

第31回 柏図書館サイエンスカフェ

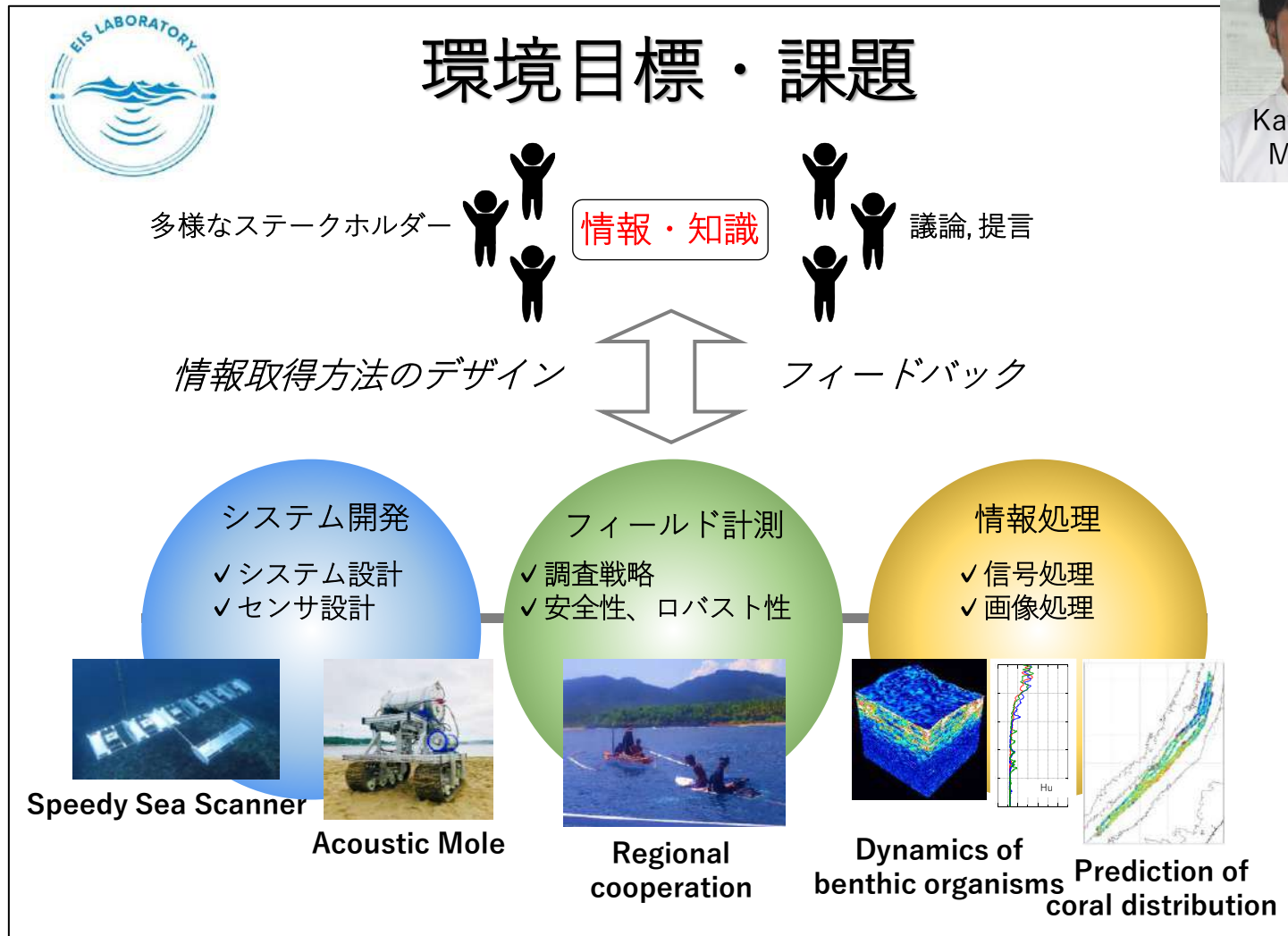
Kashiwa Library Science Café #31

環境情報を測る、切り取る

東京大学大学院新領域創成科学研究科
環境システム学専攻
准教授 水野勝紀

環境情報計測学研究室の取り組み

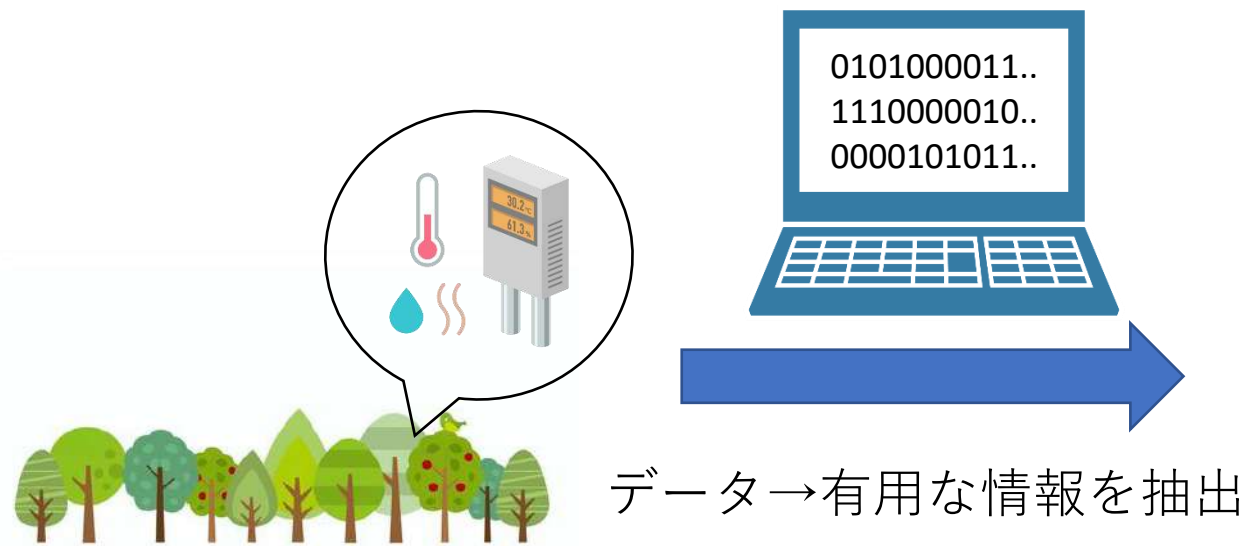
学融合：「工学」 × 「環境学」



環境情報計測学研究室の取り組み

重要な環境情報を自然界、人間界から抽出し、環境問題の解決に向けて活用する。

1. 計測工学
2. フィールドエンジニアリング
3. データサイエンス



モニタリングサイトの例

**環境省**
Ministry of the Environment

▶ 本文へ ▶ 音声読み上げ・文字拡大 ▶ 各種窓口案内 ▶ サイトマップ

日本語 English

Google 提供

トピックス一覧 新着情報一覧 報道発表一覧 環境Q&A

ホーム 環境省のご案内 政策分野・行政活動 環境基準・法令等 白書・統計・資料 申請・届出・公募 報道・広報

**大気環境・自動車対策**

[ホーム](#) > [政策分野・行政活動](#) > [政策分野一覧](#) > [大気環境・自動車対策](#) > [大気汚染対策](#) > 大気環境モニタリングポータルサイト

大気環境モニタリングポータルサイト

大気環境のモニタリングについて

主な測定対象物質	現在の状況等	過去の測定結果	測定方法マニュアル
二酸化窒素 (NO ₂) 浮遊粒子状物質 (SPM) 光化学オキシダント (Ox) 二酸化硫黄 (SO ₂) 一酸化炭素 (CO) 非メタン炭化水素 (NMHC)	○ 現在の状況 そらまめ君 (大気汚染物質広域監視システム) ※光化学オキシダント注意報の発令状況やPM2.5注意喚起の実施状況も確認できます	○ モニタリング結果の概要 大気汚染状況 (有害大気汚染物質のぞく) ○ 測定結果のデータベース等 環境数値データベース (国立環境研究所ホー	環境大気常時監視マニュアル 第6版 大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気の汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準

環境省のご案内

- ▶ [環境省の組織案内](#)
- ▶ [大臣・副大臣・環境大臣政務官](#)
- ▶ [幹部職員名簿](#)
- ▶ [環境省の率先実行](#)
- ▶ [採用・キャリア形成支援情報](#)
- ▶ [パンフレット一覧](#)
- ▶ [所管法人](#)

政策分野・行政活動

- ▶ [お知らせ一覧](#)
- ▶ [審議会・委員会等](#)
- ▶ [重点施策・予算情報](#)
- ▶ [税制改正関係情報](#)
- ▶ [行政事業レビュー](#)
- ▶ [政策評価](#)

[環境省 大気環境モニタリングポータルサイト \(env.go.jp\)](http://env.go.jp)

モニタリングサイトの例

大気環境の環境目標値について

物質名		環境目標値
二酸化いおう (SO ₂) 一酸化炭素 (CO) 浮遊粒子状物質 (SPM) 二酸化窒素 (NO ₂) 光化学オキシダント (Ox)		環境基準
微小粒子状物質 (PM2.5)		環境基準
有害大気汚染物質	ベンゼン トリクロロエチレン テトラクロロエチレン ジクロロメタン	環境基準
	アクリロニトリル 塩化ビニルモノマー クロロホルム 1,2-ジクロロエタン ニッケル化合物 ヒ素及びその化合物 1,3-ブタジエン マンガン及びその化合物	指針値* * 環境中の有害大気汚染物質等による健康リスクの低減を図るための指針となる数値
水銀		

モニタリングすることで、現況を知り、目標に対して制御策を練ることが初めて可能となる。

データ駆動型社会を背景に研究を推進

デジタルデータの収集、蓄積、解析、解析結果の実世界へのフィードバックという、実世界とサイバー空間との相互連関(CPS: Cyber Physical System)がIoTによるモノのデジタル化・ネットワーク化によって様々な産業社会に適用され、デジタル化されたデータが、インテリジェンスへと変換されて現実世界に適用されることによって、データが付加価値を獲得して現実世界を動かす社会。



多様で膨大な「データ」から、科学的、社会的に有用な「情報」、「知識」を生み出し、現実世界を動かす社会。

データ駆動型社会を背景に研究を推進



高まる環境情報の重要性

SDGs, 30by30, Blue carbonなど、社会において環境への意識は近年極めて高まっている。



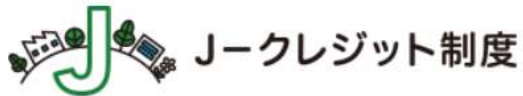
[トップページ](#) > [自然共生サイト](#)

身近な自然も対象に
「自然共生サイト」

[自然共生サイト](#) | [30by30](#) | [環境省 \(env.go.jp\)](#)

高まる環境情報の重要性

J-クレジット制度とは温室効果ガスの排出削減量や吸収量をクレジットとして国が認証する制度です。



[お問い合わせ](#) [サイトマップ](#) [English](#)

[ホーム](#)

[J-クレジット制度について](#)

[申請手続](#)

[登録・認証情報](#)

[クレジット売買](#)

[クレジット活用](#)

[問合せ・資料等](#)

[ホーム](#) > [J-クレジット制度について](#) > [J-クレジット制度について](#)

J-クレジット制度について

▼ J-クレジット制度とは？



省エネルギー機器の導入や森林経営などの取組による、CO2などの温室効果ガスの排出削減量や吸収量を「クレジット」として国が認証する制度です。

▼ J-クレジットでできること



省エネ設備の導入や再生可能エネルギーの活用により、ランニングコストの低減や、クレジットの売却益、温暖化対策のPR効果が見込めます。

▼ J-クレジット参加方法



クレジットの認証・発行までには、プロジェクトの登録とモニタリング（削減量や吸収量を算定するための計測等）の2つのステップがあります。

[J-クレジット制度とは | J-クレジット制度 \(japancredit.go.jp\)](http://japancredit.go.jp)

環境問題を取り巻く社会の状況

- 環境問題の深刻化
 - 環境問題の複雑化
 - 地球環境問題と経済の関係
 - 地球環境問題と生活環境問題の関係
 - 社会の高度情報化
 - 情報量の増大
 - 情報の価値の向上
 - ITによる生活様式の変化
- ↳ 環境問題の可視化・定量化が促進

どのようにデータを収集しているか

環境情報を取得するための計測システム

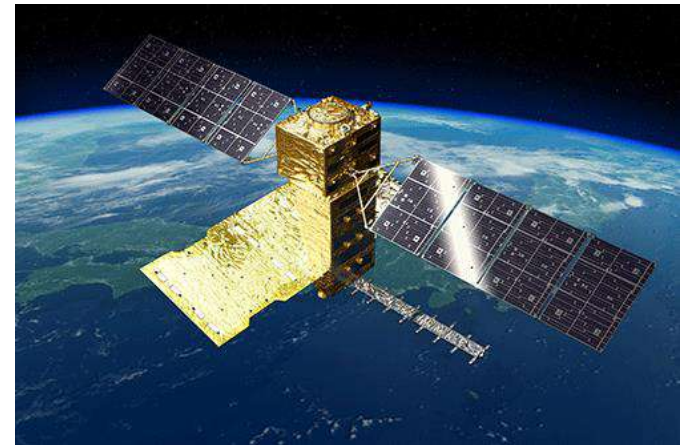
さまざまなセンサを用いて、対象とする環境データを計測、蓄積、転送するためのシステム。過酷な環境に晒されることも少なくない。



深海



季節変動



宇宙

[人工衛星プロジェクト-JAXA 第一宇宙技術部門 サテライトナビゲーター](#)

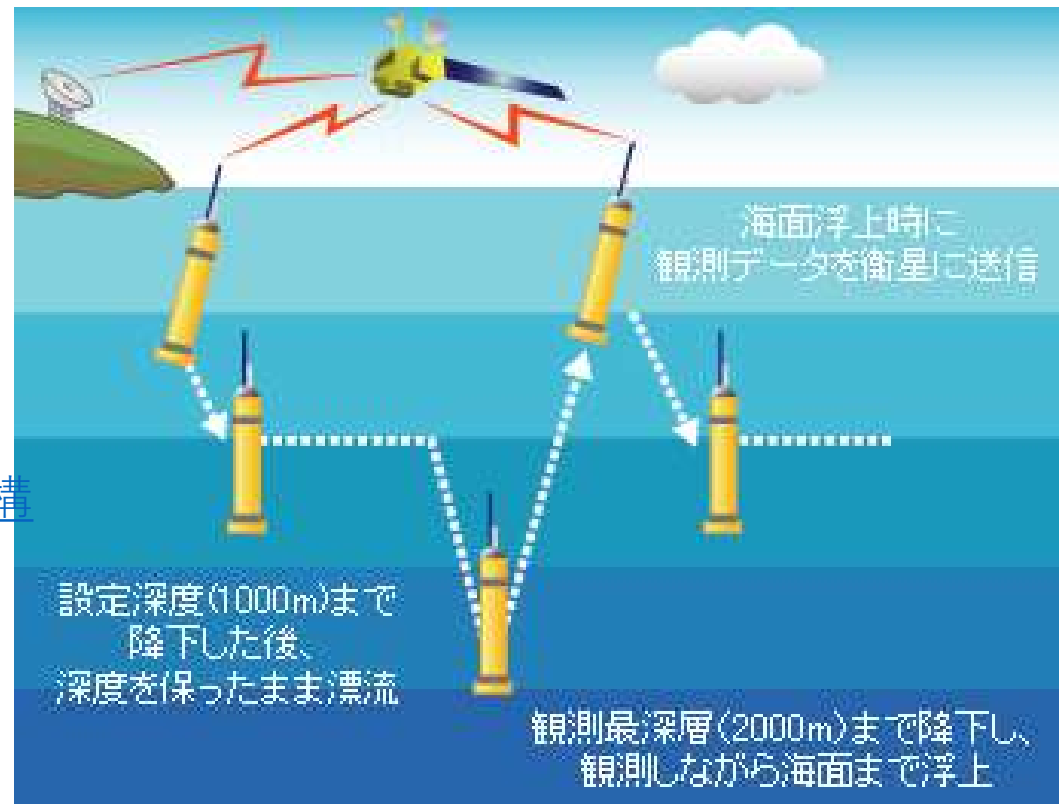
環境情報を取得するための計測システム

「アルゴ計画」では、海面から水深2000mまでの水温、塩分、圧力を10日間隔に自動で4年間（長いときは7年間）計測できるロボット「[アルゴフロート](#)」（以下フロート）を各国協力の下で全世界の海に常時3000台以上稼働させ、常に海洋内部をモニタリングしています。

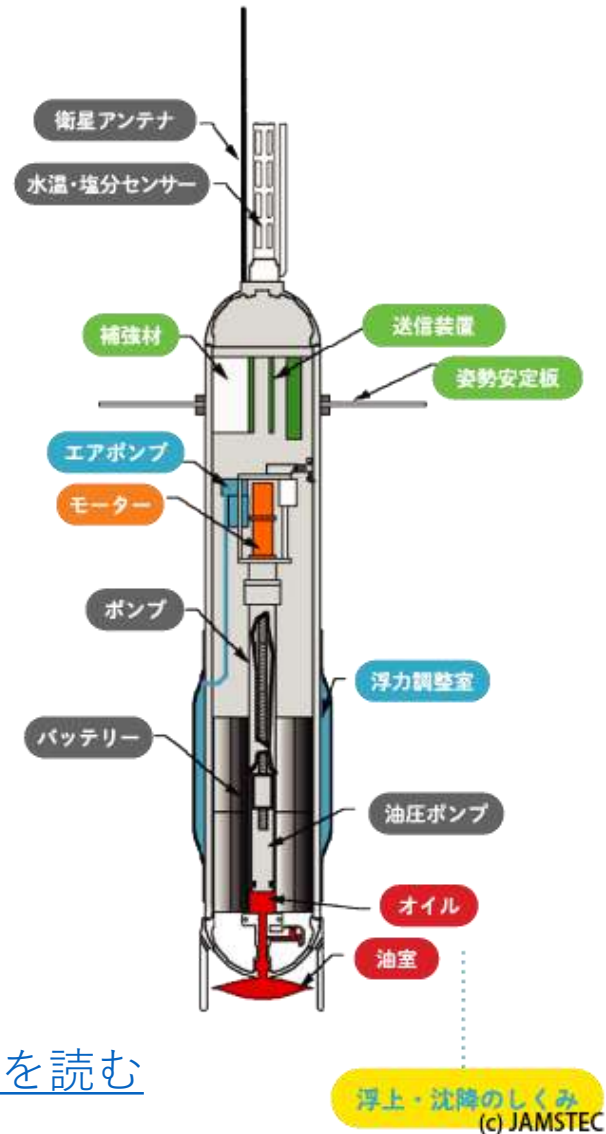


[2020<トピックス>海洋研究開発機構 \(jamstec.go.jp\)](#)

<https://blog.canpan.info/oprf/img/image001-1808c.png>



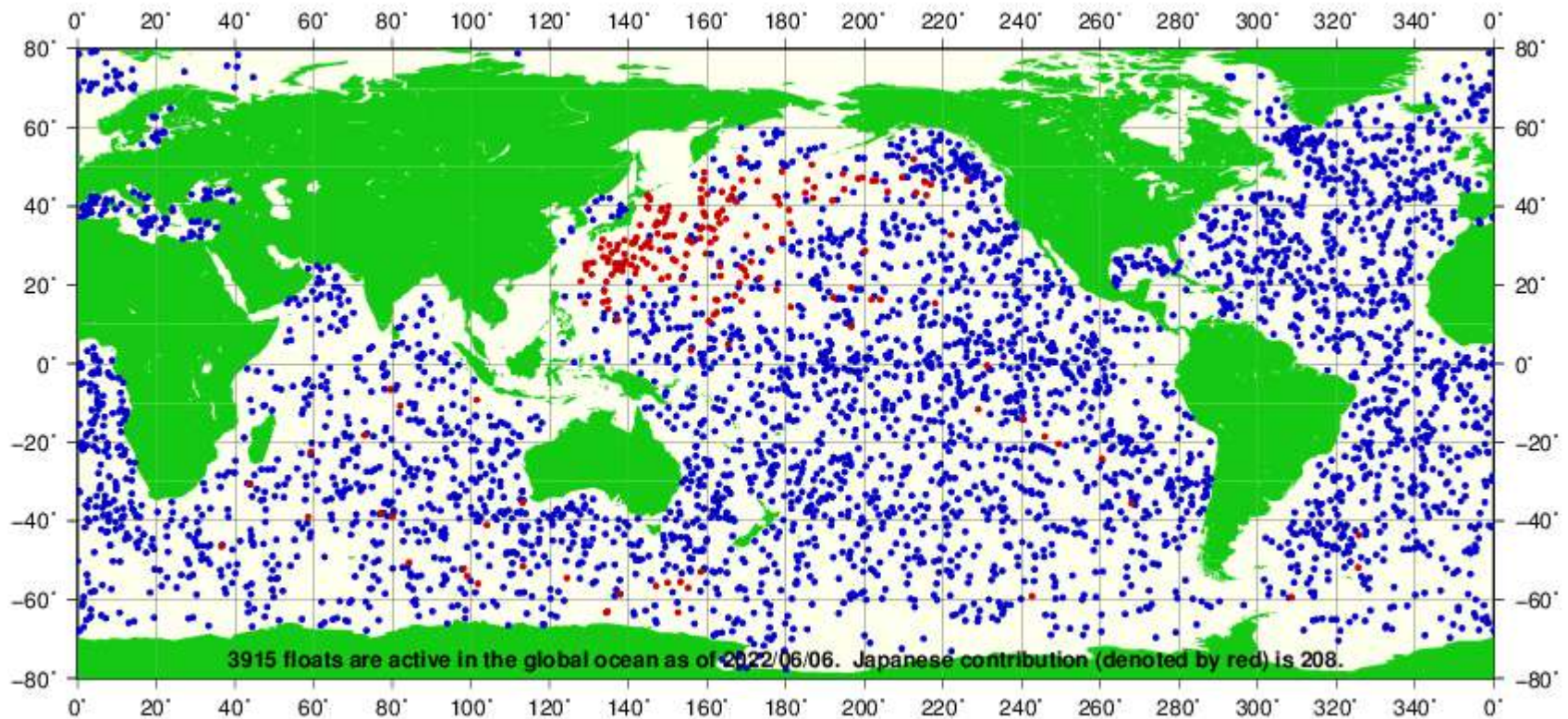
環境情報を取得するための計測システム



国際的な海の観測網-Argo-海から地球環境を読む
<国立研究開発法人海洋研究開発機構
(JAMSTEC)

環境情報を取得するための計測システム

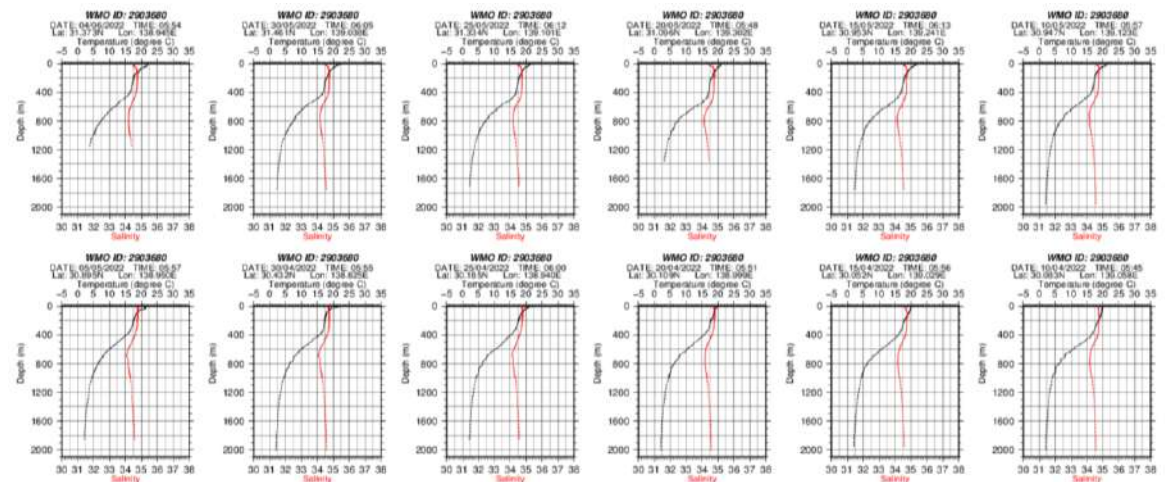
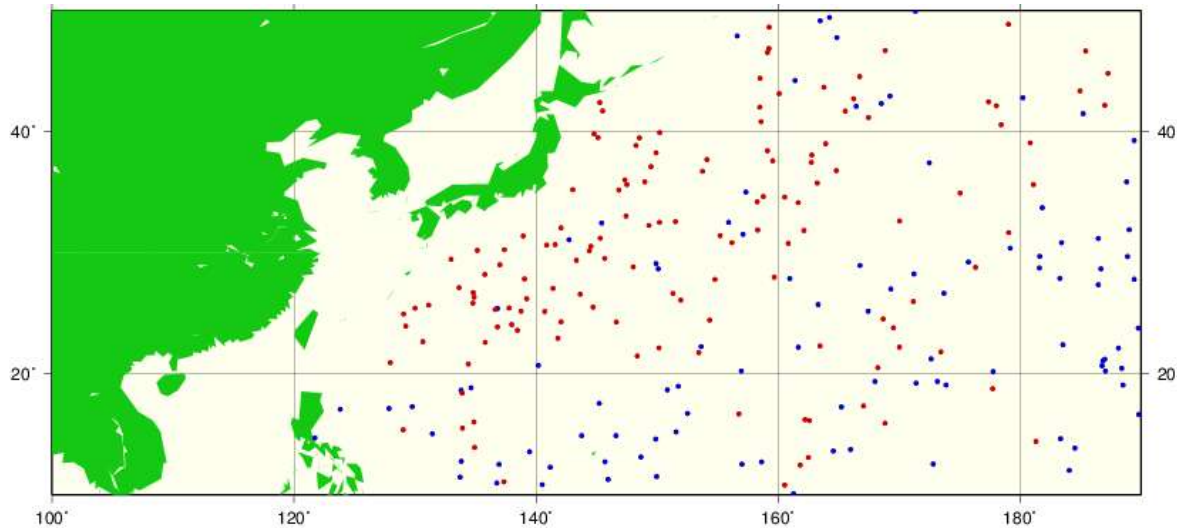
日本のアルゴ計画におけるデータ提供は、アルゴフロートデータを即時的に公開する目的で気象庁が運用するリアルタイムデータベースと、高度な品質管理を施したデータを公開する目的で海洋研究開発機構が運用する高品質データベースによって行われます。



[アルゴ計画・リアルタイムデータベース \(jma.go.jp\)](http://jma.go.jp)

環境情報を取得するための計測システム

リアルタイムに世界中の海の状況が把握できる。



環境情報を取得するための計測システム

衛星リモートセンシング

地球観測衛星等のように遠く離れたところから、対象物に直接触れずに対象物の大きさ、形及び性質を観測する技術をリモートセンシングという。

一般に物質から反射、放射される電磁波の特性は、物質の種類や状態によって異なる。すなわち、物質から反射、放射される電磁波の特性を把握し、それらの特性とセンサでとらえた観測結果とを照らし合わせることで、対象物の大きさ、形、性質を知ることができる。



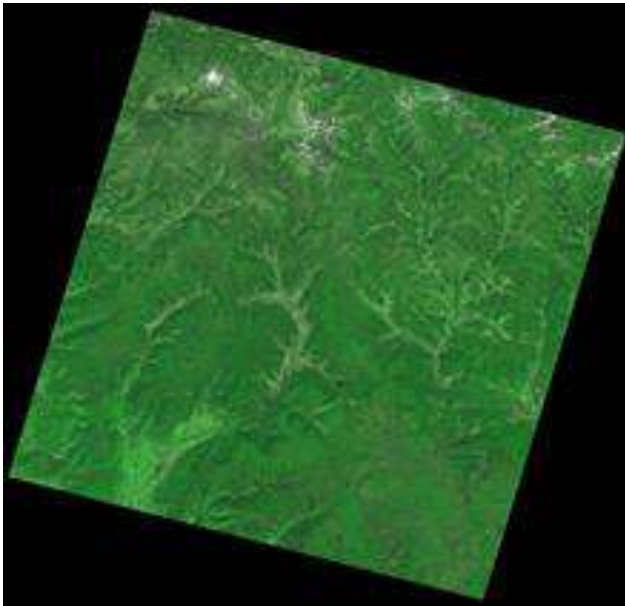
[宇宙からの地球観測 | リモートセンシング
とは | JAXA 第一宇宙技術部門 地球観測研
究センター \(EORC\)](#)

環境情報を取得するための計測システム

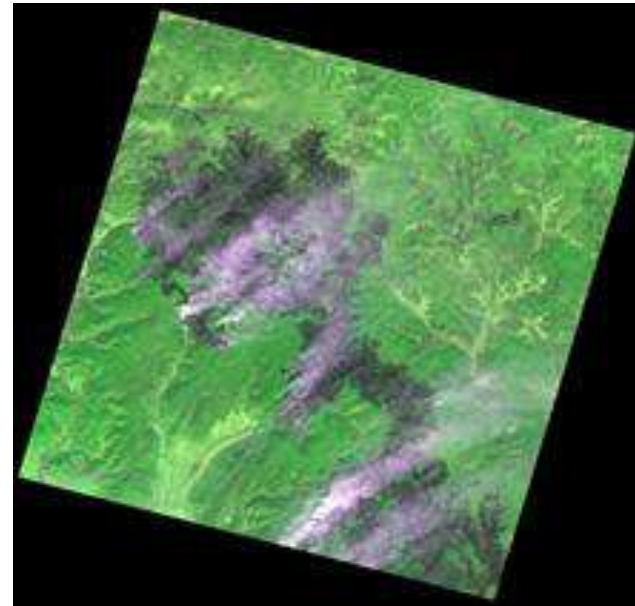
衛星リモートセンシング

光学センサやマイクロ波センサが搭載されている

- ・ 広範囲を1度に観測できる
- ・ 時間的な変化を捉えられる
- ・ 直接現地に行かなくてよい



森林火災前



森林火災後

環境情報を取得するための計測システム

衛星データ利用分野

JAXAが提供する衛星データはさまざまな分野で利用されています。
衛星データが持つ多くの情報を解析し、各分野の特性に合わせて活用することで、作業効率の向上やサービス・製品等の品質向上・発展に貢献します。
今後、衛星データの利用が拡大することで、新たな産業が創出されることも期待されています。



▶ 地理情報

衛星画像に、地上で取得した様々なデータを重ね合わせることで、ハザードマップや土地利用図など暮らしに役立つ各種の地図を作成することができます。



▶ 農林水産

収穫時期の予想や農地管理、森林管理や漁場の決定など、衛星データは第一次産業にも幅広く利用されています。



▶ 防災・災害監視

震災や洪水、地滑りなどの災害発生時に一刻も早く被災地の状況を知ることが、多くの人命を救う結果につながります。



▶ 土木・建設

川の氾濫、がけ崩れの様子が分かり、周囲を走る道路や鉄道の点検・補修工事の優先順位を正しく設定することができます。



▶ エネルギー・資源

地表に現れた変質帯の探査や、またそのスペクトルの観測により、どのような鉱物を含んでいるかの把握をすることができます。



▶ 気象・環境

気象衛星は雲の動きや海の表面温度を観測し、私たちが普段利用している天気予報に役立てられています。

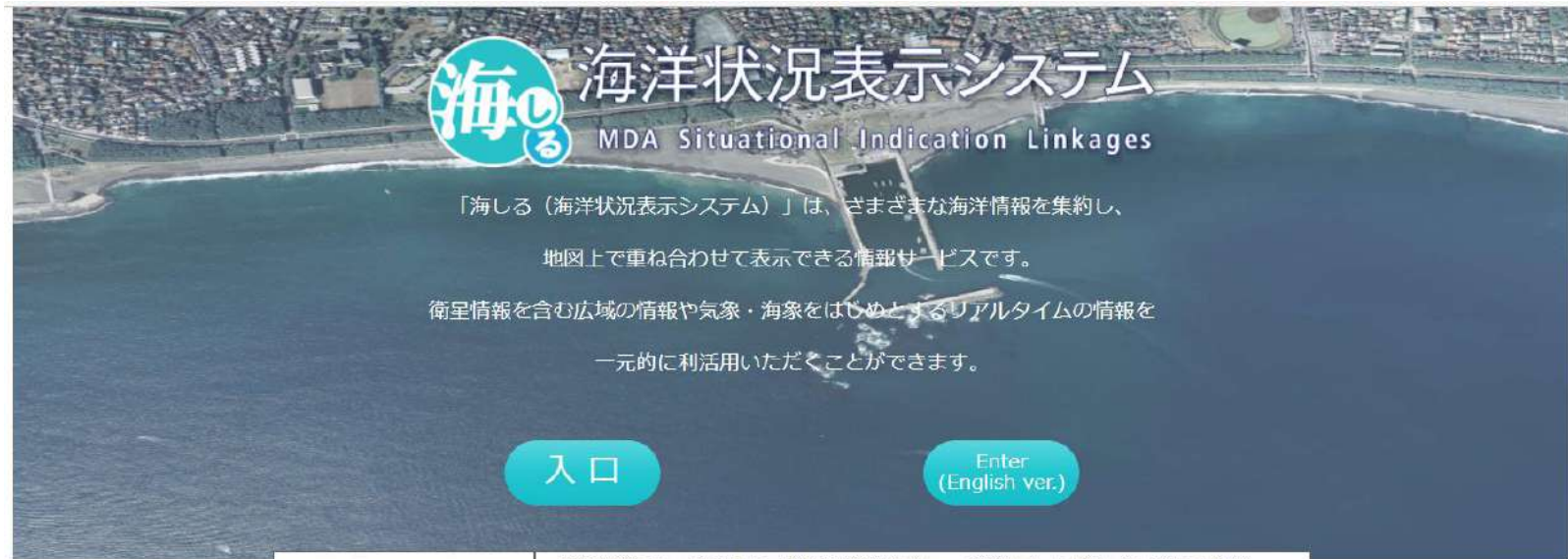
環境情報を取得するための計測システム



気象庁 | アメダス (jma.go.jp)

データ統合プラットフォーム

データ統合プラットフォームの整備も加速。



海 海洋状況表示システム
MDA Situational Indication Linkages

「海しる（海洋状況表示システム）」は、さまざまな海洋情報を集約し、地図上で重ね合わせて表示できる情報サービスです。

衛星情報を含む広域の情報や気象・海象をはじめとするリアルタイムの情報を一元的に利活用いただくことができます。

入口 Enter (English ver.)

Information

2022.02.15 「気象」に「降水量(GSMAP)」、「海象」に「水温」に「海面水温(全球、SGLI)」、「海面水温(日本周辺、SGLI)」、「海面水温(ひまわり)」、「海洋生物・生態系」に「クロロフィルa濃度」に「クロロフィルa濃度(SGLI、全球)」、「クロロフィルa濃度(SGLI、日本周辺)」、「クロロフィルa濃度(フルディスク、ひまわり)」、「クロロフィルa濃度(日本周辺、ひまわり)」を新規掲載しました。

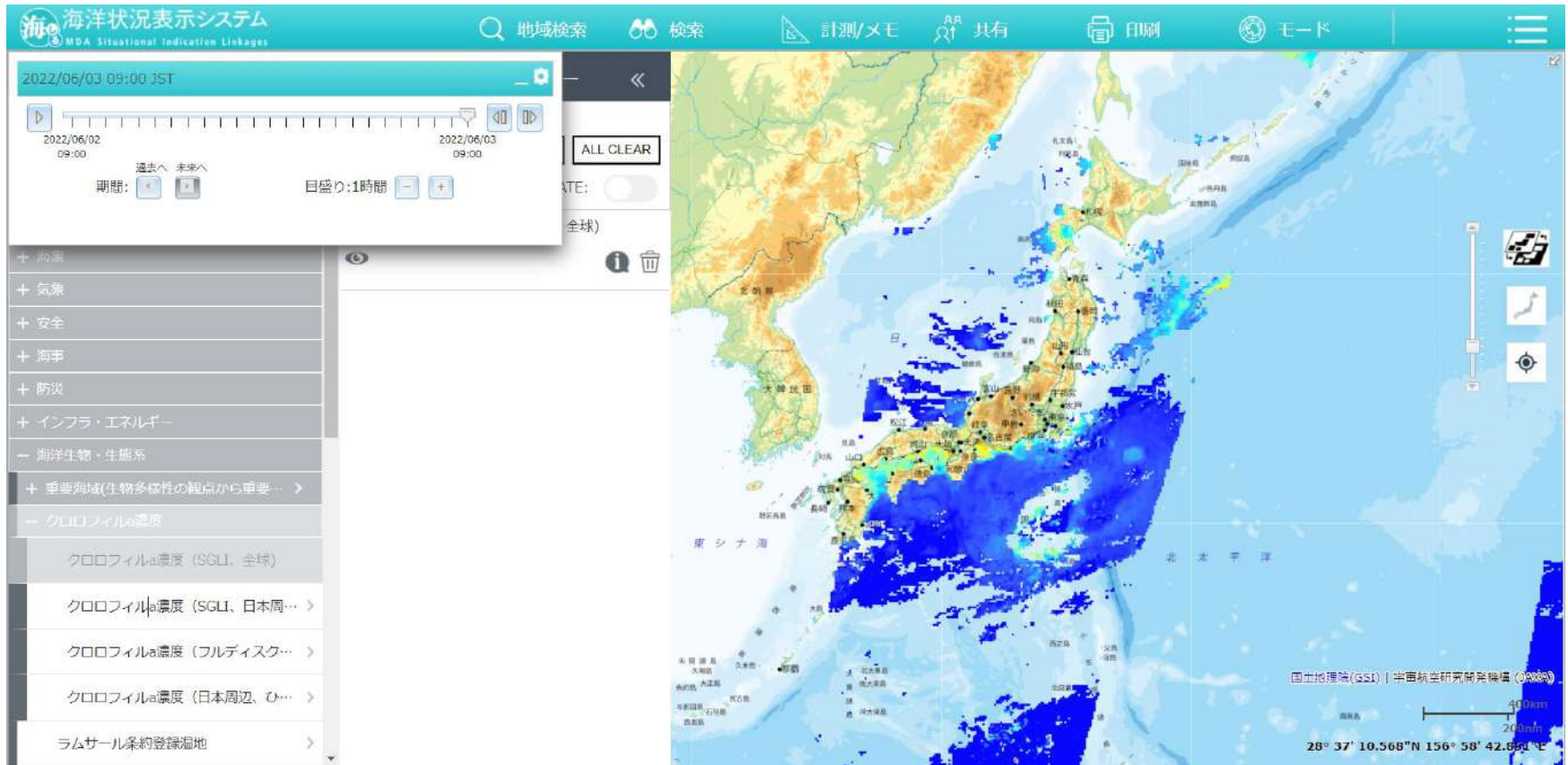
Thematic Maps

テーマ別マップ

利用目的に合わせた情報が選択されたマップを表示します。

 海洋レジャー Marine Leisure	 物流・海運 Marine Transport	 水産 Fisheries
■ マリーナ ■ 海水浴場 ■ 潮干狩り場 ■ 潮汐	■ 港湾 ■ 港湾写真 ■ 海流 ■ 等深線	■ 潮流推算 ■ 海流

データ統合プラットフォーム



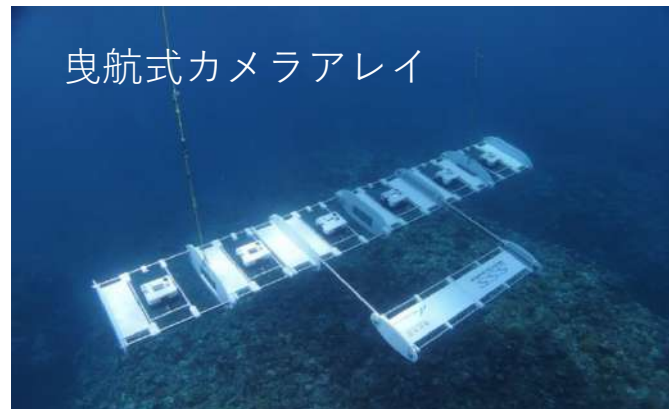
[海しる / MSIL](#)

研究の一例を紹介

水域の環境計測技術の開発と実装

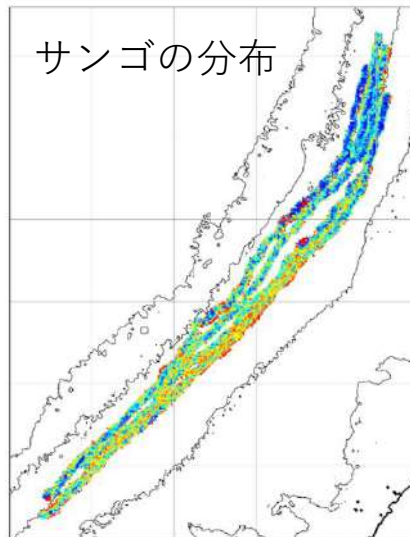
世界で最も効率的な海底環境調査手法の開発

未知なる地中環境の計測技術の開発

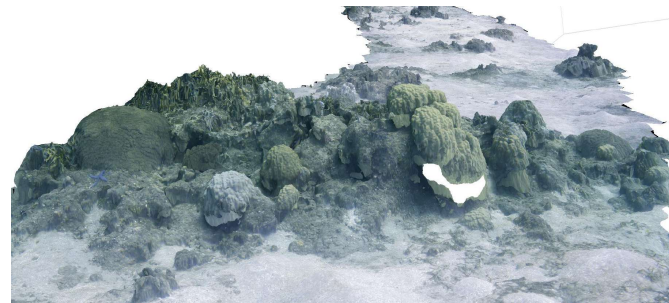


曳航式カメラアレイ

深層学習による情報の自動分類



サンゴの分布



デジタルマリーンの構築

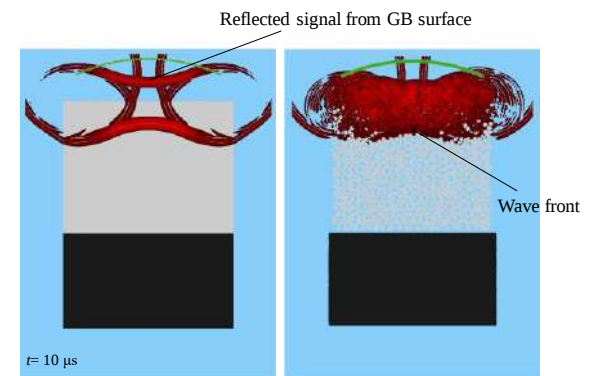
国際協力に基づく環境計測



地中環境の音響計測システム



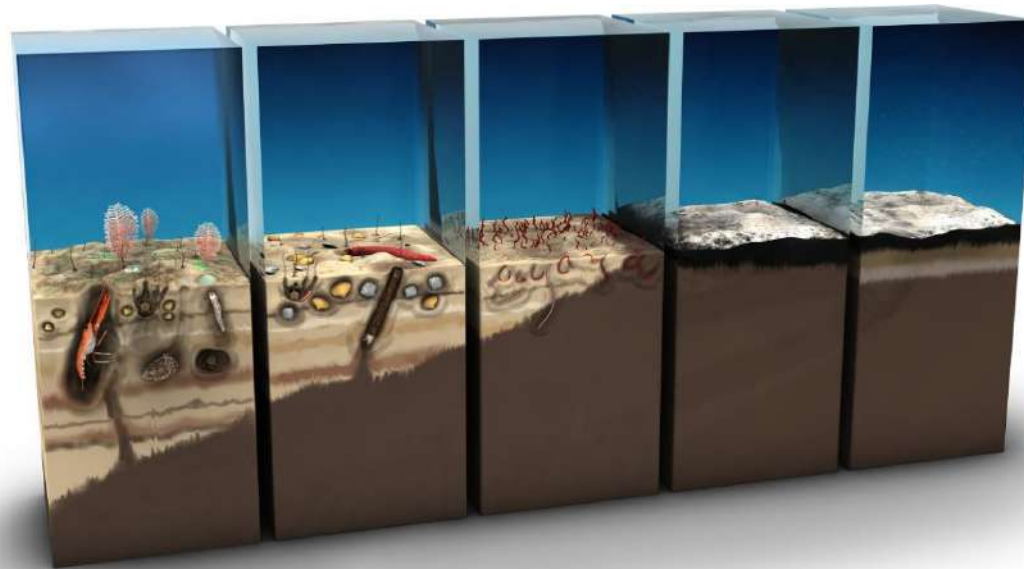
潜水艇による
深海探査



地中における音波伝搬シミュレーション

きわめて情報が少ない海底下の世界

そもそも海底には数多の底生生物が生息し、それらは海洋生態系・物質循環を考える上で極めて重要な要素である。



大 ← 多様性 → 小

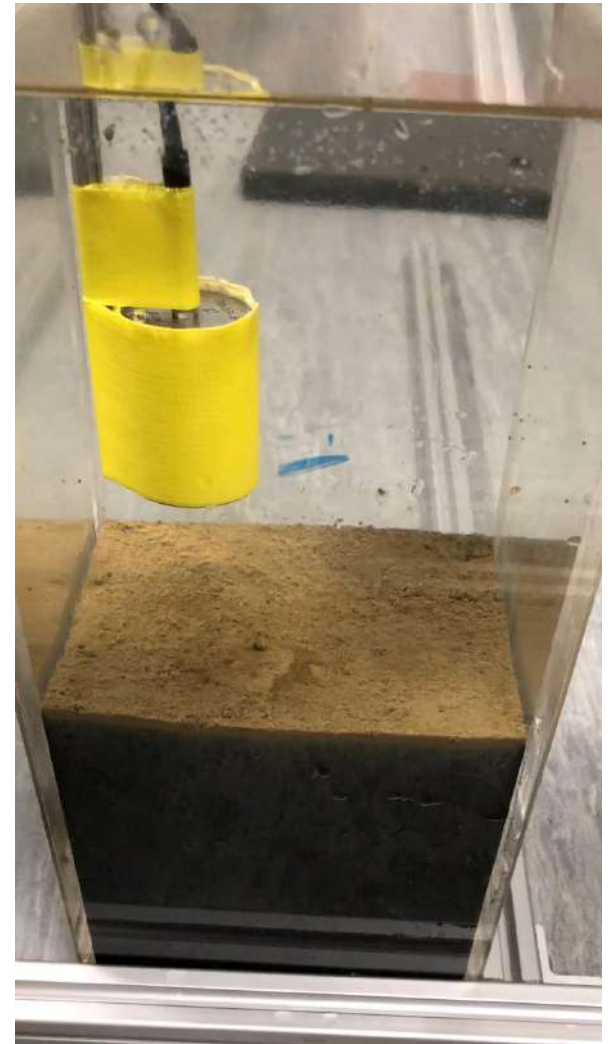
Prof. Solanより許可を得て掲載



しかし、その多くは常に堆積物中に潜っているため、個体数の把握やその行動観察は困難。→**解決しよう!**

きわめて情報が少ない海底下の世界

底生生物の動態計測



Hediste



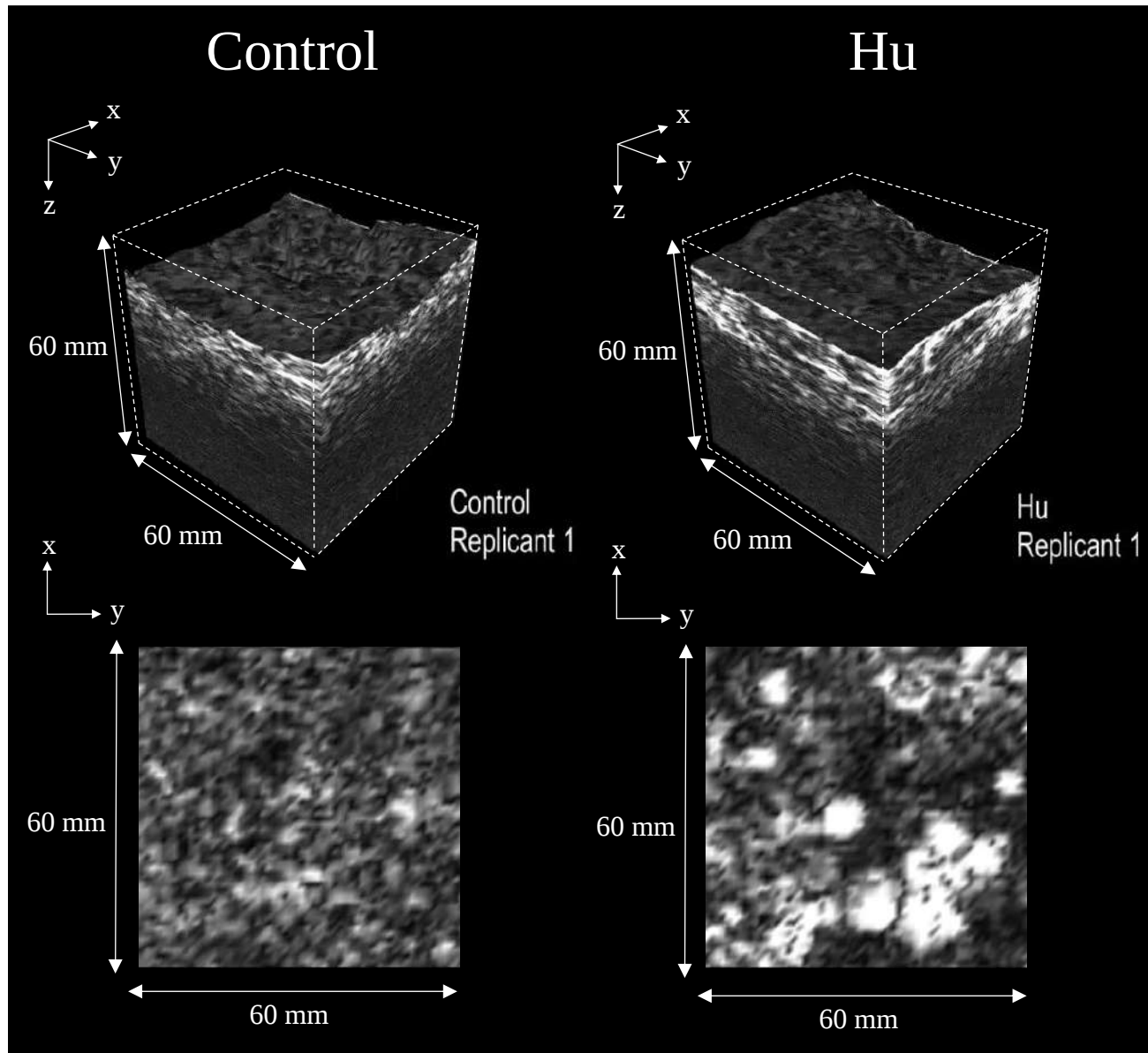
Hydrobia



Macoma

多様度、水温、塩分濃度、
酸素濃度などを変化させて実験

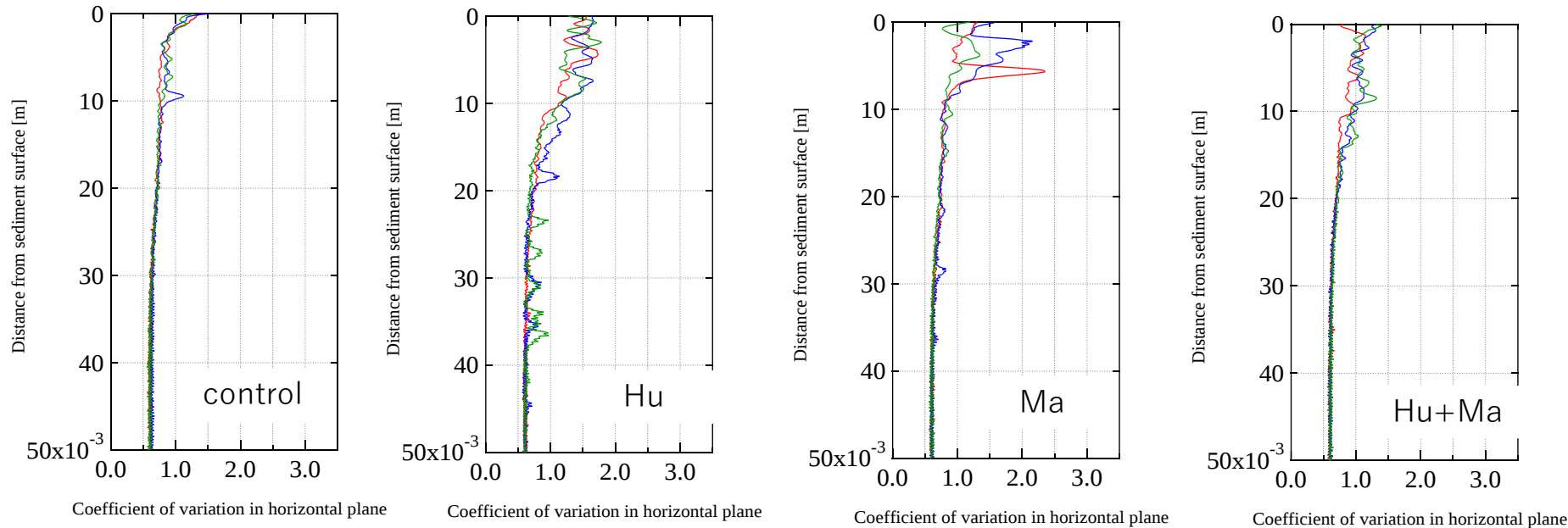
きわめて情報が少ない海底下の世界



きわめて情報が少ない海底下の世界

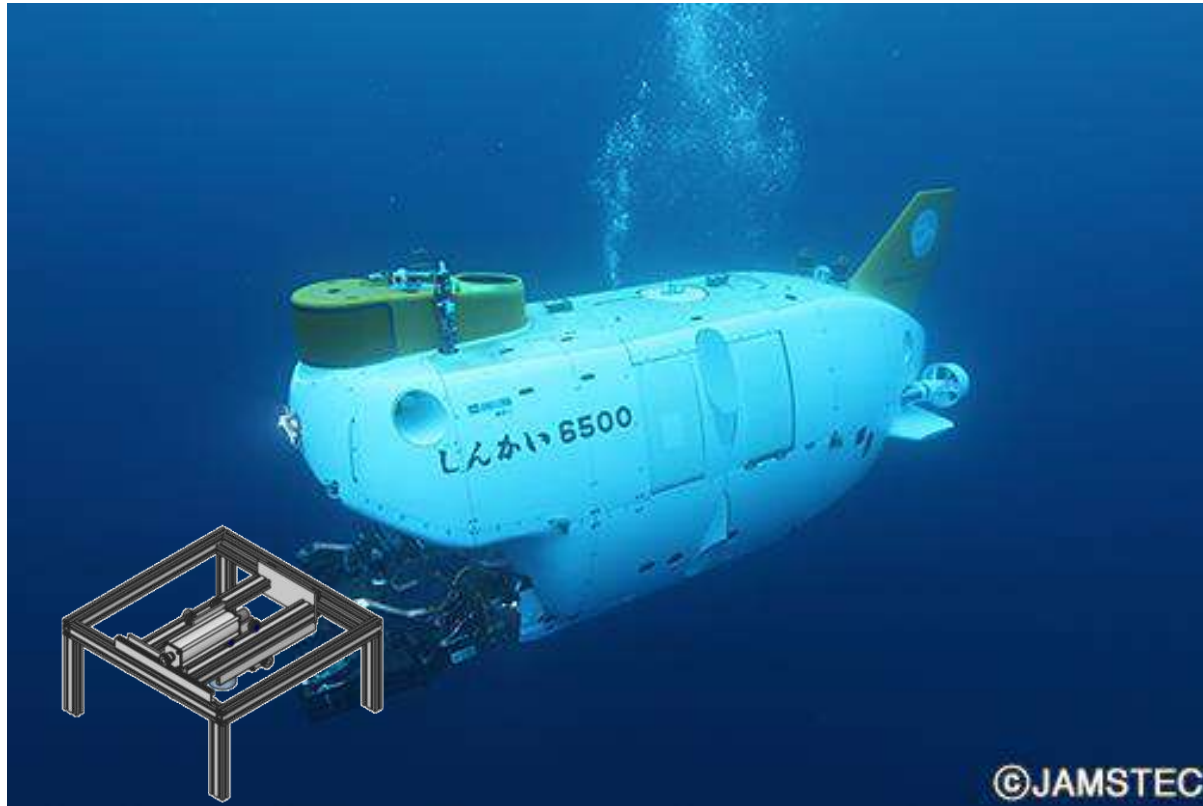
深度方向の生物分布

(K. Mizuno et al., Royal Society Open Science, 2024)



種、多様度、周囲環境による底生生物の行動変化を捉えられ、今後の新しい海底下環境調査ツールとして期待。実フィールドへの展開を計画しているが、種ごとの信号分類等が課題か。

深海調査への応用



深海の海底下環境を明らかにしていくとともに、
海底資源開発などによる影響評価技術を確立。

深海調査への応用

潜航調査の時間配分(4000mの場合)

揚収作業 : 30分

着水作業 : 30分

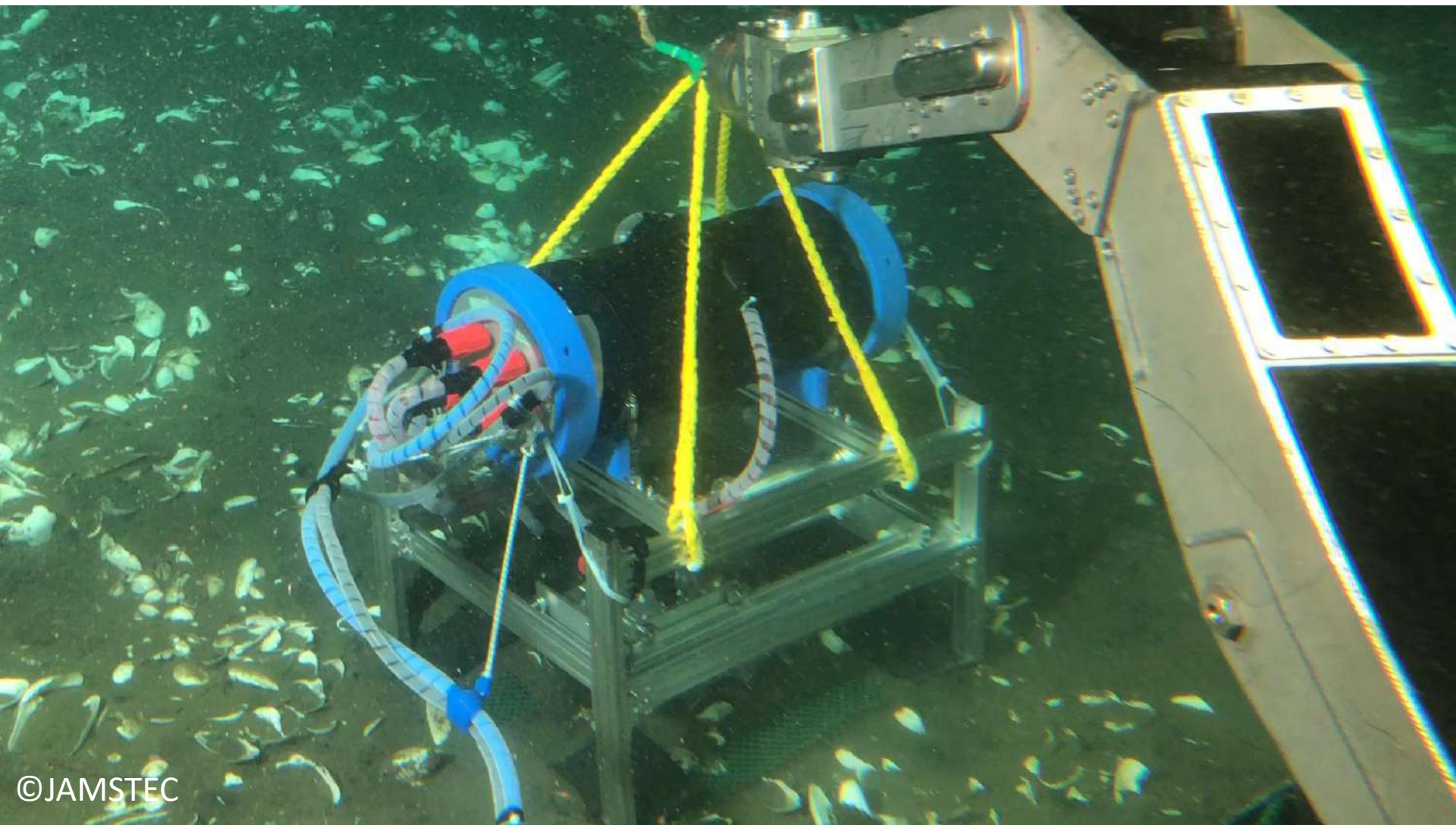
上昇時間 : 1.5時間

下降時間 : 1.5時間

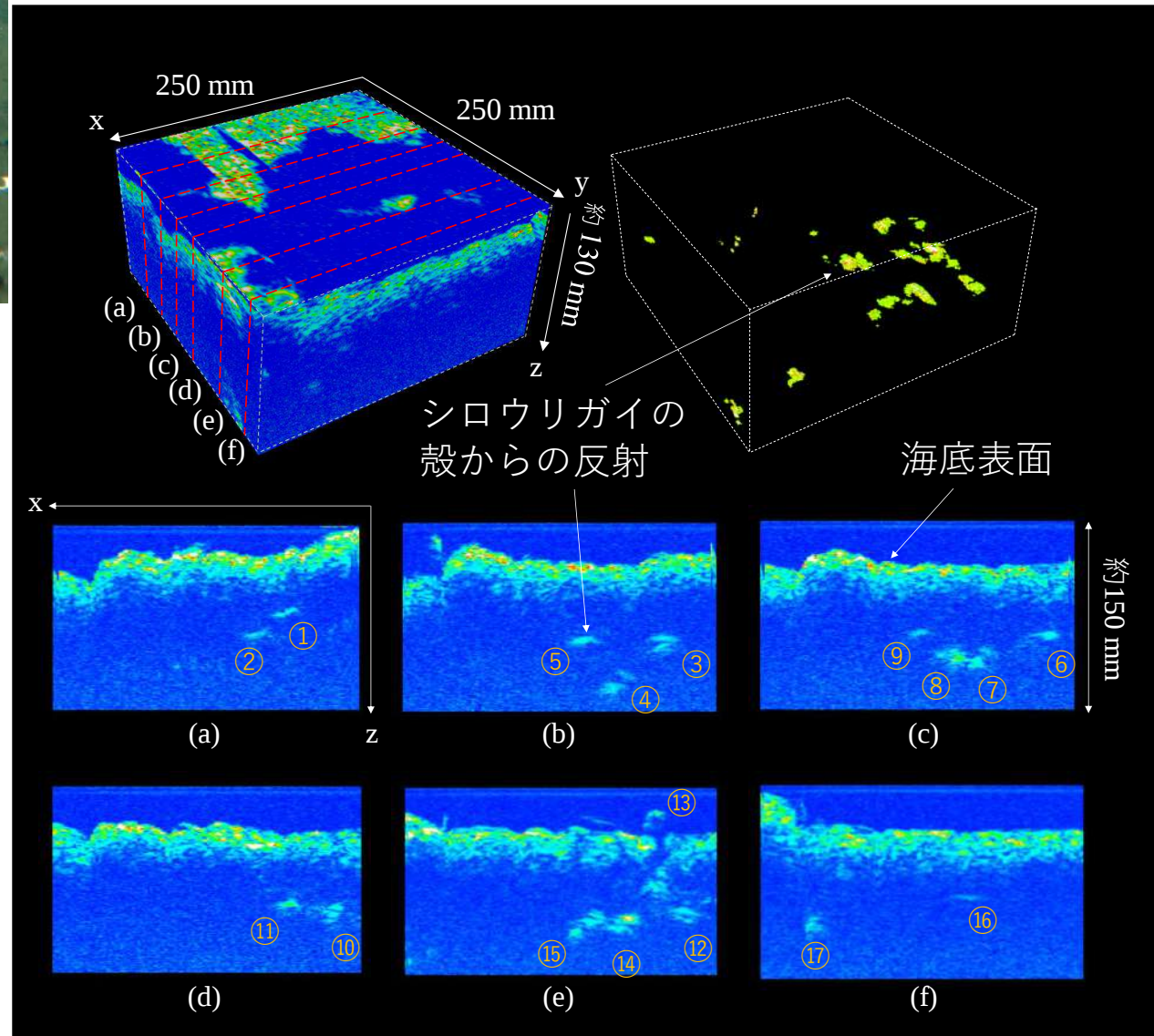
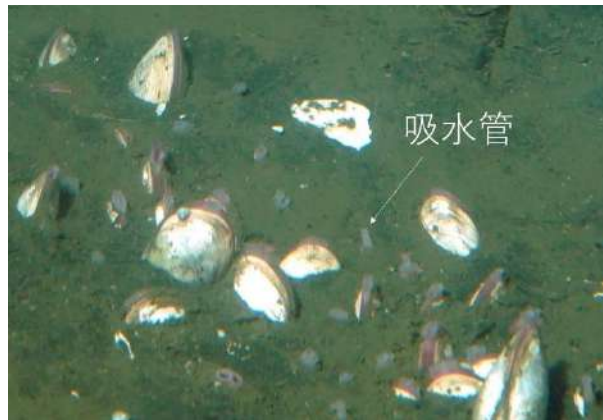
合計 8時間

海底での調査時間: 4時間

深海調査への応用



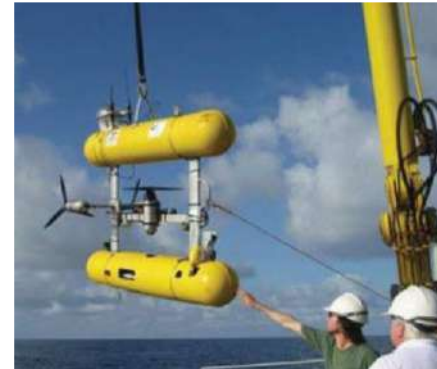
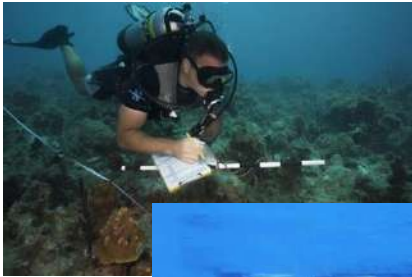
深海調査への応用



海底生物相のモニタリング技術

ダイバー・スイマー

Autonomous Underwater Vehicle (AUV)



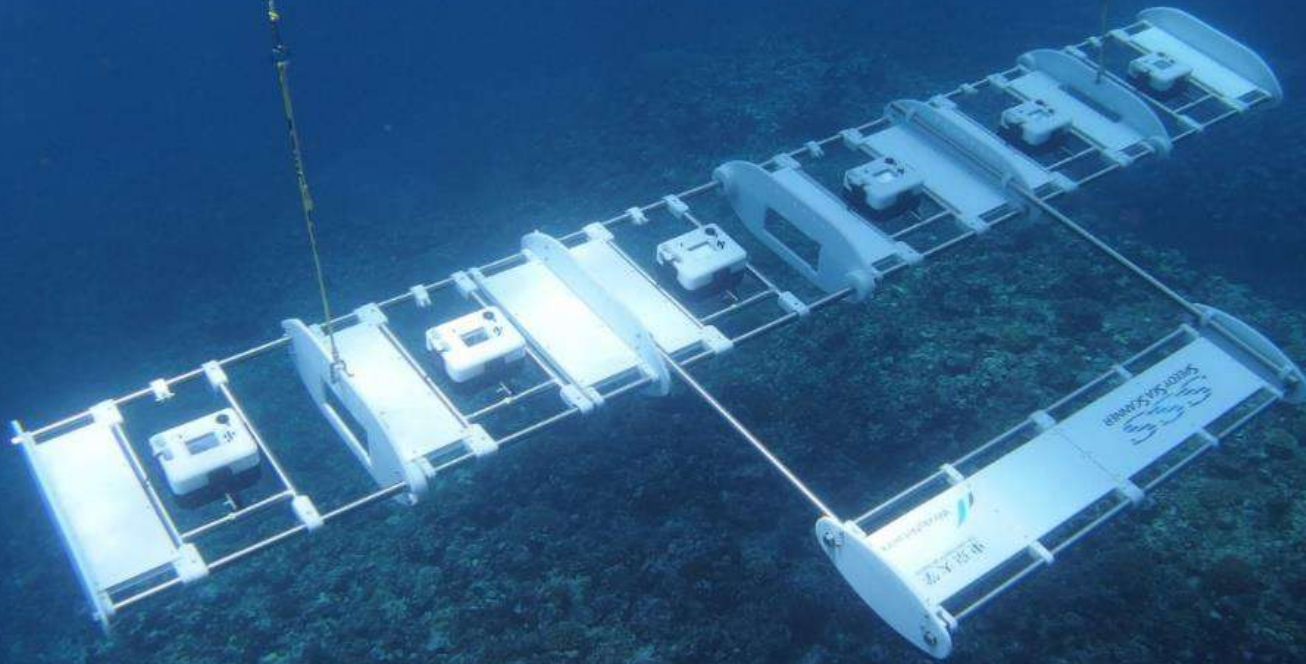
「実体験を踏まえ」、
双方の特徴を補完する
ブレイクスルー技術が必要

金銭的成本	低い	高い
調査技術	容易	特殊なスキル
空間分解能	高い	高い
調査範囲	局所的	広域
その他	潜水によるリスク	潜水は不要

海底生物相のモニタリング技術

Speedy- Sea Scanner (SSS)

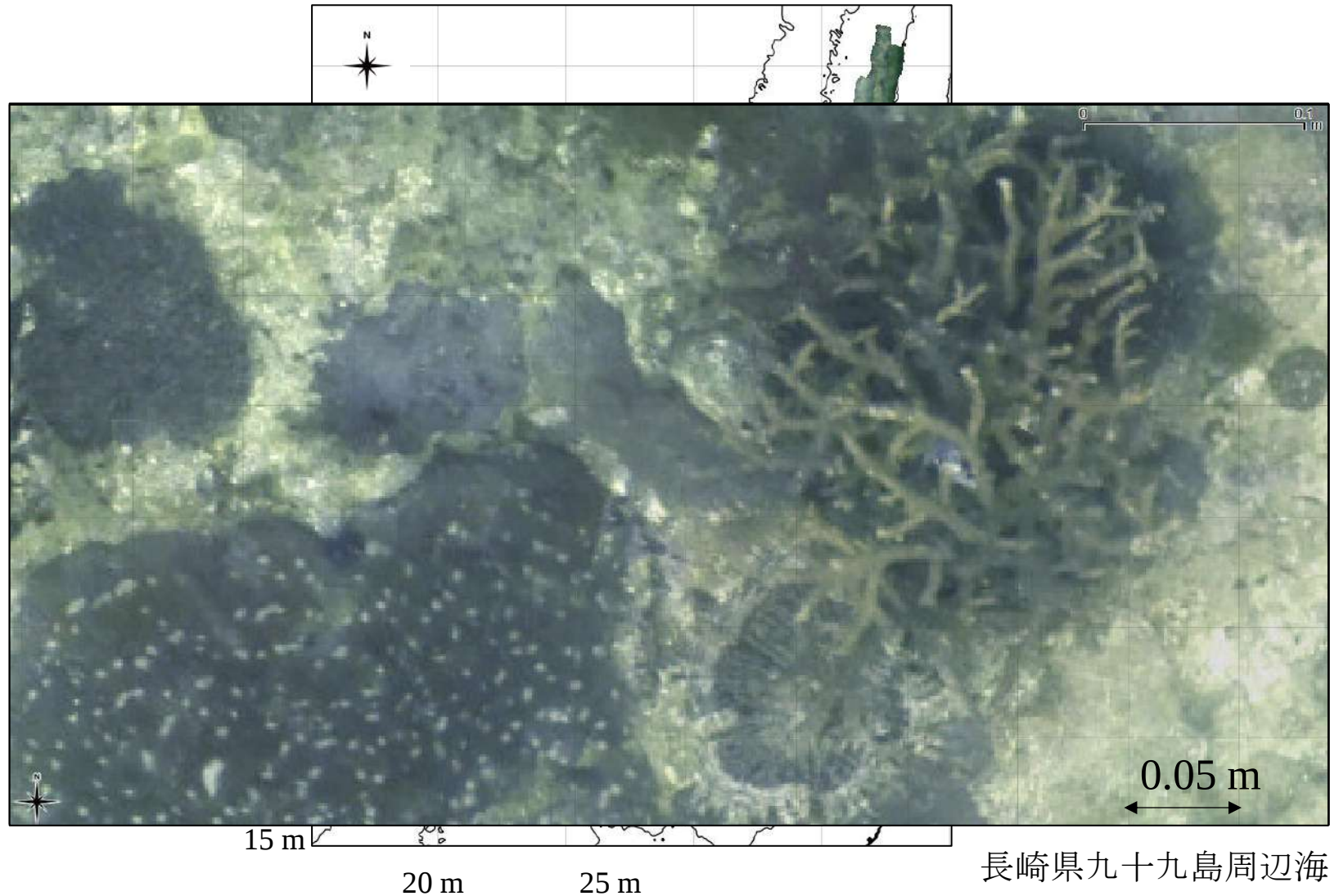
(K. Mizuno et al., 2019, 2020)



ウインディーネットワーク社と共同特許を取得

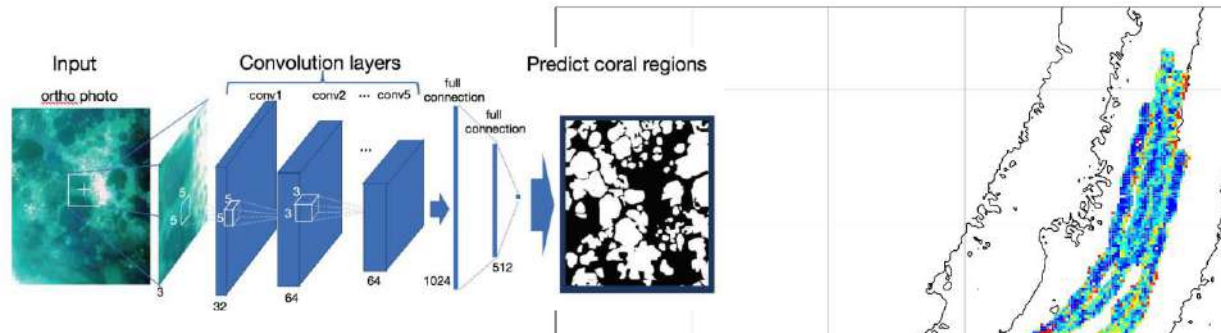
海底生物相のモニタリング技術

Mosaicking(40,415枚の写真)

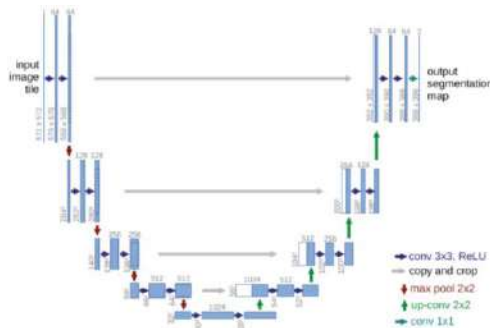


海底生物相のモニタリング技術

機械学習を利用したサンゴ分布の自動定量化

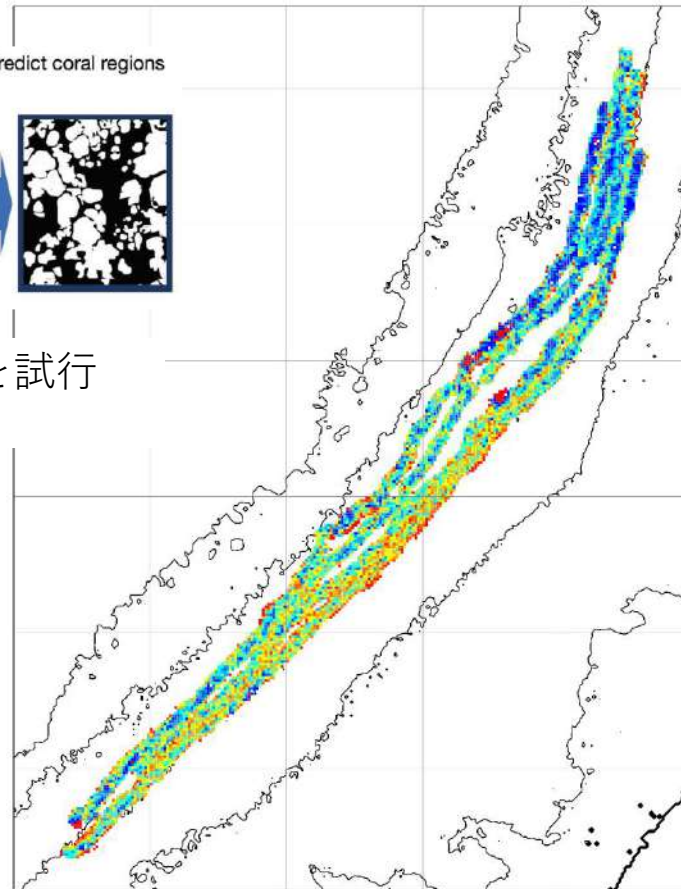


CNNやU-netなどの手法を試行
(Terayama et al., 2019)



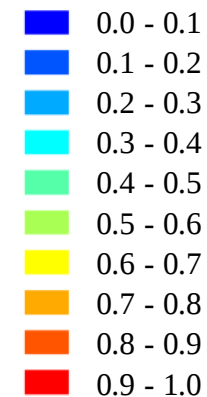
(協力：横浜市立大、宮崎大)

(K. Mizuno et al., 2019, 2020)



Coral

coverage ratio [1 m grid]



→より客観的で効率的な海底環境評価手法の確立

東南アジアの例

調査地域

フィリピン ミンダナオ島 マティ市



これまでに蓄積されたデジタルデータが
ほとんどない地域。

リゾート開発や養殖池造成などが加速
自然環境を継続的にモニタリングする仕組みが必要

東南アジアの例

現地におけるこれまでのサンゴの被度評価

コドラート法による計測

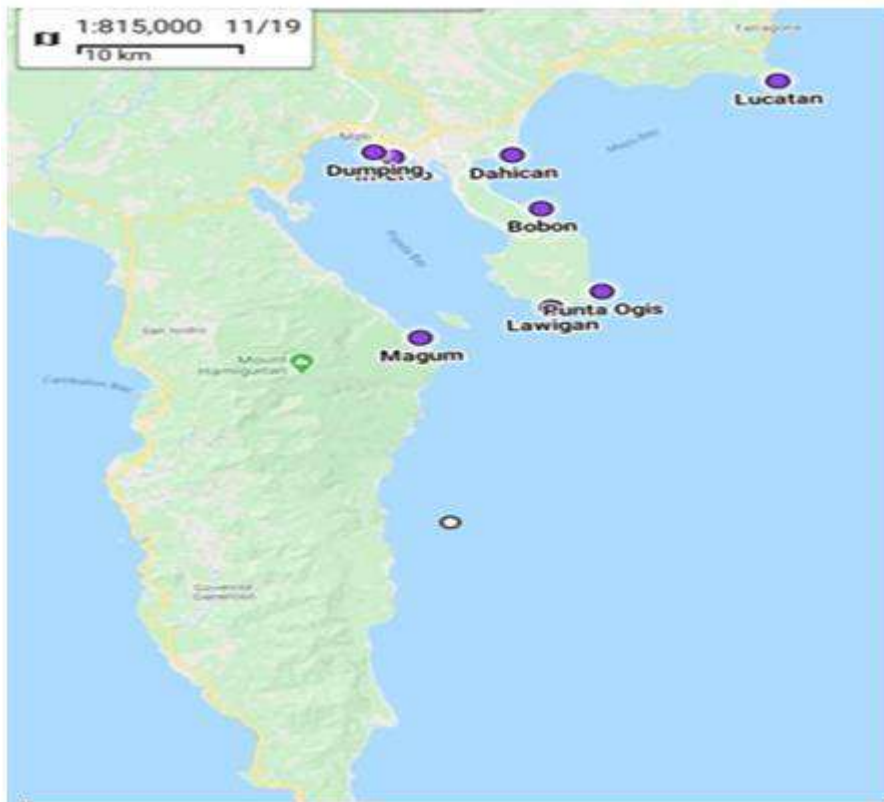
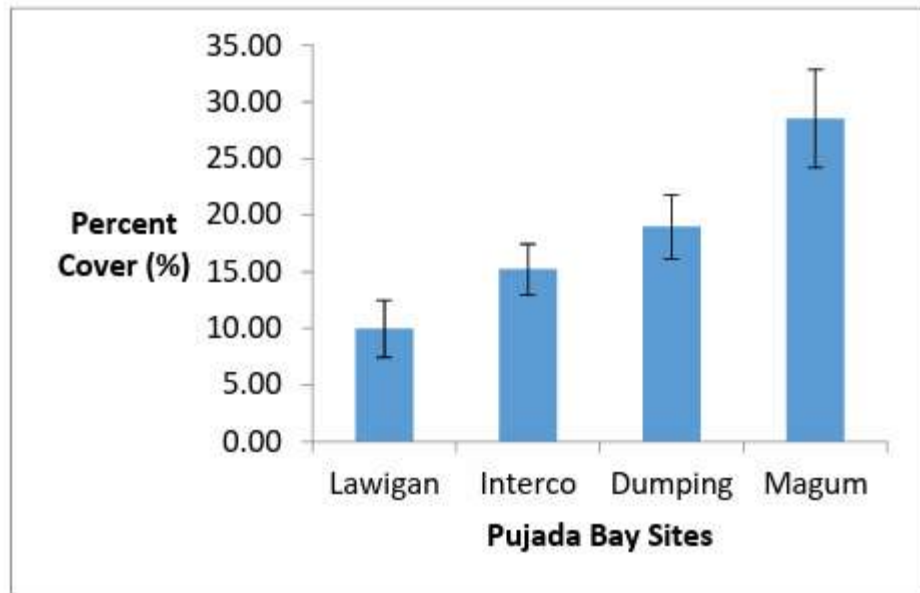


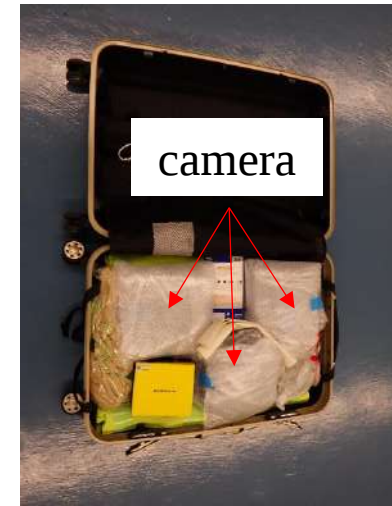
Figure 1. Showing the Mayo Bay and Pujada Bay with their established sites.



ANNUAL REPORT CCEMMMS PROJECTより

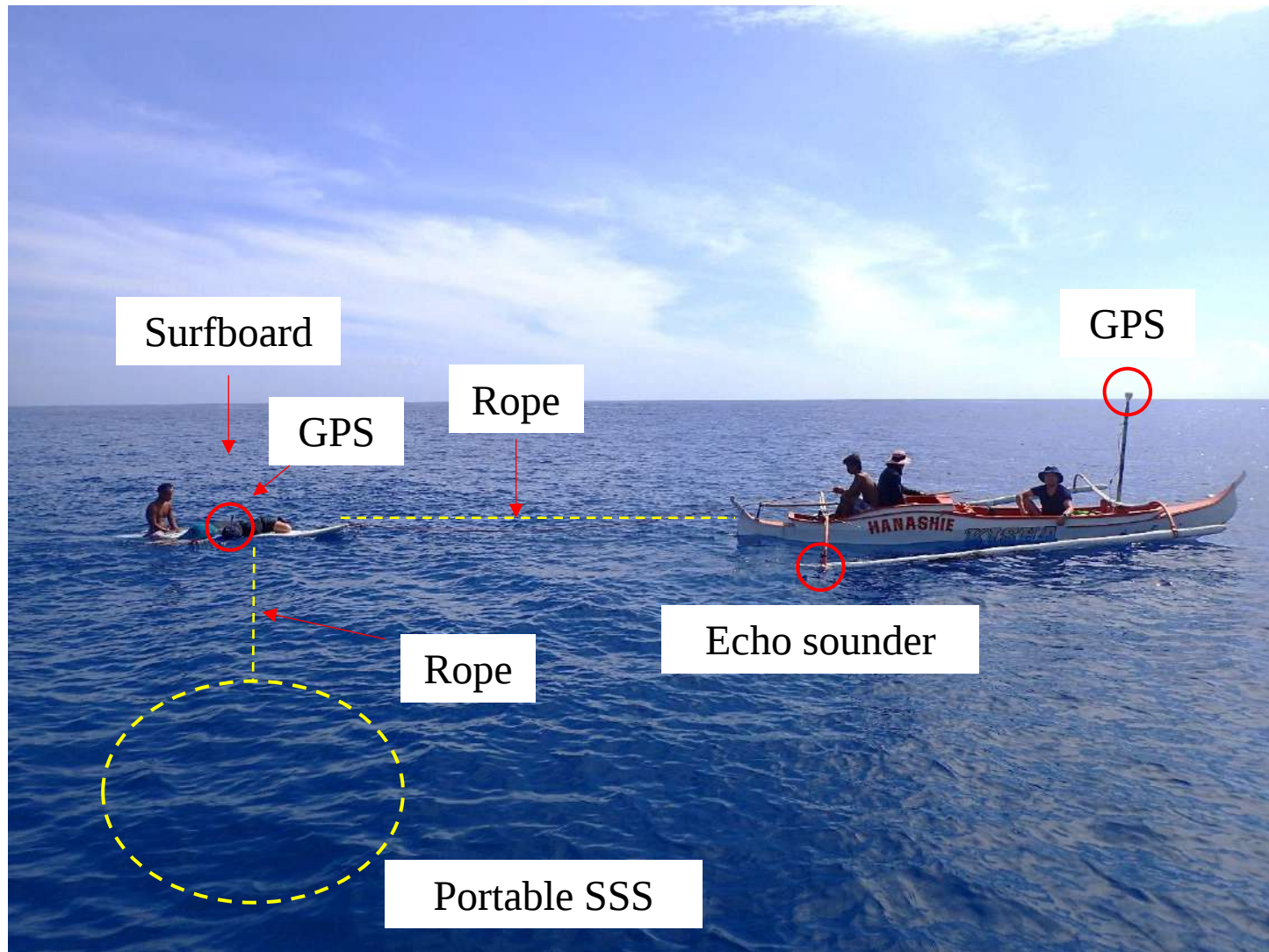
東南アジアの例

可搬性がよく、十分な設備がない沿岸地域などでの調査にも適したシステムを構築



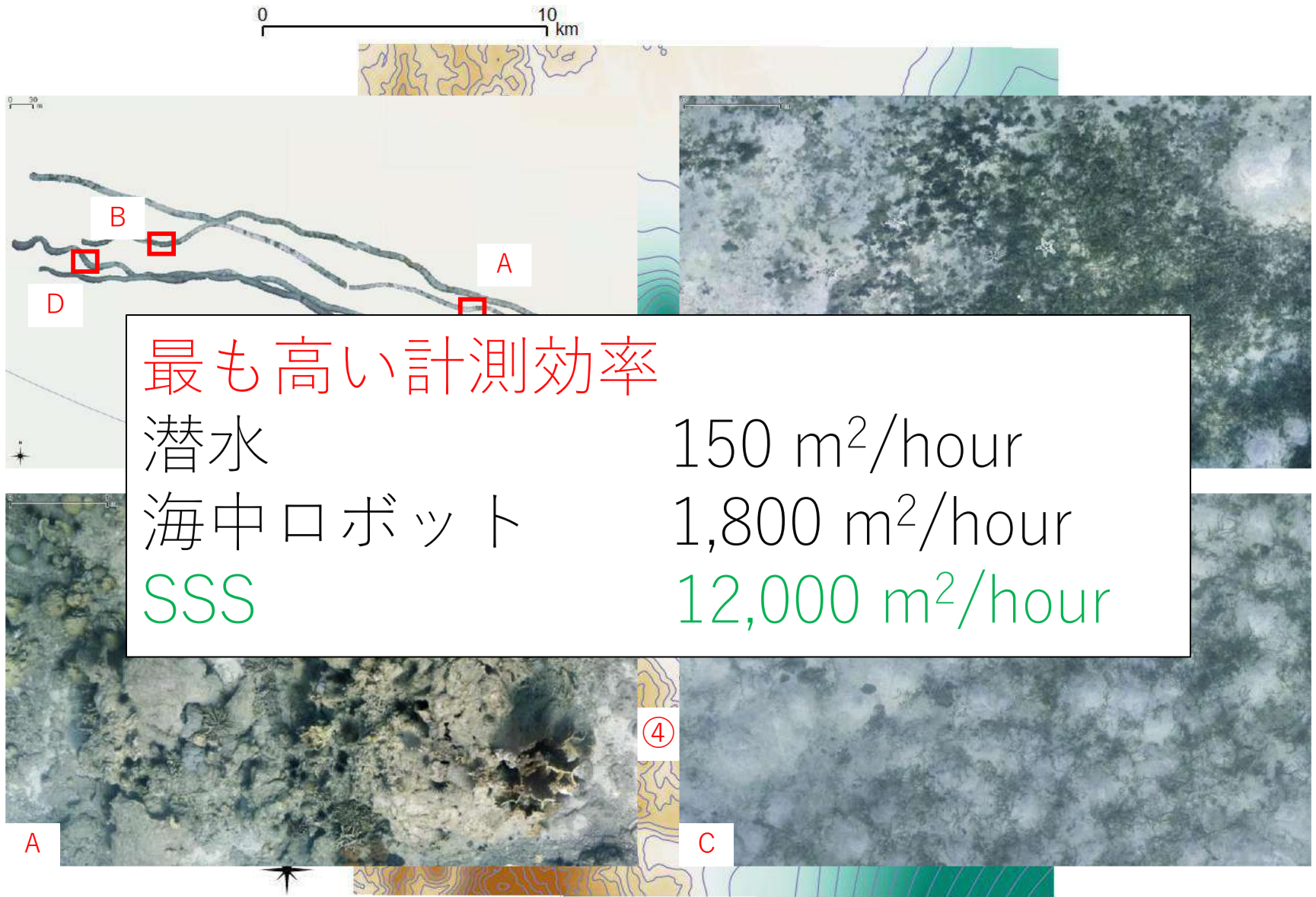
スーツケース2,3個に収まる機材

東南アジアの例



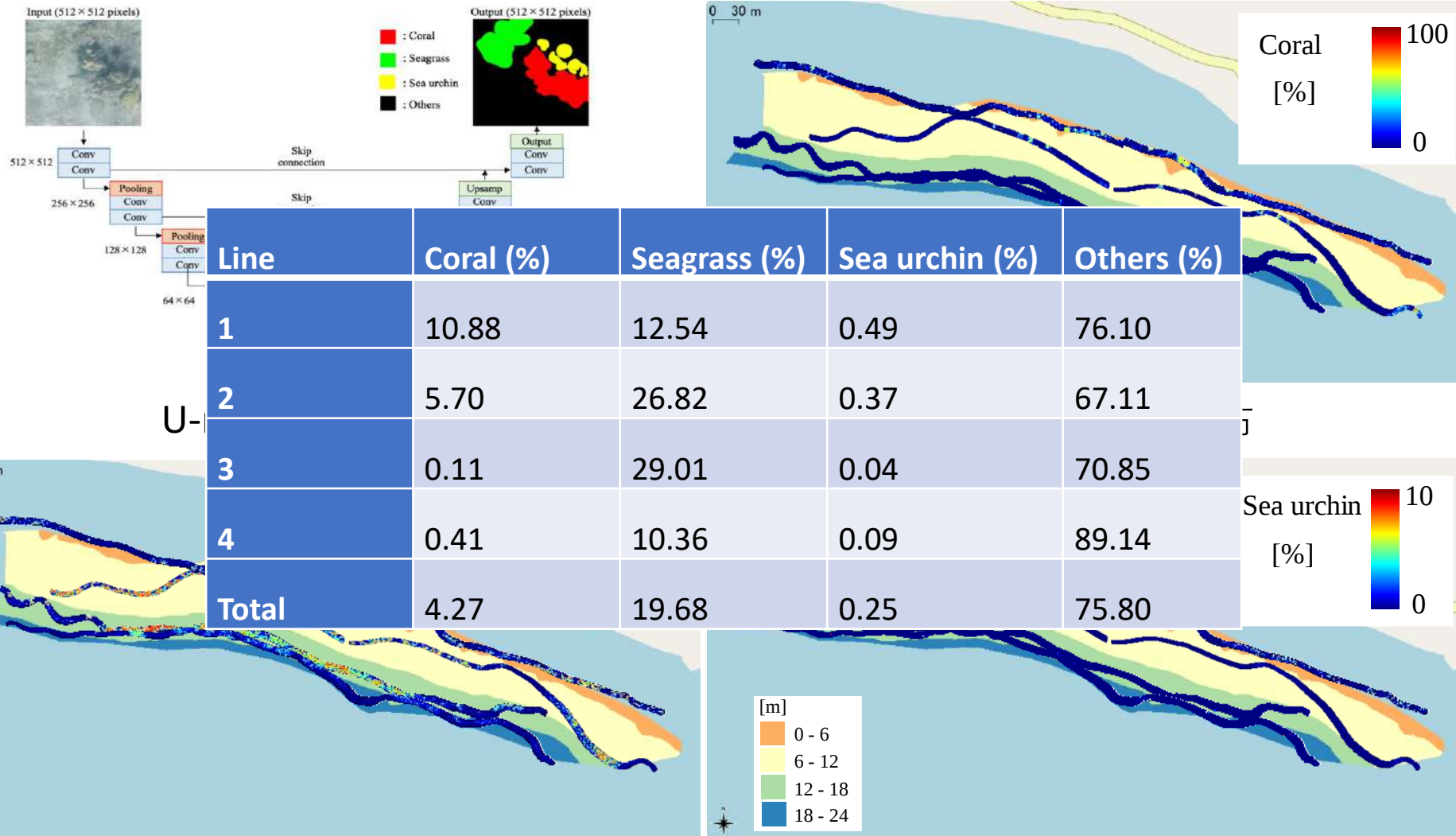
現地の小型の調査船（漁船）で曳航可能

東南アジアの例



東南アジアの例

機械学習により、サンゴ、海草藻場、ウニ、その他を自動的に分類。
(Methods in Ecology and Evolution, 13(2), 339-345. 2021)

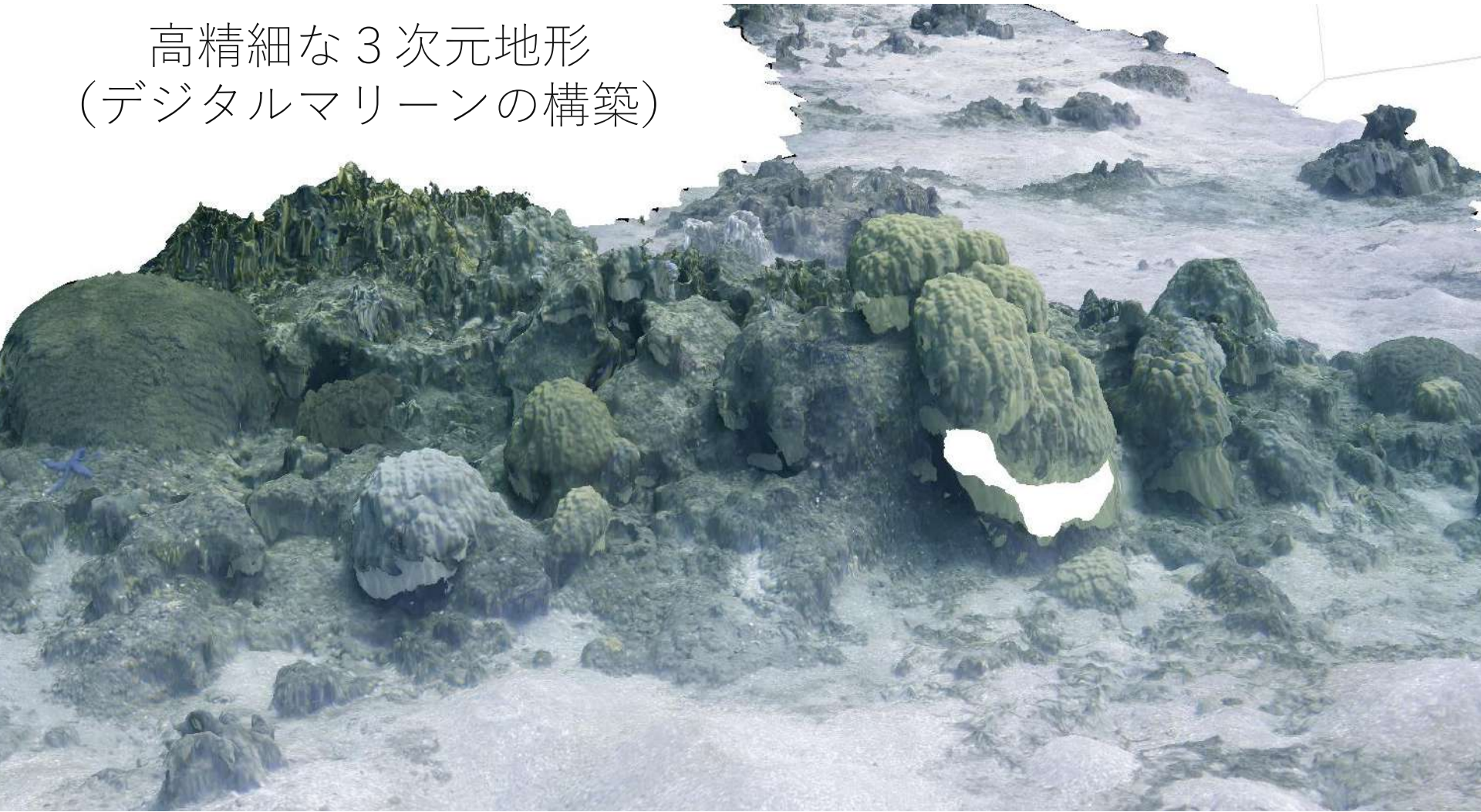


海草藻場の被度分布

ウニの被度分布

東南アジアの例

高精細な 3 次元地形
(デジタルマリーンの構築)



VRなどを組み合わせた一般向け、教育向けの新しい
海洋デジタルコンテンツ開発の可能性

東南アジアの例



サステイナブルな沿岸開発を
どのように進めていけるかを
“包括的な”環境データをベースに協議



Survey



Survey

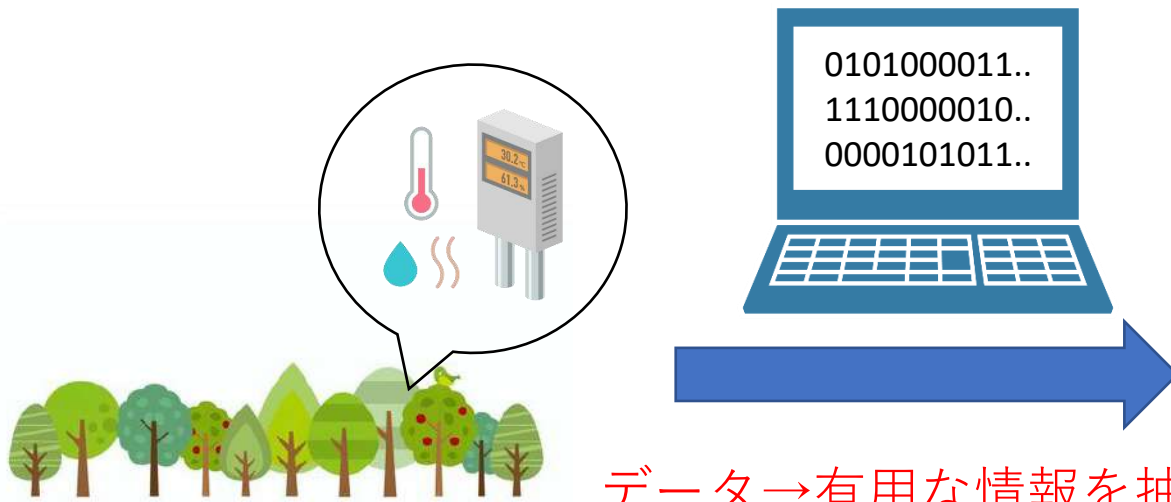


Exchanging

情報の取得、切り取り

重要なのは、それらデータから如何にして情報を抽出するか、また実際の環境問題解決に役立てるか、という点である。

1. 計測工学
2. フィールドエンジニアリング
3. データサイエンス



データ→有用な情報を抽出



最近感じている課題

強まるデータ・情報力

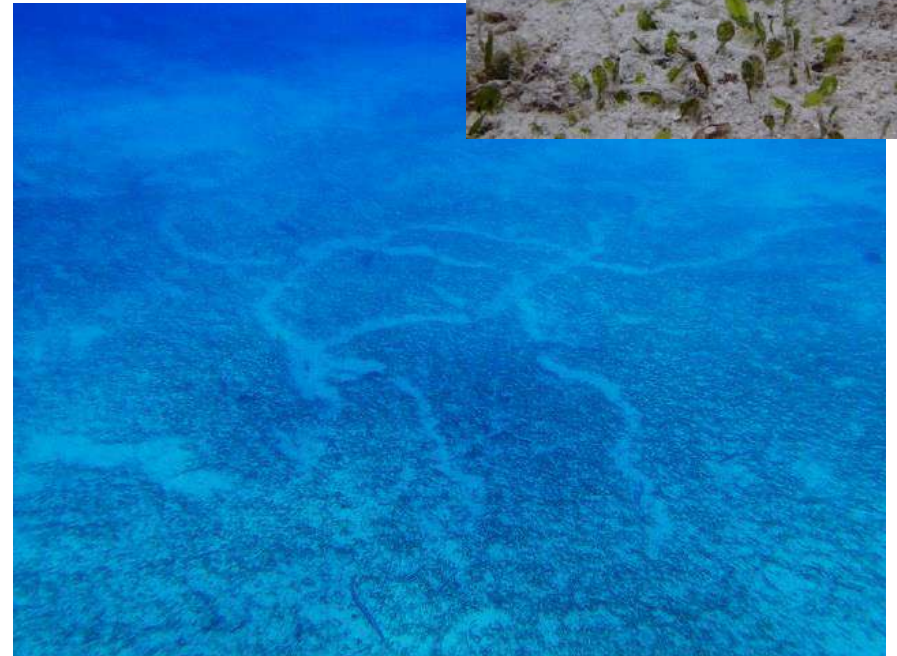
野生のジュゴンの食み跡を定量化(2015年)



Mayo bay

強まるデータ・情報力

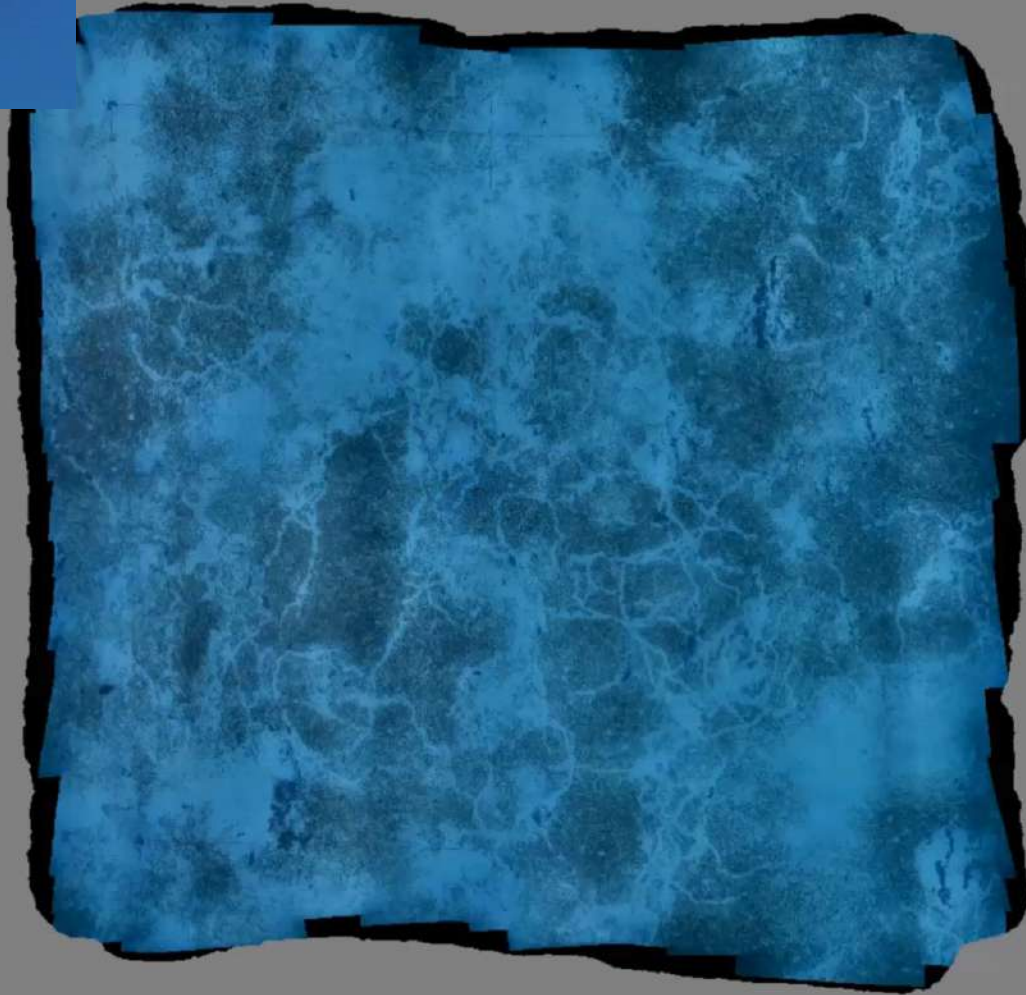
野生のジュゴンの食み跡を定量化(2015年)



協力：ウインディネットワーク社

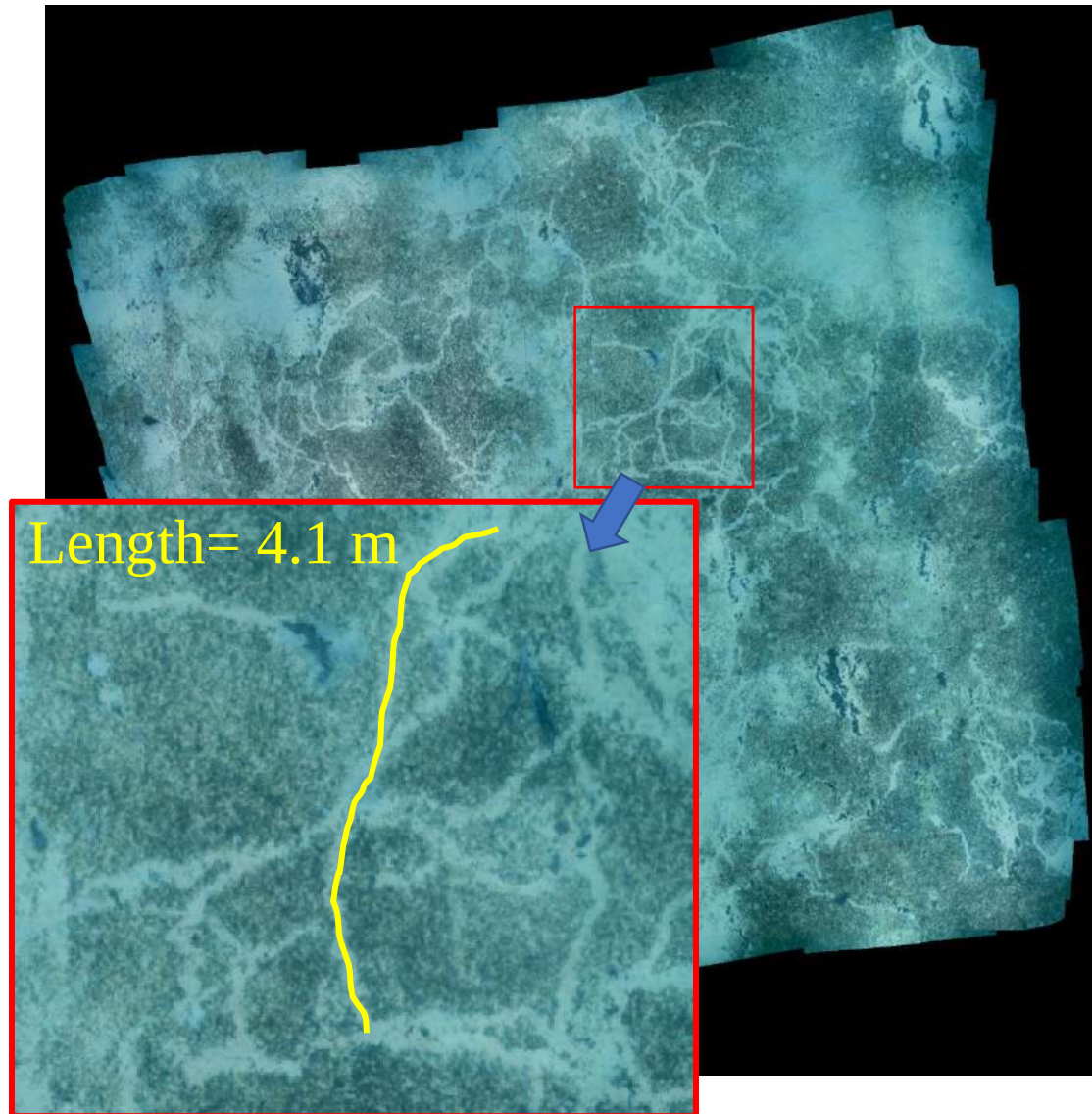
強まるデータ・情報力

スイマーによる局所的な計測

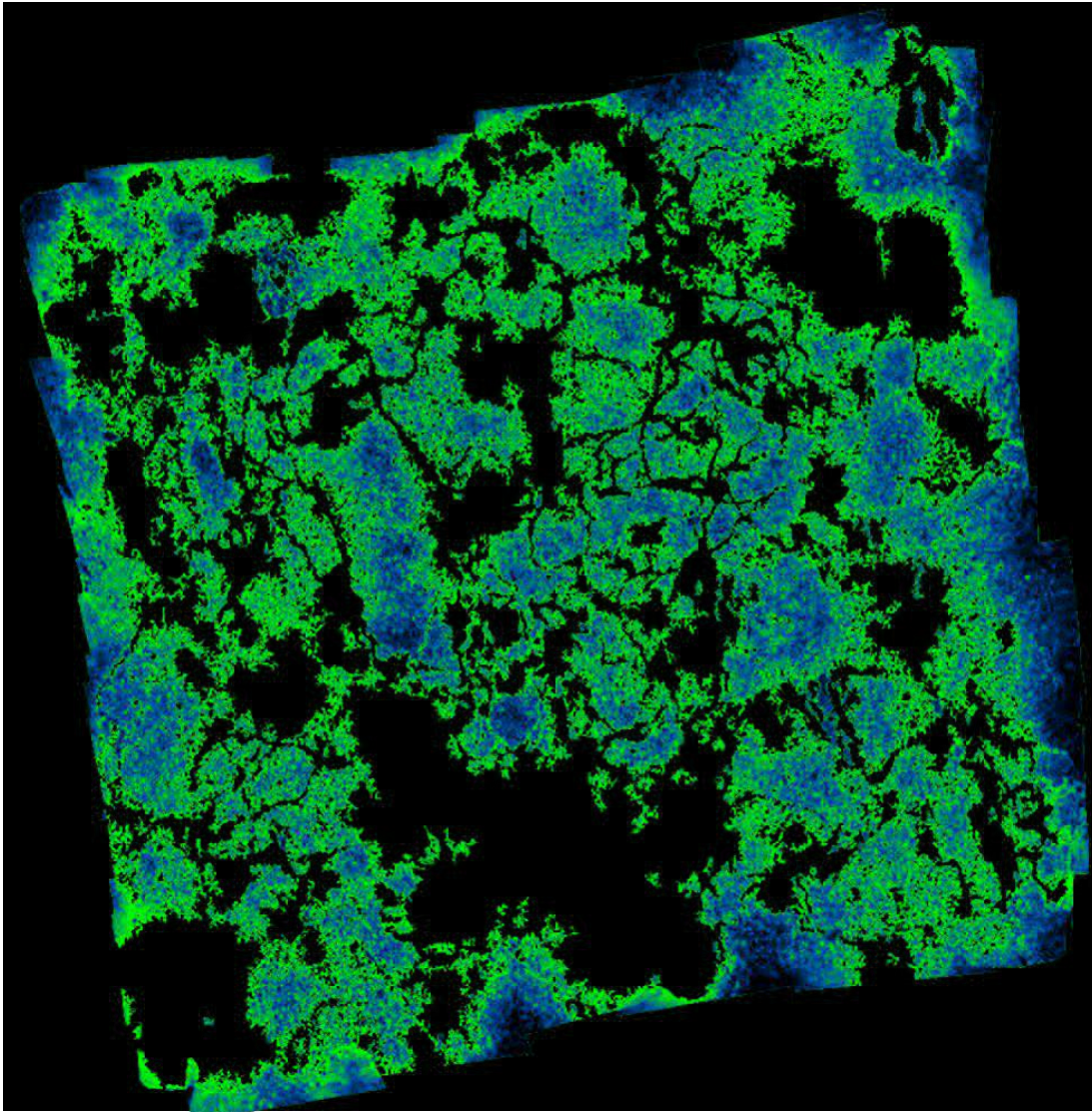


(Mizuno et al., Ecological Informatics, 2017)

強まるデータ・情報力

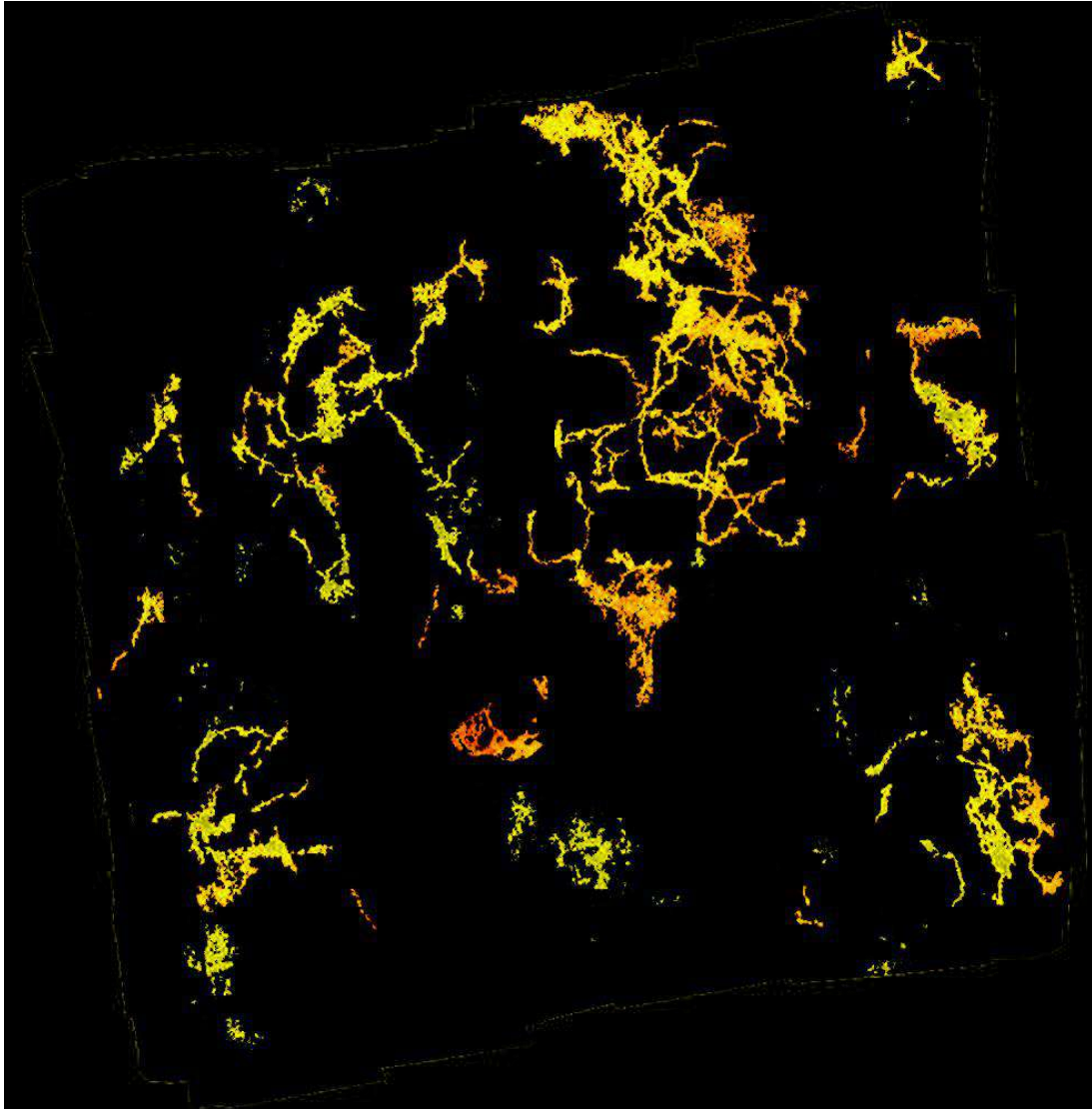


強まるデータ・情報力



Seagrass
coverage rate
=58%

強まるデータ・情報力



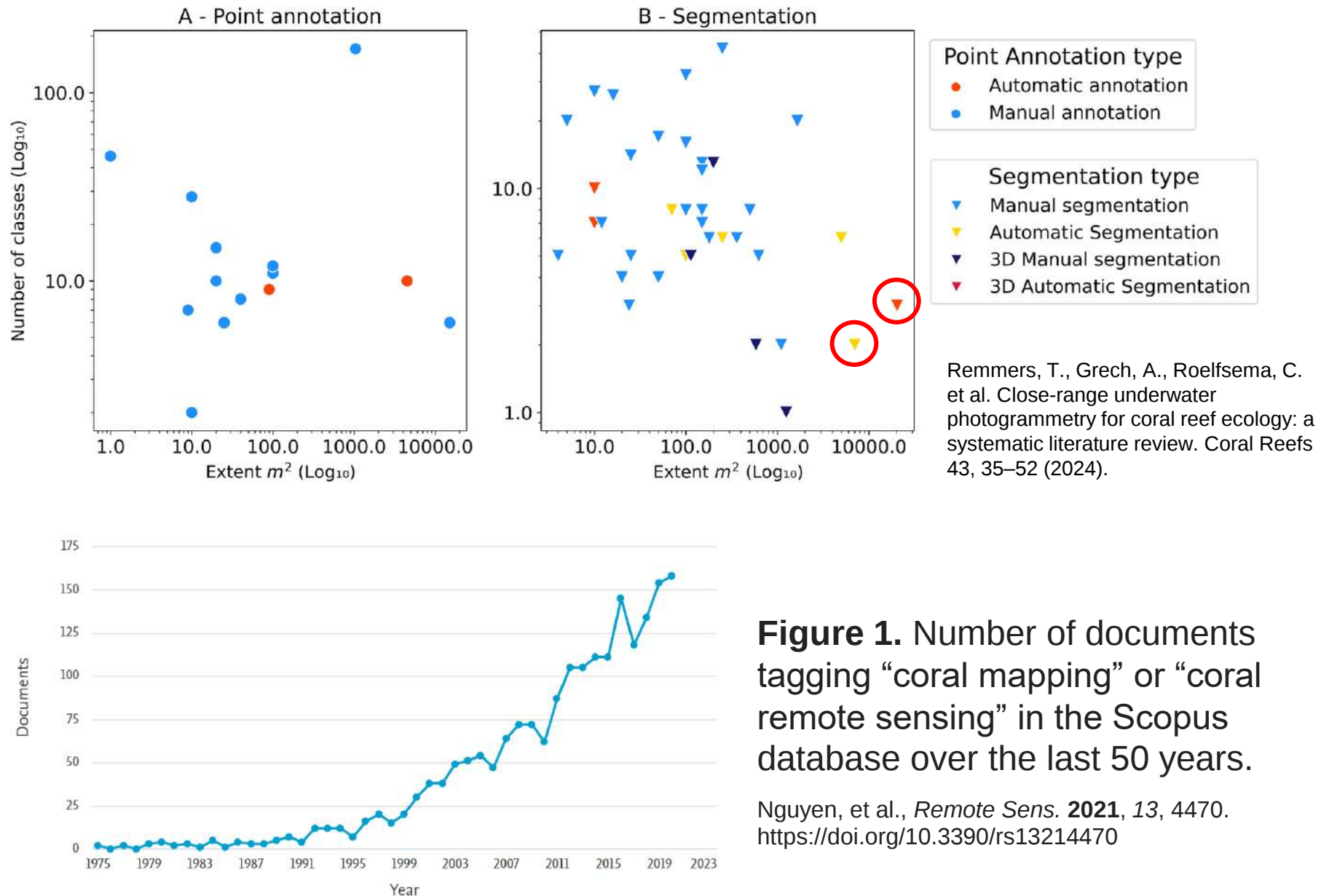
Feeding rate
=13.5%

強まるデータ・情報力

2017年に再訪問した際には
Protected Area (PA)になっていた→漁業は禁止



進む海底マッピング

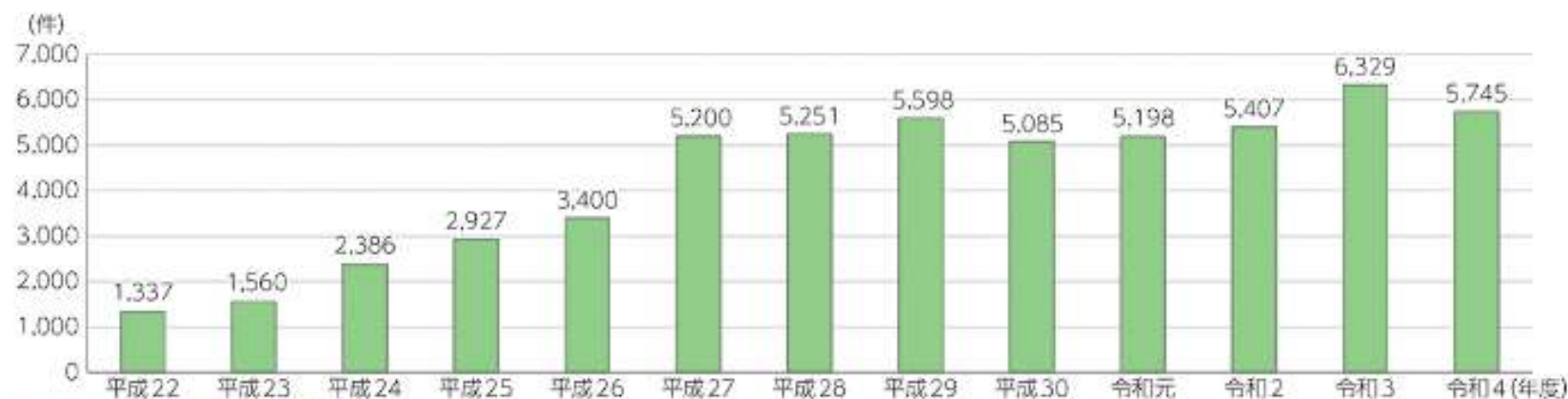


データ駆動型社会の懸念

第3節: インターネット上での偽・誤情報の拡散等

- SNS等プラットフォームサービス上では、その特性(例:アテンション・エコノミー、アルゴリズム)により、自分と似た意見にばかり触れてしまうようになる(エコーチェンバー)、自分好みの情報以外が自動的にはじかれてしまう(フィルターバブル)等、「情報の偏り」が生じやすい
- SNS等の普及により、利用者が様々な情報を容易に入手・発信可能となる一方、**誹謗中傷や偽・誤情報の流通・拡散の問題も顕在化**。AI・ディープフェイクの普及により、偽画像・動画の拡散が加速するおそれ

違法・有害情報センターへの相談件数の推移



[大きい画像はこちら](#)

(出典)総務省「令和4年度インターネット上の違法・有害情報対応相談業務等請負業務報告書(概要版)」

データ駆動型社会の懸念

年	エリア	内容
2021	欧州	ロシアの議員のディープフェイク動画と気づかずに欧州の議員がビデオ電話会議を実施した
2022	日本	「Stable Diffusion」が静岡県の台風洪水デマ画像作成に使われ、Twitter上に投稿された
2023	米国	政治活動家が、バイデン大統領が第三次世界大戦の開始を告げる動画を作成。作成者はAIで作成した旨を説明したが、多くの人が説明をつけないまま動画を共有した
	米国	ベリングキャットの創設者が、トランプ前大統領が逮捕される偽画像を「Midjourney」を使用して作成・公表し、Twitter上で拡散された

[大きい画像はこちら](#)

(出典)各種ウェブサイトを基に作成

AI・ディープフェイクを利用した偽・誤情報の事例(2)



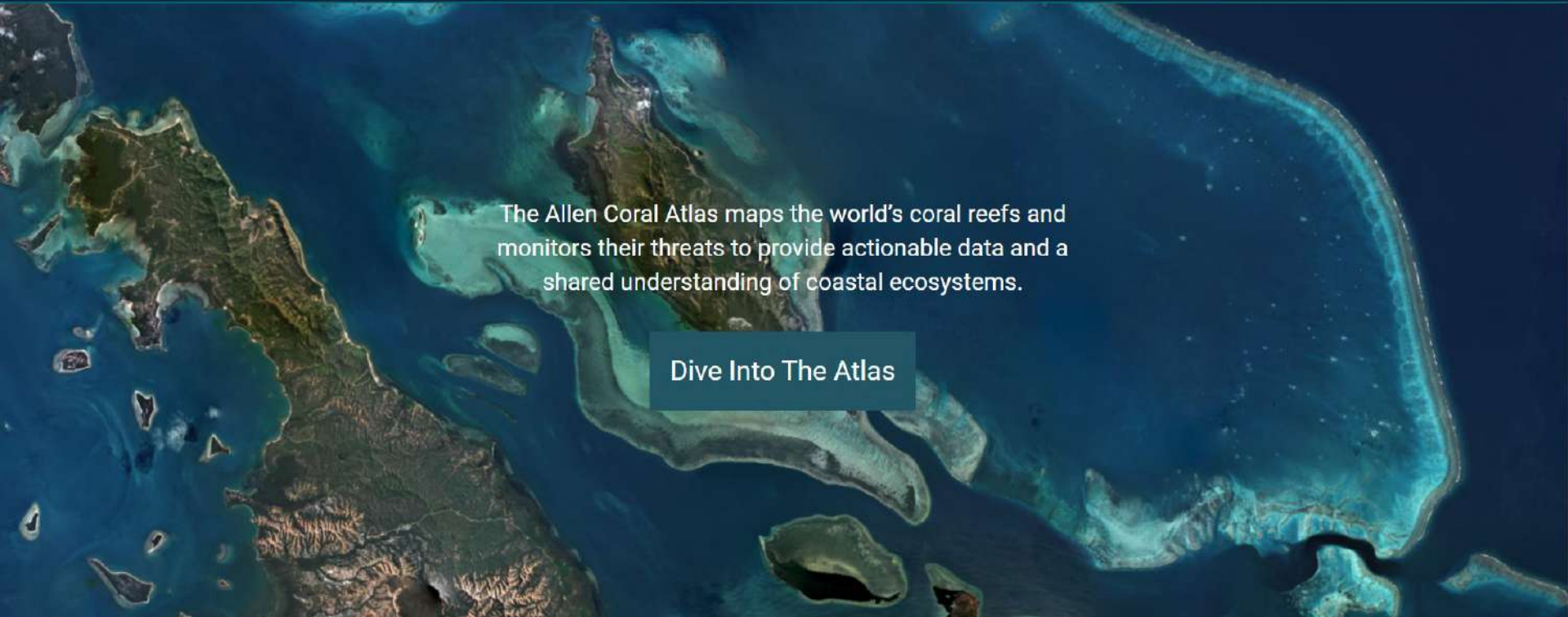
[総務省 | 令和5年版 情報通信白書 | 令和5年 情報通信に関する現状報告の概要 \(soumu.go.jp\)](#)

(出典)Spectee「静岡災害デマ、画像生成AIの急速な進化がもたらす新しい時代」(2022.09.28)

データ駆動型社会の懸念

ALLEN CORAL ATLAS

[Atlas](#) | [Blog](#) | [Science & Methods](#) | [Resources](#) | [Our Partnership](#) [Sign in](#)

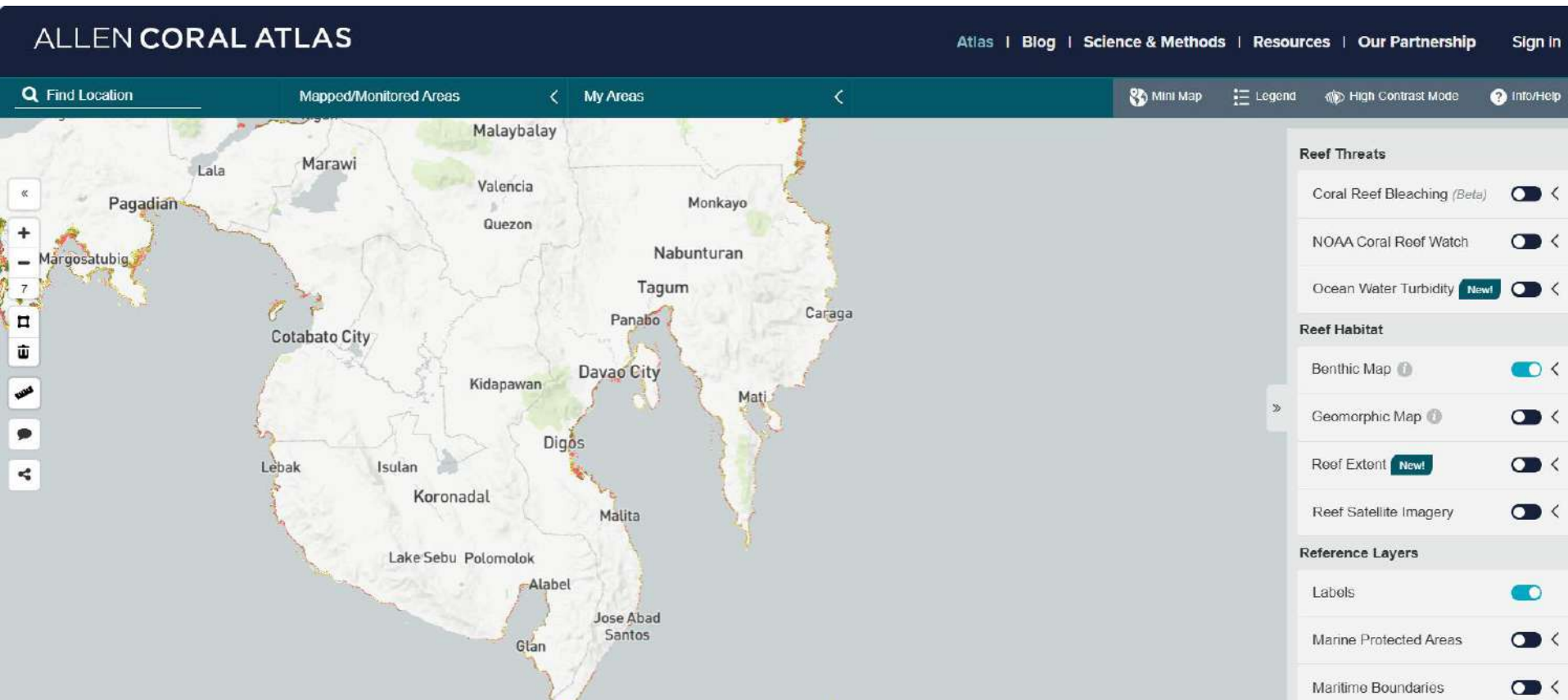
An aerial photograph of a coral reef system, showing the intricate patterns of the reef and the surrounding deep blue ocean. The reef is a mix of light and dark patches, indicating different types of coral and possibly some areas of degradation. The text is overlaid on the right side of the image.

The Allen Coral Atlas maps the world's coral reefs and monitors their threats to provide actionable data and a shared understanding of coastal ecosystems.

[Dive Into The Atlas](#)

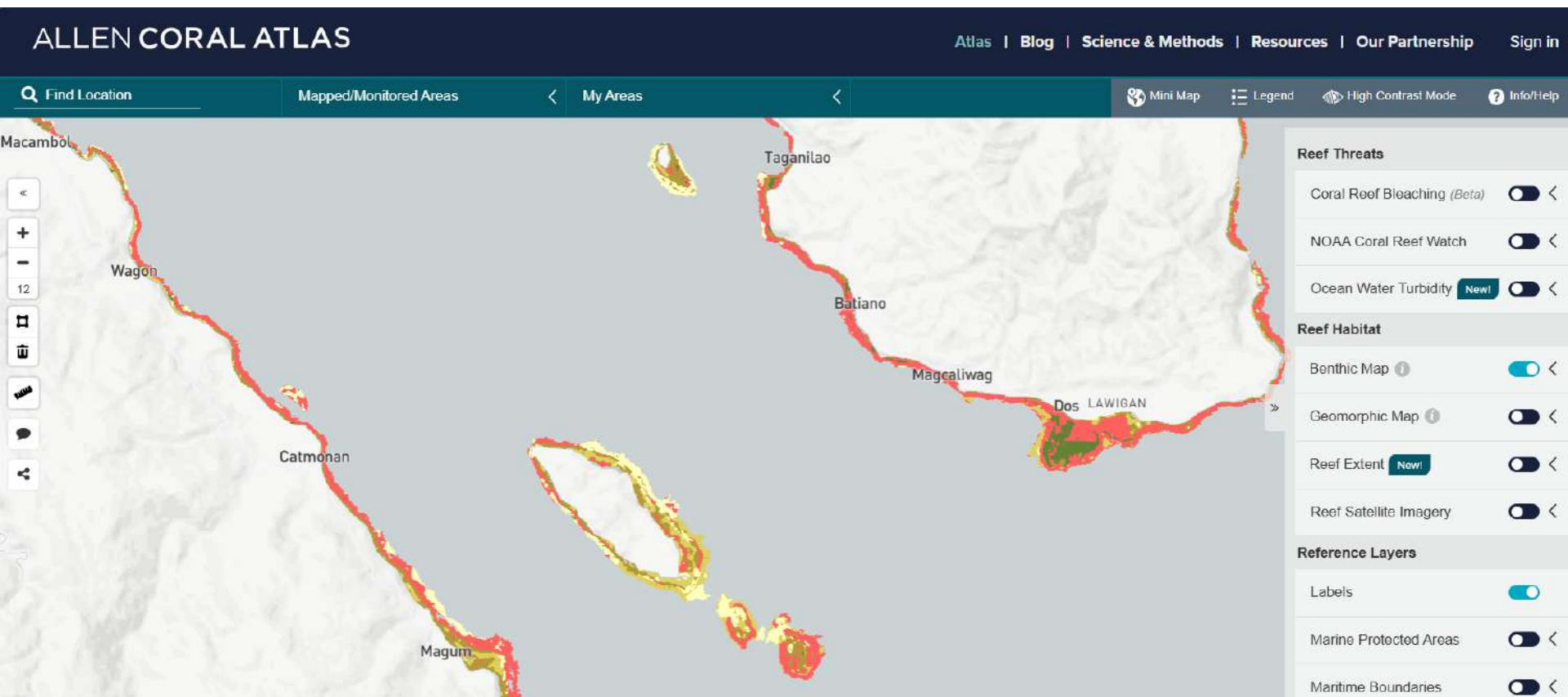
[Allen Coral Atlas | Atlas](#)

データ駆動型社会の懸念



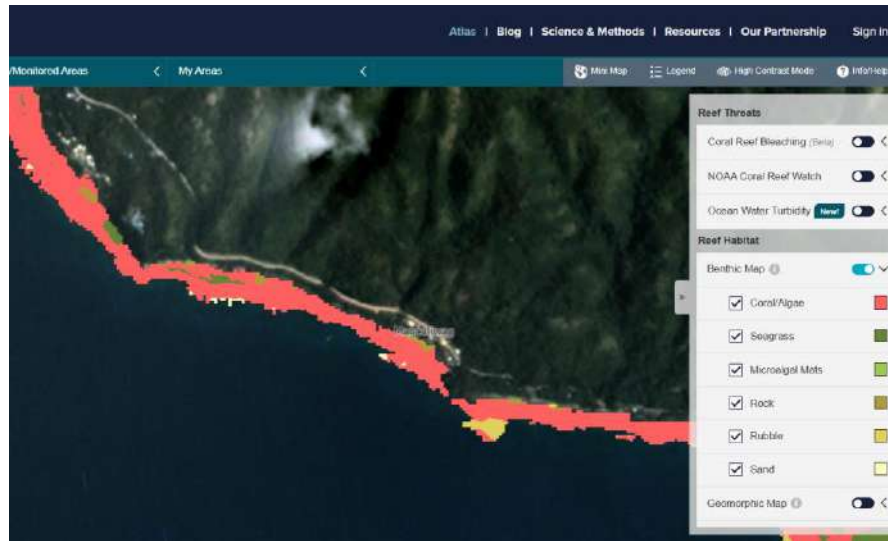
[Allen Coral Atlas | Atlas](#)

データ駆動型社会の懸念



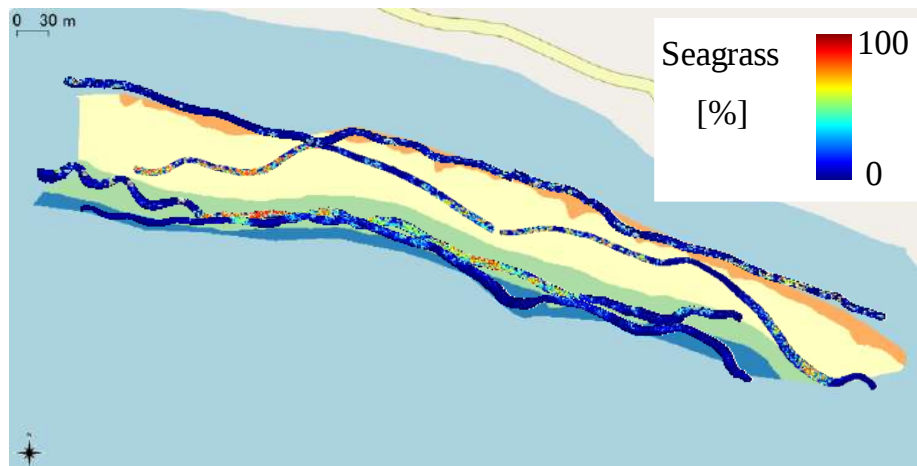
[Allen Coral Atlas | Atlas](#)

データ駆動型社会の懸念



衛星リモセン+機械学習

[Allen Coral Atlas | Atlas](#)

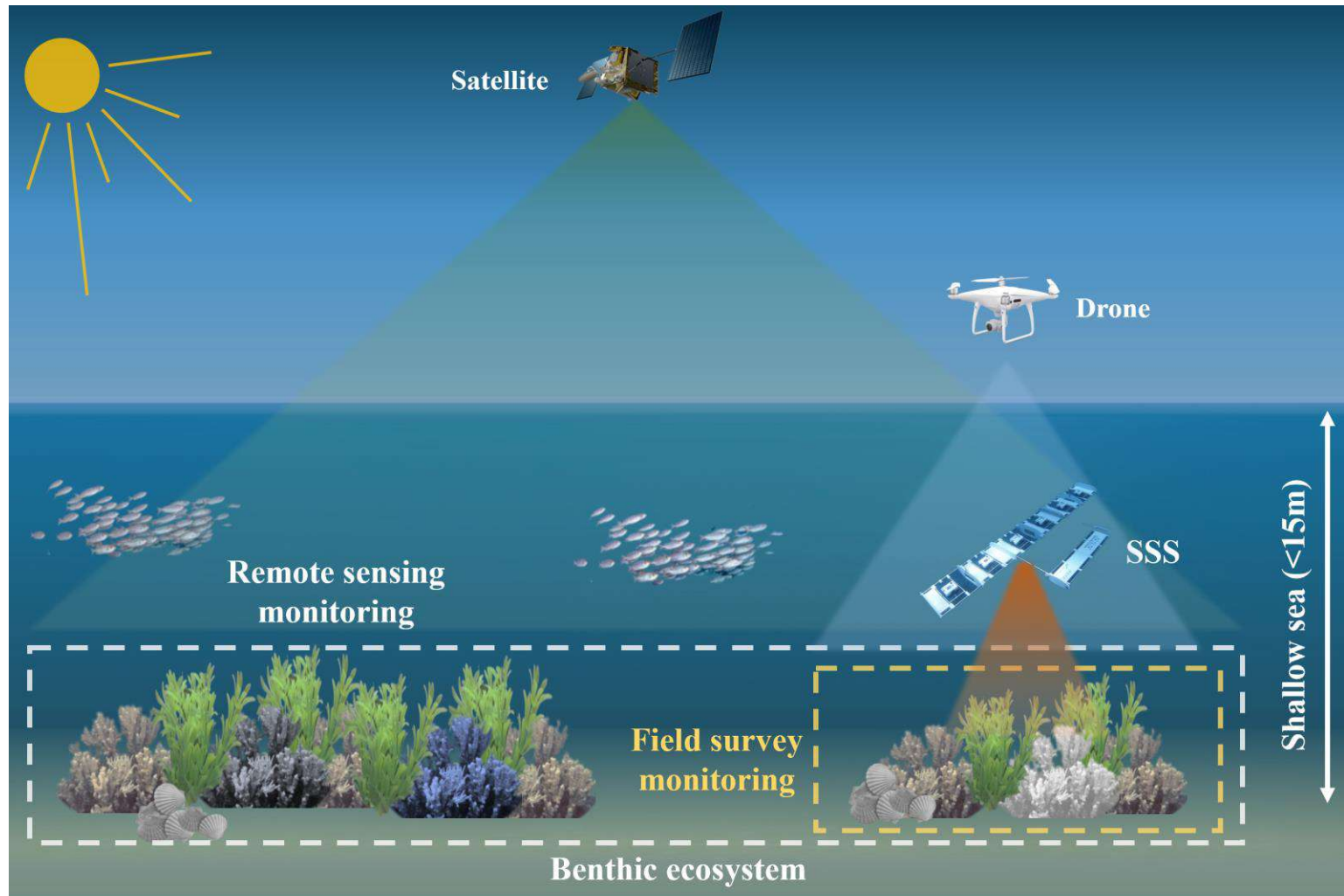


Speedy Sea Scanner+機械学習



衛星リモセン+機械学習

環境情報の取得方法と切り取り方



当研究室のWang Jiaqi君（博士2年）が作成

まとめ

様々な技術革新により、得られるデータ、情報が格段に多くなり、その影響力が年々強くなっている。

その有用性を実感する一方で、その利用方法についてはこれまで以上に注意が必要である。