

I. 2023 年度調査概要

広域調査としては、北海道古宇郡泊村臼別と照岸を対象に、2023 年 5 月 23 日に空中ドローンによる撮影とその画像のオルソ化を行った。使用機器と撮影条件は表 1 に示す。対象海域は、施肥をした海岸線を中心とした海域とし、臼別においては約 635m×306m、照岸においては約 550m×320m とした。

現地調査としては、コンブの繁茂期が 5-7 月であることから、2023 年 5 月 10-11 日に潜水調査（目視および水中写真撮影）を実施した。潜水調査結果とドローン画像とを紐づけし、画像解析を行うことで、海藻種とその被度毎に対象海域を面的に評価して、藻場の面積を算出した。

表 1. ドローンの諸元および撮影条件

使用機器	・ 本体 : DJI 社製 phantom4 RTK ・ レンズ : 視野角 84°
撮影条件	・ 高度約 80m における施工区域周辺の写真撮影 ・ 自動で静止画 (JPEG) の撮影を数百枚程度行い、合成ソフトにて画像を結合
合成時仕様ソフト	DJITERRA

II. 実勢面積算出方法の詳細

① 現地調査

2022 年に撮影したドローン画像または、google earth 上で色に変化（海藻と底質の色の変化）がある場所や、藻場の外周に沿って、ダイバーが潜水して、写真撮影、コドラート調査 (50cm 方形枠使用)、目視観察により、底質、植生（コンブ、ワカメ、ホンダワラ、紅藻、褐藻、緑藻に分類）、植生ごとの被度を記録し、同時に各調査点の GPS を取得した。なお、上記調査は、臼別で 67 地点、照岸で 60 地点実施した。以上のデータは、ドローン画像から藻場の実勢面積を求めるための画像解析において、教師データの作成、およびその解析結果の妥当性評価に使用した。

② 画像解析

現地調査（コドラート）結果について、各データにおいて最も被度の高い海藻種を主要海藻種とし、主要海藻種の候補が 2 種類ある場合は、褐藻以外を優勢とした（表 2）。主要海藻種は、その被度により「少 ($\leq 30\%$)、中 ($30-60\%$)、多 ($\geq 60\%$)」の三段階に区分した。20%以下の海藻種が複数確認される場合は、「-」とした。なお、表中の「+」は被度が 5%以下であるため、上記の区分では生育無しと判断した。

各データについて、GPS データを元に、ドローン画像上の色と上記で整理した藻場区分を紐づけすることで教師データとした。更に、ドローン画像からコドラート調査の近傍で

似た色の地点を選定し、追加の教師データとした。なお、海藻が繁茂していない場所については、ドローン画像から底質を判断し、別途、教師データを作成した。藻場区分は、臼別で 22 種類、照岸で 15 種類、1 種類当たり約 30 個の教師データを作成した。

次に、各ドローン画像について、画像分類のルール（藻場区分の色の境界）を統計処理 AI アルゴリズムの一つである SVM (Support Vector Machine) を用いて、教師データより作成した。このルールを用いて、ドローン画像上の色を各藻場区分に分類したが、分布域が細かく煩雑であったため、最終的に、藻場区分の種類を 7-8 種類にまとめて、面積を出した。

各サイトのドローン画像と解析結果を図 1-2 に示す。

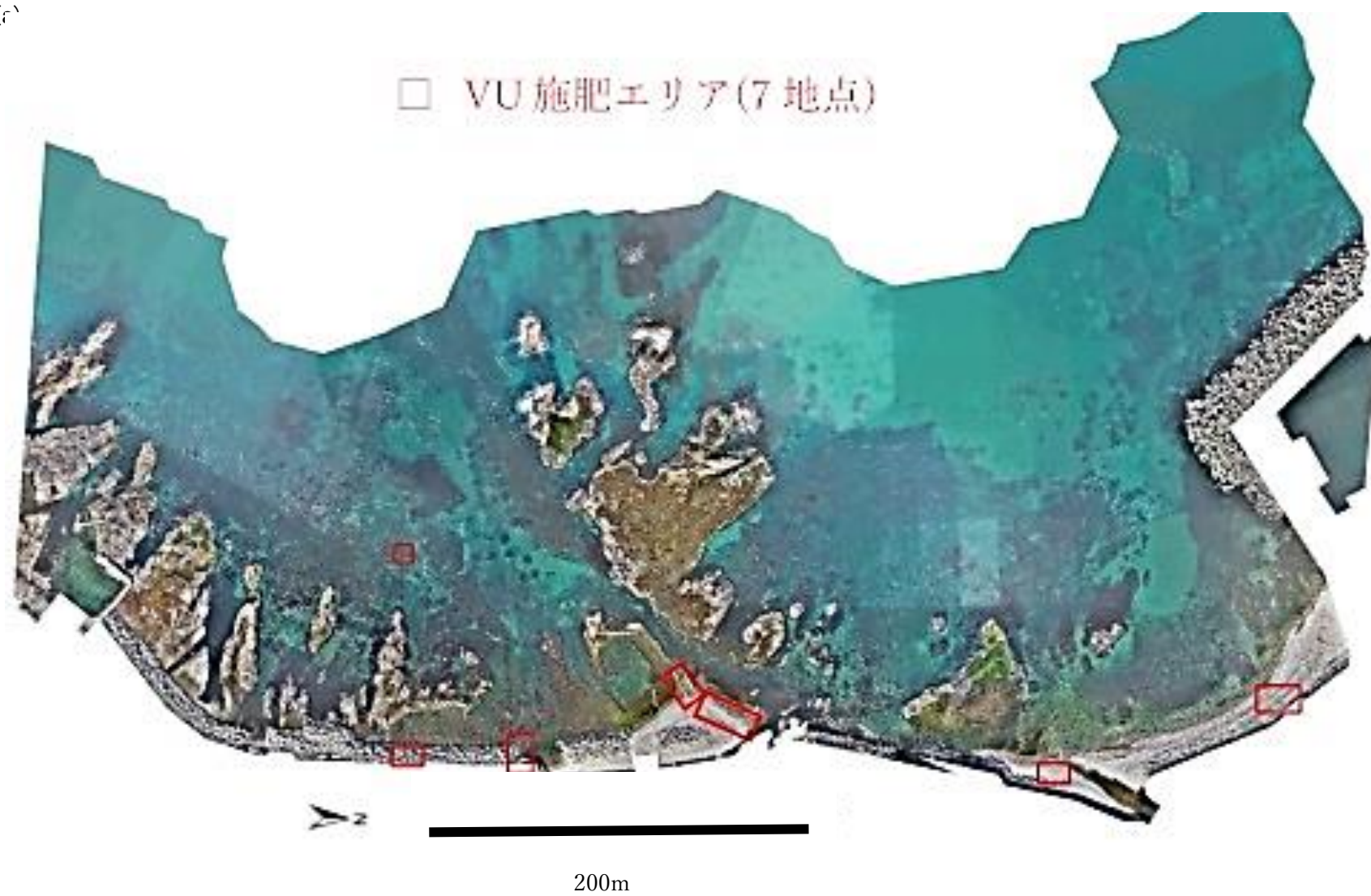
表 2. コドラート結果による藻場区分（例：2023 年臼別 一部抜粋）

コドラート	被度 (%)						藻場区分	
	コンブ	ワカメ類	ホンダワラ類	紅藻	緑藻	褐藻*	主要海藻種	その他の海藻種
1	+	30	-	10	-	10	ワカメ-少	紅藻・褐藻
2	30	-	-	10	10	10	コンブ-少	紅藻・緑藻・褐藻
3	+	+	-	40	-	40	紅藻-中	褐藻
4	10	-	+	40	-	20	紅藻-中	コンブ・褐藻
5	-	40	-	10	-	30	ワカメ-中	紅藻・褐藻

* 「褐藻」は単子葉植物類(海草類)およびコンブ、ワカメ、ホンダワラ類以外の褐藻等

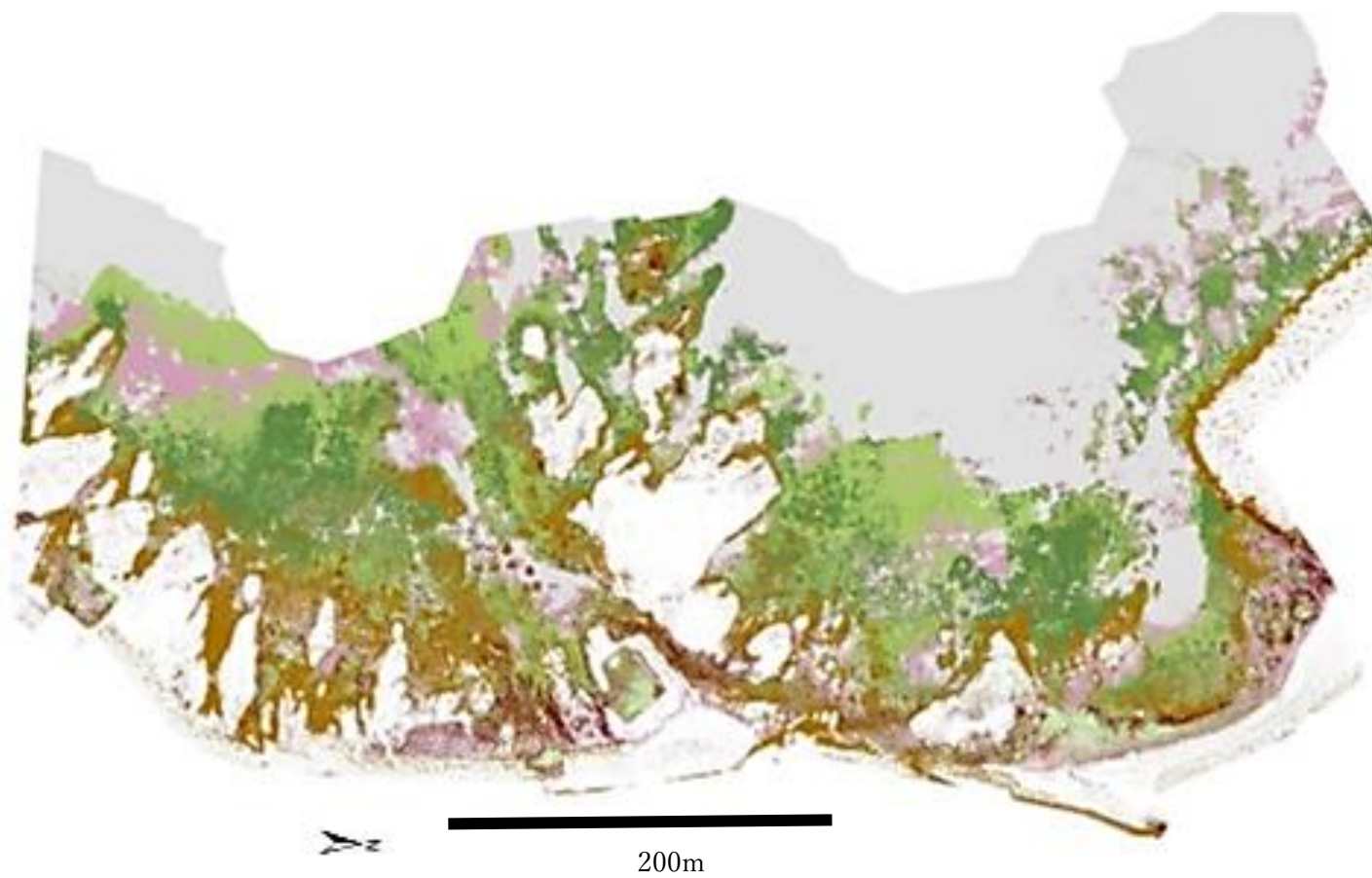
(添付資料 1)

(f)



(添付資料 1)

(b)



凡例：

■コンブ、■コンブ・他、■ワカメ・紅藻・他 1、■ワカメ・紅藻・他 2、■紅藻・褐藻、■緑藻・他、□岸、■砂・転石

(添付資料 1)

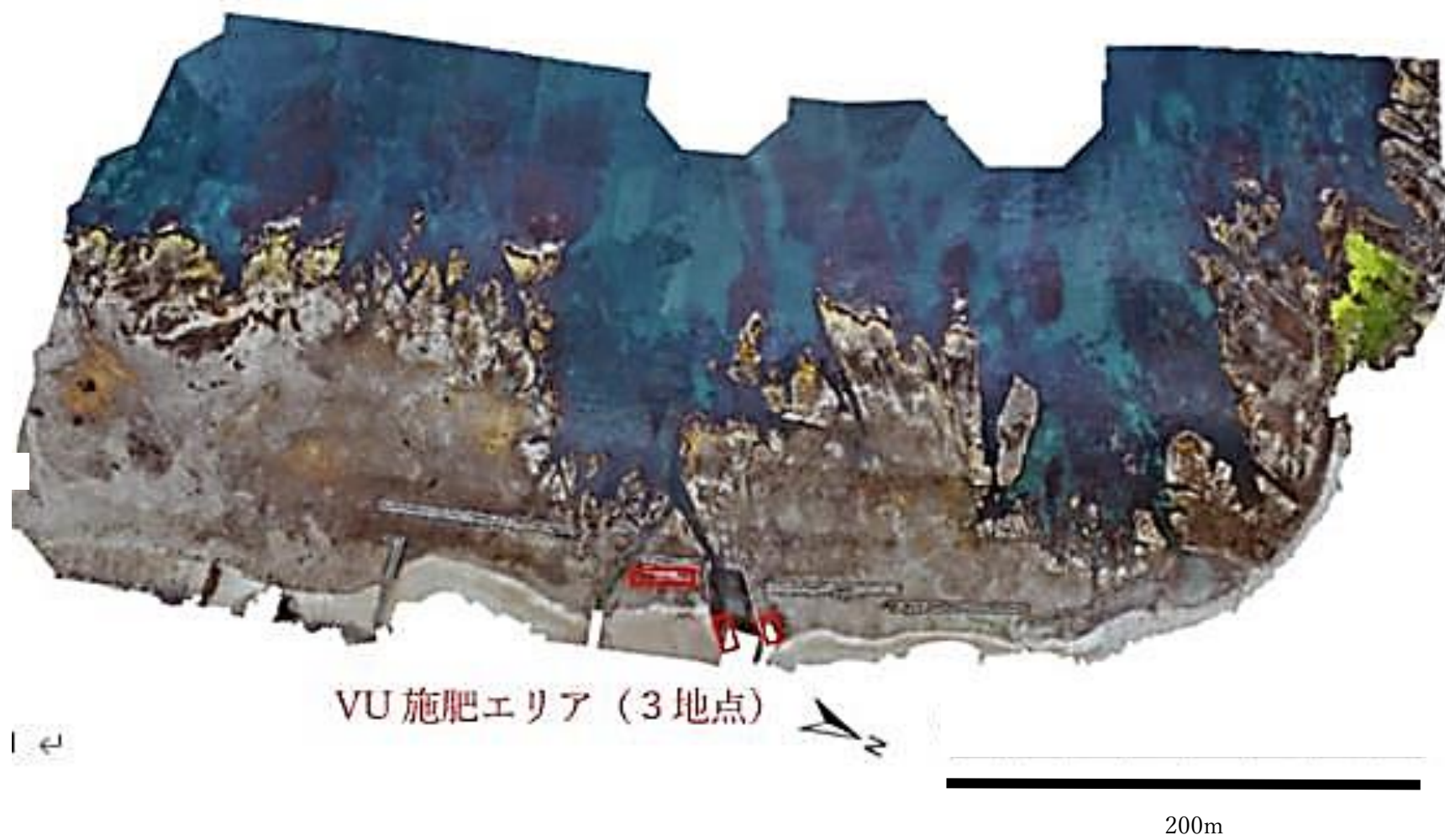
(c)

藻場区分	コンブ	コンブ・他	ワカメ・ 紅藻・他 1	ワカメ・ 紅藻・他 2	紅藻・褐藻	緑藻・他
面積 (ha)	0. 51	1. 45	1. 60	1. 56	1. 11	0. 08

図 1. 臼別のドローン画像(a)、藻場分布域の抽出結果(b)、藻場区分の面積(c)

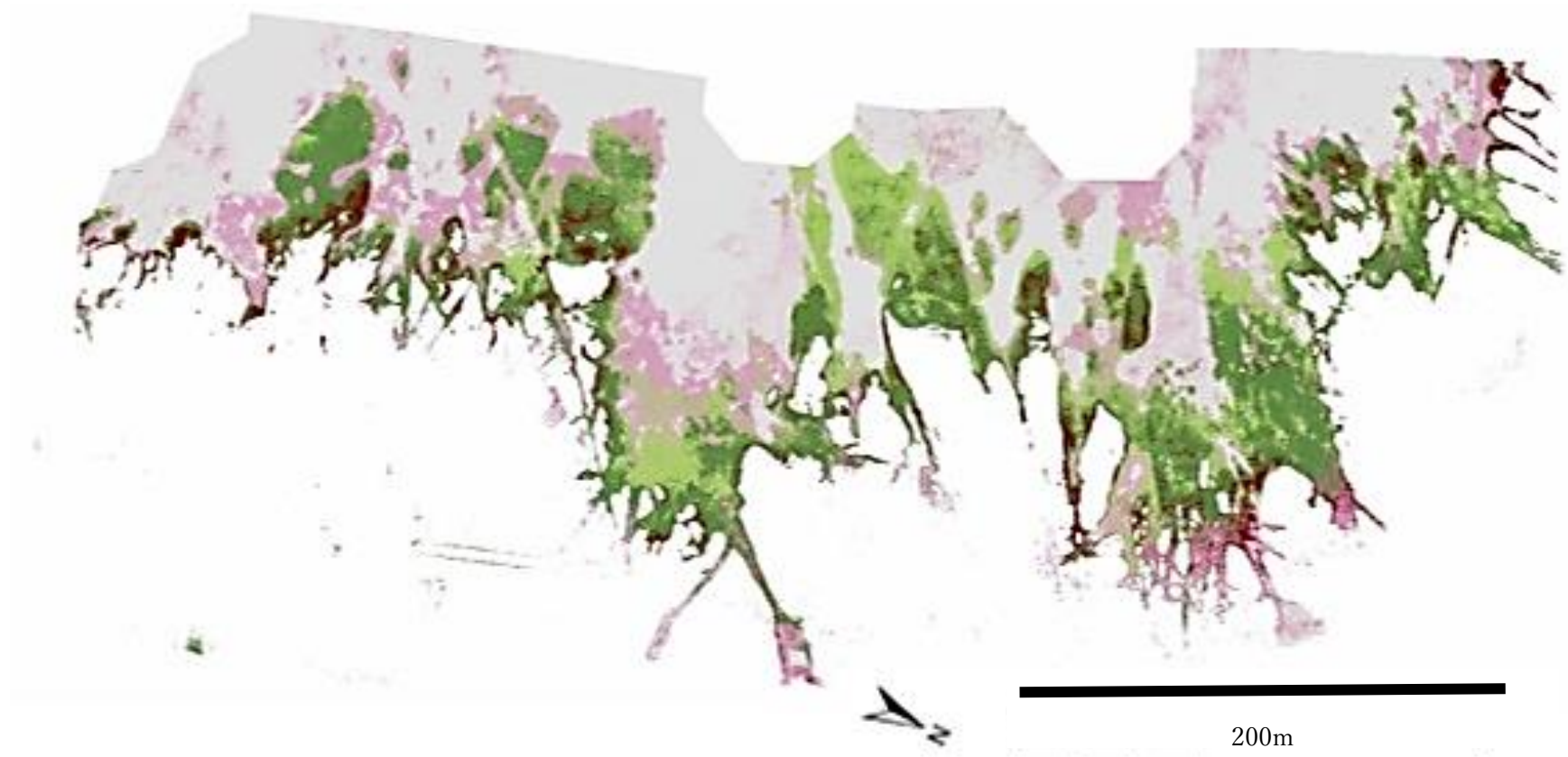
(添付資料 1)

(a)



(添付資料 1)

(b)



凡例：

■コンブ、■ワカメ・他 1、■ワカメ・他 2、■紅藻・褐藻 1、■紅藻・褐藻 2、□岸、■砂・転石

(添付資料 1)

(c)

藻場区分	コンブ	ワカメ・他 1	ワカメ・他 2	紅藻・褐藻 1	紅藻・褐藻 2
面積 (ha)	0.47	1.04	2.23	1.43	0.13

図 2. 照岸のドローン画像(a)、藻場分布域の抽出結果(b)、藻場区分の面積(c)

藻場区分ごとの被度の設定と実勢面積

各藻場区分の被度は、同じ区分に分類した現地調査（コドラート）結果について、調査地点ごとにホンダワラ、紅藻、緑藻、褐藻の被度を足し合わせた値をその他の被度とした（表 3）。更にコンブ、ワカメ、その他の中央値（順位が中央である値）を藻場区分における被度の代表値とした。この代表値に、画像解析により抽出した対応する藻場区分の面積を乗じて、実勢面積とした（表 4）。

表 3. 藻場区分の被度（例：2023 年臼別「藻場区分：コンブ」）

コドラート	被度%						被度%(加算後)			中央値		
	コンブ	ワカメ	ホンダワラ類	紅藻	緑藻	褐藻	コンブ	ワカメ	その他	コンブ	ワカメ	その他
1	40	5	5	10	5	5	40	5	25	40	5	25
2	45	5	0	15	5	5	45	5	25			
3	30	0	0	20	0	10	30	0	30			
4	70	0	0	10	0	5	70	0	15			
5	30	10	0	30	0	5	30	10	35			

表 4. 実勢面積

調査サイト	実勢面積 (ha)		
	コンブ	ワカメ	その他
臼別	0. 628	0. 65725	3. 1355
照岸	0. 59325	1. 61225	1. 7255
合計	1. 22125	2. 2695	4. 861

III. 画像解析の妥当性の検証

現地調査結果をもとに正解データとなる教師データを 150 個新たに作成し、検証用データとした。ドローン画像の解析結果から、検証用データと同じ位置にある情報を抽出し、検証用データと比較することで、画像解析の精度を確かめた。いずれのサイトにおいても正解率は 84%以上であったことから、本手法による藻場面積の算定は確実性が高いと判断し、上記の通り藻場の実勢面積を求めた（表 5-6）。なお、海藻種が同じ区分はひとまとめにした。

表 5. 臼別におけるドローン画像の画像解析精度の検証

区分	一致	不一致	正解率(%)
コンブ	28	2	93.3
ワカメ	30	0	100.0
紅藻・褐藻	26	4	86.7
緑藻	21	9	70.0
砂・転石	30	0	100.0
合計	135	15	90.0

表 6. 照岸におけるドローン画像の画像解析精度の検証

区分	一致	不一致	正解率(%)
コンブ	31	9	77.5
ワカメ	33	7	82.5
紅藻・褐藻	34	6	85.0
砂・転石	28	2	93.3
合計	126	24	84.6