

15. グリーンレーザドローンを用いた海岸侵食対策工の

3 次元モニタリング

Three-dimensional monitoring of countermeasure construction of coastal erosion using green laser drone

○茨木 克博, 西山 哲, 坂本 奈温子 (岡山大学)

加藤 哲 ((有) アペオ技研), 富井 隆春 ((株) アミューズワンセルフ)

1. はじめに

島国である我が国は約 35,000km もの海岸に囲まれている。図 1-1 に各国の国土 10,000m²あたりの海岸線延長を示す。これより、我が国は諸外国に比べ単位面積当たりの海岸線の延長が極めて長いという特徴があることがわかる¹⁾。沿岸域では様々な災害が発生しており、代表的なものとして地球温暖化に伴う海面上昇等による海岸侵食が多く報告されている。毎年平均約 160ha もの国土が失われており、海岸保全施設の効率的な点検が重要な課題となっている²⁾。そのため、離岸堤や人工リーフをはじめとする海岸侵食対策工が全国に存在する。これら対策工の状態や効果を把握するためには、海底や沿岸構造物の形状・状態を効率的に把握する必要がある。現在は目視による点検が主であるが、最近の DX 化の推進により、図面の 3 次元管理や点検診断の省力化・無人化が求められている。このような背景から、迅速かつコストの低い 3 次元点群データの取得方法として期待されている。水中を透過する特性を持つグリーンレーザスキャナを搭載したドローンに着目した。本研究では、海岸侵食対策工のモニタリング手法としてドローンを活用するために、基本性能の把握や精度検証を行い、活用方法並びに今後の課題について考察する。

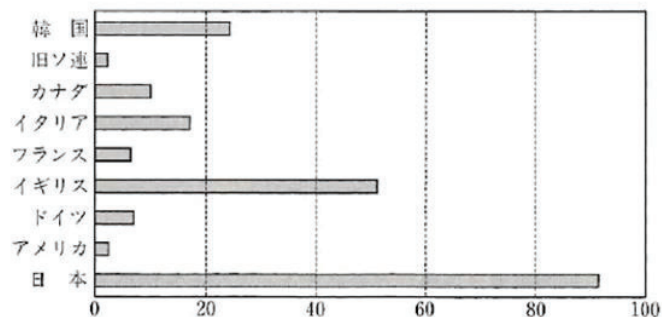


図 1-1 各国の国土 10,000m²あたりの海岸線延長

昇等による海岸侵食が多く報告されている。毎年平均約 160ha もの国土が失われており、海岸保全施設の効率的な点検が重要な課題となっている²⁾。そのため、離岸堤や人工リーフをはじめとする海岸侵食対策工が全国に存在する。これら対策工の状態や効果を把握するためには、海底や沿岸構造物の形状・状態を効率的に把握する必要がある。現在は目視による点検が主であるが、最近の DX 化の推進により、図面の 3 次元管理や点検診断の省力化・無人化が求められている。このような背景から、迅速かつコストの低い 3 次元点群データの取得方法として期待されている。水中を透過する特性を持つグリーンレーザスキャナを搭載したドローンに着目した。本研究では、海岸侵食対策工のモニタリング手法としてドローンを活用するために、基本性能の把握や精度検証を行い、活用方法並びに今後の課題について考察する。

2. 計測概要

(1) 計測機器

本研究では、グリーンレーザスキャナを搭載したドローンによって計測を行った。計測に使用したグリーンレーザ搭載ドローンの外観を図 2-1 に示す。グリーンレーザは水面下の地形を面的に捉え、海底の点群データを取得できる。グリーンレーザを使用



図 2-1 グリーンレーザスキャナの外観

した海底の地形計測としては有人航空機による ALB が一般的であるが、迅速かつ低コストで計測を行うことが困難であることに加え、400m 以上の計測高度を要するため、高密度な点群を取得し難い。一方、ドローン測量では、計測高度を 150m 以下まで下げることで、より詳細な地形の把握が可能である。そのため、ALB に代わる海底地形測量手法として期待されている³⁾。また、使用したグリーンレーザスキャナの性能を表 2-1 に示す。

表 2-1 グリーンレーザスキャナの性能

機器名	TDOT GREEN
レーザ波長(Hz)	532±1nm
レーザ照射角(度)	30
パルスレート(Hz)	60,000
スキャン回数(走線)	30

(2) 計測現場の概要

計測対象は、三重県の熊野市から紀宝町までの 22km におよぶ七里御浜海岸の一部であり、上空から撮影した現場写真を図 2-2 に示す。七里御浜海岸は日本最長の砂礫海岸であるとともに、熊野川におけるダムの建設や土砂採取などを要因とした海岸侵食が顕在化している。そのため、潜堤や消波ブロック・離岸堤など様々な海岸侵食対策工が施されているものの、侵食傾向は改善されていないのが現状である。計測範囲は赤枠で囲まれた約 350m×400m の範囲であり、図中の四角形と三角形はそれぞれ調整点と検証点の位置を示している。計測は 2 時期に分けて実施し、1 時期目が 2021 年 7 月 20 日、2 時期目が 2021 年 11 月 24 日である。ドローンの飛行時間は両時期とも約 1 時間 20 分で、対地高度は 60m、飛行速度は 3.0m/s である。



図 2-2 計測現場の範囲

3. 計測結果

(1) 点群取得結果

図 3-1 に取得した点群データの標高段彩図を示す。図中の水色部の変動から、砂浜の地形が約 4 か月間で大きく変化していることが分かる。三重県御浜の観測地では、2021 年 8 月 11 日から 21 日までの 10 日間にわたり降雨が続き、8 月 17 日には三重県内で 1 時間

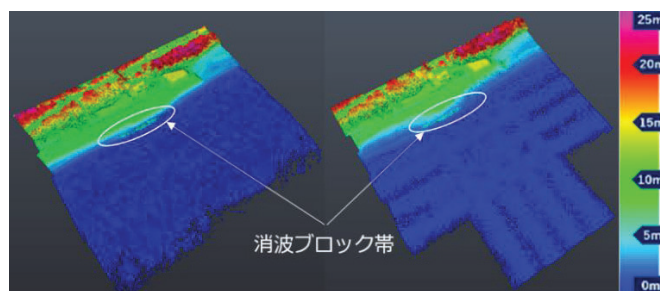


図 3-1 1 時期目 (左) と 2 時期目 (右) の計測結果

に約 120m の猛烈な雨を観測している。これらは 1 時期目と 2 時期目の測量間に発生しており、これらの影響により海岸地形が大きく変状したと考えられる。本現場では海岸線上に消波ブロックが設置されており、2 時期目のデータからは、消波ブロックの背後は海岸の侵食が抑制されている部分がある。このことから、海岸侵食対策工の効果が実際に表れていることが分かる。このように、ドローンによる 3 次元データ取得によって海岸の状態を把握することができる。

(2) 陸上精度検証

計測では、計測範囲内に調整点と検証点をそれぞれ 3 点ずつ設置した。これらの標準点を用いて、GNSS 測量によって得られた座標との比較から精度検証を行った。水中には標準点を設置できないため、陸部のみの精度検証となるが、陸部の取得精度を検証することは沿岸域における水陸一体の 3 次元データを扱うために重要である。1 時期目、2 時期目ともに測量誤差の平均と標準偏差を算出した。その結果を図 3-2 と図 3-3 に示す。調整点との誤差は 1 時期目 2 時期目とも標準偏差で最大 0.35mm と ±50mm を下回っており、調整点なしでも十分精度の高い点群データを得ることが可能であるといえる。また、検証点との誤差に関しては、1 時期目は標準偏差約 10mm、2 時期目は標準偏差約 30mm となり、許容誤差の ±50mm を下回る結果となった。しかし、沿岸域においての計測では、調整点が海岸沿いの 3 点のみであり、また水中に調整点を設置できないことから、点群データの面的な位置調整が困難である。また、水中の精度検証も行うことができないため、今後は水中における取得点群精度の検証方法を検討する必要があるといえる。

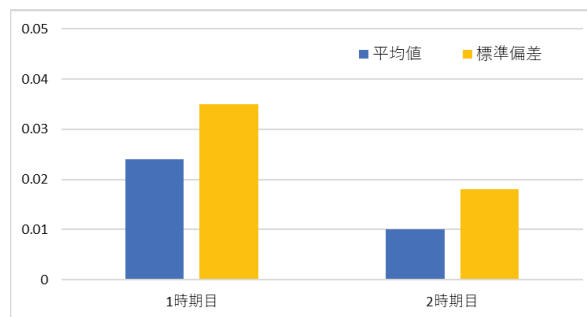


図 3-2 調整点検証結果

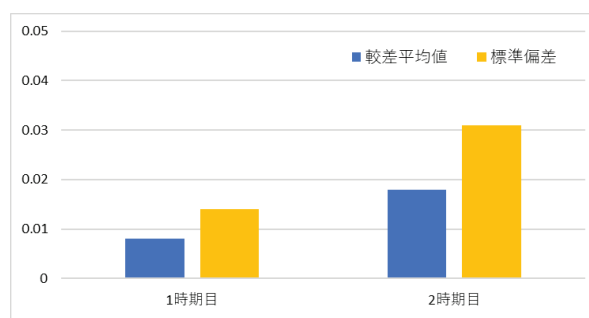


図 3-3 検証点検証結果

(3) 断面抽出結果

取得した点群データから 1 時期目・2 時期目のそれぞれのデータにおいて 2 か所の断面を抽出した。図 3-4 に両時期における同一箇所の断面を抽出した結果を示す。1 時期目は海底の地形データを取得できず、汀線位置を断面図から判別するのは困難であった。これは、海岸特有の白波の発生によって、グリーンレーザが遮断されたためであると考えられる。一方、2 時期目は最大水深約 6.3m の海岸地形データを取得でき、断面図からステップやバームなどの微地形を確認することができた。また、汀線付近ではどの位置においても共通して欠測が発生しており、これも

同様に白波の影響であると考えられる。汀線付近では波の状態が不規則になり、海水が白く濁るため、グリーンレーザが散乱したと思われる。このように、沿岸域におけるグリーンレーザによるドローン測量では、白波の発生が計測能力に大きく影響していると考えられる。白波発生は主に風速の上昇によって発生する。沖合では風速が約 5m/s に達すると発生し、風速の増加につれて発生頻度が増すと考えられており、測量の際には風速や波の状態を把握しておくことが重要であると思われる。

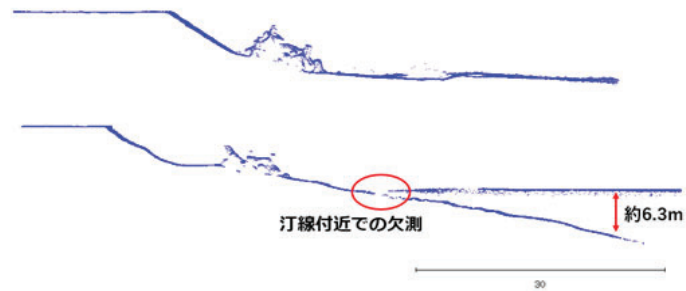


図 3-4 1 時期目の断面図（上）と 2 時期目の断面図（下）

4. 結論と今後の課題

本研究では沿岸域の新たなモニタリング手法としてグリーンレーザスキャナを搭載したドローン測量を実施するために、基本性能の把握と精度検証を試みた。UAV 測量は ALB に比べて対地高度が低く、高密度な点群が取得可能であるため、より詳細な地形を再現することができた。また、本研究の陸上での精度検証においては調整点の有無によらず許容誤差の 50mm を下回る結果となった。しかし、水中には調整点を設置することが困難であることから、水中での取得点群の検証方法が今後の課題である。断面抽出では、断面図から最大水深 6.3m の海底点群データを取得できることが確認され、ステップなどの海岸地形を取得することができたが、汀線付近ではどの地点でも欠測が見られた。このような浅瀬での欠測は沿岸特有の白波の発生や、波による海底の砂の巻き上げによる水中の透明度の低下が原因であると考えられる。しかし、本研究ではそれらの検証が行えていないことから、今後どのような条件であれば点群取得が可能であるのかを検証する必要がある。

参考文献

- 1) 平山秀夫, 辻本剛三, 島田富美男, 本田尚正: 海岸工学, pp. 6-7, コロナ社, 2017.
- 2) 国土交通省: 沿岸部における気候変動の影響及び適応の方向性, pp. 8, 2015.
- 3) 富井隆春: ドローン搭載型グリーンレーザの活用, 別刷 計測と制御, Vol. 60, No. 10, 2021.