

調査時期の異なる空撮画像を用いた藻場分類手法



国立研究開発法人 土木研究所
寒地土木研究所 水産土木チーム

○ 田村 友行
西崎 孝之
菅原 吉浩

藻場面積に関する課題

- ◆ 大気中のCO₂吸収源としてブルーカーボン生態系（藻場）に大きく期待
- ◆ 藻場による炭素吸収量を評価するためには、海藻被度や現存量の情報が必要
- ◆ 藻場調査を担うダイバーが、高齢化・若手後継者の不足により減少
- ◆ 今後の藻場調査の需要に備えて、効率的・省力的な藻場調査手法の確立が急務

「省力化」として既往藻場調査データが活用できないか

- ・ 調査時期の異なる藻場調査を教師データとして活用し、教師データ不足や藻場調査を行わなくても藻場面積の推定を可能にする手法

⇒空撮画像の色調を調整することで、別な時期の教師データを適用可能か検討した(2024年、本山ら)
しかし、精度について不十分であった

⇒本報告では、過去の潜水データを活用した空撮画像の解析により、潜水を行わずに海藻面積・被度を算定する手法のさらなる精度向上方策について検討

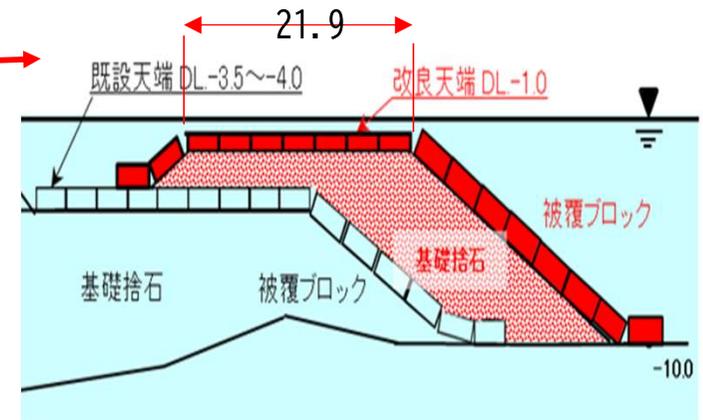
調査方法（現地調査）

寿都漁港



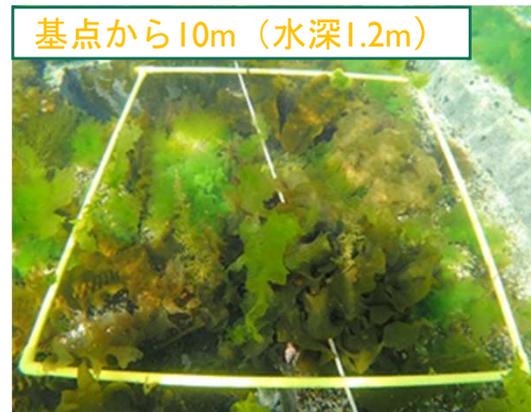
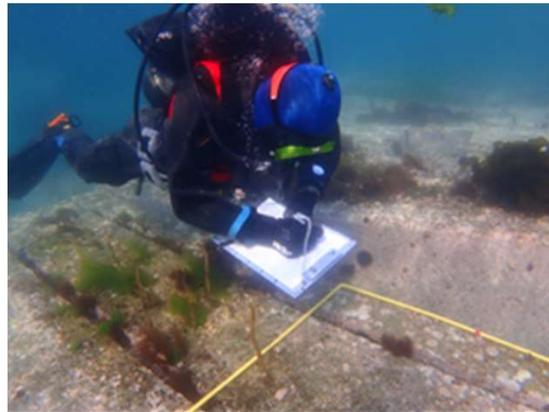
（提供）小樽開発建設部小樽港湾事務所

背後小段の断面



（提供）小樽開発建設部小樽港湾事務所

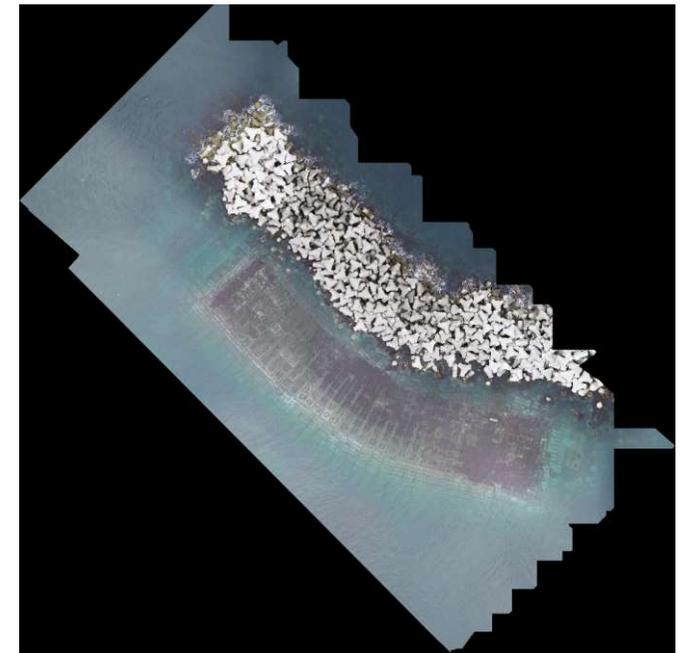
藻場調査の状況



調査時期： 2018年、2020年、2022年（各年6月）

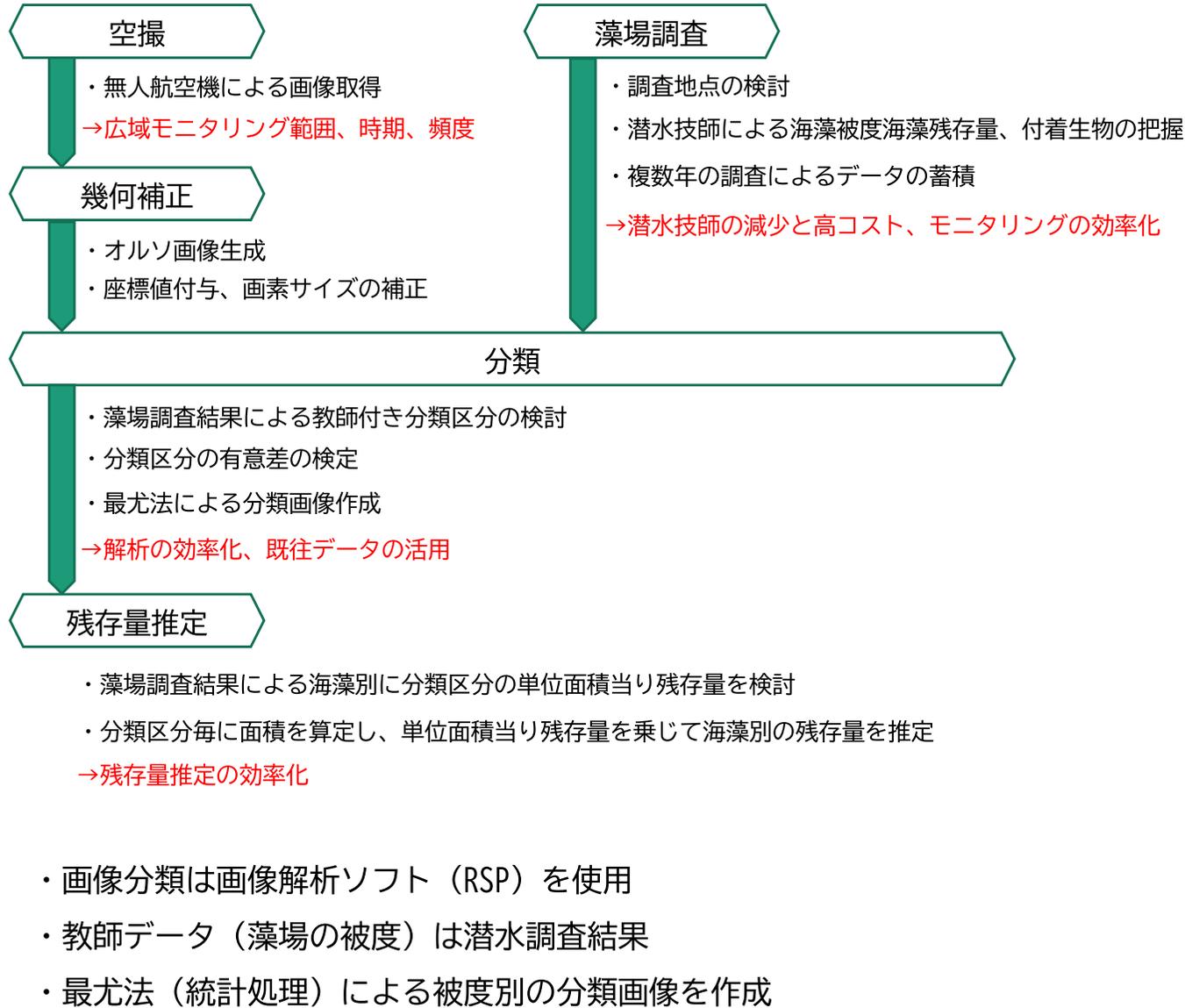
調査方法： 高度50mからのドローンによる空撮
方形枠を用いた潜水士による目視観察

ドローン空撮画像



調査方法（画像解析）

画像分類のフロー



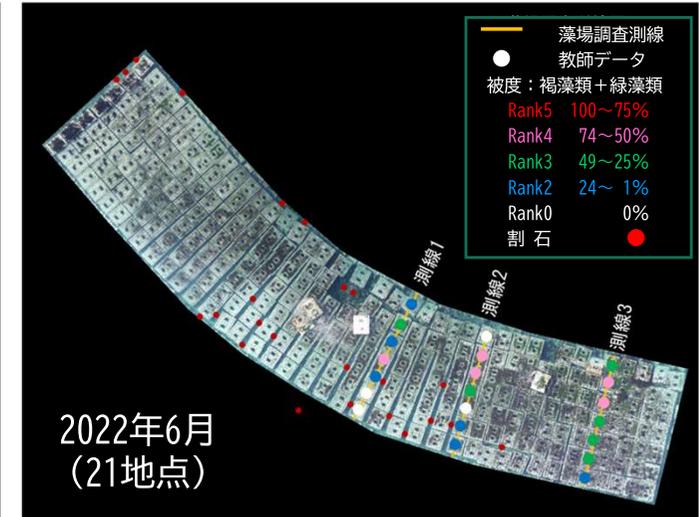
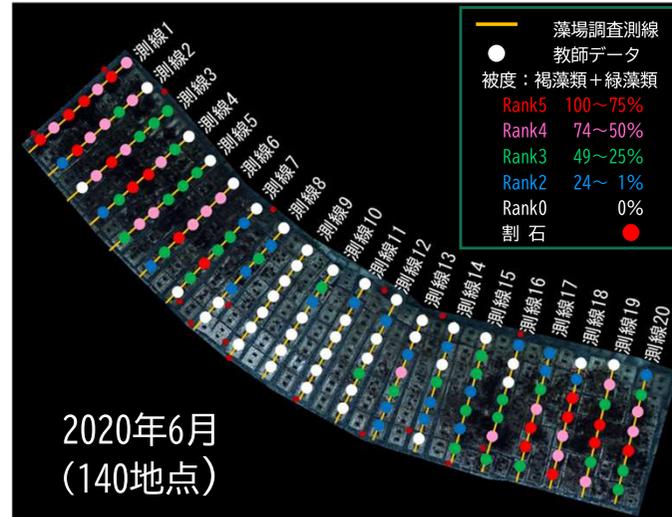
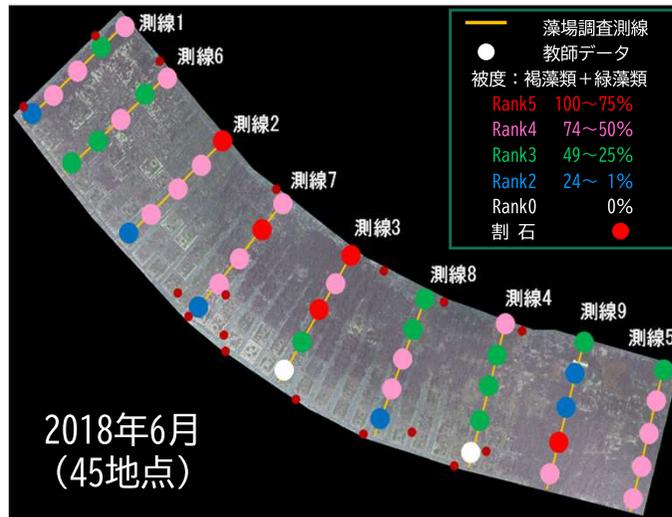
※分類は空撮画像の画素単位（本検討は10cm²）で どの階級となるか仕分けする作業

藻場の被度階級

被度階級	区分	区分の基準	被度 (%)	写真でみる被度の状況
5	濃生	海底面がほとんど見えない	> 75	
4	密生	海底面より植生の方が多い	50~75	
3	疎生	植生より海底面の方が多い	25~50	
2	点生	植生はまばらである	5~25	
1	極く点生	植生は極くまばら	< 5	
0	なし	植生はない	0	

（出典）改訂磯焼け対策ガイドライン（平成27年）

潜水調査結果



各年の平均被度 2018年 : 褐藻類58%、紅藻類14%、緑藻類7%
 2020年 : 褐藻類28%、紅藻類25%、緑藻類2%
 2022年 : 褐藻類24%、紅藻類60%、緑藻類5%

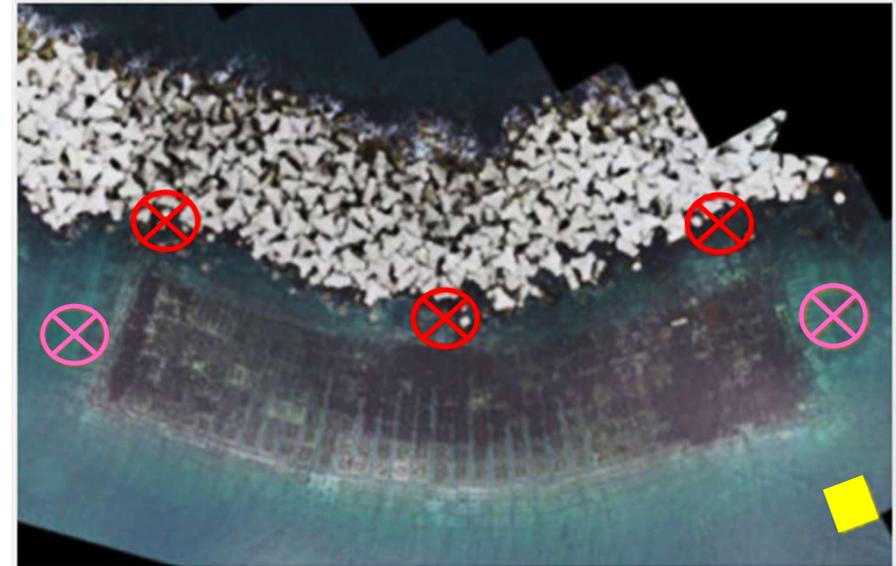
主な海藻種としては、褐藻はホソメコンブ、ワカメ、イソガワラ科、フクロノリ
 緑藻はアオサ、紅藻は無節サンゴ藻、イワノカワ科

- ・ 1 m×1 mの方形枠を用いた潜水調査により海藻被度を取得
- ・ 海藻被度は、既往の検討（本山ら）から、褐藻類と緑藻類の被度の合計値に応じて5つの階級に分類
 I. ランク5 : 100~75%, II. ランク4 : 74~50%, III. ランク3+2+1 : 49~1%, IV. ランク0 : 0%, V. 割石 : 0%

藻場の画像解析の事例（寿都漁港）

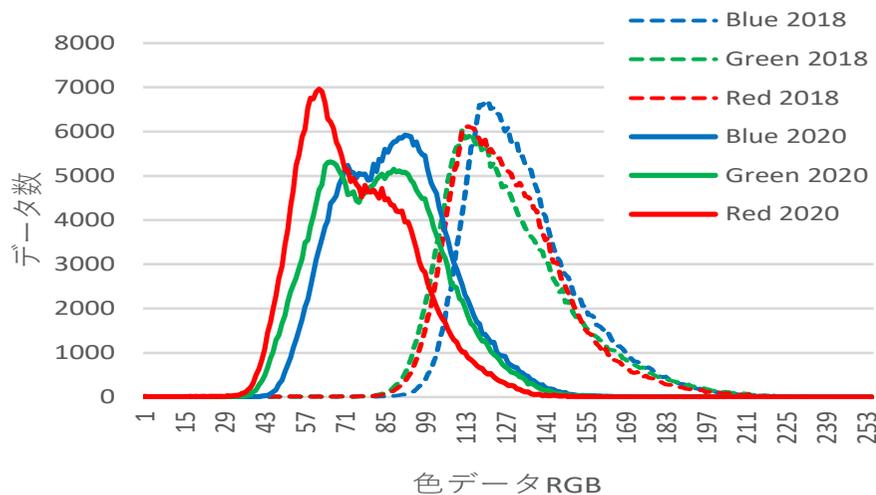
これまでの手法

- ・コンクリートブロック（赤丸○、橙丸○）の色データで補正
- ・海水（黄色■）の色調を補正
- ・海藻の色には着目していなかった



今回の色調補正の例

- ・海藻自体の色調を合わせることで、別な時期にも適用可能か検討。
- ・画像間の色調の平均値と標準偏差から、色調（コントラスト、明るさ）を合致させる。



$$X_2' = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} X_2 + \frac{\sigma_2 \overline{X_1} - \sigma_1 \overline{X_2}}{\sigma_2}$$

X_2' 補正対象画像の補正後のRGB値

X_2 補正対象画像の補正前のRGB値

$\overline{X_2}$ 補正対象画像のトレーニングエリア内のRGB値の平均値

$\overline{X_1}$ 基準となる画像のトレーニングエリア内のRGB値の平均値

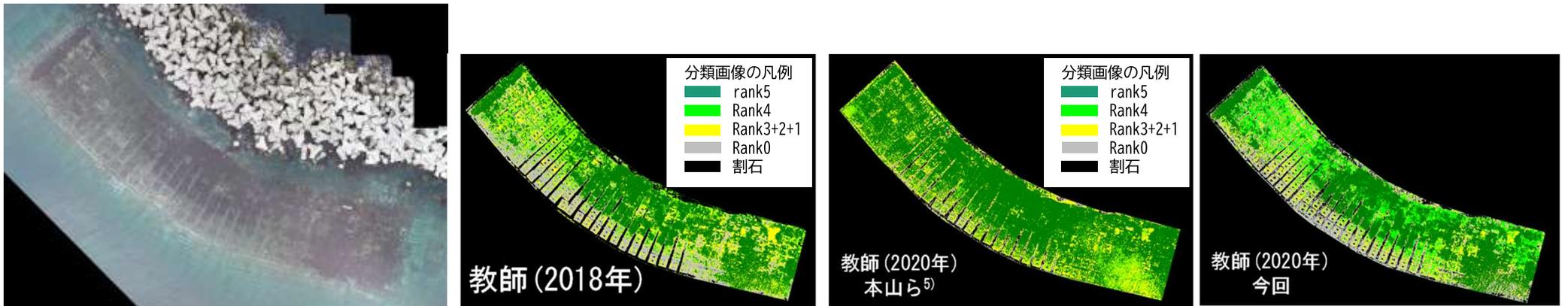
σ_2 補正対象画像のトレーニングエリア内のRGB値の標準偏差

σ_1 基準となる画像のトレーニングエリア内のRGB値の標準偏差

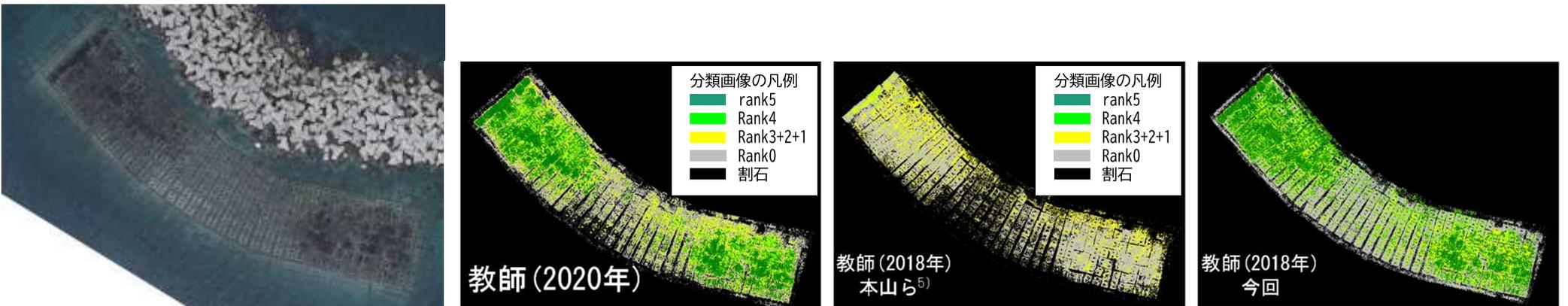
検討結果（画像分類）

- ・ 同時期の教師データを用いた場合、概ね海藻の分布が再現
- ・ 昨年の検討では、2018年は被度を過大に、2022年は過小に分類
- ・ 海藻の色調を合わせることで、別な時期の教師を使った分類が可能

画像分類の結果（2018年6月空撮画像）



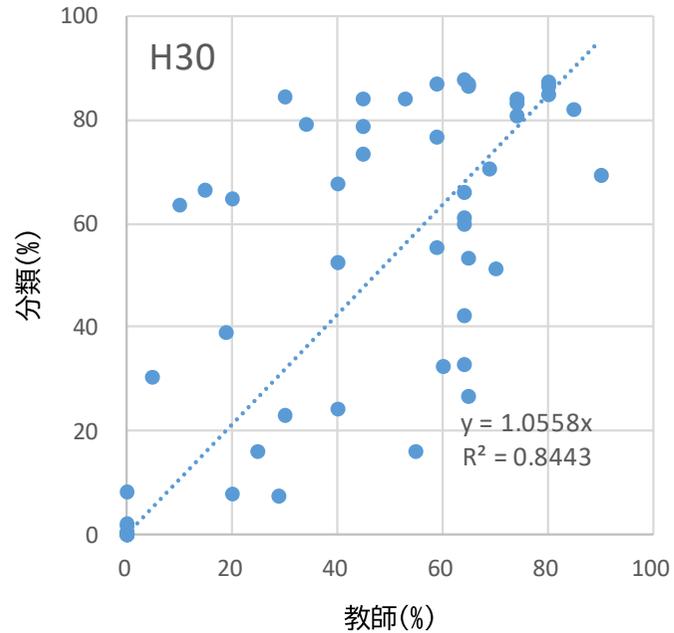
画像分類の結果（2020年6月空撮画像）



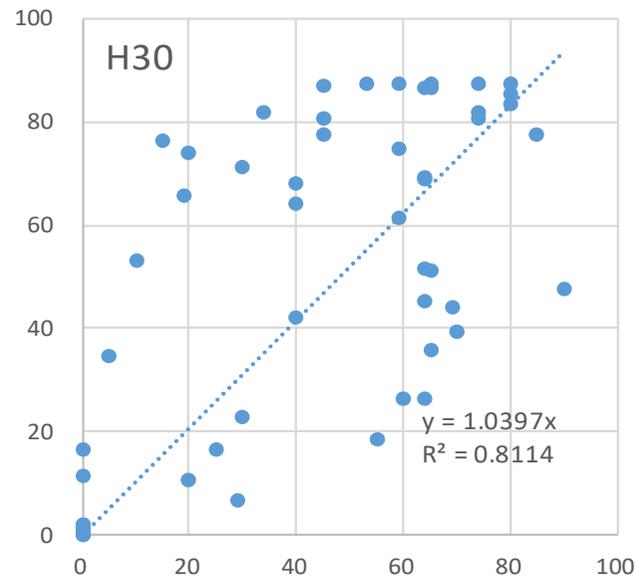
検討結果（画像分類の精度）

画像分類の精度（2018年6月空撮画像：方形枠単位）

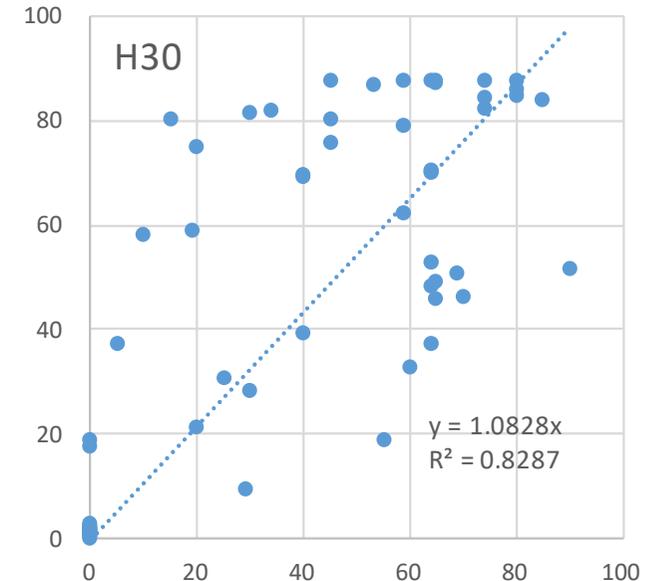
2018年教師
(同時期教師)



2020年教師
(別時期教師)



2018+2020年教師
(別時期教師)



		分類結果				割石
		rank 5	rank 4	rank 3+2+1	rank 0	
教師	rank 5	435	44	7	4	10
	rank 4	1033	440	248	231	48
	rank 3+2+1	803	262	324	395	16
	rank 0	1	8	17	164	10
	割石	0	0	0	3	150

平均被度
教師65%→分類56%

		分類結果				割石
		rank 5	rank 4	rank 3+2+1	rank 0	
教師	rank 5	376	73	29	22	0
	rank 4	1005	403	325	243	24
	rank 3+2+1	803	397	282	253	65
	rank 0	1	12	79	86	22
	割石	0	0	0	53	100

平均被度
分類57%

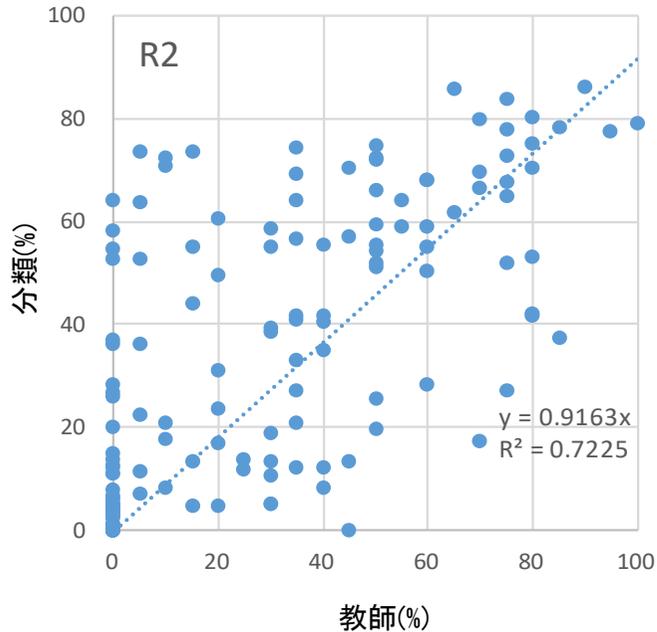
		分類結果				割石
		rank 5	rank 4	rank 3+2+1	rank 0	
教師	rank 5	413	48	11	28	0
	rank 4	1074	451	193	251	31
	rank 3+2+1	917	300	329	222	32
	rank 0	1	18	98	68	15
	割石	0	0	0	9	144

平均被度
分類60%

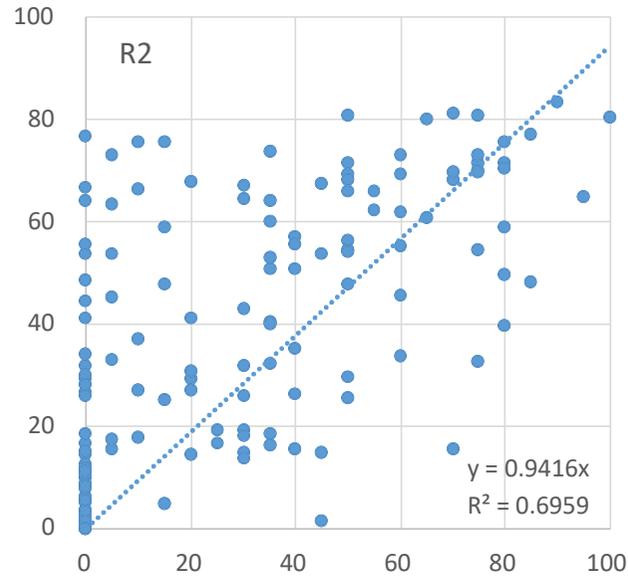
検討結果（画像分類の精度）

画像分類の精度（2020年6月空撮画像：方形枠単位）

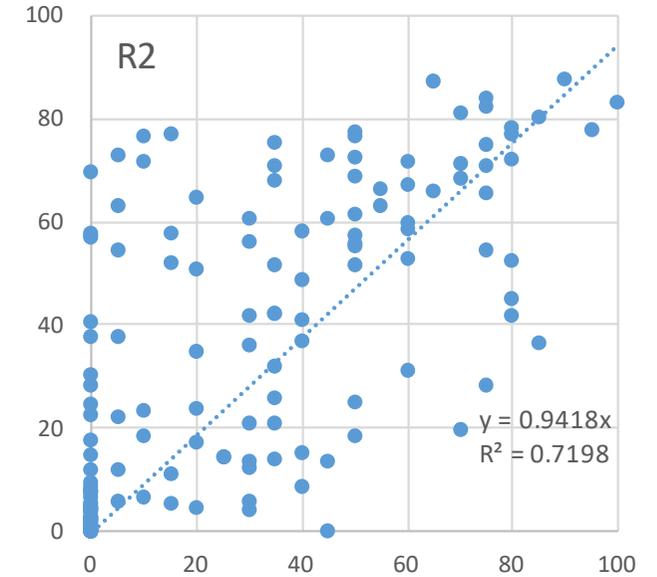
2020年教師
(同時期教師)



2018年教師
(別時期教師)



2018+2020年教師
(別時期教師)



		分類結果				
		rank 5	rank 4	rank 3+2+1	rank 0	割石
教師	rank 5	1070	281	233	183	33
	rank 4	990	629	320	271	90
	rank 3+2+1	1362	812	1150	1563	713
	rank 0	274	250	719	1599	1358
	割石	1	1	2	25	124

平均被度
教師30%→分類36%

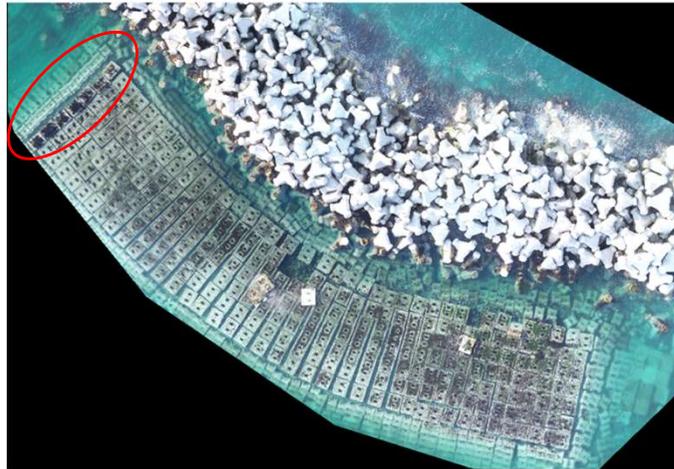
		分類結果				
		rank 5	rank 4	rank 3+2+1	rank 0	割石
教師	rank 5	965	436	222	135	42
	rank 4	990	676	291	230	113
	rank 3+2+1	1264	1498	687	1364	787
	rank 0	323	933	194	1584	1166
	割石	1	2	2	68	80

平均被度
分類40%

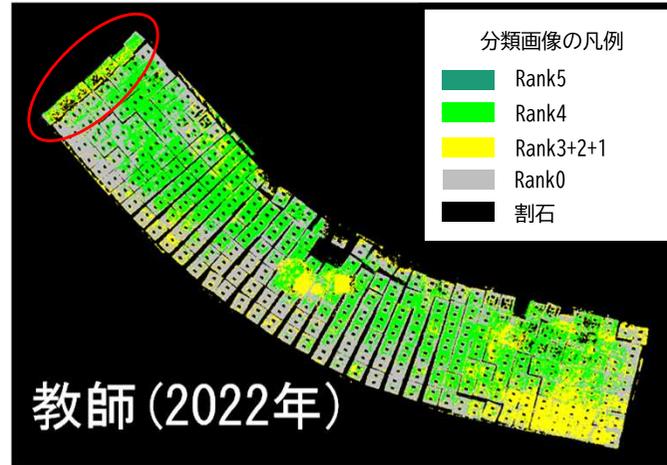
		分類結果				
		rank 5	rank 4	rank 3+2+1	rank 0	割石
教師	rank 5	1183	190	159	262	6
	rank 4	1170	490	207	388	45
	rank 3+2+1	1588	777	705	2211	319
	rank 0	354	280	388	2342	836
	割石	1	1	1	65	85

平均被度
分類37%

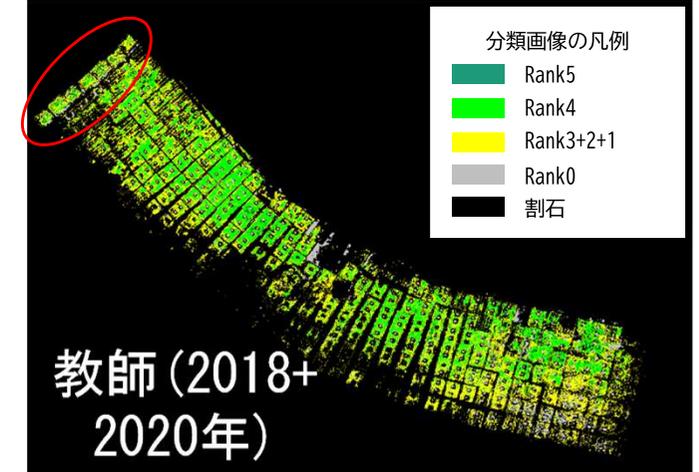
画像分類の結果（2022年6月空撮画像）



海藻の濃い部分が再現できていない



同時期教師よりも改善



- ・ 海藻が少ない年であり、ランク5（被度100～75%）の分布はほとんどないが、同時期の教師データを用いた場合、概ね海藻の分布が再現
- ・ 同時期教師ではランク5の教師データが無いため、小段左上のランク5が再現できていない
- ・ 別な2つの時期の教師データを統合（教師のデータ数が多い方が良く、海藻の繁茂状況が年によって異なることに対応）することで、小段左上のランク5も再現可能)

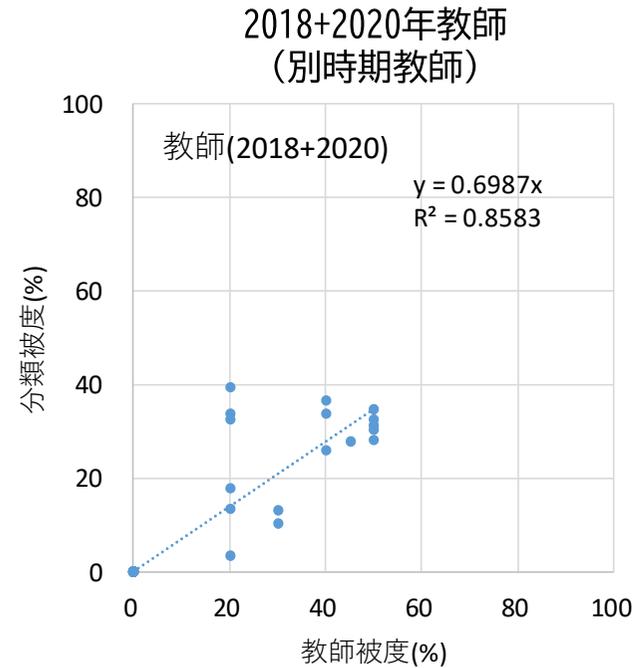
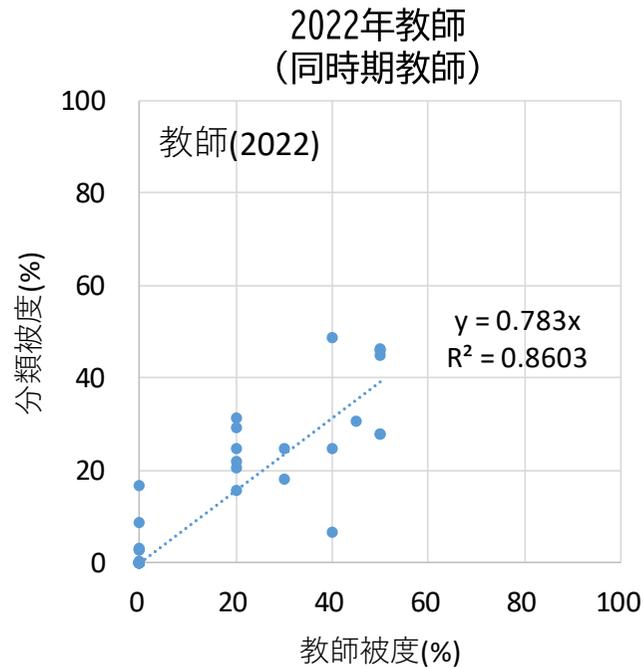
画像間の色調を調整することで、別な時期の教師データが使用可能

⇒過去の潜水調査結果を用いることで、潜水作業の省力化となる。

（海藻種の割合、変化についての確認までは行えない）

検討結果（画像分類の精度）

画像分類の精度（2022年6月空撮画像：方形枠単位）



		分類結果				
		rank 5	rank 4	rank 3+2+1	rank 0	割石
教師	rank 5	0	0	0	0	0
	rank 4	0	297	36	151	16
	rank 3+2+1	0	300	448	437	15
	rank 0	0	37	24	337	2
	割石	0	0	2	0	417

平均被度 教師29%→分類21%

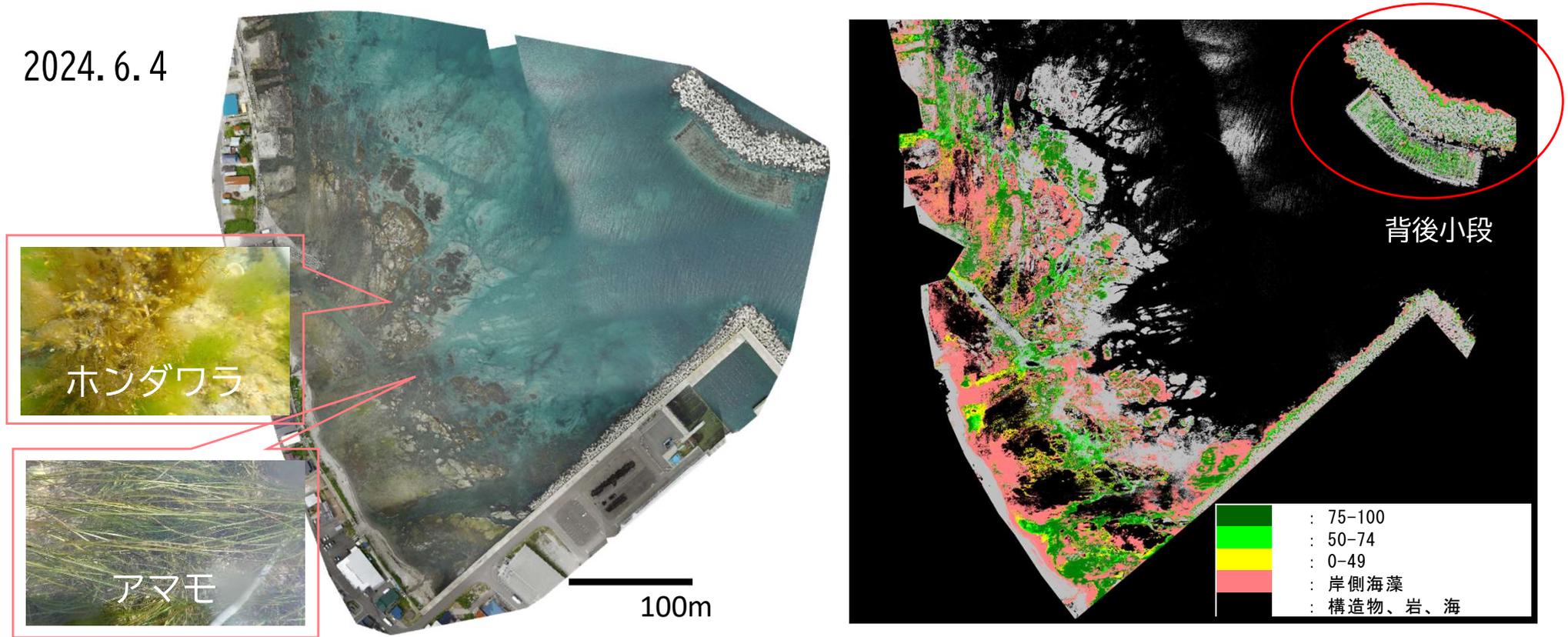
		分類結果				
		rank 5	rank 4	rank 3+2+1	rank 0	割石
教師	rank 5	0	0	0	0	0
	rank 4	4	79	228	43	146
	rank 3+2+1	52	80	375	180	513
	rank 0	0	3	112	1	284
	割石	0	0	0	3	452

平均被度 分類13%

別時期の教師にはランク5が含まれるので、ランク5も分類可能

- 別な時期の教師を用いた場合においても、同時期の教師を用いた場合と同様な相関、平均被度

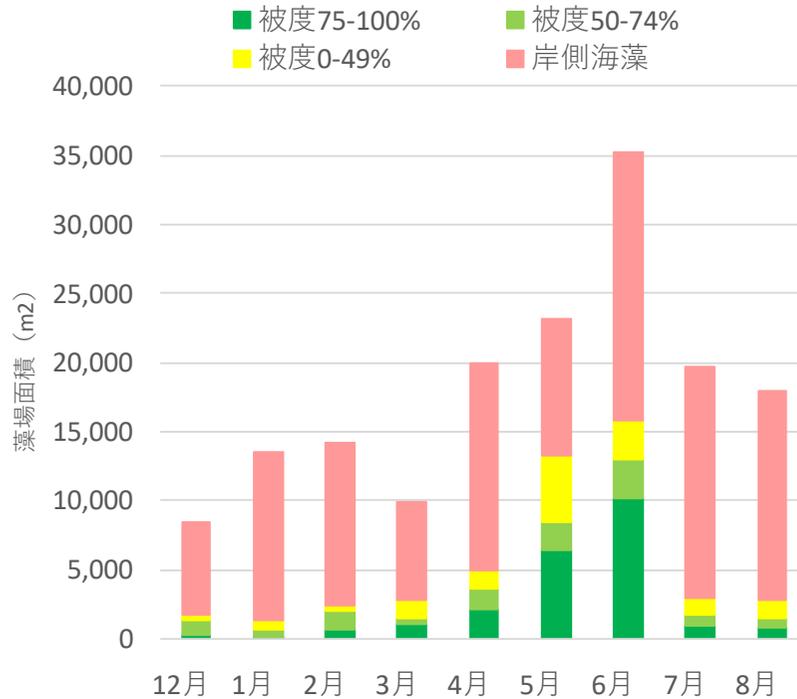
広域画像への展開



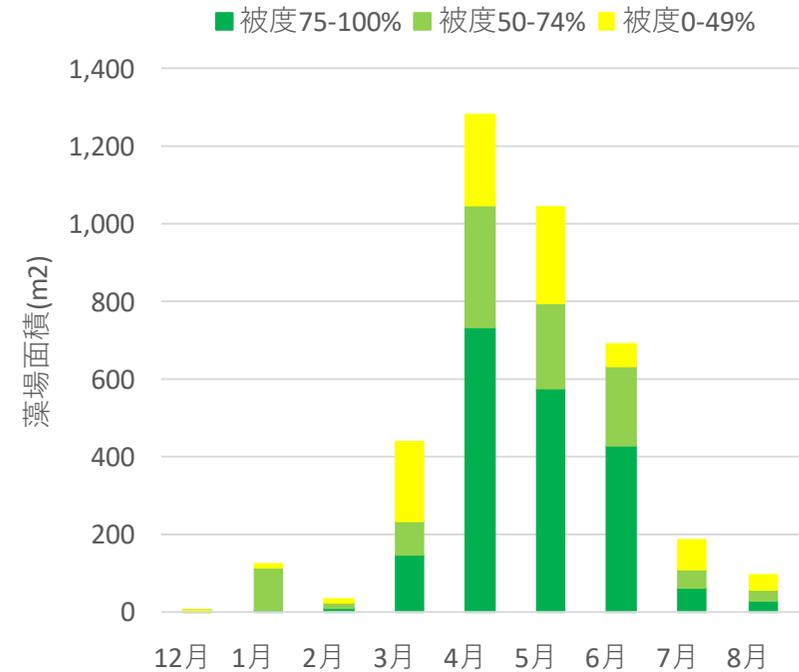
- ・ 2020年の教師データ（海藻の繁茂状況が2024年類似）を用いて、広域画像の分類を実施
- ・ 陸側については小段上とは異なる海藻（ホンダワラ等）が繁茂していたので、別途、空撮画像の目視で教師データを作成

藻場解析の事例（寿都漁港）

広域藻場面積の推移

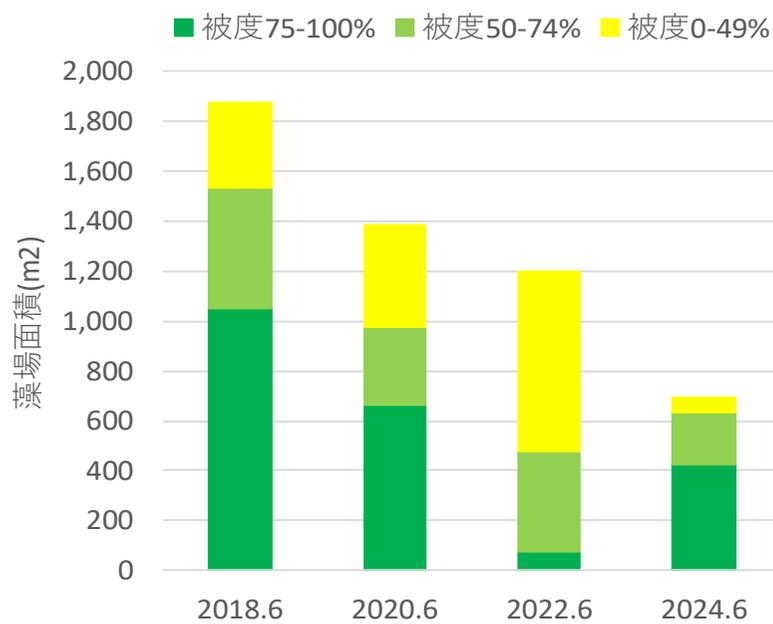


背後小段藻場面積の推移

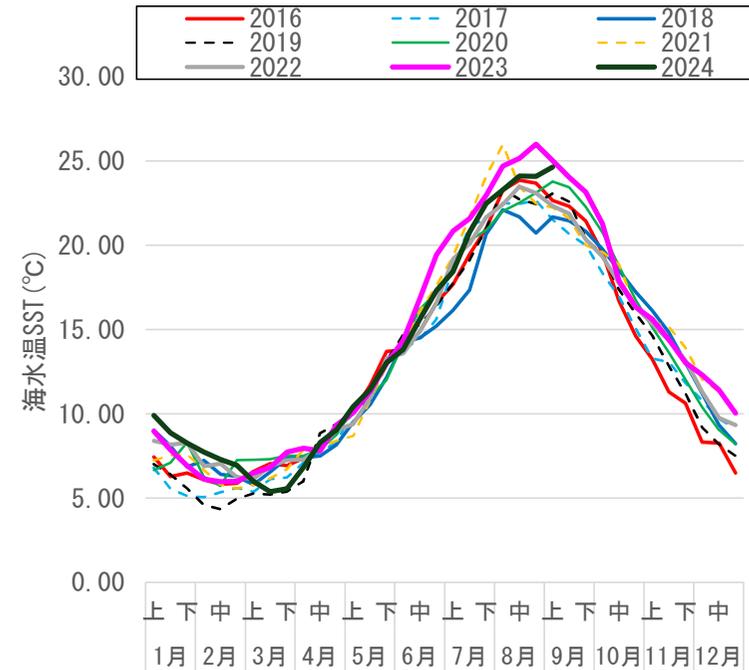


- ・ 2024年12月～1月の各月の分類画像を作成
- ・ 広域藻場面積：褐藻・緑藻の濃い範囲（ランク4～5）が4月から6月にかけて増大した後7月以降は急減
- ・ 背後小段は4月のピーク以降、減少（海藻種別が背後小段と広域では異なるためと推定）

背後小段の藻場面積の経年変化



寿都近海の海面水温SSTの経年変化



- ・ 背後小段の藻場面積については、毎年海藻が減少傾向となっている
- ・ 海藻が最も多い2020年については、その前年の秋期の海水温および海藻が発芽する1~2月の海水温が低い傾向
- ・ 反対に海藻が最も少ない2024年については、その前年の秋期の海水温や海藻が発芽する1~2月の水温が高くなっている
- ・ このことから、遊走子の放出時期および発芽時の海水温が藻場の繁茂（面積）にも影響していると推測
- ・ 広域全体で年間12t程度のCO₂ 貯留効果があると試算
（Jブルークレジット®認証申請の手引きVer. 2.4の単位面積あたりCO₂吸収量より）

まとめ

- ✓ 本報告では、藻場面積推定の省力化を目標に、調査時期の異なる潜水調査データを活用した画像解析による藻場分類手法について検討した。
- ✓ その結果、空撮画像の色調（RGB）の補正を色調分布が重なり合うように行うとともに、複数年の潜水調査結果を教師として用いることで、同一時期の潜水データを教師とした場合と同程度の精度で推定可能であることが確認された。
- ✓ このように、過去の潜水調査データを活用することで、潜水作業の省力化が期待されるとともに、作成した教師を用いて、より広範囲の海藻被度の分類に適用することで、広域のブルーカーボンの算定に寄与するものと考えられる。
- ✓ ただし、同じ被度でも年度により海藻の繁茂状況が違えば現存量が異なることや、海藻種別が混在するような海域においては、海藻種別毎の教師を作成するなど留意が必要である。
- ✓ 海水の水質や現地盤などによる色合いが異なる別の海域への適用は別途検討が必要。