

光学的手法によるインフラ構造物の計測・点検システムの開発に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○緒方 宇大  
 長崎大学 正会員 松田 浩  
 (株) 計測リサーチコンサルタント 非会員 西村 正三  
 長崎大学 正会員 出水 享

1. 序論

わが国で建設された橋梁などのインフラ構造物は、建設されてから数十年が経過しており、劣化が進んでいるものも多い。これに伴い、安全度評価のための点検、長寿命化を目的とした補修補強の需要が急激に増加しており、維持管理業務の実施が重要事項となっている。

本研究では光学的計測手法の一つである写真測量に着目し、写真測量を用いた構造物の初期点検システムの検討を行った。現在行われている点検は、足場の架設やロープアクセスなどで人が直接作業を行わなければならない。これらには費用が増加する場合や危険が伴う場合がある。また、人が進入できず、点検不可能な場所もある。

そこで本研究で用いるのが、遠方・空中からの撮影が可能な無人飛行体 (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) である (図 1)。新しい写真測量の方法として UAV が適用可能であれば、構造物の初期点検の安全面・効率面の向上が考えられる。

2. 研究概要

(1) 使用機器概要

UAV (写真 1) は 8 枚のプロペラにより機体を制御することで高度な自律機能を搭載している。GPS 等の機能を使用して、予め飛行ルート座標データとして設定することで、設定した通りのルートでの飛行が可能である。本研究では UAV にデジタルカメラを搭載し、構造物表面の撮影を行う。UAV は GPS と IMU の搭載により高度な自律飛行が可能である。そのため、構造物撮影の際は基本的には自動操縦で行う。飛行ルートを設定する際に用いる世界測地系の背景地図は Google Earth または Virtual Earth である。これらの座標を含んだ地図に waypoint (飛行予定地点)、向き、高さ、上昇速度を設定し、撮影を行う。また、オペレータの操作でカメラのシャッターを切ることができるが、UAV の自動操縦により、カメラも自動で撮影を行うように設定する。

自動撮影雲台 (GigaPan) (写真 2) は、NASA・カーネギーメロン大学・Google で共同開発された雲台である。2 軸のモーターを搭載した雲台で、設定した撮影範囲を画角によって自動分割・自動撮影を行う。撮影用途としては、360 度パノラマ、遠方画像撮影などがある。この画像をビューワで閲覧することで、通常では不可能な拡大率で画像を拡大することができる。

3D レーザスキャナは高密度でレーザを計測対象に照射し、連続面的に形状・座標を取得することができる。

(2) 研究概要

本研究では空中からの撮影により、従来では撮影できなかった海上や高所などの場所を安全に撮影することができ、UAV を用いる。

実構造物の撮影を行い、その画像の図面化の可能性について検討を行う。それらの結果や、GigaPan との比較から、UAV を用いた場合の写真測量の有効性・実用性を評価するとともに、さらに図面化することで構造物表面のひび割れの位置・幅を評価する。以上の情報から経年変化を把握し、維持管理への適用可能性を検討したものである。

また、UAV で撮影した画像をオルソ画像化するために、デジタル写真解析処理の座標データとして、3D レーザスキャナで計測した点群データを用いる。オルソ画像とは、カメラのレンズを補正した画像のことである。



写真 1 Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

写真 2 GigaPan

表 1 UAV の仕様

機体重量	1260g
搭載重量	1500g
操縦可能範囲	半径 1km
飛行可能高度	300m
飛行可能風速	12m/s
飛行時間	10~15 分
GPS	1 周波
電源	リチウムポリマー電池



写真 3 デジタルカメラ

表 2 デジタルカメラの仕様

機種	Sony NEX5-N
重量	210g
画素数	約 1610 万画素
レンズ	16mm, 18-55mm

キーワード：UAV, 写真測量, デジタル画像, 3D レーザスキャナ, GigaPan

住所：長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学大学院工学研究科総合工学専攻

電話・FAX：095-819-2590

### 3. ダムの写真測量

本計測ではダム堤体の3Dレーザスキャナ計測、UAV、GigaPanでの撮影を行った。撮影した画像からひび割れの判読、UAVとGigaPanの比較を行い、それぞれの特徴を述べる。

#### (1) 対象ダム概要

本計測の対象ダムは重力式コンクリートダムで、堤高45.5m、堤頂長136m、堤体積65千 $m^3$ 、流域面積3.3k $m^2$ 、総貯水容量2150千 $m^3$ である。

#### (2) 計測方法

UAVはダム堤体の広範囲を撮影するために飛行撮影回数を12回に分け、撮影を行った。図1、図2はUAV飛行経路である。図2のように、予め地図に座標を入力し設定することで自動飛行・自動撮影を行うことができる。GigaPan・3Dレーザスキャナは約50m離れた地点から堤体全体の撮影・計測を行った。

#### (3) 計測結果

写真4はGigaPan撮影画像のarrangeである。写真5は写真4の自動合成を行ったstitch画像である。このstitch画像は専用ソフトを用いることで、写真6、写真7のように高解像度を維持したままの拡大縮小が可能である。

GigaPanで撮影・合成した写真5のstitch画像は230億画素という非常に大きなデータとなる。しかし、前述の通り専用ソフトを用いることで、高解像度での拡大縮小といった作業をスムーズに行うことができる。

図3は3Dレーザスキャナによる点群データである。このデータをUAV撮影画像合成の際の座標データに用いる。写真8はUAV撮影画像の例である。図4はUAV撮影画像を点群テクスチャデータを用いて合成し、オルソ画像化したもので、図5のようにひび割れ幅の判読を行うことができる。撮影設定から、0.61mm/pixelであり、ひび割れ幅は色の濃淡で判断する。

### 4. 結論

UAVは対象箇所をピンポイントで撮影することができる。また、撮影を行う際にほぼ正対からの撮影が可能なので、正対補正を行った場合の精度の誤差を最小限に抑えることができる。これによりひび割れ位置や幅の正確な評価が可能となる。

GigaPanは高解像度での拡大縮小が可能なので、詳細部の位置把握において有用である。

構造物の点検を行う際には、地上からでは撮影できない箇所や進入不可の場所をUAVで撮影し、全体の把握を行う場合や安定した設置場所がある場合はGigaPanで撮影するというように、目的や場所に合わせて機器を使い分ければ、より効率の良い計測を行うことができると考えられる。

#### 【参考文献】

西村正三：インフラ構造物の変状調査とモニタリングのための遠隔計測法の開発と評価に関する研究

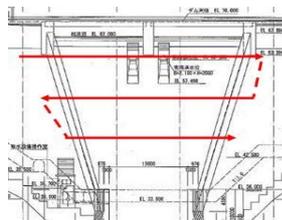


図1 UAV飛行経路



図2 UAV座標設定

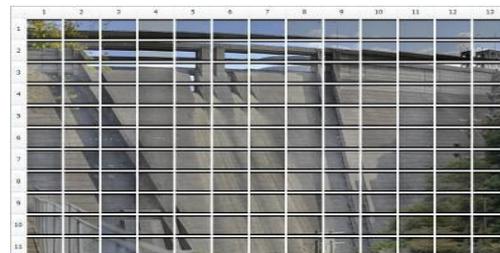


写真4 GigaPan撮影画像



写真5 GigaPan合成画像



写真6 剥離



写真7 遊離石灰

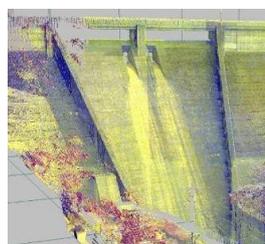


図3 点群テクスチャデータ

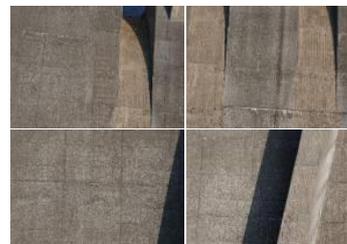


写真8 UAV撮影画像



図4 オルソ画像



図5 ひび割れ幅判読