS, TSなど)
- ② 事前精度確認
- ③ 日常の精度管理
- ④ 施工の実施 (施工履歴データの取得)



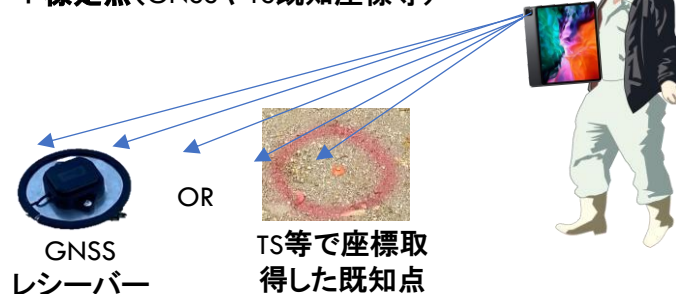
施工履歴データを利用する場合は、施工中の作業装置位置をリアルタイムに計測・記録する機能を有している必要がある。

⑤モバイル端末計測技術

- ・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、3次元座標を取得する技術。
- ・モバイル端末で利用できる専用のアプリケーションを用いて計測を行う。

計測機器の原理(イメージ)

モバイル端末+点群取得用アプリ
+標定点(GNSSやTS既知座標等)



計測作業手順(イメージ)

【計測作業手順】

- ①計測計画の立案
- ②3次元計測技術の設置・計測

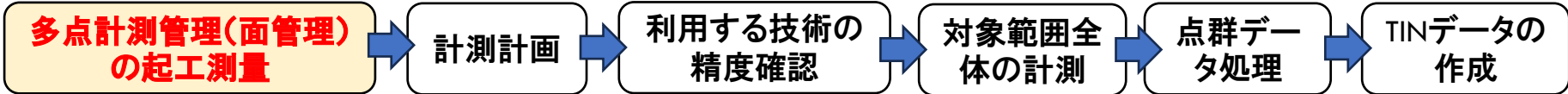
※計測に際して、計画した標定点設置間隔や有効幅が測定精度を満たしているかどうか、精度確認試験によって確認する。

ただし、測定精度 確保に必要な標定点の設置基準を明記している場合は、標定点の設置精度の確認(2箇所以上)により検証点の確認に代替することができる。

例)標定点としてRTK-GNSSを搭載する標識を用いる場合、標定点を現場内の既知点上に設置し、標定点と既知点の座標較差が測定精度を満たしているか確認する。既知点の座標は、工事基準点あるいは工事基準点からTS等光波方式により計測された座標とする。



1-4. 多点計測技術による3次元起工測量の流れ



■計測計画(参考)

- ・TLS: 標定点配置箇所や、計測距離など
 - ・UAV: ラップ率などの飛行計画、飛行マニュアルなど
- 施工計画書に記載または添付し、発注者に提出

■精度確認(参考) ※TLSの場合

計測	測定精度	計測密度
起工測量、岩線計測	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm 以内	【起工測量、岩線計測】 1 点以上/0.25 m ² (0.5m×0.5m メッシュ)
部分払い出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm 以内	【部分払い出来高計測】 1 点以上/0.25 m ² (0.5m×0.5m メッシュ)
出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm 以内	【出来形計測】 1 点以上/0.01 m ² (0.1m×0.1m メッシュ) 【出来形評価用】 1 点以上/1 m ² (1m×1m メッシュ)

TLSの場合は事前精度確認を実施し、その結果が測定精度以内か確認します。

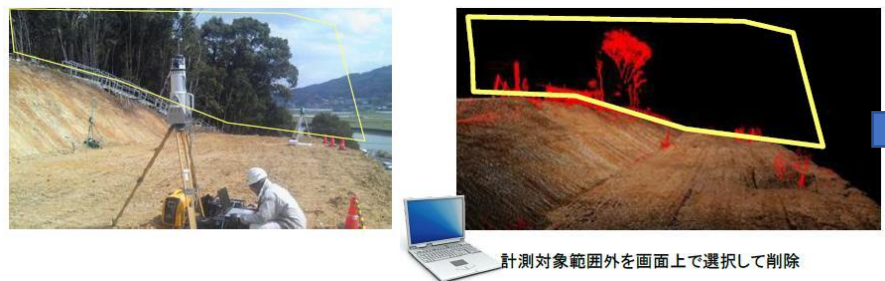
多点計測の場合は計測密度の規定もあります。また、精度確認試験のタイミングが技術ごとに異なりますので、関係要領を良く確認して下さい。

(国土交通省「3次元計測技術を用いた出来形管理要領」)
(https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000051.html)

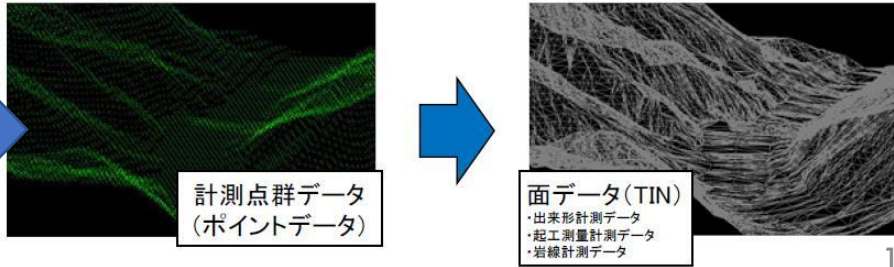
→ 精度確認試験結果を発注者に提出
※利用前の12 か月以内に1回以上実施した確認結果を提出してもよい (TLSの場合)

■点群データ処理、TINデータの作成(イメージ)

点群処理ソフトウェアを用いて、管理に不要となる点を削除



TINデータの作成



2. 単点計測技術による3次元起工測量

2-1. 単点計測技術について

単点計測技術：一つずつ3次元座標点のデータを取得できる計測技術

TS等光波方式



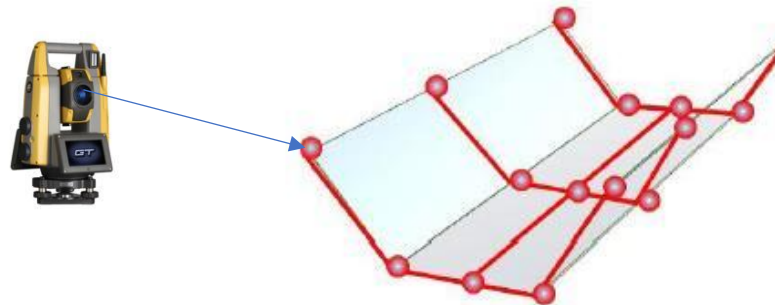
RTK-GNSS



2-2. 単点計測技術による取得データと利用場面

取得データ

点データ(X,Y,Z)



用途

断面管理の場合の以下の場面

起工測量

岩線測量

出来形管理※

数量算出(部分払い含む)

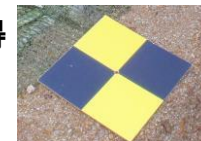
その他

■3次元起工測量において点群座標が取得できなかった場合の補間計測

■標定点の3次元座標取得

■実地検査

■検測、位置出し



※土工では、単点計測技術を用いた面管理も可能とされている。

2-3. 単点計測技術の紹介

①TS等光波方式

TS等光波方式とは、トータルステーションに加え、国土地理院で認定されないがトータルステーションと同等な計測性能をもつ光波方式の総称である。

望遠鏡が搭載されていないTS等光波方式でも、精度確認試験をおこなうことで出来形管理に使うことができる。望遠鏡が搭載されていないTS等光波方式とは、プリズムを自動追尾する機能が組み込まれ視準することなく角度(鉛直角・水平角)と距離を同時に測定することができる電子式測距測角儀を利用したものである。



出典:TOPCON
GT-1200/600



出典:TOPCON
LN-150



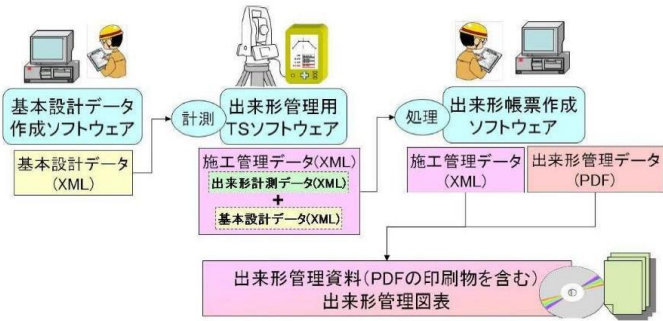
出典:Leica
FlexLine TS07



出典:Leica
Nova MS60

■出来形管理用TS

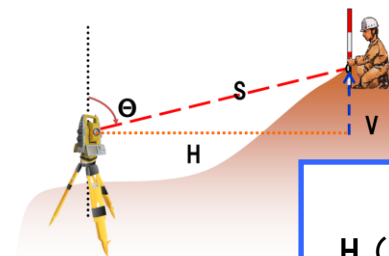
現場での出来形の計測や確認を行うために必要なTS、TSに接続された情報機器(データコレクタ、携帯可能なコンピュータ)、及び情報機器に搭載する出来形管理用TSソフトウェアの一式のことである。広義の意味で、周辺ソフトウェア(基本設計データ作成ソフトウェア、出来形帳票作成ソフトウェア)も含めて称する場合もある。



・TS(トータルステーション)とは1台の機械で**角度**
(鉛直角・水平角)と**距離**を同時に測定することが
できる**電子式測距測角儀**のことである。

計測した角度と距離から未知点の座標計算を瞬時に
行うことができ、計測データの記録及び外部機器
への出力ができる。標定点、検証点、標定点調整
用基準点の座標取得、及び実地検査に利用される。

計測機器の原理(イメージ)



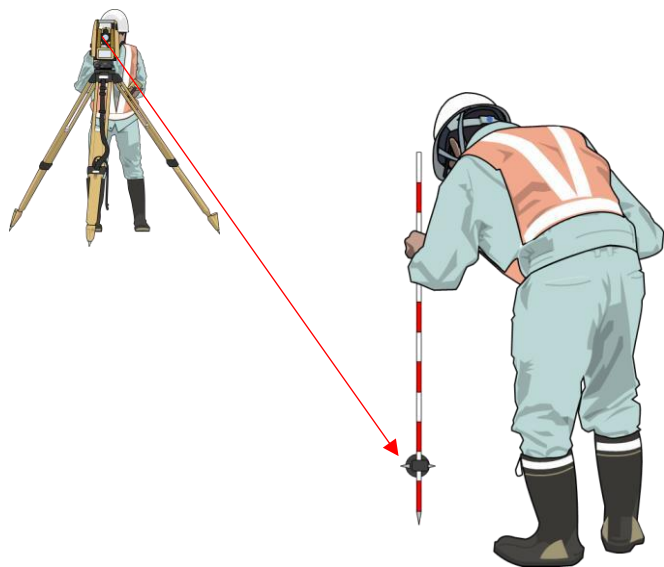
角度距離から水平、高さへの変換

三角比

$$H \text{ (水平距離)} = S \cdot \cos(90 - \theta)$$

$$V \text{ (高低差)} = S \cdot \sin(90 - \theta)$$

計測作業手順(イメージ)



【計測作業手順】

- ① 基準点を利用して器械設置を行う
- ② 計測対象箇所にプリズムを設置しTSの望遠鏡をプリズム方向に向ける。
- ③ TSの望遠鏡で正確にプリズムを視準して計測対象点の計測を行う。

出来形管理用TSは、法長、幅、基準高等を算出する機能を有しているため、測定者は、計測後すぐに設計値と計測値との差を確認できる。

測点:NO.48+10.02 右法肩		測点:NO.48+10.02 右法肩	
◆基準高◆		◆幅員◆	
設計値 0.570 (m)		設計値	2.470 m
測定値 0.566 (m)		測定値	2.465 m
差 -0.004 m		差	-0.005 m

特徴

- 一般にTSの高さ測定精度はレベル(水準儀)には及ばないが、3級TSによる実証実験により計測距離が100m以内であればレベルでの計測値に対する差が±5mm以内で、**現行の出来形計測結果と比較しても遜色がない**ことを確認している。
- 出来形計測の実施にあたっては、出来形管理用TS(※)から出来形計測点までの斜距離を**3級TSは100m以内(2級TSは150m以内)**とされている。
- 計測対象点を指定した計測ができる。

※出来形管理用TS:施工管理データ(基本設計データ及び出来形計測データ)を搭載したトータルステーション

以下の環境に留意が必要。

- TSが水平に設置されていること。
- 計測中に器械が動かないように確実に設置すること。
- 器械高の入力ミスなどの単純な誤りが多いので注意すること。
- プリズムは、傾きがないように正しく設置すること。
- TSと工事基準点の距離が近いと、方位の算出誤差が大きくなるので注意すること。

②RTK-GNSS

■GNSSとは

汎地球測位航法衛星システム(Global Navigation Satellite System)の略。

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。

■出来形管理用RTK-GNSSとは

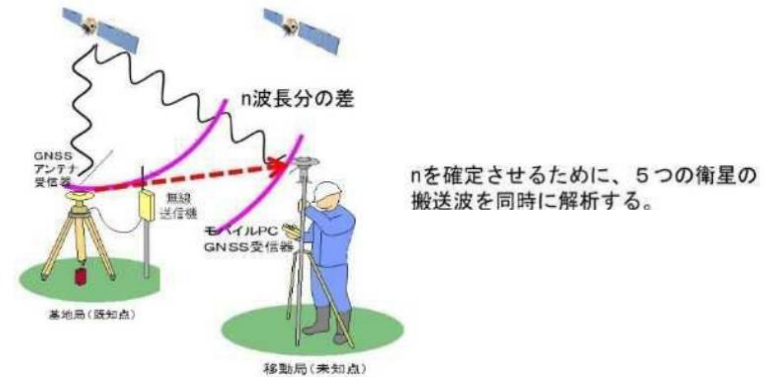
現場での出来形の計測や確認を行うために必要なRTK-GNSS、RTK-GNSSに接続された情報機器(データコレクタ、携帯可能なコンピュータ)、及び情報機器に搭載する出来形管理用RTK-GNSSソフトウェアの一式のことである。出来形管理用RTK-GNSSの性能については、本管理要領(案)に示す機能及び性能を有していなければならない。広義の意味で、周辺ソフトウェア(基本設計データ作成ソフトウェア、出来形帳票作成ソフトウェア)も含めて称する場合もある。



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基線ベクトル解析により、リアルタイムに移動局の座標を計算することができる。現場内に設置する既知点のほか、国土地理院が認定する民間電子基準点A級、B級を利用することができる。

計測機器の原理(イメージ)



計測作業手順(イメージ)

【計測作業手順】

① 出来形管理用RTK-GNSSの基準局の設置

出来形管理用RTK-GNSSで利用する基準局は、工事基準点上に設置すること。任意の未知点に設置する必要がある場合には、測量を実施して工事基準点とするか、後方交会法のように任意の点に設置した後で必要な位置情報を取得する機能を利用すること。なお、ネットワーク型RTK-GNSSの移動局のみで測位する場合はこの限りでない。

② ローカライゼーション

GNSS座標系と現場座標系にズレがある場合、ローカライゼーションを行う。

③ 計測



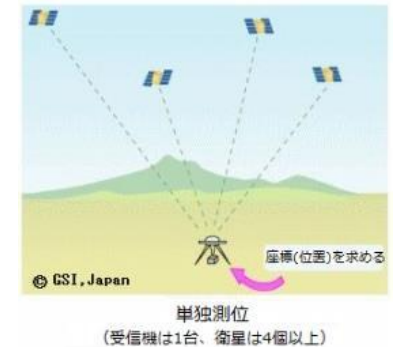
移動局

※ローカライゼーション(座標変換)とは:GNSS座標系を現場座標系に変換すること。現場座標系とGNSS座標系の間にはズレがあるが、ローカライゼーションを実施することで、GNSS座標を現場座標へ変換するテーブルが作成され、以降は、GNSS座標の計測値より自動的に現場座標の計測値が得られる。

■GNSSの計測手法の種類

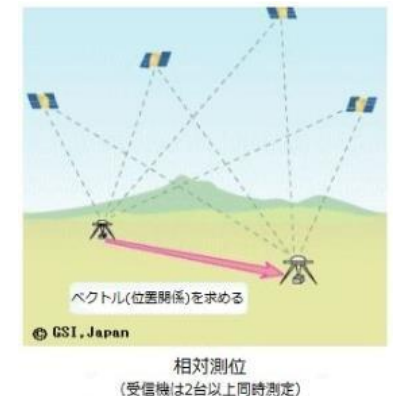
単独測位

GNSS衛星から送信される衛星の位置や時刻などの情報を1台のアンテナで受信することにより、衛星から電波が発信されてから受信機に到達するまでに要した時間を測り、距離に変換。誤差は10m～20m程度。
自動車などのナビゲーションとして利用されている。



相対測位

2台以上の受信機を使い、同時に4個以上の同じGNSS衛星を観測。GNSS衛星の位置を基準とし、GNSS衛星からの電波信号がそれぞれの受信機に到達する時間差を測定して、2点間の相対的な位置関係を求める。誤差は1cm～5m程度。



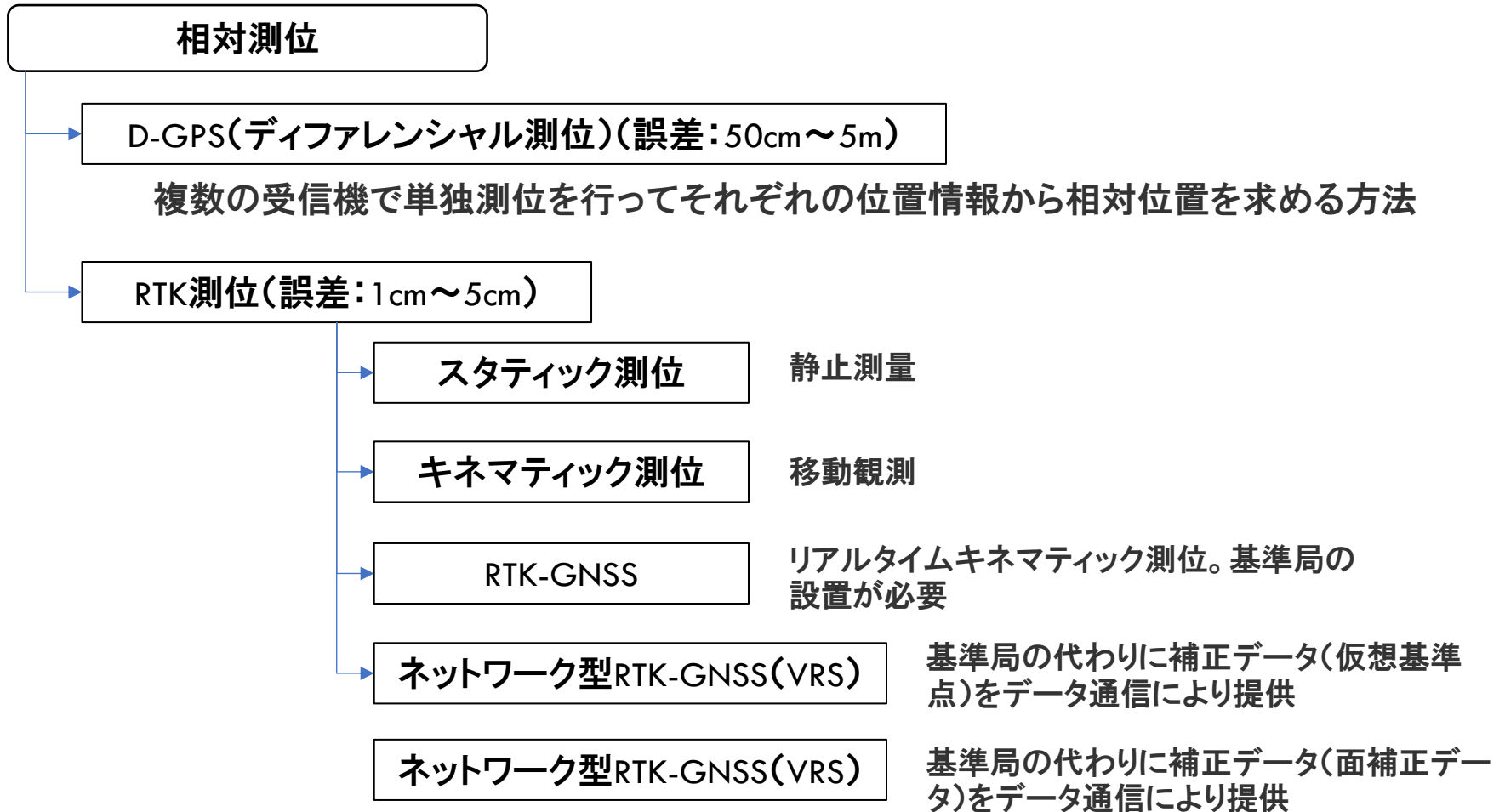
 次頁につづく

※引用・出典

・マゼランシステムズジャパン(<https://www.magellan.jp/fundamental/104>)

・国土地理院(<https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi45009.html>)

■GNSSの計測手法の種類



※引用・出典

・マゼランシステムズジャパン(<https://www.magellan.jp/fundamental/104>)

・国土地理院(<https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi45009.html>)

2-4. 単点計測技術による3次元起工測量の流れ



■精度確認(参考) ※TS等光波方式の場合

計測	計測性能	測定精度
起工測量、岩線計測	公称測定精度: $\pm (5\text{mm} + 5\text{ppm} \times D)$ 以下※ 最小目盛値 20" 以下	国土地理院で規定がない場合: 【鉛直方向】
部分払い出来高計測	※D 値は計測距離(m)、ppm は 10^{-6}	±10mm 以内
出来形計測	例: 計測距離 100m の場合は、 $\pm (5\text{mm} + 5 \times 10^{-6} \times 100\text{m}) = \pm 5.5\text{mm}$ の誤差となる。	【平面方向】 ±20mm 以内

TSの場合、国土地理院3級登録品であればOK。



地理院登録品でない場合、精度確認試験を実施し、左記の測定精度を満足するか確認する必要があります。

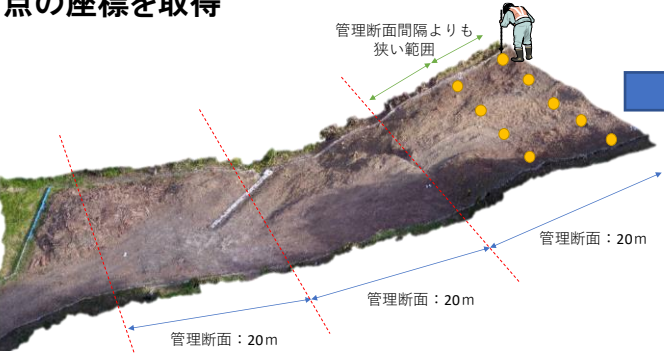
精度確認試験結果を発注者に提出

(国土交通省「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」)

(https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000051.html)

■変化点や管理断面の3次元座標を取得し、TINデータを作成(イメージ)

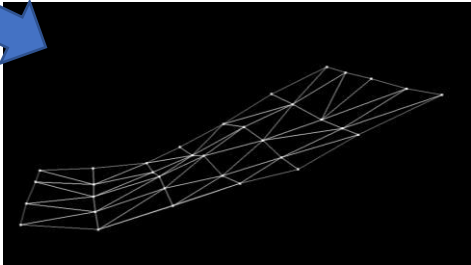
管理断面、あるいはそれより狭い範囲で変化点の座標を取得



取得した3次元座標データをソフトウェアに取り込む



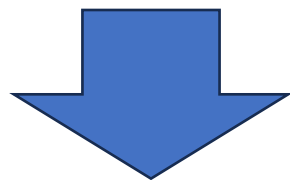
点と点をつなぎ、TINデータを作成する



TIN(不等三角網)とは、Triangular Irregular Network の略。TINは、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る。

3. 実施ポイント

利用できる技術は工種毎に異なる



実施要領で確認

○確認できる資料→国土交通省や秋田県の実施要領

国土交通省 ICT 要領



ICTの全面的な活用



今後、我が国において生産年齢人口が減少することが予想されている中、建設分野において、生産性向上は避けられない課題です。国土交通省においては、建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す新しい取組であるi-Constructionを進めることにより、建設現場における一人一人の生産性を向上させ、企業の経営環境を改善し、建設現場に携わる人の賃金の水

ICT導入協議会

i-Constructionの3本柱の一つである土工への「ICTの全面的な活用」に向けて、ICTを建設現場へ円滑に導入し、その普及推進を図る

会議資料につきましては [こちら](#)

要領関係等

ICTの全面的な活用に資する各種要領等を策定しています。

要領関係につきましては [こちら](#)

ICT施工Stage II

建設現場の情報をリアルタイムに見える化し、工程の見直しや作業の効率化を行うことで更なる省人化を目指す取組を開始しました。

ICT施工Stage IIの取組みは [こちら](#)

ICT建設機械等認定制度

現場でのICT建設機械等の円滑な活用を図るため、ICT建設機械等を認定しています。

認定制度につきましては [こちら](#)

各実施方針等

各実施方針等です。

- [1.R7 ICT活用工事（土工）実施要領](#)
- [2.R7 ICT活用工事（土工1000m以上）積算要領](#)
- [3.R7 ICT活用工事（土工1000m未満）積算要領](#)
- [4.R7 ICT活用工事（砂防土工）積算要領](#)
- [5.R7 ICT活用工事（河床等掘削）積算要領](#)
- [6.R7 ICT活用工事（作業土工（床掘工））実施要領](#)
- [7.R7 ICT活用工事（作業土工（床掘工））積算要領](#)
- [8.R7 ICT活用工事（付帯構造物設置工）実施要領](#)
- [9.R7 ICT活用工事（付帯構造物設置工）積算要領](#)
- [10.R7 ICT活用工事（法面工）実施要領](#)
- [11.R7 ICT活用工事（法面工）積算要領](#)
- [12.R7 ICT活用工事（擁壁工）実施要領](#)
- [13.R7 ICT活用工事（擁壁工）積算要領](#)
- [14.R7 ICT活用工事（地盤改良工）実施要領](#)
- [15.R7 ICT活用工事（地盤改良工）（安定処理）積算要領](#)
- [16.R7 ICT活用工事（地盤改良工）（中層混合処理）積算要領](#)
- [17.R7 ICT活用工事（地盤改良工）（スラリー攪拌工）積算要領](#)
- [18.R7 ICT活用工事（地盤改良工）（ベーパードレーン工）積算要領](#)
- [19.R7 ICT活用工事（地盤改良工（サンドコンパクションパイル工）積算要領](#)

ICT活用工事（土工）実施要領

1. ICT活用工事

1-1 概要

ICT活用工事とは、施工プロセスの全ての段階において、以下に示すICT施工技術を全面的に活用する工事である。

1-2 ICT活用工事における土工

次の①～⑤の全ての段階でICT施工技術を活用することをICT活用工事(土工)とする。また「ICT土工」という略称を用いる。

- ① 3次元起工測量
- ② 3次元設計データ作成
- ③ ICT建設機械による施工
- ④ 3次元出来形管理等の施工管理
- ⑤ 3次元データの納品

受注者からの提案・協議により、土工以外の工種にICT施工技術を活用する場合は、それ

1-3 ICT施工技術の具体的内容

ICT施工技術の具体的内容については、以下の①～⑤によるものとし、関連要領等については、最新のものを適用するものとする。

関連要領等： https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000051.html

① 3次元起工測量

起工測量において、3次元測量データを取得するため、以下1)～7)から選択（複数以上可）して測量を行うものとする。

起工測量にあたっては、標準的に面計測を実施するものとするが、前工事または設計段階での3次元データが活用できる場合等においては、管理断面及び変化点の計測による測量が選択できるものとし、ICT活用工事とする。

- 1) 空中写真測量（無人航空機）を用いた起工測量
- 2) 地上型レーザースキャナーを用いた起工測量
- 3) 無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた起工測量
- 4) 地上移動体搭載型レーザースキャナーを用いた起工測量
- 5) TS等光波方式を用いた起工測量
- 6) TS（ノンプリズム方式）を用いた起工測量
- 7) RTK-GNSSを用いた起工測量

【メモ】河床等掘削がある場合は「音響測深機器を用いた起工測量」も適宜追加する。

ただし、土工数量1,000 m³未満における起工測量にあたっては、作業量・現場状況等を考慮して、監督職員と協議のうえ、上記1)～7)によらず従来手法による起工測量を実施してもICT活用工事とする。

② 3次元設計データ作成

1-3①で計測した測量データと、発注者が貸与する発注図データを用いて、ICT建設機械による施工、及び3次元出来形管理を行うための3次元設計データを作成する。なお、発注者が貸与する3次元データを活用する場合も、ICT活用工事とする。

ICT土工の3次元起工測量

1-3 ICT施工技術の具体的内容

ICT施工技術の具体的内容については、以下の①～⑤によるものとし、関連要領等については、最新のものを適用するものとする。

関連要領等： https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000051.html

① 3次元起工測量

起工測量において、3次元測量データを取得するため、以下1)～7)から選択（複数以上可）して測量を行うものとする。

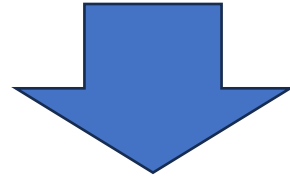
起工測量にあたっては、標準的に面計測を実施するものとするが、前工事または設計段階での3次元データが活用できる場合等においては、管理断面及び変化点の計測による測量が選択できるものとし、ICT活用工事とする。

- 1) 空中写真測量（無人航空機）を用いた起工測量
- 2) 地上型レーザースキャナーを用いた起工測量
- 3) 無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた起工測量
- 4) 地上移動体搭載型レーザースキャナーを用いた起工測量
- 5) TS等光波方式を用いた起工測量
- 6) TS（ノンプリズム方式）を用いた起工測量
- 7) RTK-GNSSを用いた起工測量

【メモ】河床等掘削がある場合は「音響測深機器を用いた起工測量」も適宜追加する。

ただし、土工数量1,000 m³未満における起工測量にあたっては、作業量・現場状況等を考慮して、監督職員と協議のうえ、上記1)～7)によらず従来手法による起工測量を実施してもICT活用工事とする。

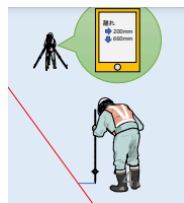
各技術の特徴を理解する



現場条件に応じて選定



計測技術の特徴(メリット、デメリットなど)をまずは理解しましょう

3次元計測技術 (主な技術)	UAV 	TLS 	TS 
メリット	・ 範囲を短時間に計測できる ・ 現場形状を詳細に把握できる	・ 広範囲を短時間に計測できる ・ 現場形状を詳細に把握できる	・ 取得したい点の座標を計測できる ・ 位置の誘導も可能 ・ すぐに取得した座標を確認できる ・ 草木があっても計測することは可能(プリズムが捕捉できれば)
留意点	・ 高速道路や鉄道などの上空、空港の近く、DID地区などは許可申請が必要 ・ 高圧線などの電波障害を受ける ・ すぐに詳細な計測結果を確認できない ・ 風が強いと飛行できない ・ 雪面や水面、草があると地面の点群が取得できない	・ 雨、雪の場合計測できない ・ 機械から隠れる箇所の点群が取得できない ・ 機械の据替回数が多くなりすぎるような広範囲の現場には向いていない ・ すぐに詳細な計測結果を確認できない	・ 複数の点を取得したい場合は時間がかかる ・ 人が立ち入れない場所は難しい(TS/インプリズム方式であれば可能)
精度	UAV < TLS < TS (高精度)		
現場作業	① 標定点・検証点設置及び座標計測 ② UAV飛行させ写真を取得	① 標定点を設置し、座標計測 ② TLSによる計測 ※機械の据替が必要	① 機械設置した後計測
データ処理等	① 写真を取得 ② 写真を点群化 ③ 点群の不要点除去・密度処理 ④ 計測点群データの完成	① 直接点群を取得(複数箇所から取得した場合は合成) ② 点群の不要点除去・密度処理 ③ 計測点群データの完成	① 取得したい点を直接計測

※上記の内容はあくまで参考情報です

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

関東地整 ICT 手引き

①空中写真測量(UAV)



○計測手法の概要

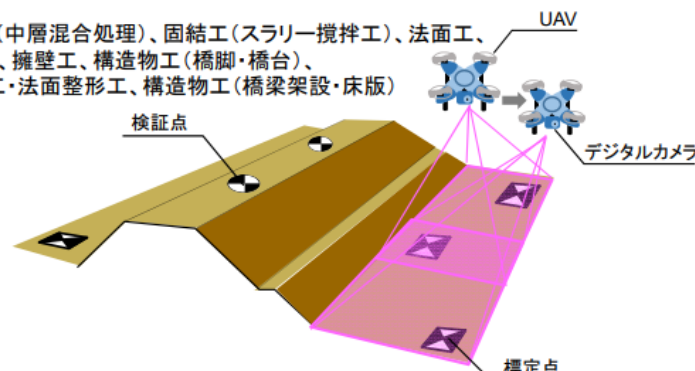
UAVに搭載したデジタルカメラで上空から撮影された連続する画像を用いて、対象範囲のオルソ画像(正射変換した画像)と、地形や地物等の色付き3次元点群データを取得する手法。

○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



ここに
着目

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



ICTの全面的な活用



今後、我が国において生産年齢人口が減少することが予想されている中、建設分野において、生産性向上は避けることができない課題です。国土交通省においては、建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を創出する「取組」を通じてi-Constructを進めることにより、建設現場における一人一人の生産性を向上させ、企業の新規受注を獲得し、建設現場に関わる人の働きを

ICT導入協議会

i-Constructの3本柱の一つである土工への「ICTの全面的な活用」に向けて、ICTを建設現場へ円滑に導入し、その普及推進を図る会組織につぎまちは [こちら](#)

要領解説

ICTの全面的な活用に関する各種要領を解説しています。

要領解説につぎまちは [こちら](#)

ICT施工Stage II

建設現場の情報をリアルタイムに見えたり、工程の進捗や作業の効率化を行うことで更なる省人化を目指す取組を開始しました。

ICT施工Stage IIの取組は [こちら](#)

ICT建設機械等認定制度

現場でのICT建設機械等の円滑な活用を図るため、ICT建設機械等を認定しています。

認定制度につぎまちは [こちら](#)

各実施方針等

各実施方針等です。

1.R7 ICT活用工事（土工）実地要領
2.R7 ICT活用工事（土工1000m以上）現場要領
3.R7 ICT活用工事（土工1000m未満）現場要領
4.R7 ICT活用工事（砂防工事）現場要領
5.R7 ICT活用工事（河床等掘削）現場要領
6.R7 ICT活用工事（作業土工（土留工））実地要領
7.R7 ICT活用工事（作業土工（土留工））現場要領
8.R7 ICT活用工事（付帯構造物設置工）実地要領
9.R7 ICT活用工事（付帯構造物設置工）現場要領
10.R7 ICT活用工事（法面工）実地要領
11.R7 ICT活用工事（法面工）現場要領
12.R7 ICT活用工事（増設工）実地要領
13.R7 ICT活用工事（増設工）現場要領
14.R7 ICT活用工事（地盤改良工）実地要領
15.R7 ICT活用工事（地盤改良工）（安土工）現場要領
16.R7 ICT活用工事（地盤改良工）（中層土留工）現場要領
17.R7 ICT活用工事（地盤改良工）（スラリー工）現場要領
18.R7 ICT活用工事（地盤改良工）（ペーパードレーン工）現場要領
19.R7 ICT活用工事（地盤改良工）（サンドコンパクションバイブル工）現場要領

出来形管理要領

3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）※R7.3月改定

・総括表

・3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）

・技術概要集

・参考資料

※ダウンロードは[こちら](#)

3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）使い方ガイド

3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）に関するQ&A及び技術的な質問は [こちら](#)へ



※技術概要集は参考資料としての位置づけです



技術概要集

空中写真測量
(UAV)

1 計測準備

2 現場計測

3 計測データ処理

2) 精度確保のための留意事項

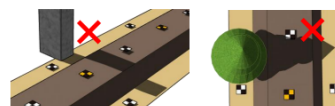
空中写真測量（UAV）による計測では、計測対象範囲に作業員や仮設構造物、建設機械などが配置されている場合は、地形面のデータが取得できない。このため、可能な限り出来形の地形面が露出している状況での計測を行う。

また、次のような条件では適正な計測が行えないので十分気をつけること。

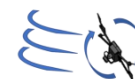
《計測精度を確保するための留意事項》

- ・写真が鮮明に撮れないなど暗い場合
- ・日差しが強く影が鮮明に撮れない場合
- ・水面や白色部のハレーションに留意
- ・草や木などで地面が覆われている場所
- ・積雪により地面が覆われている場合
- ・法面や構造物を計測する場合には、カメラの角度などを工夫すること
- ・水面や草木など動きのある地物が多く存在するエリア

■影部など暗く写真が鮮明に撮影できない場所



■強風や突風の恐れのある気象条件



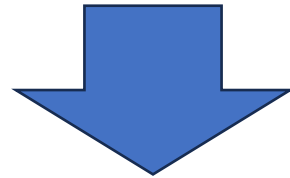
■対象構造物の全面を所定の密度で計測することが困難な場合は出来形写真で保管する



■可能な限り地面が露出している状態



**各技術ごとに
計測性能や測定精度が
決められている**



出来形管理要領で確認

○3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)(国土交通省)



ICTの全面的な活用



今後、我が国において生産年齢人口が減少することが予想されている中、建設分野において、生産性向上は避けられない課題です。国土交通省においては、建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を創出する取組であるi-Constructを推進することによって、建設現場における一人一人の生産性を向上させ、企業の新規受注を獲得し、建設現場に関わる人の働きを

ICT導入協議会

i-Constructの3年経の一つである土工への「ICTの全面的な活用」に向けて、ICTを建設現場へ円滑に導入し、その普及推進を図る会議体につきましては [こちら](#)

要領解説

ICTの全面的な活用に関する各種要領等を解説しています。

要領解説につきましては [こちら](#)

ICT施工Stage II

建設現場の情報をリアルタイムに見え、工程の進捗しや作業の効率化を行うことで更なる省人化を目指す取組を開始しました。

ICT施工Stage IIの取組みは [こちら](#)

ICT建設機械等認定制度

現場でのICT建設機械等の円滑な活用を図るため、ICT建設機械等を認定しています。

認定制度につきましては [こちら](#)

各実施方針等

各実施方針等です。

- 1.R7 ICT活用工事（土工）実地要領
- 2.R7 ICT活用工事（土工1000m以上）実践要領
- 3.R7 ICT活用工事（土工1000m未満）実践要領
- 4.R7 ICT活用工事（砂防土工）実践要領
- 5.R7 ICT活用工事（河床等掘削）実践要領
- 6.R7 ICT活用工事（作業土工（作業工））実地要領
- 7.R7 ICT活用工事（作業土工（作業工））実践要領
- 8.R7 ICT活用工事（付帯構造物設置工）実地要領
- 9.R7 ICT活用工事（付帯構造物設置工）実践要領
- 10.R7 ICT活用工事（法面工）実地要領
- 11.R7 ICT活用工事（法面工）実践要領
- 12.R7 ICT活用工事（堤防工）実地要領
- 13.R7 ICT活用工事（堤防工）実践要領
- 14.R7 ICT活用工事（地盤改良工）実地要領
- 15.R7 ICT活用工事（地盤改良工）（安土工）実践要領
- 16.R7 ICT活用工事（地盤改良工）（中層固化工）実践要領
- 17.R7 ICT活用工事（地盤改良工）（スクリュー掘削工）実践要領
- 18.R7 ICT活用工事（地盤改良工）（ペーパードレーン工）実践要領
- 19.R7 ICT活用工事（地盤改良工（サンドコンパクションバイブル工））実践要領

出来形管理要領

3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）※R7.3月改定

・総括表

・ **3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）**

・技術的要素

・参考資料

※ダウンロードは[こちら](#)

3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）使い方ガイド

3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）に関するQ&A及び技術的な質問は [こちら](#)へ



別紙2 計測性能及び精度管理

別紙2 計測性能及び精度管理

第1編 土工編

第1章 面管理の場合

1. 計測性能及び精度管理

1.1 空中写真測量（UAV）

空中写真測量（UAV）による出来形計測で利用するUAV及びデジタルカメラは、下記の測定精度と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われている機器であること。受注者は、利用するUAV及びデジタルカメラの性能について監督職員に提出すること。以下に、UAV及びデジタルカメラの性能基準を示す。

計測	計測性能	測定精度	計測密度
起工測量、岩線計測	地上画素寸法 20mm/画素以内	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm 以内	【起工測量、岩線計測】 1点以上/0.25㎡(0.5m×0.5mメッシュ)
部分払い 出来高計測	地上画素寸法 30mm/画素以内	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm 以内	【部分払い出来高計測】 1点以上/0.25㎡(0.5m×0.5mメッシュ)
出来形計測	地上画素寸法 10mm/画素以内	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm 以内	【出来形計測】 1点以上/0.01㎡(0.1m×0.1mメッシュ) 【出来形評価用】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)

なお、地上画素寸法は、上記を基本とするが、現場精度確認において必要な測定精度を確保することが確認できる場合は、任意の地上画素寸法にて計測してもよい。

第1編 土工編

参考資料-1 空中写真測量（UAV）の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書

現場における空中写真測量（UAV）の測定精度を確認するために、現場に設置した2箇所以上の既知点を使用し、空中写真測量（UAV）から得られた計測点群データ上の検証点の座標と既知点座標を比較し精度確認試験を行う。比較方法には、以下の①、②のいずれかを用いる。SfM（Structure from Motion）の利用においてカメラ位置を直接計測できる手法を併用する場合は、標定点の設置は任意とすることができる。

【精度確認方法】

方法①：SfMで生成した点群から読み取った検証点の3次元座標を、TSで実測した3次元座標と比較する方法

方法②：SfMにより写真から点群を生成した後に、出力される処理レポートに記載の検証点誤差から精度を確認する方法

【測定精度】

各座標値の較差 x, y, z それぞれ $\pm 50\text{mm}$ 以内

【解説】

(1) 計測方法

受注者は、利用する機器の特徴を十分に把握した上で、精度管理用の検証点を図のように、天端上に200m以内の間隔となるように設置する。計測範囲が狭い場合には、最低2箇所設置する。

各座標値の較差 空中写真測量による計測結果 (X, Y, Z) - 真値とする検証点の計測結果 (X, Y, Z)

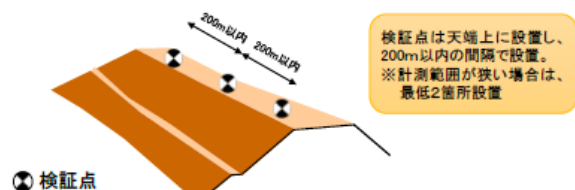


図1-1 精度確認試験の配置イメージ図

（様式）

〇〇年〇〇月〇〇日

工事名：
受注者名：
作成者： 印

カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書

(1) カメラキャリブレーションの実施記録

カメラキャリブレーション実施年月	令和〇〇年〇〇月〇〇日
作業機関名	
実施担当者	
使用するデジタルカメラ	メーカー：（製造メーカー名） 測定装置名称：（製品名、機種名） 測定装置の製造番号：（製造番号）

(2) 試験概要

精度確認試験実施年月	〇〇年〇〇月〇〇日
作業機関名	
実施担当者	
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
検証機器（真値を計測する測定機器）	TS 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	検証点の各座標の較差

(3) カメラの位置計測に用いた機器

カメラの位置計測に用いた機器がある場合は以下を記入すること

メーカー	（製造メーカー名）
名称	（製品名、機種名）
製造番号	（製造番号）

(4) 精度確認試験結果

検証点名：〇〇〇〇

		x座標	y座標	z座標
①真値とする検証点の計測結果 (x, y, z)	1点目	44044.720	-11987.655	17.890
	2点目	44060.797	-11993.390	17.530
②空中写真測量(UAV)による計測結果 (x', y', z')	1点目	44044.700	-11987.644	17.870
	2点目	44060.778	-11993.385	17.521
③差の確認（測定精度） (x', y', z') - (x, y, z)	1点目	-0.020	-0.011	-0.020
	2点目	-0.019	-0.005	-0.009

x成分（最大）=-0.020m（-20mm）；合格（基準値±50mm以内）

y成分（最大）=-0.011m（-11mm）；合格（基準値±50mm以内）

z成分（最大）=-0.020m（-20mm）；合格（基準値±50mm以内）