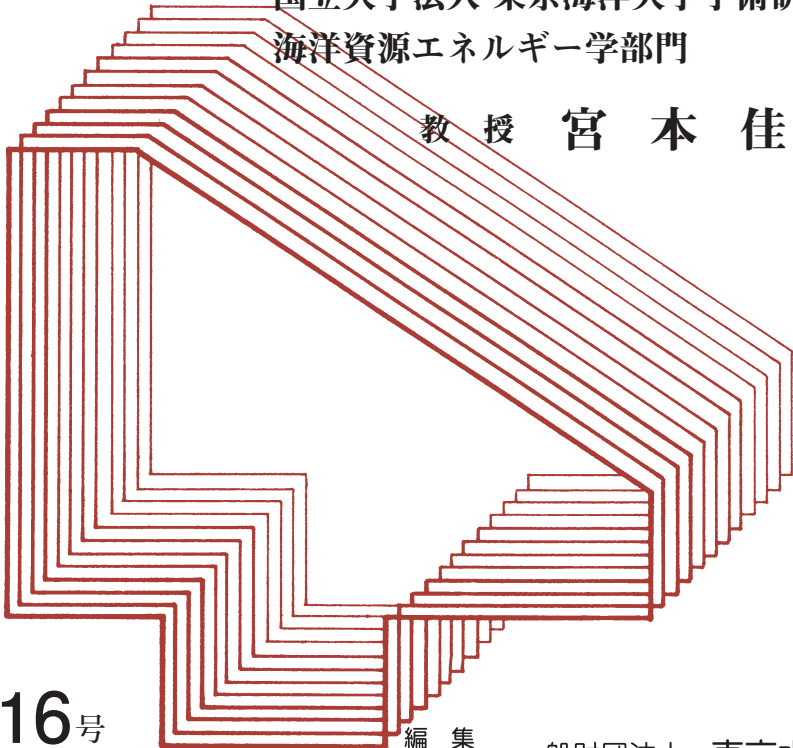


水産振興

漁業における ICT の可能性

国立大学法人 東京海洋大学学術研究院
海洋資源エネルギー学部門

教授 宮本佳則



第 **616** 号
(第53巻 第4号)

編集
発行

一般財団法人 東京水産振興会

「水産振興」発刊の趣旨

日本漁業は、沿岸、沖合、そして遠洋の漁業といわれるが、われわれは、それぞれが調和のとれた振興があることを期待しておるので、その為には、それぞれの個別的な分析、乃至振興施策の必要性を、痛感するものである。坊間には、あまりにもそれぞれを代表する、いわゆる利益代表的な見解が横行しすぎる嫌いがあるのである。われわれは、わが国民経済のなかにおける日本漁業を、近代産業として、より発展振興させることが要請されていると信ずるものである。

ここに、われわれは、日本水産業の個別的な分析の徹底につとめるとともにその総合的視点からの研究、さらに、世界経済とともに発展振興する方策の樹立に一層精進を加えることを考えたものである。

この様な努力目標にむかってわれわれの調査研究事業を発足させた次第で冊子の生れた処以、またこれへの奉仕の、ささやかな表われである。

昭和 42 年 7 月

財団法人 東京水産振興会
(題字は井野碩哉元会長)

目 次

漁業における ICT の可能性

第 616 号

1. はじめに.....	1
2. IT 用語の復習	2
3. これまでの水産業に改革をもたらした機器.....	4
4. ICT の導入事例	5
4.1 通信システムの利用	6
4.2 水中音響技術の利用	7
4.3 RFID (IC タグ)	12
5. 今後の水産業における ICT	15
6. 最後に.....	20
参考引用文献.....	22

みやもと よし のり
宮 本 佳 則

【略歴】

▷ 東京海洋大学学術研究院海洋資源エネルギー学部門 教授

東京水産大学卒業、東京水産大学大学院水産学研究所海洋生産学専攻修了。博士（水産学）。第 34 次日本南極地域観測隊（越冬）及び第 37 次日本南極地域観測隊（夏隊）に参加。専門は、応用情報システム工学。超音波テレメトリーやパイオロギング、RFID の海洋・水産への応用に関して工学的なアプローチで研究を進めている。

漁業における ICT の可能性

国立大学法人 東京海洋大学学術研究院

海洋資源エネルギー学部門 教授 宮本 佳則

1. はじめに

国内の食料自給率は、かつてないほど低い数字である。¹⁾ 仮に、日本向け食料を輸出している諸外国が自国の食料確保に走った場合、日本は大飢饉となる。食料確保だけではなく、安全性の問題もはらんでおり、いつまでも輸入に頼る現状は経済成長が順調だった時代であれば良いが、成長が止まり、運搬コストの上昇が想定されるなかで自給率の向上は大きな課題である。TPP の様な貿易自由化と言っても、運搬コストは必ずかかるし、フードマイレージが高い食品が安価で販売されるということは、どこかに負担がかかっていることを示していると思われる。しかし、“昭和”の様に、水産物を地域の魚屋さんで対面販売へ回顧することは、今更できない。今では、ネット販売で魚であろうがホタテであろうが購入できて、自宅まで鮮度よく届くのであるから。消費者は、単に安いだけでなく、製品の鮮度、安全性を求めていることは明らかであり、かつ安価であればなお良いが、それでは漁業者は儲からない。

農林水産業の中で、ICT が最も進んでいるのは農業であり、次いで酪農である。いわゆるアグリビジネスである。農業は今、ICT 化が一番進んでいて、大企業が参入し、工場のような野菜生産も始まっている。特に野菜は工業のような設備で、室内環境を管理するだけでなく、生育状況に合わせた水やりや光量の調整、出荷時期などまでをコントロールするシステムが提案、実施されている（農業の工業化）。これにより、均一化した生産物を安定して供給することを可能としている。また懸念される栄養などについても露地栽培と遜色な

く、かつ無農薬での無菌栽培を行えるため付加価値を上げる効果も生じている。^{2, 3)}

かつて稲作は、欧米を見習い広い敷地に大型の農機具を導入した大規模農業政策が進められ、生産性の向上と安定生産を得たが、コメ余りを生じて減反政策により稲作が疲弊した経緯がある。結果、自主流通米が当然となり、価格の自由化などが進んだ。しかし、米離れと言われている昨今となっても、品種改良とブランド化により、様々な米が販売され続けている。これに加えて、さらなる機械化や天候のモニタリングや30ヘクタール以上の広大な農地をコンバインなどの大型農機具を導入する稲作が行われていて、「機械学習(Machine Learning)」や「Deep Learning(深層学習)」と言ったAI(Artificial Intelligence、人工知能)を導入した大型農機具の開発がテレビドラマになるなど注目を浴びている。酪農においても、自動搾乳などの設備が海外では開発され、ますます大型経営が進んでいる。

一方で漁業はどうだろう。2018年12月、70年ぶりに漁業法が改正された。資源管理システムの導入や適切な漁業といったキーワードが盛り込まれている。この改正が漁業にICTを導入する大きな変革(スマート漁業)となるのか? ICT分野は、日進月歩で急速に進むテクノロジーであり、数年で過去の遺産となりかねないが、ここに述べたいと思う。お断りとして、ちょっと堅苦しいかもしれないが技術的な側面から考察する。

2. IT用語の復習

まずは、用語の確認から。

ITは「Information Technology」の略で、PCやインターネット、通信インフラなどを用いた「情報技術」を指していて、20年ぐらい前から言葉として浸透している。ICTとは、「Information and Communication Technology」の略称で、「情報伝達技術」と訳されている。ITとほぼ同義であるが、ICTでは情報

知識の共有にフォーカスしていて、「人と人」「人とモノ」の情報伝達といった「コミュニケーション」が強調されている。そして、「いつでも、どこでも、何でも、誰でも」ネットワークにつながる「ユビキタスネットワーク社会」が2000年代前半から構想されていた。特にこの10年で、パソコンやスマートフォン、タブレットなどの従来型のICT端末だけでなく、様々な「モノ」がセンサーと無線通信を介してインターネットの一部を構成するという意味で、「モノのインターネット」(IoT: Internet of Things) というキーワードでユビキタスネットワークの構築は表現されるようになってきている。

IoTという言葉は、1999年にRFID(Radio Frequency Identifier: いわゆるICタグ)やセンサーを研究したケビン・アシュトン氏(Kevin Ashton)が初めて使ったといわれている。IoTは、自動車、家電などあらゆる“モノ”がインターネットにつながり、情報のやり取りをすることで、モノのデータ化やそれに基づく自動化等が進展して、新たな付加価値を生み出すことを目指している。

自動化には、AI(Artificial Intelligence、人工知能)がキーワードである。人工知能(AI)の研究は1950年代から続いているが、その過程ではブームと冬の時代が交互に訪れてきたとされ、現在は第三次のブームとして脚光を浴びている。当初は、コンピューターの性能に限界があったが、近年、CPU(Central Processing Unit: 中央演算処理装置)やMPU(Micro Processing Unit: 超小型処理装置)の高速化、並列処理などにより「機械学習(Machine Learning)」や「Deep Learning(深層学習)」と言ったプログラミングが可能となり、大きく進んでいる。自動車の自動運転などが有名であるが、実はコンピューターの高性能化だけではなく、様々なセンサ類の小型化、高度化と空間情報のデジタル化(地理情報システム、GIS: Geographic Information System)により可能となってきている技術である。混同されやすいのがRPA(Robotic Process Automation / ロボティック・プロセス・オートメーション)である。RPAとは、ルールに沿って単純に作業をこなすのが特徴であり、定型作業をパソコンの中にあるソフトウェア型のロボットが代行・自動化する概念で

ある。比較的安価で導入できる点にメリットがあり、導入も AI ほど難しくない。ある意味、エクセルのマクロ機能を拡張したと言えばわかりやすいかもしれない。

ここに至って“デジタルツイン (Digital Twin)” と呼ばれる、サイバー空間上に実際の製品や製造工程を再現したシステムが構築されている。コンピューター・シミュレーションとの違いはリアルタイム性、現実世界との連動する仮想現実とも言えるテクノロジーが生まれている。

3. これまでの水産業に改革をもたらした機器

水産業への ICT 導入を考える前に、漁業・水産に改革をもたらせた機器を振り返りたい。それまで長年の経験と勘が必要だった漁業を一気に短縮させた革新的な機器として、私が考えるのは、第一に“魚群探知機やソナー”であり、その次は“GPS プロッタ” だと思う。

魚群探知機は、公益社団法人発明協会「戦後日本のイノベーション 100 選」にも選ばれており⁴⁾、“古野電気は 1948 年、漁業の科学化を志向する動きの中で、世界で初めて魚群探知機の実用化に成功した。”と記載されている。⁵⁻⁸⁾ 同時期に、欧米でも軍事用ソナー（船舶用超音波測距・測深機）の原理を応用して魚群探知機が開発されているが、高価で大型であった機器を小型化し安価にしたことにより漁船に搭載可能となり、普及させた功績は高く評価されている。これにより見えない海中を音で知ることが可能となり、魚を探して漁獲することが可能となった。また、計量魚群探知機が開発され魚の一尾当たりの後方散乱強度であるターゲットストレングス（以下、TS）に関する研究が国内外で盛んに行われはじめられている。そして魚群探知機から、サーチライトソナーを開発し、従来の下方向ではなく水平方向のより広範囲の探索を可能にし、更に電子的にビームを回転させて、広範囲の映像を瞬時に取得することができるスキャニングソナーが開発されて、今日に至っている。⁹⁾

GPS (Global Positioning System) は、1973 年にアメリカ空軍と海軍が合同で開発を開始した。1989 年に GPS 衛星の打ち上げを開始し、1993 年に GPS の運用開始が正式に宣言された。よく“全地球測位システム”と日本語訳されている事もあるが、GPS はアメリカの衛星測位システムである。ISO (International Organization for Standardization: 国際標準化機構) などでは衛星測位システムは、GNSS (Global Navigation Starlight System) と記載され、その中の一つが GPS である。初期の市販 GPS 受信機は、緯度経度や時刻、高度を数字で表示するだけの機能であったが、MPU と液晶画面の性能向上と価格の低下により、電子地図 (電子海図) との組み合わせにより海図上に自船の緯度、経度を記録できるようにしたものが GPS プロッタである。陸上のカーナビに開発が先行されていたが、“道も標識もない海の上で自分がどこにいるのかわかる”だけでなく、過去の情報を蓄積できるようになっており、針路の方位や航跡、魚礁などのポイントも表示できる。海図の緯度経度の情報に、魚群探知機による水深情報を加えれば 3 次元海底地形を知る事もできる。この機能により、過去の航跡と魚探の画像を照らし合わせて操業ポイントを決定できることにより、10 年分の経験が軽減されたとも言われている。

現在、GPS プロッタと魚群探知機は一体化されて、装備していない小型漁船は無いと言って良いぐらい普及している。操業効率だけでなく航行の安全にも寄与しており、水産・漁業に与えた影響は計り知れない機器であることに異存はないと思う。漁業への ICT 導入がこれらの機器を超えるほどのインパクトを与えることがあるのか?次からは、導入事例などを挙げて考察する。

4. ICT の導入事例

ハードウェアの鍵となる技術として、通信技術や超音波が挙げられる。無論、それらを組み合わせてシステムを構築することになり、得られたデータを AI (人

工知能)により解析・分析することに進んで行くことは明白である。ここでは、各技術要素に焦点を当てて述べたいと思う。

4.1 通信システムの利用

水産・漁業における海上から陸上への通信手段としては、“漁業無線”が主たる通信インフラとなっていた。漁業無線局は、漁船との間で漁業に関する無線通信を取り扱う漁業専用の無線局として、全国の主要な漁業基地に設置されている。漁船航行の安全を確保するための情報連絡の手段として不可欠な存在であり、遭難などの緊急時における救助通信など、極めて重要な役割を担っている。かつては、アナログ通信であったが、平成 20 年の電波法の改正により、沿岸漁業に利用されている超短波帯域の通信に新たに DSB-A2D 方式（デジタルデータ通信：1200BPS）が認可されたことにより、位置情報などの文字通信が可能となった。GPS 受信機との接続が必要ではあるが、緊急時には、特定のボタンを押すことにより、自船位置情報を含んだ緊急信号を一齐に送信する機能を持つ漁業用無線機が製品化されている。この漁業用無線機には、秘話機能がある機種も存在するが、基本的には傍受可能な無線である。よって、近年では海上においても、特に沿岸で操業する漁業者は、携帯電話を利用することが多い。これは、漁業用無線機の運用には、操作資格が必要であることも一つの要因になっていることと、携帯電話は一般的に一对一の通話であること。デジタル通信によりインターネットへの接続が用意であり、様々な情報を映像として見ることができるスマートフォンやタブレットの普及が要因であると考えられる。

沿岸においても、特に過疎地域など人口密度の低い沿岸域では携帯電話のサービスエリアがない場合もある。また、通信事業者によっても異なるので、海上における通信インフラとして携帯電話網に頼ることは難しい。

大型船舶で利用されているインマルサット (Inmarsat) に代表される Ka 帯静止衛星システム (マイクロ波の帯域の一つで、SHF ~ EHF 帯の帯域。周

波数 27GHz ~ 40GHz、波長 1.1cm ~ 0.75cm) は、軌道が高い(GEO: Gestational Orbit、軌道高度: 36,000km) ためアンテナを指向性のあるアンテナを用いる必要や、アンテナの向きを一定に保つ必要があり、装備自体が大型となり、消費電力も比較的多いので電源の確保が必要である。また、サービスエリア(カバレッジ)も限定される。

中軌道衛星(MEO: Medium Earth Orbit、軌道高度: 3,000 ~ 20,000km)では、非静止衛星システムが運用され、その代表として Argos system が挙げられる。Argos system は、衛星を利用して、地球環境に関するデータを収集するシステムであり、30年以上に渡って、さまざまな環境データを世界中の研究者に提供してきている。ただし、双方向のデータ通信は困難であり、これを解消すべく他のシステム(Orbcomm や Viasat、Boeing など)の整備が進められているが、日本でのサービスは未定である。

近年注目されているのが、低軌道衛星(LEO: Low Earth Orbit(軌道高度: 500 ~ 3,000km))の非静止衛星システムであるイリジウム(Iridium)である。イリジウム衛星は、66個の衛星で全世界をカバーしているため、世界中どこからでも通話ができる。つまり双方向通信であり、データ通信も可能である。端末も一般的な携帯電話サイズやさらに小型の機器への組込みタイプも開発されている。携帯電話と同じく、利用者は契約だけですみ、無線免許は不要である。現在、イリジウム衛星通信システム対応型漂流ブイ(株式会社ゼニライトブイ)が販売されている。低軌道衛星通信システムは、他にも複数のシステムの運用が計画されていて、料金体系や端末の大きさなどを含めて運用開始時期は未定なものが多い。¹⁰⁾

4.2 水中音響技術の利用

水中音響技術の代表格としては、定置網漁業で1970年頃から遠隔式魚群探知機(テレサウンダー)が開発され、無線通信(VHF帯)を用いて定置網に設置した魚群探知機のエコーグラムを陸上でモニタリングできる様になり、

各地の定置網に導入されて活用されたことが挙げられる(図1)。魚群探知機の表示部を陸上に置いて、データを転送する方式であったため、消費電力が大きくバッテリー交換の頻度が高い。またデータ転送に用いられていた40MHz帯(VHF)は、電波法の改正により平成29年12月以降免許更新ができなくなるが課題となっていた。そこで、伝送を携帯電話網や無線LANに置き換えて、小型化、省エネルギー化をはかるために、“小型定置網向けの定置網モニタ(ユビキタス魚探)”が開発されている。プレジャー用魚群探知機は、専用の魚群探知機と比較する性能的に劣る部分があるが、低コスト、省電力ではある。また、デジタル化されていることによる音響データを二次利用して分析することが可能となっている。これは、気象データや海況データとともに、先に述べた通信システムとの組合せで、クラウド化が可能となり、回遊魚の資源分布や資源量を把握するといった、クラウド技術を利用したデータの高度利用による高付加価値化が可能となる。加えて、ネットワークを利用することで、専用の表示画面を必要とせずにタブレット端末での表示や計測機器の設定機能の付加が可能となる(図2)。これにAIを組み合わせることで、漁獲量推定や魚種判別までの機能を持たせる研究も進められている。¹¹⁾

魚ではなく、漁具の水中での働き方を知ることも操業の効率化に重要で、底引網にとりつけるものとしてはネットレコーダー、巻網の網裾にとりつけるネットゾンデなどがある。しかし、日本の各地で広く営まれている、5トン未満の小型漁船を用いた沿岸漁業では、中・大型漁船を用いた漁業と比べて音響機器の開発・導入が進んでいない。特に、漁具の挙動を把握するシステムは、効率的な漁具の操作を可能にするが、小型漁船漁業に適用可能なシステムは存在しない。そのため、小型漁船漁業では、漁業者の経験と勘により漁具の操作が行われる。その中でも、多くの釣り漁業や網漁業では、漁具の深度を対象魚群に合わせる技術が必要である。そのため、操業中の漁具深度を把握できれば、漁具の操作に必要な経験や勘への依存度を減らすことができ、効率的な作業が可能になる。そこで本研究では、小型漁船の操業を支援する技術

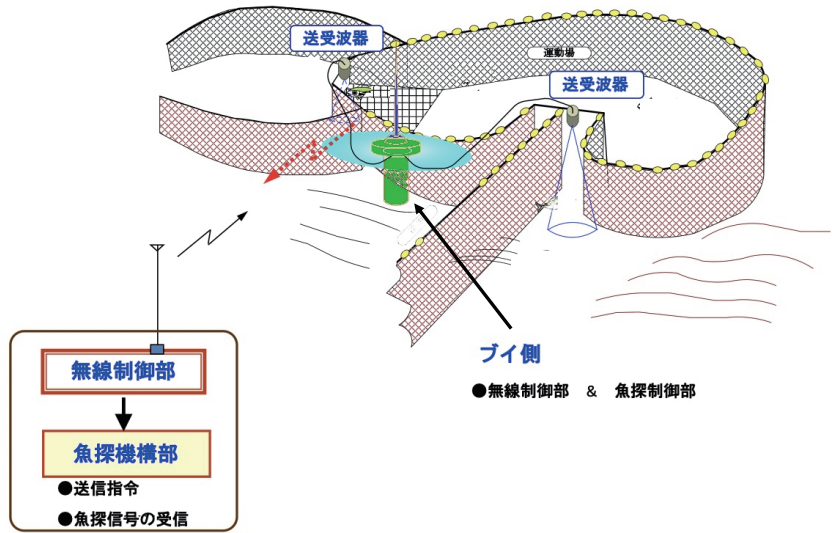


図1 テレサウンダーの概念図

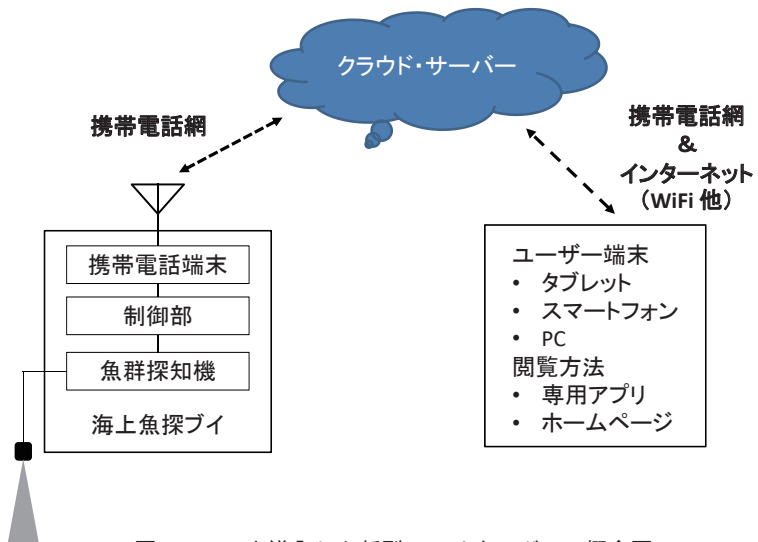


図2 ICT を導入した新型テレサウンダーの概念図
(Jianfeng Tong et. al. 2014)

として、漁具の深度をリアルタイムで監視するシステムが超音波テレメトリー技術を基に開発されている。超音波テレメトリーは、超音波発信機（ピンガ）と受信機で構成されるシステムと、応答型発信機（トランスポンダ）と送受信機で構成されるトランスポンダーシステムに大別される。魚類や水中で生活する海獣の生態調査には、超音波バイオテレメトリーと呼ばれる、超小型超音波発信器（ピンガ）を用いた方法が主に用いられる。^{12, 13)}

最近の事例として、実装実験を大分県漁協国東支店のタチウオ曳縄漁船で実施された研究を紹介する。この漁業では、タチウオの遊泳層に合わせて漁具深度の調整を行う必要がある。リアルタイムで漁具の深度を監視するために、漁具に装着した深度センサーから深度情報を、音響通信を利用して漁船に送信するシステムを構築した（図3）。小型漁具に装着可能な小型のセンサーとして、水圏生物の行動・生態調査に用いられる超音波ピンガーに着目した。しかし、既存のピンガーは使い捨てタイプであるためコストがかかる。そこで、電池交換が可能なタイプのピンガーを開発した。開発したピンガーのサイズは直径

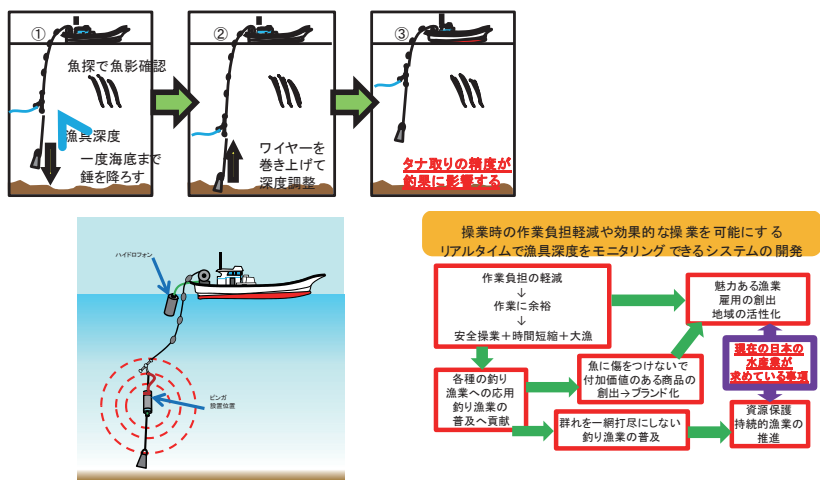


図3 タチウオ曳縄漁業を対象とした漁具深度モニタリングシステム
(長谷川公平他 2014)

24 mm、長さ 100 mm、水中重量は 31g となった。電池には円筒型リチウム電池 (CR15H270、電圧値 3V、容量 850mAh) を用いた。電池寿命は、音響信号を 1 秒周期で発信した場合、約 1 ヶ月であった。音響信号の到達距離は約 500m であると推定され、小規模な漁業であれば十分な長さであると考えられた。漁船には、音響信号を探知するためのハイドロフォンと、信号処理および深度の表示を行う受信機を設置する。沿岸域での漁業では、受信距離内に複数の漁船が密集する可能性があるため、複数の漁船で本システムを使用する場合には各ピンガーの信号を識別する必要がある。そこで、音響信号にゴールド系列 (GC) を用いることで各ピンガーの信号を識別する音響通信方式を採用した。ピンガーが送信する信号は、2 個のパルス波で構成され、2 個のパルス波の発信間隔を測定深度に応じて変化させて深度情報を送信する。各パルス波は異なる GC でコード化されているので、受信機はその組み合わせを確認して、受信した信号の識別を行う。測定精度の評価の結果、本システムで測定される深度の精度は 0.4m であった。このようなシステムの導入により、漁業者は経験や勘に頼ることなく、漁具を簡単かつ高精度に意図した深度へと調整することができるようになるため、作業の効率化に貢献できる。これは特に、経験の浅い漁業者にとっては有用である。また、海域によっては表層の潮の流れ (流向、流速) が中層、低層で異なることがあり、ベテランの漁業者でも適切な深度に漁具を投入できない場合があり、本システムを導入することで、漁獲効率が高められると考える。¹⁴⁾

また、養殖への導入も進んでいる。関係する記事として、

*ドコモが IoT でカキの養殖“海の見える化”で水産業はどう変わる

(ITMEDIA.co.jp、2016 年 5 月 24 日)

*養殖を変える日本発衛星&遺伝子ベンチャー

(ZETMEDIA.CO.JP、2016 年 12 月 3 日)

*「勘と経験」農業脱却アグリテックで熟練の技伝承

(sankei.Biz、2017 年 5 月 1 日)

* KDDI 総合研究所、軽量化省電力化した新型のスマートブイ開発
(ZDNET.co.jp、2018年6月24日)

などが挙げられる。上記以外にも多くの事例があるかと思うが、養殖施設そのもののモニタリングもホタテガイ養殖に対して超音波バイオテレメトリーシステムを用いて進められている(図4)。¹⁵⁾

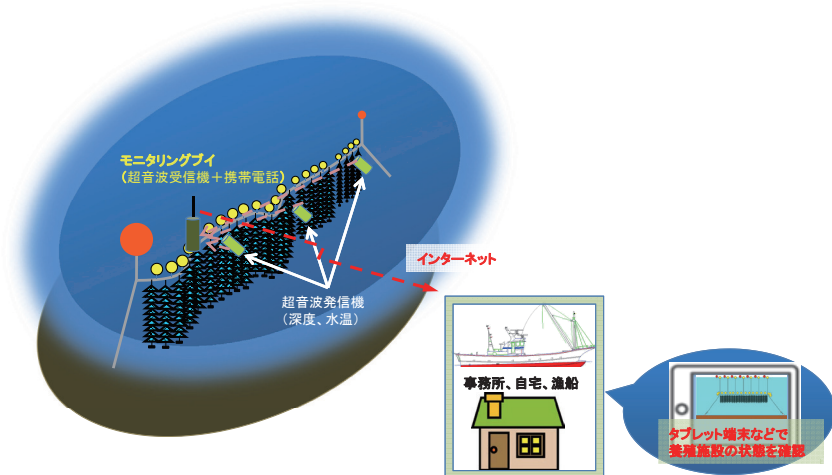


図4 ICTと超音波テレメトリーを用いたホタテ養殖モニタリングシステムの概念図

「ICTと超音波テレメトリーを用いたホタテ養殖モニタリングシステムの開発」
「革新的技術開発・緊急展開事業」(うち地域戦略プロジェクト: 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター、2017～2019)

4.3 RFID (ICタグ)

ファーストリテイリング(ユニクロ)は、2018年春夏商品から全商品を対象にRFIDタグの貼付を開始した。RFIDは歴史的に見て、トレンドの波が複数回訪れているが、単価が安い衣料品に導入されたのは注目に値する。

RFIDは、誘導電磁界または電波によって非接触で半導体メモリーのデータ

を読み出しと書込のために近距離通信を行うものの総称であると定義されている。学術的および国際的には、RFID（無線認識）であるが、日本では、かつてはデータキャリアと呼び、今ではRFタグ、無線タグ、電子タグ、ICタグ、トランスポンダ等と呼ばれている。実はRFIDは、1980年頃に電子的なメモリーを非接触で更新する技術として欧米で始まった比較的古い技術である。日本でも1985年頃から製品化や応用技術の研究が開始され、1987年には、エーアイエムジャパン（現 一般社団法人日本自動認識システム協会）主催によるデータキャリアセミナーが開催されている。そして、RFIDの持つ大きな可能性から1990年代の初めに大きなブームとなったが、バッテリー内蔵で、タグが大きく、複数同時読取ができないこと、また、タグ価格が1,000円以上であることから事業化できず、1995年頃には多くの企業が撤退していった。それから10年経って、技術が大きく進歩し再び注目を集めることになった。バッテリーレスや集積度向上による小型化と複数同時読取を実現し、価格的にも100円以下の見通しが立ったことによる。また、1998年からISOとIEC（国際電気標準会議：International Electrotechnical Commission）が共同でRFIDの標準化に動き出したことが普及に繋がっている。これ以前は、RFIDは、チップが異なると読み書きできないという標準化の遅れが普及の阻害要因になっていたからである。1999年、NTTは、公衆電話に電磁誘導による密着型の非接触ICカード（RFカード）を導入し、続いて、2001年、JR東日本は、電波を利用した近接型のRFIDであるSuica定期券を導入した。そして、2003年、住民基本台帳カードに利用されるなど非接触ICカードは着実に普及してきている。非接触ICカードは、非接触で読み書きできる利便性と高いセキュリティ性があり、また、繰り返し利用できることから、価格が普及の阻害要因になっていない。したがって、今後も着実に広く普及していくと思われる。水産業に利用された初期のRFIDは、アメリカのBIOMARK社がPITタグと呼ばれるRFIDの一種で、埋め込み式トランスポンダを円筒型のバイオ適合性のあるガラス容器に電磁コイル、同調コンデンサー、マイクロチップを封入した受動無

線周波標識を開発している。魚類・水生動物用標識として販売を始め、養殖魚の管理や一部淡水魚の行動追跡に利用されていたらしい。

では、こうした技術の具体的な水産・漁業への応用はどうだろうか。一つの事例研究として、マグロのトレーサビリティ（Traceability：トレース（追跡）とアビリティ（可能性）の合成語）を紹介する。

近年 IUU（Illegal, Unreported and Unregulated 漁業、日本語にすると違法・無報告・無規制）の問題からトレーサビリティが必要となっているマグロ漁業であるが、これにも RFID と GPS、それに衛星通信を用いて漁業監視システムを構築している。マグロの資源量は減少傾向にあり、漁船の数を減らすなど対策が採られてきた。しかし、違法操業などが後を絶たず、資源は減少の一途を辿っている。特にミナミマグロでは厳しい漁獲規制の下、“漁業者ごとに漁獲量を割り当てる”、“番号を表示したタグをマグロに取り付ける”等が義務付けられるようになった。また、BSE（牛海綿状脳症）問題が発生して以来、食の安全として畜産物や農産物、水産物で生産・加工・流過程のトレーサビリティが求められている。そこで、マグロ資源管理のみならず、漁獲履歴、流通履歴を明確にするシステムの開発を進めている。これは、マグロ1尾ずつの獲れた場所（緯度経度）と日時、漁船名などの情報を、GPS と組み合わせてこの“IC タグ”に記録して、そのマグロに装着する。と同時に、この IC タグに記録したデータと IC タグの ID を、低軌道通信衛星（ORBCOMM）を利用して、漁船から情報管理基地（日本）へ送信することによって、そのマグロ1尾ずつの漁獲情報を管理する。このマグロの漁獲情報は、水揚げ時の港で IC タグから読み出して、インターネットを通じて情報管理基地から配信されるデータと照合することで、適切に漁獲されたものかどうかを確認することができる。さらに、水揚げ後に解体・分化されたマグロの切り身に対しては、バーコードや2次元バーコード（QR コード）を貼付することにより、消費者への生産履歴を流通段階の各所で開示できるようにするシステムである（図5）。実験の結果、IC タグを脱落防止ケースに入れて尾部に埋め込む方法が、有効な装

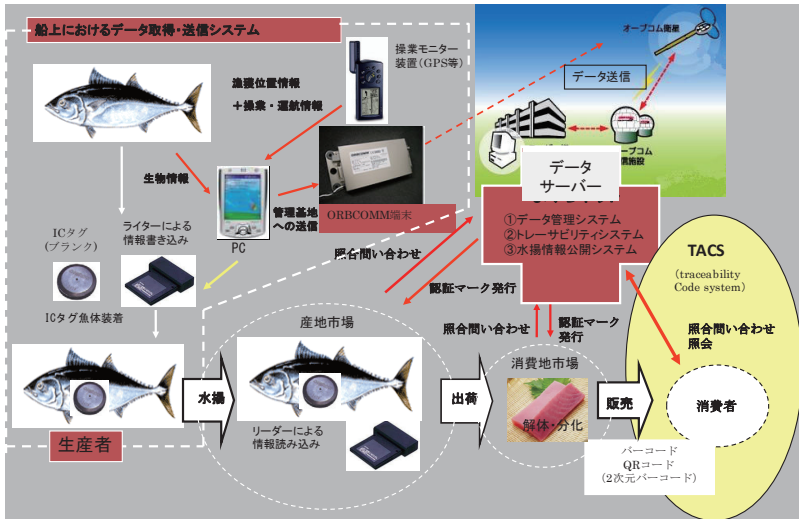


図5 RFIDと衛星通信、GPSを組み合わせたマグロトレーサビリティ・システムの概念図
 (宮本他、ICタグと通信衛星を用いたマグロ漁獲情報管理システム，農林水産省・農
 林水産技術会議“先端技術を活用した農林水産研究高度化事業”，2005～2008)

着方法であった。船上におけるICタグのデータ記録などは、ハンディータイプ
 の入力装置を用いることで漁業者の作業負担が少ないことを確認した。また、
 ORBCOMMを利用して送信された漁獲情報は、情報管理基地に受信されて
 いることが確認できた。さらに、水揚げ時にもICタグの情報を読み取ること
 ができ、1ヶ月の間-60℃の超低温下で保存された後も、ICタグに記録された
 データは消失しないことが確認できている。^{16, 17)}

5. 今後の水産業における ICT

漁業・水産業の復興はICTの今後にかかっていることは事実だと考える。
 しかしながら、陸上で行われる農業や酪農などと比べて水産業は、1) 海岸
 から離れることで通信インフラが制限されること、2) 海水による電子機器へ

の影響が大きいこと、3) 海面下の環境変化(水温、塩分、溶存酸素など)が遠隔モニタリングしづらいことなどが挙げられる。IoTの普及により解決できる可能性があるものの、ハードルが高い産業であることは事実である。特にICTには、4) 必ず電源が必要なことが問題となる。

1) の通信インフラについては、各携帯通信会社が海でも携帯電話を積極的に利用してもらおうと陸上基地局の配置や海上向けのアンテナを増設するなどの対応が行われ始めている。また先に述べた様に、低軌道通信衛星の利用などが想定されるので、大きな障害になるとは考えにくい。

2) の塩害については、防水対策などで対応するしか無いのが現状である。実は、塩害だけでなく、振動や温度(気温、水温)、湿度など陸上に比べるとはるかに厳しい環境条件となるため、一般的な対策だけでは対応しきれない場合がある。先の例であるマグロのトレーサビリティでも、RFIDメーカーに協力を依頼したところ、“非常に面白い取り組みであるが当社は関わらない。”との回答を頂いたことがある。10年前の話であるので、現在であれば対応も変わっていたかもしれないが、それだけ海上での利用について慎重であったと思われる。

3) については、これこそが漁業のICT化に必要な技術であり、そのキーワードとなるのが水中音響技術である。外洋までのモニタリングを考えると、現在進められているリモート水温計システムなどだけではなく、自律型無人潜水機(autonomous underwater vehicle、AUV)や、水中グライダーの開発・利用が進むことが期待される。また、“Saildrone (<https://www.saildrone.com>)”や“Sailbuoy (<http://www.sailbuoy.no>)”など、海洋調査用帆船型ドローンが海外で開発され実用化が進み始めている。¹⁸⁾

4) の電源については、漁船に搭載するICTとか、内湾の静かな海域での養殖であれば、漁船から電源を確保すること、生簀などに発電機を設置することなどで解決することが想定される。しかしながら、環境負荷を低減することも重要なファクターである漁業へのICT導入であれば、再生可能エネルギー

を利用することが考えられる。しかしながら、太陽光発電では、必要な電力を得るためには面積が必要となる。また飛沫などによる発電能力の低下などメンテナンスが欠かせない。幸い ICT の機器類は、比較的低消費電力の機器が多く、また、間欠動作などにより電力を少なくすることが可能となる。ただし、天候には大きく左右されるので安定供給となると単独での導入には懸念がある。他の再生可能エネルギーとして海上風力発電や波力発電、潮流発電が考えられるが、これを漁業に導入するには大きなハードルがあると考えられる。そもそも漁業と同じ海面を利用すること、日本における漁業の規模が北欧などと比較して小規模であることが挙げられる。ノルウェーでは、波力発電とサーモン養殖に加え、養殖から排出される残餌や排泄物を海藻養殖により低減させるプロジェクトが始まっている。再生可能エネルギーの発電量を確保できる自然環境のポテンシャルが高いこともあるが、フィヨルドでの養殖では、発電所からの距離や通信インフラの整備などが困難であることと、これまでのフィヨルドでの養殖での残餌などによる問題を解決する必要もあり、漁業だけでなくエネルギー産業や造船業がコンソーシアムを形成して国家プロジェクトとして動き始めている (Waves4power: <http://www.waves4power.com>) (図6)。日本ですぐに同様のプロジェクトを始められるとは考えにくい。縦割りの事業や政策では成し得ない内容であるので、今後の改革に期待するしかないと考えられる。

これ以外では機器導入にかかる初期費用の問題は、ICT 機器の普及に大きく影響する問題である。しかしながら、ICT 機器の導入により、陸上に居ながらにして作業計画を立てることができ、無駄な労力や漁船燃料代等を節約できることが見込めれば漁業者は躊躇なく導入すると思われる。また、安定供給（価格、量、質）が図れ、国際競争力の向上、ブランド化などを進める政策が取られればなおさらである。メンテナンスや通信費といった維持・管理費が必要となるが、ICT 機器をレンタルする様な方法で年間契約として経費を抑えることが可能であろう。また、データを開示するサーバーなども必要となるので、漁協と県などがコンソーシアムを組織して、運営することで漁業者への負担を

軽減することが考えられる。したがって漁業者個人での導入ではなく、漁協単位での導入が必須条件になると考える。

辛辣な表現で、反発を受けることを前提に述べさせてもらうが、水産・漁業へのICT普及への最大の関門は、漁業就労者の高齢化とこれまでの漁業協同組合（漁協）の運営などにあると考える。スマートフォンの普及などにより、IT機器への対応が全年齢層で進んではいるが、やはり高齢層には抵抗があることが予想される。先に述べた様に、長年の経験と勘がデジタル化されたデータでわかるはずがないと考えてしまうことは、ある程度致し方ないかもしれない。無論、データが集まったからと言って、時々刻々と変化する海洋環境や天候などを加味してAIが適切な判断を指示することで漁業が成立するとも思わない。しかし、漁村の過疎高齢化は確実に進んでおり、若者が漁業に未来を見つけれられるかはICT機器の導入にかかっていると思われる。農業や畜産業に若者が興味を示すのは、これまでの“きつい”、“汚い”、“危険”の3Kに

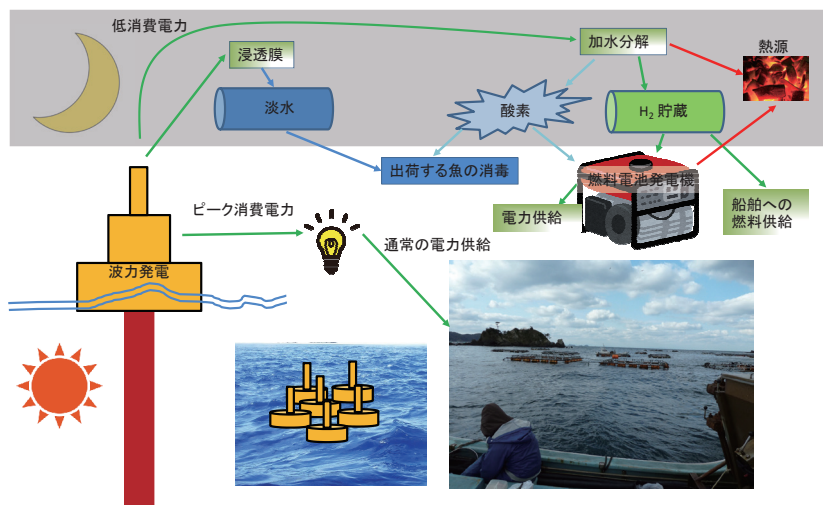


図6 波力発電を用いた養殖施設統合システムの概念図
Waves4power (www.waves4power.com) を参考に筆者作成

加えて“儲からない”と言う現状から、少なくとも“儲からない”ではなくなってきたことや、3Kも「農業の工業化」により解消されつつある。では、水産・漁業で農業の様なことが可能となるのであろうか？

漁業法が改正されて、漁業権のあり方が変わっている。生産性の向上に資する漁業許可制度の見直しが謳われ、“漁村の活性化と多面的機能の発揮”、“競争力を高め、若者に魅力ある漁船漁業を実現”を目標として、

- ・ 漁船の安全性、居住性等の向上に向けて、船舶の規模に係る規制を見直し（第43条）
- ・ 許可体系を見直し、随時の新規許可を推進（第42条）
- ・ 許可を受けた者には、適切な資源管理・生産性向上に係る責務を課す。漁業生産に関する情報等の報告を義務付け（第52条）

の条項が策定されている。養殖などの漁業権では、優先順位の規定が廃止となる。確かに法的拘束力があるので実行はされるであろうが、農業でも都会からのUターンやIターンでさえ、所謂「村八分」が起きている事例がある。“しきたり”などの不文律の様な見えない部分での習慣の違いを、単にICT導入だけ乗り越えられるかは疑問である。また同じ漁協の中でも、先端的な事を率先して進める漁業者とそれを拒否する漁業者との間での軋轢など、ハード面からだけでは容易にICTの普及は困難であり、行政の、特に地方行政（県の水産試験場など）の指導やサポートの充実が望まれる。

また養殖漁業における、農業の様な工場化についても、論議が必要であろう。養殖による生産が8割前後を占めるマダイは、養殖マダイの生産量が増加すると単価が下落する傾向にあり、天然マダイの生産量は横ばい傾向であるものの、単価は一貫して下落傾向にある。その結果、かつては養殖マダイの倍の単価であった天然マダイの単価は、近年では養殖マダイと差が無くなっている。これは、養殖マダイと天然マダイの市場が重なっており、安価で供給量が多い養殖マダイが価格の基準となったためと考えられる。結果、生産量を減らすこととなっている。¹⁾

養殖技術の進歩は留まることはなく、マグロでも完全養殖となってきている昨今、後発で ICT を導入するのであれば、懐古的な表現となってしまいが“天然物”や“旬”と言った、“ブランド”とは異なり、かつ工場のような経営が可能な農業とは異なったアプローチ、例えば作業・生産効率の向上だけでなく品質向上に活用するなどが漁業・水産に求められるのではないかと考える。

6. 最後に

近年、各方面で“ICT を利用した次世代スマート沿岸漁業技術開発事業”や“海洋ビッグデータを活用したスマート漁業モデル事業”などが展開されている。¹⁹⁻²¹⁾ 産官学が共同してコンソーシアムを組織して研究・開発を進めている。これらが実際に社会実装されるには、機器類の整備に必要となる初期投資の金額や漁業者が簡便に利用できるシステムの構築が必要であり、ある程度長期間のデータ蓄積が必要であり、ステレオタイプの解析ではなく、漁業者個々に対応する必要があると考える。

“—21*0 年 1 月、東京都内の某マンション—

早朝 5 時に目が覚める。いつもの習慣か老化なのか。早速、Web をチェックする。天候、水温、養殖施設の沈み具合。一箇所の養殖施設が気になった。設置深度が深くなっている。成長が良いのか？はたまた潮が速いのか？別の画面を開いて潮流データを確認する。月齢から言っても大潮のタイミングではない。やはり成長が進んだ結果だと判断して、浮力調整のボタンを押す。東京にいながら、青森県陸奥湾に設置したホタテ養殖施設の状態が手に取るようにわかる。出荷する際は、流石に青森に行ってホタテを確認する必要があるが、稚貝分散や漁具のメンテナンスなどは現地の社員に任せているが、冬場は天候が悪く沖に出られない日が続く。自動深度調整システムはありがたい。世界中どこにいても、いつでも養殖施設の状態と海洋環境を見ることができシ

システムの導入がホタテ養殖を大きく改革した。

横では家内が、佐渡島の定置網で漁獲されたマグロの購入を思案している。奄美大島の養殖マグロとどっちが良いかなど聞いてくるが、今時のマグロは漁獲直後に鮮度維持の処理をしているので、後は天然と養殖の好みじゃないとの適当に話を合わせている。漁獲予想と養殖の出荷時期、購入意欲を AI が総合的に推定しながら価格が決定されるので、ブランドマグロは多少値が張るが、安定した価格となっている。”

こんな事が実際に実現するかは、分からない。あくまで私の空想である。ちょっと手前味噌を含んではいるが。高齢化と過疎化が進む地方の漁業者にとって、漁業の ICT 化は果たして良い結果を生むのであろうか？

どれだけ技術が進んだとしても、自ら育てた作物や漁獲物の品質にこだわるのは生産者の誇りであろう。どれだけテクノロジーが導入されたとしても、最後は“人”であることに違いはないと思う。ある番組で農家の方の言葉が心に響いている。

“農家は、栽培の手伝いをしているだけです。“土”、“水”、“天気”が作物を育てるのです。”

単に ICT を導入すれば成功するとはならない。様々な情報が得られるようになる反面、その情報をいかに利用するかが課題となる。“ビッグデータ”という言葉が盛んに使われているが、漁業を知らない人がその情報を解析しても、科学的な情報としては意味がある解析だったとしても、漁業にそれが的確な情報として利用できるかは漁業者自身にかかっている。

小規模漁業が多く高齢化が進む日本において、ICT、IoT を水産業に普及するには、多くのハードルがあることは事実であるが、スマートフォンなどの IoT 機器が当たり前のように利用されていることを考えれば、ユーザーインターフェイスやインフラ整備、ハードウェアの進化により日本の漁業・水産が活性化し、若者に魅力のある産業になることを望む。

参考引用文献

1. 水産庁平成 29 年度水産白書
(<http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/29hakusyo/>)
2. キャノングローバル戦略研究所ホームページ
https://www.canon-igs.org/column/macroeconomics/20141215_2862.html、2019 年 1 月 20 日閲覧
3. 大和ハウス工業ホームページ
<https://www.daiwahouse.com/innovation/soh/vol02/>、2019 年 1 月 20 日閲覧
4. 公益社団法人発明協会 戦後日本のイノベーション 100 選事務局「戦後日本のイノベーション 100 選」戦後復興期魚群探知機
http://koueki.jiii.or.jp/innovation100/innovation_detail.php?eid=00037&test=open&age=post-war
5. 岩堀安三『漁業の科学化に生きるフルノ』（古野電気、1978 年）
6. 古野電気『フルノ 60 年史 知恵と創造の物語 for the next stage』（古野電気、2008 年）
7. 古野電気「企業だより “サイズがわかる” 魚群探知機の開発にみる産学の連携」日本水産学会誌 74 巻 5 号（2008 年）982-983 頁
8. 古野電気『伸びゆくフルノ』（古野電気、1968 年）
9. 藤原潤一「魚探の創成期並びに現在までの技術の変遷」日本音響学会誌 43 巻 9 号, p706 ~ 707, 1987.
10. 海上通信システムの新たな利用における周波数共用のための技術的条件の調査検討会, 海上通信システムの新たな利用における 周波数共用のための技術的条件の調査検討報告書, p.134, 平成 29 年 3 月.
11. Jianfeng Tong, Yoshinori Miyamoto, Keiichi Uchida, Toyoki Sasakura, and Jun Han, A client/server architecture remote fish finder system for set net fishery, Fisheries Science, 80 (6), p.1159-1167, 2014.

12. 宮本佳則, “超音波バイオテレメトリーのこれまでとこれから”, 海洋音響学会誌, 40 (3), 217-221, 2013.
13. 宮本佳則, “超音波テレメトリーシステムの水産への展開”, 超音波TECNO, 25 (6), p.11-14, 2013.
14. K. Hasegawa, Yoshinori Miyamoto, Keiichi Uchida, “Development of real-time depth monitoring system for small fishing gear using acoustic telemetry technique”, Fisheries Science, 82 (2), 213 ~ 223, 2016.
15. 浅井咲樹, 宮本佳則, 内田圭一, 吉田 達, 森 恭子, 笹倉豊喜, “ICTと超音波テレメトリーを用いたホタテガイ養殖モニタリングシステムの開発”, 平成 30 年度 日本水産工学会学術講演会講演論文集, p.83 ~ 84, 2018.
16. 宮本佳則: IC タグと通信衛星を用いたマグロ漁獲情報管理システム, 海洋水産エンジニアリング, 78, p.53-57, 2007.
17. 宮本佳則: 先端技術を活用した農林水産研究高度化事業 IC タグと通信衛星を用いたマグロ漁獲情報管理システム, 日本水産学会誌, 73 (6), p.1209 ~ 1213, 2007.
18. 清水勇吾 他, 水産研究・教育機構における水中グライダー運用記録と今後の活用法, 水産技術, 9 (1), 33 ~ 41, 2017.
19. ICT を利用した次世代スマート沿岸漁業技術開発事業 HP: (<http://dreams-d.riam.kyushu-u.ac.jp>)
20. 総務省 ICT 地域活性化ポータル “海洋ビッグデータを活用したスマート漁業モデル事業” (http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/top/local_support/ict/jirei/2017_013.html), 2019 年 1 月 30 日閲覧,
21. 和田雅昭, “IT 漁業とスマート水産業”, 情報処理学会研究報告、Vol.2014-CVIM-191, No.31, 4 pages, 2014.

2019年5月発行（非売品）

「水産振興」 第616号

編集兼発行人 渥美雅也

発行所 〒104-0055 東京都中央区豊海町5-1

豊海センタービル7階

電話 (03) 3533-8111

FAX (03) 3533-8116

一般財団法人 東京水産振興会

印刷所 株式会社 創基

（本稿記事の無断転載を禁じます）

ご意見・ご感想をホームページよりお寄せ下さい。

URL <http://www.suisan-shinkou.or.jp/>

