

ドローン・SfM技術の土木分野での活用検討

維持管理の高度化・効率化に向けて

Studying the utilization of drone and SfM technology in civil engineering

Making maintenance more sophisticated and efficient

(電力技術研究所 土木G)

(Civil Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

ドローン等で撮影した画像を用いて対象物の3次元モデルを生成するSfM写真測量は、従来の測量方法に比べ、比較的容易且つ安価に点群データの取得が可能である。この技術を土木分野において評価した結果、構造物の変状量や地形の把握等への幅広い活用が可能で、それぞれの測量に必要な精度を得られることが分かった。

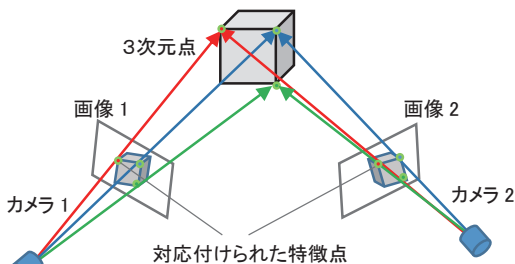
SfM photogrammetry generates a three-dimensional model of an object using images taken with a drone. It can acquire point cloud data with relative ease and affordability compared to conventional surveying methods. As a result of evaluating this technology in the field of civil engineering, it was found that it can be widely used for grasping the amount of deformation of structures and the shape of topography, and that the accuracy required for each survey can be obtained.

1 背景と目的

構造物等の変状量や河川等の地形把握には、従来、トータルステーション等の測量機器を用いて計測しているが、多くの時間と労力を要している。近年、複数の視点から撮影した写真画像を用いて特徴点を抽出し、3次元モデルを生成するSfM多視点ステレオ写真測量 (Structure from Motion Multi-View Stereo Photogrammetry: 以下SfM写真測量という) の技術が発展してきており、ドローンを用いることで目視困難な箇所や広いエリアでも、写真画像を入手できることから、土木分野における当該技術の適用性について検討した。

2 SfM写真測量の概要

SfM写真測量では、複数の視点から撮影した各画像の特徴点をマッチングし、画像撮影位置・方向(カメラポーズ)と画像上の特徴点の3次元的な位置(タイポイント)を推定するSfM処理と、SfM処理によって推定したカメラポーズを用いて、より高密度なモデルを生成するMVS処理を行い、3次元モデルを作成している。第1図にSfM処理の概要を示す。三角測量の原理を用いて、カメラから特徴点へ直線を引き、対応する特徴点を通る2本の直線の交点が3次元点となる。



第1図 SfM処理の原理

作成された3次元モデルは相対的な位置関係の情報であるため、測量範囲にバランスよく複数の標定点を設

け、地上座標を与える必要がある。最近では、GNSS測位衛星等を用いて誤差数cmの地上座標が得られるRTK搭載ドローン (RTK: Real Time Kinematic) で撮影することで作業の効率化が図れる。

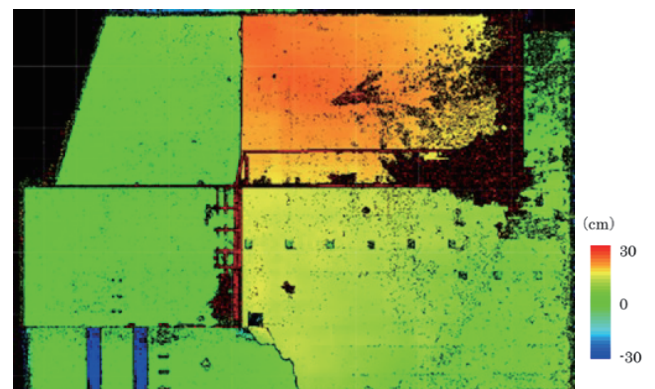
3 適用性検討

今回、ドローンで撮影した画像を使用して、SfM写真測量により作成した3次元モデルから、5事例についてその適用性を検討した。第1表にその目標精度と計測結果を示す。

(1) コンクリート擁壁の変状量把握

河川内に設置してあるコンクリート擁壁を対象とした。コンクリート擁壁の変状量を可視化した変位図を第2図に示す。緑色は変位なし、赤色は前面、青色は背面への変位を示す。擁壁左側は変位なし、擁壁中央上部は前面に約15~20cm、擁壁中央下部も前面に約10~15cm変位していることが分かる。擁壁全体の面的な変状量を視覚的に容易に把握しやすく、ある程度変位量が大きければ、コンクリート構造物の3次元的な変状量把握に活用可能である。

ただし、画像撮影には、日照条件による画像の明暗が測量精度に影響するため、日照条件の影響を受けないよう時間帯を考慮して実施する必要がある。



第2図 コンクリート擁壁変位図

(2) コンクリート擁壁のクラック形状把握

(1)のコンクリート擁壁に発生している幅数mmのクラック抽出可否について、クラック位置からの撮影距離を変えて撮影した。その結果、(1)コンクリート擁壁変状量把握で撮影した10m程度の撮影距離ではクラックをモデル化することは困難であったが、クラックから距離1m程度の超近接撮影であればクラックを3次元モデルで確認することができた。第3図にクラックの3次元モデルを示す。

高度なドローン運転技術が必要であるが、超近接撮影が可能であれば、目視できないような場所の既知クラックの管理にも活用可能である。

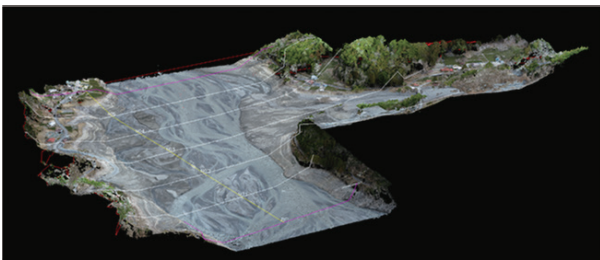


第3図 クラックの3次元モデル

(3) 河床形状の把握

ダム貯水池背水端付近の河床を対象とした。経時的に測量することで、ダム水位低下に伴うダム貯水池内への土砂引き込み量の算出に活用可能である。

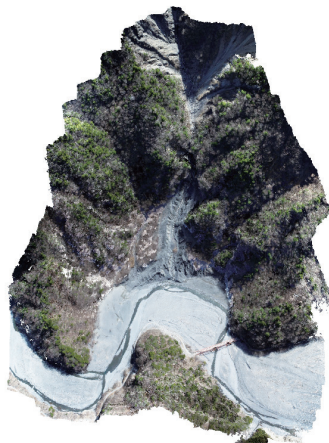
河床のため下方向のみの撮影で日照条件の影響もなく、水面下以外では精度よく3次元モデルを作成することができた。第4図に河床の3次元モデルを示す。



第4図 河床の3次元モデル

(4) 斜面崩落地の土砂変動量の把握

当該地点は、地上基準局の電波が圏外エリアであったためRTK搭載ドローンが使用できなかったこと、崩落地のため高標高部に標定点が設置できず、バランスよく配置できなかったことから3次元モデルが歪み良好なデータを得ることができなかった。第5図に

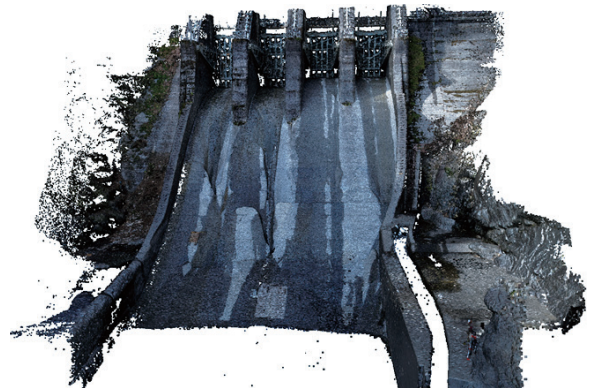


第5図 河床の3次元モデル

斜面崩落地の3次元モデルを示す。しかし、RTK使用可能エリアであれば、経時的に測量し、差分を取ることで斜面崩落地での河川への土砂流入量の算出に活用可能と考えられる。

(5) ダムエプロン部の洗掘量の把握

ダムエプロン部は急勾配であり、容易に立ち入ることが困難であるが、ドローンを用いることで安全に作業することが可能であり、SfM写真測量により精度よく洗掘形状を3次的に把握可能なことから、経時的測量することで補修時期の選定や数量の把握に活用できる。第6図にダムエプロン部の3次元モデルを示す。



第6図 ダムエプロン部の3次元モデル

第1表 SfM写真測量の適用性評価

| 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 | 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。超近接撮影が可能であれば数mmの既知クラックは検出可 | △ |
| 河床 | 土砂変化量の把握 | 数十cm程度 | 良好なデータを取得。ただし、水面下は測量不可。 | ◎ |
| 崩落地 | 河川への土砂流入量の把握 | 数m単位 | 今回の事例では、RTKや標定点が設置できず測量困難。 | △ |
| エプロン | 洗掘量の把握 | 数cm単位 | cm単位の測量は可能 | ◎ |

4 まとめ

ドローンによるSfM写真測量は、コンクリート構造物の変状量やクラックの把握、河床や斜面崩落地での土砂流入量の算出等、幅広く活用できることが分かった。今後は、測量精度の更なる向上を目指すとともに、土木分野での各種計測に幅広く展開していきたい。



執筆者／森田堅次