

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

平岡優子・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-ROMSII再解析値 (50m 深水温)
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	2001～2022 年
標準化に使用した期間	2001～2022 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、努力量のほとんどない対馬海域と漁獲物に 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 (4.1.2) にてパッケージ tidyverse (データ処理)、MuMIn (モデル選択)、car (多重共線性確認)、ggplot2 (図示) を使用
統計モデル	一般化線形モデル (対数正規分布)
フルモデルの説明変数	年・月・エリア・50m 深水温 (すべてカテゴリ・固定効果)
最終モデルの選択方法	dredge による総当たり法 (選択基準は BIC)
選択された説明変数	年・月, エリア・50m 深水温 (すべてカテゴリ・固定効果)
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
信頼区間の計算方法	ブートストラップ法。モデル選択はしていない。
標準化の結果	平均値で規格化した標準化 CPUE は 2001～2013 年にかけて 0.50～1.06 の間で増減し、2014 年に最高値となる 1.80 を示した。その後 2015～2020 年にかけて 0.99～1.50 の間で増減しながら減少し、2021 年は 0.90 を示したが、2022 年は 0.93 と微増した。

背景

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。

昨年度の標準化ドキュメント（FRA-SA2022-SC06-05）に準じて、標準化モデルを構築した。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）。応答変数は、自然対数変換した CPUE とした。フルモデルの説明変数は、年（Year）、エリア（Area）、月（Month）と 1 度ごとに整数化した 50m 水深の水温を用いた（Temp50m）。これらは全てカテゴリカル変数とし、誤差は正規分布に従うと仮定した。昨年度からの変更点は、対馬・県北・五島・県南の 4 海域のうち、努力量と漁獲量がほとんどない対馬のデータを除き（図 3）、3 海域をエリアの効果として考慮した。フルモデルは以下である。

$$\log(\text{CPUE}) \sim \text{Year} + \text{Area} + \text{Month} + \text{Temp50}$$

説明変数の選択は MuMIn の dredge 関数を用いて、BIC（ベイズ情報量規準）を選択基準とした総当たり法により行った。95%信頼区間は、モデルに入っている変数のうち、年、月、エリアにより元データを層化し、重複を許したブートストラップ法で新しいデータを生成し、ベストモデルから標準化 CPUE を算出する計算を 1000 回繰り返して求めた。なお、多重共線性に関する検討のため、“car”パッケージを用いて、VIF（分散拡大係数）をもとめたが、2 以上の説明変数はみられず、多重共線性は確認されなかった。

結果と考察

4～12 月におけるノミナル CPUE、漁獲量、努力量（総隻数）、有漁割合を図 4-5 に示した。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。有漁割合は、期間を通じて 0.29～0.44 と概ね安定していた。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。

BIC の結果からベストモデルとしてフルモデルが選択された（表 1）。ベストモデルの QQ プロットから、残差の正規性について問題はないと判断された（図 6）。各説明変数に対する残差のプロットも極端なバイアスはみられず、モデルの当てはまりに問題はないと判断された（図 7）。

図 8 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 2001～2013 年にかけて 0.50～1.06 の間で増減して 2014 年に最高値となる 1.80 を示した。その後 2015～2020 年にかけて 0.99～1.50 の間で増減し、2021 年に 0.90 まで減少したが 2022 年は 0.93 と微増した。

引用文献

日野晴彦・向草世香・黒田啓行(2022) 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. FRA-SA2022-SC06-05.

表 1 標準化モデルの BIC の比較（上位 5 モデル）

Model description	df	Loglik	BIC
log(CPUE)~Year+Area+Month+Temp50	47	91605.17	183718.4
log(CPUE)~Year+Area+Month	33	91776.78	183910.3
log(CPUE)~Year+Month+Temp50	45	91732.94	183952.3
log(CPUE)~Year+Month	31	91905.35	184145.8
log(CPUE)~Area+Month+Temp50	26	92407.24	185095.5

表 2 計算されたカタクチイワシの年別標準化 CPUE と規格化 CPUE

年	CPUE (kg/日)	信頼区間 下限	信頼区間 上限	Scaled CPUE	信頼区間 下限	信頼区間 上限
2001	2640.39	2184.78	3031.57	0.6884	0.5696	0.7904
2002	3071.57	2529.45	3581.05	0.8008	0.6595	0.9337
2003	1897.84	1570.13	2189.71	0.4948	0.4094	0.5709
2004	2435.63	2017.13	2826.29	0.6350	0.5259	0.7369
2005	2970.34	2463.33	3441.31	0.7744	0.6423	0.8972
2006	3441.27	2847.50	3985.43	0.8972	0.7424	1.0391
2007	3647.46	3026.90	4214.91	0.9510	0.7892	1.0989
2008	3880.03	3202.31	4483.51	1.0116	0.8349	1.1690
2009	3075.70	2516.59	3554.28	0.8019	0.6561	0.9267
2010	3465.73	2839.96	4029.46	0.9036	0.7405	1.0506
2011	3676.86	3033.06	4269.03	0.9587	0.7908	1.1130
2012	3178.72	2634.89	3638.54	0.8288	0.6870	0.9487
2013	4083.29	3359.46	4750.85	1.0646	0.8759	1.2387
2014	6900.91	5673.23	8013.62	1.7992	1.4792	2.0894
2015	3795.39	3139.26	4413.41	0.9896	0.8185	1.1507
2016	5756.17	4764.10	6731.54	1.5008	1.2421	1.7551
2017	4231.52	3475.46	4914.96	1.1033	0.9061	1.2815
2018	5415.76	4476.36	6225.84	1.4120	1.1671	1.6232
2019	5025.57	4155.74	5836.98	1.3103	1.0835	1.5219
2020	4775.97	3988.12	5541.80	1.2452	1.0398	1.4449
2021	3454.37	2860.08	4037.07	0.9006	0.7457	1.0526
2022	3559.22	2927.00	4139.09	0.9280	0.7631	1.0792

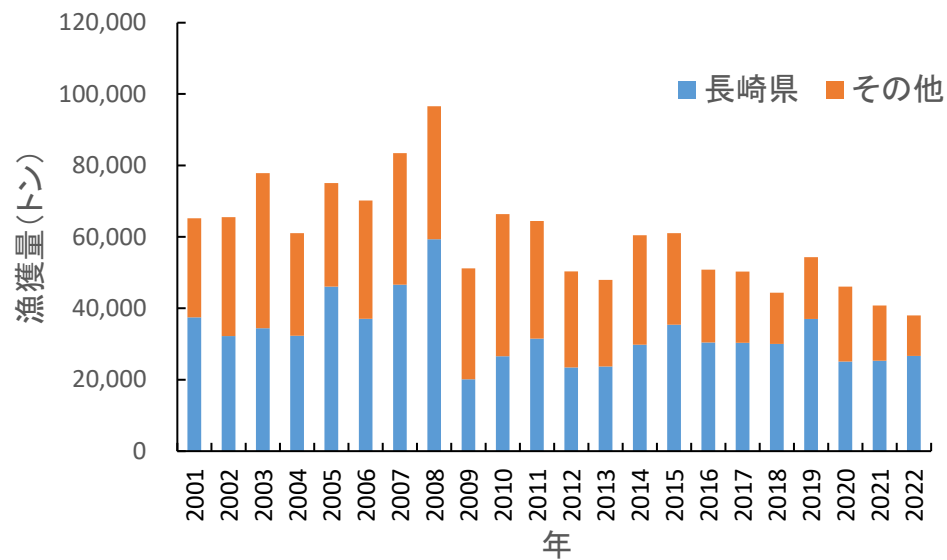


図 1. 対馬暖流域系群全体および長崎県におけるカタクチイワシ漁獲量の経年変化（ただし 2001 年以降）。2001～2022 年において長崎県の漁獲量は本系群の漁獲量の約 54%を占める。

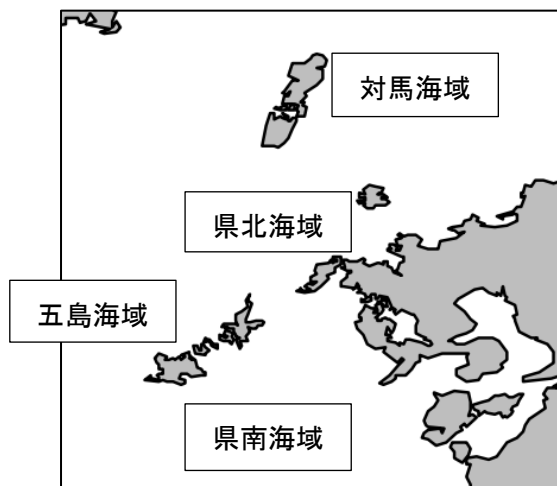


図 2. 長崎県における中・小型まき網のエリアの区分

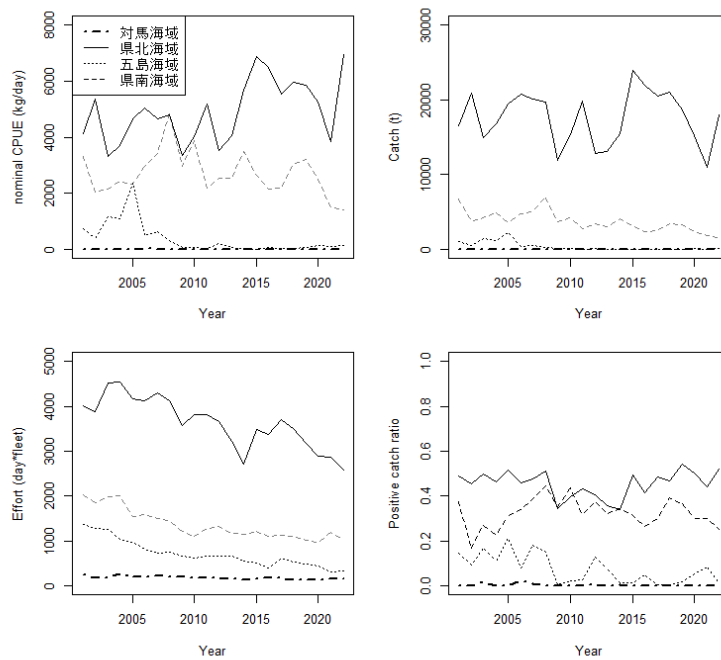


図 3. 4～12 月における長崎県の中・小型まき網によるカタクチイワシのエリア別ノミナル CPUE (左上)、エリア別漁獲量 (右上)、エリア別努力量 (左下)、エリア別有漁割合 (右下)

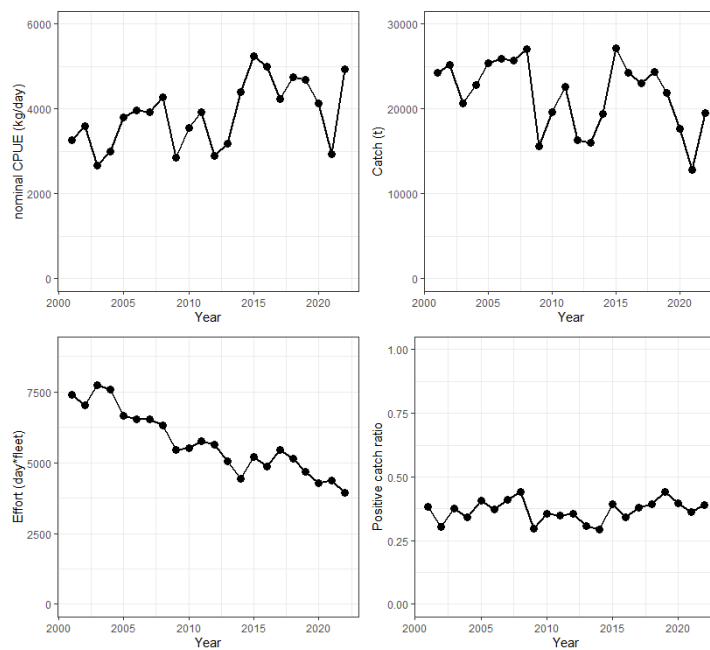


図 4. 4～12 月における長崎県の中・小型まき網によるカタクチイワシのノミナル CPUE (左上)、漁獲量 (右上)、努力量 (左下)、有漁割合 (右下)

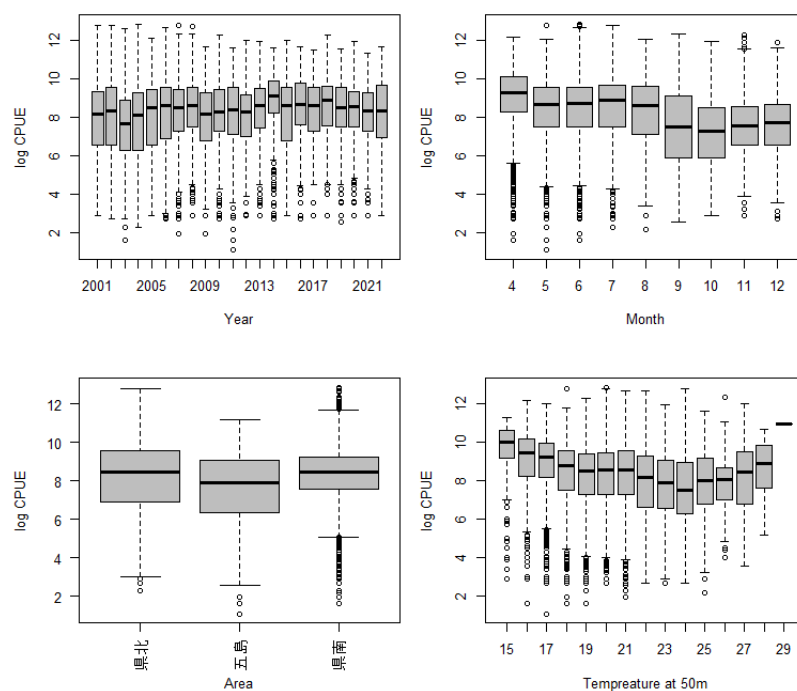


図 5. 説明変数と漁獲量の対数値との関係

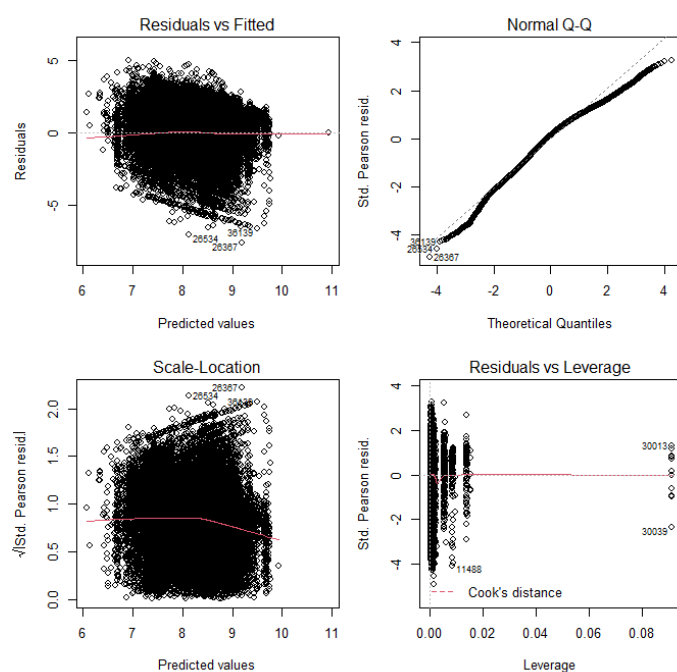


図 6. ベストモデルの診断図

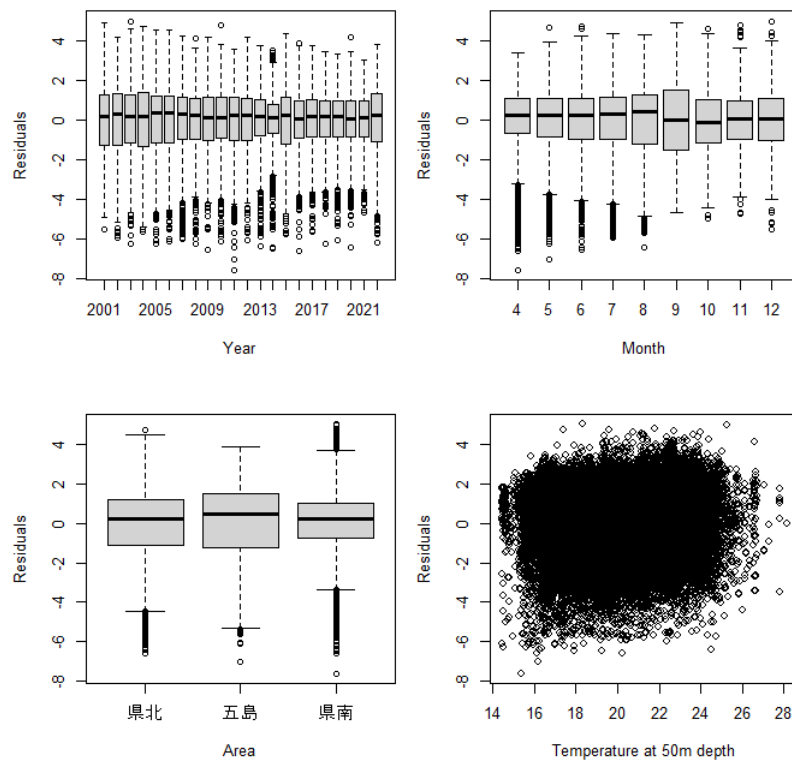


図7 ベストモデルの残差プロット図

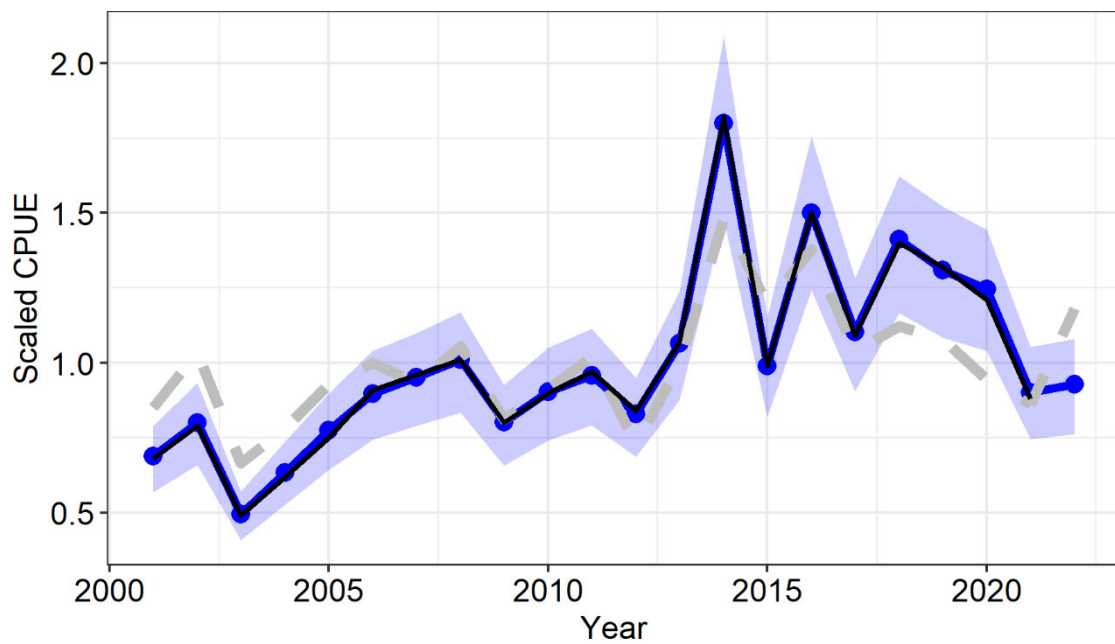


図8 平均値で規格化した95%信頼区間付き標準化CPUE（青と●印）ノミナルCPUE（灰色破線）および昨年度の標準化CPUE（黒と実線）

補足 デルタ型一般化線形モデルによる CPUE の標準化

ゼロ漁獲を考慮したデルタ型一般化線形モデルを用いた CPUE の標準化の試算結果を示す。これは、有漁確率を予測する有漁確率モデルと有漁の場合の対数 CPUE を予測する有漁 CPUE モデルの 2 つを別々に解析する手法である。1 段階目の有漁確率モデルでは、有漁確率を応答変数として、フルモデルの説明変数は、年 (Year)、海域 (Area)、月 (Month) と 1 度ごとに整数化した 50m 水深の水温を用いた。これらは全てカテゴリカル変数とし、誤差は二項分布に従うと仮定した。2 段階目の有漁 CPUE モデルは、CPUE の自然対数を応答変数とし、誤差は正規分布に従うと仮定した。フルモデルの説明変数は 1 段階目と同様とした。説明変数の選択は MuMIn の dredge 関数を用いて、BIC を選択基準とした総当たり法により行った。説明変数選択の結果、両モデルとも以下のフルモデルが選択された。

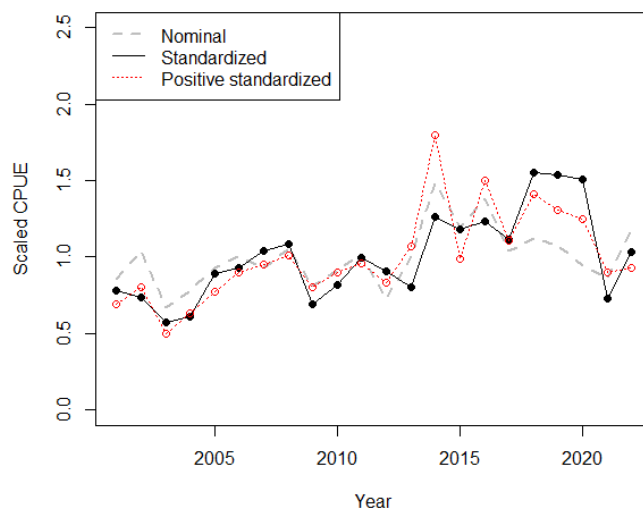
有漁確率モデル：

$$\text{logit}(P) = \text{Year} + \text{Area} + \text{Month} + \text{Temp50m} + \text{error}$$

有漁 CPUE モデル：

$$\log(\text{CPUE}) = \text{Year} + \text{Area} + \text{Month} + \text{Temp50m} + \text{error}$$

これらの標準化モデルから年トレンドの最小二乗平均値をもとめ、それらを乗じることで標準化 CPUE の年トレンドを求め、全年の平均値が 1 となるように規格化した。デルタ型一般化線形モデルによる標準化 CPUE は標準化した有漁 CPUE と概ね同様の傾向で増減した。これは有漁割合が 0.29~0.44 と比較的安定していたことによる。



付図 1□ デルタ型二段階法により標準化した CPUE (黒と実線)、標準化した有漁 CPUE (赤と点線) およびノミナル CPUE (灰色と破線)