

**令和 8（2026）年度ウルメイワシ太平洋系群の資源評価
愛媛県中・小型まき網漁業の 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	愛媛県中～南部沿岸における中・小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	1983～2025 年
標準化に使用した期間	1995～2025 年
標準化のためのデータ抽出	入力ミスと考えられたデータは除外し、狙い操業が明確となった 1995 年以降の 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、海域、年・海域の交互作用項、年と月の交互作用項（ランダム効果）、月と海域の交互作用項（ランダム効果）
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、海域
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 1995～2014 年までは 0.21～1.07 の間で増減を繰り返し、2015 年に最高値となる 3.24 を示した。その後は 1.25～3.02 の間で増減し、2025 年は前年から増加して過去 3 番目に高い 2.35 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愛媛県における中・小型まき網 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・小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

愛媛県中～南部海域における中・小型まき網漁業の日別・魚種別漁獲量（kg/日・統数）を解析した。年別のウルメイワシの漁獲量は、1983～1990 年までは 100 トン未満の低い水準で推移した。1991 年以降は 121～13,022 トンの間で増減を繰り返し、各年全体漁獲量の 1～46%を占めた（図 1）。年別の有漁データの割合は、1983～1995 年に 0.04～0.18 で推移したがその後は増加傾向にあり、2006 年以降は 0.4 前後で推移し 2025 年は 0.37 となった（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）。累積漁獲曲線の形状に経年的な変化が見られたため、詳細な変化を図 3 に示した。1980 年代は曲線が左上に偏り、混獲の傾向が見られた。その後曲線の形状は次第に右下に偏り、1990 年代後半頃から狙い対象種と判断され、次第にその傾向が強くなった。この一因として 1980 年代はマイワシ等を主体とした操業であり、ウルメイワシの漁獲は混獲が主体であったためと考えられた（図 1）。

そこで、狙い操業の傾向が明確となった 1990 年代後半以降を対象に、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 のデータ数等を考慮し（表 1）、1995 年以降の 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 4）。directed data では、2015 年と 2021 年にランク>70%以上のデータ数が一時的に増加し、7 割以上を占めた。

応答変数を自然対数変換した 1 日・1 ヲ統当たりの 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。

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

説明変数として、年、月、海域、年・海域の交互作用項、年・月の交互作用項（ランダム効果）、月・海域の交互作用項（ランダム効果）を用いた。ここで year は年（1995～2025 年）、month は月（1～12 月）、area は海域（愛南・宇和島）を示し、いずれもカテゴリカル変数として扱った。年・月の交互作用項は経年的な漁場形成時期の変化、年・海域の交互作用項は経年的な漁場形成海域の変化、月・海域の交互作用項は漁場形成海域の季節変化を検討するために説明変数に含めた。このうち、月・海域の交互作用では宇和島における 1・11・12 月の組み合わせが、年・月の交互作用では多数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（4 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、4 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、ベストモデルを選択した。

3. 結果と考察

directed CPUE の対数値と各説明変数の関係を図 5 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。以下のモデルが選択された。

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

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 6 に示した。QQ プロットの末端が直線からやや逸脱したものの、許容範囲と判断した。選択されたモデルに含まれる説明変数の残差は 0 付近に収束しており、大きな問題は無いと判断した（図 7）。

図 8 に年以外の主効果（月・海域）と標準化 CPUE の関係を示した。月別の標準化 CPUE は 1～2 月及び 11～12 月に高く、3～9 月に低い値を示した。また海域別の CPUE は宇和島

よりも愛南の方が高い値を示した。

標準化 CPUE は、一部の年を除いてノミナル CPUE・EL90%と EL75%の directed CPUE と概ね同様の傾向で推移した（図 9）。平均値で規格化した標準化 CPUE は 1995～2014 年までは 0.21～1.07 の間で増減を繰り返し、2015 年に最高値となる 3.24 を示した（表 4）。2016～2020 年にかけて 1.25～1.93 の高い水準を維持し、2021 年には過去 2 番目に高い 3.02 を示した。その後 1.22～2.03 の間で増減し、2025 年は前年から増加して過去 3 番目に高い 2.35 を示した。2015・2021 年における directed CPUE は高い値を示し、規格化した標準化 CPUE は 3 以上の値を示した。この一因として、例年 directed CPUE が低下する 3-8 月においても落ち込まずに高い値を維持したため（図 10）、標準化によって高めに算出されたことが考えられた。

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%)
1983	714	49	0.07	22	13
1984	787	96	0.12	55	36
1985	757	62	0.08	32	18
1986	736	28	0.04	12	4
1987	700	123	0.18	63	34
1988	751	77	0.10	55	38
1989	754	76	0.10	56	35
1990	658	86	0.13	66	50
1991	688	53	0.08	29	23
1992	680	93	0.14	55	34
1993	696	65	0.09	38	30
1994	712	100	0.14	29	13
1995	603	82	0.14	41	23
1996	601	129	0.21	56	30
1997	623	158	0.25	58	24
1998	650	171	0.26	96	70
1999	605	100	0.17	30	19
2000	622	151	0.24	57	27
2001	598	206	0.34	92	58
2002	598	140	0.23	44	31
2003	602	162	0.27	52	27
2004	558	171	0.31	58	33
2005	597	152	0.25	64	42
2006	674	262	0.39	115	71
2007	668	277	0.41	140	105
2008	663	256	0.39	115	78
2009	692	316	0.46	164	109
2010	637	241	0.38	110	56
2011	634	303	0.48	121	88
2012	626	301	0.48	135	94
2013	604	251	0.42	96	68
2014	601	214	0.36	91	60
2015	643	249	0.39	117	95
2016	666	214	0.32	114	82
2017	590	218	0.37	105	71
2018	522	198	0.38	98	68
2019	528	193	0.37	108	75
2020	464	189	0.41	103	69
2021	468	198	0.42	99	73
2022	469	150	0.32	90	69
2023	467	238	0.51	170	133
2024	470	167	0.36	102	75
2025	462	173	0.37	94	71

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 + area + fyear*area+ (1|fyear:fmonth)+(1|fmonth:area) , data=dat90_tar)
> full_inter_2 <- lmer(log(cpue) ~ fyear + fmonth + area + fyear*area + (1|fyear:fmonth), data=dat90_tar)
> full_inter_3 <- lmer(log(cpue) ~ fyear + fmonth + area + fyear*area + (1|fmonth:area), data=dat90_tar)#過剰適合
> full_inter_4 <- glm(log(cpue) ~ fyear + fmonth + area + fyear*area , data=dat90_tar)
> BIC(full_inter,full_inter_2,full_inter_3,full_inter_4)
```

	df	BIC
full_inter	76	9242.56471255828
full_inter_2	75	9240.64828035436
full_inter_3	75	9342.47767493008
full_inter_4	74	9211.58927816709

```
> full_inter_4_BIC
```

```
Global model call: glm(formula = log(cpue) ~ fyear + fmonth + area + fyear * area,
  data = dat90_tar)
```

```
---
```

```
Model selection table
```

	(Int)	are	fmn	fyr	are:fyr	df	logLik	BIC	delta	weight
8	0.7398	+	+	+		44	-4402.095	9155.5	0.00	1
16	0.8888	+	+	+		74	-4310.370	9211.6	56.08	0
6	0.2507	+		+		33	-4532.930	9329.3	173.84	0
14	0.4483	+		+		63	-4428.341	9359.7	204.20	0
7	0.4984		+	+		43	-4652.777	9648.9	493.38	0
5	-0.1899			+		32	-4844.972	9945.4	789.94	0
4	1.5750	+	+			14	-5034.887	10181.6	1026.05	0
2	0.9958	+				3	-5167.964	10359.9	1204.37	0
3	1.5750		+			13	-5284.860	10673.5	1518.01	0
1	0.6695					2	-5450.456	10916.9	1761.37	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_cpue90)
```

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

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	0.73976708343309	0.21349767730367	3.46499	0.00053797	***
fyear1996	0.04243764064978	0.22556139275843	0.18814	0.85077830	
fyear1997	0.16385802088798	0.22434335114972	0.73039	0.46521132	
fyear1998	0.44327667363036	0.20586050241517	2.15329	0.03137859	*
fyear1999	0.37362726535718	0.26360070602937	1.41740	0.15647415	
fyear2000	-0.51029893675197	0.22461254520040	-2.27191	0.02316523	*
fyear2001	-0.30998320723054	0.20656676664683	-1.50064	0.13355679	
fyear2002	0.18270051801804	0.24049941228739	0.75967	0.44751296	
fyear2003	-0.04501333285099	0.22913623778906	-0.19645	0.84427341	
fyear2004	0.00636907947339	0.22408123471998	0.02842	0.97732668	
fyear2005	1.06352127495147	0.22035917325694	4.82631	1.4631e-06	***
fyear2006	0.09849222265325	0.20118049532871	0.48957	0.62447433	
fyear2007	0.38396206774437	0.19603726088266	1.95862	0.05025354	.
fyear2008	-0.31296291008328	0.20084559002201	-1.55823	0.11928900	
fyear2009	0.23182620742492	0.19231942461084	1.20542	0.22813877	
fyear2010	-0.54444934628620	0.20244756022575	-2.68934	0.00720055	**
fyear2011	1.13668263508291	0.19913541679581	5.70809	1.2584e-08	***
fyear2012	1.12422565265128	0.19750412857255	5.69216	1.3802e-08	***
fyear2013	0.62024299686854	0.20569073002418	3.01542	0.00258859	**
fyear2014	0.87350212295905	0.20750456497799	4.20956	2.6367e-05	***
fyear2015	2.24672944261894	0.20050828992433	11.20517	< 2.22e-16	***
fyear2016	1.72809257431473	0.20128920555349	8.58512	< 2.22e-16	***
fyear2017	1.29349865604339	0.20313358732636	6.36772	2.2239e-10	***
fyear2018	1.34421340370284	0.20485094443145	6.56191	6.2717e-11	***
fyear2019	1.39019588387252	0.20237678327123	6.86934	7.8654e-12	***
fyear2020	1.41774456663502	0.20266325055976	6.99557	3.2691e-12	***
fyear2021	2.17676253841716	0.20521746867574	10.60710	< 2.22e-16	***
fyear2022	1.27256111516849	0.20811624542591	6.11466	1.0977e-09	***
fyear2023	1.78030386107106	0.19188399114279	9.27802	< 2.22e-16	***
fyear2024	1.66554471982468	0.20338381659756	8.18917	3.9015e-16	***
fyear2025	1.92251531629878	0.20591173101687	9.33660	< 2.22e-16	***
fmonth2	-0.09804025556108	0.16182066812318	-0.60586	0.54465697	
fmonth3	-1.19273754846948	0.15661828521890	-7.61557	3.5324e-14	***
fmonth4	-1.19481179916925	0.14361506654796	-8.31954	< 2.22e-16	***
fmonth5	-0.88694841715985	0.13881044681822	-6.38964	1.9313e-10	***
fmonth6	-0.77809447106341	0.13514589495317	-5.75744	9.4370e-09	***
fmonth7	-0.69173351405490	0.13464973164167	-5.13728	2.9726e-07	***
fmonth8	-0.66047060003835	0.13839211034443	-4.77246	1.9103e-06	***
fmonth9	-0.48408290971830	0.14089623912645	-3.43574	0.00059927	***
fmonth10	-0.33987923396696	0.14818706018951	-2.29358	0.02188590	*
fmonth11	0.04153925653114	0.16223077907756	0.25605	0.79793013	
fmonth12	0.20585956529821	0.18244857836429	1.12832	0.25928028	
areauwa	-1.37047399368849	0.05904567503784	-23.21040	< 2.22e-16	***

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

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 1.19316107867463)

Null deviance: 7049.382409996 on 2934 degrees of freedom
Residual deviance: 3450.621839527 on 2892 degrees of freedom
AIC: 8892.190149183

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
1995	0.63	0.34	0.20	0.55
1996	0.43	0.36	0.26	0.48
1997	0.49	0.40	0.28	0.58
1998	0.54	0.53	0.42	0.66
1999	0.37	0.50	0.32	0.76
2000	0.45	0.21	0.13	0.32
2001	0.26	0.25	0.19	0.33
2002	0.46	0.41	0.27	0.62
2003	0.30	0.33	0.23	0.48
2004	0.33	0.35	0.25	0.48
2005	1.09	0.99	0.72	1.32
2006	0.47	0.38	0.30	0.46
2007	0.57	0.50	0.42	0.59
2008	0.29	0.25	0.21	0.29
2009	0.47	0.43	0.37	0.50
2010	0.26	0.20	0.16	0.25
2011	0.80	1.07	0.86	1.28
2012	1.00	1.06	0.88	1.24
2013	0.63	0.64	0.50	0.80
2014	0.83	0.82	0.62	1.05
2015	2.49	3.24	2.66	3.79
2016	1.96	1.93	1.64	2.21
2017	1.44	1.25	0.99	1.51
2018	1.20	1.32	1.08	1.56
2019	0.99	1.38	1.17	1.59
2020	1.97	1.42	1.11	1.74
2021	2.84	3.02	2.51	3.58
2022	1.34	1.22	0.99	1.49
2023	1.73	2.03	1.78	2.29
2024	2.20	1.81	1.53	2.14
2025	2.20	2.35	1.95	2.81

※ノミナル CPUE は漁獲ゼロのデータも含む平均値

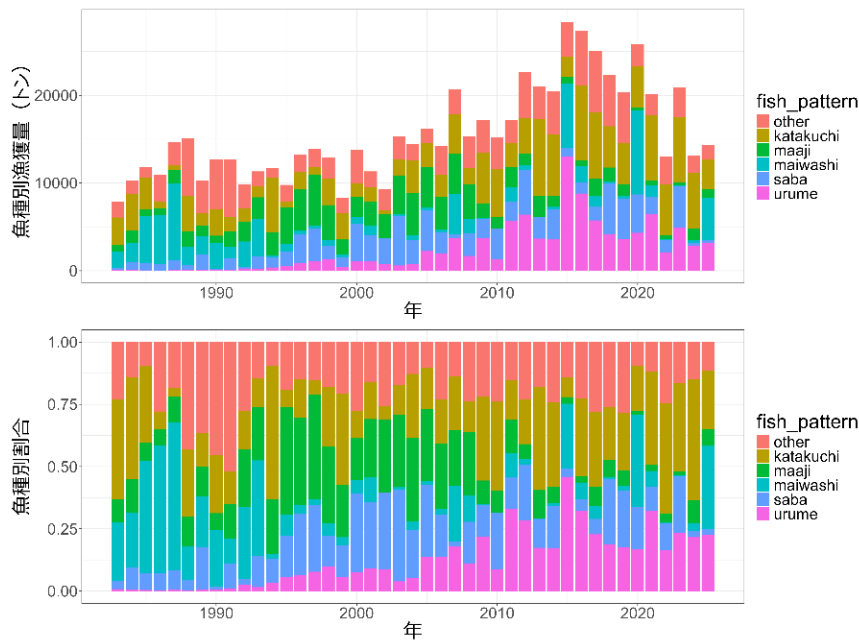


図 1. 魚種別漁獲量と魚種別割合の推移

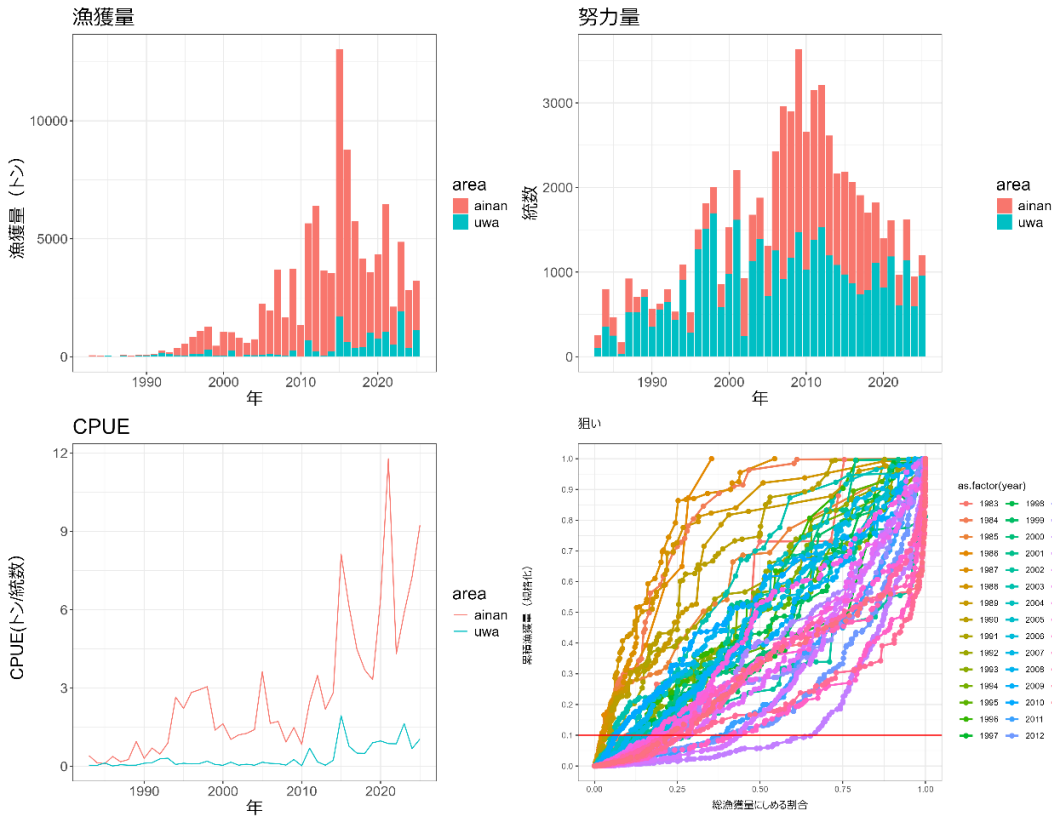


図 2. ウルメイワシの有漁データによる海域別漁獲量・努力量・有漁 CPUE、および年別の漁獲率と累積漁獲量の関係

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。

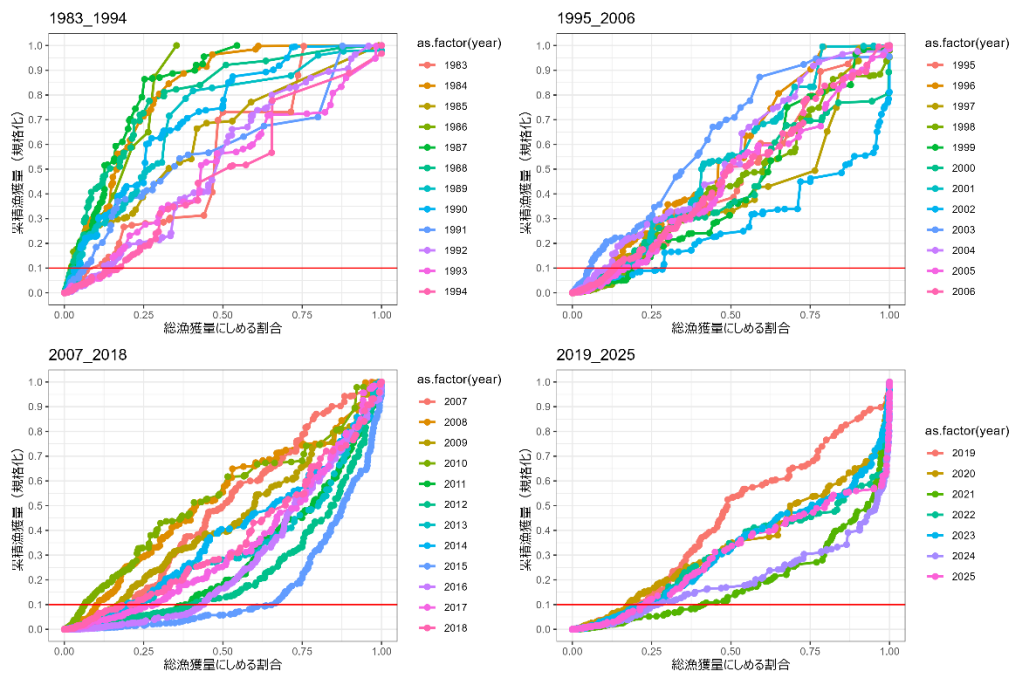


図 3. 漁獲率と累積漁獲量の経年変化

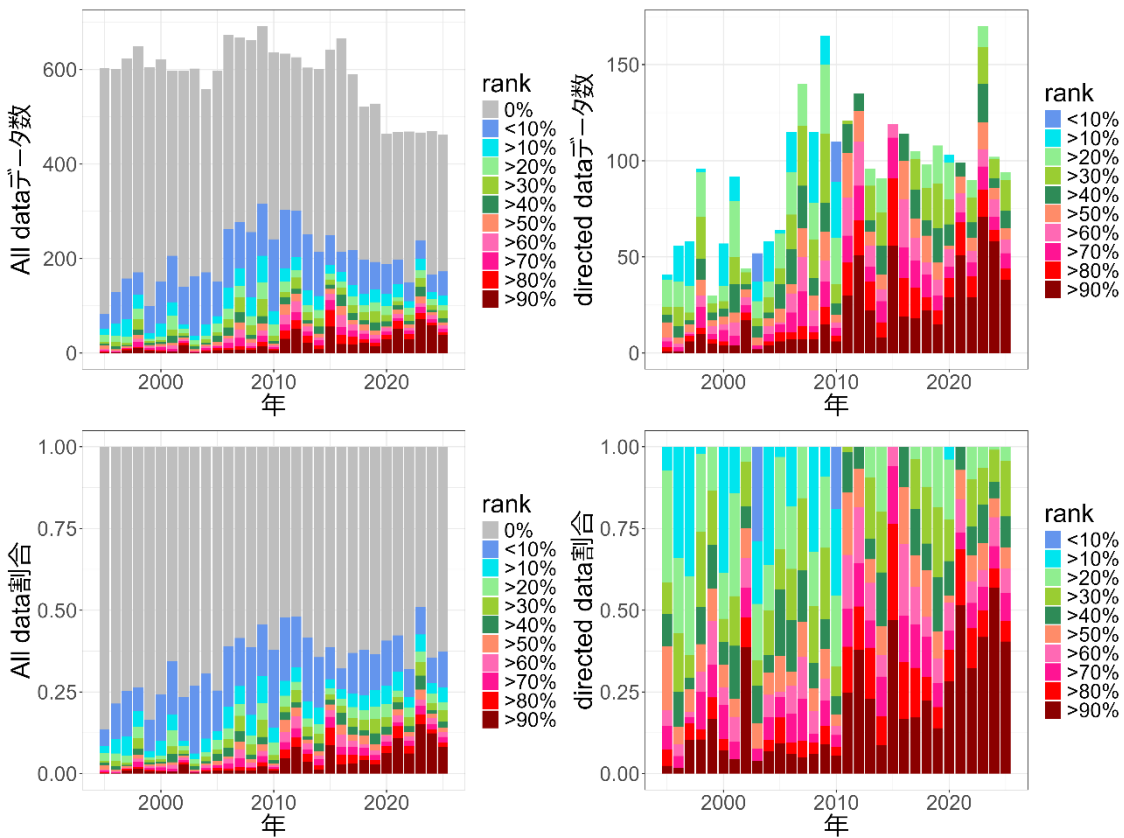


図 4. ウルメイワシの漁獲割合ランクのデータ数（上段）とその割合（下段）の年変動
左が全データ（All data）、右が EL90%で抽出されたデータ（directed data）。

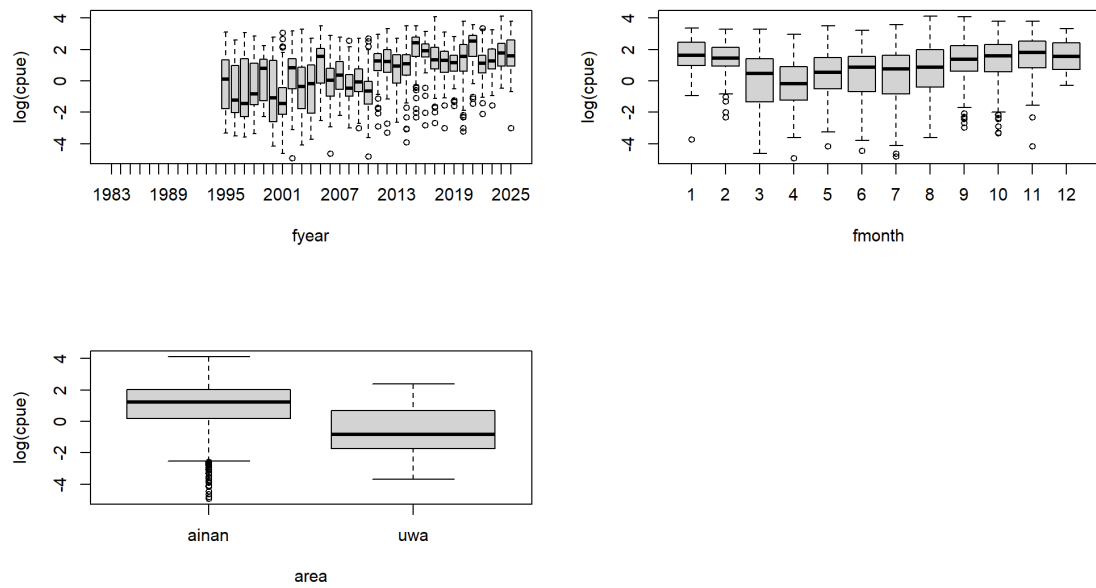


図 5. directed CPUE の対数値と各説明変数の関係

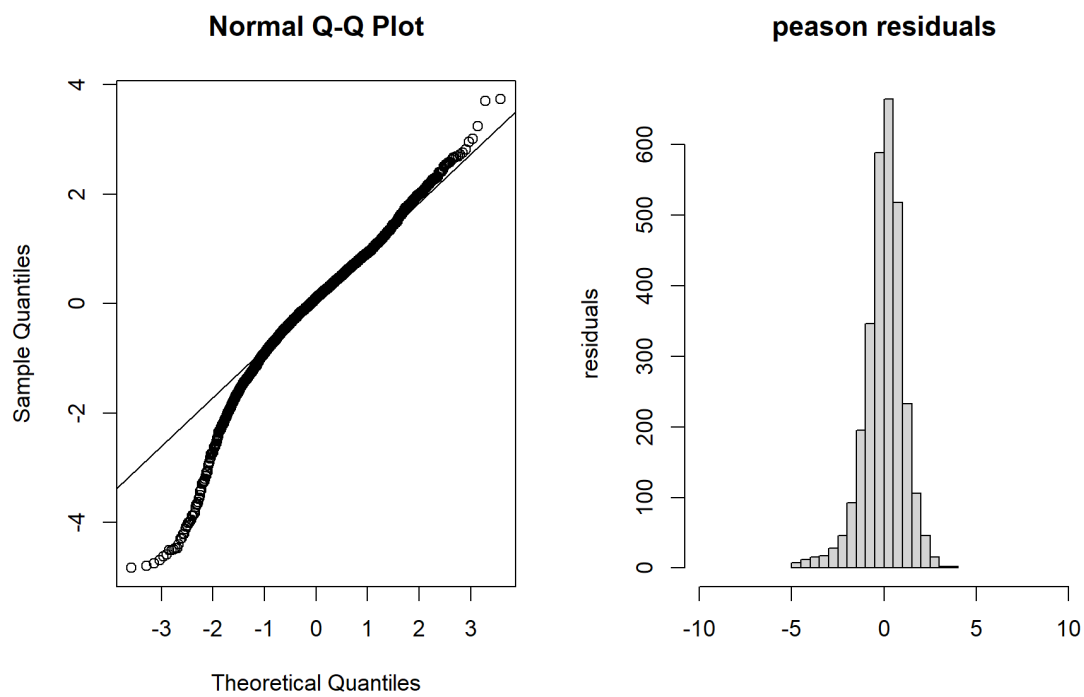


図 6. QQ プロットと残差のヒストグラム

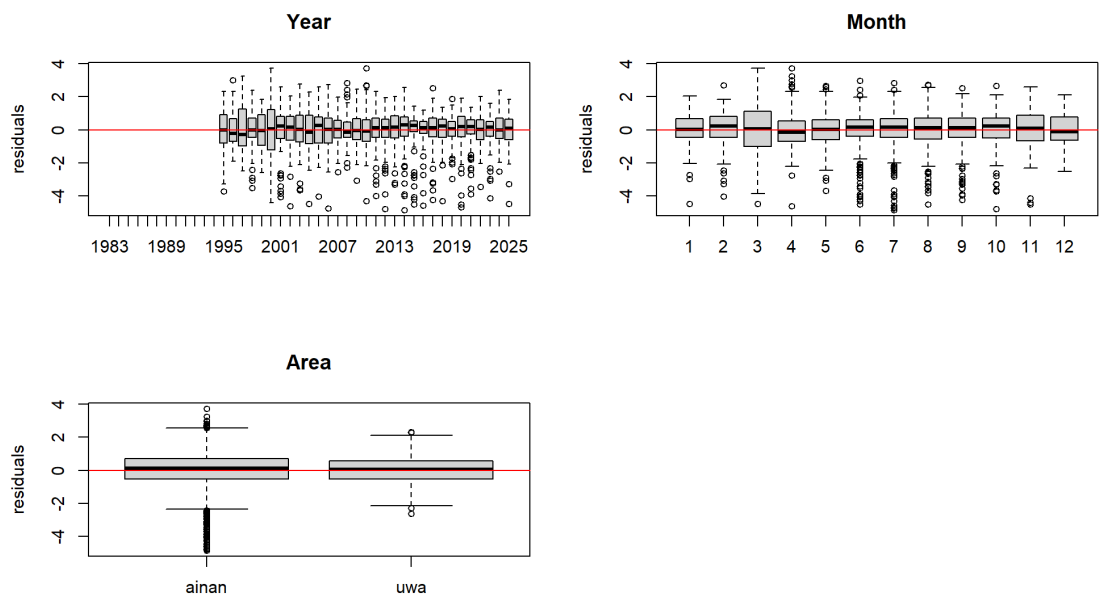


図 7. 残差と説明変数の関係

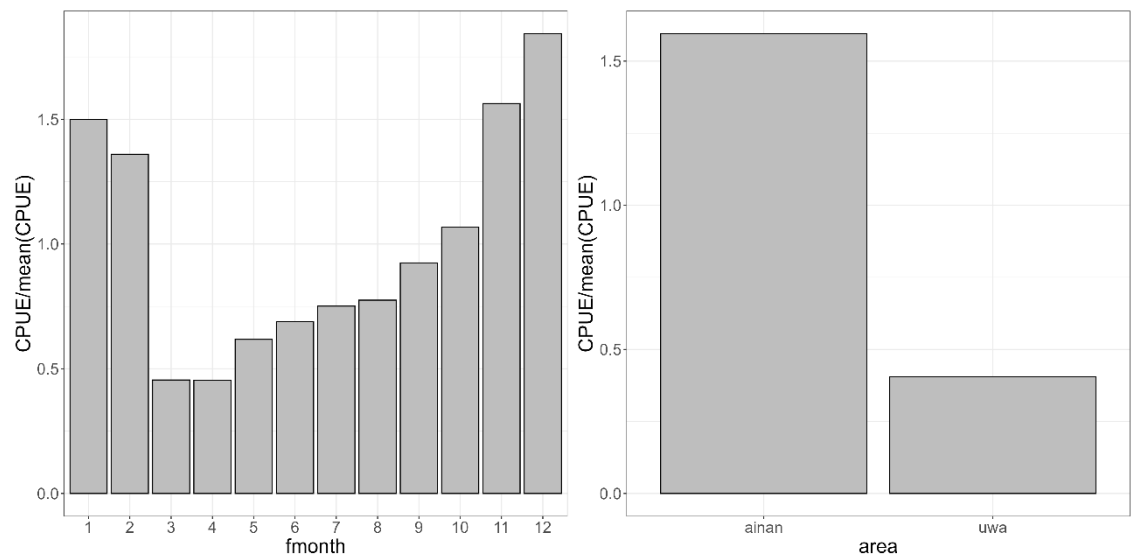


図 8. 年以外の主効果（月・海域）と標準化 CPUE の関係

※ 平均値で割り規格化した。

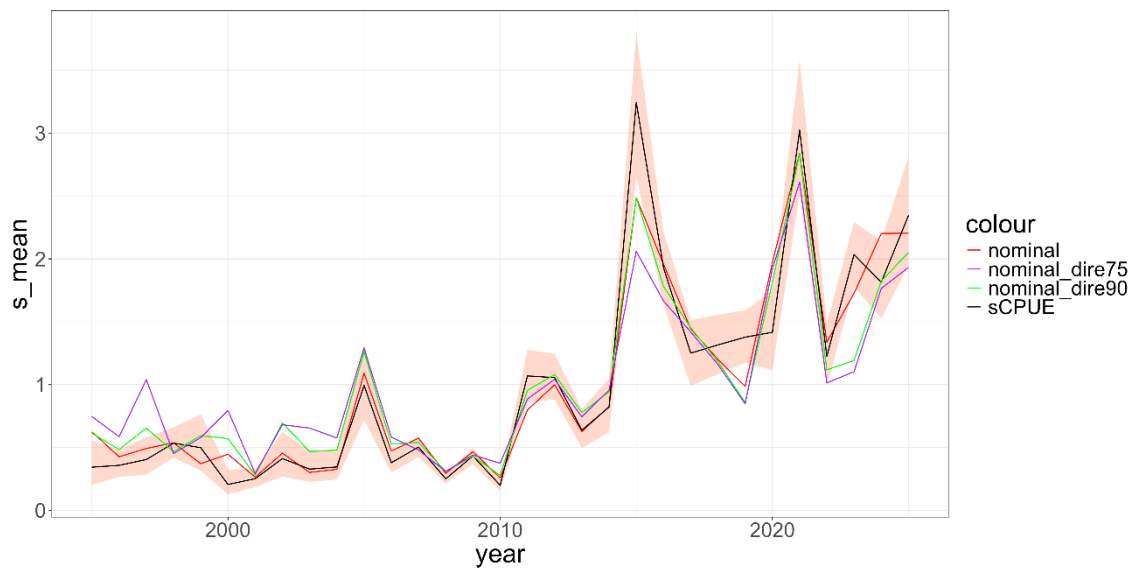


図 9. ノミナル CPUE(nominal)、EL75%のノミナル directed CPUE(nominal_dire75)、EL90%のノミナル directed CPUE(nominal_dire90)、標準化 CPUE(sCPUE)の推移
 ※平均値で割り規格化した。オレンジの幅が標準化 CPUE の 95%信頼区間を示す。

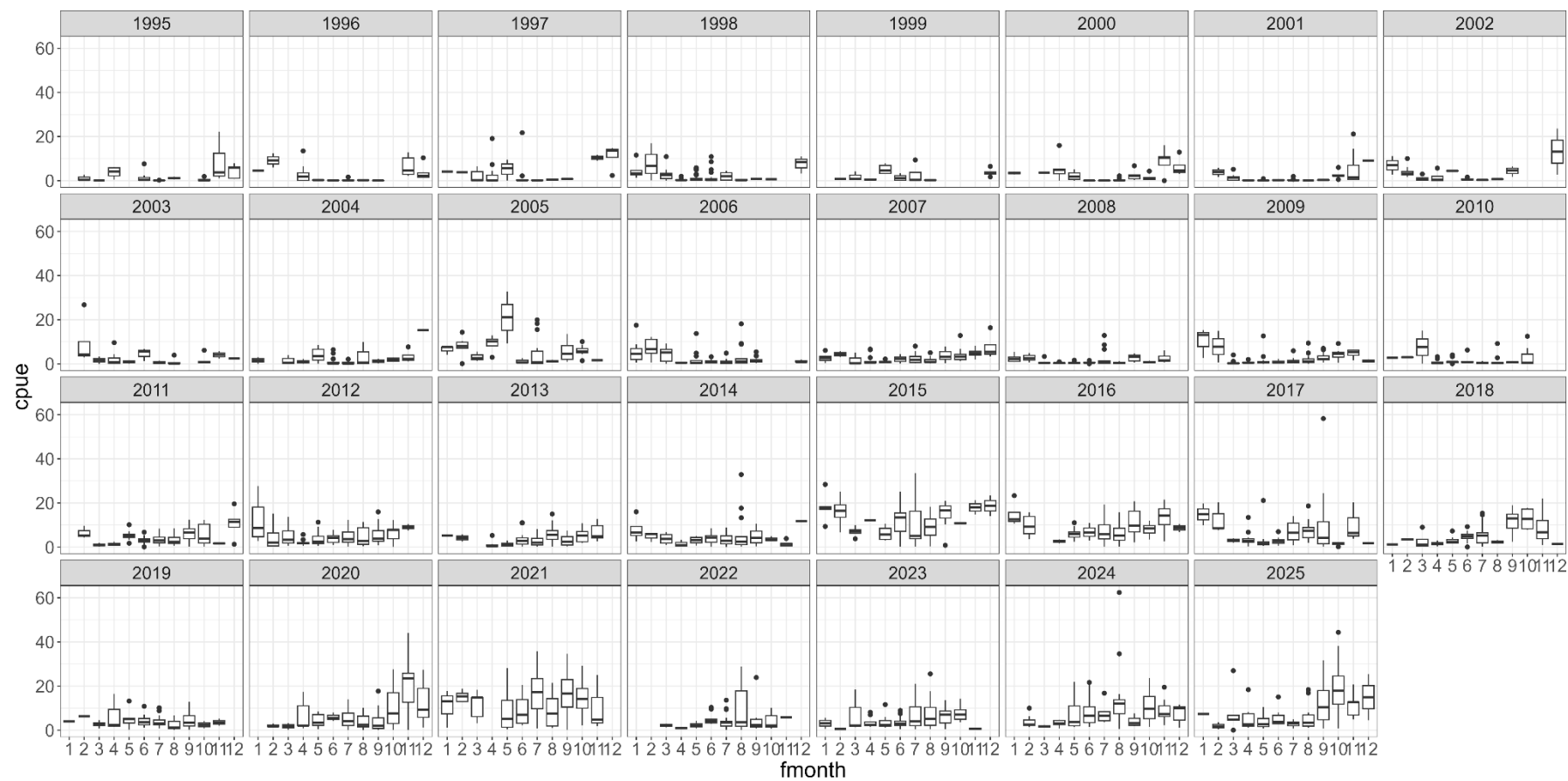


図 10. 年別月別の directed CPUE の推移