

鹿児島県におけるバッチ網で漁獲されるシラスの 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・藤波裕樹・向草世香・黒田啓行

概要

データ	鹿児島県加世田漁協および羽島漁協における標本船によるバッチ網操業データ（1日1隻あたりのシラス漁獲量）
対象	1日1隻あたりのシラス漁獲量（kg/隻）
データの利用可能な期間	2011～2022 年
標準化に使用した期間	2011～2022 年
標準化のためのデータ抽出	入力ミスと考えられるデータを除いた計 3,476 日のデータ（元データの 98%）を解析の対象とした。
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）、PresenceAbsence（AUC 計算）、ggplot2（図示）を使用
統計モデル	デルタ型一般化線形モデル（Lo et al. 1992） 有漁確率モデル：二項分布 有漁 CPUE モデル：対数正規分布
フルモデルの説明変数	有漁確率モデル：年・季節・漁協（すべてカテゴリ・固定効果） 有漁 CPUE モデル：年・季節・漁協（すべてカテゴリ・固定効果）
最終モデルの選択方法	有漁確率モデル、有漁 CPUE モデルそれぞれについて dredge による総当たり法（選択基準は BIC）
最終モデルで選択された説明変数	有漁確率モデル：年・季節・漁協 有漁 CPUE モデル：年・季節・漁協
年トレンドの抽出方法	有漁確率モデルと有漁 CPUE モデルの最小二乗平均の積
信頼区間の算出方法	ブートストラップ法。モデル選択はしていない。
標準化結果	平均値で規格化した標準化 CPUE は 2011～2016 年にかけて 0.59～1.19 の間で増減し、2017 年に最高値となる 2.34 を示した。その後は減少傾向にあり 2020 年には一時的に 1.18 まで増加したものの、2021 年には 0.32 まで大きく減少し、2022 年は横ばいの 0.31 を示した。

背景

カタクチイワシ対馬暖流系群の資源評価では、シラスを含めない年齢別漁獲尾数のシナリオについて、産卵量の調査結果およびシラス以上のサイズを漁獲対象とした長崎県における中・小型まき網の標準化 CPUE (1 日 1 隻あたり漁獲量) を用いたチューニング VPA がベースケースとして採用されている (日野ら 2022)。一方、農林統計によるシラスの漁獲量は 2022 年に過去最低を記録し (図 1)、シラス漁業に関する情報収集が必要である。昨年度から本系群のシラスの漁獲量の大半を占める鹿児島県において (図 1)、バッチ網漁業の標本船データが利用可能となったため、昨年度の手法に準じて CPUE 標準化を更新するとともに (FRA-SA2022-SC06-06)、2022 年のシラス漁業について情報を整理した。

方法

鹿児島県加世田漁協および羽島漁協 (図 2) における、シラスを対象としたバッチ網漁業の標本船による漁獲データ (1 日 1 隻あたりのシラス漁獲量と網数) を用いた。バッチ網漁業では網入れ前に魚群探知機でシラスの魚影を探索し、魚影が乏しい場合は網入れをせずに帰港する。魚影が乏しい場合は漁獲が期待されないため、今回の解析では網入れをせずに帰港した操業については、漁獲量を 0 として扱った。この場合には努力量を考慮出来ないため、CPUE の単位を 1 日 1 隻とし、網数は考慮しないこととした。操業データではシラス以上のサイズである小羽・中羽銘柄の漁獲量も記録されているが、今回の解析ではシラス銘柄とカチリ銘柄 (カエリ・チリメン) の合計漁獲量を解析の対象とした。年別の漁獲量は 30~287 トンであり、本系群におけるシラス漁獲量の 2~6% を占めた。

年別の有漁データ割合が 11~35% と低いため (表 1)、ここでは在/不在を考慮したデルタ型一般化線形モデル (Lo et al. 1992) を使って CPUE (kg/隻) を標準化した。これは、有漁となる確率を予測する有漁確率モデルと、有漁となる場合の対数 CPUE (自然対数) を予測する CPUE モデルを別々に解析する手法である。標準化 CPUE の年効果は、有漁確率モデルと対数 CPUE モデルの年効果を乗じて得られる。解析は、一般化線形モデル

(GLM) を用いて行い、前者のモデルの誤差分布には二項分布を、後者には正規分布を用いた。具体的なモデルは以下の通りである。

有漁確率モデル : $\text{logit}(P) \sim \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Season} + \text{Gyokyo} + \text{error term}$

有漁 CPUE モデル : $\log(\text{CPUE}) \sim \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Season} + \text{Gyokyo} + \text{error term}$

CPUE を予測する説明変数として、年・季節・漁協を用いた。ここで Year は年 (2011~2022 年)、Season は季節 (S1: 1~3 月、S2: 4~6 月、S3: 7~9 月、S4: 10~12 月)、Gyokyo は漁協 (加世田・羽島) を示す。なお月別に集計した場合は 2 月のデータが欠測するため、季節のカテゴリをとした。

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、すべての説明変数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。

結果と考察

標準化に用いたデータは、ノミナル CPUE、漁獲量、有漁確率ともに 2022 年は最低値を更新し、努力量は 2020 年と同様の値で最低であった（図 3）。2022 年の漁獲量が過去最低である点は、農林統計と一致した（図 2）。その要因として、8 月以降の CPUE が 0 に留まり（図 4）、2022 年は秋季発生群の漁獲が無かったことが考えられる。有漁 CPUE の対数と各説明変数の関係を図 3 に示した。2022 年の CPUE はばらつきが小さく、高い値を示した。

モデル選択の結果、いずれもフルモデルが選択された（表 2）。有漁確率モデルの AUC 値は 0.77 であり、有漁確率モデルに問題がないと考えられた（図 6）。また CPUE モデルでは残差の下端が正規分布から逸脱する傾向が見られたが、残差と説明変数の関係には大きな問題は見られなかった（図 7-8）。

ベストモデルで推定された有漁確率は、大きく増減しながらも減少傾向を示し、2022 年は過去最低値を更新した（図 7）。ベストモデルで推定された有漁 CPUE は、2021 年までは概ね横ばいで推移し、規格化した値は 0.53～1.32 の間で増減していたが、2022 年は 2.04 と大きく増加した（図 9）。

規格化した標準化 CPUE は 2011～2016 年にかけて 0.59～1.19 の間で増減し、2017 年に最高値となる 2.34 を示した（図 10）。その後は減少傾向にあり 2020 年には一時的に 1.18 まで増加したものの、2021 年には 0.32 まで大きく減少し、2022 年は横ばいの 0.31 を示した。2022 年の漁獲の特徴として、有漁割合は非常に低く、漁獲のあった操業は 9 件と過去最低であったが（表 1）、有漁の場合の 1 回の漁獲量は非常に多かったことが挙げられる（図 5）。

カタクチイワシの資源評価では、シラスを含めない年齢別漁獲尾数のシナリオが採用されている。シラス漁業の CPUE 標準化のために収集した標本船のデータ数は、年間 229～350 件と多くはなく、特に 2022 年の有漁データは非常に少なかったため（9 件）、本資源を代表する指標と判断することは難しい。以上を考慮し、昨年度と同様に今回の標準化 CPUE を資源量指標値として採用せず、ドキュメントへの掲載に留めた。

引用文献

- 日野晴彦・黒田啓行・向草世香・佐々千由紀・国松翔太（2022）令和 4（2022）年度カタクチイワシ対馬暖流系群の資源評価. FRA-SA2022-SC06-02.
- 日野晴彦・藤波裕樹・向草世香・黒田啓行（2022）鹿児島県におけるバッチ網で漁獲されるシラスの CPUE 標準化. FRA-SA2022-SC06-06.
- Lo, N. C. H., L. D. Jacobson and J. L. Squire (1992) Indices of relative abundance from fish spotter

data based on Delta-lognominal models. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 49, 2515-2526.

表 1. 年別データ数と有漁データ数およびノミナル CPUE

年	全データ数	有漁データ数	有漁データ割合	ノミナル CPUE (kg/隻)
2011	302	84	28%	590
2012	311	115	37%	571
2013	290	61	21%	715
2014	318	41	13%	348
2015	350	97	28%	538
2016	334	117	35%	686
2017	294	88	30%	979
2018	273	61	22%	685
2019	270	38	14%	352
2020	229	43	19%	606
2021	276	31	11%	232
2022	229	9	4%	130

表 2. モデル選択結果

有漁確率モデル

Model Description	df	Loglik	BIC
logit(P)~Year+Gyokyo+Season	16	-1601.7	3333.8
logit(P)~Gyokyo+Season	5	-1711.0	3462.8
logit(P)~Year+Season	15	-1688.2	3498.6
logit(P)~Season	4	-1790.4	3613.5
logit(P)~Year+Gyokyo	13	-1757.5	3621.0

有漁 CPUE モデル

Model Description	df	Loglik	BIC
log(CPUE)~Year+Gyokyo+Season	17	-1138.2	2390.8
log(P)~Year+Season	16	-1145.7	2399.2
log(P)~Gyokyo+Season	6	-1186.4	2413.2
log(P)~Year+Gyokyo	14	-1159.5	2413.2
log(P)~Year	13	-1165.7	2418.9

表 4. 平均値で規格化したノミナル CPUE および標準化 CPUE とその 95%信頼区間

年	ノミナル CPUE	標準化 CPUE	信頼区間下限	信頼区間上限
2011	1.1	0.84	0.62	1.05
2012	1.07	1.08	0.94	1.23
2013	1.33	1.08	0.80	1.43
2014	0.649	0.59	0.46	0.72
2015	1	1.06	0.89	1.23
2016	1.28	1.19	1.00	1.37
2017	1.83	2.34	1.97	2.75
2018	1.28	1.27	1.02	1.53
2019	0.656	0.74	0.54	0.94
2020	1.13	1.18	0.94	1.42
2021	0.433	0.32	0.22	0.44
2022	0.242	0.31	0.13	0.53

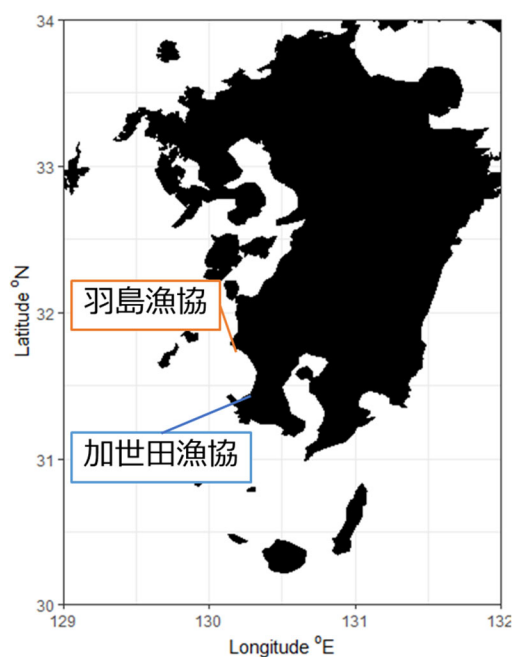


図 1. 鹿児島県加世田漁協および羽島漁協の位置

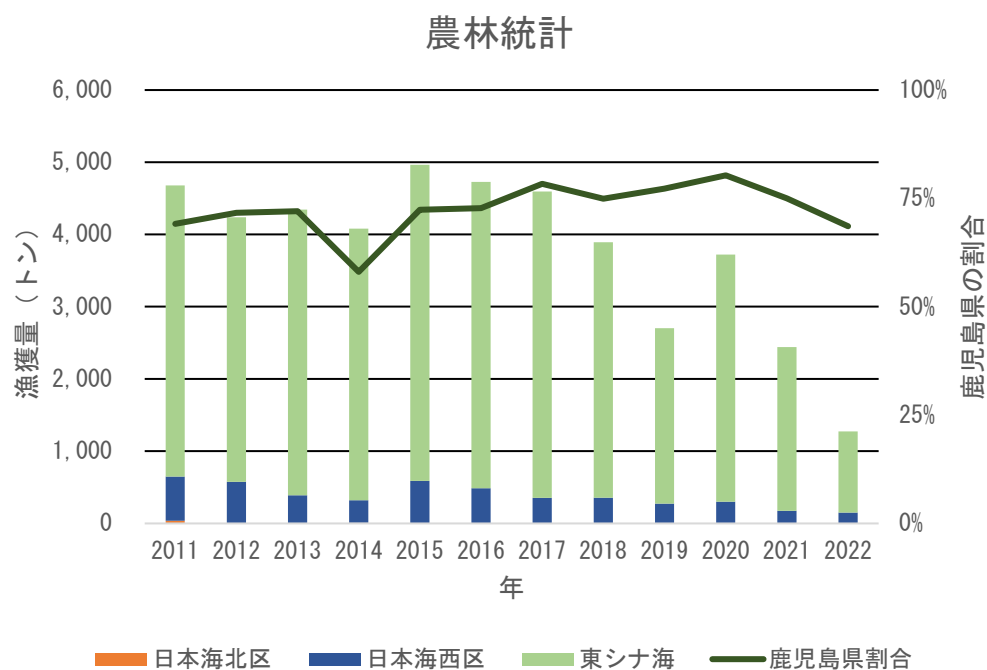


図 2. 農林統計および解析対象データによるシラス漁獲量（鹿児島県）の推移

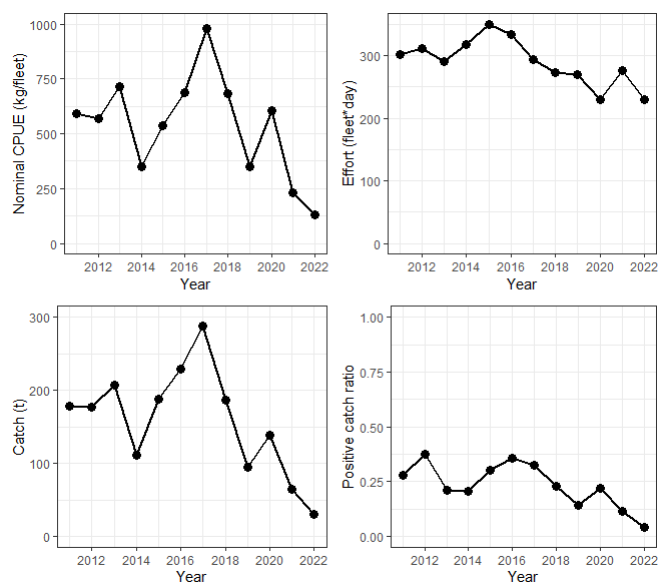


図 3. CPUE 標準化に用いたデータのノミナル CPUE (左上)、努力量 (右上)、漁獲量 (左下)、有漁割合 (右下)

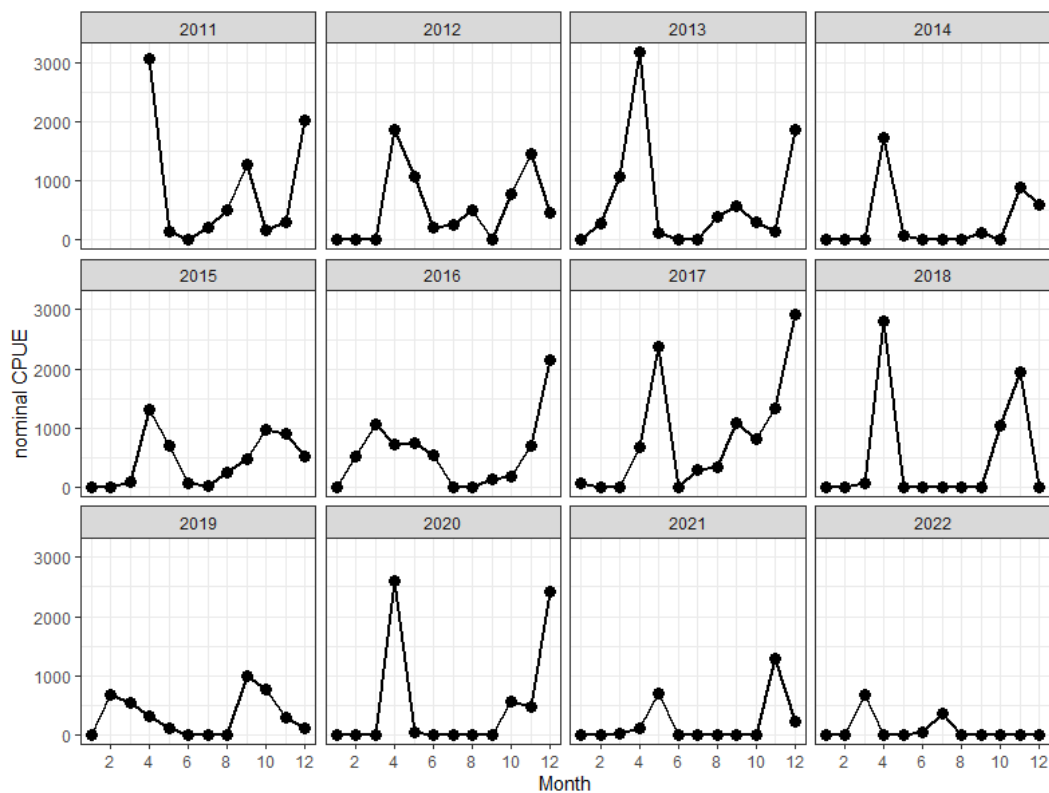


図 4. ノミナル CPUE の年別・月別の推移

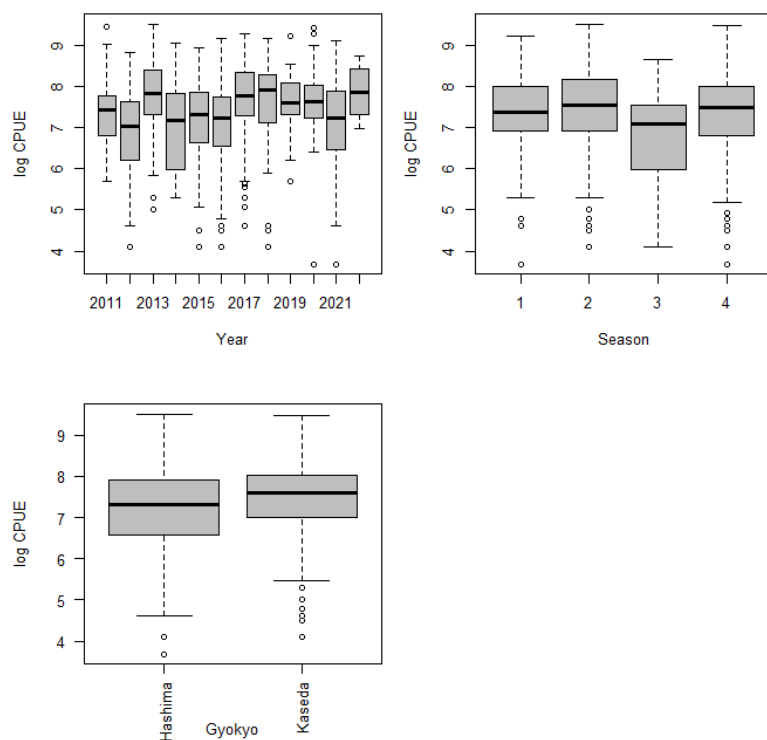


図 5. 有漁 CPUE の対数値と各説明変数の関係

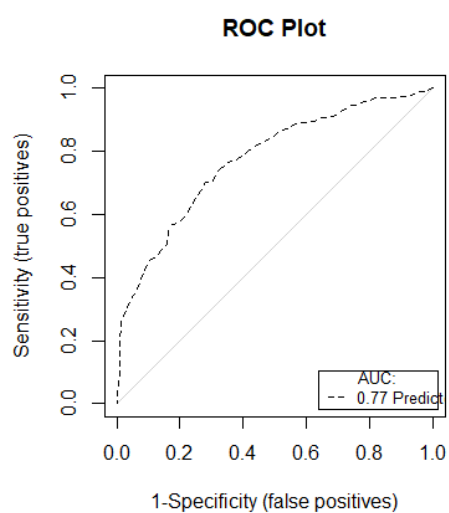


図 6. 有漁確率モデルの ROC 曲線

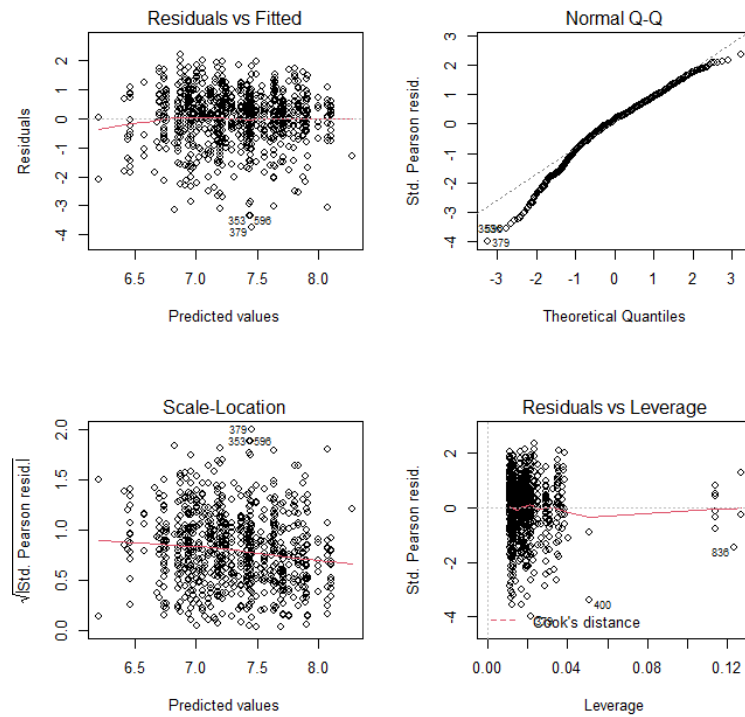


図7 有漁 CPUE モデルの診断図

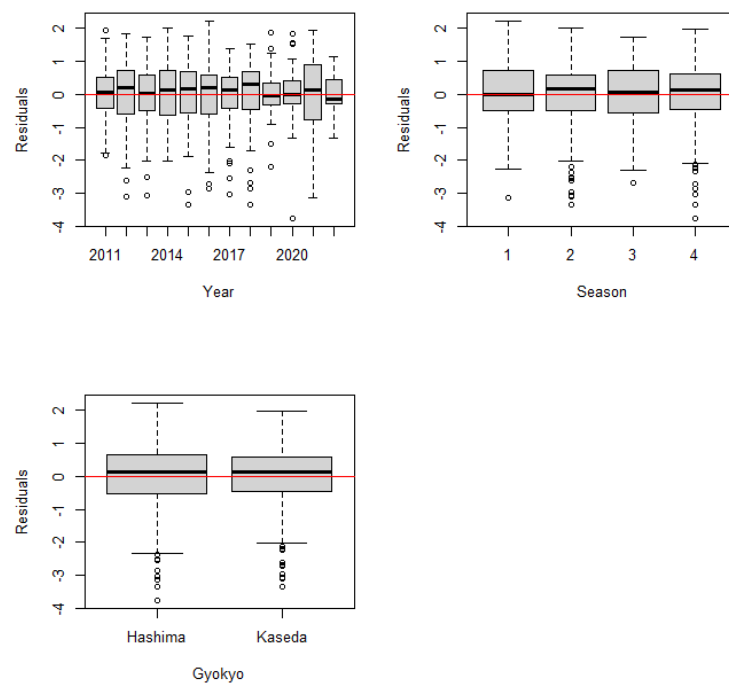


図8 有漁 CPUE モデルの残差と説明変数の関係

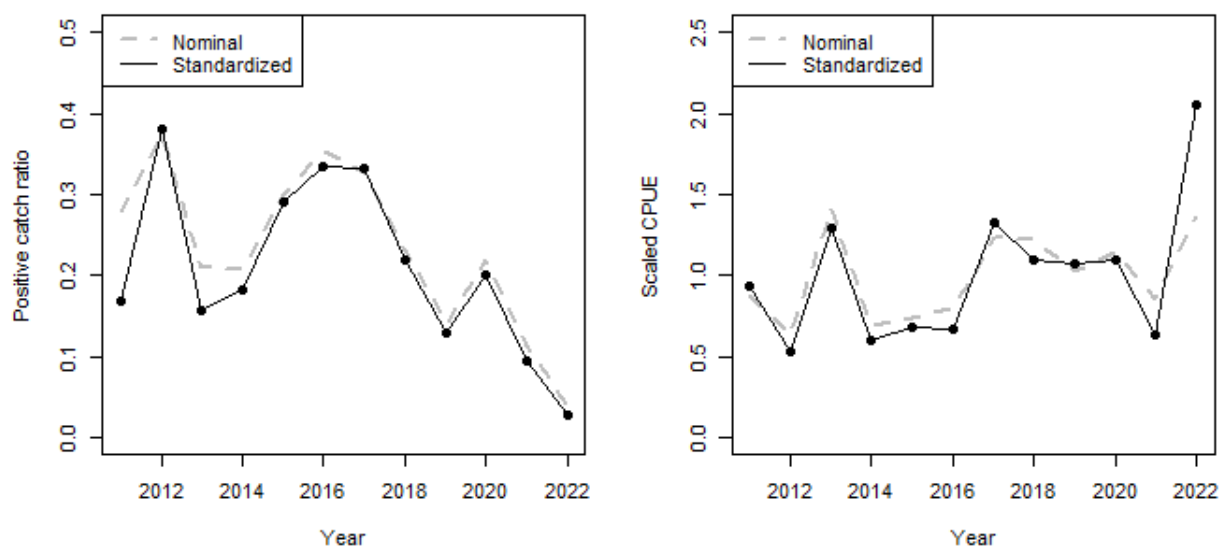


図 9. 有漁確率モデルおよびノミナルデータによる有漁確率（左）と有漁 CPUE モデルおよびノミナルデータによる平均値で規格化した CPUE（右）の推移

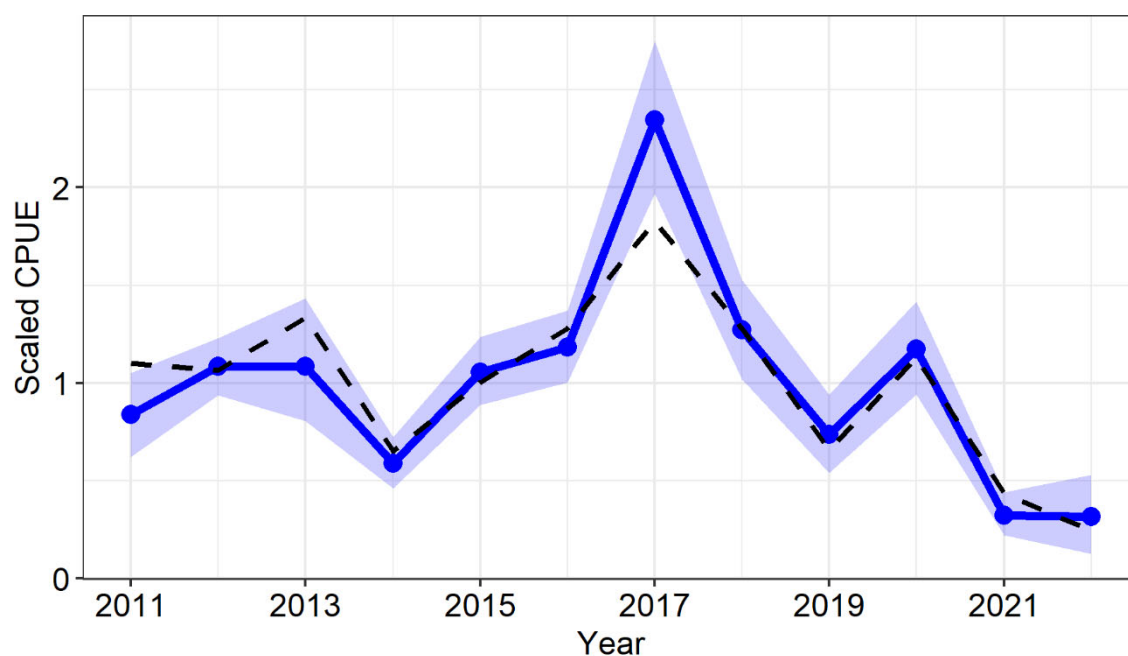


図 10. 平均値で規格化した 95%信頼区間付き標準化 CPUE（青）ノミナル CPUE（破線）