

ICT活用工事(土工)実施の手引き

空中写真測量(UAV)
を用いた出来形管理編

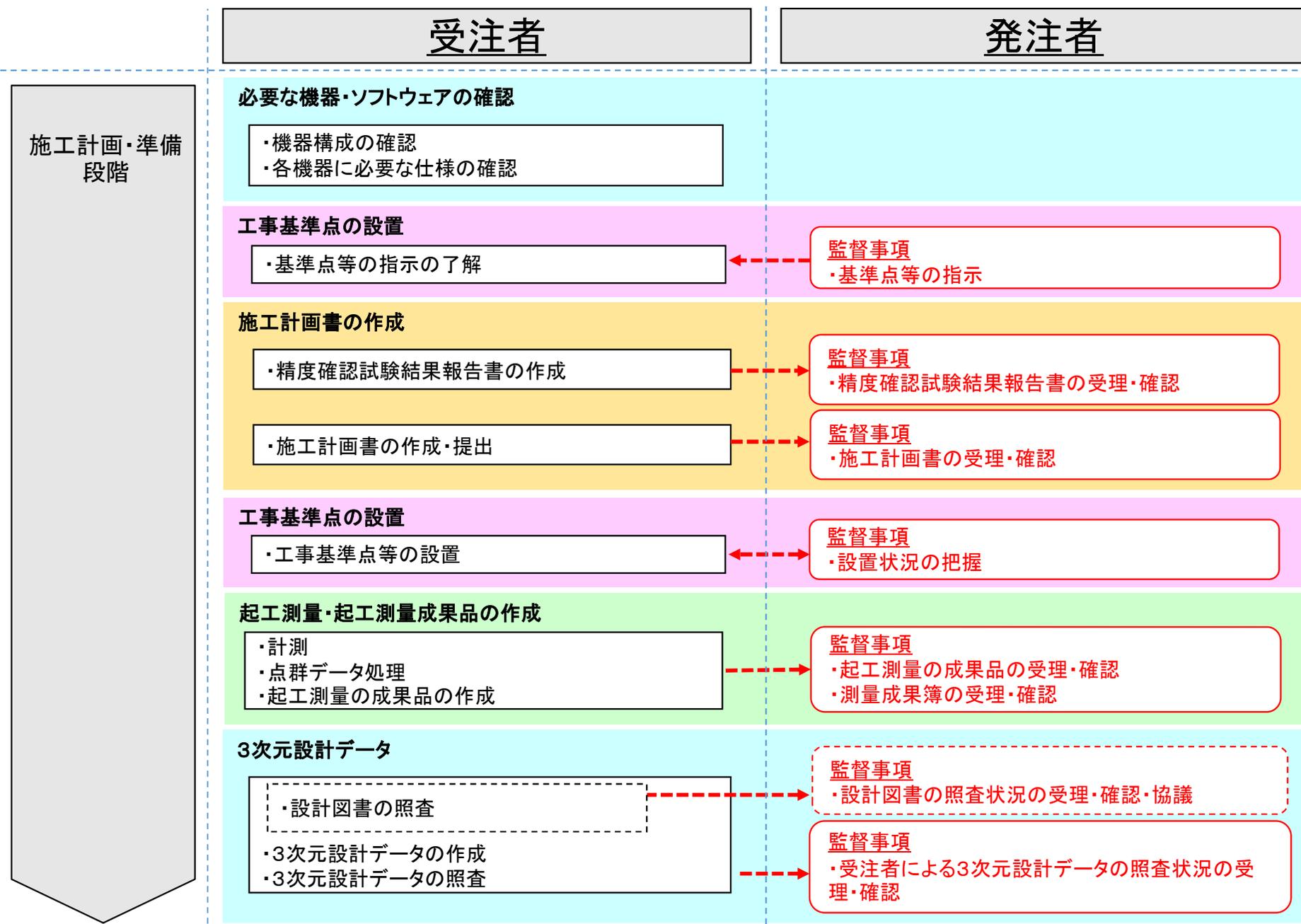
令和 7年 5月

秋田県 建設部 技術管理課

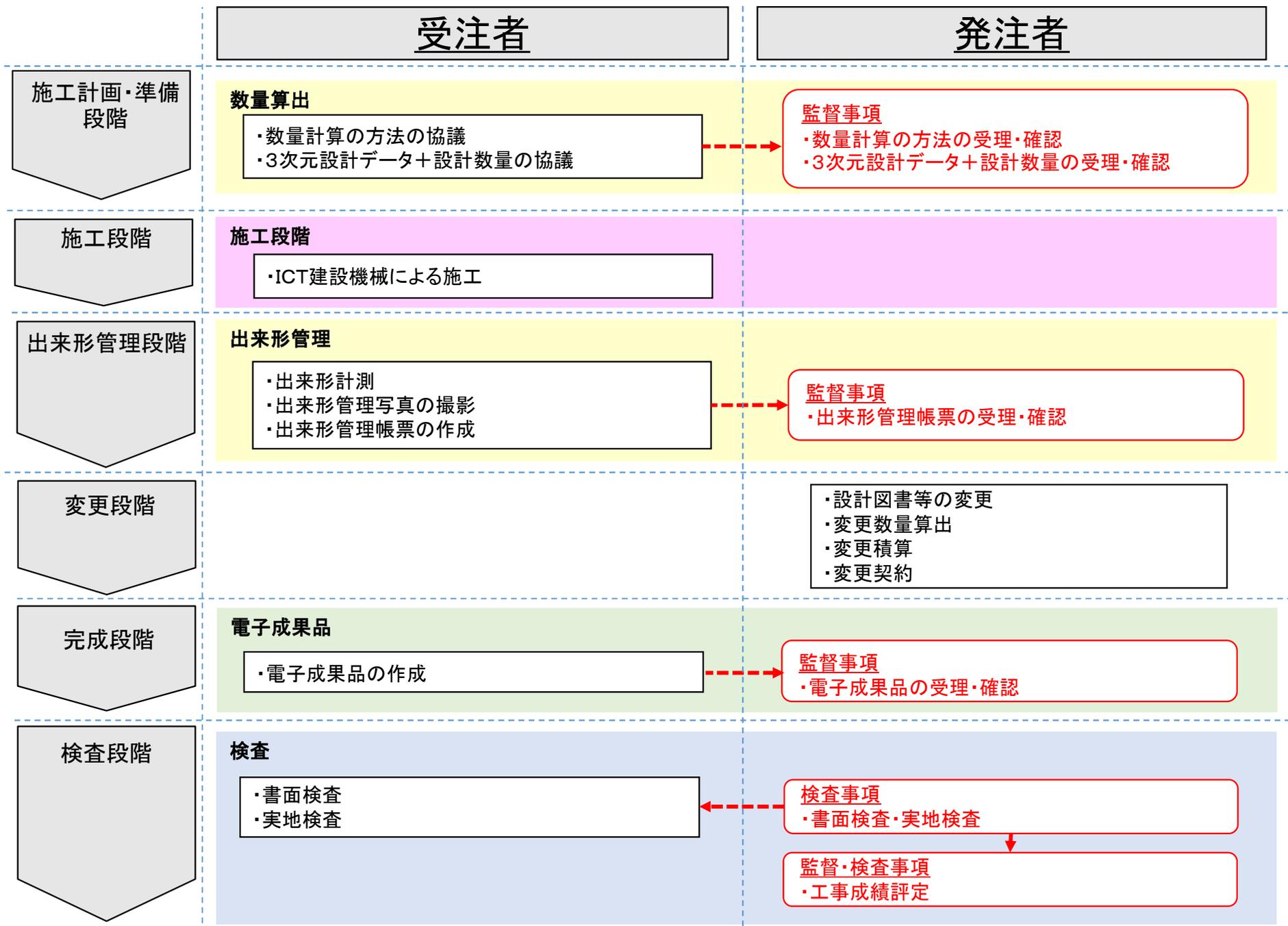
目次

ICT活用工事(土工)の流れ(1/2)～(2/2)	p.2
本手引きの適用範囲	p.4
1. 必要な機器・ソフトウェアの確認	p.5
1-1. 機器構成	p.6
1-2. 機器・ソフトウェアの仕様確認	p.7
1-2-1. UAV、デジタルカメラ	p.8
1-2-2. 写真測量ソフトウェア	p.9
1-2-3. 点群処理ソフトウェア	p.10
1-2-4. 3次元設計データ作成ソフトウェア	p.13
1-2-5. 出来形帳票作成ソフトウェア	p.14
1-2-6. 出来高(数量)算出ソフトウェア	p.16
2. 施工計画書の作成・提出	p.17
3. 工事基準点の設置	p.22
4. 起工測量	p.23
4-1. 撮影計画の立案	p.24
4-2. 標定点及び検証点の設置・計測	p.26
4-3. 空中写真測量の実施	p.28
4-4. 計測点群データの作成	p.30
4-5. 精度確認試験	p.31
5. 3次元設計データ	p.32
5-1. 3次元設計データの作成	p.33
5-2. 3次元設計データの照査	p.35
6. 数量算出	p.38
7. 施工段階	p.39
8. 出来形管理	p.41
8-1. 出来形計測	p.42
8-1-1. 出来形計測箇所	p.43
8-2. 出来形管理写真	p.44
8-3. 出来形管理資料の作成	p.45
9. 電子成果品	p.47
9-1. 電子成果品の作成	p.48
10. 検査	p.50
10-1. 実地検査	p.51

ICT活用工事(土工)の流れ(1/2)



ICT活用工事(土工)の流れ(2/2)



本手引きの適用範囲

本手引きは、受注者が行うUAVを用いた出来形計測及び出来形管理に適用する。

【対象工種・種別】

ICT活用モデル工事の対象は、設計書の工事工種体系における下記の工種及び種別とする。

編	章	節	工種
共通編	土工	道路土工	掘削工
			路体盛土工 路床盛土工
			法面整形工
		河川・海岸・砂防土工	掘削工(河床等掘削含む)
			盛土工
			法面整形工

【対象となる作業範囲】

本手引きで示す作業の範囲は、図1-2の実線部分(施工計画、準備工の一部、出来形計測、出来高算出、完成検査準備及び完成検査)である。しかし、空中写真測量(UAV)を用いた出来形の把握、出来高の確認は施工全体の工程管理や全体マネジメントに有効であり、図1-2の破線部分(工事測量・丁張り設置、施工)においても、作業の効率化が期待できる。作業の効率化は情報化施工の目的に合致するものであり、本手引きは空中写真測量(UAV)を日々の出来形把握、出来高把握等の自主管理等に活用することを何ら妨げない。

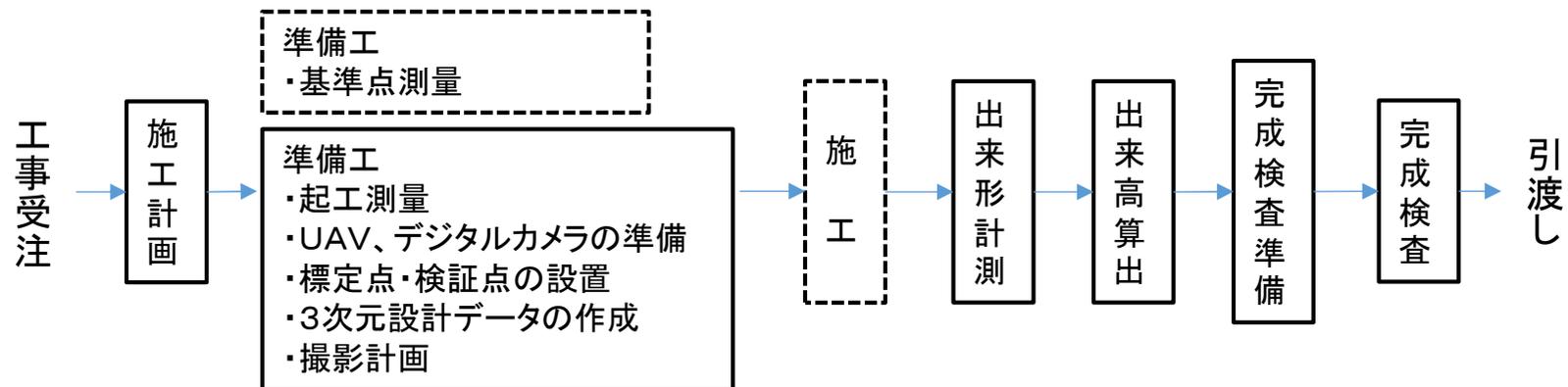


図1-2

1. 必要な機器・ソフトウェアの確認

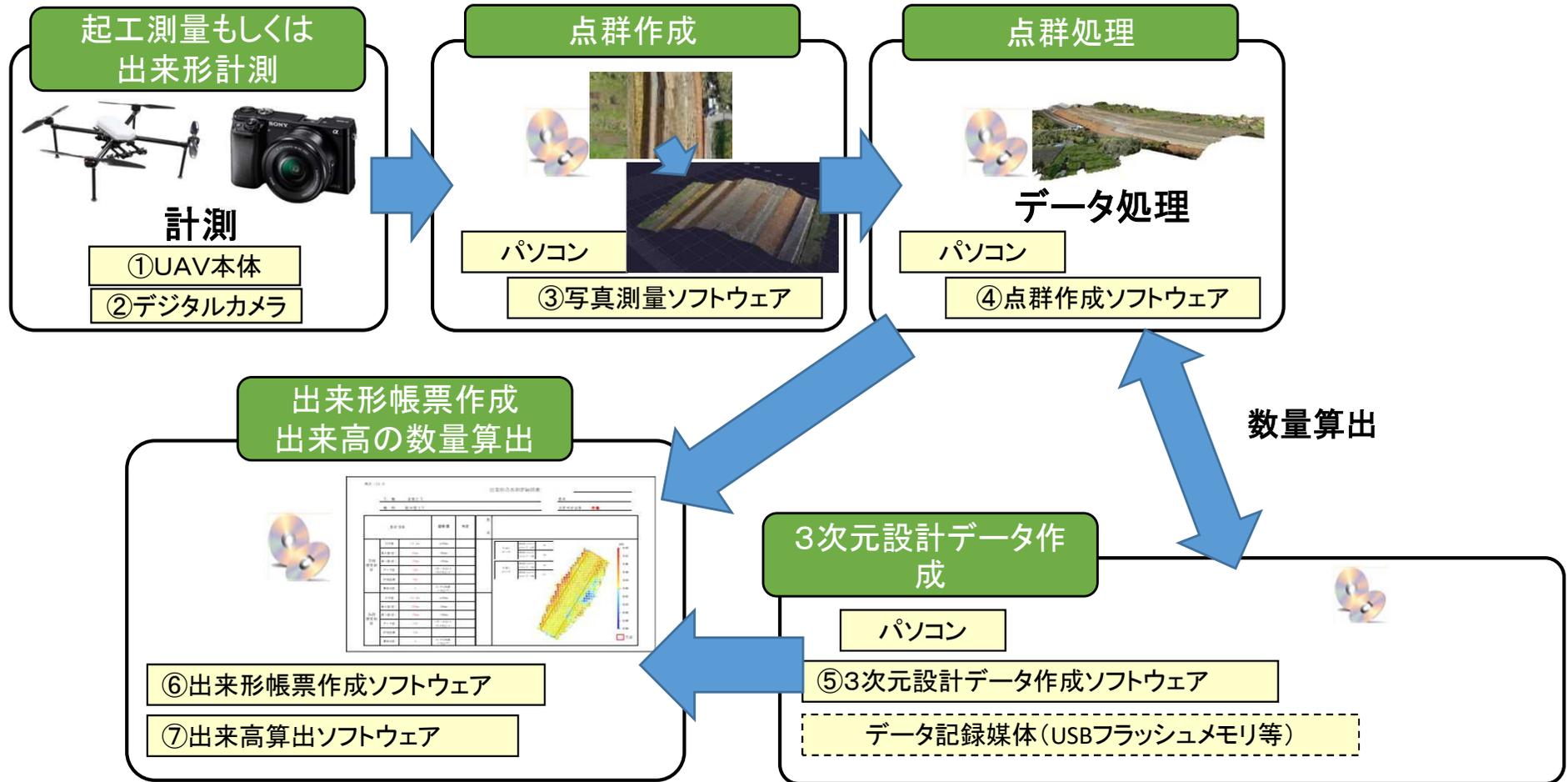
▶ UAVによる計測・管理に必要な機器・ソフトウェアの確認における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
<div data-bbox="219 539 745 598" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">機器構成の確認</div> <div style="text-align: center;">↓</div>	<p>・以下の機器が必要となることを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①UAV ②デジタルカメラ ③写真測量ソフトウェア ④点群処理ソフトウェア ⑤3次元設計データ作成ソフトウェア ⑥出来形帳票作成ソフトウェア ⑦出来高(数量)算出ソフトウェア 	
<div data-bbox="219 869 745 928" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">機器・ソフトウェアの仕様確認</div>	<p>・上記の機器・ソフトウェアに必要な仕様を確認し、選定・調達を行う。</p> <p>→詳細は以降のページを参照する</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・機器本体の要求精度や精度管理の把握 ・各ソフトウェアの必要性能把握

- ▶ 要領・基準等に準拠した適切な機器・ソフトウェアを選定し、出来形計測精度及び機器やソフトウェア間の互換性の確保が必要。
- ▶ 機器・ソフトウェアは測量機器販売店やリース・レンタル店、施工関連のソフトウェアメーカー等より、購入またはリース・レンタルにより調達が可能。
- ▶ 各メーカーによって機器・ソフトウェアの操作性・機能・コストが異なることから、事前に各メーカーのカタログ、HPなどから情報収集し、またはデモ等のサービスを利用し、操作性や機能を事前確認が必要。

1-1. 機器構成

▶ UAVによる出来形管理の標準的な構成



👉 ポイント

- ▶ UAV写真測量は現場の面的な出来形座標を取得する装置で、撮影した写真から点群を生成する技術である。
- ▶ ソフトウェアを動作するパソコンは、性能によってはデータ処理に膨大な時間を要する場合もあるため、**ソフトウェアの推奨動作環境 (CPU、GPU、メモリなど) に留意する。**

1-2. 機器・ソフトウェアの仕様確認

- ▶ 使用する機器・ソフトウェアには各々必要とされる使用があるため、それを満たしているかを確認する。
- ▶ 3次元計測や3次元設計データの作成を外注する際にも、必要な仕様を満たしているものかどうか確認すること。

次ページ以降の解説の流れ

1-2-1. UAV、デジタルカメラ

……カメラの計測性能、UAVの要求精度、保守点検記録等

1-2-2. 写真測量ソフトウェア

……写真や標定点座標等より、地形、地物等の座標値を算出

1-2-3. 点群処理ソフトウェア

……不要点削除、密度変更等

1-2-4. 3次元設計データ作成ソフトウェア

……要素読込(入力)機能、設計面データの作成機能等

1-2-5. 出来形帳票作成ソフトウェア

……出来形の良否の評価結果、設計形状の比較による出来形の良否判定が可能な出来形分布図を出力する機能

1-2-6. 出来高(数量)算出ソフトウェア

……平均断面法、点高法等

1-2-1. UAV、デジタルカメラ

① UAV・デジタルカメラ本体

- ▶ UAV、デジタルカメラ本体を利用して計測する場合、**下表に示す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。
- ▶ UAVの測定精度は、起工測量時に**精度確認試験**(4-5. 精度確認試験を参照)を行い、計測点群作成時に確認する。

デジタルカメラ



インターバル撮影または遠隔でシャッター撮影できること

デジタルカメラの計測性能	計測項目	地上画素寸法
	起工計測・岩線計測・出来高計測	20mm以内
	出来形計測	10mm以内

地上画素寸法は、下記を基本とするが、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。

UAV



空中写真測量(UAV)の測定精度

空中写真測量(UAV)の測定精度	計測項目	要求精度
	起工計測・岩線計測	±100mm以内
	出来高計測	±200mm以内
	出来形計測	±50mm以内

- ✓ 航空法に基づく無人飛行機の許可要件に準じた機体であること
- ✓ 所定のラップ率、地上画素寸法が確保できる飛行経路及び飛行高度の算出するソフトウェアを有すること
- ✓ 撮影計画を満足する揚重能力及び飛行時間を確保できる機体であること

精度確認試験の結果、測定精度が上記の要求精度以内であること

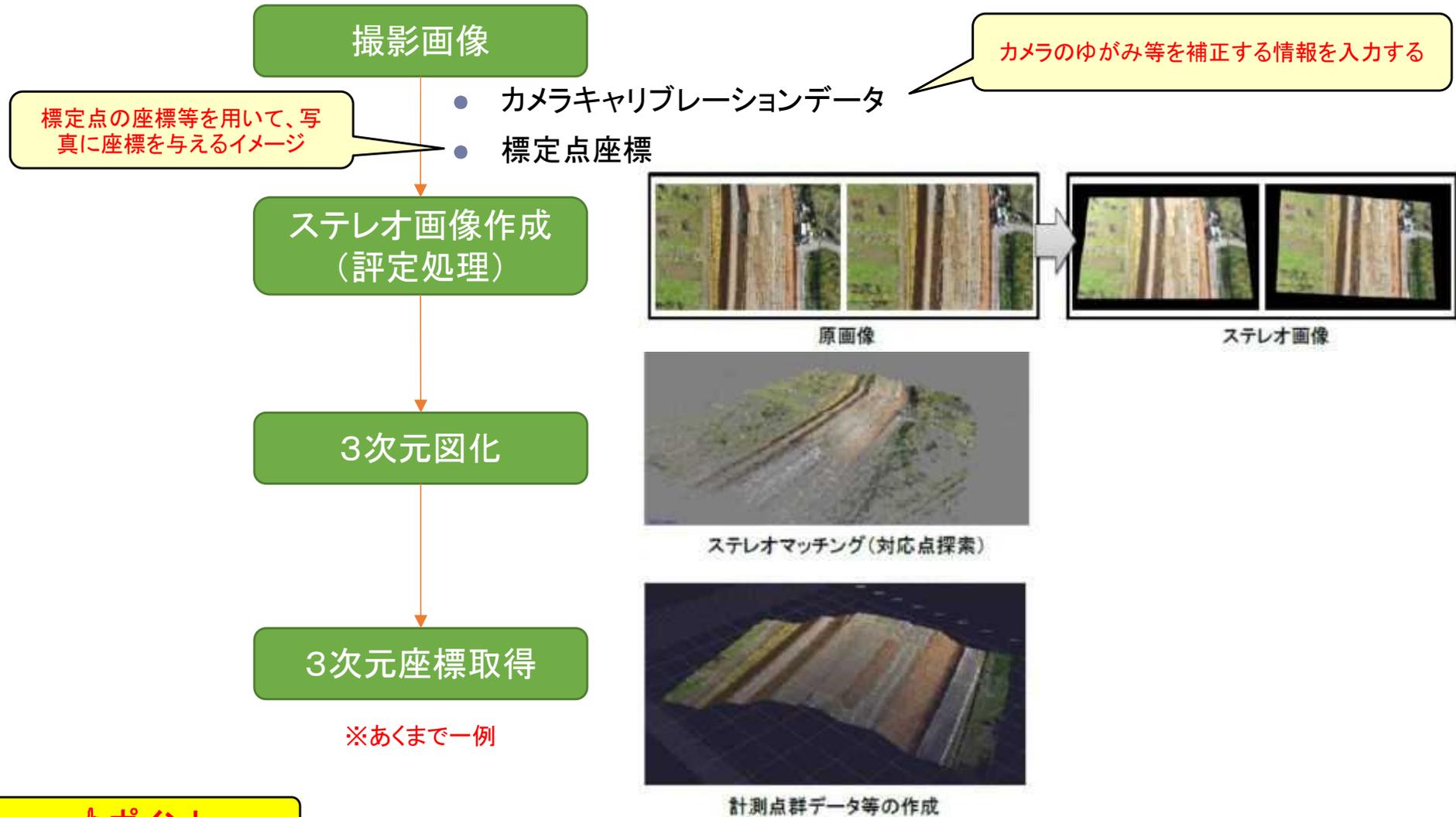


保守点検記録

製造メーカーによる保守点検記録(UAVは1年に1回以上、デジタルカメラは必要に応じて)

1-2-2. 写真測量ソフトウェア

- ▶ 撮影した空中写真から空中写真測量及び3次元図化を行い、地形の座標値を算出する。

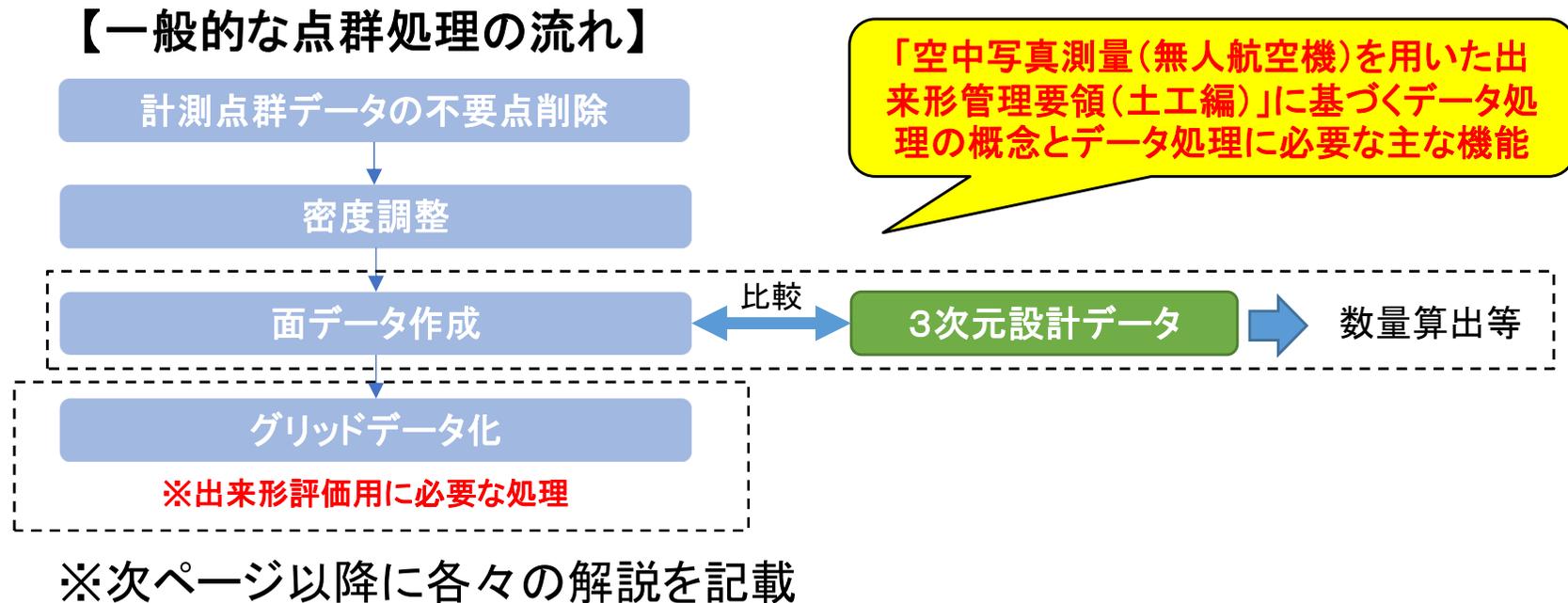


ポイント

- ▶ キャリブレーション時に求めるパラメータは、使用する各写真測量ソフトウェアに必要な項目とする。
- ▶ 受注者は、使用する点写真測量ソフトウェアを施工計画書に記載する。

1-2-3. 点群処理ソフトウェア

- ▶ 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。



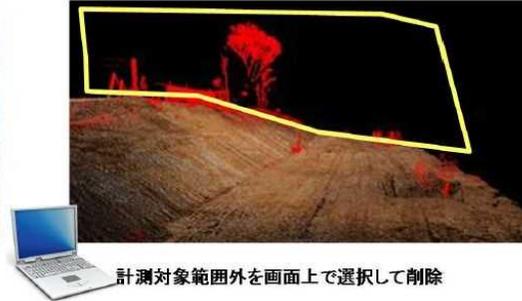
👉 ポイント

- ▶ 点群処理は、数量算出や出来形評価に最低限必要なデータのみとするため、必要となる作業である。
- ▶ 使用する点群処理ソフトウェアについては**施工計画書に記載する**。

1-2-3. 点群処理ソフトウェア

計測点群データの不要点削除

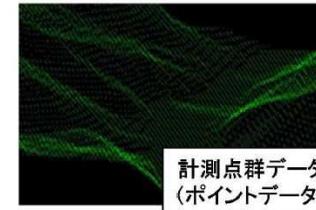
- ▶ UAV計測では、管理対象物以外の点群データも取得されるため、出来形管理に不要な点を除去する。



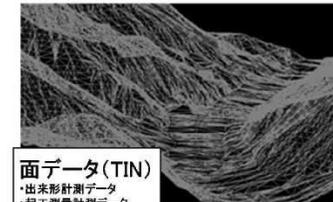
計測対象範囲外を画面上で選択して削除

面データ作成

- ▶ 計測点群データの不要点削除が終了した点群を対象にTIN(不等三角網)を配置し、地形の面データを作成する。



計測点群データ
(ポイントデータ)



面データ(TIN)
・出来形計測データ
・起工測量計測データ
・岩線計測データ

密度調整

- ▶ すべての計測点群データを利用してもよいが、全てのデータを用いることでコンピュータの処理を著しく低下させてしまう場合は、類似の座標データから代表点を抽出して点群密度を各段階に必要な密度まで減らす。

データ種類	計測最大距離	計測時の密度設定(メッシュの大きさ)
起工測量計測データ	精度確認試験の 測定距離以内	1点以上/0.25m ² (0.5m x 0.5m)
岩線計測データ		
出来高計測データ		
出来形計測データ	精度確認試験の 測定距離以内	1点以上/0.01m ² (0.1m x 0.1m)

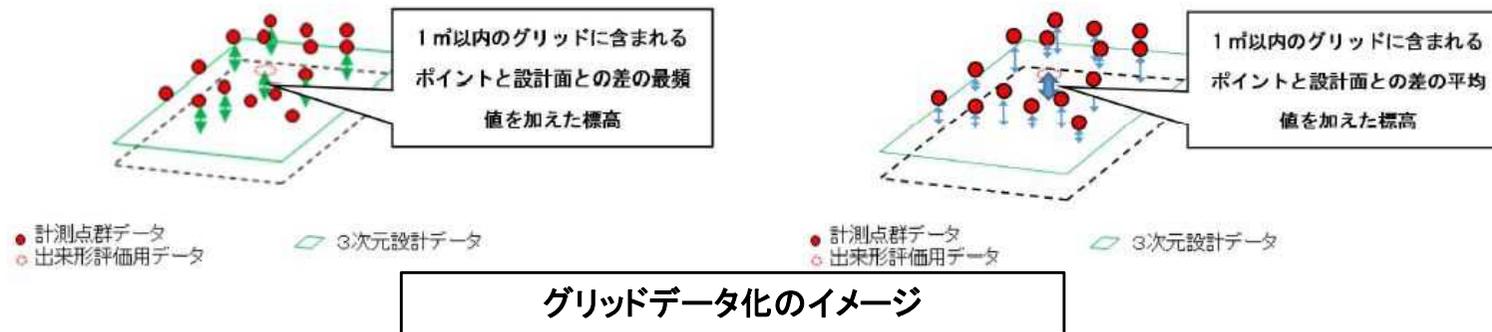
ポイント

- ▶ 除去方法はソフトウェアに組み込まれている機能や、手動での範囲選択等がある。除去段階において、出来形管理に影響する点を故意に排除したり作成してはいけない。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。
- ▶ **求められている計測密度以下にならないように注意する。**
- ▶ 密度の変更方法は、用途によって様々な手法が開発されているが、座標値を変更するような処理をとってはならない。
- ▶ 自動でTINを配置した場合に、現場の出来形形状と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更してもよい。

1-2-3. 点群処理ソフトウェア

グリッドデータ化(出来形評価用データ)

- ▶ 出来形評価用データとしては、計測対象面について**1m²(1m×1mの平面正方形)**以内のグリッドを設定し、グリッドの中央あるいは格子点に評価点(x,y)を設置する。
- ▶ 評価点の標高値は、評価点を中心とする1m²以内の実計測点と設計面との差の最頻値または差の平均値を設計値に加算した値を用いる。あるいは、評価点を中心とする1m²以内の実計測点の平均値を用いることもできる。



点群データの密度を均一にする方法(例)

ポイント

- ▶ 上記以外にも、最近隣法・平均法・TIN法・逆距離加重法から算出される標高値を採用することも可能。
- ▶ 評価点の標高値は1m²以内の実計測点の平均値あるいは設計面との最頻値を用いるため、設計面から最も近い差の値など、意図的に抽出した標高値を用いてはならない。

1-2-4. 3次元設計データ作成ソフトウェア

- ▶ 3次元設計データ作成ソフトウェアは、出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示す3次元設計データを作成・出力することができ、以下の機能を有することとする。
 - 1) 3次元設計データ等の要素読込(入力)機能
座標系の選択、平面線形、縦断線形、横断形状、現況地形データの読込み(入力)機能。
 - 2) 3次元設計データ等の確認機能
上記1)で読み込んだ(入力した)中心線形データ(平面線形データ、縦断線形データ)、横断形状データと出力する3次元設計データを重畳し、同一性を確認するために入力値比較や3次元表示が確認できる機能。
 - 3) 設計面データの作成機能
上記1)で読み込んだ(入力した)3次元設計データの幾何要素から設計の面データを作成する機能。
 - 4) 3次元設計データの作成機能
上記3)で読み込んだ設計面データと起工測量データに基づく、3次元設計データを作成する機能。
 - 5) 座標系の変換機能
3次元設計データを、上記1)で選択した座標系に変換する機能。
 - 6) 3次元設計データの出力機能
上記4)～5)で作成・変換した3次元設計データをLandXML形式や使用するソフトウェア等のオリジナルデータで出力する機能。

👉ポイント

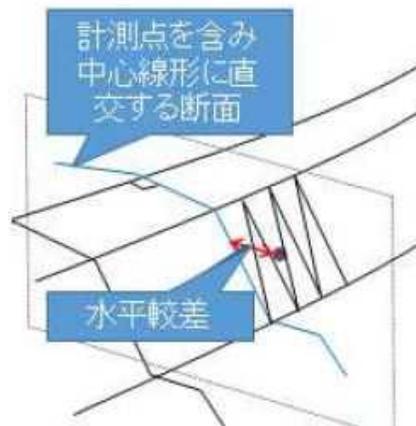
- ▶ 使用する3次元設計データ作成ソフトウェアを**施工計画書に記載する**。

1-2-5. 出来形帳票作成ソフトウェア

- ▶ 取得した出来形評価用データと3次元設計データの面データとの離れを算出し、出来形管理基準上の管理項目の計算結果(標高較差の平均値等)と出来形の良否の評価結果、及び設計形状の比較による出来形の良否判定が可能な出来形分布図を出力する機能を有していなければならない。

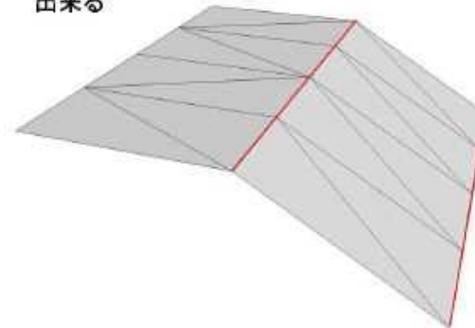
1) 出来形管理基準上の管理項目の計算結果の出力

- ① 3次元設計データから管理を行うべき範囲(平場、天端、法面(小段含む)の部位別)を抽出する。
- ② 各部位の3次元設計データと出来形評価用データの各ポイントとの離れ(標高較差あるいは水平較差)を計算し、平均値、最大値、最小値、データ数、評価面積及び棄却点数を出力する。標高較差は、各ポイントの標高値と、平面座標と同じ設計面上の設計標高値との差分として算出し、水平較差は、当該ポイントを含み、かつ「法面や構造物の位置をコントロールする線形」に直交する平面で設計面の横断を見たとき、当該ポイントと同一標高値の横断上の点との距離として算出する。(下図参照)
- ③ 出来形管理図表の様式を満足する項目を表形式で印刷、または3次元モデルの属性情報として表示する。



水平較差の算出ロジックのイメージ

法肩等を構成するTINの一辺も「法面や構造物の位置をコントロールする線形」と見なすことが出来る



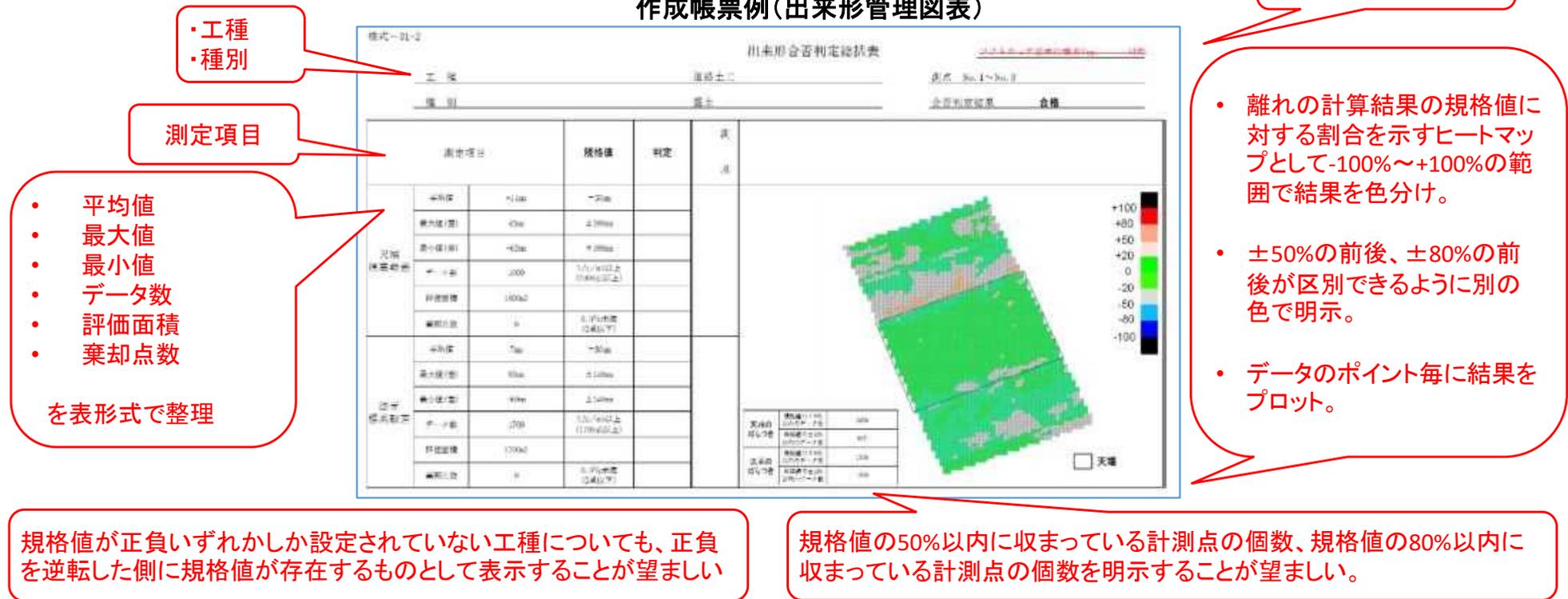
位置をコントロールする線形

1-2-5. 出来形帳票作成ソフトウェア

2) 出来形分布図(出来形管理図表)

- ▶ 分布図が具備すべき情報としては、記載内容の通りとする

作成帳票例(出来形管理図表)



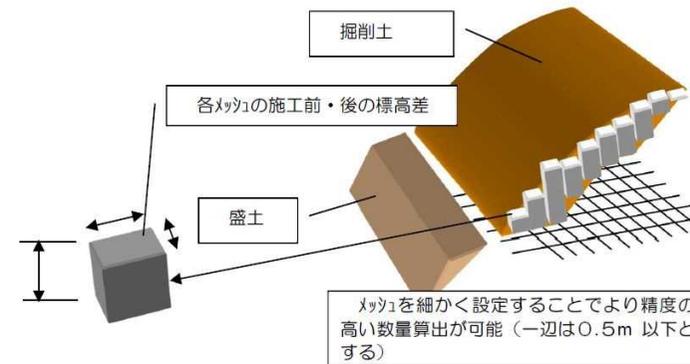
ポイント

- ▶ 出来形分布図は(平場、天端、法面(小段含む))ごとに作成する。
- ▶ 発注者の求めに応じて規格値の50%、80%に収まっている個数について図中の任意の箇所に明示できることが望ましい。

1-2-6. 出来高(数量)算出ソフトウェア

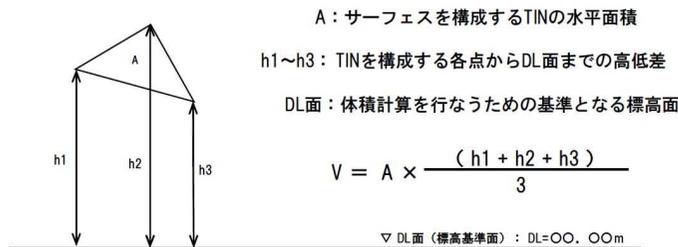
- ▶ 出来形計測と同位置において、施工前あるいは事前の地形データがUAV等で計測されており、契約条件として認められている場合は、UAVによる出来形計測結果を用いて出来形数量の算出を行うことができる。
- ▶ 密度処理を行った点群から面を作成し、3次元設計データ(TINデータ)との差から数量算出を行う。
- ▶ 数量の算出方法は、平均断面法または、3次元CADソフトウェア等を用いた方法がある。
- ▶ 数量算出方法については監督職員と協議を行う。

- ▶ 平均断面法
- ▶ 点高法
- ▶ TIN分割法を用いた求積
- ▶ プリズモイダル法

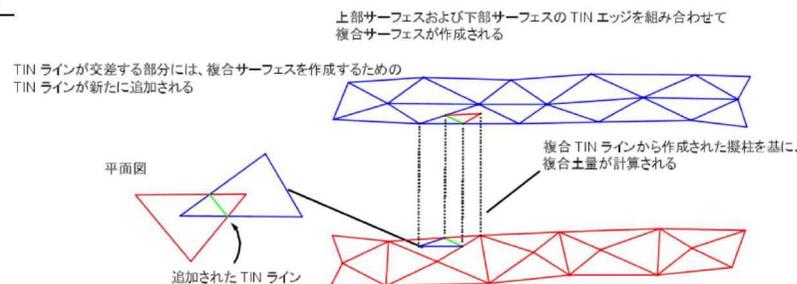


点高法による数量算出の条件と適用イメージ

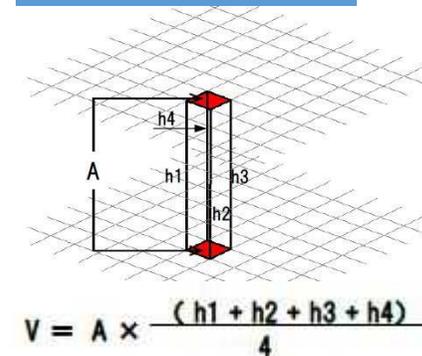
TIN分割法を用いた求積



プリズモイダル法



点高法



ポイント

- ▶ 施工範囲と数量が確認できる画面を出力する。
- ▶ 平均断面法で算出する場合、国土地理院の「三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)」の適用を推奨する

2. 施工計画書の作成・提出

- ▶ UAVによる計測・管理に必要な機器・ソフトウェアの確認における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> 施工計画書の作成・提出 </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・使用するICT建機の仕様を記載 ・適用工種、適用区域の記載 ・出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値、出来形管理写真基準を記載 ・使用機器・ソフトウェアの機器構成、名称を記載 ・UAV及び使用するデジタルカメラの計測性能を記載し、保守点検記録を添付 ・ソフトウェアの名称やバージョンを記載 ・撮影計画の記載 ・飛行マニュアルの添付 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工計画書の確認・受理

- ▶ 基本的には従来通りの施工計画書の形式に、ICT機械や機器の使用に伴う手順や確認書類の追加が必要となるイメージで、分けて考える必要はない。
- ▶ 適用工種、出来形計測箇所、出来形管理基準・規格値・出来形管理写真基準等は、ICT用(面管理)と従来用で分かるように記載し、その箇所や値が間違っていないか確認する。
- ▶ 施工計画書の提出段階において、必要な書類が揃わない場合もあるため、受注者はその旨を施工計画書に記載するか、もしくは監督職員と協議し、必要書類が揃った段階ですみやかに提出を行う。

2. 施工計画書の作成・提出

施工計画書への記載事項例

ICT建機の精度確認について

5) ICTバックホウ搬入に際し、キャリブレーションをおこなう
 6) ICTバックホウの日常点検
 日々の点検を下記チェックシートに記載された項目について作業開始前に実施する。

日常点検のチェック項目 (対象機器: 355H/455H)

対象項目	確認箇所	チェック項目												
		作業前	作業中	作業後	作業前	作業中	作業後	作業前	作業中					
① GPS	・基準面													
② GPS	・上気配器位置													
③ GPS	・バック部 ・フロント部 ・ブーム部 ・本体部													
④ GPS	・バック部/ブーム部 ・ブーム部/ブーム部 ・ブーム部/ブーム部 ・ブーム部/ブーム部													
⑤ GPS	・位置 ・距離 ・傾斜													

ICT建機の精度によって仕上がり面の出来形精度に影響が出てくるため、納入時や使用前に精度確認を実施する必要がある。

その手法と確認シート様式を添付し、提出する旨を記載しておくことが望ましい。

施工管理計画

8. 施工管理計画

(1) 工程管理
 ...

(2) 品質管理
 ...

(3) 出来形管理
 ...

(4) ICT施工に係わる出来形管理

3次元出来形管理を行う工種の記載

編	章	節	工種	適用の有無
共通工	土工	道路土工	掘削工	○
			法面整形工	○

② 施工範囲
 施工範囲は下記赤色部分。

サンプル図

施工範囲や出来形管理箇所を明示する

面管理の場合の出来形管理基準を記載する

③ 出来形管理基準

工種	測定箇所	測定項目	規格値 (mm)		測定基準	測定箇所
			平均値	個々の計測値		
掘削工	平場	標高較差	±50	±150	注1、注2、注3、注4	[図面参照]
	法面の小段差等	水平または標高較差	±70	±160		

2. 施工計画書の作成・提出

施工計画書への記載事項例

使用機器・ソフトウェア

⑤ 使用機器・ソフトウェア

当該工事において利用する機器およびソフトウェアについて、「空中写真測量(UAV)を用いた出来形管理要領」に定められた性能および機能を有するものを使用する。メーカーカタログ等は巻末に別途添付する。

種別	名称	規格(バージョン等)
トータルステーション	TOPCON GPT-9005A	国土地理院2級A
UAV	ZION QC630	
デジタルカメラ	SONY α6000	
3次元設計データ作成ソフトウェア	福井コンピュータ EX-TREND 武蔵	
写真測量ソフトウェア	TOPCON Image Master UAS	
点群処理ソフトウェア	福井コンピュータ TRENDPOINT	
出来形帳票作成ソフトウェア	福井コンピュータ TRENDPOINT	
※帳票作成はExcel使用	Microsoft Excel	

【UAVおよびデジタルカメラ】

項目	本業務(計画書あるいは確認方法)	要領の記載内容
計測性能	地上画素寸法: 0.7cm/画素以内 ※飛行高度5.0m時、1cm未満となる最大飛行高度71.48m なお、後述する2)地上画素寸法の算出にて根拠を示す。	地上画素寸法: 1cm/画素以内
測定精度	要領参考資料-3に示される「キャリブレーションおよび精度確認試験報告書」に基づいて、起工測量時、および出来形計測前に実施する。	測定精度: ±5cm以内 (XYZ各成分)
保守点検	巻末に別途添付する。	UAVの保守点検を実施したことを示す点検記録。製造元等による保守点検を1年に1回以上実施

機器構成や名称等が分かるように記載

機器の仕様を記載

UAV (ZION QC630)

機体直径	628mm (ロータ軸間)・1009mm (直径)
機体高	254mm
機体重量	1.4kg (機体のみ)・2.2kg (バッテリー含む)
離陸重量	6.0kg
耐風速	10m/s 以下
滞空(ホバリング)時間	8-15分
最高速度	72km/h 水平: 20m/s 上昇: 6m/s
最大到達高度	150m
動力用バッテリー	Zion Lipo 6セル 99wh x 1

デジタルカメラ (SONY α6000)

型式	フラッシュ内蔵レンズ交換式デジタルカメラ
撮像素子	APS-Cサイズ (23.5 x 15.6mm)、「Exmor APS HD」CMOSセンサー
カメラ有効画素数	約2430万画素
総画素数	約2470万画素
アスペクト比	3:02.00
画像ファイル形式	JPEG (DCF Ver.2.0, Exif Ver.2.3, MPF BaseLine) 準拠、RAW(ソニーARW 2.3フォーマット)
記録画素数(縦横比 3:2)	Lサイズ: 6000 x 4000(24M) Mサイズ: 4240 x 2832(12M) Sサイズ: 3008 x 2000(6M)
使用レンズ	ソニーEマウントレンズ 焦点距離: 28mm F E 2/2.8

精度確認試験結果報告書、メーカー推奨の定期点検記録の添付



メーカー推奨の定期点検記録

要求される精度について、どのように確認するか、また、証明する資料を添付するか記載

2. 施工計画書の作成・提出

施工計画書への記載事項例

⑥ 空中写真測量 (UAV) による計測

無人航空機の飛行に関しては、平成27年9月に航空法の一部が改正により、平成27年12月10日からドローン等の無人航空機の飛行ルネが導入されている。本現場では、航空法の規定に係る該当項目がなかったため、「無人航空機の飛行に関する許可・承認」は特に不要であった。

無人航空機の飛行の許可が必要となる空域
(以下の3項目のいずれかに該当する場合は申請が必要)

1 空港などの周辺 (進入表面等) の上空領域	該当
2 150m以上の高さの空域	該当
3 人口集中地区 (DID) 地区の上空	該当

図 静岡市東土市 DID地区と空港上空区域の分布 赤: DID地区 (国土地理院)
http://maps.esi.go.jp/#8/35.563512/140.339355/#base=st8&is=st&DID=2010%7Dkokure&id=sp-1116%7Dkokure&v=1%7D0&06d=y

無人航空機の飛行の方法
(以下の6項目のいずれかに該当する場合は申請が必要)

1 在空飛行	該当なし
2 目視外飛行	該当なし
3 30m未満の飛行	該当なし
4 イコピによる変換飛行	該当なし
5 急降急上昇	該当なし
6 物件落下	該当なし

飛行禁止エリアへの該当有無

撮影計画の記載。
オーバーラップ、飛行ルート、
地上画素寸法の算出根拠等

2) 地上画素寸法の算出

計測性能として、撮影計画上の地上画素寸法が1cm/画素以内と定められている。地上画素寸法は、使用するデジタルカメラの解像度と飛行高度より算定し、以下のとおり、地上解像度を確認した。

撮影体までの距離 (m)	50m
焦点距離 (mm)	28mm
水平撮影範囲 (m)	41.96m
垂直撮影範囲 (m)	27.88m
水平mm/画素	6.99mm/画素
垂直mm/画素	6.99mm/画素

上記諸元の解説図

41.96m/6000 = 6.99mm/画素

27.88m/4000 = 6.97mm/画素

1 画素あたりの寸法算出根拠

⑧ 空中写真測量

1) 飛行計画

国土地理院「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」に準じて飛行計画をおこなう。撮影は垂直撮影を基本とする。なお現地での作業日数は1日程度とする。対象土工は比高が7m程度であることから、天端から対地高度約50mで飛行する。さらに、離着陸時以外は、基本的に自律飛行とする。図2.1の土工範囲を網羅するように、延長方向は+2.0m程度、横方向は+2、3m程度延伸するように計測する。

計測諸元	
対地高度	50m
オーバーラップ率 (計測方向)	90%
サイドラップ率 (隣接方向)	60%
コース間隔	11.1m



⑦ 標定点・検証点の設置

1) 配置

標定点・検証点は、国土地理院「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」に従い、以下の標点とする。検証点は、UAVを用いた出来形管理要領に従い、以下の設置点にて設置する。

要領の記載内容	本業務
外部標定点 辺長100m間隔程度以内 (内部含め最低4点)	4点
内部標定点 辺長200m間隔程度以内	3点
検証点 天端上辺長200m間隔程度以内 (最低2点)	4点

■ 外部標定点: 4点
計測対象範囲を包含し、辺長100m以内

■ 内部標定点: 3点
辺長200m以内

■ 高高度標定点
■ 低高度標定点

■ 検証点
■ 検証点: 4点
■ 外部標定点の中間に1点

合計: 11点

工区1 (天端、法面、小段)

■ 外部標定点: 4点
計測対象範囲を包含し、辺長100m以内

■ 内部標定点: 3点
辺長200m以内

■ 高高度標定点
■ 低高度標定点

■ 検証点
■ 検証点: 4点
■ 外部標定点の中間に1点

合計: 11点

工区2 (法面)

現場内における標定点及び検証点の位置を記載

3) 撮影枚数

項目	工区1	工区2
飛行コース長	70m	50m
コース数	3	3
ラップ率	90%	90%
撮影枚数 (1コース)	$70m \div (41.96m \times (100\% - 90\%) \div 100) \approx 17$ 枚	$50m \div (41.96m \times (100\% - 90\%) \div 100) \approx 12$ 枚
撮影枚数 (予定)	51 枚	36 枚

⑧ 計測点密度

空中写真測量 (UAV) を用いた計測では、下表の必要な計測点が取得できるように、データ処理段階で、所定の計測点密度を設定し、作成する。

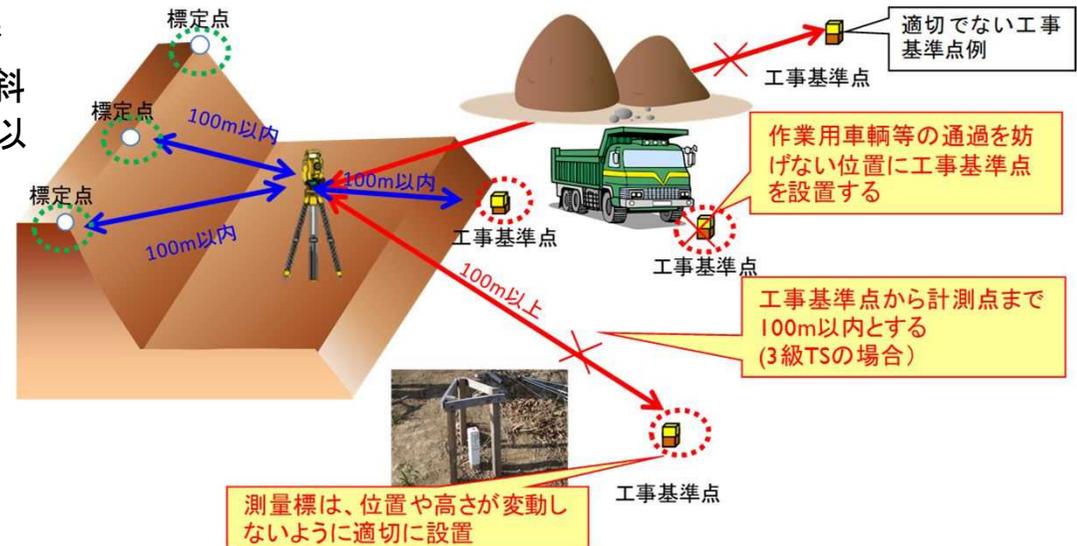
	本業務 (実施計画)	要領の記載内容
起工測量	◎あたり1点以上	0.5m2あたり1点以上
出来形測量	◎あたり1点以上	0.5m2あたり1点以上

3. 工事基準点の設置

▶ 工事基準点の設置における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
工事基準点の設置	<ul style="list-style-type: none"> ・既設基準点の検測 ・工事基準点の設置 ・標定点の設置 ・測量成果、設置状況と配置箇所を提出 	<ul style="list-style-type: none"> ・基準点等の指示、設置状況の把握

- ▶ UAVを用いた出来形管理では、工事基準点を用いて3次元座標値への変換を行う。
- ▶ 出来形計測の精度を確保のためには、現場内に4級基準点または3級水準点と同等以上として設置した工事基準点の精度確保が重要となる。
- ▶ UAVの標定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配置しておくことが有効
- ▶ 標定点を計測する場合は、基準点からTSまでの距離と、標定点等からTSまでの計測距離(斜距離)の制限は、3級TSを利用する場合100m以内(2級TSは150m)となる。



👉 ポイント

- ▶ 実施内容は、従来と同じ。
- ▶ 標定点・検証点等の成果簿の提出は必要ない。あくまで測量成果簿の提出は、従来通りである。

4. 起工測量

▶ 起工測量における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
撮影計画の立案	・所定ラップ率、地上画素寸法が確保できる飛行経路及び飛行高度を算出できるソフトウェアを用いて計画を行う	
標定点及び検証点の設置・計測	・計測結果を3次元座標へ変換するための標定点設置 ・計測精度を確認するための検証点の設置	
空中写真測量の実施	・空中写真測量の実施 ・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。	
計測点群データの作成	・計測したデータを写真測量ソフトウェアに読み込み、地形等の3次元座標を算出 ・上記の点群から不要点を除去し、点群データを作成する	
精度確認	・上記で取得した点群データ上で、精度確認を行い、結果報告書を提出	・精度確認試験結果報告書の受理・確認
起工測量の成果品の作成	・起工測量の成果品の作成・提出	・起工測量の成果品の受理・確認

👉 ポイント

- ▶ 起工測量における精度確認は100mm以内
- ▶ 計測密度は0.25m² (0.5m × 0.5mメッシュ)あたり1点以上

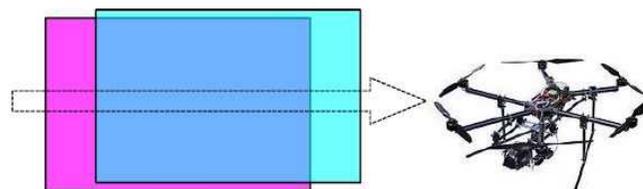
4-1. 撮影計画の立案

所定のラップ率、地上画素寸法が確保できる飛行経路及び飛行高度を算出するソフトウェアを用いて揚重能力とバッテリー容量に留意の上、撮影計画を立案する。

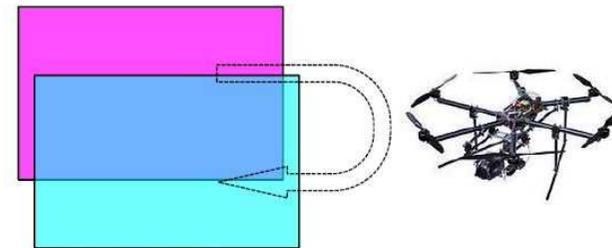
1) ラップ率

ポイント

		要領の記載内容
ラップ率(進行方向)	実際のラップ率を確認しない場合	90%以上で計画
	実際のラップ率を確認する場合	80%以上
ラップ率(隣接方向)		60%



90%以上
進行方向のラップ率



60%以上
隣接方向のラップ率

ポイント

- ▶ 進行方向のラップ率を80%以上で実施する場合は、実際のラップ率が**80%以上であることを証明できる資料**を監督職員に提出する。
- ▶ 実際のラップ率とは、撮影された写真から求められたラップ率のことで、確認方法は、例えばソフトウェアのレポートとして、計測対象範囲のモデル化に利用されている写真のラップ率や、重複した枚数で確認できること等が考えられる。

4-1. 撮影計画の立案

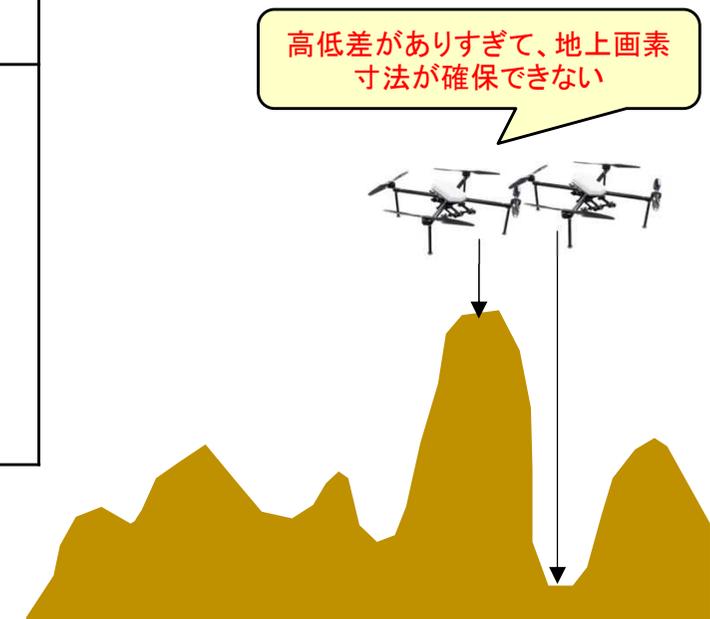
所定のラップ率、地上画素寸法が確保できる飛行経路及び飛行高度を算出するソフトウェアを用いて揚重能力とバッテリー容量に留意の上、撮影計画を立案する。

2) 対地高度

- ▶ 高低差があり、等高度での一度の撮影では、モデル全体の地上画素寸法が確保できない場合は、飛行を数回に分けることを検討すること。

	要領の記載内容						
飛行高度	所定の地上画素寸法を確保できる高度 <table border="1"><thead><tr><th>計測種別</th><th>地上画素寸法</th></tr></thead><tbody><tr><td>出来形計測</td><td>1cm/画素</td></tr><tr><td>起工測量/岩線計測/部分払い出来高計測</td><td>2cm/画素</td></tr></tbody></table>	計測種別	地上画素寸法	出来形計測	1cm/画素	起工測量/岩線計測/部分払い出来高計測	2cm/画素
計測種別	地上画素寸法						
出来形計測	1cm/画素						
起工測量/岩線計測/部分払い出来高計測	2cm/画素						

※なお、地上画素寸法は、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。



ポイント

- ▶ 山間の場合、GNSS電波の捕捉ができないこともあるため、自動航行ができなくなることから、手動航行の準備をしておくこと。

4-2. 標定点及び検証点の設置・計測

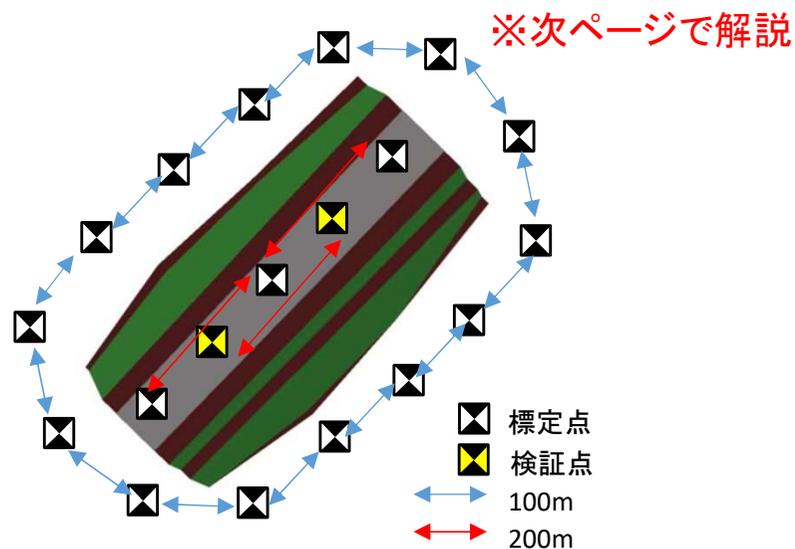
設置基準

要領の記載内容	
外部標定点	辺長100m間隔以内(内部含め4点)
内部標定点	辺長200m間隔以内
検証点	天端上 辺長200m間隔以内(最低2点)

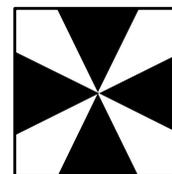
設置方法

要領の記載内容	
測定方法	4級基準点および3級水準点と同等以上
対空標識種別	四角の場合辺長、円形の場合直径が5画素以上とする 白黒を標準とするが状況により変更できる 標識は上空に向かって45度以上の視界を確保する 内部標定点及び検証点は地表面に設置することを基本とする

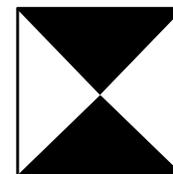
標定点・検証点の設置イメージ



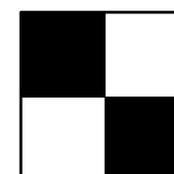
対空標識



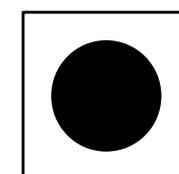
★型



X型



+型



○型

ポイント

- ▶ 起工測量時は上記の内容によらなくてもよいものとし、精度確認において±100mm以内であればよい。

4-2. 標定点及び検証点の設置・計測

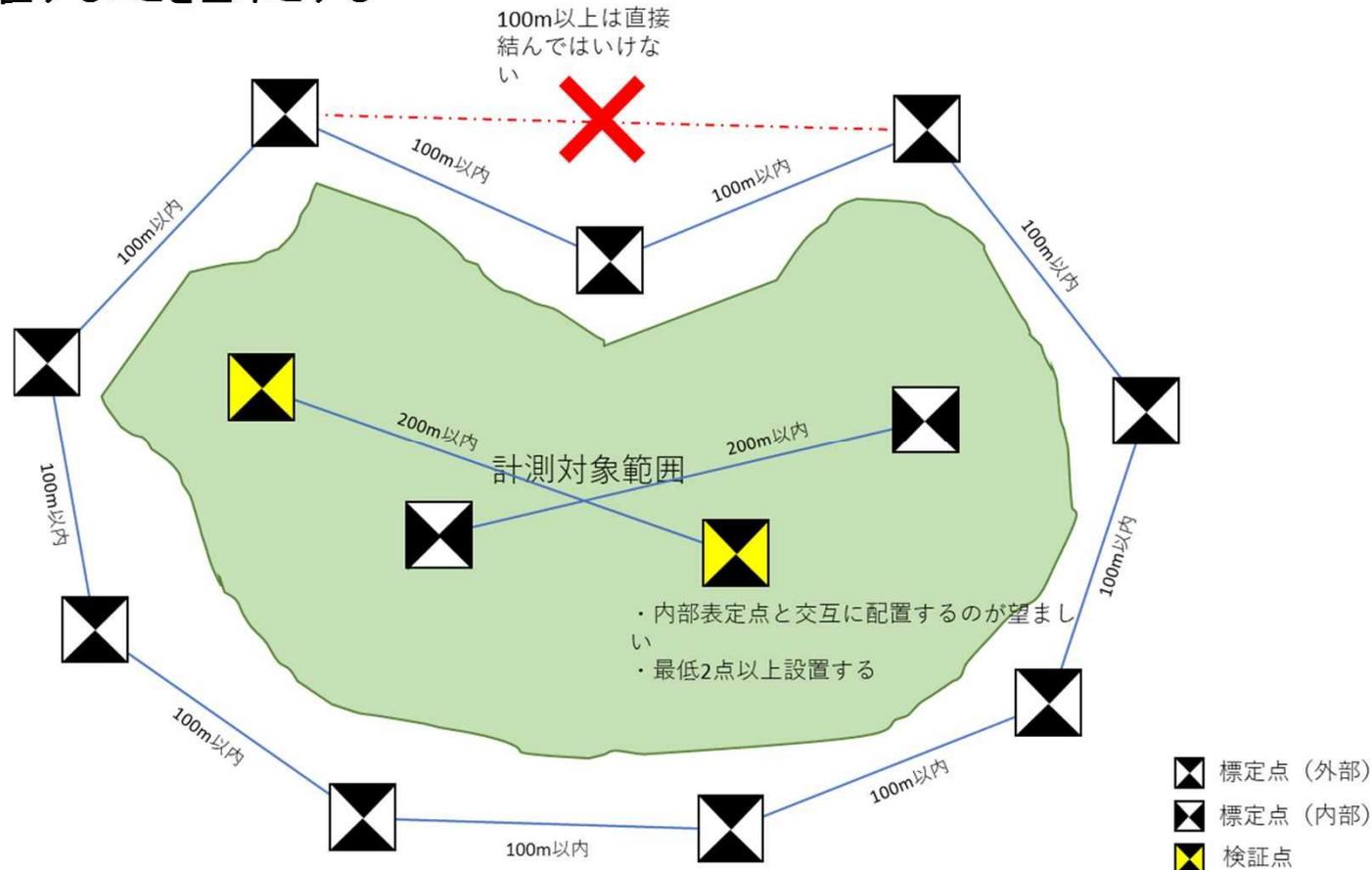
解説

標定点の配置

- 外部標定点
撮影区域外周に100m間隔以内で設置
- 内部標定点
天端上に200m間隔以内で設置
地表面に設置することを基本とする

検証点の配置

- 天端上に200m間隔以内で設置
- 内部標定点と交互に配置する事が望ましい
- 最低2点以上設置する
- 地表面に設置することを基本とする



4-3. 空中写真測量の実施

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こととする。



UAVの選定に関する留意事項

航空法に基づく無人航空機の許可要件に準じた機体を使用する。

- 2022.6より利用する無人航空機は登録が義務化されています。

無人航空機登録ポータルサイト

2022年6月20日より
無人航空機の
登録が
義務化されました。

2022年6月20日以降は
登録されていない100g以上の無人航空機を
飛行させることはできません。
確実な登録をお願いいたします。

また、2022年6月20日から、
100g以上の機体が飛行の許可承認制度など
航空法の規制対象になります。

ポイント

- 2022年6月20日より、100g以上の無人航空機を屋外で飛行させる際場合、機体の登録手続きが必要となる
- 国土交通大臣の許可や承認が必要となる空域及び方法での飛行(特定飛行)を行う場合は、基本的に飛行許可・承認手続きが必要になります。

無人航空機の飛行許可・承認手続 掲載リンク↓

https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html

無人航空機の飛行許可・承認手続

ここでは100g以上の無人航空機を屋外で飛行させる際に必要な「飛行許可・承認手続」について説明します。無人航空機の運航に関する法体系については、下記資料をご参照ください。

[PDF表示](#) 無人航空機の運航に関する法体系

無人航空機を屋外で飛行させるために必要な手続き全体のうち、航空法第132条の85、86に基づく「飛行許可・承認手続」は下図の位置づけです。本手続きは該当カテゴリ及び機体認証・操縦者技能証明の有無により省略できる場合がありますので後述にて手続きの要否をご確認ください。

※無人航空機を飛行させるための一連の手続きは原則、後述のオンラインサービス「ドローン情報基盤システム(通称：DIPS2.0)」よりおこなってください。
※飛行許可・承認手続きの実施においては、機体登録手続きを実施し登録記号または試験飛行届出番号発行を受けている必要があります。

機体登録手続き ▶ **飛行許可・承認手続** ▶ 飛行計画の通報 ▶ 事故等の報告

特定飛行、カテゴリ概要 ▼

飛行許可・承認手続きの方法 ▼

空港等周辺及び150m以上の空域を飛行する場合 ▼

航空局標準マニュアル ▼

ホームページ掲載無人航空機 ▼

飛行許可・承認制度に関する最新情報・お知らせ

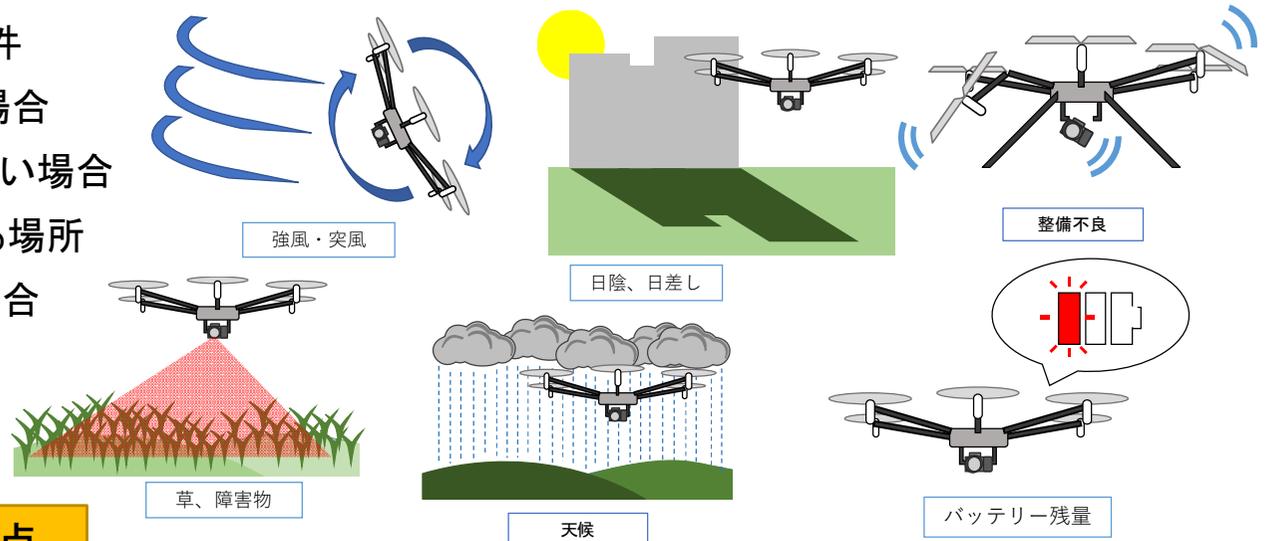
- ▶ 2024.04.24 申請書類の一部を省略することができる無人航空機一覧表の更新について
- ▶ 2024.03.29 DIPS 2.0におけるカテゴリII飛行申請入力例について
- ▶ 2024.02.27 カテゴリII飛行(レベル3.5飛行)の許可・承認申請に係る説明資料について
- ▶ 2024.02.14 申請書類の一部を省略することができる無人航空機一覧表の更新について
- ▶ 2023.12.27 カテゴリII飛行に関する許可・承認の審査要領の改正について
- ▶ 2023.08.04 進入表面若しくは転移表面の下、空港の敷地の上空が飛行禁止となる空港について

4-3. 空中写真測量の実施

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。

- ▶ 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



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。

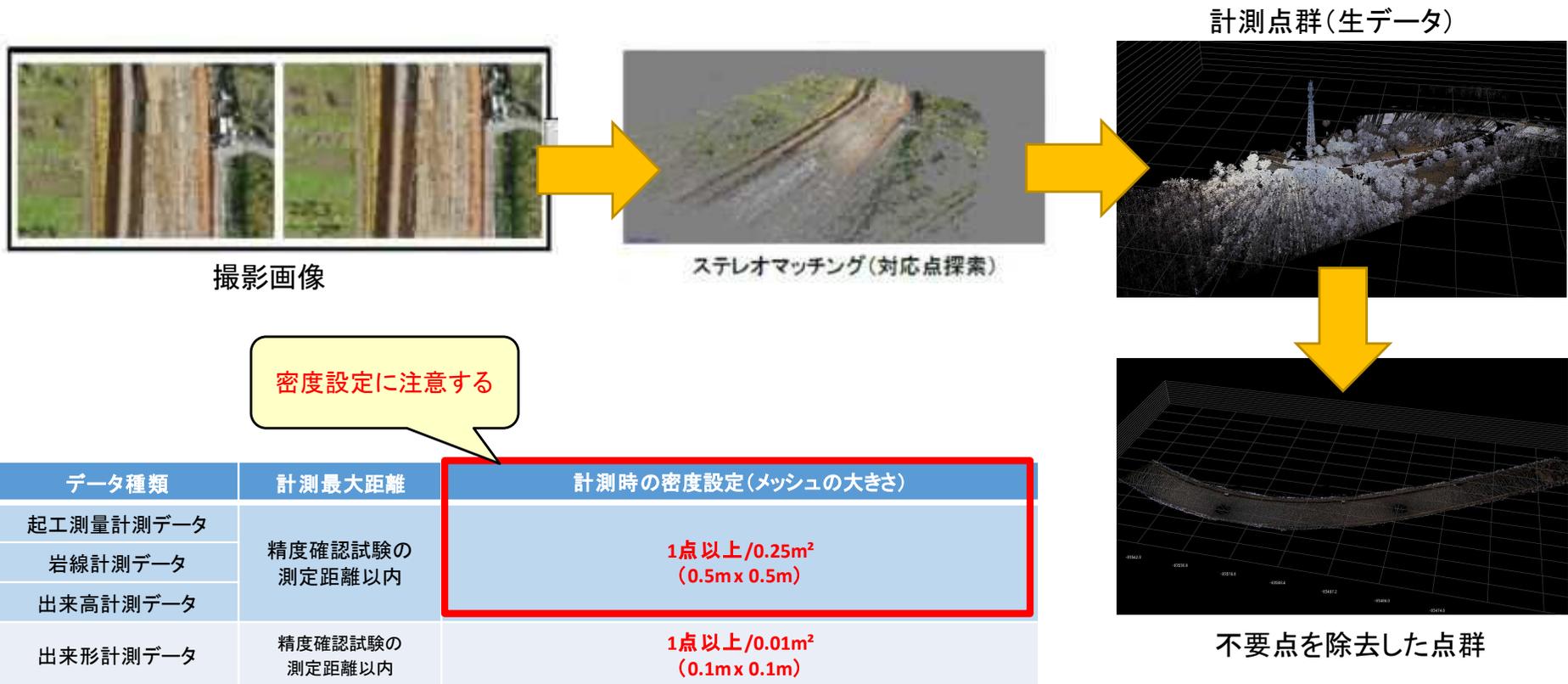
- ▶ 同一コースは、直線かつ等高線の撮影となるように飛行する。
- ▶ 撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル(2枚の空中写真の組み合わせ)以上形成できるように飛行する。

ポイント

- ▶ 飛行計画書に記載された飛行ルート、高度、ラップ率とする。
- ▶ 飛行マニュアルに記載された留意事項を遵守する。

4-4. 計測点群データの作成

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次元の計測点群データを作成する。



ポイント

- ▶ 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、留意すること。
- ▶ 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、利用してもよい(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こと)

4-5. 精度確認試験

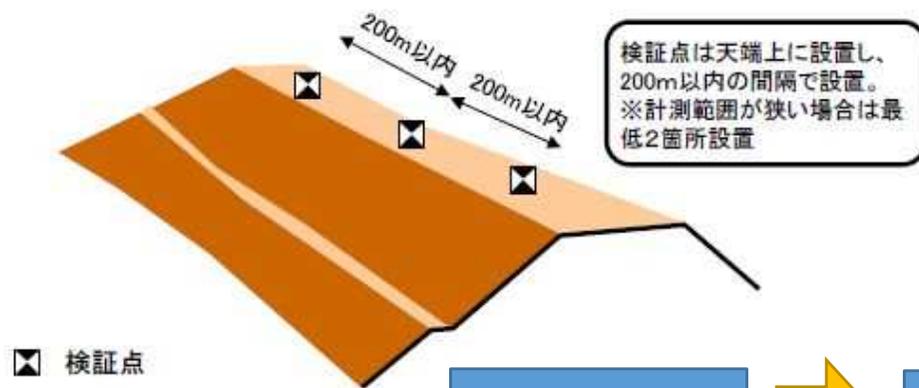
精度確認試験

※3次元計測技術を用いた出来形管理要領(国土交通省)の UAVの事前精度確認試験手順書(案)に従うものとする

- ▶ 現場に設置した検証点の、**TS※**による計測結果とUAVによる計測結果を比較する。
- ▶ 真値となる座標値は、**工事基準点上などの既知点の座標値**や、**基準点及び工事基準点**を用いて測量した座標値を利用する。
- ▶ 本精度確認は、空中写真測量(UAV)による**計測ごとに行うものとする**。

※起工測量、岩線計測、出来高計測時の検証点の計測は**GNSSローバー**を利用してもよい。(ただし、別途GNSSローバーの精度確認試験が必要)

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)



試験の実施

結果報告書の提出

(様式-2)

平成 年 月 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

・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	平成 年 月 日
実施年月	
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: (製品メーカー名) 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)

・精度確認試験結果 (概要)

精度確認試験実施年月	平成 年 月 日
作業機関名	
実施担当者	
測定条件	天候 晴雨 気象 曇り
測定場所	(株) 〇〇AV測量 〇〇工事現場
検証機器 (検証点を計測する測定機器)	TS : 3級TS以上 □機種名 (縦割○級)
精度確認方法	検証点の各座標の較差

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

(製品メーカー名)	
(製品名、機種名)	
(製造番号)	
(写真)	

検証点の位置座標

Y	Z
-11991.050	17.876
-11992.390	17.830

計測した検証点の位置座標

Y	Z
-11991.04	17.876
-11993.38	17.821

— 真値とする検証点の座標値 (X,Y,Z)

座標較差

ΔY	ΔZ
-0.01	-0.006
-0.01	-0.005

※ (基準値 0mm 以内)
 ※ (基準値 50mm 以内)
 ※ (基準値 100mm 以内)

ポイント

- ▶ 検証点計測に使用する**TSは3級以上**の機器であることを確認する。
- ▶ 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 (RTK-GNSS、ネットワーク型RTK-GNSS、PPK-GNSS、自動追尾TS等) 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。

5. 3次元設計データ

▶ 3次元設計データにおける実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
設計図書の照査	・3次元設計データの作成に係わる照査について協議	・照査内容の協議・受理・確認
3次元設計データの作成	・3次元設計データの作成	
3次元設計データの照査	・3次元設計データの照査 ・3次元設計データチェックシートの提出	・3次元設計データチェックシートの確認

- ▶ 3次元設計データを作成するにあたって、必要な座標情報や、修正が必要となる箇所等がある場合は、設計図書を照査し、監督職員と協議を行う。
- ▶ 3次元設計データ作成ソフトウェアを用いて、設計図書・基準点設置結果に基づき3次元設計データを作成する。
- ▶ 3次元設計データの作成範囲は、工事起点から工事終点及びその外縁に線形要素の起終点がある場合はその範囲までとし、横断方向は構築物と地形との接点までの範囲とする。
- ▶ 受注者は、3次元設計データの作成後に、3次元設計データの以下の1)～5)の情報について、設計図書(平面図、縦断図、横断図等)や線形計算書等と照合するとともに、監督職員に**3次元設計データチェックシートを提出する**。また、設計図書を基に作成した3次元設計データが出来形の良否判定の基準となることから、監督職員と協議を行い、作成した3次元設計データを設計図書として位置付ける。
 - 1) 工事基準点
 - 2) 平面線形
 - 3) 縦断線形
 - 4) 出来形横断面形状
 - 5) 3次元設計データ

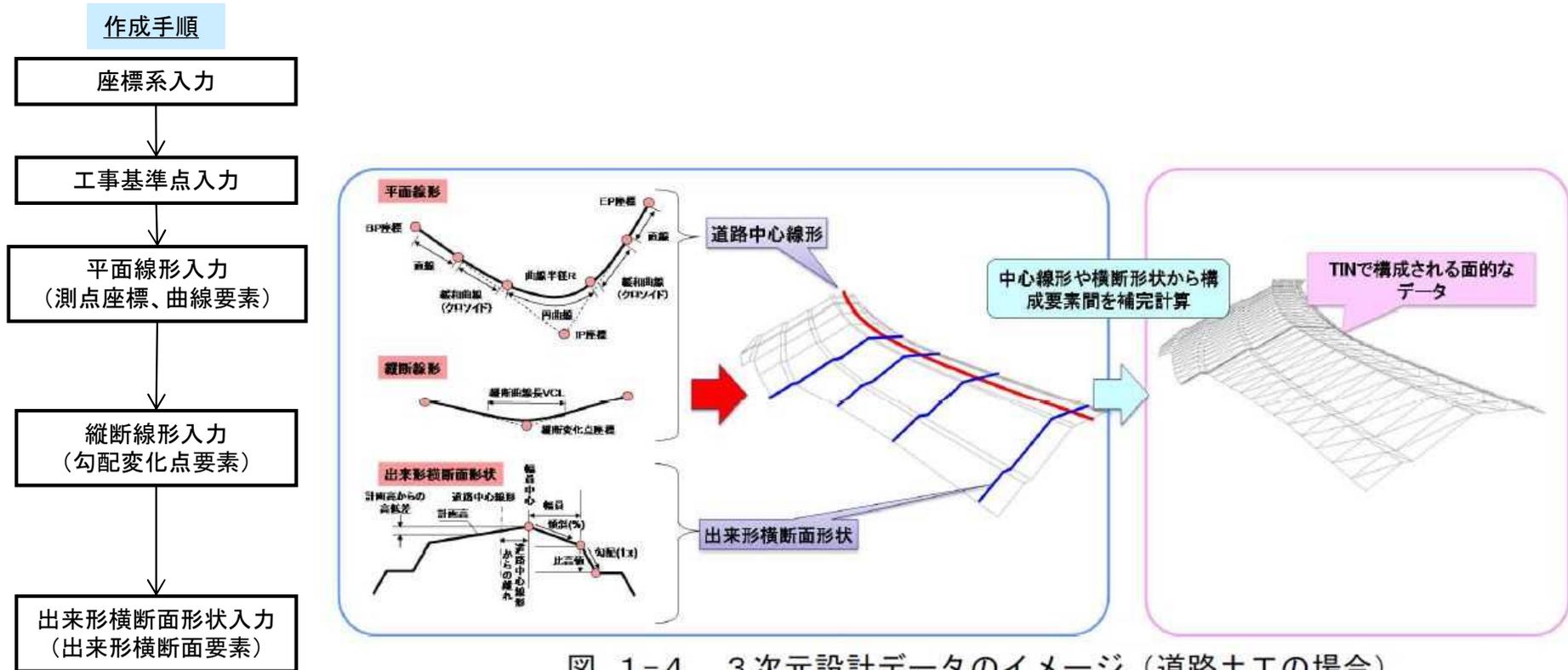
5-1. 3次元設計データの作成

3次元設計データの作成時の留意点

- ▶ 3次元設計データの作成において不足等がある場合は、監督職員に報告し資料提供を依頼する。
- ▶ 設計照査段階で取得した現況地形が発注図に含まれる現況地形と異なる場合、及び余盛り等を実施する場合については、監督職員との協議を行い、その結果を3次元設計データの作成に反映させる。
- ▶ 3次元設計データの作成範囲は、工事起点から工事終点及びその外縁に線形要素の起終点がある場合はその範囲までとし、横断方向は構築物と地形との接点までの範囲とする。
- ▶ 設計照査段階で取得した現況地形が発注図に含まれる現況地形と異なる場合、及び余盛りや法面保護堤(盛土法肩部に法面の雨水侵食防止のために構築する小堤)等を実施する場合については、監督職員と協議を行い、その結果を3次元設計データの作成に反映させる。
- ▶ 出来形横断面形状の作成は、空中写真測量(UAV)計測を実施する範囲で全ての管理断面及び断面変化点(拡幅などの開始・終了断面や切土から盛土への変更する断面)について作成する。
- ▶ 3次元設計データの作成にあたっては、設計図書を基に作成したデータが出来形の良否判定の基準となる事から、当該工事の設計形状を示すデータについて、監督職員の承諾なしに変更・修正を加えてはならない。
- ▶ 曲線部でのTIN作成では、管理断面の間を細かい断面に分割して3次元設計データ化する必要がある。このため、線形の曲線区間においては必要に応じて横断形状を作成した後にTINを設定する。(例えば、間隔5m毎の横断形状を作成した後にTINを設定する)
- ▶ 空中写真測量(UAV)等による起工測量結果を3次元設計データ作成ソフトウェアに読み込み、作成した3次元設計データと重畳し比較した上で、盛土及び切土と地形の擦付け部分が発注図に含まれる現況地形と異なる場合については、監督職員と協議を行い、その結果を3次元設計データの作成に反映させる。

5-1. 3次元設計データの作成

3次元設計データの作成手順とイメージ



参考

道路中心線形データが詳細設計等で納品されている場合について

- ・ 3次元設計データ作成ソフトウェアは道路中心線形データの読み込みが可能です。
- ・ 道路中心線形データを読み込む場合、平面線形入力作業および縦断線形入力作業の簡略化が可能です。

5-2. 3次元設計データの照査

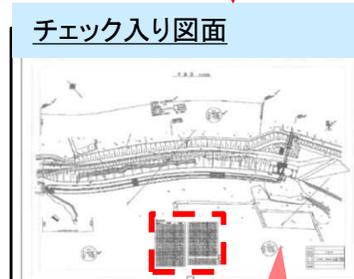
3次元設計データの照査イメージ

- ▶ 設計図書と3次元設計データとを照合し、設計図書の不備および入力ミス等がないかを確認する。
- ▶ UAVによる出来形管理では、3次元設計データに不備があると、出来形計測値の精度管理ができなくなる。
- ▶ 確認項目は、3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)に掲載されている土工の3次元設計データチェックシートに従うこととする。

紙図面・2次元CADデータ上で記載内容を目視確認



チェック入り図面



拡大表示

チェック部分

項目	内容	結果
1.1	1.1.1	○
1.1	1.1.2	○
1.1	1.1.3	○
1.1	1.1.4	○
1.1	1.1.5	○
1.1	1.1.6	○
1.1	1.1.7	○
1.1	1.1.8	○
1.1	1.1.9	○
1.1	1.1.10	○
1.1	1.1.11	○
1.1	1.1.12	○
1.1	1.1.13	○
1.1	1.1.14	○
1.1	1.1.15	○
1.1	1.1.16	○
1.1	1.1.17	○
1.1	1.1.18	○
1.1	1.1.19	○
1.1	1.1.20	○
1.1	1.1.21	○
1.1	1.1.22	○
1.1	1.1.23	○
1.1	1.1.24	○
1.1	1.1.25	○
1.1	1.1.26	○
1.1	1.1.27	○
1.1	1.1.28	○
1.1	1.1.29	○
1.1	1.1.30	○
1.1	1.1.31	○
1.1	1.1.32	○
1.1	1.1.33	○
1.1	1.1.34	○
1.1	1.1.35	○
1.1	1.1.36	○
1.1	1.1.37	○
1.1	1.1.38	○
1.1	1.1.39	○
1.1	1.1.40	○
1.1	1.1.41	○
1.1	1.1.42	○
1.1	1.1.43	○
1.1	1.1.44	○
1.1	1.1.45	○
1.1	1.1.46	○
1.1	1.1.47	○
1.1	1.1.48	○
1.1	1.1.49	○
1.1	1.1.50	○
1.1	1.1.51	○
1.1	1.1.52	○
1.1	1.1.53	○
1.1	1.1.54	○
1.1	1.1.55	○
1.1	1.1.56	○
1.1	1.1.57	○
1.1	1.1.58	○
1.1	1.1.59	○
1.1	1.1.60	○
1.1	1.1.61	○
1.1	1.1.62	○
1.1	1.1.63	○
1.1	1.1.64	○
1.1	1.1.65	○
1.1	1.1.66	○
1.1	1.1.67	○
1.1	1.1.68	○
1.1	1.1.69	○
1.1	1.1.70	○
1.1	1.1.71	○
1.1	1.1.72	○
1.1	1.1.73	○
1.1	1.1.74	○
1.1	1.1.75	○
1.1	1.1.76	○
1.1	1.1.77	○
1.1	1.1.78	○
1.1	1.1.79	○
1.1	1.1.80	○
1.1	1.1.81	○
1.1	1.1.82	○
1.1	1.1.83	○
1.1	1.1.84	○
1.1	1.1.85	○
1.1	1.1.86	○
1.1	1.1.87	○
1.1	1.1.88	○
1.1	1.1.89	○
1.1	1.1.90	○
1.1	1.1.91	○
1.1	1.1.92	○
1.1	1.1.93	○
1.1	1.1.94	○
1.1	1.1.95	○
1.1	1.1.96	○
1.1	1.1.97	○
1.1	1.1.98	○
1.1	1.1.99	○
1.1	1.1.100	○

基本設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認



データの整合性を確認



チェックシート

参考資料2-1 3次元設計データチェックシート及び照査結果資料(河川土工) (様式-1)

平成 年 月 日

工事名: _____

受注者名: _____

作成者: _____ 印

3次元設計データチェックシート

項目	対象	内容	チェック結果
1) 基準点及び工事基準点	全点	<ul style="list-style-type: none"> 監督職員の指示した基準点を使用しているか? 工事基準点の名称は正しいか? 番付は正しいか? 起算点の標高は正しいか? 	
2) 平面線形	全延長	<ul style="list-style-type: none"> 変換点(線形主要点)の座標は正しいか? 曲線要素の幅員・変換は正しいか? 各測点の座標は正しいか? 線形起算点の点名・標高は正しいか? 線形終点の点名・標高は正しいか? 曲線要素は正しいか? 	
3) 縦断線形	全延長	<ul style="list-style-type: none"> 作成した出来形縦断線形の点名・数は適切か? 基準高・程・法長は正しいか? 	
4) 出来形縦断線形	全延長	<ul style="list-style-type: none"> 入力した2)~4)の縦断線形と出力する3次元設計データは同一データとなっているか? 	
5) 3次元設計データ	3次元データ		

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。
 ※2 受注者が監督職員に様式-1を提出した後、監督職員から様式-1の提出資料の請求があった場合は、受注者は以下の資料等を速やかに提出し、工事基準点リスト(チェック入り)を提出すること。

3次元設計データと2次元CADデータとの各データに相違がないことを確認し、チェックシートを監督職員へ提出します

5-2. 3次元設計データの照査

3次元設計データチェックシートの提出の留意点

3次元計測技術を用いた出来形管理
要領(案)より

○受注者の確認事項

工事基準点は、事前に監督職員に提出している工事基準点の測量結果と対比し、確認する。

平面図及び線形計算書と対比し、確認する。

縦断面図と対比し、確認する。

・ソフトウェア画面と対比し、設計図書の管理項目の箇所と寸法にチェックを記入する。
・3次元設計データから横断面図を作成し、設計図書と重ね合わせて確認する。

・3次元設計データの入力要素と3次元設計データ(TI N)を重畳し、同一性が確認可能な3次元表示した図を提出する。

3次元設計データと設計図書の照合に用いた資料は、整備・保管し、監督職員から資料請求があった場合には、速やかに提示する。

(様式-1)

平成 年 月 日

工事名： _____
受注者名： _____
作成者： _____ 印

3次元設計データチェックシート

項目	対象	内容	チェック結果
1) 基準点及び工事基準点	全点	・監督職員の指示した基準点を使用しているか?	
		・工事基準点の名称は正しいか?	
		・座標は正しいか?	
2) 平面線形	全延長	・起終点の座標は正しいか?	
		・変化点(線形主要点)の座標は正しいか?	
		・曲線要素の種別・数値は正しいか? ・各測点の座標は正しいか?	
3) 縦断線形	全延長	・線形起終点の測点、標高は正しいか?	
		・縦断変化点の測点、標高は正しいか?	
		・曲線要素は正しいか?	
4) 出来形横断面形状	全延長	・作成した出来形横断面形状の測点、数は適切か?	
		・基準高、幅、法長は正しいか?	
5) 3次元設計データ	全延長	・入力した2)～4)の幾何形状と出力する3次元設計データは同一となっているか?	

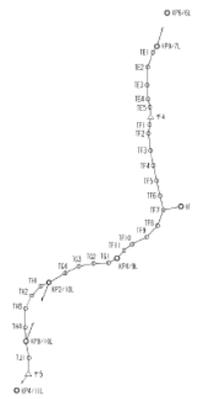
※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。
 ※2 受注者が監督職員に様式-1を提出した後、監督職員から様式-1を確認するための資料の請求があった場合は、受注者は以下の資料等を速やかに提示するものとする。

- ・工事基準点リスト(チェック入り)
- ・線形計算書(チェック入り)
- ・平面図(チェック入り)
- ・縦断面図(チェック入り)
- ・横断面図(チェック入り)
- ・3次元ビュー(ソフトウェアによる表示あるいは印刷物)

※ 添付資料については、上記以外にわかりやすいものがある場合は、これに替えることができる。

5-2. 3次元設計データの照査

4級基準点網図
S=1:25000



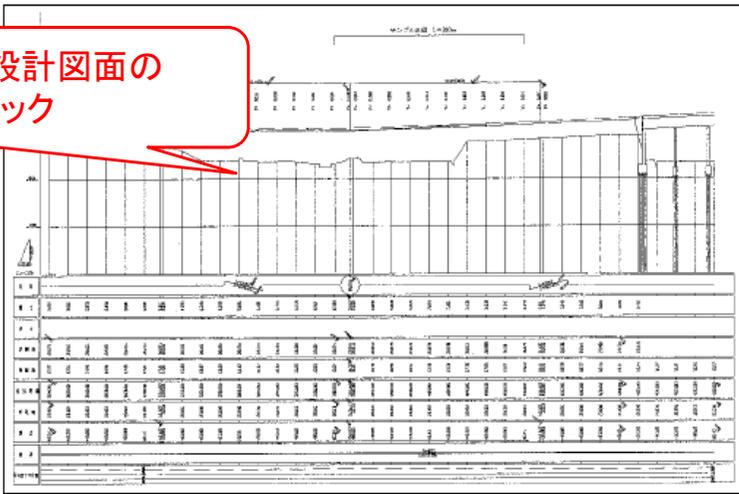
基準点の確認(例)

基準点成果表

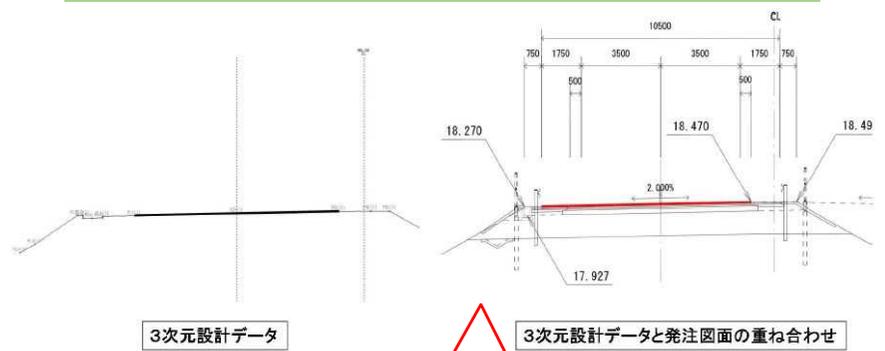
測点名	X座標	Y座標	等級	測点名	X座標	Y座標
千4	-103992.645	-53971.965	2級基準点	TF4	-104073.411	-53943.000
千5	-106133.790	-55192.361	U	TF5	-104222.811	-53911.000
KP6/6L	-102966.552	-53805.850	3級基準点	TF6	-104371.743	-53800.000
KP6/7L	-102897.874	-53908.500	U	TF7	-104511.791	-53800.000
KP6/8R	-104477.348	-53669.206	U	TF8	-104665.056	-53800.000
KP4/9L	-104993.148	-54307.238	U	TF9	-104780.424	-54154.338
KP2/10L	-105230.181	-54987.389	U	TF10	-104853.023	-54238.118
KP8/10L	-107811.653	-55214.489	U	TF11	-104914.141	-54238.118
KP4/11L	-106294.412	-55308.723	U	TF1	-105038.052	-54392.649
TE1	-102958.485	-53948.860	4級基準点	TF2	-105043.204	-54392.649
TF2	-103102.553	-54001.759	U	TF3	-105069.858	-54688.395
TE3	-103279.147	-54006.884	U	TF4	-105138.964	-54823.046
TE4	-103416.596	-53998.420	U	TF1	-105267.033	-55067.216
TE5	-103497.830	-53978.296	U	TF2	-105361.017	-55160.314
TF1	-103671.867	-53983.149	U	TF3	-105468.258	-55218.934
TF2	-103757.779	-53993.677	U	TF4	-105575.217	-55221.966
TF3	-103973.787	-53973.671	U	TF1	-105675.513	-55186.171

作成したデータと設計図面の
数値をチェック

縦断面図の確認(例)

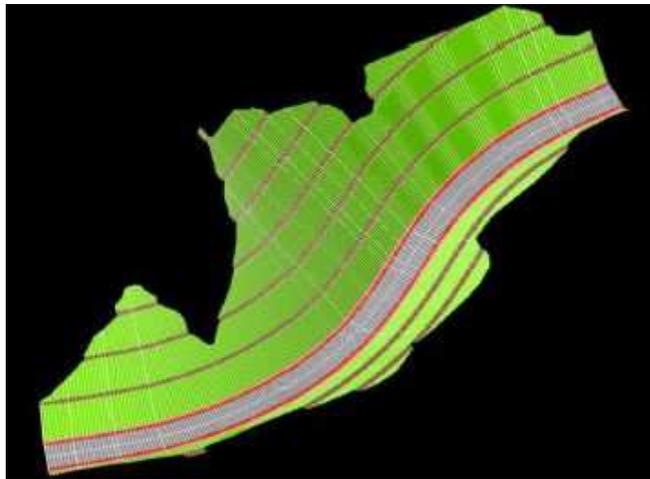


データ重ね合わせによる横断面図の確認(例)



作成したデータと図面の
形状を重ねてチェック

ソフトウェアによる表示あるいは印刷物の
3次元ビューの確認(例)

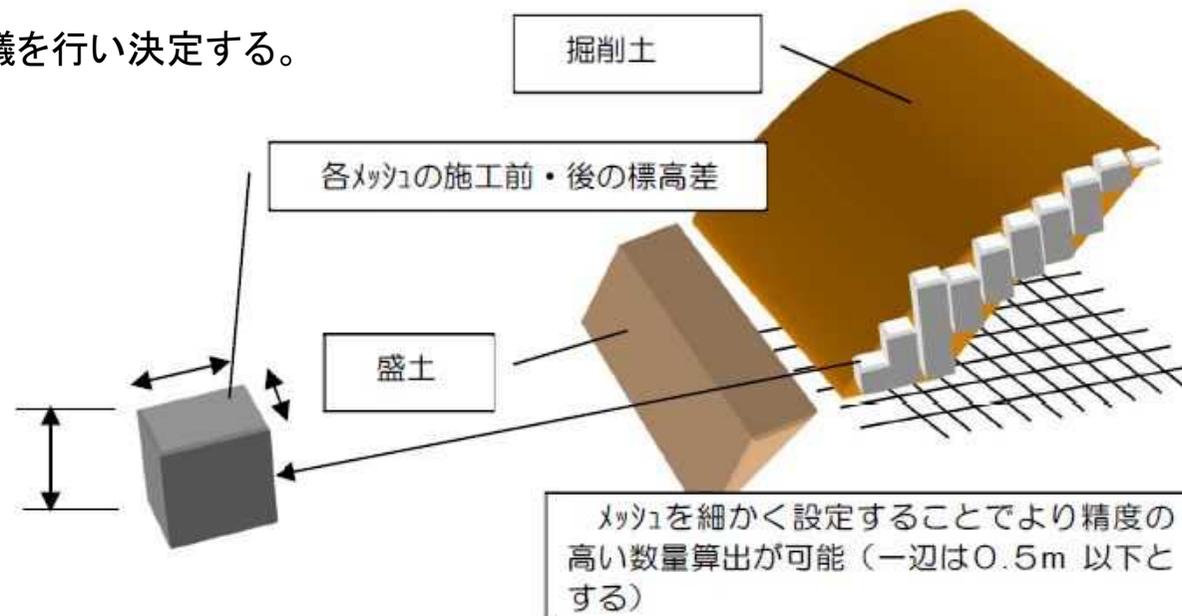


6. 数量算出

▶ 数量算出における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
<ul style="list-style-type: none"> ・数量計算方法の協議 ・3次元設計データ+設計数量の協議 	<ul style="list-style-type: none"> ・数量計算の方法の協議 ・3次元設計データ+設計数量の協議 	<ul style="list-style-type: none"> ・数量計算の方法の受理・確認 ・3次元設計データ+設計数量の受理・確認

- ▶ 出来形計測と同位置において、施工前あるいは事前の地形データがUAV等で計測されており、契約条件として認められている場合は、空中写真測量(UAV)による3次元出来形計測結果を用いて出来形数量の算出を行うことができる。
- ▶ 計算方法は監督職員と協議を行い決定する。



点高法による数量算出の条件と適用イメージ

👉 ポイント

- ▶ 数量計算方法については、監督職員と協議を行う。
- ▶ ※標準とする体積算出方法は ①点高法、②TIN分割等を用いた求積、③プリズモイダル法

7. 施工段階

ICT建設機械の測位方法

- ▶ 施工に用いるICT建設機械の測位方法は、施工計画段階で決定すること。

自動追尾式トータルステーション



自動追尾式TS

測量機器:重機=1:1のシステム

高精度(高さ計測精度±5mm程度)

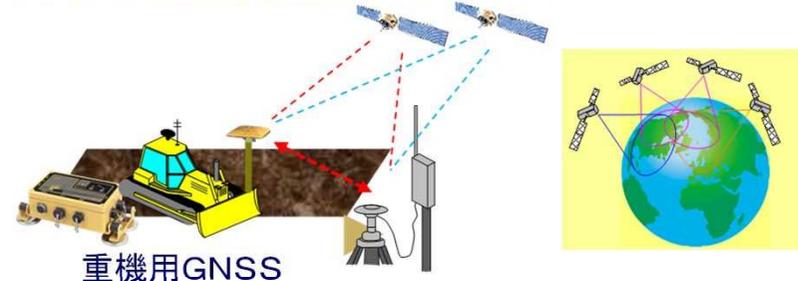
〈特徴〉

- ・精密な測位
- ・制御情報の伝達
- ・測量機器として活用
- ・有効半径の制限
- ・1対1制御
- ・天候による使用制限

👉 留意点

- ▶ 自動追尾TSと移動局 (ICT建設機械) との間に障害物等が入り視準不能になる。
- ▶ 近距離・遠距離の場合、追尾できないため、適度な距離を確保する必要がある。
- ▶ ある程度の高低差がある高台に自動追尾TSを設置する。

汎地球衛星測位システムGNSS(GPS+GLONASS+etc)



重機用GNSS

〈特徴〉

- ・単独での測位
- ・複数機器での運用
- ・現場間のデータ共有
- ・測量精度の限界
- ・衛星状態による制限
- ・外国衛星が多い

測量機器(基準局):重機(移動局)=1:多のシステム

高さの計測精度がTSに比べて劣る(水平±20mm,鉛直±30mm程度)

👉 留意点

- ▶ 人工衛星を多く捕捉するために、天空が開けていること
- ▶ マルチパス障害を避けるため、付近に高い建物や法面がないこと
- ▶ 無線距離および、強力な電波や建物などによる無線通信障害が起こらないようにする。
- ▶ 不安であれば一度現地で確認を行う

7. 施工段階

ICT建設機械の精度確認

- ICT建機の計測精度確認は、**施工前に始業前点検**し、あらかじめ設置した既知点において座標確認を行い記録する。

キャリブレーションおよび日々の精度確認の一例

キャリブレーション

表-16 バケット位置の確認条件【例】

	パラメータ (目標値) 準			試験数	備考
	バケット 標高位置	バケット 角度	バックホウ 姿勢		
Case 1	0m	0度	0度	8点以上 バケット距離:1条件 本体向き :1条件 とする。	バケット角度
Case 2	0m	-60度	0度		
Case 3	0m	60度	0度		バケット高さ
Case 4	0m	0度	2.5度		
Case 5	0m	0度	5.0度		
Case 6	0m	0度	7.5度		
Case 7	1m	0度	0度		
Case 8	2m	0度	0度		

※パラメータの数値は、任意に設定してもよい。

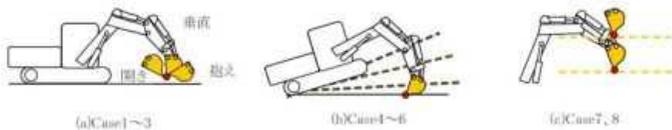


図-19 バケット位置精度の確認方法【模式図】

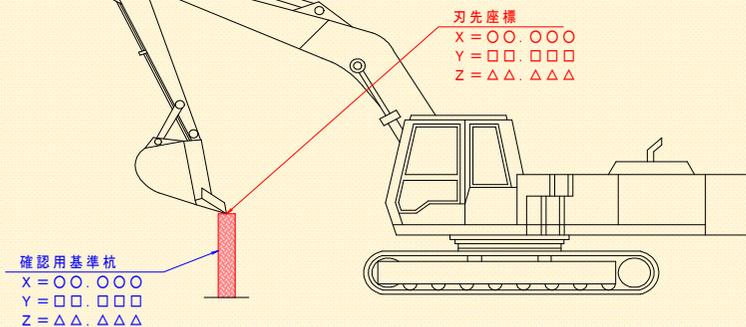
作業前の点検・確認

MGバックホウ (施工精度)

バケット位置取得精度の確認方法

現場で簡易的に精度を確認

三次元座標を持つ杭 (木杭) を設置し、バケット先端を木杭にあてる事で、木杭とシステムの座標を比較して確認する



※ICTバックホウの情報化施工管理要領(案)より

8. 出来形管理

▶ 出来形管理における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
出来形計測	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影計画の立案 ・標定点及び検証点の設置・計測 ・空中写真測量の実施 ・計測点群データの作成 ・精度確認 	
出来形管理写真の撮影	<ul style="list-style-type: none"> ・出来形管理写真の撮影 	
出来形管理資料の作成	<ul style="list-style-type: none"> ・出来形帳票の作成・提出 	<ul style="list-style-type: none"> ・出来形管理帳票の受理・確認

- ▶ 出来形計測における要求精度は±50mm以内、計測密度は0.01m²(0.1m×0.1mメッシュ)あたりに1点以上の結果が得られる設定で行う。
- ▶ 受注者は、施工前に協議した出来形計測箇所についてUAV用いて計測する。その後、出来形管理帳票を作成し監督職員に提出する。

👉 ポイント

【出来形管理帳票について】

- ▶ 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と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、もしくは属性情報として出来形管理基準上の管理項目の計算結果を表示できる3次元モデルのビューアファイルを作成する。
- ▶ 出来形確認箇所(平場、天端、法面(小段含む))ごとに作成する。

8-1. 出来形計測

- ▶ 実施事項や手順については、「4. 起工測量」と同様に実施することとするが、出来形計測で要求される地上画素寸法や測定精度、計測密度が異なるため、留意すること。

地上画素寸法は、下記を基本とするが、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。



デジタルカメラの計測性能	計測項目	地上画素寸法
	起工計測・岩線計測・出来高計測	20mm以内
	出来形計測	10mm以内
空中写真測量(UAV)の測定精度	計測項目	要求精度
	起工計測・岩線計測	±100mm以内
	出来高計測	±200mm以内
	出来形計測	±50mm以内



UAV及びデジタルカメラの保守点検記録 製造メーカーによる保守点検記録(UAVは1年に1回以上、デジタルカメラは必要に応じて)

データ種類	計測最大距離	計測時の密度設定(メッシュの大きさ)
起工測量計測データ	精度確認試験の測定距離以内	1点以上/0.25m ² (0.5m x 0.5m)
岩線計測データ		
出来高計測データ		
出来形計測データ	精度確認試験の測定距離以内	1点以上/0.01m ² (0.1m x 0.1m)

8-1-1. 出来形計測箇所

- ▶ 出来形計測範囲は、下図に示すとおりとし、法肩、法尻から水平方向にそれぞれ±50mm以内に存在する計測点は評価から外してもよい。
- ▶ 計測範囲は、3次元設計データに記述されている管理断面の始点から終点とし、全ての範囲で0.1mメッシュに1点以上の出来形座標値を取得すること。
- ▶ 3次元データによる出来形管理において、**土工部の法肩、法尻や変化点または現地地形等の摺り合わせが必要な箇所**など土木工事施工管理基準(出来形管理基準及び規格値)によらない場合は、監督職員と協議のうえ、対象外とすることができる。
- ▶ 法面の小段部に、側溝工などの構造物が設置されるなど土工面が露出していない場合、小段部の出来形管理は、小段部に設置する工種の出来形管理基準及び規格値によることができ小段自体の出来形管理は省略してもよい。このとき小段を挟んだ両側の法面は連続とみなしてもよいし、別の法面として評価してもよい。

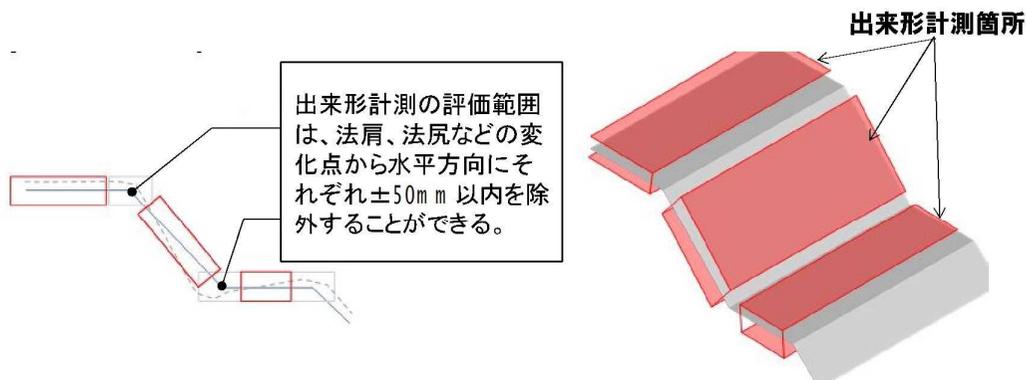


図2-11 出来形計測箇所

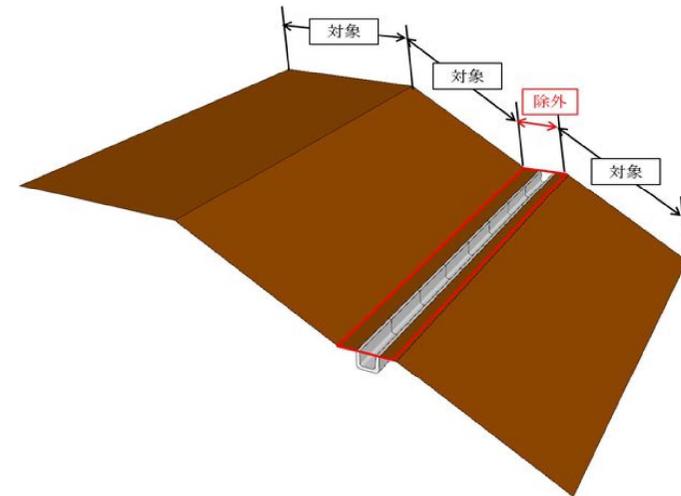


図2-12 構造物が設置されている小段

8-2. 出来形管理写真

1) 写真管理項目(撮影項目、撮影頻度[時期])

出来形管理の写真管理項目は、「写真管理基準(案)」による。

2) 撮影方法

撮影にあたっては、次の項目を記載した小黑板を文字が判読できるよう被写体とともに写しこむものとする。

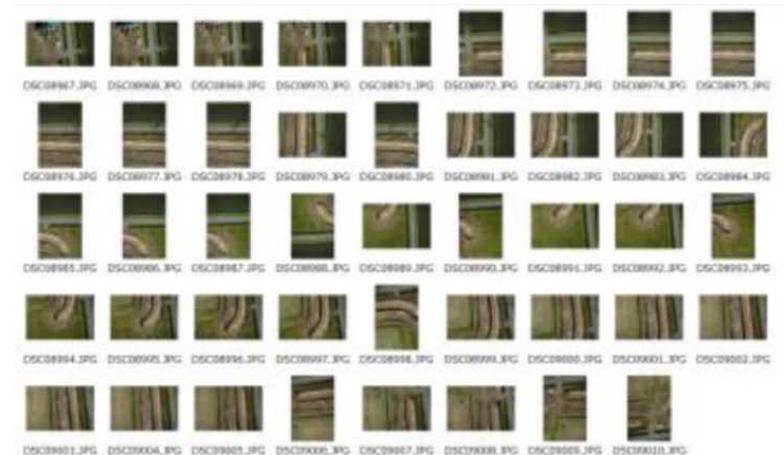
- ①工事名、 ②工種等、 ③出来形計測範囲(始点側測点～終点側測点)

※なお、空中写真測量(UAV)、地上写真測量で撮影した写真、又は撮影した写真から作成されるオルソ画像の納品をもって、写真撮影に代えることとする。

秋田県 土木工事共通仕様書 写真管理基準【土木編】令和6年10月1日以降適用より

編	章	節	条	枝番	工種	写真管理項目		摘要
						撮影項目	撮影頻度 [時期]	
1 共通編	2 土工	3 河川・海岸・砂防土工	2		掘削工	土質等の判別	地質が変わる毎に1回 【掘削中】	・出来映えの撮影 ・TS等の設置状況と出来形計測対象点上のプリズムの設置状況(プリズムが必要な場合のみ)がわかるように撮影
						法長 ※次のいずれかで撮影する。	200m又は1施工箇所 に1回【掘削後】	
						「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」による場合は1工事に1回【掘削後】		
						「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案) 土工編多点計測技術(面管理の場合)における空中写真測量(UAV) および地上写真測量」に基づき写真測量に用いた画像を納品する場合には、写真管理に代えることができる。		

写真撮影例(UAV)



※上表は掘削工の基準。他工種は適宜確認のこと

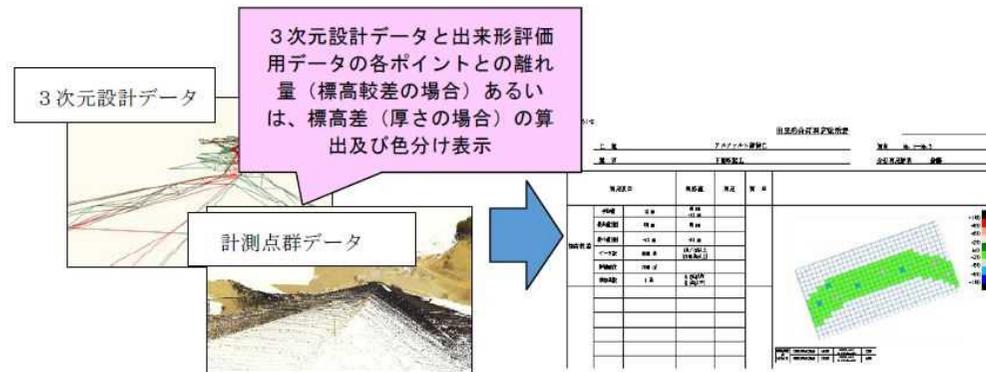
ポイント

【撮影時の留意点】

- ▶ 法長、幅の撮影項目については、空中写真測量で撮影した写真格納することで、省略することができる。
- ▶ 小黑板は不要である。

8-3. 出来形管理資料の作成

- ▶ 受注者は、出来形管理帳票(図表)を作成し、監督職員に提出する。
- ▶ 規格値は現行の「土木工事施工管理基準」のうち面管理の場合に定められたものとする。
- ▶ 「1-2-5. 出来形帳票作成ソフトウェア」を参照し、作成する。
- ▶ 出来形確認箇所(平場、天端、法面(小段含む))ごとに作成する。
- ▶ 良否評価結果については、規格値を外れている場合は「異常値有」等の表現にて明示する。また、出来形が不合格の場合については、不合格の内容が各項目で確認できる様、棄却点も含め表示すること。



異常値なし

出来形合否判定継続表

工 種 アスファルト舗装工 測点 No. 1~No. 3

種 別 下層路盤工 合否判定結果 合格

測定項目	規格値	判定	測点
平均値	12 mm	-40 mm -15 mm	
最大値(色)	60 mm	50 mm	
最小値(色)	-45 mm	-90 mm	
データ数	3000 点	1点/㎡以上 (7000点以上)	
評価面積	7000 ㎡		
棄却点数	0 点	0.3%以内 (21点以下)	

異常値あり

出来形合否判定継続表

工 種 アスファルト舗装工 測点 No. 1~No. 3

種 別 下層路盤工 合否判定結果 異常値有

測定項目	規格値	判定	測点
平均値	-40 mm	-40 mm -15 mm	
最大値(色)	55 mm	90 mm	
最小値(色)	-30 mm	-90 mm	
データ数	3000 点	1点/㎡以上 (7000点以上)	
評価面積	7000 ㎡		
棄却点数	25 点	0.3%以内 (21点以下) 異常値有	

8-3. 出来形管理資料の作成

出来形管理図表の見方

- 出来形管理図表について、出来形管理基準に定められた測定項目、測定頻度並びに規格値を満足しているか否かを確認。
- バラツキについては、各測定値の設計値と実測値の差をプロットした分布図の凡例に従い判定
- 具体には分布図及び計測点の個数から判断。また、規格値の±80%以内のデータ数、±50%以内のデータ数が、総データ数の概ね8割以上か否かで判断する。

作成帳票例(出来形管理図表)



<例1>

総データ数: 1000点

規格値: 100mm

①規格値の±80%以内のデータ: 988点

②規格値の±50%以内のデータ: 810点

上記の場合、

②±50mm以内のデータ数が: 810点

つまり、総データ数の8割が±50mm以内に収まっている(ばらつきが少ない)

⇒概ね規格値の±50%以内の結果である

<例2>

総データ数: 1000点

規格値: 100mm

①規格値の±80%以内のデータ: 950点

②規格値の±50%以内のデータ: 600点

上記の場合、

①±80mm以内のデータ数が: 950点

つまり、総データ数の8割が±80mm以内に収まっている(±50mmは満たしていない)

⇒概ね規格値の±80%以内の結果である

9. 電子成果品

▶ 電子成果品における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
電子成果品の作成	・電子成果品の作成	・電子成果品の受理・確認

▶ 作成する電子成果品は、以下のとおり。

- ✓ 3次元設計データ(LandXML等のオリジナルデータ(TIN))
- ✓ 出来形管理資料(出来形管理図表(PDF)または、ビューワー付き3次元データ)
- ✓ 空中写真測量(UAV)による出来形評価用データ(CSV、LAS、LandXML等のポイントファイル)
- ✓ 空中写真測量(UAV)による出来形計測データ(LandXML等のオリジナルデータ(TIN))
- ✓ 空中写真測量(UAV)による計測点群データ(CSV、LAS、LandXML等のポイントファイル)
- ✓ 工事基準点及び標定点データ(CSV、LandXML、SIMA等のポイントファイル)
- ✓ 空中写真測量(UAV)で撮影したデジタル写真(jpgファイル)

- ▶ 電子成果品は、「工事完成図書の電子納品等要領」及び「電子納品運用ガイドライン等の運用(秋田県)」(以下、「電子納品等要領」)で定める「ICON」フォルダに格納する
- ▶ 格納するファイル名は、UAVを用いた出来形管理資料が特定できるように記入する。

9-1. 電子成果品の作成

- ▶ 本手引きにおける電子成果品の作成規定は、「工事完成図書の電子納品等要領」の規定の範囲内で定められている。本手引きで規定する以外の事項は、電子納品等要領による。

【ファイルの命名】

- ▶ 次の規則に従い格納すること。
 - ① ICONフォルダに工種(土工)を示した「EW」のサブフォルダを作成する。
 - ② ①の下層に計測機器を示した「UAV」のサブフォルダを作成し格納する。
 - ③ サブフォルダの名称は次ページの表に示す計測機器に記載の文字列を利用すること
 - ④ 格納するファイル名は、次ページの表に示す命名規則に従うこと。
 - ⑤ 欠測補間として他の計測機器で計測したデータを合成した場合は、合成したデータのファイル名は、主となる計測機器の名称を用い、②で作成した主となる計測機器の名称を記したサブフォルダへ別途作成し格納する。
 - ⑥ 合成前の各計測機器の計測データは、それぞれの計測機器名称を記した各サブフォルダを②で作成した主となる計測機器の名称を記したサブフォルダへ別途作成し格納する。
 - ⑦ 設計変更等で設計図書に変更が生じた場合は、3次元設計データを変更するが、当初の3次元設計データと変更後の3次元設計データを全て納品すること。
 - ⑧ 整理番号は、ファイル番号をより詳細に区分する必要がある場合に使用するが通常は0で良い。
 - ⑨ 出来形管理資料をビューワー付き3次元データで納品する場合で、ビューワーとデータが複数のファイルで構成される場合は、全てをZIP方式により圧縮し、拡張子を「ZIP」として、次表の命名規則に従い納品すること。

9-1. 電子成果品の作成

<ファイルの命名規則>

電子成果品	ファイル命名規則					
	計測機器	整理番号	図面種類	番号	改定履歴	記入例
・3次元設計データ <small>LandXML等のオリジナルデータ(TIN)</small>	UAV	0	DR	001～	—	UAV0DR001Z.拡張子
・出来形管理資料 <small>出来形管理資料(PDF)または、 ビューワー付き3次元データ</small>	UAV	0	CH	001～	—	UAV0CH001.拡張子
・UAVによる出来形評価データ <small>CSV、LandXML、LASのポイントファイル</small>	UAV	0	IN	001～	—	UAV0IN001.拡張子
・UAVによる起工測量計測データ <small>LandXML等のオリジナルデータ(TIN)</small>	UAV	0	EG	001～	—	UAV0EG001.拡張子
・UAVによる岩線計測データ <small>LandXML等のオリジナルデータ(TIN)</small>	UAV	0	SO	001～	—	UAVSOG001.拡張子
・UAVによる出来形計測データ <small>LandXML等のオリジナルデータ(TIN)</small>	UAV	0	AS	001～	—	UAV0AS001.拡張子
・UAVによる計測点群データ <small>CSV、LandXML、LASのポイントファイル</small>	UAV	0	GR	001～	—	UAV0GR001.拡張子
・工事基準点及び標定点データ <small>CSV、LandXML、SIMAのポイントファイル</small>	UAV	0	PO	001～	—	UAV0PO001.拡張子

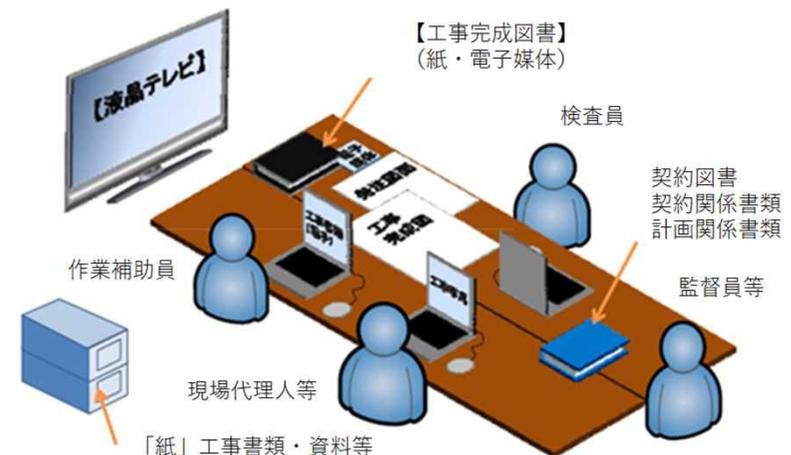
10. 検査

▶ 検査における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	検査員の実務内容
書面検査	・検査用の機器を準備	・ICT活用工事に係わる書面検査 ・出来形計測に係わる書面検査
↓		・出来形計測に係わる実地検査
実地検査		・工事成績評定

- ▶ 書面検査は、原則パソコンを使用して、納品された電子成果品を確認する。
- ▶ 実地検査は、現地に出向き設計値に対する実測値を確認する。

<検査体制・検査イメージ>



10-1. 実地検査

- ▶ 検査員は、施工管理データが搭載された出来形管理用TS等を用いて、現地で自らが指定した箇所の出来形計測を行い、3次元設計データの目標高さを実測値との標高差あるいは、設計厚さと実測厚さとの差が規格値内であるかを検査する。(ただし、出来形帳票作成ソフトウェアの機能要求仕様書が配出され、計測データの改ざん防止 や信憑性の確認可能なソフトウェアが現場導入されるまで期間とする)。
- ▶ 検査頻度は以下のとおり。**(ここでいう断面とは厳格に管理断面を指すものではなく、概ね同一断面上の数か所の標高を計測することを想定している)**TS等を用いた実測値の計測は、1回の計測結果あるいは、複数回の計測結果を用いて算出してもよい。
- ▶ 新基準を適用できない場合は、「土木工事施工管理基準」に示される出来形管理基準及び規格値によることができる。

工種	計測箇所	確認内容	検査頻度
河川土工	検査職員が指定する平場上有り いは天端上の任意の箇所	3次元設計データの設計面と実測値との標高較差または水平較差	1工事につき1断面

工種	計測箇所	確認内容	検査頻度
道路土工	検査職員が指定する平場上有り いは天端上の任意の箇所	3次元設計データの設計面と実測値との標高較差または水平較差	1工事につき1断面

検査職員による実地検査のイメージ



ポイント

- ▶ 計測機器(TSやGNSS等)は、受注者が準備を行う。