

三次元点群データ作成の事例および精度検証

當山 忍、洲鎌 実吉

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： 三次元形状復元、点群編集、精度検証

1. はじめに

無人航空機(UAV)を用いた公共測量は、平成28年度から導入されており、UAV写真測量の業務も年々増え続けている状況がある。弊社においては、導入時期がまだ浅いため、UAV写真測量と現地測量の成果を比較したことがなく、精度的に不明なところがある。

ここでは、UAV写真測量で撮影した空中写真を基に図-1に示す三次元形状復元計算、点群編集、三次元点群データファイルの作成による三次元点群データと実測したデータを比較して精度検証を行った結果について報告する。



図-1 作業フロー

2. 三次元点群の作成作業

「三次元点群」とは、地形に係る情報の水平位置(座標)および標高に加え、空中写真の色情報を属性として計算処理が可能な状態として表現したものである。

2.1 三次元形状復元計算

三次元形状復元計算とは、撮影した空中写真及び標定点を用いて、空中写真の外部標定要素及び空中写真に撮像された地点(図-2に示す特徴点)の位置および標高を求め、地形・地物の三次元形状を復元し、三次元点群データを作成する作業である。

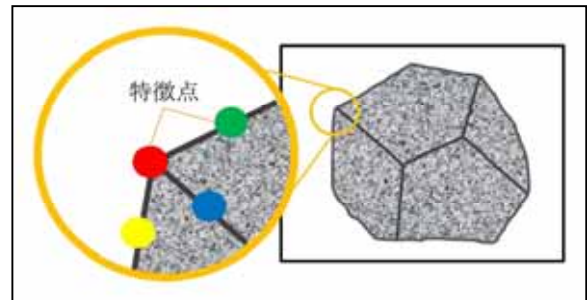
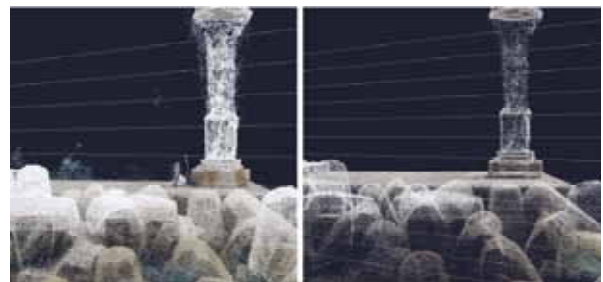


図-2 特徴点検出

2.2 点群編集

点群編集とは、三次元点群データを基に異常点の除去や必要に応じて点群の補間等の編集を行う図-3に示すグラウンドデータを作成する作業である。



編集前

編集後

図-3 グラウンドデータ

2.3 三次元点群データファイルの作成

点群編集したグラウンドデータを基に点と点を線で結んで面の表示をする図-4に示す地形モデル(サーフェスデータ)を作成する作業である。

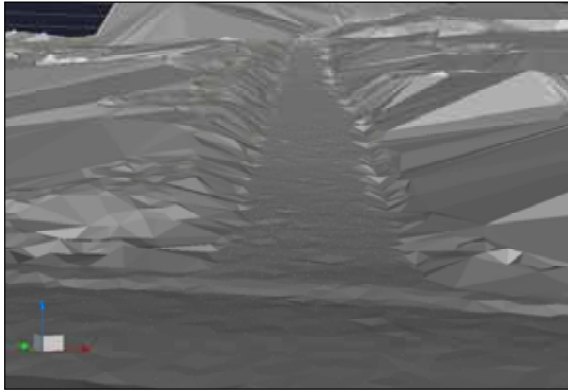


図-4 サーフェスデータ

3. 三次元点群データ作成(防波堤の事例)

3.1 Pix4D を用いた三次元点群データ作成

撮影した写真を基に画像処理ソフト Pix4D を使用して以下の画像処理作業方法で標定点要素の入力、検証点の確認、特徴点を算出の画像解析を行い図-5 に示す三次元点群データを作成した。

- 1) 座標系設定および処理方法の選択
- 2) 標定点/検証点の座標インポート
- 3) 標定点/検証点のマーキング
- 4) 出力データの確認



図-5 三次元点群データ

3.2 TREND-POINT を用いた点群編集

三次元点群データを基に点群編集ソフト TREND-POINT を使用した点群編集機能を活用して、異常点の除去や均等間引、必要に応じて点群の補間等の編集を行い、図-6 に示すグラウンドデータを作成した。



図-6 グラウンドデータ

3.3 TREND-POINT を用いた三次元点群データファイルの作成

点群編集の結果、図-5 より図-6 は実態に近い画像ではあるが、暗くて見づらいため、点と点を線で結んで面の表示をした地形モデル(サーフェスデータ)作成し、図-7 に示すオルソ画像併合までを行った。

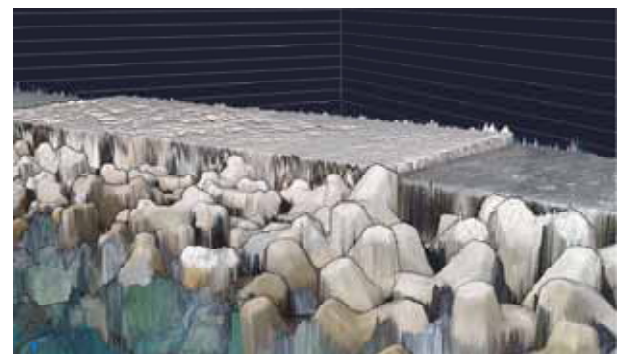


図-7 オルソ画像併合

4. 三次元点群データを使用した断面図作成

点群編集ソフト TREND-POINT を使用して、三次元点群データから任意の位置の断面図を作成できる地形モデル(サーフェスデータ)を介して図-8 に示す中心線

形の入力を行い、図-9の縦横断現況抽出をして図-10に示す断面図を作成した。



図-8 中心線形の入力

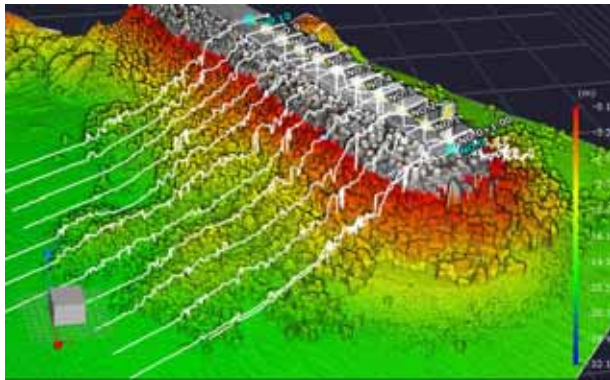


図-9 縦横断現況抽出

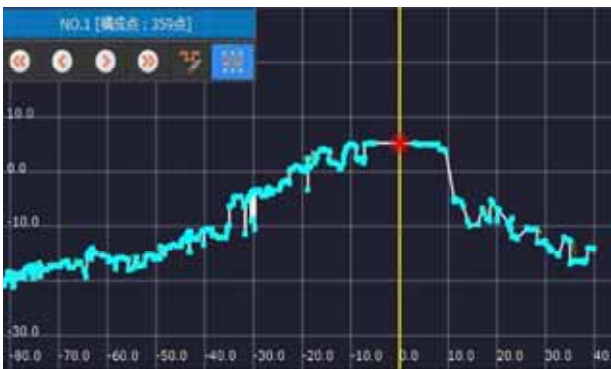


図-10 断面図

5. 精度検証

UAV 写真測量と現地測量、路線測量の成果を比較し事例 2 つの精度検証を実施した。

5.1 事例 防波堤

現地は延長 100m、幅 16m の防波堤である。三次元点群データの測点標高値と GPS 機器で求めた標高を基準にして、TS(トランジット)で設置した測点標高値および直接水準測量の測点標高値を基に作成し

た。表-1 は、水準測量と TS の標高比較、および表-2 は、TS と点群データの標高比較結果を示す。表-1 の直接水準測量と TS では、UAV 写真測量の合格基準値 50mm 以内であることが分かる。表-2 の TS と点群データでは、5 測点中 3 測点しか基準値内に収まっていないことが分かる。検証点座標の較差では合格基準値 50mm 以内であったが、三次元点群データとしては、精度が悪いデータである。

表-1 水準測量と TS の標高比較

測点名	水準測量	TS	差 mm
NO.0+1	5.120	5.132	12
NO.1	5.099	5.104	5
NO.2	5.065	5.095	30
NO.3	5.653	5.700	47
NO.4	5.664	5.698	34

表-2 TS と点群データの標高比較

測点名	TS	点群データ	差 mm
NO.0+1	5.132	5.060	72
NO.1	5.104	5.094	10
NO.2	5.095	5.075	20
NO.3	5.700	5.734	-34
NO.4	5.698	5.813	-115

原因：標定点 3 点、検証 2 点で三次元点群データを解析した標定点不足と、撮影時の天候が考えられた。撮影時は、晴天で写真への光が強く反射によると思われる異常点が多く見られたからである。

今後の課題：標定点 4 点以上の配置計画および撮影時の天候を考慮する必要がある。

5.2 事例 岸壁

現地は約 900 m² (30 × 30m) の岸壁である。三次元点群データに基づいた平面図・横断図と TS で実測し作成した平面図・横断図を比較した事例を報告する。

UAV 写真測量では一般的な図-11 の上空からのものと 45 度のカメラアングルで岸壁側面を撮影した図-12 で画像の取得を計画した。

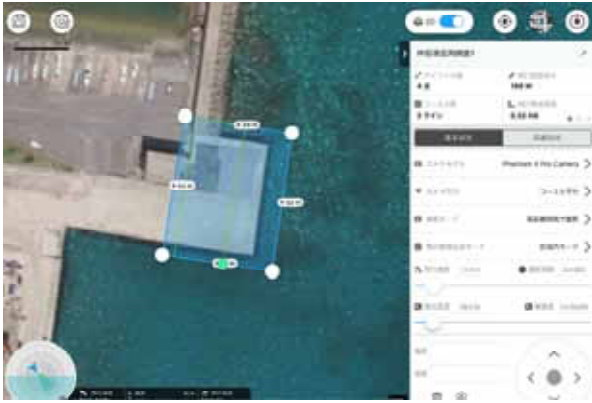


図-11 計画図 1



図-12 計画図 2

図-13 に示す標定点 5 点、検証点 3 点を設置し Pix4D を用いて 67 画像の解析を行った。解析に要した時間は、最終的なオルソ画像まで含めて 10 時間程度であった。



図-13 平面図

現地測量で作成した図-13 の二次元平面図と UAV 写真測量で得られた図-14 の三次元点群データを比較するのは難しいが、視覚的に三次元点群データを用いることで、現地状況が分かり易い。

図-15 の横断面図は、岸壁の陥没箇所の路線測量成果の実測値に三次元点群データから取得したデータを照合したもので、比較する上で代表的な横断面図とした。

横断面図においては、陥没箇所でも最大

0.222m と誤差が大きく出た。他の断面では 0.100m 程度の誤差で納まっていた。中心線である縦断面図の標高と三次元点群データは、最小値 0.003m 最大値 0.037m と合格基準値 0.050m 以内となった。

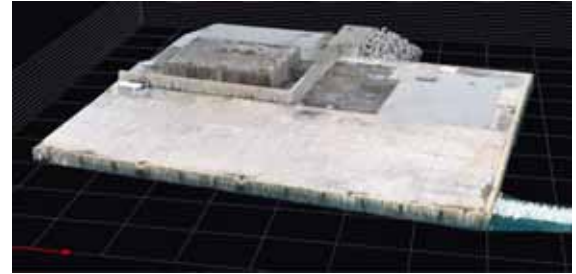


図-14 三次元点群データ

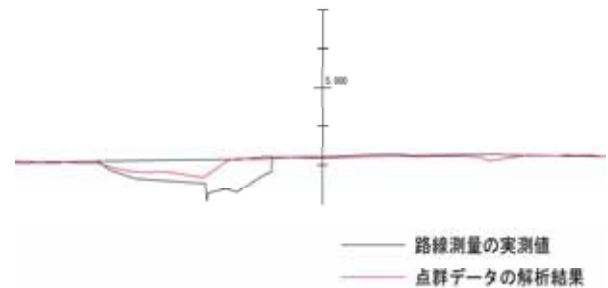


図-15 横断面図

原因：雨上がりのため現地に水溜りが点在していたことと、UAV 空中写真測量で、飛行高度を 38m としたことによる画像の品質が低下したことが考えられる。

今後の課題：できるだけ飛行高度を下げる。また、画像取得および現地状況の適切な判断を行うことが上げられる。

6. おわりに

精度向上に向けて UAV 写真測量を行う際には、気象条件、現地状況、飛行高度、飛行計画やカメラアングルの計画を行い再度、精度検証を実施し精度向上を目指していきたい。

参考文献

UAV を用いた公共測量マニュアル(案)
国土交通省国土地理院