

公共測量における測量新技術への取組

国土地理院企画部技術管理課

本日の内容

1. 作業規程の準則への測量新技術の反映
 - ・「作業規程の準則」概要
 - ・ 2020年3月改正の主な内容
2. 3Dデータ整備に対応した測量新技術マニュアル
 - ・ UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)
 - ・ 航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル(案)
 - ・ 三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)
3. 新たな測量技術開発
 - ・ 官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)
 - ・ 革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト
4. 測量新技術Q&A

1. 作業規程の準則への測量新技術の反映
 - ・「作業規程の準則」概要
 - ・2020年3月改正の主な内容
2. 3Dデータ整備に対応した測量新技術マニュアル
 - ・UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)
 - ・航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル(案)
 - ・三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)
3. 新たな測量技術開発
 - ・官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)
 - ・革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト
4. 測量新技術Q&A

3

作業規程の準則とは

作業規程の準則 第1条（目的及び適用範囲）

測量法第34条の規定※に基づき、**公共測量における標準的な作業方法等を定め**、その規格を統一するとともに、必要な精度を確保すること等を目的とする。

※測量法第34条 国土交通大臣は、作業規程の準則を定めることができる。

【HP掲載情報】

「作業規程の準則」本文

正誤表

新旧対照表

平成20年度以降の一部改正の主な改正点

令和2年3月31日一部改正に関する説明動画

URL

<https://psgs2.gsi.go.jp/koukyou/jyunsoku/index.html>

作業規程の準則

令和2年6月22日 更新

測量法第34条で定める作業規程の準則

- ・ [作業規程の準則（全文）](#) [PDF 1.754KB]
- ・ [作業規程の準則（付録1 測量機器検定基準）](#) [PDF 264KB]
- ・ [作業規程の準則（付録2 公共測量における測量機器の現場試験の基準）](#) [PDF 253KB]
- ・ [作業規程の準則（付録3 測量成果検定基準）](#) [PDF 156KB]
- ・ [作業規程の準則（付録4 標準様式）](#) [PDF 2.595KB]
- ・ [作業規程の準則（付録5 永久標識の規格及び埋設方法）](#) [PDF 362KB]
- ・ [作業規程の準則（付録6 計算式集）](#) [PDF 1.448KB]
- ・ [作業規程の準則（付録7 公共測量標準図式）](#) [PDF 5.254KB]
- ・ [作業規程の準則（付録8 多言語表記による図式）](#) [PDF 715KB]
- ・ [作業規程の準則（別表1 測量機器識別性能分類表）](#) [PDF 210KB]

➤ 作業規程の準則は、測量技術水準・利用者のニーズなどに応じて適切な改正を実施

4

測量計画機関

〇〇県知事・〇〇市長ほか

公共測量を実施しようとするときは、
使用する測量機器・観測方法・計算方法等
を定めた**作業規程**を定め国土交通大臣の
承認を得なければならない。

(測量法第33条)

作業規程の準則



一部読替・準用

公共測量作業規程



測量作業機関

公共測量の実施



5

本日の内容

1. 作業規程の準則への測量新技術の反映

- ・「作業規程の準則」概要
- ・ 2020年3月改正の主な内容

2. 3Dデータ整備に対応した測量新技術マニュアル

- ・ UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)
- ・ 航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル(案)
- ・ 三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)

3. 新たな測量技術開発

- ・ 官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)
- ・ 革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト

4. 測量新技術Q&A

6

作業規程の準則(令和2年4月1日施行)主な改正内容

新規追加項目

GNSS測量機による水準測量の追加
【マニュアルの内容を作業規程の準則に条文化】

水準点が近くになくても、3級水準点を設置できる



GNSS測量

◆GNSS測量機を用いた3級水準測量が可能

UAV写真測量・UAV写真点群測量の追加
【マニュアル(案)の内容を作業規程の準則に条文化】



◆UAVを用いた数値地形図作成が可能
◆UAVを用いた三次元点群データ作成が可能

地上レーザ測量・地上レーザ点群測量の追加
【マニュアル(案)の内容を作業規程の準則に条文化】



◆地上レーザースキャナを用いた数値地形図作成が可能
◆地上レーザースキャナを用いた三次元点群データ作成が可能

一部改正項目

車載レーザ測量に使用するIMUの性能基準の明文化



◆車載レーザ測量に使用するIMU(慣性計測装置)の標準的な性能基準を明確化

準則付録7「公共測量標準図式」の追加

◆自然災害伝承碑の追加等

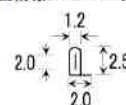


時空翔(奥尻町)

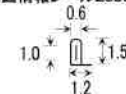


地理院地図表示例

地図情報レベル500、1000



地図情報レベル2500、5000



準則付録7「多言語表記による図式」の追加

◆JISピクトグラムの追加等



「J」記号は有人または無人の観光案内所に適用する。
「？」記号は有人の観光案内所に適用する。

建設現場での新技術利用の一層の促進、公共測量成果の品質確保を実現

7

作業規程の準則 構成

- 第1編 総則
- 第2編 基準点測量
 - 第1章 通則
 - 第2章 基準点測量
 - 第3章 レベル等による水準測量
 - 第4章 GNSS測量機による水準測量
 - 第5章 復旧測量
- 第3編 地形測量及び写真測量
 - 第1章 通則
 - 第2章 現地測量
 - 第3章 地上レーザ測量
 - 第4章 車載写真レーザ測量
 - 第5章 UAV写真測量
 - 第6章 空中写真測量
 - 第7章 既成図数値化
 - 第8章 修正測量
 - 第9章から第12章 (省略)
- 第4編 三次元点群測量
 - 第1章 通則
 - 第2章 地上レーザ点群測量
 - 第3章 UAV写真点群測量
- 第5編 応用測量
 - 第1章から第5章 (省略)
- 附則
 - 付録1から付録2 (省略)
 - 付録3 測量成果検定基準
 - 付録4 標準様式
 - 付録5から付録6 (省略)
 - 付録7 公共測量標準図式
 - 付録8 多言語表記による図式
 - 別表1 測量機器級別性能分類表

※ 赤字: 追加された項目
青字: 一部改正された項目

8

- ・「GNSS測量による標高の測量マニュアル(案)」(2013年)を反映
- ・近傍に水準点がなくても、GNSS測量機により3級水準点を設置可能
- レベルによる直接水準測量よりも**時間・経費の大幅な削減を実現**

第75条(既知点の種類)

- ・一～二等水準点
- ・電子基準点(「**標高区分:水準測量による※**」に限る)
- ・1～2級水準点



電子基準点付属表
(二等水準点)

基準点成果表

世界測地系(測地成果2011)

基準点コード	冠字番号	緯度 経度 標高	X (m) Y (m) 座標系	縮尺係数	1/5万図名 標高区分 作業内容 作業年月日
EL05440102601		360622.0118 1400513.9141 30.076	11803.114 22856.441 9系	0.999906	土浦 水準測量による 標高改算 2014/03/20

基準点成果表

世界測地系(測地成果2011)

基準点コード	冠字番号	緯度 経度 標高	X (m) Y (m) 座標系	縮尺係数	1/5万図名 標高区分 作業内容 作業年月日
EL15440102602		360627.9215 1400513.9167 24.916	11802.487 22856.507 9系	0.999906	土浦 水準測量による 標高改算 2014/03/20

水準点平均成果表

測地成果2011

基準点コード	種 別	点 名	標 高(m)	1/5万図名 作業内容 作業年月日
LE0000092110A	電子基準点(二等水準点)	92110A	24.916	土浦 改算 2012/02/01

※標高区分は、基準点成果表に記載。水準点平均成果表には記載されていないので注意。

9

第76条(GNSS測量機による水準測量の方式)

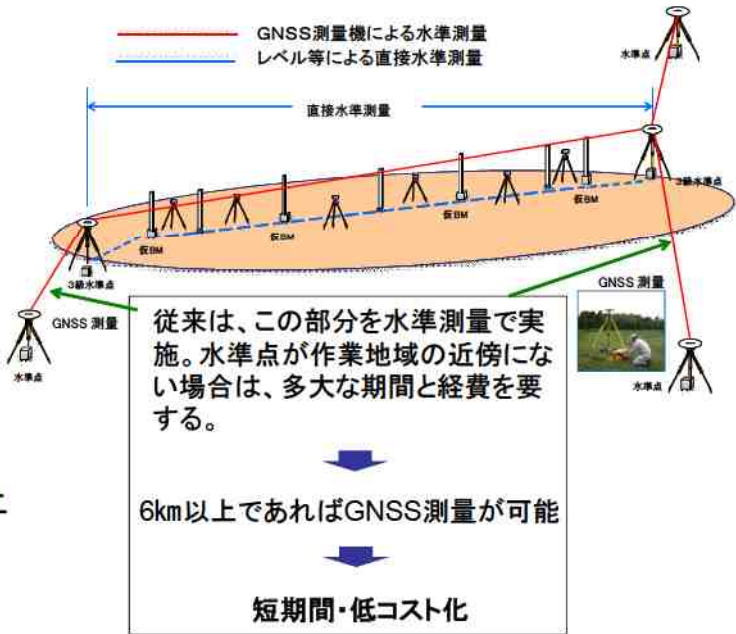
- ・測量方式:結合多角方式
- ・既知点数:3点以上
- ・路線辺数:6辺以下
- ・観測距離:6km以上、かつ、40km以下
- ・路線長:60km以下
- ・観測楕円体比高:700m以下を標準

第90条(GNSS観測の実施)

- ・観測時間:5時間以上
- ・データ取得間隔:30秒以下
- ・最低高度角:15度を標準
- ・アンテナ高測定単位:mm
- ・使用衛星数:GPS・準天頂衛星 5衛星以上

* セミ・ダイミナック補正は適用しない

GNSS測量機による水準測量と
レベル等による直接水準測量の組み合わせ



レーザの測量・調査分野への利用

【レーザの特性】

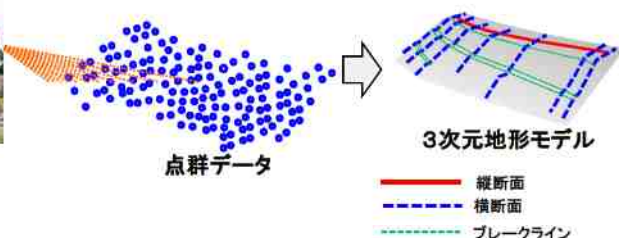
- 優れた干渉性、指向性、収束性などの特性を持ち、様々な分野で利用されている
- レーザ光を物体に照射し、反射してきたレーザ光の位相や往復時間を観測することにより、正確に距離を観測できる
- 高密度でレーザ光を照射することにより対象物の詳細な3次元形状を把握できる

【レーザを利用した測量機器】

- トータルステーション
- 車載写真レーザ測量システム (MMS)
- 航空レーザ測量システム
- 地上レーザスキャナ (TLS、Terrestrial Laser Scanner)

【地上レーザスキャナの利用範囲】

- 斜面崩壊など危険箇所の地形計測
- 建築物、構造物の計測 (点検)
- 数値地形図 (現況平面図) 作成
- 土工における起工測量や出来形計測



11

地上レーザスキャナを用いた公共測量

- 「地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)」(2017年)を反映
- 道路や区画整理地などの比較的狭く起伏の少ない場所を想定
- 狭い範囲での大縮尺の数値地図整備や更新、三次元点群データの取得に活用可能

■ 準則の構成

① 数値地図作成 (第3編地形測量及び写真測量 第3章地上レーザ測量)

地上レーザスキャナを用いた地形測量の範囲

→道路や区画整理地など比較的狭い場所で起伏の少ない場所を想定

- 狭い範囲での数値地図整備や更新に有効
- 大縮尺地図 (地図情報レベル250及び500) の作成に活用

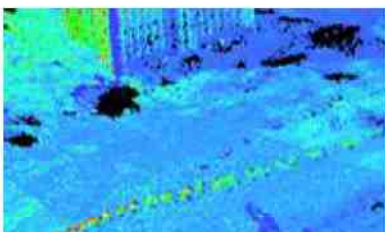
② 三次元点群データ作成 (第4編三次元点群測量 第2章地上レーザ点群測量)

地表面の精密形状を三次元点群データとして取得する業務を想定

→時系列に工事現場の路面や法面の変化を捉える業務や地滑りや土砂崩れ等の変化を捉える業務

- 縦横断面図作成や土量管理等に利用

3次元点群データの活用



12

道路や区画整理地等の比較的狭く起伏の少ない場所を想定
→ 狭い範囲での大縮尺の数値地図整備や更新に有効

第3編 地形測量及び写真測量 第3章 地上レーザ測量

第133条(数値地形図データの地図情報レベル)

地上レーザ測量により作成する数値地形図データの地図情報レベルは、
250及び500を標準とする。

第134条(地図情報レベルと観測条件)

三 地上レーザスキャナの観測条件は、次表を標準とし、地物は放射方向の観測点間隔
又は放射方向のスポット長径のいずれかが満たされているものとする。

地図情報レベル	地形	地物	
	放射方向の観測点間隔	放射方向の観測点間隔	放射方向のスポット長径
250	330mm	25mm	50mm
500	330mm	50mm	100mm

第139条(標定点の精度)

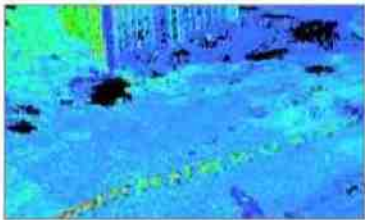
標定点の精度は、水平位置・標高ともに0.1m以内(標準偏差)を標準

地表面の精密形状を3次元点群データとして取得する業務を想定
→ 縦横断面図作成や斜面の土量管理等に有効

第4編 三次元点群測量 第2章 地上レーザ点群測量

第491条(標定点の精度)

標定点の精度は水平位置・標高ともに0.1m以内(標準偏差)
を標準とする。



3次元点群データの取得例

第494条(要旨)

2 複数時期の3D点群データを取得する場合の観測条件は、対象及び観測時期間の
標高の較差の許容範囲に基づき、次表を標準とする。

対象	観測時期間の 標高較差 (標準偏差)	観測条件	
		放射方向の観測点間隔	最小入射角 (度)
水平面	5mm	250mm	4
水平面	10mm	500mm	2
斜面	20mm	1000mm	—

- ・「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」(2015年)を反映
- ・局所的な範囲を対象とした数値地図整備を想定
→有人航空機よりも安価・機動的に空撮が可能

第3編 地形測量及び写真測量 第5章 UAV写真測量

UAVによる空中写真を用いた数値地形図作成の工程 ※基本的には有人機の空中写真測量と同じ



第215条(数値地形図データの地図情報レベル)

作成する数値地形図データの地図情報レベルは250及び500を標準

第219条(標定点の精度)

標定点の精度は、水平位置・標高ともに0.1m以内(標準偏差)を標準

第227条(独立したカメラキャリブレーション)

使用するデジタルカメラは独立したカメラキャリブレーションを行う必要あり

15

第221条(標定点の設置)

(単コースの場合)

- ・コース両端のステレオモデル(SM)に上下各1点+両端以外では均等配置
- ・水平(NH)及び標高(NV)の標定点数: $NH=NV=(n/2)+2$

※n:SM数、小数部切上げ

(複数コースの場合)

- ・ブロックの四隅+両端コースの6SMに1点+3コース毎の両端SMに1点+ブロック内に30SMに1点を均等配置
- ・水平(NH)の標定点数: $NH=4+2\{(n-6)/6\}+2\{(c-3)/3\}+\{(n-6)(c-3)/30\}$
- ・標高(NV)の標定点数: $NV=(n-12)c+2(c/2)$

※n:1コースあたりの平均SM数、c:コース数、{}部的小数部切上げ、 $NV<NH$ なら $NV=NH$

第228条(撮影計画)

- ・地上画素寸法:250レベル→0.02m以内、500レベル→0.03m以内
- ・対地高度 : (地上画素寸法) ÷ (使用デジタルカメラの1pサイズ) × 焦点距離 以下
- ・写真重複度 : OL→60%、SL→30%

第237条(調整計算)

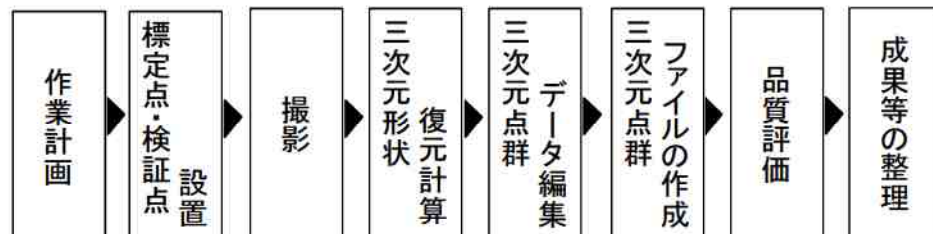
- ・カメラのキャリデータ、標定点、パスポイント、タイポイントの写真座標を用いてバンドル法により実施(外部標定要素、バス・タイの水平位置&標高を求める)
- ・標定点残差 : 250レベル→標準偏差0.06m以内(最大値0.12m以内)
500レベル→標準偏差0.12m以内(最大値0.24m以内)

16

- ・「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」(2015年)を反映
- ・裸地等の対象物の認識が可能な区域に適用
- 土木工事現場での3Dモデル作成や土量管理等での利用を想定

第4編 三次元点群測量 第3章 UAV写真点群測量

UAVによる空中写真を用いた三次元点群作成の工程



SfM(Structure from Motion)
2D画像からカメラの3D姿勢と被写体の3D点群を推定
MVS(Multi View Stereo)
上記の3Dカメラ姿勢と点群の情報から更に密な点群を求める

三次元形状復元(SfM/MVS)ソフトで処理



重複させながら撮影した写真群から三次元形状を復元

※カメラ同士の相対的な位置関係を推定するコンピュータビジョン(CV)技術の応用

17

第512条(要旨)

- ・3D点群データの位置精度(X,Y,Z) : 0.05m以内、0.10m以内、0.20m以内

第515条(標定点及び検証点の配置)

- ・外側標定点(作業地域を囲むように配置) 3点以上
- ・内側標定点(作業地域内に均等配置) 1点以上
- ・検証点(標定点から離れた場所で作業地域内に均等配置) 標定点の半数以上

第521条(撮影計画)

- ・地上画素寸法: 精度0.05m以内→0.01m以内、精度0.10m以内→0.02m以内
精度0.20m以内→0.03m以内
- ・対地高度 : (地上画素寸法) ÷ (使用デジカメの1p×サイズ) × 焦点距離 以下
- ・写真重複度 : OL→80%以上、SL→60%以上 ※撮影後に写真重複度の確認ができない場合はOL→90%

第529条(標定点の残差及び検証点の較差の点検)

- ・標定点の残差がX,Y,Zいずれの成分も3D点群データの位置精度以内であること
- ・検証点の位置座標と、3D形状復元計算で得られた検証点の位置座標との較差が、X,Y,Zいずれの成分も3D点群データの位置精度以内であること
- ・精度を満たさない場合は再撮影を行う

UAVの飛行に関するルール

航空法に規定されるUAVの飛行ルール(令和元年9月)

(国土交通省HP 無人飛行機の飛行ルールについて https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)

<対象となる機体:>

「飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船であって構造上人が乗ることができないもののうち、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるもの

(200g未満の重量(機体本体の重量とバッテリーの重量の合計)のものを除く)

<飛行禁止区域(許可が必要となる空域)>

次の場所では飛行禁止。飛行したい場合は、国土交通大臣の許可が必要。



例)



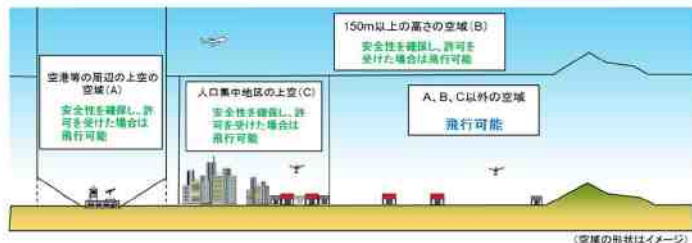
(ドローン(マルチコプター))



(ラジコン機)



(農業散布用ヘリコプター)

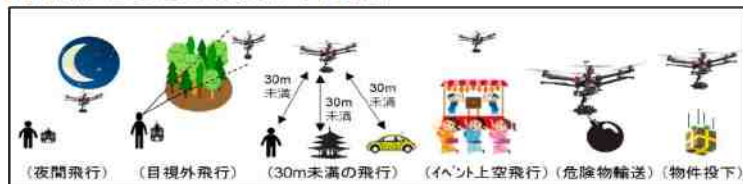


<飛行の方法>

UAVは次の方法で飛行させる。⑤～⑩によらず飛行したい場合は、国土交通大臣の承認が必要



【承認が必要となる飛行の方法】

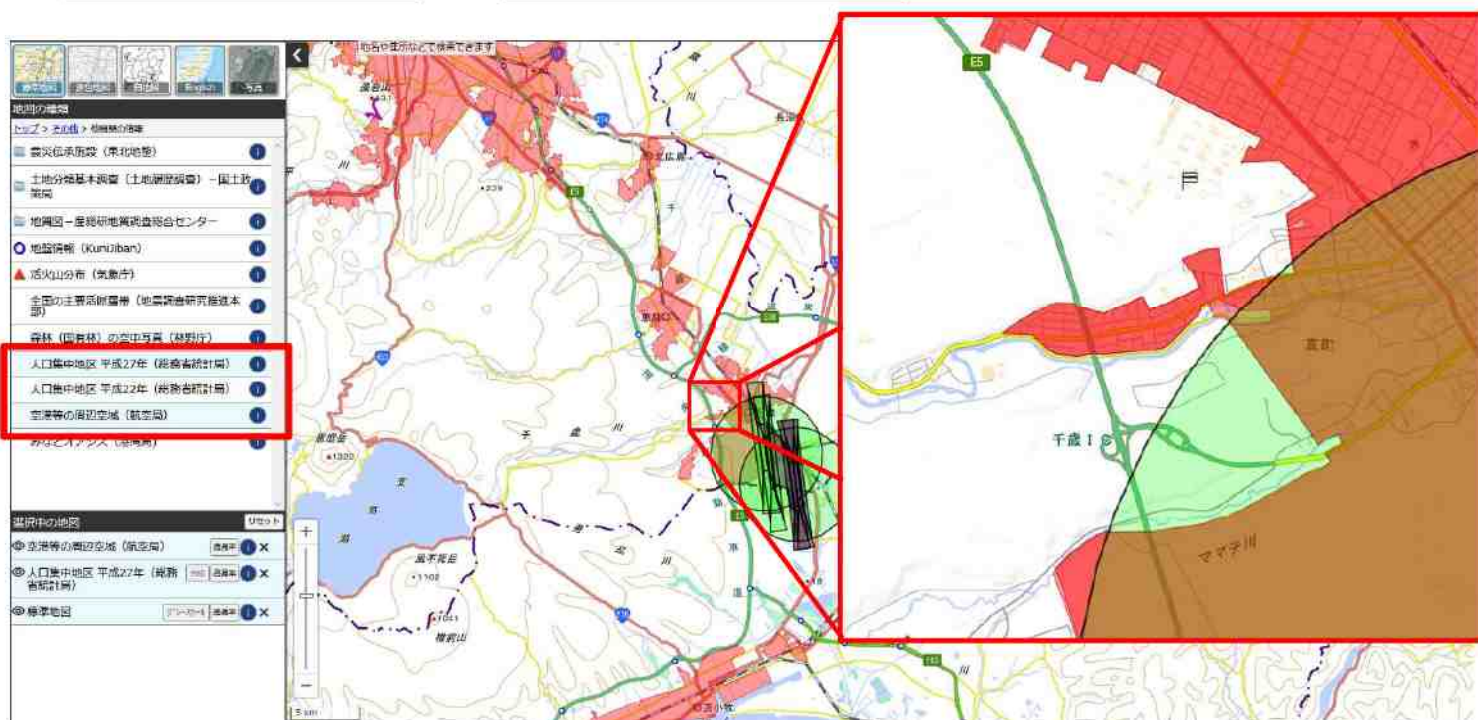


19

UAVの飛行可能エリアの確認

地理院地図(<https://maps.gsi.go.jp/>)でUAVの飛行可能エリアの確認が可能

→DID(人口集中地区)及び空港等周辺の制限範囲



地理院地図→地図を選択

左上のアイコンをクリック

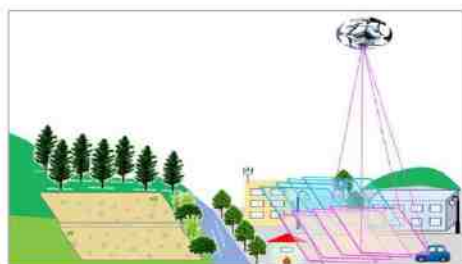


→トップ>その他>他機関の情報>人口集中地区、空港等の周辺空域

20

UAVと有人航空機による写真測量の違い

項目	UAV	有人航空機
撮影高度	150m以下	1000m以上
搭載カメラ	民生用デジタルカメラ	測量用航空カメラ
位置姿勢センサー	—	GNSS/IMU
地図情報レベル	250、500	500、1000、2500 5000、10000



小さくて軽い民生用カメラ
→中・小型UAVに測量用カメラ搭載は不可

21

本日の内容

- 作業規程の準則への測量新技術の反映
 - 「作業規程の準則」概要
 - 2020年3月改正の主な内容
- 3Dデータ整備に対応した測量新技術マニュアル
 - UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)
 - 航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル(案)
 - 三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)
- 新たな測量技術開発
 - 官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)
 - 革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト
- 測量新技術Q&A

22

i-Construction ～建設現場の生産性の向上～

- 国土交通省では、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までの全ての建設生産プロセスでICT等を活用する「**i-Construction**」を推進し、建設現場の生産性を、2025年度までに2割向上を目指す。（ICT(Information and Communication Technology): 情報通信技術）
- 建設業は社会資本の整備の担い手であると同時に、社会の安全・安心の確保を担う、我が国の国土保全上必要不可欠な「地域の守り手」。
- 人口減少や高齢化が進む中であっても、これらの役割を果たすため、**建設業の賃金水準の向上や休日の拡大等による働き方改革**とともに、**生産性向上が必要不可欠**。



「国土交通省重点的施策 未来につなぐインフラ政策 第Ⅰ部生産性革命の「貫徹」を支えるインフラ政策」引用、一部加筆修正

23

国土地理院のi-Constructionに関する取組



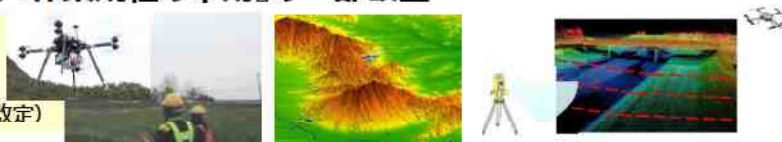
新たな測量技術の導入による効率的な3次元データの作成に、技術マニュアル(案)の作成、公表が必要

ICTを活用した公共測量マニュアルの策定、『作業規程の準則』の一部改正

UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量(2018年3月作成)

航空レーザ測深機を用いた公共測量(2019年3月作成)

三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(2019年3月改定)



24

各手法により取得対象、精度等が異なるため、**目的に応じた適切な手法を選択することが必要**

3次元測量（路線・河川・現地測量）実施に関する特徴		
UAV（写真） 準則反映（2020.3） 	植生部：× 裸地：○	・対地高度：150m未満 ・地上解像度：カメラ（焦点距離・画素サイズ）、計測距離による ・設計で使用する裸地以外のデータ取得には不向き
UAV（レーザ） マニュアル改正（2020.3） 	植生部：△ 裸地：○	・対地高度：30m～150m未満 ・計測密度（目安）：400点/m ² ～4点/m ² （目的により大きく異なるので注意） ・樹林・植生に対しては繁茂部以外で計測可能
LP（航空レーザ） 準則反映（2009.3） 	植生部：△ 裸地：○	・対地高度：300m～約2000m ・計測密度（目安）：4点/m ² ～1点/m ² ・樹林・植生に対しては繁茂部以外で計測可能
ALB（航空レーザ測深） マニュアル公表（2019.3） 	植生部：△ 裸地：○ 水部：○	・対地高度：400m～700m ・計測密度（目安）：4点/m ² ～1点/m ² ・水底・陸上ともに計測可能 ・水底の計測には水質が大きく影響
地上レーザ 準則反映（2020.3） 	植生部：△ 裸地（高傾斜）：○ 裸地（低傾斜）：△	・計測距離（目安）：数m～約300m ・計測密度（目安）：100点/m ² （10m以内） ・現地測量・路線測量で活用 ・水平方向からレーザ照射なので植生にはやや不適
MMS 準則反映（2017.3） 	植生部：△ 裸地：○	・計測距離（目安）：数m～約300m ・計測密度（目安）：100点/m ² （10m以内） ・車が走行可能な場所に限定されるが点群データ取得は可能
TS 準則反映済 	植生部：△ 裸地：○	・点群データとしての取得はできない ・現地測量の測定箇所を増やすことにより設計に必要なデータの取得は可能（特定点の計測も可能） ・UAVやMMSの面的な形状把握には及ばない

※対地高度、計測距離、密度については目安を記載。各機器の性能等によるためマニュアル等の記載を確認すること。 25

公共測量における新技術への対応

マニュアルの存在しない新技術

RTK-UAV

手持ちレーザ

- ・「準則の特例」（準則第17条第2項）により利用可能な場合がある
 →精度確保が確認できる資料や、国土地理院長の意見を求める等の手続きが必要

利用が広まりつつある技術

UAVレーザ

航空レーザ測深

マルチGNSS測量

3D点群断面図

- ・国土地理院が「マニュアル」を整備している場合がある

（国土地理院が「マニュアル」を整備するねらい
 標準的な作業方法を定め、規格の統一や精度確保を図る
 公共測量実施時の手間を軽減し効率化を図る
 将来的に「作業規程の準則」へ反映することを視野に

- ・当該マニュアルを精度確認資料として利用可能（準則第17条第3項）

利用が広く普及した技術

GNSS水準

地上レーザ

デジタル空中写真

MMS

NW-RTK

UAV写真測量

- ・「作業規程の準則」に順次組み入れ
 ・通常の公共測量の手続きで利用可能

新たな測量技術の導入による効率的な3次元データの取得・活用のため、技術マニュアル等を順次公表・改正

2016

UAVを用いた公共測量マニュアル（案） ※2017年3月改正

三次元点群データを用いた断面図作成マニュアル（案） ※2019年3月改正

2017

地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案） ※2018年3月改正

2018

UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）

※2020年3月改正

2019

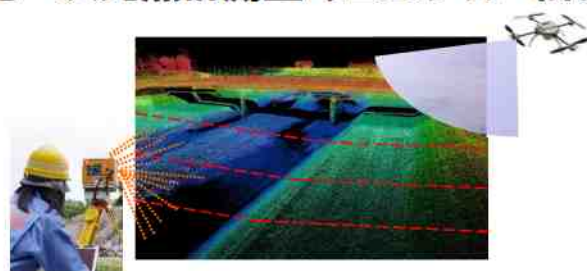
航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル（案）

車載写真レーザ測量システムを用いた三次元点群測量マニュアル（案）

2020

「作業規程の準則」改正

（UAV写真・地上レーザの反映）



参考：マニュアル・要領等のダウンロード
（地理院ホーム＞公共測量）

<https://psgs2.gsi.go.jp/koukyou/download/download.html>

注：準則に反映されたマニュアルは、内容を一部見直して反映する場合もあるため、準則を使用のこと。
なお、マニュアルには運用基準等の具体的な作業内容が記載されているので、参考資料として利用することは可。

27

本日の内容

1. 作業規程の準則への測量新技術の反映

- ・「作業規程の準則」概要
- ・ 2020年3月改正の主な内容

2. 3Dデータ整備に対応した測量新技術マニュアル

- ・ UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)
- ・ 航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル(案)
- ・ 三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)

3. 新たな測量技術開発

- ・ 官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)
- ・ 革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト

4. 測量新技術Q&A

2018年3月に第1版を公表

<https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/uavls/index.html>

- 標準的な作業方法などを運用基準として提示
- 関連する技術情報を解説として各条文に付記
- 要求仕様や作業仕様の標準的な値を巻末資料に例示
- 作業内で作成する各種資料の様式（精度管理表等）について、巻末資料として例示（記載例も作成）
- ボアサイトキャリブレーションの作業方法や点検測量の作業方法の例を別添資料として準備
- 「無人航空機搭載型レーザスキャナを用いた出来形管理要領(土工編)(案)」(国総研作成)の内容とも調整

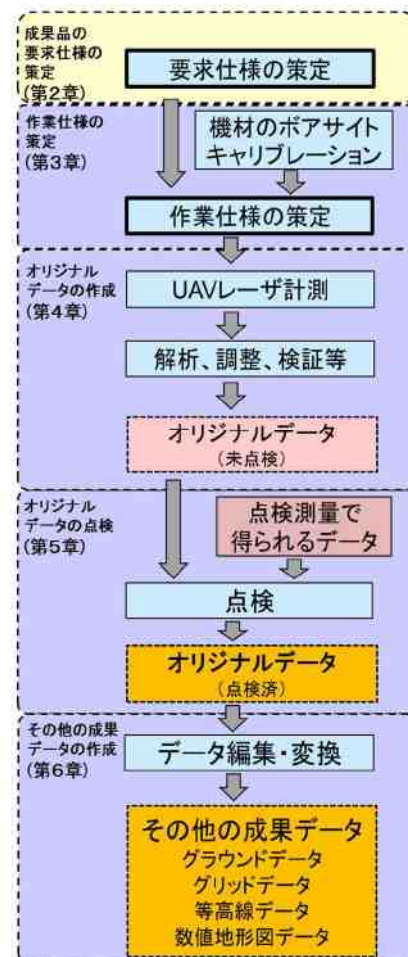


29

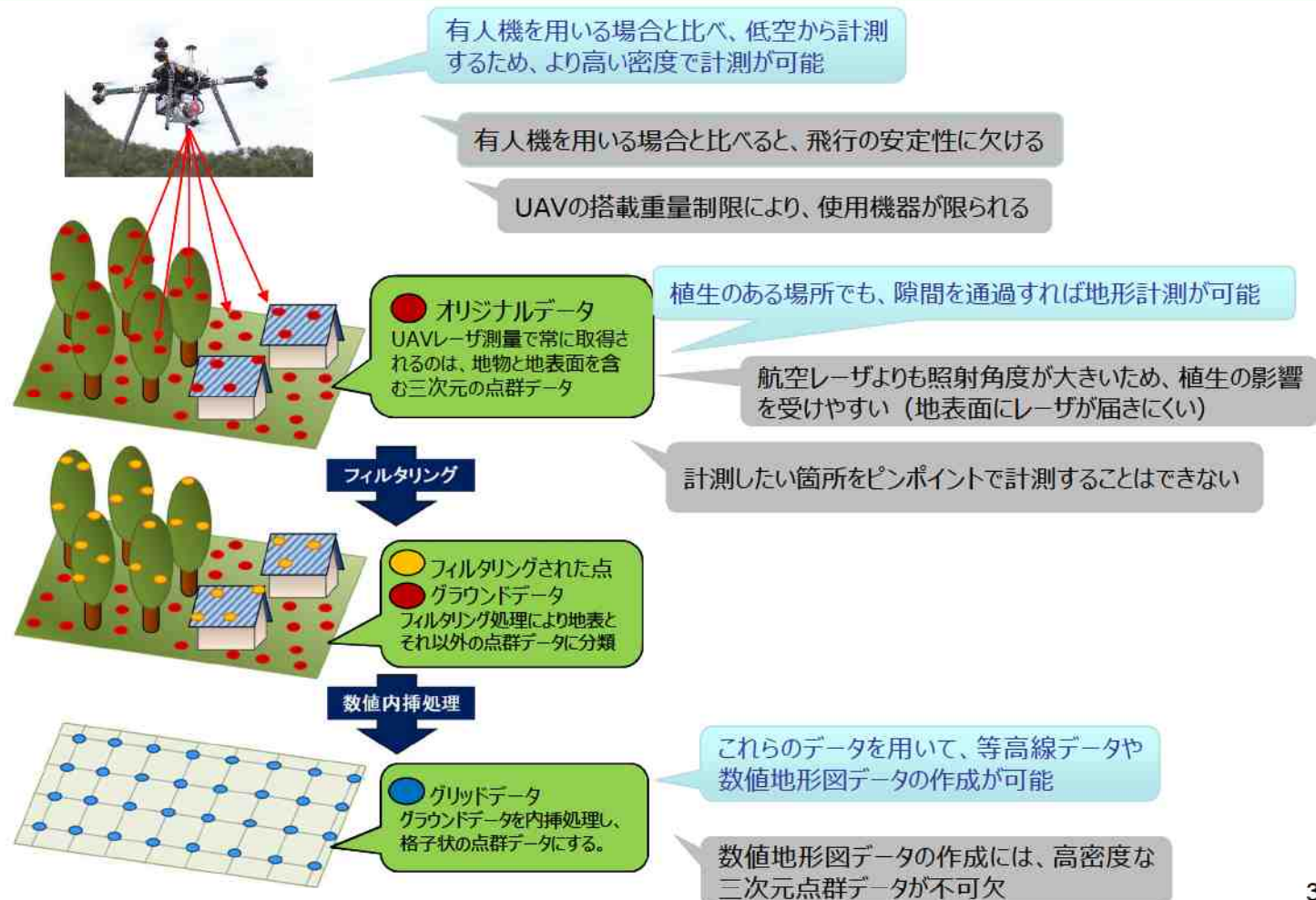
UAVレーザマニュアル(案)の構成

UAVレーザ測量の流れ

- 作成する成果品の仕様（要求仕様）の策定**
どのような成果品を作成するか、測量計画機関が利用目的等を踏まえて具体的に示すことで、測量の重複や手戻り等を防ぐ。
- 成果品を作成する方法（作業仕様）の策定**
使用する機材の性能の確認、調整（ボアサイトキャリブレーション）を行った上で、具体的にどのような測量作業を行うかを、測量作業機関が決定する。
- オリジナルデータの作成**
UAVを飛行させて計測を行い、得られたデータを用いて解析や検証等を行うことで、計測範囲内の三次元点群データ（オリジナルデータ）を作成する。
- オリジナルデータの点検（点検測量）**
作成したオリジナルデータが一定の品質を有しているか、別途行う点検測量のデータと比較して点検する。
- その他の成果データの作成**
点検済みのオリジナルデータを用いて、編集、変換等を行い、必要な成果品を作成する。



30



31

UAVレーザマニュアル(案)の改正

2018年3月UAVレーザマニュアル(案)公表

2年間の運用期間



- 現場での利用が進んだ結果、従来より航空レーザに従事している技術者に加え、応用測量を含む広範な測量に従事する技術者から様々な質問・意見が届く
- レーザの要求点密度、計測点密度、計測点間距離の定義や条件等を明確に
 - 対空標識の大きさや形状について、もう少し具体的な表記が欲しい
 - UAVレーザの測量対象範囲は、調整点及び対空標識の設置が困難な地形 or 植生の場合が多いため、調整点等の必要点数を緩和して欲しい
 - 精度管理表の様式に不必要な項目がある 等



記載内容の明確化や精度を確保した上での条件緩和等を検討

32

マニュアル(案)を、2020年3月31日に改正

- 作業の全体的な流れや考え方等については従前と同様
- 調整点等の条件の緩和や明確化、精度向上のための規定の追加等を行い、より利用しやすい内容に見直し
- 調整点の数の緩和、GNSS受信アンテナ周波数の見直し
- マニュアル内で使用している用語、表現等を分かりやすく見直し
 - ✓ 用語の追加や「点密度」「点間距離」の定義など
- 実際の作業で利用しやすくなるように精度管理表・成果簿を見直し
 - ✓ 様式の不要項目の削除や必要な項目の追加、計算式の追加
 - ✓ 様式記載例の作成



33

UAVレーザ測量を行う際の注意事項

- 成果品の利用用途は多岐に渡っており、用途によって要求点密度や要求精度等の仕様が大きく異なる
 - ✓ 利用目的を明らかにしないと、適切な成果品を作成できない
- 計測データから、様々な種類の三次元点群データや数値地形図データ等が作成される
 - ✓ オリジナルデータ以外にも、フィルタリングしたグラウンドデータ、グリッドデータ、等高線データ、数値地形図データ等が作成可能だが、全ての成果品が必要とは限らない



発注者（測量計画機関）が要求仕様を明確にする必要あり

- レーザスキャナやGNSS/IMU等、計測に用いる機器の組合せが多様に存在
 - ✓ 今後も機器の開発が進むと考えられる
- 解析や調整等の詳細な作業方法や内容が解析ソフトウェア等によって異なる
 - ✓ 各ソフトウェア内で行われている具体的な処理内容等が明確でない場合もある



測量作業機関に、作業方法に関する一定程度の裁量を与える

34

1. 作業規程の準則への測量新技術の反映
 - ・「作業規程の準則」概要
 - ・2020年3月改正の主な内容
2. 3Dデータ整備に対応した測量新技術マニュアル
 - ・UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)
 - ・航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル(案)
 - ・三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)
3. 新たな測量技術開発
 - ・官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)
 - ・革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト
4. 測量新技術Q&A

35

航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル(案) 国土地理院

2019年3月に第1版を公表

<https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/alb/index.html>

- ・地方整備局の河川事務所等で公共測量として実施
- ・H30年度に32件の実績
→全て「作業規程の準則」第17条2項適用
- ・河川管理者等からのマニュアル作成の要望が高まる



利用が広まりつつある技術として
公共測量マニュアル(案)を作成



※参考

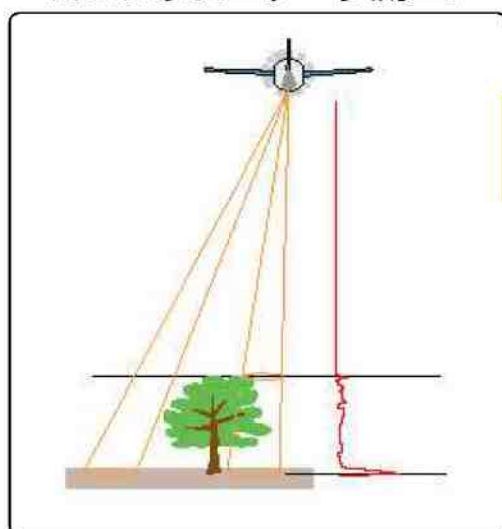
国交省水管理・国土保全局が2020年2月に「河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)」を公表
→「三次元点群データによる河川定期縦横断測量」として、ALBを使用して三次元点群データを取得する場合の一連の作業の流れが記述されている

https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kasen/pdf/3jigen_manual.pdf

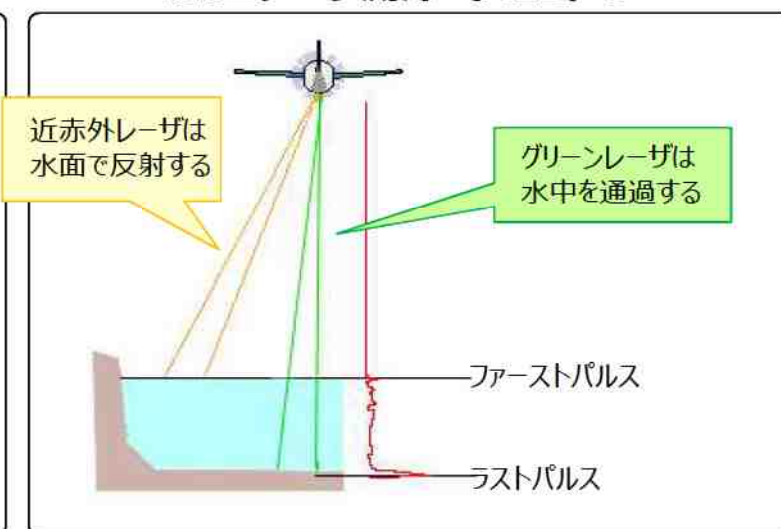
36

- 従来の航空レーザ → 近赤外レーザを使用した陸上のみの計測
- **航空レーザ測深** → 水中を透過するグリーンレーザを用いて水底を計測

【従来の航空レーザ測量】



【航空レーザ測深 (ALB)】



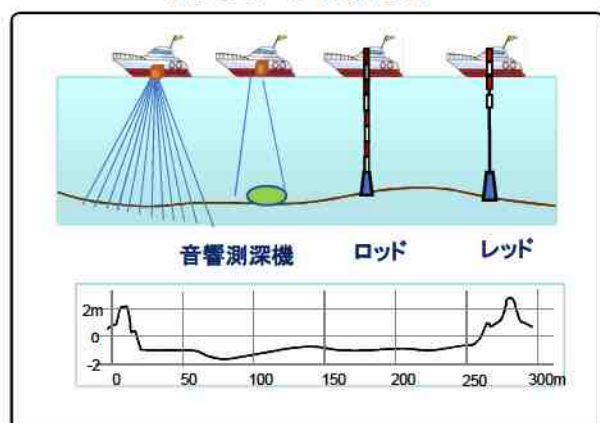
※ALB : Airborne Laser Bathymetry

航空レーザ測深で取得された三次元点群データについて、
河川管理（深浅測量）や現場の土木事業への活用が期待

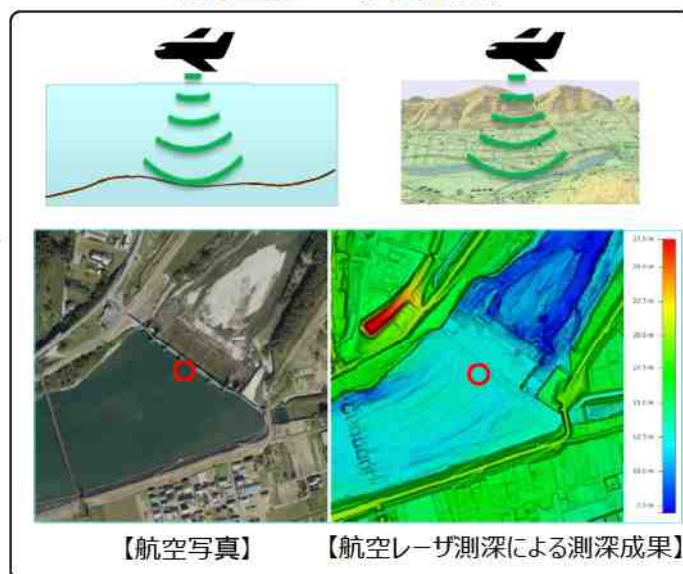
37

従来の測深とのちがい

【従来の測深】



【航空レーザ測深】



- 音響測深機（シングル・マルチ）
- レッド（鉛塊の付いた紐）
- ロッド（目盛り付き棒）

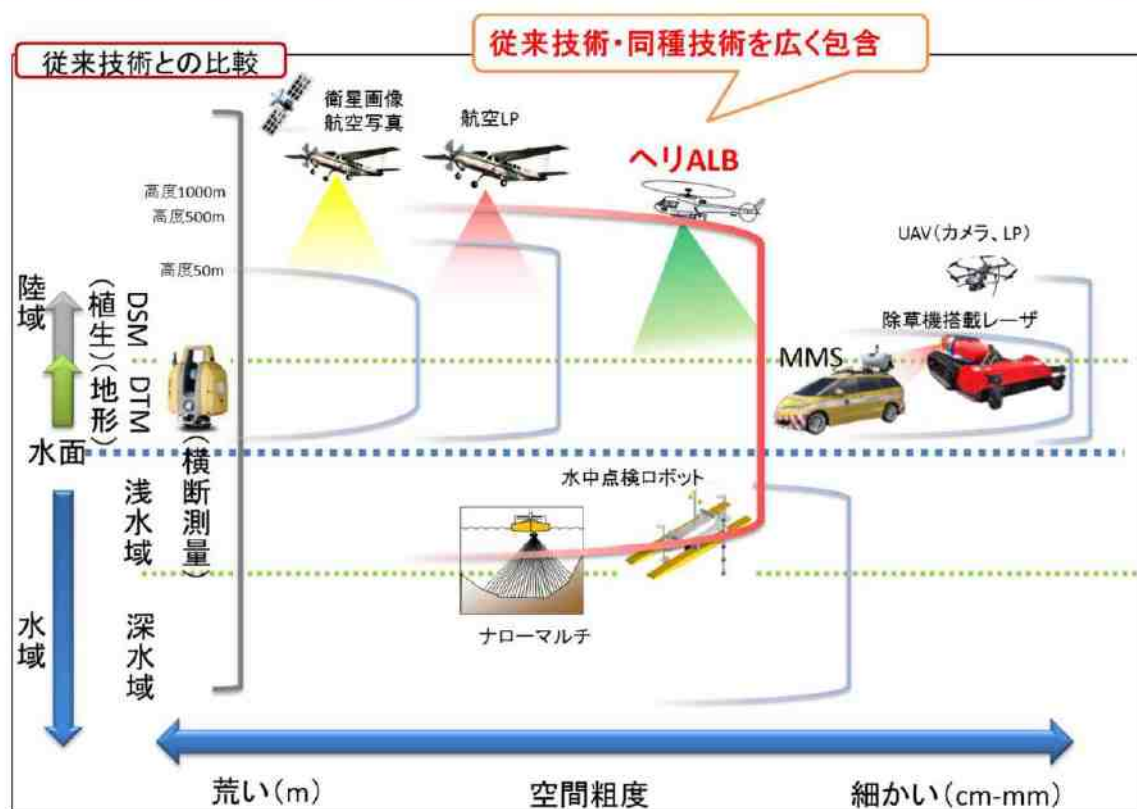
局所的な横断面図の作成

- 航空機搭載のグリーンレーザー
- 面的な3次元点群データを取得

河床状況を広域に取得

38

ALBによる点群測量は、航空レーザ等により別々に実施してきた測量を幅広くカバーできる可能性※がある ※計測対象河川の条件にもよる



国交省水管理・国土保全局「河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)令和2年2月」引用

39

航空レーザ測深の手順

航空レーザ測深の流れ

①作業計画



②調整点の設置・水質調査



③レーザ計測



④三次元測深データの作成



⑤オリジナルデータの作成



⑥グラウンドデータの作成



⑦点検測量

⑧グリッドデータの作成

⑨等高線データの作成

①作業計画

計測範囲やコース、作業内容を計画

②調整点の設置・水質調査

陸上の平坦な場所に調整点を設置。水質調査等を実施。

③レーザ計測 (測深データ作成)

航空機で実際に計測し、測深データを作成

④三次元測深データの作成

測深データと最適軌跡解析データを統合解析

⑤オリジナルデータの作成

調整点成果を用いて、三次元測深データを点検・補正

⑥グラウンドデータの作成

オリジナルデータをフィルタリング処理し、グラウンドデータを作成

⑦点検測量

5%の点検測量を実施

⑧その他の必要データの作成

40

航空レーザ測深注意点

河川の水質が航空レーザ測深限界に大きく影響するため、計測時期の検討が大切

	計測時期を検討する上でのチェックポイント	情報入手方法
水位 水質	できるだけ水位が低く、水質が良好な(濁りが少ない)時期を選ぶ	水文・水質データベース http://www1.river.go.jp/
降雨 予測	降雨等による水位の上昇、水質の悪化がないこと	気象庁 週間天気予報 https://www.jma.go.jp/jp/week/
潮汐	大潮の時は河口部において潮汐により河床の上部が巻き上げられ水質が悪化する	気象庁 潮位表データ https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/suisan/index.php

航空レーザ測深(ALB)の計測適期の例

出典：(公財)日本測量調査技術協会

	地域名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	備考
北海道	-	積雪期	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期		積雪期	積雪期	
東北地方	日本海側	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期		積雪期	積雪期	
	太平洋側	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期		積雪期	積雪期	
関東地方	北部	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期	出水期	積雪期	積雪期	
	上記以外						出水期	出水期	出水期	出水期	出水期			
信越地方	新潟県	積雪期	積雪期	積雪期			出水期	出水期	出水期	出水期	出水期		積雪期	
	長野県	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期	出水期	積雪期	積雪期	
北陸地方	富山・石川	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期	出水期		積雪期	
	福井	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期	出水期		積雪期	
中部地方	-						出水期	出水期	出水期	出水期	出水期			
近畿地方	日本海側	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期	出水期		積雪期	
	太平洋側						出水期	出水期	出水期	出水期	出水期			
中国地方	日本海側	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期	出水期		積雪期	
	太平洋側						出水期	出水期	出水期	出水期	出水期			
四国地方	-						出水期	出水期	出水期	出水期	出水期			
九州地方	日本海側	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期	出水期		積雪期	
	太平洋側						出水期	出水期	出水期	出水期	出水期			

凡例： 好適期

水位・水質条件により作業可

国交省水管理・国土保全局「河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)令和2年2月」引用

41

航空レーザ測深注意点

⑥ グラウンドデータの作成

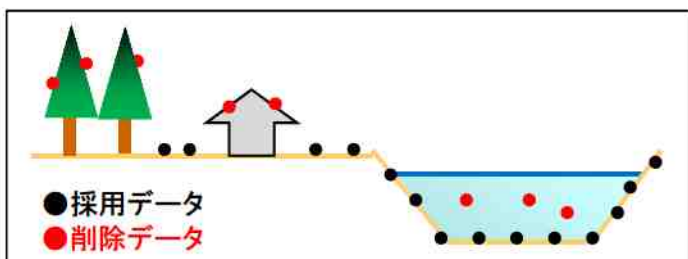
オリジナルデータをフィルタリング処理し、グラウンドデータ(水底及び陸上地形)を作成

- 陸部は航空レーザ測量と同様に、建物や樹木等の地表面以外の地物データを除去する

(フィルタリング対象項目)

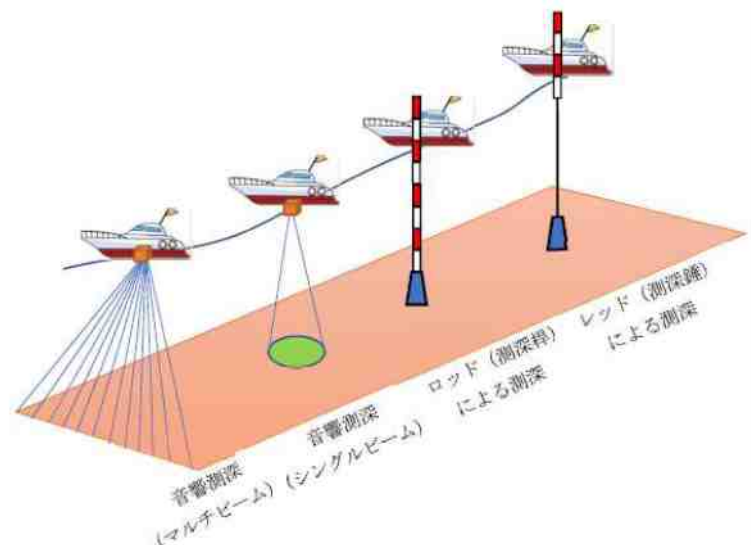
- ✓ 交通設備(道路施設、鉄道施設、橋等)
- ✓ 建物等(住宅、工場、倉庫、公共施設等)
- ✓ 小物体(記念碑、給水塔、電波塔等)
- ✓ 植生(樹木、竹林、生垣等)

- 水部は水中の濁り等から反射したデータを取り除き水底のみのデータとする



⑦ 点検測量

- 水底について5%の点検測量を実施(新技術に求められる点検率)
- 深浅測量による水底の計測が標準(最も精度管理が難しい箇所)
- 従前の測深手法に加えて、航空レーザ測深による再計測も認める



42

1. 作業規程の準則への測量新技術の反映
 - ・「作業規程の準則」概要
 - ・2020年3月改正の主な内容
2. 3Dデータ整備に対応した測量新技術マニュアル
 - ・UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)
 - ・航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル(案)
 - ・三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)
3. 新たな測量技術開発
 - ・官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)
 - ・革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト
4. 測量新技術Q&A

43

三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案) 国土地理院

三次元点群データの公共測量成果から任意地点の断面図を作成するための標準的な作業工程や精度管理の規定が必要

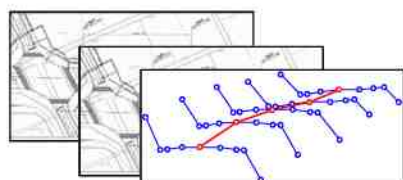


2019年3月に改正

三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)を公表

従前の縦横断面図作成

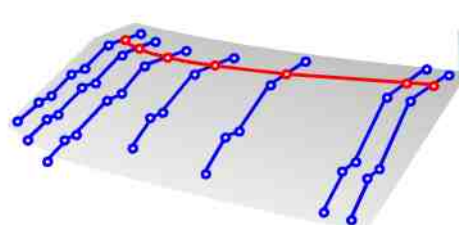
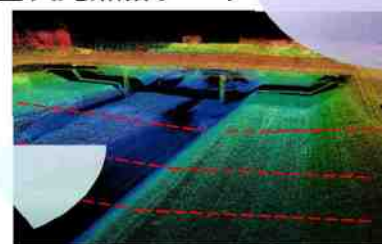
従来の地上測量



指定した箇所の平面図や縦横断面図を作成

新技術の活用

三次元点群データ

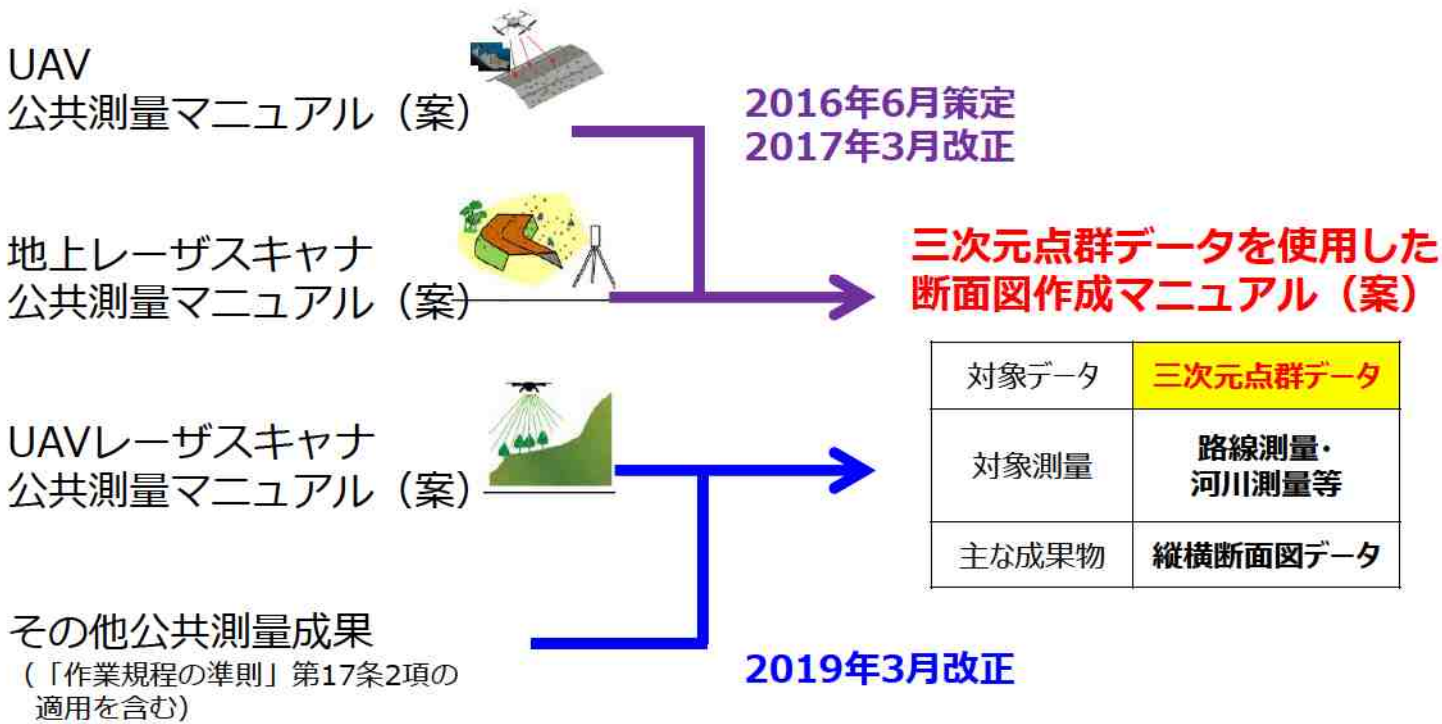


任意の場所の断面データを作成

44

三次元点群データ断面図作成マニュアルの対象

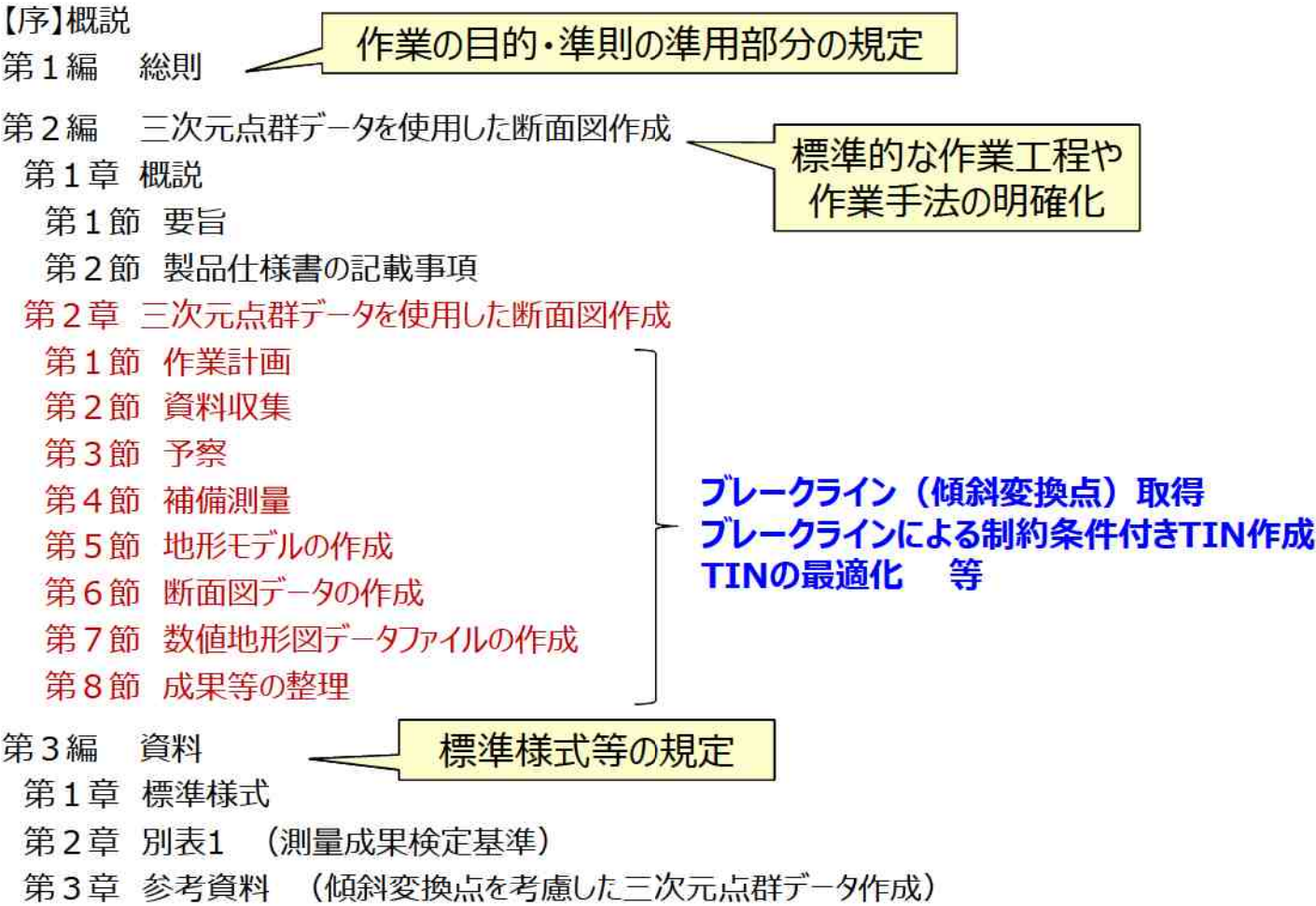
各新技術マニュアルや「作業規程の準則」(第17条2項)の適用等で整備される三次元点群データを用いた縦横断面図データ作成を想定



i-Constructionにおける公共測量での活用を期待

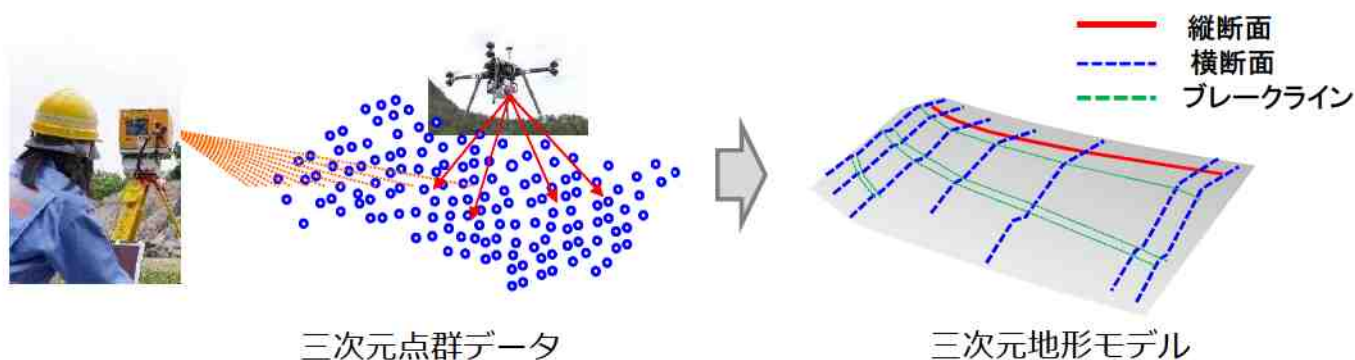
45

三次元点群データ断面図作成マニュアルの構成



46

- ・**ブレークラインの設定**により傾斜変換点を含む**正確な地形取得**を可能に
→作業者による地形判読の情報を加味することで高精度化を図る
- ・対象地域全体で三次元地形モデルを作成することで、**任意地点の断面図の作成**を可能に
- ・三次元点群データから断面図を作成する**標準的な作業工程**を規定
- ・**精度管理方法**を規定



47

三次元点群データ断面図作成マニュアルの特徴①

傾斜変換点（ブレークライン）の取得

- ・三次元点群データに傾斜変換点が含まれているとは限らない
- ①**等高線や陰影図からの取得**
 - 空中写真とデジタルステレオ図化機を用いた立体図化（実体視）
 - 図形編集装置を用いた複合表示で三次元点群データを複数方向から表示
- ②**現地測量の実施による取得**
 - TSやGNSS測量機による観測で傾斜変換点の端点を取得



ブレークラインなし

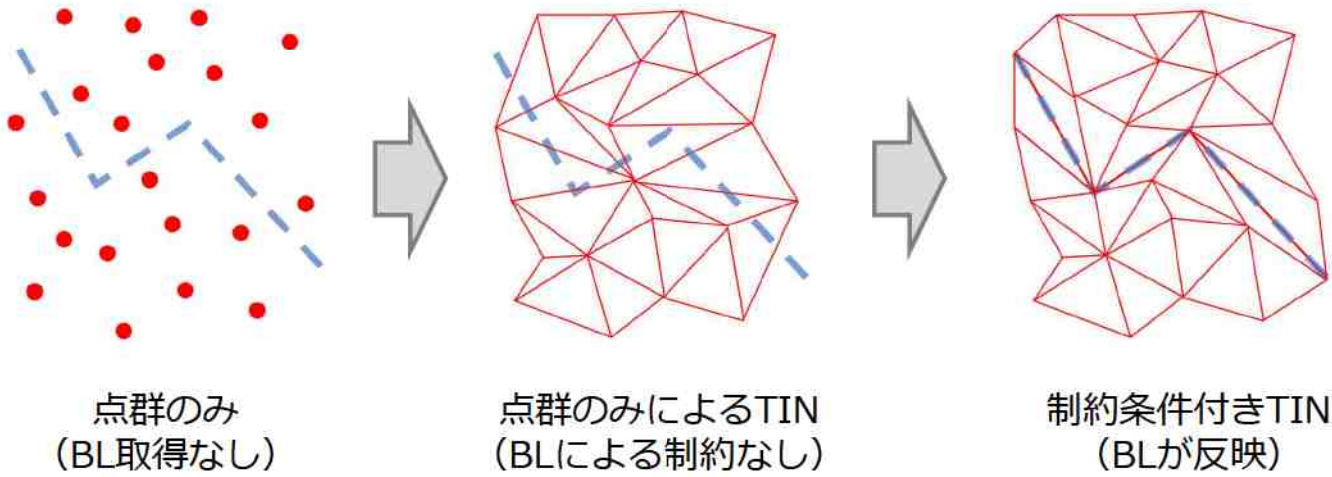


ブレークラインあり

48

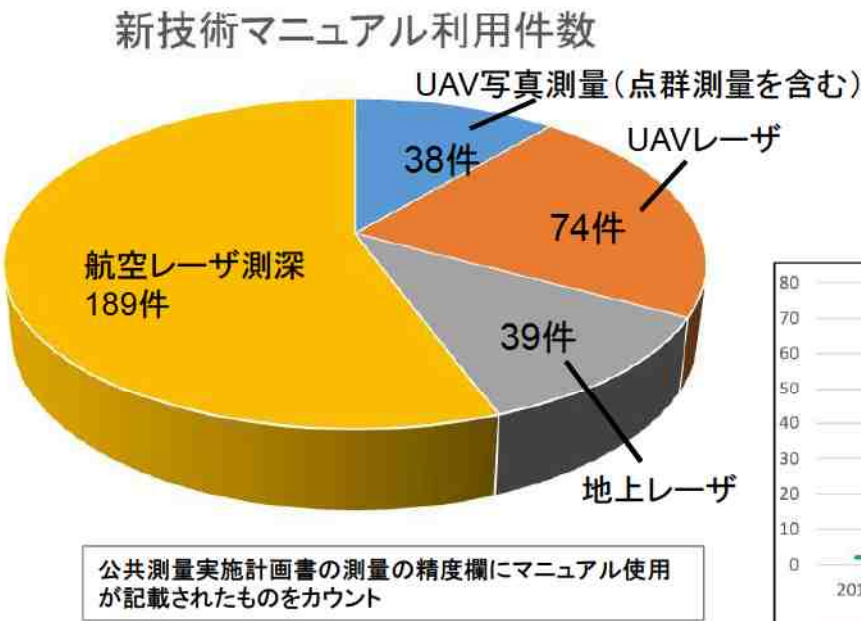
ブレイクラインによる制約条件付きTINの作成

- ・傾斜変換点をブレイクラインとして設定
- ・ブレイクラインを制約条件としてTINを作成
- ・より緻密な三次元モデルの作成が可能に

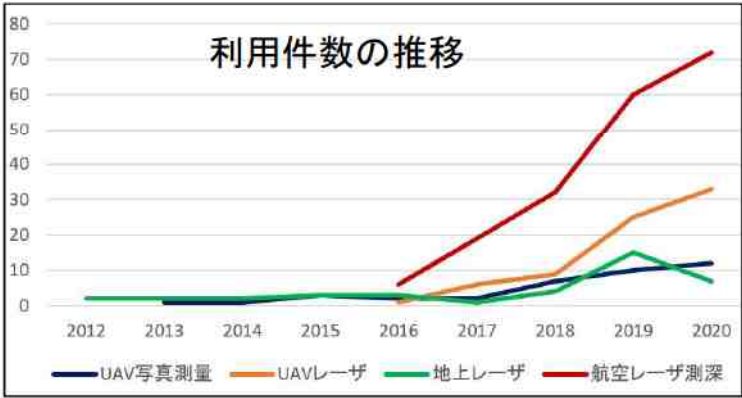


49

参考_新技術マニュアル利用件数



※マニュアル利用件数
各マニュアル公表後からの累計
(準則17条2項又は3項適用)



各マニュアル 目的別件数

- ・UAV写真測量(点群測量を含む): 道路(計画・管理・台帳)=17件、河川(管理・計画・ダム)=9件、その他(砂防等)=12件
- ・UAVレーザ: 道路(計画・台帳)=29件、河川(管理・計画・ダム)=17件、砂防(調査・計画)=13件、その他(総合等)=15件
- ・地上レーザ: 道路(計画・管理・台帳)=15件、河川(管理・計画)=6件、その他(砂防等)=18件
- ・航空レーザ測深: 河川(管理・計画・ダム・海岸保全)=137件、砂防計画=8件、その他(環境調査等)=44件)

1. 作業規程の準則への測量新技術の反映
 - ・「作業規程の準則」概要
 - ・2020年3月改正の主な内容
2. 3Dデータ整備に対応した測量新技術マニュアル
 - ・UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)
 - ・航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル(案)
 - ・三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)
3. 新たな測量技術開発
 - ・官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)
 - ・革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト
4. 測量新技術Q&A

51

新たな測量技術の開発

民間開発を活用した技術開発

- 官民研究開発投資プログラム (Public/Private R&D Investment Strategic Expansion Program: 通称PRISM)
 科学技術イノベーションの創出に向け、官民の研究開発投資の拡大等を目指して、平成30年度に創設された制度。
 国土地理院内に、産学官の外部有識者の意見を聴取するための「国土地理院PRISM運営委員会」を設置し、事業を達成するために必要な研究開発のテーマや結果の検証等を実施。
 ○『測量・調査データの3D化による生産性の向上、品質の確保』(H30～)
- 測量の生産性を向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト
 i-Constructionの推進のため、建設現場等における生産性向上に資する3次元測量及びSociety5.0時代のサイバー空間の基盤となる3次元地図整備並びに信頼性の高い衛星測位によるサービスを安定的に享受できる環境の実現に必須である電子基準点の維持管理等において、オープンイノベーションにより様々な分野の知見を結集することで生産性を向上させるための技術開発を実施
 ○令和元年度
 技術Ⅰ: 3次元測量の高精度化、効率化等を図る技術
 技術Ⅱ: 電子基準点の利用促進、機能の高度化、維持管理の効率化等を図る技術
 ○令和2年度
 技術Ⅰ: 3次元測量等の高度化を図る技術
 技術Ⅱ: 電子基準点等の高度化を図る技術

52

概要

- ◆建設生産プロセスの最上流である測量段階からデータの三次元化を図り、設計、施工、維持管理の各段階に流通・利活用することで i-Constructionを推進
- ◆精度良くかつ効率的に3次元データを取得するための測量の新技术開発を加速するための国土交通本省予算のプログラム
- ◆国土地理院では地形測量の精度向上に資する技術開発等を担当

主な実施内容 (R02年度)

- ① **手持ちレーザスキャナ**
精度検証、課題抽出及び測量作業工程案作成
- ② **UAV写真測量の効率化**
作業効率化・精度向上に関する調査検討及び測量作業工程案作成
- ③ **3次元測量マニュアルの検討**
標準的な3次元測量作業工程案の検討及びサンプルデータ取得

成果の活用方針

- ・現地検証等による評価結果を踏まえ、作業手順や精度評価の方法を標準化し、公共測量で利用するための作業マニュアルを作成（予定）
- ・工事現場や公共測量における新技术の導入を促進する

53

測量・調査データの3D化による生産性の向上、品質の確保

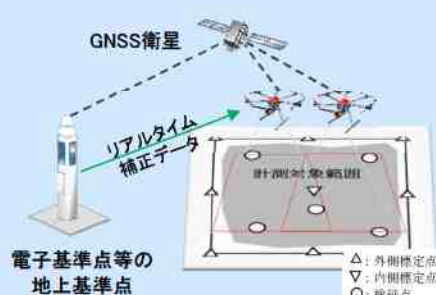
—令和2年度実施概要—

手持ちレーザスキャナを利用した測量作業に係る検証作業及び作業工程案作成



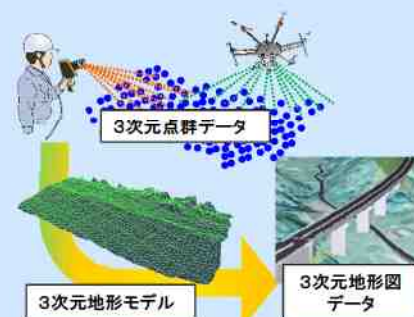
令和元年度に作成した作業手順書を用いた現地計測を実施し、計測データの精度検証を行い問題点を抽出、併せて測量作業工程案を作成。

RTK-UAV及び斜め写真を利用したUAV写真測量の検証作業及び測量作業工程案作成



RTK-UAV及び斜め写真を利用したUAV写真測量手法について、標定点削減等に伴う精度及び作業効率化を検証し、測量作業工程案を作成。

3次元点群データ取得等による3次元測量マニュアルの検討



3次元点群データ等から3次元地図データを整備するための標準的な測量作業マニュアル案を作成。

54

概要

- ◆ 様々な分野の新技术や新手法の導入により、3次元測量や電子基準点の運用等において国土地理院のもつ業務上の課題を解決し、生産性を向上させるための技術開発
- ◆ 新技术/新手法を広く公募し、有識者からなるWGによる審査・選定及び試行結果の評価を実施
- ◆ 国土交通本省からの予算配賦で昨年度に引き続き実施

令和2年度公募技術

I 3次元測量等の高度化を図る技術

II 電子基準点等の高度化を図る技術

令和2年度予定スケジュール

6月1日～7月10日	公募期間（上限：1300万円/件）
7月中～下旬	書類審査、ヒアリング
8月上～下旬	有識者WGでの審査/選定結果の公表
9月～3月	試行及び効果の検証を受託契約で実施
3月下旬～R3年度	試行結果の評価及び評価結果の公表

55

技術 I : 3次元測量の高精度化、効率化等を図る技術

① 3次元測量(3次元地図作成)の高精度化、効率化等を図る技術の試行業務



② 3次元測量(UAV 写真測量)の高精度化、効率化等を図る技術の試行業務

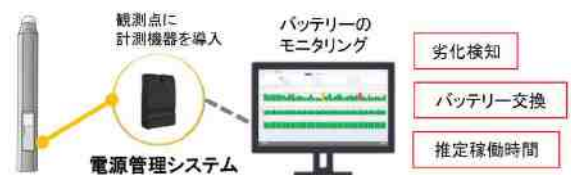


技術 II : 電子基準点の利用促進、機能の高度化、維持管理の効率化等を図る技術

③ マルチGNSS測量の利用促進を図る技術の試行業務



④ 電子基準点の電源の高度化を図る技術の試行業務



⑤ 電子基準点の障害物対策の高度化を図る技術の試行業務



⑥ 電子基準点の通信方法の高度化を図る技術の試行業務



56

技術Ⅰ：3次元測量等の高度化を図る技術

① 効率的かつ安価に3次元
電子国土基本図データを作
成する技術



② 電子国土基本図と現状の国土の差異を効率的に抽出
する技術



③ 災害時にオルソ画像を迅速かつ効率的に作成する
技術



技術Ⅱ：電子基準点等の高度化を図る技術

① 長期間の停電でもリアルタイムデータ配信を継続さ
せる技術

② 周辺状況の写真と観測
データから効率的に仰角マ
スクを作成する技術(2社)



③ 電子基準点の次世代
通信網に関する技術



④ GNSSアンテナの位相特性に起因する測位精度
低下を回避する技術

⑤ 自由課題
RTK法を用いて測量・
測位を効率化する技術



57

本日の内容

1. 作業規程の準則への測量新技術の反映
 - ・「作業規程の準則」概要
 - ・ 2020年3月改正の主な内容
2. 3Dデータ整備に対応した測量新技術マニュアル
 - ・ UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)
 - ・ 航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル(案)
 - ・ 三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)
3. 新たな測量技術開発
 - ・ 官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)
 - ・ 革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト
4. 測量新技術Q&A

58

Q1

電子基準点のみを使用しGNSS測量を5時間観測(GNSS水準測量に準じ)行い、XYは2級基準点として算出、Hは「GNSS測量による標高測量」に準じ3級水準点として分けて算出。成果表の備考欄には「標高値は「GNSS測量による標高測量」実施により3級水準点精度を有する」としたいのですが、このような方法は可能でしょうか。

A1

「作業規程の準則」の規定を満たしていますので、2級基準点と3級水準点を兼用しても技術的に問題ありません。

なお、お問い合わせの観測を兼ねることは下記のような規定の違いがあるため、実施の際はご注意ください。

- ・電子基準点のみを使用した2級基準点設置では、新点間距離は500m、観測時間は120分以上、セミ・ダイナミック補正、楕円体高は成果表の楕円体高を使用
- ・第75条の規定により、既知点にできる電子基準点は「標高区分：水準測量による」に限る、3級水準点の観測距離は6km以上40km以下、観測5時間以上、楕円体高は成果表の標高にジオイド・モデルから求めたジオイド高を加えた値を使用

59

Q2

電子基準点のみを既知点として3級水準点を一点設置し、同点を1級基準点としたい場合、観測データは3級水準点設置で得たデータを使用して解析を行なっても良いのでしょうか？

A2

GNSS測量による水準測量で設置した3級水準点を、重複して1級基準点として成果を算出する事は、計画機関の承諾を得た場合は可能です。

ただし、GNSS測量による水準測量の解析ではセミ・ダイナミック補正を行ないませんので、1級基準点の解析を行なう際はご注意ください。

また、点検測量についても、本観測と同様の時間観測を行い、そのデータを使用して基線解析を実施してください。

60

Q3

地上レーザスキャナを使う場合、標定点には標識の設置が原則となっていますが、どのような標識を使用すれば精度を保てますか？

また、標識と同等の観測精度が得られる地物とはどのようなものですか？

A3

精度を担保する規定は、準則第145条第2項及び第3項に規定されています。

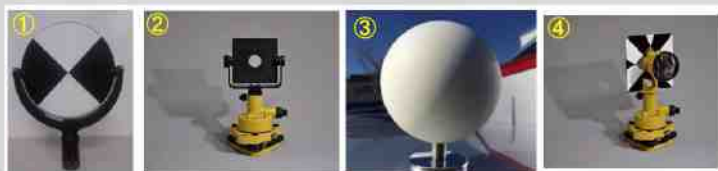
「地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」に、地上レーザスキャナに適合した標識を使うことで観測精度が担保されると解説があります。

標識と同等の観測精度が得られる地物として、TLSの観測に際して明瞭にスキャンがすることができ、局地座標を測地座標に変換するための三次元座標が分かっている地物であれば、標識として使用可能ですが、実行上は、それなりに大きな入射角で中心の十字をスキャンすることができる場合のみとあると考えられます。

参考

標識とはチェッカやレトロリフレクタなど、座標を持った標定点（基準点）の直上に設置されたターゲットのこと。理論的には球が理想的。

標定点の座標（標高）に、ターゲットの中心までの器械高を足すことで、ターゲットの中心の三次元座標が得られ、TLSで観測した局地座標を測地座標に変換する際の既知の座標として使用する。



- ①チェッカ : 拡散面に反射率の異なる領域を複数有するもの
- ②レトロリフレクタ : 再帰反射性を有する反射部を有するもの
- ③スフィア : 表面が拡散反射率90%以上の球体のもの
- ④コーナークューブ : 再帰反射性を有するプリズム

61

Q4

準則第138条3項の相似変換による場合、相似変換は観測点ごとに実施しなければならないのでしょうか？

複数の観測点で得られた点群を合成し、相似変換してはいけませんか？

A4

観測点ごとに相似変換を実施してください。

複数の観測点で得られた点群を合成して相似変換する方法は準則改定時に精度検証が行われていないため、規定されていません。

点群を合成して相似変換する方法を公共測量で実施する場合は、準則第17条に基づき「当該手法で精度が確保できることを証明する報告書」及び「当該手法の実施手順を取りまとめたマニュアル」をご用意のうえ、国土地理院までご相談ください。

参考

作業規程の準則：機器等及び作業方法に関する特例

第17条 計画機関は、必要な精度の確保及び作業能率の維持に支障がないと認められる場合には、この準則に定めのない機器及び作業方法を用いることができる。ただし、第5条第3項に基づき、各編にその詳細を定める製品仕様書に係る事項については、この限りでない。

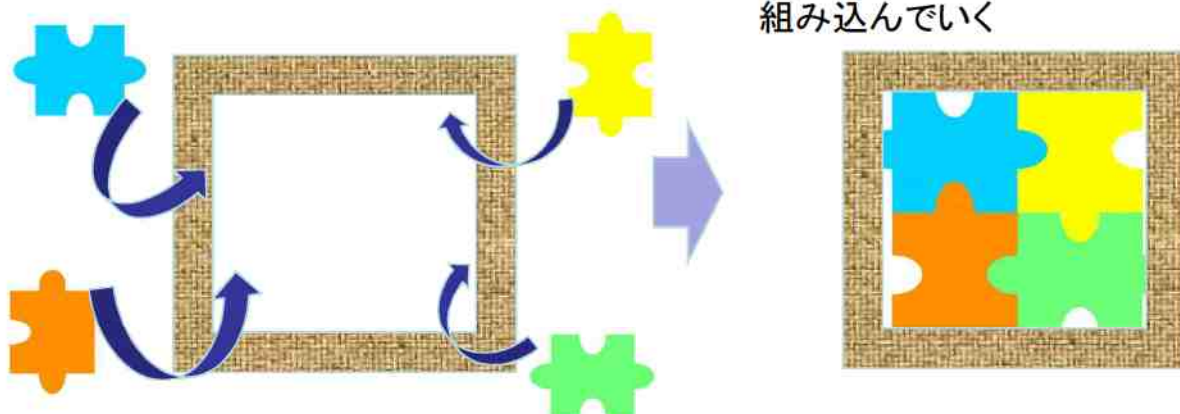
2 計画機関は、この準則に定めのない新しい測量技術を使用する場合には、使用する資料、機器、測量方法等により精度が確保できることを作業機関等からの検証結果等に基づき確認するとともに、確認に当たっては、あらかじめ国土地理院の長の意見を求めるものとする。

3 国土地理院が新しい測量技術による測量方法に関するマニュアルを定めた場合は、当該マニュアルを前項の確認のための資料として使用することができる。

62

準則138条 地上レーザ測量 変換イメージ

世界測地系という枠の中に、1つずつ世界測地系座標に変換したパーツを組み込んでいく



1つ1つのパーツを合成したあと、世界測地系に座標変換

公共測量の届け出を行う測量業務では、準則17条2項適用となるので注意のこと



2020年10月7日(公財)日本測量協会関東支部主催 第10回現場応用新技術講習会資料(地上レーザスキャナを用いた公共測量講習会資料:(株)リーグルジャパン)を参考に作成

63

UAV測量 Q&A

Q5

「UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)」に記載されている「UAVレーザ計測作業日誌」とはどのような様式で作成すればよいのでしょうか。

任意の様式でしたら、必要な記載項目をご教示ください。

A5

「UAVレーザ計測作業日誌」の様式は定められておりません。一般的な作業日誌と同様、以下の項目を記載していただければ結構です。

「作業地区名」

「作業班長」

「記録者」

「計測年月日」

「天気」

「作業内容」 など

Q6

UAV測量で「コース管理別精度表」の基準面高とはどうやって求めるのでしょうか？

また、コース方向重複度と航跡のずれについても教えてください。

A6

準則で規定しているUAV撮影コース別精度管理表（付録4様式第1－12）における「基準面高」は、平坦な地域では最高地点と最低地点の平均標高値をもとに設定します。

全体の平均標高値をもとに設定しても構いません。

傾斜地や起伏がある地域では、地形に応じ複数の基準面を設定します。

「コース方向重複度」は、いわゆるオーバーラップ率を指します。

「航跡のずれ」は、計画飛行ルートとUAVのGNSSで記録された実飛行ルートの高さの差です。

「コース方向重複度」及び「航跡のずれ」は、一般的には市販のソフトウェアを用いて求めます。

65

**ご清聴ありがとうございました。
問い合わせ先**

国土地理院 企画部 技術管理課

Tel: 029-864-1111 (内線3443)

<https://www.gsi.go.jp/contactTop.html>

参考 測量新技術Q&A

GNSS水準測量 Q&A

Q7

電子基準点を既知点としてGNSS水準測量を行う場合、電子基準点に（「標高区分：水準測量による」に限る）とありますが、標高区分が「GNSS水準による」と記載してあるものは水準測量には使用不可ということでしょうか？

また、近くに水準測量によって設置された電子基準点がない場合は、路線長が60 km以下なら、違う電子基準点（水準測量による）を使用してもよいのでしょうか？

A7

GNSS測量による水準測量を行う場合、標高区分が「GNSS水準による」と記載してある場合は使用できません。

標高区分が「水準測量による」と記載された電子基準点のみを既知点として、路線長が60 km以下であれば、作業地域の最寄りにある電子基準点を使用しなくても問題ありません。

Q8 三次元点群測量の標定点精度は水平位置0.1m以内、標高0.1m以内を標準とすると準則第491条に記載されていますが、観測方法を器械点と後視点による方法とした場合、標定点を50m以内に1箇所程度設置することとなりますが、この場合でも標定点の精度は、水平位置0.1m以内、標高0.1m以内でよいのでしょうか？

それとも、標定点間の距離の許容範囲20m以上は $s/2,000$ 、標定点間の標高の閉合差 $50\text{mm}\sqrt{s}$ とすべきでしょうか？

A8 標定点精度の「水平位置0.1m以内、標高0.1m以内」は、測地座標系の中で絶対的な位置関係を表す精度として規定しています。

また、「標定点間の距離の許容範囲20m以上は $s/2,000$ 、標定点間の標高の閉合差 $50\text{mm}\sqrt{s}$ 」は、局地座標系の中での地物間の相対的な水平位置関係を表す精度（いわゆる観測精度）として規定しています。

観測方法を器械点と後視点による方法の精度は、後者（地物間の相対的な精度）が適用されるため、標定点間の距離の許容範囲20m以上は $s/2,000$ 、標定点間の標高の閉合差 $50\text{mm}\sqrt{s}$ を使用します。

69

Q9 地上レーザスキャナを既知後視点法で複数地点から計測する場合の標定点数の考え方を教えて下さい（器械点と後視点による方法）

A9 器械点と後視点による方法の標定点数は、最低2点となります。

ここでの標定点は「器械点」と「後視点」のことを指します。

複数地点で計測する場合、「器械点」とした標定点を「後視点」として用いても構いません。また、この逆も可です。

参考

器械点と後視点による方法

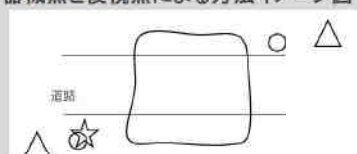
【観測方法】

標定点の直上に機器を設置し、他の標定点を後視点にして観測する。観測時に地上レーザスキャナ本体に標定点（器械点及び後視点）座標を登録し、後視点をスキャンした後に観測を行う。測地座標系で座標を取得できる。事前に標定点座標を入力しているため、直接測地座標系の三次元点群を得ることができる。座標変換を行う必要はない。

観測点ごとに後視点（零方向）を定めるため、後視点は1点で良い。点検のため、標定点を1点追加するとなおよい。

なお、コンペンセータ非搭載の機器は、観測時には機器が微妙に傾斜しながら回転するため、この方法に使用することはできない。

器械点と後視点による方法イメージ図



△: 基準点
○: 標定点
☆: 地上レーザスキャナ

70

Q10

準則第144条6項に器械点と後視点による方法及び後方交会法による場合は、コンペンセータを備えていなければならないと規定されていますが、コンペンセータがないものを使用した場合、測量法上の罰則規定はありますか？

コンペンセータとは、傾斜計とその傾斜に対する補正を行う機構の両方を備えたものとの理解でよいのでしょうか？

また、傾斜計のみでも備えていれば適合していると理解してよいのでしょうか？

A10

コンペンセータを備えていない地上レーザスキャナを使用したとしても測量法上の罰則規定はありません。コンペンセータを備えていない機種を使用する場合は、器械点と後視点による方法及び後方交会法によらず、相似変換による方法で実施してください。

測量機器で用いられるコンペンセータは、傾斜計とその傾斜に対する補正を行う機能を有する装置を言います。

参考 相似変換による方法

【観測方法】

地上レーザスキャナ(観測点)の周囲に4点以上の標定点を配置して、観測を実施する。地上レーザスキャナ設置場所の座標は不要。

コンペンセータ非搭載の機種による観測方法。コンペンセータ非搭載のため、地上レーザスキャナが微妙に傾斜しながら回転し観測せざるを得ないため、三次元での座標変換が必要となる。

観測されたデータは局所座標系であり、測地座標系に変換する必要がある。測地座標系への変換は、観測された標定点座標をもとに平行・回転・縮尺を考慮した座標変換を行う。

変換前後の座標間の関係は相似関係となるため、相似変換による方法という名称となっている。

座標変換には、3点の標定点でよいが、点検のため4点と規定。通常360°観測を行う

71

Q11

準則第144条6項に器械点と後視点による方法及び後方交会法による場合は、コンペンセータを備えていなければならないと規定されていますが、コンペンセータを備えないと、どうなるのでしょうか？例えば、器械点と後視点による方法、後方交会法による方法が成立しないのでしょうか？

器械点と後視点による方法及び後方交会法は、相似変換と比べるとどのような利点があるのでしょうか？

A11

コンペンセータを備えていない地上レーザスキャナでは平面直角座標系に準拠した点群へ変換するために必要な要件が得られないため、器械点と後視点による方法及び後方交会法は使用できません。

器械点と後視点による方法及び後方交会法による方法は、相似変換方法に比べ使用する標定点の数を少なくすることができる利点があります。

参考

後方交会による方法

地上レーザスキャナ(観測点)の周囲に3点以上の標定点を配置して、観測を実施する。地上レーザスキャナ設置場所の座標は不要。

観測した複数の標定点(既知点)から地上レーザスキャナの位置と方向、距離データの縮尺補正値を求め、三次元点群データを測地座標系に変換する。

コンペンセータ搭載機種による観測方法。水平位置が固定されるため、二次元の座標変換で決められる。座標変換には、2点の標定点でよいが、点検のため3点と規定。通常360°観測を行う

72

Q12

UAV写真測量及びUAV搭載型レーザー測量の点検測量に関して教えてください。
UAV写真測量の3次元点群作成（数値地形図作成ではない）で日本測量協会の成果品検定を受ける際に提出する成果品の中に「点検測量精度管理表」というものが入っていました。

これは写真測量の際に点検測量を行うということだと思いますが、具体的にはどのようなものを指しますでしょうか？

- ・評定点、検証点の較差の点検
- ・対空標識の点間距離の点検

A12

一般に写真測量においては、工程毎の精度等を精度管理表に整理することをもって点検測量としています。

最終的に図を作成する場合は、点検測量率5%の数量を無作為に抽出して再度図化をする、あるいは現地でTSで座標を測定するなどして、精度管理表に整理します。

点検測量の要・不要ということはなく、常に必要です。

何をもって点検測量とするかを測量士・士補が判断することになります。

UAV写真点群測量では以下が考えられます。

- ・標定点及び検証点の精度管理表
- ・撮影写真の精度管理表
- ・三次元形状復元計算の精度管理表（標定点との残差等を含む）

73

Q13

公共測量におけるUAVの使用に関する安全基準（案）について、安全基準（案）の4-3. 操縦者（17頁）で「…使用する機体と同じモデルの機種を1時間以上行っていること」とありますが、この「同じモデルの機種」の定義を教えてください。

A13

「同じモデルの機種」について厳密な定義はありませんが、一般的には、同一の型番の機体、同一仕様の機体ということです。実際に使用する機体と同等の機種性能及び操作方法である機種に操縦者が習熟していることを求めています。

なお、この安全基準（案）は、安全確保のための考え方の1つを示したもので、必ずしも全ての内容に従う必要はありません。

具体的な対応や内容については、測量計画機関（発注元）と協議の上、安全に作業を行ってください。

74

Q14

UAV写真測量で準則第230条の撮影飛行について、計画対地高度に対する実際の飛行の対地高度のズレを10%以内で管理するに当たり、『計画対地高度』とは、どこを指しているのか教えてください。

- (1)離陸地点からの対地高度
- (2)最高標高地点からの対地高度
- (3)最低標高地点からの対地高度
- (4)その他

A14

(4)その他に該当します。

対地高度は撮影基準面からの高度で、撮影基準面は撮影地域に対し任意に設定します。UAV写真測量の撮影計画（準則第228条第4項）において、

「撮影基準面は、撮影地域に対して一つを定めるが、高低差の大きい地域にあっては、数コース単位に設定することができる。」と規定されています。

75

Q15

UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）令和2年3月31日改正」及び「航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル（案）平成31年4月1日」のレーザ機器の点検記録（キャリブレーション）にはヘディングキャリブレーションがあるのに、「航空レーザ測量システム点検記録」にはヘディングキャリブレーションの補正值の項目がないのはなぜでしょうか？

A15

我が国に航空レーザが導入されたのは1995年頃からで、公共測量では2006年「航空レーザ測量による数値標高モデル（DEM）作成マニュアル（案）（平成18年4月）」にとりまとめられ、技術的指針とされました。マニュアルが作成された当時のレーザ機器は、令和2年現在使用されているものと比べ、レーザ照射数が少なく、反射で得られる点密度が少なく地物の輪郭等を明確に判別することは困難でした。さらに、姿勢を検知するIMUの性能が低く、このことからヘディングキャリブレーションの補正值の効果が不明であることからキャリブレーションの補正項目から外されたものと考えられます。

令和2年現在、レーザ機器は進歩し照射数やIMUの性能は格段に向上しています。質問にあるように近年作成されたUAV搭載型レーザスキャナや航空レーザ測深のキャリブレーション記録簿にはヘディングも項目として採用されていますので、項目については今後の検討課題と考えます。

76

Q16

準則第3章UAV写真点群測量 第521条（撮影計画）第8項について伺います。
UAV撮影を実施後、写真重複度を確認できる場合とは、どのようにして重複度を確認した場合に適用されるのでしょうか。

例えば、UAVで撮影後、ジオタグを確認し緯度経度及び撮影高度から機体の傾きや地上の凹凸関係なくOL/SLを確認する、ということでしょうか？

A16

第521条第8項の「UAV撮影を実施後、写真重複度を確認できる場合」とは、ソフトウェアを用い、写真毎に対地高度を考慮した上で重複度を自動算出し、重複度を確認することをさしています。

ソフトウェアで自動算出しない場合の確認方法は、モデル化に利用した写真を重ね合わせて、実際にラップした枚数にて確認する方法が想定されます。

重複度を確認できるソフトウェアはあまり普及しておりませんので、「撮影後に写真重複度の確認が困難な場合として、同一コース内の隣接数値写真との重複度は90パーセント以上、隣接コースの数値写真との重複度は60パーセント以上」とし、点検を省略できる規定を設けています。

77

Q17

「UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル」の成果品要求仕様書 電波伝搬路の記入項目ですが、あり、なし、要調査となっております。

これは、「電波を阻害する建築物等が現場にあるか」ということでしょうか。

もしくは、電波伝搬路を確実に確保できるかということでしょうか。

A17

「電波伝搬路」の記入項目については、UAVの飛行の際にはマイクロ波の影響によるリスクが考えられますので、飛行範囲内にマイクロ波ルートがあるか否かの確認になります。

飛行範囲周辺の送電線や電波塔による電波障害同様、予め調査すべき項目として設定しております。

マイクロ波ルートについては、総務省の「電波利用ホームページ」からご確認ください。

78

Q18

UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)の精度管理表【様式5 調整点明細表】、【様式12 検証点明細表】ですが、「計測点図」とは、網図（どの基準点から計測したか）を図示すれば宜しいのでしょうか？

異なる場合は、どの様な要素を図示すれば宜しいのでしょうか？

A18

「計測点図」は元となる基準点と、調整点または検証点の位置関係がわかるよう図示してください。

調整点又は検証点は、平坦、かつ、周囲に上空を遮るものがない場所に設置する必要があります。よって、その位置関係が明確にわかるように図示してください。平面図だけでなく、例えば河川堤防の天端上にある基準点から高水敷に調整点を設置した場合は、断面も図示するなど、適宜工夫して図示してください。

79

Q19

作業規程の準則において、UAV写真測量におけるデジタルカメラの撮影画像が、なぜ、非圧縮形式を標準としているのか、その根拠について教えて下さい。

非圧縮形式のRAWデータと、圧縮形式のJPEGで、例えば、検証点に対する測位精度に影響があるのでしょうか？

A19

JPEG形式は、非可逆圧縮の画像フォーマットであり、一度低解像度に圧縮してしまうと、もとに戻すことができません。

UAV写真測量では撮影した画像の良否が精度に大きく影響するため、作業規程の準則においては、非圧縮形式を規定しています。

80

Q20

UAV写真点群測量の三次元形状復元計算、準則第527条5項において、「カメラのキャリブレーションについては、三次元形状復元計算において、セルフキャリブレーションを行うことを標準とする。」とあります。

ここで言うセルフキャリブレーションとは、点群処理ソフトにおける自動歪補正と理解しておりますが、点群処理ソフトに撮影画像を取り込んだ際に、ソフトが自動的に歪補正を行うので、独立したカメラキャリブレーションの必要は無いという理解で間違い無いでしょうか？

A20

準則第537条のセルフキャリブレーションとは、「UAVを用いた公共測量マニュアル（案）」の運用基準にあるとおり「屋内等に設置されたターゲット等を用いて物理的に計測する方法である独立したキャリブレーション」ではなく、「三次元形状復元計算の過程で、計算により行う方法」となります。

カメラのキャリブレーションについては、三次元形状復元計算の過程で、計算により行うセルフキャリブレーションのみを行って頂ければ十分です。

81

三次元点群測量 Q&A

Q21

作業規程の準則付録7の数値地形図データファイル第5章三次元点群データ説明書の第115条基本情報にある観測密度とデータ構造は何を入れたらいいでしょうか？今回は地上設置型レーザ測量で現地を観測しました。

A21

作成した成果品を準則付録7 付属資料「公共測量標準図式数値地形図データファイル仕様」に基づき格納する場合は、三次元データ説明書がなくても構いません。これ以外の仕様、例えば航空レーザ測量や車載写真レーザ測量で広く使用されているLAS形式等で成果を格納する場合には、三次元点群説明書が必要となります。

三次元点群データ説明書における観測密度及びデータ構造については、一般に発注時に示された要求仕様又は製品仕様書に記載があると考えられ、そのとおり記載していただければ結構です。なお、補足的に以下に説明します。

観測密度は、オリジナルデータや構造化データに求める精度を満たすために必要な観測時の点密度で、一般的には次のように示します。〇〇点/m²

データ構造は、オリジナルデータから作成されるデータで不整三角網（TIN）又はグリッド構造を原則としています。どちらか又は採用した構造化に使用した方式等を記載していただければ結構です。

82