

島根県大型定置網で漁獲されるマダイの CPUE 標準化

下瀬環・増淵隆仁

国立研究開発法人 水産研究・教育機構

概要

データ	島根県沿岸海域で操業する大型定置網データ(1日1社あたりのマダイ漁獲量), FRA-ROMS 再解析値(10~30m 深海水温)
対象	1日あたり漁獲量(kg/日・社)
データの利用可能な期間	2007年~2021年
標準化に使用した期間	2007年~2021年
標準化のためのデータ抽出	10~30m 深海水温は島根県沿岸の FRA-ROMS II再解析値を使用
統計ソフト・パッケージ	R(4.2.1)。使用関数は MASS。モデル計算は mgcv。
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(カテゴリ, 固定)・月(カテゴリ・固定)・会社(カテゴリ・固定)・水温(連続)
最終モデルの選択方法	モデル選択は対数正規分布モデルについて AIC
最終モデルで選択された説明変数	年(カテゴリ, 固定)・月(カテゴリ・固定)・会社(カテゴリ・固定)・水温(連続)
年トレンドの抽出方法	説明変数が均等に配置されたダミーデータにおける予測値の年平均
信頼区間の計算方法	重複を許したブートストラップサンプリングでデータを生成し、ベストモデルから標準化 CPUE を算出する計算を 1000 回繰り返した。モデル選択はしていない。
標準化の結果	推定された標準化 CPUE は 2009~2012 年にやや高く、2013~2020 年に低かったが、2021 年に上昇した。

1 背景

これまで、マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲努力量には大きな年変動がないとされ、その正確な把握も困難であったことから、資源評価に資源量指標値は用いられてこなかった。しかし、近年の魚価低迷や 2020 年におこったコロナウイルス蔓延による操業自粛などで漁獲努力量の大きな減少が指摘され始めた。このような場合、資源評価において資源量の相対的な変化を表すとされる資源量指標値 (CPUE: 単位努力量当たり漁獲量) の推定と資

源計算への導入は極めて重要である。

定置網漁業は能動的な魚群探査をしない待ち受け方の漁業であるため、資源量の変動を把握しやすいと考え、島根県内における大型定置網漁の漁獲データを用い、資源量指標値を算出する。ここで得られるデータには、操業日別・会社別の水揚げ量が含まれており、これに別途取得した海域ごとの水温データを合わせて、CPUE の標準化を実施する (Maunder and Punt 2004、庄野 2004)。

2 データと方法

2.1 使用データ

島根県の 3 地区 (隠岐・出雲・石見) に設置された 20 社による大型定置網の水揚げデータを用いた。2007 年～2021 年の 1～12 月におけるマダイの日別・会社別の漁獲量 (kg/日・社) を集計した。水温は、隠岐・出雲・石見の各地区近海における 10m 深と 30m 深の平均水温を FRA-ROMS II の再解析値から関連付けた。

2.2 統計モデル

有漁漁獲情報のみのため、1 日 1 社あたりの水揚げ量の自然対数を応答変数とし、年 (Year)、月 (Month)、会社 (corp)、水温 (Temp) を説明変数とした。

$$\ln CPUE \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$\mu = \alpha + \text{factor}(\text{Year}) + \text{factor}(\text{Month}) + \text{factor}(\text{Corp}) + \beta \cdot \text{Temp}$$

ここで、CPUE は日ごとの漁獲量、 μ と σ^2 は自然対数変換した CPUE の平均と分散、N は正規分布、 α は切片を示す。

説明変数の選択は AIC (赤池の情報量規準) を用いて判断した。95%信頼区間はブートストラップ法 (1000 回) で求めた。

3 結果

AIC から判断して、フルモデルが選択された (表 1、2)。モデル診断の結果、残差の正規性・等分散に大きな問題は見られなかった (図 1、2)。

標準化 CPUE は 2008 年に減少したのち 2009 年に増加したが、以後 2014 年にかけて再び減少した。2016 年、2017 年にはいったん増加したが 2018 年以降再び低い値を示し、2021 年には増加した。

引用文献

Maunder, M. N., and A. E. Punt (2004) Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fish. res.*, 70, 141-159.

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, 106-120.

表 1 StepAIC によるモデル選択の結果

Start: AIC=115018.4

logcatch ~ factor(year) + factor(month) + factor(corp) + temp

	Df	Deviance	AIC
<none>		45708	115018
- temp	1	45923	115195
- factor(year)	14	46137	115346
- factor(month)	11	46893	115969
- factor(corp)	19	48780	117454

表 2 要約表

glm(formula = logcatch ~ factor(year) + factor(month) + factor(corp) + temp, family = gaussian)

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-4.8067	-0.7311	-0.0977	0.6719	6.4211

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3.65425	0.10268	35.588	< 2e-16 ***
factor(year)2008	-0.26313	0.02972	-8.854	< 2e-16 ***
factor(year)2009	-0.08591	0.02881	-2.982	0.00287 **
factor(year)2010	-0.17465	0.03028	-5.767	8.12e-09 ***
factor(year)2011	-0.13687	0.02951	-4.639	3.52e-06 ***
factor(year)2012	-0.17636	0.02988	-5.903	3.61e-09 ***
factor(year)2013	-0.30346	0.03044	-9.970	< 2e-16 ***
factor(year)2014	-0.37551	0.02955	-12.706	< 2e-16 ***
factor(year)2015	-0.33685	0.02974	-11.328	< 2e-16 ***
factor(year)2016	-0.22076	0.02924	-7.550	4.46e-14 ***
factor(year)2017	-0.23985	0.03066	-7.822	5.34e-15 ***
factor(year)2018	-0.34302	0.03087	-11.111	< 2e-16 ***
factor(year)2019	-0.29539	0.03059	-9.657	< 2e-16 ***
factor(year)2020	-0.33259	0.03119	-10.663	< 2e-16 ***

factor(year)2021	-0.13493	0.03085	-4.373	1.23e-05	***
factor(month)2	-0.10676	0.04306	-2.480	0.01316	*
factor(month)3	0.10255	0.03907	2.625	0.00867	**
factor(month)4	0.58783	0.03545	16.583	< 2e-16	***
factor(month)5	0.53324	0.03533	15.094	< 2e-16	***
factor(month)6	0.64570	0.04135	15.615	< 2e-16	***
factor(month)7	0.75915	0.05253	14.451	< 2e-16	***
factor(month)8	0.59180	0.06839	8.653	< 2e-16	***
factor(month)9	0.71292	0.07142	9.982	< 2e-16	***
factor(month)10	0.74099	0.05926	12.504	< 2e-16	***
factor(month)11	0.57526	0.04885	11.776	< 2e-16	***
factor(month)12	0.27672	0.04310	6.420	1.37e-10	***
factor(corp)B	0.39364	0.03353	11.739	< 2e-16	***
factor(corp)C	0.12692	0.03535	3.591	0.00033	***
factor(corp)D	-0.15358	0.03187	-4.819	1.45e-06	***
factor(corp)E	-0.31462	0.03545	-8.874	< 2e-16	***
factor(corp)F	-0.43664	0.03947	-11.062	< 2e-16	***
factor(corp)G	0.04811	0.03687	1.305	0.19196	
factor(corp)H	-0.24238	0.03922	-6.181	6.45e-10	***
factor(corp)I	-0.07081	0.03636	-1.948	0.05146	.
factor(corp)J	0.51133	0.03518	14.534	< 2e-16	***
factor(corp)K	-0.47570	0.03873	-12.281	< 2e-16	***
factor(corp)L	0.18400	0.03972	4.632	3.63e-06	***
factor(corp)M	0.49566	0.03234	15.328	< 2e-16	***
factor(corp)N	-0.21015	0.04053	-5.185	2.17e-07	***
factor(corp)O	-0.21036	0.03730	-5.639	1.72e-08	***
factor(corp)P	0.02327	0.03935	0.591	0.55428	
factor(corp)R	0.25369	0.03315	7.652	2.03e-14	***
factor(corp)S	0.32074	0.03383	9.482	< 2e-16	***
factor(corp)T	0.09089	0.03328	2.731	0.00631	**
factor(corp)U	0.31695	0.03687	8.597	< 2e-16	***
temp	-0.07875	0.00589	-13.369	< 2e-16	***

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

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 1.20326)

Null deviance: 51170 on 38032 degrees of freedom
 Residual deviance: 45708 on 37987 degrees of freedom
 AIC: 115018

Number of Fisher Scoring iterations: 2

表3 計算されたマダイの年別のCPUEと規格化CPUE（平均を1とした時の相対値）

年	標準化 CPUE (kg/日)	信頼限界 下限 2.5%	信頼限界 上限 97.5%	CV(%)	scaled_ CPUE	信頼限界 下限 2.5%	信頼限界 上限 97.5%
2007	13.24	12.63	13.90	2.32	1.25	1.25	1.25
2008	10.17	9.68	10.75	2.57	0.96	0.95	0.97
2009	12.15	11.63	12.67	2.19	1.15	1.15	1.14
2010	11.12	10.55	11.70	2.61	1.05	1.04	1.06
2011	11.54	11.06	12.06	2.19	1.09	1.09	1.09
2012	11.10	10.64	11.56	2.11	1.05	1.05	1.04
2013	9.77	9.35	10.23	2.25	0.92	0.92	0.92
2014	9.09	8.74	9.48	2.09	0.86	0.86	0.86
2015	9.45	9.06	9.82	2.07	0.89	0.89	0.89
2016	10.61	10.21	11.03	1.95	1.00	1.01	1.00
2017	10.41	9.96	10.88	2.20	0.98	0.98	0.98
2018	9.39	9.04	9.78	1.99	0.89	0.89	0.88
2019	9.85	9.44	10.26	2.09	0.93	0.93	0.93
2020	9.49	9.11	9.92	2.16	0.90	0.90	0.90
2021	11.57	11.06	12.08	2.19	1.09	1.09	1.09

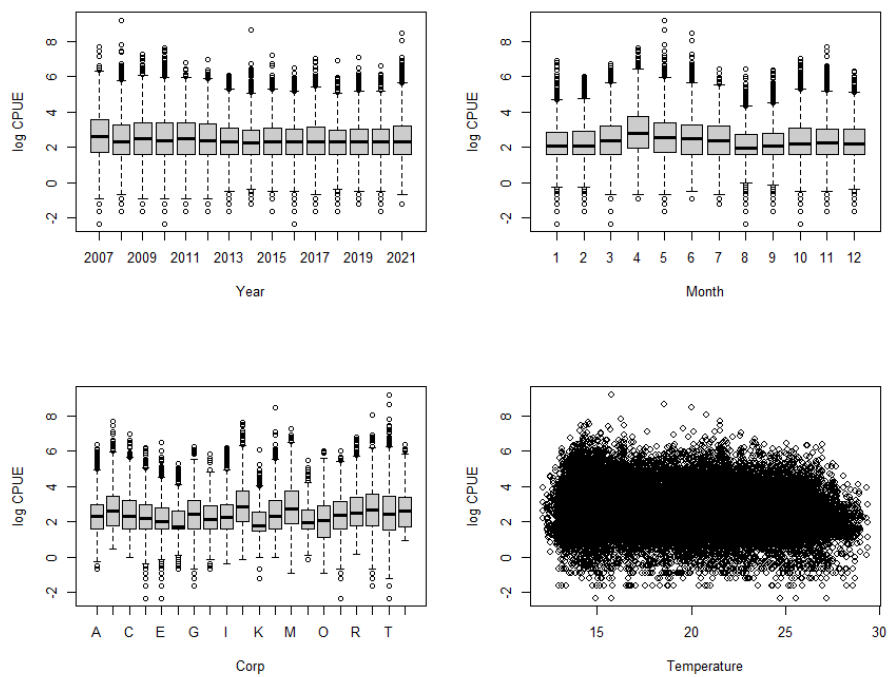


図1 対数化した CPUE と年（左上）、月（右上）、会社（左下）、水温（右下） との関係

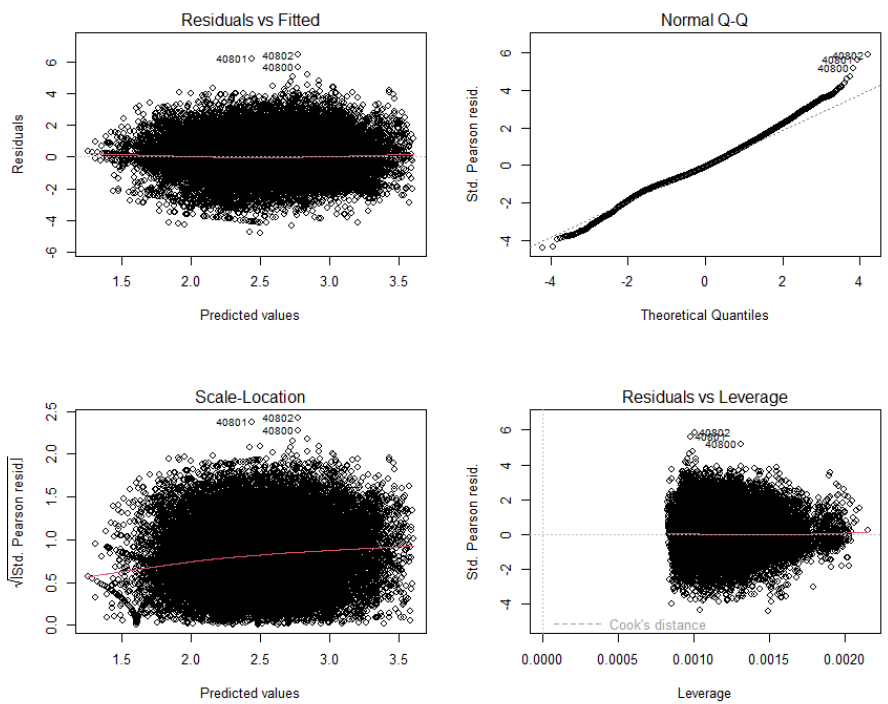


図2 漁獲率モデルの要約図

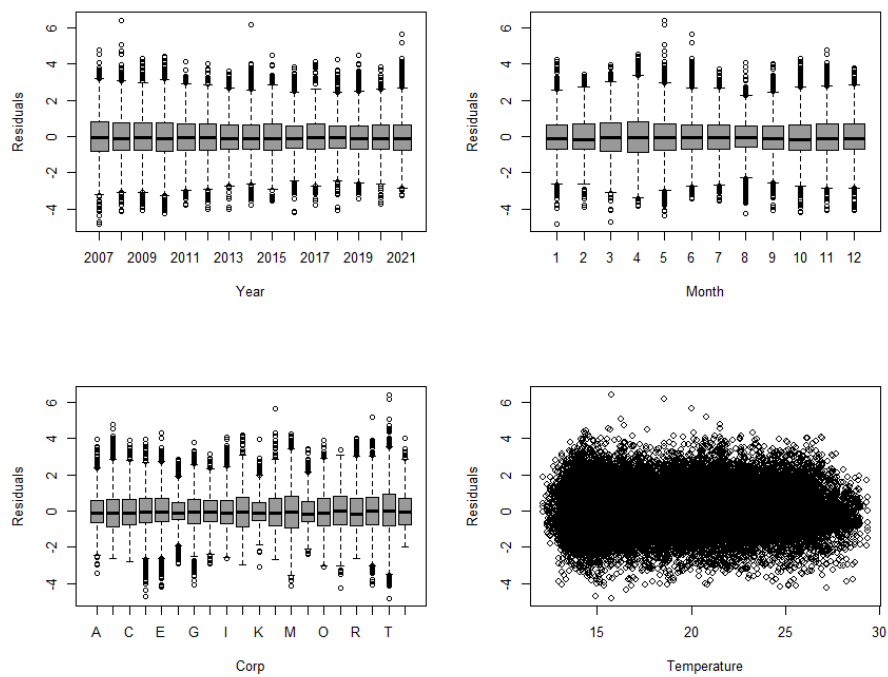


図3 各説明変数に対する残差プロット

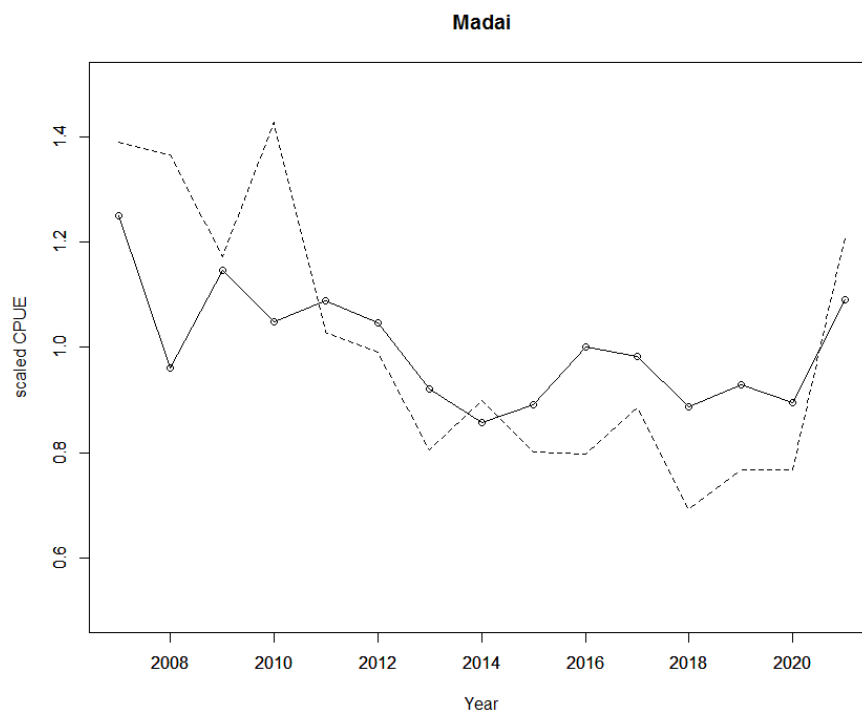


図4 マダいの標準化 CPUE（実線）とノミナル CPUE（破線）の年変動
縦軸は規格化した CPUE を示す。

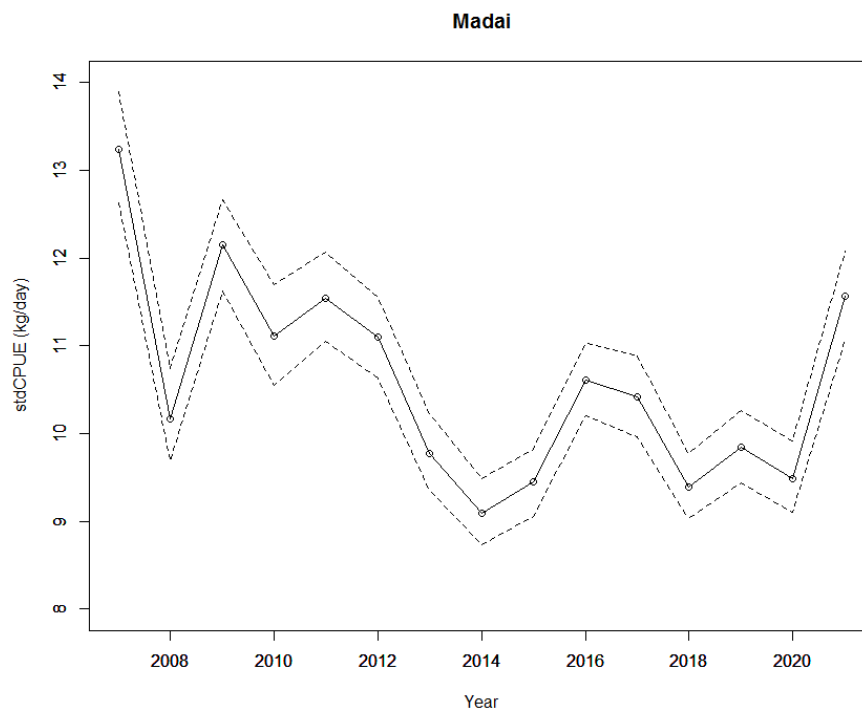


図5 計算されたマダイの標準化 CPUE の平均値（実線）と 95%信頼区間（破線）の年変動