

全国クロマグロ養殖連絡協議会総会（セミナー）

日時：2019年3月6日（水） 13：30～15：30

場所：(株)東京証券会館 第1～第3会議室

（東京都中央区日本橋茅場町 1-5-8）

マグロ養殖のイノベーション －革新的尾数計測システムの開発－



濱野 明（水産大学校名誉教授/ACMS コンソーシアム代表幹事）

専門分野は「水産音響学」。長年にわたり水中音響計測技術の開発に関する研究に取り組んできた。クロマグロ養殖における計数・計量技術に関し、新たに開発したマルチ送受波ソナーとピンガーを用いた魚の行動に着目した計測システムと、それを活用した実用例を報告する。

【研究開発の経緯】

わが国の養殖業の競争力を飛躍的に成長させるためには、従来の常識を覆す革新的な技術・製品・サービスを生み出す研究開発が必要である。一方、従来型の水産分野だけの連携ではイノベーションの創出には限界がある。

そこで、本研究開発では、多様な業種の「知」を結集し、新たなマグロ養殖のイノベーションの取り組みとして「ACMS (Acua-Culture Management System) コンソーシアム」を平成29年4月に立ち上げた。このコンソーシアムでは 養殖業者、大学、機器開発メーカー、共済組合、検定協会等、水産分野だけでなく、多様な分野の「知」が集結し、マグロ養殖、さらに養殖業全般の経営の安定化及び持続的発展に寄与することを目的として、革新的尾数計測システムの開発に取り組んできた。

これまでの研究成果及び実績については、国内外の学会、講演会での研究報告、及び学術論文の掲載などにより、高く評価されているところである。

【研究開発内容の概要】

クロマグロはその表皮が極めて弱いという生物学的特性のため、一旦生簀にマグロを活け込むと、出荷までの2-3年間、一切魚体に触れることができない。従って、生簀養殖における生簀内の尾数管理は、種苗投入時の稚仔魚をカウントし、それ以降の斃死尾数を随時差し引く“残尾数”によってなされている。しかしこの残尾数計測方式では、最後の取り揚げまでの尾数管理を経験と勘で行うため、帳簿上の尾数と合わない場合もあった。このことにより餌の過剰投入による、無駄な餌代が経営を圧迫するとともに、環境に対する負荷についても考慮しなくてはならなかった。

従来、水中カメラを用いた方法があるが、この方法では透明度が悪く、濁りがある場合、また夜間ではこの方法を用いることができない。

そこで本研究開発では、独自に開発したマルチ送受波ソナーが作る「音響カーテン」を通過する単位時間当たりの尾数とマグロの体内に装着したコード化ピンガーで得られる遊泳速度から尾数を割り出す革新的計測システムの開発を考えた(図1)。

世界初!! 養殖クロマグロの尾数計測システムとは?

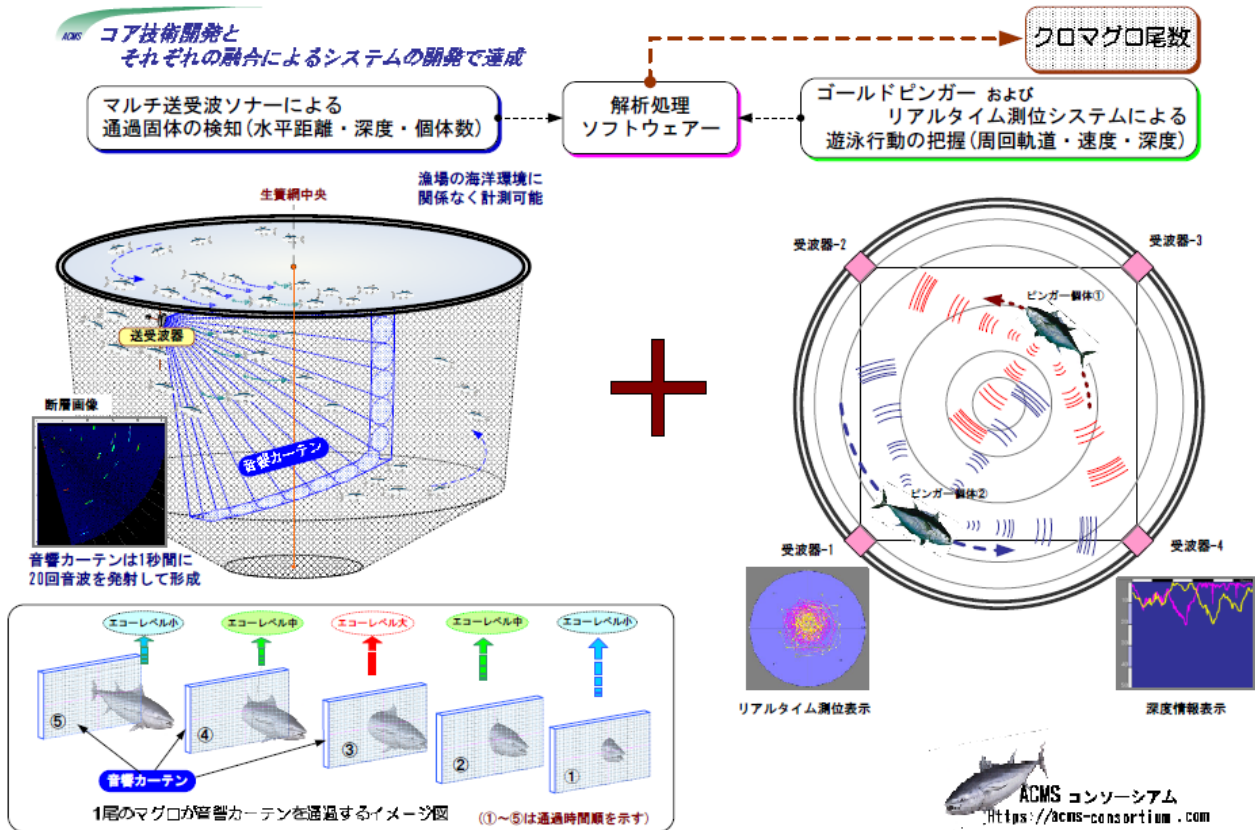
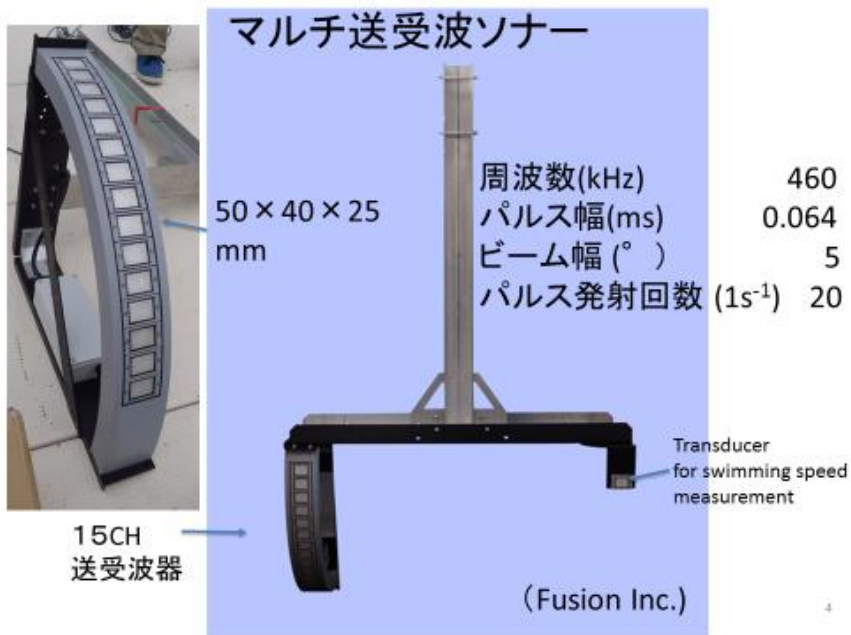


図1 養殖クロマグロ尾数計測システムの概要図

【研究開発のコア技術】

私たちのコア技術は、既存音響機器メーカーによる通常魚探機を用いず、送受波器の素子開発からソフトウェアまでを一貫して開発した水中音響計測システムとゴールドコードを持つピンガーを統合した計測システムにある。

すなわち、周波数は高分解能が可能な高周波数帯の460 kHz、マグロの個体識別が可能な距離分解能を持つパルス幅として0.064 ms (距離分解能4.8cm)、一断面を見落とさなく探査できるためのビーム幅として5度、パルス発射回数を20回/秒とし、これら要件をすべて満たす小型送受波器(50×40×25 mm)を開発し、これらの機能要素を持つ送受波器を扇形状に15個配置したマルチ送受波ソナー装置を完成させた(図2)。このマルチ送受波ソナーを、生簀の内側に設置し、生簀の一断面をいわゆる「音響カーテン」で仕切り、この「音響カーテン」を通過する単位時間当たりの通過尾数に周回時間を掛け合わせるにより、生簀内の総尾数を求める方法である(図3)。従って、今までの単位体積当たりの密度を生簀容積全体の空間領域(Space domain)に引き延ばす方法ではなく、魚の行動に着目した時間領域(Time domain)に引き延ばす推定法ということになる。今回の装置の特色は、音響カーテンのようなものを設けることにより、その音響カーテンを通過した個体を計数する個体計数法であり、従来の計量魚群探知機などを用いた密度推定法による統計的な解析をする必要がない。今まで実際の現場で行ってきた3-5歳魚の13例の計測結果と現場把握数との差は、2%程度であることが分かった。



ピンガー



36 mm × 9 mm

図2 マルチ送受波ソナーとピンガー

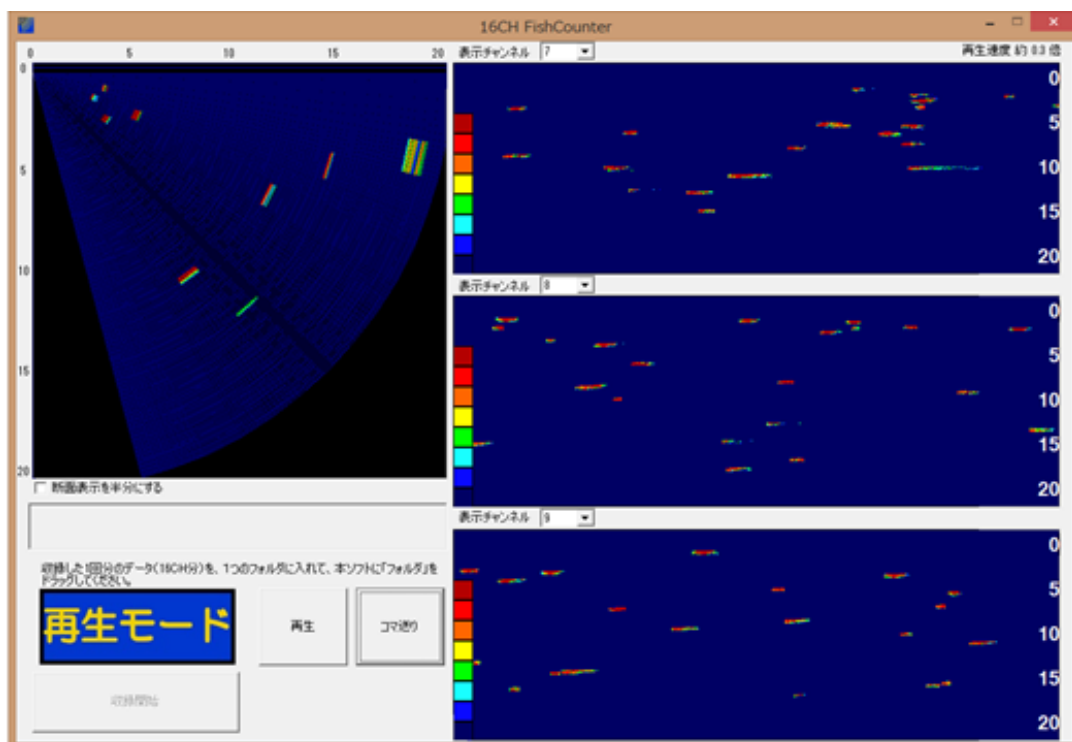


図3 マルチ送受波ソナーデータの自動ノイズ処理後の画像
クロマグロが音響カーテンを通過する断層画像(左)と
各チャンネルごとに得られた遊泳画像(右)

【既存技術との比較】

水中音響計測機であるマルチ送受波ソナーとゴールドコードを持つピンガーをコンソーシアム内の研究チームで開発し製作できる組織は世界でも見当たらない。それは、既存音響機器メーカーはソナーや魚探機の開発・製作はするが、ピンガーの開発は行わない。また、その一方でピンガーを製造販売する会社はソナーや魚探機の製作・開発に取り組まない（できない）。すなわち、他のメーカー企業は私たちが持つ技術の内の一つしか持たないために、これらを一体的に開発し、それを統合したシステム（ソフトウェアも含む）として作りあげることができなかつたからである。従って、今まで水中音響機器メーカーが開発してきた計測法は、既存の魚群探知機もしくはソナーを用いて、生簀内の魚群密度（単位体積当たりの尾数）を計測し、一方で1尾当たりのTS（ターゲットストレングス）を測定し、その両者から生簀内の総尾数を推定するという密度推定法を用いるしかなかった。この方法の欠点はスケールファクターであるTSの値が魚の体長や遊泳姿勢によって大きく異なること、さらに単位体積当たりの密度を生簀容積全体の空間領域（Space domain）に引き延ばす方法であるため、原理的に計数精度を上げることができない。これはソナーや魚探機の音響機器だけの計測では、この方法による計測方法や解析方法しか考えつかなかつたことにもよる。従って、過去いくつかの音響機器メーカーによる生簀用魚探システムの開発が行われてきたが、いずれも実用化に至っていない。

一方、他の方法として、水中テレビカメラ法があげられるが、カメラ計測では水中視野や視認距離が限られ、低照度や濁りの影響がある場合には、計測が困難となる。また、密集した魚群を対象とする場合では、遊泳個体の重なりのため個体識別が極めて難しく、正確な個体数が計測できない。このためカメラ計測を行える現場環境は極めて限られたものとなっており、しかも後処理における画像解析による尾数カウント作業に費やす時間は年間数百時間に及ぶとも言われており、解析に多大な労力を必要とするなど問題点は多い。

【波及効果及び水産業等への貢献】

- ① 生簀クロマグロの個体数の正確な計数管理は、高齢化や後継者不足に悩む、養殖現場においては、必要不可欠な情報であり、特に給餌作業の効率化、給餌量の調整が容易になる。
- ② 従来の養殖現場での、経験知や属人的な情報に基づいて行ってきた尾数管理に対し、今回の研究開発によって、新たな生産・在庫管理システムの導入への道筋を示すことができる。
- ③ 今後、ITを活用することにより、品質及び数量管理の面で市場への戦略的な供給計画の立案が期待でき、経営の安定化、さらに将来のクロマグロの資源管理にも寄与できる。
- ④ さらに、災害時において、生簀内の的確な数値データは損害尾数を認定する上でも貴重な情報を提供することができる。