

令和 5（2023）年度マアジ太平洋系群の資源評価
CPUE 標準化・モデル診断結果（宮崎県定置網）

2023 年 8 月 1 日

水産資源研究センター浮魚資源部浮魚第 2 グループ

井元順一、安田十也、渡井幹雄、日野晴彦、木下順二、河野悌昌、高橋正知

概要

データ	宮崎県南郷漁協定置網水揚げ集計データ（月当たりのアジ仔銘柄漁獲量）
対象	月当たりのアジ仔銘柄漁獲重量（kg／延べ水揚げ日数）
データが利用可能な期間	2000 年～2022 年、4 月～6 月
標準化に使用した期間	2000 年～2022 年、4 月～6 月
標準化のためのデータ抽出	定置網の種類（大型定置網 3 統、小台網）が利用可能なデータ
使用した統計ソフト・パッケージ	R(4.1.1)にて、glm（GLM パッケージ）、dredge（MuMIn パッケージ）、VIF（car パッケージ）、predict（stats パッケージ）、expand.grid（gridExtra パッケージ）を使用
統計モデル	一般化線形モデル（対数正規分布）
フルモデルで導入した説明変数	年、月、漁具、月と漁具の交互作用（カテゴリ・固定効果）
最終モデルの選択方法	AICc を基準とした総当たり法
最終モデルで選択された説明変数	年、月、漁具、月と漁具の交互作用（カテゴリ・固定効果）
年トレンドの抽出方法	各変数のすべての組み合わせにおける予測値の年平均
推定誤差や信頼区間の計算方法	ブートストラップサンプリングされたデータとベストモデルから標準化 CPUE の計算を 1,000 回繰り返して計算。
結果	標準化 CPUE の年トレンドの増減は、ノミナル CPUE と概ね一致した（図 6）。その中で、2010 年と 2022 年の標準化 CPUE はノミナル CPUE よりも低くなったが、これは標準化により、月の効果と月と漁具の交互作用の効果が除去されたためと考えられる。

1. 背景

マアジ太平洋系群では 6 つの加入量指標値を用いたチューニング VPA により資源量が推定されている。これら加入量指標値を求める際に使われるデータには季節や漁具など漁獲効率に影響を与える情報を含んでいるものも存在する。そのため、加入量の年変動以外の要因の持つ効果を把握し、必要に応じてそれらを取り除く標準化を行うことが望ましいと考えられる。

日向灘はマアジ太平洋系群が漁獲される主要な漁場の一つである。春～初夏にかけて定置網で 0 歳魚（アジ仔銘柄）が漁獲される。宮崎県定置網 CPUE は加入量指標値の一つであり、昨年度評価までは大型定置網と小台網の各漁具における 4 月～6 月のアジ仔漁獲量を 3 ヶ月の延べ水揚げ日数で割ることによって漁具ごとの年間 CPUE を算出し、それらを相乗平均することによってノミナル CPUE を算出していたが、本年度評価においては時期や漁具の影響を考慮して、一般化線形モデル (GLM) による CPUE の標準化を実施した。

2. 方法

1) データの特性

データは 2000 年～2022 年の 4 月～6 月における、大型定置網 3 統と小台網の月別漁獲量と水揚げ日数から成る（宮崎県提供）。大型定置網については、水揚げ日数は 2000 年以降、緩やかな増加傾向を示している中で、漁獲量は 2005 年以降、低い水準にある。一方、小台網については、2000 年以降、漁獲量と水揚げ日数ともに減少傾向を示している（図 1）。なお、水揚げあたりの漁獲量については、大型定置網および小台網ともに 4 月よりも 5 月と 6 月に高い値となる傾向がある（図 2）。また、ゼロ漁獲データは全体の 1.4% であったため、ゼロ漁獲データを除いた有漁データを解析の対象とした。

2) 統計モデル

マアジ 0 歳魚の漁獲があった操業を抽出し、月別 CPUE の対数値を応答変数とした一般化線形モデル (GLM) を適用するとともに、モデルの誤差分布は正規分布に従うと仮定した。説明変数の候補は年、月および漁具とし、すべてカテゴリカル変数として扱った。また、月と漁具の交互作用も取り入れた。なお、年と月の交互作用、および年と漁具の交互作用も、さらに取り入れた場合にはモデルが収束しなかったため、今回は、これらの交互作用については考慮しなかった。

GVIF を指標として多重共線性はないことを確認した上で、補正赤池情報量基準 (AICc) を基準として総当たり法によりモデル選択を行った。ベストモデルで選択された各変数のダミーデータを作成し、各変数を均等配置して作成した全ての組み合わせについて CPUE の予測値を求めた上で、それらを年ごとに平均した値を標準化 CPUE とした。また、ブートストラップ法（試行回数 1,000 回）により 95%信頼区間を求めた。

3. 結果

モデル選択の結果（表 1）、以下の式が最終モデルとして選択された。

$$\text{Log}(\text{CPUE}) = \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Month} + \text{Gear} + \text{Month} * \text{Gear}$$

ここで、Year は年（2000 年～2022 年）、Month は月（4 月～6 月）、Gear は漁具（大型定置網・小台網）を表す。選択されたモデルの妥当性を確認するため、対数正規分布モデルの要約図を定性的に確認した。

(図 3)。予測値と残差の関係をみると、残差はゼロ付近に比較的均等にばらついており、QQ プロットでは両端で理論値から外れる傾向がみられたものの、モデルに対するデータの当てはまりについては大きな問題はないと解釈した。また、モデルの残差は概ね正規分布に従っていた (図 4)。

月による違いとしては、5 月と 6 月に CPUE が高くなったが、この時期は特に大型定置で CPUE が高くなる傾向があることが交互作用の結果から示された (表 2)。

ブートストラップ法で推定した信頼区間は推定値の年変動と比べて比較的広いが、本モデルによって推定値の年変化は捉えられていると考えられる (図 5)。

標準化 CPUE とノミナル CPUE を比較すると、増減する年トレンドの傾向は変わらなかった (図 6)。その中で、2010 年と 2022 年の標準化 CPUE はノミナル CPUE よりもわずかに低くなったが、これは標準化によって、月の効果と月と漁具の交互作用の効果が除去されたためと考えられる。

表 1. モデル選択結果

Model	対数正規分布モデル	df	logLik	AICc	delta
1	年 + 月 + 漁具 + 月×漁具	29	-225.962	526.3	0.00
2	年 + 月	26	-238.463	541.8	15.47
3	年 + 月 + 漁具	27	-238.215	544.4	18.09
4	年	24	-261.965	582.7	56.40
5	年 + 漁具	25	-261.682	585.2	58.84

表 2. 最終モデルにおける推定パラメータ

```
glm(formula = log(cpue) ~ factor(Year) + factor(Month) + factor(Gear) +
    factor(Month):factor(Gear), family = gaussian, data = data_p)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-6.0949195	-0.5813833	0.0689062	0.6983796	4.6562140

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.790009037	0.649674847	2.75524	0.00688501	**
factor(Year)2001	0.553143880	0.825722320	0.66989	0.50435710	
factor(Year)2002	-0.003951533	0.825722320	-0.00479	0.99619053	
factor(Year)2003	-0.594361676	0.825722320	-0.71981	0.47319796	
factor(Year)2004	0.073483992	0.825722320	0.08899	0.92925183	
factor(Year)2005	-3.221431790	0.825722320	-3.90135	0.00016664	***
factor(Year)2006	-2.402872498	0.825722320	-2.91002	0.00438950	**
factor(Year)2007	-2.198082831	0.825722320	-2.66201	0.00895395	**
factor(Year)2008	-0.571002336	0.825722320	-0.69152	0.49072356	
factor(Year)2009	-0.827875386	0.825722320	-1.00261	0.31829137	
factor(Year)2010	-1.334030786	0.867897364	-1.53708	0.12719748	
factor(Year)2011	-2.335505901	0.825722320	-2.82844	0.00557681	**
factor(Year)2012	-0.893630314	0.825722320	-1.08224	0.28155605	
factor(Year)2013	-1.012157011	0.825722320	-1.22578	0.22294628	
factor(Year)2014	-2.535302488	0.825722320	-3.07041	0.00270430	**
factor(Year)2015	-1.892085730	0.825722320	-2.29143	0.02387865	*
factor(Year)2016	-1.579478679	0.825722320	-1.91284	0.05841636	.
factor(Year)2017	-1.823119071	0.825722320	-2.20791	0.02936478	*
factor(Year)2018	-0.908329463	0.825722320	-1.10004	0.27375964	
factor(Year)2019	-2.491314651	0.825722320	-3.01713	0.00318273	**
factor(Year)2020	-1.638186110	0.825722320	-1.98394	0.04979942	*
factor(Year)2021	-1.942645152	0.825722320	-2.35266	0.02045054	*
factor(Year)2022	-2.158541049	0.867897364	-2.48709	0.01440905	*
factor(Month)June	3.322468685	0.433623261	7.66211	8.3775e-12	***
factor(Month)May	2.902774949	0.433623261	6.69423	1.0042e-09	***
factor(Gear)Small	1.393397389	0.433623261	3.21338	0.00172966	**
factor(Month)June:factor(Gear)Small	-2.743727909	0.604892162	-4.53590	1.4927e-05	***
factor(Month)May:factor(Gear)Small	-1.859111018	0.604892162	-3.07346	0.00267901	**

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 2.045452049)

Null deviance: 504.38641 on 135 degrees of freedom

Residual deviance: 220.90882 on 108 degrees of freedom

AIC: 509.92422

Number of Fisher Scoring iterations: 2

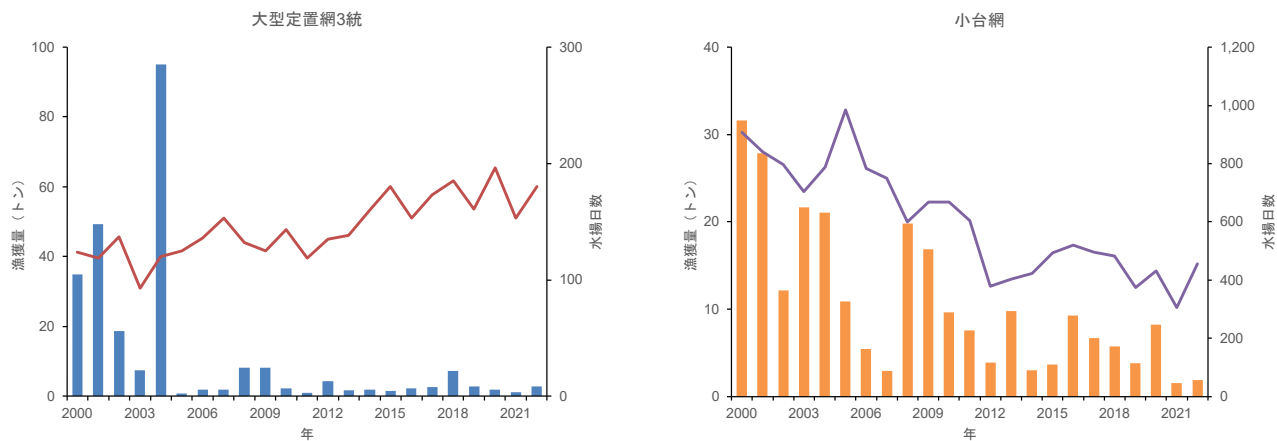


図1 大型定置網と小台網の漁獲量と水揚げ日数の年変化

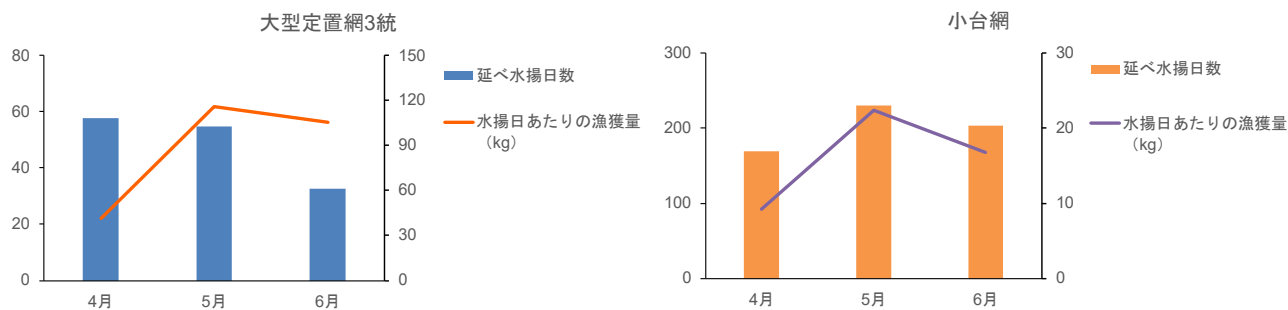


図2 大型定置網と小台網の漁獲量と水揚げ日数の月変化

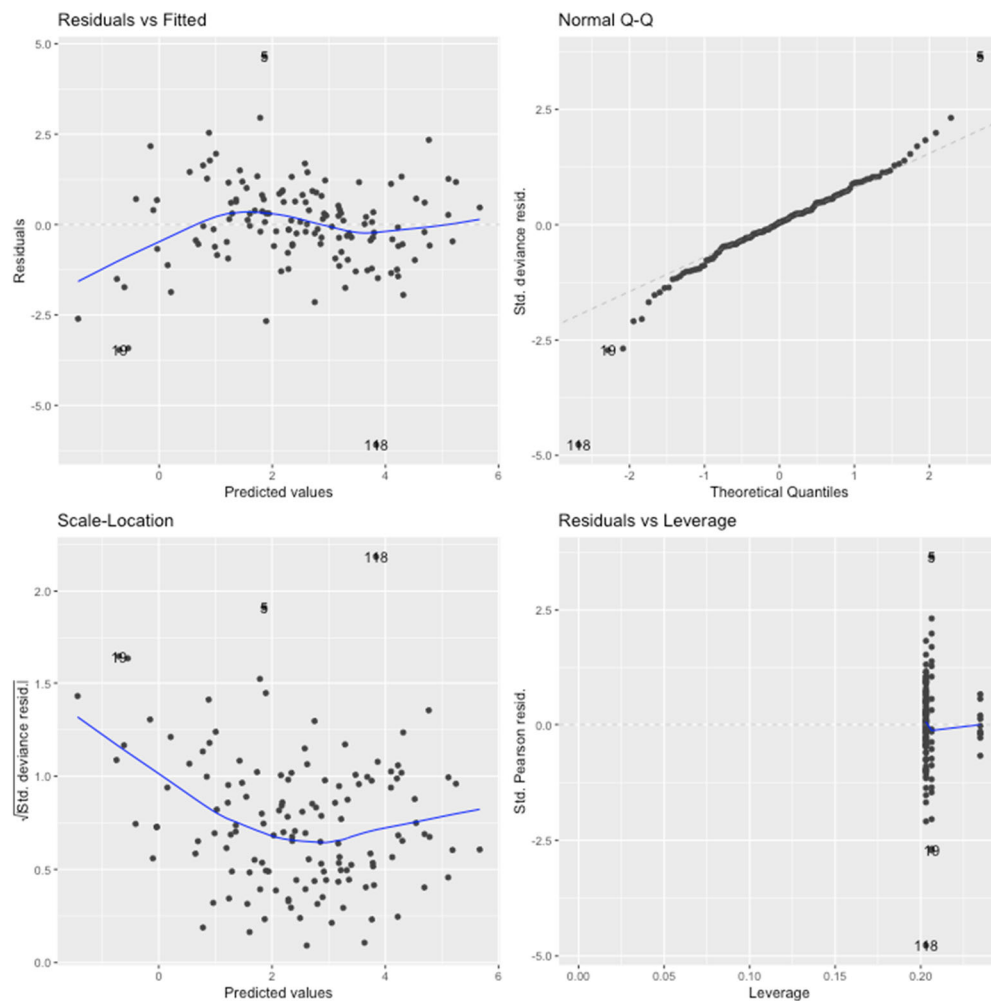


図 3 一般化線形モデルの要約図

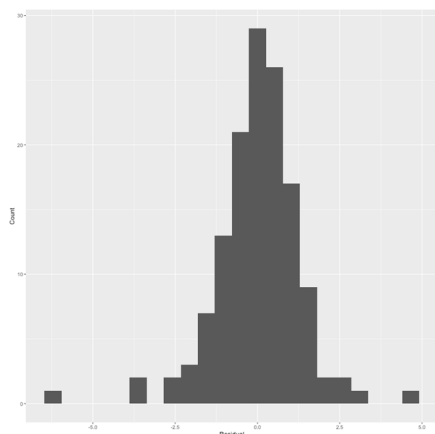


図 4 一般化線形モデルの残差のヒストグラム

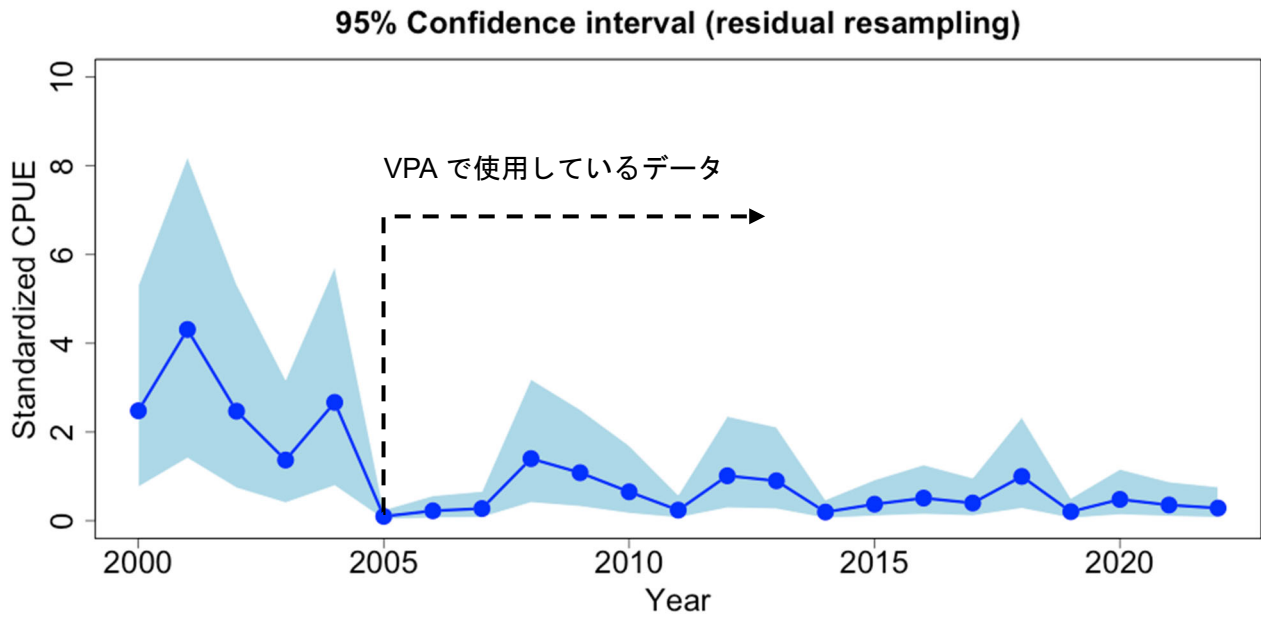


図5 標準化 CPUE の年変化（青線）と残差リサンプリングによるブートストラップ法を用いて推定した標準化 CPUE の 95%信頼区間（青色領域）

試行回数は 1 万回とした。点線の矢印は指標値として使用を開始した年を示す。

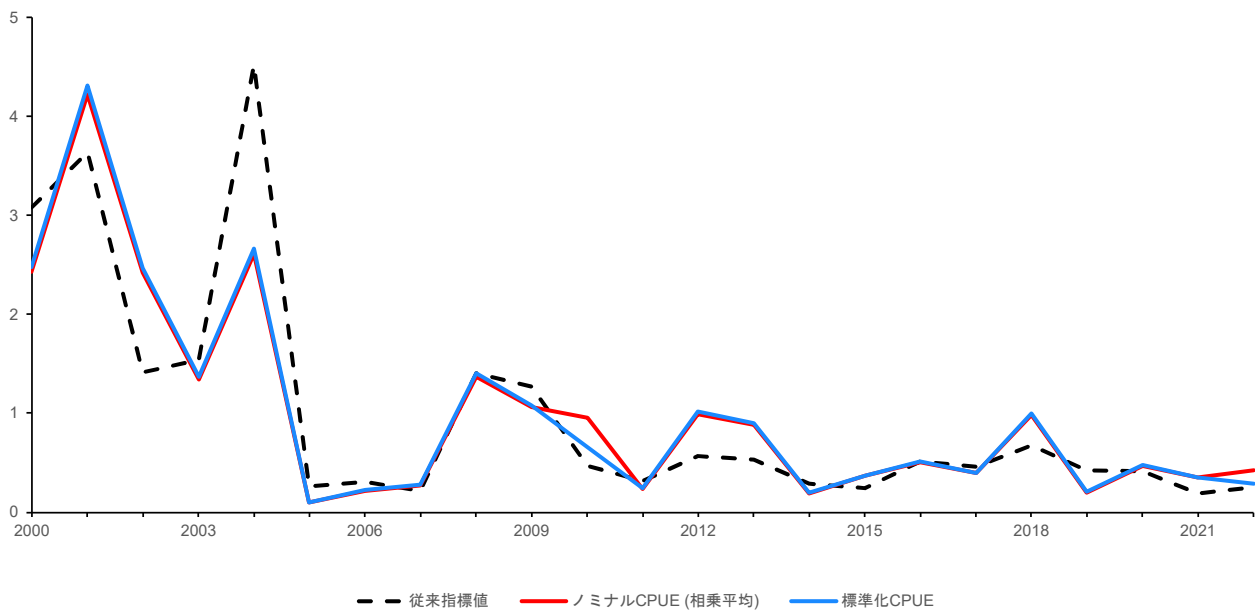


図6 規格化した標準化 CPUE とノミナル CPUE（相乗平均）と従来指標値の年変化