

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）

研究領域「生物資源」

研究課題名「マリカルチャビッグデータの生成・分析による

水産資源の持続可能な生産と安定供給の実現」

採択年度：平成28年度/研究期間：5年/相手国名：インドネシア共和国

平成30年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

平成29年11月1日から 令和4年10月31日まで

JST側研究期間^{*2}

平成28年6月1日から 令和4年3月31日まで

（正式契約移行日 平成29年4月1日）

*1 R/Dに基づいた協力期間（JICAナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JSTとの正式契約に定めた年度末

研究代表者：和田雅昭

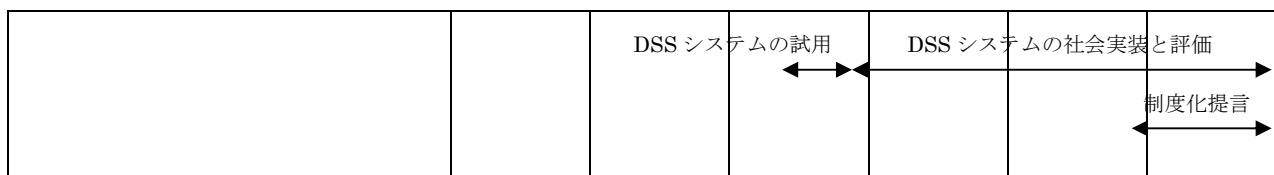
公立はこだて未来大学・教授

I. 国際共同研究の内容（公開）

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

研究題目・活動	H28年度 (10ヶ月)	H29年度	H30年度	H31年度	H32年度	H33年度 (12ヶ月)
1. マリカルチャビッグデータの生成						
1-1 養殖業・漁業の情報化	養殖業・漁業情報入力システムの開発			養殖業・漁業情報の蓄積		
1-2 社会経済データの情報化	社会経済データの所在調査*			社会経済データの蓄積*		
1-3 海洋環境等の観測	多項目の海洋環境を観測するセンサノードの開発			海洋環境データの蓄積		
1-4 データ入出力の標準化		三次元海底地形図の作成と技術指導			海洋水産省に対する提言	
2. マリカルチャビッグデータの分析						
2-1 DSSシステムの開発	DSSシステムの開発と機能拡張			DSSシステムの運用と保守		
2-2 社会経済データの分析			マリカルチャの地域経済への波及効果分析と評価			
2-3 マリカルチャと海洋環境の関係分析	魚病・斃死と海洋環境の関係整理		魚病・斃死対策の検討と削減目標の達成			
	数値流体解析の準備と実施		数値流体解析の対象地域の拡大と技術移転			
		赤潮発生予測の解析手法開発		赤潮発生予測の目標達成		
	土地利用分析の実施	表土流出と沿岸環境・水質変化の因果関係の解明				
	海藻養殖と海洋環境の関係整理		海藻養殖の適地マップ作成と評価			
3. DSSシステムの活用と運用						
3-1 教育・訓練システムの構築	教育コンテンツの調査					
		教育・訓練講座の開発		教育・訓練講座の拡充・運用		
		教材の開発				
3-2 DSSシステムの社会実装				実態調査		
			リーダー／トレーナ教育の実施			
				メンバ教育の実施		
					教育効果の評価	



(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)
 該当なし。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト（公開）

(1) プロジェクト全体

2018 年度は、5 つのテストサイトのうち、Lombok では地震、Lampung では津波と、度重なる自然災害により渡航が制限されたことから、研究計画の一部について変更が余儀なくされたものの、2019 年度に計画していた幾つかの研究活動を前倒しで実行したことから、プロジェクト全体としては、おおむね順調に進展している。2018 年度は 5 月に 1 回目の JCC を、3 月に 2 回目の JCC を開催し、進捗の確認と PDM における指標のアップデートを行った。

2018 年度は、2017 年度に開発したアプリケーションとセンサノードをテストサイトに配備することにより、養殖業情報、漁業情報と海洋環境データが日々蓄積される環境が整い、マリカルチャビッグデータの生成が順調に進んでいる。また、2017 年度に重点的に活動した Gondol 臨海研究所のローカルリサーチャーに加えて、2018 年度は Lombok 臨海研究所、Lampung 臨海研究所のローカルリサーチャーもプロジェクトに積極的に参加しており、CP 主体の活動も見受けられるようになった。ローカルリサーチャーとの連携は、マリカルチャビッグデータの生成に大きく寄与している。

キャパシティ・ディベロップメントについては、CP のうち 1 名が東京農業大学大学院博士（前期）課程に、1 名が公立はこだて未来大学大学院博士（後期）課程に合格し、いずれも 2019 年 4 月からの長期研修が決まった。また、8 月と 3 月には短期研修を実施し、日本の ICT 漁業の先進地である北海道留萌市（図 1-1）におけるナマコ漁業の資源管理と情報共有の取り組み、ならびに、沖縄県石垣市におけるヤイトハタ養殖業を視察した。特に、留萌市では ICT 漁業を実践する漁業者との交流により、ICT の導入による効果（資源や環境の見える化）について理解を深めることができた。



図 1-1 短期研修での ICT 漁業先進地の視察

(2) 研究題目 1：「マリカルチャビッグデータの生成」

研究グループ A（リーダー：岡辺拓巳）

①研究題目 1 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

研究活動 1-1：養殖業・漁業の情報化

養殖業の情報化では、Bali 島北部で魚類養殖業に従事する 5 つの経営体においてスマートフォンを用いた養殖履歴の情報化を開始し、データを蓄積している。2017 年度に試作したアプリケーション「MICT-G」（図 2-1 左）は、オーナーとマネージャへのユーザインタビューを通じてアップデートしており、毎日の管理情報である魚種別の生残尾数、斃死尾数、餌料種類、給餌量、出荷尾数などのほか、毎月の管理情報である平均体重や生簀の移動などがマネージャによって入力され、クラウドサーバにアップロードされる。これらの養殖履歴とあわせて、研究活動 1-3 で収集した水温や塩分などの海洋環境データを、オーナーが閲覧することのできる Web サイトを構築し、運用を開始した（図 2-1 右）。しかしながら、マネージャによる入力が発散的な経営体があるため、Gondol 臨海研究所とともに、フォローアップしていく必要がある。

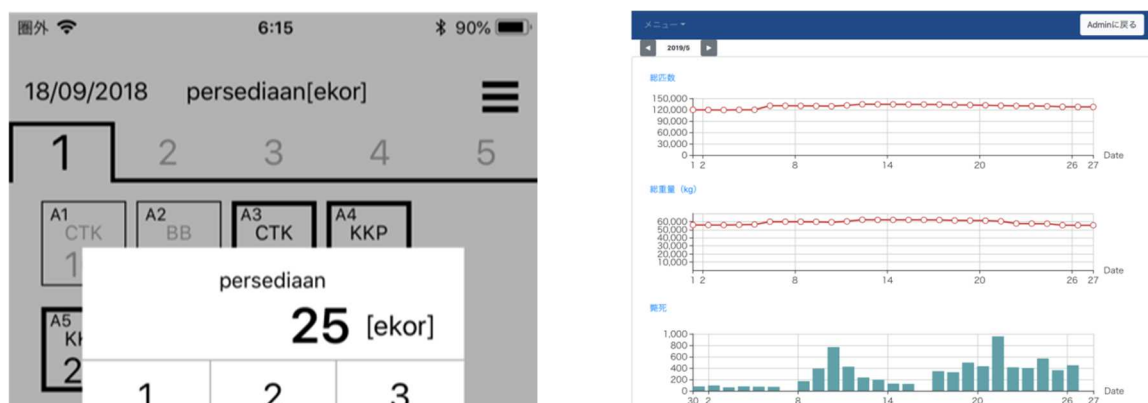


図 2-1 「MICT-G」アプリ（左）とオーナー向けの Web サイト（右）

漁業の情報化では、2017 年度に実施したユーザインタビューを受け、漁船の航跡と魚種別の漁獲量、漁獲物の写真を記録することのできるスマートフォン向けのアプリケーション「MICT-S」（図 2-2 左）を試作し、2018 年 9 月から Java 島 Banyuwangi の 5 隻のイワシ巾着網漁船で運用を開始した。図 2-2 右に MICT-S からクラウドサーバにアップロードされた漁獲物の写真を示す。このように、写真を用いることで、魚種や鮮度を把握することができる。また、図 2-3 は航跡と漁獲量を用いて作成した 2018 年 9 月から 2019 年 2 月までの Bali 海峡における漁獲量の空間分布である。

また、Banyuwangi では、85 隻の漁船が水揚げしており、行政の担当者が各漁船の水揚げを紙ベース（図 2-4 左）で管理していることがわかった。そこで、水揚げを記録することのできるタブレット向けのアプリケーション「MICT-L」（図 2-4 右）を試作した。MICT-L は紙ベースのフォーマットを継承しており、漁船別に全 16 魚種の水揚げと単価、金額を入力することができる。行政の担当者 2 名による継続的な運用が実現している。

なお、海藻養殖業の情報化については、Lombok 島での活動を計画していたが、2018 年 7、8 月に発生した大地震の影響により、2018 年度は現地での活動を見送った。

SIMなし 8:13 100%

MICT-S v1.1(9) Satreps Baru

2018/10/25 08:13:57 4150.492 N 14046.016 E -° -kt

Mulai: 2018/10/22 15:22 Stop: 2018/10/25 08:13

Marnyeng: 100.8 Kg

Tongkol: 25.8 Kg

Ekor Merah: 9.9 Kg



図 2-2 「MICT-S」 アプリ（左）と MICT-S で記録された漁獲物の写真（右）

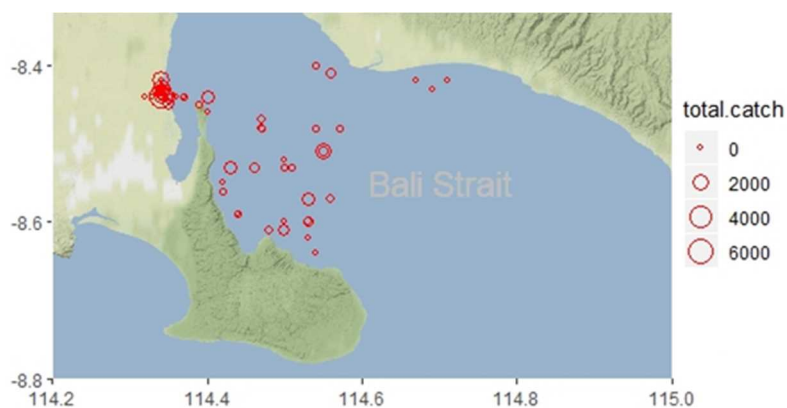


図 2-3 Bali 海峡における漁獲量の空間分布

DATA PRODUKSI HARIAN
UPT P2SKP MUNCAR

TANGGAL: 02-07-2018

NO	NAMA KAPAL	JENIS IKAN	HARGA	NILAI PRODUKSI
1.	Bardeth	Layang	13.00	150
2.	Kali Merah	Peperang	12.00	100
3.	Ujung	Peperang	10.00	200
4.	Bona	Ujung	17.00	110
		Cumi - Cumi	15.00	85
5.	Rahayu	Kembong	25.000	150
6.	Bintang Fahily	Tambak	8000	130
7.	Nanas Jaya	Marmayo	15000	220
8.	Brandal	Layang	17000	350
9.	Bintang timur	Julung-Julung	15000	300
		Cakalang	25000	150

9:27 10/31/18 (K)

Rabu, 31 Oktober 2018

Total Produksi(kg): 85 kg

Total Nilai Produksi(Rp.): 1.210.000 Rp.

No.	Nama Kapal	Jenis Ikan	Harga(Rp.)	Produksi(kg)	Nilai Produksi(Rp.)
01	KMN. BINTANG JUARA	Peperang	9.000	80	720.000
02	KMN. RUU	Cumi-cumi	98.000	5	490.000
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					

図 2-4 紙ベースの水揚げデータ（左）と「MICT-L」アプリ（右）

研究活動 1-2：社会経済データの情報化

担当 CP の長期療養により、課題担当者不在の状況が続いていたが、新たな担当 CP がアサインされた。Bali 島 Gondol の水産統計データと Sumatra 島 Lampung の赤潮被害データの収集を開始した。

研究活動 1-3-1：海洋環境の観測

ソーラーパネルによる自立電源型のセンサノードを開発し、Bali 島北部の 2 箇所の魚類養殖海域と Lombok 島南部の 1 箇所の海藻養殖海域に導入し、海洋環境の観測を継続している。水温、塩分、クロロフィル、溶存酸素 (DO) は 1 時間毎に、流向流速は 30 分毎に観測している。図 2-5 左に Bali 島 Patas に設置したセンサノードを、図 2-5 右にセンサを示す。観測地点の深度は約 20m であり、4m 層の水温、塩分、クロロフィル、DO と 10m 層の水温、流向流速を観測している。



図 2-5 Patas に設置したセンサノード (左) とセンサ (右)

また、赤潮被害が発生する Sumatra 島 Lampung 湾では、赤潮の発生が降雨や風向に強く関連しているとの Lampung 臨海研究所の知見を受け、テンポラリに設置した流向流速のみを観測するセンサノードに加えて、ウェザーステーションにより気象 (気温、降雨量、気圧、風向風速) を観測するセンサノードを設置した。気象を観測するセンサノードは、コストダウンを目的として市販のソーラーパネルとカーバッテリー、ツールボックスを用いて現地で組み立てた。図 2-6 左に養殖生簀に設置したウェザーステーション (黄丸囲) を、図 2-6 右に 2019 年 1、2 月の降雨量と風向風速の時系列データを示す。雨季にあたることから、短時間の激しいスコールが頻繁に発生している様子が捉えられている。

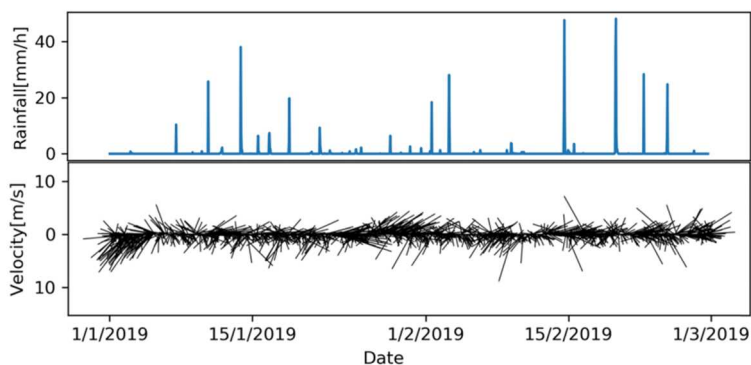


図 2-6 養殖生簀に設置したウェザーステーションと (左) と時系列データ (右)

研究活動 1-3-2：三次元海底地形図の作成

Bali 島 Pengerusan 湾の海岸線をドローンで撮影し、海岸線に沿った陸域の航空写真を生成した。また、海域の海底地形図では、海岸線に近い浅海域について衛星画像の可視バンドの情報を用いて水深を推定する Satellite Derived Bathymetry (SDB) 手法を適用し、湾央についてはこれまでの深浅測量で取得した水深データを内挿することで、両者を合成した。図 2-7 に海岸線の航空写真を重畳した三次元海底地形図を示す。

なお、Sumatra 島 Lampung 湾においても、GPS 魚群探知機を用いた深浅測量を実施しており、湾西部では $2.0 \times 4.0\text{km}$ の海域の水深データを、湾東部では $2.0 \times 2.5\text{km}$ の海域の水深データを取得することができた。

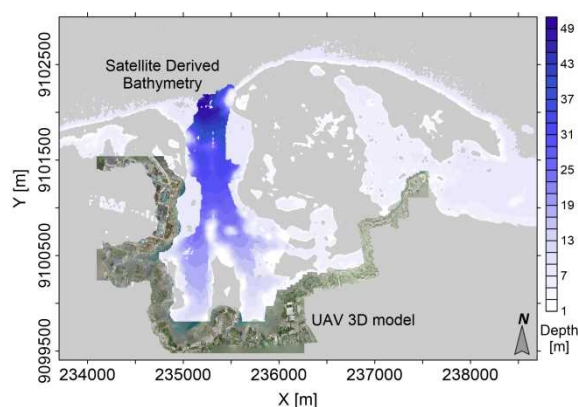


図 2-7 航空写真を重畳した三次元海底地形図

研究活動 1-4：データ入出力の標準化

2020 年度に始動する活動であるため、2018 年度は実施していない。

②研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

Bali 島で実施したセンサノードの設置作業をビデオ撮影しており、動画コンテンツとして設置マニュアルを作成した。海洋環境を観測するセンサノードは Sumatra 島、Bali 島、Lombok 島の 4 箇所に設置済みであり、定期的なメンテナンスが必要となる。そのため、メンテナンスについては最初の数回を現地のワーカーとともに実施することで技術移転を行った。また、三次元海底地形図の作成についての技術移転を進めるため、必要となるハードウェアとソフトウェアを供与した。

③研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

2018 年 8、9 月に発生した大地震による Lombok 島への渡航制限により、Lombok 島での活動を見送ったが、2019 年度に計画していた Sumatra 島の活動とスケジュールを入れ替えたことにより、研究期間全体の進捗については計画とおり進んでいる。また、2018 年 12 月には火山活動により発生した Sunda 海峡の津波が Lampung 湾にも被害をもたらした。テストサイトでは、機材流出等の被害を逃れることができ、現地の自治体などに津波発生前後の観測データを提供することができた。これにより、リアルタイム観測の重要性が認知され、また、観測データが分野を超えて防災面にお

いても有用であることが示された。

④研究題目 1 の研究のねらい（参考）

日本の技術シーズを移転し、インドネシアの養殖業・漁業におけるビッグデータの生成基盤を構築することに研究のねらいがある。費用対効果の高い海洋環境の観測は、とりわけ開発途上国でニーズが高く、情報量不足によって養殖業・漁業の低迷と環境破壊が進む沿岸域の改善には不可欠である。また、ユーザフレンドリーなインタフェースを持つアプリケーションは、オーナー／ワーカーから多様な情報を収集するために必須である。これらを世界に先駆けてインドネシアに実装することで、ICT を活用した水産業の振興、漁村の振興を多くの開発途上国に展開する。

⑤研究題目 1 の研究実施方法（参考）

養殖業の情報化では、ICT による海洋環境の観測をコアとして、水温や DO といった動的な海洋環境データを取得する。また、海底地形図といった静的な海洋環境データの取得を高い費用対効果で実現する。漁業の情報化では、漁場、漁獲量などの情報を収集するためのツールをオーナー／マネージャ／ワーカーの参加型デザインにより開発する。さらに、既存の社会経済データや衛星リモートセンシングデータなどを収集し、マリカルチャビッグデータを生成することで、研究題目 2：マリカルチャビッグデータの分析の基礎となる情報基盤を構築する。

(3) 研究題目 2：「マリカルチャビッグデータの分析」

研究グループ B（リーダー：丸岡晃）

①研究題目 2 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

研究活動 2-1：DSS システムの開発

DSS システムの初期機能として、研究活動 1-1 で収集した養殖業情報、漁業情報、ならびに、研究活動 1-3 で収集した海洋環境データを蓄積、配信するクラウドサーバを構築した。また、DSS システムの本運用に向けたサーバ構成について CP と議論し、オンプレミスとしてメインサーバを Bali 島 Perancak の IMRO（Institute for Marine Research and Observation）に、バックアップサーバを Java 島 Bogor の LIPI（Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia）に設置することが決まった。

研究活動 2-2：社会経済データの分析

CP が主体となり、Bali 島 Gondol の水産統計データと Sumatra 島 Lampung の赤潮被害データを収集し、分析を開始した。

研究活動 2-3-1：魚病・斃死と環境変化との因果関係の解明ならびに魚病・斃死対策のための検討

Bali 島北部の 2 箇所の魚類養殖生簀に設置したセンサノードにより取得した海洋環境データの分析を行った。Penerusan 湾については、クロロフィル量、濁度において昼夜の変化に差異があることが分かった。Patras については、図 3-1 に示すように少なくとも 9 月中旬から 10 月中旬の期間はリーフ内に時計回りの緩やかな（平均 20cm/min 程度）循環流があり、塩分濃度と DO が安定していることを確認した。また、流速には 6 時間、12 時間、24 時間の周期性がみられた。

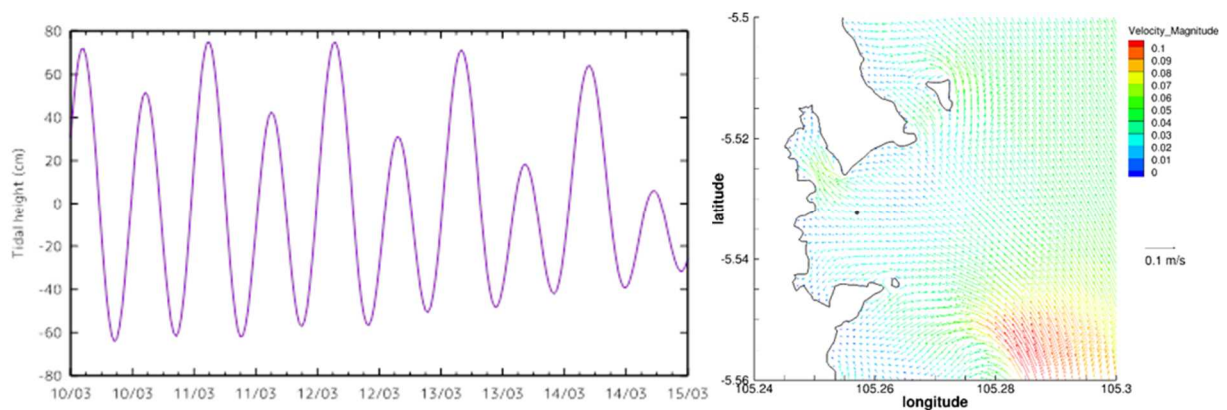


図 3-3 Sumatra 島 Lampung 湾における潮位・潮流の抽出例

2019 年 3 月 10 日から 3 月 14 日までの指定座標の潮位変化（左）と指定領域の流速ベクトル（右）

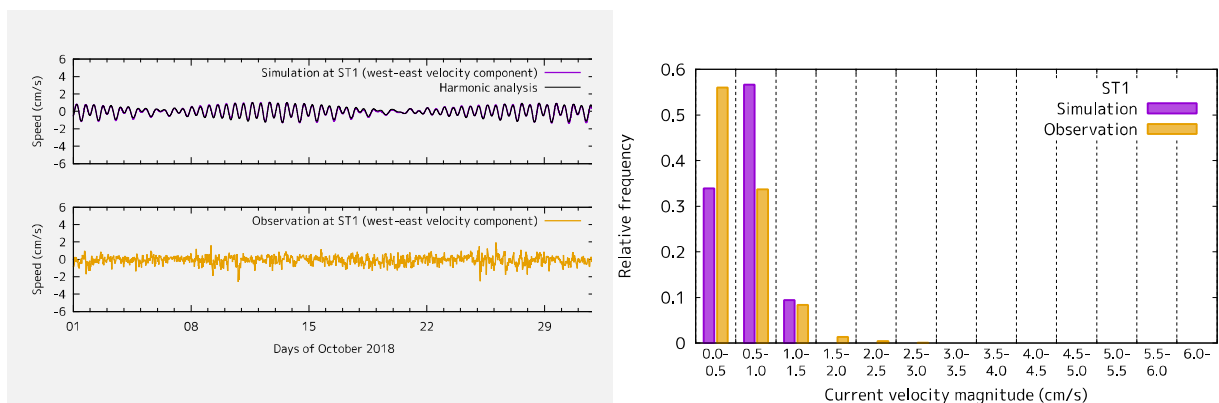


図 3-4 Bali 島 Pengerus 湾におけるシミュレーションと実測データの比較

2018 年 10 月の東西方向潮流速成分の時刻歴（左）と流速の頻度分布（右）

研究活動 2-3-3：赤潮発生予測の解析手法開発

本研究活動は 2019 年度に開始する計画であったが、Lombok 島の大地震による渡航制限を受け、研究活動 2-3-5 とスケジュールを入れ替え実施した。Sumatra 島 Lampung 湾では 2012 年より大規模な赤潮が頻繁に観測されるようになったが、赤潮発生の原因として Etty 氏（ボゴール農科大学）らは Lampung 湾の国際貿易港拡張工事における汚泥が湾全体に拡散し水質の著しい悪化を招いたことが原因であると指摘している。一方、現地調査の結果から、赤潮発生メカニズムには次の 2 種類があるとの知見を得た。ひとつは、都市からの生活排水などが原因で常態的な水質汚染が見られる湾奥から汚濁物質が強風（北風）により運ばれ、水面に帯状の赤潮が形成されるものと、大雨などが原因で農業由来の肥料成分を含む表土が流出し、かつ翌朝が晴天であるとき（海水温上昇と光合成に必要な日射量が十分なとき）にプランクトンがブルーミングし赤潮が発生するというものである。Lampung 湾全体で赤潮発生の観測が十分にできないことから、発生頻度については不明なことが多いため、CP と協議し、湾東部の Condon 島と湾西部の Ringgung 浜の魚類養殖海域における赤潮発生予測を目標として、海洋環境の観測地点を選定した。

研究活動 2-3-4：衛星リモートセンシングと GIS を利用した土地利用分析

Sumatra 島 Lampung 湾では、陸域からの表土流出が赤潮発生のトリガーとなっていると予測されている。このため、衛星リモートセンシングによる土地利用分析を開始した。WorldView3 の衛星画像を購入し、教師なしデータによる土地被覆分類を行った。また、数値標高モデルとして AsterDEM を使った水文解析を実施し、降雨による流水リスクのある地形を明らかにした。その結果を図 3-5 左に示す。現地調査により、センサを設置した Ringgung 浜には複数の傾斜した農地からの表土流出が確認されたこと、CP の水質調査からも窒素・リンなどの農業由来の成分が検出されたことなどから、赤潮発生に関係していると考えられる。

また、Bali 島 Gondol においても、同様に WorldView3 の衛星画像を用いて教師なし土地被覆分類と水文解析を実施した。図 3-5 右にその結果を示す。Gondol は、表土流出が魚類養殖海域に及ぼす影響を解析することを目的としており、2018 年度は現地調査を実施した。

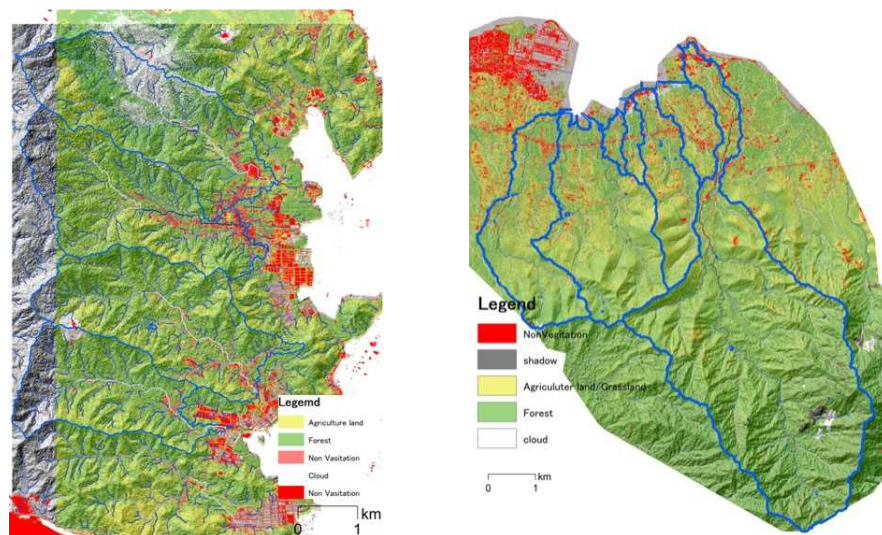


図 3-5 衛星リモートセンシングによる土地被覆分類（教師なし）と水文解析の結果
Sumatra 島 Lampung 湾西部（左）と Bali 島 Gondol（右）

研究活動 2-3-5：海藻養殖と海洋環境の関係整理、ならびに、海藻養殖における適地適作マップ作成のための技術開発

2018 年 7、8 月に発生した大地震により、2018 年度の活動を見送った。

②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

なし。

③研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

2018 年 11 月に CP とともに LIPI を訪問し、打ち合わせを行った。LIPI では、画像認識など機械学習の研究が行われており、LIPI の知見は赤潮における植物プランクトン同定など、DSS システ

ムの開発に寄与するものと考えられることから、JCCにおいて、LIPIの参画が提案されることになった。

④研究題目2の研究のねらい（参考）

マリカルチャビッグデータの分析のねらいは、一義的にはビッグデータの分析手法の技術移転でありインドネシアの養殖業・漁業へのICT導入支援であるが、養殖技術を確立することで、養殖業振興による漁村への経済貢献と雇用創出を促進することが目標である。日本では水産庁がスマート水産業への移行を明言しており、水産業におけるICT利活用が急速に普及しつつある。一方、開発途上国における水産業でのICT利活用は前例が乏しく、インドネシアにおいてビッグデータの生成と分析による持続可能な水産業を実現することにより、特に東南アジアの開発途上国に展開するための基礎を築くことができると考えている。

⑤研究題目2の研究実施方法（参考）

マリカルチャビッグデータの分析では、統計解析、AIなどを組み合わせた分析アルゴリズムを開発し、分析結果を養殖業・漁業のオーナー／マネージャ／ワーカーにリアルタイムでフィードバックする。土地利用変化と沿岸環境変化の分析においては、10年以上の長期的変化に着目し、衛星リモートセンシングとGISによる分析にて知見を蓄積する。沿岸域の数値流体解析では、潮汐残差流や沿岸流の流れ解析と汚濁物質拡散の解析をカップリングして分析するシミュレーション手法を使用する。社会経済分析では、社会統計データの経年変化について、統計解析手法と多変量解析手法をもとに分析する。

(4) 研究題目3：「DSSシステムの活用と運用」

研究グループC（リーダー：山崎誠也）

①研究題目3の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

研究活動3-1：教育・訓練システムの構築

2018年度は、オンライン教育プラットフォーム（Fisdome）を活用し、Bali島Gondolにおける教育コースの正式リリースと、新たにLombok島における教育コースの開発・正式リリースを目標に活動を行った。

Gondolでは、Gondol臨海研究所と協働し、2017年度に制作した魚類養殖業に関する動画コンテンツ「Fish Disease Control（魚病の予防と対処）」に加え、「Construction（施設設営）」、「Seed（種苗）」、「Rearing Management & Harvest（育成と収穫）」の3つの動画コンテンツを新たに制作し「Grouper culture in fish cage」として教育コースを正式リリースした（図4-1）。また、それぞれのコンテンツにはテストとアンケートを組み込んでおり、すべてのコンテンツを受講しテストをパスすることで修了書が発行される仕組みとなっている。

Lombok島での活動は2018年度に開始した。キックオフとして、Lombok臨海研究所の主催によるステークホルダーミーティングを7月に開催し（図4-2左）、CPのほか、自治体の漁業部門担当者、養殖業従事者、EX（Extension）ワーカーなど幅広く現地の関係者が参加した。研究プロジェクトの概要や主旨を説明することで研究活動に対する理解を得た。また、図4-2右にローカルリサ

一チャーターとの打ち合わせの様子を示す。

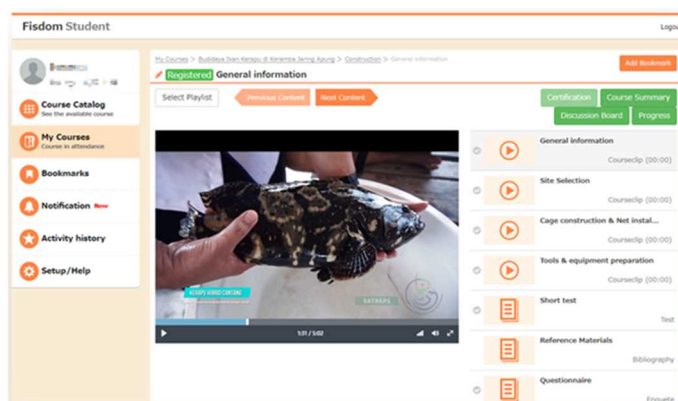


図 4-1 教育コース「Grouper culture in fish cage」の表示例

Lombok 島では、主要産業である海藻養殖業に関する教育コースを制作することで合意し、動画コンテンツ制作におけるノウハウ提供と指導を行い、Lombok 臨海研究所の主導でコンテンツを制作した。制作した動画コンテンツは 7 本であり、「Seaweed Cultivation Longline method」として教育コースを正式リリースした（図 4-3）。Gondol での教育コースと同様に、それぞれのコンテンツにはテストとアンケートを組み込んでおり、修了書が発行される。



図 4-2 ステークホルダーミーティング（左）と講師役 CP との打ち合わせ（右）

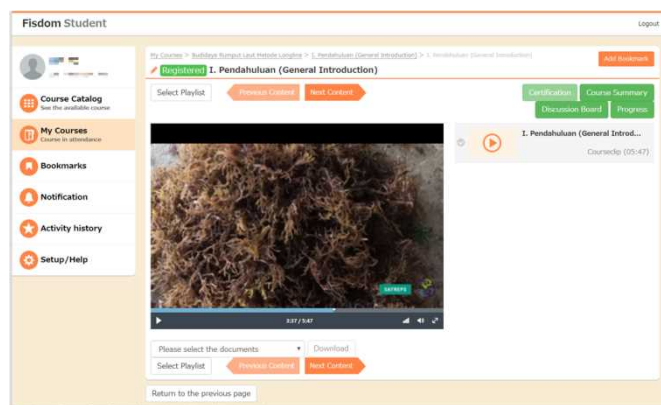


図 4-3 教育コース「Seaweed Cultivation Longline method」の表示例

研究活動 3-2 : DSS システムの社会実装

実態調査では、日本の水産業普及指導員に相当する EX ワーカーについての文献調査を実施した。調査の結果、表 4-1 で示すように EX ワーカーには 5 つの種別があり、大きく政府系（PNS, PPB）と非政府系（Swadaya, Swasta, Honour）に分かれていることがわかった。また、CP による実地インタビューに同行しヒアリングを行った。

表 4-1 EX ワーカーの種別

Type	Status	Recruitment	Population (2016)	Composition (%)
PNS (Pegawai Negeri Sipil)	Civil Employee	Document screening + Computer Assisted Test National Selection	3,200	21
PPB (Penyuluh Perikanan Bantu)	Governmental Contract Employee	Document screening	2,500	17
Swadaya	Independent (Farmers, Fishermen, Fisheries business, and their nuclear family)	Recommendation from PNS & PPB	9,100	62
Swasta	Private (NGO, Lecturers, Business, etc.)	Competency in fishery	(Very small)	(Almost) 0
Honour	Professionally Honourable Fishery Extension Worker	Rewarded and acknowledged by government	(Very small)	(Almost) 0

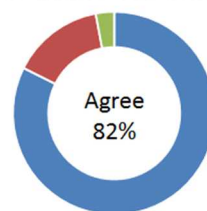
リーダー／トレーナ教育では、Gondol において教育コースの正式リリースにあわせ 11 月に教育・訓練システムのオリエンテーションを実施し、養殖業事業体のワーカー×5 名、EX ワーカー×18 名に加えて CP が参加した（図 4-4 左）。当日、いくつかの動画コンテンツを実際に受講してもらいアンケートを実施した結果、図 4-4 右に示すようにオンライン教育プラットフォーム、および、動画コンテンツについて高い評価を得ることができた。また、Gondol の養殖業事業体のワーカーにオンライン教育プラットフォームの利用を促すため、6 名の EX ワーカーと連携し、担当する養殖業事業体への働きかけを継続している。



Questionnaire Results

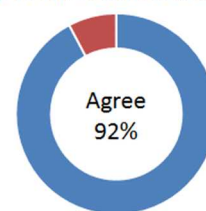
(Worker and EX-worker only)

Q. Is online E&T useful?



■ Agree ■ Neutral ■ Not agree

Q. Is this course useful?



■ Agree ■ Neutral ■ Not agree

図 4-4 Gondol でのオリエンテーション（左）とアンケート結果（右）

同様に、Lombok 島においても 3 月にオリエンテーションを実施し、養殖業事業体のワーカー、EX ワーカー、大学関係者、CP の合計 44 名が参加した。さらに CP と EX ワーカーのアレンジにより Lombok 島での主要な海藻養殖海域である Seriwe 地区を訪問し、養殖業事業体のワーカー×20 名に対し、オンライン教育システムの説明と教育コースの紹介を行った。DSS システムの試用では、Gondol における魚類養殖業事業体のオーナーへのインタビューを通じ、出荷管理では出荷可能量の把握と予測が重要であることが、生産管理では生産工程の可視化が重要であることがわかった。また、出荷管理に高いニーズがあることが確認された。

3 月には CP の短期研修を受け入れ、日本の事例として石垣市におけるヤイトハタ養殖業の視察を実施した（図 4-5）。石垣市においても、経験と勘を中心とした運用が行われていたが、養殖技術は確立しているように見受けられた。一方で、ICT の導入による数値化は行われておらず、技術継承という点において教育体系・教育制度の整備が課題であると感じられた。参加した 3 名の CP からは、石垣市におけるヤイトハタの養殖技術との比較により、有用な知見が得られる可能性があるとの感想を聞くことができた。

加えて、海外における DSS システムの活用事例として、アメリカの森林施業 DSS、インドの農業 DSS、シンガポールの糖尿病管理 DSS を調査し、DSS システムの役割を、現在（結果）を可視化することによる意思決定と、未来（予測）を可視化することによる意思決定に分類した。



図 4-5 石垣島のヤイトハタ養殖生簀（左）と CP による視察の様子（右）

②研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

動画コンテンツの制作にあたり、ノウハウの提供とプロセスを可視化したエクセルシートを共有することにより、Gondol 臨海研究所と Lombok 臨海研究所において、CP が主体となり動画コンテンツを制作することができた。

研究期間終了後にも、教育・訓練システムをインドネシア国内で普及促進させていくために、オンライン教育プラットフォームの運用にあたって必要な業務内容を整理し、海洋水産省と臨海研究所の役割分担案を CP と協働で作成した。

③研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

Lombok でのオリエンテーションに参加したマタラム州立大学の講師から、学生向けにオリエンテーションを実施して欲しいとの依頼を受けていることから、2019 年度に実施する予定である。同大は養殖学科を有しており、受講する学生は将来の EX ワーカーや養殖業事業体になる可能性を有している。また、授業の一環でテストサイトにおけるフィールドワークが高頻度で行われていることから、教育・訓練システムの普及における連携が期待できる。Gondol においても、同様に現地の大学等との連携を検討している。

④研究題目 3 の研究のねらい（参考）

DSS システムの活用と運用のねらいは、オンライン教育プラットフォームを中心とした新たな教育システムの構築による漁村のグループリーダーの育成とメンバ教育の実現である。DSS システムのアウトプットをテキストとして活用することで、DSS システムの普及、養殖業・漁業の生産性向上と環境保全の両立を実現する漁村の開発と持続可能な漁村の発展を目指す。

⑤研究題目 3 の研究実施方法（参考）

DSS システムの活用と運用では、オンライン教育プラットフォームに海洋水産省の教育・訓練システムを構築し、学習ログ分析ツール等の機能を活用して、学習の効率性・有効性の向上と受講者の学習状況の見える化を実現する。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

研究題目 1 では、開発したスマートフォン、ならびに、タブレットのアプリケーションが活用されており、養殖業・漁業の情報化によるデータの蓄積が進んでいる。また、Bali 島に加えて、Lombok 島、Sumatra 島においても海洋環境の観測を開始しており、マリカルチャビッグデータが生成されている。今後は DSS システムと連携したキオスク（情報端末）を海洋水産省、臨海研究所、養殖業事業体のオフィス等に配備することによりビッグデータの活用を促進する。また、研究題目 2 におけるビッグデータの分析を支援するため、データ入出力のための API を準備する。加えて、この API を活用したスマートフォン、ならびに、タブレットのアプリケーションをインドネシア国内の IT ベンダにアウトソーシングすることで、マリカルチャビッグデータの生成と活用を促進する。なお、養殖業・漁業の情報化、海洋環境の観測については、イニシャルコストの削減とランニングコストの削減が今後の課題である。また、海洋環境を観測するためのセンサノードの設置作業については、CP が主体となり実施できるよう、技術移転を急ぐ必要がある。

研究題目 2 では、海洋水産省によるデータ管理を目的として、ビッグデータを蓄積しているデータベースをクラウドからオンプレミスに移行する。サーバは Bali 島 Perancak 臨海研究所

(IMRO) に設置する。これにより、研究期間終了後も自助努力により継続して運用することができる。マリカルチャビッグデータの分析については、2018 年度までは主に衛星画像を分析の対象として、数値流体解析、土地利用分析に取り組んだ。2019 年度以降は、研究題目 1 の成果となる養殖業情報、社会経済データ、海洋環境データ、気象データ、三次元海底地形図などを分析の対象に加え、魚病・斃死と海洋環境の関係分析、赤潮発生の予測手法の開発を推進する。また、2018 年 7、8 月の大地震により見合わせていた Lombok における活動を再開し、海藻養殖と海洋環境の関係整理、ならびに、海藻養殖における適地適作マップのための技術開発のためのフィールドワークに取り組む。なお、分析結果については、DSS システムを活用して配信する。

研究題目 3 では、養殖業事業体のマネージャ／ワーカをオンライン教育の主たる受講者と位置づけ、Gondol においては魚類養殖業の教育コース、Lombok においては海藻養殖業の教育コースについてコンテンツの拡充を図り、オンライン教育の普及に努める。同時に、CP によるオンライン教育の運用を目的とした技術移転に取り組み、研究期間終了後の海洋水産省へのシームレスな移管に備える。また、研究題目 1 で開発したスマートフォン、ならびに、タブレットのアプリケーションの利用方法、研究題目 2 で開発した DSS システムの利用方法について、動画コンテンツによるマニュアルとして整備する。なお、Gondol、Lombok の両テストサイトにおいて、現地の大学が本プロジェクトの取り組みに関心を示しており、マネージャ／ワーカーだけではなく、将来のオーナー／マネージャ候補となる人材教育についても、検討を進める必要があると考えられる。

以上のように、マリカルチャビッグデータの入口と出口の整備が順調に進んでおり、プロジェクト目標である水産資源の持続可能な生産と安定供給の実現、上位目標である地方開発の実現が達成できると見込まれる。なお、日本では 2019 年度から水産庁の主導によりスマート水産業が始動し、2020 年度末までに水産業データ連携基盤が構築、運用されることが決まっている。スマート水産業は、本プロジェクトにおけるマリカルチャビッグデータ、DSS システムの構想に重なることから情報収集に努める。特に、データ入出力の標準化に際し、参考になるものと考えている。

Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1) プロジェクト全体

2018 年度は 7 月と 8 月に発生した Lombok 島の大地震により渡航が制限されたことから、Lombok 島で予定していたフィールドワークを実施することができず、研究計画の変更が必要となった。しかしながら、本プロジェクトは 3 つの島に 5 つのテストサイトがあり、2018 年度に重点的に活動する計画であった Lombok 島を、2019 年度に計画していた Sumatra 島と入れ替えることで、研究期間全体における遅延を回避することができた。複数のテストサイトを設定しておくことが、自然災害に対するリスク管理となることを示した事例であると言える。また、危惧していたリサーチパーミット（FRP）の更新については、手続きを行ったものの RISTEK において審査が幾度にわたり延期され、3 名が FRP を失効する結果となった。なお、研究代表者と業務調整員との情報共有が不十分であったことも FRP の失効につながっている。そのため、ICT を活用し業務調整員に日報の提出を課すことで、改善を図った。

(2) 研究題目 1：「マリカルチャビッグデータの生成」

研究グループ A（リーダー：岡辺拓巳）

海洋環境の観測にあたり高額なセンサを供与しているが、CP の理解が不十分であり、一部のテストサイトにおいて定期的なメンテナンスが行われていない。その結果、観測データは異常値を示しており、修繕のための経費と時間を浪費することになる。研究期間終了後には自助努力で海洋環境の観測を継続する計画であることから、メンテナンスの重要性を強く教示する必要がある。加えて、ランニングコストについての意識も薄いことから、研究期間終了後のシームレスな運用につなげるためにも、2020 年度以降は CP にランニングコストの一部負担を求めることとした。

(3) 研究題目 2：「マリカルチャビッグデータの分析」

研究グループ B（リーダー：丸岡晃）

担当 CP の長期療養により担当者不在の状態が続いたことから研究活動 1・2 に遅延が生じていたが、新たな担当 CP がアサインされた。その経緯として、留学による学位取得が新たな担当 CP のモチベーションとなっていることが挙げられる。海洋水産省においては、学位取得は先進国の留学制度に依存しており、学位取得を目的とした留学生を積極的に受け入れることがプロジェクトの進捗を加速し、研究期間終了後の自助努力による継続の支援につながるものと考えられる。

(4) 研究題目 3：「DSS システムの活用と運用」

研究グループ C（リーダー：山崎誠也）

オリエンテーションの実施にあたり、会場の Wi-Fi 環境が脆弱であったことから、プログラムの一部を割愛せざるを得ない状況が生じた。動画コンテンツの再生には安定した Wi-Fi 環境が不可欠である一方、開発途上国の特に地方においては安定した Wi-Fi 環境が整備されていないことが十分に想定されることから、教育・訓練システムを含む DSS システムの構成について、オフラインでの利用を考慮する必要がある。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

- 本プロジェクトで開発したセンサノードを、沖縄県石垣島でマグロのパヤオ漁に活用した。
- 本プロジェクトで蓄積した養殖業の情報化の知見を、島根県海士町でイワガキの養殖支援に活用した。

(2) 社会実装に向けた取り組み

- 研究題目 3 において、教育・訓練システムの普及に向けて、現地大学との連携を検討している。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

- 研究代表者が 2019 年 11 月に Xiamen（中国）で開催される The 8th Annual World Congress of Ocean-2019 におけるスピーカーを依頼された。
- 研究代表者が 2020 年に Sapporo（日本）で開催される Symposium on Theory and Practice of Robots and Manipulators 2020 におけるキーノートスピーカーを依頼された。
- 研究代表者がゲストエディタとして情報処理（情報処理学会誌）で「水産業と情報処理」を特集し、3 本の解説で本プロジェクトを紹介した。
- 研究代表者らがゲストエディタとして Sensors and Materials で「Sensors and Applications for Fishery and Agricultural Industries」を特集し、3 本の論文で本プロジェクトの成果を発表した。
- 研究代表者が主催する「マリン IT ワークショップ 2018」において、3 件の発表で本プロジェクトを紹介した。
- 研究代表者が主催する「マリン IT ワークショップ 2019 いしがき」において、6 件の発表で本プロジェクトを紹介した。
- 研究代表者が Denpasar（インドネシア）で開催された「The 1st International Seminar on Mariculture and its Biotechnology」で、本プロジェクトの成果を発表した。
- 研究代表者らが Jakarta（インドネシア）で開催された「Kuliah umum SATREPS」において、本プロジェクトを紹介した。
- 日本語、ならびに、インドネシア語のリーフレットを作成し、広く配布した。

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VIII. その他（非公開）

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2018	Masaaki Wada, Katsumori Hatanaka, Mohamad Natsir, "Development of Automated Sea-Condition Monitoring System for Aquaculture in Indonesia," Sensors and Materials, Vol.31, No.3(2), pp.773-784, 2019.3		国際誌	発表済	

論文数 1 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 1 件
公開すべきでない論文 0 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2018	Akira Maruoka, "Depth-averaged Tidal Flow Simulation by Stabilized Finite Element Formulation in the Ocean Surrounding Indonesia," Sensors and Materials, Vol.31, No.3(2), pp.785-801, 2019.3		国際誌	発表済	

論文数 1 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 1 件
公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2018	リーフレット(日本語版)		リーフレット	発表済	
2018	リーフレット(インドネシア語版)		リーフレット	発表済	

著作物数 2 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2017	和田雅昭, "ICT漁業・養殖業の国際技術協力", Ocean Newsletter, 2018, No.420, pp.2-3		機関誌	発表済	
2018	畑中勝守, サフィル・ラマドナ, "水産ICTから水産クラウドへ", 情報処理, Vol.60, No.3, pp.210-213		学会誌	発表済	
2018	安井重哉, "漁業現場におけるパートナーとの共創", 情報処理, Vol.60, No.3, pp.214-217		学会誌	発表済	
2018	岡本誠, "インドネシア漁業者との共創", 情報処理, Vol.60, No.3, pp.218-221		学会誌	発表済	
2018	岡本誠, 安井重哉, 和田雅昭, "図を介した共創型デザイン1", 日本デザイン学会第 65 回春季研究発表大会概要集, pp.258-259		概要集	発表済	

著作物数 5 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
2017	目的: 魚類養殖技術の取得 コース名: Fish Disease Control 対象: 養殖業者、従事者、技術指導員、研究者 実施数: 1回(集合形式での実施数) 修了者数: 16	動画×4本 テスト アンケート	オンライン教育プラットフォーム(Fisdor)で実施する研修コース。受講後に発行される認定証は受講者の業績となる。
2018	目的: 海藻養殖技術の取得 コース名: Seaweed Cultivation Longline Method 対象: 養殖業従事者、技術指導員、研究者、大学教員 実施数: 1回(集合形式での実施数) 修了者数: 44	動画×7本 テスト×7本 アンケート	

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2017	国内学会	新田哲也, “インドネシアにおける養殖業のICT化の検討”, マリンITワークショップ2018にいがた、新潟市, 2018.3.2	口頭発表
2018	国内学会	井上航次郎, “機械学習を用いたGrouperの魚病・斃死の要因特定と予測モデルの開発”, マリンITワークショップ2018, 函館市, 2018.08.01	口頭発表
2018	国内学会	新田哲也, “インドネシアにおける養殖業のICT化 vol.2”, マリンITワークショップ2018, 函館市, 2018.08.01	口頭発表
2018	国際学会	Masaaki Wada, “ICT applications of future mariculture,” The 1st international seminar on mariculture and its biotechnology, Denpasar, 2018.11.14	招待講演
2018	国内学会	井上航次郎, “機械学習を用いたGrouperの魚病・斃死の要因特定と予測モデルの開発”, マリンITワークショップ2019いしがき, 石垣市, 2019.03.01	口頭発表
2018	国内学会	千葉裕之, “インドネシアの養殖業におけるEducation & Trainingに向けた取り組み”, マリンITワークショップ2019いしがき, 石垣市, 2019.03.01	口頭発表
2018	国内学会	新田哲也, “インドネシアにおける養殖業のICT化 vol.3”, マリンITワークショップ2019いしがき, 石垣市, 2019.03.01	口頭発表

招待講演 1 件
口頭発表 6 件
ポスター発表 0 件

② 学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2017	国際学会	Akira Maruoka, “Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation on marine environment in the oceansurrounding Indonesia,” Workshop on Sensors and Applications for Fishery and Agricultural Industries, Tokyo, 2018.2.28	口頭発表
2017	国際学会	Masaaki Wada, “A study of optimizing mariculture based on IoT,” Workshop on Sensors and Applications for Fishery and Agricultural Industries, Tokyo, 2018.2.28	口頭発表
2018	国内学会	岡本誠, “図を介した共創型デザイン1”, 日本デザイン学会第 65 回春季研究発表大会, 大阪市, 2018.6.23	口頭発表
2018	国内学会	井上航次郎, “マリカルチャのための海洋環境の観測と評価”, 平成30年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会、札幌市、2018.10.27	口頭発表

招待講演 0 件
口頭発表 4 件
ポスター発表 0 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項

0 件

② マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2016	10月28日	読売新聞	IT漁業次代へ出航	北海道特集(34面)	その他	一部当課題研究の紹介が含まれる
2018	9月1日	研究応援	養殖業を分析し、安定した食料生産を実現する	pp.36-37	1.当課題研究の成果である	
2018	3月2日	エフエム豊橋	ビッグデータでインドネシアの水産業を支援		1.当課題研究の成果である	

3 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2017	2月28日	ワークショップ (Sensors and Materials)	東京都(日本)	25(4)	公開	研究代表者が主催のワークショップ
2017	3月2日	マリンITワークショップ2018(いがた)	新潟市(日本)	40(4)	公開	研究代表者が主催のワークショップ
2018	8月2日	マリンITワークショップ2018	函館市(日本)	47(1)	公開	研究代表者が主催のワークショップ
2018	3月1日	マリンITワークショップ2019いしがき	石垣市(日本)	64(4)	公開	研究代表者が主催のワークショップ
2018	9月13日	日本女性技術者フォーラム	東京都(日本)	25	非公開	共同研究者が講演
2018	9月24日	Kuliah umum SATREPS	ジャカルタ (インドネシア)	35	非公開	CPが主催の勉強会 研究代表者と共同研究者が講演
2018	7月5日	ニューメディア開発協会講演会	東京都(日本)	120	非公開	研究代表者が講演

7 件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2017	10月13日	キックオフミーティング	32	
2018	5月14日	Pre-JCC	50	
2018	5月15日	JCC	51	
2018	3月14日	Pre-JCC	50	
2018	3月15日	JCC	60	
2017	11月9日	定例会	12	
2017	12月8日	定例会	13	
2017	1月26日	定例会	12	
2017	2月22日	定例会	13	
2018	4月27日	定例会	17	
2018	5月23日	定例会	17	
2018	6月15日	定例会	14	
2018	7月6日	定例会	15	
2018	8月31日	定例会	13	
2018	10月12日	定例会	22	

2018	11月26日	定例会	17	
2018	12月15日	定例会	15	
2018	2月4日	定例会	17	
2018	2月26日	定例会	9	

19 件

成果目標シート

研究課題名	マリカルチャビッグデータの生成・分析による水産資源の持続可能な生産と安定供給の実現
研究代表者名 (所属機関)	和田 雅昭 (公立はこだて未来大学 システム情報科学部)
研究期間	2017年度 ～ 2021年度
相手国名／主要相手国研究機関	インドネシア共和国／海洋水産省、ボゴール農科大学

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	- 世界の食料安全保障への寄与 - 国民への水産物の安定供給 - 日本企業による成果の事業化
科学技術の発展	- 海洋環境の見える化 - 海洋におけるIoTの利用促進 - マリカルチャビッグデータの基盤技術の確立
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	- 海洋環境ビッグデータの国際標準化 - 水産資源の持続的利活用に資するセンシング手法と資源管理手法の確立 - 気候変動の影響評価に関する知見の獲得
世界で活躍できる日本人人材の育成	- 若手研究者のグローバルな視点の養成 - 海外研究者との共同研究の機会創出 - グローバルな技術の習得
技術及び人的ネットワークの構築	- ICTを活用した遠隔教育技術 - リーダーの育成とリーダー間および研究者間の人的ネットワーク構築
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	- 海洋環境保全のための政策提言書 - IEEE(米国電気電子学会)への論文投稿 - 持続可能な養殖業・漁業ガイドライン - マリカルチャビッグデータ - DSSシステム

上位目標

養殖業・漁業の高度化による世界の食料安全保障と途上国の地方開発の実現

インドネシアにおけるマリカルチャ・デベロップメントを支援

プロジェクト目標

マリカルチャビッグデータの生成と分析による水産資源の持続可能な生産と安定供給の実現。遠隔教育システムを活用したグループリーダーの育成とメンバー教育の実現。

