

ドローン画像を用いたSfM写真測量における作業効率の向上と精度評価

Enhancing Operational Efficiency and Evaluating Accuracy in SfM Photogrammetry Using Drone Imagery

3次元データの作成活用に向けて

本研究は、ドローン撮影画像を用いたSfM写真測量において必要な標定点の測量等の現場作業を簡略化することを目的として、自動位置取得型対空標識や地球測位航法衛星システム等の利用について検討した。これらの装置の利用や標定点の設置数と測量精度の関係を明らかにした。



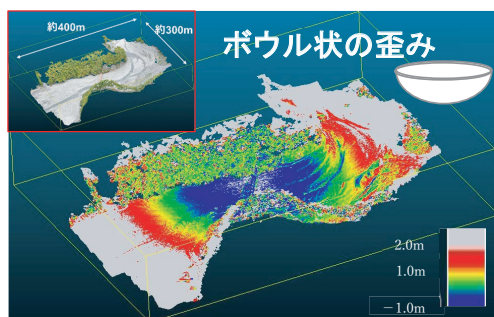
執筆者
電力技術研究所
土木グループ
望月 俊彦

1 研究の背景・目的

ドローンを活用したSfM多視点ステレオ写真測量（Structure from Motion Multi-View Stereo Photogrammetry：以下SfM写真測量）は、従来の測量方法に比べて低コストかつ短時間で広範囲の三次元地形データを取得できることから、これまで擁壁、河床、崩落地、ダムなどで適用性を検討してきた（第1表 技術開発ニュースNo.165参照）。この方法では、精度向上のためにはトータルステーション等の測量機器を用いて多数の標定点（GCP：Ground Control Point）の設置が必要であり、多くの時間と労力を要することが課題となっている。標定点を設けない場合には、第1図のように測量範囲の端部でボウル状の大きな歪みが生じやすい。そこで本研究では、標定点を簡易に設定する方法や精度を確保する方法として自動位置取得型対空標識やGNSS測位衛星リアルタイム汎用地球測位航法衛星システム（RTK-GNSS）を利用したRTK搭載ドローン（RTK: Real Time Kinematic）を用いた場合に対し、標定点の設置数等と測量精度の関係について、川洲やえん堤排砂路の水平部を対象に検討を行った。

第1表 SfM写真測量の適用可能性評価（技術開発ニュースNo.165より）

事例	目的	目標精度	結果	評価
擁壁	変位量把握	数mm～数cm単位	cm単位の変位量把握は可能	○
	クラック管理	幅数mmのクラック検出	高度なドローン運転技術が必要、超近接撮影ができれば幅数mmの既知クラックは検出可能	△
河床	河床形状の把握	数十cm単位	良好なデータを取得。ただし、水面下は測量不可	◎
崩落地	崩落地の土砂変動量の把握	数m単位	RTKや標定点の設置が困難で精度確保に難題	△
ダム	部位の洗掘量の把握	数cm単位	cm単位の測量は可能	◎



第1図 SfM写真測量における端部の歪みの例

2 現地作業簡易化に用いた装置

(1) 自動位置取得型対空標識

第2図（a）に使用した自動位置取得型対空標識を示す。この標識は電源を入れるだけでGNSS衛星電波を取得し、設置位置の特定が開始されるため、従来必要であった標識ごとの測量器による位置計測を省略でき、現場での作業時間と負担を大幅に軽減できる。また、撮影後の画像処理において標識の自動検出と位置合わせが容易であるため、データ処理の効率も向上する。さらに、小型・軽量で防塵防水性能を備えており、河川環境など過酷な条件下でも設置・撤収が簡単に行える利点もある。



(a) 自動位置取得型対空標識



(b) RTK測位に用いる基地局

第2図 使用機器

(2) RTK搭載ドローン

第2図（b）にRTK測位に用いる基地局を示す。RTK測位は、既知の正確な位置情報を持つ基地局から補正データを受信することで、誤差数cmの高精度な位置特定を可能にする方法で、RTK搭載ドローンは撮影する画像に正確な座標を付与でき、測量の精度向上に寄与する。

3 自動位置取得型対空標識を用いた検討

第3図に対象とした川洲の写真を示す。測量は河川縦断方向に約100m、横断方向に約17mの範囲で行った。図中の番号はGCPや検証点（CP：Check Point）設置位置である。GCPの座標を基に3次元データを作成し、CPの位置に設置した自動位置取得型対空標識の座標を真値として誤差を評価した。検討ケースを第2表に示す。GCP以外

の点をCPとした。GCPとCPの座標取得には自動位置取得型対空標識を用いた。GCPの配置は、測量範囲の四隅と中央部分に設定するのが一般的であるが、本検討では、その範囲外にもCPを設定してその誤差の程度を評価した。特に、ケース3では、⑦と⑥の間に水脈筋があるため、作業の低減のため⑦側にGCPを集中的に配置したケースとした。



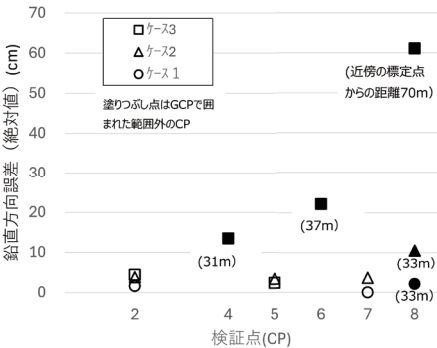
第3図 川洲における標定点 (GCP) 配置位置の概要

第2表 川洲における検討ケース

ケース	内容	GCP
1	GCP四隅+中央	5点 ①・③・④・⑤・⑥
2	GCP四隅のみ	4点 ①・③・④・⑥
3	GCP河川横断なし設置可能位置	3点 ①・③・⑦

第4図に測量結果の内、一般的に誤差が大きく発生しやすい鉛直方向の誤差（絶対値）を示す。黒塗したマーカーは、GCPで囲まれた範囲外のCPであり、近傍のGCPからの最短距離を括弧内に記す。ケース1から3の鉛直方向の誤差は、GCP範囲内でそれぞれ2cm以下、約4cm、約5cm、GCPから30m程度外側では2cm、10cm、13cmであった。また、ケース3では、GCPから距離が離れるほど誤差が大きくなり、約70mでは61cmであることが分かった。

測量範囲内の四隅付近と中央付近の5点に自動位置取得型対空標識を配置することで、GCPで囲まれる範囲外（30m程度）を含め2cm程度の誤差で計測可能である。



第4図 川洲における鉛直方向の誤差

4 RTK搭載ドローンを用いた検討

第5図に対象としたえん堤排砂路水平部の写真を示す。測量は約15m四方の範囲で行った。検討ケースを第3表



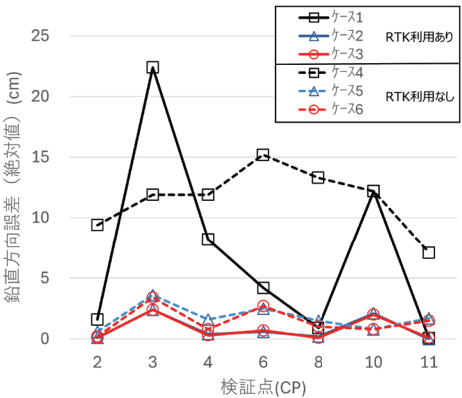
第5図 えん堤排砂路水平部における標定点 (GCP) 配置位置の概要

第3表 えん堤排砂路水平部における検討ケース

ケース	RTK	内容	GCP
1	あり	中央のみ	1点 ⑦
2		GCP四隅のみ	4点 ①・⑤・⑨・⑫
3		GCP四隅+中央	5点 ①・⑤・⑦・⑨・⑫
4	なし	中央のみ	1点 ⑦
5		GCP四隅のみ	4点 ①・⑤・⑨・⑫
6		GCP四隅+中央	5点 ①・⑤・⑦・⑨・⑫

に示す。RTK技術と併用によりGCPを1点のみに減らしたケース1に加え、比較用にRTK測位を用いないケース4も行った。なお、現場作業の簡略化を目的として、基地局の位置座標はGNSS単独測位で設定するとともに、過去の測量結果を基に画像上の特徴点にGCPを設定した。

第6図に鉛直方向の誤差の絶対値を示す。GCP点数が1点のみでは、RTK測位を利用しても誤差が大きい。GCP数が5点と4点ではRTK測位を用いたケース（2，3）では、誤差に差がほとんどなく、約2cm以下であった。また、RTK測位を用いない場合でも約3cm程度であることが分かった。



第6図 えん堤排砂路水平部における鉛直方向の誤差

5 まとめ

本研究では、ドローンを用いたSfM写真測量において自動位置取得型対空標識を用いて現場測量作業を簡易化しつつ標定点数と測量精度の関係を明らかにした。また、RTK搭載ドローンの使用の有無と測量精度の関係についても明らかにした。今後、同種のSfM写真測量において活用が期待される。