解説

いか釣漁業の展望†

和田 雅昭*

1. はじめに

著者らの研究グループは、情報化による沿岸漁業支援に取り組んでいる。主たる研究シーズはセンサネットワークシステムであり、これまでに小型ブイを活用した海洋環境の定点観測[1]や小型漁船を活用した水産資源の移動観測[2]で成果を挙げている。著者らの研究グループは、情報システムを専門とする研究者と情報デザインを専門とする研究者で構成される点に大きな特長があり、いち早く水産業にタブレット端末を導入することで、海洋環境と水産資源を可視化し、IT漁業の基礎を築いた。2011年から本格的なIT漁業に取り組んでいる北海道留萌市では、なまこの資源回復が実現している[3]。

ところで、1993年から2004年までの12年間、著者はプログラマとして民間企業で自動いか釣機の開発に携わり、機械化による沿岸漁業支援に取り組んでいた。1990年代、3相の相補PWM出力機能を備えたマイクロコンピュータが実用化された技術的な背景も手伝って、ファジー理論や1/f ゆらぎ理論を採用したエアコンが流行した。自動いか釣機の動力もエアコンの動力と同じ交流モータであり、インバータ制御を行っていることから、1/f ゆらぎ理論を試験的に自動いか釣機に実装したことがあった。著者の経験的な感覚でありデータの裏付けはないものの、漁船が揺れることのないベタ凧の日よりも、心地良い程度に漁船が揺れる風の日の方が、漁獲が良いと感じていたためである。いか釣漁業は擬餌針を小魚に見せかけることで、いかを騙して釣上げる漁法であり、漁船の自然な揺れが擬餌針に伝わり、より小魚のように見える動きをするためではないかと考えていた。残念ながら、著者の実装した1/f ゆらぎ理論ではいかを騙すことができず、漁獲の向上につながらなかったことから、採用は見送られた。しかしながら、日本知能情報ファジィ学会の皆様であれば、いかを騙すことができるのではな

いだろうか。

自動いか釣機は函館発祥の技術であり、世界市場シェアの約7割を占めている。本報では、日本が世界に誇る自動いか釣機と美しい漁火の下で営まれているいか釣漁業を紹介し、将来のいか釣漁業を展望する。

2. いか釣漁業

2.1 いか釣漁業の概要

北海道では毎年6月から翌年1月までの期間に道内・道外の小型いか釣漁船による沿岸いか釣漁業が営まれている。農林水産省の統計情報によると、2012年の北海道の沿岸いか釣漁業の漁獲量は26,153トンであり、全国の約3分の1を占めている(図1)。このように、沿岸いか釣漁業は北海道の主要な水産業のひとつであるが、図1に示すように漁獲量は減少傾向にある。2012年には1996年の半分以上にまで減少した。

いか釣漁業は世界で最も機械化の進んだ漁業である。いか釣漁船は30トン未満の小型いか釣漁船(図2)、185トン以上の大型いか釣漁船、その間に位置する中型いか釣漁船に分類することができるが、いずれも自動いか釣機で漁獲している。2013年漁業センサス(農林水産省)によると、全国で3,554隻の小型いか釣漁船が沿岸いか釣漁業を営んでいる。小型いか釣漁船には10数台の自動いか釣機が搭載されており、その多くは1人乗りである。

図1 沿岸いか釣漁業の漁獲量の推移

† Prospects of the future squid fishing
Masaaki WADA

* 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate

図2 函館漁港の小型いか釣漁船

図3 ドラムに巻かれた擬餌針

2.2 自動いか釣機

自動いか釣機は左右にドラムを持ち、左右のドラムには、それぞれ100～200mのワイヤが巻かれている。その先に30本の擬餌針がテグスにより1m間隔で連結され(図3)、終端に錘が取り付けられている。自動いか釣機のドラムは交流モータで駆動しており、ワンウェイクラッチを採用していることから、モータの駆動力は巻上げにのみ作用し、巻下げには作用しない。巻下げは重力を利用している。自動いか釣機は設定した水深まで巻下げ、海面まで巻上げるという一連の動作を繰り返す。函館沿岸では、浅いときは60m程度、深いときは120m程度に水深を設定している。自動いか釣機に巻かれたワイヤは水平に繰り出され、漁船の両舷に張り出した前ローラと呼ばれる滑車で鉛直に向きを変える。擬餌針にはかえしがないことから、釣上げられたいかは前ローラを通過するタイミングで跳ねるように擬餌針から外れる(図4)。

自動いか釣機のドラムは、従来は菱形ドラムが利用されていたが、現在は丸型ドラムが主流になっている。自動いか釣機は、擬餌針を小魚に見せかけるため、強弱をつけてドラムを回転させるシャクリと呼ばれる動作を行う。そのため、強いシャクリをつくることのできる菱形ドラムを漁業者は好んで利用していた。しかしながら、近年はマイクロコンピュータの発達により高度なモータ制御が可能になったことから、丸型ドラムを用いて菱形ドラムと同等の強いシャクリをつくることのできるようになった。丸型ドラムは菱形ドラムに比べて、巻下げ時にワイヤがふけにくい、ドラムの位置合わせが不要になるといった利点があることから、漁業者は好んで丸型ドラムを利用するようになった。なお、菱形ドラムも丸型ドラムも外周は1.32mである。

図4 擬餌針から外れるいか

2.3 いか釣漁業の漁法

いかは強い光を避ける習性があり、昼間は太陽光の届かない深層に移動し、夜間は表層に移動する。いか釣漁業では1時間あたりの巻下げ、巻上げの回数が効率の指標とされることから、効率の良い夜間にいか釣漁業が営まれている。なお、集魚灯の役割は直接的にいかを集めることではなく、間接的にいかを集めることである。すなわち、漁船の周囲を集魚灯で照らすことによって、船底に陰影をつくり、集魚灯の光を避けて船底の陰影に集まったいかを釣上げている[4]。

沿岸いか釣漁業では1996年以降、集魚灯の光力を180kW以下とする自主規制を設けた。1灯あたりの光力は3kWであることから、小型いか釣漁船には最大で60灯の集魚灯が並んでいる(図5)。なお、集魚灯の主流は現在もメタルハライドランプである。LED集魚灯の開発も進んでいるが、光の直進性が強く広範囲を照らすことが難しいため、船底にいかを集めることができず普及していない。

図5 集魚灯（メタルハライドランプ）

初期設定	操業	データ	シャクリ	魚探連動	揺動	負荷	水深
機械番号 ALL	シャクリ 深さ3	シャクリ 順序3	シャクリ 深さ2	シャクリ 順序2	シャクリ 深さ1	シャクリ 順序1	
位置合せ 0							
段数 1							
頭出速度 20							
巻上力 40							
初期設定	操業	データ	シャクリ	魚探連動	揺動	負荷	水深
1	2	3	4	5	6	7	8
A領域	30	30	30				
B領域	85	85	85				
C領域	95	95	95				
D領域	78	78	78				
E領域	63	63	63				
F領域	55	55	55				
G領域	40	40	40				
H領域	20	20	20				
周期	1.0	1.0	1.0				
最高速	90	100	100				
最低速	28	28	28				
立上速	90	90	100				
立下速	80	80	85				
低速域	40	45	40				
周期	1.0	1.0	1.0				
速度	50	60	70				
周期	1.0	1.0	1.0				
ブレーキ	順次	0	ヘルプ?				

図7 集中制御盤のシャクリ設定画面

初期設定	操業	データ	シャクリ	魚探連動	揺動	負荷	水深
0	海面	上限停止時間 0.0	針上速度2 針上深さ2 針上速度1 針上深さ1 巻上速度 巻上力	針下速度 針下深さ 巻下速度 巻下深さ 巻上速度 巻上力	針下速度 針下深さ 巻下速度 巻下深さ 巻上速度 巻上力	針下速度 針下深さ 巻下速度 巻下深さ 巻上速度 巻上力	針下速度 針下深さ 巻下速度 巻下深さ 巻上速度 巻上力
機械番号 ALL	水深 100.0	順次水深 10.0	グループ間順次				
データ1	データ2	垂下特性	メモ	順次	0	ヘルプ?	

図6 集中制御盤のデータ設定画面

2.4 集中制御盤

小型いか釣漁船に搭載された10数台の自動いか釣機とブリッジに設置された1台の集中制御盤はRS485の半二重回路で接続されており、集中制御盤がすべての自動いか釣機を管理している。自動いか釣機には100を超えるパラメータがあり、集中制御盤で設定することができる。図6にデータ設定画面を示す。反時計回りに巻下げ、巻上げのパラメータが配置されている。巻下げ、巻上げともに海面から設定水深までの深さを3分割して設定することができる。速度の単位はドラムの回転数(rpm)であり、80回転は1.76m/secに相当する。また、深さの単位はメートルである。

2.5 シャクリ

自動いか釣機の100を超えるパラメータのなかで、もっとも漁獲に影響を及ぼすパラメータはシャクリのパラメータである。その設定値は秘匿情報として取り扱われており、漁業者から聞き出すことはほぼ不可能

である。図7にシャクリ設定画面を示す。シャクリは大きく2種類に分けることができる。1つは8等分シャクリであり、もう1つは強弱シャクリである。

8等分シャクリはドラムの1回転を8つの領域に等しく分割し、各領域の回転数を設定することで、ドラムの回転に強弱をつける。一方、強弱シャクリはドラムの1回転を高速領域と低速領域の2つの領域に分割し、各領域の回転数と比率を設定することでドラムの回転に強弱をつける。8等分シャクリ、強弱シャクリはそれぞれ3つまで登録することができ、自由に組み合わせ動作させることができる。

著者は1/fゆらぎ理論に基づいて8等分シャクリのパラメータをダイナミックに書き換えるプログラムを試験的に実装し、複数の小型いか釣漁船で評価を行った。少なくとも当時は、漁業者が勘と経験に基づいてパラメータを調整したシャクリに勝ち目はなかった。

2.6 負荷検出

自動いか釣機の動力は前述のとおり交流モータであり、センサレスベクトル制御を行っている。計測した負荷電流は、釣上げているいかの数に換算することができる。図8に負荷表示画面を示す。図8の例ではいか釣漁船の両舷に各4台、計8台の自動いか釣機が搭載されている。自動いか釣機の運転状況はアイコン、ならびに、棒グラフによってリアルタイムで把握することができる。棒グラフは2段で表示され、幅の狭い上段が現在水深を、幅の広い下段が釣上げているいかの数を示している。右舷の1号機がいかを釣上げていることがわかる。

図8 集中制御盤の負荷表示画面

図9 大型いか釣漁船で計測した加速度

2.7 いか釣漁船の船体運動

いか釣漁船は船首から海中にパラシュートアンカーを投入し、船尾にスパンカーと呼ばれる帆を立てることで、船体を安定させている。そのため、船体運動はpitchingとheavingが支配的となる。図9に著者が1軸の加速度センサを用いて、大型いか釣漁船の船首に搭載した自動いか釣機で計測した加速度を示す。計測に用いた加速度センサの仕様は、電源電圧が5.0V、オフセット電圧が2.5V、感度が1,000mV/gである。また、ここでは10bitのA/D変換器を用いて100Hzのサンプリング周期で計測し、11段のFIRフィルタを適用したものをA/D変換値としている。加速度の周期は約4.1秒である。また、A/D変換値の最大は335、最小は276であり、それぞれ0.13g、-0.16gに相当する。

従来は、時化の日の漁獲は風の日の漁獲に比べて明らかに悪かった。擬餌針に掛かったいかは一定速度で巻上げると逃げることはできないが、速度が変化しワイヤがふけると擬餌針にはかえしがないことから簡単

に逃げるができる。時化の日は自動いか釣機の巻上げ速度に船体運動による速度が合成されることから、巻上げ速度が一定とならず、ワイヤがふけることによっていか逃げ、漁獲が悪くなる。

仮に船体運動が振幅0.16g、周期4.1秒の正弦波に同期しており、自動いか釣機が80回転で巻上げしているとした場合には、船体運動による速度は最大で1.02m/secとなり、巻上げ速度は1.76m/secを中心に0.74m/secから2.78m/secの範囲で変化する。この値は、ワイヤがふけるには十分な値である。現在は、加速度センサが自動いか釣機に標準で装備されている。自動いか釣機は検出した船体運動にあわせて巻上げ速度を調整することでワイヤのふけを防止しており、時化の日の漁獲と風の日の漁獲に差はなくなっている。

3. いか釣漁業の展望

3.1 漁獲の可視化

著者らの研究グループは、北海道留萌市のなまこ桁網漁船全16隻の位置情報を対象としたセンサネットワークシステムを構築している。図10は収集したなまこ桁網漁船の位置情報を用いて、現在の位置と航跡を独自に開発したiPadアプリケーション「マリンプロッタ」で表示したものである。なまこ桁網漁業では、桁網と呼ばれる漁具を投網し、4km/hour程度のゆっくりとした速度で約1時間曳網したあと、揚網するという一連の作業を繰り返す。いか釣漁業とは異なり機械化されていないことから、漁業者の協力を得て漁獲情報を収集している。図11は漁獲情報を収集するために独自に開発したiPadアプリケーション「デジタル操業日誌」である。漁業者は1曳航あたり3回の入力を行う。投網と揚網はタップすると、そのときの時刻が自動的に入力される。また、曳網時間を意味する投網時刻と揚網時刻の差は、自動的に計算され表示される。そして、漁獲したなまこを選別したあと、漁獲をタップしテンキーで漁獲量を入力する。なお、漁獲量の単位は樽である。

なまこ桁網漁船の位置情報には緯度経度に加えて日付時刻が含まれていることから、操業情報を用いることで曳網の航跡を抽出することができる。漁場の管理は100m×100mのグリッドを単位としており、曳網したグリッド数で漁獲量を按分することにより、グリッド毎の漁獲量を求めることができる。また、グリッド毎の資源量を推定することもでき、全グリッドの資源量の総和が漁場全体の推定資源量となる。図12はグリッド毎の漁獲量を可視化したものである。

図10 小型漁船のリアルタイムモニタリング

FISHERY DIGITAL DIARY - sea cucumber				
弘福丸 2011/06/27 13:38:39				
投網	揚網	時間	漁獲	備考
1 08:01	09:10	01:09	2.2	出し風吹いたり止んだり！
2 09:25	10:33	01:08	2.5	増毛の山に怪しい雲が.....
3 10:52	11:41	00:49	2.0	南の風やや強く
4 11:56	12:54	00:58	1.2	同上
5 13:08	--:--	--:--	-	メモ
6 --:--	--:--	--:--	-	メモ
7 --:--	--:--	--:--	-	メモ
8 --:--	--:--	--:--	-	メモ
合計			7.9	

図11 漁獲情報を収集する iPad アプリケーション

図12 漁獲量の可視化

なお、位置情報には速度と進路も含まれており、航跡を解析することで曳網したグリッドを抽出することも可能である。

いか釣漁業では、前述のように自動いか釣機が負荷を検出していることから、漁獲情報を自動で収集することができる。さらに、いか釣れた水深がわかることから、三次元のグリッドで漁場を管理することが可能となる。このように機械化が進んでいるいか釣漁業は、もっとも情報化を推進しやすい漁業であるが、位置情報、漁獲情報は秘匿情報とされており、情報の共有が図られていない。しかしながら、2003年漁業センサス（農林水産省）によると、全国の小型いか釣漁船数は5,395隻であり、10年間で約3分の2に減少している。持続可能ないか釣漁業を推進するためには情報の共有は不可欠であり、著者らの研究グループは沿岸いか釣漁業、ならびに、近海いか釣漁業の情報化に取り組んでいる。

3.2 漁場の可視化

いかなの漁場形成は中層水温と関係が深いことが知られている[5]。また、索餌期、ならびに、成長期のいかが分布する水温条件は下限が12℃、上限が23℃とされている[6]。北海道では水産試験場の3隻の試験調査船が定期的に海洋観測機器を用いて鉛直水温を観測しているが、観測回数は年6回、観測点数は179点と限られていることから、いかなの漁場を可視化するためには時空間的な観測密度の向上が必要である。そこで、いか釣漁船による鉛直水温の観測が実現すれば、観測密度が飛躍的に向上し、漁場の可視化が可能になると考えられる。

著者らの研究グループは、漁業者が容易に操作することのできる簡易型海洋観測機器の開発に取り組んでいる。簡易型海洋観測機器には水深を計測するための圧力センサと水温を計測するための温度センサ、ならびに、通信のためのBluetoothモジュールが装備されている。簡易型海洋観測機器をワイヤに吊るし、1m/sec程度で速度で巻下げると1m毎に水温を計測しメモリに記録する。そして、海面まで巻上げたのち、メモリに記録した水温をタブレット端末に転送する。図13は試作した簡易型海洋観測機器を用いて2014年6月27日に観測した九十九湾(石川県)の鉛直水温のグラフである。この海域では、いかは水深120m以浅に分布しているものと考えられる。

なお、試作した簡易型海洋観測機器の形状は外径が50mm、長さが175mmの円柱型であり、体積は344cm³となっている。将来的には、自動いか釣機で利用されている錘(300号、約1.1kg)の体積である160cm³を目標として小型化を図り、錘に置き換えることによって観測を自動化する計画である。鉛直水温もまた三次元のグリッドで管理することができ、情報を共有するこ

図13 九十九湾の鉛直水温グラフ

とで漁獲量と水温の関係から、いかの漁場形成の条件が明らかとなる。さらには、明日、明後日の漁場予測も可能になると考えられる。

4. おわりに

本報では、世界で最も機械化の進んだ漁業であるいか釣漁業を紹介した。おそらく、半分以上の読者が集魚灯の役割を誤解されていたのではないだろうか。せっかくの機会であるので、もう少しあまり知られていない情報を提供したい。いかの寿命は1年であり、耳石に相当する平衡石に日周輪が1日1本形成される[7]。そのため、いかの誕生日を知ることができる。また、いかは魚群探知機に反応しないことから、いかの群れを探すことは困難である。魚群探知機に反応するのは魚の鰾(うきぶくろ)であり[8]、いかは鰾を持たないことから反応しない。

さて、本題である。持続可能ないか釣漁業を推進するためには、著者らの研究グループが取り組む情報化に加えて、コスト削減のための省エネルギー化が不可欠である。現在、集魚灯の主流はメタルハライドランプであり、LED集魚灯は普及していない。しかしながら、LED集魚灯の燃料消費量はメタルハライドランプのわずか100分の6であり[9]、LED集魚灯の普及により大きな省エネルギー効果が得られる。

LED集魚灯を普及させるためには、メタルハライドランプとは異なる使い方で、いかを集める必要がある。LEDは自由に調光、調色することができる。その特長を活かし、農業では植物工場における栽培実験により、LEDを連続光ではなくパルス光として照射することによって植物の成長率、光合成速度が増大することが確認されている[10]。同様に、いか釣漁業においてもLEDの欠点を補うのではなく、LEDの利点を活かすことが重要であり、例えば、LED集魚灯を調光、

調色することでいかを船底に誘うなど、直接的にいかを集めることも可能ではないかと考えている。

また、集めたいかを効率的に漁獲することができれば、自動いか釣機の稼働時間の短縮による省エネルギー化が実現する。これには2つの方法が考えられる。ひとつは、漁業者の勘と経験に基づくシャクリよりもいかを騙されやすい自動いか釣機の動作を考案することである。著者が実装した1/f ゆらぎ理論は漁業者のシャクリに惨敗であった。しかしながら、ファジー理論や1/f ゆらぎ理論に限る必要はないが、日本知能情報ファジー学会の皆様であれば、漁業者のシャクリと対等に渡り合える、あわよくば超えることのできる新しい動作を考案していただけるのではないかと期待している。

もうひとつは、できるだけ海面近くにいかを集めることである。設定水深が浅いほど、1時間あたりの巻下げ、巻上げの回数が増えることから効率的な漁獲が可能になる。エアコンの空調をコントロールすることで、ひとにとって心地の良い空間をつくり出す技術を応用すれば、LED集魚灯の光と色をコントロールすることで、いかにとって心地の良い空間をつくり出すことも可能ではないかと考えている。

総務省の家計調査によると、いかは1世帯当たりの購入数量が第2位の魚介類であり、日本人はいか好きである。もし、いかが好きでないという読者がいらっしゃるとすれば、それは本場のいかを食べたことがないからではないだろうか。是非、函館に足を運んでいただき、漁業者が日本一と認める函館のいか(図14)を味わっていただきたい。そして、いか釣漁業を変革するお知恵を賜れば幸甚である。

図14 函館の朝いか

参 考 文 献

- [1] 和田雅昭, 畑中勝守, 戸田真志, 養殖漁業支援のためのユビキタスブイの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.6, pp.1833-1843, 2008
- [2] 佐野稔, 前田圭司, 高柳志朗, 和田雅昭, 畑中勝守, 本前伸一, 菊池肇, 宮下和士, 漁業情報を用いた北海道北部沿岸域におけるマナモコの資源量推定, 日本水産学会誌, Vol.77, No.6, pp.999-1007, 2011
- [3] 和田雅昭, ユビキタスネット社会における水産業, 信学技報, Vol.113, No.186, pp.35-38, 2013
- [4] 四方崇文, 島敏明, 稲田博史, 三浦郁男, 臺田望, 貞安一廣, 渡部俊広, イカ釣り操業時に船上灯光により形成される船底下陰影部のスルメイカの誘集・漁獲過程における役割, 日本水産学会誌, Vol.77, No.1, pp.53-60, 2011
- [5] 四方崇文, 広瀬直毅, 日本海沖合におけるスルメイカ漁場の探索と予測, スルメイカ資源評価協議会報告, pp.25-28, 2010
- [6] 桜井泰憲, 森賢, 後藤常夫, 木所英昭, 山本潤, スルメイカ, 水産海洋シンポジウム講演要旨集, 2007
- [7] 坂口健司, 中田淳, 2001年の北海道北部海域におけるスルメイカの日齢と群構造, 海洋水産研究, Vol.70, No.1, pp.16-22, 2006
- [8] 板谷和彦, 浅見大樹, 高嶋孝寛, 仙法志堆（利尻島南西部）におけるホッケの計量魚探調査, 北水試だより, Vol.84, pp.6-9, 2012
- [9] 四方崇文, 山下邦治, 白田光司, 町田洋一, 日本海沖合漁場におけるイカ釣り漁業用青色LED漁灯の性能評価, 日本水産学会誌, Vol.78, No.6, pp.1104-1111, 2012
- [10] 森康裕, 高辻正基, 安岡高志, 白色LEDパルス光がサラダナ生育に及ぼす影響, 植物工場学会誌, Vol.14, No.3, pp.136-140, 2002

(2015年3月5日 受付)

[問い合わせ先]

〒041-8655 北海道函館市亀田中野町116-2

公立はこだて未来大学

和田 雅昭

TEL: 0138-34-6412

FAX: 0138-34-6301

E-mail: wada@fun.ac.jp

著 者 紹 介

和田 雅昭 [非会員]

公立はこだて未来大学システム情報科学部情報アーキテクチャ学科教授。同大学マリンIT・ラボ所長。専門は水産情報学。1971年、静岡県焼津市の生まれ、宮城県仙台市の育ち。1993年、北海道大学水産学部卒業。2004年、北海道大学大学院水産科学研究科修了。博士(水産科学)。株式会社東和電機製作所を経て、2005年、公立はこだて未来大学に着任。2012年より現職。日本航海学会、情報処理学会、電子情報通信学会、IEEEの会員。平成24年度北海道科学技術賞、平成26年度北海道総合通信局長表彰、平成26年度近畿運輸局長表彰を受賞。函館イカマイスター。