

**令和 5（2023）年度マルアジ日本海西・東シナ海系群の資源評価
CPUE 標準化（大中型まき網漁業・長崎県中・小型まき網漁業）・モデル診断結果**

2023 年 10 月 16 日

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

榎本めぐみ、黒田啓行、向草世香、依田真里、平岡優子

概要

データ	東シナ海（ECS）における大中型まき網漁獲成績報告書（1 日 1 隻あたりのマルアジ漁獲量と網数）、長崎県中・小型まき網データ（1 日 1 隻あたりのマルアジ漁獲量）、FRA-ROMS 再解析値（50m 深水温、1993～1999 年、2018 年 4 月 13 日ダウンロード）、FRA-ROMS II 再解析値（50m 深水温、2000～2022 年、2023 年 3 月 7 日ダウンロード）
標準化の対象	【大中型まき網】1 網あたりのマルアジ漁獲量（kg/網） 【中・小型まき網】1 日 1 隻あたりのマルアジ漁獲量（kg/日）
データの利用可能な期間	【大中型まき網】1973～2022 年 【中・小型まき網】2001～2022 年
標準化に使用した期間	【大中型まき網】1993～2022 年（FRA-ROMS および FRA-ROMS II 再解析値が整理された期間） 【中・小型まき網】2001～2022 年
標準化のためのデータ抽出	50m 深水温が欠損したデータを除いた。その後、狙い操業を考慮して抽出したデータの CPUE（Explanation level=90%; Biseau 1998）を標準化の対象とした。大中型まき網については、主漁場である 5 海域（漁海況予報事業区分の ECS 南部・ECS 中部・五島灘薩南・五島西・対馬）のデータを使用した。
統計ソフト・パッケージ	R(4.2.3). 使用関数は gam、dredge、predict、expand.grid
統計モデル	一般化加法混合モデル、一般化加法モデル
フルモデルで導入した説明変数	【大中型まき網】年（カテゴリ、固定）・月（カテゴリ、固定）・海域（カテゴリ、固定）・50m 深水温（スプライン）・月と海域の交互作用項（カテゴリ、固定）・年と月の交互作用（カテゴリ、ランダム）・年と海域の交互作用（カテゴリ、ランダム） 【中・小型まき網】年（カテゴリ、固定）・月（カテゴリ、固定）・海域（カテゴリ、固定）・50m 深水温（スプライン）・月と海域の交互作用項（カテゴリ、固定）・年と月の交互作用（カテゴリ、固定）・年と海域の交互作用（カテゴリ、ランダム）
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	【大中型まき網】年・月・海域 【中・小型まき網】年・月・海域
年トレンドの抽出方法	全ての変数の組み合わせに対する predict 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 300 回繰り返して計算。
資源量指標値の算出方法	大中型まき網および中・小型まき網の標準化 CPUE の相乗平均値
標準化結果	大中型まき網と中・小型まき網の標準化 CPUE はノミナル CPUE や directed CPUE よりも変化が小さく、概ね同様の傾向で増減したが、2022 年においては両者ともノミナル CPUE と異なる傾向を示した。2021 年の大中型まき網については過去最高値を示した。

1. 背景

本系群の資源評価は、大中型まき網および中・小型まき網の漁獲量を元に行われてきた(日野ら 2022)。しかし商業船による 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、本系群の漁獲量に占める大中型まき網の割合は近年減少し、中・小型まき網漁業の割合が増加傾向にある(日野ら 2022)。さらに、大中型まき網および中・小型まき網ではマアジやさば類、いわし類を中心に漁獲しており、マルアジやむろあじ類(ムロアジ、モロ、クサヤモロ、オアカムロ、アカアジ)はそれらの主対象魚種の代替的資源として、主対象魚の漁獲が少ない時に狙って漁獲される狙い対象種に該当すると考えられる。そこで、2つの漁業種類について狙い操業を考慮した CPUE の標準化を試みた。

2. 方法

大中型まき網については、東シナ海における漁獲成績報告書を用い、単位努力量(網数)当たりの漁獲量を CPUE とした。中・小型まき網については長崎県の漁獲データを用い、単位努力量(日・隻数)当たりの漁獲量を CPUE とした(日野ら 2022)。なお、長崎県の中・小型まき網ではマルアジとむろあじ類は厳密に区別して集計されていない。しかし、長崎県周辺漁場ではマルアジとむろあじ類の合計漁獲量に占めるマルアジの割合は 9 割以上と推定されており(Hino et al., 2023)、大半がマルアジと考えられる。そのため長崎県の漁獲データについては、マルアジおよびむろあじ類を全てマルアジとみなして解析した。

2-1. データの抽出

漁業種類別に各年の 1 操業当たりの総漁獲量に占めるマルアジの漁獲割合(マルアジ漁獲率)と、マルアジの累積漁獲量割合(その操業までのマルアジ漁獲量の合計/マルアジ総漁獲量)の関係を調べた結果、年によって変動はあるものの、いずれの漁業種類においてもマルアジ漁獲率が高い操業でその年の漁獲量の多くが漁獲されていた。これは、マルアジを狙った操業が行われていたことを示唆する(図 1)。

そこで、マルアジ合計漁獲量はその年のマルアジ総漁獲量の 90%に達するように、1 操業あたりのマルアジ漁獲率が高いデータから順に抽出し、これを新しいデータセットとし、以下の手法を用いて標準化を行った。ここで、データ抽出の基準は 90%説明レベルと呼ばれる(Biseau 1998)。データ抽出は各年について行い、選ばれたデータの CPUE の年平均値を directed CPUE として計算した(Biseau 1998; 説明レベル 90%と 75%により抽出された結果の比較については 3.結果を参照)。

2-2. 抽出したデータセットを用いた CPUE 標準化

前述した説明レベル 90%で抽出したデータセットを用いて、大中型まき網では対数変換した 1 網当たりの CPUE を、中・小型まき網では対数変換した 1 日 1 隻当たりの CPUE を応答変数とし、モデルの誤差が正規分布に従うと仮定した一般化加法混合モデル(GAMM)を構築した。ベイズ情報量基準(BIC)を基準として、総当たり法によりモデル選択を行なった。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。まずランダム効果の組み合わせの異なるモデル(大中型まき網では 4 通り、中・小型まき網では 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、最も BIC が低かったモデルについてランダム効果を固定したうえで、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。

選択されたモデルを用いて全ての変数の組み合わせについて CPUE を予測した後、得られた CPUE の年平均値を標準化 CPUE とした。また、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。

【大中型まき網】

$\text{Ln}(\text{CPUE}) \sim \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Month} + \text{Kubun} + \text{s}(\text{Temp_50}) + \text{Month} * \text{Kubun} + \text{s}(\text{Year} * \text{Month}, \text{bs} = \text{"re"}) + \text{s}(\text{Year} * \text{Kubun}, \text{bs} = \text{"re"}) + \text{error term}$

説明変数として、年・月・海域・50 m 深水温を用いた。ここで Year は年(1999～2022 年)、Month は月(1～12 月)、Kubun は海域(東シナ海南部・東シナ海中部・五島灘薩南・五島西・対馬、図 2)、Temp_50 は 50 m 深水温、s()は平滑化関数を示す。特定の時期・海域における漁場形成の影響として月と海域の交互作用、経年的な漁場形成時期の変化として年と月の交互作用、および経年的な漁場変化として年と海域の交互作用を含めた。50 m 深水温を連続型変数、それ以外の説明変数をカテゴリカル型変数として扱った。年と月の交互作用および年と海域の交互作用は一部欠測したため、ランダム効果とした。

【中・小型まき網】

$\text{Ln}(\text{CPUE}) \sim \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Month} + \text{Area} + \text{s}(\text{Temp_50}) + \text{Month} * \text{Area} + \text{Year} * \text{Month} + \text{s}(\text{Year} * \text{Area}, \text{bs} = \text{"re"}) + \text{error term}$

説明変数として、年・月・海域・50 m 深水温を用いた。ここで Year は年(2001～2022 年)、Month は月(1～12 月)、Area は海域(対馬海域・県北海域・県南海域・五島海域、図 2)、Temp_50 は 50 m 深水温、s()は平滑化関数を示す。特定の時期・海域における漁場形成の影響として月と海域の交互作用、経年的な漁場形成時期の変化として年と月の交互作用、および経年的な漁場変化として年と海域の交互作用を含めた。50 m 深水温を連続型変数、それ以外の説明変数をカテゴリカル型変数として扱った。

3. 結果と考察

3.1 データの抽出

いずれの漁業種類においても EL90%と 75%の directed CPUE はいずれも概ね同様の年変動を示した

が、大中型まき網では説明レベルが 75% の場合、一部の年でデータ数が 10 未満となった（表 1）。資源量指標値の算出では、狙い操業を考慮した上で、なるべく多くのデータを用いて CPUE を計算することが適切であると考えられる。そこで、EL90% で抽出したデータセットを標準化の対象とした。

3.2 抽出したデータセットを用いた CPUE 標準化

CPUE の対数と各説明変数の関係を図 3 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、3 に示した。それぞれ以下のモデルが選択された。

【大中型まき網】 $\text{Ln}(\text{CPUE}) \sim \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Month} + \text{Kubun} + \text{error term}$

【中・小型まき網】 $\text{Ln}(\text{CPUE}) \sim \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Month} + \text{Area} + \text{error term}$

選択されたモデルの残差プロットを図 4 に、選択されたモデルに含まれる説明変数の残差の正規性・等分散性を図 5 に示した。いずれも問題が無いと判断された。図 6 に標準化 CPUE に対する各説明変数の効果を示した。

図 6 に標準化 CPUE に対する各説明変数の効果を示した。月の効果の最小二乗平均 (LSmean) を計算したところ、いずれの漁業種類でも冬期の効果が高く、夏期の効果が低い季節変動が見られた。海域の LSmean は、大中型まき網漁業では東シナ海南部で最も高い効果が見られ、中・小型まき網では対馬海域の効果が高かった。

大中型まき網の標準化 CPUE ($\text{CPUE}_{\text{LMPS}}$) の推移を、ノミナル CPUE (全データの CPUE 年平均値) や directed CPUE と比較する。ここで、それぞれの CPUE は 1993 年～2022 年の平均値で割って規格化した（表 4）。標準化 CPUE は他の CPUE に比べると変動の幅が小さく、概ね同様の傾向で増減したが、2005 年以降はノミナル CPUE との差が大きかった。また、2013～2017 年は directed CPUE よりも高かった。2022 年は、2021 年から増加したノミナル CPUE とは異なり、標準化 CPUE は directed CPUE と同様に減少した。直近 5 年間の傾向は、2021 年に高い値だったものの、全体としては横ばいで推移した（図 7）。

中・小型まき網の標準化 CPUE ($\text{CPUE}_{\text{SMPS}}$) の推移を、ノミナル CPUE や directed CPUE と比較する。ここで、それぞれの CPUE は 2001 年～2022 年の平均値で割って規格化した（表 4）。標準化 CPUE は他の CPUE と概ね同様の傾向で増減を繰り返したが、2020 年以降はノミナル CPUE とは異なる傾向を示しており、2022 年は 2021 年よりもやや増加した。直近 5 年間の傾向は、2018 年に高い値だったものの、全体としては横ばいで推移した。

$\text{CPUE}_{\text{LMPS}}$ と $\text{CPUE}_{\text{SMPS}}$ は概ね同様の傾向で増減したが、近年は増減のずれが大きかった。2018 年には $\text{CPUE}_{\text{SMPS}}$ が、2021 年には $\text{CPUE}_{\text{LMPS}}$ が一時的に増加し、いずれも期間内で最高値を示した（図 8）。資源量指標値 (I) は、大中型まき網および中・小型まき網のデータがある 2001 年以降は標準化 CPUE の相乗平均値を用いた（式 1）。大中型まき網のデータのみがある 1993～2000 年は、2001 年以降の $\text{CPUE}_{\text{LMPS}}$ の平均値と I の平均値の比を用いて、 $\text{CPUE}_{\text{LMPS}}$ を補正した数値を使用した（式 2）。2022 年の資源量指標値は 2021 年よりは減少したものの、直近 5 年間は横ばいで推移した（図 8）。

$$I_y = \sqrt{CPUE_{LMPS,y} \times CPUE_{SMPS,y}} \quad (2001 \leq y \leq 2022) \quad (1)$$

$$I_y = CPUE_{LMPS,y} \times \sum_{k=2001}^{2022} I_k \bigg/ \sum_{k=2001}^{2022} CPUE_{LMPS,k} \quad (1993 \leq y \leq 2000) \quad (2)$$

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
- Hino, H., H. Kurota, S. Muko, S. Ohshimo (2023) Estimation of preferred habitats and total catch amount of the round scad *Decapterus maruadsi* and five other scad species in the East China Sea and Sea of Japan. *JARQ*.
- 日野晴彦・高橋素光・黒田啓行・向草世香・国松翔太 (2022) 令和 4(2022)年度マルアジ日本海西・東シナ海系群の資源評価. 令和 4 年度我が国周辺水域の漁業資源評価. FRA-SA2022-SC01-01
- 日野晴彦・黒田啓行・向草世香 (2022) マルアジの大中小型まき網漁業および中・小型まき網漁業の CPUE 標準化. FRA-SA2022-SC01-201
- 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.
- 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
- 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. 漁業種類別の元データ数・有漁データ数、説明レベル（EL75%、EL90%）毎の抽出データ数

年	大中型まき網				中・小型まき網			
	元データ	有漁データ	EL90%	EL75%	元データ	有漁データ	EL90%	EL75%
1993	7230	1100	250	108				
1994	7642	427	80	53				
1995	7681	462	187	136				
1996	7767	591	230	164				
1997	6334	642	199	123				
1998	6752	596	171	108				
1999	7011	792	171	108				
2000	6806	644	196	125				
2001	6492	764	293	176	8819	1516	593	309
2002	5420	760	185	123	8481	1683	641	424
2003	5437	639	149	79	9116	1931	681	366
2004	5292	744	206	77	9210	1815	685	385
2005	5191	914	221	84	8059	1131	356	183
2006	5124	1103	244	90	7881	1251	498	311
2007	4730	954	263	126	8263	1610	687	409
2008	4387	695	138	59	8039	1165	433	239
2009	4002	569	158	81	6981	991	368	223
2010	4276	621	184	92	6618	978	391	255
2011	4425	515	79	45	7124	981	353	226
2012	4195	358	62	32	6940	949	342	224
2013	4183	203	60	31	6350	909	341	223
2014	4053	232	63	39	5648	854	340	212
2015	3990	190	41	25	6467	521	210	126
2016	3500	177	46	26	6137	454	143	84
2017	3575	124	27	17	6751	478	211	125
2018	3336	99	23	9	6496	916	365	198
2019	3389	157	51	29	6166	903	386	221
2020	2918	103	33	20	5428	876	412	285
2021	3125	116	17	9	5615	1066	534	349
2022	3197	233	63	29	5178	365	150	93

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）

【大中型まき網（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）】

```

> res_directed_maru_full_REML1<-gam(log(cpue) ~ fYear + fMonth + fKubun + s(Temp_50) +fMonth*fKubun +
+                                     s(fYear,fMonth,bs="re")+s(fYear,fKubun,bs="re"),data=data2,method="REML")
> res_directed_maru_full_REML2<-gam(log(cpue) ~ fYear + fMonth + fKubun + s(Temp_50) +fMonth*fKubun +
+                                     s(fYear,fMonth,bs="re"),data=data2,method="REML")
> res_directed_maru_full_REML3<-gam(log(cpue) ~ fYear + fMonth + fKubun + s(Temp_50) +fMonth*fKubun +
+                                     s(fYear,fKubun,bs="re"),data=data2,method="REML")
> res_directed_maru_full_REML4<-gam(log(cpue) ~ fYear + fMonth + fKubun + s(Temp_50) +fMonth*fKubun
+                                     ,data=data2,method="REML")
> BIC(res_directed_maru_full_REML1,res_directed_maru_full_REML2,res_directed_maru_full_REML3,res_directed_maru_full_REML4)

```

	df	BIC
res_directed_maru_full_REML1	225.16344	14481.49
res_directed_maru_full_REML2	193.26932	14354.34
res_directed_maru_full_REML3	143.69150	14038.24
res_directed_maru_full_REML4	96.87206	13851.49

```

> select_directed_maru_full

```

```

Global model call: gam(formula = log(cpue) ~ fYear + fMonth + fKubun + s(Temp_50) +
  fMonth * fKubun, data = data2)

```

Model selection table

	(Int)	fkb	fMn	fYr	s(Tmp_50)	fKb:fMn	df	logLik	BIC	delta	weight
8	8.609	+	+	+			46	-6625.513	13633.6	0.00	0.66
16	8.824	+	+	+	+		52	-6599.783	13634.9	1.33	0.34
32	8.094	+	+	+	+	+	96	-6522.806	13847.8	214.23	0.00
24	7.974	+	+	+		+	90	-6553.379	13855.2	221.65	0.00
14	7.953	+		+	+		38	-6774.413	13867.8	234.27	0.00

【中・小型まき網（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）】

```
> res_directed_maru_full_REML1<-gam(log(cpue)~fYear+fMonth+fArea+s(Temp_50)+fMonth*fArea
+
+ fYear*fMonth+s(fYear,fArea,bs="re"),data=data2,method="REML")
> res_directed_maru_full_REML2<-gam(log(cpue)~fYear+fMonth+fArea+s(Temp_50)+fMonth*fArea
+
+ fYear*fMonth,data=data2,method="REML")
> BIC(res_directed_maru_full_REML1,res_directed_maru_full_REML2)
              df      BIC
res_directed_maru_full_REML1 346.2052 33874.82
res_directed_maru_full_REML2 302.2249 33708.47
```

```
> select_directed_maru
```

```
Global model call: gam(formula = log(cpue) ~ fYear + fMonth + fArea + s(Temp_50) +
  fMonth * fArea + fYear * fMonth, data = data2)
```

```
---
```

Model selection table

	(Int)	fAr	fMn	fYr	s(Tmp_50)	fAr:fMn	fMn:fYr	df	logLik	BIC	delta	weight
8	7.039	+	+	+				37	-16004.18	32345.7	0.00	1
16	6.877	+	+	+	+			45	-15982.78	32377.7	31.97	0
24	6.791	+	+	+		+		70	-15927.29	32492.9	147.12	0
32	6.674	+	+	+	+	+		78	-15904.96	32527.2	181.45	0
14	6.663	+		+	+			33	-16162.07	32634.0	288.24	0

表 3. 選択されたモデルにおける推定パラメーター

【大中型まき網】

```
> summary(best_directed_maru)
```

Family: gaussian
Link function: identity

Formula:
log(cpue) ~ fYear + fMonth + fkubun

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	8.60909	0.14032	61.354	< 2e-16	***
fYear1994	0.91883	0.15944	5.763	8.88e-09	***
fYear1995	1.42100	0.12102	11.742	< 2e-16	***
fYear1996	1.42800	0.12047	11.854	< 2e-16	***
fYear1997	0.78059	0.11815	6.607	4.44e-11	***
fYear1998	-0.24072	0.12360	-1.948	0.051539	.
fYear1999	1.05064	0.12655	8.302	< 2e-16	***
fYear2000	0.38717	0.12039	3.216	0.001311	**
fYear2001	0.28382	0.10762	2.637	0.008388	**
fYear2002	1.32025	0.12274	10.756	< 2e-16	***
fYear2003	1.16883	0.13125	8.905	< 2e-16	***
fYear2004	-0.52112	0.11963	-4.356	1.36e-05	***
fYear2005	-0.46919	0.11581	-4.051	5.19e-05	***
fYear2006	-0.29388	0.11349	-2.589	0.009647	**
fYear2007	0.21752	0.11299	1.925	0.054280	.
fYear2008	0.49169	0.13264	3.707	0.000213	***
fYear2009	0.08725	0.12656	0.689	0.490610	
fYear2010	-0.47065	0.12247	-3.843	0.000123	***
fYear2011	0.86819	0.16244	5.345	9.55e-08	***
fYear2012	-0.21956	0.17692	-1.241	0.214681	
fYear2013	0.08920	0.17949	0.497	0.619253	
fYear2014	0.07736	0.17741	0.436	0.662807	
fYear2015	0.42102	0.21117	1.994	0.046242	*
fYear2016	0.55941	0.20027	2.793	0.005243	**
fYear2017	0.63822	0.25181	2.535	0.011298	*
fYear2018	0.27094	0.27112	0.999	0.317693	
fYear2019	-0.29998	0.19195	-1.563	0.118180	
fYear2020	0.65928	0.23161	2.846	0.004443	**
fYear2021	1.46078	0.30959	4.718	2.46e-06	***
fYear2022	0.57431	0.17671	3.250	0.001164	**
fMonth2	-0.37419	0.06878	-5.441	5.62e-08	***
fMonth3	-0.50592	0.07243	-6.985	3.31e-12	***
fMonth4	-0.93853	0.08759	-10.715	< 2e-16	***
fMonth5	-1.20889	0.10089	-11.983	< 2e-16	***
fMonth6	-1.26843	0.10322	-12.289	< 2e-16	***
fMonth7	-1.38407	0.10828	-12.783	< 2e-16	***
fMonth8	-1.15892	0.11593	-9.996	< 2e-16	***
fMonth9	-0.74198	0.10089	-7.354	2.32e-13	***
fMonth10	-0.78086	0.10114	-7.721	1.45e-14	***
fMonth11	-0.61453	0.10086	-6.093	1.21e-09	***
fMonth12	-0.48386	0.08973	-5.392	7.35e-08	***
fkubunECSNanbu	0.87966	0.11931	7.373	2.02e-13	***
fkubunGotoNadaSatsunan	-0.94701	0.11100	-8.531	< 2e-16	***
fkubunGotoNishi	-0.44500	0.11348	-3.921	8.95e-05	***
fkubunTsushima	0.01651	0.11101	0.149	0.881793	

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

R-sq.(adj) = 0.407 Deviance explained = 41.4%
GCV = 1.5282 Scale est. = 1.5114 n = 4090

【中・小型まき網】

```
> summary(best_directed_maru)
```

Family: gaussian

Link function: identity

Formula:

log(cpue) ~ fYear + fMonth + fArea

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	7.039035	0.090612	77.683	< 2e-16	***
fYear2002	1.074085	0.080185	13.395	< 2e-16	***
fYear2003	0.801183	0.079323	10.100	< 2e-16	***
fYear2004	0.328779	0.079381	4.142	3.48e-05	***
fYear2005	0.376582	0.094807	3.972	7.18e-05	***
fYear2006	0.195795	0.085896	2.279	0.022664	*
fYear2007	0.088739	0.079345	1.118	0.263425	
fYear2008	0.498097	0.090544	5.501	3.88e-08	***
fYear2009	0.711774	0.094320	7.546	4.91e-14	***
fYear2010	0.570014	0.093003	6.129	9.21e-10	***
fYear2011	1.075648	0.095248	11.293	< 2e-16	***
fYear2012	1.001407	0.096402	10.388	< 2e-16	***
fYear2013	0.844015	0.096141	8.779	< 2e-16	***
fYear2014	0.607441	0.096362	6.304	3.04e-10	***
fYear2015	0.441506	0.113801	3.880	0.000105	***
fYear2016	0.708322	0.131842	5.373	7.96e-08	***
fYear2017	0.815201	0.113978	7.152	9.20e-13	***
fYear2018	1.425967	0.096762	14.737	< 2e-16	***
fYear2019	0.845292	0.094183	8.975	< 2e-16	***
fYear2020	0.747369	0.092277	8.099	6.25e-16	***
fYear2021	0.502938	0.085759	5.865	4.66e-09	***
fYear2022	0.733147	0.128876	5.689	1.32e-08	***
fMonth2	-0.007023	0.086929	-0.081	0.935613	
fMonth3	-0.301642	0.085021	-3.548	0.000390	***
fMonth4	-0.538435	0.084725	-6.355	2.18e-10	***
fMonth5	-0.732011	0.081513	-8.980	< 2e-16	***
fMonth6	-0.789195	0.082076	-9.615	< 2e-16	***
fMonth7	-0.957640	0.082231	-11.646	< 2e-16	***
fMonth8	-0.572054	0.084033	-6.807	1.06e-11	***
fMonth9	-0.476510	0.077742	-6.129	9.19e-10	***
fMonth10	-0.301416	0.076104	-3.961	7.53e-05	***
fMonth11	-0.071837	0.075992	-0.945	0.344520	
fMonth12	-0.075645	0.083402	-0.907	0.364440	
fArea県北海域	0.458535	0.048565	9.442	< 2e-16	***
fArea五島海域	-0.263618	0.053208	-4.955	7.38e-07	***
fArea対馬海域	0.791055	0.071844	11.011	< 2e-16	***

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

R-sq.(adj) = 0.149 Deviance explained = 15.3%

GCV = 1.9733 Scale est. = 1.9655 n = 9120

表 4. 平均値で規格化したノミナル CPUE、説明レベル（EL75%、EL90%）で抽出した CPUE、標準化 CPUE とその信頼区間の下限・上限

【大中型まき網】						
年	ノミナル CPUE	EL90%	EL75%	標準化 CPUE	信頼区間下限	信頼区間上限
1993	1.10	0.79	1.01	0.55	0.46	0.64
1994	0.58	1.38	1.17	1.38	1.11	1.69
1995	2.47	2.56	2.08	2.28	1.94	2.65
1996	3.22	2.74	2.26	2.29	1.92	2.67
1997	1.69	1.34	1.22	1.20	1.00	1.40
1998	0.45	0.45	0.40	0.43	0.35	0.51
1999	2.21	2.29	2.13	1.57	1.31	1.87
2000	0.82	0.68	0.60	0.81	0.67	0.94
2001	1.13	0.64	0.61	0.73	0.61	0.83
2002	1.94	1.41	1.22	2.06	1.73	2.37
2003	1.52	1.40	1.58	1.77	1.44	2.19
2004	0.44	0.28	0.41	0.33	0.26	0.40
2005	0.68	0.39	0.56	0.34	0.27	0.42
2006	1.15	0.60	0.91	0.41	0.33	0.49
2007	1.75	0.80	0.93	0.68	0.57	0.81
2008	2.24	1.79	2.47	0.90	0.71	1.11
2009	1.31	0.84	0.94	0.60	0.49	0.75
2010	0.81	0.47	0.53	0.34	0.27	0.43
2011	0.85	1.14	1.14	1.31	0.96	1.67
2012	0.28	0.47	0.52	0.44	0.31	0.58
2013	0.24	0.42	0.46	0.60	0.43	0.80
2014	0.23	0.37	0.32	0.59	0.42	0.82
2015	0.21	0.50	0.44	0.84	0.58	1.20
2016	0.35	0.63	0.60	0.96	0.68	1.37
2017	0.20	0.65	0.58	1.04	0.77	1.47
2018	0.15	0.54	0.71	0.72	0.44	1.22
2019	0.20	0.33	0.34	0.41	0.30	0.56
2020	0.23	0.53	0.49	1.06	0.63	1.67
2021	0.48	2.21	1.64	2.37	1.35	3.61
2022	1.06	1.37	1.71	0.98	0.69	1.30

【中・小型まき網】

年	ノミナル CPUE	EL90%	EL75%	標準化 CPUE	信頼区間下限	信頼区間上限
2001	0.60	0.50	0.57	0.49	0.44	0.55
2002	1.64	1.22	1.10	1.44	1.28	1.61
2003	1.50	1.13	1.26	1.10	0.96	1.23
2004	0.85	0.64	0.68	0.68	0.62	0.76
2005	0.59	0.75	0.88	0.72	0.62	0.83
2006	0.54	0.48	0.46	0.60	0.53	0.67
2007	0.69	0.46	0.46	0.54	0.48	0.59
2008	0.79	0.83	0.90	0.81	0.71	0.93
2009	0.85	0.91	0.90	1.00	0.86	1.15
2010	0.94	0.89	0.82	0.87	0.75	1.00
2011	1.06	1.20	1.12	1.44	1.27	1.64
2012	1.10	1.26	1.15	1.34	1.16	1.54
2013	0.99	1.04	0.95	1.14	0.98	1.30
2014	1.04	0.97	0.93	0.90	0.77	1.02
2015	0.45	0.78	0.77	0.76	0.64	0.94
2016	0.56	1.34	1.37	1.00	0.78	1.27
2017	0.59	1.07	1.08	1.11	0.93	1.32
2018	2.49	2.48	2.74	2.05	1.75	2.37
2019	1.45	1.30	1.34	1.14	1.00	1.29
2020	1.38	1.02	0.88	1.04	0.93	1.17
2021	1.45	0.85	0.78	0.81	0.72	0.92
2022	0.46	0.89	0.86	1.02	0.83	1.30

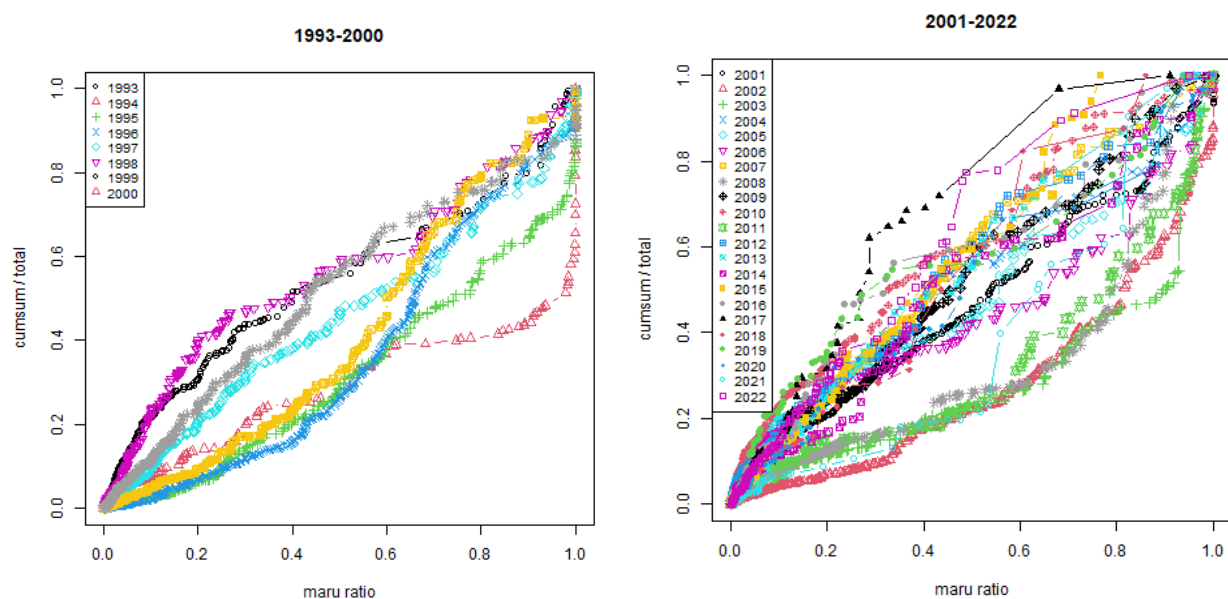
※ノミナル CPUE は漁獲ゼロのデータも含む.

表 5. 大中型まき網および中・小型まき網の標準化 CPUE、資源量指標値の推移

年	大中型まき網 標準化 CPUE	中・小型まき網 標準化 CPUE	資源量指標値
1993	0.55		0.56
1994	1.38		1.40
1995	2.28		2.32
1996	2.29		2.34
1997	1.20		1.22
1998	0.43		0.44
1999	1.57		1.60
2000	0.81		0.82
2001	0.73	0.49	0.60
2002	2.06	1.44	1.72
2003	1.77	1.10	1.39
2004	0.33	0.68	0.47
2005	0.34	0.72	0.50
2006	0.41	0.60	0.49
2007	0.68	0.54	0.61
2008	0.90	0.81	0.85
2009	0.60	1.00	0.78
2010	0.34	0.87	0.55
2011	1.31	1.44	1.37
2012	0.44	1.34	0.77
2013	0.60	1.14	0.83
2014	0.59	0.90	0.73
2015	0.84	0.76	0.80
2016	0.96	1.00	0.98
2017	1.04	1.11	1.08
2018	0.72	2.05	1.21
2019	0.41	1.14	0.68
2020	1.06	1.04	1.05
2021	2.37	0.81	1.39
2022	0.98	1.02	1.00

※資源量指標値は大中型まき網および中小型まき網の標準化 CPUE の相乗平均値。1993～2000 年の資源量指標値は 2001～2022 年の資源量指標値と大中型まき網標準化 CPUE の平均値の比を大中型まき網標準化 CPUE に乗じて補正した。。

【大中型まき網】



【中・小型まき網】

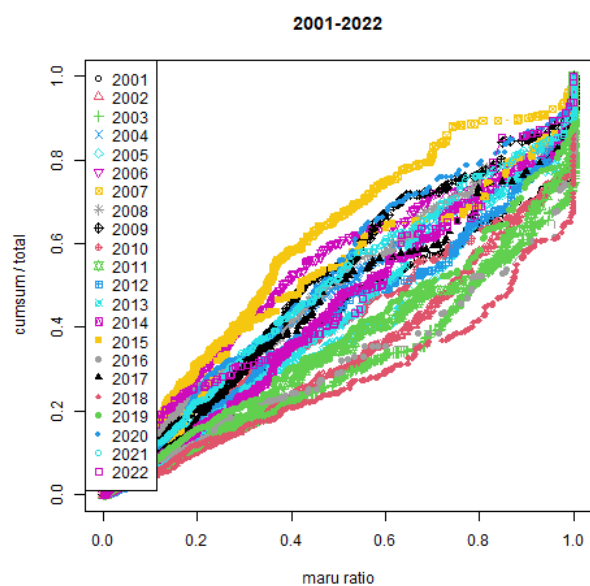
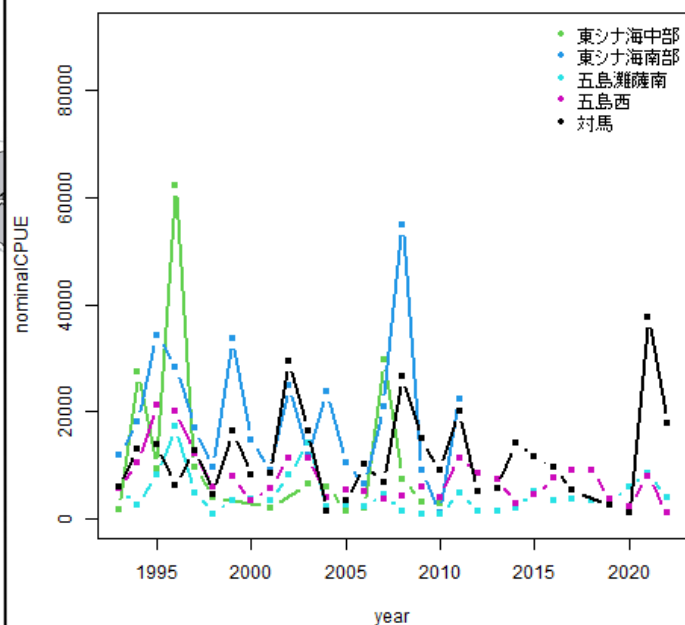
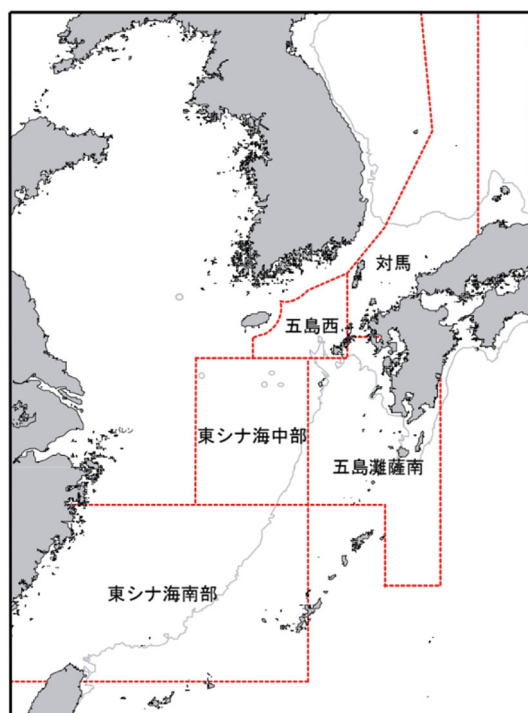


図 1. 各年のマルアジ漁獲率と累積のマルアジ漁獲割合の関係

【大中型まき網】



【中・小型まき網】

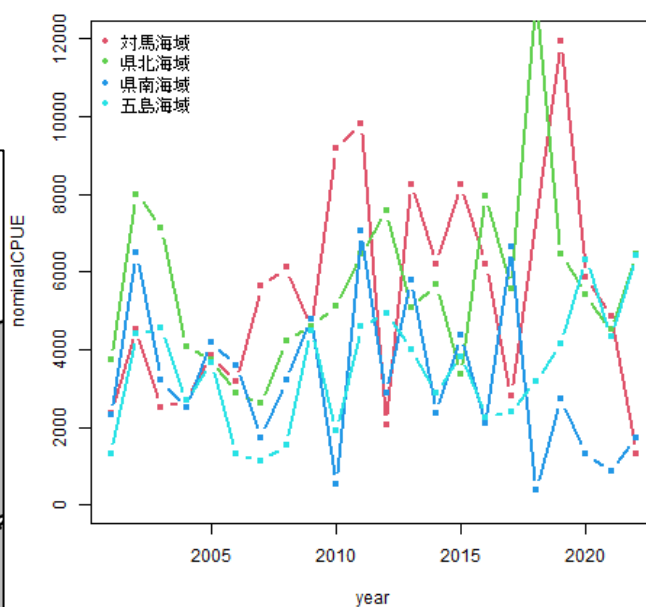
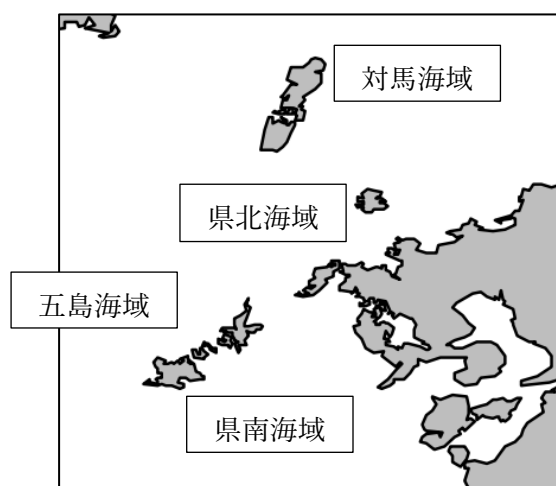
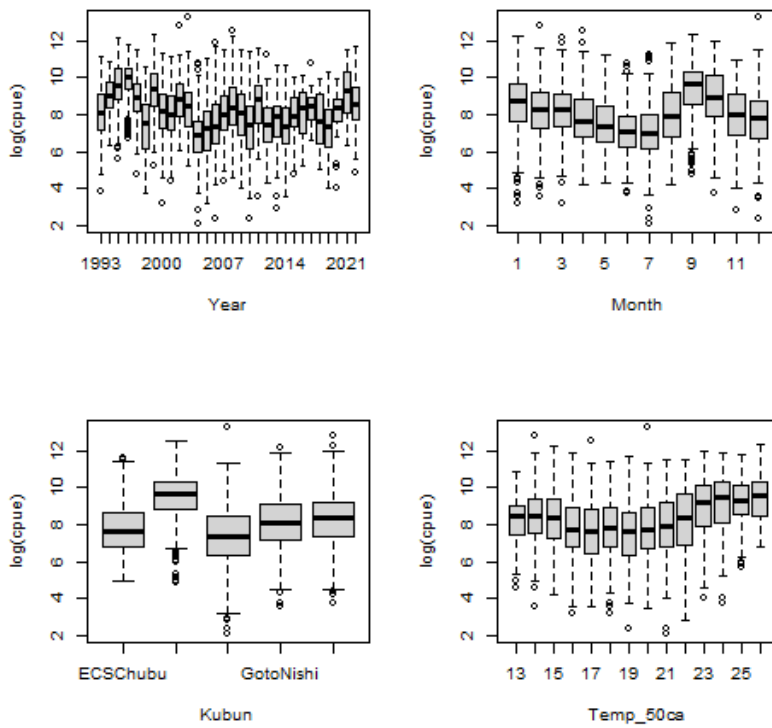


図 2. 海域の定義と海域別の directed CPUE の推移

【大中型まき網】



【中・小型まき網】

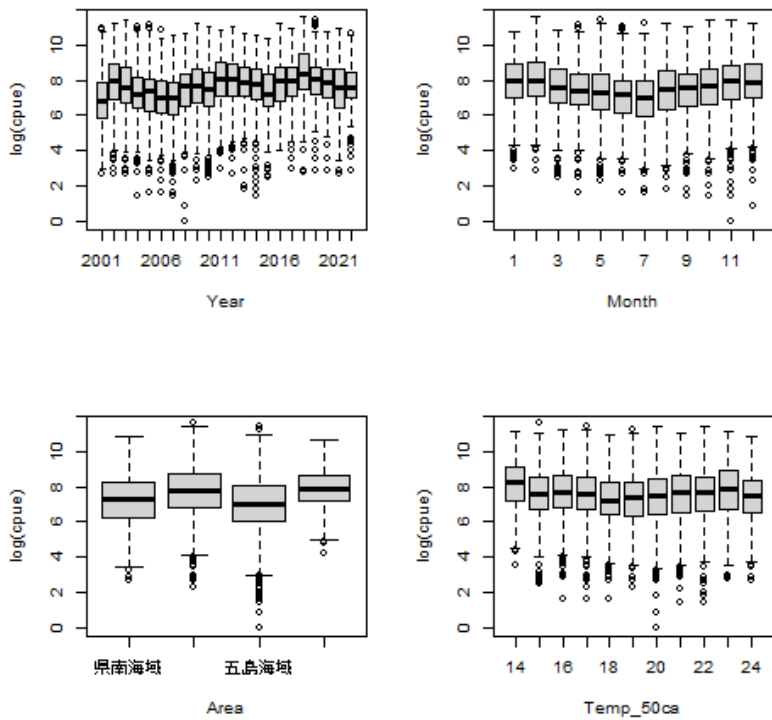
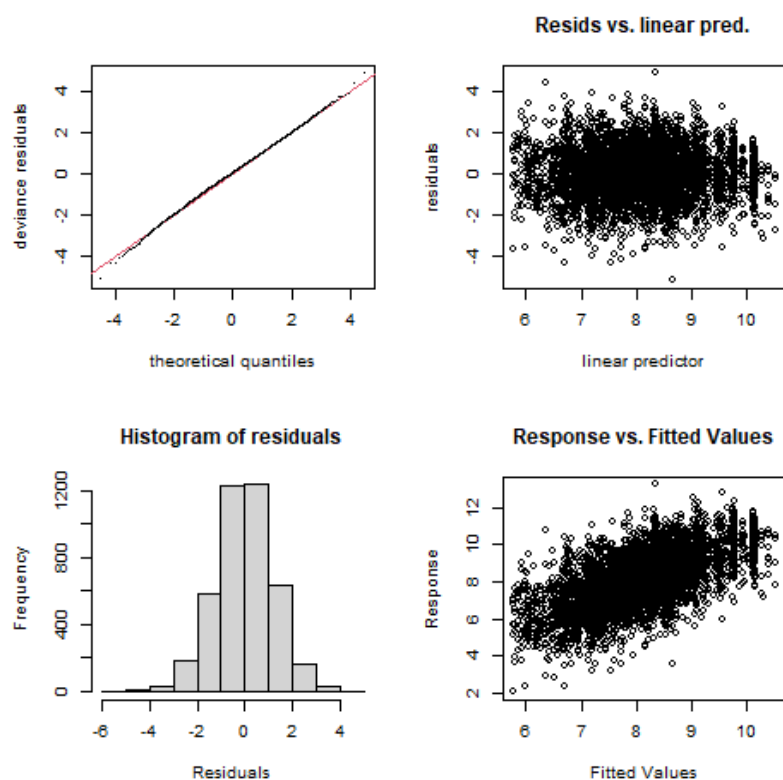


図 3. CPUE の対数と各説明変数の関係 (Temp_50ca は、50m 深水温を階級分けして図示した)

【大中型まき網】



【中・小型まき網】

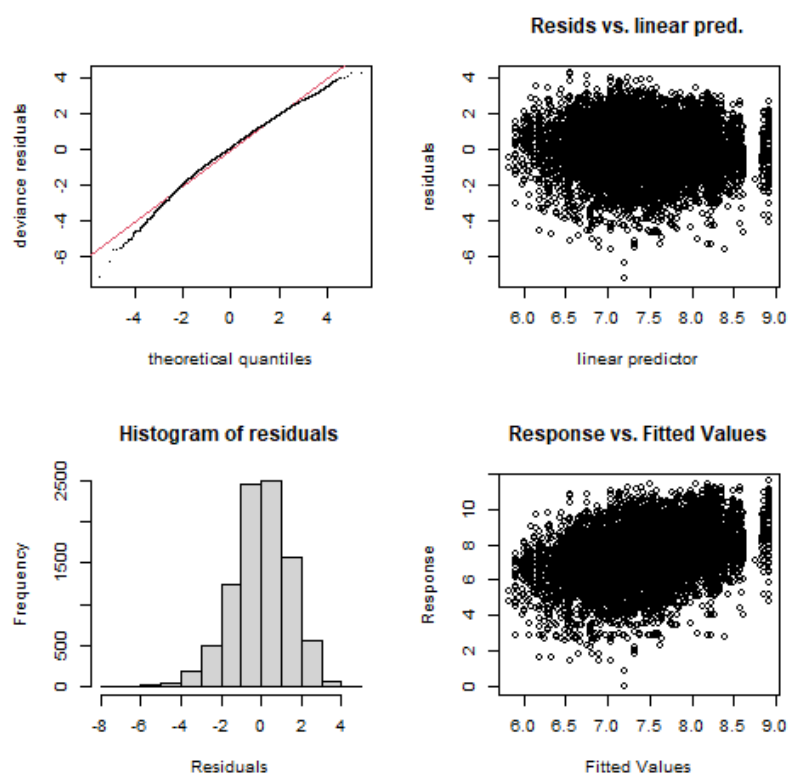
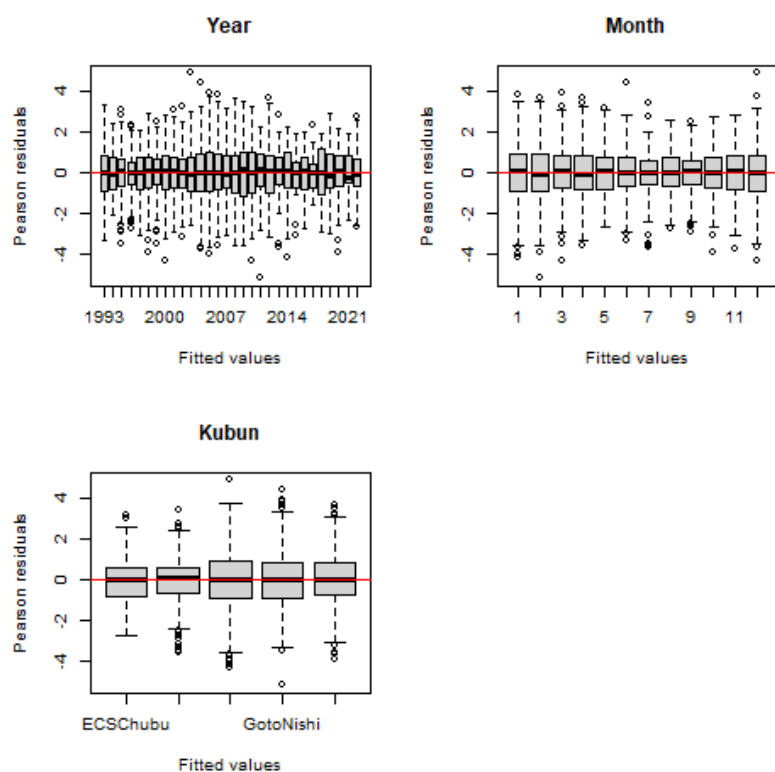


図 4. 残差プロット

【大中型まき網】



【中・小型まき網】

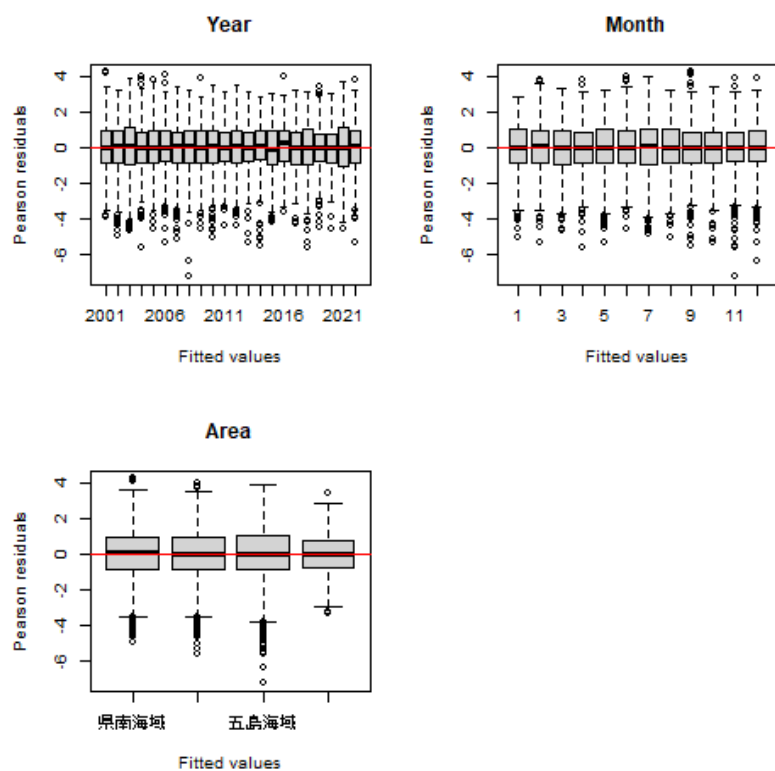
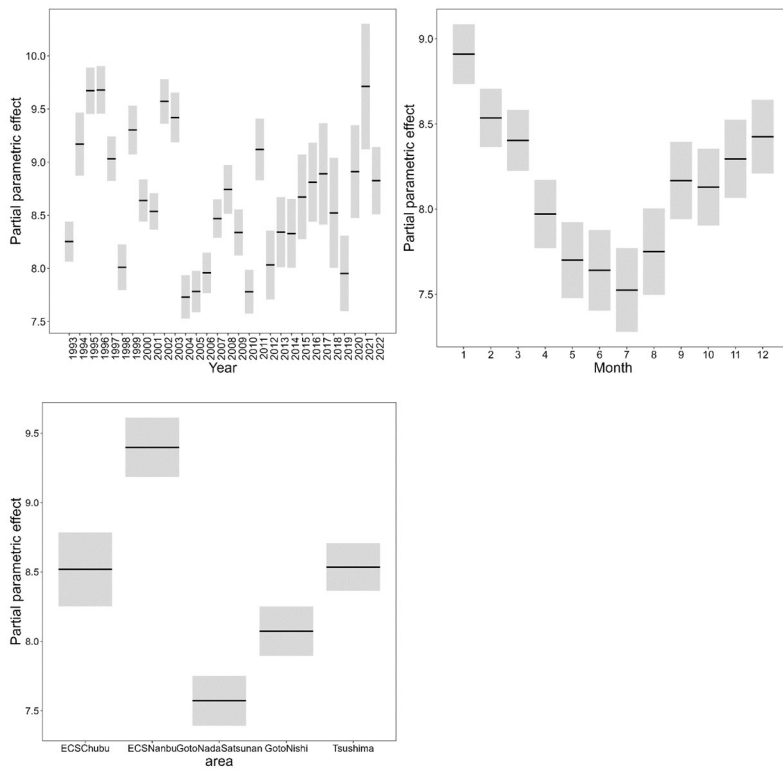


図 5. 残差と説明変数の関係 (Temp_50ca は、50m 深水温を階級分けして図示した)

【大中型まき網】



【中・小型まき網】

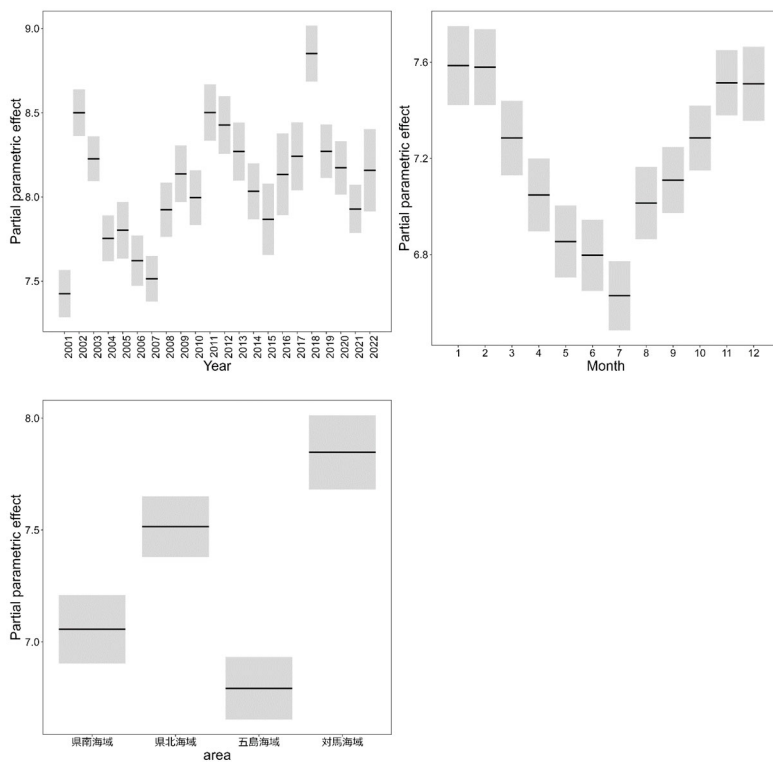
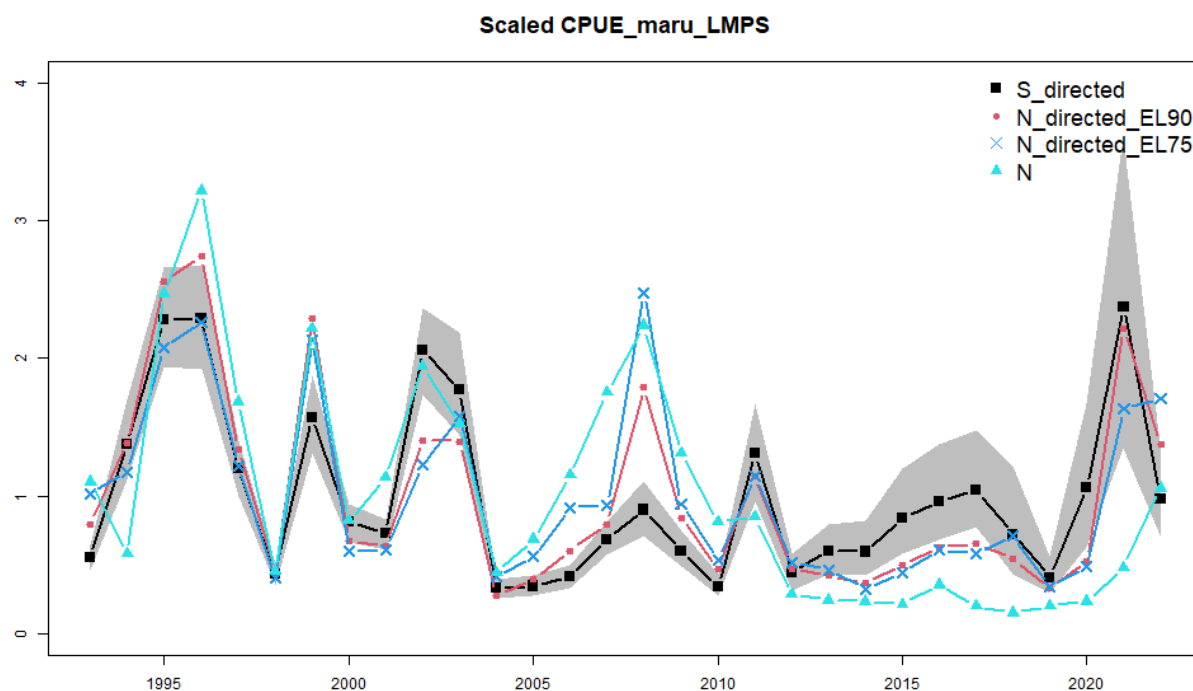


図 6. 標準化 CPUE に対する各説明変数の効果.

【大中型まき網】



【中・小型まき網】

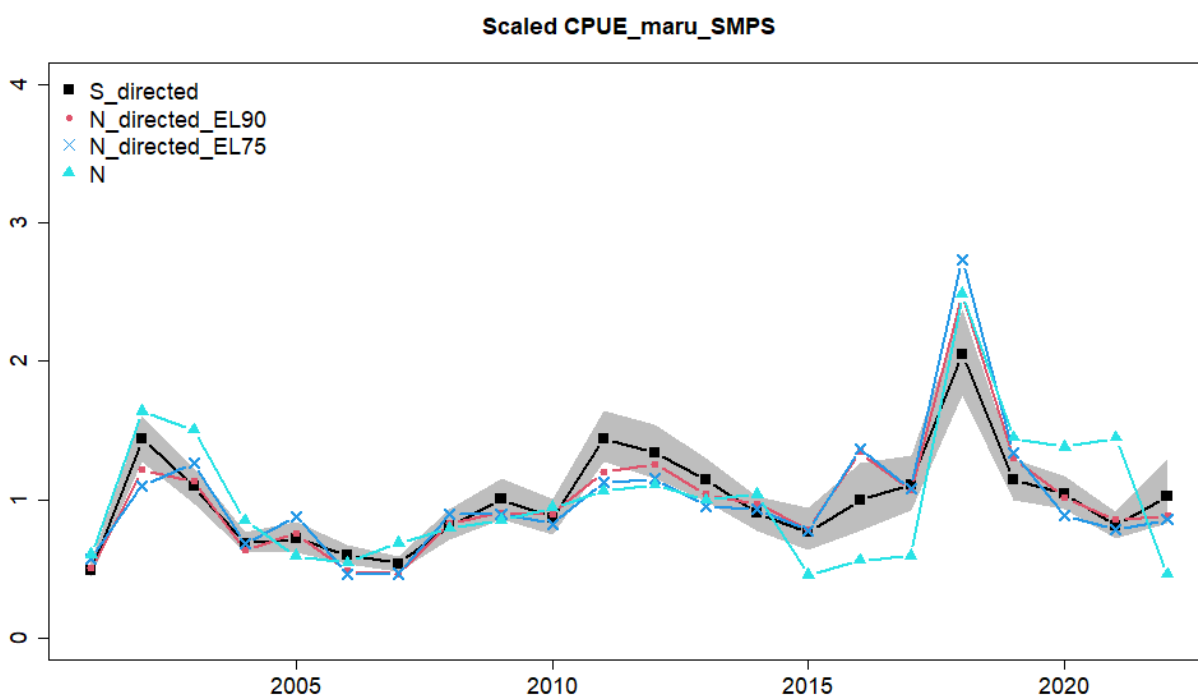


図 7. 標準化 CPUE(S_directed)、ノミナル directed CPUE(EL=90%:N_directed_EL90)、ノミナル directed CPUE(EL=75%:N_directed_EL75)、ノミナル CPUE(N)

※平均値で割り規格化した。灰色の幅が標準化 CPUE の 95%信頼区間を示す。

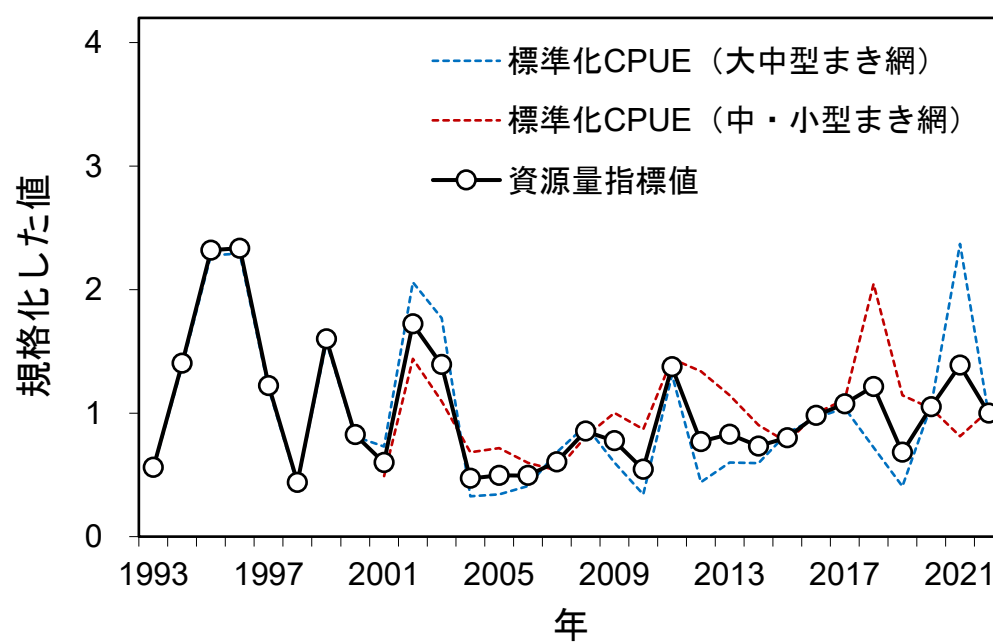


図 8. 平均値で規格化した大中型まき網の標準化 CPUE、中・小型まき網の標準化 CPUE、資源量指標値の推移