

遠洋

水産研究所ニュース 平成 17年 5月



南極海のロス棚氷を背景とした水産庁調査船開洋丸

開洋丸のこれまでの輝かしくも地道な南極海調査活動の中でも、今回はロス棚氷にまで達する寒冷域での長期調査であった。本船は 2005 年 1 月 31 日、船舶航行が可能な世界海洋中のたぶん最南端域にあたる南緯 78 度 35 分に達した。(文と写真： 永延幹男)

目次

平成 16 年度開洋丸航海・南極ロス海総合生態系調査の報告	永延幹男	2
中西部太平洋におけるカツオ加入量変動と大気・海洋変動	稲掛伝三・植原量行・小倉未基	5
C P U E 解析等に関する研究概要 - 東京海洋大学での国内留学を終えて -	庄野 宏	8
Microwave Telemetry 社製ポップアップタグの水温の測定および記録方法	山田陽巳	14
刊行物ニュース		16
FRA ニュース、おさかな瓦版のご紹介		19
遠洋水研の魚を描く		19
それでも地球は動いている	魚住雄二	20

平成 16 年度開洋丸航海・南極ロス海総合生態系調査の報告

永延 幹男

1. まえがき

水産庁調査船開洋丸による南極海調査を、平成 16 年度調査航海として実施した。実施主体は南大洋生物資源研究室、期間は 2004 年 12 月 6 日東京出港～2005 年 3 月 22 日までの 107 日間、および調査域はニュージーランド南方のロス海域であった（図 1）。開洋丸による今回の南極海調査は第 9 次目で、ロス海域に入るのは今回が初めてである。今次調査の目的は、ロス海とその近傍海域における、IWC（国際捕鯨委員会）と密接に関わる我が国の JARPA（南極海鯨類捕獲調査）と連携した総合的な生態系調査であった。

本報告では、調査航海の概略について述べる。

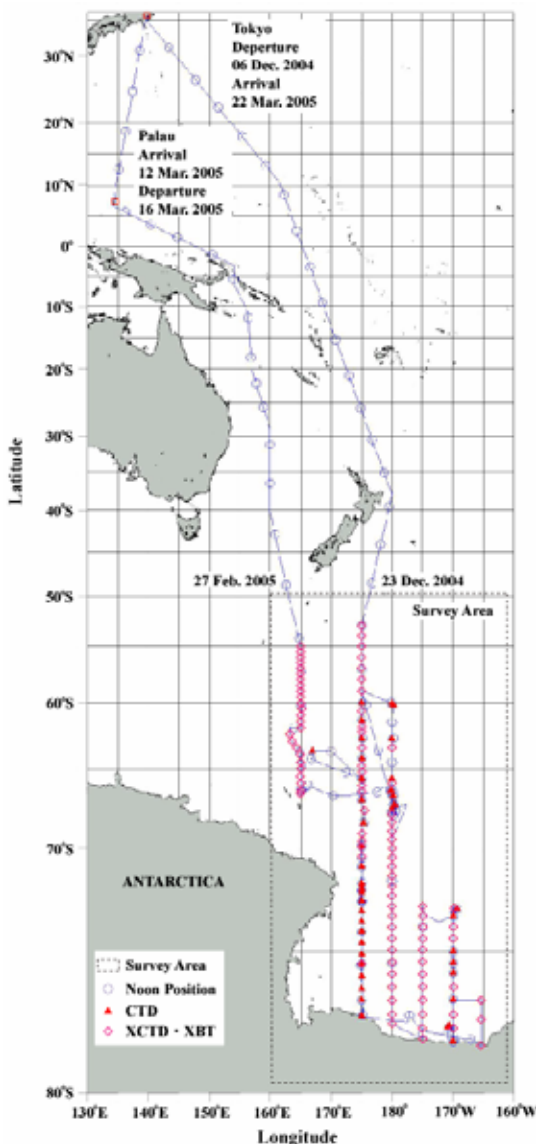


図1 2004/05 年の開洋丸第9次南極海調査。ロス海の海水が大きく融けたので、ロス海全体域にわたって調査範囲を広げることができた。

2. ロス海域の総合生態系調査の目的

南極海生態系は、極寒冷域に適応した特徴的な構造を示す。南極海生態系は、ナンキョクオキアミ (*Euphausia superba*) を主たる餌料生物として、魚類・鯨類・ペンギン類など豊富な捕食者群が維持されている。この特徴的な生態系構造を捉えるには、海水・冰山を含む海洋環境および低次生産を基盤として、オキアミおよびその他生物群集を含めた総合的アプローチが必要である。

主要な調査内容は次のとおりであった。

- (1) 南極海生態系の主要な餌生物であるオキアミ等を取り巻く海洋物理化学環境および低次生産に関する環境生態学的調査
- (2) 鯨類の主要餌生物としてのオキアミ等大型プランクトン、マイクロネクトン、魚類の水平・垂直分布および音響計測に関する調査
- (3) JARPA の鯨類捕獲調査と連携した鯨類とオキアミ等餌生物との分布の関係、クロミンククジラやザトウクジラ等の鯨種間での競合関係についての調査
- (4) 高次捕食者としての鯨類・その他の海産哺乳類および海鳥類の目視調査
- (5) オキアミ採集・船上飼育実験と国内飼育実験のための輸送
- (6) 南極圏往復航路上の南大洋における表層環境の航走連続測定

本調査域では、ロス海の海水が予想以上に融けて、ポリニア（氷湖）がロス海全体に広がった（図 2）。そこで現場の状況判断で、当初の調査範囲をロス海全体へ拡張した。結果として、当初の計画以上の質・量ともすぐれた調査データが得られた。取得データの大部分は現在のところ解析中であるが、すでに作成済みの調査航海速報書では、趣旨、

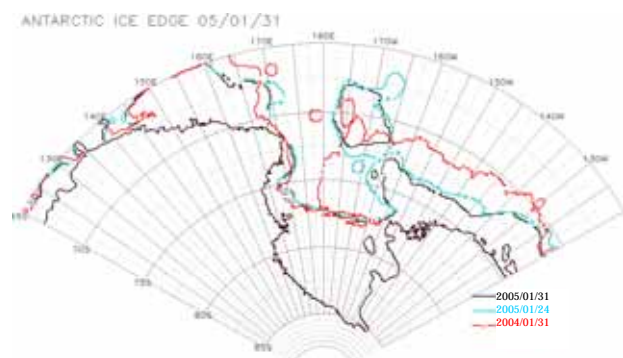


図2 ロス海域の海水縁分布の比較。2005 年 1 月 31 日基準。2004 年同日の海水域と比較して、ロス海全体にわたって大幅に融けていることが分かる。1週間前の 1 月 24 日と比較すると、海水縁が細かく変化している。

項目、方法、位置、経過、結果の基本図表群などについて記載している。

3. 環境・餌生物・鯨類等捕食者の生態学的連関の把握へ

前述の調査目的に沿って実施した内容を、以下に要約する。

(1) 南極前線からロス海奥の棚氷縁までの「環境-餌生物-鯨類等捕食者」の空間的精密調査：

北は沖合の南極前線から、南はロス海奥の棚氷縁までの空間範囲で、環境-餌生物-鯨類の密接な連関を踏まえた環境・生態的アプローチによるメソスケール調査を行った。180線、175E、175W、170W、165W および 165E 線の南北線において、環境-餌生物-鯨類の間の生態的連関の水平・鉛直構造を把握するために調査を実行した。主要な南北線での近海底までのCTD採水観測、魚探による音響探査、新規導入の多段開閉式プランクトンネット（RMT）、目視観察による捕食者分布把握などであった。

加えて近年、ロス海域の低塩分化などの海洋変動が報告されているが、その動態モニタリングに貢献する採水（全炭酸・溶存メタン・酸素同位体）を実施した。さらに、クジラの密度分布動態に強い関心が示されている Scott 島と Balleny 諸島の陸棚氷縁周辺水域における小地域スケールデータを収集した。

(2) 生物生産域における生物生産・環境の変化過程を追跡する精密調査：

生物生産力の高い水域において、その生物生産・環境の変化過程のメカニズムを明らかにするために、ヒゲクジラの餌生物の動物プランクトン（オキアミ類）の餌料である植物プランクトンの群集動態の把握を行った。その生長と密接に関連する栄養塩類・微量元素（鉄）・光合成実験を含む基礎生産の把握を行った。

加えて生物生産全体の基盤である水塊の物理環境（水温・塩分・密度・流動・溶存酸素量等）の動態の把握のためのCTD等の観測を実施した。本調査は、春季から夏季



写真1 (左)南極海生態系の鍵種のナンキョクオキアミ (*Euphausia superba*) と(右)ロス海に生息するコオリオキアミ (*Euphausia crystallorophias*)

にわたる融氷時期にあたる時期の長期間滞在により、海水域の微細な環境変動の解明に貢献する基礎資料も得られた。

(3) 餌生物の時空間的分布生態を把握する精密調査：

クロミンククジラの高密度分布域において、その主要な餌生物となる二種のオキアミ (*E. superba*; ナンキョクオキアミ、*E. crystallorophias*; コオリオキアミ) (写真1)・動物プランクトン・マイクロネクトンの集群・分布形態・生物量を、音響調査で探査しつつ、RMTにより採集し、生物群集の分布について水平・鉛直空間的に精密な把握を行った(写真2、次ページ)。オキアミの一種 *Thysanoessa macrura* (泳ぐ姿がメダカによく似ているので、メダカオキアミと呼称したいが)は、ナンキョクオキアミと分布域が重なるなど、サンプリングされた生物群集の比較検討は貴重な成果をもたらすと考えられる。

これにより、ロス海の主要餌生物とクジラとの生態学的連関を捉えるための基礎資料が収集できた。さらに生きたオキアミを採集し、陸上施設での飼育実験用の貴重なサンプルとした。

以上三点の有機的連動により、「環境-餌生物-鯨類等捕食者の生態学的連関」が、ロス海およびその周辺海域のメソスケールで、地理空間的および生物生産プロセス的に探究できる基礎資料を収集した。また、近年の南極海の環境変動の把握に寄与する基礎資料も収集した(写真3)。



写真3 夏季の日差しで輝き、融けゆく冰山を浮かべる南極海

この調査の解析結果は、IWC や CCAMLR など南極海生物資源関連の国際機関が強く要望する、南極海生態系とその基盤である環境の変動の解明、および鯨類の役割について、大きく貢献するものと考えられる。

4. あとがき

開洋丸は、1979年以降2005年現在まで、計9回の南極海査を実施している(図3)。

初期1-4次の開洋丸南極海調査は、国際共同研究BIOMASS計画(南極海洋生態系および海洋生物資源に関する生物学的研究計画)その後の5-8次は、CCAMLR(南極海洋生物資源保存委員会)の活動と関連したオキアミ生態系調査が中心だった。今次のロス海域調査が加わったことで、南極海のほぼ全域を網羅して活動したことになる。

開洋丸のこれまでの輝かしくも地道な南極海調査活動の中でも、今次は、最南端域にあたる79S付近のロス棚氷にまで達する寒冷域での長期調査であった。本調査に従事した開洋丸乗組員全員と調査員の熱意と健闘に深甚な敬意を表す。さらに、今次調査の実現には、多くの関係者、機関にご理解とご支援を賜った。深く感謝申し上げます。

(外洋資源部/南大洋生物資源研究室長)

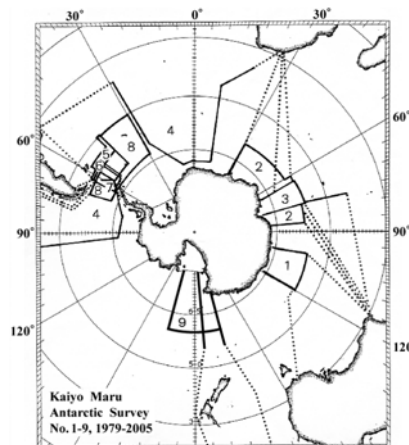


図3 1979 - 2005 年間の開洋丸第1 - 9次南極海調査域。第1 - 4次はインド洋セクター、第5 - 8次はドレーク海峡・スコシア海・ウェッデル海、そして第9次にロス海の調査を行った。ほぼ南極海全体域を網羅したことになる。



写真2 RMT ネットで採集された主な生物種サンプル

中西部太平洋におけるカツオ加入量変動と大気・海洋変動

稲掛伝三・植原量行・小倉未基

1. はじめに

まぐろ類は、大洋規模で分布・回遊するため、その資源量の全体を把握することは非常に困難である。このため、日本、米国、欧州諸国を中心に、まぐろ資源を評価するための国際的な科学委員会が設置され、魚種ごと、海域ごとに最適な手法による資源量推定がなされている（IATTC：全米熱帯まぐろ委員会、SCTB：まぐろ・かじき常設委員会など）。近年では、ENSO（エル・ニーニョ / 南方振動）などの気候変動を取り込んだ資源量推定モデル（Lehodey 2001）なども検討され、大気 / 海洋変動の関心が高まってきた。我が国においても、いわし類資源が大洋規模で、かつ数十年周期でほぼ同時に変動するという Kawasaki(1983)の指摘が端緒となり、レジーム・シフトや気候変動と海洋生態系との関係への関心が高まってきた（谷津ほか(2003)など）。特に川崎（2003）は、レジーム・シフトを大気 - 海洋 - 海洋生態系という地球システムの基本構造（レジーム）が数十年の時間スケールで転換（シフト）することと捉え、今後の資源研究の方向性に関する重要な指摘を行った。まぐろ類の資源変動と気候変動との関係に関しては、稲掛・植原（2003）が、気候変動に連動した水温場の変動とまぐろ類の資源変動との間に相関関係が存在していることを示唆し、まぐろ類の産卵場・生育場、越冬場の海洋変動が卵の質や量、仔稚魚の成長・生残に影響を与えることによりまぐろ類の加入量が変動するという仮説を提言した。本報では、まぐろ類と気候変動に関する研究の一環として、中西部太平洋のカツオ加入量変動と大気・海洋変動との関係の検討結果を紹介する。

2. 資料及び方法

カツオ0才魚の加入量として、Langley et al. (2003)が行った MULTIFAN-CL による推定値を使用した。気候変動の指標としては、代表的な約 30 種の指数を使用した。すなわち、米国海洋大気庁（NOAA CPC）が公開している北半球のテレコネクション指数（<http://www.cpc.noaa.gov/data/teleodoc/telecontents.html>）のうち、PolarEurasia（POL：12月～翌2月の平均値）、West Pacific（WP：年間平均値）、North Pacific（NP：3月～7月の平均値）、Pacific/North American（PNA：8月～

翌5月の平均値）、Tropical/Northern Hemisphere（TNH：11月～翌2月の平均値）など、北太平洋冬季の大気変動指数としては Fisheries and Oceans Canada（http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/sa-mfpd/climate/clm_index.htm）が提供しているアリューシャン低気圧指数（Aleutian Low Pressure Index：ALPI）、NCAR/NOAA（<http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/np.html>）が提供している北太平洋指数（NPI：North Pacific Index：1月～3月の平均値）を使用した。また、近年注目されている太平洋の表面水温場の変動である太平洋十年変動（PDO）も使用した。一方、ENSO（エル・ニーニョ / 南方振動）関連の指標としては、NCEP/NOAA（<ftp://ftp.ncep.noaa.gov>）が公表している SOI（Southern Oscillation Index）、NINO1+2 及び NINO3 の年間平均値を用い、季節風の指標としては、MOI（Monsoon Index：イルクーツクと根室の気圧差：中央水研渡邊氏作成）の9月～翌年5月の平均値を使用した。海面水温変動は、気象庁の全球月平均海面水温解析値を使用し、太平洋全域の緯経度2度升目ごとの月別水温時系列データを作成した。

これらの各指数およびカツオ加入量は標準偏差で正規化した後、平均からの偏差として解析に用いた。一方、気候レジーム・シフトの発生年は Yasunaka and Hanawa (2002) に従った。

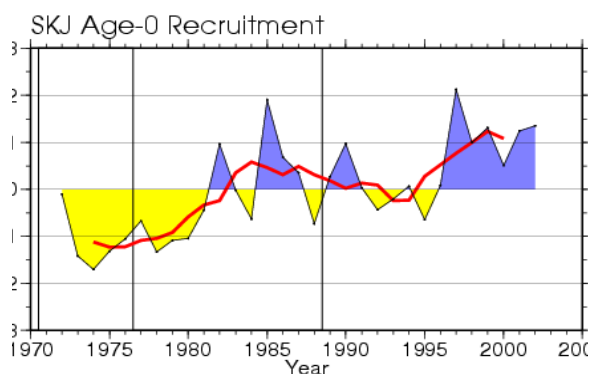


図 1. 標準偏差で正規化された中西部北太平洋のカツオ0才魚加入量指数の時系列変化。細線は各年値の変化、赤線は5カ年移動平均。1976/77年、1988/89年はレジームシフト発生年

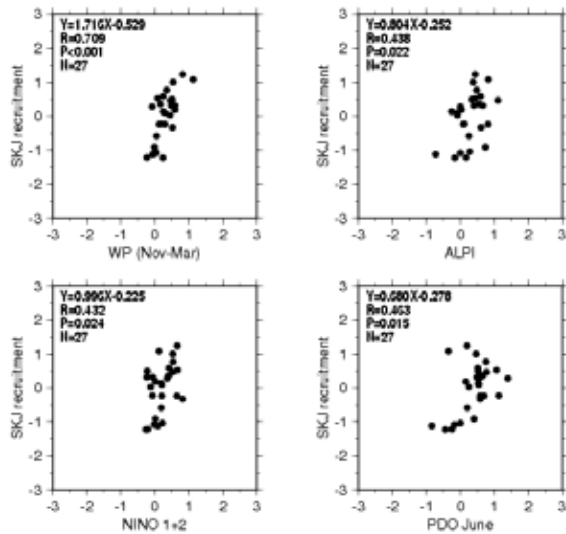


図2. 中西部北太平洋のカツオ0才魚加入量指数と WP(左上:西部太平洋指数)、ALPI(右上:アリューシャン低気圧、NINO1+2(左下:NINO1+2 海域の表面水温偏差)、6月のPDO(右下:太平洋十年変動)との相関関係。各指数は5年の移動平均を施した。

3. 結果

図1に、中西部太平洋全域(150°W以西、20°S~45°N)におけるカツオ0才魚の加入量指数(以下SKJ指数)の時系列を示す。SKJ指数は、経年変動に直線的な上昇トレンドおよび約20年周期の変動が加わった変動を示している。図中縦線で示したレジーム・シフト発生年(1976/77年および1988/89年)に注目すると、これを境とした大きな変動は認められず、レジーム・シフトとの対応は明確ではない。

しかしながら、それぞれ5年移動平均を施したSKJ指数と各気候変動指数との相関関係は、ENSOと連動して変動する指数と間で有意な相関が認められ、中西部のカツオの主分布域に近い大気場の変動であるWP(West Pacific pattern)とは0.71、北太平洋の主要な変動であるPDO(6月)とは0.46、ENSOの代表的指数の一つであるNINO1+2とは0.43の相関係数が得られた(図2)。SOIそのものとの有意な相関は認められなかったものの(p=0.26)、カツオの主分布域に近いWPパターンとの相関が最も高いことは、生息域に近い気候変動が生息域の海洋環境変動に影響し、カツオの加入量変動を引き起こしている可能性が示唆され、興味深い。

さらに、表面水温とSKJ指数の相関の空間分布(図3:ともに5年移動平均を施した)をみると、主産卵場・生息場の一つであるニューギニア北部海域が6月と12月には有意な正相関となっている。この関係は各月とも認められ(図省略)、産卵場・生育場の海面水温が高いほど加入量が高まることを示している。この正相関の水域は、北半球の初夏には赤道域から北側に拡がり(図3上図)、南半球の初夏には赤道から南側への拡がりを見せている(図3下図)。北半球の晩春~初夏にあたる5~7月および南半球の晩春~初夏にあたる11月~1月の仔稚魚の分布域(産卵場・生育場)を図4に示した。仔稚魚の分布域は、北半球の晩春~初夏(5~7月)には赤道域から北側の亜熱帯域に拡がり、南半球の晩春~初夏(11月~1月)には赤道域から南側の亜熱帯域に拡がっているのがわかる。海面水温と加入量の正相関域は、仔稚魚の分布の季節的な移り変わりにもよく対応しており、産卵場および生息場となる海域が高水温となる年代に加入量が高まることを強く示唆しているものと言える。

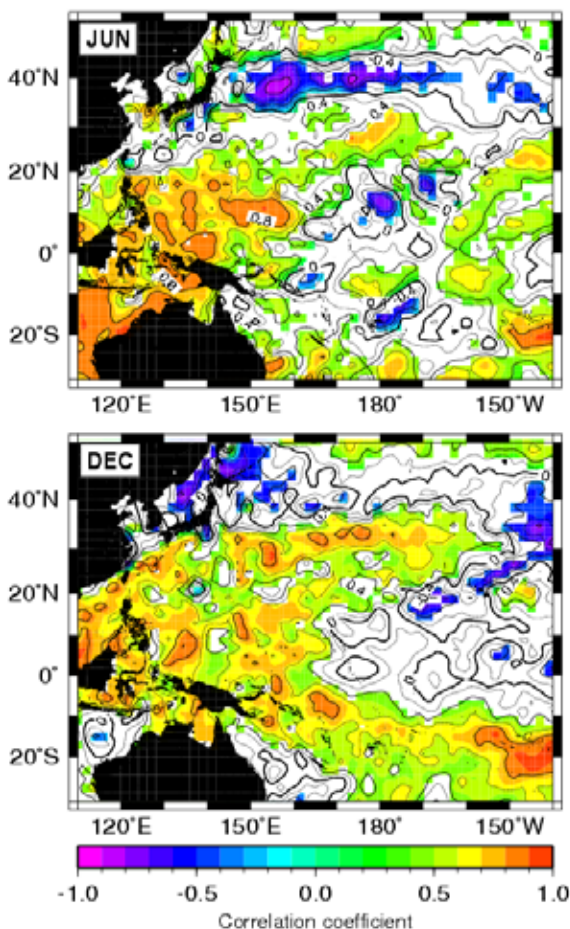


図3. 中西部太平洋のカツオ0才魚加入量指数と海面水温(緯経度2度升目毎の時系列データ)との相関係数の水平分布(両指数ともに5年の移動平均を施した)。上図:6月、下図:12月。着色部は有意な相関を示す。

4. おわりに

以上のように、大気/海洋変動はカツオの加入量変動に影響をおよぼしていることが示唆された。特に産

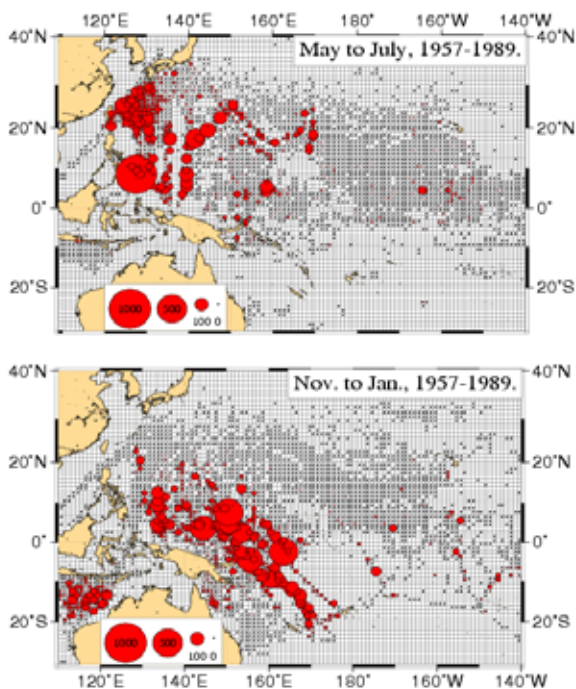


図4. 中西部太平洋のカツオ仔稚魚分布(1000m³あたりの仔稚魚採集数)。上図:5~7月、下図:11~1月。西川ほか(1985)を改編。

卵場・生育場の水温と加入量との関係は、他のまぐろ類にも共通して認められており、まぐろ類共通の関係として興味深い。今後の研究の方向性として、水温場の変動が卵や仔稚魚の成長・生残にどのように関係しているのかなど、気候変動が加入量に影響してゆくメカニズムを解明するための調査・研究が要望される。

引用文献

- 稲掛伝三・植原量行 (2003): まぐろ類の資源変動と大気/海洋変動. 月刊海洋,35(3), 180-195.
- Kawasaki, T. (1983) Why do some pelagic fishes have wide fluctuations in their numbers? – biological basis of fluctuations from the viewpoint of evolutionary ecology. In Consultation to Examine Changes in Abundance and Species Composition of Neritic Fish Resources. *FAO Fish. Rep.* 291(3), p.1065-1080.
- 川崎 健(2003) レジーム・シフト研究の現在的意義. 月刊海洋, 35(2), 75-79.
- Lehodey, P., Chai, F. and Hampton, J (2003) Modelling climate-related variability of tuna populations from a coupled ocean-biogeochemical-population dynamics model. *Fish. Oceanogr.* 12, 483-494.
- 西川康夫・本間操・上柳昭治、木川昭二 (1985): 遠洋性サバ型魚類仔稚の平均分布、1956-1981. 水産庁遠

洋水産研究所浮魚資源部, pp.99.

Yasunaka, S. and Hanawa, K. (2002): Regime shifts found in the Northern Hemisphere SST fields. *J. Meteor. Soc. Jap.*, 80(1), 119-135.

谷津明彦・渡邊千夏子・杉崎宏哉・渡邊朝生(2003): 小型浮魚類の魚種交代 - 再生産関係, 成長, レジームシフト - . 月刊海洋,35(3), 95-99.

(稲掛/海洋研究グループ長)

(植原/海洋研究グループ)

(小倉/企画連絡科長)

CPUE 解析等に関する研究の概要 - 東京海洋大学での国内留学を終えて -

庄野 宏

1. はじめに

私は、平成 16 年 10 月 1 日から平成 17 年 3 月 25 日までの間、水産総合研究センターの国内留学制度を利用して、東京海洋大学海洋科学部海洋生物資源学科の山田作太郎教授の研究室に国内留学させていただいた。半年弱の留学期間中、資源解析がご専門の山田作太郎教授、田中栄次助教授、北門利英助手らと議論を行いながらまぐる類の CPUE 標準化を中心とした水産資源解析に関する研究を行ったが、研究内容の概略は大別すると以下ようになる。本報告では、それぞれの課題についての背景や目的、研究のプロセス（試行錯誤の過程）、研究成果や今後の検討課題などについて次節で個別に整理し、最終節では所感などを述べる。

- 1) 大標本における情報量規準によるモデル選択の検討および CPUE 解析への応用
- 2) ニューラルネットワークを利用した CPUE 標準化（予測と要因分析）の試み
- 3) 構造方程式モデリングを使用した CPUE に影響を与える操業機器などの効果推定
- 4) Tweedie モデルの CPUE 標準化への応用（ゼロ・データの統一的な取り扱い）
- 5) その他の問題（random forest による計算機シミュレーションや相関係数の拡張の試みなど）

2. 問題の背景(CPUE 標準化を中心とした研究課題について)

本節では、最初に水産資源解析において重要な位置を占める CPUE 標準化（CPUE 解析）について説明し、次に個々の研究課題について概説する。

近年まぐる類の国際漁業委員会において、相対資源量を表す指標として、もしくは資源動態モデルへの入力データとして、CPUE（catch per unit effort: 単位努力当たり漁獲量）が不可欠である。しかし、漁船などの操業データによる加工していない CPUE は、資源密度以外の様々な要因（季節、海区、漁具など）を含んでおり、資源の変動を正確に知るためにはこれらの影響を取り除く必要がある。このような資源の年変動に対応する部分を取り出す作業を CPUE 標準化と呼んでお

り、一般化線形モデル（generalized linear model: GLM）に代表される統計手法が伝統的に使用されている。CPUE 標準化にあたっては CPUE に影響を及ぼす環境要因や漁船に装備されている操業機器などの効果抽出が重要な課題になるとともに、モデル選択手法やモデルの説明要因に対する条件設定、誤差構造の仮定などの数理統計学的な事項の検討が必要になっている。また、標準化された CPUE はプロダクションモデルやチューニング VPA などの資源評価を行うためのモデルに対するインデックスとして使用されることが多く、最終的な資源評価結果が標準化された CPUE の年トレンドに大きく依存するケースも見受けられるが故に、CPUE 解析の重要性はますます高まってきている。そこで、今回の国内留学では CPUE 標準化を中心とした以下の水産資源解析における幾つかの問題に焦点を当てて、詳細な検討を行った。なお、CPUE 標準化の現状並びに統計学的な側面については、平松（1995）、庄野（2004）などの文献をご参照いただきたい。

1) 大標本における情報量規準によるモデル選択の検討および CPUE 解析への応用

モデル選択は水産資源解析の重要なテーマの 1 つであり、CPUE 解析に用いられる一般化線形モデルにおいては、CPUE に影響を与える要因の取捨選択（各々の原因系変数（説明要因）が結果系変数に影響を与えているか否かを統計的に判断すること）を情報量規準もしくはステップワイズ検定によって行うことが可能である。水産資源分野では、再生産曲線のパラメーター推定など様々な問題において、情報量規準 AIC（Akaike's information criterion: 赤池情報量規準, Akaike, 1973）が主に使用されているが、AIC は状況によっては正しいモデルを選ぶ選択パフォーマンスが必ずしも良くないことが知られている。過去には小標本の場合に AIC の有限修正を施した c-AIC（finite correction of AIC, Sugiura, 1978）と呼ばれる情報量規準の選択パフォーマンスが良くなることを計算機シミュレーションにより示した（Shono, 2000）。

本研究では、大標本の場合にも AIC が偏りを持つこ

とを計算機シミュレーションにより実証し、一致性とと呼ばれる標本数を大きくしていった場合に真のモデルを選択する確率が 1 に近づいていくような情報量規準 (BIC (Bayesian information criterion, Schwarz, 1978), HQ (Hannan, and Quinn, 1979), CAIC (consistent AIC, Bozdogan, 1987) など) の選択パフォーマンスが AIC のそれと比べて特別な場合 (説明変数間の相関が高い場合や誤差分散の値が大きい場合など) を除いて良くなることを証明した。これまでは上記の他にも多くの情報量規準が提案されているが、導出のコンセプトは予測時の観測値と推定値の二乗誤差を最小にすることに重点を置いた AIC 系統の基準と、Bayes 流の考えに基づいて事後確率の最大化を目標とした BIC 系統のものに大別され、AIC や HQ 等は前者に、BIC や CAIC 等は後者に分類される。ここでは、年トレンド抽出という CPUE 標準化の目的を考慮し、シミュレーションにより幾つかの候補モデルの中から正しいモデルを選択する確率を各々の情報量規準を用いて計算し、それらの値を比較検討した。また、実際の漁業データを用いて AIC と一致性を持つ規準の間でモデル選択結果と抽出された CPUE 年トレンドが異なる場合があることを示した (Shono, 印刷中)。図 1 は、インド洋キダ資源の標準化された CPUE のモデル選択 (CPUE に影響を与えている時空間や環境要因などの説明変数の統計的な取捨選択) を各々の情報量規準を用いて行い、LSMEANS と呼ばれる定義方法で抽出した CPUE 年トレンドの違いを表している。このような年トレンドの

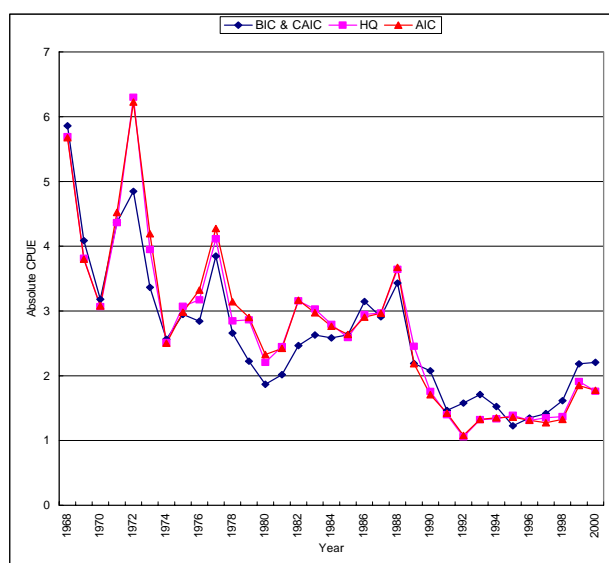


図1 各々の情報量規準(AIC, BIC, CAIC, HQ)により選択されたインド洋におけるキダ資源の標準化 CPUE 年トレンド (Shono,印刷中)

違いは、CPUE をチューニングインデックスとして使用する資源評価モデルによる最終的な資源量推定結果に大きな影響を与えることが知られており、標準化に当たってはモデル選択に関して十分な注意が必要である。

なお、今回の計算機シミュレーションは、現実の資源状況の把握という CPUE 解析の目的を考慮し、真のモデルを選ぶという選択パフォーマンスに基づいて行った。しかし、統計学的な観点から言えば、AIC の導出コンセプトである予測誤差を最小にする考え方も重要であり、今後は必要に応じて比較検討していきたい。

2) ニューラルネットワークを利用した CPUE 標準化 (予測と要因分析) の試み

CPUE 標準化においては操業の無い時空間の扱いが難しく、特に季節やエリア毎に集計されたデータではその条件設定が推定された年トレンドに与える影響が大きい。一般化線形モデルによる解析では、便宜的に分割したサブエリア内で資源が一樣に分布するという仮定を使用することが多いが、年が経つにつれて漁場が縮小しているような場合にこの仮定を用いると資源の過大評価につながる恐れもある。例えばミナミマグロ漁業では、サブエリアに資源が一樣に分布するという CS 仮説 (constant square 仮説) を用いた場合と、操業のないセルでの CPUE がゼロであるという VS 仮説 (variable square 仮説) を用いた場合とで近年の CPUE 年トレンドが大きく異なり、深刻な問題となったことがある。そこで、本研究では、ミナミマグロ資源を想定して教師付き学習と呼ばれる出力変数 (結果系変数) が存在する場合に、ニューラルネットワークの 1 つである誤差逆伝搬アルゴリズムを使用して、CPUE の予測と要因分析手法の開発を行った。

ニューラルネットワークの特徴については麻生 (1988) 吉富 (2002) などで詳しく述べられているが、一言で言えば脳や神経系の仕組みをモデル化したものであり、本研究で用いた誤差逆伝搬アルゴリズムは非線形関数に関する高い近似能力を持つことが知られている。

具体的な計算手順としては、月別かつエリア別 (5x5 のブロック別) に集計された日本のはえ縄船によるミナミマグロデータを使用し、まず操業があるセルのデータセットを用いてニューラルネットワークによるルールを作成して、漁獲がないセルの CPUE 予測値を算出した。予測値の精度検証を n-fold cross-validation と呼ばれる正解の一部を故意に隠して比較する方法を用い

て行った。具体的には、全てのデータセット(全部で約 8,000 レコード)を乱数に基づいて 5 つのサブセットにランダム分割し、4 つのサブセットを用いてニューラルネットワークの計算を行い、残りの 1 つについて観測値と予測値の差異を評価する、という手順を全てのサブセットについて行った。その結果、観測値と予測値の標本相関係数は 0.4~0.6 程度とまずまずの値を示した。これらの相関係数の値は、以前に私が同じ条件で計算を行った傾向スコア法と呼ばれる欠測データ解析のための統計手法の場合に比べかなり高くなっている。このことから、ニューラルネットワークによる予測精度は比較的高いことが分かる。次に、この予測値を元

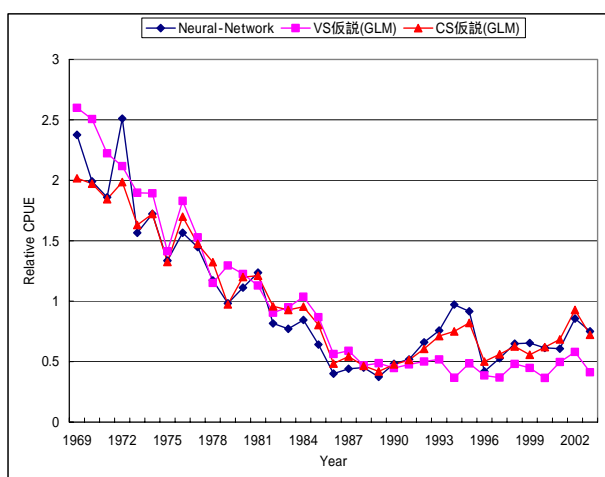


図2 ニューラルネットワークによるミナミマグロ資源の CPUE 年トレンドおよび GLM との比較。(庄野, 2004(図 4)の改訂版)

に月による平均(または総和)を取り、緯度・経度による平均(または総和)を計算することによって要因分析(CPUE 年トレンド抽出)を行った。この方法により推定されたミナミマグロ資源の CPUE 年トレンドは、GLM による標準化と比較すると、VS 仮説よりは CS 仮説を用いた場合に比較的良く似ている(図 2)。また、努力量のないセルの CPUE 年トレンドの相対的なレベルは、漁獲がある(観測された CPUE が存在する)セルのそれらの 6 割ないし 9 割程度の値を示した。これらの結果は今春の水産学会大会にて口頭発表を行ったが、水産資源解析への適用例および要因分析の方法に焦点を当てて論文化を行い、出来るだけ早い時期に学術雑誌へ投稿したいと考えている。なお、今後の課題としては、主に以下の 2 点が挙げられる。

1. 様々な条件下での予測精度のチェック(今回検証したのはランダム誤差を持つ場合のみであるが、系統的な誤差を持つ場合など様々な仮定を用いて cross-validation を行いたい)

2. 要因分析手法の更なる改良(本報告で提案した CPUE 年トレンド抽出法は簡便で実用性が高く、ニューラルネットワークのブラックボックス性のある程度解消出来ると考えているが、要因が全て質的変数の場合など適用範囲が限られることもあり、更なる改良を試みていきたい)

3) 構造方程式モデリングを使用した CPUE に影響を与える操業機器などの効果推定

CPUE に影響を与える要因として、はえ縄漁業ではもちろんのこと、まき網漁業や竿釣り漁業においても、時空間的な要因の他に漁船に装備されている操業機器(パワーブロックやパースウィンチなどの性能、まき網漁船ではネットやメッシュのサイズなどの数値)や探索機器(パードレーダーやソナー、テレサウンダー、GPS 装置等)、船の性能(船の大きさや速度、建造年等)などの効果が、表面水温や塩分濃度などの環境要因と並び重要視されている。しかし、従来の一般化線形モデルによる解析ではそれらの要因効果を検出することが難しく、場合によっては負の効果(例:パードレーダーなどの操業機器を装備した方が装備しない場合に比べて CPUE が低くなるといった効果)が認められ、不自然な点も残ってしまった。良く耳にする話としては、漁労長の能力や経験などが漁獲能率に対して影響を与えているため船間格差が非常に大きいとのことであるが、これらの要素を解析に取り込むためには、データの整備および追加収集が必要である。そこで、本研究では構造方程式モデリング(共分散構造分析)という目に見えない潜在変数を導入し、潜在変数間や潜在変数と観測変数の間に因果関係や相関関係を仮定したモデリング手法を使用し、装置類に関する要因効果の抽出を試みた。構造方程式モデリングについては、豊田ら(1992)、狩野(2002)、Bollen(1989)等の教科書(易しい順番に並べてある)をご参照いただきたい。具体的には、漁船に装備されている装置類の効果を操業機器、探索機器、船の性能(漁船情報)の 3 つに分類された潜在変数の影響を受けることを仮定した多重指標モデルや PLS と呼ばれる構造方程式モデルを構成し、各々のパス係数や相関係数の推定を試みた。図 3 は、日本の海外まき網船によるカツオ及資源びキハダ資源の CPUE に影響を与える、漁船に装備されている装置類の影響を評価するための構造方程式モデリングの一例を示している(パラメーター推定値などは、後述の理由により信憑性に問題が残っているため、省略して

ある)。試行錯誤の結果、選択したモデルの推定値はある程度妥当な値が得られたが、共分散構造分析モデル全体の良さを示す適合度指標である CFI, GFI, RMSEA などの値が、構造方程式モデリングによる実際例を多く掲載している学術雑誌が要請する基準をクリア出来なかった。これは、観測変数が連続変量と 2 値 (0-1)

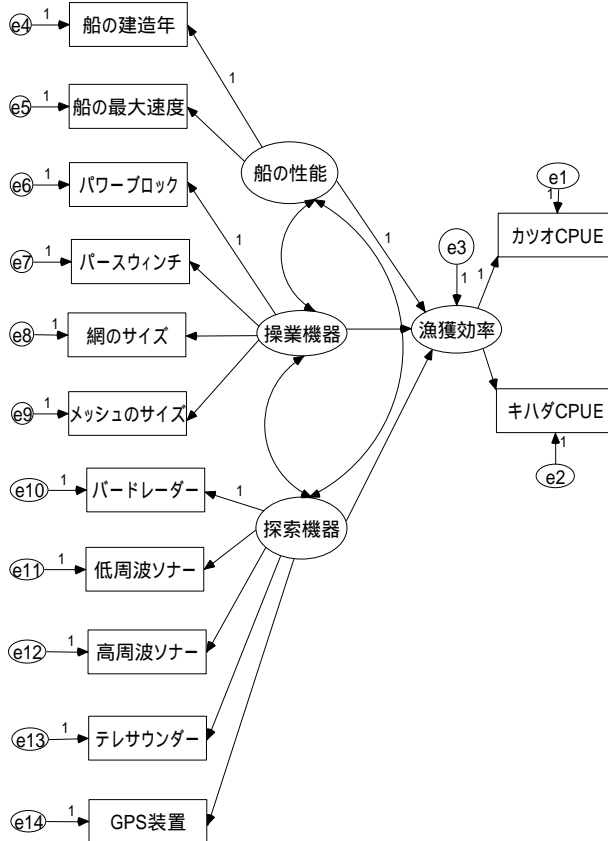


図3 海外まき網船による中西部太平洋のカツオおよびキハダの CPUE に影響を与える、漁船に装備されている装置類の影響を評価するための構造方程式モデリングの一例

変数の混在になっていることが原因であることが分かった。2 値観測変数と潜在変数間の係数を推定する際には logit モデルや probit モデルと呼ばれる質的選択のための統計モデル推定で行っているような取り扱いが必要であり、現在使用しているソフトウェア (Amos) では対応していないゆえに起こる現象であることが判明した。そのため、2 値観測変数や離散潜在変数による解析に対応したパッケージソフトを導入し、引き続きモデル改良などの作業を進めていく予定である。

4) Tweedie モデルの CPUE 標準化への応用 (ゼロ・データの統一的な取り扱い)

CPUE 解析においては漁獲量や努力量のデータにゼロが含まれる場合がかなり多くあり、従来使用してい

る一般化線形モデルの中の CPUE に対数正規分布誤差を仮定したモデルでは、うまく定式化することが出来ない。そのため、全ての CPUE に一定量を足し込む方法 (ICCAT, 1997) や、最初にゼロキャッチの比率を Logit モデルや Probit モデルを用いて推定し、次にゼロでない部分のデータのみを用いて一般化線形モデルによる解析を行う Delta 型 2 段階モデル (Lo, 1992) が利用されている。しかし、前者では CPUE に一定量を足し込んだモデルでパラメーター推定を行うがゆえに (点推定値は足し込んだ定数を引いて元に戻すことによって修正出来るが) 区間推定において補正が難しいバイアスが生じ、後者では各々のプロセスにおける有意と認められた要因効果が異なる場合には CPUE 年トレンド抽出が複雑になり、定義方法によっては一意に定まらないことも起こりうる (庄野, 2004)。Delta 型 2 段階モデルの尤度関数を同時に表現した Zero-Inflated モデル (Lambert, 1992) も使用可能であるが、両者の尤度関数形は本質的に同じである。そこで、本研究では Tweedie モデル (Tweedie, 1984; Jorgensen, 1997) と呼ばれる各々の要素が Gamma 分布に従い、計数値が Poisson 分布に従う確率過程から導かれたゼロ・データを統一的に取り扱える統計モデルを用いて、インド洋のキハダ資源を例とした漁業データによる予備的な解析を試みた。図 4 は Tweedie モデル、および全ての CPUE に定数項を足し込んだ GLM (共分散分析型) による CPUE 標準化の結果 (LSMEANS と呼ばれる定義方法により抽出された CPUE 年傾向の相対値) を示している (Shono, 未発表)。

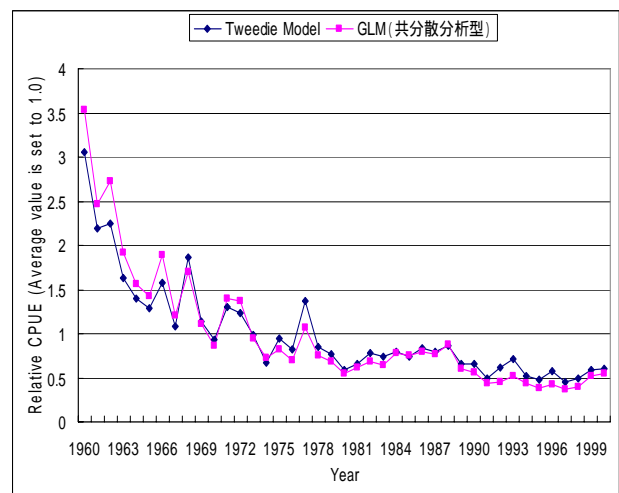


図4 Tweedie モデル及び GLM (共分散分析型) により推定されたインド洋キハダ資源の標準化 CPUE 年トレンド このモデルは疑似尤度と呼ばれるフレームワークでの論理展開が可能であり、推定量が漸近的に良い性質を持つことが知られている。実際に降水量予測などの

問題に適用されており、今後官庁統計分野（消費支出の分布など）への応用も期待されうる。しかし、その一方で他の統計モデルとの比較が個々の推定量に限定され、モデル全体の比較が困難であるという欠点も存在する。今後の課題として、1つは漁業データによる解析を通じて Tweedie モデルの性能評価（具体的には残差分析や何らかのクロスバリデーションを想定している）を行い、学術雑誌への投稿および国際漁業委員会への文書提出を行っていききたい。もう1つは Tweedie モデルの導出過程の検討を通じたモデルの改良及び拡張を試みており、理論的な結果が得られた場合は数理統計関連雑誌への論文投稿を検討していききたい。

5) その他の問題（Random forest による計算機シミュレーションや相関係数の拡張の試みなど）

樹形モデル（Kass, 1980; 大滝ら, 1998 など）と呼ばれる、ある基準に従ってデータセットを複数のサブセットに分割していく手法において、Bootstrap 標本と呼ばれる重複を許して新たに抽出したデータセットを試行毎に作成し、分岐に際して要因の取舍選択を乱数に基づいて行った、Random forest (Breiman, 2001) と呼ばれる学習理論的な方法が、現在情報科学研究者の中で流行している。この方法は従来の樹形モデルに比べて予測性能などのパフォーマンスが良いと言われている。しかし、現状では理論的な証明がなされておらず、計算機によるシミュレーション実験が検証には必要不可欠である。そのため、今後 CPUE 解析への適用を視野に入れた計算機シミュレーションを行っていききたい。

また、筆者は通常対称性を持つ標本相関係数の定義を拡張し、因果の方向性を含む相関係数への改良を共同研究者の方々と試みており、得られた結果があれば、将来的に水産資源解析に関わる問題（海洋環境と加入量の間の因果関係の解析など）に適用していききたい。

3. 所感（まとめ）

半年弱の留学期間中には、これまでアイデアを温めてきた CPUE 解析を中心とした水産資源解析に関わる諸問題に一通り手を付けることが出来、そして一部は学術雑誌への論文投稿、採択まで持っていくことが出来て非常に良かったと感じている。その一方で、全ての内容について論文投稿が出来なかったことは残念であり、今後はデータ解析や計算機シミュレーション、理論的な考察が終了したのから順に速やかに学術雑誌に投稿していききたい。そして、留学中の CPUE 関係

の問題のみならず、統計学の応用という立場から体長組成データの年齢分解手法、海洋環境データを利用した加入量予測など水産資源に関する様々な問題を取り上げて学術論文を数多くコンスタントに執筆し、投稿していききたい。なお、今回の研究内容を軸にストーリーを構成し、近い将来の提出を考えている学位論文として仕上げる予定である。また、これらの応用研究を通じて水産資源学へ貢献すると同時に、開発及び改良した CPUE 標準化などの解析手法を実際のまぐろ漁獲データに適用し、その結果を国際漁業委員会などに提出していききたい。

留学期間を通じて強く感じたこととして、異なった組織に所属する研究者との議論は刺激的であり、何よりも水産資源解析の第一人者である留学先研究室の諸先生方（山田作太郎教授、田中栄次助教授、北門利英助手）や桜本和美教授、北田修一教授、東海正教授、鈴木直樹助手ら、水産資源関係の講座に所属されておられる東京海洋大学教員の多くの方々と資源評価手法や管理手法、統計モデルなどに関わる問題について深く議論出来たことが、一番印象に残っている。これらの議論やアドバイス、励ましがなければすべての問題についてほとんど何も進捗しなかったのではないかと感じており、先生方の本質的な指摘や問題提起、解析方法の提案などに対して深く感謝申し上げます。また、参加させていただいた学部生及び修士学生対象のセミナー（月曜 4 限：水産資源解析の教科書の輪読）や博士学生対象のセミナー（火曜 4 限：個々の学生さんの研究進捗状況の発表）を通じ、指導方法なども含めて多くのことを吸収出来たのではないかと考えている。

設備面では、図書館が非常に充実しており、Web 上で閲覧可能なオンラインジャーナルの数も非常に多く、研究を進めていく上で非常に役立った。なお、留学期間中に 2 回ほどセミナー発表をする機会があり、1 回は「CPUE 標準化の現状と課題」というタイトルで私の国内留学中の研究テーマについて紹介し、もう 1 回は「遠洋水産研究所におけるまぐろ類の資源解析 資源評価・資源管理に用いられる手法について」というタイトルで学部生や大学院生向けのチュートリアル的な内容について講演を行った。質疑応答でも本質的なコメントを多くいただき、非常に参考になった。（これらの講演資料や学会発表資料、学術論文の要旨などは私のホームページ (URL <http://cse.fra.affrc.go.jp/hshono>) に PDF の形で掲載しているので、興味をお持ちの方は、ご自由にダウンロードしていただきたい。)

なお、今後留学中に得られた人脈を生かして、所外組織との共同研究を積極的に進めていきたい。ちなみに、平成17年度統計数理研究所共同利用研究の応募課題「水産資源に対する観察データ解析のための統計推測」が既に採択になっており、私は研究代表者として統計数理研究所や東京大学海洋研究所、東京海洋大学、東海大学海洋学部、東京医科歯科大学、日本鯨類研究所、遠洋水産研究所などに所属する研究者との共同研究や、統計数理研究所での研究集会を開催する予定である。最後になりましたが、今回国内留学の機会を与えて下さった遠洋水産研究所の皆様、および事前の手続きを含めいろいろとお力添えをいただいた水産総合研究センター、特に本部研究調査部研究交流課の皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Akaike, H. (1973): Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. 2nd International Symposium on Information Theory. Petrov, B. N., and Csaki, F. (eds.), Akademiai Kiado, Budapest, 267-281.
- 麻生英樹 (1988): ニューラルネットワーク情報処理. 産業図書, 198 pp.
- Bollen, K. A. (1989): Structural equations with latent variables. John Wiley and Sons, New York. 528 pp.
- Bozdogan, H. (1987): Model selection and Akaike's information criterion (AIC): The general theory and its analytical extensions. Psychometrika, 52(3), 345-370.
- Breiman, L. (2001): Random Forests, Machine Learning, 45(1), 5-32.
- Hannan, E. J. and B. G. Quinn (1979): The determination of the order of autoregression. J. Royal Statist. Soc. Ser. B, 41, 190-195.
- 平松一彦 (1995): 統計モデルによる CPUE 標準化. 漁業資源研究会議北日本底魚部会報. 28, 87-97.
- ICCAT (1997): Report of the bluefin tuna methodology session. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Coll. Vo. Sci. Pap. Vol. XL VI(1), 187-201.
- Jorgensen, B. (1997): The theory of dispersion models. Chapman and Hall, London. 237 pp.
- 狩野裕・三浦麻子 (2002): AMOS, EQS, CALIS によるグラフィカル多変量解析 (増補版): 目で見る共分散構造分析. 現代数学社, 293 pp.
- Kass, G. V. (1980): An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data. Applied Statistics 29, 119-127.
- Lambert, D. (1992): Zero-Inflated Poisson regression, with an application to defects in manufacturing. Technometrics, 34(1), 1-14.
- Lo, N. C. L. D., L. D. Jacobson and J. L. Squire (1992): Indices of relative abundance from fish spotter data based on Delta-Lognormal models. Canadian Journal of Fish and Aquatic Science. 49, 2515-2526.
- 大滝厚・堀江宥治・Dan Steinberg. (1998): 応用2進木解析法. 日科技連, 273 pp.
- Schwarz, G. (1978): Estimating the dimension of a model. Ann. Statist., 6, 461-464.
- Shono, H. (2000): Efficiency of finite correction of Akaike's information criteria. Fisheries Science, 66(3), 608-610.
- 庄野 宏 (2004): CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. 水産海洋研究, 68(2), 106-120.
- Shono, H. (2005?): Is model selection using Akaike's information criterion appropriate for CPUE standardization in large samples? Fisheries Science (in press)
- Sugiura, N. (1978): Further analysis of the data by Akaike's information criterion and the finite corrections. Commun. Statist.-Theory. Meth., 7(1), 13-26.
- 豊田秀樹・前田忠彦・柳井晴夫 (1992): 原因をさぐる統計学, 252pp. 講談社ブルーバックスシリーズ.
- Tweedie, M. C. K. (1984): An index which distinguishes between some important exponential families. In Statistics: Applications and New Directions. Proceedings of the Indian Statistical Institute Golden Jubilee International Conference. (Eds. J. K. Ghosh and J. Roy), Calcutta: Indian Statistical Institute, 579-604.
- 吉富康成 (2002): ニューラルネットワーク. 朝倉書店, 174 pp.

(浮魚資源部 / 数理解析研究室)

Microwave Telemetry 社製ポップアップタグの 水温の測定および記録方法

山田陽巳

筆者らは米国 Microwave Telemetry 社製ポップアップタグ (MT タグ) と超音波発信器 (カナダ・ベムコ社製) を同一のクロマグロに同時に装着することにより両者の水温データを比較し、鉛直移動により水温が大きく変化したとき MT タグはその大きな水温変化を記録できていないことを観察した。これは主に MT タグの水温センサーがタグ内部に所在しているため、水温がタグ内部の水温センサーに反応するまでに時間がかかるためと考えられた (山田ら 2004)。その後も解析に当たってメーカーとのやり取りを行なっているときに、水温の記録方式について新たな情報が得られた。これは我々ユーザーにとって有益であると思い、ここに紹介する。

まず、MT タグの水温データに係わる測定方法や測定するセンサーの精度、解像度等について記す。水温は1時間ごとに測定され、その前後のある時間内に測定された水温の平均値ではない。

水温センサーの精度は最大 ± 0.33 以内であるが、これから述べる機差や記録方式を考慮すると受け入れられる精度と考えられる。また、水温センサーには機差が認められる。タグが浮上し海面を漂流しているときの水温と人工衛星から観測された表面水温などと比較して、タグによる水温データを補正する必要がある。

水温センサーはタグ内部にあり、タグ表面に露出していない。そのためセンサーはタグ内部に伝わってきた水温を測定する。水温がタグ内部のセンサーに伝わるまでにある程度の時間がかかるため、山田ら (2004) は MT タグと超音波発信器の水温の違いはこのことによるものだろうと考えた。しかし、さらに実際に測定された水温と記録さ

れる水温の間に差が生じる原因にその記録方式による場合もあることが明らかとなった。次に MT タグの水温データの記録方式について述べる。

0,12 時 (世界時) は、そのままの測定値を記録するが、その間の時刻は1時間前の測定値との差を記録する。また測定された水温は、タグごとに異なる2次式により変換された値が記録される。この仕組みはデータをアルゴス衛星システムにより送信するため、データ量を小さくするための工夫である。なお MT タグには HR タイプというものがあ、これは記録間隔を4分程度まで短くし、データ収録期間も約2週間までに短縮したものであるが、全ての測定水温はそのまま記録される。

0,12 時の水温は換算式により256段階の変換値として8ビットで記録され、これ以外の時間の水温は1時間前との水温変換値の差を5ビット、すなわち-16~15の32段階で記録される。その差が-16~15を越えた時には、-16あるいは15が記録されることになり、この時点で実際の測定水温とタグから読み出した水温に差が生じる。この差が-16~15を越えた時、この超えた分は次の水温差に持ち越される。しかしこの持ち越し分は0時または12時に0にリセットされる。このことを例示すると下表のようになる。

0時は測定水温が2次式で変換された値がそのまま記録される。0時から1時の水温差は変換値で-16を越えていないので、その差が5ビットで記録される。1時から2時の水温差は変換値で-16を越えるが、この時刻の記録としては-16となり、-1が次の時間の記録に繰り越される。2時から3時は測定水温が変化していないが、1時から2時までの水温差のうち、-16を越えた-1が繰り越されている

時刻	測定水温 ()	変換値	1時間前との差	記録される値		読み出し後の値
				8ビット	5ビット	
00:00	25.0	177		177		177
01:00	23.0	166	-11		-11	166
02:00	20.0	149	-17		-16	150
03:00	20.0	149	0		-1	149

ため、3時は $-1(=0+(-1))$ と記録される。こうにして記録された値は読み出したときには、0時の177から順に記録された差を加算していくことにより、166、150、149となり、1時から2時の大きな水温差は記録できないが、3時には測定水温と一致することになる。この記録方式により、激しい水温変化もMTタグには穏やかな変化として記録されることになる。

そこで、山田ら(2004)のFig. 2に示した超音波発信器により記録された水温が、上の記録方式によりMTタグにどのように記録されるのか計算してみた。その結果を下図に示す。世界時0時、12時は日本時間の9時、21時に相当し、この時刻には測定水温がそのまま記録される。これ以外の時間についても、タグに記録された水温はこの記録方式から期待される水温と11時を除いてほとんど一致していることから、大きな水温変化(例えば、タグ水温が超音波発信器の水温と大きく外れた8時、19時の水温)が記録できないのは水温センサーがタグ内部にあるという理由よりもこの記録方式によるものであることが分かった。11時は記録された水温と期待される水温との間に大きな差が生じた。超音波発信器によれば、この魚は11時1分前からそれまでの水温26.5の表層から急潜行を開始し、11時1分には22以下の水深130m以深に達していた。メーカーによれば、MTタグは外部の20の変化を5分以内に感知できる反応速度を持つとされるが、このような短時間における大きな水温変化の途中で測定したときには、1時間前との登録水温差が $-16\sim-15$ の範囲内であっても測定できなかったと考えられる。

さて、このような記録方式が採用されていることから、MTタグの水温データを用いた解析をする時には注意が必要である。この記録方式だけを考慮すれば、世界時0、

12時から変換値で $-15\sim-14$ までの水温データが外部環境水温をほぼ正確に記録しているといえる。

そこでこれらのデータを抜き出して遊泳環境についての情報を得ることは可能であろう。しかしこのような0、12時から系統抽出されたデータから魚の生息水温分布などを検討することは出来ない。

またここに示した11時のときのように大きな水温変化の途中であれば0、12時であってもセンサーがタグ内部にあるためそのときの外部水温を正しく測定されないこともある。そこで、別途記録されている圧力センサーの記録も同時に参照し(今のMTタグには圧力センサーは標準装備されている)、0、12時が大きな鉛直移動の途中でないか、確認する必要がある。しかし頻繁に鉛直移動を繰り返すクロマグロでも図に示した25個のデータのうち、このような事例が認められたのは1個だけであった。今回の実験により、水温センサーがタグ内部にあるために起こる環境水温測定の反応速度の遅さは当初考えられていたほど大きなものではないと考えられた。昼夜で分布水深を移動させる魚種では、その移動時間帯のデータに注意する必要があるが、鉛直移動が少ない魚種ではこのような問題はほとんど起こらないと考えられる。

ポップアップタグはMT社を含め、2社から製造販売されている。両者のタグは、タグ本体の形状は非常に似通っているが、データの記録方法などは大きく異なる(本誌112号、高橋・斎藤2003参照)。我々ユーザーはそれぞれの特徴を理解し、目的、魚種を考慮して用いるタグを選択する必要がある。

引用文献

- 高橋未緒・斎藤宏和(2003): ポップアップ式衛星通信型タグによるまぐろ・かじき類調査の現況. 遠洋, 112: 18-23.
- 山田陽巳・矢野和成・小菅丈治(2004): マグロの大回遊の謎に挑むポップアップタグ. 海洋理工学会誌, 9: 201-207

(近海かつおまぐろ資源部/まぐろ研究室長)

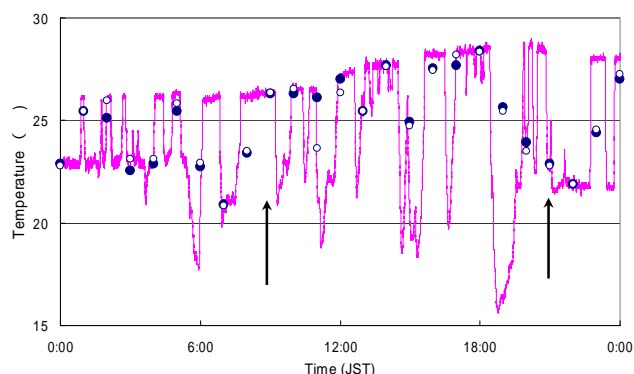


図 MTタグにより記録された水温(紺丸)とタグの記録方式から期待される水温(白抜丸)との比較。

実線はMTタグを装着したクロマグロに別途取り付けられた超音波発信器により記録された水温を示し、期待される水温とは超音波発信器による水温がMTタグにより測定されたときにその記録方式により記録される水温をいう。また矢印は測定された水温がそのまま記録される日本時間9時、21時を示す。

刊行物ニュース (平成 16 年 10 月 ~ 平成 17 年 3 月)

(下線を付けた著者は遠洋水産研究所の研究者を示す)

学術雑誌・書籍等

- Branch, T. A., Matsuoka, K. and Miyashita, T. (2004): Evidence for increases in Antarctic blue whales based on Bayesian modeling. *Marine Mammal Science*, **20**(4): 726-754.
- 平松一彦 (2004): オペレーティングモデルを用いた ABC 算定ルールの検討. 日本水産学会誌, **70**(6): 879-883.
- Hiramatsu, K. and Tanaka, E. (2004): Reliability of stock size estimates from adaptive framework virtual population analysis. *Fisheries Science*, **70**(6): 1003-1008.
- Ikemoto, T., Kunito, T., Tanaka, H., Baba, N., Miyazaki, N. and Tanabe, S. (2004): Detoxification mechanism of heavy metals in marine mammals and seabirds: interaction of selenium with mercury, silver, copper, zinc, and cadmium in liver. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **47**: 402-413.
- Ikemoto, T., Kunito, T., Anan, Y., Tanaka, H., Baba, N., Miyazaki, N. and Tanabe, S. (2004): Association of heavy metals with metallothionein and other proteins in hepatic cytosol of marine mammals and seabirds. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **23**(8): 2008-2016.
- 稲掛伝三, 榎原量行, 山田陽巳, 魚崎浩司, 小倉未基 (2004): かつお・まぐろ類の資源変動とレジームシフト. 水産海洋研究, **68**: 267-268.
- Kajiwara, N., Ueno, D., Takahashi, A., Baba, N. and Tanabe, S. (2004): Polybrominated diphenyl ethers and organochlorines in archived northern fur seal samples from the Pacific coast of Japan, 1972-1998. *Environmental Science and Technology*, **38**(14): 3804-3809.
- 亀田卓彦・石坂丞二 (2004): 衛星から見た北西太平洋における基礎生産の時間変動. 水産海洋研究, **68**: 258-259.
- Kato, H. (2004): "Kujira damari", fantastic Aggregate place of Large Whales in Tosa. *Farming Japan*, **38**(6):17-21.
- 清田雅史 (2005): はえ縄漁業とアホドリ類の知恵比べ - 環境に優しい漁法をめざして -. 海洋水産エンジニアリング, **5**(42): 7-12
- 清田雅史・岡村寛・米崎史郎・平松一彦 (2005): 資源選択性の統計解析 - I. 基礎的な概念と計算方法. 哺乳類科学, **44**: 129-146.
- Miyake, M., Miyabe, N. and Nakano, H. (2004): Historical trends of tuna catches in the world. Historical trends of tuna catches in the world. *FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER*, **467**: 1-74.
- 松本隆之・鈴木治郎 (2004): 地中海におけるクロマグロ蓄養の現状および問題点. 遠洋, **114**: 19-21.
- Matsuoka, K., Ensor, P., Hakamada, T., Shimada, H., Nishiwaki, S., Kasamatsu, F. and Kato, H. (2004): Overview of minke whale sightings surveys conducted on IWC/IDCR and SOWER Antarctic cruises from 1978/79 to 2000/01. *J. CETACEAN Res. Manage*, **5**(2):173-201.
- 南浩史 (2004): 奮闘する研究者たち - インドネシア・パプアの新サガメ調査体験記. OPRT ニュースレター, **8**: p.3.
- Nakadate, M., Viñas, J., Corriero, A., Clarke, S., Suzuki, N. and Chow, S. (2005): Genetic isolation between Atlantic and Mediterranean albacore populations inferred from mitochondrial and nuclear DNA markers. *Journal of Fish Biology*, **66**: 1-13.
- 中野秀樹・シェリー・クラーク・大橋洋一・前野美弥次・熊谷徹 (2004): 電気ショックでサメ害を防ぐ. 板鯨研究会会報, **40**: 28-30.
- 中野秀樹 (2004): サメ類. ワシントン条約付属書掲載基準と水産資源の持続可能な利用. : 223-232.
- 中野秀樹 (2004): 電気ショックでサメ害を防ぐ. 遠洋, **115**: 10-11.
- Nishida, T. and Chen, D. (2004): Incorporating spatial autocorrelation into the General Linear Model with an application to the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) longline CPUE data. *Fisheries Research*, **70**: 265-274.
- Nishida, T., Mohri, M., Itoh, K., Nakagome, J. (2004): Study of bathymetry effects on the nominal hooking rates of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and bigeye tuna (*Thunnus obesus*) exploited by the Japanese tuna longline fisheries in the Indian Ocean. GIS/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences (Volume 2), Fishery-Aquatic GIS Research Group : p.659-672.
- Nishida, T. (2004): Preface. GIS/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences (Volume 2), Fishery-Aquatic GIS Research Group : p.IX-XVII.
- 野別貴博・南浩史・松永浩昌・清田雅史・横田耕介・木村紀雄・中野秀樹・宮本波・安田雅也・池田寛・小野田明人 (2005): 御前崎海岸におけるアカウミガメの産卵特性とその後の移動. うみがめニュースレター, **63**: 21-0.
- 岡本浩明 (2004): 平洋戦争以前および終戦直後の日本のまぐろ漁業データの探索. 水産総合研究センター報告, **13**: 15-34.
- 岡村 寛 (2005): 生態系モデルの現状と将来. 月刊海洋, **37**(3): 205-211.
- Sakai, H., Iwata, H., Kim, E.-Y., Tanabe, S. and Baba, N. (2004): Identification of constitutive androstane receptor cDNA in northern fur seal (*Callorhinus ursinus*). *Marine Environmental Research*, **58**: 107-111.
- Taki, K. (2004): Distribution and life history of *Euphausia pacifica* off northeastern Japan. *Fisheries Oceanography*, **13**: 34-43.
- 瀧 憲司・寺崎 誠 (2005): 三陸のオキアミ漁業の特徴について. 三陸の海と生物, : 84-101.
- 田中真一・鳴島浩二・浅川弘・石井雅之・市毛勇・小川昌三・北水慶一・小藤一弥・藤田健一郎・益子正和・中野秀樹・南浩史・菅沼弘行 (2005): 関東周辺におけるウミガメ類のストランディング状況. うみがめニュースレター, **63**: 11-0.

学会・研究集会等

第 4 回世界漁業会議 (バンクーバー) (平成 16 年 5 月)

Tsuji, S. (2004): Lesson from two decades of southern bluefin tuna management. in proceeding provided by DVD media.

55th Annual Tuna Conference (レークアローヘッド) (平成 16 年 5 月)

Saito, H. and Yokawa, K. (2004): Movements and environmental preferences of blue marlin (*Makaira mazara*) in the northwestern Pacific Ocean obtained from pat tags. p.43

Tsuji, S., Takahashi, N., Segawa, K., Hara, S., Omura, K. (2004): Trials toward objective adjustment of archival tag geo-location estimates. p.52.

第 1 回リモートセンシング研究会 (平成 16 年 6 月) (山梨県)

植原量行 (2004): 黒潮続流周辺海域の海洋観測速報.

Japan-Hawaii Sea Turtle and Seabird Experiment (ホノルル) (平成 16 年 9 月)

Nakano, H., Kiyota, M., Minami, H., Yokota, K. and Clarke, S. (2004): Report on Sea Turtle and Seabird Bycatch Research in Japan. 9p

2004 年度日本海洋学会秋季大会 (松山) (平成 16 年 9 月)

伊藤進一・植原量行・寛茂穂・鹿島基彦・館沢みゆき (2004): 西岸境界流としての親潮流量の変動特性. p.2.

植原量行・寛茂穂・伊藤進一・小松幸生・増島雅親 (2004): 北太平洋における鉛直密度勾配極小層の分布と構造. p.14.

増島雅親・安田一郎・植原量行・伊藤進一・小松幸生(2004): 混合水域・黒潮続流域における北太平洋中層水の流量分布 2. p.15.

2004 年度日本日本魚類学会年会(沖縄)(平成 16 年 9 月)

下瀬 環・藤田真希・齋藤宏和・余川浩太郎・立原一憲 (2004): 与那国島周辺海域におけるクロカジキの食性. p.147

第 13 回北太平洋海洋科学機関 (PICES) (ホノルル)(平成 16 年 10 月)

Inagake, D., Uehara, K., Yamada, H., Uosaki, K. and Ogura, M. (2004): Relation between tuna resources and atmospheric-oceanic variability in the North Pacific. p.15-16.

Miyashita, T. and Kato, H. (2004): Distribution of cetaceans in the western North Pacific inferred from systematic sighting survey (W6-1973). p.262.

Fujise, Y., Matsuoka, K., Murase, H., Nishiwaki, S. and Kato, H. (2004): Existence of hot spots of large sized baleen whale concentration in pelagic zone of the western North Pacific; its biological and oceanographical features (S4-1983). p.46.

Ohizumi, H. and Kato, H. (2004): Food of toothed whales in the northern North Pacific; geographic and temporal variation (W6-2125). p.261.

黒潮続流域での海面フラックスに関する研究集会(名古屋)(平成 16 年 11 月)

植原量行 (2004): 北太平洋中央部における渦位極小水塊.

第 15 回日本ウミガメ会議(福岡)(平成 16 年 11 月)

野別貴博、南浩史、松永浩昌、清田雅史、横田耕介、木村紀雄、中野秀樹、宮本波、安田十也、池田覚、小野田明人 (2004): 御前崎海岸におけるアカウミガメの産卵特性とその後の移動. p.14

田中真一・鳴島浩二・浅川弘・石井雅之・市毛勇・小川昌三・北水慶一・小藤一弥・藤田健一郎・益子正和・中野秀樹・南浩史・東京海洋大学ウミガメ研究会・日本ウミガメ協議会・菅沼弘行 (2004): 関東周辺におけるウミガメのストランディング状況. p.11

「クロマグロ等の魚類養殖産産支援型研究拠点」に関する国際シンポジウム(東大阪)(平成 16 年 11 月)

Yamada, H. (2004): Biology and resources of the Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*). p10-11.

Mohri, M., Fukada K., Yamada H., and Inoue H. (2004): Relationship between longtail tuna catches and water temperature on the Sea of Japan off the coast of Yamaguchi Prefecture. p18-19.

2004 年度水産海洋学会研究発表大会(東京)(平成 16 年 12 月)

西田 勤・Din Chen (2004): まぐろ資源の海洋生態系に調和した持続的生産技術の開発: GIS を利用した手法. p.4

植原量行・稲掛伝三・岩橋雅行・岡崎誠・亀田卓彦 (2004): 北太平洋クロマグロ加入量変動と海洋物理場との関係. p.36.

岩橋雅行・植原量行・岡崎誠・稲掛伝三 (2004): 西部北太平洋におけるクロマグロ産卵場と中規模渦分布について. p.37.

瀬川恭平・辻祥子・高橋紀夫・山田陽巳 (2004): アークカイバルタグによる推定位置の海面水温を用いた補正. p.80.

亀田卓彦・水野恵介・植原量行・瀬川恭平・稲掛伝三 (2004): アークカイバルタグによる位置推定精度を評価するための係留実験. p.81.

ミナミマグロ加入量モニタリング、国際レビューワークショップ(横浜)(平成 16 年 12 月)

Itoh, T. (2004): Review of the acoustic survey using sonar to monitor recruitment level of age one southern bluefin tuna. -Analysis of data for eight years. p.11-12.

Itoh, T. (2004): Review of the recruitment monitoring survey for southern bluefin tuna by trolling. p.16-17.

Hobday, A., Tsuji, S., Takahashi, N. (2004): Influences of environment on aerial and acoustic survey indices. p.21-23.

Tsuji, S. (2004): Comparison of various recruitment information for southern bluefin tuna. p.26-27.

Inagake, D., Uehara, K., and Tsuji, S. (2004): Preliminary results of study on the relation between southern bluefin tuna resources and atmospheric-oceanic variability. p.27-28.

Takahashi, N. (2004): Where do large-scale monitoring surveys go? - from a cost-performance view point. p.34-35.

日本 DNA 多型学会第 13 回学術集会シンポジウム

張 成年・鈴木伸明・村上恵祐 (2004): イセエビフィロゾーマ幼生消化管内 DNA の塩基配列分析による餌生物同定の試み. p.6.

高知大学院黒潮圏海洋科学研究科主催第 1 回シンポジウム

加藤秀弘 (2004): クジラと黒潮の深くで濃い関係 - 土佐湾鯨学事始め -. p.13.

第四回地域水産加工技術セミナー(函館市)(平成 16 年 11 月)

一井太郎 (2004): 世界のイカ資源. p.2.

日本動物学会公開講演(高知市)(平成 16 年 11 月)

加藤秀弘 (2004): 親と子の動物学探検 - 海洋の動物たち - ”鯨の生活と行動”. p.2.

東大海洋研シンポ「順応的管理の理論と実践」

平松一彦 (2004): ミナミマグロの管理方式と順応的管理. p.11-12.

XXVII Symposium on Polar Biology

Minamikawa, S., Iwasaki, T. and Kishiro, T. (2004): Diving behavior of a Baird's beaked whale (*Berardius bairdii*). p.71.

シンポジウム「板鯨類研究の現状と将来」(東京)(平成 17 年 2 月)

仙波靖子・中野秀樹・青木一郎. (2005): 三陸沖海域におけるアオザメの分布と食性. p.6.

中野秀樹・松永浩昌・シェリー・クラーク・仙波靖子 (2005): 大西洋で初めて実施された外洋性サメ類の資源評価 - ICCAT サメ類資源評価ワークショップ -. p.14.

松永浩昌・中野秀樹(2005): ワシントン条約の経過とサメ類の保護・管理 - これまでの経過と第 13 回締約国会議の報告 -. p.15.

シェリー・クラーク (2005): ふかひれ市場の特徴 - 日本と中国と東南アジアの比較. p.17

* ページが明記されていないものは、要旨集等が電子媒体で配布されたものである。

国際会議提出文書

International Conference on Marine Science and Technology (高雄)(平成 16 年 5 月)

Suzuki, Z. (2004): Review of Japanese tuna fisheries, Proceedings of 2004 International Conference on Marine Science and Technology. p.59-64.

第 56 回国際捕鯨委員会 (IWC) (ソレント)(平成 16 年 6 月)

Okamura, H. and Kitakado, T. (2004): Advance in an abundance estimation model of Antarctic minke whales. SC/56/IA9, 12. p.

第 17 回 SCTB (まぐろ・かじき常設委員会)(マジェロ)(平成 16 年 8 月)

- Matsunaga, H., Nakano, H., Kiyota, M., Minami, H. and Nobetsu, T. (2004): Progress on the research for the solution of incidental catch of shark, seabirds and sea turtles in Japanese tuna longline fishery. SCBT17. 7 p.
- Hampton, J., Kleiber, P., Langley, A. and Hiramatsu, K. (2004): Stock assessment of yellowfin tuna in the western and central Pacific Ocean. Working paper SA-1. 71 p.
- Hampton, J., Kleiber, P., Langley, A. and Hiramatsu, K. (2004): Stock assessment of bigeye tuna in the western and central Pacific Ocean. Working paper SA-2. 74 p.
- Miyabe, N., Ogura, M., Matsumoto, T. and Nishikawa, Y. (2004): National Tuna Fisheries Report of Japan as of 2004. SCTB17/NFR-11. 24 p.
- Arai, T., Kotake A., Kayama S., Ogura M., and Watanabe M. (2004) : Movements and stock discrimination of skipjack tuna, *Katuwonus pelamis*, in the Western Pacific by otolith Sr:Ca ratios. SCTB/Bio-7, 8 p.
- ICCAT (大西洋まぐろ保存委員会) 科学委員会 (SCRS) 本会合 (マドリッド) (平成 16 年 9 月)**
- Matsumoto, T., Saito, H. and Miyabe, N. (2004): Report of observer program for Japanese tuna longline fishery in the Atlantic Ocean from August 2003 to January 2004. SCRS/2004/113. 22 p.
- ICCAT メカジキ作業部会 (平成 15 年 10 月)**
- Yokawa, K. and Fukuda, T.(2004): Swordfish dead discards and live releases by Japanese longliners in the north Atlantic Ocean in 2002-2003. SCRS/2004/186,7 p.
- 地中海漁業一般委員会 (GFCM) Scientific Advisory Committee (SAC) 7th Session (ローマ) (平成 16 年 10 月)**
- Matsumoto, T. (2004): National report of Japan. 6 p.
- 全米熱帯まぐろ委員会 (IATTC) まき網 CPUE に関するワークショップ (米国 ラホヤ) (平成 16 年 11 月)**
- Yamada, H. (2004): Japanese purse-seine fisheries in the north Pacific Ocean: considerations for bluefin tuna assessment. p.10.
- 第 19 回北太平洋ビンナガ研究集会 (カナダ、ナナイモ) (平成 16 年 11 月)**
- Uosaki, K. and Nishikawa Y. (2004) : A review of Japanese albacore fisheries in the North Pacific. NPALB/04/09, 48 p.
- Uosaki, K. (2004) : Update of catch-at-age matrix of albacore caught by the Japanese fisheries in the North Pacific, 1975-2003. NPALB/04/10, 27 p.
- Uosaki, K. (2004) : Age specific abundance index for North Pacific albacore caught by the Japanese longline fishery, 1975-2003. NPALB/04/11, 9 p.
- Ogura, M. (2004) : Updated age specific albacore abundance index for Japanese pole and line fishery, 1972-2003. NPALB/04/12, 10 p.
- Uosaki, K. (2004) : Outline of the archival tagging experiment for the North Pacific albacore conducted in Japan. NPALB/04/13, 2 p.
- 第 16 回ミナミマグロ加入量モニタリングワークショップ (横浜) (平成 16 年 12 月)**
- Itoh, T., Tsuji, S. (2004): Review of Acoustic Monitoring Survey – Analyses of data for eight years. RMWS/04/03, 21 p.
- Hobday, A., Hartmann, K., Bestley, S., Tsuji, S., Takahashi, N. (2004): Integrated analysis project – environmental influences on the observed decline of southern bluefin tuna in the acoustic survey area. RMWS/04/08, 28 p.
- Itoh, T., Takao, Y., Tsuji, S. (2004): Proposal of acoustic sonar survey in 2004/05. RMWS/04/12, 5 p.
- Inagake, D., Uehara, K. and Tuji, S. (2004): Preliminary results of study on the relation between southern bluefin tuna resources and atmospheric-oceanic variability. RMWS/04/??, ? p
- インド洋まぐろ類委員会 (IOTC) 第 6 回科学委員会 (セーシェル) (平成 16 年 11 月)**
- Nishida, T. (2004): Current situation of the regional Tuna Observer Programs (TOP). IOTC/2004/SC/INF09. 24 p.
- Anonymous (Ed. Okamoto, H. and Nishida, T.) (2004): National Report of Japan, 2004. IOTC/SC/ 04/Inf07, 12 p.
- SEASTAR2000 (タイ) (平成 16 年 12 月)**
- Minami, H., Kiyota, M., Shiode, D., Okazaki, M. and Nakano, H. (2004): Satellite tracking of immature loggerhead turtles in the Northwestern Pacific. Proceedings on the 4th SEASTAR2000 workshop. p.24-27.
- Nobetsu, T., Minami, H., Kiyota, M., Shiode, D., Matsunaga, H., Okazaki, M. and Nakano, H. (2004): Oceanic migration of post-nesting loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the northwestern North Pacific tracked by satellite telemetry. Proceedings on the 4th SEASTAR2000 workshop. p.28-31.
- Matsunaga, H. and Nakano, H. (2004): The conservation and management activities for sea turtles in Japan. Proceedings on the 4th SEASTAR2000 workshop. p.32-35.
- Nobetsu, T., Minami, H., Matsunaga, H., Yokota, K., Kimura, N. and Nakano, H. (2004): Nesting and post-nesting studies of loggerhead turtles at Omaezaki, Japan. Proceedings on the 4th SEASTAR2000 workshop. p.21.
- Kiyota, M., Yokota, K., Nobetsu, T., Minami, H. and Nakano, H. (2004): Assessment of mitigation measures to reduce interaction of longline fishery with sea turtles. Proceedings on the 4th SEASTAR2000 workshop. p.25.
- NOAA マッコウクジラ作業部会 (ウッズホール) (平成 17 年 2 月)**
- Kato, H., Kishiro, T., Bando, T., Ohata, K. and Tamai, K.. (2005): Age and body length structure of a male sperm whale school stranded at Ohura coast, Kagoshima, January 2002. CARP/LH/2. 8 p.
- ICCAT 第 3 回クロマグロ畜養作業部会 (ローマ) (平成 17 年 3 月)**
- Matsumoto, T. (2005): Summary of the Japanese statistics for the import of farmed Mediterranean bluefin tuna up to October 2004. 3rd GFCM/ICCAT WG on Bluefin Tuna Farming. 4 p.
- ISC 第 5 回本会合 (東京) (平成 17 年 3 月)**
- Yamada, H. (2005): Work Plan for the Pacific Bluefin Working Group. ISC/05/Plenary/09. 1 p.
- Ogura M. (2005): National report of Japan. ISC/05/Plenary/03. 13 p.

FRA ニュース、おさかな瓦版のご紹介

試験研究・栽培漁業技術開発・開発調査と多岐にわたる水産総合研究センターの仕事内容を、一般の方々にもわかり易い形で紹介することを目指した冊子を紹介します。遠洋水産研究所からの話題も含め、年4回「FRA ニュース」、2カ月に一度「おさかな瓦版」が発行されています。詳しくは本部広報課 (Tel: 045-227-2624) までお願いします。また、下記の水産総合研究センター本部ホームページからもファイルがダウンロードできます。

<http://www.fra.affrc.go.jp/buelltin/bull-index.html>

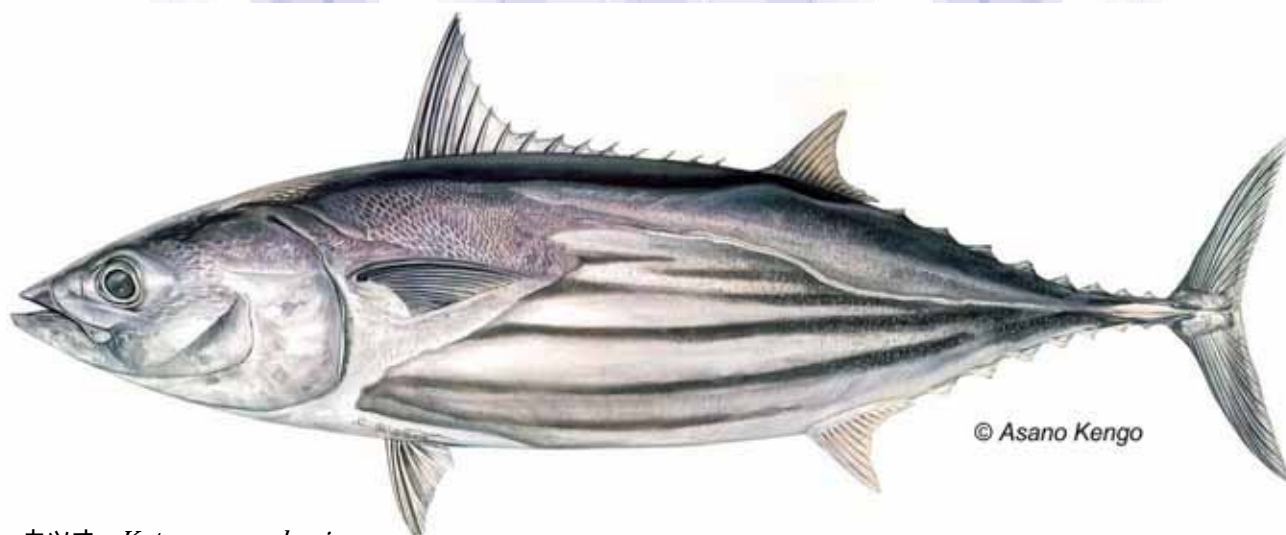
さらに、全国に広がる研究拠点からのとれたて情報を満載して「おさかな通信」(メールマガジン)が、原則として毎月第2水曜日に配信されています。購読申し込みは以下でご登録ください。

<http://www.fra.affrc.go.jp/mail/index.html>

(企画連絡科長)



遠洋水研の魚を描く



カツオ *Katwonus pelamis*

このカツオは2003年5月6日に熊野灘の33-43N, 136-15Eで曳縄により漁獲され精密測定・耳石分析に供された個体で、尾叉長41.9cm 体重1,300gで310日齢と査定された。

作画は浅野研吾氏。氏は東海大学海洋学部在学中には遠洋水産研究所でスケトウダラの研究に参画し、その後、兵庫県漁連に勤める傍ら魚介類の精密スケッチやイラストを仕上げてきた。現在はフリーの立場で画伯としての活動の道を模索している。生物学的知見をベースにした氏の細密画を通して、折を見て遠洋水研に関わる魚を紹介していきたい。(企画連絡科長)

それでも地球は動いている

(編集後記)

今年 4 月に当研究所海洋研究グループが横浜の中央水研の研究棟 6 階へ移転した。また、来春には、鯨類、イカ類、オキアミなどを研究対象とする外洋資源部も同じ場所へ移転する予定である。あくまでも、これは、遠洋水産研究所の一部が横浜に駐在するというものである。この横浜への一部移転は、平成 15 年頃から行われた移転に関するさまざまな議論を経た結論である。外洋域の生態系や海洋の研究については特に他の水研を含む研究組織と連携を強化して進めなければならないなどの理由から、この 2 つの部署の横浜駐在が決定された。来年度からは、当研究所の研究勢力のほぼ半数が横浜駐在となる。今後、清水と横浜の間の連携をどのように維持・発展させてゆくかは、我々に残された試練の一つである。発達した IT 等をフルに活用し、連携の維持・発展ができると確信している。遠洋漁業の研究の重心もどんどん日本周辺水域へ移ってきている。その意味でも、今回の移転によって日本周辺水域を研究対象とした多くの研究者、研究機関との連携の強化が図れることを大いに期待している。

(企画連絡室長 魚住 雄二)



遠洋編集委員会

魚住 雄二	小倉 未基
西田 勤	増田 芳男
庄野 宏	松本 隆之
魚崎 浩司	余川浩太郎
瀧 憲司	島田 裕之
亀田 卓彦	植原 量行
戸石 清二	久保田一郎

平成 17 年 5 月 31 日発行

編集 企画連絡室
発行 独立行政法人 水産総合研究センター
遠洋水産研究所

〒424-8633 静岡市清水区折戸 5 丁目 7 番 1 号

電話 (0543)-36-6000

FAX (0543)-35-9642

ホームページ <http://www.enyo.affrc.go.jp>

E メール www-enyo@fra.affrc.go.jp