

公共測量業務の生産性向上に向けて ～i-Construction に対する国土地理院の取組～

国土地理院企画部
大坂 和博

- ① 新技術に係るマニュアル整備の背景
- ② 公共測量について
- ③ 公共測量マニュアルのご紹介
 - ・ 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）
- ④ 新たなマニュアル整備にむけた取組
- ⑤ まとめ

① 新技術に係るマニュアル整備の背景

② 公共測量について

③ 公共測量マニュアルのご紹介

- 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）

④ 新たなマニュアル整備にむけた取組

⑤ まとめ

i-Construction ～建設現場の生産性の向上～

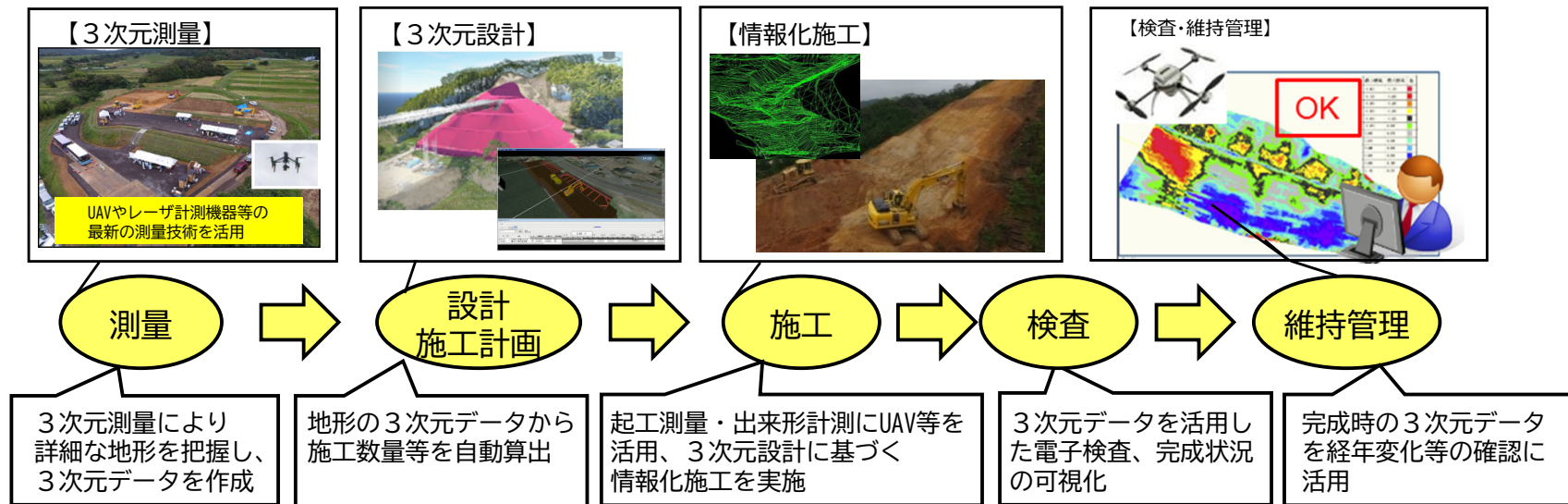
- 建設業は社会資本の整備の担い手であると同時に、社会の安全・安心の確保を担う、我が国の国土保全上必要不可欠な「地域の守り手」。
- 人口減少や高齢化が進む中であっても、これらの役割を果たすため、**建設業の賃金水準の向上や休日の拡大等による働き方改革**とともに、**生産性向上が必要不可欠**。
- 国土交通省では、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までの全ての建設生産プロセスでICT等を活用する「**i-Construction**」を推進し、建設現場の生産性を、2025年度までに2割向上を目指す。

(ICT (Information and Communication Technology) : 情報通信技術)



「国土交通省重点的施策 未来につなぐインフラ政策 第1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

i-Construction工事の流れ



測量により作成した3次元データの全工程での共通利用を促進

UAVを用いた公共測量（写真測量）、地上レーザスキャナを用いた公共測量

2020年3月準則

UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル

2018年3月作成
2020年3月改正

航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル

2019年3月作成



① 新技術に係るマニュアル整備の背景

② 公共測量について

③ 公共測量マニュアルのご紹介

- 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）

④ 新たなマニュアル整備にむけた取組

⑤ まとめ

○測量（法第3条）

「土地の測量」が対象（地図の調整及び測量用写真の撮影を含む）

測量法の適用を受ける測量

① 基本測量（法第4条）

すべての測量の基礎となる測量で国土地理院の行うもの

② 公共測量（法第5条）

基本測量以外の測量で次に掲げるもの（④除く）

②-1 国又は公共団体の費用を使用して行うもの

②-2 ①又は②-1の成果を使用して、行政庁の許認可等
又は国や公共団体の補助等を受けて行われる事業の
ために実施する測量で、国土交通大臣が指定するもの

国家座標※に基づいて実施

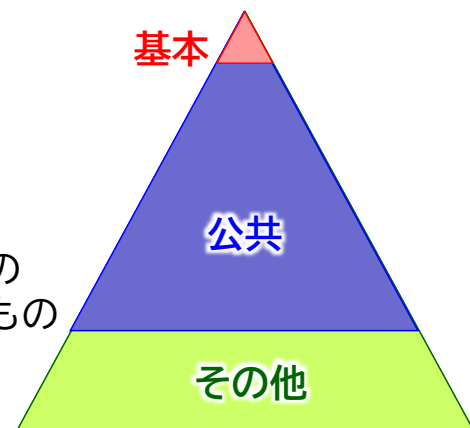
※国家座標：基本測量又は公共測量の測量成果

③ 基本測量及び公共測量以外の測量（法第6条）

国家座標を使用して実施する基本測量及び公共測量以外の測量（④除く）

④ 局地的測量又は高度の精度を必要としない測量（測量法施行令第1条）

建物に関する測量や1/100万未満の小縮尺図の調製など



「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。

作業規程の準則

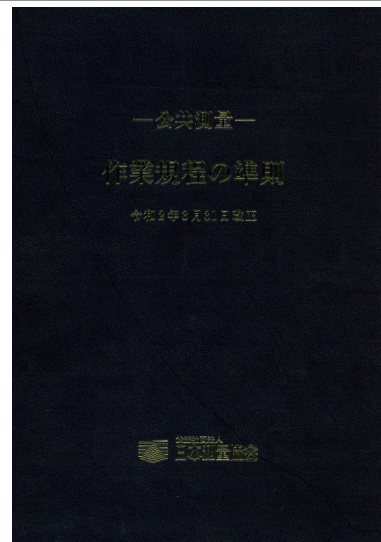
令和2年6月22日 更新

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 測量機器級別性能分類表）](#) [\[PDF 210KB\]](#)

正誤表

- [令和2年4月13日付 正誤表](#) [\[PDF 80KB\]](#)
- [令和2年6月9日付 正誤表](#) [\[PDF 88KB\]](#)



「作業規程の準則」
(R2年3月改正版、日本測量協会発行)

作業規程、作業規程の準則

□ 作業規程の準則

各測量計画機関の作業規程の規範となるもの

➤ 第17条3項 → 新技術に関する作業マニュアル

標準的な作業方法を定め、規格の統一、精度の確保を図ることが目的

□ 公共測量における新技術への対応

【第17条2項】

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。

【第17条3項】

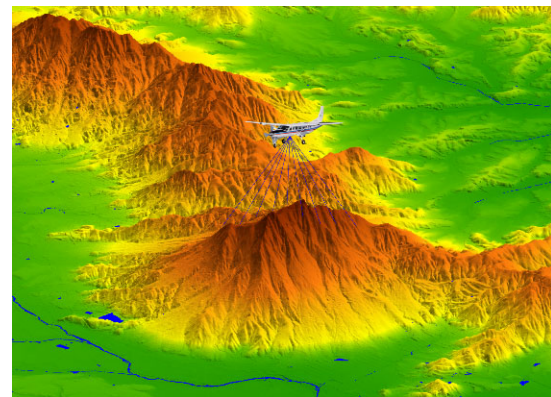
国土地理院が新しい測量技術による測量方法に関するマニュアルを定めた場合は、当該マニュアルを前項の確認のための資料として使用することができる。

- ① 新技術に係るマニュアル整備の背景
- ② 公共測量について
- ③ 公共測量マニュアルのご紹介
 - ・ 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）
- ④ 新たなマニュアル整備にむけた取組
- ⑤ まとめ

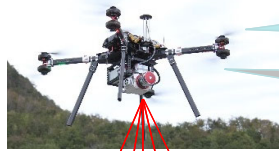
- 有人航空機に搭載したレーザスキャナを用いた測量は、従来から幅広く実施されている
 - ・ 我が国では、1990年代に導入開始
 - ・ 2006年3月に「航空レーザ測量による数値標高モデル（DEM）作成マニュアルの公開
 - ・ 2008年4月から作業規程の準則に掲載
 - ・ 詳細な地形データ（DEMデータ）の作成等に利用
- 近年、レーザスキャナの技術開発、小型化が進み、UAV（無人航空機）に搭載可能な製品も登場



UAV搭載型レーザスキャナを用いて
測量を実施するための技術マニュアル
の作成



UAVレーザ測量の特徴(メリット・デメリット)

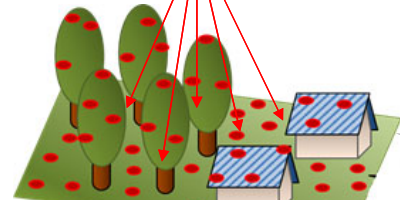


有人機を用いる場合と比べ、低空から計測するため、より高い密度で計測が可能

- ・ 有人機を用いる場合と比べると、飛行の安定性に欠ける
- ・ UAVの搭載重量制限により、使用機器が限られる
- ・ 電池を利用するため飛行時間が短く、広域のデータ取得が困難

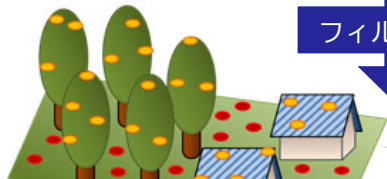
植生のある場所でも、隙間を通過すれば地形計測が可能

- ・ 航空レーザよりも照射角度が大きいため、植生の影響を受けやすい
(地表面にレーザが届きにくい)
- ・ 計測したい箇所をピンポイントで計測することはできない



● オリジナルデータ

フィルタリング

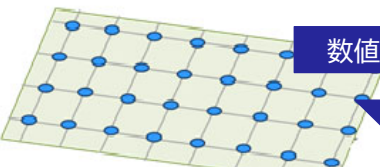


● フィルタリングされた点
● グラウンドデータ

これらのデータを用いて、等高線データや数値地形図データの作成が可能

数値地形図データの作成には、高密度な三次元点群データが不可欠

数値内挿処理



● グリッドデータ

- ・ 必要な時に、容易にデータ取得が可能
- ・ 少人数（操縦者・安全監視員）で効率的 = 安価

手軽に利用できる

- 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
- レーザスキャナで計測したデータから、**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可能
 - ✓ 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）が要求仕様を明らかにすることが必要

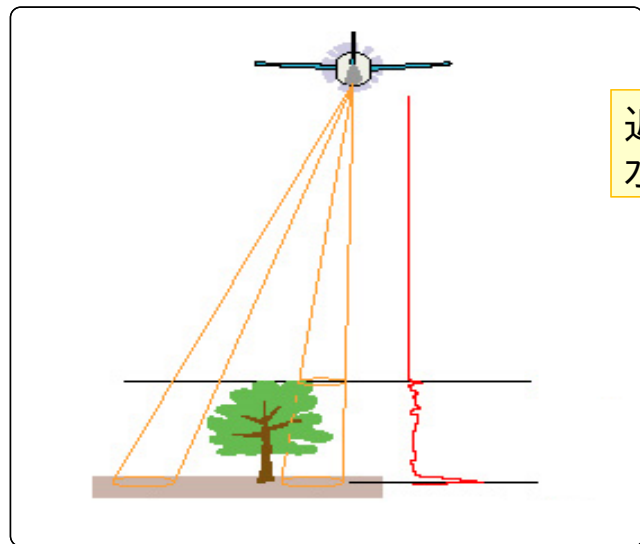
- レーザスキャナやGNSS/IMU等、計測に用いる**機器の組合せ**が多様に存在
 - ✓ 今後も機器の開発が進むと考えられる
- 作業の全体工程は概ね共通であるが、**解析や調整**等の詳細な作業方法や内容は、解析ソフトウェア等によって異なる
 - ✓ 各ソフトウェア内で行われている具体的な処理内容等が明確でない場合もある



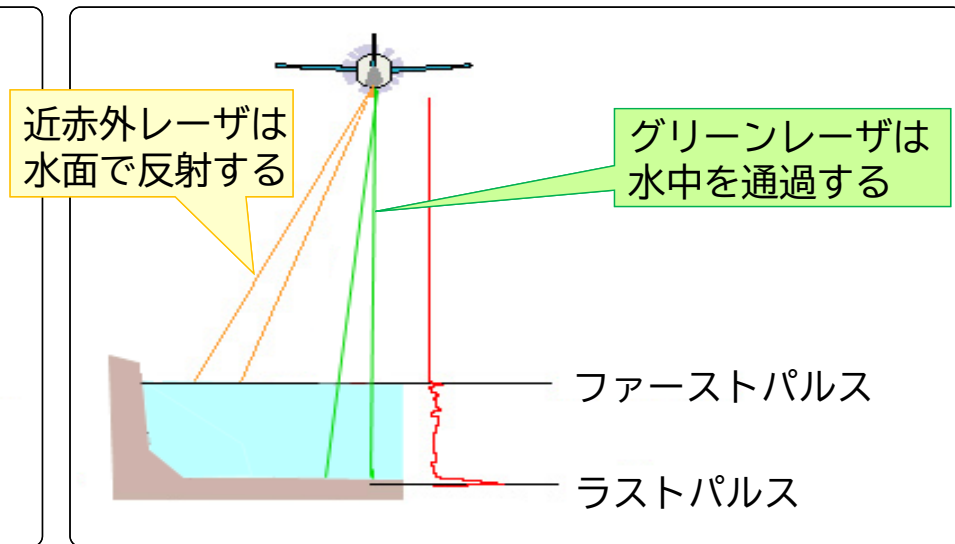
測量作業機関に、作業方法に関する一定程度の裁量を与える

- ① 新技術に係るマニュアル整備の背景
- ② 公共測量について
- ③ 公共測量マニュアルのご紹介
 - ・ 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）
- ④ 新たなマニュアル整備にむけた取組
- ⑤ まとめ

【従来の航空レーザ測量】



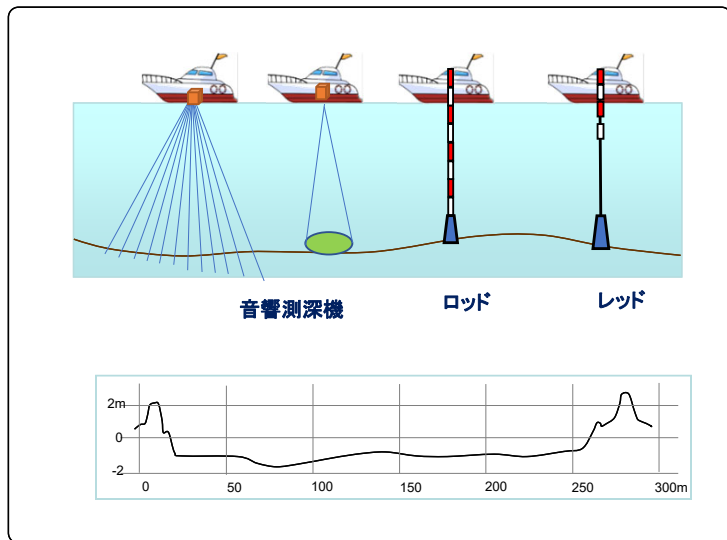
【航空レーザ測深】



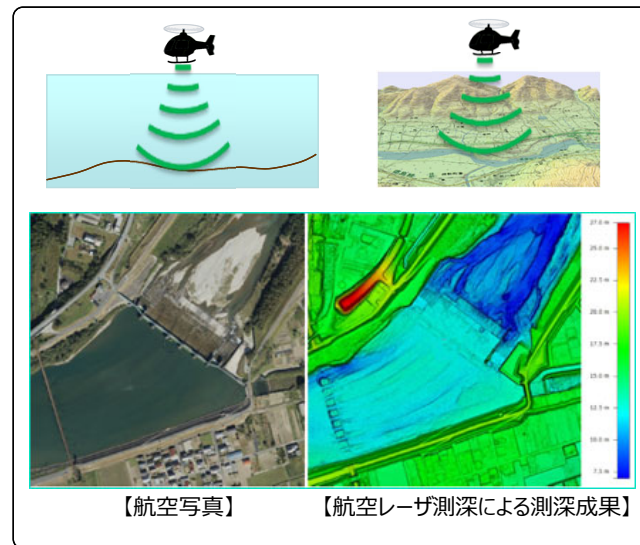
ALB : Airborne Laser Bathymetry

- 従来の航空レーザ測量（左図）は、近赤外レーザを使用した陸上のみの計測
- 航空レーザ測深は（右図）は、水中を透過するグリーンレーザを用いて水底を計測する。

【従来の測深】



【航空レーザ測深】



河川等の深浅測量は、従来はレッド（鉛塊の付いた紐）やロッド（目盛り付き棒）、音響測深機（浅部観測には不向き）を用いた測量 ⇒ 横断面図の作成等

航空機に搭載したグリーンレーザによる水底の測量作業は、比較的広い範囲を面的に測量することが可能

※ レーザ測深では水質（濁度）に影響されやすく、深いところまでは計測できない

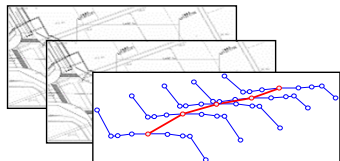
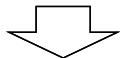
- ① 新技術に係るマニュアル整備の背景
- ② 公共測量について
- ③ 公共測量マニュアルのご紹介
 - ・ UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）
 - ・ 航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル（案）
 - ・ 三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル（案）
- ④ 新たなマニュアル整備にむけた取組
- ⑤ まとめ

マニュアル(案)の作成の背景(課題)

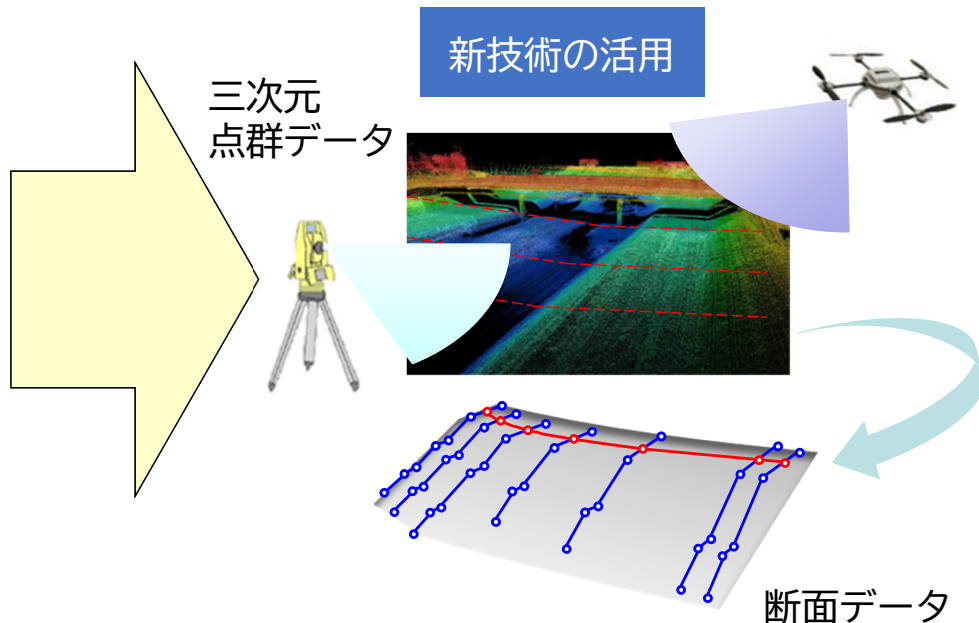
三次元点群データの公共測量成果全般から断面図化する場合の標準的な作業工程や精度管理の規定がない

- ➡ 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
- 三次元点群データから任意地点の断面図作成のための標準的な作業方法を規定。

これまでの縦横断面図の
作成方法

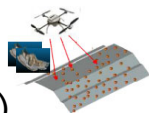


指定した箇所の平面図、
縦横断面図を作成



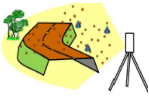
各新技術マニュアルや「作業規程の準則」(第17条2項)の適用等で整備される三次元点群データを用いた縦横断面図データ作成を想定

UAV
公共測量マニュアル(案)



2016年6月策定
2017年3月改正

地上レーザスキャナ
公共測量マニュアル(案)



UAVレーザスキャナ
公共測量マニュアル(案)



その他公共測量成果
(「作業規程の準則」第17条2項の適用を含む)

三次元点群データを使用した
断面図作成マニュアル(案)

対象データ	三次元点群データ
対象測量	路線測量・ 河川測量等
主な成果物	縦横断面図データ

2019年3月改正

i-Constructionにおける公共測量での活用を期待

① 新技術に係るマニュアル整備の背景

② 公共測量について

③ 公共測量マニュアルのご紹介

- 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）

④ 新たなマニュアル整備にむけた取組

⑤ まとめ

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。

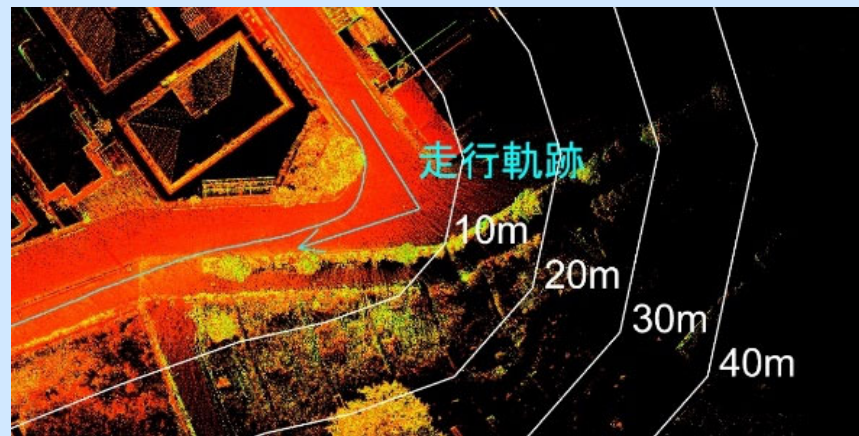
○『測量・調査データの3D化による生産性の向上、品質の確保』（H30～）

➤ 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

手持ちレーザスキャナを利用した測量作業に係る検証

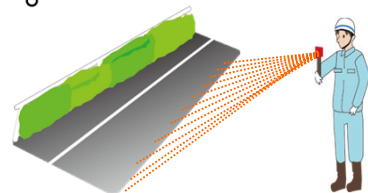
- 令和元年度に作成した「手持ちレーザスキャナ作業手順書」をもとに、現場での精度検証を行うとともに、最適な測定方法及び利用上の課題を整理
- i-Constructionの推進に資するため、3D点群データを取得する手法としての有効性を考察し、測量作業で利用するための作業工程案を作成



手持ちレーザスキャナを利用した測量作業

【得られた知見】

- 水たまりなど、周辺環境で水のある箇所では点群データの取得が困難。
- 計測対象が、歩行経路から左右15m～20m以上となる場合、未計測となる場合がある。
- 地物の特徴が少ない計測環境下では、カラーコーン等の目標を人工の特徴点として設置することで、計測の精度確保が可能となる。
- 標定点は地形判読の便を考慮、等密度に配点し、4点以上の設置が望ましい。
- 観測条件が良好であれば、概ね5cm程度（標準偏差）の精度が期待される。



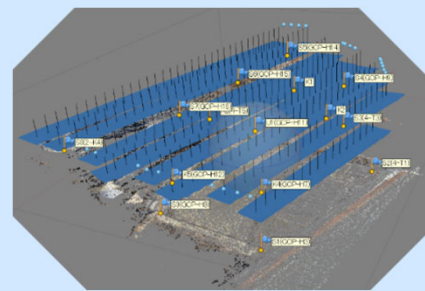
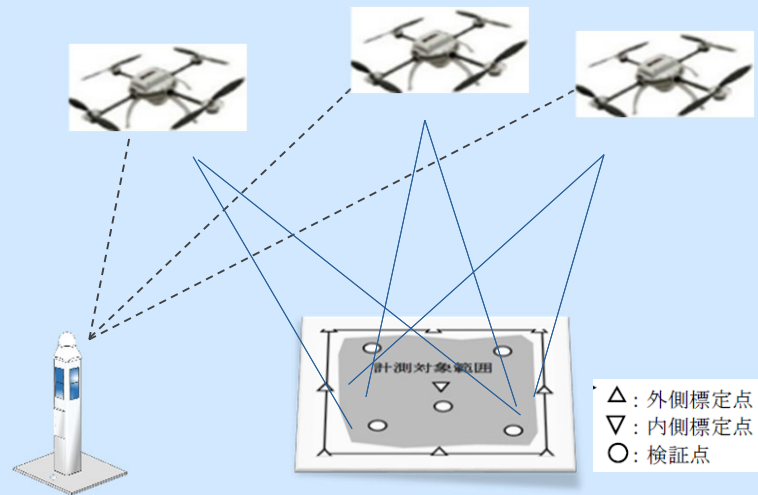
【今後の検討内容】

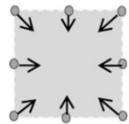
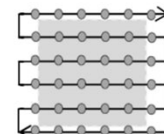
- 標準的な測量手法としてマニュアル等を準備するために、同機種間の個体差の検証や、異機種間の精度比較等が必要。
- 長時間計測した場合の安定性の評価が必要。（R2年度は約10分以内の計測）
- 公共測量に適用するための、測量機器の検定基準が必要。

UAV写真測量の効率化に関する検証

RTK-UAV及び斜め写真を利用したUAV写真測量の検証

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の変化を検証し、測量作業工程案を作成



外周撮影	中央撮影	平行コース撮影
		

UAV写真測量の効率化に関する検証

【検証結果】

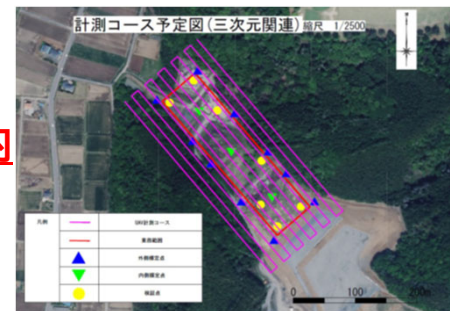
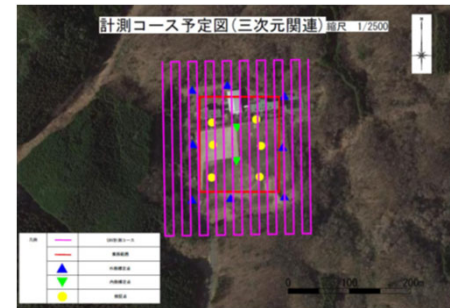
■UAV写真測量

- ・ UAVのRTK測位座標を使用して標定点を削減した場合、精度を満たさないケースも見られたことから別途検証点設置が必要との知見が得られた。（作業の効率化にはつながらなかった）

■UAV写真点群測量

- ・ UAVのRTK測位座標及び斜め写真を使用して標定点を削減した場合、高低差の少ない地表での効果はあるが、高低差が大きい場合は精度内に収束しない知見が得られた。
- ・ 解析ツールによる効果の違いもみられた。

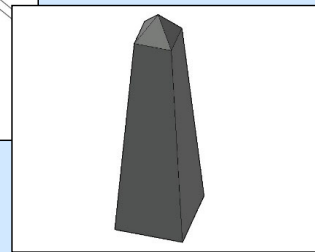
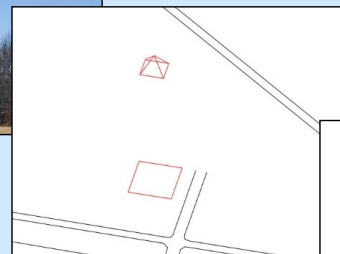
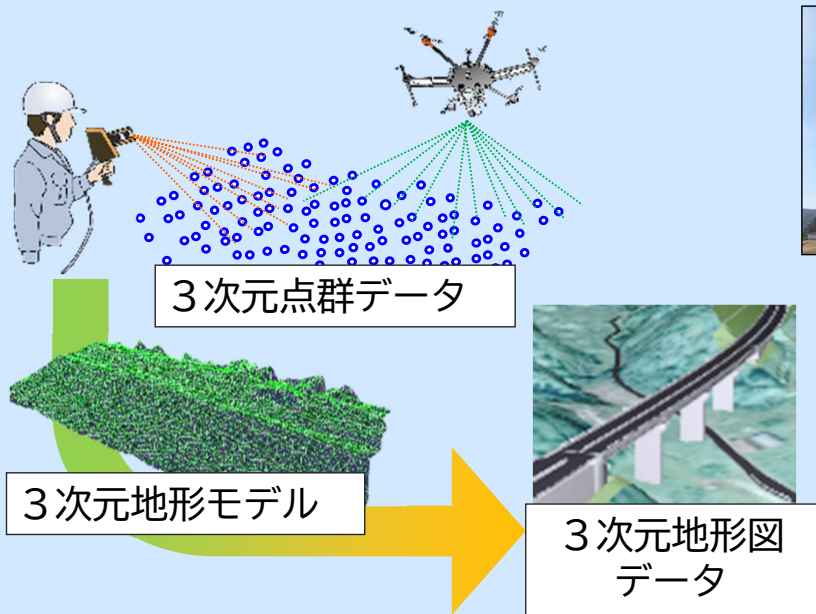
現状は、**現在の準則を基準**としつつ、**新型センサー（GNSS/IMU）の実装や、等高度撮影だけでなく等対地高度撮影等の撮影方法等の技術動向を注視**



凡例		UAV計測コース
		業務範囲
		外側標定点
		内側標定点
		検証点

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

令和元年度に作成した「三次元地理空間情報の取得基準素案」に基づき、三次元ベクトルデータとしての数値地形図を試験的に取得し、作業工程や取得に用いた機材・方法など具体的な工程素案の検討に資する成果を取りまとめる。

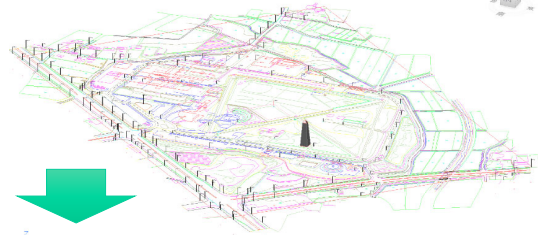


高塔の三次元構造化の例

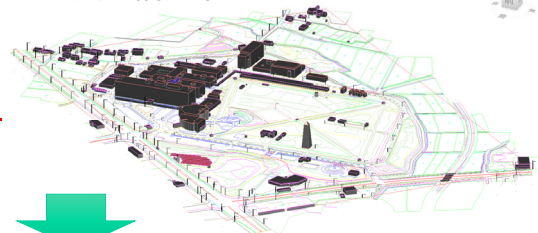
【検証結果】

- 「三次元地理空間情報の取得基準素案」にある地物の取得方法についてさらに詳細な規定が必要な箇所が明らかになった。
- 「三次元地理空間情報の取得基準素案」にある地物のうち今回の実証範囲にはなかったものがあり、さらに実証が必要である。
- 今回、補備測量で手持ちレーザスキャナを用いたが、準則やマニュアル等での対応が必要である。
- 点検測量の結果、一部例外はあったものの、空間精度は概ね良好であった。
- 数値地形図データファイル形式で立体データを表現するための規定が必要である。

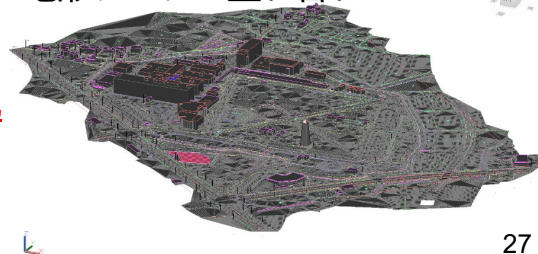
三次元補測編集済データ



三次元構造化



地形データの重ね合わせ



準天頂衛星システムのセンチメートル級測位補強サービス (CLAS) を活用した測量方法の確立に向けた検証

CLASの測量に対する要求性能調査結果を踏まえ、複数のCLAS受信機を用いた現地試験観測や電子基準点の観測データを用いてCLASの仕様や精度を確認するとともに、正確性や信頼性を向上させるための手法を検討



検証に使用した試験観測地区
及び電子基準点

センチメートル級測位補強サービス (CLAS)

- ・ 国土地理院の電子基準点を利用して補正情報を生成し、準天頂衛星から配信
- ・ 精密単独測位に必要な補正情報（衛星時計誤差、軌道誤差、対流圏遅延量、電離層遅延量等）を配信

	測位誤差（水平）	測位誤差（鉛直）
静止体	≤6cm (95%) (3.47cm (RMS))	≤12cm (95%) (6.13cm (RMS))
移動体	≤12cm (95%) (6.94cm (RMS))	≤24cm (95%) (12.25cm (RMS))

観測環境についてはいくつかの条件あり

【検証結果】

- ほぼ全ての測位解が仕様精度を満たした一方で、測位解のばらつきが極端に大きくなる時間帯や外れ値となる時間帯もみられた。
- CLAS受信機の測位モードによって、測位解の安定性が大きく異なった。また、静止体において安定した測位解が得られる測位モード（スタティック・モード）が実装されているCLAS受信機は少なかった。
- CLAS受信機が適用するアンテナ位相特性モデルを任意に選択することができないため、観測機器の組合せごとに測位解に国家座標との系統較差が生じた。
- 2020年11月30日に実施されたCLASの補強対象衛星数の拡大は、測位解の安定性向上の可能性があった。

CLASを測量（準則に規定する静止体の測量）に適用するためには、様々な条件下での検証を継続して行う必要がある。今後も、CLASの動向や受信機の性能向上に期待し、測量への適用可能性について注視

① 新技術に係るマニュアル整備の背景

② 公共測量について

③ 公共測量マニュアルのご紹介

- 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）

④ 新たなマニュアル整備にむけた取組

⑤ まとめ

まとめ

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

手持ちレーザスキャナ 等

- ・ 「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
- ・ ただし、精度確保等できているか確認することや、国土地理院長の意見を求めることが必要

利用が広まりつつある技術

UAVレーザ

ALB(グリーンレーザ)

- ・ 国土地理院が「マニュアル」を整備している場合がある
- ・ 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

準天頂衛星、GLONASS

MMS

ネットワーク型RTK-GPS

GNSS水準

UAV写真・UAV点群

- ・ 準則に順次組み入れ
- ・ 通常の手続きにより利用可能

地上レーザ・地上レーザ点群