

砂防設備の維持管理における高度化に向けた取組み

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 ○小林正直，竹下航，岸本優輝
アジア航測株式会社 佐藤厚慈，江口友章，上杉温子，神馬和歌子，家崎遥，橋本佑弥

1. はじめに

大規模土砂災害対策技術センターではインフラ分野の DX 整備の一環として、技術の進歩が著しい UAV を活用した砂防設備点検ならびに維持管理の効率化、高度化のための各種技術開発に取り組んでいる。本発表では近年検討した以下の2つの技術に焦点を当て、各技術の開発状況や特徴等について報告する。

- ① 点検データを一次元管理し、点検や台帳作成にかかる作業を効率化可能なデータプラットフォーム
- ② ICP を活用した二時期点群データの自動位置合わせ、ならびに差分解析による変状の自動抽出

2. 点検結果蓄積のためのデータプラットフォーム

砂防施設の点検は定期的に行われており、多様かつ膨大なデータの管理が課題となっている。一方、砂防施設の点検調査は Excel 形式等で作成されていることが多く、作成に労力を要するほか UAV の利点を十分に活かし切れていなかった。このような背景のもと、以下の特徴を有するデータプラットフォームを検討した上で、河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)に準拠した三次元管内図システム α -Flumen をベースに、開発優先度の高い一部機能を実装した。2.1～2.3 に開発した機能の概要を記す。

- 施設点検に関わる膨大な点検結果データ(写真, UAV フライト情報, 変状レベル, 施設健全度), 三次元地形データ(LP データ, SfM 点群モデル, CIM モデル)を蓄積し一元管理可能。
- 三次元ビューワの機能を有し、多時期データの表示・閲覧【図1】、三次元モデル上での計測、差分解析による変動量算出等が可能。
- 多くの労力を必要とする変状情報の記録, 点検台帳作成の支援機能を有する。
- 官用パソコンで稼働可能。

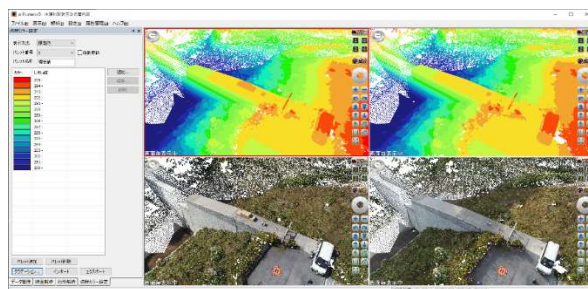


図1 点群表示機能

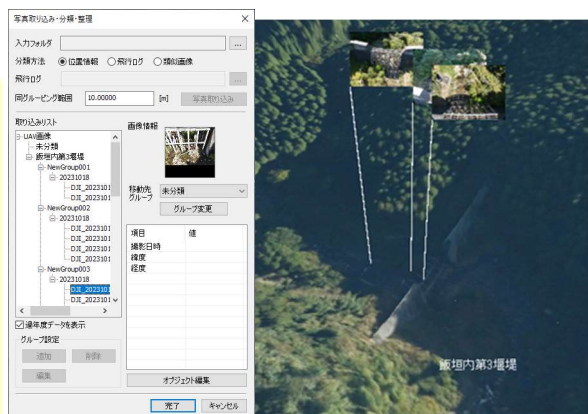


図2 UAV データインポート機能

2.1. UAV データ自動インポート機能

UAV で撮影された写真の EXIF 情報と飛行ログデータの緯度・経度情報から、各データがどの設備で取得されたものかを判別し、データを所定のフォルダに自動分類する機能である【図2】。どの設備で取得されたかは、設備位置や当該設備における過去の写真撮影位置に半径 100m のバッファを設定し、そのバッファに含まれるかで判別する(バッファ範囲は変更可能)。なお、未分類の画像が生じることも想定し、ユーザによる手動分類を支援する機能も備えた。

2.2. 変状情報の記録支援機能

登録した三次元モデル上に、変状位置や諸元を記録するための三次元ピンを配置する機能である【図3】。三次元ピンには座標、変状種別、変状レベル等の属性を付与できる。また損傷の経年変化を容易に比較できるよう、ピンに紐づく複数の写真を同時に閲覧できる機能も実装した【図4】。

2.3. 電子点検台帳出力機能

施設ごとの点検台帳(砂防設備点検票, 異常箇所概要図, 写真帳, 変状の進行性確認, フライト諸元)を XLS 形式で出

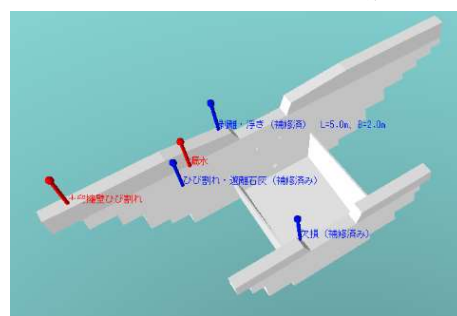


図3 三次元ピンの配置例



図4 写真表示機能

力できる機能である【図5】。データベースに登録した情報や写真、三次元モデル等を活用し自動入力可能な欄を埋めた状態で出力することで、台帳作成にかかる労力を低減した。

3. 点群データとICPを用いた変状自動抽出の試行

将来的に変状の自動抽出システムをデータプラットフォームに実装することを目的として、二時期点群の差解析により堰堤欠損や摩耗、洗堀等を自動抽出する方法を検討した。

3.1. 自動抽出方法

点群を用いた変状の自動抽出の流れを図6に示す。二時期点群で小さな変状を正確に抽出するためには、差解析の前に点群どうしの位置ずれを最小化しておく必要がある。本研究では、その処理手法としてICP（Iterative Closest Point）を採用した。これは、二時期点群で対応する点どうしの誤差が最小となるよう繰り返し計算を行い、自動で位置合わせをするものである。なお、ICPで位置合わせをするには二時期でほぼ変化していない不動点を指定する必要がある。本研究では砂防設備がそれにあたると考え、点群から人工的な平面形状を抽出可能なRANSAC法（Random Sample Consensus）により砂防設備を自動抽出することとした。RANSAC法は、ランダムに選んだ3点を通る平面を生成し、平面から一定距離内の点数を数えることを繰り返すことで高速に最大の平面を取得する手法である。これらの前処理を行った上で、差解析により変状を抽出した。

3.2. 検証

堰堤周辺に変状（袖部の欠損等）に見立てた段ボールを配置した状態と、配置前の状態とでSfM解析により点群を作成し、図6の処理を行うことで、考案した手法の妥当性を検証した。図7にRANSAC法により自動抽出した人工物平面を示す。これから砂防堰堤を構成する平面が概ね正確に抽出されていることが分かる。次いでICPにより点群の位置合わせを行い、二時期点群の差解析を行った。図8から分かる通り、疑似変状に見立てた段ボールが正確に抽出できていることが確認できた。

さらに、より大きな点群のずれがあった場合でもICPが有効であることを検証するために、元の点群の三次元位置を手動で1.6°回転させて疑似的に変化のある点群を作成した。そのデータを使ってICPで位置合わせをして差解析を行った結果を図9に示す。ICPの位置合わせを行わなかった場合、全体的に0.1m以上の変化が発生しているのに対し、ICPを適用した場合には全体的に誤差が軽減されていることを確認できた。

4. おわりに

本研究によりUAV点検を効率化するためのデータプラットフォームならびにICPを用いた変状自動抽出の有効性を確認できた。今後の課題として、データプラットフォームについては運用を想定したデータプラットフォームの機能改善、その他機能の開発、ユーザビリティの向上、ICPを用いた変状自動抽出についてはGNSS精度の低い点群への対応や、データプラットフォームへの機能追加等が考えられる。

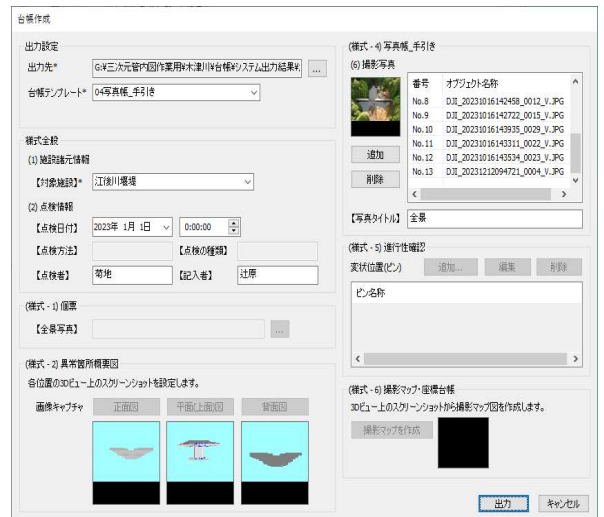


図5 電子点検台帳出力機能

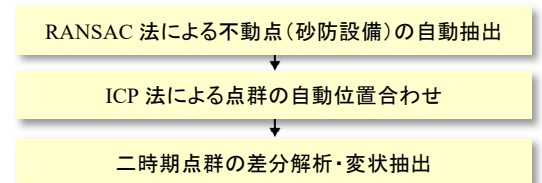


図6 点群を用いた変状自動抽出のながれ



図7 RANSAC法による砂防設備の抽出結果

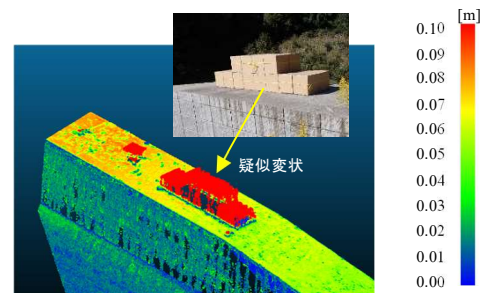


図8 二時期点群データの差解析結果

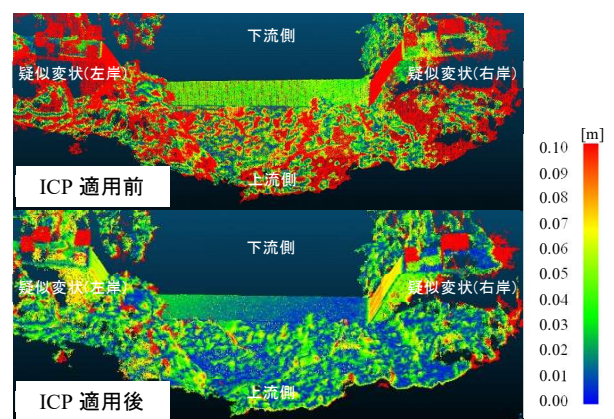


図9 点群を回転させた場合の差解析結果
(上図：ICP適用前，下図：ICP適用後)