

無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた流出土量算出

株式会社パスコ 正会員 ○林 大貴 非会員 津口 雅彦
国土交通省関東地方整備局 正会員 野口 孝俊
ポートコンサルタント (株) 正会員 足立 元良

1. はじめに

国土交通省による、「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」等の施策導入に向けて計測技術の 3 次元化が期待されている。一方で、主な 3 次元計測技術として挙げられている無人航空機を用いた空中写真測量は地表面とその上にある地物表面の標高を含んだ DSM : Digital Surface Model (表層モデル) データしか取得できない弱点があり、地上型レーザスキャナでは効率性の面から広範囲のデータを取得するには難がある。こうしたことから人の立ち入れない樹木の繁茂した個所では正確な地表面 3 次元データの取得が困難であった。また、従前成果が DSM のみの場合、流出土量を算出するには不適当な状況が多くあった。

本稿では無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いて長期間人の立ち入れない状況であった富津岬合の第一海堡を計測し、DTM : Digital Terrain Model (地表モデル) を作成した事例を記す。また、多様な 3 次元計測方法によるデータの検証を行い、従前成果が DSM しかな存在しない状況であっても流出土量を正確に算出する方法を試行する。本調査は、東京湾口航路事務所が第一海堡所有者の上陸許可を受けて行ったものである。

2. 使用機器

本稿に使用した機器を記す。

表-1 使用機器

無人航空機 搭載型カメラ	DJI 社製無人航空機 (UAV) M210 DJI 社製 Zenmuse X5S
無人航空機 搭載型レーザ	DJI 社製無人航空機 (UAV) Matrice600Pro 搭載レーザスキャンシステム : TDOT GREEN
TLS	Leica 社製地上レーザ測量機 P40 Leica 社製地上レーザ測量機 BLK360
その他	標定点測量に GNSS 測量機 Trimble R10 を使用

3. 測量作業

キーワード 無人航空機搭載型レーザスキャナ, DSM, DTM, UAV, 土量算出, 精度検証

連絡先 〒192-0046 東京都八王子市明神町 2-12-21 株式会社パスコ TEL 042-631-3062

(1) 基準点・標定点測量

第一海堡内には既設基準点が存在しないため、後続の測量作業に必要となる基準点を GNSS-RTK 方式で観測し、標定点測量も同様に行った。

(2) 無人航空機による空中写真測量

空中写真測量は、無人航空機 (UAV) にデジタルカメラ搭載したものをを用いて第一海堡の現況地形を撮影し、3 次元写真地形モデルを作成した。UAV による空中写真撮影は、RTK 基地局を設置し、自動航行で撮影を行った。予定撮影コースは 7 コースで地上解像度は 2mm で撮影を行った。撮影したデータから標定点を抽出し、レンズ補正データも含め SFM : Structure from Motion 技術による処理を行い、DSM (表層モデル) を作成した。データ作成には Agisoft 社製 Metashape を使用した。



図-1 空中写真測量による DSM モデル

(3) 無人航空機搭載型レーザによる航空レーザ測量

UAV 搭載型レーザによる地形計測は、無人航空機 (UAV) にグリーンレーザを利用した測量機器を搭載したものをを用いて第一海堡の現況地形を計測し、3 次元点群モデルを取得した。これは特に中央部の森林地帯の現状把握、並びに従来法では計測しきれない浅瀬の水中部地形を把握するためである。計測するにあたって、第一海堡の植生状況や建造物の構成等を踏まえ、直線コース及びそれらを横断するようなコースを計画した。南北方向に 20 コース、東西方向に 20 コース、斜め方向に 19 コースの計 59 コースを計画した。観測された点群データからオリジナルデータ並びにノイズ除去済みデータ (DTM データ) を作成した。

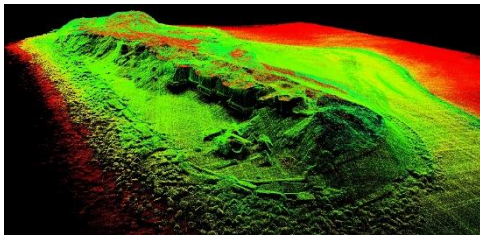


図-2 UAV搭載型レーザによるDTM点群データ

(4) 地上レーザ測量

地上レーザ測量では、地上レーザ測量機を用いて第二海堡の特に建造物の現況構造を把握するため、建造物内外の3次元点群モデルを計測・作成した。

観測した点群データを写真と合成し、色付き点群データを作成した上で、標定点観測データを基に全スキャン位置を標定し、合成処理、ノイズ処理を行い、3次元点群データを作成した。データ作成には Leica 社製 Cyclone を使用した。

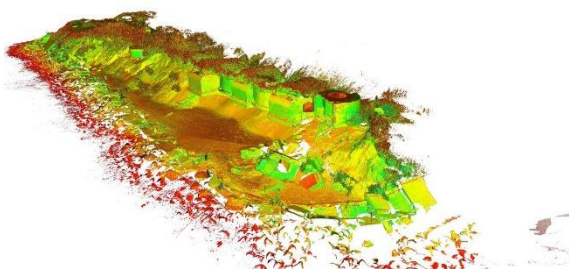


図-3 地上レーザ測量による点群データ

4. 各手法の検証

各計測手法で第一海堡の陸部及び周辺海底地形を計測し、それぞれの基準において精度を確認した。ただし、現況把握に複数のデータを合成して確認する必要があるため、それぞれの計測データ相互間で誤差がないかの確認を行った。検証方法として、南海岸の一部を選定し、DSM データと DTM データ、DTM データと地上レーザ測量による点群データを比較し、格差の標準偏差を算出した。



図-4 選定した個所の誤差較差検査

この結果、どちらの比較結果も標準偏差値 6mm となり、複数のデータを合成しても問題がないことを確認した。

5. 計測地形データから植生部分の分離作業

(1) DSM データから DTM データの抜き出し

第一海堡は 2017 年 5 月に無人航空機による空中写真測量を行い、DSM データを作成している。DSM データは植生高を含むデータのため、正確な流出土量を算出できない。このため、今回計測した各種データから植生高のみのデータを作成し、2017 年の DSM データより減算することによって疑似的な DTM データを作成する試行を行った。

(2) DSM データより植生高の抽出

今回 (2019 年 11 月) 計測した DSM データより DTM データを減算し、植生の法量を面的に算出した。

その後、2017 年の DSM データより今年度データから算出した植生法量を減算し、疑似的に 2017 年の DTM データを作成した。作成した DTM データを基に断面を生成し、成果を確認した。



図-5 断面図比較

この結果、一部で植生と思われる部分を消去できたことを確認できたが、一部で構造物縁による予期しないエラー値や、植生の生育具合に関連した誤差を確認した。構造物縁による誤差は DTM と DSM の計測手法がレーザ測量と SFM 処理による違いであるものと考えられ、植生の生育状況の違いは 2017 年の計測が 5 月であり、2019 年の計測が 11 月と植生繁茂時期の差と推定される。これらエラー値を勘案すれば、過去の DTM を推察することは可能だと思われる。

6. まとめ

本稿では、効率的に現況地形を取得する一例を示した。また、従前成果が不足している状況であっても、従前成果と似た環境で十分な計測を実施すれば、過去状況を推察可能だと思われた。

現在は技術の過渡期にあり、技術が確立していない状況での計測データは多岐にわたると考えられる。今後、全国の施設や遺構でこれら過去データを活用する場面が存在すると考えられる。本稿が今後の解析と、再現性向上への一助となれば幸いである。