

令和 6 年 4 月 12 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K11934

研究課題名（和文）養殖場モニタリングのための水中通信方式の開発

研究課題名（英文）Development of underwater communication methods for fish farm monitoring

研究代表者

谷口 義明（Taniguchi, Yoshiaki）

近畿大学・情報学部・教授

研究者番号：50532579

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：養殖場に適した水中通信技術がないことが養殖産業のIoT導入の障壁のひとつとなっていると考えられる。そこで本研究では、養殖魚に装着した生体センサ、生簀や水中ロボットに設置した環境センサで計測した情報を収集する養殖場モニタリングシステムを実現するための通信技術に関する初期検討を行った。具体的には、養殖魚に装着した生体センサから情報を収集するために、LEDを用いた可視光通信により省電力に情報を収集するための方式の検討を行った。また、環境センサから情報を収集するために、市販の無線通信機能を持つセンサを水中で使用するための方式の検討を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本技術が確立されるとともに養殖業の高度化、自動化が進めば、個々の養殖魚の高度な品質管理が実現できるようになり、養殖効率の向上、付加価値の追加、天然資源の保護などの大きな波及効果が期待される。特に我が国は海に囲まれており養殖産業の発展の余地が大きいと考えられる。また、少子高齢化により人手不足が予想される我が国において、養殖業の高度化、自動化は不可欠な技術である。さらに、養殖技術の発展が進めば、世界的な食糧不足の解決や寿司をはじめとする日本料理の世界展開などの一助にもなると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The lack of underwater communication technology suitable for aquaculture farms is considered to be one of the barriers to introducing IoT in the aquaculture industry. Therefore, in this study, we conducted an initial study on communication technology to realize a farm monitoring system that collects information measured by biosensors attached to farmed fish and environmental sensors installed in cages and underwater robots. Specifically, in order to collect information from biosensors attached to farmed fish, we proposed a power-saving method for collecting information using visible light communication using LEDs. In addition, in order to collect information from environmental sensors, we proposed a method for using commercially available sensors with wireless communication functions underwater.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：水中通信 養殖場 センサネットワーク モニタリング 可視光通信 音響通信

1. 研究開始当初の背景

第一次産業におけるセンサネットワーク技術、IoT/AI 技術の導入による省力化、生産性向上は世界的な流れとなっている。例えば、畜産業においては、単価の高い家畜にセンサを装着し健康管理を行うなどの IoT 導入が進んでいる。これはスマートフォンの普及等に伴い安価になったセンサや無線通信モジュール、既存の通信インフラを利用できることによる。

一方、養殖産業においては生産物が水面下にあること、水中では減衰のため電波を使った市販無線通信機器が使用できないこと、水中通信技術の開発は地上の無線通信技術と比べて遅れており養殖場に適した水中通信技術がないことが IoT 導入の障壁のひとつとなっている。そのため、養殖産業における IoT 導入は、水中カメラを用いたモニタリングや出荷時における魚の自動仕分けなど、水中通信技術を必要としないものを中心である。魚に取り付けるセンサ端末の低価格化、養殖場に適した水中通信技術の開発が進めば、畜産業と同様に、養殖産業における IoT 導入が大きく進むと期待される。

研究代表者らの研究グループは以前より養殖場を対象とした通信方式を検討してきた。本研究課題は過去の初期検討をさらに発展、具体化したものである。

2. 研究の目的

マグロのような商品価値の高い魚の腹部にセンサ端末を装着し品質や養殖効率の向上を行うモニタリングシステム(図1)を対象として、養殖場に適した安価で実用的な新たな水中通信技術を検討することを目的とする。マグロは単価が高い魚であるが、養殖技術が確立しておらず、出荷可能な大きさになるまでの生存率が他の魚種と比べて極めて低い。魚に装着した生体センサや、生簀内、周辺海域中に設置したセンサ、水中ロボットに取り付けたセンサで計測した情報を収集、分析するとともに、病気の個体を特定し投薬あるいは処分を行う、水質の良い領域に生簀を移動するなどの適切な対応を取ることが養殖効率を高める上で重要となると考えられる。

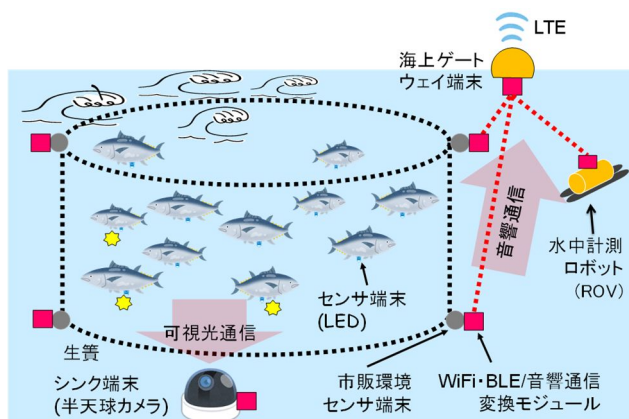


図1. 想定する養殖魚モニタリングシステム

3. 研究の方法

本研究では、養殖魚に装着した生体センサ、生簀や水中ロボットに設置した環境センサで計測した情報を収集する養殖場モニタリングシステムを実現するための通信技術に関する初期検討を行った。具体的には、大きく、(1) 養殖魚に装着した生体センサから情報を収集するために、LED を用いた可視光通信により省電力に情報を収集するための方式の検討を行った。また、(2) 環境センサから情報を収集するために、市販の無線通信機能を持つセンサを水中で使用するための方式の検討を行った。

4. 研究成果

本研究で得られた主要な成果を以下に示す。

(1) LED を用いた可視光通信による情報収集方式の検討

養殖魚に取り付けるセンサは低消費電力であること、小型であることが求められる。本研究課題では、まず、LED を用いた可視光通信により省電力に情報を収集するための方式の初期検討を行い、コンピュータシミュレーションにより手法の基本特性の評価を行った(図2)。得られた萌芽的な成果は学術論文誌に掲載された[1]。

加えて、実際に可視光通信を行うモジュールのプロトタイプを試作し、屋内環境において想定したLEDによる可視光通信が実現できることを示した。開発したモジュール例を図3に示す。得られた成果は国内学会において発表した[2]。なお、さらなる効率の向上を目指して、続くプロジェクトで継続的な検討、開発を進める予定である。

これ以外にも、屋内環境で開発モジュールの評価を行うためのドローンを用いた模擬的な評価環境の構築を実施した(図4)。また、視覚的にわかりやすいように手法の動作の様子をGUIにより可視化できるGUIシミュレータの開発も行った(図5)。

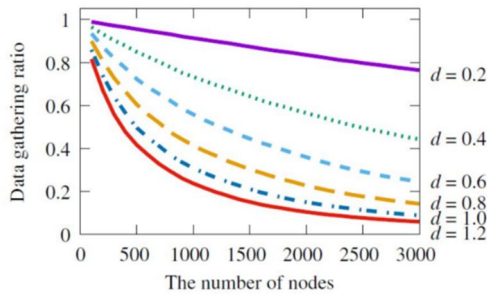


図 2. シミュレーションによる基礎評価[1]

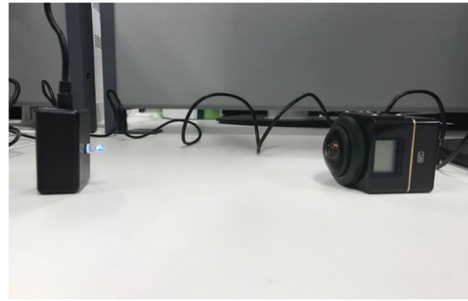


図 3. 送信モジュールのプロトタイプ



図 4. ドローンを用いた模擬的な評価環境

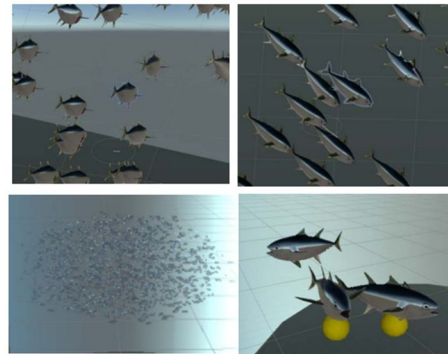


図 5. 開発した GUI シミュレータ環境

(2) 市販の無線センサを水中で使用するための方式の検討

水中専用の環境センサモジュールの独自開発はコストが高く普及に時間がかかると考えられる。すでに安価に普及している環境センサを水中で利用できると有用である。しかし、水中では電波による通信が困難であるという課題がある。そこで、無線通信信号を水中でも利用可能な音響通信信号に変換する、図 6 のようなモジュールを提案した。また、市販の機材を用いて試作機を開発した(図 7)。このモジュールを使うことにより、既存の無線センサを水中で利用可能になると考えられる。得られた萌芽的な成果は国際会議で発表を行った[3]。なお、本研究課題でえられた成果は初期検討にとどまっておき、さらなる効率の向上を目指して、続くプロジェクトで継続的な検討、開発を進める予定である。



図 6. モジュールの利用例[3]

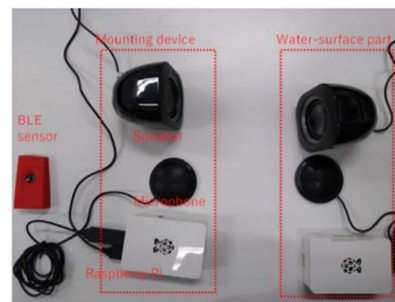


図 7. 初期プロトタイプ[3]

(3) その他の通信方式の検討

そのほかにも研究目的のもと、養殖業務の高度化、効率化を想定してさまざまな手法の検討を行った。紙面の制約上詳細は省くが、たとえば、複数の音響ソナーを用いて養殖魚の数を計測する場合の基礎検討[4]、大規模生簀に置いて養殖魚に取り付けられたモジュール同士で通信を行うことによりデータを収集する場合の基礎検討[5]を行っている。それぞれ学術論文誌や国際会議において発表を行った。

本研究課題で検討した技術が確立されるとともに養殖業の高度化、自動化が進めば、個々の養殖魚の高度な品質管理が実現できるようになり、養殖効率の向上、付加価値の追加、天然資源の保護などの大きな波及効果が期待される。特に我が国は海に囲まれており養殖産業の発展の余地が大きいと考えられる。また、少子高齢化により人手不足が予想される我が国において、養殖業の高度化、自動化は不可欠な技術である。さらに、養殖技術の発展が進めば、世界的な食糧不足の解決や寿司をはじめとする日本料理の世界展開などの一助にもなると考えられる。

(主要な参考文献)

- [1] Yoshiaki Taniguchi, ``A system for monitoring farmed fish via LED-based visible light communication,`` IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, vol.14, no.11, pp.1725-1726, Nov. 2019.
- [2] 筧浩平, 水島弘樹, 今中聖尋, 谷口義明, ``養殖魚モニタリングのための可視光通信モジュールの開発と評価,`` 2021 年度情報処理学会関西支部支部大会講演集, 6 pages, G-11, Sep. 2021.
- [3] Yoshiaki Taniguchi, Hiroto Masuda, ``A conversion system based on acoustic communication for using Bluetooth Low Energy sensors underwater,`` in Proceedings of the 23rd International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT 2021), 4 pages, Feb. 2021.
- [4] Yoshiaki Taniguchi, Kansei Oki, ``Simulation study of fish counting by multiple scanning sonars in a fish farm,`` Journal of Communications, vol.15, no.2, pp.164-170, Feb. 2020.
- [5] Takumi Komura, Yoshiaki Taniguchi, ``Evaluation of data forwarding methods for fish farm monitoring system with energy harvesting,`` in Proceedings of the 9th International Conference on Information Technology: IoT and Smart City (ICIT 2021), pp.381-386, Dec. 2021.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yoshiaki Taniguchi, Kaito Muto	4. 巻 17
2. 論文標題 A device for visualizing Wi-Fi frames using an LED panel	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 1377 ~ 1379
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23629	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 江川 悠斗、谷口 義明、井口 信和	4. 巻 62
2. 論文標題 無線フレームの観測に基づくIoT機器の把握支援システム	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1298 ~ 1306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20729/00211103	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 Taniguchi Yoshiaki, Morimoto Kohei	4. 巻 17
2. 論文標題 Development of an Acoustic Spot Data Communication System Using Multiple Parametric Array Loudspeakers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 151 ~ 153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23496	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 Taniguchi Yoshiaki	4. 巻 14
2. 論文標題 A system for monitoring farmed fish via LED based visible light communication	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 1725 ~ 1726
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.22996	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 Yoshiaki Taniguchi, Kansei Oki	4. 巻 15
2. 論文標題 Simulation study of fish counting by multiple scanning sonars in a fish farm	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Communications	6. 最初と最後の頁 164 ~ 170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12720/jcm.15.2.164-170	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 0件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Takumi Oyama, Yoshiaki Taniguchi
2. 発表標題 A self-organizing noise signal transmission method to make eavesdropping difficult in wireless networks
3. 学会等名 The 9th IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (IEEE ICCE-TW 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryota Inaba, Yoshiaki Taniguchi, Nobukazu Iguchi
2. 発表標題 Development of a management support system for IoT devices using Wi-Fi channel state information
3. 学会等名 The 11th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (IEEE GCCE 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小村巧, 谷口義明
2. 発表標題 養殖魚モニタリング環境下における残余電力を考慮した情報転送方式の検討
3. 学会等名 2022年度情報処理学会関西支部支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋山周平, 谷口義明
2. 発表標題 MACアドレスがランダム化されたBLE機器が移動する場合の同一機器推定手法
3. 学会等名 情報処理学会マルチメディア、分散、協調とモバイルシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今尾廉, 谷口義明, 井口信和
2. 発表標題 施設内におけるBLEを用いた混雑度推定システムの評価
3. 学会等名 2022年度情報処理学会関西支部支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋山周平, 谷口義明
2. 発表標題 MACアドレスがランダム化されたBLEパケットからの同一機器推定手法の改良と評価
3. 学会等名 2022年度情報処理学会関西支部支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 泉本侑哉, 谷口義明
2. 発表標題 無線LAN環境のセキュリティ診断システムの開発
3. 学会等名 2022年度情報処理学会関西支部支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 林佑太郎, 谷口義明
2. 発表標題 BLEパケット観測に基づくIoT機器の把握支援システム
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 片山昶杜, 谷口義明, 井口信和
2. 発表標題 計測値の収集を効率化した無線LAN通信性能マップ表示システムの開発
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥島翔夢, 谷口義明, 井口信和
2. 発表標題 スマートフォンからのBLE信号を用いた出席状況確認アプリの開発
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shuhei Akiyama, Ryoya Morimoto, Yoshiaki Taniguchi
2. 発表標題 A study on device identification from BLE advertising packets with randomized MAC addresses
3. 学会等名 The 6th International Conference on Consumer Electronics Asia (IEEE ICCE Asia 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takumi Komura, Yoshiaki Taniguchi
2. 発表標題 Evaluation of data forwarding methods for fish farm monitoring system with energy harvesting
3. 学会等名 The 9th International Conference on Information Technology: IoT and Smart City (ICIT 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小村巧, 谷口義明
2. 発表標題 エネルギーハーベスティングを考慮した養殖魚モニタリング環境下における情報転送方式の評価
3. 学会等名 2021年度情報処理学会関西支部支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笈浩平, 水島弘樹, 今中聖尋, 谷口義明
2. 発表標題 養殖魚モニタリングのための可視光通信モジュールの開発と評価
3. 学会等名 2021年度情報処理学会関西支部支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笈浩平, 谷口義明
2. 発表標題 養殖魚モニタリングのための可視光通信モジュールの改良と評価
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshiaki Taniguchi, Hiroto Masuda
2. 発表標題 A conversion system based on acoustic communication for using Bluetooth Low Energy sensors underwater
3. 学会等名 IEEE ICACCT 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小村巧, 谷口義明
2. 発表標題 エネルギーハーベスティングを考慮した養殖魚モニタリングシステム
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshiaki Taniguchi, Kansei Oki
2. 発表標題 Simulation study of fish counting by multiple scanning sonars in a fish farm
3. 学会等名 ICCEI 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増田裕斗, 谷口義明, 波部齊, 阿部孝司, 井口信和
2. 発表標題 BLE機器を水中で使用するための音響通信変換システムの開発
3. 学会等名 2019年度情報処理学会関西支部支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増田裕斗, 谷口義明, 波部齊, 阿部孝司, 井口信和
2. 発表標題 任意のBLE機器を水中で使用するための音響通信変換モジュールの開発
3. 学会等名 電子情報通信学会関西支部 第25回学生会研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小村巧, 首藤誠陽, 谷口義明
2. 発表標題 通信距離に制限のある養殖魚モニタリング環境下における情報転送方式の評価
3. 学会等名 電子情報通信学会関西支部 第25回学生会研究発表講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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

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