

# UAVレーザー測量による3D計測の効率化・高精度化

～3D計測 & 3Dモデリングは新たなステージへ～



2019年11月 株式会社オカベメンテ

# 1. ドローン(UAV)空撮3D測量とUAVレーザー3D測量の比較

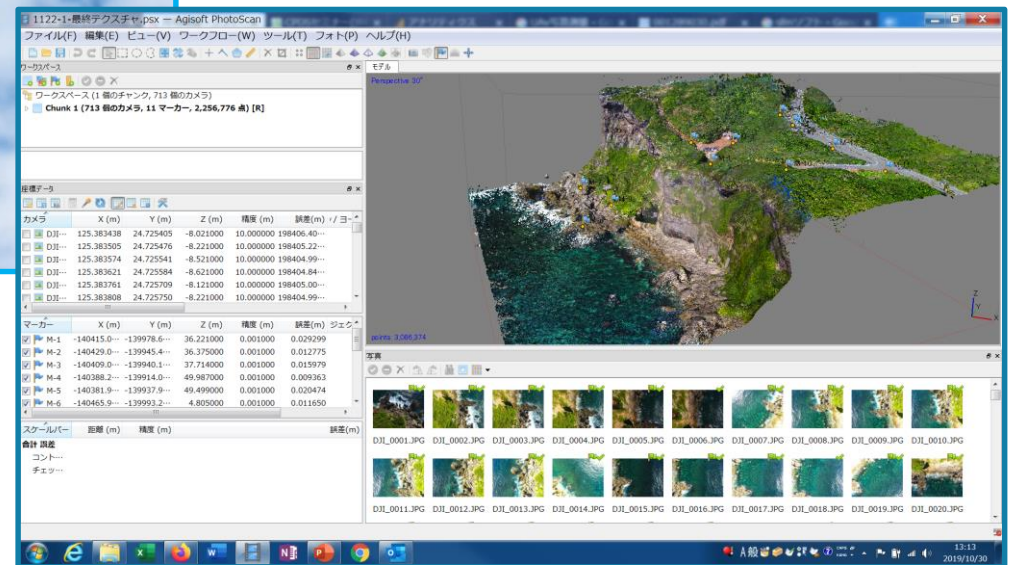
## 1-1. ドローン(UAV)空撮3D測量の特徴

ドローン(UAV)で空撮した数多くの写真からSfM(三次元形状復元)ソフトを使って3Dモデルを再現する測量。写真に写ったものしか測量できないため、植生地域等では地面を写すことが不可能となり、地表面の位置が計測出来ない。

(※UAV:無人航空機)



ドローンによる空撮状況



SfMソフトによる三次元点群データの生成



## 1-2. UAVレーザー3D測量の特徴

UAVにレーザー scanner を搭載して、空中から面的に3次元で地形を計測する手法。高精度に計測を実施するためにGNSS/IMUを搭載しており、レーザーを利用するため樹木が存在する植生地域でも地面を計測することが可能。

(※UAV: 無人航空機)



UAV搭載型レーザー scanner による計測状況



点群処理ソフトによる三次元点群データの生成

### 1-3. CIM導入ガイドラインで記載されている特長比較

CIM導入ガイドライン(案)第1編共通編(令和元年5月・国土交通省)では、UAV写真測量ではDSM(樹木を含んだ地表モデル)のみでDTM(樹木を取り除いた地表モデル)は取得できない。UAVレーザー測量ではDSMとDTMの双方モデルの取得が可能とされている。

表 9 地形モデル計測手法の特徴

地形モデル計測手法		適応性	計測制限等の特記事項
地上レーザー測量		局地的範囲に対応	現地に立ち入れない区域は計測できないが、急傾斜地を対象にした河川対岸部は、データ取得可能。
UAV	写真測量	局地的範囲に対応	橋梁下部工など高架橋下も計測可能。 強風時は計測成果に影響が出る。また、太陽光の影響を受ける。 <u>草木が存在し地面を撮影できない場合には、DSM*1のみでDTM*2は取得できない。</u>
	レーザー測量	局地的範囲に対応	橋梁下部工など高架橋下も計測可能。 強風時は計測成果に影響が出る。 <u>草木がある程度ある場合でも地面の計測が可能となり、DSM*1とDTM*2の双方の標高モデルが取得可能。</u>

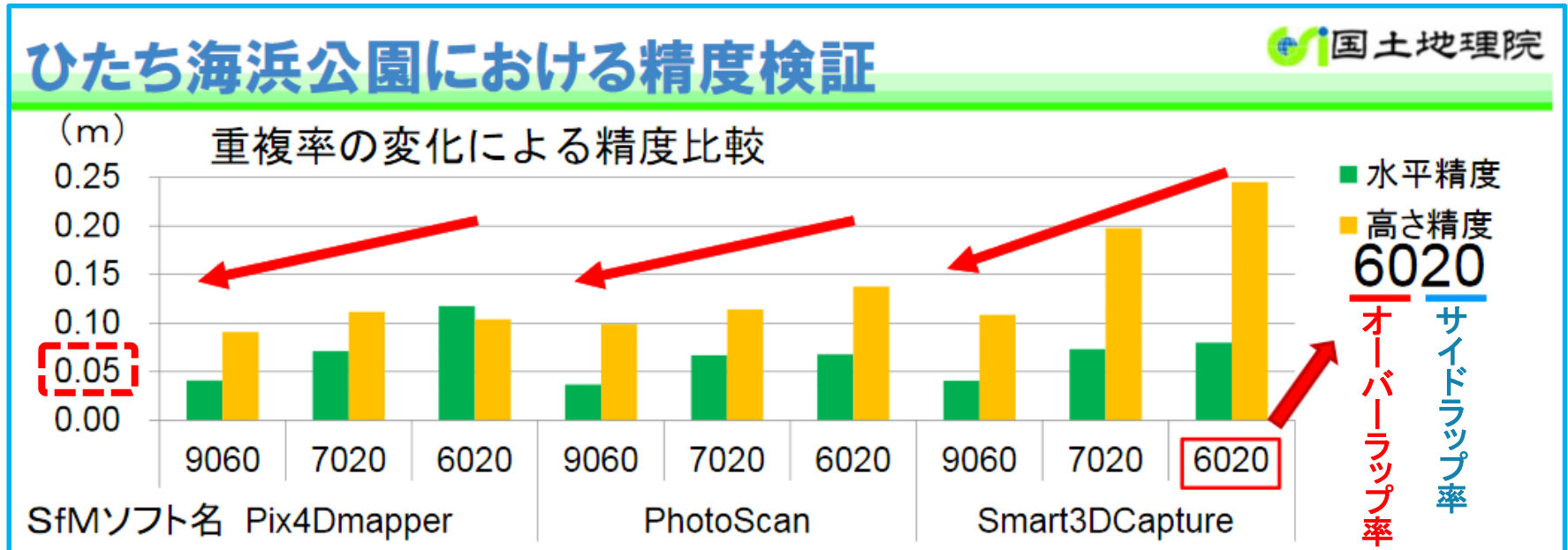
\*1DSM (Digital Surface Model) : 数値表層モデル (建物や樹木の高さを含んだ地表モデル)

\*2DTM (Digital Terrain Model) : 数値地形モデル (建物や樹木の高さを取り除いた地表モデル)

出典: CIM導入ガイドライン(案)第1編共通編

## 1-4. ドローン空撮(写真)3D測量のデメリット:精度不良

全国的に測量業以外の異業種からのドローン空撮3D測量業務への参入が多く見られるが、「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」どおりに作業をしても、規定の測量精度内に収まるとは限らない。これについては特にZ座標(高さ精度)において、測量精度が劣るといった現象が課題となっている。



出典: 国土地理院中国地方測量部・測量への無人航空機(UAV)の導入に向けた取組について

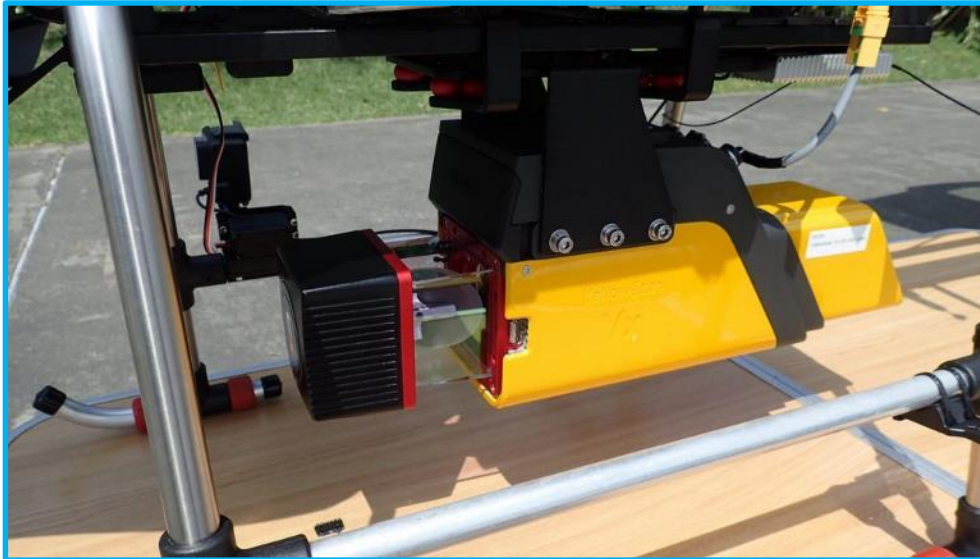
↑のグラフより: 全てのSfMソフトにおいてラップ率を大きくしても、高さ精度(黄色)が「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」の出来形管理に適用される位置精度0.05m以内をクリア出来ていない。



## 2. UAVレーザースキャナ YellowScan 及び搭載UAVの特徴

### 2-1. UAV搭載型レーザースキャナ YellowScan VX-20の特徴

- ・優れた精度(最大1cm)と点群の正確性(最高2.5cm)によるデータ取得
- ・世界最高水準の5パルス/1レーザー、100,000点/秒での高品質計測
- ・総重量3.0kgと超軽量(UAVヘリコプター:SKY-Heli もしくは UAV:DJI Matrice 600 Proに搭載)



YellowScan VX-20



UAV:DJI Matrice 600 Proに搭載した計測状況

## 2-2. UAVヘリコプター SKY-Heliの特徴

- ・搭載重量(ペイロード)は最大16kgでUAVレーザースキャナ等の重量にも十分対応
- ・1回のフライトで30~40分の長時間飛行が可能(通常のUAVの約2倍の飛行時間)
- ・耐風性能も通常UAV(ドローン)より大幅にアップ(ビューフォースケール7:13.9~17.1m/s)
- ・フライトコンピュータの制御によりドローンと同じ特性で完全自律飛行フライトにも対応



SKY-Heli離陸前状況



Duplex送受信機



## 2-3. UAVドローン DJI Matrice 600 Proの特徴

- ・ヘキサコプターとして6つのローター（プロペラ）を搭載して飛行を行っているため、ペイロード（ドローンに搭載できる積載量）が大幅に上昇。最大6kgまでの機材を積んで飛行ができることから、重量のあるハイスペックなカメラやUAVレーザーが搭載可能
- ・RTK(リアルタイムキネマティック)により、GPSで発生する±2mという誤差を、水平2cm/垂直3cmまで飛行時の自己位置測位精度を高めることが可能。



UAVレーザーYellowScan搭載状況



高解像度カメラSONY α7R II 搭載状況



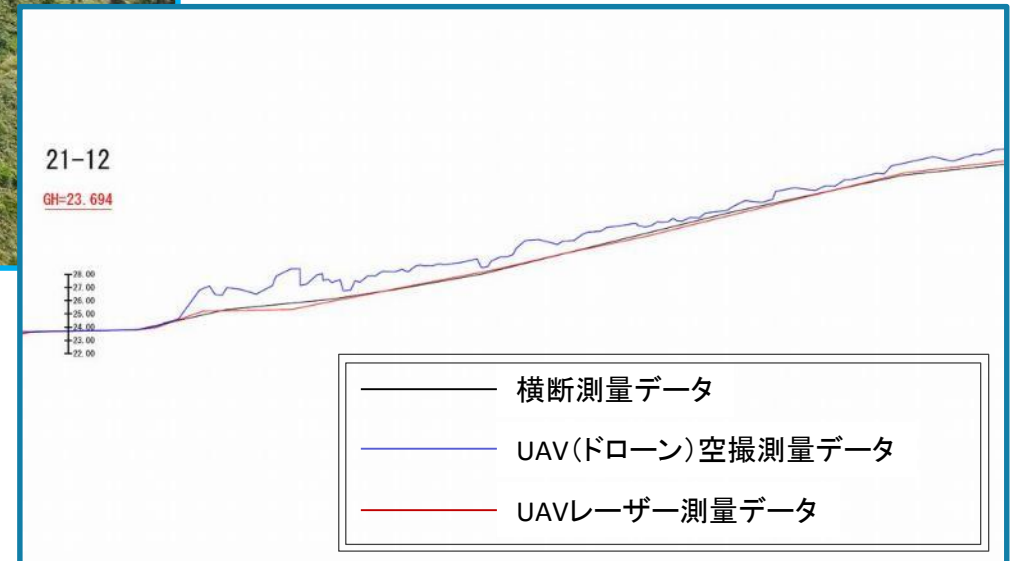
### 3. 中低木植生地域での実証実験

#### 3-1. 低木植生地域(樹木密集地)実証実験

低木植生地域(樹木密集地)においてUAVレーザー測量とUAV(ドローン)空撮測量及び横断測量を実施し、横断面図を比較したところUAVレーザーと横断測量でほぼ同じ断面データが得られ、UAVレーザー測量での低木植生地域の3D地表面の再現が確認された。



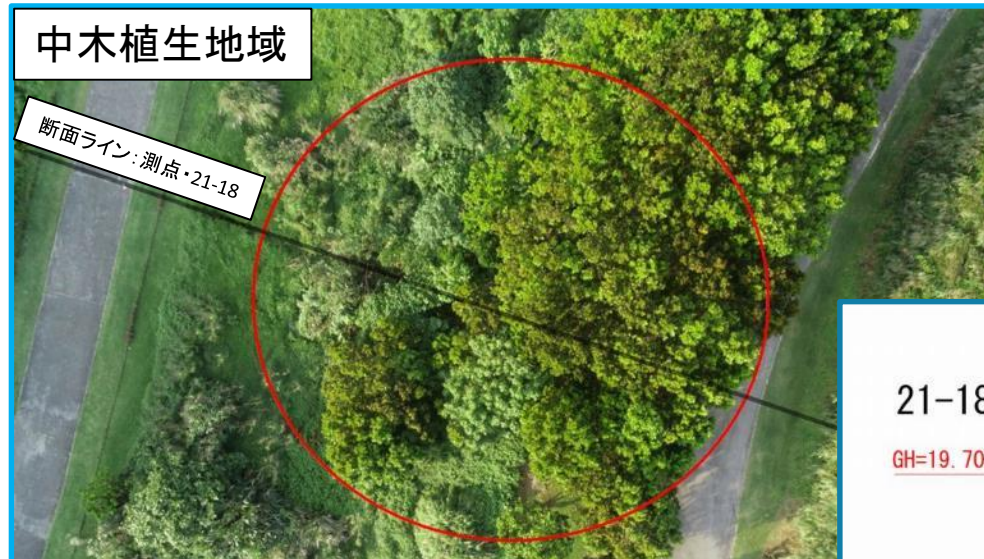
低木植生地域ドローン写真



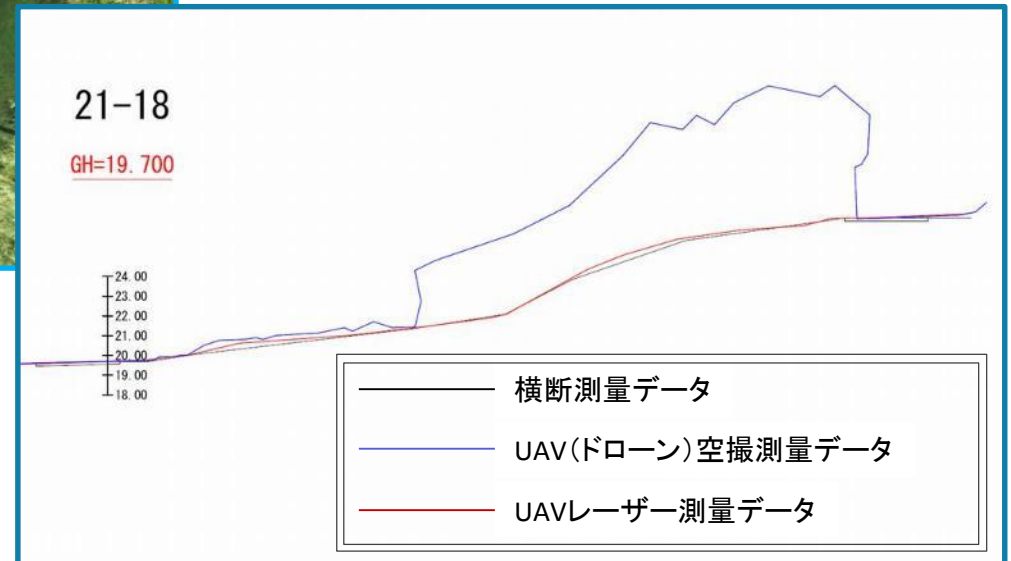
低木植生地域横断比較図

## 3-2. 中木植生地域(樹木密集地)実証実験

3-1と同様に中木植生地域(樹木密集地)においても、UAVレーザー測量とUAV(ドローン)空撮測量及び横断測量を実施したところ、UAVレーザーと横断測量でほぼ同じ断面データが得られ、UAVレーザー測量での中木植生地域の3D地表面の再現が確認された。



中木植生地域ドローン写真



中木植生地域横断比較図



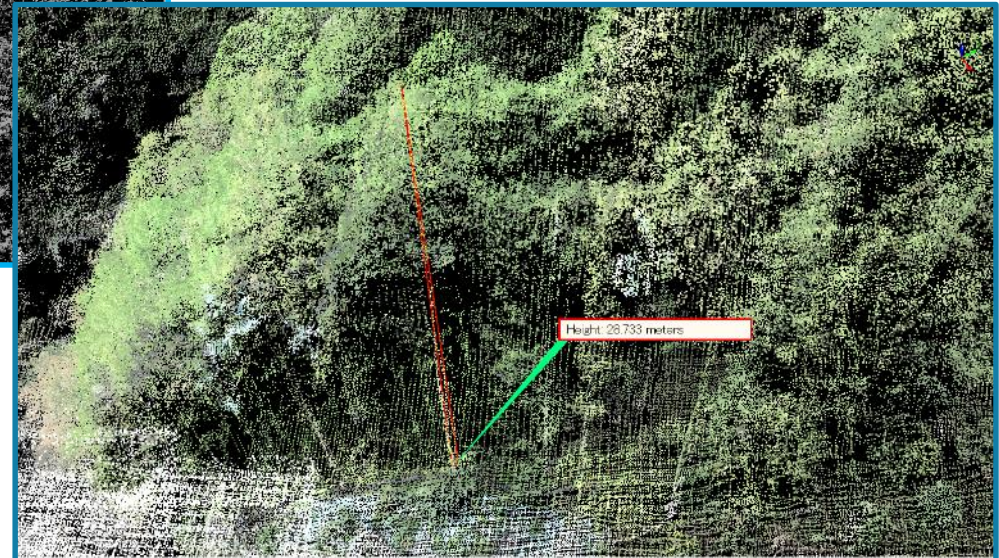
## 4. 高木植生地域でのUAVレーザー地形測量

### 4-1. 高木植生地域(樹木密集地)の概要

樹高25m程度の密集した人工林地帯(高木植生地域)において、UAVレーザー地形測量による3D地表面の再現有効性を確認する。



UAVレーザーによる全体点群データ



点群データでの樹高確認=28.733m

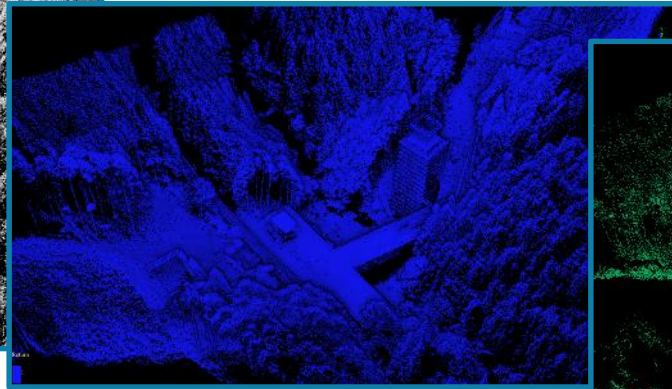


## 4-2. 高木植生地域でのパルス毎の取得点群データ

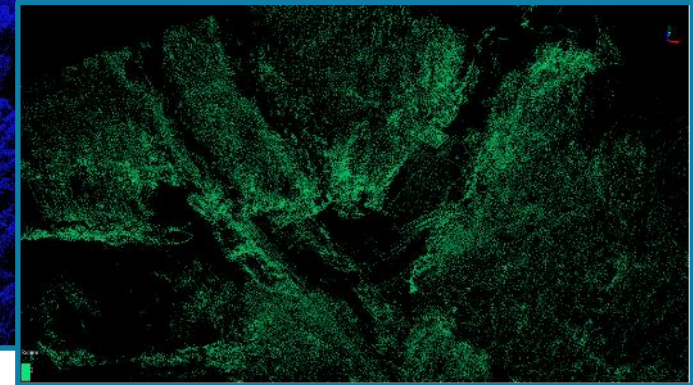
高木植生地域でのUAVレーザーが取得する『植生下地表面』の点群データは、2パルス目以降で多いことが判明し、YellowScanにおける5パルス/1レーザーの最高クラス高品質計測の有効性が確認された。



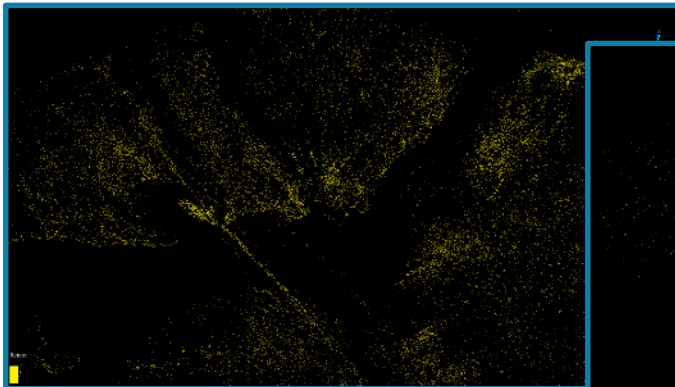
全体点群データ



1パルス目取得点群データ



2パルス目取得点群データ



3パルス目取得点群データ



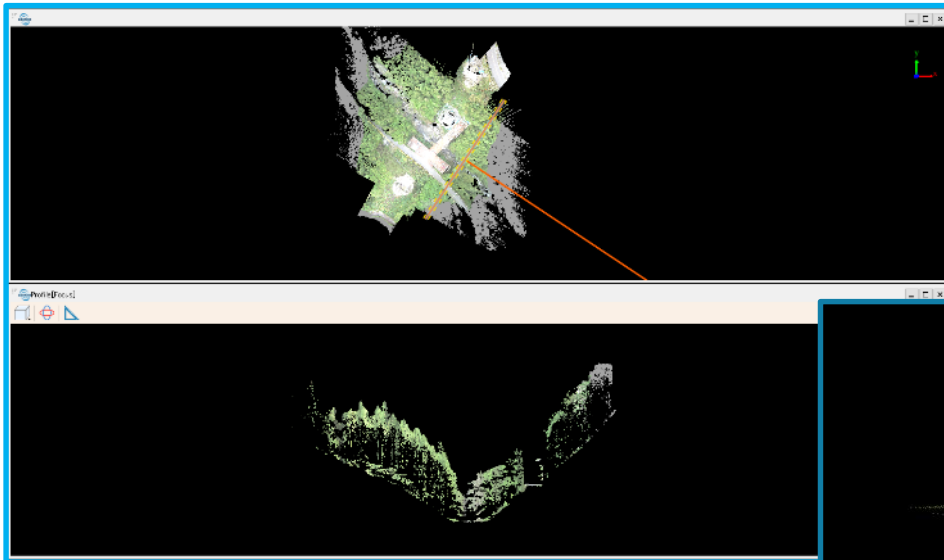
4パルス目取得点群データ



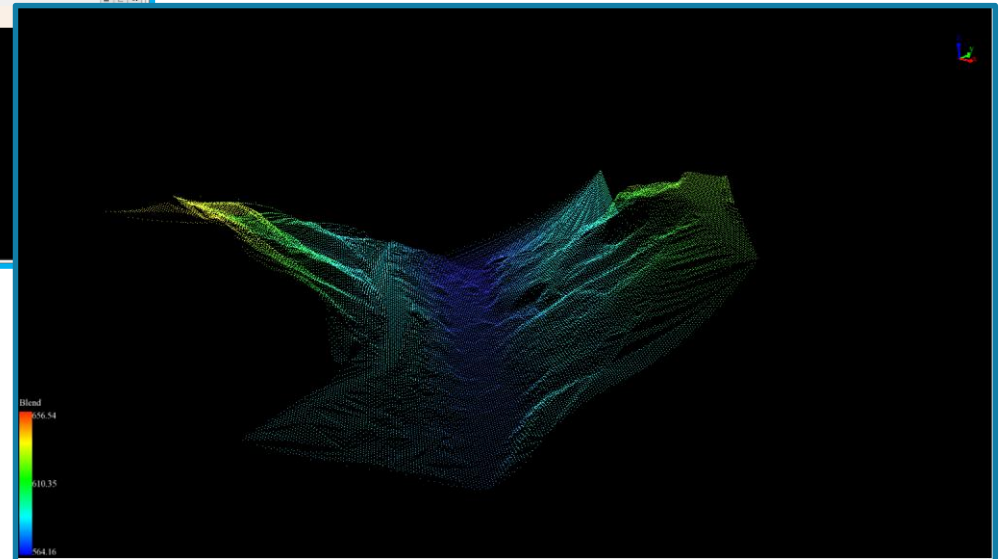
5パルス目取得点群データ

### 4-3. 高木植生地域での縦横断面データ及び土地抽出

点群処理ソフトLidar360を用いて、任意の中心線に沿った地表面の縦横断面図の自動作成や、任意のメッシュ間隔による土地抽出をすることが簡単に可能。



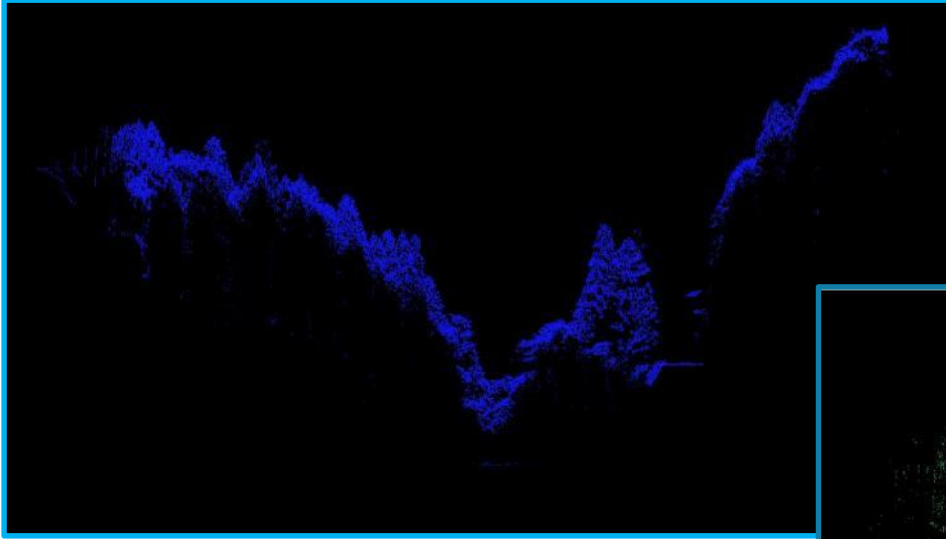
断面位置と横断面図



1mメッシュでの土地抽出

#### 4-4. 高木植生地域でのパルス毎の横断面図比較

パルス毎の横断面図の比較では、1パルス目は主に樹木点群を取得し、2パルス目以降に地表面点群を取得することが明確になった。



1パルス目取得点群による横断面図

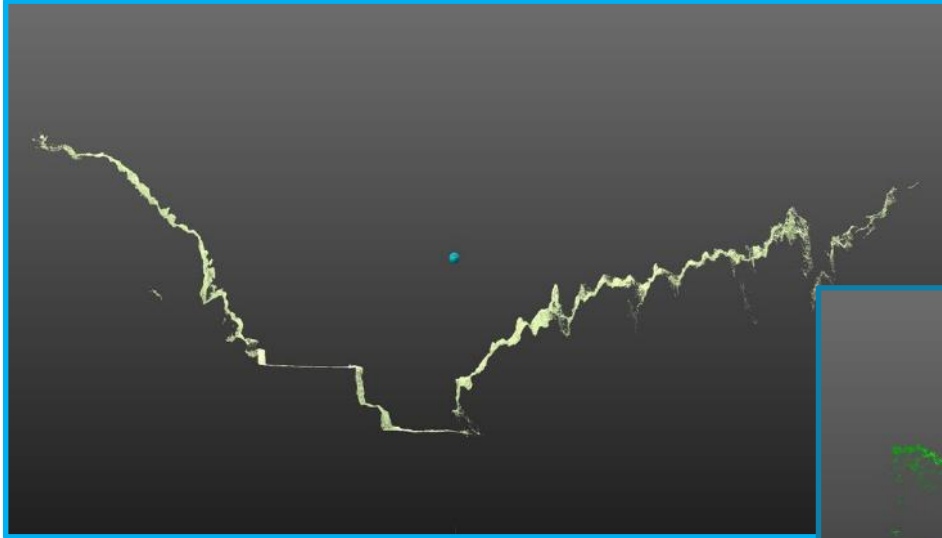


2パルス目取得点群による横断面図

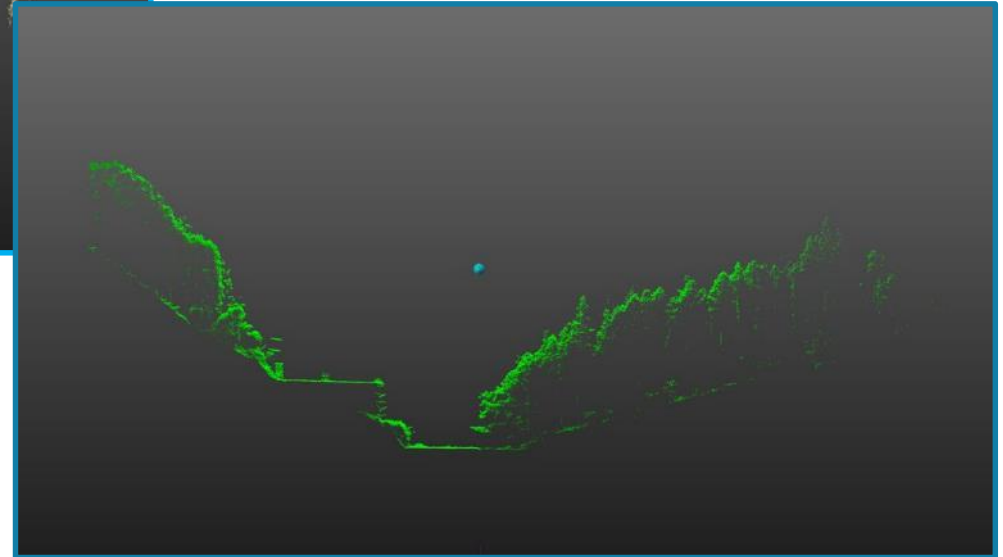


#### 4-5. 高木植生地域でのUAV空撮測量とUAVレーザー測量の横断面図比較

高木植生地域・樹木密集地におけるUAV空撮測量とUAVレーザー測量の横断面図比較では、UAV空撮測量がDSM(樹木を含んだ地表モデル)のみを取得し、UAVレーザー測量ではDSMとDTM(樹木を取り除いた地表モデル)の双方を取得することが確認された。



UAV空撮測量横断面図



UAVレーザー測量横断面図

## 5. まとめ

- ・ドローン(UAV)空撮3D測量では植生地域地表面の計測が出来ないが、UAVレーザー測量ではレーザーを利用するため、樹木が密集する植生地域でも地面の計測が可能。
- ・ドローン空撮(写真)3D測量のデメリットの一つとして精度不良があり、ラップ率を大きくしても、高さ精度が出来形管理に適用される位置精度0.05m以内をクリア出来ない。
- ・UAV搭載型レーザーキャナ YellowScan VX-20の特徴は、総重量3kgと超軽量ながら世界最高水準の高品質計測(5パルス/1レーザー、100,000点/秒)。  
【(UAVヘリコプター:SKY-Heli もしくは UAV:DJI Matrice 600 Proに搭載可能)】
- ・中低木植生地域(樹木密集地)においてUAVレーザー測量とUAV(ドローン)空撮測量及び横断測量を実施し、UAVレーザー測量での植生地域の3D地表面の再現が確認された。
- ・高木植生地域でのUAVレーザーが取得する地表面の点群データは、2パルス目以降で多いことが判明し、5パルス/1レーザーの最高クラス高品質計測の有効性が確認された。
- ・点群処理ソフトLidar360を用いて、任意の中心線に沿った地表面の縦横断図の自動作図や、任意のメッシュ間隔による土地抽出をすることが簡単に可能。