

UAV を活用した砂防堰堤周辺の測量について

国土交通省北陸地方整備局 湯沢砂防事務所 松本直樹、中嶋邦博、坂井等、谷川優太
アジア航測株式会社 澤陽之、屋木わかな、○筒井千遥
丸山博久、野村勇人、實村昂士、北村恭兵

1. はじめに

近年、UAV（Unmanned Aerial Vehicle）は砂防分野において災害調査の他、3次元測量や砂防施設点検など、様々な業務で活用されており、静止画や動画の撮影をはじめ、UAVによるレーザ計測の実施事例が増加している。湯沢砂防事務所では、中津川・清津川流域において、改築設計を予定している8基の砂防堰堤周辺の詳細な地形状況の把握や3次元地形データを取得するため、UAVレーザ測量を実施した（図1）。このうち、小日砂防堰堤では、UAVレーザ測量を実施するとともに、Visual SLAM（Simultaneous Localization and Mapping）搭載の小型UAVを活用した補備測量を実施し、砂防堰堤周辺の点群データを取得した。また、上結東砂防堰堤では、水面下の地形も把握可能なUAV-ALB（Airborne LiDAR Bathymetry）を使用して砂防堰堤周辺の3次元計測を実施し、本堤直下流部の水面下の洗堀状況を確認した。今回、UAVを活用した砂防堰堤周辺の測量・計測事例について報告する。



図1 位置図

2. UAVレーザによる3次元測量

湯沢砂防事務所管内に位置する8基の砂防堰堤を対象に、改築設計に必要な詳細な3次元地形データを取得するため、UAVレーザ測量を実施した。UAVレーザ測量は、低高度から50万発/秒のレーザ発射頻度を有するレーザスキャナを使用し、波形処理に優れたレーザ計測システムを用いて実施した（表1）。計測で取得したレーザ測距データと最適軌跡解析（GNSS/IMU解析）で得られた結果を用いて、3次元座標を持つ地形データ（オリジナルデータ）を取得し、建物や植生などの地物を除去したグラウンドデータや、内挿補間により0.25m間隔の格子状のグリッドデータ（標高データ）を作成した。精度検証の結果、UAVレーザ測量により作成した数値地形図データは、地図情報レベル500の基準を満たしていることを確認し、砂防堰堤の改築や工事用道路設計に必要な精度を有するデータの取得ができたことが確認された。また、砂防堰堤周辺の地形を詳細に表現することが可能な赤色立体地図を作成し、砂防堰堤周辺の微地形や砂防堰堤の堆砂状況を確認・把握することが可能となった（図2）。

表1 UAVレーザ計測諸元

項目	計測諸元
使用機体名	Air Rey X
使用レーザ機器名	VUX-1 UAV
対地高度	100 - 140m
飛行速度	約3m/s
コース間重複度	50%以上
レーザ発射頻度	550khz
想定点密度 (単コース)	220点/m2以上

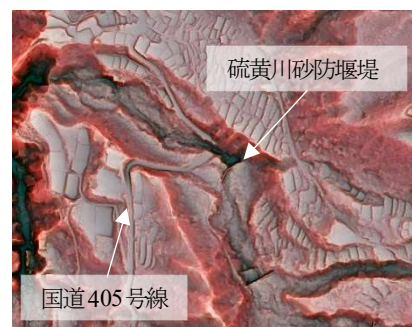


図2 計測結果（硫黄川砂防堰堤）

3. VisualSLAMによる補備測量

計測対象の1つである小日砂防堰堤は、本堤上部に橋梁が横断しており、橋梁下部の地形や構造物のUAVによるレーザ計測が困難であった。また、橋梁下部や狭隘部で飛行する場合、GPS信号が微弱になり飛行が不安定になるため、墜落や構造物に衝突する危険性があった。このため、VisualSLAM搭載の小型UAVを活用し補備測量を行い、橋梁下部や狭隘部の3次元点群データを取得した。

VisualSLAMとは、カメラから得られた映像から、自分の位置や姿勢、周辺の構造物の位置情報を3次元で把握することが可能であり、GPS信号が微弱な箇所においても、衝突回避能力に優れている（図3）。

VisualSLAMによる補備測量により、橋梁下部や狭隘



図3 障害物を回避しながら自動飛行



図4 三次元点群データ
(小日砂防堰堤と小日橋の接合部)

部の地形や構造物の3次元点群データを取得し、UAV レーザ測量のデータに補完して、計測漏れのない小日砂防堰堤周辺の3次元地形データを作成した(図4)。また、近接で撮影した静止画を用いて、砂防堰堤の損傷状況の確認も実施した。

4. UAV-ALB 計測による洗堀状況の確認

中津川中流に位置する上結東砂防堰堤は、本堤下流部の洗堀が懸念されているが、水量も多く、洗堀状況の確認が困難であった。また、UAV レーザ測量では水面下の地形データを取得することができない。このため、水面下も計測可能なUAV-ALB 計測と水中音速度計による計測を実施し、上結東砂防堰堤下流部の洗堀状況を確認した(図5)。



図5 計測機器(左: UAV-ALB、右: 水中音速度計(CastAway-CTD))

ALB は航空レーザ測深と呼ばれ、水面下の水底の地形を計測することができる技術である。水中を透過するグリーンレーザ(波長 532 nm)を照射し、水底の地形データを取得する。一方で、ALB は堰堤直下流などの落水の影響で白波や水泡、濁りが発生する場所ではデータが取得できないため、複数地点で投げ込み式の水中音速度計を用いた補測を行った。ALB と水中音速度計による計測の結果、水底の地形は副堰堤から本堤に向かって緩やかに水深が大きくなる傾向が確認され、今回の計測結果から、本堤基礎底部に達する洗堀は確認されなかった。



図6 上結東砂防堰堤のオルソフォト

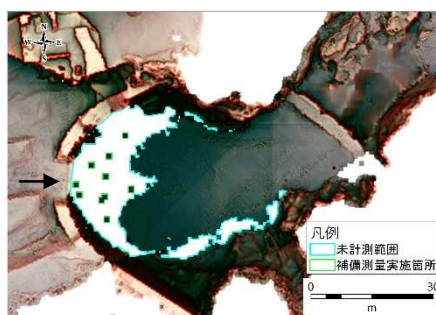


図7 計測結果(赤色立体地図)

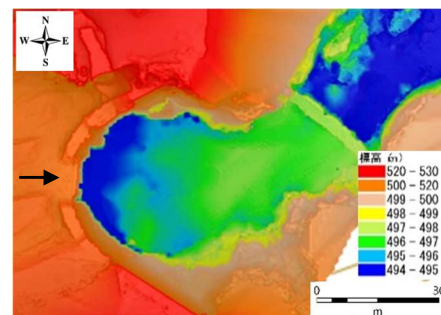


図8 計測結果(標高段彩図)

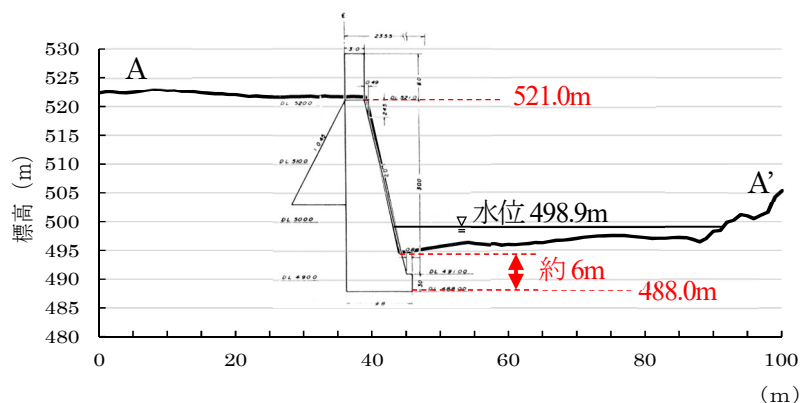
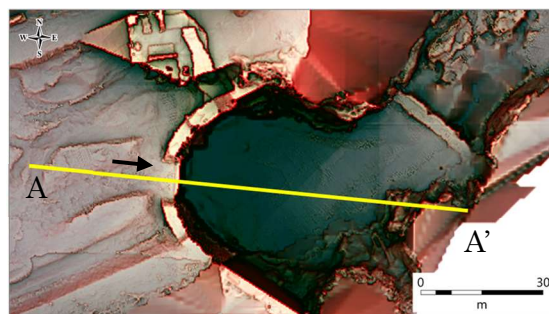


図9 断面図および断面位置図



5. おわりに

本業務では、湯沢砂防事務所管内において改築設計が計画されている砂防堰堤周辺において、UAV レーザ測量を実施し詳細な3次元地形データを取得するとともに、VisualSLAM 搭載の小型 UAV を用いた橋梁下部や狭隘部の補備測量や、UAV-ALB および水中音速度計を使用した堰堤下流部の水底の地形データの取得を実施した。砂防施設周辺における UAV を活用した測量・計測は、安全かつ効率的に高精度の3次元地形データを取得できる利点がある。今後、UAV レーザ測量等により得られる3次元データと、それにより作成される3次元モデルを活用し、砂防施設の改築設計および施工の一連の建設生産システムを高度化・効率化する CIM の導入・普及により、配置設計や概算工事費の算出等の各段階での作業効率化、生産性向上への効果が期待される。