

# 着水型ドローンを用いた水産分野での応用研究 —藻場分布調査と湖沼環境調査への応用—

高橋進吾・村井博<sup>1</sup>・三浦創史<sup>1</sup>・静一徳<sup>2</sup>・榎昌文<sup>2</sup>・今男人<sup>3</sup>・菊池元良<sup>4</sup>

## 目 的

ドローンは農業分野で多く利用されているが、水産分野での利用が少ない。そこで、近年開発された着水型ドローンの水産分野での活用の可能性を探る。藻場は多くの水生生物の生活を支え、産卵や幼稚仔魚に成育の場を提供する等の役割を果たしており、水産資源の保護等のためには、その消長を把握する必要がある。現在の潜水による目視調査では、限定的な範囲を低頻度でしか調査できない。このため、吊り下げシステムを備えた着水型ドローンを用いて水中撮影できる技術開発を行い、広範囲かつ詳細な現況把握に役立てる。

また、良好な漁場環境を維持するためには、水質や底質の現況を定期的に把握する必要がある。現在の用船調査では、湖沼全域を広範囲に船舶で移動することから時間を要する。このため、吊り下げシステムを備えた着水型ドローンを用いて短時間で水質測定できる技術開発を行い、効率的な調査に役立てる。

## 材料と方法

### 1. 吊り下げシステムの開発（八戸工業研究所）

着水型ドローンに実装する「吊り下げ装置」を新たに開発し、2020年9月30日、陸上水槽や現地試験飛行にて動作確認等を行った。その後、2020年11～12月、海面と内水面での現地実証試験を行い、昇降能力と防水性能を確認した。

### 2. 藻場分布調査への活用検討（水産総合研究所）

2020年11月6日・12日、12月9日の延べ3日間、平内町茂浦地先150m四方の範囲に設定した調査点35点(図1、水深1～7m)において、「吊り下げ装置」を実装した着水型ドローン(プロドローン社製 PD4-AW-AQ)を用いて着水調査を行い、海底付近まで降下した水中カメラ(GoPro Hero6 black、4k、広角)で海藻分布状況等を撮影・観察した。

2020年12月2日、調査点35点のうちst.17～35の範囲に設定した調査ライン3本上において潜水調査(共同研究先・㈱マック)を行い、海藻分布状況等を撮影・観察した。併せて、ドローン着水調査と潜水調査で得られた画像を比較検証し、得られたドローン撮影画像データから海藻草類分布図を作成した。

### 3. 空中撮影(オルソ画像の作成)の検討

2020年12月11日、共同研究先・㈱興和が所有する小型ドローン(ファントム 4RTK)に搭載された可視カメラ(2000万画素、RGB)とマルチスペクトルカメラ(ブルー・グリーン・レッド・レッドエッジ・近赤外線)を用いて、着水型ドローン調査点を含む260m×150mの範囲について飛行高度50m・100mから水面を撮影した。その結果から、今後の着水型ドローンでの空撮のための技術的課題を探った。

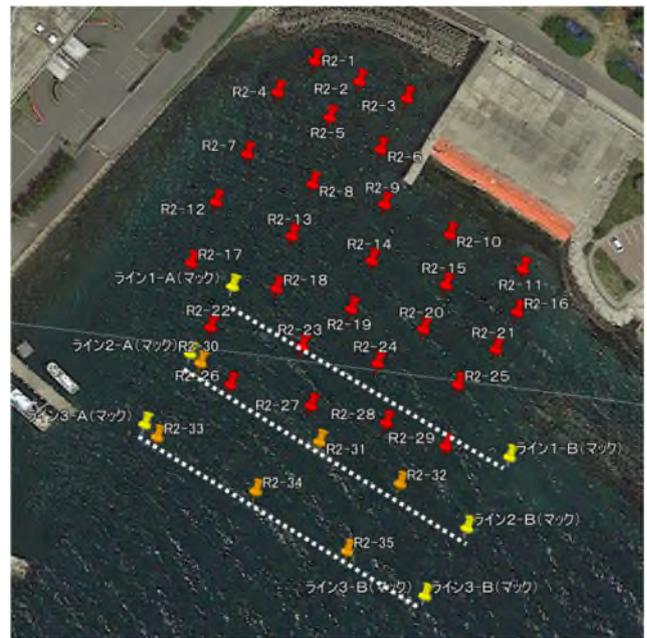


図1. 海面での調査海域図(平内町茂浦地先)

※赤・橙色ピンマーク:ドローン着水調査点.

※白色点線:潜水調査観察ライン.

1 地方独立行政法人青森県産業技術センター八戸工業研究所、2 地方独立行政法人青森県産業技術センター内水面研究所、3 株式会社マック、4 株式会社興和

#### 4. 湖沼環境調査への活用検討（内水面研究所）

2020年11月13日、内沼において「吊り下げ装置」を実装した着水型ドローンを用いて着水調査（水深5m）を行い、自記式水温塩分計（COMPACT-CT）を垂下して観測を行った（図2）。ここでは、主に「吊り下げ装置」の動作確認等の結果を記載する。



図2. 内水面での調査地点図(内沼)

### 結果

#### 1. 吊り下げシステムの開発（八戸工業研究所）

着水型ドローンに実装する「吊り下げ装置」一次試作機を新たに開発した（図3）。装置の仕様は表1のとおりで、ドローン機体内に駆動回路基板・バッテリーを格納、「吊り下げ装置」は機体下部に装着しワイヤーロープ2本で固定のうえ、昇降等の操作は無線リモコンで行うシステムとなっている。

海面と内水面での現地実証試験において昇降能力と防水性能等の正常動作を確認した。今後は、水深計測機（小型魚群探知機 Deeper を装着）の通信エラー不具合の改善等を検討予定である。



図3. 「吊り下げ装置」をドローン機体下部に装着した状態(左)とウインチ部(右)

表1. 「吊り下げ装置」の主な仕様

開発要素	仕様(技術目標)
動力設計	最大2kg、速度30cm/sの巻上能力
軽量化	装置自重を2kg以下
搭載方法	機体底面に穴を開けない固定方法
防水機構	モーターを水没させた状態での昇降
無線通信	リモコン操作の反応0.1秒以下

#### 2. 藻場分布調査への活用検討（水産総合研究所）

ドローン着水調査は1フライト当たり約15分(バッテリー容量上)を目安に行い、水深1.5m以下の場所が多いときは1フライト10点位、水深1.5~6mの場所が多いときは1フライト5~6点位の地点数であった。

ドローン着水調査と潜水調査の画像を比較検証したところ、海藻草類分布状況は各調査点とも良く対応していた（図4、代表例）ことから、着水調査で撮影した調査点35点の海藻草類分布画像の重ね合せ図（図5）を作成するとともに、得られた画像データから海藻草類分布図を作成した（図6）。

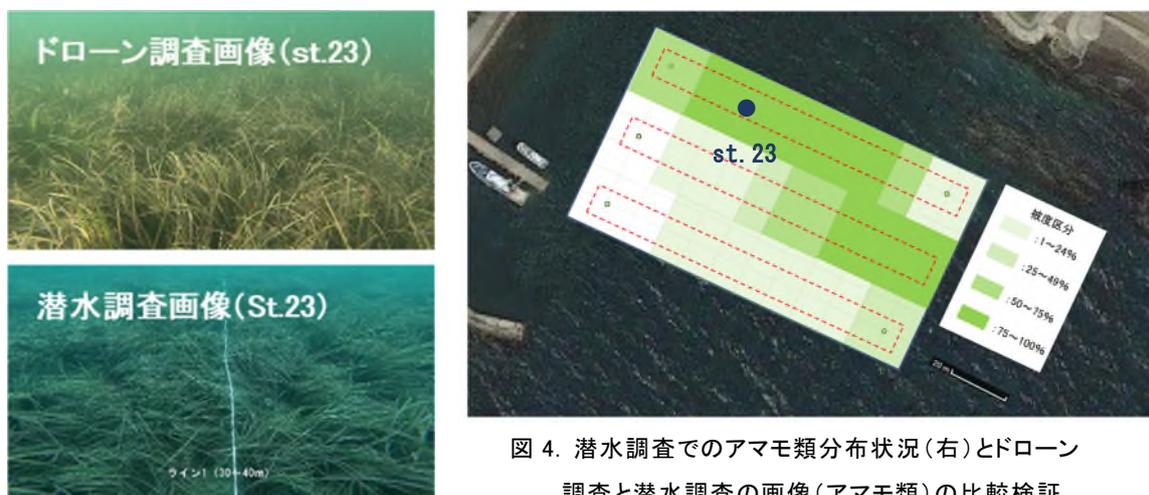


図4. 潜水調査でのアマモ類分布状況(右)とドローン調査と潜水調査の画像(アマモ類)の比較検証

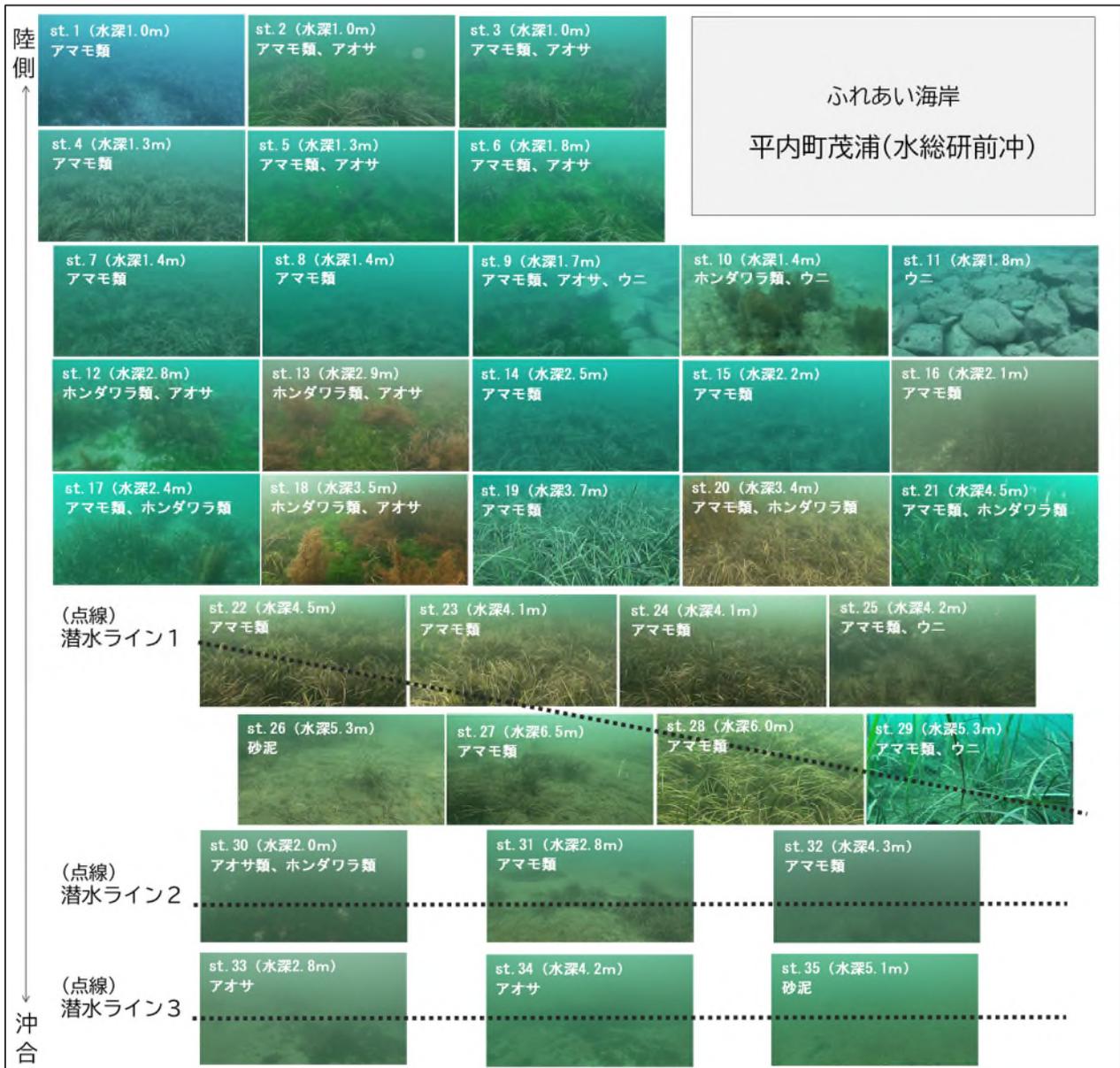
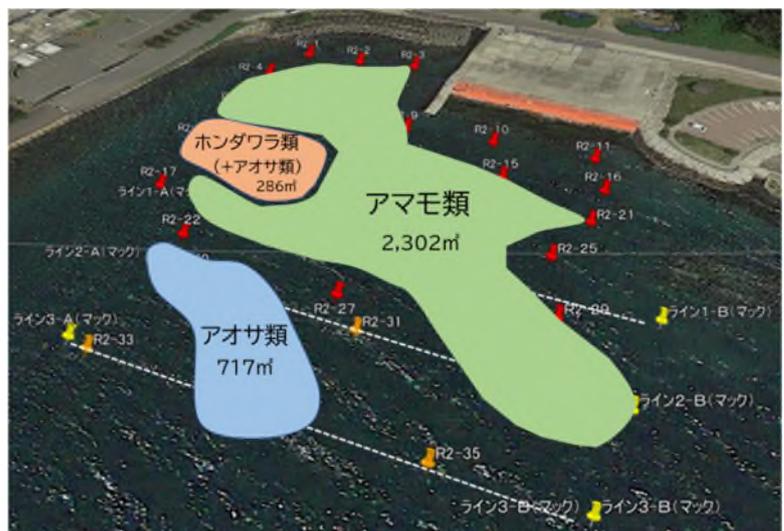


図 5. 海藻草類分布画像の重ね合せ図(st.1~35)

※各調査点の水深(降下したケーブル長から計算)と主な海藻草類・動物を記載。

海藻草類種類別の生育面積(生育被度50%以上の範囲)は、アマモ類が 2,302 m<sup>2</sup>と最も多く、次いでアオサ類が 717 m<sup>2</sup>、ホンダワラ類主体が 286 m<sup>2</sup>の順であった。

図 6. ドローン着水調査で得られた画像をもとに作成した海藻草類(生育被度50%以上)分布図  
※生育面積の算出は、画像面積計算ソフト(フリー)を用いた。



### 3. 空中撮影(オルソ画像の作成)の検討

前年調査とは異なる機種での(株)興和所有・ドローン空中撮影(写真撮影)は、天候曇り、ほぼ無風、波もない穏やかな日に行われ、太陽光による反射や波浪の影響がほぼない状態で行われた。フライト撮影時間は可視カメラ、マルチスペクトルカメラとも各 75 分程度、オーバーラップ率 80%・サイドラップ率 60%の設定で撮影され、得られた画像の重ね合せ処理(付属の専用ソフト)で調査範囲全域の画像が得られた。

可視カメラによる飛行高度 50m・100mの画像は、海面反射等もなく鮮明に撮影され、可視カメラの有効性が確認できた(図 7)。水中画像から得られた海藻草類分布(図 6 分布範囲との重ね合せ)との対応では、高度 100m で比較的対応(黒っぽい陰影)しているように見えるが高度 50mでは不明瞭が多いなど妥当性の判断は難しかった。今後は、今回の飛行条件を参考に着水ドローンを用いて低い飛行高度(20mなど)での動画撮影も試み、海藻草類分布の判別しやすさ等も検討していきたい。一方、マルチスペクトルカメラでの各波長の画像では、単波長のみでは海藻草類分布との対応は不明瞭であった(図 8、代表例 100m)。そこで、農業分野で利用を検討中の植生指数(略称 NDVI: 植物による光の反射の特徴を生かした植物の量や活力を算出する方法)分布を作成した(図 9)ところ、主にアマモ類(緑色の海草)が分布する範囲の一部で比較的対応(黄～橙色の陰影)しているようにも見えるが、逆に水深の浅い場所での陰影が薄いなど妥当性の判断は難しかった。海面付近の赤潮分布の観察等では有効との事例報告もあるが、水中観察の場合は技術的課題が大きいと思われる。今後は、比較的海面付近まで生長する海藻草類や湖沼のアオコでのデータ収集も試み活用の可能性を模索していきたい。

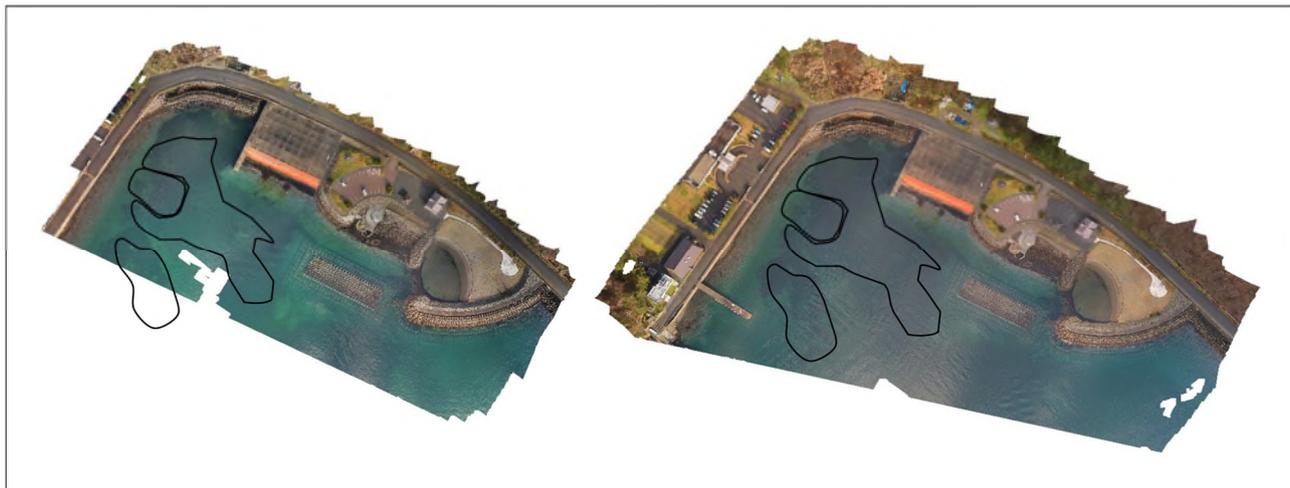


図 7. 空撮(可視カメラ)で得られたオルソ画像(撮影高度:左 50m、右 100m)  
(黒色実線は海藻草類分布範囲)

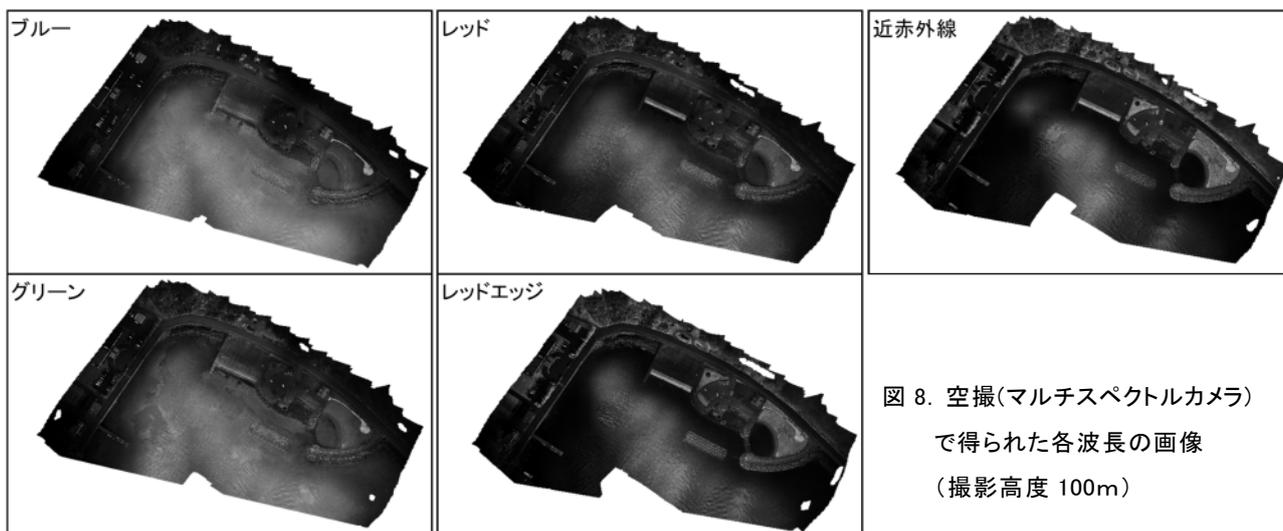


図 8. 空撮(マルチスペクトルカメラ)で得られた各波長の画像(撮影高度 100m)

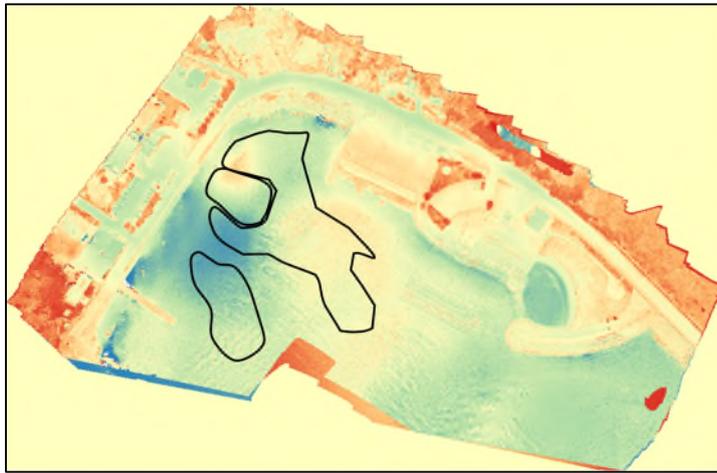


図 9. マルチスペクトルカメラの各波長をもとに作成した植生指数NDVI分布  
(黒色実線は海藻草類分布範囲)  
※アマモ類(緑色の海草)の分布と比較的対応のようにも見えるが判断は難しい。

#### 4. 湖沼環境調査への活用検討(内水面研究所)

着水型ドローン「吊り下げ装置」に取り付けた自記式水温塩分計を 50 cm 間隔で垂下し 1 分停止観測したところ、「吊り下げ装置」は良好に作動し、正常にデータ取得ができた(図 10)。

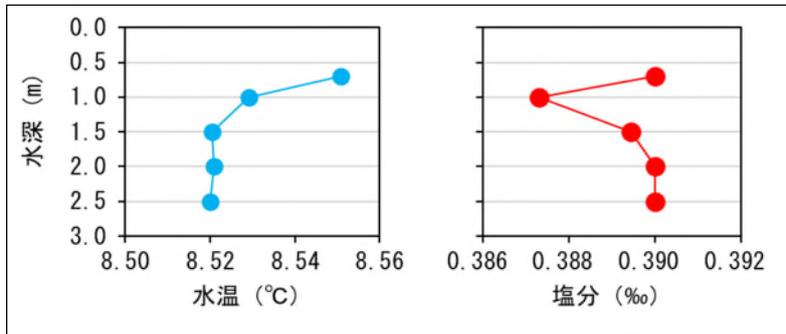


図 10. 観測で得られた水温・塩分データ

### 考 察

戸工業研究所が新たに開発した「吊り下げ装置」一次試作機は概ね正常に作動し、水中撮影と観測データの取得に成功した。

次年度も「吊り下げ装置」を用いて水中撮影や観測データを収集・解析しデータ蓄積を図るとともに、空中撮影の飛行条件や取得データの処理・解析方法等も検討していきたい。また、「吊り下げ装置」の改善・改良等も行い完成させていく予定である。

### 謝 辞

(株)プロドローン(製造企業)、キャノンプレジジョン(株)(販売企業)には、ドローン機体の操縦指導、機体調整や不具合の相談・改善等について適宜ご協力いただいた。ここに記して感謝申し上げます。

### 文 献

吉田雅範・菊池元良・菊谷尚久(2021) 着水型ドローンを用いた水産分野での応用研究. 令和元年度事業報告書. pp547-549