

I. 2023 年度調査概要

広域調査としては、北海道増毛町別苺、箸別、舎熊サイトを対象に、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、別苺においては、汀線約 720m と沖合約 75m にある囲い礁手前までの範囲、箸別においては汀線約 1,100m と沖合約 130m の範囲、舎熊においては汀線約 700m と沖合約 200m の範囲とした。

現地調査としては、対象海域の主な海藻藻場の構成種であるホソメコンブの繁茂期が 5-7 月であることから、表 2 に示す通り 5 月に潜水調査（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

表 2. 別苺、箸別、舎熊における調査日

	ドローン空撮	潜水調査
別苺	2023 年 5 月 16 日 2023 年 6 月 7 日	2023 年 5 月 15-16 日
箸別	2023 年 5 月 16-17 日	2023 年 5 月 17-18 日
舎熊	2023 年 5 月 19-20 日	2023 年 5 月 16 日

II. 実勢面積算出方法の詳細

① 現地調査

事前に撮影したドローン画像上で、色に変化（海藻と底質の色の変化）がある場所を中心に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、測線調査を行い、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（表 3）。なお、測線調査は、海底にメジャーを設置して、岸（原点）からの距離を確認しながら、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。

表 3. ダイバーによる調査項目および地点数

調査項目	調査数		
	別苅	箸別	舎熊 3
コドラート調査・GPS 取得	28 地点	17 地点	19 地点
目視観察・GPS 取得	31 地点	—	—
測線調査	3 測線	3 測線	1 測線

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 4）。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、測線調査の結果を参照しながら、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、別苅で 14 種類、箸別で 18 種類、舎熊で 15 種類作成し、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 6-7 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 1-3 に示す。

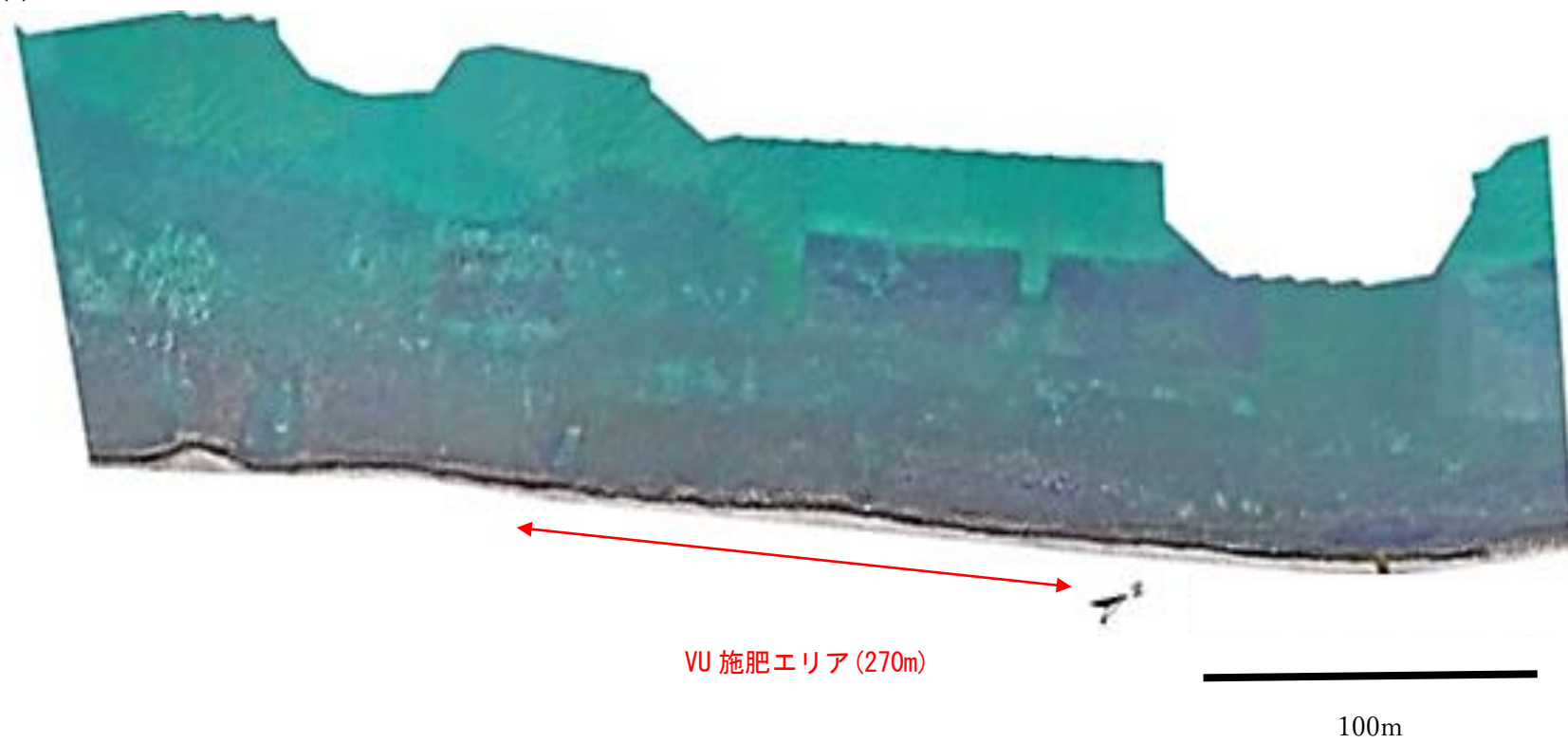
表 4. コドラート結果による藻場区分（例：2023 年別苅 一部抜粋）

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	10	-	-	40	+	40	紅藻-中	コンブ・褐藻
2	-	-	-	10	+	30	褐藻-少	紅藻
3	-	-	-	10	10	60	褐藻-多	紅藻・緑藻
4	-	-	-	20	-	60	褐藻-多	紅藻
5	-	-	10	20	20	40	褐藻-中	ホンダワラ・紅藻・緑藻
6	-	-	-	20	70	+	緑藻-多	紅藻
7	-	-	-	20	10	30	褐藻-少	紅藻・緑藻
8	-	-	-	10	20	50	褐藻-中	紅藻・緑藻
9	-	-	-	20	10	40	褐藻-中	紅藻・緑藻
10	20	-	-	20	10	30	褐藻-少	コンブ・紅藻・緑藻

*「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)

(a)



(添付資料 1)

(b)



凡例：

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

注：□は面積算出範囲を示す

(添付資料 1)

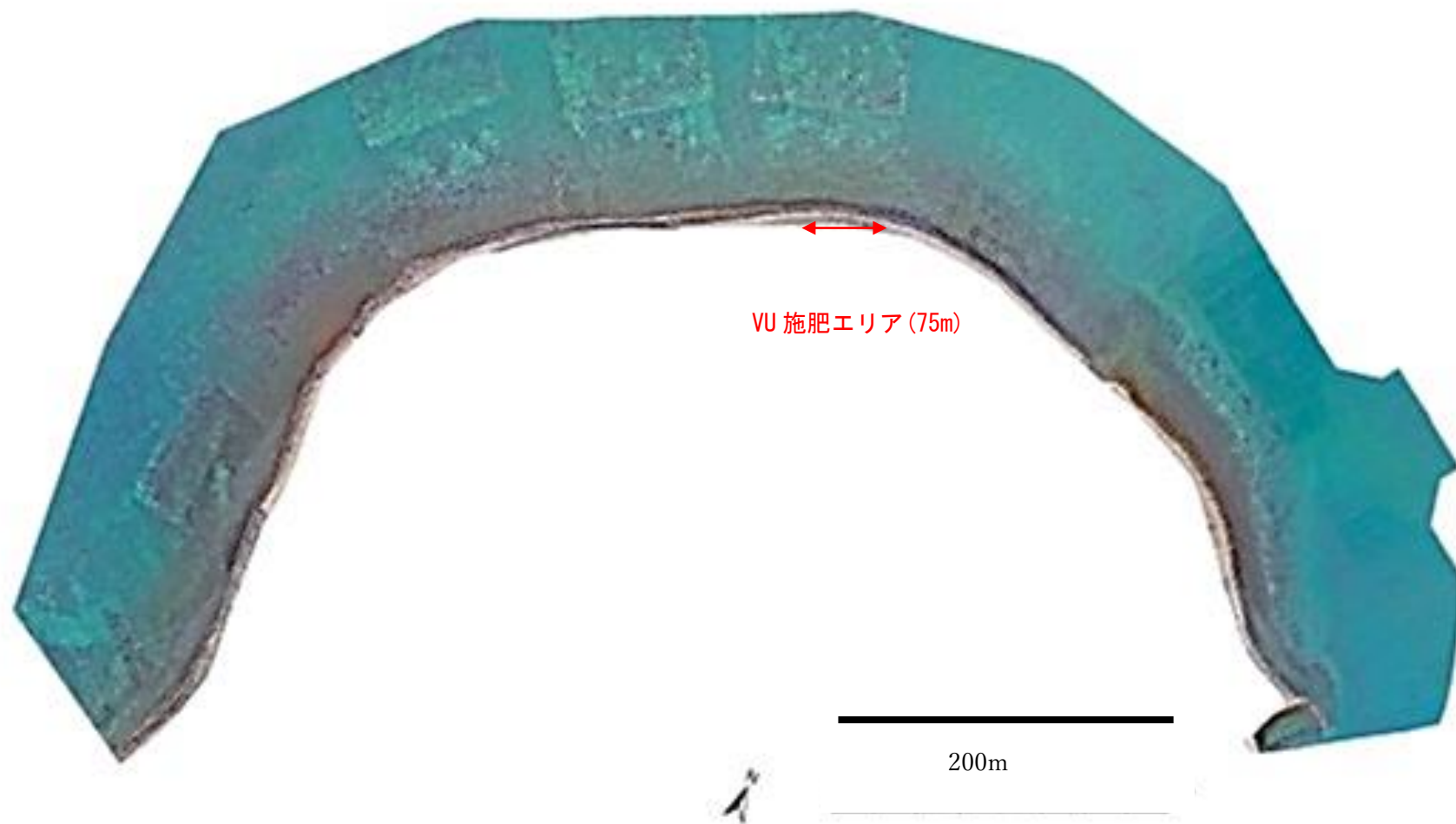
(c)

藻場区分	コンブ	紅藻・他 1	紅藻・他 2	褐藻・他 1	褐藻・他 2
面積 (ha)	0.44	2.06	0.88	0.41	1.07

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

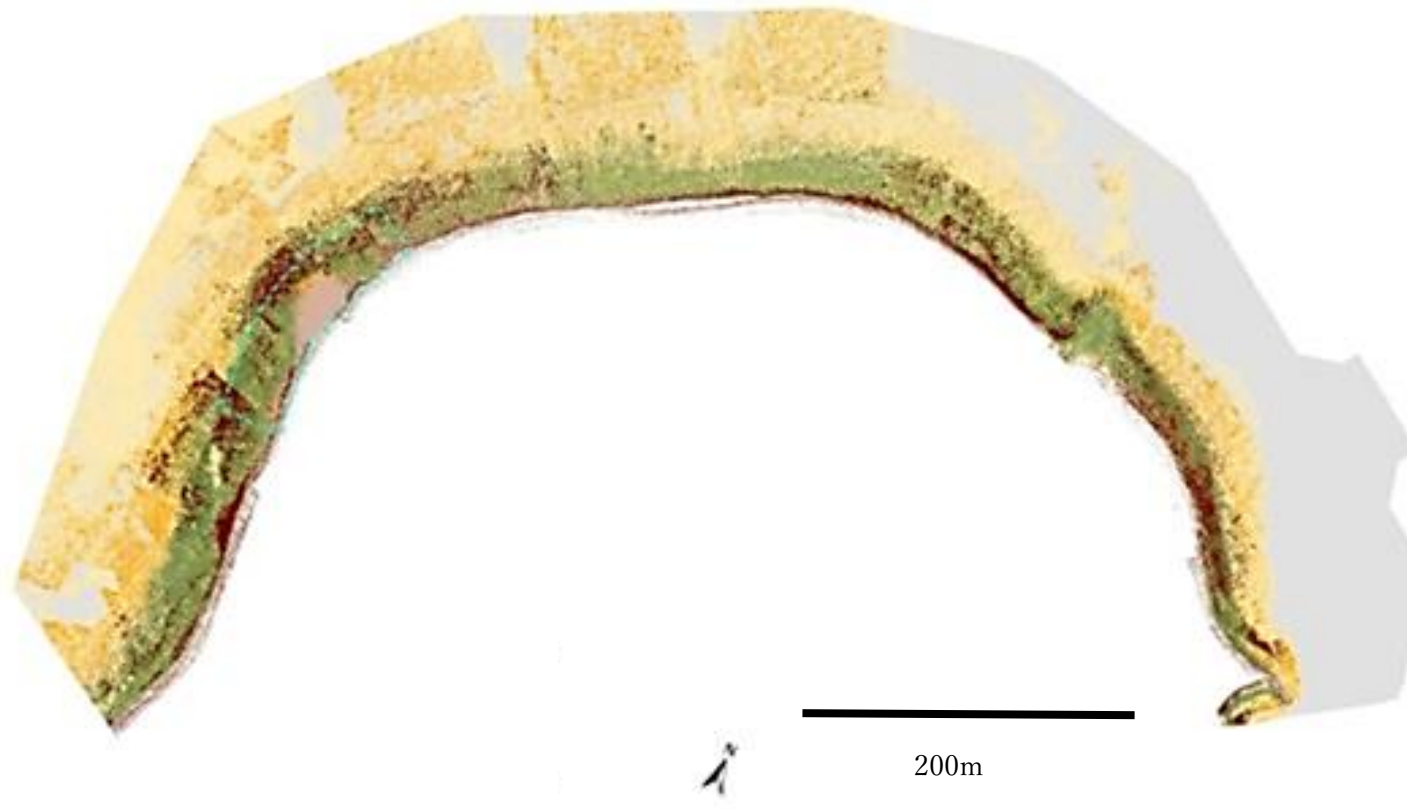
(添付資料 1)

(a)



(添付資料 1)

(b)



凡例：

■コンブ、■褐藻・紅藻 1、■褐藻・紅藻 2、■褐藻・緑藻 1、■褐藻・緑藻、□岸、■濁り、■砂・転石

(添付資料 1)

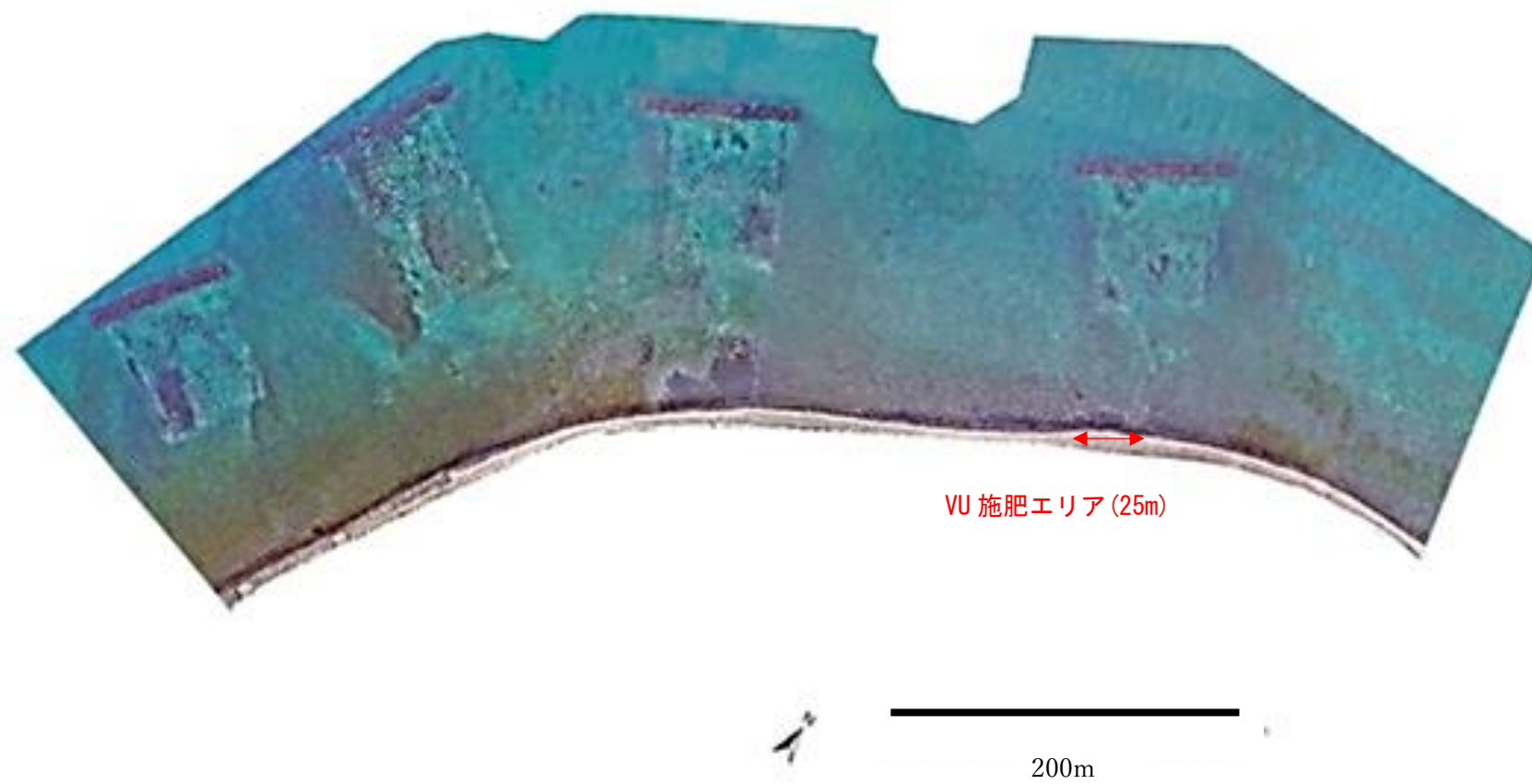
(c)

藻場区分	コンブ	褐藻・紅藻 1	褐藻・紅藻 2	褐藻・緑藻 1	褐藻・緑藻
面積 (ha)	1. 19	5. 43	2. 10	0. 74	2. 15

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

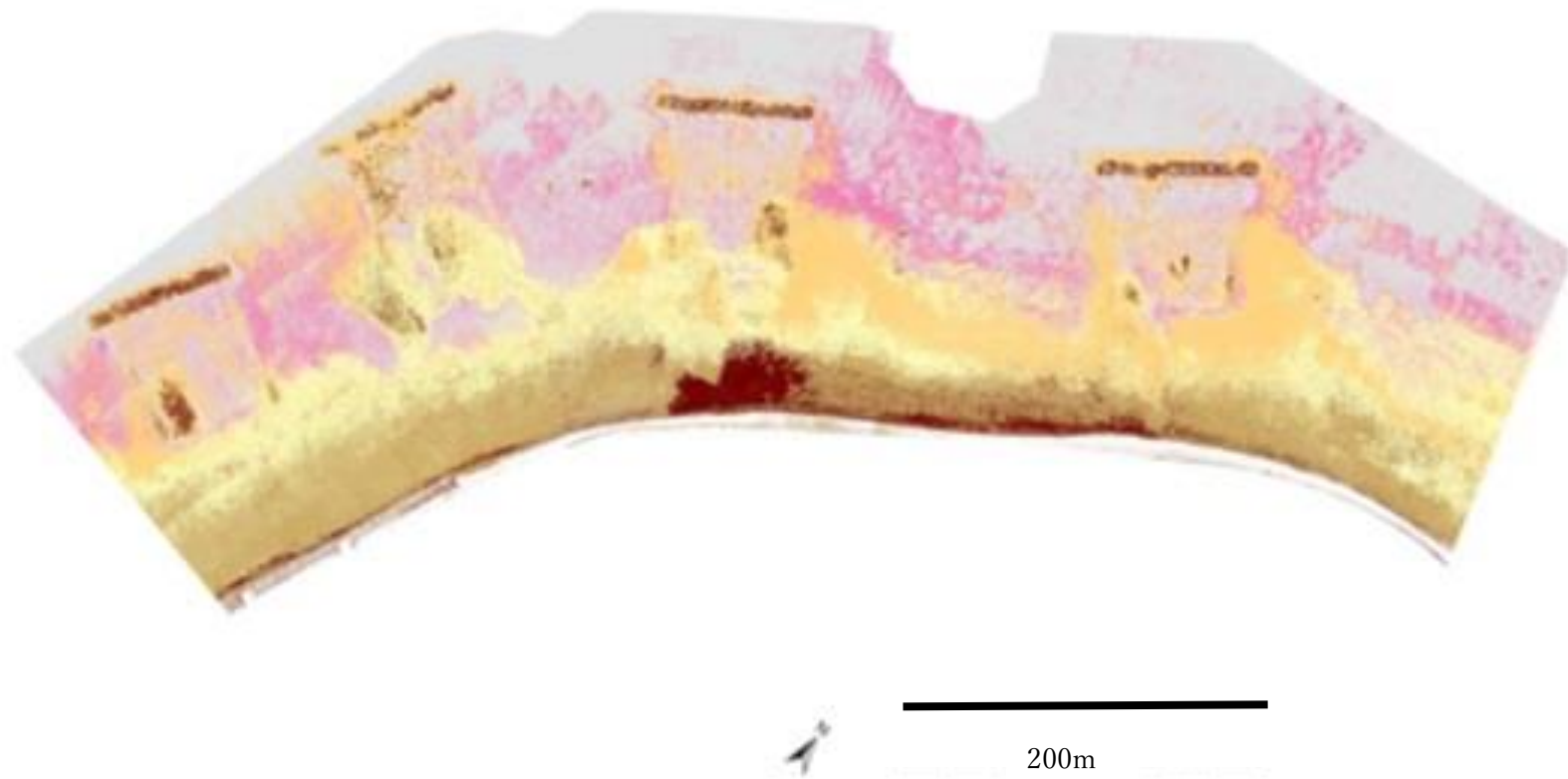
(添付資料 1)

(a)



(添付資料 1)

(b)



凡例：

■ コンプ 1、■ コンプ 2、■ 紅藻・他、■ 褐藻・他 1、■ 褐藻・他 2、□ 岸、■ 砂・転石

(c)

藻場区分	コンブ 1	コンブ 2	紅藻・他	褐藻・他 1	褐藻・他 2
面積 (ha)	2.33	0.88	2.18	3.09	3.03

図 3. 舎熊のドローン画像(a)、藻場分布域の抽出結果(b)、藻場区分の面積(c)

③ 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ることで、コンブとコンブ以外の被度を算出した(表 5)。更にそれぞれの中央値(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 6-7)。コンブは箸別、舎熊を申請対象とし、コンブ以外は別苺、箸別、舎熊を申請対象とする。

表 5. 藻場区分の被度（例：2023 年別苺「藻場区分：褐藻・他 1」）

コドラート	被度%					被度%(加算後)		中央値	
	コンブ	ホンダワラ類	紅藻	緑藻	褐藻	コンブ	コンブ以外	コンブ	コンブ以外
1	0	0	10	0	30	0	40	0	70
2	0	0	10	10	60	0	80		
3	0	0	20	10	30	0	60		
4	0	0	30	10	50	0	90		
5	0	0	40	0	30	0	70		

表 6. コンブの面積（箸別、舎熊）

調査サイト	実勢面積 (ha)
箸別	0.5355
舎熊	1.504
合計	2.0395

表 7. コンブ以外の面積（別苺、箸別、舎熊）

調査サイト	実勢面積 (ha)
別苺	3.6175
箸別	7.205
舎熊	6.700
合計	17.5225

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 86%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 8-10)。なお、海藻種が同じ区分はひとまとめにした。

表 8. 別苅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	36	4	90.0
紅藻	37	3	92.5
褐藻	35	5	87.5
砂・転石	30	0	100.0
合計	138	12	92.5

表 9. 箸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	38	2	95.0
褐藻・紅藻	38	2	95.0
褐藻・緑藻	34	6	85.0
砂・転石	28	2	93.3
合計	138	12	92.1

表 10. 舎熊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	38	2	95.0
褐藻・他	37	3	92.5
紅藻・他	32	8	80.0
砂・転石	24	6	80.0
合計	131	19	86.9