

ブルーカーボンデータ計測マニュアル
Ver.1

令和 8 年 3 月

国土交通省 港湾局
国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
港湾空港技術研究所

目次

1. 概説	1-1
1.1. はじめに	1-1
1.2. 目的	1-2
1.3. 本マニュアルの構成	1-2
1.4. 適用範囲と利用上の注意点	1-5
1.5. 本マニュアルの検討体制と検討経緯	1-5
1.6. 参考文献	1-7
2. 藻場計測（グリーンレーザー）	2-1
2.1. 作業工程	2-1
2.2. 計測計画・準備	2-2
2.3. 計測	2-5
2.4. 点群データの基準	2-7
3. データ解析	3-1
3.1. ノイズ処理	3-1
3.2. 植生情報推定	3-2
3.2.1. 海草・海藻の抽出	3-2
3.2.2. 海草・海藻種類の情報（メタデータ）	3-6
3.3. データの照査方法	3-6
4. ブルーカーボン高精度データ把握・管理システム（BDAS）取込用データフォーマットの作成	4-1
4.1. 必要なデータ	4-1
4.2. データフォーマット	4-1
5. 用語集	5-1

1. 概説

1.1. はじめに

2020年10月に日本政府は、2050年までにカーボンニュートラル（排出量と同じ量を吸収・除去によって相殺し、実質的に排出量をゼロにすること）を目指すことを表明した。

また、2021年4月には、2030年度において、温室効果ガス46%削減（2013年度比）を目指すこと、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けることを表明している。

この目標を、2021年10月22日、地球温暖化対策推進本部にて、「日本のNDC（国が決定する貢献）」として決定し、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）事務局へ提出している。

さらには、2024年度には、地球温暖化対策計画が改定され、日本の次期NDC（国が決定する貢献）として、2035年度、2040年度において、温室効果ガスを2013年度からそれぞれ60%、73%削減することを目指すことが記載された。

「ブルーカーボン」は、2009年10月に国連環境計画（UNEP）の報告書において、藻場・浅場等の海洋生態系に取り込まれ（captured）、海洋中に貯留された（stored）炭素が「ブルーカーボン」と命名され、地球温暖化対策として新たな吸収源の新しい選択肢として提示された。四方を海に囲まれた日本にとって、沿岸域の吸収源としてのポテンシャルは大きく、ブルーカーボンの活用にあたっては、その評価方法や技術開発の確立が重要となっている。

また、一国が1年間に排出・吸収する温室効果ガスの量を取りまとめたデータは、「温室効果ガスインベントリ（Greenhouse Gas Inventory）」（以下、「インベントリ」という。）と呼ばれ、附属書I締約国はUNFCCC事務局に毎年提出が義務づけられている。

なお、2024年4月には、2022年度の我が国の温室効果ガス排出・吸収量において、ブルーカーボン生態系のうち、新たに海草藻場・海藻藻場によるCO₂吸収量を合計約35万t-CO₂/年と算定し、UNFCCC事務局に報告した。海藻藻場によるCO₂吸収量の報告は世界初となる。

国土交通省港湾局（以下、「港湾局」という。）は、ブルーカーボン生態系を活用したCO₂吸収源の拡大によるカーボンニュートラルの実現への貢献や生物多様性に富んだ豊かな海の実現を目指し、「命を育むみなどのブルーインフラ¹拡大プロジェクト」を推進している。

その中で、港湾局及び国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所（以下、「港空研」という。）において、藻場でのCO₂吸収量やそれを算定するために必要となる藻場の面積を高精度かつ効率的に把握するため「ブルーカーボン高精度データ把握・管理システム Blue carbon Data Archive System（以下、「BDAS」という。）」の開発を進めている。

これらの取組は、ブルーインフラの整備効果の定量的把握に加え、インベントリ報告への活用も目的としている。

¹ ブルーインフラ：藻場・干潟等及び生物共生型港湾構造物

1.2. 目的

2024年4月に国連に報告したインベントリにおいては、環境省の実態調査をベースとし、開発中のBDASを用いて全国の藻場面積を推計したうえで、2022年度の藻場によるCO₂吸収量を算定し、報告している。

2050年カーボンニュートラルの実現への貢献の観点から、捕捉できていない藻場の把握が必要となるが、水深の深い箇所、構造物の陰に隠れている箇所、濁度の高い場所、波が碎けている場所の藻場は捕捉が困難なのが現状である。今後は、全国の藻場面積をより詳細に把握するため、これら捕捉困難な藻場の計測データも取り込み、藻場によるCO₂吸収量を高精度かつ効率的に算定するための体制の構築が必要である。

また、各地で整備を進めているブルーインフラについては、その効果確認のためのモニタリングが実施されているが、潜水士による目視確認などにより実施されており、生産性向上等の課題解消にはICT技術の活用が必要である。

藻場計測に際しては、グリーンレーザー、ソナー（マルチビームを含む音響測深機器）、衛星画像やドローン画像など、様々なセンシングによる計測手法がある。これらの計測データをBDASに取り込み、藻場面積を把握し、CO₂吸収量を算定するためには、各計測手法に応じた計測基準が必要となっている。

本マニュアルは、BDASによる藻場面積をはじめとした植生情報の把握、CO₂吸収量の算定への活用を念頭に、グリーンレーザーによる計測手法に関して、計測基準や留意事項を規定するものである。なお、ソナー、衛星画像等の他計測手法については今後、追加していく予定である。

1.3. 本マニュアルの構成

本マニュアルは、藻場計測において、効率的な藻場面積の把握が可能となるよう、藻場計測手法毎に計測精度などの必要な事項について規定している。

あわせて、藻場計測に対する理解を深めるため、解説を加えている。

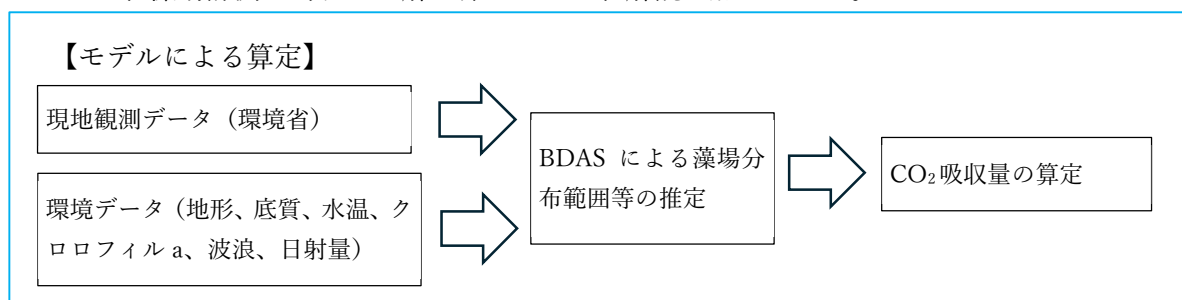


図 1.3.1 計測から CO₂ 吸収量算定までの現状

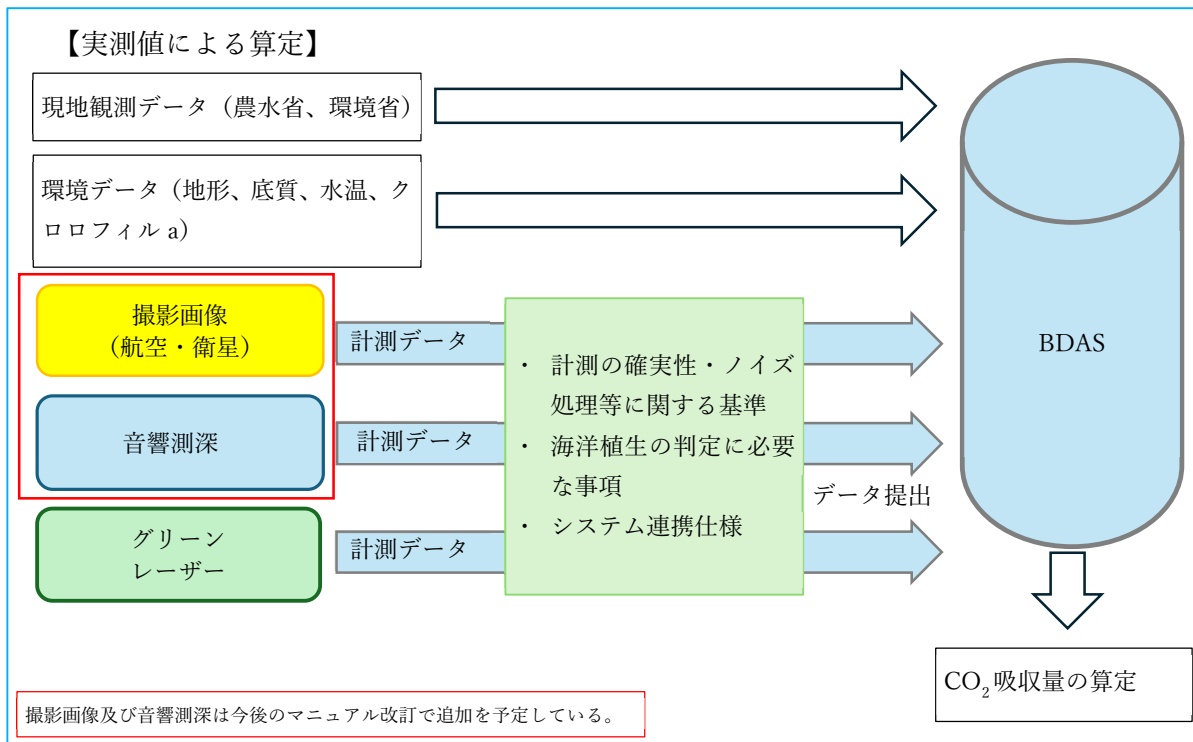


図 1.3.2 各種データの BDAS への格納イメージ

藻場や海草・海藻の分布把握には、図 1.3.3 に示すように、調査範囲や取得できる情報の粗密によって、様々な手法が用いられている。空間スケールの異なるデータについては取得できる情報が異なるため、あらかじめ取得する情報を設定し、最新の調査方法を含む複数の調査方法から適切な調査方法を設定することが望ましい。

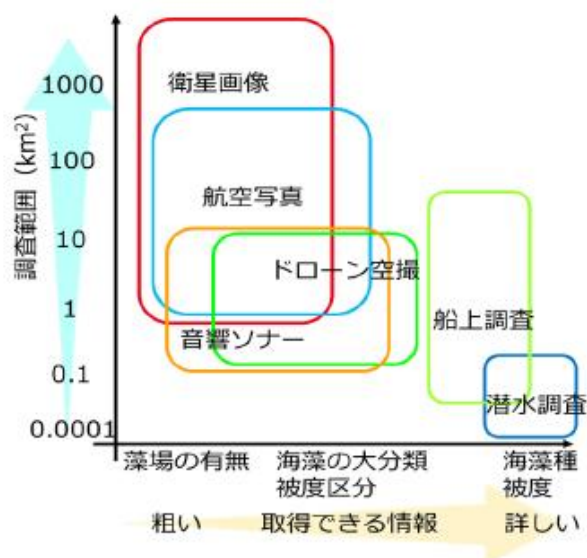


図 1.3.3 調査方法・取得可能情報と調査範囲の関係イメージ

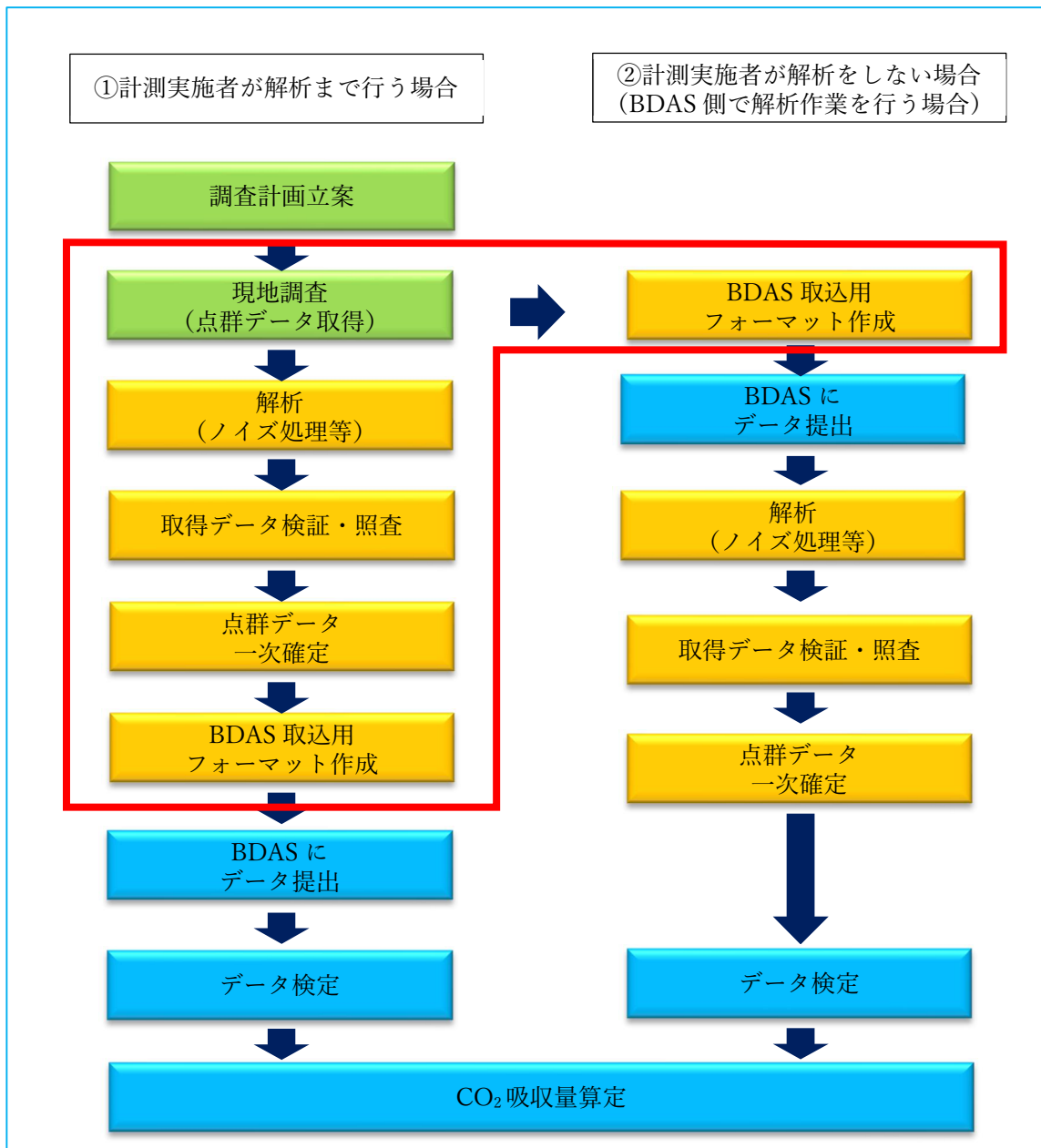


図 1.3.4 マニュアルの範囲

本マニュアルでは、図 1.3.4 に示すフロー中、赤枠で囲った、現地調査(点群データ取得)、BDAS 格納用フォーマット作成の解説を対象としている。

1.4. 適用範囲と利用上の注意点

本マニュアルは、各種藻場計測手法における計測成果を BDAS に格納するための計測精度に関する基準を取りまとめたものである。

これらは、ブルーインフラの整備効果の定量的把握に加え、インベントリ報告に活用するための基準となるため、本基準の適用はこれらの内容に限定する基準とする。

なお、本マニュアル案はグリーンレーザーによる計測を想定しており、今後衛星等から取得する撮影画像や音響を用いた計測等についても追加する予定であり、マニュアル内容は適宜更新を行うものとする。

1.5. 本マニュアルの検討体制と検討経緯

本マニュアルは表 1.5.1 に示す検討体制で作成された。

ブルーカーボンデータ計測マニュアル研究会（以下、「マニュアル研究会」という。）のこれまでの検討経緯を以下に示す。今後は、衛星やシングルビームソナーといった計測技術の取込み、マニュアルの更なる使いやすさ向上のための改定を予定している。

表 1.5.1 マニュアル研究会検討体制

研究機関	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所
企業・団体	一般社団法人 海洋調査協会 ＜会員企業＞ アジア航測 株式会社 いであ 株式会社 国際航業 株式会社 三洋テクノマリン 株式会社 日本工営都市空間 株式会社 株式会社 パスコ
	一般社団法人 水底質浄化技術協会
	株式会社 amuse oneself
	ウミトロン 株式会社
	株式会社 KDDI 総合研究所
	富士通 株式会社
関係省庁	農林水産省 水産庁 漁港漁場整備部 事業課
	環境省 地球環境局 総務課 脱炭素社会移行推進室
事務局	国土交通省 港湾局 海洋・環境課 港湾環境政策室
	一般財団法人 みなと総合研究財団
	一般財団法人 港湾空港総合技術センター

○令和 6 年 7 月 25 日 第 1 回マニュアル研究会

マニュアル研究会の設立、マニュアルで整理すべき事項及び整理の方向性やデータフォーマット、アノテーションの設定について意見交換を行い、以下の意見が出された。

- ・ BDAS 公開・利用：解析データは公開予定、企業も活用希望。既存・新規データ整合性が課題。
- ・ 計測マニュアル：計測機器の違いによる精度整合性を検討、更新可能な柔軟な仕様を目指す。
- ・ データ仕様：座標系、植生高さ定義やオープンフォーマット（GeoJSON 等）対応を検討。
- ・ 技術・運用：技術革新に応じ更新、底質データ不足が課題。
- ・ 全体方針：データ公開やクラウド処理の DX 推進、将来的に他生態系へ拡張予定。

○令和 6 年 10 月 21 日 第 2 回マニュアル研究会

植生計測の目的、要求性能、計測基準の設定、ブルーカーボンデータ計測マニュアル（案）素案を提示して意見交換を行い、以下の意見が出された。

- ・ 点群データ：現存量把握を目的とする。点群密度に加え、1 グリッドあたりの点群数についても検討する。ALB で植生判定基準の維持は困難なためドローンやマルチビームの併用を検討する。
- ・ 画像データ：撮影条件、解像度・頻度・コストのバランスが課題。機械学習による自動判別は精度 7 割のためドローン等を用いた補完策を検討。
- ・ マニュアル素案：計測のスケール感の明記、点密度・フットプリント記載方法を検討する。

○令和 7 年 1 月 22 日 第 3 回マニュアル研究会

第 2 回マニュアル研究会での意見を反映したブルーカーボンデータ計測マニュアル（案）を提示し、以下の意見が出された。

- ・ 計測マニュアル（案）：データ取得方法は BDAS にて明記し、計測手法による結果の平均化はしない。点群密度はグリッド単位で整理。計測手法の特性を踏まえた記載を検討する。藻場分布把握と現存量推定を目的に、複数の計測手法の併用・柔軟な基準設定で精度確保を目指す。
- ・ 画像データ：衛星解析方法や教師データ活用は議論を継続する。解像度・位置精度の違いを考慮し、記載を分ける方針とする。
- ・ 技術・精度：反射強度や LAS 形式データ対応、精度検証方法（目視・ROV 等）を今後検討する。マニュアルは新技術に応じ更新していく。

○令和 7 年 3 月 7 日 第 4 回マニュアル研究会（ナローマルチビーム等ソナーWG）

マルチビーム計測技術の条件整理について意見交換を行った。また、参加企業よりナローマルチビーム等に関する技術紹介を行った。

- ・ マルチビーム：反射強度を判定できないので、バックスキャッター機能や補正で対応が必要。藻場種類で反射強度が変わるため、点群データを増やし形状把握が必要。
- ・ シングルビーム：反射強度のピーク値を基に単純な点データとして扱うため、処理が必要。魚探はアナログ値で扱いが難しいが、測量用シングルビームの活用が考えられる。音響技術は藻場判定に未活用だが、今後研究開発が進み、マニュアルへの適用が期待される。
- ・ 計測基準：密度・フットプリントは海域や藻場種で変動するため一律設定は困難。
- ・ 費用：ナローマルチビームは高コスト、単体調査は非現実的なので、他目的との併用が効率

的。

○令和7年3月10日 第5回マニュアル研究会（衛星画像等画像計測WG）

マニュアルに整理すべき項目について整理し、意見交換を実施した。

- ・ 衛星の画像解像度の基準：実用的な衛星画像は3m解像度が最適。50cmは高精度だが高コスト。種判別は困難。衛星画像選定はアーカイブ利用が基本であり、条件（潮位・雲量・濁り）でスクリーニング。
- ・ 計測基準（ドローン）：運用上高度150m以上は厳しい。高度150m弱で解像度は約10cm以下。沿岸撮影は特徴点確保が必要。水深基準は濁り等で変動、マニュアルで一律規定は困難。SfM（Structure from Motion）やオルソ化を推奨、位置情報必須。機材性能や撮影条件の最低基準を記載すべき。面積算定には位置情報とオーバーラップ撮影が重要。
- ・ フットプリントの基準：衛星画像ではフットプリント概念は不要、解像度とほぼ同義。

○令和7年8月1日 第6回（令和7年度第1回）マニュアル研究会

これまでの検討を踏まえ、グリーンレーザー版のマニュアル公表を目指し、マニュアル内容の審議、意見交換を実施した。

- ・ データ精度と照査：計測データの確からしさを担保するため、照査方法をマニュアルに規定。シートウールズ結果もBDASにアップロード可能にする。データの再計測の判断について、ノイズによる数値基準は難しいため現場判断を基本とする。
- ・ データフォーマット：リーフハイトは平均値、藻場タイプはメッシュ単位ではなく代表種で記載。メタデータの入力を増やし、機材差対応のためタイプ分類を追加。

1.6. 参考文献

本マニュアルの適用にあたり、参考とする文献は下記のとおりとする。

【マニュアル類】

- ・ 広域藻場モニタリングの手引き（令和3年3月）水産庁
- ・ 実効性のある継続的な藻場モニタリングの手引き（令和6年4月）水産庁
- ・ Jブルークレジット®認証申請の手引き Ver.2.5（令和7年3月）ジャパンブルーエコノミー技術研究組合
- ・ 海洋調査技術マニュアル—海洋生物調査編—（平成18年3月）一般社団法人 海洋調査協会

【参考文献】

- ・ UAV 搭載型グリーンレーザースキャナによる沿岸域の海底地形計測に関する技術的指針 土木学会論文集 Vol.80 No.17 24-17167 2024 伴野雅之・棚谷灯子・富井隆春・富井天夢・堺 浩一ら
- ・ グリーンレーザースキャナ搭載 UAV による海藻藻場の計測手法の検討 土木学会論文集 Vol.80 No.17 24-1728 2024 吉田光寿・渡辺謙太・源平慶・伴野雅之・棚谷灯子ら
- ・ グリーンレーザースキャナ搭載 UAV で得られた点群の解析による海藻藻場の空間分布推定 土木学会論文集 Vol.80 No.17 24-17235 2024 棚谷灯子, 吉田光寿, 渡辺謙太,

源平慶, 伴野雅之

- ・ 大規模養浜海岸における航空レーザー測深 (ALB) を用いた砂浜モニタリング 土木学会論文集 B3 (海洋開発) Vol.78 No.2 I_745 I_750 2022 岩部然育・土井口華絵・加藤英紀・片山美可・下野友裕・清水利浩・千田奈津子・眞井里菜
- ・ グリーンレーザー測量を用いた藻場把握方法の検討 土木学会論文集 Vol.80 No.18 24-18025 2024 岩部然育・土井口華絵・加藤英紀・片山美可・高橋大二郎・渡辺謙太・伴野雅之・石野芳夫
- ・ グリーンレーザーによる藻場等の浅海域情報の取得事例と課題 Journal of Advanced Marine Science and Technology Society Vol. 29, No. 1, pp. 19-23 2024 壺岐信二・市橋理・藪内哲朗・劉軒禹

2. 藻場計測（グリーンレーザー）

2.1. 作業工程

グリーンレーザーを用いた計測における作業工程は、下記のフローの2章の範囲に示すとおりとする。

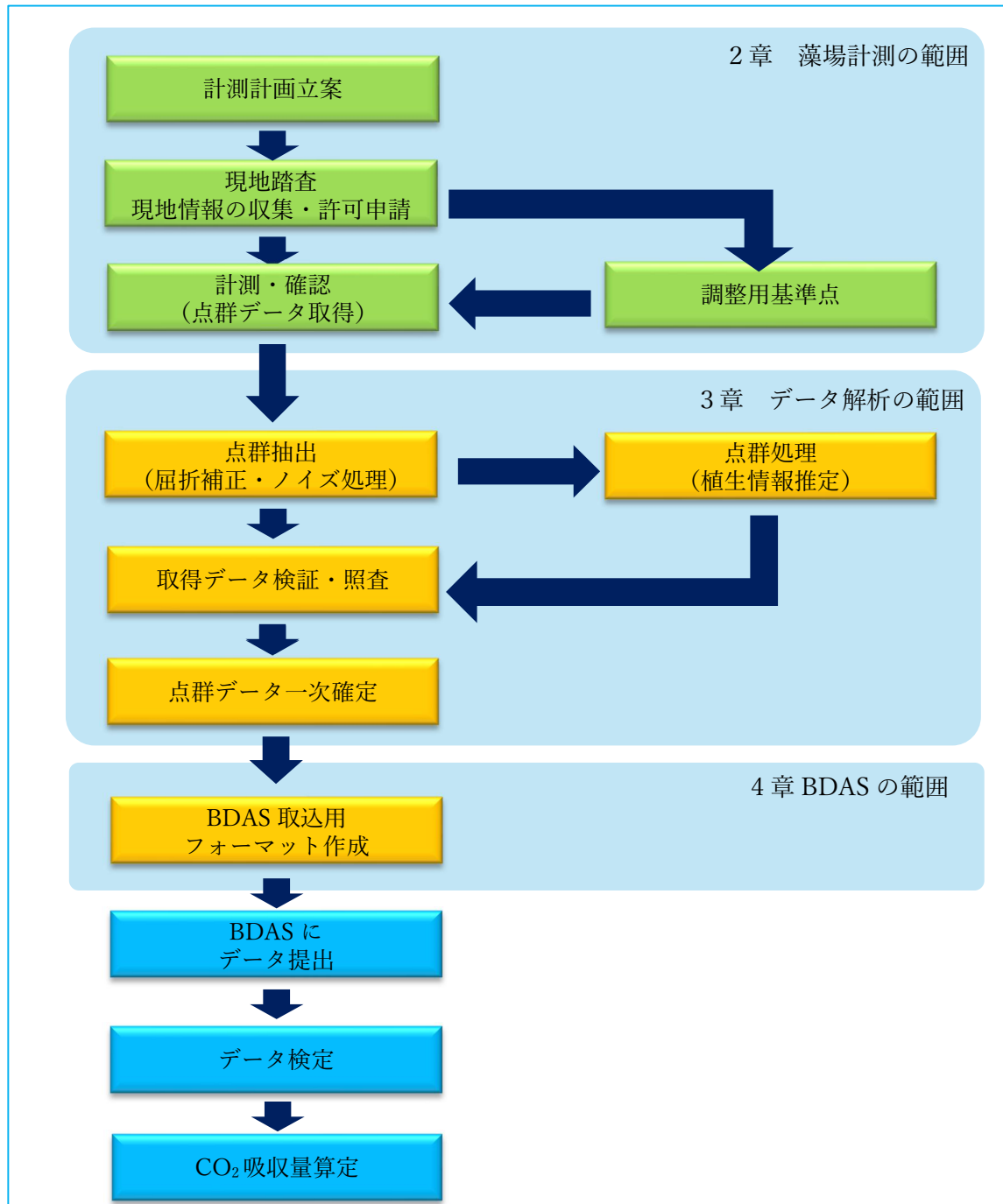


図 2.1.1 作業フロー（グリーンレーザー）

2.2. 計測計画・準備

計測実施者は、作業の着手前に作業方法、使用する主要な機器、要員、日程等について適切な計測計画を立案し、これを発注者に提出する。計測計画を変更しようとする場合も同様とする。資料収集、現地での調査が必要であれば行い、計測の精度を高めるよう準備する。

(1) 計測計画

グリーンレーザーを用いた計測において、ドローン及び航空機タイプ (ALB) にて計測を行うが、それぞれの計測計画・準備については、下記のフローのとおりとする。

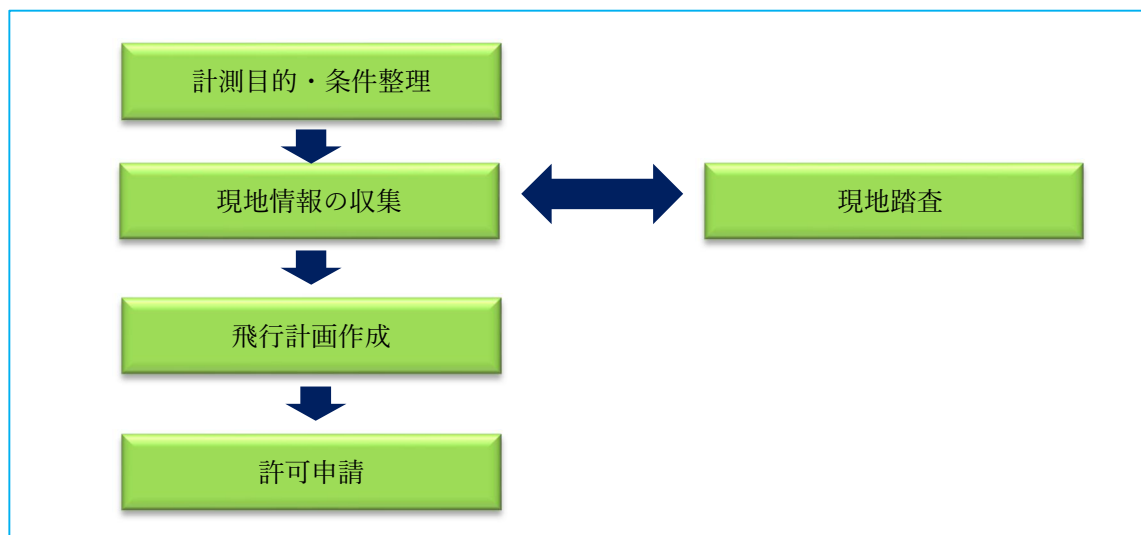


図 2.2.1 計測計画・準備フロー (グリーンレーザー)

(計測目的・条件整理)

計測目的は、計測の結果を CO₂ 吸収量の算定に結びつけることである。計測対象とする海域や藻場および海草・海藻の繁茂状況を踏まえて範囲や時期等適切な計測条件を設定し、計測計画を立案するものとする。

(現地情報の収集・現地踏査)

計測対象海域とその沿岸を対象に現地の情報を収集し、必要に応じて現地踏査も実施し、計測条件や計画の妥当性を確認するための情報を収集する。

(飛行計画作成)

計測目的、現地状況、踏査結果等を踏まえ、飛行日時、経路、高度等の飛行計画や各種手続を行う。

① 必要な手続 (航空)

ドローンを屋外で飛行させるために必要な手続全体のうち、航空法第 132 条の 85、86 に基づく「飛行許可・承認手続」は下図の位置づけとなる。

本手続は該当カテゴリー及び機体認証・操縦者技能証明の有無により省略できる場合があるので航空局の HP にて手続の要否を確認すること。



※ドローンを飛行させるための一連の手続は原則、オンラインサービス「ドローン情報基盤システム<通称：DIPS2.0>」より行う。

※飛行許可・承認手続の実施においては、機体登録手続を実施し登録記号または試験飛行届出番号発行を受けている必要がある。

出典：国土交通省 HP https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html

② 手続の流れ（航空）

ドローンによる藻場調査では、許可申請が必要な場合がある。目視外飛行（モニター監視による自動操縦や FPV 操縦も含む）や人口密集地域・第三者の人や物までの距離が 30m 以内の飛行を行う場合、管轄の航空局への許可申請が必要となる（許可取得まで通常 10 営業日ほど）。また、制限空域（150m 以上の上空や空港近く）での飛行も管轄の空港事務所へ許可申請をしないといけない（飛行開始予定日の少なくとも 10 開庁日以上前（土日・祝日除く）に申請。3～4 週間前推奨）。150m 以上の上空での飛行では空港等設置管理者及び空域を管轄する管制機関との事前調整も必要となる（空港事務所から指示がもらえる）。

これらの許可申請は国土交通省のドローン情報基盤システム（DIPS2.0）を用いて、オンライン上で行うことができる（<https://www.ossportal.dips.mlit.go.jp/portal/top/>）。許可取得後にドローンの運航者が事前に飛行日時・経路・高度等の飛行計画情報を DIPS2.0 の「飛行計画通報メインメニュー」から登録し、共有することが必要となる。また、調査地が自衛隊・米軍の訓練空域に含まれる場合は各所に照会が必要である。その場所が制限区域かどうかはウェブサイト（国土地理院地図、DJI 安全飛行マップ、ソラパスなど）やスマートフォンのアプリ（ドローンフライトナビ、ドローン飛行チェックなど）を利用して確認できる。

出典：広域藻場モニタリングの手引。ただし DIPS 更新に伴う加筆修正あり。

③ 必要な手続（海上・海中）

海上作業が伴う場合は、海上作業の許可・届出、他の関係する法令に規定する許可申請や届出を提出する。また、地方条例や各団体等によって定められた同意・承諾等を遵守して、適切に履行する。

さらに、作業の実施にあたっては、計測海域を管轄する関係機関や関係者への作業内容、作業方法および作業工程の周知を行う必要がある。

出典：マルチビームを用いた深浅測量マニュアル（浚渫工編）

（<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001599630.pdf>）

④ 手続の流れ（海上・海中）

管轄の管区海上保安部への海上作業の許可申請は、原則として着手日の 1 ヶ月前に、受注者が管轄の港長または海上保安部署等へ行う。水路業務法第 6 条の申請は、管轄の管区海上保安本部長へ行い、対象海域の管轄が 2 つ以上の管区海上保安本部にまたがる測量の場合は海上保安庁長

官へ申請を行う。

この許可申請にもとづき、実施される計測作業区域、方法等の公示が行われるほか、水路通報や航行警報が発出され、測量作業について安全周知が行われる。

- ・ 発注者
- ・ 管轄の管区海上保安本部
- ・ 管轄の警察署、消防署、労働基準監督署
- ・ 最寄りの緊急病院
- ・ 傭船先
- ・ 受注者
- ・ その他必要な連絡先
- ・ 熱中症対策

出典：マルチビームを用いた深浅測量マニュアル（浚渫工編）。一部加筆。

(<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001599630.pdf>)

なお、上記各項目（発注者～その他必要な連絡先）は海上作業の許可申請にあたって必要となるものであるが、海上作業時の緊急時連絡の際にも必要となるため作業計画書にも記載し、現場責任者等はこれを海上作業時に携行する。

⑤ 飛行計画の具体化

UAVによる計測は、予め設定したコースに沿って飛行する自動航行の機能を利用するのが一般的である。このとき、所定の点群データを取得するために、2.4点群データの基準を参考にして飛行コース等飛行計画を具体化する。

グリーンレーザーにより取得できる点群データは、海象や水深条件等に加え、機器仕様や飛行条件の設定により変化する。取得できる点群データに影響をおよぼす機器仕様や飛行条件には以下に示すような項目がある。

（機器仕様）

- ・ スキャンパターン（レーザーを直線や楕円に照射する方式がある）
- ・ パルスレート（単位時間あたりレーザー照射回数）
- ・ エコー数（レーザー照射1回あたりの反射データの個数）

（飛行条件）

- ・ 飛行高度（対地高度）
- ・ 飛行速度（進行方向のオーバーラップ率）
- ・ コース間隔（側方のオーバーラップ率）

上記の各仕様や各条件を勘案して飛行コースを具体化する。このため、計測に使用する機器を用いて事前に点群の取得状況を確認し、その結果を飛行計画の具体化に反映することが望ましい。

2.3. 計測

グリーンレーザーを用いた計測において、ドローン及び航空機タイプ（ALB）にて計測を行う。気象条件や海域の状況が飛行の安全確保や計測精度に影響を及ぼすことがあることから飛行前の確認を行う。

ドローンによる空撮は飛行計画に従い実施し、飛行や安全の確保に支障が生じる事象が予想される場合は、飛行の中断を含む適切な処置により安全を確保する。また、気象・海象条件により所定の計測精度が確保できないと考えられる場合は、発注者に報告し、再計測の実施や計測計画の見直しについての対応を検討する。

（安全確保）

計測時にはドローンの飛行に伴う様々なリスクが想定される。計測にあたって、ドローンの離着陸地点、運航経路、計測対象海域周辺の人や物件への影響を想定し、適切な安全確保を実施する。

- ・ 施設管理者等への事前周知
- ・ 離着陸および作業スペースの確保
- ・ 上記及び飛行経路下の立入り制限
- ・ 海域における警戒船の配置
- ・ 現場における作業体制の確認や KY 活動

（計測時の海域条件）

海域の状況が計測精度に影響を及ぼすことがある。計測時には海域状況を確認・記録し、計測の適否を判断することが望ましい。以下の海域条件の場合、「2.4 点群データの基準」に後述する点群データの取得が困難と想定されるため計測を中止とする。

- ・ 水深が透明度の 1.5 倍以上のとき

（調整点の設置）

「調整点の設置」とは、点群データの点検及び調整を行うため、調整点を設置する作業をいう。

- ・ 水平位置と標高の両方について点検及び調整を行う場合は 2 点以上、標高のみの点検及び調整を行う場合は 1 点以上の調整点を設置することを基本とする。
- ・ 調整点の水平位置や標高を計測し記録する。
- ・ 調整点には、既設の基準点を用いることができる。

（機器動作確認）

計測に使用する機器が正常に動作するか、離陸前に確認する。計測に使用する主な機器には、①ドローン、②コントローラ、③グリーンレーザー、④処理パソコンがあり、それぞれの外観、部品の取付、電源や燃料、通信、GNSS、自動航行設定、自動帰還設定等の状態に異常が無いことを確認し、IMU の初期化を実施する。

離陸後の初期段階においては、送信機による操作、機体の振動、送受信信号等の状態に異常が無いことを確認し、ドローンレーザー機材の製造元が推奨する方法により初期化（イニシャライ

ズ)を行うものとする。

(計測)

あらかじめ設定した飛行計画に基づき計測を行う。計測中は操縦者等による飛行状況の確認・操作、モニター監視者による飛行・計測状況の監視と操縦者への情報伝達、保安員による計測対象範囲への侵入者の監視と注意喚起等を行う。

計測中に計測結果に影響を及ぼすと考えられる気象条件や海域条件（海水の濁りや漂流物等の存在）が確認された場合は、計測の中断や再計測の実施を検討する。

海面付近に繁茂する海草・海藻を計測する場合は、満潮時に計測することを推奨するが、他の気象・海象条件などを考慮し、総合的に判断する。

参考：広域藻場モニタリングの手引き（令和3年3月）水産庁

2.4. 点群データの基準

取得する点群データは、目的に応じた要求性能を満たすものとする。

(1) 目的

植生分布の平面マップを作成し、分布面積および植生量を算出する。

(2) 要求性能

必要とされる空間解像度における植生の有無が平面的に判別でき、かつ植生量の定量化に必要な植生高さや被度の情報が判別できる。

(3) 空間解像度

必要とする空間解像度（グリッドサイズ）を1ビームあたりのフットプリントの直径の15倍以上で設定する。

(4) 計測基準

設定した空間解像度の総フットプリント（点群数×1ビームあたりのフットプリント）が1グリッドの面積と同等あるいはそれ以上とする。

(計測例)

○ドローン搭載型グリーンレーザースキャナによる計測の場合

- ・1ビームあたりのフットプリント：直径7.5 cm（面積： $44.2 \text{ cm}^2 = 0.00442 \text{ m}^2$ ）の場合
- ・グリッドサイズ： $0.075 \text{ m} \times 15 = 1.125 \text{ m}$

対象空間解像度：1.125m以上の解像度として1 m（面積： 1 m^2 ）に設定

- ・1グリッド内点群数：グリッド面積/1ビームあたりのフットプリント = $1 \text{ m}^2 / 0.00442 \text{ m}^2 =$ 約226点以上

○ALBの場合

- ・空間解像度：20 m（面積： 400 m^2 ）
- ・1ビームあたりのフットプリント：直径1.42 m（面積： 1.58 m^2 ）
- ・1グリッド内の点群数：260点
- ・点群数×フットプリント = $260 \text{ 点} \times 1.58 \text{ m}^2 = 411 \text{ m}^2 =$ 対象空間解像度と同程度

空間解像度やフットプリントについては、ドローン搭載型グリーンレーザースキャナとALB間で差が見られるが、既往研究(下記参照)から精度が藻場の把握に影響しないことが示されている。

- ・ UAV 搭載型グリーンレーザースキャナによる沿岸域の海底地形計測に関する技術的指針
土木学会論文集 Vol.80 No.17 24-17167 2024 伴野雅之・棚谷灯子・富井隆春・富井天夢・堺 浩一ら

- ・ グリーンレーザースキャナ搭載 UAV による海藻藻場の計測手法の検討 土木学会論文集 Vol.80 No.17 24-1728 2024 吉田光寿・渡辺謙太・源平慶・伴野雅之・棚谷灯子ら
- ・ グリーンレーザースキャナ搭載 UAV で得られた点群の解析による海藻藻場の空間分布推定 土木学会論文集 Vol.80 No.17 24-17235 2024 棚谷灯子, 吉田光寿, 渡辺謙太, 源平慶, 伴野雅之
- ・ 大規模養浜海岸における航空レーザ測深 (ALB) を用いた砂浜モニタリング 土木学会論文集 B3 (海洋開発) Vol.78 No.2 I_745 I_750 2022 岩部然育・土井口華絵・加藤英紀・片山美可・下野友裕・清水利浩・千田奈津子・眞井里菜
- ・ グリーンレーザ測量を用いた藻場把握方法の検討 土木学会論文集 Vol.80 No.18 24-18025 2024 岩部然育・土井口華絵・加藤英紀・片山美可・高橋大二朗・渡辺謙太・伴野雅之・石野芳夫
- ・ グリーンレーザーによる藻場等の浅海域情報の取得事例と課題 Journal of Advanced Marine Science and Technology Society Vol. 29, No. 1, pp. 19-23 2024 壺岐信二・市橋理・藪内哲朗・劉軒禹

3. データ解析

3.1. ノイズ処理

グリーンレーザーにより計測した点群データには原理上含まれる誤差や明らかなノイズ（計測対象以外からの反射信号）が含まれることがある。次項の点群処理（分類・アノテーション・植生情報推定）を実施する前に、適切に処理することを原則とする。

点群データに含まれている次のようなデータは事前に棄却するものとする。

- ・ 明らかに計測対象（海面、海草・海藻、海底）以外からの反射と分かるデータ（外れ値）
- ・ 統計的にノイズと判断されたデータ

計測データには抽出したいデータとは異なるノイズが含まれることがあるとともに、水中の点群位置が屈折の影響を受けて実際と異なる。図 3.1.1 に示すスライス断面には海面や海底と想定されるものに加えノイズが多数含まれている。同図には屈折補正後の点群を赤色の点として示しているが、海底面にはこのようなズレが生じる。

植生量の定量については、水中での距離精度を担保するために、光の速度が気中と水中で異なることを考慮した計測値の補正（気中光速/水中光速=1.33=屈折率）を行う必要がある。

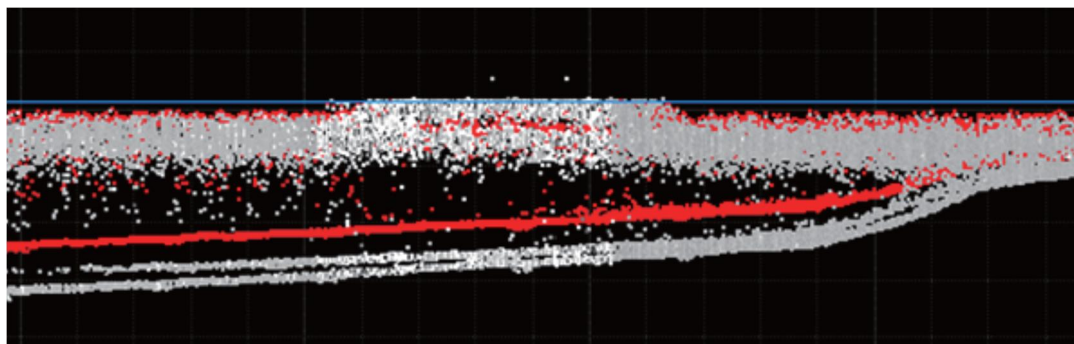


図 3.1.1 スライス断面で表示した計測データ（灰）と屈折補正後の点群データ（赤）

図の出典：UAV 搭載型グリーンレーザースキャナによる沿岸域の海底地形計測に関する技術的指針、伴野ら

計測した3次元点群データノイズ除去には明らかな外れ値を手動で除去する方法や SOR と呼ばれる統計的な外れ値除去方法が採用されることがある。

3.2. 植生情報推定

3.2.1. 海草・海藻の抽出

(1) CSF を活用したフィルタリング例

図 2.1.1 のフローのうち、点群抽出、点群処理、取得データ検証・精度確認の各工程については、吉田らによる「グリーンレーザースキャナ搭載 UAV による海藻藻場の計測手法の検討」が参考になる。同論文でのバイオマス算定方法は図 3.2.1 のとおり、(a)ノイズ除去後の点群を水面（図では省略）、植生、海底の 3 種類に分類（アノテーション）し、(b)そのランダムな点群を細分化したメッシュ単位に平均化、(c)その後メッシュごとに植生高さを求めて植生の空間体積を算出している。

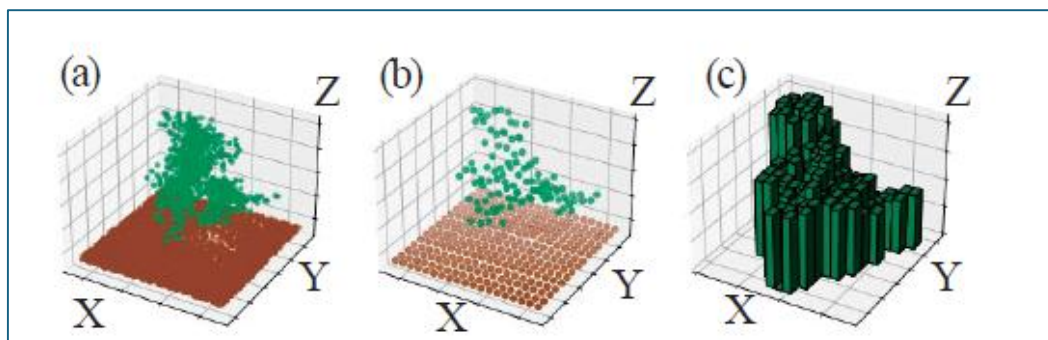


図 3.2.1 点群取得からバイオマス算出までのイメージ

(a)点群抽出と分類（CSF 後の点群）。(b)メッシュ化（点群を属性ごとに 10cm 四方で平均）。(c)植生体積算出（植生と海底面の Z 座標の差分から植生高さを、面積と植生高さから植生空間体積を算出）。

図の出典：グリーンレーザースキャナ搭載 UAV による海藻藻場の計測手法の検討、吉田ら

ノイズ処理後の点群に対して、水面、植生、海底面の分類の方法について、K-means や CSF の適用を試みた研究が、棚谷らによって「グリーンレーザースキャナ搭載 UAV で得られた点群の解析による海藻藻場の空間分布推定」として報告されている。これによると、植生や環境が異なる 2 つの海藻藻場での検証を踏まえ、CSF が汎用性の高い手法であることが示唆された結果となっている。CSF による点群分類は、前出の吉田らの論文では図 3.2.2 のように報告されている。これによると、(a)分類前の点群に対し、(b)海底の分離と(c)水面の分離を目的とする 2 回の CSF を実施し、結果として点群に対して水面、植生、海底面の分類を行っている。

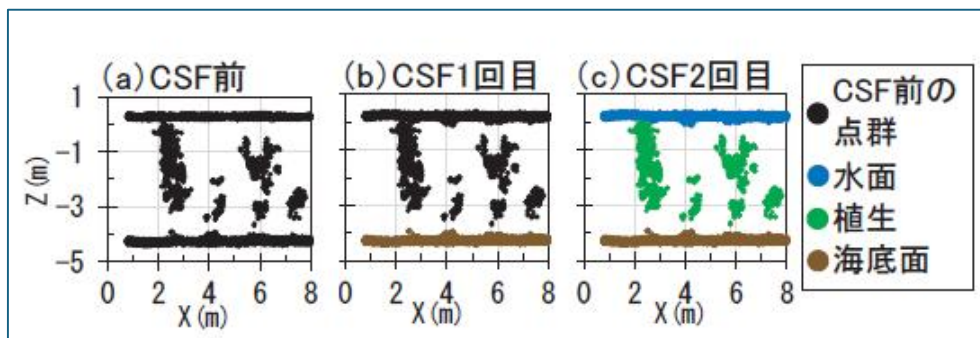


図 3.2.2 2 回の CSF による水面、植生、海底面の分離（出典は図 3.2.1 と同じ）

(2) 反射強度を活用したフィルタリング例

ALB 点群データを点群密度や高さ等の情報により、海底、水面、陸上部、藻場または水中ノイズに分類することが難しい場合、反射体（海底・水面・陸上部・藻場・ノイズ）により異なる反射強度を用いたフィルタリングの事例が報告されている。

この事例では、①当該海域における水深と反射強度との関係解析（図 3.2.3 参照）、②①を用いた水深による反射強度の減衰補正と反射体に対する反射強度閾値設定（図 3.2.4 参照）、③反射強度閾値によるフィルタリング（図 3.2.5 参照）の各手順により ALB 点群データから藻場の抽出を試みている。

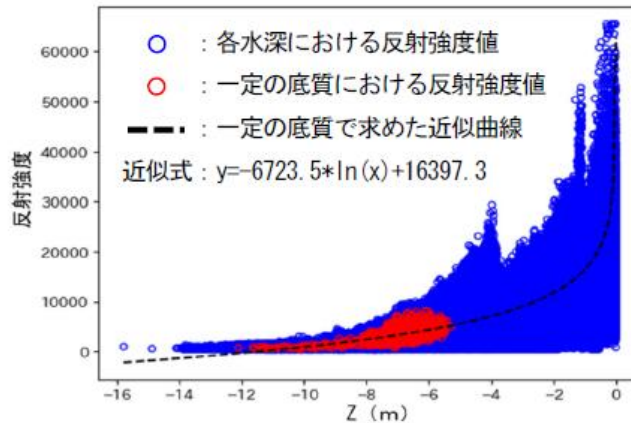


図 3.2.3 水深（底質が砂の範囲）と反射強度との関係
図の出典：グリーンレーザー測量を用いた藻場把握方法の検討、岩部ら

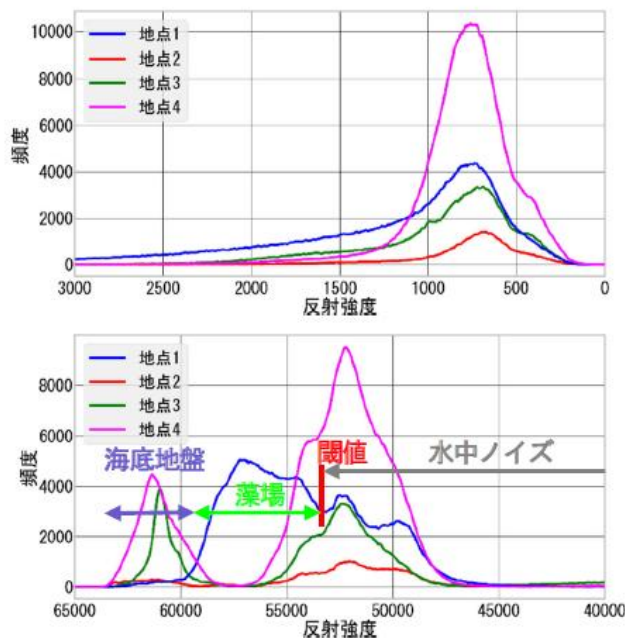


図 3.2.4 反射強度のヒストグラム（上：減衰補正前、下：減衰補正後）
（出典は図 3.2.3 と同じ）

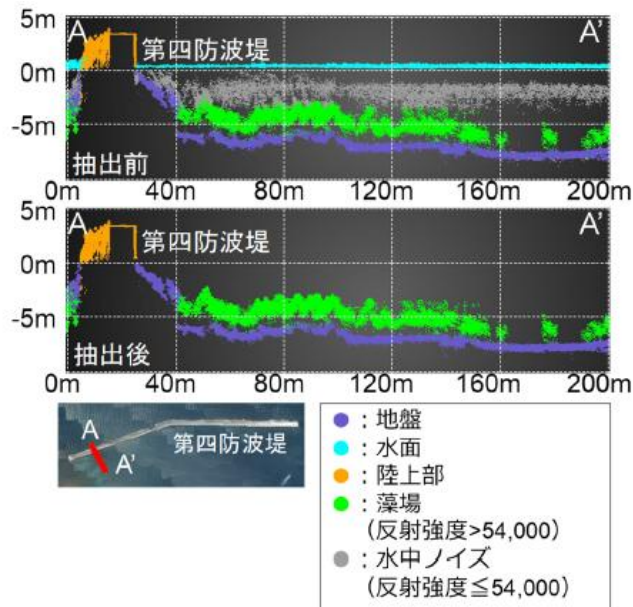


図 3.2.5 点群データからの藻場の抽出・ノイズ除去（上：抽出前、下：抽出後）
（出典は図 3.2.3 と同じ）

本事例では計測範囲の点群データから海底地盤と藻場それぞれの平均高の 1m メッシュデータを作成し、以下の方法により藻場分布範囲等を推定している。

- ・ 藻場の生息範囲：メッシュ内に藻場が確認された範囲
- ・ 藻場の高さ：平均海底地盤高と平均藻場高の差分
- ・ 藻場の分布被度：藻場の点群数／藻場と海底地盤の点群数の合計

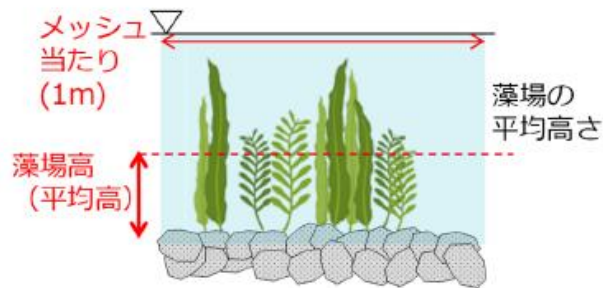


図 3.2.6 平均藻場高の模式図（出典は図 3.2.3 と同じ）

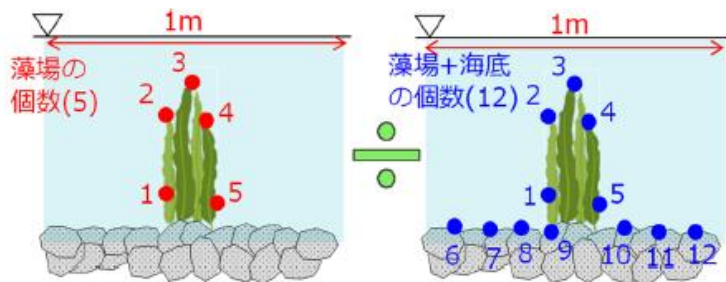


図 3.2.7 被度計算の模式図（出典は図 3.2.3 と同じ）

(3) 海草・海藻抽出時の留意点

藻場高さは海底地盤面から抽出するため、海底地盤面の情報は重要となる。しかし、海面に藻がある場合などは海底地盤面を計測できないことがある。そのような場合は、港湾構造物の施工時の測量結果など既存データを活用した補完による対応などが考えられる。

3.2.2. 海草・海藻種類の情報（メタデータ）

海草・海藻のタイプ毎の整理は、下記の表のタイプ番号と海草・海藻種毎に整理を行う。植生タイプの判別は目視判断やヒアリングも可とする。藻場タイプが混在している場合は、被度が最も高い種を優占種として選定してよい。

表 3.2.1 海草・海藻のタイプ別(水産研究・教育機構, 2023)

タイプ番号	藻場タイプ	各藻場タイプに含まれる主要な海草・海藻種
海草類	1 アマモ型	アマモ、スゲアマモなど
	2 タチアマモ型	タチアマモ
	3 スガモ型	スガモ、エビアマモなど
	4 亜熱帯性海草小型	ウミヒルモ類、マツバウミジグサなど
	5 亜熱帯性海草中型	リュウキュウスガモ、ベニアマモ、リュウキュウアマモなど
	6 亜熱帯性海草大型	ウミシヨウブ
海藻類	7 マコンブ型	マコンブ、ホソメコンブなど
	8 ナガコンブ型	ナガコンブ、スジメ、アイヌワカメなど
	9 アラメ型	アラメ、サガラメなど
	10 カジメ型	カジメ、クロメなど
	11 ワカメ型	ワカメ、ヒロメなど
	12 温帯性ホンダワラ型	アカモク、ノコギリモク、温帯性のガラモなど
	13 亜熱帯性ホンダワラ型	ヒイラギモク、ヒメハモク、ヤバネモク、亜熱帯性のガラモなど
	14 小型緑藻型	ヒトエグサ、アナアオサ、ミル、アオノリなど
	15 小型紅藻型	マクサ、ツノマタ、スサビノリ、テングサなど
	16 小型褐藻型	アミジグサ、ヒバマタ、ヤハズグサなど
	17 石灰藻類	無節石灰藻類、有節石灰藻類など石灰化する藻類

3.3. データの照査方法

藻場計測データの照査方法については、計測エリアにて実施する目視調査をはじめとした潜水調査や船上調査の結果と比較することを推奨する。ここで、1ha 以上にわたる藻場分布の誤判定（例えば、現地調査では明らかに非植生域だがグリーンレーザーの測定結果では植生が顕著に確認できる、あるいはその逆等）のような明確な乖離が確認された場合は、BDAS でのデータの取り扱いは不可とする。

4. ブルーカーボン高精度データ把握・管理システム (BDAS) 取込用データフォーマットの作成

BDAS 取込用データの作成においては、下記のフォーマットにならうこと。また、データ作成で使用すべきソフトウェア等の規定はないが、利用可能なソフトウェア等が無い場合、港湾空港技術研究所にて開発したソフトウェア Submerged Aquatic Vegetation Analysis System (通称：SAVANS(サヴァンス)) が利用可能である。(ソフトウェアの利用申請については8月上旬頃から可能になる予定です。可能になりましたらハイパーリンクを追記いたします。)

4.1. 必要なデータ

- (1) グリーンレーザー (ドローン、ALB)
 - ・ 位置情報、植生高さ、反射強度データ
 - ・ メタデータ (観測年月日、藻場タイプ、座標系等)

4.2. データフォーマット

- (1) グリーンレーザー (ドローン、ALB)
 - ・ データフォーマットの形式は CSV とする。
 - ・ BDAS 取込用データはメッシュデータとし、データの並びは左から、x(m)、y(m)、植生高さ(m)、反射強度とする。
 - ・ 小数点以下の有効数字は二桁を確保することとする。
 - ・ 座標は平面直角座標²あるいは任意座標³とする。(注:BDAS内では世界測地系の座標に変換)
 - ・ 見本として、表 4.2.1 にグリーンレーザーで計測したデータを示す。

表 4.2.1 グリーンレーザー等の CSV データのエクセル表示例

X [m]	Y [m]	Vegetation height [m]	Intensity
-22238.96	155765.06	0.88	32
-22238.95	155765.05	0.92	15
-22239.01	155764.92	0.98	22
-22239.01	155765.03	1.00	8
-22238.88	155765.05	0.84	24
-22239.02	155765.05	0.81	19
-22238.90	155765.08	0.86	25
-22238.89	155765.02	1.04	10
-22238.85	155765.08	1.93	19

² 平面直角座標系：日本を 19 のゾーンに分割して横メルカトル図法で投影し、各ゾーンに座標原点を設けて、その原点からの距離で位置を示したもの。平成 14 年国土交通省告示第 9 号によって定義された座標系 (<https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/jpc.html>)

³ 任意座標系：公共測量用に設けられた平面直角座標系のような公共座標系とは異なり、ユーザー等が任意に座標原点を設けた座標系。

BDAS 及びその操作マニュアルについては、<https://bluecarbon-data-archive-system.jp/>を参照。

5. 用語集

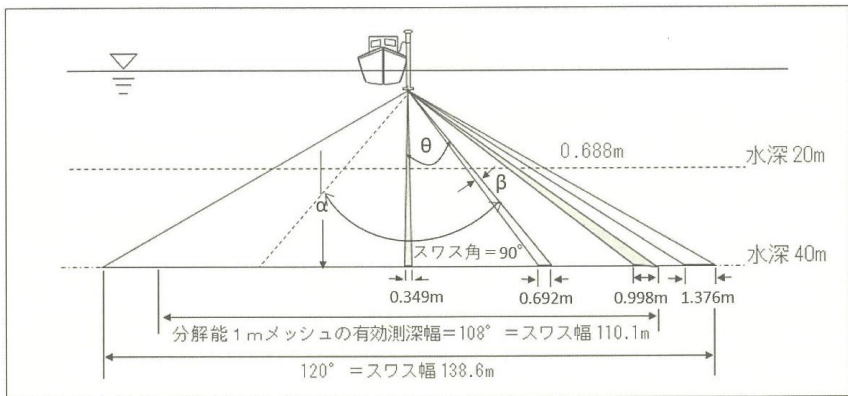
グリーンレーザーを用いたブルーカーボンデータ計測に係る用語を以下にまとめた。これらには汎用性のある用語も含まれており、異なる内容で使用される場合もあることに留意すること。

用語	内容
532nm	グリーンレーザーの代表的な波長。nm は 10^{-9} m。
ALB	航空レーザー測深 (Airborne LiDAR Bathymetry)
BDAS	ブルーカーボン高精度データ把握・管理システム。 ブルーカーボン データ アーカイブ システム (Blue carbon Data Archive System)。
CO ₂ 吸収量の算定方法	<p>CO₂吸収量は、プロジェクトの実施によって変動する対象生態系の分布面積に純一次生産量から推定した吸収係数(単位面積あたりのCO₂吸収量)を掛けることで求めることができる。算定の方法は以下に示す方法があり、式1はすべての対象生態系に適用可能で、式2は海草藻場生態系と海藻藻場生態系の場合に使用することが可能。</p> <div data-bbox="507 913 1385 1400" data-label="Diagram"> </div> <p>出典：J ブルークレジット®認証申請の手引き Ver.2.5</p>
CSF	植生等を含む3次元点群データから地表面や海底面を抽出するGround Filter技術のひとつ (Cloth Simulation Filter)。オープンソフトウェアの点群処理ソフト Cloud Compare に実装されている。
DGNSS 測位・RTK 測位	<p>DGNSS (ディファレンシャル GNSS) 方式、RTK (リアルタイムキネマティック) 方式は、位置の分かっている基準局と位置を求めようとする観測点で同時に GNSS 観測を行い、基準局で観測したデータを無線等を用いて観測点へリアルタイムに送信し、基準局の位置成果に基づき観測点の位置をリアルタイムに求めることができます。</p> <p>DGNSS 方式は、両点で単独測位を行い、基準局において位置成果と観測された座標値の差を求め、観測点に補正情報として送信します。</p> <p>RTK 方式は、両点で位相の測定を行い、観測データを測位コンピュータへ送信して位置の計算を行います。最近では測位計算をクラウドで</p>

	<p>行うサービスもあります。各種の誤差が消去されることから、DGNSS方式は数 m、RTK-GNSS 方式は数 cm の誤差で位置が決定されます。</p> <p>出典：国土地理院 HP</p> <p>(https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi45009.html)</p>
FOV	<p>視野 (Field of View) または視野角を表す。ドローンに搭載するカメラレンズの視野の広さを表す数値として使用され、対角線画角の角度 (度) で表示されることが多く、大きいほど視野が広い。</p> <p>カメラのレンズで画角を表す際には焦点距離 (35mm 判換算) が使用されることがあるが、ドローン搭載カメラでよく使われる FOV=84° と 35mm 判換算焦点距離 24mm は同程度の画角となる。</p>
GHG	<p>地球温暖化を引き起こす温室効果ガス (Greenhouse Gas)</p>
GNSS (全球測位衛星システム)	<p>衛星測位システムとは、人工衛星を利用して地上の現在位置を計測するためのシステムであり、みちびき (日本)、GPS (アメリカ)、GLONASS (ロシア)、Galileo (EU) 等のシステムが存在しています。これらの衛星測位システムの総称を Global Navigation Satellite System (全球測位衛星システム) といい、その頭文字から「GNSS」と表記されます。</p> <p>日本のみちびきは、日本の上空に長く滞在する準天頂軌道の衛星が主体となって構成され、2018 年 11 月から 4 機運用されています。みちびきはアジア・オセアニア地域のみを対象とするため RNSS (Regional Navigation Satellite System) に含まれる場合もあります。</p> <p>出典：国土地理院 HP</p> <p>(https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi_aboutGNSS.html)</p>
GNSS 単独測位	<p>GNSS 衛星から送信される衛星の位置や信号送信時刻などの情報を 1 台の受信機で受信することにより、衛星から電波が発信されてから受信機に到達するまでに要した時間を測り、距離に変換します。位置のわかっている GNSS 衛星をいわば動く基準点として、4 機以上の衛星から GNSS アンテナまでの同一時刻における距離を知ることにより、観測点の位置を決定するものです。</p> <p>この方法は、衛星の位置誤差や衛星からの電波の遅れなどの影響を受けやすいため、約 10m の誤差で位置が決定されます。船舶や飛行機、自動車などのナビゲーションとして利用されています。</p> <p>出典：国土地理院 HP</p> <p>(https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi45009.html)</p>
GSD	<p>地上画素分解能または地上解像度 (Ground Sampling Distance)。隣り合う 2 つのピクセル (画素) の中心間の地表面上で測定された距離。</p>
ISO8601、JIS X 0301	<p>情報交換において構成要素として日付及び時刻を表す場合に適用される規格。国際規格 ISO8601 を翻訳し、日本工業規格としたものが JIS X 0301</p>

	<p>ISO8601 による日付及び時刻の表記の基本形式は次のとおり。</p> <p>YYYYMMDDTHHMM+hhmm</p> <p>例 20250122T1500+0900 (協定世界時では 20250122T0600Z)</p> <p>ここに、</p> <p>YYYY : 西暦年 4 桁</p> <p>MM : 月 2 桁 (1 桁の場合には前に 0 をつける)</p> <p>DD : 日 2 桁 (1 桁の場合には前に 0 をつける)</p> <p>HH : 時間 (24 時間表記。1 桁の場合には前に 0 をつける)</p> <p>MM : 分 (1 桁の場合には前に 0 をつける)</p> <p>T : 日付と時刻の間を「T」で接続して表現する</p> <p>hh : UTC (協定世界時) に対して進んでいる「時」</p> <p>mm : UTC に対して進んでいる「分」(通常は 00)</p>
LAS 形式	<p>データユーザ間でレーザ測量システムにより得られたデータを交換するためのバイナリ形式のファイルであり、ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) が仕様の維持・更新を担っている。</p>
LiDAR	<p>レーザー光を照射して物体までの距離や方向を測定するリモートセンシング技術 (Light Detection And Ranging)。送受信機と物体の間をパルス波が往復する時間により物体までの距離を測定し、レーザー光を照射する方向と合わせて測定対象の位置がわかる。レーザー光を高速かつ多方向に送受信することにより対象物の 3 次元形状を計測することができる。</p>
mrad	<p>「ビーム拡がり角」を参照。</p>
SfM	<p>複数枚の写真から対象の形状を復元する技術 (Structure from Motion)。フォトグラメトリの項を参照。</p>
SLAM	<p>ドローンや ROV・水中ドローン等の移動体が自己位置推定と周囲の環境把握 (環境地図作成) を同時に行う技術 (Simultaneous Localization and Mapping)。</p>
SOR	<p>点群データからノイズを除去する代表的な手法 (Statistical Outlier Removal)。近傍点との距離値に基づく孤立点をノイズとして除去するアルゴリズムを用いている。</p>
ToF センサー	<p>レーザー等の発射から対象物から反射して戻ってくるまでの時間 (Time of Flight) を計測し、物体までの距離 (= 伝播速度 × 時間 / 2) を求めるセンサー。</p> <p>上記により距離を求める方法を dToF (direct Time of Flight) と呼び、送受信波の位相のズレに着目して距離を求める方法 iToF (indirect Time of Flight) と区別することもある。</p>
アノテーション	<p>データに情報タグ (メタデータ) を付加する作業。点群データ内の対象物について、その物体が何かを示す情報を付加すること。</p>

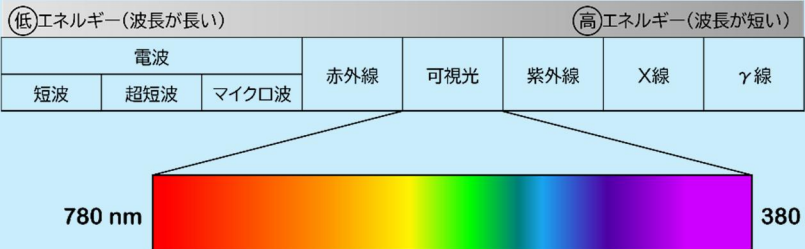
エコー数/ショット	レーザー照射1回あたりの反射データの個数
オリジナルデータ	レーザー等によって計測された点群データからノイズを除去した3次元点群データ。
オルソモザイク化	<p>空中写真の像には位置ズレが生じる。正確な藻場面積の判定には写真上の像の位置ズレをなくし空中写真を地図と同じく、真上から見たような傾きのないものにする必要がある。標高データも用いて正しい大きさと位置に表示される画像に変換することをオルソ化（補正）という。加えて、撮影した複数の画像を一括で処理したい場合、複数の写真画像を1枚の画像に（モザイク処理）すること。両者を合わせてオルソモザイク化と呼ぶ。</p> <p>出典：広域藻場モニタリングの手引き（令和3年3月）水産庁</p>
グリーンレーザー	波長が532nmの可視光領域の光を発振するレーザー
グリーンレーザー測量	上空から照射すると海底まで到達するので、水の透明度などによって精度は左右されるものの、陸上部と海底部を同時に測量可能
コードラート コードラート	<p>植物や動物の個体数等を調べる際に用いられる正方形または長方形の採集枠（quadrat）。藻場調査ではコードラートを調査地点の海底に置き、コードラートを中心として写真撮影の後、コードラート内の海藻藻類を根部からすべて採集し、採集袋に入れて引き上げる。</p> <p>参考：海洋調査技術マニュアル—海洋生物調査編—</p>
ジオイド	<p>「ジオイド高」とは、衛星測位の高さの基準である楕円体面から「ジオイド」までの高さ。</p> <p>「楕円体高」とは、GPSや準天頂衛星システム等の衛星測位で得られる高さで、楕円体面から地表面までの高さ。衛星測位で正確な標高を求めるには、正確な「楕円体高」と正確な「ジオイド高」が必要。</p> <p>出典：国土地理院資料（全国の標高改定に向けた「ジオイド 2024 日本とその周辺（試行版）」の公開について）</p>
ショット数	レーザーを照射する回数
スキャン方式（スキャナー方式・オブリークスキャン方式）	<p>ALBのスキャン（レーザー照射）方式にはスキャナー（ラインスキャン）方式とオブリークスキャン方式がある。</p> <p>スキャナー（ラインスキャン）方式は、発振されたレーザーが往復回転するスキャン用反射ミラーに当たり、地上にジグザグの軌跡で照射される。スキャナー方式の場合、中心から遠ざかるほど、場所による点密度の差が大きくなる。</p>

	<p>オブリークスキャン方式は、楕円の軌跡を描きながらレーザー光が斜めに照射（20°程度）するため、条件によっては構造物等の側面を計測することが可能である。</p> <p>参考：河川管理用三次元データ活用マニュアル</p>
セッキ	セッキ板（直径 30cm の白色板）を目視できる最大深度。
ネットワーク型 RTK 測位	<p>ネットワーク型 RTK 測位は、観測に含まれる誤差を電子基準点のリアルタイム観測データ等を利用して補正することで、リアルタイムで cm 級の測位を効率的に行う方式。ネットワーク型 RTK 測位はいくつかの方式が提案されており、日本を含む数カ国で既に実用化されている。</p> <p>出典：国土地理院 HP (https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi45009.html)</p>
バイオマス	バイオマスという言葉は、生物資源（bio）の量（mass）を表す概念で、木材や植物などの有機資源そのものを指す。また、エネルギー資源としての意味で使用されることも多い。
ビーム拡がり角	レーザー光が伝搬過程で拡がる角度。通常全角表示し、単位は mrad（ミリラジアン）を用いる。1m 先で 1mm 拡がる時を 1mrad、1m 先で 2mm 拡がる時を 2mrad と表現する。
フットプリント	<p>1 ショットのレーザー等が対象地形を照らす範囲。ビーム幅や送信器から対象地形までの距離、ビームと対象地形のなす角によってフットプリントの広さや形状は変化する。マルチビーム測深のフットプリントイメージは図（出典：公益社団法人日本港湾協会 港湾の施設の技術上の基準・同解説（下巻）、平成 30 年 5 月）のとおり。</p>  <p>なお、カーボンニュートラルの実現に向けて、人間の活動が環境に与える負荷をあらわす指標として、カーボンフットプリントという使用法もある。</p>
ブルーカーボン	藻場（海草・海藻）・浅場等の海洋生態系に取り込まれ（captured）、海洋中に貯留された（stored）炭素。
ブルーカーボン生態系	藻場、干潟、マングローブ林など CO ₂ 吸収源からなる生態系。
メタデータ	データの内容や性質、構造を説明する情報

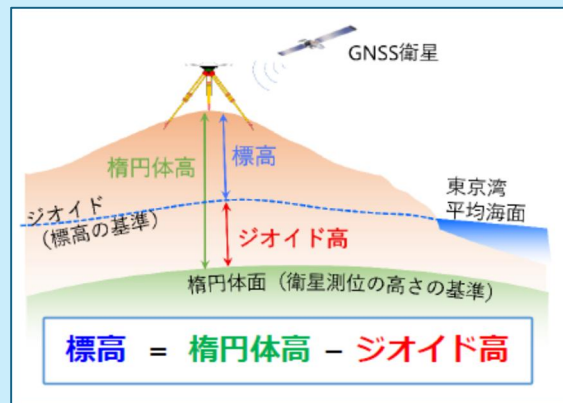
メッシュデータ	<p>深浅測量等点群データを扱う場合のメッシュデータとは、点群データを正方形の格子状に区切った単位で、その範囲における点群データのうち中央値、最浅値を採択するなどの加工処理したデータのこと。</p> <p>出典：マルチビームを用いた深浅測量マニュアル（浚渫工編） https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001599630.pdf</p> <p>画像データでのメッシュデータとは、画像データを格子状に区切った単位で、その範囲における平均値や中央値等の代表的な値を採択するなどの加工処理したデータのこと。</p>
レーザークラス	「JIS C 6802」によるレーザー製品の安全基準に係るクラス分け。裸眼や皮膚への露光による危険度により区分されている。
レーザー径	レーザービームの直径。強度がピークの半分になる2点間の距離と定義することが多い。
海草（うみくさ）	海域に生育する種子植物で、根・茎・葉の部分の区別ができる。代表的なものに、アマモやスガモ等がある。
海藻（うみも・かいそう）	胞子によって繁殖する藻類で、根・茎・葉の区別がはっきりしていない。代表的なものに、アカモク・ホンダワラ・マコンブ・ワカメ等がある。
温室効果ガス	<p>地球温暖化対策の推進に関する法律(平成10年10月9日法律第117号。その後の改正を含む。)第2条第3項に掲げる下記7物質。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・二酸化炭素 (CO₂) ・メタン (CH₄) ・一酸化二窒素 (N₂O) ・ハイドロフルオロカーボン (HFC) のうち政令で定めるもの ・パーフルオロカーボン (PFC) のうち政令で定めるもの ・六ふっ化硫黄 (SF₆) ・三ふっ化窒素 (NF₃) <p>出典：J ブルークレジット®認証申請の手引き Ver.2.5</p>
温室効果ガスインベントリ	<p>一国が1年間に排出・吸収する温室効果ガスの量を取りまとめたデータ</p> <p>国連気候変動枠組条約 (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) の第4条1及び第12条1に基づき、我が国を含む附属書I締約国 (いわゆる先進国) は、毎年自国の温室効果ガスインベントリを作成し、4月15日までに条約事務局へ提出することが義務付けられている。</p>
画像データ	空中ドローン、航空機 (ALB)、衛星、水中ドローンにより取得した写真画像データ
画像解像度	画像の精細さを表す数値で、画像のデータを構成する密度。画像解像度は、1インチ (2.54cm) あたりに配置されているピクセル (点) の数を表しており、単位には「dpi (ドット・パー・インチ)」や「ppi (ピ

	クセル・パー・インチ)」が使用されることが多い。
幾何補正	空中写真等の画像などの歪やズレを除き、正確な位置情報を持ったデータに補正すること。
吸収係数	対象生物系の分布面積等に乗じて CO ₂ 吸収量を算出する際に使用する係数。単位面積当たりの CO ₂ 吸収量。
屈折	<p>光や音が伝搬する過程で異なる媒質を進行する際に、進行速度が変わることによって進行方向が変わることを屈折と呼ぶ。</p> <p>光の一般的な速度を気中 30 万 km/s、水中 22.5 万 km/s とすると、スネルの法則により屈折率は 1.33 となる。屈折は気中と水中を伝わる光や異なる密度・水温で構成される水中を伝わる音で発生する。マルチビーム測深では水中音速度を測定して測定値を補正している。</p> <p>媒質 α における波速を $v\alpha$、媒質 β における波速を $v\beta$、媒質 α から β への入射角を $\theta\alpha$、媒質 β から媒質 α への入射角を $\theta\beta$ とすると、以下の関係が成立つ (スネルの法則)。</p> $\frac{\sin\theta\alpha}{\sin\theta\beta} = \frac{v\alpha}{v\beta}$
検証	<p>潜水観察や船上調査などの現地調査で得られる情報を用いて、他の調査 (衛星画像、航空写真、ドローン空撮、音響測量) で得られた情報の正答率を算出すること。</p> <p>出典：広域藻場モニタリングの手引き (令和 3 年 3 月) 水産庁</p>
最低安全高度	<p>航空法第八十一条において、「航空機は、離陸又は着陸を行う場合を除いて、地上又は水上の人又は物件の安全及び航空機の安全を考慮して国土交通省令で定める高度以下の高度で飛行してはならない。但し、国土交通大臣の許可を受けた場合は、この限りでない。」とされている。</p> <p>最低安全高度は条件により異なることが航空法施行規則第七十四条にあり、最も低くても地表面又は水面から百五十メートル以上とされている。</p>
最適軌跡解析	ドローンレーザー測量では、飛行中の GNSS および IMU データからドローンの軌跡を飛行後に再計算し、その結果に基づいて 3 次元モデルの誤差を少なくする処理。
植生バイオマス	海草・海藻の資源量。バイオマスとは、生物 (bio) の量 (mass) を表す言葉。
植生高さ	海草・海藻の高さ (鉛直方向の長さ)。海底面から海草・海藻頂部までの長さとする。
水深	<p>海の深さ (水深) は、最低水面 (Datum Level) から測る。この最低水面は、一般に平均水面下 $H_m+H_s+H'+H_o$ の面としている。</p> <p>H_m, H_s, H', H_o とは、それぞれ潮汐の調和分解で求めた「H_m：主太陰半日周潮」、「H_s：主太陽半日周潮」、「H'：日月合成日周潮」、「H_o：主太陰日周潮」の各半潮差を示す。</p> <p>しかし、場所と時期により (冬季に高気圧の影響など)、低潮面はこの</p>

	<p>最低水面よりも下がることもある。出典：海上保安庁 HP (https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN9/mame/mamechi.html)</p> <p>水深の基準となる最低水面は、水路業務法施行令（平成 13 年政令第 433 号）第 1 条の規定に基づき、地区や港ごとに告示されている。従来は基本水準標等からの高さで表示していたが、地球楕円体からの高さを使う手法の整備が進められている。</p>												
正答率（精度）	<p>潜水観察や船上調査などの現地調査で得られる情報を用いて、他の調査（衛星画像、航空写真、ドローン空撮、音響測量）で得られた情報がどの程度合っているか算出した値。通常、70～80%程度の正答率があればよいとされる。</p> <p>出典：広域藻場モニタリングの手引き（令和 3 年 3 月）水産庁</p>												
対地高度	<p>UAV 写真測量における対地高度(m)は、(地上画素寸法【m】) ÷ (使用するデジタルカメラの 1 画素のサイズ【mm】) × (焦点距離【mm】)} 以下とし、地形や土地被覆、使用するデジタルカメラ等を考慮して決定するものとされている。</p> <p>出典：国土交通省 作業規程の準則</p>												
地図情報レベル	<p>地図情報レベルとは、数値地形図データの地図表現精度を表し、数値地形図における図郭内のデータの平均的な総合精度を示す指標をいう。地図情報レベル及び地形図縮尺の関係は、次表のとおりとする。なお、UAV 写真測量の撮影計画では次表の地上画素寸法を標準として対地高度を設定している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>地図情報レベル</th> <th>水平位置の標準偏差</th> <th>相当縮尺</th> <th>地上画素寸法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250</td> <td>0.12m 以内</td> <td>1/250</td> <td>0.02m 以内</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>0.25m 以内</td> <td>1/500</td> <td>0.03m 以内</td> </tr> </tbody> </table> <p>出典：国土交通省 作業規程の準則</p>	地図情報レベル	水平位置の標準偏差	相当縮尺	地上画素寸法	250	0.12m 以内	1/250	0.02m 以内	500	0.25m 以内	1/500	0.03m 以内
地図情報レベル	水平位置の標準偏差	相当縮尺	地上画素寸法										
250	0.12m 以内	1/250	0.02m 以内										
500	0.25m 以内	1/500	0.03m 以内										
点群・点群密度	<p>(2次元・グリーンレーザー測量)</p> <p>深浅測量の音波やグリーンレーザー測量のレーザー光が到達・反射する点群と単位面積あたりの点数。</p> <p>(3次元・グリーンレーザー測量)</p> <p>レーザー光一回の照射(ショット)で海面・海中反射物・海底等からの複数エコー(点群)データを取得できる。取得できるエコー数は機器によって異なり、数個～10個程度となっている。単位面積上の点群数はショット数×エコー数となる。</p>												
点群処理ソフト	<p>3D スキャナーやその他の測量機器で取得した大量の点データ(点群)を処理し、有用な 3D モデルや図面を作成するためのツール。次のような機能等を使用することで高品質な解析を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ノイズ除去(不要な反射等を除去する) ・間引き(容量削減と処理速度向上のために不要なデータを間引く) ・穴埋め(データ欠落箇所を周囲データにより補完する) ・位置合わせ(複数回スキャンの点群データの位置合わせ) 												

	<ul style="list-style-type: none"> ・セグメンテーション（点群データを用途や特徴に応じて領域分割する） 																			
任意座標系	<p>公共測量用に設けられた平面直角座標系のような公共座標系とは異なり、ユーザー等が任意に座標原点を設けた座標系。作成者ごとに原点が異なる座標系で、公共基準点が近くにない場合などに使用される。</p>																			
光の周波数	<p>レーザー光には光周波数とパルス周波数がある。</p> <p>光周波数は単位時間あたりに光の波が繰り返される回数(波の数)を表す。</p> <p>パルス周波数はレーザーがパルス状の出力を繰り返し発振する速さを表し、パルスレートとも呼ぶ。例えば、繰り返し周波数 1KHz のパルスレーザーは 1 秒間に 1,000 個の光パルスを発振している。</p> <p>なお、波長と光周波数には以下の関係がある。</p> <p>波長 λ (m) = 光速 c (m/s) ÷ 周波数 f (Hz)</p>																			
光の波長	<p>光の波長は電波よりも短く、以下のような種類がある。可視光の波長はおおよそ 380nm から 780nm の範囲にあり、グリーンレーザーの波長は 532nm である。波長によって光子のエネルギーが異なり、波長が短いほどエネルギーは高くなる。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">(低)エネルギー(波長が長い)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">(高)エネルギー(波長が短い)</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">電波</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">赤外線</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">可視光</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">紫外線</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">X線</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">γ線</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">短波</td> <td style="text-align: center;">超短波</td> <td style="text-align: center;">マイクロ波</td> </tr> </table> 	(低)エネルギー(波長が長い)			(高)エネルギー(波長が短い)					電波			赤外線	可視光	紫外線	X線	γ線	短波	超短波	マイクロ波
(低)エネルギー(波長が長い)			(高)エネルギー(波長が短い)																	
電波			赤外線	可視光	紫外線	X線	γ線													
短波	超短波	マイクロ波																		
被度	<p>調査区内で出現した対象生態系が、どの程度広がって生育しているかを示す尺度。</p>																			
標高	<p>日本の標高は、東京湾平均海面を基準（0m）として、そこからの高さを測ることで求めている。</p> <p>ただし、この高さは水の流れを表現できる高さである必要がある。水は重力の影響を受けて、高いところから低いところへ流れる。しかし、地面が平坦なところでも、重力が小さいところから大きいところへ水が流れる。つまり、水の流れを表現できる高さを得るためには、見た目の高さ（幾何学的な高さ）と重力の大きさを把握する必要がある。</p> <p>日本の標高の基準（0m）は、この重力を考慮した基準となっている。この標高の基準が「ジオイド」で、ジオイドと地表面との間を重力の方向に沿って測った高さが「標高」になる。</p> <p>国土地理院では、令和 7 年 4 月 1 日に電子基準点、三角点、水準点等の標高成果を、衛星測位を基盤とする最新の値「測地成果 2024」に改定した。</p> <p>GPS や準天頂衛星システム等の衛星測位で「楕円体高」（楕円体面を基準とした高さ）を測定し、「ジオイド高」（楕円体面からジオイドまで</p>																			

の高さ) を差し引くだけで「標高」を求めることが可能となる。



出典：国土地理院資料（全国の標高改定に向けた「ジオイド 2024 日本とその周辺（試行版）」の公開について）

分布面積

対象生態系が分布する範囲の広さ。分布範囲の縁辺から算出するが、実勢面積は被度を考慮して設定する。

平面直角座標系

日本を 19 のゾーンに分割して横メルカトル図法で投影し、各ゾーンに座標原点を設けて、その原点からの距離で位置を示したもの。平成 14 年国土交通省告示第 9 号によって定義された座標系 (<https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/jpc.html>)。

各ゾーンの原点を通る子午線を X 軸、これに直交する方向を Y 軸としている。日本の公共測量で使用される座標系で、縮尺 1/500～1/10,000 の地形図で用いられることが多い。

藻場

浅海域において海藻あるいは海草が繁茂している場所、あるいはそれらの群落群や群落内の動物を含めた群集のことをいう。

出典：広域藻場モニタリングの手引き（令和 3 年 3 月）水産庁