UAV や CIM 技術を活用した新設砂防堰堤の維持管理に関する一考察

アジア航測株式会社 ○本間文徳，佐藤厚慈，鳥田英司，下川光治，影山高史，橋本侑弥，家崎遥，上杉温子
国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター 竹下航，小杉恵，北本楽

1. はじめに

近年，社会資本ストックの増加・老朽化に伴う個別施設の維持管理が重要になっており，既存砂防設備の点検手法として，UAV の活用検討が進められている。UAV を活用した設備点検，維持管理を進める上では，施設の変状を如何に効率的に把握するかが課題であり，特に施設整備時における現地状況を再現できることが重要となる。本発表では，完成直後の砂防設備を対象とし現地状況の再現方法として①竣工図を用いた CIM モデル作成，②UAV による構造物及び道路，堆砂敷等の情報取得について述べ，点検時の活用方法として，③統合モデルの活用，④ICP 等による変状の自動抽出について報告する。

2. 対象施設

対象施設は近年，竣工した施設で地表面の形状を取得しやすい施設として，令和 2 年に竣工した室生口砂防堰堤（奈良県宇陀市）を対象とした。

3. CIM モデル作成

竣工時の堰堤形状を再現するために，竣工図面を用い，主構造物である砂防堰堤（本堤，前庭保護工，鋼製スリット，取付護岸）と管理用道路（舗装面），砂防指定地範囲の CIM モデルを作成した。なお，CIM モデルは，今後の利用に配慮し，異なるソフトウェア間で利用可能な IFC 形式で作成した。

4. UAV による構造物・道路，堆砂敷等の情報取得

現地形状を取得するために UAV 撮影を実施し，画像データを SfM（Structure From Motion）処理することで点群データを取得した（図 1 参照）。画像データは使用目的に合せ，飛行エリアや飛行高度を変えて取得した。主構造物周辺ははらみ出しや欠損等の施設変状の確認が必要なため，近景・中景撮影（比高高度 10m 未満）を実施し，高解像度の画像（解像度 6mm 以内）を取得した。堆砂敷は，土砂移動状況や不法占有，不法投棄等を確認することが目的であるため，遠景（飛行高度 50m 程度）から撮影を実施し，広い範囲の画像を取得した。取得した点群データの位置を合せるために，現地に標定点を 6 点設置し，SfM モデルの位置合せを行った。

なお，現地形状の取得には UAV レーザ測量も考えられるが，撮影機材が高価であり，データ処理時間も手動フィルタリングに時間を要するため SfM モデルの処理時間に比べ何倍も長くなることから，画像データから SfM モデルを作成する方が効果的である。

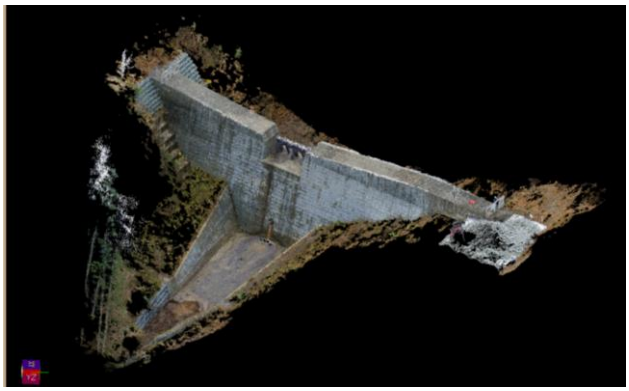

図 1 SfM モデルから取得した点群

5. 統合モデルの試行結果

竣工図面から作成した CIM モデル（構造物モデル）と UAV 撮影画像から作成した点群データ（地形モデル）を統合し，統合モデルを作成した。

砂防施設の間詰工や道路側溝，集水桝等の形状は複雑であり，竣工図面と現地形状に差異が見られる場合がある。また，周辺の土地利用は段々畑や斜面等が複雑に入り混じっており，複雑な形状を呈していた。このため，竣工後の地形情報を保存するには，竣工図から作成した CIM モデルと UAV 撮影データを活用した SfM モデルによる地形取得を融合させることが効率的である。

5.1. 精度検証

CIM モデルと点群の 2 つのデータの精度検証を実施した。堰堤周辺には 2 級基準点，3 級基準点が存在するため，これらを用いて横断測量を実施し，横断図にも座標を付与した。3D-CAD 上で CIM モデルや点群モデルの断面図と実測横断図を比較した結果，実

測断面とモデルから取得した断面の差異は数 cm 程度であり，誤差はごくわずかであった（図 2 参照）。

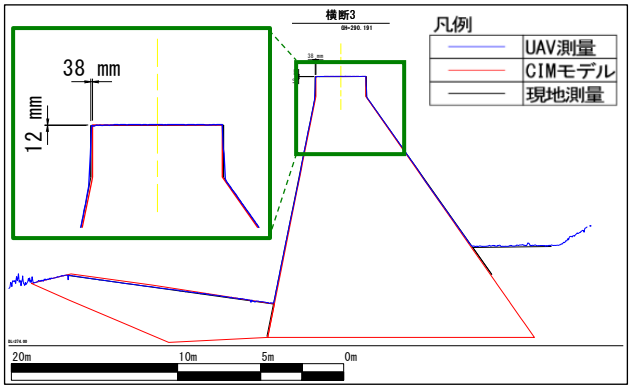

図 2　断面比較図

5.2.　統合モデルの活用

構造物の形状を再現した CIM モデルと地表面の地形の点群モデルを精度よく統合することで，竣工後地表面に隠れてしまい確認が困難な袖嵌入や根入れ部分を確認することができる(図 3 参照)。さらに，地表面から離れた目視や計測ができない箇所も PC 上で変状の確認や計測，マーキングが可能となり（図 4 参照），危険を伴う箇所も PC 上で作業するため，安全性も確保される。

統合モデルは一般的な 3D-CAD ソフトで扱える IFC 形式や J-LAND_XML 形式とすることで，後工程にデータを引き継ぐことが可能となり，誰でも容易に施設状況を確認，更新することが可能となる。

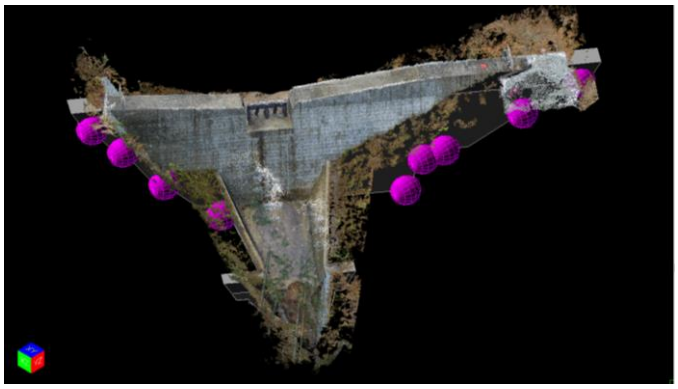

図 3　統合モデルによる根入れの確認

図 4　PC 上でのマーキングや計測例

5.3.　複数期間の計測データの活用

定期的に UAV 写真測量を実施し，複数期間の地表面情報を取得することで，堆砂量の確認や堆砂速度，除石の必要性を容易に確認することができる。

6.　ICP 等による変状の自動抽出

UAV 撮影画像から取得した 3D 点群を用い，二時期の 3D 点群を比較することで，点検の対象となる変状の自動抽出について検討した。なお，点群には摩耗と洗堀に見立てた疑似変状が含むデータを使用した。

二時期の位置合せを行う際，まずは標定点による GCP（Ground Control Point）を用いたが，洗堀の疑似変状箇所で 20cm 程度の差異が確認された。

2 つの点群同士において，対応する点同士の誤差を最小にするように繰返し計算を行い，位置合せを行う ICP（Iterative Closest Point）手法にて位置合せを修正した。結果，処理前に比べて位置合せの精度が向上し，二時期の点群を比較することで，疑似変状を自動抽出することができた（図 5 参照）。

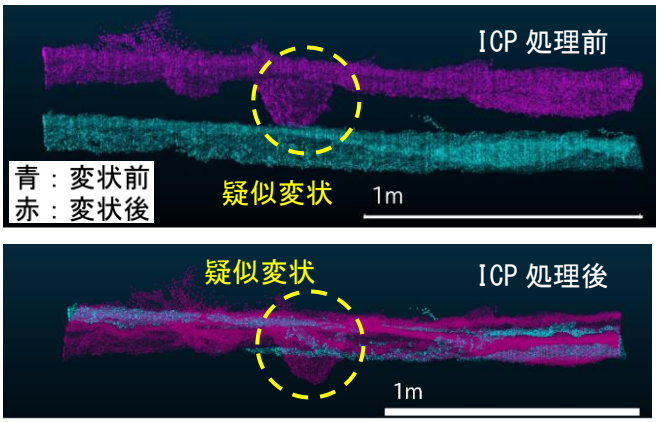

図 5　ICP 処理前後における点群の位置合せ

7.　今後の活用

緊急時（大規模出水後）の渓流においては，堆砂域の植生は土砂に覆われることが多く，上空から堆積面の把握が容易にできるため，UAV 写真測量から三次元モデルを活用し，過年度のモデルと比較することで，効率的に土砂堆積量を把握することができる。さらに，堤体の大規模損傷（大規模欠損）なども差分解析から把握することが可能であるため，堤体の損傷の把握にも活用することが可能である。

緊急時に求められる迅速性という観点からも三次元モデル作成までの作業時間が短い UAV 写真測量がより適した計測手法である。