

資源管理・海洋環境シリーズ

調査計画再構築への解析結果活用

～北部日本海からオホーツク海マガレイ資源の加入量予測を例に～

キーワード：GLM、マガレイ、幼魚調査

はじめに

マガレイは日本海では朝鮮半島からサハリン西方のタタール海峡北部まで、オホーツク海ではサハリン南東岸から北海道北東岸に沿って南千島まで広く分布しています¹⁾。北海道北部日本海からオホーツク海にかけて分布するマガレイは、日本海沿岸で産卵し、宗谷暖流によって卵や仔魚がオホーツク海へ運ばれ、底棲生活へ移行し、2から3年をオホーツク海で過ごし、その後産卵のため日本海に回遊することが知られています^{2),3)}。資源は沿岸漁業の刺網や定置網及び沖合底曳網で漁獲されます¹⁾。

北海道では23魚種47海域の資源を対象に資源評価のもと資源管理を目指しており、日本海北部からオホーツク海のマガレイ資源もこの資源管理対象種となっています⁴⁾。

幼魚分布調査

水産試験場では、このマガレイ資源の動向を早期に把握しようと、石狩湾（道中央水試）、日本海：小平沖（稚内水試）、オホーツク海：雄武沖（網走水試）で0歳ないし1歳の幼魚分布量把握をめざした小型桁引き網による調査を実施しています。

調査は雄武沖と小平沖は8月に実施しており、石狩湾では5月に実施しています。また、資源量の大きさを把握するための指標となる対象魚の年齢も実施時期と場所の違いから、雄武沖では1歳

2ヶ月時点、小平沖では0歳2ヶ月時点、石狩湾では1歳10ヶ月時点を対象としています。さらに、調査船の規模も雄武沖では9.4トン、小平沖では4.9トンの用船、石狩湾では水試調査船237トンとかなり規模も異なります。

資源量の大きさを予測する（これまでの解析）

先に述べたように、幼魚調査ではその実施規模や対象年齢が異なります。そこでこれまでは、各海域で採集された幼魚の数を調査海域あたりの面積で引き伸ばす、密度面積法と言う方法で密度指数を算出し、さらに、各海域の過去の密度指数の平均で、各年の密度指数を割って標準化しました。

これら、3海域で求めた標準化された密度指数の和をその年の資源の大きさをあらわす指標（幼魚密度指数）だと考え、漁獲尾数をもとに資源尾数を推定する計算方法であるVPA（Virtual Population Analysis）で求めた1歳資源尾数との間で回帰分析をおこない、幼魚調査の幼魚密度指数と資源尾数との関係式を算出し、最近年の幼魚調査の結果から、1歳資源尾数を推定しようと試みていました（図1）。

この方法は2009年度の資源評価から、採用されていますが、それ以前は、1海域や2海域のみの結果を用いたり、密度面積法を用いたり平均値をそのまま使用したりと試行錯誤の連続でした。

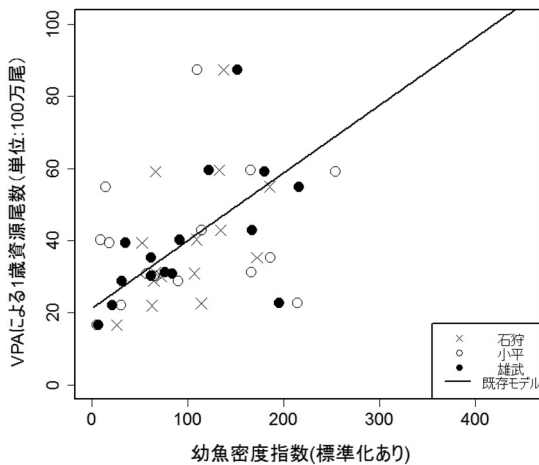


図1 マガレイ幼魚密度指数とVPAによる1歳資源尾数との関係

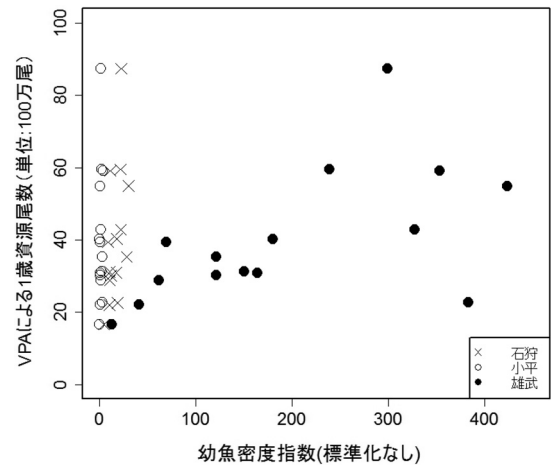


図2 マガレイ幼魚密度指数（標準化なし）とVPAによる1歳資源尾数との関係

さらなる解析の試み

図2に、標準化しない（各海域の過去の密度指数の平均で、各年の密度指数を割らない）密度指数数と1歳資源尾数の関係を図示しました。図1と図2を比較してみると、図2のデータを標準化（各海域の過去の密度指数の平均で、各年の密度指数を割る）することで、無理やり図1で回帰式をあてはめているようにも見えます。

これまでの方法は1歳の資源尾数（応答変数）を3海域の指数の和＝幼魚密度指数という1つの値（説明変数）で説明しようとした、数学的に言うと単回帰という推定方法でした。一方重回帰分析という手法は1つの応答変数を複数の説明変数で説明しようとする方法で、この重回帰分析を使えば、図1に示したような、標準化して3海域のデータを無理やり使えるようにする必要はなくなります。ところが、重回帰分析を実施した結果は有意な関係は得られませんでした。

GLMによる解析

GLM (generalized liner model) は一般化線形モデルと呼ばれ誤差構造が正規分布するという前提条件を取り払い、誤差構造を任意の確率分布として扱うことが出来、自然科学の分野で近年盛んに

利用されるようになった解析方法です^{6),7)}。さらに、無料の統計ソフトウェアであるRは近年学術分野において急速に普及しつつあり、様々なデータ解析を容易に行える強力なツールの一つです⁸⁾。

本稿では、統計パッケージRを用いて、GLMによる解析を行った結果を紹介します。用いたデータは1993年から2007年の幼魚調査の密度指数と、対応するVPAによって計算された2004年から2008年の1歳資源尾数です。

考慮したモデルは誤差分布に対数正規分布を仮定しました。

$$\begin{aligned} \text{Log}(VPA) = & \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(OHM) \\ & + \beta_2 \text{Log}(OBI) + \beta_3 \text{Log}(ISH) + \epsilon \end{aligned} \quad (1)$$

ここでVPA: VPAによる1歳資源尾数、OHM: 雄武沖での幼魚密度指数、OBI: 小平沖での幼魚密度指数、ISH: 石狩湾での幼魚密度指数、 ϵ : 誤差項 $\beta_0 \sim \beta_3$: 各説明変数のパラメータ推定値です。

解析では、3つの説明変数の交互作用も考慮しました。さらに、ステップワイズ法を用いて1歳資源尾数を説明するのに最適な変数選択を行い、最良のモデルを探索しました⁹⁾。

その結果を示したのが表1です。ステップワイズ法では、AIC (Akaike's information criterion) 赤

表1 ステップワイズ法による変数選択

取り除いた変数	AIC
なし	139.53
log(ISH):log(OHM):log(OBI)	137.65
log(ISH):log(OHM)	135.65
log(OHM):log(OBI)	133.78
log(ISH):log(OBI)	131.84
log(OBI)	129.84
log(ISH)	128.03

: は説明変数間の交互作用を表す

池情報量基準と呼ばれる、簡単に言うと手持ちのデータで将来をうまく予測できるモデル (AIC が小さい) が最良のモデルであると考える基準¹⁰⁾を基に、モデル選択を行う方法です。この方法によりモデルを評価した結果、雄武沖の幼魚密度指数のみを説明変数にしたモデルが最良とされました。

そのモデルは次のように表されます。

$$\text{Log(VPA)} = 2.008 + 0.3317\text{Log(OHM)} \quad (2)$$

$(P < 0.05)$

その結果を図示したのが図3です。

調査体制の再構築

今回の解析では、雄武沖の幼魚調査の結果が最もよく1歳資源尾数を予測するという結果が得られました。大きな外れ値が見受けられることから、

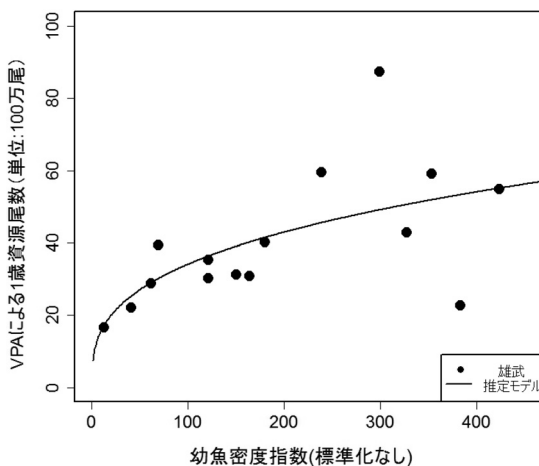


図3 GLM によって推定された予測モデル

今回の推定モデルにも改良の余地はまだあると思います。また、マガレイ資源には日本海で誕生後、オホーツク海へ移動せずそのまま日本海に留まり成長する群れの存在も指摘され現在も研究が進められており、近々その成果が公表されるものと思います。この日本海育ち群の存在をどのように今後の資源研究に活用するかも今後の課題のひとつとも言えると思います。しかしながら、今回の解析結果を受け、本年(2014年)8月の小平沖での幼魚調査を休止し、雄武沖の調査に稚内水産試験場から調査員を派遣し、網走水産試験場と共同で調査を行いました。昨今の財政事情から、限られた予算や人員の中で、必要な調査研究の選択は余儀なくなってきており、今回紹介したような、新しい解析方法を導入し、手持ちのデータから結果を導き、調査体制などの再構築を模索して行くことは、道民の皆さんや、漁業者の皆さんへ必要な情報をお届けする私たち水産試験場の研究員には重要な役割であると考えています。

参考文献

- 1) 渡野邊雅道. マガレイ. 「新北のさかなたち」 (上田吉幸, 前田圭司, 嶋田宏, 鷹見達也編) 北海道新聞社, 札幌. 2003; 272-277.
- 2) 山本正義, 佐々木昭, 黒島和夫. 網走海域のマガレイについて. 北水試月報 1963; 20: 293-302.
- 3) 福田敏光. 枝幸地方におけるカレイ底刺網漁業試験について. 北水試月報 1963; 20: 337-355.
- 4) 北海道水産林務部漁業管理課. 「北海道水産資源管理マニュアル2012年度」 北海道水産林務部漁業管理課. 札幌. 2013.
- 5) 大東健太郎. 線形モデルから一般化線形モデル (GLM) へ. 雑草研究2010; 55(4) 268-

- 274.
- 6) R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. URL <http://www.R-project.org/>.
- 7) ドブソン AJ. 「一般化線形モデル入門, 原著第2」版 (Dobson AJ, 2002. An introduction to generalized linear models-2nd edition. Chapman & Hall. 田中豊・森川敏彦・山中竹春・富田誠訳). 共立出版. 東京. 2008.
- 8) 久保拓弥. 「データ解析のための統計モデリング入門」岩波書店. 東京. 2012.
- 9) Alan Grafen, Roise Hails 「一般化線形モデルによる生物学のための現代統計学」(野間口健太郎・野間口慎太郎訳) 共立出版. 東京. 2007.
- 10) Akaike, H. "Information theory and an extension of the maximum likelihood principle." Proceedings of the 2nd International Symposium on Information Theory. (Petrov, B. N. and Caski, F. eds.). Akadimiai Kiado. Budapest. 1973; 267-281.
- (山口宏史 稚内水試 調査研究部
報文番号 B2385)