

**令和 8（2026）年度ウルメイワシ太平洋系群の資源評価
高知県宿毛湾における中型まき網漁業の CPUE 標準化・モデル診断結果**

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 浮魚第 2G
日野晴彦・安田十也・渡井幹雄・木下順二・木皿祐雅・塚田秋葉・河野悌昌・高橋正知

概要

データ	高知県宿毛湾における中型まき網漁業の日別・魚種別漁獲量
標準化の対象	1 日・1 ヲ統あたりのウルメイワシ漁獲量 (kg/日・統数)
データの利用可能な期間	2000～2025 年
標準化に使用した期間	2000～2025 年
標準化のためのデータ抽出	負の漁獲量および努力量が欠損したデータは除外した。狙い操業を考慮した directed CPUE(Explanation level=90%)を標準化の対象とした。
統計ソフト・パッケージ	R(4.5.3). 使用関数は lme4、MuMin、emmeans 等
統計モデル	一般化線形混合モデル、一般化線形モデル
フルモデルで導入した説明変数	年、月、年・月の交互作用項（ランダム効果）。 年・月の交互作用項には欠測があるため、ランダム効果とした。
最終モデルの選択方法	BIC 総当たり法（REML 推定、ML 推定）
最終モデルで選択された説明変数	年、月
年トレンドの抽出方法	lsmeans 関数による予測値の年平均
信頼区間の算出方法	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。
標準化結果	平均値で規格化した標準化 CPUE は 2000～2007 年まで 0.35～0.91 の低い水準で推移したが、2008 年に一時的に増加して最高値となる 1.54 を示した。その後 2009 年に 0.80、2010 年に 0.68 まで減少したものの、2011 年以降は 1.03～1.50 で推移し、2025 年は前年から微減して 0.91 を示した。

1. 背景

本系群は令和 5 年度まで、卵稚仔調査による卵密度データを標準化した資源量指標値により評価されてきた（安田ほか 2023）。卵密度は親魚量の動向を反映すると考えられるが、漁獲の大半は未成魚であるため、漁業情報も考慮された資源量指標値が望ましい。そこで令和 6 年度以降の資源評価では、宮崎県・高知県・愛媛県・三重県における中・小型まき網の CPUE を標準化している。標準化した CPUE を余剰生産モデルに利用し、推定された資源量の相対値を資源量指標値として利用する 1C2I として評価している（日野ほか 2024）。本ドキュメントでは、昨年度と同様の手法を用いた高知県宿毛湾における中型まき網 CPUE の標準化結果を、CPUE 標準化プロトコル（魚種別検討チーム 2026）に準じて示した。

商業船による CPUE（単位努力量当たり漁獲量）は、資源量以外に漁獲月や海域による影響を受けるため、これらの要因を取り除く必要がある（庄野 2004）。また、中型まき網ではマアジやサバ類が主たる対象魚種であり、ウルメイワシは主対象魚種の漁獲が少ない時に代替的資源として狙って漁獲されることが考えられる。以上のことから狙い操業を考慮した directed CPUE を標準化した。

2. 方法

高知県宿毛湾における中型まき網漁業の日別・魚種別漁獲量（kg/日・統数）を解析した。2000 年以降、年別のウルメイワシの漁獲量は 1 千～5 千トンを示し、各年全体漁獲量の 7～52% を占めた（図 1）。年別の有漁データの割合は 0.39～0.78 の間で推移し、2025 は 0.68 を示した（表 1）。

狙い操業の有無を確認するために、各年のウルメイワシ漁獲率（一日の総魚種漁獲量に占めるウルメイワシ漁獲量の割合）と、累積のウルメイワシ漁獲割合（ある年について、その水揚げ日までのウルメイワシ漁獲量の合計／ウルメイワシ年間総漁獲量）の関係を表す累積漁獲曲線（Biseau 1998）を図示した（図 2）。年によって異なる傾向があるものの、曲線は右下に偏っていることから、期間を通して狙い対象種と判断された。

そこで、Biseau（1998）による directed CPUE を標準化の対象とした。Explanation level(EL)90%と 75%による directed CPUE のデータ数（表 1）や年変動を比較し、適切と考えられる EL を採用した。

応答変数を自然対数変換した 1 日・1 ヶ統当たりの directed CPUE とし、モデルの誤差が正規分布に従うと仮定した一般化線形混合モデル（GLMM）を構築した。構築したモデルに対して、BIC を用いた総当たり法により選択されたモデルで標準化 CPUE を計算し、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。

$$\text{Ln (directed CPUE)} \sim \text{intercept} + \text{year} + \text{month} + 1|\text{year:month} + \text{error term}$$

説明変数として、年、月、年・月の交互作用項（ランダム効果）を用いた。ここで year は年（2000～2025 年）、month は月（1～12 月）を示し、いずれもカテゴリー変数として扱

った。年・月の交互作用項は経年的な漁場形成時期の変化を検討するために説明変数に含めたが、一部の組み合わせで欠測したためランダム効果とした。

なお、このモデルではランダム効果を含むため、モデル選択の際に最尤推定で得られた BIC をモデル間で比較することが出来ない(岡本ほか 2016、吉川ほか 2021、Zuur et al. 2009)。そのため、Zuur et al. (2009) に基づき 2 段階に分けてモデル選択を行った。すなわち、まずランダム効果の組み合わせの異なるモデル (2 通り) を制限付き最尤法により推定し、それぞれ BIC を算出した。次に、2 通りのモデルうち最も BIC が低かったモデルについて、固定効果の組み合わせの異なるモデルを最尤推定し、BIC 総当たり法によってベストモデルを選択した。

3. 結果と考察

EL90%と75%の directed CPUE は概ね同様の年変動を示したが、EL75%では一部の年でデータ数が 30 未満となった (表 1)。狙い操業を考慮した上で、出来る限り多くのデータを用いて標準化を検討するため、EL90%の directed CPUE を標準化の対象とした。

抽出前後のデータの特性を示すため、平岡・依田 (2025) を参考にして操業ごとのウルメイワシ漁獲割合を 11 ランク (=0%, <10%, >10%, ..., >80%, >90%) に分類し、ゼロキャッチを含む全データ (All data) と比較した (図 3)。directed data では 2008 年にランク>60%以上が一時的に 8 割近くまで増加したが、それ以外の年では 1~6 割の間で変動した。

directed CPUE の対数と各説明変数の関係を図 4 に、モデル選択結果と選択されたモデルの係数をそれぞれ表 2、表 3 に示した。説明変数に年、月を含んだ以下のモデルが選択された。

$$\text{Ln (directed CPUE)} \sim \text{intercept} + \text{year} + \text{month} + \text{error term}$$

GVIF (Generalized Variance Inflation Factor) はいずれも 2 以下を示し、多重共線性の問題が無いと判断された。QQ プロットと残差のヒストグラムを図 5 に示した。残差の正規性には特段の問題が無いと判断された。選択されたモデルに含まれる説明変数の残差は 0 付近に収束し、大きな問題は無いと判断された (図 6)。年以外の主効果 (月) と標準化 CPUE の関係を図 7 に示した。月別の標準化 CPUE は 3~9 月に低く、1~2 月と 11~12 月に高い値を示した。

変動幅は異なるものの、EL75%・90%の directed CPUE と標準化 CPUE は概ね同様の増減を繰り返した (図 8)。ノミナル CPUE は 2011 年、2019~2021 年、2023 年、および 2025 年に EL75%・90%の directed CPUE および標準化 CPUE を大きく上回ったが、この一因としてこの間の有漁割合および漁獲割合ランクの増加が考えられた (表 1, 図 3)。平均値で規格化した標準化 CPUE は 2000~2007 年まで 0.35~0.91 の低い水準で推移したが、2008 年に一時的に増加して最高値となる 1.54 を示した。その後 2009 年に 0.80、2010 年に 0.68 まで減少したものの、2011 年以降は 1.03~1.50 で推移し、2025 年は前年から微減して 0.91 を示し

た。

4. 引用文献

- Biseau, A. (1998) Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessments. *Aquat. Living Resour.* **11**, 119-136.
- 日野晴彦・安田十也・渡井幹雄・井元順一・木下順二・木皿祐雅・河野悌昌・高橋正知 (2024) 令和 5 (2024) 年度ウルメイワシ太平洋系群の資源評価. FRA-SA2024-AC021
- 平岡優子・依田真里 (2025) 令和 7 (2025) 年度ウルメイワシ対馬暖流系群の資源評価 CPUE 標準化 (大中型まき網) . FRA-SA2025-SC06-103.
- 岡本 俊・山下紀生・加賀敏樹 (2016) 小型いか釣り漁業データを用いたスルメイカ冬季発生群の CPUE の標準化. *日本水産学会誌*, **82**, 686-698.
- 魚種別検討チーム (2026) 令和 8 (2026) 年度 標準化 CPUE の記載について. FRA-SA2026-SAWG02-07.
- 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(2)** 106-120
- 安田十也・渡井幹雄・井元順一・木下順二・日野晴彦・河野悌昌・高橋正知 (2023) 令和 5 (2023) 年度ウルメイワシ太平洋系群の資源評価. FRA-SA2023-SC04-03
- 吉川 茜・飯田真也・白川北斗・佐久間啓・藤原邦浩 (2021) ニギス日本海系群 1 そうびき沖合底びき網の漁獲成績報告書に基づくニギス CPUE の標準化. FRA-SA2021-RC07-203
- Zuur, A. F., E. N. Ieno, N. Walker, A. A. Saveliev, G. M. Smith (2009) *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*, Statistics for Biology and Health. Springer, New York.

表 1. 全データ数、有漁データ数、有漁割合、directed CPUE の抽出データ数

年	全データ数	有漁データ数	有漁割合	directed CPUE (EL90%)	directed CPUE (EL75%)
2000	240	119	0.50	48	31
2001	226	101	0.45	44	27
2002	231	92	0.40	39	24
2003	204	79	0.39	39	24
2004	239	110	0.46	58	33
2005	234	109	0.47	55	39
2006	258	118	0.46	60	38
2007	222	99	0.45	51	30
2008	234	120	0.51	50	34
2009	222	126	0.57	66	39
2010	224	99	0.44	55	38
2011	191	137	0.72	94	65
2012	179	113	0.63	59	40
2013	190	79	0.42	42	31
2014	197	93	0.47	51	38
2015	206	106	0.51	61	47
2016	193	95	0.49	59	45
2017	194	96	0.49	59	43
2018	184	100	0.54	56	42
2019	183	115	0.63	82	53
2020	168	127	0.76	84	59
2021	169	116	0.69	72	50
2022	178	101	0.57	45	28
2023	165	129	0.78	76	55
2024	160	109	0.68	58	40
2025	168	115	0.68	79	53

表 2. モデル選択結果（黄色塗りが選択されたモデルを示す。上の表にランダム効果、下の表に固定効果のモデル選択結果を示した。）

```
> full_inter = lmer(log(cpue) ~ fyear + fmonth +(1|fyear:fmonth), data=dat90_tar)
> full_inter_2 = glm(log(cpue) ~ fyear + fmonth, data=dat90_tar)
> BIC(full_inter,full_inter_2)
```

	df	BIC
full_inter	39	4436.668
full_inter_2	38	4408.466

```
> full_inter_2_BIC
Global model call: glm(formula = log(cpue) ~ fyear + fmonth, data = dat90_tar)
---
Model selection table
  (Intrc) fmnth fyear df    logLik    BIC  delta weight
4  1.3490      +      + 38 -2064.757 4408.5   0.00      1
3  0.8019              + 27 -2118.743 4435.7  27.22      0
2  2.1510      +      13 -2220.908 4537.2 128.78      0
1  1.4530              2 -2277.490 4569.7 161.20      0
Models ranked by BIC(x)
```

※表中の+は各モデルに含まれる説明変数。

表 3. 選択されたモデルにおける推定パラメーター

```
> summary(BIC_cpue)
```

Call:
glm(formula = log(cpue) ~ fyear + fmonth, data = dat90_tar)

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.3492	0.1780	7.579	6.06e-14	***
fyear2001	-0.1747	0.1979	-0.883	0.377441	
fyear2002	-0.0934	0.2062	-0.453	0.650655	
fyear2003	-0.2850	0.2033	-1.402	0.161072	
fyear2004	-0.2072	0.1836	-1.129	0.259254	
fyear2005	0.6664	0.1854	3.594	0.000337	***
fyear2006	0.4463	0.1820	2.452	0.014304	*
fyear2007	0.1467	0.1896	0.774	0.439153	
fyear2008	1.1988	0.1898	6.317	3.50e-10	***
fyear2009	0.5412	0.1779	3.042	0.002388	**
fyear2010	0.3805	0.1861	2.044	0.041098	*
fyear2011	0.9477	0.1673	5.664	1.77e-08	***
fyear2012	0.8248	0.1837	4.491	7.64e-06	***
fyear2013	0.7956	0.1999	3.979	7.24e-05	***
fyear2014	1.1514	0.1902	6.055	1.77e-09	***
fyear2015	1.1243	0.1815	6.195	7.50e-10	***
fyear2016	1.1694	0.1827	6.400	2.07e-10	***
fyear2017	1.0635	0.1833	5.803	7.95e-09	***
fyear2018	1.1600	0.1857	6.247	5.45e-10	***
fyear2019	1.0940	0.1713	6.386	2.27e-10	***
fyear2020	0.8889	0.1704	5.216	2.08e-07	***
fyear2021	1.1583	0.1758	6.590	6.06e-11	***
fyear2022	0.7982	0.1954	4.086	4.63e-05	***
fyear2023	0.8676	0.1740	4.985	6.91e-07	***
fyear2024	0.9541	0.1832	5.207	2.19e-07	***
fyear2025	0.6733	0.1722	3.909	9.66e-05	***
fmonth2	-0.3126	0.1614	-1.937	0.052985	.
fmonth3	-0.6023	0.1578	-3.816	0.000141	***
fmonth4	-0.7534	0.1456	-5.174	2.60e-07	***
fmonth5	-0.7473	0.1492	-5.007	6.19e-07	***
fmonth6	-0.8825	0.1391	-6.342	2.99e-10	***
fmonth7	-0.8545	0.1328	-6.435	1.66e-10	***
fmonth8	-0.7413	0.1370	-5.412	7.23e-08	***
fmonth9	-0.6840	0.1416	-4.829	1.51e-06	***
fmonth10	-0.4823	0.1401	-3.443	0.000590	***
fmonth11	-0.2799	0.1448	-1.933	0.053472	.
fmonth12	-0.1274	0.1572	-0.810	0.417796	

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

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 0.8732225)

Null deviance: 1731.8 on 1541 degrees of freedom
Residual deviance: 1314.2 on 1505 degrees of freedom
AIC: 4205.5

Number of Fisher Scoring iterations: 2

表 4. 平均値で規格化したノミナル CPUE、および標準化 CPUE と信頼区間の上下 5%値

年	ノミナル CPUE	標準化 CPUE	信頼区間下限	信頼区間上限
2000	0.38	0.47	0.35	0.64
2001	0.38	0.39	0.27	0.55
2002	0.31	0.42	0.29	0.57
2003	0.25	0.35	0.24	0.50
2004	0.34	0.38	0.28	0.50
2005	0.66	0.91	0.71	1.13
2006	0.58	0.73	0.56	0.93
2007	0.56	0.54	0.38	0.79
2008	1.08	1.54	1.15	2.03
2009	0.99	0.80	0.60	1.04
2010	0.61	0.68	0.51	0.90
2011	1.64	1.20	1.02	1.40
2012	1.05	1.06	0.87	1.29
2013	0.65	1.03	0.80	1.29
2014	1.06	1.47	1.20	1.77
2015	1.25	1.43	1.25	1.63
2016	1.40	1.50	1.21	1.81
2017	1.35	1.35	1.09	1.67
2018	1.29	1.48	1.18	1.82
2019	1.91	1.39	1.12	1.70
2020	1.72	1.13	0.95	1.31
2021	1.87	1.48	1.21	1.78
2022	0.75	1.03	0.79	1.34
2023	1.34	1.11	0.93	1.31
2024	1.14	1.21	0.98	1.45
2025	1.44	0.91	0.73	1.13

※ノミナル CPUE はゼロキャッチも含む平均値

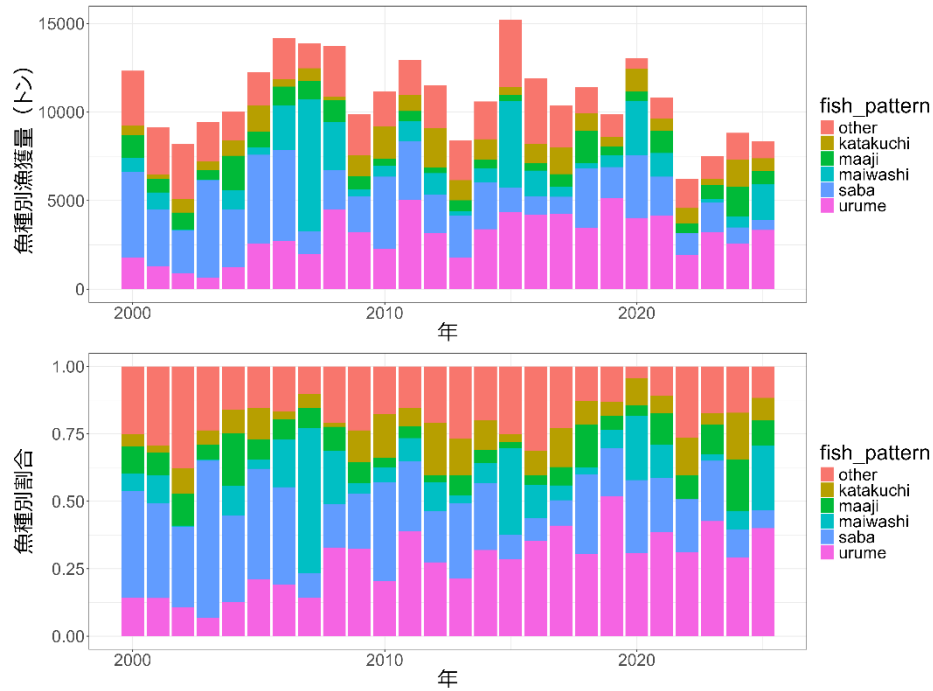


図 1. 魚種別の漁獲量と魚種別割合の推移

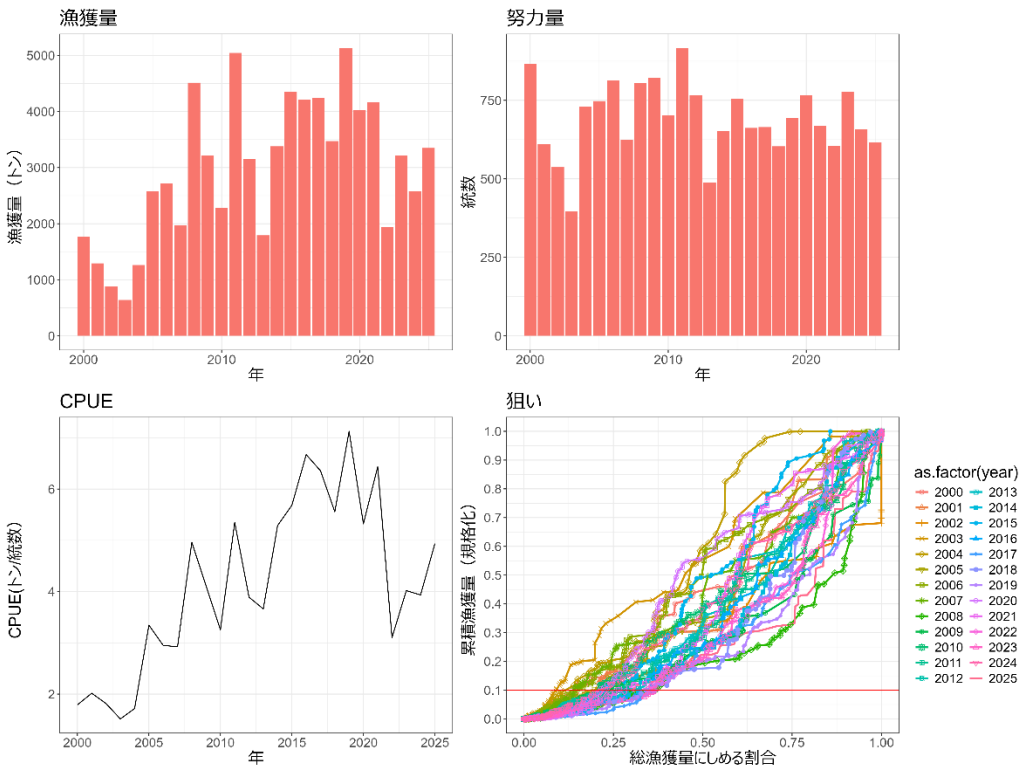


図 2. 有漁データによるウルメイワシの漁獲量・努力量・有漁 CPUE の推移と、年別の漁獲率と累積漁獲量の関係

右下の図では、曲線の形状が左上に凸である場合に混獲種、右下に凸の場合に狙い対象種と判断される。赤線より上に位置するデータが 90%で抽出される操作を示す。

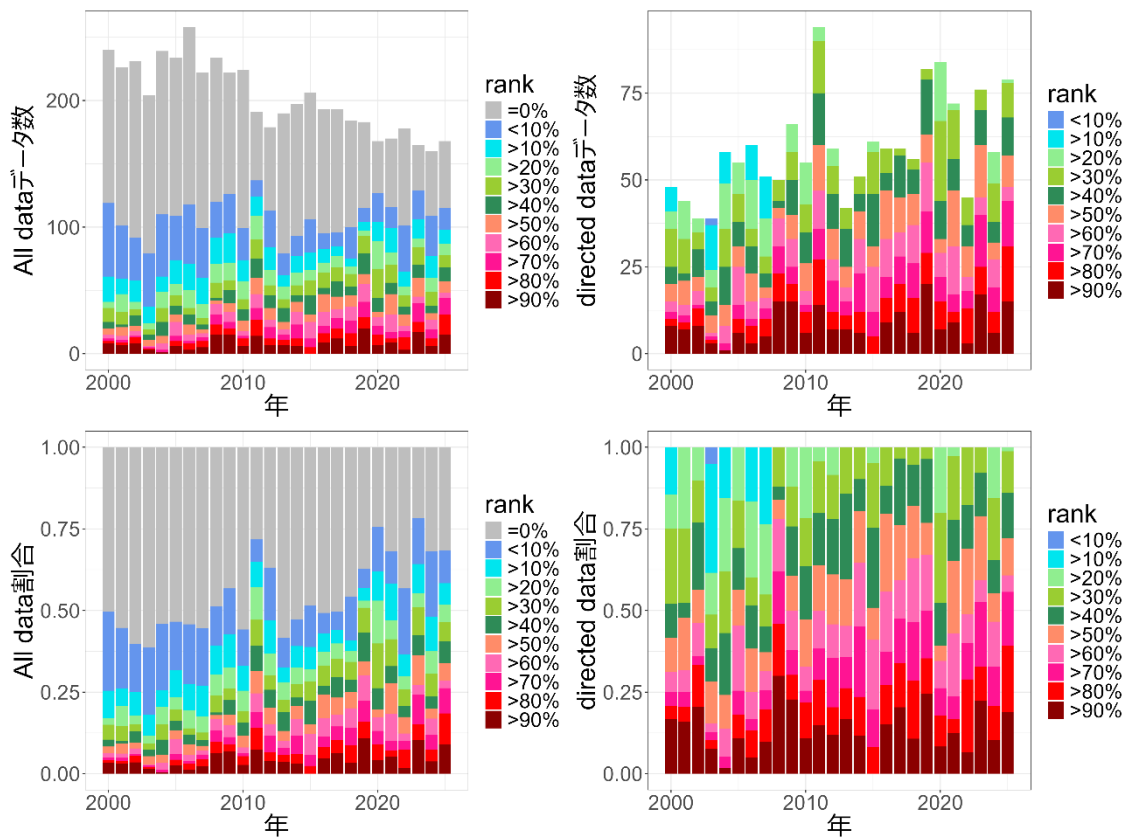


図3. ウルメイワシの漁獲割合ランクのデータ数（上段）とその割合（下段）の年変動
左が全データ（All data）、右が EL90%で抽出されたデータ（directed data）。

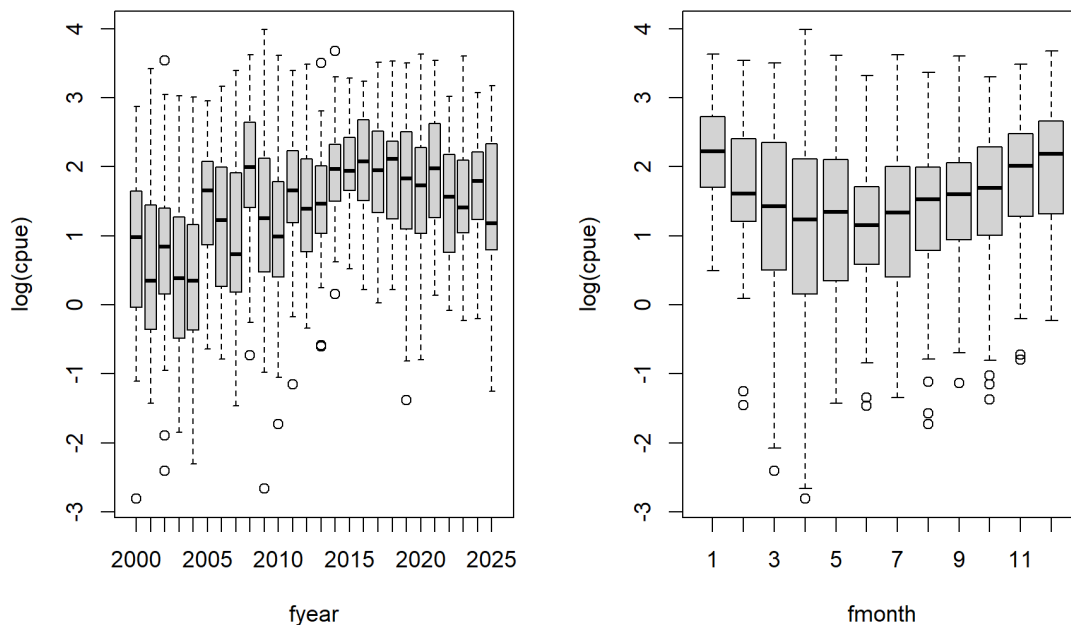


図4. directed CPUE の対数と各説明変数の関係

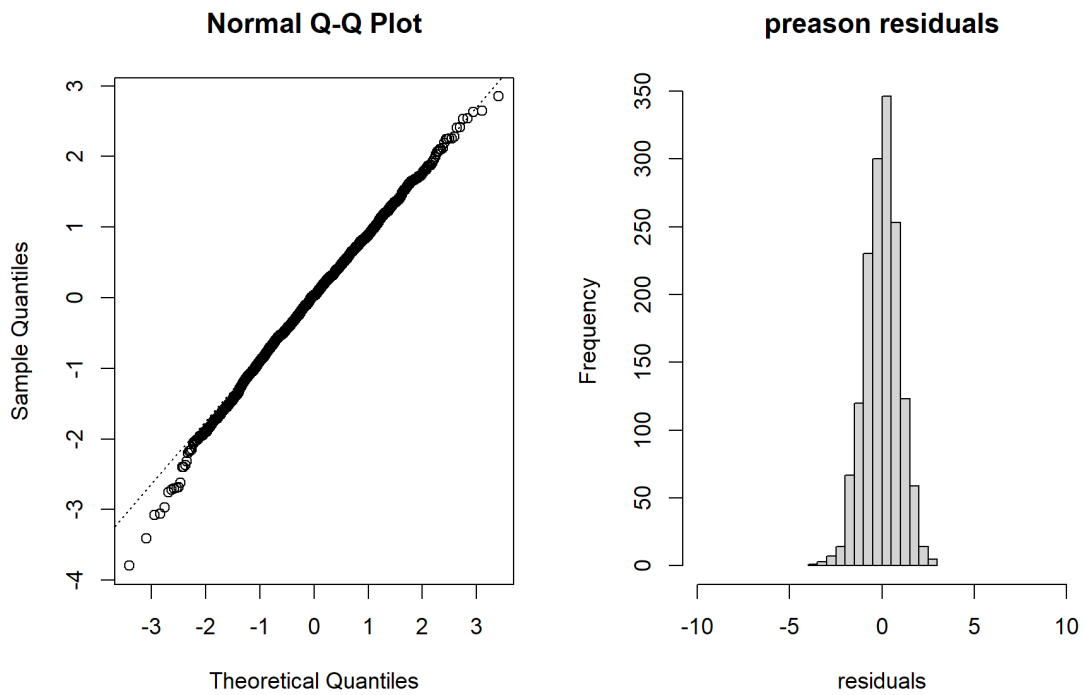


図 5. QQ プロットと残差のヒストグラム

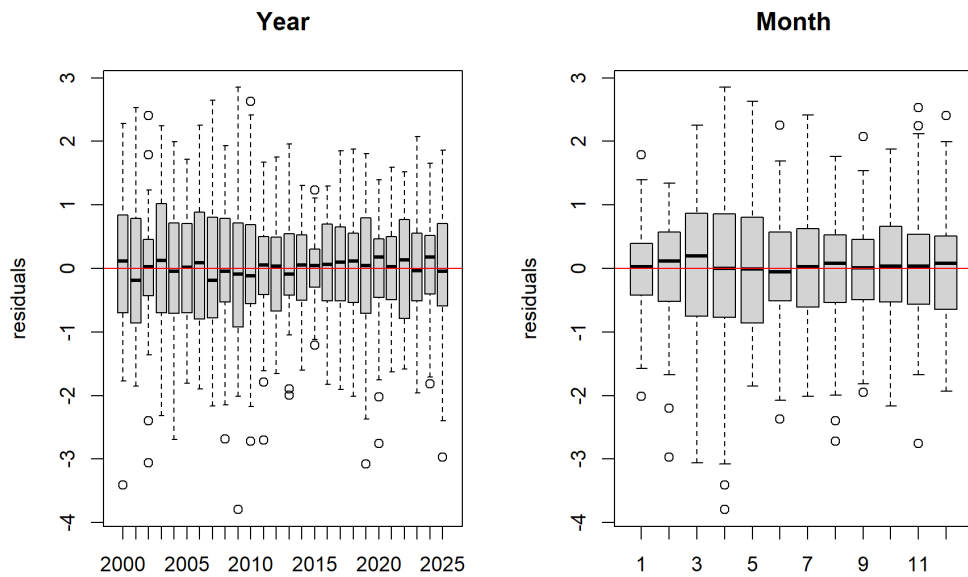


図 6. 残差と説明変数の関係

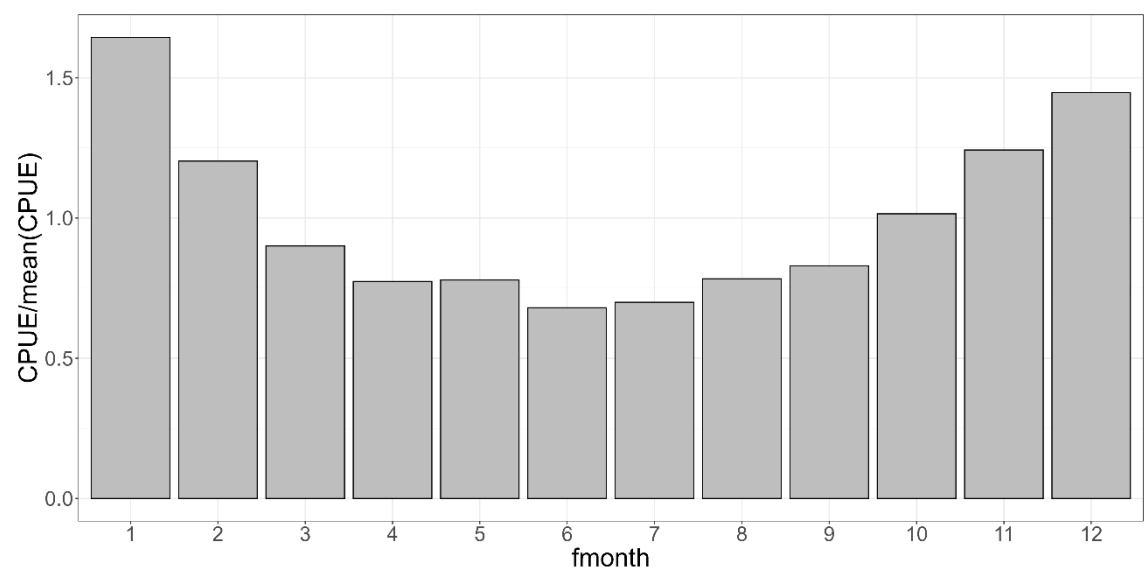


図 7. 年以外の主効果（月）と標準化 CPUE の関係
※ 平均値で割り規格化した。

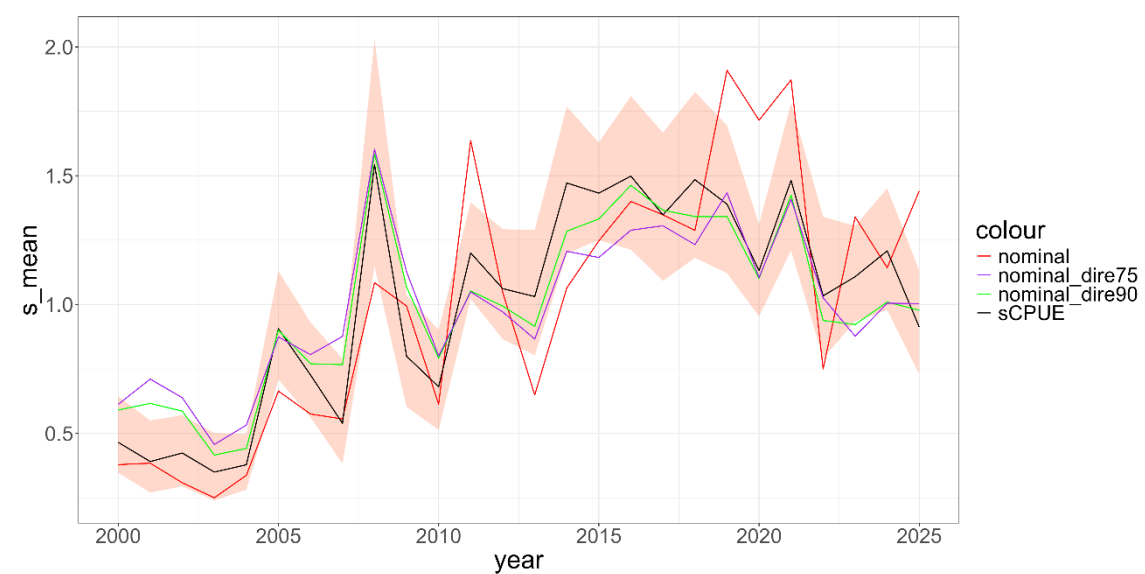


図 8. ノミナル CPUE(nominal)、EL75%のノミナル directed CPUE(nominal_dire75)、EL90%のノミナル directed CPUE(nominal_dire90)、標準化 CPUE(sCPUE)の推移
※ 平均値で割り規格化した。オレンジの幅が標準化 CPUE の 95%信頼区間を示す。