

災害時における水空合体ドローンを用いた水底地形把握

国土交通省四国地方整備局 四国山地砂防事務所 平澤良輔, 向山正純, 松岡高志^{※1}, 三野汰晟^{※2}, 宮崎巴葉^{※3}
 アジア航測株式会社 ○本間文徳, 鈴木心, 上杉温子, 新井瑞穂, 戸村健太郎
 株式会社 Suzak 長野博之
 (現所属) ^{※1} 四国地方整備局徳島河川国道事務所, ^{※2} 四国地方整備局大洲河川国道事務所, ^{※3} 新潟県糸魚川地域振興局

1 はじめに

近年、頻発する地震や異常気象により天然ダムの発生リスクが高まっている。天然ダムが発生・決壊した場合、下流の人命や財産に深刻な被害を及ぼす可能性があり、その対策は重要な課題である。

天然ダム発生時には氾濫シミュレーションにより決壊時の被災範囲を推定するが、緊急調査ではヘリや UAV を用いた地形計測、投下型水位観測ブイによる水位観測を実施する一方、湛水部の水底地形状況について調査した事例は確認されない。しかし、氾濫シミュレーションにおいては、湛水部の地形状況が天然ダム決壊時のピーク流量に大きく影響することが想定され、被災範囲をより精度よく推定するためには、湛水部における水底地形の把握が重要である。

このため、天然ダム湛水部の水底地形計測を想定した検討を行ったので報告する。

2 検討目的

本検討では、天然ダムの緊急調査を想定し、飛行機能およびマルチビーム測深機能を搭載した水空合体ドローンを用いて、湛水状況および水底地形を安全に把握するための計測手法について検討した。

3 水空合体ドローンの概要

近年、飛行と水域計測の双方が可能な水空合体ドローンが開発されている。

水空合体ドローンは離れた場所から離発着が可能であり、無線通信による遠隔操作により水底地形や水位の計測を実施できる。そのため、緊急調査時においても、作業員が直接危険区域に立ち入ることなく、天然ダム湛水域の状況を安全に把握することが期待される。

4 実施内容

4.1 使用機体

本検討においては、図 1 に示す水空合体ドローンを使用した(機体性能については表 1 参照)。本機体は、陸上から離着陸が可能であり、水深約 1m~80m までの深浅測量に対応している。

また、水域の計測について、従来の投下型水位観測ブイは水位計測のみに限定されていたが、本機体は搭載される「ADCP」のマルチビーム測深機能により、水位だけでなく、水底地形の計測も可能である。

さらに、機体操作は無線による遠隔操作であるため、被災箇所から一定距離を確保できることから安全確保の観点からも有効な手法である。

4.2 対象地

検討の対象地は、天然ダムを想定して水深 1m 以上の広大な湛水域を有し、かつ湛水域付近に離発着地点(5m×5m 程度)が確保可能な池田ダム上流とした。



図 1 使用した水空合体ドローン

表 1 使用機体の性能一覧

機体詳細	重量	34.1kg
	サイズ	2060×1385×870mm
	バッテリー	リチウムポリマー932.4Wh
	保護等級 (IP)	IP4相当
	動作環境温度	-10°C~40°C
送信機	自動航行	可能
	最大転送距離	1km
センサー	複数動作	送信機2台による制御権の切り替え可
	トランスデューサー	周波数自動切換え
	水深計測性能	0.02m~80m (計測精度 1%) 程度
飛行性能	流速計測性能	0.06m/s~30m/s (計測精度±0.25%) 程度
	流量計測性能	0.3m³/s~80m³/s (内部プロセッサ計算) 程度
	最大飛行時間	8分
	最高水平速度	2m/s
航行性能	最高垂直速度	2m/s
	最大風抵抗	3m/s
	最高高度	1000m
航行性能	最大航行時間	120分
	最高速度	5m/s
	最小旋回半径	1m/s

4.3 検討内容

本検討は令和 7 年 12 月に 2 種類の検証を実施した。

まず、水空合体ドローンの航行性能を確認するため、離陸、飛行、着水、計測といった一連の動作を確認した(以降、「検証①」と称す)。

次に、計画航路に沿って自動航行させ、水底地形の測深を行い、過去に取得されたマルチビーム測深データ(令和 6 年 10 月計測)と比較することで、測深性能の検証を実施した(以降、「検証②」と称す)。

5 点検結果

5.1 検証①の結果

水空合体ドローンを陸地から離陸させ、水面に着水後に水底地形を計測し、再度離水して、帰還する一連の動作を確認した。

本検討における最大飛行高度は 27m であり、樹木等の障害物を回避ながらの飛行が可能であった(図 2 参照)。

一連の計測に要した時間は合計で 15 分 20 秒であり、

内訳は離陸に1分50秒、水底地形計測が13分00秒、帰還（障害物の回避はせずに最短ルートで帰還）に30秒であった。

現状の機体性能（搭載バッテリー容量）を考慮すると、飛行時間は離陸および帰還で合計2分30秒程度、水底地形の計測は10分程度で完了させる必要がある。



図2 水空合体ドローンの飛行状況

5.2 検証②の結果

水空合体ドローンの測深性能を確認するため、計画航路に沿って自動航行を行い、ダム水面下の水底地形を測定した。

任意に設定した横断線 A~D (図3参照) について、今回の計測結果（令和7年12月）と過去のマルチビーム測深データ（令和6年10月）から横断図を作成し、標高値の比較を行った（表2、図4参照）。

比較の結果、右岸側で標高が高く、左岸側で低いといった地形傾向は過年度と同様であり、全体として概ね同様の地形形状が確認された。差分は0.02m~0.55mの堆積傾向、0.42~0.54mの侵食傾向が見られ、最大で0.50m程度の差分が確認された。また、標準偏差は0.23~0.27mとなり、0.3m未満のばらつきであった。

過去のマルチビーム計測から約1年2ヶ月が経過しているため、差分には地形変化と計測誤差の両方が含まれていると考えられる。なお、令和6年度と令和5年度の同測線における比較では、最大0.32mの侵食および標準偏差0.16mが確認されており、これらと比較しても大差ない結果であったことから、本計測により概ね妥当な水底地形が取得できたと考えられる。

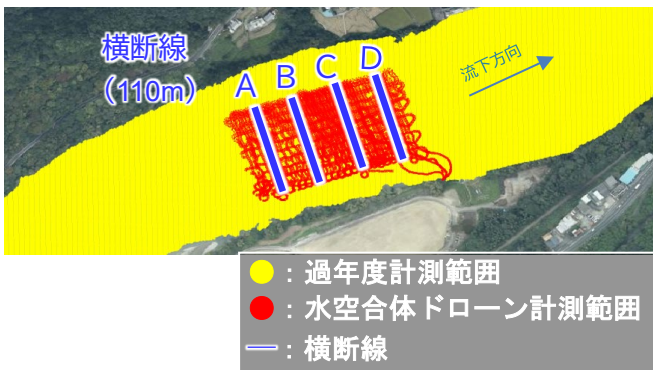


図3 横断線位置図

表2 横断線A~Dにおける差分結果

R7 (水空合体ドローン) - R6	横断A	横断B	横断C	横断D
差分の平均 (m)	0.09	0.10	0.12	0.01
最大差分 (m)	0.50	-0.54	0.55	-0.42
最小差分 (m)	0.03	0.02	0.02	0.02
標準偏差 (m)	0.27	0.27	0.24	0.23

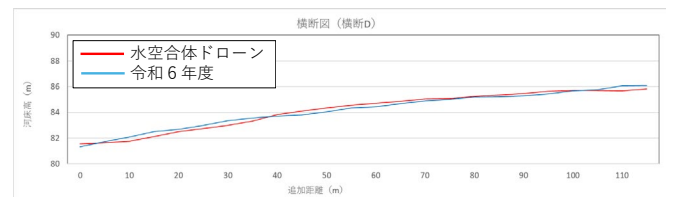
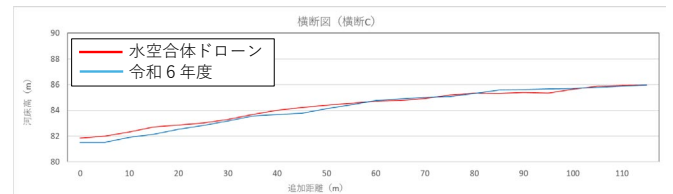
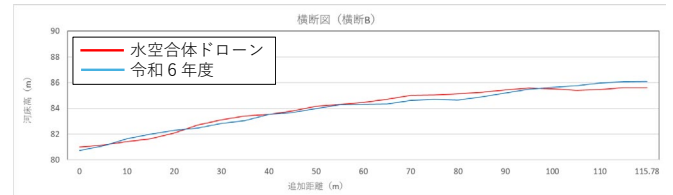
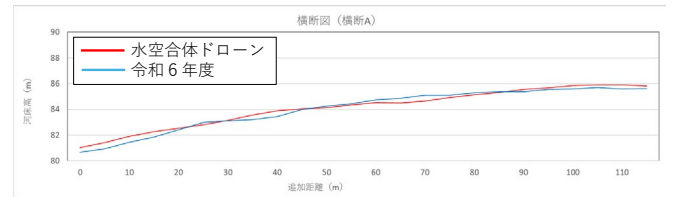


図4 各横断線の比較結果

6 検証結果のまとめ

6.1 計測の有用性

水空合体ドローンを活用することで湛水域付近から機体を飛行させ、水底地形を計測することが可能である。天然ダムから離れた地点から無人で水底地形の計測が可能であり、作業員の安全を確保した上で、水底地形を把握できる。

また、一定の飛行高度が確保できるため、樹木等の障害物が存在する場合でも回避可能である。

6.2 計測の課題

飛行時のバッテリー消費が激しいため、飛行時間が2分30秒程度と短く、離発着基地と湛水域が離れている場合は、発災直後の活用は困難である。一方で、施工前の湛水域付近まで接近可能な状況であれば、有効に活用できると考えられる。今後、機体の小型化や計測機器の軽量化による飛行時間の向上した場合はさらなる活用場面の拡大が期待される。

また、操作は、飛行、航行、計測の各オペレーターおよび各システムが必要であるため、オペレーションに多くの人員が必要となる。