

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（千葉県定置網）

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	千葉県鴨川定置網水揚げ集計データ（月当たりのジンダ銘柄漁獲量）
対象	月当たりのジンダ銘柄漁獲重量（kg／延べ水揚げ日数）
データが利用可能な期間	1991 年～2022 年、10 月～翌年 3 月
標準化に使用した期間	1991 年～2022 年、10 月～翌年 3 月
標準化のためのデータ抽出	定置網の種類（鴨川沖定置、鴨川灘定置）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（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 とほとんど一致した（図 6）。これは月の効果が小さいことが原因と考えられる。

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。

千葉県定置網漁業については、秋～冬にかけて 0 歳魚（ジンダ銘柄）が漁獲されるため、加入量指標値の一つとして含めている。昨年度評価までは鴨川沖定置と鴨川灘定置に加え、千倉の定置網における 10 月～翌年 3 月のジンダ漁獲量を加入量指標値として用いていた。しかし、鴨川沖定置と鴨川灘定置は水揚げ日の情報があるのに対し、千倉定置網には水揚げ日の情報がないため、本年度評価においては、鴨川沖定置と鴨川灘定置のみについて、時期や漁具の影響を考慮した一般化線形モデル(GLM)を用いて CPUE の標準化を実施した。

2. 方法

1) データの特性

データは 1991 年～2022 年の 10 月～翌年 3 月における、鴨川沖定置と鴨川灘定置の月別漁獲量と水揚げ日数から成る（千葉県提供）。これら定置網の努力量（水揚げ日数）には経年的な傾向は見られなかった（図 1）。また、漁獲量および努力量ともに 10 月から 3 月にかけて緩やかに増加する傾向が見られた（図 2）。なお、ゼロ漁獲データは全体の 2.5%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。

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

ここで、Year は年（1991 年～2022 年）、Month は月（10 月～翌年 3 月）、Gear は漁具（鴨川沖網・鴨川灘網）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、1 月と比較して 3 月は CPUE が高くなった（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変動はほとんど一致していた（図 6）。これは構築されたモデルの月の効果が小さいことが原因と考えられる。

従来の指標値は鴨川定置網漁獲量と千倉定置網漁獲量の合計値を用いていたが、2000 年代以降の減少傾向については、標準化 CPUE でも同様の傾向が認められる。

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	38	-544.779	1176.5	0.00
2	年 + 月 + 漁具	39	-544.272	1178.1	1.60
3	年	33	-553.554	1181.2	4.75
4	年 + 漁具	34	-553.095	1182.8	6.36
5	年 + 月 + 漁具+ 月×漁具	44	-541.133	1185.2	8.70

表 2. 最終モデルにおける推定パラメータ

```
glm(formula = log(cpue_jinda) ~ factor(Year2) + factor(Month),
     family = gaussian, data = jinda_data_p)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-6.5376555	-0.6701500	0.0735086	0.8731435	3.8214783

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	2.5004694	0.4677258	5.34602	1.8960e-07	***
factor(Year2)1992	2.8767625	0.6209691	4.63270	5.5850e-06	***
factor(Year2)1993	1.2935315	0.6798665	1.90263	0.05813764	.
factor(Year2)1994	2.4231641	0.6370482	3.80374	0.00017578	***
factor(Year2)1995	2.6355181	0.6370482	4.13708	4.6837e-05	***
factor(Year2)1996	2.7672711	0.6370482	4.34390	1.9732e-05	***
factor(Year2)1997	1.9868592	0.6586584	3.01652	0.00279709	**
factor(Year2)1998	-1.7259671	0.6370135	-2.70947	0.00716390	**
factor(Year2)1999	0.4080158	0.6586584	0.61946	0.53612489	
factor(Year2)2000	2.5480292	0.6586378	3.86864	0.00013682	***
factor(Year2)2001	3.4746969	0.6567158	5.29102	2.4933e-07	***
factor(Year2)2002	2.9975445	0.6586584	4.55098	8.0337e-06	***
factor(Year2)2003	2.6123544	0.6567491	3.97771	8.9120e-05	***
factor(Year2)2004	3.2942357	0.6209691	5.30499	2.3262e-07	***
factor(Year2)2005	2.6300105	0.6209691	4.23533	3.1192e-05	***
factor(Year2)2006	2.0101989	0.6209691	3.23720	0.00135554	**
factor(Year2)2007	2.1143231	0.6817790	3.10119	0.00212856	**
factor(Year2)2008	1.7416881	0.6586584	2.64430	0.00865817	**
factor(Year2)2009	2.2056529	0.6560536	3.36200	0.00088400	***
factor(Year2)2010	3.3436751	0.6370482	5.24870	3.0738e-07	***
factor(Year2)2011	1.8378438	0.6586584	2.79028	0.00563598	**
factor(Year2)2012	2.3370433	0.6586584	3.54819	0.00045622	***
factor(Year2)2013	2.2383217	0.6370482	3.51358	0.00051701	***
factor(Year2)2014	2.5488238	0.6586584	3.86972	0.00013624	***
factor(Year2)2015	0.8739949	0.6394449	1.36680	0.17280760	
factor(Year2)2016	1.7389347	0.6394449	2.71944	0.00695691	**
factor(Year2)2017	1.1349293	0.6394449	1.77487	0.07703013	.
factor(Year2)2018	1.9530302	0.6394449	3.05426	0.00247831	**
factor(Year2)2019	1.9288369	0.6586584	2.92843	0.00369304	**
factor(Year2)2020	-0.2794094	0.6209691	-0.44996	0.65309718	
factor(Year2)2021	3.1207954	0.6394449	4.88048	1.7988e-06	***
factor(Year2)2022	2.6878855	0.6394449	4.20347	3.5617e-05	***
factor(Month)2	0.2680686	0.2711585	0.98860	0.32372865	
factor(Month)3	0.9696783	0.2719410	3.56577	0.00042797	***
factor(Month)10	0.6022653	0.4211901	1.42991	0.15388123	
factor(Month)11	0.1136970	0.2904096	0.39151	0.69572766	
factor(Month)12	0.2849722	0.2717287	1.04874	0.29522305	

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

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 2.208222539)

Null deviance: 1044.99182 on 310 degrees of freedom
 Residual deviance: 605.05298 on 274 degrees of freedom
 AIC: 1165.5575

Number of Fisher Scoring iterations: 2

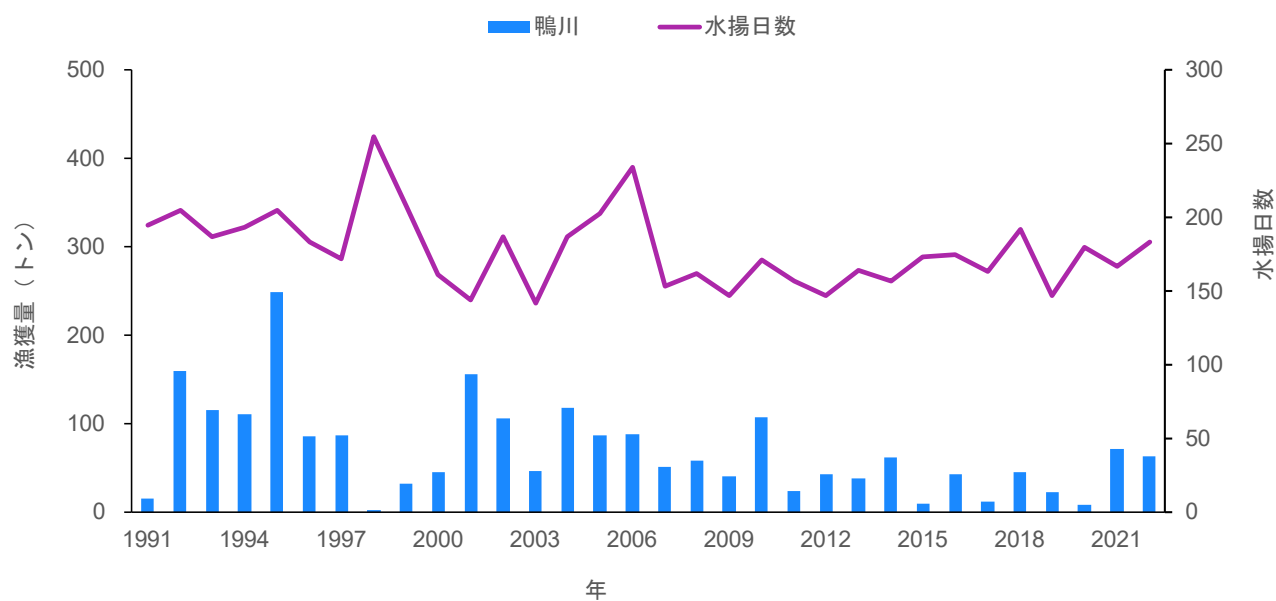


図1 鴨川定置網の漁獲量、水揚げ日数と千倉定置網の漁獲量の年変動

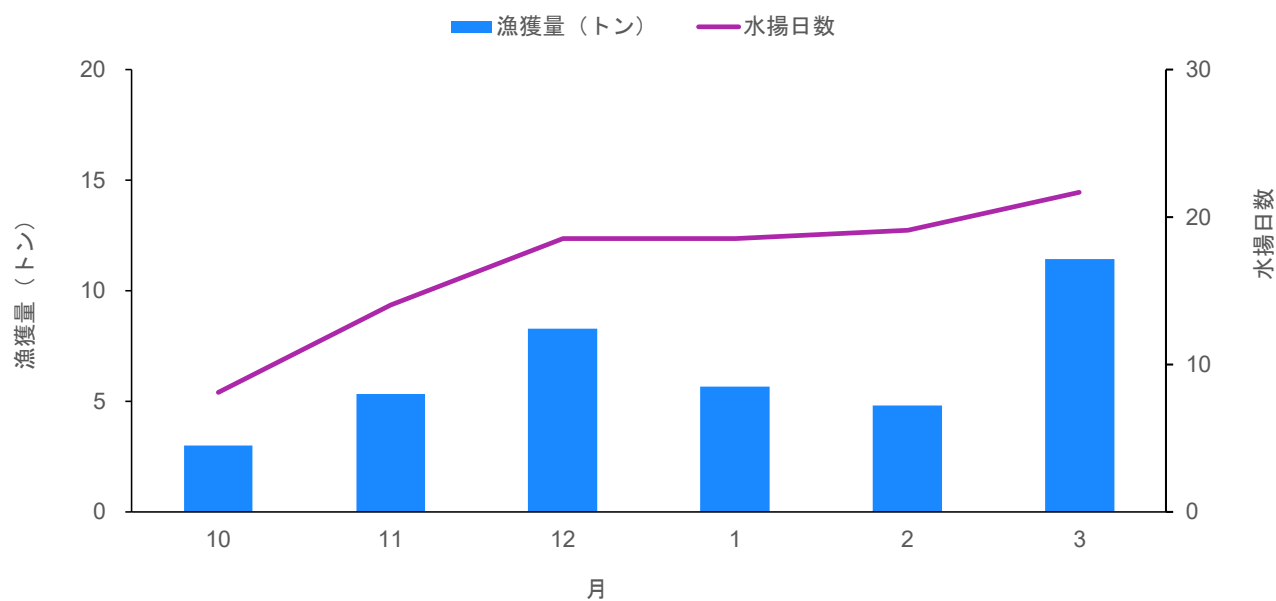


図2 鴨川定置網の漁獲量、水揚げ日数の月変動

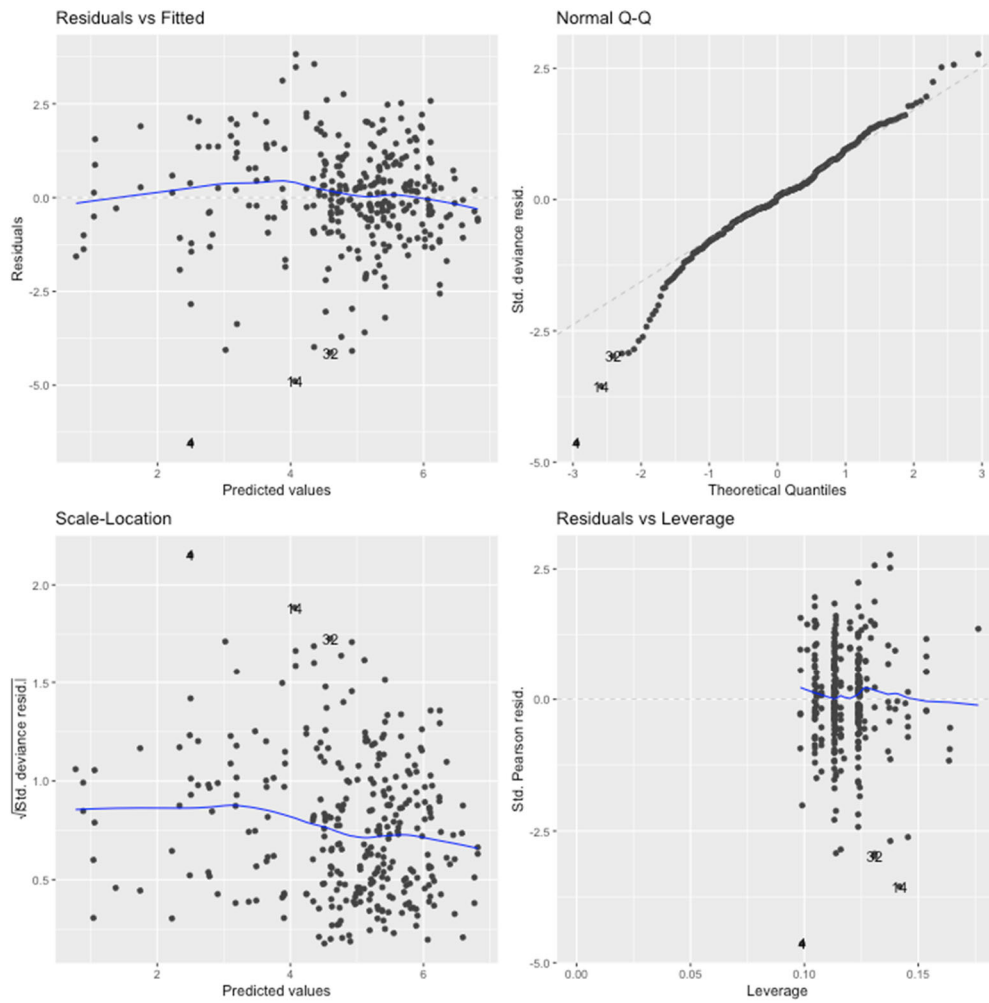


図3 一般化線形モデルの要約図

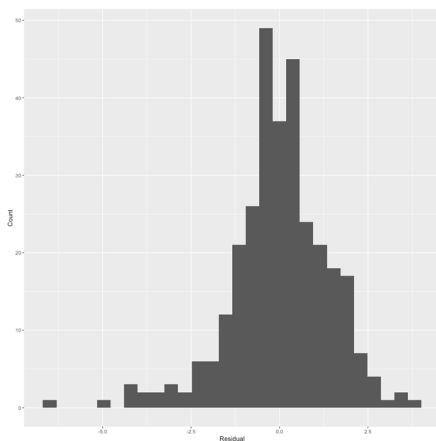


図4 一般化線形モデルの残差のヒストグラム

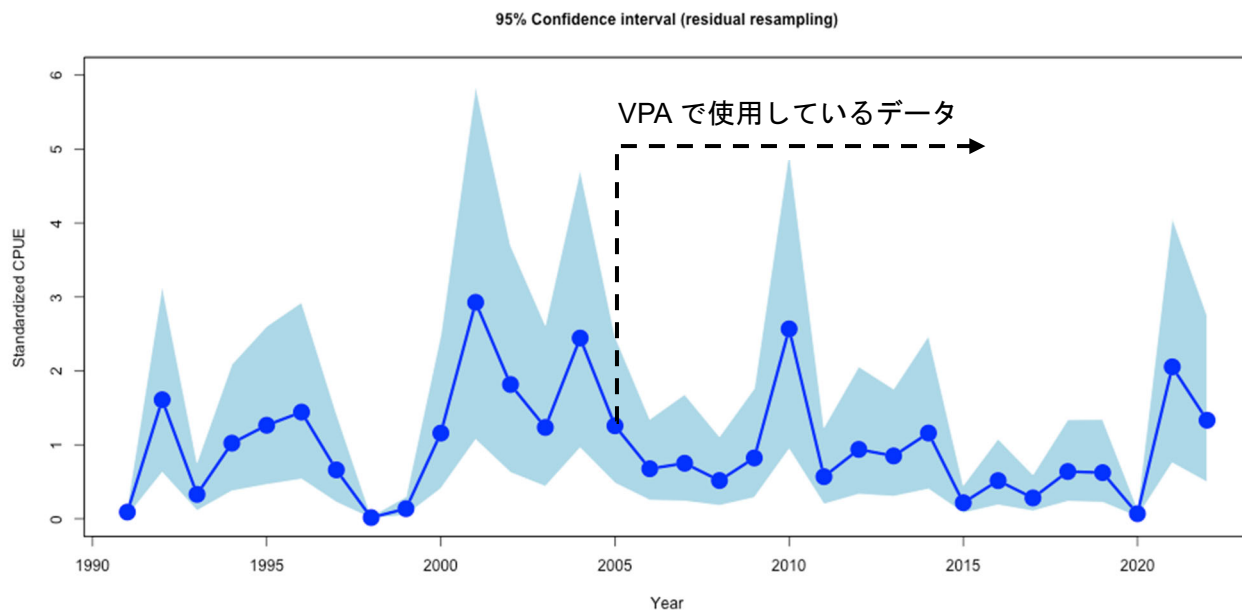


図5 標準化 CPUE の年変化（青線）と残差リサンプリングによるブートストラップ法を用いて推定した標準化 CPUE の 95%信頼区間（青色領域）
 試行回数は 1 万回とした。点線の矢印は指標値として使用を開始した年を示す。

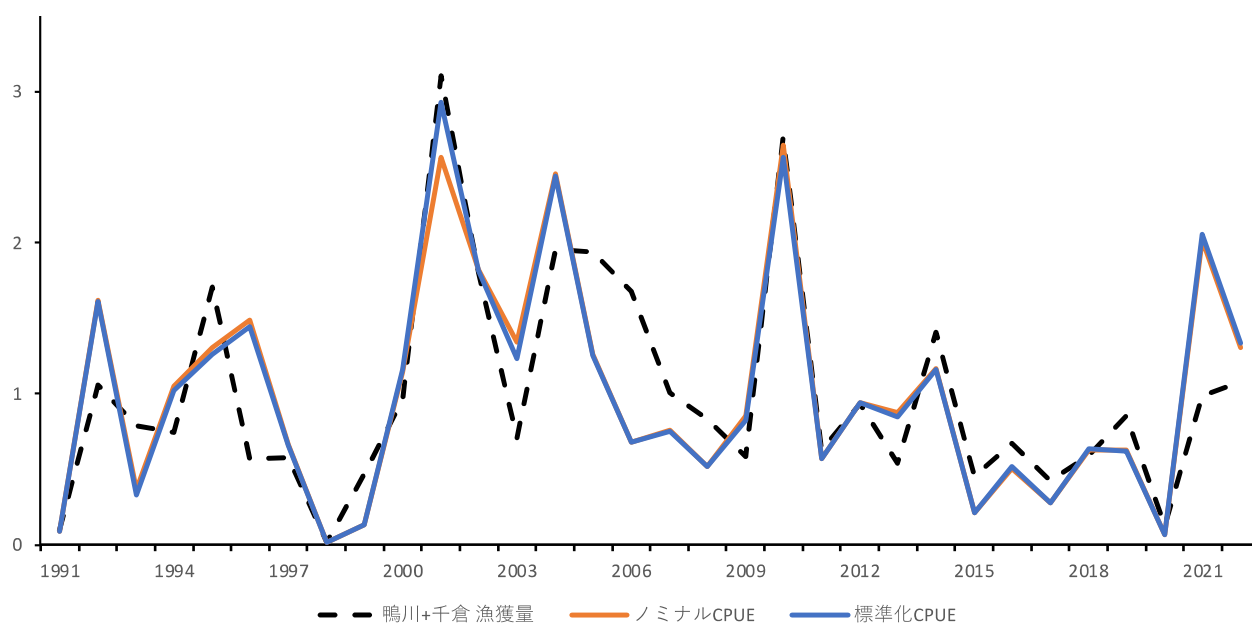


図6 規格化した標準化 CPUE とノミナル CPUE（相乗平均）と従来指標値の年変化