

ドローン点群データによる道路施設管理

加藤 歓大¹

¹中部地方整備局 静岡国道事務所 管理第二課 (〒420-0054 静岡県静岡市葵区南安倍2丁目8-1)

静岡国道事務所管内東部地区の構造物点検において、新たに海岸保全施設（防潮堤等）を特定道路土工構造物の海岸隣接区間として点検を行った。本点検では施設前面に設置された消波工においてドローン（以下「UAV」という）を用いた3次元計測を実施することで、作業日数の削減、安全性の向上を図った。3次元計測の手法、計測結果、留意点などについて報告する。

キーワード UAV計測、点群データ、特定道路土工構造物、海岸保全施設、構造物点検

1. 背景

建設業では生産年齢人口の減少や高齢化、災害の激甚化、インフラの老朽化などの様々な課題を抱えている。そこで、国土交通省はi-Construction2.0を推進し、建設現場で働く一人ひとりが生み出す価値を向上し、少ない人数で安全に快適な環境で働くことができる建設現場を実現することを目指している。

本報告では、特定道路土工構造物の海岸隣接区間の点検にUAVを用いた3次元計測を行い、点群データを取得することで、点検作業の効率化と安全確保、及び3次元点群データの活用について検証した。

本検証を踏まえて、今後の点検にUAVを用いる際の有効性、留意点、課題等をまとめた。

2. 点検概要

2023年3月に「道路土工構造物点検要領」¹⁾が改定された。要領には近年の重大被災事例を考慮し、特定道路土工構造物に河川隣接区間が追加されて点検の対象範囲が拡大された。河川隣接区間の盛土又は擁壁については、洗掘等による被災が道路機能に大きな影響を及ぼす事がわかっており、海岸に隣接する擁壁等で波浪による浸食や洗掘の影響が著しい区間も特定土工構造物に準じて点検が必要となる記載が点検要領に追加された。それに伴い、静岡国道管内東部構造物点検業務では国道1号に隣接する海岸保全施設を特定道路土工構造物の海岸隣接区間として新たに点検対象とした。詳細な点検方法は「海岸保全施設維持管理マニュアル」²⁾を参考にした。

本点検の対象範囲として、国道1号に隣接する海岸の管理協定等を確認した結果、「由比海岸」、「興津海岸」のうち道路管理者の管理区分である海岸保

全施設（延長：2099m）とした。図-1に点検対象箇所及びUAVのフライトコース、図-2に施設標準断面図及び調査範囲、図-3に現地写真を示す。

海岸保全施設の点検は、施設の健全度評価、長寿命化計画策定、修繕等に必要な各部材の変状の把握等を目的として実施した。従来は作業員による目視点検及び測量が一般的な手法である。特に、消波工の沈下・消失した後は、表法被覆の劣化が進行し、堤体に空洞が生じるおそれがあるため、点検で把握することが必要である。

従来は陸上および海上からの目視調査、トータルステーションを用いた横断測量が必要であったが、施設前面に設置されている消波ブロックに空隙があり転落の危険性がある事、施設天端に越波防護柵が設置されている事、消波ブロック前面が波打ち際であり船上での作業が難しい等の危険箇所への立ち入りを回避するため、UAVを用いた3次元計測を実施した。

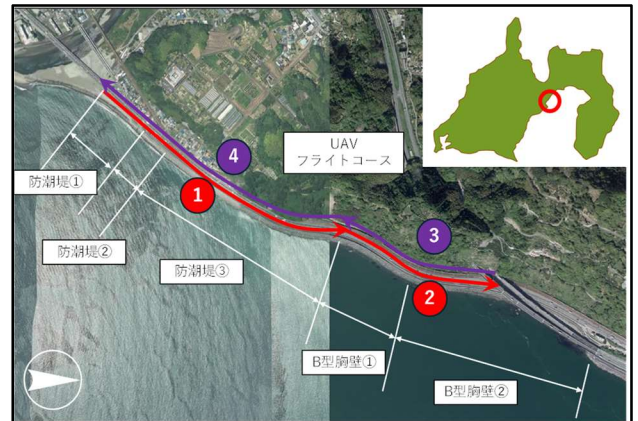


図-1 点検対象箇所

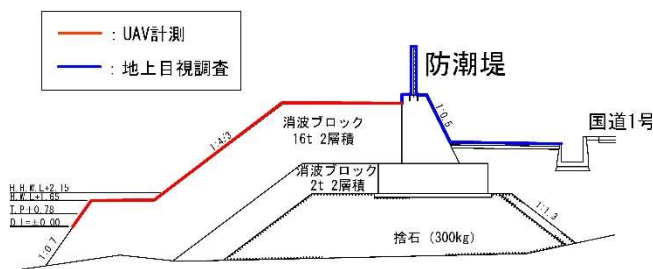


図-2 施設標準断面図



図-3 現地写真

3. UAV計測の手順

UAVを用いた計測の手順を図-4、使用した機器の性能を表-1に示す。消波工の劣化度（消波工の移動、散乱、沈下等）を把握することのできる計測精度3cmのレーザースキャナを選定した。

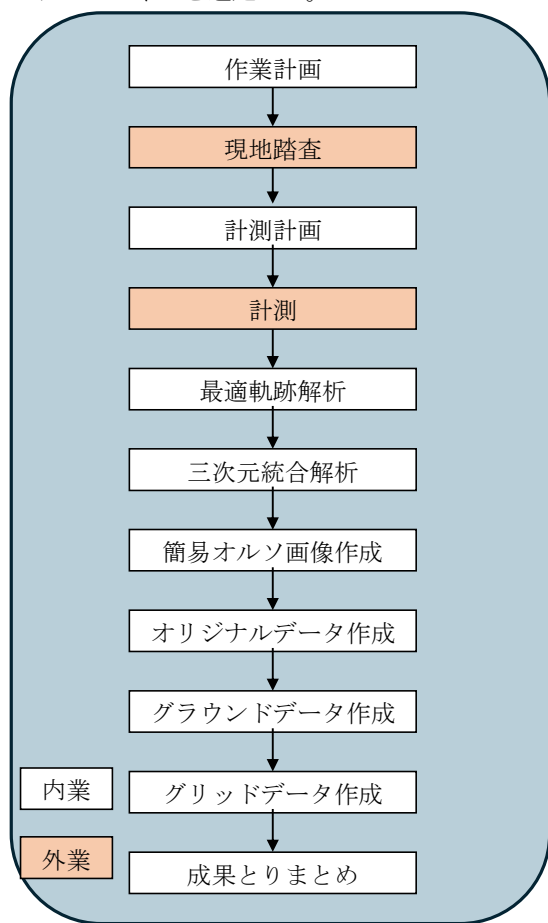


図-4 UAV計測フロー図

表-1 UAV及びレーザースキャナの機器性能

項目・名称		諸元
無人航空機 (UAV)	Matrice300RTK	メーカー： DJI
	展開時寸法	810×670×430 (mm)
	重量	3.6kg (バッテリー除く)
	最大飛行時間	45分
レーザースキャナ (LiDAR)	Surveyer Ultra	メーカー： Yellow Scan
	計測精度	3 (cm)
	最大計測距離	140 (m)
	重量	1.32 (kg)
使用機器 写真		

4. 点検結果および整理について

3次元計測により得られた点群データを図-4、同じ箇所をUAVで撮影した写真を図-5に示す。

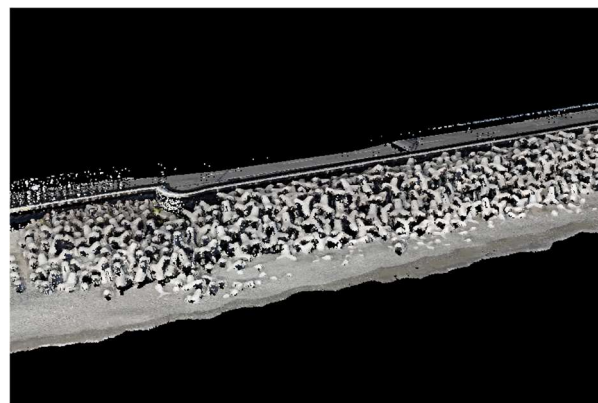


図-4 3次元計測により得られた点群データ



図-5 UAVで撮影した写真

図-6の赤の破線で囲んでいる部分の消波工が極端に減少し、空洞になっていることがわかる。図-7に標準断面図とUAV計測の重ね合わせを示す。標準断面に比べてUAV計測の方が消波工の高さが低くなっている

部分があり、ブロック1層未満の減少があることが確認された。また、防潮堤区間ではこの他にも同程度の沈下が3箇所確認された。

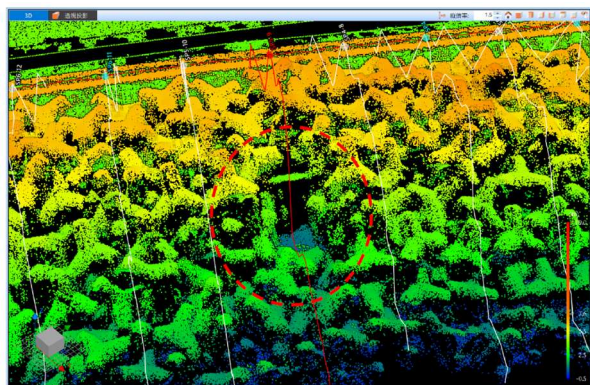


図-6 UAV測量結果による消波工の形状

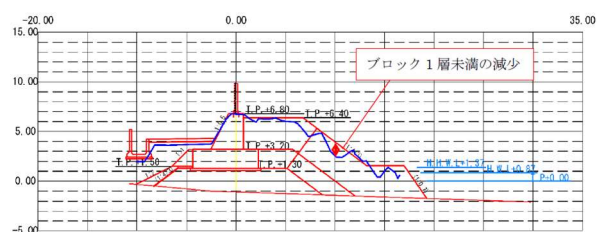


図-7 UAV測量結果による消波工の形状

点検の評価は、「海岸保全施設維持管理マニュアル」²⁾および「港湾の施設の点検診断ガイドライン」³⁾を準用して施設を約10m程度のスパンを区切り、図-8に基づき構造物・スパンごとにa、b、c、dで変状ランクを評価した。次に変状および変状ランクを踏まえて対象施設の健全度をA、B、C、Dランクで評価をした。その後、「道路土工構造物点検要領」に基づきⅠ～Ⅳの4段階の健全性の診断を行い、記録様式に整理した。

健全度の評価について、「海岸保全施設の維持管理マニュアル」、「道路土工構造物点検要領」の双方とも4段階評価となっているが、それぞれ評価の関係は対応していない。本点検で検討した対応関係の模式図を図-9に示す。海岸の基準におけるC、D評価はそれぞれ「要監視段階」、「異常なし」とされ、これは道路の基準におけるⅡ（経過観察段階）、Ⅰ（健全）に相当するものと考えられる。

一方で海岸の基準におけるA、B評価はそれぞれ「措置段階」「予防保全段階」とされるため道路の基準に対応していない。そのため、B評価になった施設のうち、次回点検までの劣化シナリオがある程度予想され、道路土工構造物への影響が少ない施設をⅡ判定（経過観察段階）とし、次回点検までに適切な措置を取る必要がある施設をⅢ判定（早期措置段階）とした。また、A評価のうち、通行止め等の緊急的な対策が必要となるものをⅣ判定（緊急措置段階）

とし、それ以外をⅢ判定（早期措置段階）とした。点検の結果、消波ブロックの移動や沈下はブロック1層を大きく超えるような変状は無く、要対策箇所は4つのスパンに限られることから道路土工構造物に与える影響は限定的と考えられるため、健全度評価はⅡ（経過観察段階）とした。

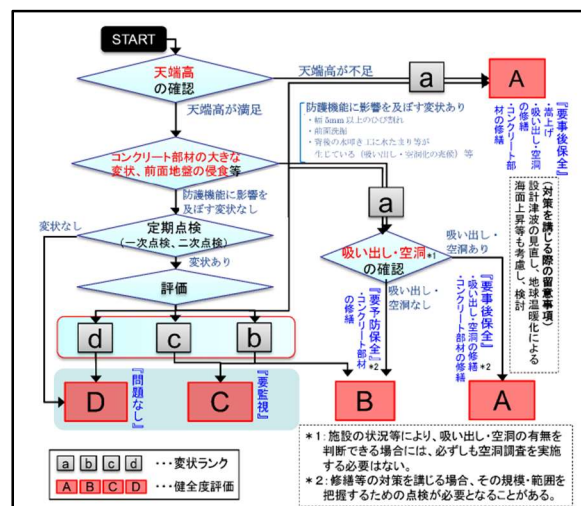


図-8 健全度評価のフロー

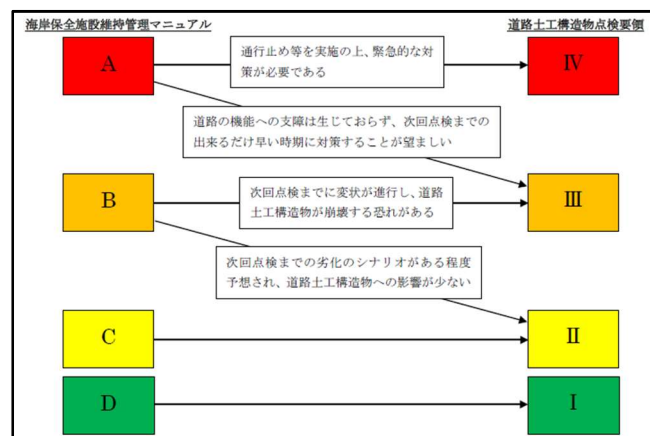


図-9 本点検での健全度評価の考え方

5. UAV計測および点群データ活用の有効性

① UAV計測の有効性について

UAVを用いた3次元計測では、従来の計測方法に比べて大幅に現場作業の時間を減らすことができた。本点検では、船上および護岸擁壁上からの目視、トータルステーションを用いた横断測量をUAV計測に替えることで7日程度の作業を1日に削減することができた。作業日数の削減により、直接人件費で約60%程度のコストダウンを図ることができた。また、人が立ち入ることが難しい現場や、作業員に危険が及ぶような作業の場合でもUAVを用いることで安全に作業を行うことができた。さらに、目視調査や横断測量などの従来の点検方法では点的、線的にしか変状

を把握することができなかったが、3次元計測では面的に変状を把握することができるため、消波工の密度が局所的に低い箇所を特定できるなど、今まで把握しきれなかった変状に対しても評価が可能となった。

②点群データの活用について

静岡県では「VIRTUAL SHIZUOKA³⁾」により3次元点群データをオープンデータとして公開している。本点検で得られた沿岸部の点群データと「VIRTUAL SHIZUOKA」のデータを組み合わせることでより広範囲かつ精度の良いデータを取得することが可能となる。

昨年発生した能登半島地震では、2022年に取得された航空測量と震災後のデータを比較することで、海底地形の隆起や移動を発見している。このように震災前後の点群データを比較することで被害状況を容易に把握することができる。特に沿岸部などの津波被害が想定されるエリアでは詳細な点群データの活用が期待される。

6. UAVを使用する際の留意点および課題

① UAV使用時の申請について

UAVを使用する際は、航空法に基づく飛行許可・承認手続きが必要である。飛行する空域や飛行の方法により手続きは異なるが国土交通省航空局へ飛行許可申請をドローン情報基盤システム（以下「DIPS」という）より申請する必要がある。本点検では飛行する空域は特定飛行に該当しなかったが、飛行の方法において目視外の飛行を行う可能性があったため申請を行った。

また、他の無人航空機との衝突を未然に防ぐために、飛行計画（飛行時間、飛行経路等）をDIPSの飛行計画通報機能より事前に通報する必要がある。これは特定飛行を行わない場合も必要なため実施した。

②UAVの性能について

本点検で使用したUAVの計測精度は3cmであり、消波工の変状を把握するには十分な性能である。しかし、より正確な施設の変状を確認するには、精度がより高度なUAVを用いる必要がある。

また、本点検では施設のひびわれについては地上目視調査により実施したため、UAVでは実施していない。UAVでひびわれを確認するためには低空（5m程度）で飛行し、画像の解像度を調整することで図-10に示すような幅0.8mmのひびわれを確認することができる⁴⁾。

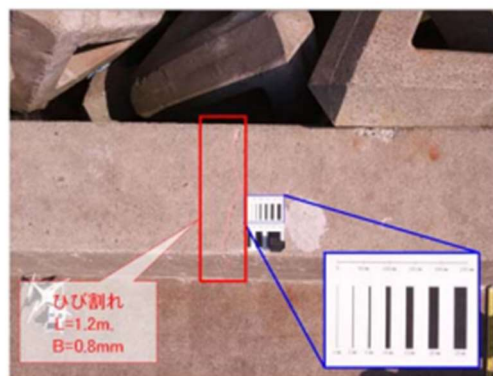


図-10 施設のひび割れ確認例

③気象条件について

UAVを使用する際は風の影響や降雨の影響を考慮し、安全な飛行を心掛ける必要がある。航空局の無人航空機飛行マニュアル⁶⁾では風速5m/s以上ある場合の飛行は禁止されている。実際に現地では飛行前に地上風速を確認するとともに、地上と上空で風の影響が違うことを踏まえて飛行する必要がある。また、山間部、沿岸部等は強風になりやすいため、留意が必要である。

④点群データの取扱いについて

点群データは使用目的に応じて点群処理ソフトを使用し解析・モデリングを行う必要がある。現状、点群データの活用については進歩している一方、処理ソフトの使用方法については普及していない。そのため、点群データ使用の実技講習等を行い、作業熟度を向上させることが今後の課題となる。

7. まとめ

陸上施設と比べて点検や修繕が容易ではない沿岸施設は、適切な状態把握のもとに維持管理を行うことが重要である。今回の海岸施設は沿岸道路を守る道路施設でもあり、健全度評価方法については道路施設としての評価を含めた内容としたがこの評価方法については今後も検討の必要がある。

今回の点検を通じてUAVを用いた計測は、現場の作業時間を大幅に削減することと同時に作業員の安全確保を図ることができた。また、計測結果を積み上げることで、施設ごとの変位やその変状の進行状況を具体的に把握することができる。UAVを用いた点検は海岸保全施設に限らず、ほかの道路施設にも適用することができる。特に今回計測した消波工のように立ち入りが困難な施設について安全かつ効率的に点検を実施することが可能となる。

謝辞：本稿を作成するにあたり、情報提供や助言等多大なご協力を頂きました日本工営（株）並びに関係者の皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道・技術課：道路土工構造物点検要領 ,2023年3月
- 2) 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 ,2020年6月
- 3) 国土交通省港湾局：港湾の施設の点検診断ガイドライン ,2021年3月
- 4) 水産庁漁港漁場整備部整備課：無人航空機（UAV）を活用した水産基盤施設の点検の手引き ,2019年3月
- 5) 静岡県交通基盤部政策管理局建設政策課：VIRTUAL SHIZUOKA, <https://virtualshizuokaproject.my.canva.site/>
- 6) 国土交通省航空局：無人航空機飛行マニュアル, 2025年3月31日