

# UAVを用いた空中写真による三次元点群測量について

當山 忍、洲鎌 実吉、友利 大郎三

株式会社 沖縄建設技研 (〒901-2102 沖縄県浦添市字前田 1124 番地)

キーワード： UAV、GNSSローバー、三次元点群測量

## 1. はじめに

国土交通省で進めている i-Construction の一つである施工の情報化において、UAVを測量に活用することで生産性の向上を図っている。国土地理院では工事測量にも活用可能なUAVを用いた公共測量マニュアル(案)(以下「マニュアル」という)を公表している。

ここでは、当社で関わった「ICT 土工検査実施研修」におけるUAVを用いた空中写真測量による三次元点群測量について報告する。

その研修で当社は、UAVの飛行実演、GNSSローバーを用いた検査実演と研修で使用するデータの作成を行った。

## 3. 二次元データ作成

事前に出来形管理のデータを作成する必要があることから、工事の土砂仮置場を盛土工事の施工箇所に見立てて、既存測量成果の基準点および水準点を使用し現地測量、路線測量を実施し二次元データである平面図(図-2)、縦断図、横断図を作成した。

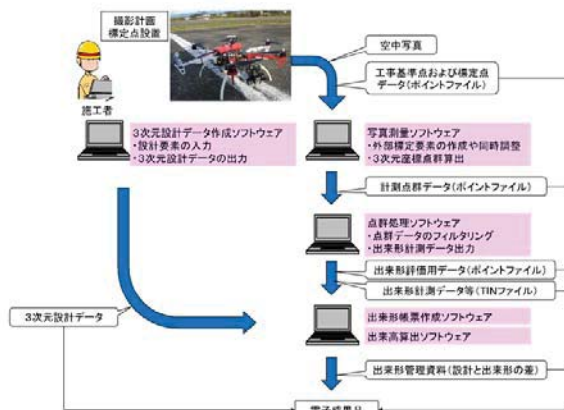


図 1-3 空中写真測量 (UAV) を用いた出来形管理のデータの流れ

図-1 フロー図

## 2. 概要

「ICT 土工検査実施研修」ではUAVの飛行実演、GNSSローバーを用いた検査実演、計測点群データ作成の実演、出来形管理資料作成の実演を行った(図-1)。

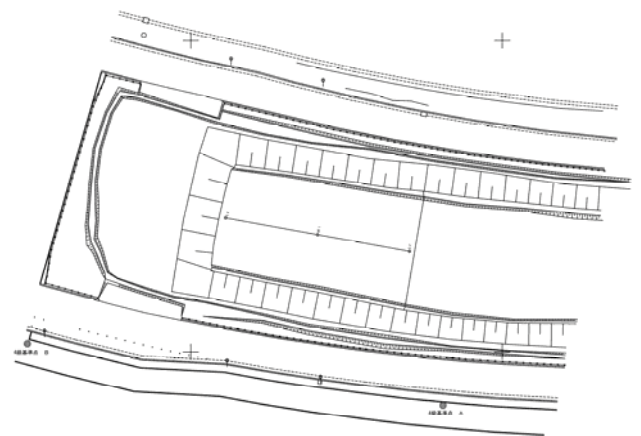


図-2 平面図

## 4. 三次元データ作成

GNSSローバーを用いた検査実演は横断図を土工完成図に見たてて三次元出来形管理を行うこととなる。検査はGNSSローバーから得られるXYZ(平面座標、標高)を比較することで合否判定を行う

ことから二次元データの作成において使用した基準となる基準点の精度確認の視点から点検測量を実施した。

既存の基準点は、平成 13 年度に設置された 3 級基準点成果を与点とした 4 級基準点で日本測地系の成果であることから世界測地系に座標変換を行った。与点である 4 級基準点 A、B の点検測量を GNSS 測量機を用いて電子基準点を与点としたスタティック法により実施し表-2 の成果を得た(写真-1)。



写真-1 スタティック法による点検測量  
表-1 スタティック法による点検値

点名	X 座標	Y 座標	標高
A	22,391.300	23,740.623	24.597
AS (点検)	22,391.373	23,740.484	24.618
差	+0.073	-0.139	+0.021
B	22,401.253	23,673.900	24.265
BS (点検)	22,401.321	23,673.764	24.284
差	+0.068	-0.136	+0.019

表-1 の結果から世界測地系に変換した座標を採用するとマニュアルの計測誤差の制限±0.05m以内に収まらないことがわかる。

検査実演で用いる GNSS ローバーは、ネットワーク型 RTK 法 VRS 方式で電子基準点を使用し配信事業者から補正情報の取得によって座標を決定することから 4 級基準点は、GNSS 測量スタティック法による点検値を採用することで座標系を一致する方法で行った。

基準点の修正に伴い平面図、縦断図、横断図の二次元データを修正し三次元設計データ(サーフェイスデータ)(図-3)と GNSS ローバーを用いた検査実演のデータとした。

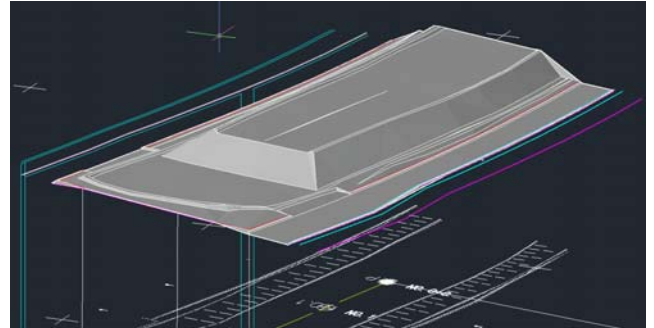


図-3 サーフェイスデータ

## 5. UAVを用いた空中写真測量による三次元点群測量

UAVを用いた空中写真測量による三次元点群測量を実施し計測結果から三次元点群データを作成することとなるが、ここでは、「飛行計画」「標定点及び検証点の設置」「撮影」「計測結果」について述べる。

### 5.1 飛行計画

図-4 に飛行計画を示す。撮影高度は 40mとし隣接空中写真との重複率は 90%、隣接コースとの重複率 90%とした。マニュアルにおける重複率は、隣接空中写真間で 90%以上、隣接コースの空中写真間で 60%以上と規定されている。



図-4 飛行計画

## 5.2 標定点及び検証点の設置

マニュアルに基づいて対空標識の標定点5点、検証点3点をネットワーク型RTK法VRS方式により設置した(図-5、写真-2)。

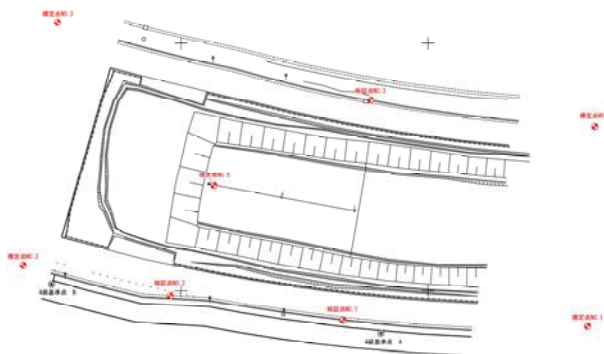


図-5 標定点及び検証点配置図



写真-2 観測状況

## 5.3 撮影

今回使用した無人航空機は、DJI Phantom4を使用し撮影高度40m(写真-3)の撮影を行った。

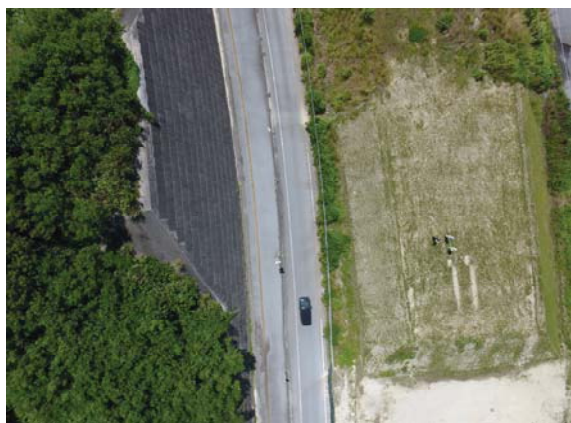


写真-3 撮影高度40m

撮影高度40mでの検証点における計測誤差は表-2、写真-4に示すとおり制限±0.05m以内が確保されていない結果となった。

表-2 撮影高度40mの検証点

点名	X座標	Y座標	標高
検証点 NO.1	-0.0203	-0.0535	-0.0967
検証点 NO.2	-0.0169	-0.0451	-0.0960
検証点 NO.3	+0.0032	+0.0258	-0.0451



写真-4 検証点

計測誤差の制限は標定点と検証点における座標の誤差は、平面位置、高さとも全て0.05m以内であることと規定していることから、誤差を制限内に収めるために再度、標定点及び検証点の位置を検討し、検証点を新たに1点追加して検証点4点とし標定点の位置を狭めて配置した。撮影高度を25mとした撮影を行い表-3の結果を得た(図-6、写真-5)。

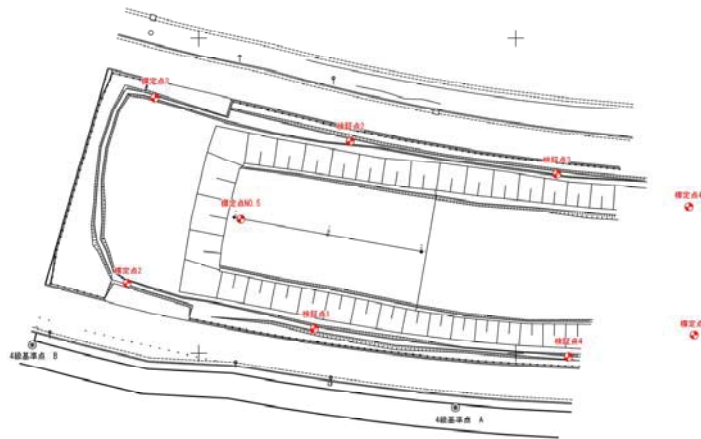


図-6 標定点及び検証点配置図(25m)



写真-5 撮影高度 25m

表-3 撮影高度 25mの検証点

点名	X座標	Y座標	標高
検証点.1	-0.0472	+0.0108	+0.0098
検証点.2	-0.0257	+0.0398	+0.0252
検証点.3	-0.0096	+0.0349	+0.0158
検証点.4	-0.0393	+0.0045	+0.0119

#### 5.4 計測結果

公共測量におけるUAVの使用に関する安全基準(案)平成28年3月国土交通省国土地理院において、地上の構造物から30m以上の距離を確保した運航(航空法に基づく承認を得る必要のない方法)を原則としていることから、今回、撮影高度を40mで設定した結果、計測誤差の制限以内に収めることが出来なかった。マニュアルにおいて、撮影高度は、三次元点群データの高さの精度を最大0.05mとすると、地上画素寸法が0.01mとなるように使用するデジタルカメラの画素サイズと焦点距離から決定することとなっている。今回、使用した無人航空機DJI Phantom4に搭載されているデジタルカメラの性能から撮影高度は23.148mになることから撮影高度を25mとし撮影範囲を敷地内で行うこととし再計測を行った。

撮影高度を40mから25mに下げることによって計測精度の向上が確認された。

計測成果を基に写真測量ソフトウェアにより、三次元点群データ(図-7)を作成した。



図-7 三次元点群データ

出来形管理においては、三次元設計データ(サーフェスデータ)と三次元点群データからなる面的な竣工形状を書面検査で行うことを導入している(図-8)。

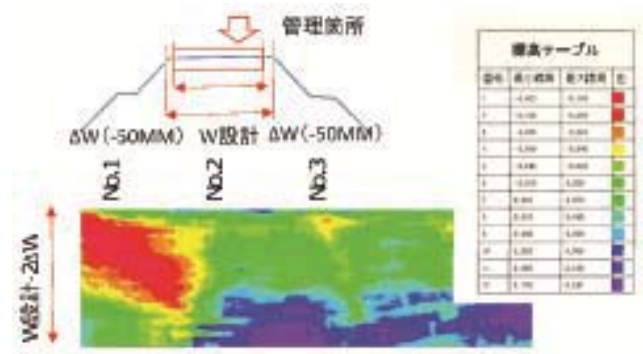


図-8 出来形分布図

#### 6. おわりに

今回は、ICT 土工検査実施研修に使用するデータということもあって簡易的なデータ作成に留めた。計測結果から分かる様にマニュアルに沿った撮影高度が確保することが出来なかったことからUAV及びデジタルカメラの性能を考慮する必要がある。最近では、UAVに長距離高密度レーザースカナを搭載した機種も登場していることからUAVの運用ニーズが急速に進んでいくと思われる。

#### 参考文献

- ※UAVを用いた公共測量マニュアル(案)平成28年3月  
国土交通省国土地理院