

令和 5（2023）年度マイワシ対馬暖流系群の資源評価
CPUE 標準化・モデル診断結果（島根中型まき網）

2023 年 8 月 7 日

水産資源研究センター浮魚資源部浮魚第 4 グループ
向草世香・高橋素光・藤波裕樹・黒田啓行・依田真里

概要

データ	島根県中型まき網水揚げ集計データ（1 日 1 隻当たりのマイワシ漁獲量）、島根県中型まき網漁獲成績報告書（1 日 1 隻当たり操業数、操業漁区）、FRA-ROMSII 再解析値（50m 深海水温, 2023 年 3 月 7 日ダウンロード）
対象	1 隻 1 操業当たりのマイワシ漁獲重量（kg／網）
データが利用可能な期間	2007 年～2022 年, 1 月～12 月
標準化のためのデータ抽出	操業あたりの網数、操業漁区、および 50m 深海水温（FRA-ROMSII 再解析値）が利用可能なデータ
使用した統計ソフト・パッケージ	R(4.2.3). 使用関数は glmer(lme4 パッケージ)と emmeans(emmeans パッケージ). モデル選択は dredge (MuMIn パッケージ). 多重共線性は VIF (car パッケージ).
統計モデル	デルタ型一般化線形モデル (0/1 データに対して二項分布)・一般化線形混合モデル (有漁データに対して対数正規分布を適用)
フルモデルで導入した説明変数	二項分布モデル: 年 (カテゴリ, 固定効果)・期間 (カテゴリ, 固定効果)・船 (カテゴリ, 固定効果)・50m 深海水温 (1 度ごとのカテゴリ, 固定効果)・年と期間の交互作用 対数正規分布モデル: 年 (カテゴリ, 固定効果)・期間 (カテゴリ, 固定効果)・船 (カテゴリ, 固定効果)・50m 深海水温 (1 度ごとのカテゴリ, 固定効果)・年と期間の交互作用 (変量効果)
最終モデルの選択方法	モデル選択は二項分布モデルと対数正規分布モデルのそれぞれについて AIC 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	二項分布モデル: 年・期間・船・50m 深海水温・年と期間の交互作用 対数正規分布モデル: 年・期間・船・50m 深海水温・年と月の交互作用
年トレンドの抽出方法	✓ 二項分布モデル, 対数正規分布モデルそれぞれの最終モデルから年効果の最小二乗平均値 (LSmean) を算出した。 ✓ 二項分布モデルの LSmean×対数正規分布モデルの LSmean

推定誤差や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 300 回繰り返した。モデル選択はしていない。
結果	✓ 島根標準化 CPUE の年トレンドの増減は、ノミナル CPUE と概ね一致した (図 5)。 ✓ 2015 年と 2017 年、2021 年の島根標準化 CPUE はノミナル CPUE よりも高くなった (図 4-1)。これらの年は 1 年を通じて漁獲がみられ、通常は漁獲が少ない月にも一定量の漁獲があったため、期間や水温の効果を除去した標準化により CPUE が高くなったと考えられる (図 1)。 ✓ 2011 年と 2012 年、2016 年、2022 年の島根標準化 CPUE はノミナル CPUE よりも低くなった (図 5)。これらの年は盛漁月の 3～5 月にのみまとまった漁獲があったため、期間や水温の効果を除去した標準化により CPUE が低くなったと考えられる (図 1)。
引用文献	✓ Barton K. (2020). MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.43.17. https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn ✓ Bates D., Maechler M., Bolker B., Walker S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. Journal of Statistical Software, 67(1), 1-48. doi:10.18637/jss.v067.i01. ✓ Fox J., Weisberg S. (2011). An {R} Companion to Applied Regression, Second Edition. Thousand Oaks CA: Sage. http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion ✓ Lenth RV. (2016). Least-Squares Means: The R Package lsmeans. Journal of Statistical Software, 69(1), 1-33. doi:10.18637/jss.v069.i01

1. 背景

境港は、対馬暖流域においてマイワシが最も水揚げされる港であり、その漁獲の大半は島根県籍の中型まき網漁業による。島根県籍の中型まき網船団は、隠岐諸島周辺を中心に、一部の船団は浜田沖を中心とした沿岸域で操業しており、冬から春にかけて南下してきたマイワシの産卵親魚群を狙った操業と、夏から秋にかけてマイワシ当歳魚を狙った操業を行っている。また、マイワシ以外にもマサバやマアジなどを漁獲している。

マイワシ対馬暖流系群では、年齢別漁獲尾数を基にしたチューニング VPA によって資源量を計算している。令和 3 年度から島根県中型まき網の船別操業別 CPUE を算出し、マイワシ資源量の指標値としている。これまでは、操業時の海洋環境および船の影響と、漁獲月を考慮した船別操業別 CPUE の標準化を行ってきた。しかし、マイワシの漁獲量が増え始

めた 2020 年から、1 日 1 船団あたりの漁獲を制限する期間が複数回実施されており、漁獲月と CPUE の関係性が明確とは言えないと考えられた。そこで、令和 5 年度は、漁獲月を 1～7 月と 8～12 月の二期間に分け、その期間の影響を考慮した標準化を行った。

2. 方法

1) データの特性

島根県から水揚げ集計データ、漁獲成績報告書を収集し、船別操業別魚種別漁獲量のデータベースを作成した。データは 2007 年～2022 年の 1 月～12 月、島根県籍中型まき網船団の 1 操業あたりの魚種別漁獲量と網数、操業漁区から成る。記録されている魚種は、マイワシ、カタクチイワシ、ウルメイワシ、マサバ、マアジ、ブリ、マルアジ、ムロアジである。操業漁区の 50m 深海水温を FRA-ROMSII の再解析値から求めた。50m 深水温が不明な操業は、解析から除外した。

マイワシの漁獲量は年変動が大きい、2022 年は 2021 年と同程度で 2007 年以降 3 番目に多かった (図 1-a)。マイワシを漁獲した努力量も漁獲量と同様に大きく変動するが、2022 年は 2021 年よりも低かった (図 1-b)。島根県籍船全体の漁獲努力量は変動があるものの (図 1-c)、マイワシの有漁割合は漁獲量の変動に概ね一致しており (図 1-d、表 1)、漁獲がないデータを考慮したデルタ型モデルの適用が妥当だと考えられた。また、1 操業あたりの網数の年平均値は 1.50～1.75 と安定していた (表 1)。

マイワシの月別漁獲量および月別 CPUE は、一般に春先 (3 月～5 月) と秋口 (9 月～10 月) に多い (図 2)。2022 年は 3 月の CPUE がかなり高く、5 月まで漁獲が続いたが、秋口はマイワシの漁獲はほとんどなかった。漁獲月を 1～7 月 (期間 1) と 8～12 月 (期間 2) に分けると、近年は期間 1 の漁獲量が全体の漁獲量の大半を占めていた。マイワシ有漁割合およびマイワシ CPUE の年変動パターンは、2020 年以降大きく異なり、どちらも期間 1 の方が高かった。このような期間による漁獲動向の違いを考慮するために、標準化には期間の効果を取り入れた。また、年によって盛漁期間が変化するため、年と期間の交互作用を考慮した (図 3)。

マイワシを漁獲した船が、同一操業でマアジやマサバを多量に漁獲することは少なく、船によって狙う魚種が異なる可能性が示唆された。狙い以外の要因も含めて漁獲効率の船間の差を考慮するため、船の効果をモデルに取り入れた。

また、魚類の分布・生息地を規定する環境要因として最も強い要因は水温と考え、操業漁区の 50m 深海水温 (1 度刻みに切り捨て) を解析に取り入れた。

本データに用いて、船ごとに 1 操業あたりのマイワシ漁獲量を網数で割った操業別 CPUE を算出し、解析に使用した。また、操業別 CPUE の年平均をノミナル CPUE とした。

2) 統計モデル

デルタ型二段階モデルとは、マイワシの漁獲の有無（有漁確率）と、マイワシの漁獲があった操業の CPUE（有漁 CPUE）について別々に解析を行う方法である。それぞれのモデルで得られた年効果を乗じることで、標準化 CPUE の年効果を得ることができる。

有漁確率については、マイワシの漁獲がない操業を 0、漁獲がある操業を 1 とする、二値データを応答変数とした一般化線形モデル（GLM）を用いた解析を行った。モデルの誤差分布は二項分布に従うと仮定した。有漁 CPUE については、マイワシの漁獲があった操業を抽出し、操業別 CPUE の対数値を応答変数とした一般化線形混合モデル（GLMM）を使用し、モデルの誤差分布は正規分布に従うと仮定した。

有漁確率、有漁 CPUE とともに、説明変数の候補は年、期間、船、および 50m 深海水温とし、すべてカテゴリカル変数として扱った。50m 深海水温を 1 度刻みのカテゴリカル変数とした理由は、目的変数と非線形の関係性が確認できたためである。また、盛漁期間の変動を考慮するために、年と期間の交互作用を取り入れた。有漁 CPUE モデルでは欠損値が含まれたため、年と期間の交互作用は変量効果として取り入れた。

GVIF を指標として多重共線性はないことを確認した上で、赤池情報量基準（AIC）を基準として総当たり法によりモデル選択を行った。対数正規分布モデルでは、まず変量効果の有無を AIC により選択したのち、固定効果についてモデル選択を行った。

標準化 CPUE の年トレンドは、それぞれのベストモデルから年効果の最小二乗平均（LSmean）を計算し、それを乗じて算出した。

解析には R（ver4.2.3）、lme4 パッケージ（ver1.1-31）、emmeans パッケージ（ver1.8.3）、MuMIN パッケージ（ver1.47.1）、car パッケージ（ver3.1-1）を用いた。

3.結果

モデル選択の結果（表 2）、以下の式が最終モデルとして選択された。対数正規分布モデルでは、AIC 最小モデルとの差が 4 未満であったため、期間が固定効果に含まれるモデルを選択した。

有漁確率：二項分布モデル（表 3）

$$\text{Log} \left[\frac{p_{ijk}}{1-p_{ijk}} \right] = \alpha + \text{Year}_i + \text{Season}_j + \text{Ship}_k + \text{Temp50}_{ij} + \text{Year}_i \times \text{Season}_j$$

p_{ijk} は有漁確率、 α は定数、 Year_i は i 年、 Season_j は j 期間、 Ship_k は k 船、 Temp50_{ij} は 50m 深水温、 $\text{Year}_i \times \text{Season}_j$ は j 年と j 期間の交互作用を示す。

有漁 CPUE：対数正規分布モデル（表 3）

$$\text{Log}[CPUE_{ijk}] = \gamma + \text{Year}_i + \text{Season}_j + \text{Ship}_k + \text{Temp50}_{ij} + \delta_{ij} + \theta_{ijk}$$

$CPUE_{ijk}$ は操業別 CPUE、 γ は定数、 Year_i は i 年、 Season_j は j 期間、 Ship_k は k 船、 Temp50_{ij} は 50m 深水温、 δ_{ij} は j 年と j 期間の交互作用（ランダム変数）、 θ_{ijk} は船 k の i 年、 j 月で

の残差を表す。

選択されたモデルの妥当性を確認するため、二項分布モデル、対数正規分布モデルの要約表を定性的に確認した。二項分布モデルでは、残差の分散は年と水温に偏りが見られた（図 3-2）。対数正規分布モデルでは、残差の頻度分布は正規分布から逸脱しており（図 3-1）、残差の分散は年と船に偏りが見られた（図 3-2）。マイワシの漁獲の有無は年や水温、操業別 CPUE は年や船によってばらつきが大きいことを示唆しており、今後の標準化の課題である。

期間効果の LSmean を計算したところ、二項分布モデルでは期間 1 が高く、対数正規分布モデルでは期間によって大きな違いはなかった（図 4）。船効果の LSmean を計算したところ、二項分布モデル、対数正規分布モデルともに、船間の違いが検出された。50m 深水温の LSmean を計算したところ、二項分布モデル、対数正規分布モデルともに、概ね水温が低いほど効果が高くなることが示唆された。水温が 24℃以上の結果はデータ数が少なく、信頼性が低いことが示唆された。

年効果の LSmean を計算し、二項分布モデルの年効果と対数正規分布モデルの年効果を乗じることで、標準化 CPUE の年トレンドを算出した（表 4）。また、重複を許したブートストラップ法（試行回数 300 回）により、95%信頼区間を求めた。

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が、2015 年と 2017 年、2021 年の標準化 CPUE がノミナル CPUE よりも大きい値となった（図 5）。これらの年は年間を通じて一定の漁獲量があり、通常はマイワシがほとんど獲れない月、水温帯で漁獲された（図 2）。標準化によって期間、水温の効果を除去した結果、標準化 CPUE の方がノミナルよりも高くなったと考えられる。一方、2011 年と 2012 年、2016 年、2022 年の標準化 CPUE はノミナル CPUE よりも低くなった（図 4-1）。これらの年は盛漁月の 3～5 月にのみまとまった漁獲があったため、期間や水温の効果を除去した標準化により CPUE が低くなったと考えられる（図 2）。

最後に、標準化モデル変更の影響を示す。昨年度評価では、漁獲月の効果を考慮したデルタ型二段階モデルによる標準化を行った。昨年度評価と同等の方法で算出した標準化 CPUE の年トレンドは、今年度評価の年トレンドと大きな違いはなかった。これは、50m 深水温が漁獲月と大まかな対応関係があり、マイワシが盛漁である効果が 3～5 月に観測される 50m 深水温に反映され、対数正規分布モデルに組み込まれた結果であると考えられる。

表 1. モデル選択結果

年	データ数	有漁データ数	有漁割合	網数平均値	網数標準偏差
2007	1506	100	0.07	1.57	0.68
2008	1359	156	0.11	1.67	0.73
2009	1477	143	0.10	1.68	0.69
2010	1340	94	0.07	1.60	0.67
2011	1269	238	0.19	1.75	0.77
2012	1345	145	0.11	1.71	0.70
2013	1394	288	0.21	1.74	0.73
2014	1916	23	0.01	1.73	0.67
2015	1685	473	0.28	1.72	0.72
2016	1621	252	0.16	1.55	0.65
2017	1364	491	0.36	1.73	0.70
2018	1494	190	0.13	1.52	0.66
2019	1474	76	0.05	1.50	0.69
2020	1391	357	0.26	1.60	0.74
2021	1376	483	0.35	1.58	0.71
2022	1237	351	0.28	1.53	0.79

表 2. モデル選択結果

Model	二項分布モデル	df	logLik	AIC	delta
1	Year + Season + Ship + Temp50 + Year×Season	62	-8731.2	17586	0.0
2	Year + Season + Ship + Year×Season	45	-8821.8	17734	147.0
3	Year + Season + Temp50 + Year×Season	49	-8846.9	17792	205.4
4	Year + Season + Year×Season	32	-8945.1	17954	367.8
5	Year + Season + Ship + Temp50 +	47	-8980.7	18055	469.0
Model	対数正規分布モデル	df	logLik	AIC	delta
1	Year + Ship + Temp50 + r(Year×Season)	47	-7212.4	14519	0.0
2	Year + Season + Ship + Temp50 + r(Year×Season)	48	-7212.5	14521	2.1
3	Ship + Temp50 + r(Year×Season)	32	-7231.9	14528	9.0
4	Season + Ship + Temp50 + r(Year×Season)	33	-7232.0	14530	11.1
5	Year + Season + Ship + r(Year×Season)	32	-7294.8	14654	134.7

※Year : 年、Season : 期間、Ship : 船、Temp50 : 50m 深海水温 (1 度刻み)

※対数正規分布モデルは年と期間の交互作用を変量効果に含む

表 3. 最終モデルにおける推定パラメータ

# 二項分布モデル	# 対数正規分布モデル
Call: glm(formula = sar_pa ~ fyear + fses + fship + frank_T50m + fyear:fses, family = binomial, data = databs_wt)	Linear mixed model fit by REML ['lmerMod'] Formula: log(sar_cpue) ~ fyear + fses + fship + frank_T50m + (1 fyear:fses) Data: databs_wt_p
Coefficients:	REML criterion at convergence: 14425
Estimate Std. Error z value Pr(> z)	Scaled residuals:
(Intercept) -3.73519 1.06708 -3.500 0.000465 ***	Min 1Q Median 3Q Max
fyear2008 0.82880 0.15508 5.344 9.08e-08 ***	-5.9138 -0.3633 0.1300 0.5320 4.7609
fyear2009 -0.28825 0.18462 -1.561 0.118441	
fyear2010 0.18064 0.17272 1.046 0.295632	
fyear2011 1.48036 0.15199 9.740 < 2e-16 ***	Random effects:
fyear2012 0.83141 0.15988 5.200 1.99e-07 ***	Groups Name Variance Std.Dev.
fyear2013 1.29029 0.15302 8.432 < 2e-16 ***	fyear:fses (Intercept) 0.9453 0.9723
fyear2014 -1.33472 0.24642 -5.416 6.08e-08 ***	Residual 2.4037 1.5504
fyear2015 1.82175 0.14489 12.574 < 2e-16 ***	Number of obs: 3860, groups: fyear:fses, 31
fyear2016 0.82033 0.15069 5.444 5.21e-08 ***	
fyear2017 1.59518 0.14693 10.857 < 2e-16 ***	Fixed effects:
fyear2018 0.49849 0.16090 3.098 0.001947 **	Estimate Std. Error t value
fyear2019 -0.69562 0.19927 -3.491 0.000482 ***	(Intercept) 6.45867 1.72608 3.742
fyear2020 1.86754 0.14578 12.810 < 2e-16 ***	fyear2008 0.31655 1.03565 0.306
fyear2021 2.14204 0.14534 14.738 < 2e-16 ***	fyear2009 0.11869 1.00068 0.119
fyear2022 2.05228 0.14736 13.927 < 2e-16 ***	fyear2010 -1.79585 1.01689 -1.766
fses2 -0.82042 0.25752 -3.186 0.001444 **	fyear2011 0.60419 1.00294 0.602
fshipb -0.04830 0.09383 -0.515 0.606695	fyear2012 -0.23154 1.01322 -0.229
fshipc -0.29753 0.09726 -3.059 0.002220 **	fyear2013 0.90555 0.99785 0.908
fshipd 0.17339 0.07947 2.182 0.029126 *	fyear2014 -1.05565 1.26242 -0.836
fshipe -0.01142 0.07766 -0.147 0.883100	fyear2015 0.95999 0.99472 0.965
fshipf 0.27707 0.07756 3.572 0.000354 ***	fyear2016 0.34254 0.99740 0.343
fshipg 0.08226 0.07859 1.047 0.295219	fyear2017 1.46432 0.99473 1.472
fshipi 0.19433 0.07731 2.514 0.011951 *	fyear2018 0.87764 1.00044 0.877
fshipj -0.03896 0.08750 -0.445 0.656120	fyear2019 -0.33492 1.00826 -0.332
fshipk -0.29333 0.09776 -3.000 0.002695 **	fyear2020 0.65989 0.99783 0.661
fshipl -3.03198 0.50911 -5.955 2.59e-09 ***	fyear2021 1.06390 0.99563 1.069
fshipm -3.49699 1.00532 -3.478 0.000504 ***	fyear2022 0.25415 1.00279 0.253
fshipn 0.56230 0.36078 1.559 0.119105	fses2 -0.06953 0.37450 -0.186
frank_T50m11 -0.00306 0.18702 -0.016 0.986943	fshipb -0.01006 0.12187 -0.083
frank_T50m12 0.41530 1.08180 0.384 0.701053	fshipc -0.07988 0.12958 -0.616
frank_T50m13 1.30767 1.06078 1.233 0.217672	fshipd 0.13613 0.10470 1.300
frank_T50m14 1.62831 1.05946 1.537 0.124314	fshipe 0.01937 0.10320 0.188
frank_T50m15 1.66909 1.05940 1.576 0.115140	fshipf 0.13180 0.10125 1.302
frank_T50m16 1.45919 1.05973 1.377 0.168528	fshipg -0.01883 0.10440 -0.180
frank_T50m17 1.37391 1.05961 1.297 0.194761	fshipi -0.18207 0.10141 -1.795
frank_T50m18 0.94380 1.06035 0.890 0.373418	fshipj -4.59856 0.12270 -37.479
frank_T50m19 0.98120 1.06071 0.925 0.354948	fshipk -4.38855 0.13848 -31.691
frank_T50m20 1.29703 1.06121 1.222 0.221626	fshipl -5.44260 0.78341 -6.947
frank_T50m21 1.22306 1.06173 1.152 0.249340	fshipm -2.65606 1.61165 -1.648
frank_T50m22 1.30101 1.06332 1.224 0.221128	fshipn -4.52944 0.53137 -8.524
frank_T50m23 1.55093 1.06532 1.456 0.145438	frank_T50m11 -0.03989 0.25465 -0.157
frank_T50m24 0.71998 1.08047 0.666 0.505180	frank_T50m12 3.42267 1.58691 2.157
frank_T50m25 0.10970 1.17981 0.093 0.925920	frank_T50m13 3.60953 1.56106 2.312
frank_T50m26 1.82683 1.19378 1.530 0.125945	frank_T50m14 3.16889 1.56114 2.030
frank_T50m27 2.49557 1.32788 1.879 0.060194 .	frank_T50m15 3.41651 1.56206 2.187
frank_T50m28 -11.86135 897.30685 -0.013 0.989453	frank_T50m16 3.24651 1.56198 2.078
fyear2008:fses2 -2.09331 0.49234 -4.252 2.12e-05 ***	frank_T50m17 3.43203 1.56136 2.198
fyear2009:fses2 1.66969 0.31152 5.360 8.33e-08 ***	frank_T50m18 2.77408 1.56274 1.775
fyear2010:fses2 -0.56356 0.39153 -1.439 0.150045	frank_T50m19 2.55539 1.56338 1.635
fyear2011:fses2 -1.04799 0.32775 -3.198 0.001386 **	frank_T50m20 2.31720 1.56413 1.481
fyear2012:fses2 -1.18637 0.38138 -3.111 0.001866 **	frank_T50m21 2.02711 1.56511 1.295
fyear2013:fses2 0.36215 0.29498 1.228 0.219554	frank_T50m22 2.17598 1.56761 1.388
fyear2014:fses2 -12.85934 132.49925 -0.097 0.922685	frank_T50m23 2.38850 1.57066 1.521
fyear2015:fses2 0.19958 0.28083 0.711 0.477285	frank_T50m24 2.02114 1.59460 1.267
fyear2016:fses2 0.47346 0.29535 1.603 0.108924	frank_T50m25 3.90898 1.75315 2.230
fyear2017:fses2 1.30848 0.28013 4.671 3.00e-06 ***	frank_T50m26 3.28345 1.75612 1.870
fyear2018:fses2 0.74346 0.30190 2.463 0.013792 **	frank_T50m27 3.67425 1.92367 1.910
fyear2019:fses2 1.20720 0.34949 3.454 0.000552 ***	
fyear2020:fses2 -0.80075 0.29911 -2.677 0.007427 **	
fyear2021:fses2 -0.11889 0.28502 -0.417 0.676593	
fyear2022:fses2 -1.54559 0.32588 -4.743 2.11e-06 ***	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1	
(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)	
Null deviance: 20902 on 23247 degrees of freedom	
Residual deviance: 17462 on 23186 degrees of freedom	
AIC: 17586	
Number of Fisher Scoring iterations: 16	
AUC値 0.782	

表 4.ノミナル CPUE・島根標準化 CPUE とその CV・信頼区間

年	ノミナル CPUE	島根標準化 CPUE	cv(%)	5%	95%
2007	698.61	34.81	48.35	8.13	30.68
2008	1263.76	38.54	75.67	14.97	59.79
2009	1179.32	66.91	70.28	17.34	80.18
2010	798.42	5.23	106.80	0.82	9.25
2011	6639.67	161.51	40.23	50.58	143.45
2012	3314.52	34.89	62.36	4.41	36.29
2013	7301.37	355.48	48.23	122.38	359.43
2014	211.46	0.01	60.86	0.00	0.01
2015	10252.26	567.09	44.83	172.07	492.59
2016	6073.32	136.90	43.64	44.90	123.06
2017	15390.06	1253.93	48.46	366.96	1211.31
2018	4793.28	195.45	59.39	54.26	205.25
2019	982.23	22.74	53.60	5.96	25.26
2020	10524.38	276.96	43.46	83.13	223.48
2021	13253.13	726.24	39.98	264.01	671.08
2022	11950.47	154.78	42.52	50.23	136.08

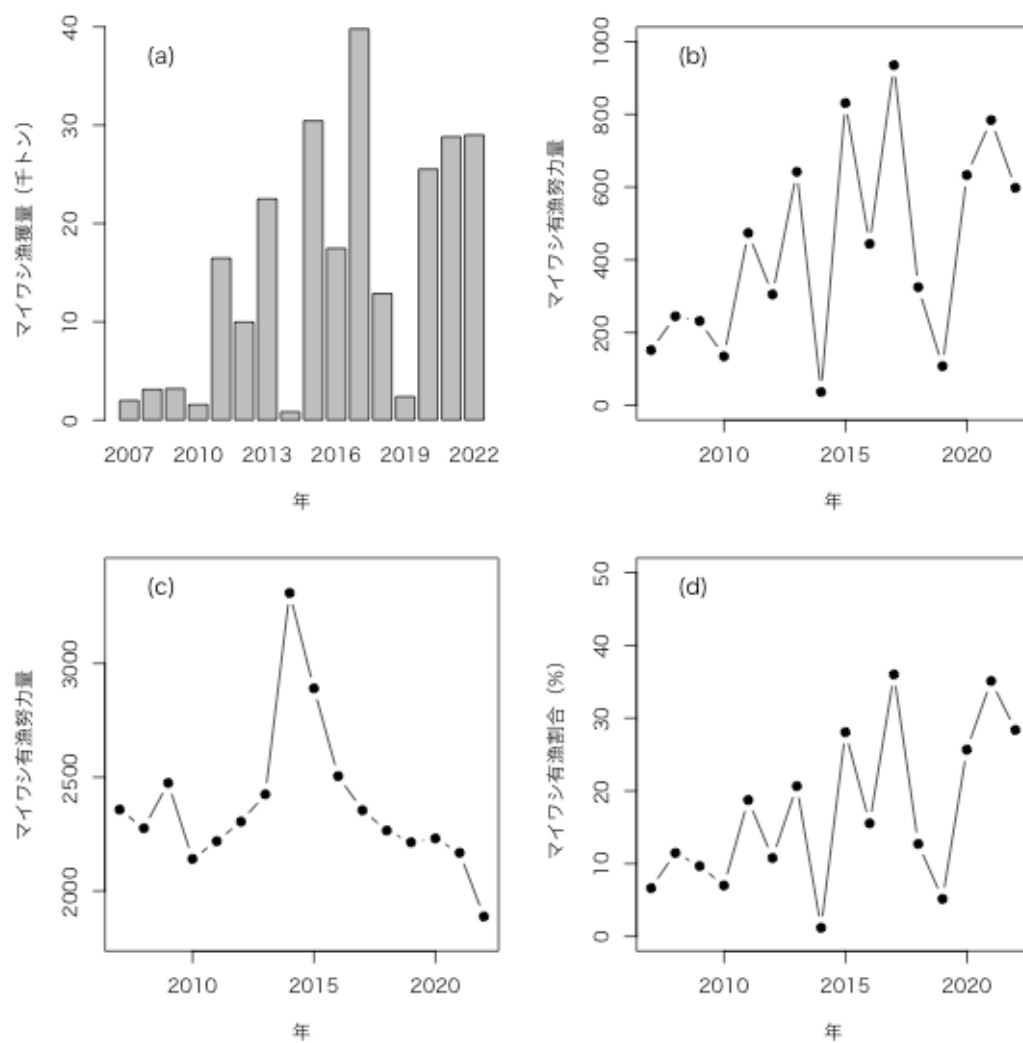


図1. 島根県集計データの (a) マイワシ漁獲量、(b) マイワシの有漁努力量、(c) 中型まき網の総努力量、(d) マイワシの有漁割合

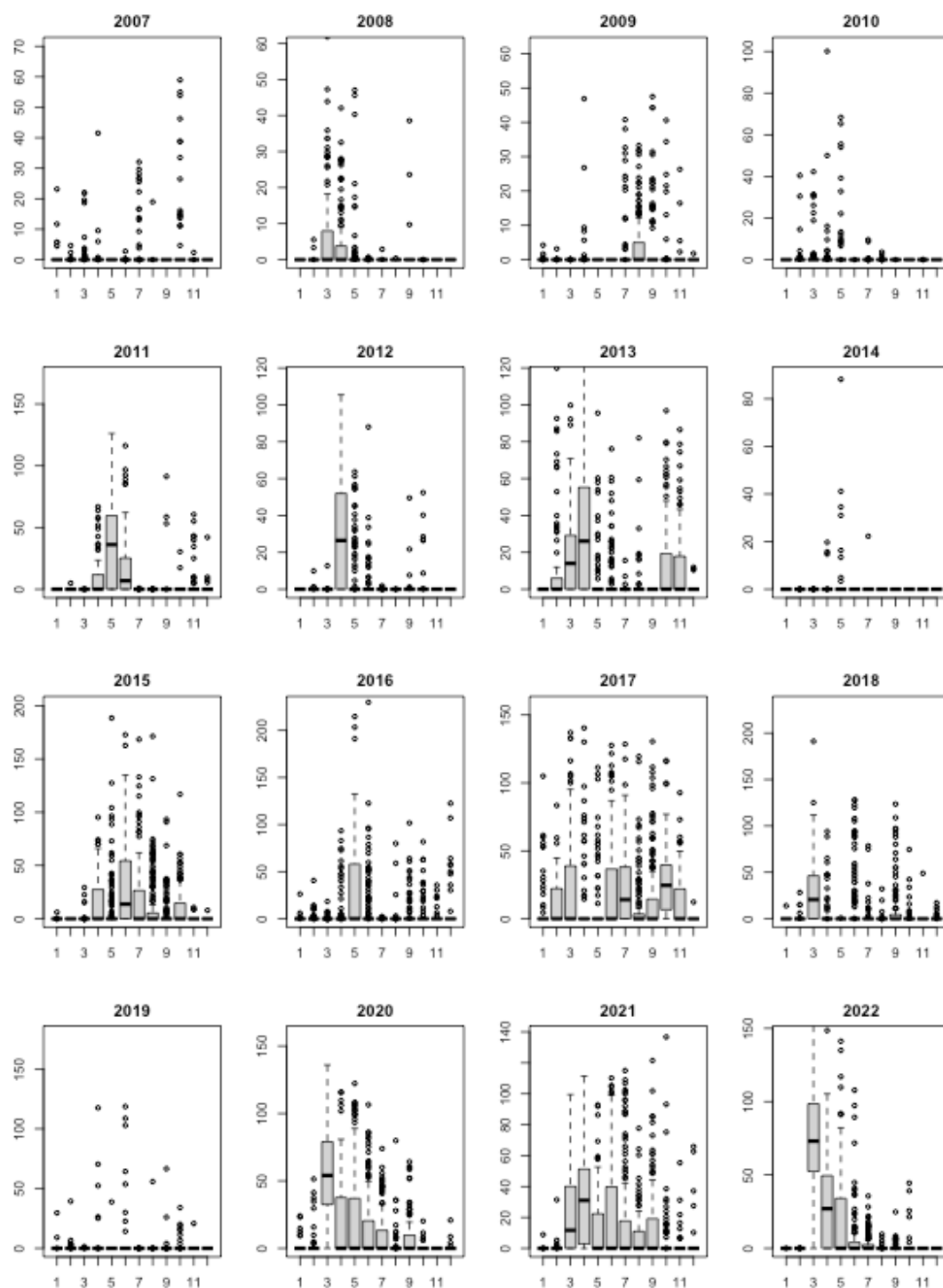


図 2. 2004～2022 年の操業別マイワシ CPUE の月変化（横軸：月、縦軸：マイワシ CPUE（トン/網））

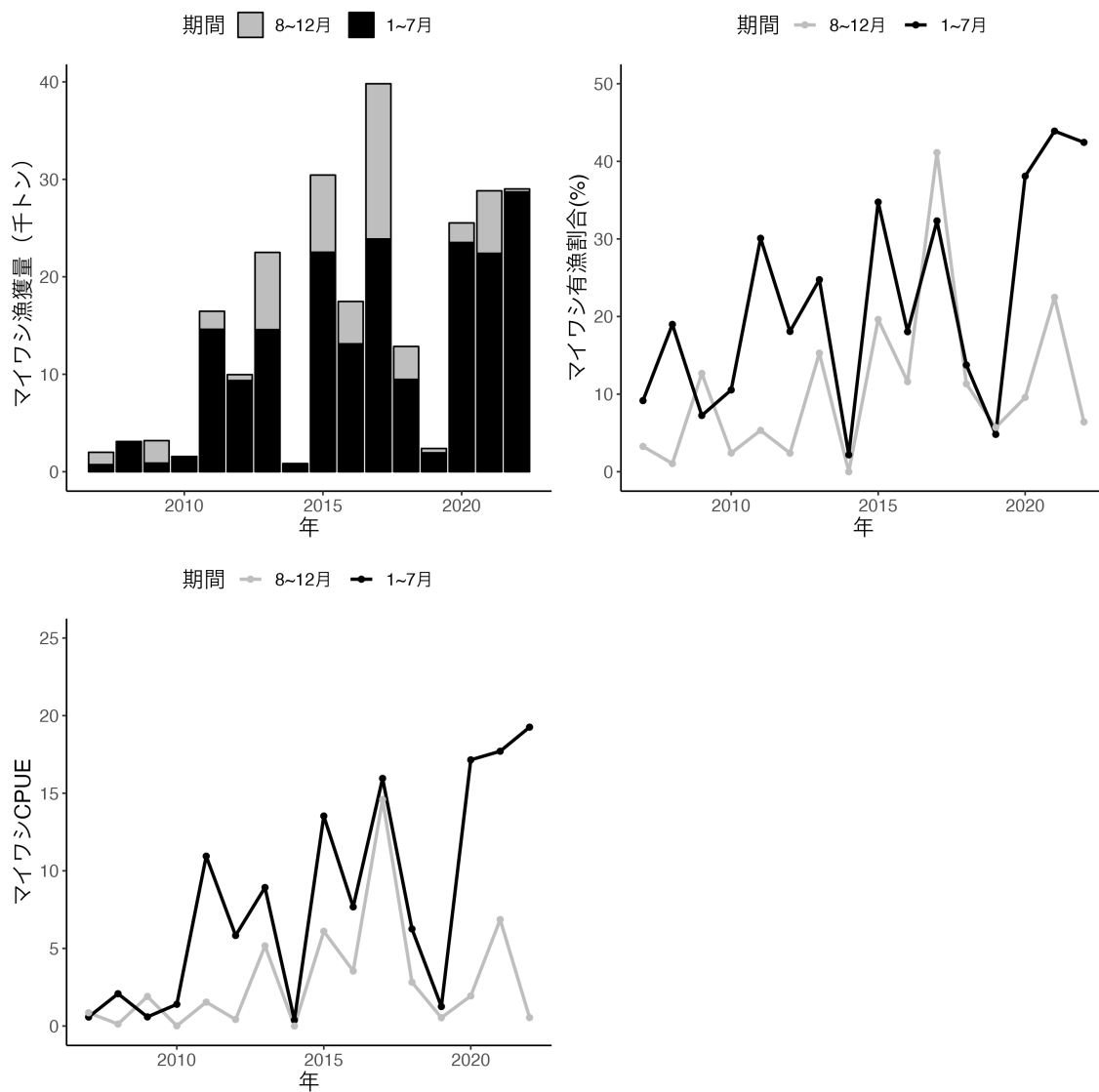
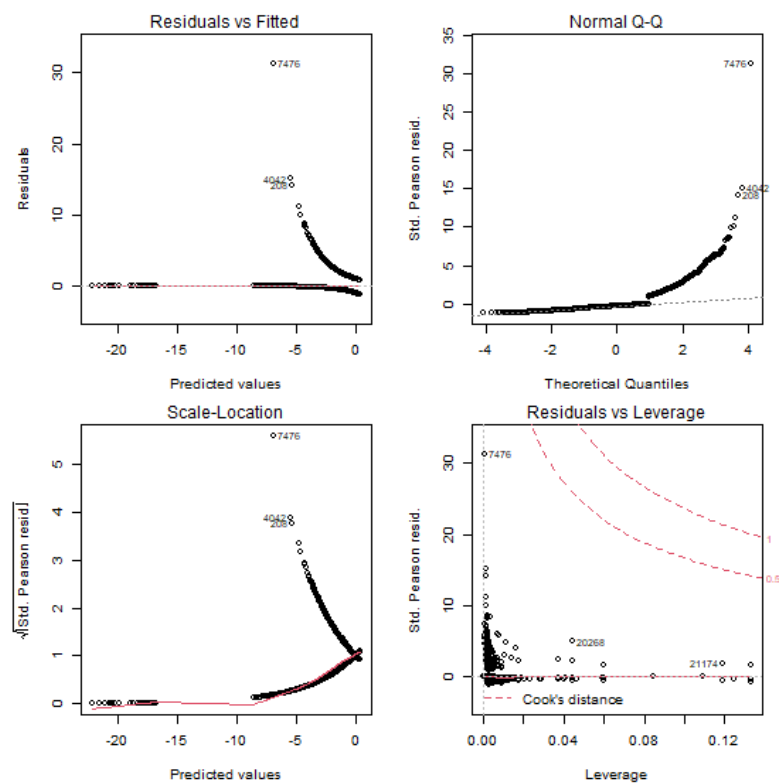


図3. 期間ごとの (a) マイワシ漁獲量、(b) マイワシの有漁割合、(c) マイワシの CPUE

(a)



(b)

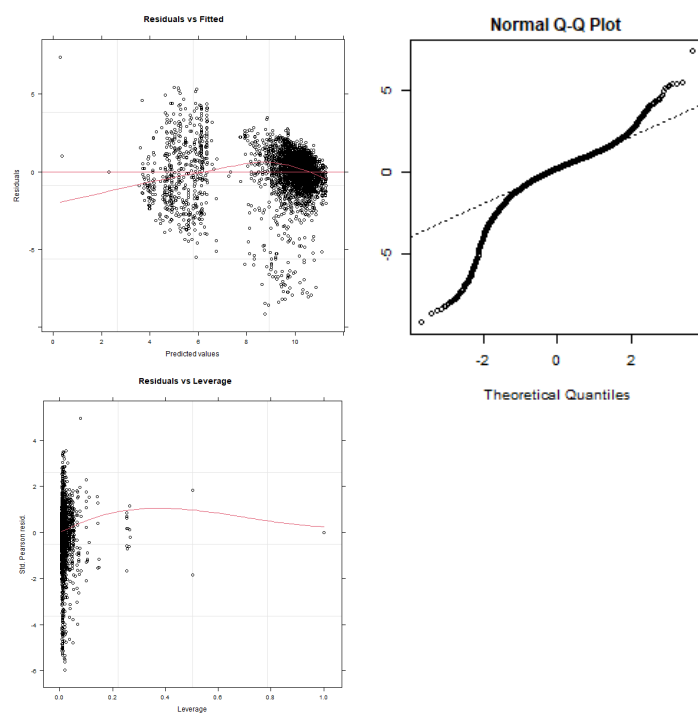
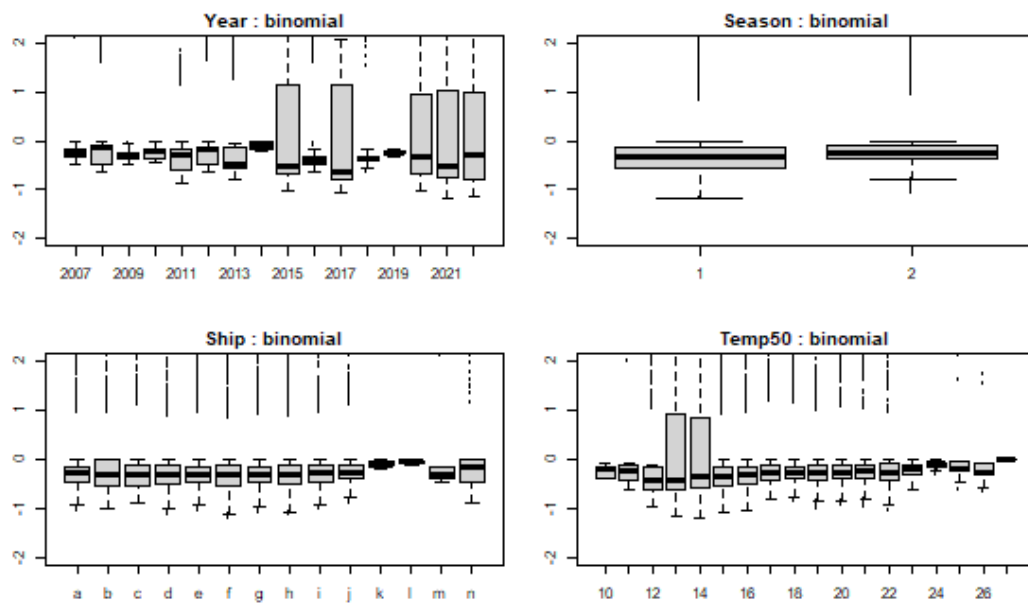


図 3-1 モデルの要約表 (a) 二項分布モデル、(b) 対数正規分布モデル

(a)



(b)

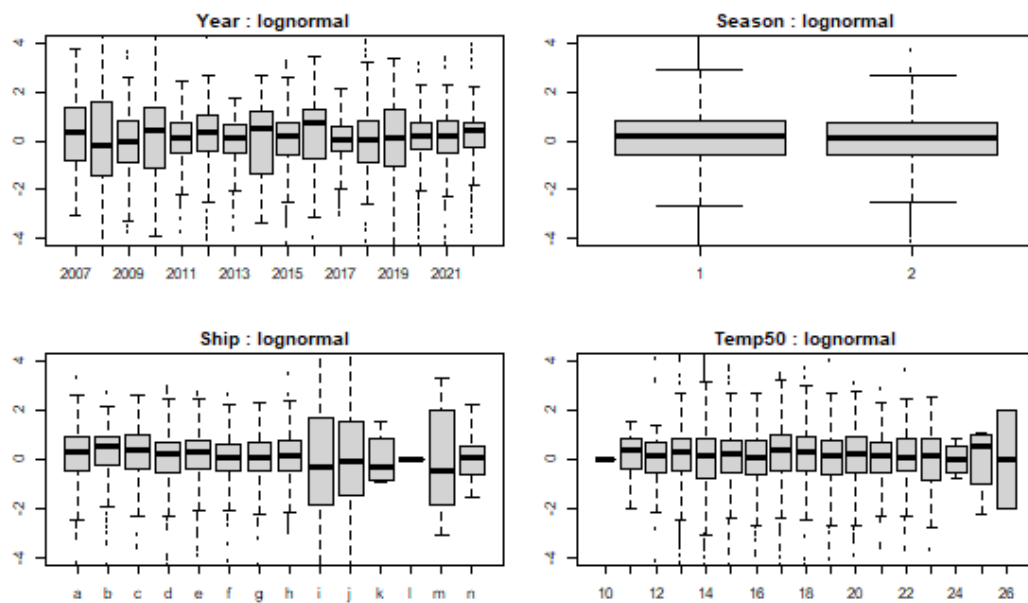


図 3-2 残差と説明変数の関係 (a) 二項分布モデル、(b) 対数正規分布モデル

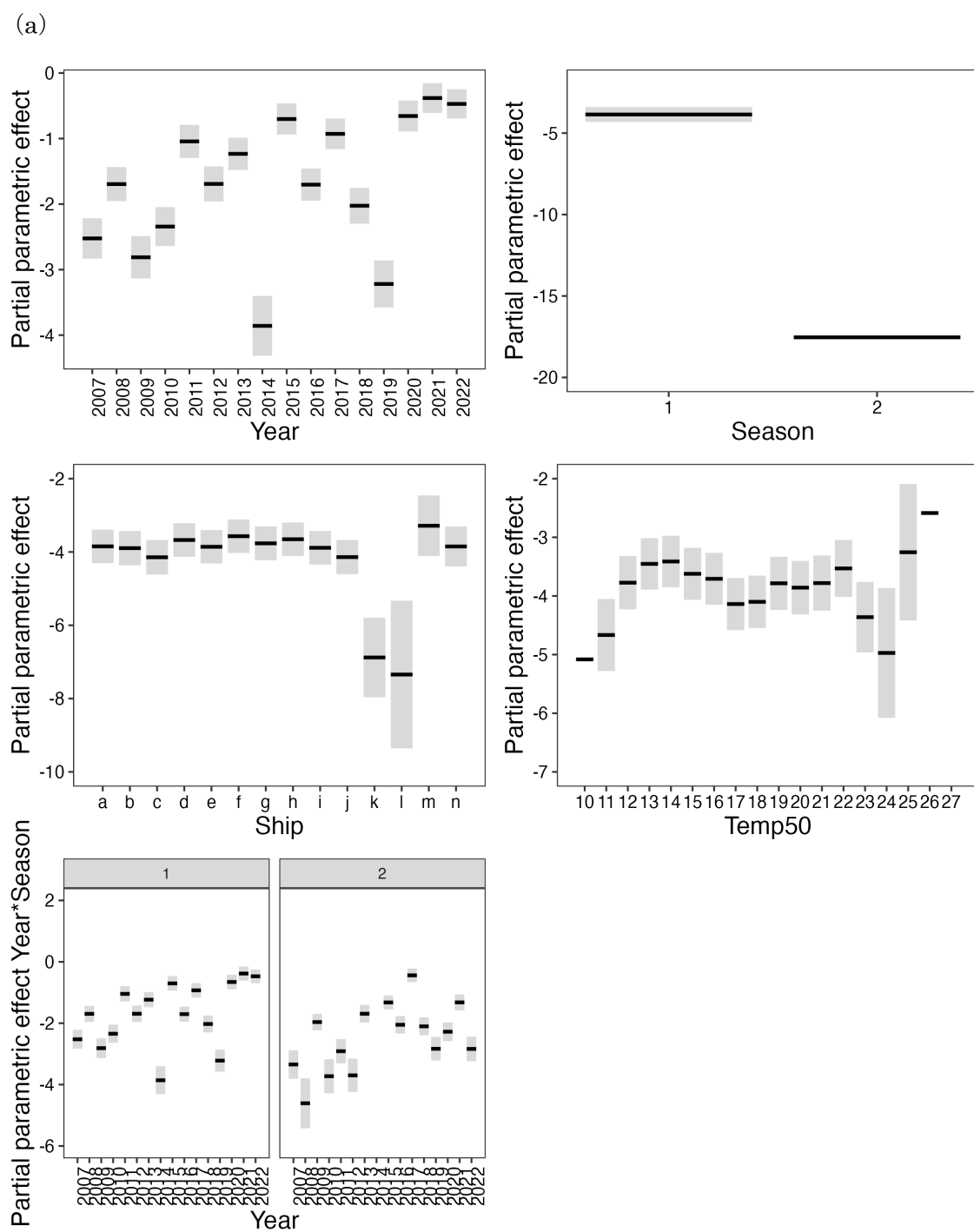


図 4 説明変数の効果 (a) 二項分布モデル

(b)

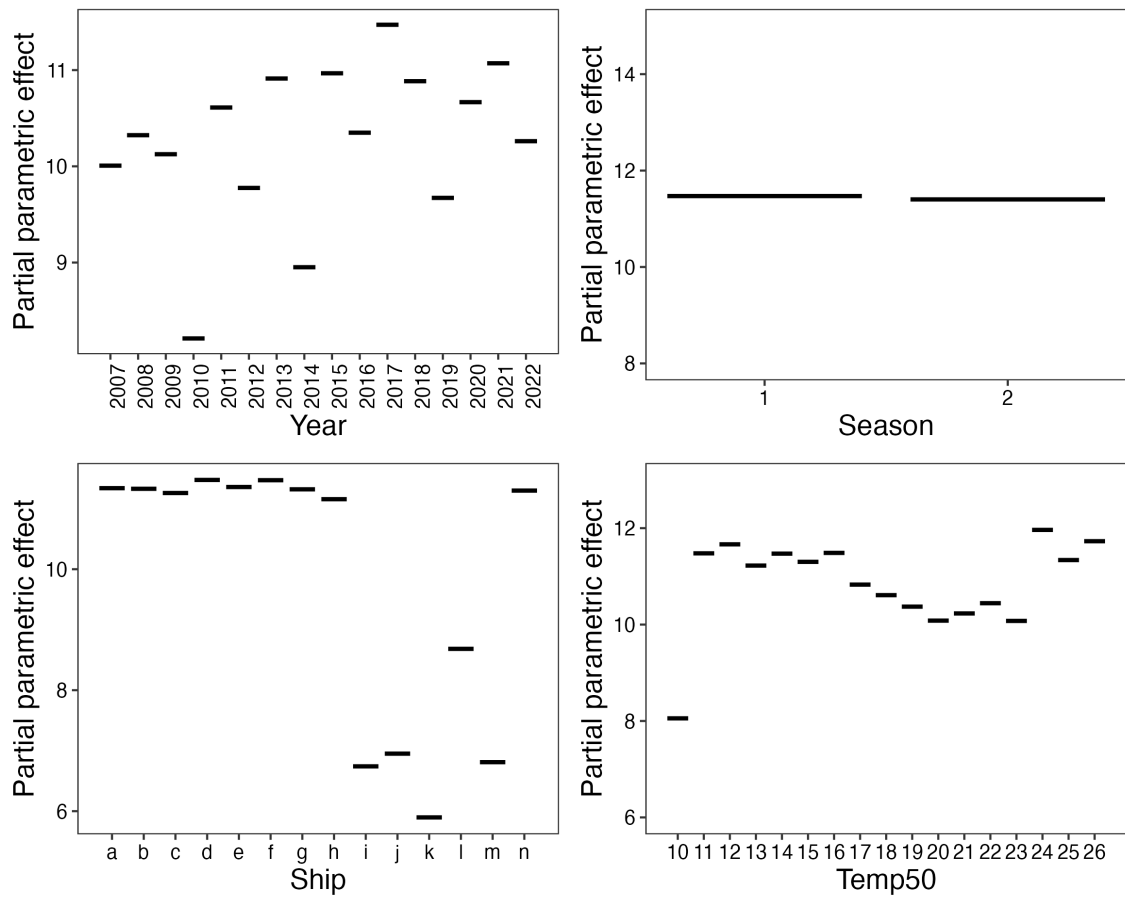


図 4 説明変数の効果 (b) 対数正規分布モデル

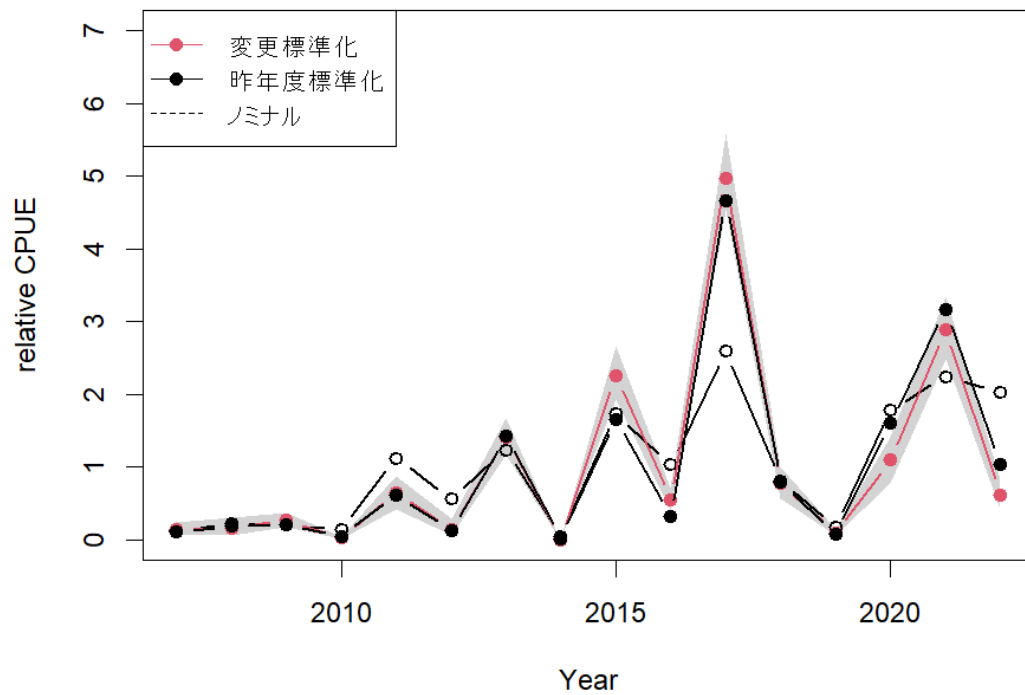


図 5 島根標準化 CPUE（変更標準化と昨年度標準化）とノミナル CPUE の時系列
CPUE は 2007 年～2022 年の平均値で割り規格化した。