

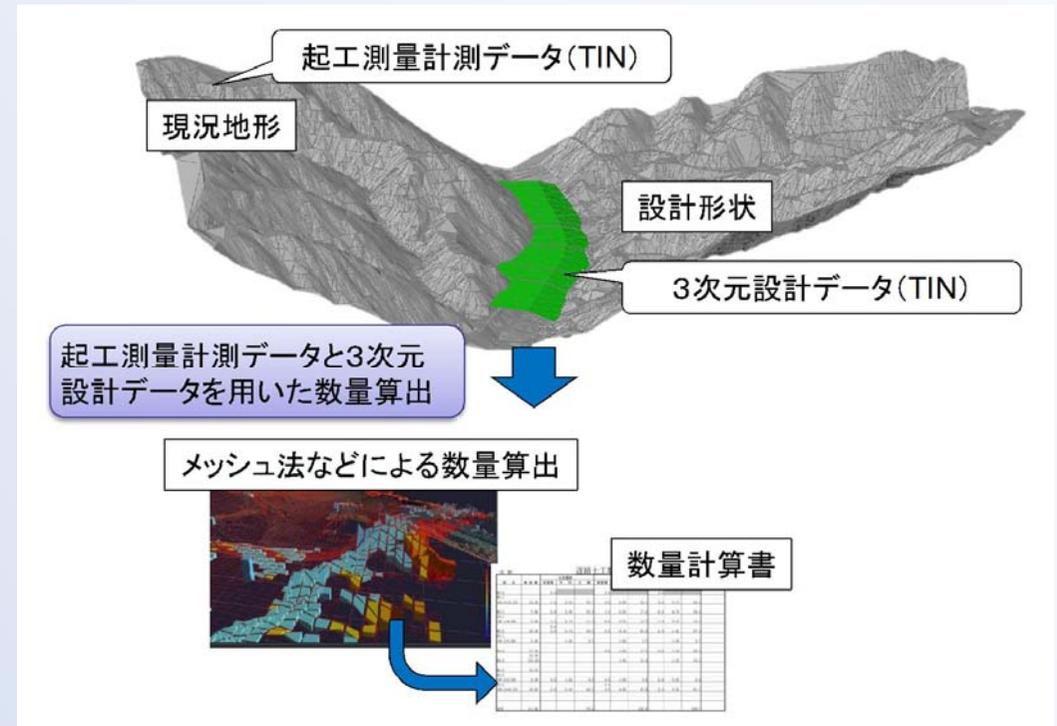
# 起工測量基礎研修

## 1) 3次元起工測量の概要、種類

本eラーニングは、令和6年度時点の情報で作成しています。実際の実務にあたっては最新情報の確認をお願いします。

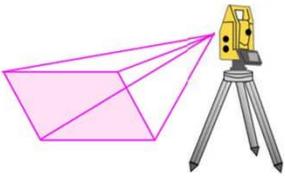
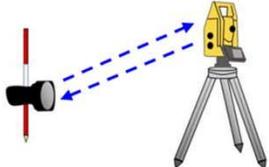
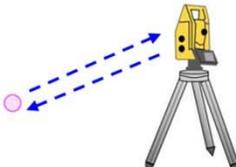
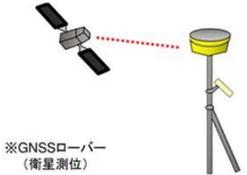
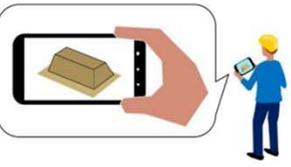
## 3次元起工測量とは

- 起工測量とは、設計照査のために、工事着手前の現場の地盤の形状を把握するために行う地形測量のことである。
- 従来の測量は、TS（トータルステーション）を用いて地形を作業員が計測しており、広大な範囲の測量には時間がかかっていた。
- i-Constructionの推進とあわせて、現場での省力化にむけて3次元計測技術を用いて一度に大量の地形を測量する3次元起工測量が導入された。
- 3次元起工測量により、現況地形の3次元データを入手し、その後の3次元設計データやICT建機の活用とあわせて、建設作業の大幅な効率化を図っている。



## 3次元起工測量の方法

- 起工測量において、3次元測量データを取得するための技術としては、現在、以下に示す8種類の方法がある。
  - 1) 空中写真測量（無人航空機：UAV）、2) 地上型レーザースキャナー（TLS）
  - 3) 無人航空機搭載型レーザースキャナー、4) 地上移動体搭載型レーザースキャナー
  - 5) TS等光波方式、6) TS（ノンプリズム方式）、7) RTK-GNSS、
  - 8) その他の3次元計測技術を用いた起工測量（モバイル端末を用いた3次元計測技術）

空中写真測量 (無人航空機)	地上型 レーザースキャナー	無人航空機搭載型 レーザースキャナー	地上移動体搭載型 レーザースキャナー
			
TS等光波方式	TS (ノンプリズム方式)	RTK-GNSS	モバイル端末を用いた 3次元計測技術
			

# 起工測量基礎研修

## 2) 基準・要領の解説（ICT土工）

本eラーニングは、令和6年度時点の情報で作成しています。実際の実務にあたっては最新情報の確認をお願いします。

## 基準・要領

- 起工測量に関しては、「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」に基づき実施する。
- 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、前工事納品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。
- 本章では、ICT土工の面計測を対象に記載するが、同要領には、各ICT施工に基づく基準が記載されているため、該当工事に応じた基準の内容について確認する必要がある。

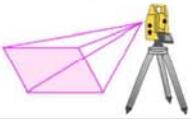
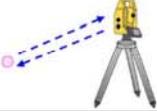
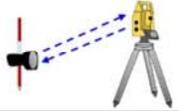
3次元計測技術を用いた出来形管理要領  
（案）

令和6年3月版

国土交通省

## 測定精度及び計測密度について

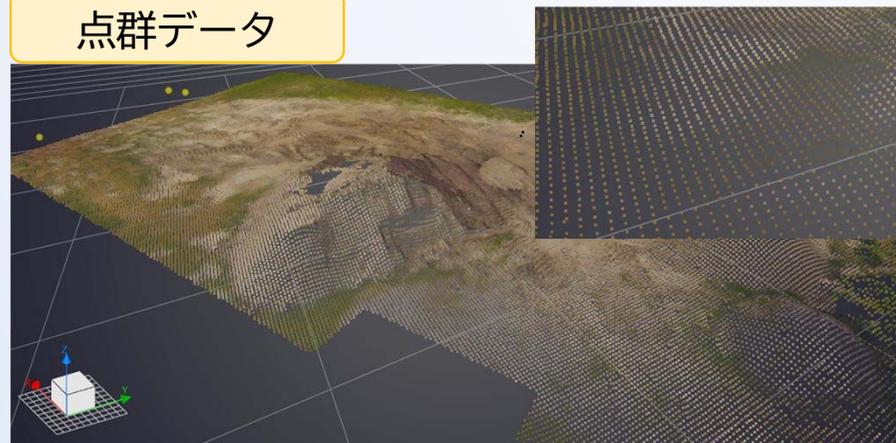
- 起工測量時の測定精度及び計測密度については、「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」の多点計測技術（面管理の場合）に定める使用する各技術における「計測性能及び精度管理」の節を参照する。各計測技術の「測定精度及び計測密度」を整理したものを下表に示す。
- **出来形管理とは、計測性能、測定精度、計測密度が異なるため注意が必要である。**

機種 項目	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 scanner (MLS) 	無人航空機搭載型 レーザー scanner (UAV レーザー) 	TS ノンプリズム方式 (NTS) 	TS 等光波方式 	RTK-GNSS 
測定精度	±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
計測密度	1 点以上/0.25m <sup>2</sup> (0.5m×0.5m メッシュ)	1 点以上/0.25m <sup>2</sup> (0.5m×0.5m メッシュ)	1 点以上/0.25m <sup>2</sup> (0.5m×0.5m メッシュ)	4 点以上/1m <sup>2</sup>	1 点以上/0.25m <sup>2</sup> (0.5m×0.5m メッシュ)	1 点以上/0.25m <sup>2</sup> (0.5m×0.5m メッシュ)	1 点以上/0.25m <sup>2</sup> (0.5m×0.5m メッシュ)

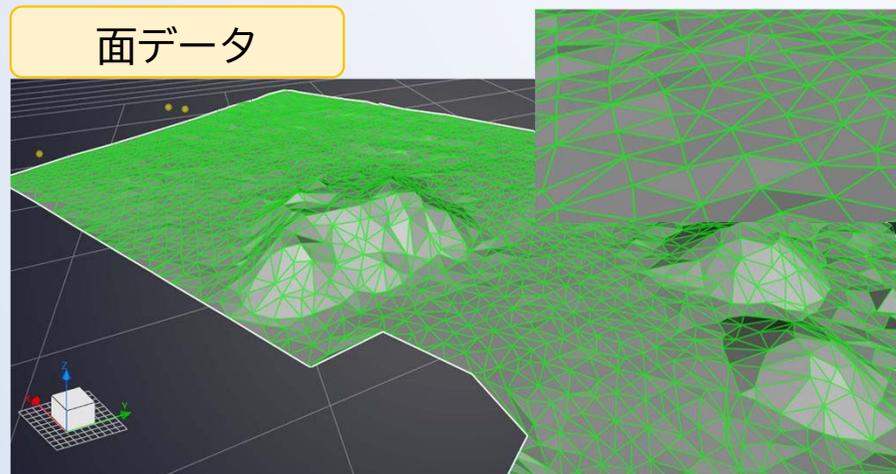
## 起工測量計測データの作成（面管理）

- 受注者は、3次元計測技術で計測した現況地形の計測点群データから不要な点を削除し、T I Nで表現される起工測量計測データを作成する。
- データ処理方法は、以下の手順とする。なお、各手順に基づくデータ作成方法は、使用するソフトウェアによって異なるため、留意が必要である。
  - 1) 計測データの不要点削除
  - 2) 計測点群データの合成
  - 3) 面データの作成
- 利用する点群処理ソフトウェアは、計測点群データから樹木や草木、仮設構造物などの出来形とは関係のない不要点を除外する機能や、3次元の出来形評価用データ及び出来形計測データを出力する機能を有していなければならない。

点群データ



面データ



## データ処理方法①：計測データの不要点削除

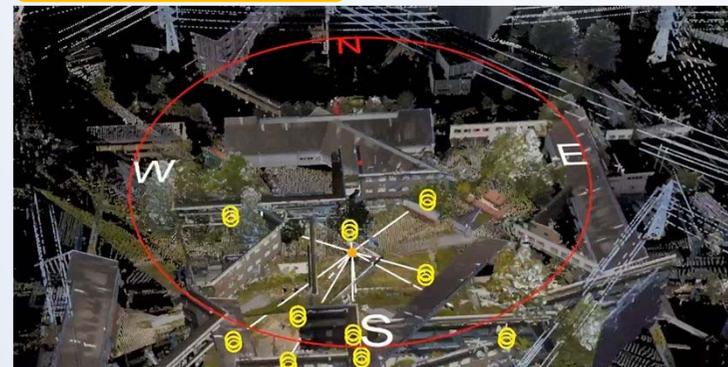
- 不要点の削除にあたっては、不要な点のみを抽出し、本来の出来形データまで削除しないように配慮する必要がある。不要点削除の流れを以下に示す。

①対象範囲外のデータ削除・・・計測点群データには、被計測対象物以外の建造物のデータを含んでいる。そこで、計測結果から不要な計測データを削除する作業を行う。

②点群密度の変更（データの間引き）・・・各技術の「計測性能及び精度管理」を基に、点群密度を変更する。データの軽量化を図ることができる。

③グリッドデータ化・・・出来形評価用データとしては、点群密度の変更による方法のほかに、内挿により格子状に加工することにより、1㎡あたり1点程度のデータとすることができる。

不要点削除前



不要点削除後



## 計測データの不要点削除①：対象範囲外のデータ削除

- 不要点の削除にあたっては、不要な点のみを抽出し、本来の出来形データまで削除しないように配慮する必要がある。不要点削除の流れを以下に示す。

①対象範囲外のデータ削除・・・計測点群データには、被計測対象物以外の構造物のデータを含んでいる。そこで、計測結果から不要な計測データを削除する作業を行う。

②点群密度の変更（データの間引き）・・・各技術の「計測性能及び精度管理」を基に、点群密度を変更する。データの軽量化を図ることができる。

③グリッドデータ化・・・出来形評価用データとしては、点群密度の変更による方法のほかに、内挿により格子状に加工することにより、1 m<sup>2</sup>あたり1点程度のデータとすることができる。

対象範囲の設定



不要点の抽出



不要点の削除



## 計測データの不要点削除③：グリッドデータ化

- 不要点の削除にあたっては、不要な点のみを抽出し、本来の出来形データまで削除しないように配慮する必要がある。不要点削除の流れを以下に示す。

①対象範囲外のデータ削除・・・計測点群データには、被計測対象物以外の構造物のデータを含んでいる。そこで、計測結果から不要な計測データを削除する作業を行う。

②点群密度の変更（データの間引き）・・・各技術の「計測性能及び精度管理」を基に、点群密度を変更する。データの軽量化を図ることができる。

③グリッドデータ化・・・出来形評価用データとしては、点群密度の変更による方法のほかに、内挿により格子状に加工することにより、1 m<sup>2</sup>あたり1点程度のデータとすることができる。

グリッドデータ化前



点群情報	
全点	91,950,729
表示点	91,950,699
無効点	0
補間点	18,471

グリッドデータ化後

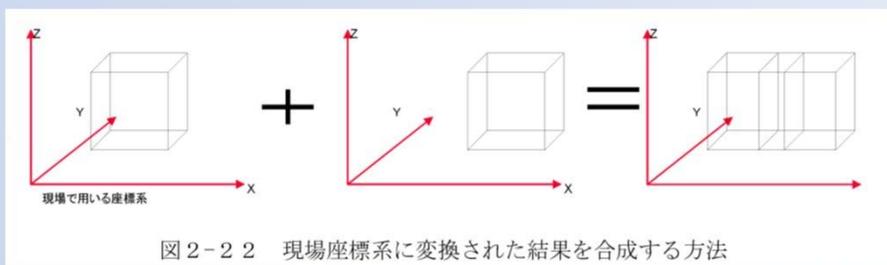


点群情報	
全点	91,950,729
表示点	669,907
無効点	0
補間点	921

## 計測データの合成②：複数のスキャンに含まれる標定点を基準に合成する

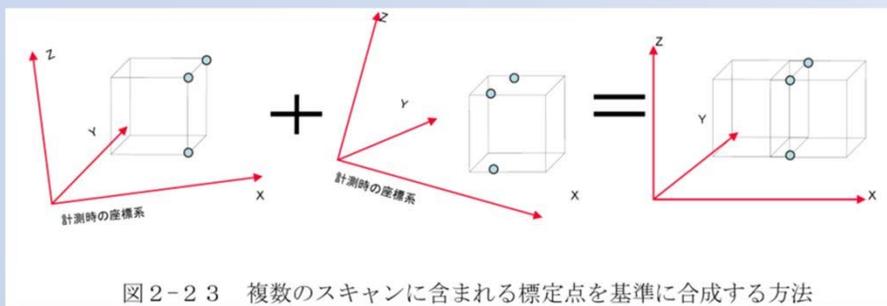
- 現場での計測結果が複数ある場合にひとつの計測点群データとして取りまとめる。複数スキャンのまとめ方については、以下に示す大きく2つの方法がある。

### ①各スキャンで個別の3次元座標に変換した結果をひとつの点群に合成



各スキャンで標定点や基準点等を利用して3次元座標へ変換しておき、単純に計測点座標群を合成する。

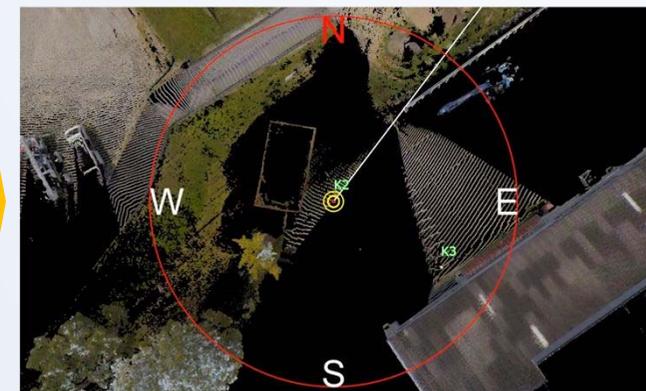
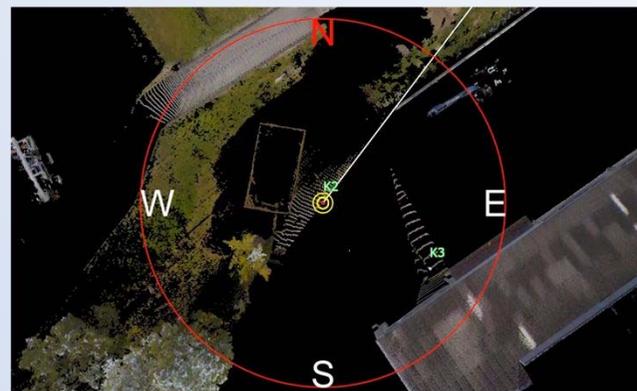
### ②複数スキャン内の特徴点を用いて合成を行ったのちに3次元座標に変換



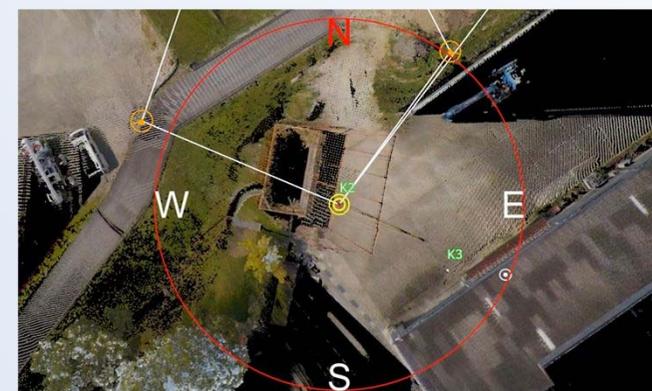
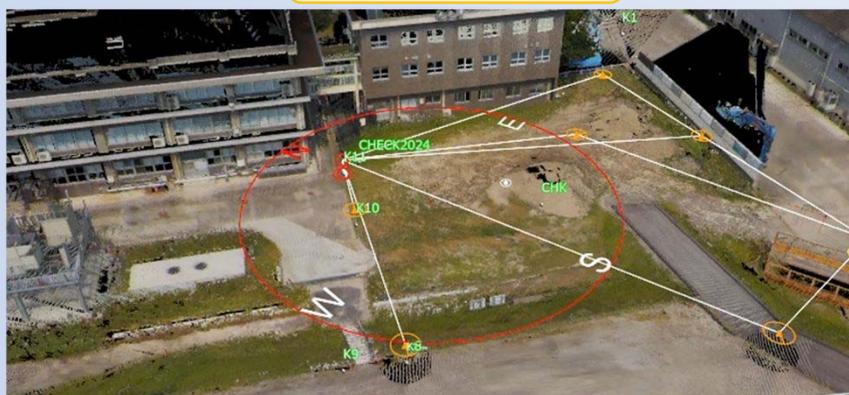
複数のスキャンで共通に取得されている特徴点や標定点を基準に点群を合成する手法である。  
この手法では、特徴点の抽出時のずれや計測誤差により、合成時のゆがみなどが生じる場合などもあることから実施時には注意が必要である

# 計測データの合成イメージ：基準点を利用して現場座標系で合成

合成前

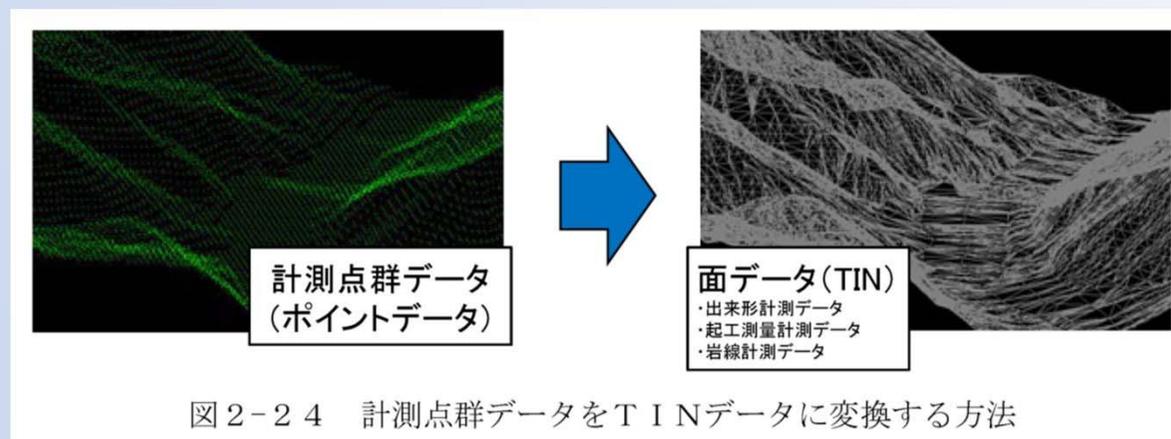


合成後



## データ処理方法③：面データの作成

- 計測点群データの不要点削除が終了した点群を対象にT I N（不等三角網）を配置し、地形や岩区分境界あるいは出来形の面データを作成する。
- 自動でT I Nを配置した場合に、現場の出来形形状と異なる場合は、T I Nの結合方法を手動で変更してもよい。
- 点群座標が取得できなかった場合には、平均断面法と同等の計算結果が得られるよう、横断形状が変化する箇所などにおける点群座標や単点計測等の結果を用いて、T I Nで補間してもよいが、T I Nの保管は、管理断面間隔よりも狭い間隔の3次元座標値を使用する。



# 起工測量基礎研修

## 3) 準備工や留意事項について

本eラーニングは、令和6年度時点の情報で作成しています。実際の実務にあたっては最新情報の確認をお願いします。

## 準備工（工事基準点の設置）

- 監督職員は、工事実施前に、受注者に**工事に使用する基準点**について指示を行う。

- 受注者の留意事項を以下に示す。

- 1) 指定された基準点を使用する
- 2) 出来形管理で利用する基準点の設置では、公共測量作業規定に基づいて行い、監督職員と協議し使用する
- 3) 現場に設置した基準点の使用
- 4) 施工の効率を高めるために、複数の工事基準点を設置する
- 5) 出来形計測の精度を確保する



▶ 受注者は、工事基準点の設置に当たり、以下の点に留意すること。

- ① **監督職員に指示を受けた基準点を使用して設置**  
 工事基準点の設置に際し、受注者は、**監督職員から指示を受けた基準点を使用**することとする。  
 なお、監督職員から受注者に指示した4級基準点及び3級水準点（山間部では4級水準点を用いてもよい）、もしくはこれと同等以上のものは、国土地理院が管理していなくても基準点として扱う。  
 出来形管理で利用する工事基準点の設置にあたっては、「国土交通省 公共測量作業規程」に基づいて実施し、測量成果、設置状況と配置箇所を監督職員に提出して使用する。
- ② **工事基準点を用いて3次元座標値へ変換**  
 ICT建設機械にTS・RTK-GNSSを用いている場合に必要となる固定局を設置する際や、施工履歴データの測定精度確認を目的とした精度確認試験を実施する際には、現場に設置された工事基準点を用いて3次元座標値への変換を行う。
- ③ **工事基準点を複数設置**  
 3次元計測技術に必要な標定点や検証点、調整用基準点を効率的に計測できる位置にTSが設置可能なように工事基準点を複数設置しておくことが有効である。
- ④ **出来形計測精度の確保**  
 管理要領(案)に基づく出来形管理では出来形計測精度の確保を目的に、標定点等を計測する場合は基準点からTSまでの距離、標定点等からTSまでの計測距離（斜距離）についての制限を、**3級TSを利用する場合は100m以内（2級TSは150m以内）**とする。

# 工事基準点の設置の留意事項 (空中写真測量の例)

- 空中写真測量を例に、工事基準点を設置する際の留意事項を以下に説明する。

## 1) 出来形精度確保のための制限距離

(使用する等級によるため、都度確認すること)

## 2) 出来形管理で使用するTSの等級

を確認して、基準点を配置する

## 3) 検証点と標定点の兼用は不可

		参照先	詳細フロー
手引き共通編	5-1	工事基準点の設置	
R4出来形管理要領	2-7	(GNSSローバーを使用する場合) GNSS精度確認試験結果報告書の作成	
		(DFMを使用する場合) 計画位置計測に使用する区画測量測量 UAV のカメラ キャリブレーション及び精度確認試験結果報告書の作成	

各点に対空標識を設置

検証点 200m以内

100m以内

100m以内

100m以内

100m以上

工事基準点

工事基準点

工事基準点

工事基準点

工事基準点

適切でない工事基準点例

作業用車輛等の通過を妨げない位置に工事基準点を設置する

工事基準点から計測点まで433p以内とする(6級WVの場合)

測量標は、位置や高さが変動しないように適切に設置

※ 標定点の設置にGNSS測量を行う場合には考慮不要

・UAVによる出来形管理では、出来形精度を確保するため、次の斜距離が3級TSを用いる場合で100m以内、2級TSを用いる場合で150m以内でなければならない。

(1) TSの設置位置から工事基準点までの距離 (TS設置時)

(2) TSの設置位置から標定点までの距離

(3) TSの設置位置から検証点までの距離

### 留意点

UAVによる出来形管理で利用するTS(2級TSか3級TS)を確認して、工事基準点を配置する。

- ・検証点は、既設の基準点や工事基準点を用いることができる。
- ・検証点は、標定点と兼ねることはできない。

## 3次元起工測量の留意事項（面管理）

- 受注者は、設計照査のために施工前の地盤の地形測量を実施する。3次元起工測量（面管理）の場合の留意事項を以下に示す。

- 1) 各技術の測定精度、計測密度を確認し、満足する必要がある
- 2) 標定点は、4級基準点及び3級水準点（山間部では4級水準点相当）と同等の測量方法により計測する。
- 3) 各技術で出来形計測の考え方は異なるため、使用する各技術の要領を確認する。



- ▶ 受注者は、設計照査のために施工前の地盤の地形測量を実施する。
- ▶ 3次元起工測量（面管理）の実施に当たり、以下の点に留意すること。

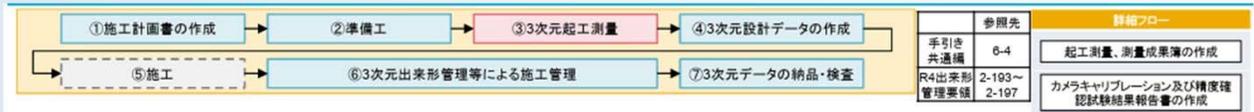
- ① **起工測量時の測定精度及び計測密度**  
管理要領(案)の「第2編 土工編 第4章 第1節 多点計測技術(面管理の場合)」に定める各技術における「計測性能及び精度管理」を参照されたい。  
ただし、JSIMA115に基づく試験成績表により使用範囲における座標測定精度が±70mm以内であることを確認できる場合はこのかぎりでない。
- ② **測量方法**  
標定点は4級基準点及び3級水準点（山間部では4級水準点相当）と同等の測量方法により計測する。
- ③ **その他の実施事項**  
管理要領(案)の「第2編 土工編 第4章 第1節 多点計測技術(面管理の場合)」に定める各技術における「出来形計測」を参照されたい。  
また、標定点の計測についてはGNSSローバーの利用も可能とするが、この測定精度が起工測量全体の精度に影響するため、管理要領(案)の「参考資料-13 GNSSの精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」を参考に平面座標±20mm以内、標高差±30mm以内であることを確認する。

### ※断面管理の場合

管理要領(案)の「第2編 土工編 第3章 3次元計測技術を用いた出来形管理に必要な実施事項 3-2工事測量(起工測量)(断面管理の場合)」を参照されたい。

# 測定精度の事前精度確認試験（空中写真測量の例）

- 受注者は、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、2カ所以上の既知点（基準点やTSを用いた計測点など）と検証点の座標を比較し精度確認試験を行う。
- 測定精度：各座標値較差±50mm以内
- 実施時期：計測ごとに精度確認する
- 実施方法：検証点の座標を計測する
- 評価基準：既知点と比較し差が適正であることを確認する



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(基準点、工事基準上などの既知点、工事基準点を用いてTSを用いて計測した点)と、空中写真測量を用いて計測した結果から得られる検証点の座標を比較し精度確認試験を行う。

【測定精度】各座標値の較差±50mm以内

取得したデータの信頼度を担保します

	X	Y	Z
1. 既知点	88944.729	+10902.455	17.590
2. 既知点	88950.787	+10903.390	17.530

	X	Y	Z
1. 既知点	88944.288	+10902.444	17.570
2. 既知点	88950.729	+10903.380	17.523

### ①実施時期

- ▶ 写真測量ソフトウェアから計測点データを算出する際に実施する。
- ▶ **本精度確認は空中写真測量(UAV)により計測ごとに行う。**

### ②実施方法

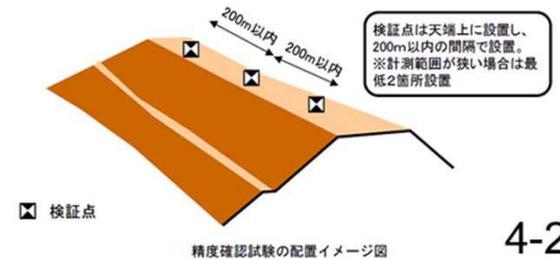
- ▶ 現場に設置した既知点を使用し、空中写真測量から得られた点群データ上の検証点の座標を計測する。

### ③検証点の設置

- ▶ 真値となる座標は、基準点あるいは、工事基準上などの既知点の座標値や、基準点および工事基準点を用いて測量した座標値を利用する。

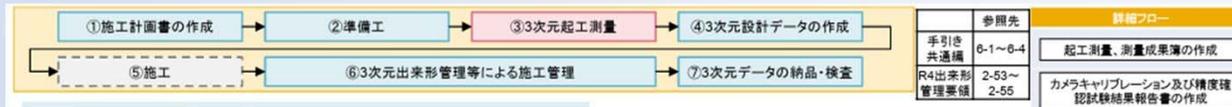
### ④評価基準

- ▶ 空中写真による計測結果を既知点などの真値と比較し、その差が**適正であることを確認する。**



## 3次元起工測量の留意事項（空中写真測量の例）

- 空中写真測量では、気象環境や現場条件によっては、本技術の適用が困難となる。
- 航空法に基づく飛行マニュアルを作成し、マニュアルに沿って安全に留意して実施する。



### 空中写真測量の実施時の留意点

#### ①撮影飛行

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、可能な限り地形面が露出している状況での計測を行う。また、**以下の条件では適正な計測が行えない**ので十分気をつける。

- 強風や突風の恐れのある気象条件
- 写真が鮮明に撮れないなど暗い場合
- 日差しが強く影部が鮮明に撮れない場合
- 草や木などで地面が覆われている場合

→ 植生が繁茂して空中写真に地面が写らない場所では、取得する標高データが不足する。

#### ②自動航行を行わない場合の留意点

自動航行を行わない場合の計測精度を確保するための所定の条件は以下を標準とする。

- 直線かつ、等高線または等対地高度の撮影となるように飛行する。
- 撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル(2枚の空中写真の組み合わせ)以上形成できるように飛行する。

#### ワンポイント

・空中写真測量の実施にあたっては、航空法に基づく「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」の許可要件に準じた飛行マニュアルを作成し、マニュアルに沿って安全に留意して行う。

4-5

地域社会の安全を第一に、法令順守で作業計画を立案しましょう！

## 3次元起工測量の留意事項（空中写真測量の例）

- 計測精度に影響するため撮影する機器のカメラキャリブレーションの結果には留意し、出来形管理や精度管理に十分注意して測量を実施する。



### 点群データの作成時の留意点

#### ①撮影飛写真測量ソフトウェアに関する留意事項

- カメラキャリブレーションの結果は、計測精度に影響を与えるため、留意する。
- UAVの飛行ログデータを使用したデータ処理が行える場合は、利用することもできる。

#### ②点群処理ソフトウェアに関する留意事項

- 処理する3次元座標は、出来形管理結果に影響するため、不要点除去時には留意する。

#### ワンポイント

・UAVにて撮影した空中写真を写真測量ソフトウェアに読み込み、地形や地物の座標値を算出し、算出した地形の3次元座標の点群から不要点等を除去し、3次元の点群データを作成する。

### 精度確認時の留意点

精度確認の結果、必要な精度を満たさない場合は、写真測量ソフトウェアでの処理を再度実施するなどの前のステップに戻って再度実施する。

#### ワンポイント

・UAVにて撮影した空中写真を写真測量ソフトウェアに読み込み、地形や地物の座標値を算出し、算出した地形の3次元座標の点群から不要点等を除去し、3次元の点群データを作成する。

これで、  
起工測量基礎研修の  
eラーニングを終了します。  
ご視聴ありがとうございました。

本eラーニングは、令和6年度時点の情報で作成しています。実際の実務にあたっては最新情報の確認をお願いします。