

令和 5（2023）年度マアナゴ伊勢・三河湾の資源評価の CPUE 標準化

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター
横内一樹、澤山周平、青木一弘、堀正和、川内陽平

概要

データ	愛知県および三重県の主要港小底の年間漁獲量（kg）および漁獲努力量（隻・日）
対象	一日出漁隻数あたりの漁獲量（kg／隻／日）
データの利用可能な期間	1989～2022 年
標準化に使用した期間	1989～2022 年
データの抽出	なし
使用した統計ソフト・パッケージ	R (3.6.2)にて関数 glm（GLM）、パッケージ arm（信頼区間の計算）
統計モデル	一般化線形モデル：誤差分布（正規分布、ガンマ分布）、リンク関数（log リンク）
フルモデルの応答変数	漁獲量（kg）（オフセット：log 出漁隻数）
フルモデルの説明変数	年、水揚げ港（全てカテゴリ・固定効果）
最終モデルの選択方法	AIC によるステップワイズ法
選択された説明変数	年、水揚げ港、（誤差分布：ガンマ分布）
年トレンドの抽出方法	年効果の係数と切片から推定。資源量指標値とする際には、さらにデータ期間の平均値で除して規格化した。
信頼区間の計算方法	事後分布から係数セットを生成し標準化 CPUE の計算を繰り返した。反復回数は 1000 回とした。
標準化の結果	水揚げ港による操業実態の違いの影響が取り除かれることで、標準化により資源量指標値の変動が抑えられたものと考えられた。

1. 背景

本資源の資源評価では、令和2年度まで、資源量指標値として愛知県における主要水揚げ港（豊浜）を根拠地とする小型機船底びき網漁船によるマアナゴの単位努力量あたりの漁獲量（CPUE：漁獲量/隻・日）、すなわちノミナル CPUE が使用されてきた。一方、伊勢・三河湾全体におけるマアナゴの資源動態をより精度高く把握するためには、当該港以外の主要水揚げ港の漁獲も考慮することが望ましい。しかし、他の水揚げ港のデータを含める場合、漁獲効率は港によって異なる可能性があるため、その影響を除去した標準化 CPUE を計算することが、より適切であると考えられた。愛知県の主要港である豊浜では昼の操業が多く、一方、三重県の主要港である有滝は夜間操業であり、他にも豊浜は比較的漁場が広く、多様な魚種を狙う特色がある。このような操業実態の差異はノミナル CPUE に影響を与えていると考えられる。そこで、令和3年度から、より正確に資源変動を把握することを目的とし、一般化線形モデル（GLM）を用いて CPUE の標準化を実施している。ここでは、最近年（2022 年）のデータにより更新したモデルと標準化 CPUE の詳細を記述する。

2. 方法

使用するデータ

使用するデータは、1989～2022 年の愛知県豊浜港および、三重県における主要地区である有滝の小型底びき網漁船による年間のマアナゴの漁獲量(kg)および漁獲努力量(隻・日)とした。なお、今回の解析にはゼロキャッチデータは含まれない。

候補モデルの作成とモデル選択

一般化線形モデルを適用し、漁獲量を応答変数、年、水揚げ港（豊浜、有滝）の主効果を説明変数（カテゴリカル変数）とし、CPUE として換算するためのオフセット項に努力量の対数値、リンク関数を log リンクとした候補モデルを作成した。計算には R Ver 3.6.2 において glm 関数を用いた。モデルの誤差分布は正規分布もしくはガンマ分布に従うと仮定した。交互作用については、水揚げ港間の操業形態の相違は、年ごとに変化するものとは考えづらいため採用しなかった。赤池情報量規準（AIC）を基準とするステップワイズ法により、AIC が最小となる最適モデルを選択した。

年トレンドの抽出

年トレンドは標準化モデルの年効果の係数と切片から推定した。資源量指標値とする際には、さらにデータ期間の平均値で除して規格化した。選択された標準化モデルを用いて説明変数における係数の事後分布を推定し、得られた係数セットによる年トレンドの計算を 1000 回繰り返して、95%信頼区間を推定した。計算には R Ver 3.6.2、および arm パッケージを用いた。

3. 結果と考察

モデル選択の結果、昨年度までと同様に、誤差分布はガンマ分布に従うとした以下が最適モデルとして選択された（表 2）。

$$\log [E(\text{Catch}_{ij})] = \alpha + \text{Year}_i + \text{Port}_j + \log(\text{Effort})_{ij}$$

ここで α は切片、 Year_i は年の効果、 Port_j は水揚げ港の効果、 $\log(\text{Effort})_{ij}$ は努力量のオフセットを表す。

標準化モデル（ガンマ分布モデル）について、予測値に対する標準化逸脱残差のプロットに正負への偏りや自己相関傾向は認められず、Q-Q プロットにおいても標準化逸脱残差の分布は標準正規分布に概ね従っていた（図 1）。以上よりガンマ分布モデルによる標準化 CPUE を資源量指標値とした（図 2、図 3）。

推定された水揚げ港のパラメータは、豊浜で負の係数が推定された。豊浜では昼の操業が多く、一方、有滝は夜間操業であり、他にも豊浜は比較的漁場が広く、多様な魚種を狙う特色があるため、推定結果はこれら両港で異なる操業実態を反映したものと考えられた（表 2）。愛知県・三重県主要港の小底 CPUE と比較したところ（図 4）、標準化 CPUE は増減を繰り返しながら 2008 年以降近年にかけて減少しており、全体的には各主要港のノミナル CPUE と似た傾向を示した。

4. 図表

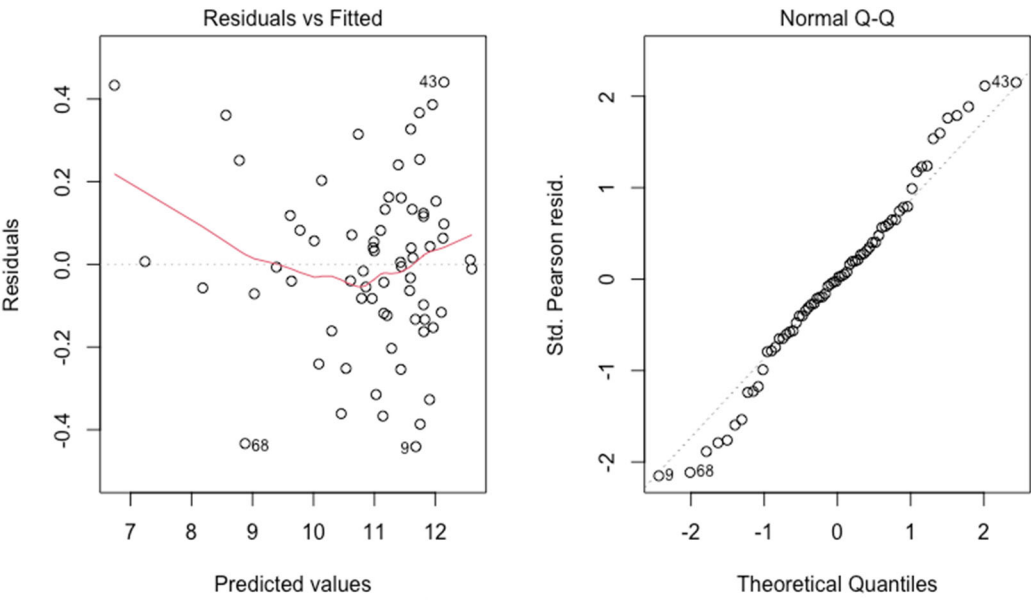


図 1. ガンマ分布モデルの予測値に対する逸脱標準化残差プロット (左)、Q-Q プロット (右)

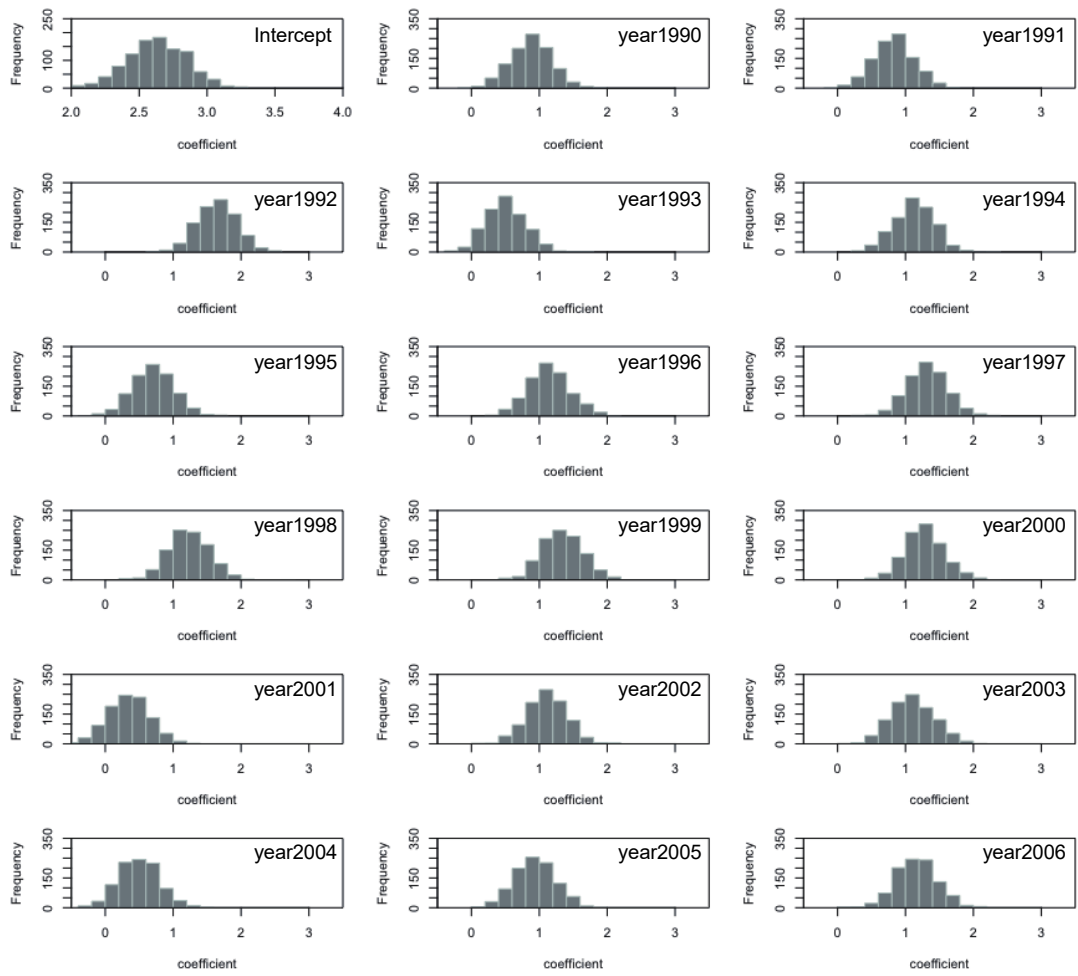


図 2. 最適モデルで生成した係数の事後分布

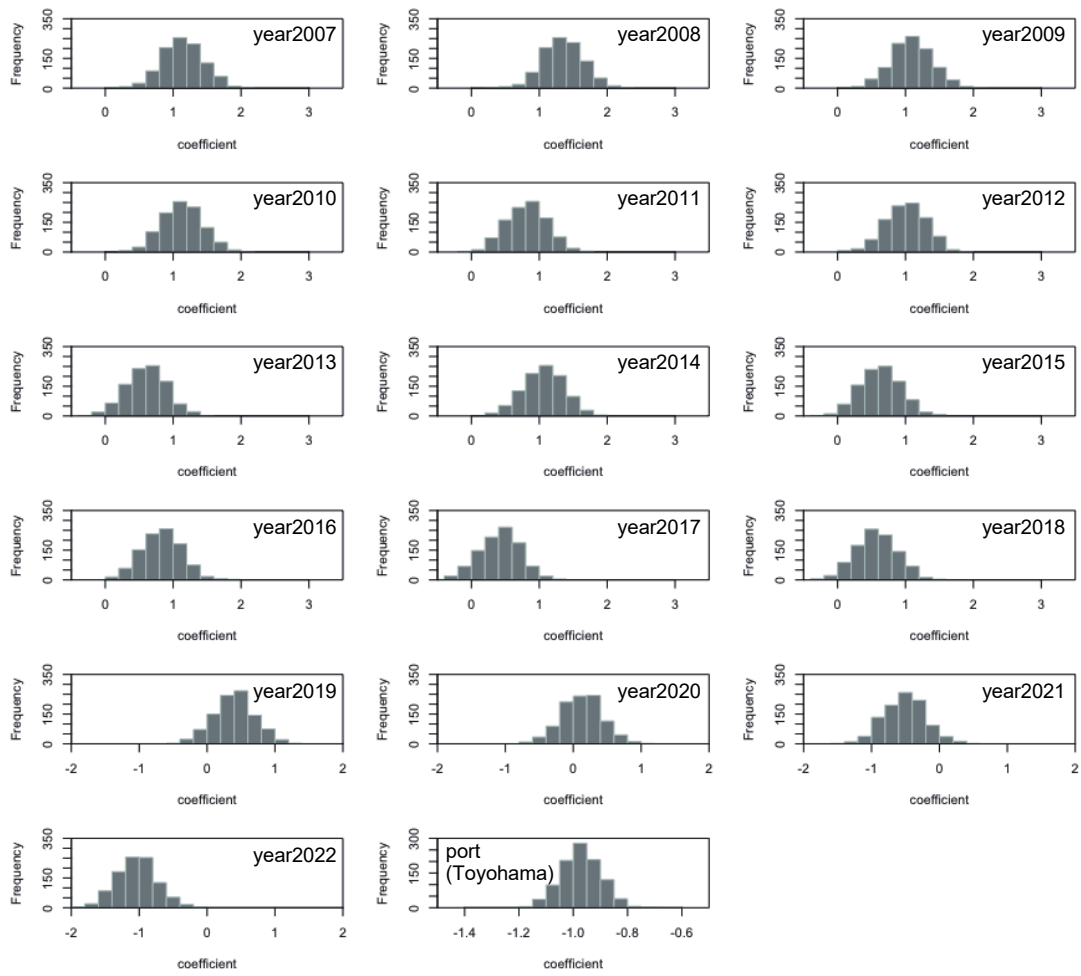


図 2（続き）. 最適モデルで生成した係数の事後分布

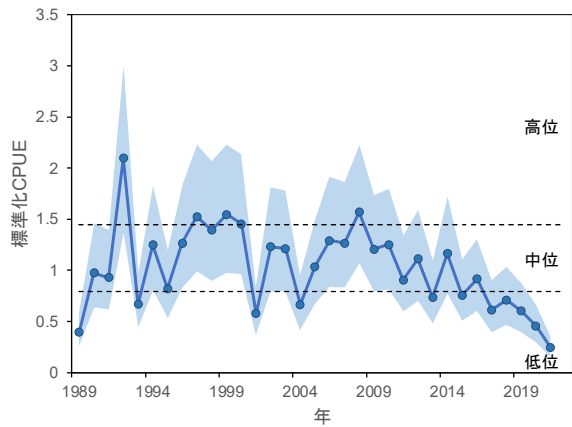


図 3. 愛知県・三重県主要港の小底標準化 CPUE の推移（1989～2022 年）
CPUE は 1989 年～2022 年の値の平均を 1 として規格化した値。2022 年の値は
暫定値。破線は水準の境界、網掛けは 95%信頼区間を示す。

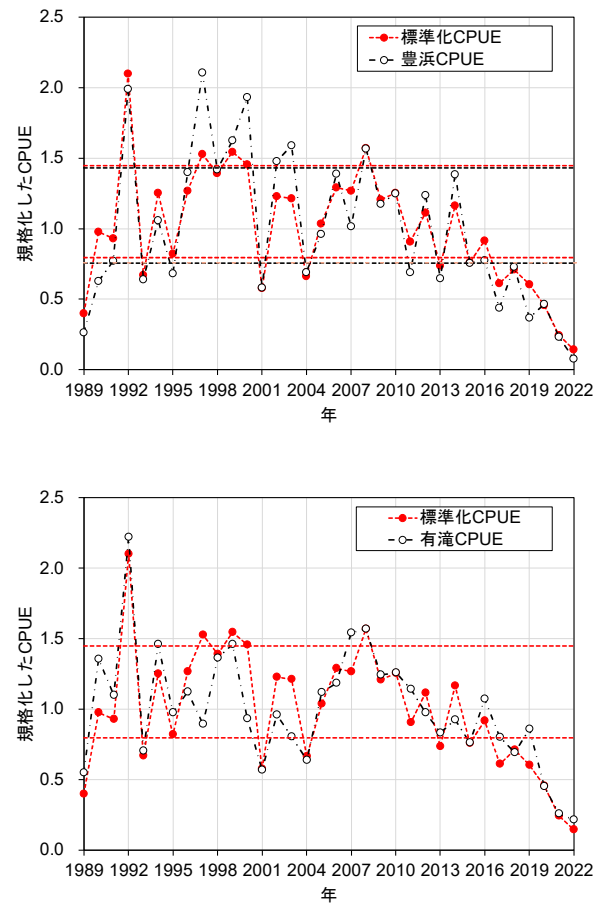


図 4. 1989～2022 年の従来の指標値であった愛知県豊浜港の小底のマアナゴ CPUE と
ガンマ分布モデル（標準化モデル）による CPUE 推定値の比較（上）、1989
～2022 年の三重県有滝の小底のマアナゴ CPUE との比較（下）

表 1. 標準化モデル検討結果

水揚げ港	データ期間	説明変数	リンク関数	分布	df	AIC
豊浜, 有滝	1989-2022	年+水揚げ港	log	ガンマ分布	36	1539.2
		年+水揚げ港	log	正規分布	36	1598.6
		年	log	ガンマ分布	35	1659.9
		年	log	正規分布	35	1691.9

表 2. 標準化モデルによる係数推定結果

変数		推定値	S.E.
切片		2.62	0.21
年効果	1990	0.89	0.29
	1991	0.84	0.29
	1992	1.66	0.29
	1993	0.52	0.29
	1994	1.14	0.29
	1995	0.72	0.29
	1996	1.16	0.29
	1997	1.34	0.29
	1998	1.25	0.29
	1999	1.35	0.29
	2000	1.29	0.29
	2001	0.37	0.29
	2002	1.12	0.29
	2003	1.11	0.29
	2004	0.51	0.29
	2005	0.95	0.29
	2006	1.17	0.29
	2007	1.16	0.29
	2008	1.37	0.29
	2009	1.11	0.29
	2010	1.14	0.29
	2011	0.82	0.29
	2012	1.03	0.29
	2013	0.61	0.29
	2014	1.07	0.29
	2015	0.64	0.29
	2016	0.83	0.29
	2017	0.43	0.29
	2018	0.58	0.29
	2019	0.41	0.29
	2020	0.14	0.29
	2021	-0.49	0.29
	2022	-1.02	0.29
水揚げ港（豊浜）		-0.97	0.07