話 題

シラス魚群マップ即日配信システムの紹介

宮下和士

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

Real time monitoring system for estimating
juvenile Japanese anchovy distribution
using a quantitative echo sounder system

KAZUSHI MIYASHITA

Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido
University, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan

1. はじめに

カタクチイワシなどのイワシ類の稚魚はシラスと呼ばれ、沿岸漁業における重要な水産資源である。これらシラスは主に船曳網漁業により漁獲されるが、本漁業は複数の船舶（探索船と2隻の曳網船）でチームを組み操業するため、コスト的な観点からは効率的とはいえない。また、昨今の原油価格の高騰も加わり本漁業の経営状況は厳しい状況にあり、その改善が望まれている。このような背景から、これまでに多くの水産試験・研究機関が、本漁業に対する効率的操業を支援するための研究・調査を実施してきた。漁海況予測に関する調査・研究は、最も一般に普及しており、中でも卵稚仔調査はその代表格として位置付けられる。この卵稚仔調査で得られた結果は、卵稚仔の正確な分布情報として活用できるが、一方で解析に時間がかかるため速報性が低いことが指摘されている。加えて、卵稚仔から漁獲サイズのシラスになるまで数週間の時間差があるため、その間の減耗や海況により漁況予測の精度が低下することも懸念されている。これらを克服するためには、漁獲サイズのシラスの定量的な分布情報を迅速に収集、提供する方法の開発が必要不可欠である。¹⁾

そこで考えられるのは計量魚群探知機（計量魚探）を活用した音響調査の導入である。計量魚探は水産資源の現存量を推定することが可能な超音波を用いた計測機器であり、その活用により水産資源の連続かつ広域な調査が可能となる。そのため計量魚探は既に国際的に広く普及しており、国内においても今やほとんどの水産試験研究機関で導入され、スケトウダラ、^{2,3)} イワシ・サバ類等の小型浮魚、⁴⁻⁶⁾ イカナゴ、⁷⁾ コンブ⁸⁾などの重要水産資源の分布推定や量的評価の場において大きく貢献している。また、その応用の範囲も広がりつつあり、オキアミ

などの動物プランクトン、⁹⁾ 中深層性マイクロネクトン^{10,11)}などの量的評価、またこれらを含む多くの海洋生物の行動・生態研究¹²⁻¹⁶⁾などにも活用されている。

一方で、得られた情報を迅速に提供するための情報通信技術（IT 技術）の導入も必要不可欠である。水産資源研究の現場においても IT 技術が近年注目され、携帯端末などを活用した調査情報・漁業情報の収集、処理、解析などが実施されつつある。しかしながら水産資源研究の現場における IT 技術の導入は、いまだ発展途上にあるのは否めず、漁業の現場に至っては導入がほとんど皆無であるのが現状である。

そこで著者らは、音響計測に関するシーズ（知見）を基に、計量魚探、IT 技術の両方を活用した「シラス魚群マップ即日配信システム（農林水産技術会議：新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業、徳島県・大分県・㈱ソニック・㈱環境シミュレーション研究所・北海道大学）」を開発した。本システムは、シラス曳網漁業に対する出漁判断の支援および漁場探査努力の軽減により燃料経費を削減することを目的として開発されたものであり、現在 Web で公開中である。本記事ではその概要について紹介する。¹⁾

2. シラス魚群判別システム

計量魚探を活用してシラスを判別・抽出、および分布密度の推定を実施するためには、シラスの行動、生態等の知見に加え、音響的な知見が必要不可欠である。Miyashita¹⁷⁾は、魚谷¹⁸⁾のシラスの鰾と生態に関する知見および漁業情報を基に、シラスの昼夜の分布パターン変化について音響的に考察している。その結果、鰾に空気を入れて分散して浮遊している夜間は計量魚探によるシラスの判別が困難であり、鰾の空気を抜いて群で遊泳している昼間は計量魚探によるシラスの判別が可能であることを明らかにした。また、Ito *et al.*¹⁹⁾は、シラスと変態後のカエリの遊泳姿勢を計測し、シラスはカエリと比較して遊泳姿勢の変動が大きいことを明らかにし、それらを考慮したターゲットストレングス（TS）を提案した。図1は計量魚探（KFC3000, ㈱ソニック）により得られた昼間の典型的なシラス魚群のエコーグラムであり、上段が 38 kHz、下段が 120 kHz である。²⁰⁾ シラスの魚群は下段の 120 kHz のみに見られるものであり、両方に見られるものはカタクチイワシの成魚やカエリである。これはシラスが鰾に空気がないことと、シラスが変態したカエリ以降のカタクチイワシは昼間でも鰾に空気を持つことにより現れる違いである。¹⁷⁾ ちなみに漁業用のシラス魚探は 50 kHz、200 kHz で構成されて

* Tel : 81-138-40-8856. Fax : 81-138-40-8856.

Email : miyashi@fish.hokudai.ac.jp

おり、漁業者は高い周波数（200 kHz）にのみ見られるものをシラスと判断している。

本事業では、北海道大学が開発した音響反射特性を利用したシラス魚群抽出法¹⁷⁾を採用し、判別抽出アルゴリズムの開発を実施した。図2は、開発したシラス魚群判別抽出システムのエコーグラムである。上段左は38 kHz、上段右は120 kHz、下段左は2周波の差分、下段右は抽出されたシラス魚群（120 kHz）である。ここで、実線で囲われた魚群は成魚・カエリ、破線で囲まれた魚群はシラスである。下段左の2周波の差分は、120 kHz から 38 kHz の反応を差し引き、音響理論に基

図1 計量魚探（KFC3000）によるシラスと成魚・カエリのエコーグラム（宮下²⁰⁾より改変）

成魚・カエリは両周波数（38 kHz、120 kHz）に反応が見られるが、シラスは120 kHzのみ反応が見られる。

図2 シラス魚群自動判別抽出システム

破線がシラス、実線が成魚・カエリをそれぞれ表している。下段右のエコーグラムは抽出結果であり、シラスのみが抽出されているのが確認できる。（宮下¹⁾より改変）

づきシラスと推定された一定以上の音響反射レベルの反応を表示したもので、判別・抽出のプロセスを確認するためのものでもある。ここで抽出された反応は、下段右の様にシラスと判定された量的情報を持つエコグラム（120 kHz）として表示される。これら一連の過程はリアルタイムで自動処理される。

3. シラス魚群マップ即日配信システム

シラス判別システムにより判別抽出されたシラス魚群情報を迅速に配信するためには、船上の情報を陸上に自動転送するためのシステムを構築する必要がある。また、漁業者に対しシラス魚群情報等の有効な情報を効果的に提供するためには、調査で得られた環境情報や調査時の衛星情報等も統合し、同時に配信することが必要である。

そこで本事業では、船上で作成されたシラス魚群マップなどの船上データを通信ネットワークにより陸上データベースへ転送し、それらを衛星情報と統合してホームページ、携帯電話、FAXで即日配信するためのシステムを構築した。

図3は、シラス魚群マップ即日配信システムの開発概要を示したものである。本システムは、船上と陸上の2つのサブシステムで構成され、それぞれのサブシステムは通信ネットワークで繋がっている。船上サブシステムでは、①シラス魚群データ・環境データなどの自動収集（自動収集）、②収集データからの各種マップの自動作成（マップ自動作成）、③携帯端末（データ通信カード）によるマップの自動転送（データ転送）、の3項目についてプログラムが作成され、これら一連のプロセスが自動で作動するようシステム化されている。なお、ここで自動作成されるマップは、シラス魚群マップ、エ

図3 シラス魚群マップ即日配信システムの概要

本システムは船上サブシステムと陸上サブシステムから成り、それぞれが通信ネットワークでつながっている。（宮下¹⁾より引用）

図4 シラス魚群マップのポータルサイト (<http://fishmap.ddo.jp/shirasu/>)

右下のQRコードから携帯版サイト (<http://fishmap.ddo.jp/shirasu/mobile/>) に移動が可能である(宮下¹⁾より引用)

コグラム、航跡、航跡水温などである。一方の陸上サブシステムではシラス魚群マップ配信のため、④マップ・衛星画像などのコンテンツデータベース、⑤シラス魚群マップの配信システム、⑥Webサイト、の3項目で構築されている。

図4は、現在Webで一般公開しているシラス魚群マップのポータルサイト (<http://fishmap.ddo.jp/shirasu/index.aspx>) である。いわゆるWeb-GIS形式で作成されておりGoogleマップ(Google社)と連動しているのが特徴である。画面右のMenuをそれぞれクリックすることで、利用に関する説明サイト(システムの説明、使用方法、留意事項等)、調査海域サイト(徳島県海域、大分県海域)にそれぞれ移動することが可能である。また、Googleマップの海域をクリックすることでもそれぞれの調査海域サイトに移動することが出来る。画面上部には、最新調査日に関する情報が表示され、一目で更新情報が確認可能である。画面下部には新着情報が表示され、システムのメンテナンスや更新情報などについて確認することが可能である。また、画面右下のQRコードからは携帯版ホームページへ移動することが出来る(携帯版HP: <http://fishmap.ddo.jp/shirasu/mobile/>)。調査日には1時間毎に情報が更新される。

図5は、海域選択されたシラス魚群マップの表示例である。画面上のGoogleマップ上に調査船の航跡を載せ、カラーによりシラスの分布密度を表示する仕組みになっているが、他にも航跡上のデータ(水温、濁度、ク

図5 シラス魚群マップの具体的表示例

上段はGoogleマップを活用し航跡上のシラスの密度を表示したものである。また、Web-GIS形式を採用しているため衛星情報などのオーバーレイも可能である。下段には基のエコーグラムとシラスが抽出されたエコーグラムが表示されている。(宮下¹⁾より引用)

ロロフィル、塩分)を選択し表示することも可能である。なお、シラスの分布密度の算出はIto *et al.*¹⁹⁾のTSを用いて行っている。加えてこのマップには衛星からのデータ(表面水温、海色)をオーバーレイさせることも可能である。いずれも画面右のMenuをクリックすることで選択される。マップの拡大縮小も自由自在である。また、画面下には選択された航跡上のエコーグラムが表示される。例えばこの図では、右から120 kHz、38 kHz、抽出されたシラス魚群(120 kHz)が表示されているが、画面右のMenuのように様々な組み合わせを選択して表示することも可能である。

4. おわりに

本事業で開発したシラス魚群マップ即日配信システムは、計量魚探から得られた定量的魚群情報を自動抽出し、リアルタイムでWeb公開したおそらく世界で初めての事例であり、国際的にも極めて先進性の高いものであると位置付けられる。今後、本システムの運用を通じ漁業者の意見を集約し改良することで、より効果的なシステムが構築されることが予想される。一方で、調査船を活用したシステムは更新が調査船運航回数に制限される。そのため漁場を通過する調査も限定され、調査船を活用したシステムの運用では効果的な操業支援を行うには現実的には厳しいのが現状である。

著者らは別プロジェクトにおいて沿岸小型漁船に搭載

可能な低価格な小型計量魚探を開発中である（経済産業省：地域イノベーション創出研究開発事業「多機能小型計量魚探の開発と総合的沿岸漁業支援環境の構築」、㈱ソニック・㈱環境シミュレーション研究所・㈱東和電機製作所・北海道大学・公立ほこだて未来大学・東京農業大学・北海道立地質研究所・ニューメディア開発協会）。この小型計量魚探を本システムに組み込み、複数の漁船に搭載して運用することで、出漁の度にマップを更新することが可能となる。また、既存の漁業用シラス魚探からシラス魚群情報を抽出するアルゴリズムを構築することで、多くのシラス漁船からの情報収集も可能となる。すなわち、以上を考慮し発展的なシステムが構築された暁には、漁業者自らが本システムを運用し漁場・操業の管理が出来るため、結果的により効果的な支援を実現することに繋がると考えられる。

文 献

- 宮下和士. シラス魚群マップの紹介. 海洋水産エンジニアリング (印刷中).
- 志田修, 三宅博也, 金田友紀, 石田良太郎, 宮下和士. 計量魚探による冬季の北海道東部太平洋海域におけるスケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) 未成魚の分布. 日水誌 2008; **74**: 152-160.
- 板谷和彦, 三宅博哉, 和田昭彦, 宮下和士. 北海道日本海・オホーツク海沿岸域におけるスケトウダラ稚稚魚の分布. 水産海洋研究 2009; **73**: 80-89.
- Watanabe A, Miyashita K, Matsukura R, Morioka S, Ikewaki Y, Mori K. Monitoring the post-larval stages of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) “shirasu” in the Kii Channel using a quantitative echo sounder. *GIS/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences* 2007; **3**: 347-359.
- Murase H, Kawabata K, Kubota H, Nakagami M, Amakasu K, Abe K, Miyashita K, Oozeki Y. Effect of depth-dependent target strength on biomass estimation of Japanese anchovy. *J. Mar. Sci. Tech.* (in press).
- 大下誠二. 音響調査による五島周辺海域の魚類資源量の推定. 海と空 2000; **76**: 44-45.
- 永島 宏, 村瀬弘人, 米崎史郎, 松倉隆一, 南 憲吏, 永木利幸, 川原重幸, 宮下和士. 仙台湾周辺における計量魚探を用いた鯨類餌生物の種判別. 宮城県水産研究報告 2008; **8**: 15-25.
- Minami K, Yasuma H, Tojo N, Fukui S, Ito Y, Nobetsu T, Miyashita K. Distribution of kelp forest (*Laminaria spp.*) in coastal waters of the Shiretoko Peninsula, Hokkaido Japan. *Fish. Sci.* 2010; **76**: 729-736.
- Miyashita K, Aoki I, Asami T, Mori H, Taki K. Study on acoustical estimation of distribution and abundance of isada krill *Euphausia pacifica* Hansen off the Sanriku and off the Joban, northern Japan. *J. Korea. Soci. Fish. Res.* 1998; **1**: 128-135.
- 藤野忠敬, 宮下和士, 青木一郎, 増田紳哉, 氏 良介, 志村 健. 計量魚探知機を用いた日本海隠岐諸島周辺海域におけるキュウリエソの音響散乱層の識別方法の開発. 日水誌 2005; **71**: 947-956.
- 安間洋樹, 大島達樹, 本田 聡, 宮下和士, 青木一郎. 北海道東部太平洋域におけるトドハダカの音響生物量推定. 日水誌 2010; **76**: 362-369.
- Miyashita K, Tetsumura K, Honda S, Oshima T, Kawabe R, Sasaki K. Diel changes in vertical distribution patterns of zooplankton and walleye pollock off the Pacific coast of eastern Hokkaido, Japan, estimated by the volume back scattering strength (Sv) difference method. *Fish. Oceanog.* 2004; **13**: 99-110.
- 東条斉興, 清水大介, 安間洋樹, 川原重幸, 渡辺 光, 米崎史郎, 村瀬弘人, 宮下和士. 太平洋西部におけるツノナシオキアミ (*Euphausia pacifica*) の分布特性の定量的空間解析. 水産海洋研究 2008; **72**: 165-173.
- Tojo N, Matsukura R, Yasuma H, Yonezaki S, Watanabe H, Kawahara S, Murase H, Miyashita K. Spatial analysis of Isada Krill (*Euphausia pacifica*) distribution in frontal environments in the North Pacific Ocean. *GIS/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences* 2010; **4**: 115-138.
- Tojo N, Minami K, Matsukura R, Kawauchi Y, Funamoto T, Chimura M, Nishimura A, Miyashita K. Spatial estimation of euphausiid abundance of Pacific coast off Hokkaido, Japan in early summer of 2008. *J. Mar. Sci. Tech.* (in press).
- Kawauchi Y, Shida O, Okumura Y, Tojo N, Yasuma H, Miyashita K. Vertical distribution of walleye pollock juvenile before and after the period of transition for feeding in Funka bay, Hokkaido, Japan. *J. Mar. Sci. Tech.* (in press).
- Miyashita K. Diurnal changes in acoustic frequency characteristics of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) post-larvae “shirasu” inferred from theoretical scattering models. *ICES J. Mar. Sci.* 2003; **60**: 532-537.
- 魚谷逸郎. カタクチソその他イワシ類シラスの鰾と生態について. 日水誌 1973; **39**: 867-876.
- Ito Y, Yasuma H, Minami K, Masuda R, Morioka S, Miyashita K. Swimming angle and target strength of Japanese anchovy larva (*Engraulis japonicus*). *Fish. Sci.* (in press).
- 宮下和士. 海洋生物資源を可視化する. 「フィールド科学への招待」(北方生物圏フィールド科学センター編), 三共出版, 東京. 2006; 129-139.