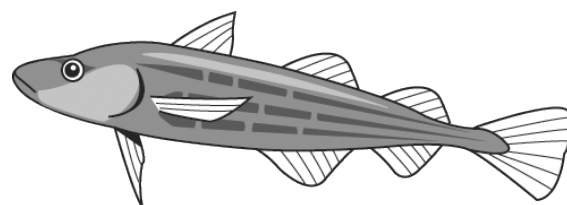
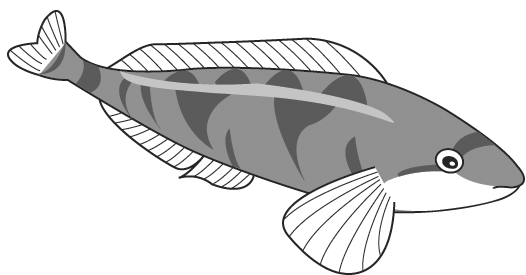
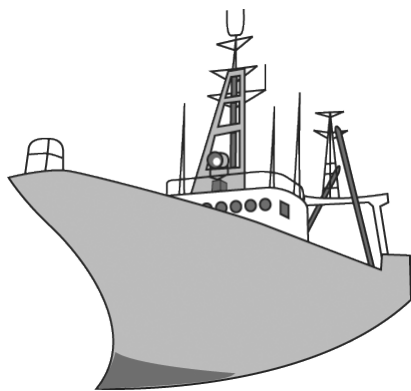


東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会

## 漁業情報を用いた水産資源の評価と管理



平成22年12月1日(水)10:00~16:15

東京大学大気海洋研究所会議室

## 漁業情報を用いた水産資源の評価と管理

日 時：平成22年12月1日（水）10:00～16:15

場 所：東京大学大気海洋研究所 会議室

〒277-8564 千葉県柏市柏の葉5-1-5 TEL 04-7136-6011

コンピーナー：平松一彦（東京大学大気海洋研究所 [khiramatsu@aori.u-tokyo.ac.jp](mailto:khiramatsu@aori.u-tokyo.ac.jp)）

原田泰志（三重大学大学院生物資源学研究科）

山川 卓（東京大学大学院農学生命科学研究科）

### プログラム

10:00～10:35 漁業情報を用いた資源評価の現状 平松一彦（東大大気海洋研）

10:35～11:10 いわし・さば太平洋系群の資源評価における漁業情報の利用

西田 宏（中央水研）

11:10～11:45 東シナ海の大中まき漁績の資源評価への利用 由上龍嗣・依田真里（西水研）

### 【 昼 食 】

13:00～13:35 沖底データの資源量指数としての利用 森 賢・山下夕帆（北水研）

13:35～14:10 漁獲対象選択性を考慮した底引き網漁獲データの解析

原田泰志・井上祐里奈・馬場真大・井上誠章（三重大院生資）

14:10～14:45 空間分布情報を組み込んだ資源量指数モデルによる以西底曳網データの解析

山川 卓（東大院農）

### 【 休 憩 】

15:00～15:35 まぐろはえ縄データを用いた標準化 CPUE の推定 市野川桃子（遠洋水研）

15:35～16:10 まぐろはえ縄データを用いた時空間的な水温変化を考慮に入れた資源量指数評価手法の検討 金岩 稔（東京農大アクアバイオ）・余川浩太郎（遠洋水研）

16:10～16:15 閉会の挨拶

### 【開催の趣旨】

水産資源の評価と管理には調査船等による科学的調査に加え、漁業から得られる情報も広く用いられている。産業活動である漁業から得られるデータは科学的調査データとは質的にも量的にも異なり、その解析には独自の方法や注意が必要となる。これは古くから水産資源学の中心的なテーマであるが、近年データ解析方法の発展や実際に資源管理を行う必要性から新たな展開が見られる。しかしその一方で、データや推定結果の信頼性に関する問題点も指摘されている。本研究集会では主に遠洋・沖合漁業から得られるデータを用いた資源評価の現状をレビューし、さらに最近の研究動向を紹介する。具体的には、まき網、底曳網、はえ縄漁業を取り上げ、漁獲統計資料を用いた資源量指数の推定方法等の現状を紹介し、その問題点について議論する。

## 漁業情報を用いた資源評価の現状

平松一彦（東大大気海洋研）

### 1. はじめに

水産資源の評価には調査船による調査や漁業から得られる情報が用いられている。漁業から独立した情報の重用性が指摘されているものの、依然として漁獲量、年齢別漁獲尾数、CPUE 等の漁獲情報を主に用いて資源評価が行われることが多い。しかしその具体的方法や問題点に関しては、直接の資源評価担当者以外にはあまり知られていないのが現状である。漁業情報を利用した資源評価の現状をレビューし、TAC 対象魚種の資源評価と管理において最近問題となりつつある話題について紹介したい。

### 2. 「我が国周辺水域の漁業資源評価」および「国際漁業資源の現況」に見る漁業情報利用の現状

漁業から得られる情報が実際の資源評価にどの程度用いられているのか、「平成 21 年度我が国周辺水域の漁業資源評価」（水産庁、水産総合研究センター、2010a, 2010b, 2010c）で扱われている 83 系群と、「平成 21 年度国際漁業資源の現況」（水産庁、水産総合研究センター、2010d）の 53 系群（管理単位）を、漁業情報を用いた資源評価から調査情報を用いた評価まで、5 種類に分類してみた。結果は以下のとおりである（図 1）。

	我が国周辺	国際資源
1)ほとんど漁業情報によっているもの	: 56 系群 (67%)	32 系群 (59%)
2)調査情報も用いるが漁業情報が主であるもの	: 14 系群 (17%)	5 系群 (9%)
3)両者の重みが半々程度	: 4 系群 (5%)	5 系群 (9%)
4)漁業情報も用いるが調査情報が主であるもの	: 2 系群 (2%)	0 系群 (0%)
5)ほとんど調査情報によっているもの	: 7 系群 (8%)	12 系群 (22%)

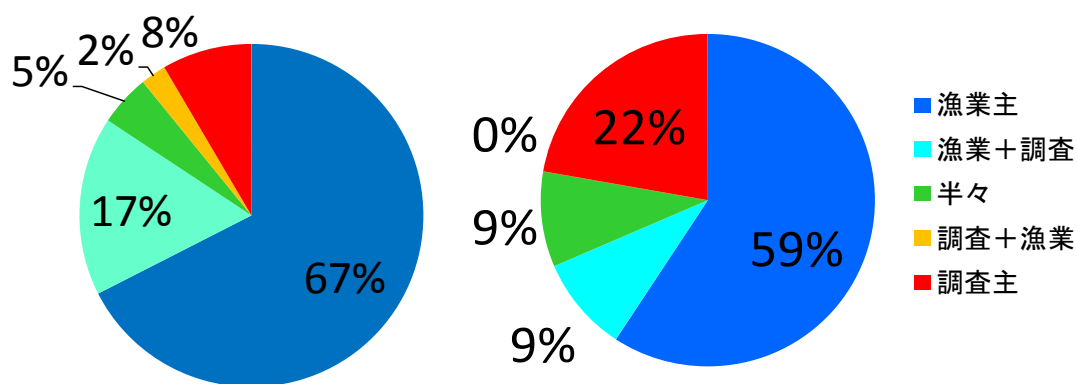


図 1. 資源評価に用いられる漁業情報と調査情報の比較（左：我が国周辺、右：国際資源）

何が主であるかの判断はある程度主観的なものとならざるを得ないが、上記の分類で概要をつかむことは可能であろう。これによれば我が国周辺資源では 8 割以上、国際漁業資源では 7 割弱が漁業情報を主に用いて資源評価が行われている。国際漁業資源では調査が主となっているものも多いがほとんどが鯨類の目視調査であり、これを除くと我が国周辺資源と同じような比率になっている。

### 3. 我が国周辺資源での漁獲情報の利用

使用されている漁業情報としては、漁獲量、年齢別漁獲尾数、CPUE の 3 種類に大別される。漁獲量のみから資源状況が判断されることはまれで、CPUE と組み合わせて用いられていることが多い。年齢別漁獲尾数が得られているものは VPA によって資源評価が行われており、TAC 種を中心に、CPUE や加入量指数でチューニングする tuned VPA が用いられている。CPUE は大中まき網、沖合底曳網、小型イカ釣り等が用いられている。特に沖底 CPUE は 26 系群 (31%) で資源量指標値として用いられている。以下に TAC 対象種を中心に具体的な利用状況を紹介する。

TAC 種のうちマイワシ、マアジ、マサバ、ゴマサバの小型浮魚とスケトウダラの 2 系群 (日本海北部、太平洋) は漁業情報に依存しており、いずれも年齢別漁獲尾数と CPUE や加入量指数等の資源量指数を用いて VPA によって資源量推定が行われている (表 1)。スケトウダラ根室海峡・オホーツク海、ズワイガニ北海道系群では漁獲量と CPUE の動向から資源状態を判断している。スルメイカ冬季発生系群では小型イカ釣りの CPUE に係数を掛けて資源量としている。これとは対照的にサンマ太平洋北西部系群、ズワイガニ太平洋北部系群、ズワイガニ日本海系群 A 海域、スルメイカ秋季発生系群では資源評価は主に調査データに依存している。

TAC 対象種では資源量指数としてまき網 CPUE を用いているものが目立つ。特にマアジ・マサバ対馬暖流系群とゴマサバ東シナ海系群では、年齢別のまき網 CPUE が資源量指数として用いられているのが特徴的である。他にスケトウダラ太平洋系群でも沖底の年齢別 CPUE が用いられている。これら年齢別指数の妥当性については検討の余地がある。TAC 対象種以外も含めると資源量指数として沖底 CPUE を用いている魚種が多い。しかしこれは沖底が多様な魚種を対象として漁獲しているということの裏返しであり、漁獲のターゲットを考慮した資源量指数算出のための様々な試みがなされている。これに比べてスルメイカ冬季発生系群で用いられている小型イカ釣りの CPUE は、単一ターゲット、単一年級群であるため、上記の問題は無い。しかしスルメイカでは小型イカ釣り CPUE に比例係数を掛けて資源量を推定しており、この信頼性の評価は必要であろう。

TAC 種以外でも使用している情報や評価方法は同様であるが、漁獲量と CPUE、あるいはそのうちの一つの動向から資源状態を判断している系群が多くなっている。漁業情報を用いた資源評価と管理の立場からは、DeLury 法を用いて評価と管理を行っているイカナゴ伊勢・三河湾系群は注目される。

表1. TAC 対象種の資源評価における漁業情報と調査情報の利用状況

	漁業情報	調査情報	分類
マイワシ太平洋	CAA	加入量調査、産卵量調査	漁業+調査
マイワシ対馬暖流	CAA、まき網 CPUE	産卵量調査	漁業+調査
マアジ太平洋	CAA、定置網 CPUE		漁業
マアジ対馬暖流	CAA、まき網 CPUE	加入量調査	漁業+調査
マサバ太平洋	CAA、まき網 CPUE	加入量調査	漁業+調査
マサバ対馬暖流	CAA、まき網 CPUE		漁業
ゴマサバ太平洋	CAA、棒受網 CPUE	加入量調査	漁業+調査
ゴマサバ東シナ海	CAA、まき網 CPUE		漁業
サンマ	棒受網 CPUE	面積密度法	調査
スケトウダラ日本海	CAA	親魚音響調査	漁業+調査
スケトウダラ根室	C、刺網・延縄 CPUE		漁業
スケトウオホーツク	C、沖底 CPUE		漁業
スケトウダラ太平洋	CAA、沖底 CPUE	音響調査	漁業+調査
ズワイオホーツク	沖底 CPUE	面積密度法	半々
ズワイガニ太平洋	沖底 CPUE	面積密度法	調査
ズワイガニ日本海 A	沖底 CPUE	面積密度法	調査
ズワイガニ日本海 B	沖底・小底 CPUE	面積密度法	調査+漁業
ズワイガニ北海道	C、かにかご CPUE		漁業
スルメイカ冬季	C、イカ釣り CPUE	加入量調査	漁業
スルメイカ秋季	C	漁場一斉調査	調査

C：漁獲量、CAA：年齢別漁獲尾数

#### 4. 国際漁業資源での漁業情報の利用

まぐろ・かじき類やさめ類ではほぼ全面的に漁業情報が主となっている。まぐろ類の資源評価では年齢別漁獲尾数以外にはえ縄の CPUE が使われることが多い。まぐろはえ縄の CPUE を、GLM（一般化線形モデル）を用いて標準化したものが資源量指標値として使用されるのが普通である。また、漁獲物の年齢組成ではなく体長組成データと努力量または資源量指数を用いた解析方法が増加している。

一方、鯨類では目視調査によって資源量推定を行っている。他に、トドで直接観察による推定が、ナンキョクオキアミとベーリング公海のスケトウダラで音響調査による推定が行われている。

## 5. 最近のトピック

ここでは、水研センターの資源評価会議等に参加して感じた漁業情報利用に関する最近の話題や問題点について、簡単にまとめておく。

### (1) 漁獲情報の信頼性の低下の危惧

これまで見たように漁業情報を用いて資源評価や管理が行われている魚種が多いが、一方で漁獲統計の信頼性が低下しているのではないかと指摘もある。漁業・養殖業生産統計年報の漁獲量に疑問が生じ、資源評価には別の数値が使われていることがある。また漁獲成績報告書の提出状況が悪く、確定値が得られるまでに数年以上かかっているものもある。

もっとも漁獲統計に関しては特に近年劣化したのではなく、以前から問題があったとの話もある。多分その通りなのであろうが、多くの魚種で  $ABC \geq TAC$  となった現状では、漁獲統計の信頼性が直接管理に影響するため、その重要性は以前とは比較にならない。

上記の問題とは異なるが、TAC 管理に用いられている漁獲量（採捕数量）と資源評価に用いられている漁獲量が系統的に異なっているのは、資源管理の観点からは奇妙なことである。図 2 はマイワシ太平洋系群と対馬暖流系群の資源評価で用いられている漁獲量（水産庁、水産総合研究センター2010a）と、TAC の管理に用いられている採捕数量（漁獲可能量 (TAC) および採捕実績の推移 [http://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s\\_tac/pdf/tac003.pdf](http://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s_tac/pdf/tac003.pdf)) を示したものである。資源評価で用いられている漁獲量の方が 1 割程度大きくなっている。

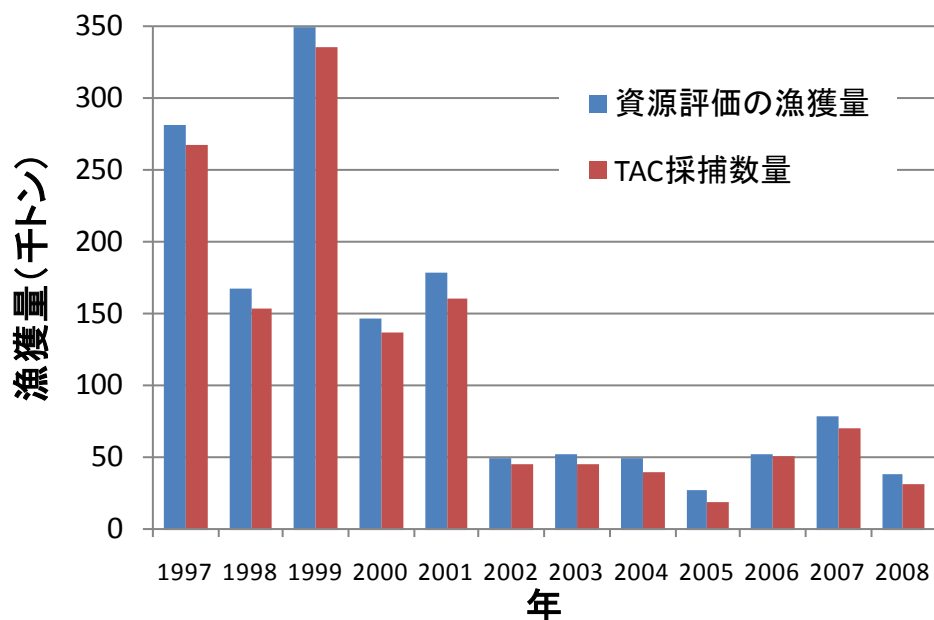


図 2. マイワシの資源評価で用いられた漁獲量と TAC 管理に用いられた漁獲量の比較（単位は千トン）

例えば、恒常的な集計漏れにより TAC の採捕数量の方が常に 1 割少ないとすると、資源評価の結果 ABC10 万トンという数値が得られた場合 TAC は 9 万トンに設定すべきなのかもしれない。一方、資源評価で用いるデータに問題があるのであれば、算定された ABC は何を意味しているのかもはやわからない。

公式の漁獲統計が信頼できない場合に資源評価や管理はどうになってしまうのか、その実例は大西洋クロマグロ（東大西洋）やミナミマグロに見ることができる。これらは反面教師として重要であり、学ぶべき点は多い。

## (2)直近の漁獲情報の扱い

VPA では推定が困難な 2009 年級群、2010 年級群が 2010 年、2011 年の漁獲の主体となると予想される魚種がある。これらに関しては 2010 年の漁獲状況は重要な情報となる。しかしこれを資源評価および将来予測にどう取り込んでいくかは明らかではない。ある年沢山漁獲されたが、翌年は漁獲量が急減してしまった年級群の例も過去にはある。

また、直近の漁業情報は TAC の期中改定にも用いられる。TAC を低めに設定しておき、漁獲の状況を見て TAC を上方修正することは、資源評価や将来予測の不確実性が高い現状では有効な手段であろう。しかし、漁獲量が多くて TAC を超えそうになると無条件に資源状態が良いと判断し TAC を上方修正するのであれば、何のための TAC かわからない。

## (3)TAC による漁獲規制の資源評価への影響

漁獲量が TAC に達しそうになったため、漁業が規制され、特定の漁業種類の漁獲量が減少したりすることが生じている。VPA の適用に当たり、最近年の選択率は過去数年と同じといった仮定が用いられているが、この仮定の成立が難しくなり別途対応が必要となる。

## (4)努力量の減少による漁場の縮小の影響

近年努力量が大幅に減少してきている漁業もある。このような場合、資源量の指標として密度に対応する CPUE が良いのか、あるいはそれに何らかの面積の重みづけをした資源量指数の方が良いのか？ CPUE であると漁場が密度の高い海域の集中してきた場合には資源量を過大評価する可能性がある。一方、漁場の縮小を資源の縮小とする資源量指数では過小評価となる可能性がある。

## 6. おわりに

漁業情報を用いた資源評価や管理手法はどちらかというと地味なテーマであり、シンポジウム等でもあまりとりあげられてこなかった。今回資源評価の現状のレビューを行ってみて、改めて漁業からの情報に依存しているものが多いことが確認でき、その重要性が示された。

一口に漁業情報といっても、生産統計年報や漁獲成績報告書のようにデータが受動的に入ってくるものと、漁獲物の年齢査定のように調査が必要なものとがある。いずれも今後さらに予算削減の影響を受けそうであり、その信頼性の維持・向上が重要である。

今回の研究集会では遠洋・沖合漁業に関する話題が中心となった。沿岸域において詳細な漁業情報を得る試みも水産試験場等で行われており、これらの動向にも注目する必要があるだろう。

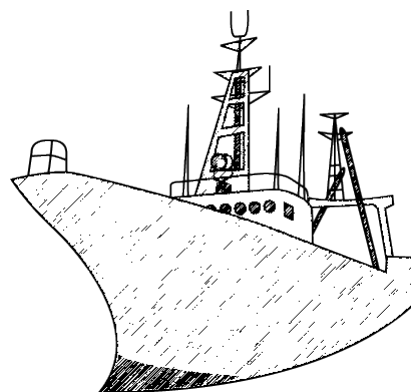
## 引用文献

水産庁・水産総合研究センター． 2010a． 平成 21 年度我が国周辺水域の漁業資源評価， 第 1 分冊、1-642pp.

水産庁・水産総合研究センター． 2010b． 平成 21 年度我が国周辺水域の漁業資源評価， 第 2 分冊、643-1203pp.

水産庁・水産総合研究センター． 2010c． 平成 21 年度我が国周辺水域の漁業資源評価， 第 3 分冊、1204-1723pp.

水産庁・水産総合研究センター． 2010d． 平成 21 年度国際漁業資源の現況  
([http://kokushi.job.affrc.go.jp/H21/H21\\_all.pdf](http://kokushi.job.affrc.go.jp/H21/H21_all.pdf))





# いわし・さば太平洋系群の資源評価における 漁業情報の利用

西 田 宏（中央水産研究所）

## 1. はじめに

マイワシ・マサバ・ゴマサバ太平洋系群の資源評価では、VPA に用いる年齢別漁獲尾数を、主に各県機関等による水揚量・魚体測定調査データから作成する。また、VPA のチューニングのために、0 歳魚の漁業情報に基づき関係県機関により算定される資源量指数を用いている。さらにマサバでは、その漁獲の大部分を占める北部太平洋まき網について、漁獲努力量の指数も用いている。これらについて紹介する。

## 2. 年齢別漁獲尾数の作成

各県機関等から報告いただくデータは主に、各県の主要漁業あるいは主要水揚港による月別水揚量、水揚物の体長組成、体長体重の測定結果である。これらの情報は通常、年 3 回の長期漁海況予報（7 月、12 月、3 月）の作成時期を中心として、中央水研で系群全体としてのとりまとめを行っている。なおマイワシの資源評価では、主要水揚量に対応して作成した体長別月別漁獲尾数を、漁業・養殖業生産統計年報に掲載された漁獲量（大中型まき網の漁獲成績報告書に基づき、東シナ海での漁獲分を除く。西海水研担当者からデータ提供。）で引き伸ばして用いる。マサバ・ゴマサバでは、漁業・養殖業生産統計年報はもとより、大中型まき網の漁獲成績報告書でも漁獲量が両種に分けられていないため、さば類全体の漁獲量としての参考にはなるものの、個別には利用できない。各県機関等から報告された水揚量等のデータと、漁獲物における両種の比率に関わるデータを用いて、資源計算に用いる数値を算出している。ABC 算定等の将来予測に用いる年齢別体重は、近年の平均値や、資源状況に対応した数値を適用している。

体長別漁獲尾数を年齢分解するのに用いる Age-length key は、各県機関や水研担当者による解析結果（さば類では担当者間の相互チェックも行われる）により作成している。いずれの魚種も、近年において北部太平洋まき網（犬吠埼沖以北）による漁獲量が最も多いが、三重県以西海域での割合が比較的高いマイワシ・ゴマサバでは、Age-length key も三重以西と愛知（静岡）以東で分けて作成している。その上で、漁期（ゴマサバでは四半期年ごとに作成）や漁獲状況に対応して適用している。年級群と体長（主体となる体長、体長範囲）の関係は、先述の漁海況予報でも対象となるため、予報会議の場で議論になることも多い。一方、標本の少ない、あるいは予報の対象にならないほど残存資源の少ない高齢魚については、情報が不足する傾向にある。

## 3. 0 歳魚の漁業情報に基づく資源量指数

高齢までの漁獲尾数が得られていない年級群に対する資源評価の信頼性が特に低いこと

等から、VPA 計算に当たり、主に加入尾数（0 歳魚資源尾数）に関するいくつかの指数を用いたチューニングを行っている。その指数としてマサバ・ゴマサバでは、調査船情報に加えて、漁業情報から得られる指数も用いる。マサバ未成魚越冬群指数（茨城県水産試験場）、ゴマサバ棒受網未成魚資源量指数（静岡県水産技術研究所）が挙げられる。マイワシでは、チューニングには利用していないものの、マイワシ未成魚越冬群指数（千葉県水産総合研究センター）を参考にしている。これらの指数の算出方法は以下の通りである。

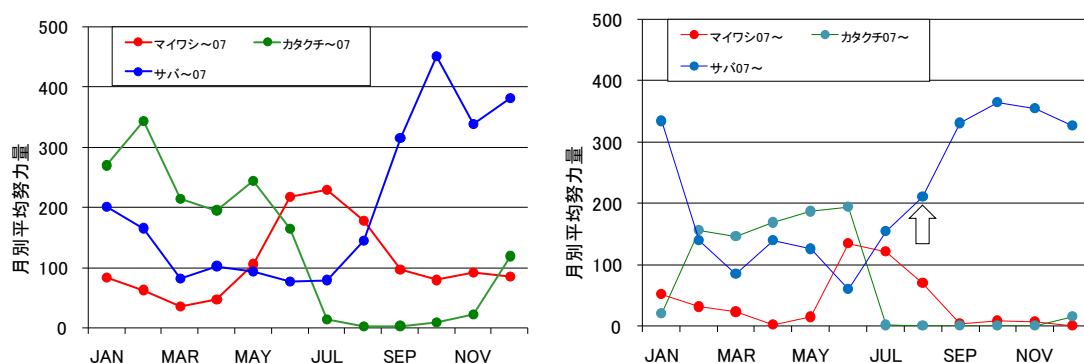
マサバ未成魚越冬群指数（茨城県水産試験場）は、年明け後の冬春季において 0 歳魚がまき網漁獲物（標本）の半数（尾数比）を超えている期間の、越冬場（35～37° N、142° E 以西のまき網漁場域（房総～常磐南部海域））における緯経度 10 分升目毎の CPUE（1 網当り漁獲量）の日平均値の積算値である。

ゴマサバ棒受網未成魚資源量指数（静岡県水産技術研究所）は、8 月～翌 7 月の間の、静岡県地先における棒受網漁業の CPUE と漁場面積を用いて算出される。

マイワシ未成魚越冬群指数（千葉県水産総合研究センター）は、12 月～翌 4 月にかけて常磐～房総海域において操業する大中型まき網の小羽（体長 8～12cm）および小中羽（体長 12～16cm）の日別資源量指数の積算値である。このほか、カタクチイワシ漁獲物におけるマイワシの混獲率（茨城県水産試験場）の変化も、漁海況予報等では参考にしている。

#### 4. 北部太平洋まき網の漁業情報に基づく漁獲努力量の指数

マサバでは、その漁獲量の大部分を占める北部太平洋まき網の漁獲努力量の指数として、北部太平洋まき網の有効努力量（漁業情報サービスセンター）を用いている。大中型まき網船の船間連絡に基づいた漁場位置、漁獲量、網数が、表面水温データとともに整備されている。房総以北海域の緯経度 30 分升目毎の CPUE により、資源量指数、有効努力量等が算出される。マイワシ、さば類、カタクチイワシを対象とした網数には比較的明瞭な季節的な変動傾向が見られる。



図：マイワシ、さば類、カタクチイワシに対する月別平均努力量（網数）

左は 2007 年以前 右は 2007 年以降（さば類の TAC 管理期間の変更を考慮）

近年はさば類の来遊量が多くなったこともあり 7～8 月の努力量が多くなっている。

## 東シナ海の大中まき漁績の資源評価への利用

由上龍嗣・依田真里（西海区水産研究所）

### 1. はじめに

東シナ海で操業する大中型まき網漁業は、網船（80～135 トン）1 隻、灯船（85 トン）2 隻、運搬船（200～350 トン）2 隻の計 5 隻で 1 船団を構成し、マアジ、マサバ、ゴマサバなどの小型浮魚類を主に漁獲している。船団数は 1988 年の 67 ヶ統をピークに、2002 年の 23 ヶ統まで減少し、それ以降は現在まで 23 ヶ統を維持している。大中型まき網漁業は指定漁業であり、農林水産大臣の許可を受けて操業し、航海終了後には漁獲成績報告書を提出しなければならない。東シナ海で操業する大中型まき網の漁獲成績報告書には、操業日、漁区（4 桁農林漁区、すなわち緯経度 10 分マス目の位置情報）、揚網回数、魚種別漁獲量等が記載されている。また、マアジについては 5 銘柄（魚体の大きな順に大、中、小、ゼンゴ、豆）、サバ類については 4 銘柄（魚体の大きな順に大、中、小、豆）に分けた漁獲量が記載されている。さらにサバ類については、マサバとゴマサバの割合も記載されているため、それぞれの漁獲量を算出することができる。

東シナ海～日本海に分布するマアジ、マサバ、ゴマサバについては、西海区水産研究所が資源評価を担当している。これらマアジ対馬暖流系群、マサバ対馬暖流系群、ゴマサバ東シナ海系群の日本の漁獲量のうち、東シナ海で操業する大中型まき網漁業によるものはそれぞれ、36.0%、60.3%、59.9%（いずれも 2008 年の値）と大きな割合を占めている。資源評価を行うにあたって、漁獲量の大きな割合を占める漁業の漁獲成績報告書に記載されている情報は非常に有益な情報となる。

本報告では、平成 21 年度マサバ対馬暖流系群資源評価において、東シナ海の大中型まき網漁業漁獲成績報告書の情報をどのように利用しているか事例紹介する。

### 2. 過去の年齢別漁獲尾数の推定

TAC 管理が始まったのは 1997 年からであり、それに伴い資源評価調査事業が開始した。現状の資源水準を評価するにあたって、1997 年以降のデータのみでは解析期間が短すぎるため、資源評価ではできる限り長期間の資源量を推定することが求められている。マサバ対馬暖流系群の資源評価では 1973 年以降の資源量を推定しているが、利用できるデータの種類数により、1973 年以降を 3 つの期間に分けることができる。漁獲成績報告書が利用可能な 1973 年以降、九州主要港に水揚げする大中型まき網の日別入り数別漁獲量（以後、市場日報と表記）がデジタルデータとして利用可能な 1992 年以降、そして資源評価が始まり、各県水産試験場が取りまとめた大中型まき網以外の漁業種による漁獲物の、各県の月別漁獲量と体長測定記録が存在する 1997 年以降である。1997 年以降についてはこれらすべての情報を基に、1 月加齢による暦年単位の年齢別漁獲尾数を推定している。1992～1996 年については市場日報のみから年齢別漁獲尾数を推定している。1996 年以前にも、各県水産

試験場が行った魚体測定記録や月別水揚量の情報は単発的には存在するが、系群全体の資源評価を目的とした系統立てた情報ではないため使用していない。1973～1991年は漁獲成績報告書による銘柄別漁獲量が存在するが、魚体の大きさを直接表す情報ではない。そこで1973～1991年の年齢別漁獲尾数を以下のように推定している。1992～2007年の漁獲成績報告書に記載されている大中型まき網の月別銘柄別漁獲量を各年齢に単純に割り振り、市場日報等から求めた1992～2007年の年齢別漁獲量との比率を年齢別・年別に求め、その1992～2007年の平均値を用いて、つまり1991年以前は銘柄別漁獲量と年齢別漁獲量の比がこの値で一定であると仮定して、1991年以前の年齢別漁獲量を推定し、1992～2007年の年齢別漁獲物平均体重の平均値で割ることにより年齢別漁獲尾数を算出している。銘柄の年齢への振り分けは、7～12月の豆銘柄を0歳、1～6月の豆銘柄と7～12月の小銘柄を1歳、1～6月の小銘柄と7～12月の中銘柄を2歳、1～6月の中銘柄と全ての大銘柄を3+歳としている。2007年の計算例を表1に示す。なお、銘柄別漁獲量と年齢別漁獲量の比率の1992～2007年の平均値±標準偏差は、0歳が $1.23 \pm 0.32$ 、1歳が $1.04 \pm 0.25$ 、2歳が $0.71 \pm 0.18$ 、3+歳が $0.96 \pm 0.60$ であった。比率は年によるばらつきが大きい、現状では過去の年齢別漁獲尾数の推定方法としてはベストと考えており、この方法を用いている。1972年以前にも漁獲成績報告書が存在するが、マサバとゴマサバの割合が不明であり、銘柄の分け方も現在と異なることから利用していない。

表1. 銘柄別漁獲量と年齢別漁獲量の比率の計算例

													銘柄から推定した年齢別漁獲量 (同色合計)	資源評価報告書 記載の年齢別漁獲量から求めた 大中型まき漁獲量	比率
	2007	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月		
豆	5763	4008	4663	656	399	276	1027	548	1177	2705	7968	6815	20240	34451	1.7021
小	1805	871	1127	180	316	138	736	462	840	3984	9312	3996	35093	21093	0.6011
中	1248	448	118	27	159	189	684	265	674	346	632	914	7952	6786	0.8534
大	445	193	34	1	65	41	151	1	35	16	31	49	3252	4207	1.2938

### 3. 資源密度指数の算出

東シナ海の大中型まき網を取り巻く状況は、激変してきている。前述のように、船団数は最近20年間で約3分の1に減少し、広大な東シナ海の漁場探索能力が落ちる一方で、スキヤニングソナー等の漁労機器の性能は飛躍的に向上してきている。また、近年では燃油価格高騰のため、水揚げ港に近い漁場を選択する機会が増加している。このような状況では、長期間の資源変動の経過を見るための資源量指数として、単純な1網あたりの漁獲量を用いることは好ましくないことが容易に想像される。さらに、漁獲成績報告書に記載されるのは1晩ごとの揚網回数と漁獲量であり、1晩に複数回の操業を行った場合は、得られる1網あたりの漁獲量は平均値となってしまうが、この点については現状の漁獲成績報告書の記載方法では改善の余地がない。マサバ対馬暖流系群の資源評価では資源密度指数の算出において、漁場の変遷のみ考慮している。具体的には4桁農林漁区の漁獲量や揚網回数を3桁農林漁区単位にまとめ、直近年である2008年に操業が行われた3桁農林漁区につ

いて、1973～2008年の漁区ごとの一網当たり漁獲量の総和を、それぞれの年のマサバの漁獲があった漁区数で割った値を資源密度指数としている。しかしこの方法では、漁場の縮小があった場合には資源密度指数にバイアスがかかることになり、改善すべき点は残されている。

#### 4. チューニング VPA に用いる年齢別資源密度指数の算出

我が国周辺に分布するマイワシ、マアジ、マサバ、ゴマサバの資源評価ではすべてチューニング VPA により資源量が推定され、その値を基に ABC 算定が行われている。VPA においてはターミナル F の決め方が問題となる場合が多いが、その決め方は最近年の選択率が過去数年の平均に等しいとする方法と、年齢別に求める方法の大きく 2 つに分けられる。マイワシ太平洋系群の VPA において前者の方法を用いた場合、F の年齢別選択率が安定しているという仮定が不適切であり、資源量推定値の信頼性が乏しいという指摘がある（平松 2009）。F の年齢別選択率が安定していることは極めて希である。かといって、ターミナル F を年齢別に求めるには、年齢別の資源量指数が必要であるが、そのような資源量指数は簡単には得られない。しかしながら、前述のように東シナ海の大中型まき網では、銘柄別漁獲量および揚網回数情報が存在するため、銘柄別の資源密度指数を計算することができる。マサバ対馬暖流系群の資源評価では、前述のように銘柄別漁獲量と年齢別漁獲量の比は 1 対 1 ではないが、1 とみなす、つまり銘柄を単純に年齢に読み替えて、以下のように年齢別資源量指数を算出している。0 歳については市場日報および鳥取県境港の CPUE から求めた資源量指数、つまり漁獲成績報告書には記載されていないデータのみを用いている。1 歳は 1～5 月の豆銘柄と 9～12 月の小銘柄、2 歳は 1～5 月の小銘柄と 9～12 月の中銘柄、3+歳は 1～5 月の中銘柄および大銘柄と 9～12 月の大銘柄について、前項で説明した方法により求めた銘柄別資源密度指数を年齢別資源密度指数としている。夏場はマサバの盛漁期ではないため 6～8 月を資源密度指数の計算から省いている。年齢別資源密度指数の計算自体は 1973 年以降で行っているが、チューニングに用いているのは 2003 年以降の値であり、少なくともこの期間においては漁場の大幅な変化や、漁労機器の性能の大幅な向上はなかったと考えている。したがって標準化を行う必要性は低いと考えており、2003～2008 年の年齢別資源密度指数を用いてチューニングを行い、ターミナル F を年齢別に推定することは妥当と考えている。一方、銘柄別漁獲量と年齢別漁獲量の比は 1 ではなく、また年変動もあるため、銘柄別漁獲量から算出した年齢別資源密度指数には誤差が含まれていることに留意しておく必要がある。

#### 5. おわりに

マアジ対馬暖流系群、ゴマサバ東シナ海系群の資源評価においても、漁獲成績報告書をマサバ対馬暖流系群とほぼ同様の方法で利用しており、マアジでは 0 歳魚の資源量指標値に調査船調査のデータが含まれているものの、それ以外の資源量指数の算出は漁業の情報

に頼り切っている状況にある。言い換えれば、漁獲成績報告書の提出義務がなくなれば、資源評価の質が極端に低くなるだろう。また、漁獲成績報告書には日別漁獲位置の情報も記載されているため、詳細な時空間分布情報を組み込んだ解析も可能であり、さらに高度な解析も期待される。今後とも漁獲成績報告書の情報を利用できるように関係者の協力を願う。

#### 引用文献

平松一彦. マイワシ太平洋系群の資源評価に用いられる VPA の信頼性の検討. 2009. 日本水産学会誌. 75, 661-665.

## 沖底データの資源量指数としての利用

森 賢・山下夕帆（北海道区水産研究所）

### 1. はじめに

北海道ブロック（北水研）で資源評価が行われている魚種のうち、漁獲努力量のデータが得られているのは大臣指定・届出漁業（沖合底曳網、いか釣り）が主体であり、一部の魚種ではその努力量を用いた CPUE が資源量指数として評価に用いられている。一方、沿岸漁業（知事許可漁業や共同漁業権漁業）は、漁業種類が多く、また漁獲状況も地域差が大きいいため、特定の海域・漁業種に限定された漁獲努力量しか得られず（例：檜山海域のスケトウダラはえなわ漁業など）、広域に分布する資源評価対象種全体を把握するような努力量は得られていない。また、近年は効率的操業を目的としたプール制やブロック制などの漁獲ルールを導入により、漁獲努力量の長期比較が困難になった漁業種類も見られる。

### 2. 北海道の沖合底びき網漁業漁獲成績報告書について

大臣指定漁業である沖合底びき網漁業（以後、沖底と表記）は漁獲成績報告書（以後、漁績と表記）の提出が義務づけられている。北海道を根拠地とする沖合底びき船の漁獲成績報告書は、北海道漁業調整事務所が集約し、北水研でデータの確認・集計が行われている。なお、漁績の収集率は 100% であることから、漁業種別・魚種別漁獲量の元資料として資源評価に用いられている。

漁績に記載されている内容は、漁船情報（船名、根拠地、総トン数、馬力数、漁法、開口板の有無、操業許可種類、乗組員数など）と操業情報（操業漁区、ひき網回数、魚種別（31 魚種）漁獲量など）である。漁績の各データは入力され、表計算ソフト等で使用できる csv ファイルの状態で作成されている。なお、1996 年 3 月以前のデータは月別・船別・漁区別の集計値であり、同年 4 月以降は日別・船別・漁区別のレコードで作成されている。

### 3. 北海道ブロックでの利用状況

北海道ブロックでは、TAC 制度が始まる以前より、底魚類の資源動向を沖底 CPUE を用いて評価してきた。沖底 CPUE を用いる場合、曳網方法の違い（北海道では“かけまわし”と“オッタートロール”）や漁船規模（北海道では総トン数 100t で区分け）の違いを考慮し、努力量（曳網回数）を標準化して CPUE を計算していた。努力量標準化係数は入江(1982)の方法で次式を用いて算出されていた。

$$CPUE = \frac{\text{有漁地点総漁獲重量}}{\text{有漁地点総曳網回数}} \quad \text{標準化係数} = \frac{\text{オッタートロール}CPUE_{\text{全道・年度}}}{\text{かけまわし}CPUE_{\text{全道・年度}}}$$

この CPUE 算定用の集計データは月別・船別・漁区別集計値を用いていたため、ある漁区で一月の間に 1kg でも対象魚種が漁獲された場合、その漁区で一月に曳網されたすべて

のひき網数が有効努力量として集計されるという問題があった。また、この式は、系群や海域別の操業状況を考慮せず、全道の全操業データを用いて努力量の標準化係数を計算していた。1980年代は大型計算機による集計しかできなかったため、集計作業を簡略する必要があったと考えられるが、近年はパソコン等の普及により、標準化手法も後述するスケトウダラ太平洋系群のように改善されてきている。

なお、現在実施されている北海道ブロックでの資源評価の対象魚種（北水研担当種を含む）は10魚種・17系群であるが、沖底CPUEを掲載している魚種は5魚種・7系群である。しかし、ABC算定に直接用いられている魚種は、スケトウダラ太平洋系群とマダラ北海道のみと少ない。

#### 4. 使用例：スケトウダラ太平洋系群

スケトウダラ太平洋系群の資源解析はPopeの近似式を用いたチューニングVPAを用いている。チューニング指数として、音響調査により推定した北海道太平洋海域における1歳魚の現存量と、沖底の年齢別CPUE（2～7歳の年齢別漁獲尾数と、道東海域オッターコントロールと襟裳以西海域かけまわしデータより算出された標準化網数より算出）を用いている（森、2010）。

沖底年齢別CPUEは、北海道太平洋海域〔沖底操業海区：中海区14（襟裳以西）と15（道東）〕が対象となるが、同海域ではかけまわし漁法とオッターコントロール漁法による操業が行われており、両漁法間の標準化係数を求める必要がある。漁業者からの聞き取り調査により、道東海域におけるかけまわし操業が、9、10月以外はスケトウダラを主対象とした操業をしていないこと、襟裳以西海域のかけまわしも状況によってはスルメイカやマダラなどその他の魚が狙いになる事などが明らかになった。そのため、道東海域のかけまわしをチューニングで用いるのは不適當であり、それ以外の操業でもスケトウダラ狙い以外の操業データを極力排除する必要が生じた。そこで近年は下記ルールで再集計・計算したものをチューニングに用いている。

- ①CPUE計算に用いるのは1991年度以降の道東海域（中海区15）のオッターコントロールおよび襟裳以西海域（中海区14）のかけまわしとする。
- ②スケトウダラ狙いを識別するために、操業日の全漁獲量（漁船単位）に占めるスケトウダラの占有率が50%以上の操業データを用いる。
- ③標準化係数の算定は前述の入江（1982）に従い、かけまわしとオッターコントロールがスケトウダラ狙いの操業を同時期・同海区で行う中海区15（道東海域）の9、10月操業データを用い、年度毎に算出する。

チューニングVPAによる資源量推定値はデータ数が多くなる高齢魚ほど安定する傾向があり、スケトウダラ太平洋系群では2006年度の2歳魚以上で推定値の変化は小さくなる。また、同系群の場合、チューニング効果は直近数年間の推定値に限定される傾向がある。そこで、1991～2006年における年齢別資源尾数と沖底CPUEの関係を図1a、bに示した。



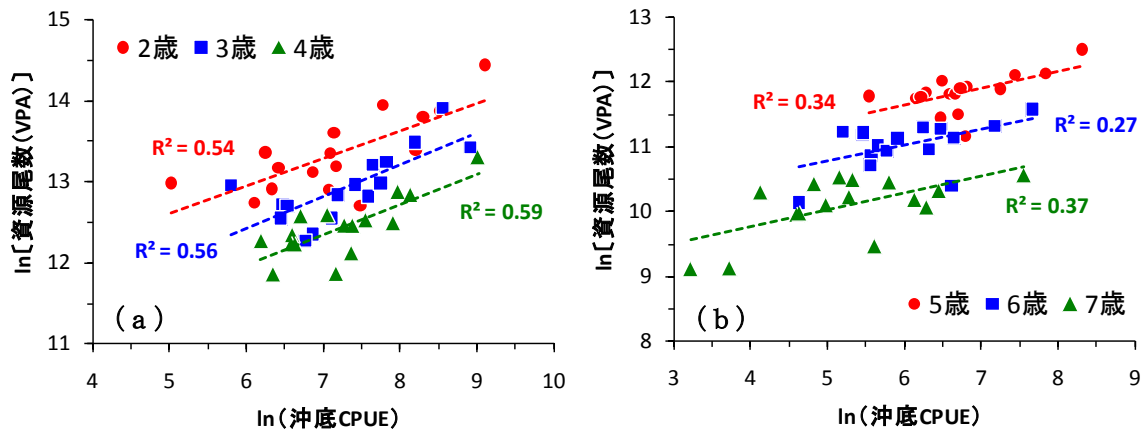


図 1a,b チューニング VPA で推定した資源尾数と沖底 CPUE の関係  
(a : 2~4 歳、 b : 5~7 歳).

沖底 CPUE と資源尾数の相関は 2~4 歳魚までは比較的高い相関が見られるが、5 歳以上では相関が悪くなっている。この要因として、主に 5 歳以上の高齢魚を漁獲している襟裳以西海域のかけまわしの CPUE に問題がある可能性がある。この海域では、刺し網など沿岸漁業が総漁獲量の約 7 割を占め、沖底が海域の漁獲状況を反映しきれていない可能性がある。しかし、5 歳以上の CPUE を除くチューニングでは、実態を反映しない評価結果になり、現時点では 2~7 歳すべての沖底 CPUE を用いる評価を採用している。

## 5. 使用断念例：ホッケ道北系群

ホッケ道北系群は、H18 年度評価まで沖底 CPUE を資源量指数とした非平衡プロダクションモデルを用い、資源量、MSY などを推定していた（森田、2007）。同系群は北海道日本海～オホーツク海でかけまわしおよびオッタートロールの両漁法で漁獲されるため、入江（1982）で標準化された漁獲努力量を用い CPUE を計算していた。しかし、下記に示す理由により、H19 年度以降の評価では沖底 CPUE は参考値となり、漁獲量を用いた 2 系ルール（水産庁、水産総合研究センター、2010）での評価に変更された。

- ①1990 年代に見られたスケトウダラの漁獲量減少に伴う沖底漁船の狙い魚種の変化。  
(日本海：スケトウダラ→ホッケ、オホーツク海：スケトウダラ→ズワイガニなど)
- ②ホッケ CPUE が増加した 1990 年代半ばは、沖底船が従来型の 125 トン型から大型の 160 トン型へ相次いで代船された時期であり、100 トン以上で集計される努力量が質的に変化した。
- ③1990 年代半ばに新型網の導入や漁具の改良が行われ、それまでより漁獲効率が大幅に上昇したとの聞き取り調査結果がある。

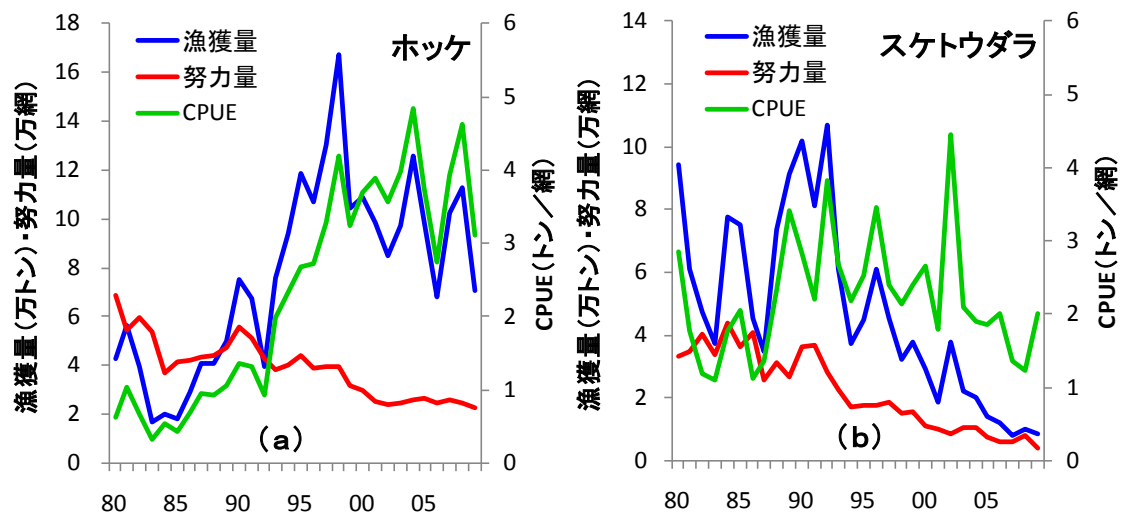


図 2a,b 沖底によるホッケ道北系群およびスケトウダラ日本海北部系群の漁獲量、努力量（有漁網数・標準化）、CPUE の経年変化（a：ホッケ、b：スケトウダラ）。

日本海における沖底漁業の変化を示すため、図 2 に主要対象種であるホッケとスケトウダラの漁獲状況を示した。沖底によるホッケの漁獲量および CPUE は 1990 年代に大きく増加し、1990 年代後半～2000 年代は高い水準で推移している（図 2a）。一方、スケトウダラは 1990 年代半ばに漁獲量が大きく減少したが、CPUE には大きな減少は見られなかった（図 2b）。また、両種とも努力量は大きく減少している。努力量の減少は、減船や TAC にともなう漁獲制限などが要因として考えられる。

スケトウダラ日本海北部系群の資源評価には、音響調査データを用いたチューニング VPA を用いている（山下ら、2010）。この資源量推定結果を沖底 CPUE（図 2b）と比較すると、1990 年代から見られる資源量の大幅な減少を、沖底 CPUE は反映していない。そのため、沖底 CPUE が資源量指数として利用できないと考えられている。前述の①～③の情報やスケトウダラの CPUE などから判断すると、ホッケについても沖底 CPUE が長期の資源量変動を示す指標値として用いることは、現時点では困難であると推測される。

## 6. おわりに

TAC 制度および TAC 算定の基礎となる ABC が漁業現場に浸透する中、漁業現場からは漁業データによらない調査データを用いた資源評価を要望されることが多かったが、スケトウダラのように、漁業情報を積極的に取り入れた評価の実施を要望されることも増えてきている。そのため、CPUE などを資源評価の中で利用することが、漁業現場の理解を得る上で必要な状況となっている。

しかし、本報告で紹介した沖底統計値には複数の問題が内包し、その利用には注意が必要である。漁獲成績報告書に記載されていない情報については現場での聞き取りなどで入

手し、その利用方法について十分に検討する必要がある。最後に、特に問題とされる事項について示す。

- ①操業の狙い魚種が不明。
- ②曳網毎の記載ではなく、1日の取り纏めであるため、1日の中で狙いを変える操業があると対応できない。
- ③使用漁具の規模が不明。
- ④曳網面積もしくは曳網時間などの情報がない。
- ⑤TACや需給動向による漁業調整（水揚げ上限量など）に関する情報がない。

### 引用文献

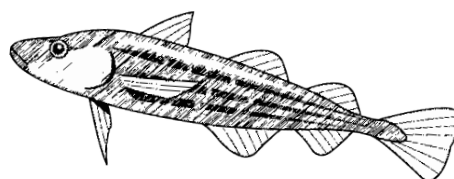
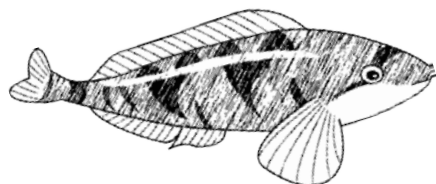
入江隆彦（1982）北海道沖合底びき網漁業漁獲統計による魚種別・海区別の資源量指数経年表，200 カイリ水域内漁業資源調査・北海道底魚・スケトウダラ・ホッケ研究チーム資料，10.

森 賢、船本鉄一郎、山下夕帆、千村昌之．2010．平成 21 年度我が国周辺水域の漁業資源評価，第 1 分冊、407-456pp.

森田晶子．2007．平成 18 年度我が国周辺水域の漁業資源評価，第 2 分冊、813-839pp.

水産庁・水産総合研究センター．2010．平成 21 年度我が国周辺水域の漁業資源評価，第 1 分冊、4-13pp.

山下夕帆、千村昌之．2010．平成 21 年度我が国周辺水域の漁業資源評価，第 1 分冊、311-366pp.



## 漁獲対象選択性を考慮した底引き網漁獲データの解析

原田泰志・井上祐里奈・馬場真大・井上誠章（三重大院生資）

### 1. はじめに

我々は日本海底引き網漁業について、漁獲成績報告書等の漁業依存情報などを用いて  
ア：資源状態の的確な評価

イ：多魚種混獲漁業である底引き網漁業の漁獲管理方策の提案

をめざした検討を、日本海区水産研究所や関連府県の資源評価担当者と協同して行っている。

今回はアに関して、とくに漁獲対象の選択性を考慮した資源動向の把握に関する検討を紹介する。

沖合底曳き網漁業（以下「沖底」）は、日本海の主要漁業であり、多魚種混獲を特徴とする。沖底の対象魚種の資源状態を、漁業依存情報である漁獲成績報告書（以下「漁績」）から把握するためには、各魚種資源に対応する適切な指標を用いる必要がある。

沖底は多種混獲漁業であるが、個々の操業は特定の魚種をねらって行われることが多い。そして、季節によって主にねらう魚種が変化するだけでなく、ねらい魚種によって操業位置が変化し、またかけまわしの操業では、ズワイガニをねらうときにはカニ網を、ハタハタ、カレイ類およびニギスなどをねらう場合には、それぞれ、ハタ網、カレイ網およびキス網を使用するというように、使用する網をかえている。

網によって各種の漁具効率が異なるであろうことなどを考えると、ある種の資源状態について考える場合には、各操業がどの種をねらったものであるかがわかることが重要となる。たとえば、その情報をもとに、その種をねらった操業を抽出することができれば、たとえば各種のねらい操業の割合が変化しても、その影響を受けにくい資源状態の評価が可能となると考えられるからである。しかし、沖底の漁績には、使用した網の別は記載されていない。そのため、各操業がどの魚種をねらったものなのか判断し難い。

Biseau (1998) は資源量指標値として Directed CPUE を用いて底引き網の対象資源の状態を評価している。この Directed CPUE は、注目する魚種の漁獲割合が高い操業を累積漁獲量が総漁獲量の一定割合 (EL: Explanation Level) になるまで抽出して求めるものである。我々は、この方法を日本海の沖底の漁績に応用し、沖底の主要対象魚種について資源の動向の評価を行った。また、全操業のデータを用いた CPUE や、有漁網を抽出した CPUE 等の動向と比較した。また、ねらい操業の割合の変化に対する Directed CPU の依存性を評価した。

Directed CPUE は漁獲物組成のみをもとに、データを抽出するものであるが、漁期、漁場や、漁船の特性等を（も）考慮してデータを抽出することにより、安定した指標値が得られる可能性がある。我々はニギスを例にそのような方向での検討も行った。

本講演ではこれらの結果を紹介する。

## 2. Directed CPUE による資源動向評価

我々が用いた漁績には、操業日、操業船、操業漁区、漁法および曳網回数等と合わせて、全 32 種の魚種別の漁獲量が、漁船ごとに日・小漁区単位でまとめて記録されている。本研究では 1988 年以降の日本海区におけるデータから、漁法が一艘曳きのかけまわしで、漁船の規模のバリエーションが小さく、かつ日本海西部の漁獲努力量の大半を占めている兵庫・鳥取船籍の沖底の操業海域である、浜田沖、隠岐周辺、隠岐北方および但馬沖の 4 海区の操業データ、約 60 万件を抽出して以下の解析に用いた。また、沖底の主要な漁獲対象種であるズワイガニ、アカガレイ、ヒレグロ、ハタハタ、ソウハチ、ニギスおよびホッコクアカエビの 7 種を解析の対象種とした。

動向評価に先だって、Biseau (1998) に従って、魚種ごとの漁獲特性の把握を行った。その結果から、これらの種のうちヒレグロをのぞく 6 種は、その魚種を高い割合で含む操業で年間漁獲量の高い割合が漁獲されていた。とくに、ニギスとホッコクアカエビは非常に限定された操業で漁獲されていた。これらの結果から、ヒレグロ以外は、それらの魚種をねらった操業で主に漁獲されていることが示唆された。

資源量指標値として 1) 全てのデータを使用し計算した CPUE (全データ CPUE)、2) 有漁データのみ使用して計算した CPUE (有漁網 CPUE)、3) Directed CPUE、を各年の各魚種について計算してその傾向を比較した。その結果、3 つの条件で計算した資源量指標値の変動傾向の特性によって、各魚種を次の A-C の 3 タイプに分類できた。

すなわち、A) 1、2、3 どの抽出条件でも同じ傾向であった魚種 (ズワイガニ、ハタハタ、アカガレイ、ヒレグロ)、B) 1 と 2 の抽出条件で変動傾向は異なるが、2 と 3 の抽出条件下では同様の傾向であった魚種 (ホッコクアカエビ、ソウハチ)、C) 1、2、3 いずれの条件においても変動傾向が異なった魚種 (ニギス)、である。なぜ上記 B および C に分類された魚種では、各資源量指標値の傾向に乖離が見られたのか、またはなぜ上記 A に分類された魚種では乖離がみられなかったのだろうか。

各年の i) 有漁網の割合と ii) 有漁網のなかでのねらい操業の割合、を考慮すると以下のように説明が可能かもしれない。

i) 有漁網の割合と ii) 有漁網のなかでのねらい操業の割合、がともに年によって変化しない場合、3 つの条件で計算した資源指標値の変動傾向は上記 A タイプとなるであろう。一方で、年によって i は変化するものの、ii は変化しない場合は上記 B タイプ、i と ii がともに変化する場合は上記 C タイプとなるであろうと考えられる。

## 3. Directed CPUE の特性について

ねらい操業の割合の年変動等がある場合、Directed CPUE は全データあるいは有漁データを用いた CPUE に比べればそれらの影響を受けにくく、より実際の資源量の変動に近い変動傾向を示すと期待される。この期待を確かめるため、ねらい操業の割合を様々に変化させ

た仮想データを作出し、それをもとに Directed CPUE および有漁網の CPUE を求め、ねらい操業の割合に対する依存性を比較した。とくに Directed CPUE については、EL に対する依存性も検討した。その結果、EL が小さい方がねらい操業の割合に対する依存性は低くなり、ねらい操業の割合が指標値にあまり影響しなくなるが、一方で、抽出される操業数が少なくなることから得られる指標値のばらつきが大きくなった。

上記の仮想データによる解析に加え、小型底引き網（かけまわし）漁業者 2 名に、ねらった魚種や用いた網の情報を含む詳細な操業日誌を記帳を依頼して収集した現実の漁獲データを用いて生成した仮想データを用いて前段と同様の解析を行うとともに、Biseau(1998)の方法で抽出した「ねらい」操業の正解率についても検討を行った。その結果、Directed CPUE が狙い操業の割合の変化の影響をうけにくいことがあらためて示されるとともに、Biseau の方法は高い正解率で狙い操業を抽出していた。

#### 4. 漁獲物組成以外の要因も考慮した抽出：ニギスの事例

ニギス漁業は以下のような特徴をもつ。漁獲の大部分は沖底によるが、それは特定の季節（春と秋）、特定の海域（隠岐周辺および見島沖）、特定船（香住船籍）に集中している。さらに、ニギスの漁獲には、それ専用のキス網とよばれる網を使用している。

その結果、漁績データからも主漁期は 4-5 月と 9-10 月であり、主漁区は隠岐周辺および見島沖付近に存在し、さらに漁獲は香住船籍の特定船に集中していることがわかった。そのため、主漁期、主漁区、船籍、漁獲に占めるニギスの割合が 50%以上といった各種条件を組み合わせ、漁績データを切り出したうえで、資源量指数を計算した。

離れて存在する見島沖と隠岐周辺それぞれの主漁場別に求めた資源量指数の動向は、上記の抽出を行わないときには、独立な変動を示したが、上記の抽出を行うと類似したものとなった。

以上、発表者と金岩稔（東京農業大学）、廣瀬太郎、藤原邦浩、上田祐司、養松郁子、木下貴裕（日本海区水産研究所）の協同で行ったものである。また「我が国周辺水域資源調査推進委託事業」の補助を受けた。

#### 参考文献

Biseau, A. 1998 Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessments. *Aquat. Living Resour.* 11(1998) 119-136.

# 空間分布情報を組み込んだ資源量指数モデルによる 以西底曳網データの解析

山川 卓 (東大院農)

## 1. はじめに

水産資源の適切な管理のためには、資源の経年的な増減傾向を評価する必要がある。そのための代表的な指標に資源量指数がある。従来の資源量指数は通常、区画ごとの単位努力当たり漁獲量 (CPUE) データをもとに、それぞれの区画面積で重みづけした総和または平均として計算される。しかし、年ごとの操業海域の変化や資源の分布域の変化などがあると、計算結果に大きな誤差が生じる可能性がある。また、現実のデータでは値の欠損している海域や時期も多く存在する。このような場合、何らかの手法で情報を補完して解析を行うなどの工夫が必要である。

本発表では、時空間的に取得された漁獲量-努力量データを用いて資源量の経年変化を適切に評価する手法を開発することを目的に、資源の分布域変化を明示的に考慮した資源量指数モデルを提示する。そして、経年的な操業海域の変化が大きい東シナ海の底魚資源データにモデルを適用し、従来型手法による計算結果と比較する。

## 2. 魚の空間分布情報を組み込んだ資源量指数モデルの構築

### (1) 底魚資源の空間分布パターン

1967年1月から2003年12月までの東シナ海における以西2そう底びき網漁業の農林漁区 (緯度・経度 0.5°単位の升目状の区画) 別、魚種別の月別漁獲量-努力量データ ((独)水産総合研究センター西海区水産研究所提供) を使用した。

まず、キダイおよびマダイの漁獲データを用いて、CPUEの空間分布パターンを検討した。両魚種の1970年~1979年の月ごとに漁区別CPUE (平均値) を計算して大きき順に並べ替え、CPUEの(漁区間)順位分布を検討した。いずれの月においても、両魚種のCPUEの順位分布は、指数分布でおおよそ近似することができた。

### (2) 資源量指数モデル

そこで本モデルでは、CPUEの順位分布が以下の指数関数に従うと仮定した。

$$f_{0m}(x) = P_{0m} \exp(-\lambda x) \quad (1)$$

ここで  $f_{0m}(x)$  は、基準となる1970年代の  $m$  月、第  $x$  番目のCPUE順位の漁区におけるCPUE平均値である。 $P_{0m}$  は1970年代の  $m$  月におけるCPUE順位1位の漁区でのCPUE平均値、 $\lambda$  は定数である。各漁区のCPUEの順位が年によって変化せず、また、CPUEの大きさが全体の資源水準の増減に伴って変化すると仮定する。このとき、任意の  $y$  年  $m$  月におけるCPUE理論値  $f_{ym}(x)$  を以下の式で表すことができる。

$$f_{ym}(x) = a_{ym} P_{0m}^{1-b_{ym}} (f_{0m}(x))^{b_{ym}} \quad (2)$$

ここで、 $a_{ym}$ 、 $b_{ym}$  はそれぞれ、 $y$  年  $m$  月の資源水準 (図1の  $y$  軸方向の調節)、分布域の広

がり具合（図1のx軸方向の調節）に関連するパラメータである。基準年と比べて $b_{ym}$ の値が変化せず $a_{ym}$ の値のみが変化する場合は分布域は変化せず、すべての漁区でCPUEが $a_{ym}$ に比例して変化する（図1a）。一方、基準年と比べて $b_{ym}$ の値が小さくなれば分布域は全体的に拡大し、逆に $b_{ym}$ の値が大きくなれば分布域は全体的に縮小する（図1b）。そして、(2)式によって計算される $f_{ym}(x)$ の値が各漁区のCPUEデータとできるだけ近くなるように各年各月の $a_{ym}$ 、 $b_{ym}$ の値を推定することができれば、 $f_{ym}(x)$ の全漁区の総和（ $\sum_x f_{ym}(x)$ ）を計算することで、資源量指数を得ることができる。

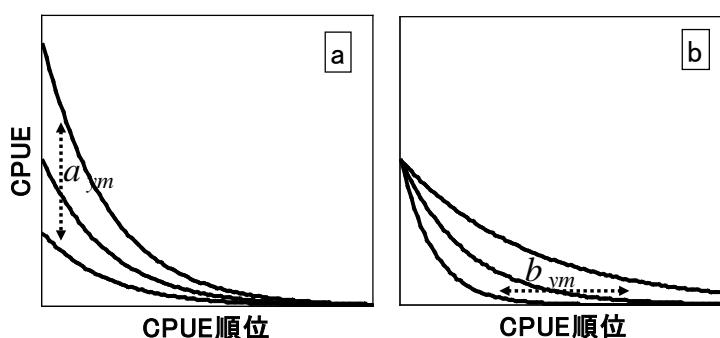


図1. パラメータ $a_{ym}$ の調節と $b_{ym}$ の調節によるモデルの挙動。

- a) パラメータ $a_{ym}$ を変化させると分布域に変化はなく、資源水準が全体的に変化する。
- b) パラメータ $b_{ym}$ を変化させると資源の分布域が拡大、縮小する。

### (3) 漁区別 CPUE 順位の年代間の相関

本モデルでは1970年代のCPUE平均値 $f_{0m}(x)$ 、 $P_{0m}$ を基準に $f_{ym}(x)$ の値を計算する。このため、解析を行う年代によって各漁区の（真の）資源密度の順位が変化しないことが前提となる。そこで、1970年代、1980年代、1990年代、2000年代のそれぞれの漁区別CPUE平均値をもとに、年代間の順位相関を月別に調べた。その結果、1970年代と1980年代、1990年代の間の相関は高く、各漁区の資源密度の順位は年代によって大きくは変化しないことが明らかとなった。一方、1970年代と2000年代の間のCPUE順位の相関は低かった。これは、近年における操業海域の大幅な縮小により、データのない漁区が多くなったことに起因すると考えられる。

### 3. モデルの適用と結果の検討

本モデルを、東シナ海における1970年～2003年のキダイ、マダイの漁獲データに適用した。パラメータ $a_{ym}$ 、 $b_{ym}$ の推定は、(2)式で計算される $f_{ym}(x)$ の値と各漁区のCPUEデータの残差平方和が最小になるように行った。なお、パラメータ $b_{ym}$ については、すべての年月の間で独立であるとして推定したモデル（以下、 $b$ 独立モデル）と、月別には区別するが年によって変化しない（共通）としたモデル（以下、 $b$ 共通モデル）の2通りを仮定した。



キダイ、マダイともに、有漁区に関する CPUE データの単純平均値（以下、CPUE 単純平均）は、1990 年代後半以降に急激に増加した。これに対して従来型の資源量指数（漁区別 CPUE の総和。以下、従来型資源量指数）では、1990 年代後半以降も値がほとんど増加しなかった。この違いは、近年における操業海域の縮小により、九州近海に位置する比較的 CPUE の高い漁区での操業が選択的に行われるようになった一方で、それ以外の漁区でのデータが得られなくなったことを反映している。これに対して東シナ海全域で操業が行われていた 1970 年代、1980 年代においては、CPUE 単純平均と従来型資源量指数の間には大きな違いが認められなかった。

一方、本研究の資源量指数モデル（ $b$  独立モデル、 $b$  共通モデル）では、1970 年代、1980 年代においては、CPUE 単純平均、従来型資源量指数と同様の、指数の変化傾向を示した。1990 年代後半以降では CPUE データのない漁区が増加したが、これらの漁区でもモデルに従って CPUE の補間推定がなされた。概して、 $b$  共通モデルでは CPUE 単純平均と従来型資源量指数の中間的な値で指数が増加した。これに対して  $b$  独立モデルでは、CPUE 単純平均と同じくらい急激に指数が増加した。

$b$  共通モデルではパラメータ  $b_{ym}$  の値が年によって変化しないと仮定しているため、対象魚種の分布域は年によって変化しない。これに対して  $b$  独立モデルでは、1990 年代後半以降において、パラメータ  $b_{ym}$  の値が低下する傾向が認められた。これはすなわち、分布域が拡大し、従来の分布の縁辺域においても幅広く CPUE が高まっているとモデルが推定していることを示している。このため、 $b$  共通モデルよりも 1990 年代後半以降の資源量指数の高まりが急激であり、CPUE 単純平均に近い値になったものと考えられる。

#### 4. 妥当なモデルの構築に向けて

本研究では、比較的単純な仮定により、できるだけ少ないパラメータで対象資源の空間分布を表現しうるモデルを構築することをめざした。ここで扱った底魚資源では、CPUE の順位分布は指数分布でおおよそ近似できること、漁区別の資源密度の順位は年代によって大きくは変化しないことなど、モデルの前提となる仮定をおおよそ満足していた。本モデルでは、データのない漁区についてもモデルによる補間を行い、CPUE の推定分布図を描くことができる。パラメータ  $b_{ym}$  の導入により、資源水準の変化に伴う分布域の全体的な拡大・縮小にも対応することが可能である。

しかし、分布域の変化の大きな魚種では、漁区別資源密度の順位が年によって変化しないとする仮定は、かなり強い仮定である。このような仮定を緩和し、分布域の漸進的变化にも対応できるような、より柔軟性の高いモデルを開発する必要がある。これに関連し、シンポジウム当日の発表では、状態空間モデルによる時系列解析を用いた手法も紹介する。

また、漁業による実操業データのみでは、情報のない海域での補間値が妥当であるかどうかを判断する材料がない。調査船による系統調査データなどの漁業以外の情報も同時に取り込んで同化・解析できるモデルの構築が望まれる。

# まぐろはえ縄データを用いた標準化 CPUE の推定

市野川 桃子 (遠洋水産研究所)

## 1. はじめに

日本のはえ縄漁業が提供する漁獲成績報告書は、漁場のカバー率が広く、諸外国に比べて精度が良く、50年以上の長期間にわたって整備されている。そのため、日本延縄漁業から得られる CPUE (漁獲尾数を単位努力量で割った指数) は、はえ縄漁業によって漁獲される多くの種の資源評価において、最も重要なインプットデータとして用いられている。しかし、延縄データのように長期間・広範囲にわたる漁業データから資源量指数としての CPUE を計算する場合、漁場や季節によって対象種の釣れやすさが異なる効果を統計的に取り除く (CPUE の標準化) 必要がある。

本発表では、延縄漁業データでよく行われている CPUE の標準化の概念を簡単に説明し、標準化 CPUE を実際に推定する際に考慮すべきいくつかの点を紹介する。

## 2. 標準化 CPUE とは

一般に、CPUE は、資源豊度の相対的な増減を示す指標と考えられている。それは、「ある年(y)の漁獲量( $C_y$ )は、海の中の資源( $N_y$ )が多ければ多いほど、また、漁獲のために費やす努力量 ( $E_y$ ) が多ければ多いほど、多くなる (式 1)」という単純な仮説に基づいている。

$$C_y = q E_y N_y \quad (1)$$

上式の両辺を努力量 ( $E_y$ ) で除すると左辺が CPUE となり、つまり、CPUE は資源量と比例関係にある、という関係が得られる。

$$C_y / E_y (= \text{CPUE}_y) = q N_y \quad (2)$$

ここで、 $N$ に乘じられている数  $q$  は漁獲能率(catchability)と呼ばれ、魚の釣れやすさを示す係数である。

しかし、実際の漁業を考えてみると、魚の釣れやすさ( $q$ )というのは、海域や時期、用いる漁具によって異なることが容易に想像できる。それに従って式 2 を書き直すと、CPUE または  $\log(\text{CPUE})$  は、例えば

$$C_y / E_y (= \text{CPUE}_y) = q_a q_s q_g N_y \quad (3)、$$

$$\log(C_y / E_y = \text{CPUE}_y) = \log(q_a) + \log(q_s) + \log(q_g) + \log(N_y) \quad (4)$$

のようになる。式 3 は、「海の中の資源が多ければ多いほど、漁獲のために費やす努力が多ければ多いほど、よい漁場 ( $q_a$ ) や季節 ( $q_s$ )、漁具 ( $q_g$ ) を選べば選ぶほど、漁獲量は多くなる」という仮説を表している。資源の相対的な豊度( $N_y$ )だけでなく、漁場や季節、漁具といった様々な効果が混ざった生の CPUE (ノミナル CPUE、3 式の左辺) から、それらの要素を除いた相対的な資源量のみを示す指数 (標準化 CPUE、 $N_y$ )を推定する作業が CPUE の標準化である。標準化された CPUE は、ノミナル CPUE よりも、実際の資源の動向をより反映すると考えられている。

### 3. 標準化 CPUE の推定

式 4 は、左辺の観察データ（生の CPUE、応答変数）が、右辺の様々な説明変数の線形結合によって説明されていることを示している。但し、実際の観察データは様々な原因によってモデルによる予測値から外れることが考えられる。そこで、式 4 に適切な誤差項を加え（式 5）、観測値とモデルによる予測値の残差が仮定された誤差分布に最も尤もらしく近づくようなパラメータを統計的に推定（最尤法）することで、観測された CPUE データから標準化 CPUE( $N_y$ )を推定することができる。

$$\log(C/E = \text{CPUE}) = \log(q_a) + \log(q_s) + \log(q_g) + \log(N_y) + \text{誤差項} \quad (5)$$

式 5 のような単純な線形モデル (GLM) を用いた CPUE の標準化は、様々な統計パッケージを使って簡単に実施できる。例えば、フリーの統計ソフト'R'を用いる場合、以下のコマンドを 1 行打てばよい。

```
res <- glm(logcpue~effect1+effect2+effect3+as.factor(year), data=fishery.data)
```

ここでは、ある漁業データ (fishery.data) 内の応答変数 logcpue を、年の効果 year と 3 つの主効果 effect1, effect2, effect3 が説明している。

### 4. glm のコマンドの以前と以後

glm のコマンドを 1 行打つのは簡単である。しかし、glm コマンドの実行後は、推定された標準化 CPUE が、実際の資源量により近い適切な値として推定されているかどうかを、検討することが大切である。真の資源量が不明である以上、標準化 CPUE の確かめは、GLM で推定されたパラメータが、いかに統計学的・漁業学的・生物学的に妥当であるかといった検討を積み上げることでしか判断する方法がないからである。モデルの統計的な妥当性は、各説明変数の有意性の検定や、情報量基準を用いたモデル選択 (cf. Burnham & Anderson 2002) により客観的に判断することができる。一方で、推定されたモデルが生物学的、漁業学的に妥当であるかという検討は、客観的に行うことが困難である分、しばしば忘れられがちである。

年以外の効果は適切に導入・推定されているか？ GLM には、資源量のトレンドを示す「年」以外の説明変数として、漁獲能率に影響を与えそうな説明変数（海域や季節、漁具）が導入される。特に、まぐろやかじきのような高度回遊性魚類の場合、その CPUE の空間的分布（図 1 のノミナル CPUE）は季節によって異なる。そのような場合は、季節による海域の CPUE の違いを、海域と季節の交互作用によって説明する必要がある。図 1 は、季節による CPUE の空間分布の違いが、濃淡で示された海域と季節の交互作用のパラメータで説明されていることを示している。

GLM に導入すべき説明変数は、AIC 等の情報量基準を用いたモデル選択によって機械的に取捨選択することも可能である。しかし、膨大な観測データからなる漁業データを用いる場合、情報量基準を用いたモデル選択では、解釈が難しい複雑すぎるモデルが選択される傾向が強い。そのため、GLM に導入する説明変数はできるだけ生物学的・漁業学的に

解釈が可能なものに限りに、推定されたパラメータが妥当であるかどうかを、既存の生態的知見やノミナル CPUE の分布等と照らし合わせ、常にチェックすることが理想的である。生物学的・漁業学的な解釈が難しい効果や交互作用については、固定効果でなくランダム効果としてモデルに取り入れる方法もある (Venables & Dichmont 2004)。

**残差** 前述したように、GLM による最尤推定では、予測値と観測値の誤差が仮定した誤差分布に似るようにパラメータが推定される。そこで、残差の分布が仮定した誤差分布に類似しているか、誤差の偏りがどうか等を診断する必要がある。例えば、図2のような偏った残差分布は、多くの観測値がモデルによって十分に説明できていないことを示唆している。偏った残差分布の原因と解決方法は様々であるが、ゼロキャッチデータが原因の場合はそれを回避するための方法がいくつか提案されている (Shono et al. 2008)。

## 5. おわりに

本発表では、はえ縄データを用いた CPUE の標準化の例を紹介したが、はえ縄以外の様々な漁業データにおいても標準化 CPUE は推定・利用されている。さらに、本文中でもいくつか紹介したが、CPUE の標準化の手法として、GLM だけでなく様々な統計モデルも提案されている (cf. Maunder & Punt 2004, 庄野 2008)。一方で、標準化 CPUE が本当に真の資源量を反映しているのか、操業分布や漁獲対象種の歴史的なシフトによる潜在的なバイアス等、未だ解決されていない問題も多い。それでも、CPUE の標準化といった一連の統計的手法を漁業データに適用し、CPUE データがどのように生物学的・漁業学的に説明されるのかを考えることは、用いている漁業データ、ひいては、対象資源の動向に対する理解をより深く知る上で非常に重要かつ有用なプロセスであると言える。

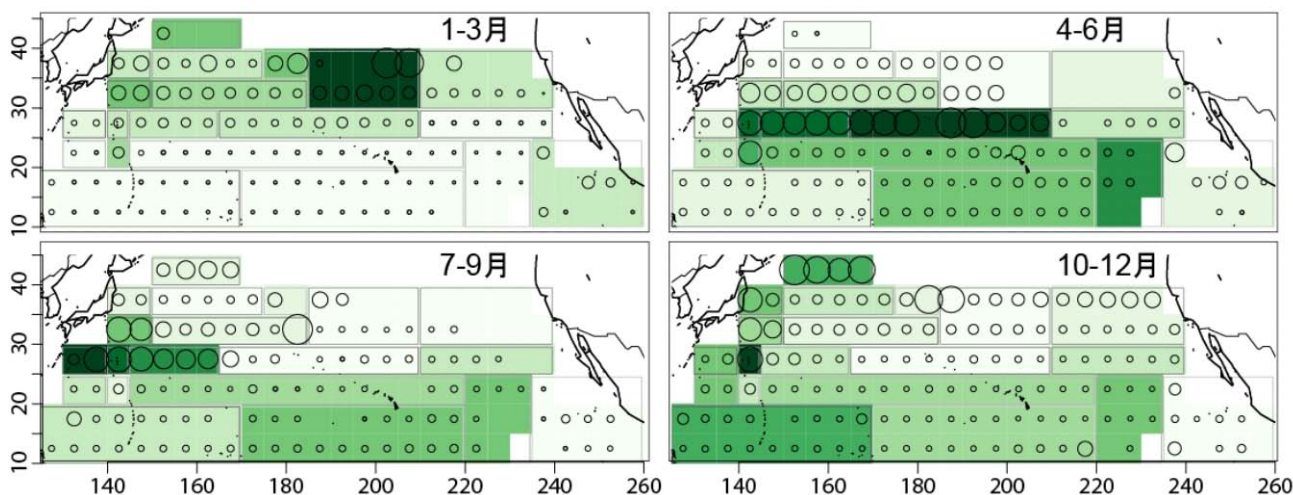


図 1. 北太平洋のメカジキの CPUE 分布。図中の丸の大きさは、緯度・経度ごとのノミナル CPUE (平均値) の大きさと比例し、背景の濃淡は季節と海域の交互作用で推定されたパラメータの大きさ (CPUE の予測値) と比例している。

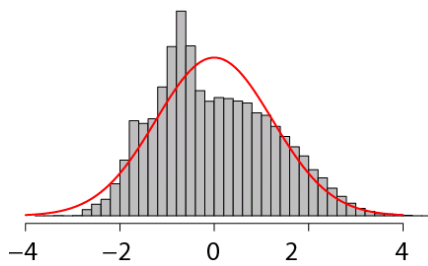


図 2. 偏った残差分布の例。マカジキ CPUE の GLM モデルより。図中の線は仮定した正規分布。この例における残差の偏りは、CPUE を対数変換する際に、マカジキの漁獲尾数がゼロであるデータ（ゼロキ ャッチデータ）に微小な数を足し込んだことによって 生じている。

- Burnham, K.P., and Anderson, D.R. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. Springer, New York.
- Maunder, M.N., and Punt, A.E. 2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fish. Res.* **70**: 141-159.
- Shono, H. 2008. Application of the Tweedie distribution to zero-catch data in CPUE analysis. *Fish. Res.* **93**(1-2): 154-162.
- Venables, W.N., and Dichmont, C.M. 2004. GLMs, GAMs and GLMMs: an overview of theory for applications in fisheries research. *Fish. Res.* **70**(2-3): 319-337.
- 庄野宏. 2008. 統計モデルとデータマイニング手法の水産資源解析への応用. 水研センター 研報 **22**: 1-85.

# まぐろはえ縄データを用いた 時空間的な水温変化を考慮に入れた資源量指数評価手法の検討

金岩稔（東農大アクアバイオ学科） 余川浩太郎（遠洋水産研究所）

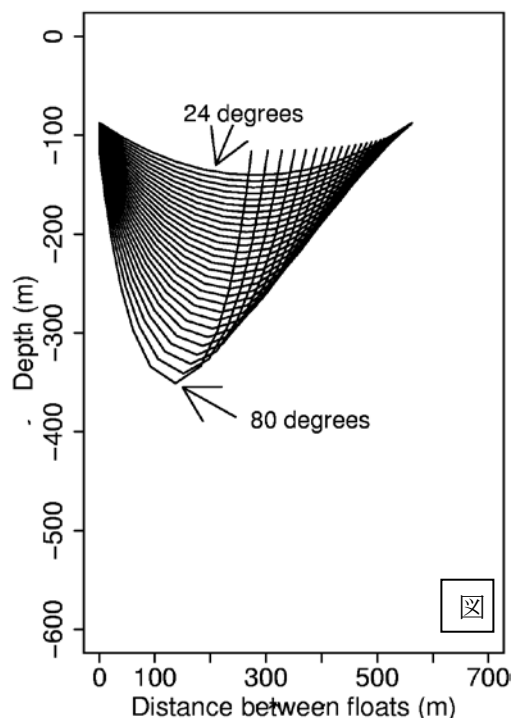
## 1. はじめに

多くの生物は環境条件によって生息場所を決めている。例えばカジキ類は浅く温度の高い水塊を好んで生息していることが知られている。また、それらの環境条件は塩分濃度や緯度・経度と言ったその他の物理環境と相互作用を持って生物の生息条件となっていることが考えられる。これらの環境条件は多くの場合線形で表すことが難しく、GLMの枠組みで扱うためには多くの相互作用を含んだ複雑なモデルにする必要が出てくる。そこで、環境要因毎の生物の存在確率を取り込んだモデルが資源量指数を推定するために必要となった。特に延縄漁業の場合、一鉢毎の鉤数（number of hooks per float: HPF）によって、鉤の到達深度が異なる。鉤深度が異なることにより、漁獲努力に晒される環境が異なり、その環境要因による生物の存在確率を決定論的に表した上で資源量指数を標準化したものがHabitat Based Standardization: HBSであり、存在確率を統計学的な不確実性を取り込んだ形で推定するモデルがstatistical Habitat Based Standardization: statHBSである。これらのモデルは極端に環境要因によって生存確率の変わるカジキ類や、メバチマグロのように水深250mから300mに集中して生息している魚種の資源量指数解析に使用されている(Maunders et al. 2006)。

しかし、近年HPFは多くなる傾向にあるが幹縄素材が麻縄からナイロン縄主体に変化したため、同じHPFでもその操業深度は異なることが予想される。その結果として例えば海洋環境に変化が無く同じHPFを使った操業であっても、有効な漁獲努力量は異なる可能性がある。しかし、商業船の延縄操業による実際の鉤到達深度や縄素材の情報は少ない。そこで、商業漁獲データ自身から、操業形態、特に延縄の入水角度を推定できないか検討する。

## 2. 多魚種を考慮に入れた statHBS

具体的には延縄の鉤水深が漁具の鉛直分布が吉原(1951)に従うとし、その入水角度を変化させることでいくつかのシナリオ(図)として与えた。その上で、分布水深帯の異なる複数魚種に対してstatHBSを用いて魚の鉛直分布とCPUEの年変動を推定し、その尤度を使いモデル選択を行った。漁



獲データとしては 2000 年から 2006 年の北太平洋における公庁船による延縄操業データを使った。商業漁獲データを使わなかったのは、公庁船データの場合、操業時に小型水深計の計測結果により入水角度を計算でき、それと比較することでこの手法の精度評価出来ると考えたためである。

環境データとしては水深別水温を使うことにし、Global Ocean Data Assimilation System: GODAS (<http://cfs.ncep.noaa.gov/cfs/godas/>)の推定値を用いた。評価に使用した魚種はなるべく広範囲の水深をカバーしている必要があるため、キハダマグロ、カツオ、メバチマグロ、ビンナガマグロ、マカジキ、クロカジキ、フウライカジキ、ヨシキリザメの 8 種を用いた。操業の空間配置を見ると北緯 20 度を挟んで分断されていたため、解析では北緯 20 度以北と、それより南に分けて解析した。

### 3. 推定結果

北緯 20 度以北では推定された入水角度は 66 度、小型水深計の計測結果からの推定結果は 69.1 度ほぼ合致した。しかしながら、北緯 20 度より南では、今回の手法での推定された入水角度は 80 度となり、小型水深計からの推定結果 66.9 度と大きく異なった。北緯 20 度より南で上手く推定できなかった理由は様々に考えられるが、一つには南の方が水深別の水温変化が少なく、キハダマグロやヨシキリザメといった漁獲量の多い魚種で水温別の CPUE に差があまりでなかったためであると考えられた。また、GODAS の解像度が操業別データを扱うのには低い可能性もあった。

しかし、北緯 20 度以北のように水温別魚種生息地が明瞭に別れている場合には、この手法で上手く操業形態が推定でき、より現実的な資源量指数標準化が行えると考えられた。

### 4. おわりに

適切なデータと要因を用いた場合に、漁業データから操業形態を推定できうることを示した。特に緯度の高い海域では、水温を用いた生息適地推定が有効であることが示唆された。しかしながら、適切な環境要因や魚種選択はまだ未知の部分があり、実際の操業形態の計時変化を推定するのにどの程度適用できるか、慎重に検討していきたい。

Maunder, M.N., Hinton, M.G., Bigelow, K. A. and Langley, A.D., 2006. Developing indices of abundance using habitat data in a statistical framework. *Bull. Mar. Sci.* 79: 545-559.

吉原友吉, 1951. 鮪延縄の漁獲分布 II. 垂直分布. *日水誌*, 16, 370-374.