

## 長崎県における中・小型まき網で漁獲されるカタクチイワシの CPUE 標準化

水産研究・教育機構 水産資源研究所 浮魚資源部

日野晴彦、向草世香、黒田啓行

## 概要

データ	長崎県沿岸海域で操業する中・小型まき網データ（1日1隻あたりのカタクチイワシ漁獲量）、FRA-ROMS II 再解析値（50m 深水温 2022年7月15日ダウンロード）
対象	1日1隻あたり漁獲量（kg/日・隻）
データの利用可能な期間	2001～2021年
標準化に使用した期間	2001～2021年
標準化のためのデータ抽出	標準化結果を0歳魚の資源量指標値としてチューニングVPAに利用するため、漁獲物に1歳魚以上が比較的多く含まれる1-3月を除いた4-12月の有漁データを抽出した。
使用した統計ソフト・パッケージ	R(4.0.2). 使用関数は glm、dredge、predict、expand.grid、vif
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）・エリア（カテゴリ・固定）・50m 深水温（カテゴリ・固定）
最終モデルの選択方法	BIC 総当たり法
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）、エリア（カテゴリ・固定）・50m 深水温（カテゴリ・固定）
年トレンドの抽出方法	各変数のすべての組み合わせにおける予測値の年平均
推定誤差や信頼区間の計算方法	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。
標準化の結果	平均値で規格化した標準化 CPUE はノミナル CPUE と概ね同様の傾向で増減し、2001～2013 年にかけて 0.5～1.1 の間で増減し、2014 年に最高値となる 1.9 を示した。その後 2015～2020 年にかけて 1.0～1.4 の間で増減し、2021 年に 0.9 を示した。
引用文献	大下誠二・黒田啓行(2021)長崎県における中・小型まき網で漁獲されるカタクチイワシの CPUE の解析. FRA-SA2021-SC02-211

## はじめに

カタクチイワシ対馬暖流系群は東シナ海から日本海側に分布する群であり、日本漁船の主漁場は、日本海西部および九州北西岸の沿岸域である。本系群の漁獲量のうち、およそ半分程度を長崎県が占めている（図 1）。本種は鮮魚よりも煮干し加工品などの形で流通することが多く、主に中・小型まき網により漁獲される。本報告は長崎県の中・小型まき網漁業で漁獲されるカタクチイワシの CPUE の標準化を行うことを目的とした。

## 方法

長崎県の沿岸域で操業する中・小型まき網のデータを用いた（図 2）。各船の漁獲量が日別海域別（図 2）に記録されている。ただし、各船の日毎の網数は記録されていないので、ここでは 1 日 1 隻あたりの漁獲量(kg)を CPUE の単位とした。標準化結果を漁獲物の主体である 0 歳魚の資源量指標値として利用するため、漁獲物に 1 歳魚以上が比較的多く含まれる 1~3 月を除いた 4~12 月のデータを標準化の対象とした。

中・小型まき網は主にカタクチイワシを狙って操業をしているため、狙い操業の効果は考慮せず、ゼロ漁獲データを除いた有漁データを解析の対象とした（ゼロ漁獲を考慮した結果は補足を参照）。年別の有漁データの割合は 29%~43%であった。応答変数を自然対数変換した CPUE、説明変数を年(Year)・月(Month)・海域(Area)・50m 深水温(Temp50m)として、モデルの誤差が正規分布に従うと仮定したモデルを昨年度の標準化ドキュメントに準じて構築した。なお、昨年度の標準化では 10m 深水温を用いたが、今年度の解析では多重共線性に問題が確認されたため 50m 深水温に変更し、1°C毎のカテゴリとした。

$$\log(\text{CPUE}) \sim f(\text{Year}) + f(\text{Month}) + f(\text{area}) + f(\text{Temp50m})$$

BIC（ベイズ情報量規準）を基準として総当たり法によりベストモデルを選択した。ベストモデルで選択された各変数のダミーデータを作成し、各変数を均等配置して作成した全ての組み合わせについて CPUE の予測値を求めた。年ごとに予測 CPUE を平均した値を標準化 CPUE とした。また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。

## 結果と考察

図 3 に 4~12 月における漁獲量と努力量（総隻数）を示した。漁獲量は 2001~2008 年にかけて 21 千~27 千トン前後で推移した後、2009 年に 16 千トンまで大きく落ち込んだ。その後 2014 年まで 16 千~23 千トン前後で推移し、2015 年に最高値となる 27 千トンを記録した。2016 年以降は減少傾向にあり、2021 年は 13 千トンとなった。努力量は増減を繰り返しながら減少傾向にあった。2008~2009 年に漁獲量が大きく落ち込んだ理由は明確ではないが、2008 年に原油価格が高騰をしたため、煮干し加工や操業のために多量の重油を利用するので、獲り控えが起きた可能性がある。そのため、2008 年までと 2009 年以降では漁獲の戦略が異なっている可能性がある。

図4に本報告で用いた説明変数と対数化した漁獲量との関係を示した。9月以降の漁獲量は、それ以前よりも少ない傾向が見られた。漁業者の聞き取りによると、産卵期や脂の乗り具合をみながら操業をするかどうかを決め、秋以降は脂がのり煮干しに不適であるため、カタクチイワシがいても獲り控えることが多いらしい。海域のうち対馬海域は他の海域に比べて低かった。

付図1と付表1に今回用いた一般化線形モデルの要約を示した。BICの結果からフルモデルが選択された。

GVIFを指標として、選択されたモデルの多重共線性に問題が無いことを確認した。

各年、各月、各海域、各50m深水温の全ての組み合わせについてCPUEを予測し、年ごとに平均した値を標準化CPUEとした。図5に計算された標準化CPUEの年変化と95%信頼限界を示した。平均値で規格化した標準化CPUEはノミナルCPUEと概ね同様の傾向で増減し、2001～2013年にかけて0.5～1.1の間で増減して2014年に最高値となる1.9を示した。その後2015～2020年にかけて1.0～1.4の間で増減し、2021年に0.9に減少した。図6にベストモデルにおける各説明変数の残差プロットを示した。概ね0の周りに平均的に分布していることが確認された。

なお、長崎県の中・小型まき網では2021年まで主にカタクチイワシを狙って操業していたが、2022年は突発的に加入したマイワシ0歳魚を狙って操業している。2022年の漁況は例年と異なるため、次年度以降のCPUE標準化では狙い操業への考慮が必要な可能性がある。

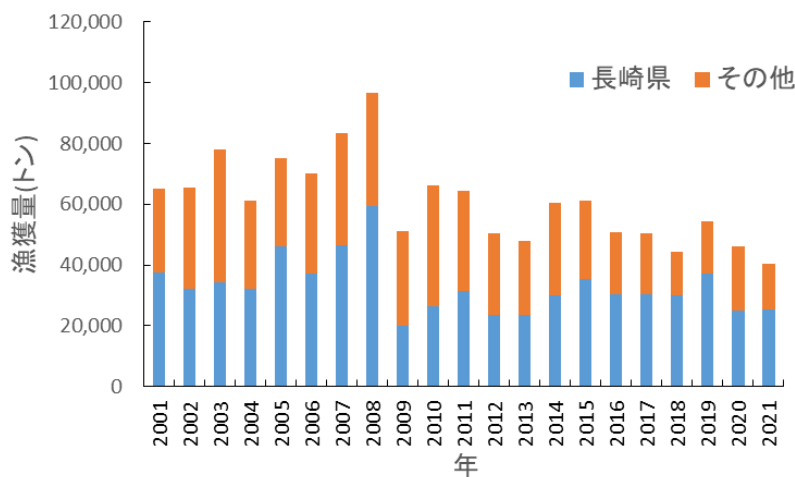


図1. 対馬暖流域系群全体および長崎県におけるカタクチイワシ漁獲量の経年変化（ただし2001年以降）。2001～2021年において長崎県の漁獲量は本系群の漁獲量の約54%を占める。

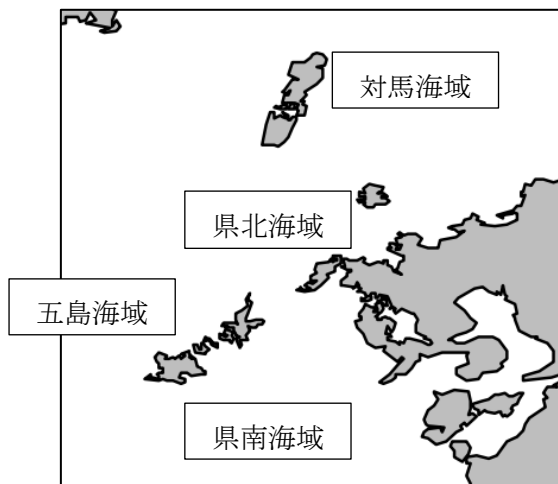


図2. 長崎県における中・小型まき網のエリアの区分

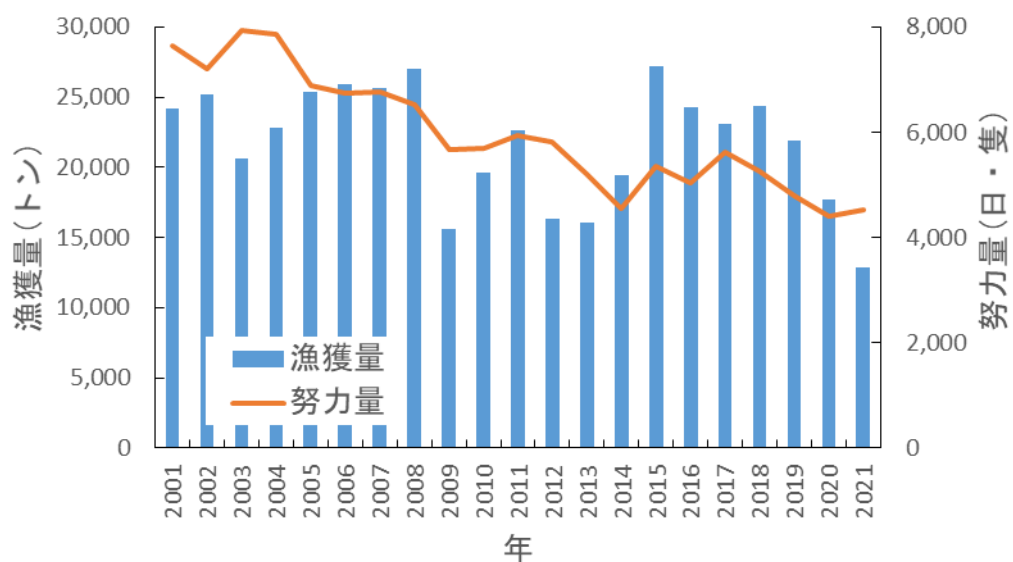


図3. 4～12月における長崎県の中・小型まき網によるカタクチイワシの漁獲量（トン）と努力量（日・隻）

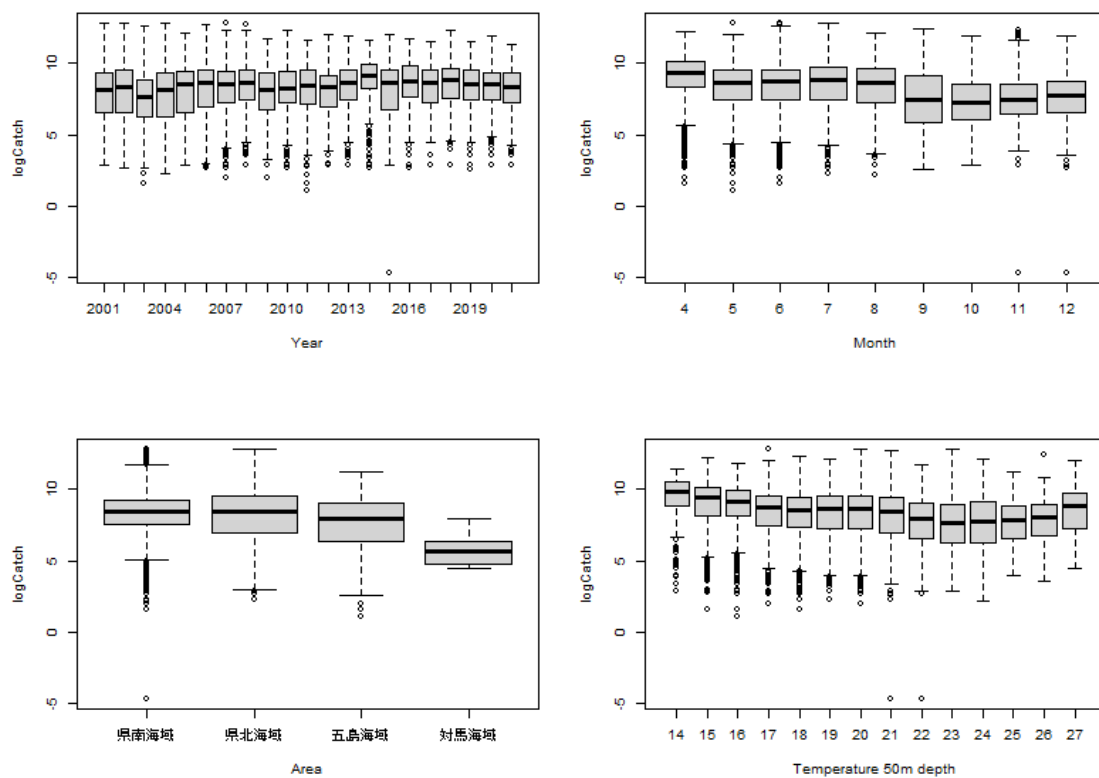


図 4. 説明変数と漁獲量の対数値との関係

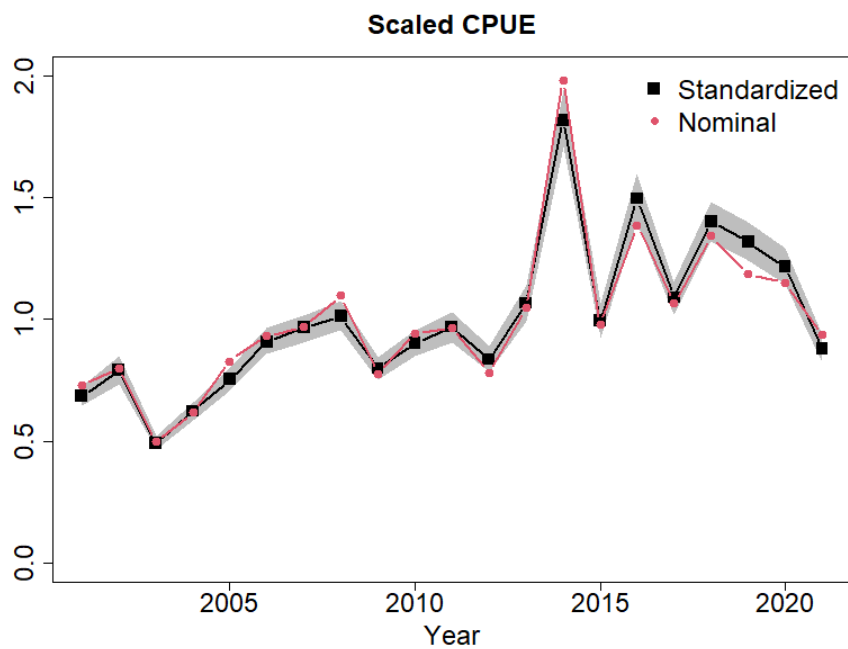


図 5. 規格化された標準化 CPUE (■) とノミナル CPUE (●) (右)  
 ※図中の灰色は規格化した標準化 CPUE の 95%信頼区間を示す

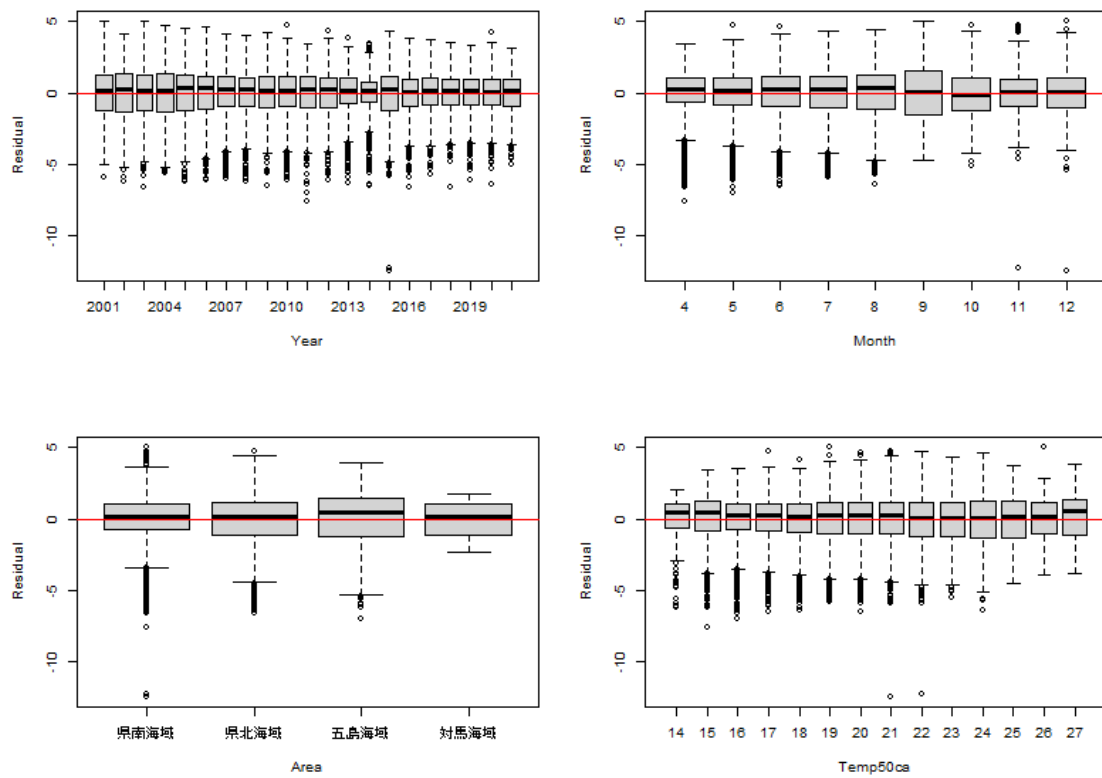


図 6. ベストモデルにおける各説明変数の残差プロット

表 1. モデル選択結果 (黄色塗りが選択されたモデル)

---

```
> select_anchovy
```

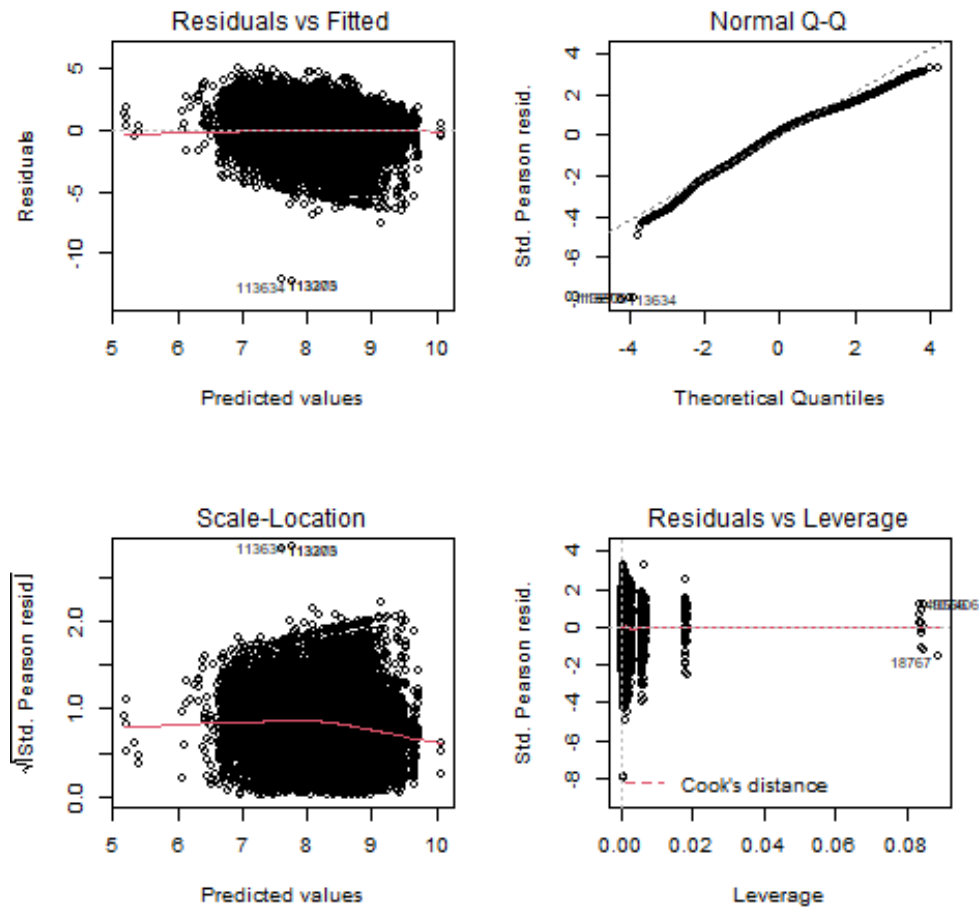
```
Global model call: glm(formula = log(X22) ~ factor(Year) + factor(Month) + factor(Area) +
  factor(Temp50ca), family = gaussian, data = pos.data)
```

```
---
```

```
Model selection table
```

	(Int)	fct(Are)	fct(Mnt)	fct(T50)	fct(Yer)	df	logLik	BIC	delta	weight
16	9.453	+	+	+	+	46	-88387.57	177270.8	0.00	1
12	8.703	+	+			33	-88513.55	177382.7	111.89	0
15	9.239		+	+		43	-88521.42	177506.2	235.38	0
11	8.583		+			30	-88653.54	177630.3	359.55	0
4	9.067	+	+			13	-89271.49	178683.1	1412.29	0

---



付図 1. 一般化線形モデルの要約図

付表 1. ベストモデルの要約表

```

> summary(cpue_YMAT)

Call:
glm(formula = log(x22) ~ factor(Year) + factor(Month) + factor(Area) +
     factor(Temp50ca), family = gaussian, data = pos.data)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-12.3890  -1.0147   0.2044   1.1452   5.0805

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    9.45294    0.12631  74.839 < 2e-16 ***
factor(Year)2002  0.14408    0.04385   3.286  0.00102 **
factor(Year)2003 -0.33095    0.04036  -8.200 2.46e-16 ***
factor(Year)2004 -0.09383    0.04117  -2.279  0.02268 *
factor(Year)2005  0.09618    0.04229   2.274  0.02294 *
factor(Year)2006  0.28430    0.04184   6.795 1.10e-11 ***
factor(Year)2007  0.34481    0.04169   8.270 < 2e-16 ***
factor(Year)2008  0.39259    0.04262   9.212 < 2e-16 ***
factor(Year)2009  0.15488    0.04590   3.375  0.00074 ***
factor(Year)2010  0.27575    0.04443   6.206 5.48e-10 ***
factor(Year)2011  0.34924    0.04393   7.950 1.91e-15 ***
factor(Year)2012  0.20063    0.04430   4.529 5.93e-06 ***
factor(Year)2013  0.44464    0.04868   9.135 < 2e-16 ***
factor(Year)2014  0.97814    0.05160  18.955 < 2e-16 ***
factor(Year)2015  0.37469    0.04348   8.617 < 2e-16 ***
factor(Year)2016  0.78328    0.04716  16.608 < 2e-16 ***
factor(Year)2017  0.46555    0.04402  10.577 < 2e-16 ***
factor(Year)2018  0.71692    0.04394  16.317 < 2e-16 ***
factor(Year)2019  0.65558    0.04497  14.577 < 2e-16 ***
factor(Year)2020  0.57476    0.04616  12.451 < 2e-16 ***
factor(Year)2021  0.25111    0.04956   5.067 4.06e-07 ***
factor(Month)5   -0.25388    0.03987  -6.368 1.93e-10 ***
factor(Month)6   -0.07969    0.04804  -1.659  0.09718 .
factor(Month)7   -0.01905    0.05527  -0.345  0.73035
factor(Month)8   -0.28437    0.06183  -4.599 4.26e-06 ***
factor(Month)9   -1.09579    0.06756 -16.219 < 2e-16 ***
factor(Month)10  -1.34557    0.06660 -20.203 < 2e-16 ***
factor(Month)11  -1.21738    0.06297 -19.334 < 2e-16 ***
factor(Month)12  -1.02412    0.05678 -18.035 < 2e-16 ***
factor(Area)県北海域 -0.08203    0.01877  -4.371 1.24e-05 ***
factor(Area)五島海城 -0.75621    0.04812 -15.714 < 2e-16 ***
factor(Area)対馬海城 -2.14522    0.44520  -4.819 1.45e-06 ***
factor(Temp50ca)15 -0.64405    0.13137  -4.903 9.48e-07 ***
factor(Temp50ca)16 -0.68764    0.12714  -5.408 6.39e-08 ***
factor(Temp50ca)17 -1.06373    0.12889  -8.253 < 2e-16 ***
factor(Temp50ca)18 -1.22254    0.13194  -9.266 < 2e-16 ***
factor(Temp50ca)19 -1.16992    0.13410  -8.724 < 2e-16 ***
factor(Temp50ca)20 -1.07478    0.13573  -7.919 2.45e-15 ***
factor(Temp50ca)21 -1.01967    0.13705  -7.440 1.02e-13 ***
factor(Temp50ca)22 -1.00341    0.13934  -7.201 6.07e-13 ***
factor(Temp50ca)23 -0.96159    0.14100  -6.820 9.22e-12 ***
factor(Temp50ca)24 -0.98164    0.14426  -6.805 1.03e-11 ***
factor(Temp50ca)25 -1.11705    0.15831  -7.056 1.74e-12 ***
factor(Temp50ca)26 -1.07461    0.18425  -5.832 5.51e-09 ***
factor(Temp50ca)27 -0.30794    0.25309  -1.217  0.22372

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

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 2.36621)

Null deviance: 129224  on 47799  degrees of freedom
Residual deviance: 112998  on 47755  degrees of freedom
AIC: 176867

Number of Fisher Scoring iterations: 2

```

補足 デルタ型二段階法による CPUE の標準化

ゼロ漁獲を考慮した CPUE の標準化の試算結果を示す。二項分布を仮定した存在/不在モデルと、有漁データに対する対数正規分布モデルを用いた。

存在/不在モデル

$$r \sim \text{Bin}(1, p)$$

$$\log[p/(1-p)] = \text{factor}(\text{Year}) + \text{factor}(\text{Month}) + \text{factor}(\text{Area}) + \text{factor}(\text{Temp50})$$

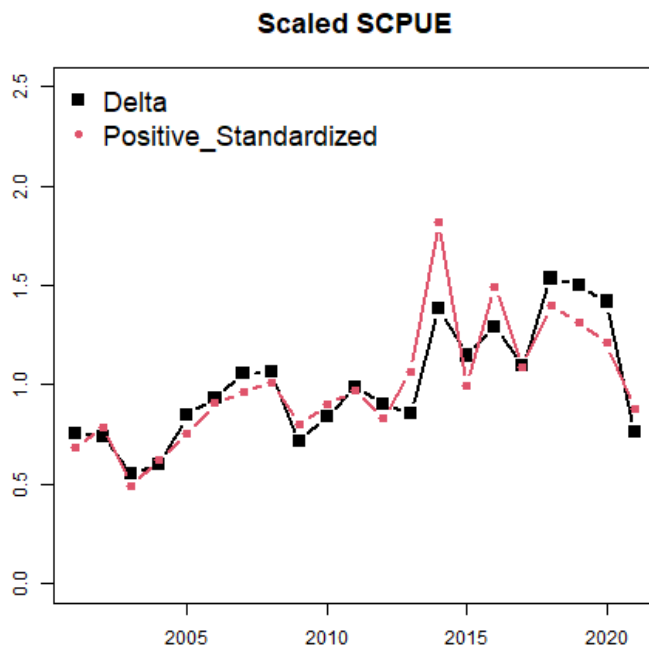
ただし、 $r$  は応答変数、 $p$  は存在確率、 $\text{Bin}$  は二項分布を示す。

対数正規分布モデル

$$\text{lpue} \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$\mu = \text{factor}(\text{Year}) + \text{factor}(\text{Month}) + \text{factor}(\text{Area}) + \text{factor}(\text{Temp50})$$

$\text{lpue}$ 、 $\mu$ 、 $\sigma^2$  はそれぞれ CPUE の対数値、平均値、分散である。説明変数の選択は BIC を用いて判断した。BIC によるモデル選択の結果、いずれもフルモデルが選択された。得られた CPUE を付図 2 に示す。デルタ型二段階法による標準化 CPUE は標準化した有漁 CPUE と概ね同様の傾向で増減した。



付図2. デルタ型二段階法により標準化した CPUE (■)、標準化した有漁 CPUE (●) (平均値で規格化した)