

[水産業と情報処理]

⑥ 定置網漁業における働き方改革に向けた魚種判別手法の開発



鈴木恵二 | 公立はこだて未来大学 システム情報科学部

定置網漁業を取り巻く状況

漁業にはさまざまな形態があることは、容易に想像していただけることと思う。漁船を出して漁を行うといっても、遠洋漁業、沖合漁業、沿岸漁業など漁場によって形態が異なっている。また、漁法により釣漁業、まき網漁業、養殖業などにも分類される。そうした中で、沿岸漁業の1つの形態として定置網漁業がある。水深が10～80メートルくらいの沿岸域で、魚群の通り道となる場所に大きな網を固定して、沿岸を通る魚の群れを「垣網」で遮り誘導することによって、「箱網」へ取り込む漁法である(図-1)。

定置網の設置場所は、陸から3キロ前後ぐらい、漁港から漁船で30分～1時間程度の距離にある沿岸にあり、乗組員は10人前後で、夜明け前午前4時前後に出港し、箱網の中に入った魚を漁船へと移す作業「網起こし」に1～2時間を費やす(図-2)。よって夜明けごろに漁港に戻ってきたあとに、競が始まるということ

になる。後述する研究に協力をいただいている北海道函館市南茅部地区の定置網では、年間を通じて100種類以上のさまざまな魚の水揚げがあり、函館名物のイカや、ときにはクロマグロといった大物も水揚げされることがある。

遠洋漁業や沖合漁業が、魚の群れを探し出して、捕まえに行く能動的漁法に対して、定置網は「待ちの漁」と呼ばれることもあり、受動的漁法となっている。受動的ゆえ、網に入った魚の一部は、また出ていくこともあり、資源としての魚を獲り尽くさないという観点から環境に優しい漁業という言われ方もしている。

さて、この受動的漁法では、勝手に入ってくる魚を獲るだけなので、経験や勘は必要ないと思われるかもしれない。確かに、能動的漁法では漁場を見つけるために、季節や天候、潮の流れなどから、どこに魚がいるか、経験と勘を頼りに漁に出るということが必要になる。



■図-1 定置網のイメージ図



■図-2 定置網での網起こしの様子

そしてこの場合、目的の魚がほぼ決まっているので、その漁獲しようとしている魚に合わせた準備を整えてから出漁することができる。一方、定置網漁業の場合には、網起こしをするまで、どのような魚が、どの程度入っているのか不明である。よって、氷の量や箱の数など、どのように準備を整えてから出漁すればよいのかという点で経験や勘が必要になる。大量の漁獲に対して準備した氷の量が少なく魚をダメにしてしまうこともあれば、その逆で無駄なコストを出費してしまうことも起こり得る。

このような経験と勘に頼る面が大きいという問題に加えて、近年、魚種ごとに漁獲量を制限する基準を設けた TAC (Total Allowable Catch : 漁獲可能量) 制度が推進されている。TAC 制度の中でも特に近年、クロマグロの資源管理のために、体重 30 キログラム未満の小型魚 (以下「メジマグロ」) の漁獲量の規制を定置網漁業においてもいかに達成させるかが問題となっている。定置網漁業の場合には、受動的漁法であるゆえに、ある魚種を選択的に捉える、もしくは選択的に逃すということができない漁法でもある。特にメジマグロは傷つきやすい魚ゆえ、漁獲してから海に戻すことができない。よってメジマグロが入っている可能性が高ければ、箱網に入っているほかの魚も含めて、網を開いて逃すといった作業を行うことが求められる。すなわち、メジマグロ以外の魚も逃がしてしまうこととなり、漁獲という点で漁業者にとって痛手が伴うことになる。以上から、定置網漁業においては、

- 網起こしに向かう以前に、どのような魚がどの程度入っているのか分かることが望まれる。
- メジマグロが入っているか否かを事前に確実に分かることが望ましい。

このような課題への取り組みとして、定置網漁場に魚群探知機を設置して箱網に入った魚を可視化する取り組みが行われている。

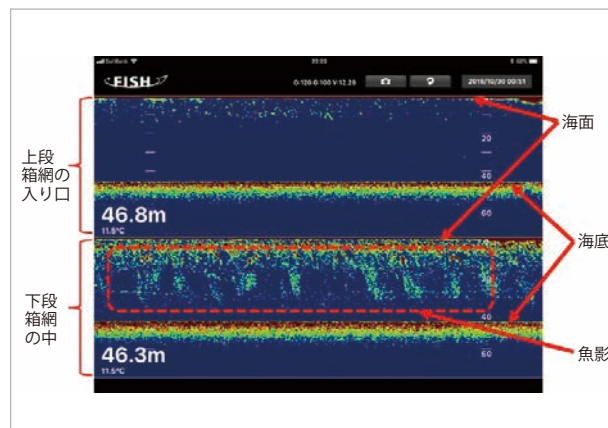
次に、この取り組みについて紹介する。

魚群探知機によるデータ取得

漁業への IoT/AI 導入取り組みの活動として、筆者らが取り組んでいる FISH プロジェクトがある¹⁾。この取り組みの1つとして、定置網漁場への魚群探知機を設置と音響データの取得および AI による魚種判別結果を漁業者へ提供する研究が進められている。図-3 に函館市南茅部地区の定置網漁場に設置した魚群探知機を示す。またこの魚群探知機によって取得した音響データから音響画像を作成し、専用の iPad アプリで表示したときの画面キャプチャを図-4 に示す。ここで画面は上段と下段からなり、上段が箱網の入り口付近、下段が箱網の中の音響画像を表している。各段の横方向は時間推移を表し、縦方向は深度を表している。40メートルを超えたところで、水平方向に濃い反応として写っているのは海底部分である。よって海面から海底までの範囲で反応しているものが、魚影という



■ 図-3 定置網漁場に設置された魚群探知機



■ 図-4 iPad アプリでの音響画像の表示例

ことになり、定置網の箱網の中に何かしらの魚群が入っていることがうかがえる。

では、この画像に写っている魚種は何かということになる。漁業に馴染みのない我々には判別がつかなくとも、漁業者であればほぼ判別できると想像されるであろう。実際、漁業者に聞いてみたところ、分かるのは5割程度とのことで、意外に低いものであった。音響画像に対して、判別の度合いが5割程度にとどまる理由は、箱網の中では捕食、被捕食となる魚が混在してしまうと単独で泳いでいる状況と異なった状況が発生し、判別が難しくなるケースが起ること、また近年、海洋環境の変化により季節外れの魚がやってくる場合や、従来獲れなかった魚が入ってくるケースなど、これまでの経験と勘から予測される魚が環境変化によって変わってしまっていることが挙げられる。たとえば近年北海道ではこれまで獲れることのなかったブリが大量に水揚げされるようになり、2016年には全国2位の水揚げ量に至っている。体長がほぼ同じケースでは、ブリとメジマグロ、サケが音響画像上では、きわめて似た魚影となり、経験を積んだ漁業者でもその判別は難しいものになるという。

こうした魚種の判別を支援、向上させる手立てとして、1つには魚群探知機の高性能化がある。現在用いている魚群探知機は、単周波(50キロヘルツ)の機器であるが、二周波(50キロヘルツ/200キロヘルツ)の機器であれば、より魚の特徴を捉えらえることができ、魚種の判別の確実性が増すことが分かってきている。しかしながら、新たなハードウェアの開発が必要となる。もう1つのアプローチが、深層学習を活用した人工知能の導入である。さまざまな分野で、人間の判断能力に迫り、あるいは超える性能を示している深層学習により、魚種判別の高度化が期待される。次に、この深層学習によるアプローチの概要を示す。

深層学習による魚種判別

前述したように、定置網漁場に設置された魚群探知機で取得した音響データをサーバに送信、蓄積するシ

ステムが開発されている。この音響データと、1日1回早朝の網起こしによって獲れた魚の種類と数量のリストである漁獲データが得られる。すなわち、前日の網起こしで箱網が空になった時点から、当日の網起こしまでの約24時間の音響データと漁獲データがペアのデータとなる。このデータに基づいて、深層学習を適用して魚種の判別に取り組むこととなるが、得られるデータには定置網特有の問題がある。

1. 音響データには、前述したように魚だけではなく、海底も写り込んでいる。また波の影響で網が写り込み、ある種の魚群がいるように見えることがある。
2. 定置網の性質上、魚が逃げることもあり、音響データに写った魚がすべて漁獲されているとは限らない。
3. 約24時間を通して、さまざまな種類の魚影が得られるが、その魚影それぞれと、漁獲データに含まれる魚種との対応が正確には分らない。

以上の理由から、すべての魚種について、魚影とその魚影が何の魚種であるかの正解となる教師データおよびテストデータが作れない問題が生じており、その解決に向けた方策が求められている。

その端緒として、過去の漁獲データの中から特定の魚種だけが獲れた日を選び出して、教師データを作成するアプローチに取り組んだ²⁾。すなわち、サケ、ブリ、イワシ、イカ、メジマグロの5魚種については、ほぼその魚だけが獲れたという日が複数日あり、この場合であれば、魚影として写っているのは、その特定の魚種と容易に特定できる。これらのデータを選び出して、深層学習手法の1つ、CNN(Convolutional Neural Network: 畳み込みニューラルネットワーク)により学習を進めたところ、テストデータ、すなわち、5魚種それぞれ単独で写っている魚影に対しては9割ほどの判別率を得ることができた(表-1)。ただし、あくまでも単独で網にかかった場合に対する判別であることに注意を要する。

100種類以上ある魚種の中で、いまのところ5魚種だけであるが、この判別能力を持つCNNを先のシステムに実装し、漁業者への予測として提供している

(図-5). CNN の学習した状況とは異なるさまざまな魚が混在しているケースを含め、日常的なこの判別結果に対して漁業者の感想としては5割弱程度の判別率になっているとの報告を受けている。5割弱程度の判別率という評価は、まだまだなのは確かであるが、一方、漁業者による判別も5割程度であることを鑑みると、プロの人間並みに近づいたとも評価できるであろう。いずれにせよ、発展目覚ましい深層学習技術を拠り所として、データの使い方を含めて、さらなる判別率の向上が期待される。

魚種判別の高度化と働き方改革

前述のように、人工知能による魚種判別のさらなる高度化が進めば、これまで経験と勘に頼っていた出漁前の準備は、最適化が進むであろう。現在においても、魚種の正確な判別はできなくとも、音響画像に含まれる魚影の全体的な強度から、総漁獲量は予想できるものとして有用な役割を果たしている。この魚種判別から、さらに一歩進んで、たとえば12時間前に最終的な水揚げが「予測」できるようになれば、物流も巻き込んだ最適化への展開が期待できる。すなわち、魚を積むトラックの大きさも、あらかじめ適切なものが選べるようになるとともに、もし、荷台が魚だけではいっぱいにならないと分かれば、空いたスペースに別の荷物、たとえば野菜などを積み込むことの手配が可能となり、輸送の効率を上げられることとなる。もっと進めば、スーパーや居酒屋など最終購買者へ予約販売を事前に進められることによって、トラックをその場所へ直接向かわせることや、魚の高付加価値化を進め、販売価格へ反

■表-1 正解データとCNNによる判別の一致率。対角成分の値が1に近いほど望ましい判別能力となる

		CNN の出力結果				
		サケ	ブリ	イワシ	イカ	メジマグロ
正解データ	サケ	0.963	0.016	0.003	0.009	0.090
	ブリ	0.036	0.896	0.010	0.023	0.034
	イワシ	0.000	0.021	0.951	0.023	0.005
	イカ	0.008	0.010	0.013	0.964	0.005
	マグロ	0.027	0.010	0.000	0.014	0.948

映することも可能になる。たとえば、買い手が生き餌のブリであれば高価格で買うということがあらかじめ約束されているならば、網起こし直後に必要な本数のブリを生き餌するといった手間もかけられるようになる。現在は手間がかかる生き餌は、どの程度ニーズがあるかわからないため、積極的には行われていない。しかし、網起こしにかかわるさまざまなコスト、労力が最適化され、確実な予測が活かされれば、余剰分の労力をより高付加価値を生むための手間にまわすこともできるようになる。漁業現場におけるIoTおよびAIの進展は、漁業現場はもとより、物流面においても働き方を改革する高い可能性を秘めている。その結果、最終購買者にも、より新鮮、より安価といった利益がもたらされるものと考えられる。

参考文献

- 1) 和田雅昭: 定置網ビッグデータによるイノベーション, ソフトウェア工学の基礎, XXV, pp.1-4 (Nov. 2018).
- 2) Hirama, Y., Yokoyama, S., Yamashita, T., Kawamura, H., Suzuki, K. and Wada, W. : Discriminating Fish Species by an Echo Sounder in a Set-Net Using a CNN, The 21st Asia Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems (2017).

(2018年11月9日受付)

■鈴木恵二 (正会員) kjsuzuki@fun.ac.jp

2000年公立はこだて未来大学助教授。2004年同大教授。2008年北海道大学教授。2015年公立はこだて未来大学教授。人工知能、マルチエージェントシステム、ドローンシステム、観光情報学等の研究に従事。博士(工学)。



■図-5 スマートウォッチアプリでの判別結果の表示例