

港湾におけるICTを活用した維持管理点検手法

松山港湾・空港整備事務所 保全課 小笠原 勇一
港湾空港部 港湾事業企画課 村上 寛昌

港湾施設の大半は、高度経済成長期に集中的に整備され、その老朽化が進行している。老朽化が進む施設の維持管理において、定期的な施設点検は非常に重要であるが、基本的な点検手法は、陸上、海上及び海中からの目視点検のため、時間をかけて実施されているのが現状である。社会資本の長寿命化において、効率的な点検手法の確立は有益と考える。本稿では、UAV写真測量及びマルチビーム音響測深機を用いた深淺測量を実施し、取得データの3次元解析結果を維持管理点検に活用したことについて報告する。

キーワード 維持管理、3次元現況モデル、UAV写真測量、マルチビーム音響測深

1. はじめに

港湾施設では、高度経済成長期に集中的に整備された施設の老朽化が進行している。2040年代には、建設後50年以上の施設が港湾施設及び海岸保全施設の堤防・護岸等で約7割¹⁾を占めるといわれている。老朽化が進む施設の維持管理において、施設点検は非常に重要である。しかし、港湾施設の維持管理点検を行う際は、陸上、海上及び海中からの目視点検やトータルステーション等の測量機器を用いて数週間かけて行われるため時間を要することや人員不足といった課題が見られる。

一方で、UAV（無人航空機）を使った写真測量を試行的に実施する機会が増えてきており、マルチビーム音響測深と組み合わせれば、陸上部及び海中部について数日で測量でき、施設の3次元現況モデルを作成できる。

効率よく、数多く点検でき、定量的なデータを得ることは、社会資本の長寿命化に非常に有益であり、3次元現況モデルは消波ブロックの損傷や、護岸の劣化状況を視覚的に表示できるため、現況が把握しやすい利点がある。

今回、海中はマルチビーム音響測深、海上は地上レーザースキャナ、陸上はUAV写真測量を組み合わせ、3次元データ解析を行い、その結果を維持管理点検に活用したことについて報告する。

2. 使用機器の諸元

今回の調査は、愛媛県南予に位置し、開発保全航路である四国西南航路（奥南航路・細木航路・船越航路）において、水深の取得や港湾施設（海中部、陸上部）の変状確認のため深淺測量及びUAV写真測量を実施した。

調査で仕様したマルチビーム音響測深機、地上レーザースキャナ、UAVの仕様を表-1に示す。UAVを写真-1に示す。

表-1 使用機器の仕様

機器名	備考
マルチビーム音響測深機	指向角 : 0.9° × 0.9° (@400kHz)
	スワス角 : 7~210°
	周波数 : 200~700kHz
	実用測深範囲 : 160m
	レンジ分解能 : 10mm ビーム数 : 256 or 512本
地上レーザースキャナ	測定角度 : 360°
	測定距離 : 0.5~100m
	測定ポイント数 : 約30万点/秒
	精度 : 2cm (機器単体の精度)
	レーザークラス : クラス1
UAV	撮影時間 : 約20分間
	最大伝送距離 : 5km
	撮影 : 水平360°、垂直-30°~90°
	撮影位置 : 手動及び PC上での撮影ポイント、撮影ルート設定可能
	操作 : 手動及び自律飛行にて撮影可能
	画像伝送装置 : 地上のモニターでリアルタイムで 撮影画像を確認



写真-1 UAV（無人航空機）

3. 測量方法

(1) マルチビーム音響測深と地上レーザースキャナ

海底地形ならびに水深を把握するため、高密度かつ高精度なデータ取得を可能とするマルチビーム音響測深機を用いた深浅測量を実施した。また、構造物（消波ブロック等）の劣化・損傷状況把握のため、構造物付近ではスワス方向を構造物側へ 50°傾け、水深 1.5m 程度までのデータを取得できるよう設定し、水面付近における未測範囲の最小化を図った。さらに、地上レーザースキャナを併用することで干潮時の水面上データを取得し干満差による未測部を補うこととした。

(2) UAV 写真測量

防波堤及び灯台部の陸上部の形状を把握するために UAV 写真測量を行った。UAV は雨風といった天候の影響を強く受けるため、表-2 に示す作業中止基準を設定する必要がある。

UAV 写真測量を実施する際は、UAV 操縦者と写真撮影者の2名体制で行った。予め飛行ルートを計画し設定することで、離着陸は手動で行うが、運航は自動で行われる。自動運航が基本となっているが、護岸や防波堤の側面は、真上からだけではうまく写真撮影できないため、手動での操作に切り替え、横方向にまわって斜め写真撮影をする必要がある。

表-2 UAV 作業中止判断基準（本業務にて設定）

項目	判断基準
風速	5.0m/s 以上
視程	霧発生時
降雨	雨天時

4. 測量結果

(1) 水深デジタルデータ

深浅測量（マルチビーム音響測深）及び UAV 写真測量で得られた点群データを接合し、水深デジタルデータを作成した。深浅測量では水深毎に色分けし、UAV 写真測量では写真より得られる色情報（RGB）にて描画させた。図-1～図-3 に示すとおり、各航路の海底地形及び施設状況の視覚的な把握が容易となっている。

深浅測量時に併用した地上レーザースキャナは海上からの測量であるため、水際部のデータ取得は可能であるが、構造物の影となる箇所は取得できない。一方、UAV 写真測量は上空からの測量であるため、構造物の上面（天端）を取得できる。今回の調査では、水際部データ

を補うために地上レーザースキャナを使用した。UAV 写真測量においても水際部のデータを取得できた。そのため、測量結果の活用には、測量精度で優位な UAV 写真測量データを採用するものとした。図-4 に UAV 写真測量と地上レーザースキャナで得られたデータの比較を示す。UAV 写真測量は地上レーザースキャナに比べ高密度な点群データを取得している。

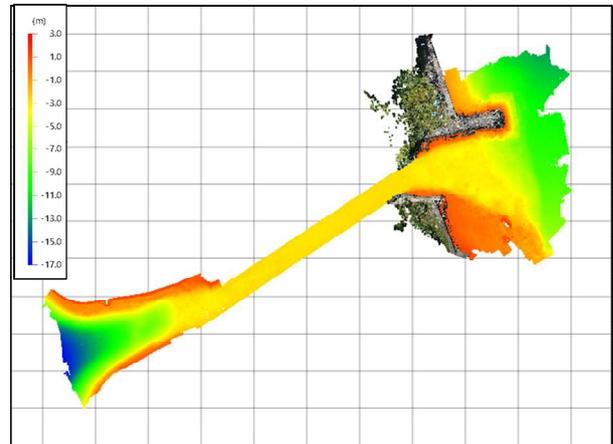


図-1 水深デジタルデータ（奥南航路）

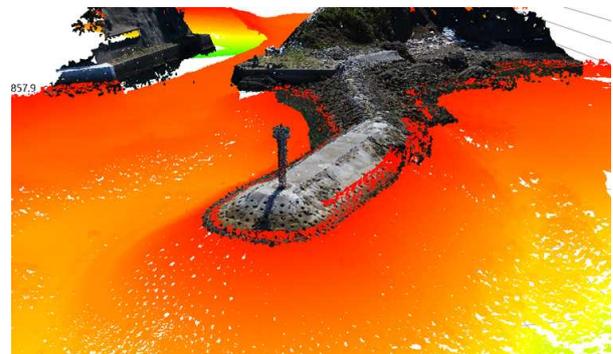


図-2 水深デジタルデータ（細木航路）

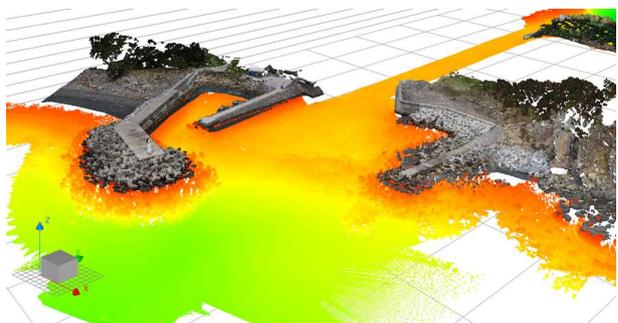


図-3 水深デジタルデータ（船越航路）

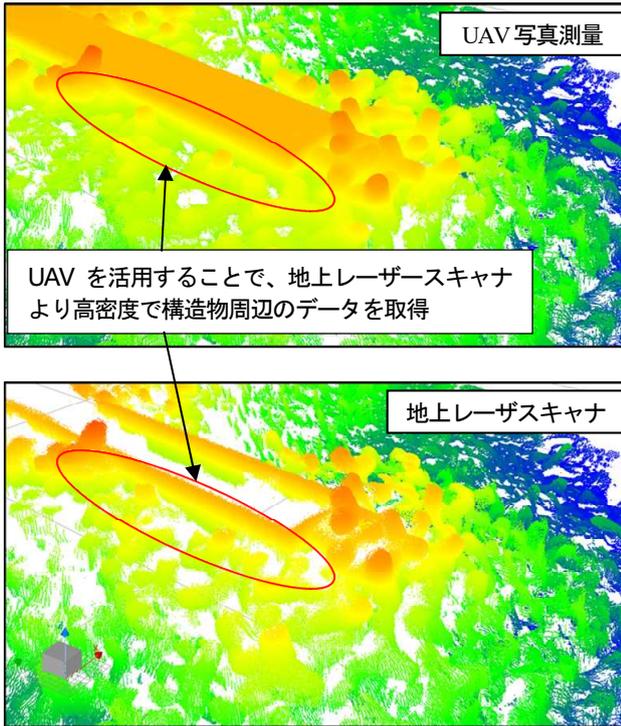


図-4 地上レーザースキャナと UAV の比較



図-5 UAV 写真測量解析結果（奥南航路）



図-6 UAV 写真測量解析結果（細木航路）

(2) 深浅測量結果の活用

潜水による目視点検に先立ち、深浅測量結果より確認された護岸の変状や海底地形上の異常点等を抽出し、潜水調査に役立てることとした。調査箇所の事前抽出により、重点的に点検する箇所が絞られ、効率的な潜水調査計画を立てることが可能となり、潜水時間を短縮することができた。異常点として抽出した箇所については、護岸法尻部の土砂堆積や護岸の欠損といった変状を捉えていた一方、上記の変状とは異なるものも挙げられており、抽出精度において課題もあった。しかしながら、潜水調査を無作為に実施した場合を考慮すると、十分に効率的な調査につながった。

(3) UAV 写真測量結果の活用

防波堤及び灯台部の陸上部の形状を把握するため UAV 写真測量を実施した。評定点及び検証点については求める精度によりトータルステーションによる設置を行う必要があるが、UAV 写真測量の総飛行時間としては、1 施設につき約 20 分程度と短時間で測量を完了した。

UAV 写真測量で得られたデータの解析結果について図-5～図-7 に示す。施設の陸上部に関して、点群データを取得出来ており、防波堤の欠損している箇所（図-6）や消波ブロックの散乱等の変状（図-7）を確認できた。



図-7 UAV 写真測量解析結果（船越航路）

(4) 3次元モデル作成

UAV 写真測量及びマルチビーム深浅測量で取得した点群データを統合し、全点群データを作成した（図-8）。このデータを基に、メッシュ化処理を行うことで3次元現況モデルを作成した（図-9）。3次元現況モデルは、陸上部だけでなく海中での法面の凹凸が確認できる等、施設の現況を把握することが出来る。また、消波ブロックの劣化・損傷状況、不足数量を正確に把握するための数量計算にも使用することができるため、維持管理において非常に有益な情報となる。

併せて補修等の施工検討においては、損傷部について

護岸上からの離隔が計測可能なことから、施工機械の選定等の検討が容易となる。

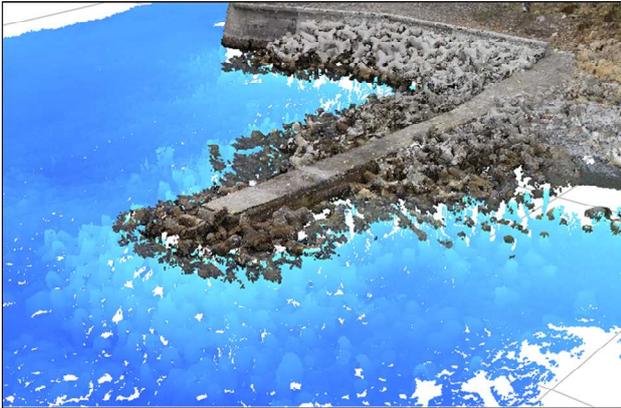


図-8 全点群データ



図-9 3次元現況モデル

5. 考察

今回、マルチビーム音響測深に加え UAV を用いた測量を行い 3 次元現況モデルの作成を行ったが、その結果をふまえ、主な長所、短所を整理すると以下になる。

(1) 長所

- ・短時間で高精度な測量が可能であり、調査を行う作業員が危険な箇所での作業を行うことが減少するため、効率的に調査を行うことができる。
- ・3 次元現況モデルを作成することで施設の現況を確認

できるだけでなく、消波ブロックの不足数量の算定等の数量計算にも活用できる。

- ・3 次元現況モデルを作成することで、次回点検時に施設の変状の把握が容易となる。

(2) 短所

- ・雨風等の天候の影響を大きく受ける。
- ・施設の劣化や欠損等の施設の変状を視覚的に把握することが出来るが、ひび割れ幅や深さの測定が必要な点検項目ではさらに高精度な機器が必要となる。
- ・UAV を使用することで、作業員の削減や工程の短縮により調査に係る費用を削減できるが、初期投資である機材が高価である。UAV の機器本体も高価であるが、カメラのレンズが特に高価である。
- ・空港等の周辺の上空の空域、150m 以上の高さの空域、人口集中地区 (DID 地区) の上空は UAV を飛行させてはならない空域として航空法で定められている。飛行させる場合には、国土交通大臣の許可が必要であり、調整・申請等に時間を要する。

6. おわりに

今回、UAV 写真測量を試行してみたが、前章で記述したとおり、作業時間の短縮や施設の 3 次元現況モデルの作成による劣化状況の確認、数量の算出等と維持管理上の点検に非常に有効なことを確認できた。一方で、DID 地区や空港侵入表面内で UAV を飛行させるためには国土交通大臣の許可が必要であり、また、周辺の安全を考慮する必要がある。

今後、ICT、AI、BIM/CIM が加速する中、3 次元データ解析は将来性が高く、ますます普及していくと思われる。発注者としては、これらをうまく活用して、より品質の高いインフラ整備・維持管理を推進していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 国土交通省港湾局技術企画課：港湾施設の維持管理に関する最近の動向、令和 3 年 4 月
- 2) 農林水産省農村振興局防災課、農林水産省水産庁防災漁村課、国土交通省水管理・国土保全局海岸室、国土交通省港湾局海岸・防災課：海岸保全施設維持管理マニュアル、令和 2 年 6 月