

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H03558

研究課題名(和文) 環境変化に順応するネイチャー・レジリエント・ネットワーク型生け簀ロボットの研究

研究課題名(英文) Nature Resilient Network-type Fish Cage Robots Adaptable to Environmental Changes

研究代表者

小林 透 (Kobayashi, Toru)

長崎大学・情報データ科学部・教授

研究者番号：90637399

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：海面養殖において、餌の運搬と魚の空腹度に応じて給餌を行う自動給餌AIドローンシステムを開発した。本システムは、スマート生け簀とドローンから構成されている。スマート生け簀では、生け簀内の魚の活動状況をカメラでモニタし、Optical Flowにより定量化し、それをRose Mapとして可視化することで、魚の空腹度をSupport Vector Machineにより高精度に判定する。ドローンは、餌を運搬し生け簀上空からスマート生け簀の指示により餌を投下する機能を備えている。本システムは、長崎県総合水産試験場のブリの実験生け簀を対象に機能性検証され、その有効性が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、生け簀内に設置するMulti-sensor Platformを開発し、その水中カメラ映像からOptical Flowにより魚群の活性度をRose Map化することで給餌判定を行うAI(給餌判定AI)、及びその判定に基づき自動給餌する装置(ドローン)の開発に成功している。AIの判定精度を向上させるための魚群の特徴抽出、可視化技術は、他の生物を対象としたAIに応用可能で、学術的意義が高い。また、餌の運搬から、魚の食欲に合わせたオンデマンド給餌までの自動化により、養殖業者を日々の給餌業務から解放できることは、水産養殖の持続可能な生産性向上の点で社会的意義が大きい。

研究成果の概要(英文)：We developed an automatic AI drone feeding system for marine aquaculture, which transports feed and feeds fish according to their hunger level. This system consists of a smart fish cage and a drone. In the smart fish cage, the activity of the fish in the cage is monitored by a camera, quantified by Optical Flow, and visualized as a Rose Map to determine the hunger level of the fish with high accuracy using a Support Vector Machine. The drone has the function of transporting feed and dropping it from above the cage according to the command of the smart fish cage. The functionality of this system was verified using an experimental yellowtail cage at the Nagasaki Prefectural Fisheries Research Center, and its effectiveness was confirmed.

研究分野：ソフト工学

キーワード：自動給餌AIドローン スマート生け簀 Optical Flow Rose Map Support Vector Machine

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

安定的で安心安全な食糧供給の観点で、水産養殖が注目を集めている。しかし、水産養殖は労働集約的産業であり、ICT を活用した生産性向上が望まれている。一方、SDG's の観点からも環境に優しい持続可能な水産養殖産業が求められている。つまり、地球環境が大きく変動する中、養殖産業の ICT 化においては、「生育状況の変化に応じた給餌量の調整が可能で、台風等の特異的な環境変化にも耐えられるインテリジェントでレジリエントな仕組み」が不可欠である。そこで、本研究では、長崎県で注目されている沖合養殖をモデルにした“ネイチャー・レジリエント・ネットワーク型生け簀口ポット”の確立を目指す。具体的には、沖合でも波浪の影響を受けにくい浮沈式生け簀(海面下生け簀)向けに、申請者らが開発した自動給餌装置を多様なセンサと制御コンピュータにより Fog 化する。それにより得られるセンサ情報からオプティカルフローによる魚群行動解析をクラウド上で行うことで、魚の空腹度に基づいたインテリジェントな給餌制御方式を実現する。さらに、本給餌制御を、魚に近い Fog 側が主体となる処理方式とすることで、クラウドとの通信障害が発生してもサステイナブルでレジリエントな自律分散処理方式を明らかにする。

2. 研究の目的

本研究の目的は、自然環境に順応可能なインテリジェントでレジリエントなネイチャー・レジリエント・ネットワーク型生け簀口ポットの確立である。具体的には、長崎県で盛んな沖合養殖を対象とする。本研究では、各種センサ、高精細カメラを装着したマルチセンサプラットフォームを開発する。これにより、これまで把握できなかった水中での給餌時の魚の空腹度を定量化する方法を確立する。空腹度の定量化ができれば、無駄の無い給餌量の調整が可能となる。本研究では「魚の空腹度は群れとしての魚の行動に反映される」という仮説の下、カメラにより魚の位置計測を行った上でオプティカルフローの技術を用いて群れとしての魚の挙動解析(魚群行動解析)を行う。そして、魚群行動を魚の空腹度に関するいくつかのパターンに分類することで、空腹度を定量的に推定することを試みる。その上で、空腹度に基づき給餌量をオンデマンドで調整する給餌制御方式を確立する。

また、本給餌制御方式は、Fog コンピューティング(海上)とクラウドコンピューティング(陸上)を連携させた分散処理により実現する。クラウドコンピューティングにより作成した給餌制御のための学習モデルを Fog 側に実装することで、生け簀側で自律的に自動給餌が可能なシステムを確立する。

3. 研究の方法

研究の目的を達成するために、具体的なユースケースとして、自動給餌 AI ドローン立案した。自動給餌 AI ドローンは、これまで、ベテランの漁業従事者が行ってきた養殖生け簀における給餌業務を、そのままシステムに置き換えることを基本コンセプトとしている。従事者は、目で生け簀内の魚の様子を見て、脳で、給餌可否の判定を行っている。また、従事者は、手足を使って餌を生け簀に運ぶ。そして、給餌可と脳が判定した場合は、手足を動かす情報が神経系を経由して、手足に伝達され給餌が実行させる。

そこで、我々の提案する自動給餌 AI ドローンは、これらの従事者が行うプロセスをスマート生け簀(Smart Cage)とドローン(Drone)にそれぞれ分担、かつ連携させて代替させている。具体的には、人間の目と脳に当たる部分をスマート生け簀に、手足に当たる部分をドローンに分担させた(図1)。さらに、神経系の情報伝達に当たる部分を、スマート生け簀とドローンの連携方式として、スマート生け簀とドローンの双方に分担させた。これら

の分担により実現する自動給餌 AI ドローンのユースケースを図 2 に示す。飼料を搭載したドローンは、生け簀上空に飛来するとスマート生け簀と連携して、魚が満腹になるまで、上空から飼料を投下する。次章において、確立したスマート生け簀とドローンによる自動給餌 AI ドローンの機能を詳述する。

4. 研究成果

(1) スマート生け簀

リアルタイム水中映像取得システム (目機能)

スマート生け簀において、人間の目に相当する部分として、リアルタイム水中映像取得システムを開発した。リアルタイム水中映像取得システムは、Web カメラを耐水カプセルに格納した水中カメラ装置と、撮影された映像をリアルタイムに取得し分析を行うノート PC から成っている (図 3)。これらの装置を、PoE (Power over Ethernet) hub で連結することで、シンプルな配線と情報ネットワーク化を両立している。また、これらの装置を、実験生け簀のある港や洋上で、外部電源に頼らずに稼働させるために、ポータブルバッテリーによる給電を行っている。

ノート PC には、水中カメラ装置からの映像の録画機能に加えて、次節で説明する空腹判定 AI が実装されている。さらに、その AI の判定結果をドローンに通知するための通信機能も実装されている。今回は、機能検証用のプロトタイプのため、ノート PC を利用したが、実用化においては、ポータブル性を考慮し Jetson 等の組み込み型コンピュータに置き換える必要がある。

空腹判定 AI (脳機能)

スマート生け簀において、脳に当たる部分として、空腹判定 AI を開発した。人による給餌業務では、給餌の魚の動きから魚の空腹度を判断している。餌に活発に食いつく時は、空腹であるため給餌を継続する。餌を投入しても餌を追わなくなってきたら、満腹であるため給餌を終了する。実際、実験生け簀において、人による給餌中のブリの動きを、リアルタイム水中映像取得システムにより撮影して確認したところ、ブリの動き (ここでは活性度と呼

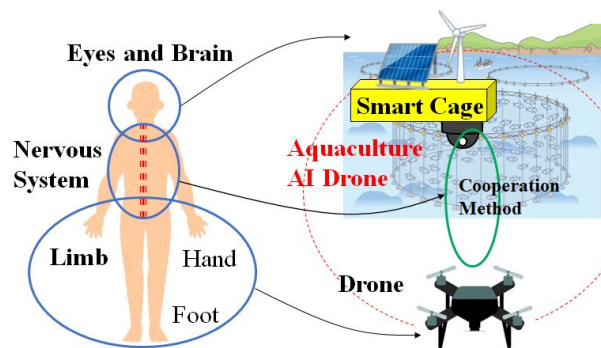


図 1. 自動給餌 AI ドローンのコンセプト

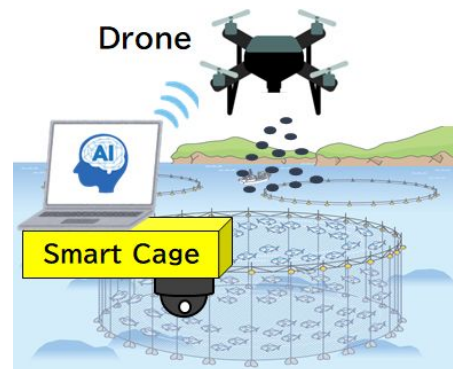


図 2. 自動給餌 AI ドローンのユースケース

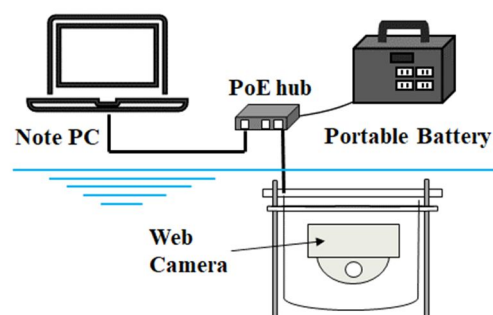


図 3. リアルタイム水中映像取得システム

ぶ)に明らかな違いが見られた。つまり、活性度が高いと空腹、低いと満腹ということが出来る。

このブリの活性度を定量化するために、Optical Flow に着目した。Optical Flow は、自動運転にも活用されている技術で、映像の中で、動いている物体のみを抽出することができる。今回は、この Optical Flow を、リアルタイム水中映像取得システムにより取得した画像のすべてのピクセルに対して適用した。つまり、ブリの特定の部位に着目した Sparse な Optical Flow 推定ではなく、画像全体を対象とした Dense なオプティカルフロー推定を行った。これは、画像全体を対象にした方が、魚群としての活性度（空腹度）の把握がしやすいと考えたためである。

実験生け簀内のブリを対象にした Optical Flow 処理結果を図 4 に示す。Optical Flow により、ピクセル毎にフレーム間での魚の動きがベクトル化される。このベクトルは、向きと大きさの情報を持つ。そこで、すべてのピクセルのベクトル量を、ダーツの的のようなダイアグラムにマッピングする（図 5）。このダイアグラムのことを Rose Diagram と呼ぶ。こうすることで、画像全体、つまり、魚群としての活性度（空腹度）を、Rose Diagram という一つの形式にヒートマップとして表現することができる（図 6）。

ブリの活性度の定量化が可能となったので、これを、SVM（Support Vector Machine）により 2 class 分類することを試みた。長崎県総合水産試験場のベテランの従事者にブリの映像を見てもらい、空腹か否かの正解データをアノテーションしてもらった。これを、その時の Rose Diagram とペアにして SVM の学習モデルを作ることによって、空腹判定 AI を開発した。

(2) ドローン（手足機能）

ドローンは、市販の農業用ドローンを利用した。利用したドローンは、種や肥料を上空から散布するための散布装置を装着することが可能である。そこで、この散布装置にペレット



図 4. ブリを対象にした Optical Flow 処理結果

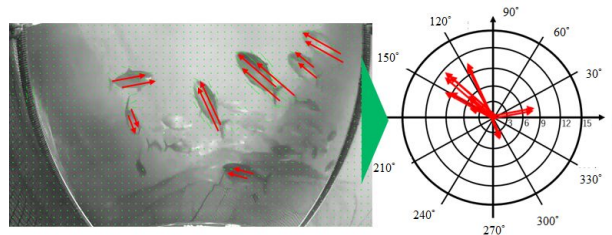
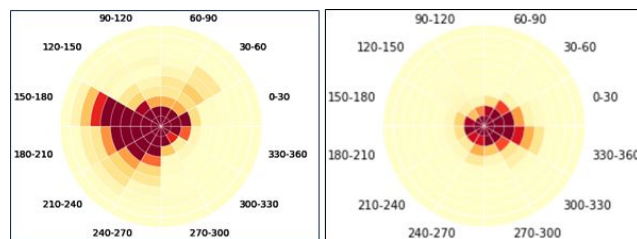


図 5. Optical Flow 処理結果の Rose Diagram 化



(a) Hungry

(b) Satiety

図 6. Rose Diagram 表示例

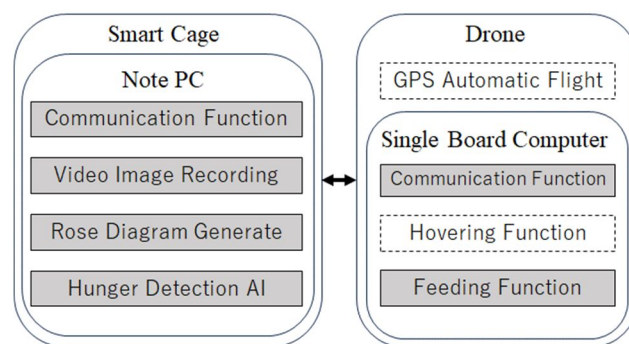


図 7. ソフトウェア構成

状の魚の飼料を封入して、生け簀上で飼料を散布することを考えた。そのためには、陸上の基地から GPS により、生け簀周辺まで自動飛行し、生け簀の真上でホバリングさせる必要がある。その後、スマート生け簀と連携して散布装置の開閉により給餌を行う。GPS による生け簀周辺までの自動飛行は、市販のドローンが装備している機能で可能である。また、生け簀上空でのホバリングについては、ドローンに搭載されているカメラを使って、生け簀の3角に添付された ArUco マーカー等の検知により可能と考えられる。そこで、今回は、スマート生け簀と連携して散布装置の開閉制御の部分に対象を絞ってプロトタイプを開発した。本プロトタイプ開発に当たり、新たにシングルボードコンピュータとモバイルバッテリーをドローンに装着した。

(3) スマート生け簀とドローンの連携方式 (神経系情報伝達機能)

スマート生け簀の構成要素であるノート PC とドローン上のシングルボードコンピュータ上に実装したソフトウェア構成を図 7 に示す。図の実線網掛けした四角の機能が今回実装した機能である。通信機能では、ドローンのシングルボードコンピュータに、無線 LAN の基地局機能を実装している。ドローンがスマート生け簀に近づくと Wi-Fi が自動接続され、Socket 通信が確立される。その後、ドローンがスマート生け簀上空の給餌位置に達すると、スマート生け簀から給餌開始指示がドローンに送られる。それと同時に、スマート生け簀側では、5 秒間生け簀内の動画を録画する。ドローン側では、3 秒間、散布装置を開いて飼料を投下する。その後、スマート生け簀側では、録画を元に Rose Diagram を生成する。生成された Rose Diagram は、空腹判定 AI により、空腹、満腹の 2 クラスに分類される。満腹と判定されるまで、映像の録画と給餌を繰り返す (図 8)。

(4) 評価

長崎県総合水産試験場の実験生け簀を対象に、自動給餌 AI ドローンの機能性評価を行った。対象とした実験生け簀は、3m×3m×3m で、生後 6 か月の約 50 匹のブリを飼育している。リアルタイム水中映像取得システムを用いて、撮影した映像から空腹判定 AI の精度を検証したところ、95%の精度で空腹度を判定できることが確かめられた。実験に利用した

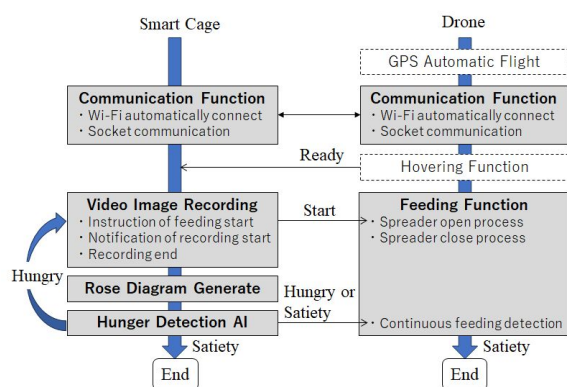


図 8. 自動給餌 AI ドローンのシーケンスチャート



図 9. 自動給餌 AI ドローンプロトタイプ

スマート生け簀のノート PC は、COREi7、2.0GHz、メモリは 16G の性能である。5 秒間の録画から Rose Diagram を生成するまでの時間は、平均 20 秒であった。スマート生け簀とドローンが連携した自動給餌も設計通り動作することを通信ログにより確認できた。なお、連携実験は、実験室で行った (図 9)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 深江 一輝、今井 哲郎、荒井 研一、小林 透	4. 巻 J105-D
2. 論文標題 水中養殖生け簀のためのマルチセンサプラットフォームを有する観測装置の研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D 情報・システム	6. 最初と最後の頁 594 ~ 602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transinfj.2021LIP0010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nhan Thanh Pham、Amagai Takafumi、Mushirobira Yuji、Murata Ryosuke、Soyano Kiyoshi	4. 巻 560
2. 論文標題 Growth, sexual transition, and maturation of blacktip grouper <i>Epinephelus fasciatus</i> under long-term artificial rearing: Puberty and its associated physiological and endocrine changes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Aquaculture	6. 最初と最後の頁 738595 ~ 738595
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aquaculture.2022.738595	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Amagai Takafumi、Izumida Daisuke、Murata Ryosuke、Soyano Kiyoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Male Pheromones Induce Ovulation in Female Honeycomb Groupers (<i>Epinephelus merra</i>): A Comprehensive Study of Spawning Aggregation Behavior and Ovarian Development	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cells	6. 最初と最後の頁 484 ~ 484
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cells11030484	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Kazuki FUKAE , Tetsuo IMAI , Kenichi ARAI , Toru KOBAYASHI	4. 巻 Vol. E106-D
2. 論文標題 Fish School Behaviour Classification for Optimal Feeding Using Dense Optical Flow	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1472-1479
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICCE59016.2024.10444224	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小林透	4. 巻 5
2. 論文標題 生け簀が自律・自立的に魚を育てる IoTとAIを活用した「生け簀5.0」	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 養殖ビジネス	6. 最初と最後の頁 12-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wengang Xu, Hisashi Chuda, Kiyoshi Soyano, Jun Zeng, Weiping Mei, Huafeng Zou	4. 巻 12
2. 論文標題 Chronological Changes in Gonadotropin-Releasing Hormone 1, Gonadotropins, and Sex Steroid Hormones along the Brain-Pituitary-Gonadal Axis during Gonadal Sex Differentiation and Development in the Longtooth Grouper, <i>Epinephelus bruneus</i>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Cells	6. 最初と最後の頁 2634-2650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cells12222634	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Tomofumi Yamaguchi, Takayuki Takebe, Masato Nakachi, Yuuki Kawabata, Kazuhisa Teruya, Kiyoshi Soyano	4. 巻 33
2. 論文標題 Histological description and endocrine regulation of ovarian maturation in wild and captive white-streaked grouper <i>Epinephelus ongus</i>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Aquaculture Reports	6. 最初と最後の頁 101865-101874
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aqrep.2023.101865	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計21件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 田中 祐大、小川 翔也、深江 一輝、今井 哲郎、荒井 研一、小林 透
2. 発表標題 スマート養殖実現のための自動給餌方式の研究
3. 学会等名 電子情報通信学会 ライフインテリジェンスとオフィス情報システム (LOIS) 研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小川 翔也、田中 祐大、深江 一輝、今井 哲郎、荒井 研一、小林 透
2. 発表標題 スマート養殖の実現に向けたアクア・コロニーの研究
3. 学会等名 電子情報通信学会 ライフインテリジェンスとオフィス情報システム (LOIS) 研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 深江 一輝、田中 祐大、今井 哲郎、荒井 研一、小林 透
2. 発表標題 オプティカルフローを用いた最適給餌のための魚群行動分類
3. 学会等名 情報処理学会 コンシューマ・デバイス&システム (CDS) 研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yudai Tanaka, Shintaro Yamabe, Kazuki Fukae, Tetsuo Imai, Kenichi Arai, Toru Kobayashi
2. 発表標題 Quantification of Fish Behavior Using Optical Flow
3. 学会等名 2022 IEEE 11th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tetsuo Imai, Shoya Ogawa, Nobuyuki Yonaga, Kazuki Fukae, Kenichi Arai, Toru Kobayashi
2. 発表標題 Interpretable image features for anomaly identification on hexagonal net knitting machines
3. 学会等名 2022 IEEE 27th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小川 翔也、世永 宜之、深江 一輝、今井 哲郎、荒井 研一、小林 透
2. 発表標題 AIを用いた編網機における網目異常検知手法の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会 ライフインテリジェンスとオフィス情報システム (LOIS) 研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shintaro Yamabe, Kazuki Fukae, Tetsuo Imai, Kenichi Arai, Toru Kobayashi
2. 発表標題 Multi-sensor Platform for Smart Aquaculture
3. 学会等名 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tetsuo Imai, Satoshi Ichimaru, Kenichi Arai, Toru Kobayashi
2. 発表標題 Photovoltaic Power Prediction System Followable to Gaps of Weather Forecasts
3. 学会等名 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuki Fukae, Tetsuo Imai, Shintaro Yamabe, Kenichi Arai, Toru Kobayashi
2. 発表標題 Development of Observation Device with Multi Sensor Platform for Underwater Aquaculture Cages
3. 学会等名 2021 IEEE 45th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今井 哲郎、市丸理士、荒井 研一、小林 透
2. 発表標題 海洋環境観測装置のための局所的・短期的太陽光発電量予測システム
3. 学会等名 電子情報通信学会 サービスコンピューティング (SC) 研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石下里奈 , 田中祐大 , 半田丈都 , 深江一輝 , 高橋秀幸 , 今井哲郎 , 荒井研一 , 小林透
2. 発表標題 養殖ブリ出荷時期予測のための魚体長測定の研究
3. 学会等名 電子情報通信学会ライフインテリジェンスとオフィス情報システム研究会 (LOIS)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 半田丈都 , 田中祐大 , 石下里奈 , 深江一輝 , 今井哲郎 , 荒井研一 , 高橋秀幸 , 小林 透
2. 発表標題 スマート養殖の実現に向けた給餌用ドローンシステムの研究
3. 学会等名 電子情報通信学会ライフインテリジェンスとオフィス情報システム研究会 (LOIS)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小林 透 , 田中祐大 , 半田丈都 , 石下里奈 , 深江一輝 , 高橋秀幸 , 今井哲郎 , 荒井研一
2. 発表標題 養殖生け簀向け自動給餌AIドローンの研究
3. 学会等名 電子情報通信学会ライフインテリジェンスとオフィス情報システム研究会 (LOIS)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小林 透 , 田中祐大 , 磯崎敦史 , 山田洋史 , 戸川大樹 , 深江一輝 , 荒井研一 , 今井哲郎
2. 発表標題 Metaverse of Thingsと生成AIの融合によるサービス開発技術
3. 学会等名 電子情報通信学会ライフインテリジェンスとオフィス情報システム研究会 (LOIS)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Kazuki Fukae , Yudai Tanaka , Tetsuo Imai , Kenichi Arai , Toru Kobayashi
2. 発表標題 Fish School Behaviour Classification for Optimal Feeding Using Rose Diagram
3. 学会等名 IEEE 42nd International Conference on Consumer Electronics (ICCE 2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Toru Kobayashi , Yudai Tanaka , Daiki Togawa , Junpei Takaishi , Rina Ishishita , Kazuki Fukae , Tetsuo Imai , Kenichi Arai
2. 発表標題 IoT/AI Technology for Aqua Colony
3. 学会等名 IIAI AAI 2023-Winter 15th International Congress on Advanced Applied Informatics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林 透 , 田中祐大 , 石下里奈 , 深江一輝 , 今井哲朗 , 荒井研一
2. 発表標題 完全自動養殖を可能とするアクア・コロニーの研究
3. 学会等名 電子情報通信学会サービスコンピューティング (SC) 研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中 祐大 , 石下 里奈 , 深江 一樹 , 今井 哲郎 , 荒井 研一 , 小林 透
2. 発表標題 コースダイアグラム時系列を用いた給餌時の魚群活性度判定
3. 学会等名 情報処理学会第38回コンシューマ・デバイス&システム (CDS) 研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Toru Kobayashi , Yudai Tanaka , Kazuki Fukae , Tetsuo Imai , Kenichi Arai
2. 発表標題 Aqua Colony for Fully Automated Aquaculture
3. 学会等名 2023 11th IEEE International Conference on Mobile Cloud Computing, Services, and Engineering (CISOSE2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Toru Kobayashi , Yudai Tanaka , Rina Ishishita, Takeo Handa, Kazuki Fukae , Hideyuki Takahashi, Tetsuo Imai , Kenichi Arai
2. 発表標題 Aquaculture AI Drone for Automatic Feeding
3. 学会等名 the 5th International Conference on Artificial Intelligence, Robotics, and Control (AIRC 2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 深江 一輝
2. 発表標題 IoTを活用した水産養殖における最適給餌システムに関する研究
3. 学会等名 情報処理学会第38回コンシューマ・デバイス&システム (CDS) 研究会 (招待講演)
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 小林 透	4. 発行年 2022年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 306
3. 書名 スマート養殖技術	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 給餌制御システム、給餌制御方法、及びプログラム	発明者 小林 透、荒井 研 一、今井 哲郎	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2024-045601	出願年 2024年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	今井 哲郎 (Imai Tetsuo) (10436173)	広島市立大学・情報科学研究科・講師 (25403)	
研究分担者	荒井 研一 (Arai Kenichi) (60645290)	長崎大学・情報データ科学部・准教授 (17301)	
研究分担者	征矢野 清 (Soyano Kiyoshi) (80260735)	長崎大学・海洋未来イノベーション機構・教授 (17301)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	深江 一輝 (Fukae Kazuki)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------