

無人飛行機を利用したダム堤体の安全点検システムの開発

出水 享

1. はじめに

今後、発生する膨大なインフラ構造物の点検を合理的に進めていくために、点検方法には、点検作業が容易で安全、点検費用が安価、点検時間が短い、信頼性の高い点検データを取得可能、目視困難な場所が点検可能、という要件を満たす必要がある。そこで本研究は、既存の近接・遠望点検における問題を解決するためデジタルカメラを搭載させた無人飛行体(Unmanned Aerial Vehicle : UAV)を用いた、ダム堤体の点検システムの開発を行った。

2. 計測対象

計測対象は、長崎市内にある重力式コンクリートダムであるSダムである。Sダムは、山に囲まれた地形に立地している。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。1980年に竣工され32年経過している。本ダムにおいては、点検は一度も行われていない。ダムの外観を写真1に示す。今回、写真の実線の範囲を調査対象とした。



写真1 ダム外観

3. 計測概要

3.1 UAVについて

UAVの外観を写真2に示す。使用したUAVは8枚のモーター駆動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が可能である。重量は、1.2kg、大きさは900mm×900mm×400mmの箱に入る程度である。また、リチウムポリマーバッテリーで飛行可能である。飛行に関しては、GPS・IMU機能搭載でいることから安定飛行が可能となるほか、GPS等の機能を使用して、予め飛行ルートを座標データとしてプログラミングすることで、設定した通りのルートでの自動飛行が可能である。飛行距離は1本のバッテリーで最大1000mの往復の飛行が可能となり、高度300m以内ならどこでも自由に飛行することが可能である。(但し空港の近くや公園等で管理者が禁止している場所を除く)。本研究では、UAVにデジタルカメラ(SONY NEX5-N約1610万画素)を搭載し、ダム堤体の表面の画像撮影を行う。そのため、撮影は自動操縦で行う。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を用いた。これらの座標を含んだ地図にwaypoint(飛行予定地点)、向き、高さ、上昇速度をプログラミングし撮影を行う。



写真2 UAV

3.2 飛行計画

UAVに搭載されているGPSの位置誤差が最大5m程度生じる可能性があることを鑑みて、撮影計画を立てた。飛行計画(FP)は、ダム堤体に傾斜があることから堤体までの撮影距離を約10mに保つように堤体下部から上部まで12段階の高さを設定(FP1~FP12)し、図1のようなジグザグ飛行を行い、画像撮影を行った。レンズは、Sony社製E18-55mmF3.5-5.6 OSSを用いて焦点距離を55mmに固定して撮影を行った。デジタルカメラの撮影は、タイマーモードにして1秒間隔で撮影を行った。撮影距離10mで撮影された画像解像度は、0.93mm/pixelである。UAVで撮影した画像を結合して、堤体全体のデジタル化を行う。そして、一体化されたデジタル画像からひび割れなどの変状を探ることが可能となる。いわゆるデジタル上で点検作業ができる。本調査では、ダムの上にある道路からUAVを飛行させた。

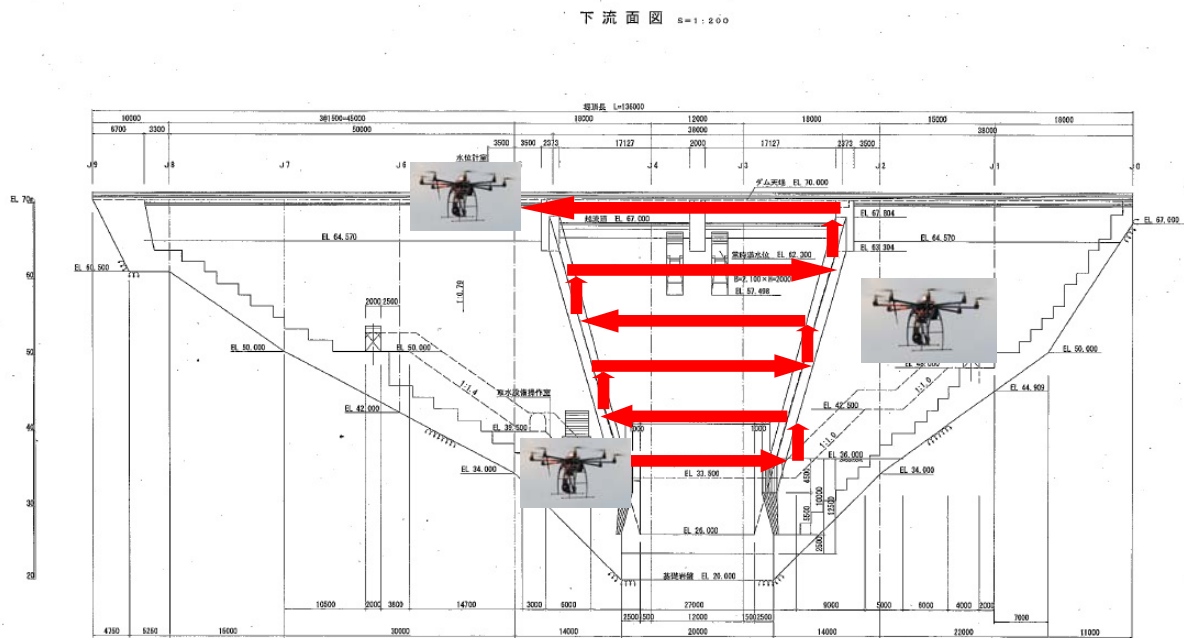


図1 飛行計画

4. 計測結果

撮影の事前プログラミング、現地での撮影(FP1~FP12)には、約2時間30分必要とした。バッテリーの持ちは15分程度であるため、その都度交換した。FP1~FP12で撮影された全ての写真を結合し、オルソ化した写真を図2に示す。また、オルソ画像から抽出した代表的なダム堤体の変状写真の一部を写真3~5に示す。堤体からは、多くのひび割れや欠損が確認された。

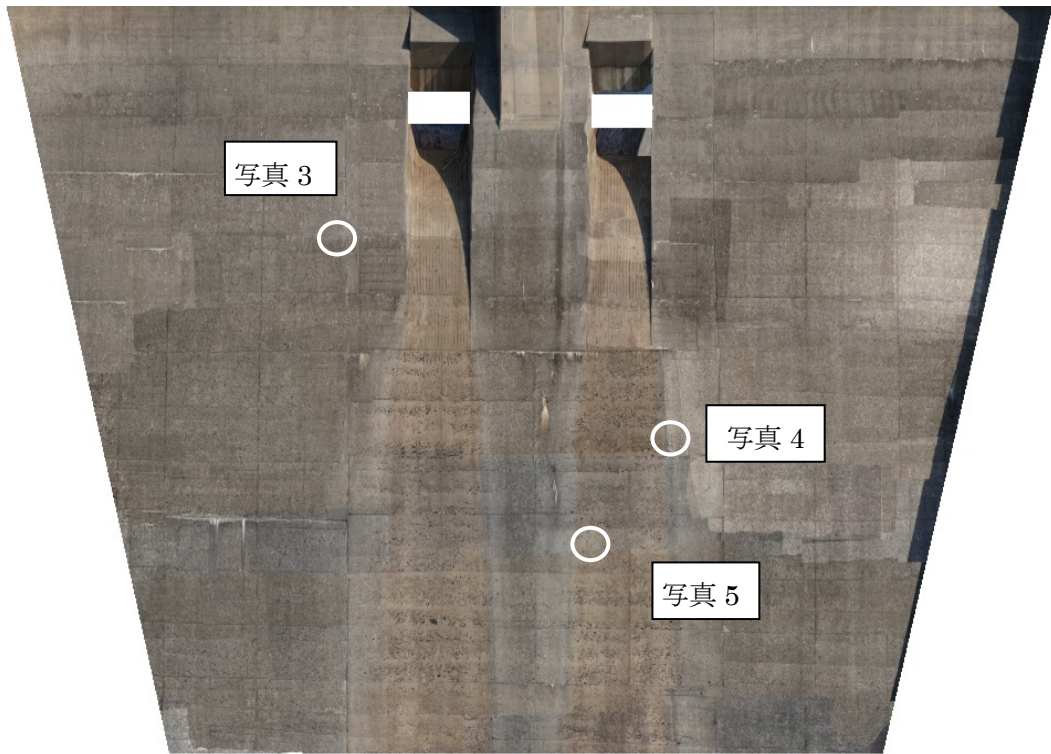


図2 合成画像



写真3 ひび割れ



写真4 欠損



写真5 ひび割れ

5. 結論

既存の近接・遠望点検における問題を解決するためデジタルカメラを搭載させた UAV を用いたダム堤体の点検を行った結果、以下の所見を得た。

- ・飛行計画を立て飛行経路，高さ，飛行速度をプログラミングすることで UAV を手動操作することなく，簡単に自動操縦することができた。
- ・森に囲まれた場所においても UAV は，安定した飛行を行うことができた。
- ・UAV に搭載したデジタルカメラでダム堤体の写真を撮影することができた。また，その撮影した個別画像を結合し，ダム堤体のデジタル化を行うことができた。
- ・デジタル化したダムの堤体からひび割れや欠損を確認することができた。

以上から，デジタルカメラを搭載させた無人飛行体(Unmanned Aerial Vehicle : UAV)は，既存のダムの点検における各種問題を解決する一つになりうると考える。UAV を活用することで足場やロープワークなどが不要となり，安全かつ安価に，かつ効率的・効果的な点検が実現できる。今後は，斜面や法面の点検へ展開するとともに，デジタルカメラの変わりに赤外線サーモグラフィ装置を搭載したコンクリートの浮きや漏水調査などの検査にも応用したい。