

令和 5（2023）年度マアジ太平洋系群の資源評価
CPUE 標準化・モデル診断結果（伊勢湾まめ板網）

2023 年 8 月 1 日

水産資源研究センター浮魚資源部浮魚第 2 グループ

井元順一、安田十也、渡井幹雄、日野晴彦、木下順二、河野悌昌、高橋正知

概要

データ	愛知県伊勢湾まめ板網水揚げ集計データ（月当たりの豆アジ・小アジ銘柄漁獲量）
対象	月当たりの豆アジ・小アジ銘柄漁獲重量（kg／延べ出漁隻数）
データが利用可能な期間	1988 年～2022 年
標準化に使用した期間	1988 年～2022 年
標準化のためのデータ抽出	本系群では 4 月から翌年 3 月までを年の区切りとして使用していることから、標準化作業でも同様にした。
使用した統計ソフト・パッケージ	R(4.1.1)にて、glm（GLM パッケージ）、dredge（MuMIn パッケージ）、VIF（car パッケージ）、predict（stats パッケージ）、expand.grid（gridExtra パッケージ）を使用
統計モデル	一般化線形モデル（対数正規分布）
フルモデルで導入した説明変数	年、月（カテゴリ・固定効果）
最終モデルの選択方法	AICc を基準とした総当たり法
最終モデルで選択された説明変数	年、月（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
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
結果	標準化 CPUE の年トレンドの増減は、特に 2000 年代後半以降ノミナル CPUE と概ね一致した（図 6）。一方、2000～2002 年の標準化 CPUE はノミナル CPUE よりも高くなったが、これは標準化により月の効果が除去されたためと考えられる。

1. 背景

マアジ太平洋系群では 6 つの加入量指標値を用いたチューニング VPA により資源量が推定されている。これら加入量指標値を求める際に使われるデータには、季節や漁具など漁獲効率に影響を与える情報を含んでいるものも存在する。そのため、加入量の年変動以外の要因の持つ効果を把握し、必要に応じてそれらを取り除く標準化を行うことが望ましいと考えられる。

伊勢湾まめ板網漁業については、昨年度評価までは 0 歳魚（豆アジ・小アジ銘柄）漁獲量を加入量指標値として用いていたが、漁獲量と努力量（出漁隻数）には減少傾向が認められており（図 1）、本年度評価においては、季節の影響を考慮して、一般化線形モデル（GLM）による CPUE の標準化を実施した。なお、漁獲量については、年の後半に増加する傾向が見られる（図 2）。

2. 方法

1) データの特性

データは 1988 年～2022 年のマアジ 0 歳魚月別漁獲量と出漁隻数から成る（愛知県提供）。ゼロ漁獲データは全体の 12.9%であったため、デルタ型 2 段階法による解析も検討したが、マアジ 0 歳魚の漁獲の有無を応答変数とした二項分布モデルを構築したところ、年変動の情報はほとんど含まれず漁獲の有無が月の効果で説明されるモデルとなった。したがって、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。

2) 統計モデル

マアジ 0 歳魚の漁獲があった操業を抽出し、月別 CPUE の対数値を応答変数とした一般化線形モデル（GLM）を適用するとともに、モデルの誤差分布は正規分布に従うと仮定した。説明変数の候補は年および月とし、すべてカテゴリー変数として扱った。なお、年と月の交互作用も取り入れた場合にはモデルが収束しなかったため、今回は交互作用については考慮しなかった。

GVIF を指標として多重共線性はないことを確認した上で、補正赤池情報量基準（AICc）を基準として総当たり法によりモデル選択を行った。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 の予測値を求めた上で、それらを年ごとに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。

3. 結果

モデル選択の結果（表 1）、以下の式が最終モデルとして選択された。

$$\text{Log}(\text{CPUE}) = \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Month}$$

ここで、Year は年（1988 年～2022 年）、Month は月（4 月～翌年 3 月）を表す。選択されたモデルの妥当性を確認するため、対数正規分布モデルの要約図を定性的に確認した（図 3）。予測値と残差の関係をみると、残差はゼロ付近に均等にばらついており、QQ プロットでは両端で理論値から外れる傾向がみられたものの、モデルに対するデータの当てはまりについては大きな問題はないと解釈した。また、モデルの残差は概ね正規分布に従っていた（図 4）。

月による違いとしては、1 月～5 月は CPUE が低かったが、7 月～11 月は CPUE が高くなった（表 2）。

ブートストラップ法で推定した信頼区間は推定値の年変動と比べて比較的広いが、本モデルによって推定値の年変化は捉えられていると考えられる（図 5）。

標準化 CPUE とノミナル CPUE を比較すると、増減する年トレンドの傾向は変わらなかった（図 6）。その中で、2000～2002 年の標準化 CPUE はノミナル CPUE よりも高くなったが、これは通常はマアジ 0 歳魚がほとんど獲れない年の前半に、これらの年では一定の漁獲があったことから、標準化によって月の効果を除去した結果、標準化 CPUE の方がノミナル CPUE よりも高くなったと考えられる。

従来の漁獲量指標値では全体的に減少傾向を示していたが、ノミナル CPUE や標準化 CPUE については、変動は大きくなったものの 2000 年代後半以降は横ばい傾向となった。累積隻数の変化を見ると、経年的に努力量が下がっていることから（図 1）、CPUE 化することによって、これまで欠けていた努力量の変化の情報が加味されており、加入量指標値として改善されたものと考えられる。

表 1. モデル選択結果

Model	対数正規分布モデル	df	logLik	AICc	delta
1	年 + 月	47	-588.934	1286.1	0.00
2	年	36	-766.026	1612.1	326.00

表 2. 最終モデルにおける推定パラメータ

```
glm(formula = log(cpue_koaji) ~ factor(Year2) + factor(Month),
     family = gaussian, data = data_p)
```

Deviance Residuals:

```
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-3.9598292 -0.7644762  0.1142236  0.7891256  3.1545855
```

Coefficients:

```
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.3182081599  0.5079290060 -0.62648 0.53144577
factor(Year2)1989  1.2488697112  0.6294285311  1.98413 0.04809508 *
factor(Year2)1990 -0.1733987036  0.6042284558 -0.28698 0.77431688
factor(Year2)1991  0.4640762155  0.6162736427  0.75304 0.45198194
factor(Year2)1992  0.3472940990  0.6308039599  0.55056 0.58232091
factor(Year2)1993  0.6057048330  0.6027827839  1.00485 0.31572946
factor(Year2)1994  0.0001524975  0.6029136278  0.00025 0.99979835
factor(Year2)1995 -0.3683317090  0.6027442014 -0.61109 0.54157300
factor(Year2)1996  0.3106617591  0.6496930641  0.47817 0.63285787
factor(Year2)1997  0.7163131173  0.6029136278  1.18809 0.23568065
factor(Year2)1998 -0.3134470524  0.6321116457 -0.49587 0.62032446
factor(Year2)1999  1.1402176538  0.6027827839  1.89159 0.05944849 .
factor(Year2)2000  1.3626674017  0.5926235290  2.29938 0.02212695 *
factor(Year2)2001  1.2197741672  0.5926235290  2.05826 0.04037446 *
factor(Year2)2002  0.8181158197  0.5926235290  1.38050 0.16839677
factor(Year2)2003  0.0405786805  0.6512765547  0.06231 0.95035775
factor(Year2)2004 -0.7253022220  0.6162508787 -1.17696 0.24008644
factor(Year2)2005 -0.9561172158  0.6321116457 -1.51258 0.13137422
factor(Year2)2006 -0.4669179914  0.6162736427 -0.75765 0.44921978
factor(Year2)2007 -0.5556995567  0.5926235290 -0.93769 0.34910883
factor(Year2)2008 -0.6183828444  0.5926235290 -1.04347 0.29751989
factor(Year2)2009 -0.2127528022  0.6027442014 -0.35297 0.72434061
factor(Year2)2010 -0.9527909499  0.6146622836 -1.55010 0.12210477
factor(Year2)2011 -0.9973327498  0.5926235290 -1.68291 0.09336764 .
factor(Year2)2012 -0.2501483796  0.5926235290 -0.42210 0.67323303
factor(Year2)2013 -0.8954138659  0.6321116457 -1.41654 0.15758906
factor(Year2)2014 -2.2136621638  0.6308039599 -3.50927 0.00051374 ***
factor(Year2)2015 -1.0459702832  0.6027827839 -1.73524 0.08366178 .
factor(Year2)2016 -0.5287285166  0.6027827839 -0.87715 0.38106537
factor(Year2)2017 -1.1497109972  0.6042284558 -1.90278 0.05796724 .
factor(Year2)2018 -1.1736445624  0.6027827839 -1.94704 0.05240406 .
factor(Year2)2019 -0.5113027370  0.6027442014 -0.84829 0.39690977
factor(Year2)2020 -1.1547638864  0.6027827839 -1.91572 0.05629149 .
factor(Year2)2021 -0.8175980598  0.6027442014 -1.35646 0.17590926
factor(Year2)2022 -0.2405441500  0.6146622836 -0.39134 0.69580373
factor(Month)2 -0.7383969493  0.3608628515 -2.04620 0.04155383 *
factor(Month)3 -1.0889037753  0.3771297623 -2.88735 0.00414953 **
factor(Month)4 -1.1863001843  0.3690733399 -3.21427 0.00144113 **
factor(Month)5 -0.1544689058  0.3404258025 -0.45375 0.65031487
factor(Month)6  1.4329083247  0.3284778155  4.36227 1.7384e-05 ***
factor(Month)7  2.4098015144  0.3232751874  7.45433 8.5212e-13 ***
factor(Month)8  2.9732669477  0.3232751874  9.19732 < 2.22e-16 ***
factor(Month)9  3.2876440893  0.3232751874  10.16980 < 2.22e-16 ***
factor(Month)10 3.1487085621  0.3232751874  9.74003 < 2.22e-16 ***
factor(Month)11 1.8225566254  0.3232751874  5.63779 3.7852e-08 ***
factor(Month)12 0.4497116909  0.3251667884  1.38302 0.16762341
---
```

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

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 1.673055263)

Null deviance: 1646.63474 on 365 degrees of freedom

Residual deviance: 535.37768 on 320 degrees of freedom

AIC: 1271.8671

Number of Fisher Scoring iterations: 2

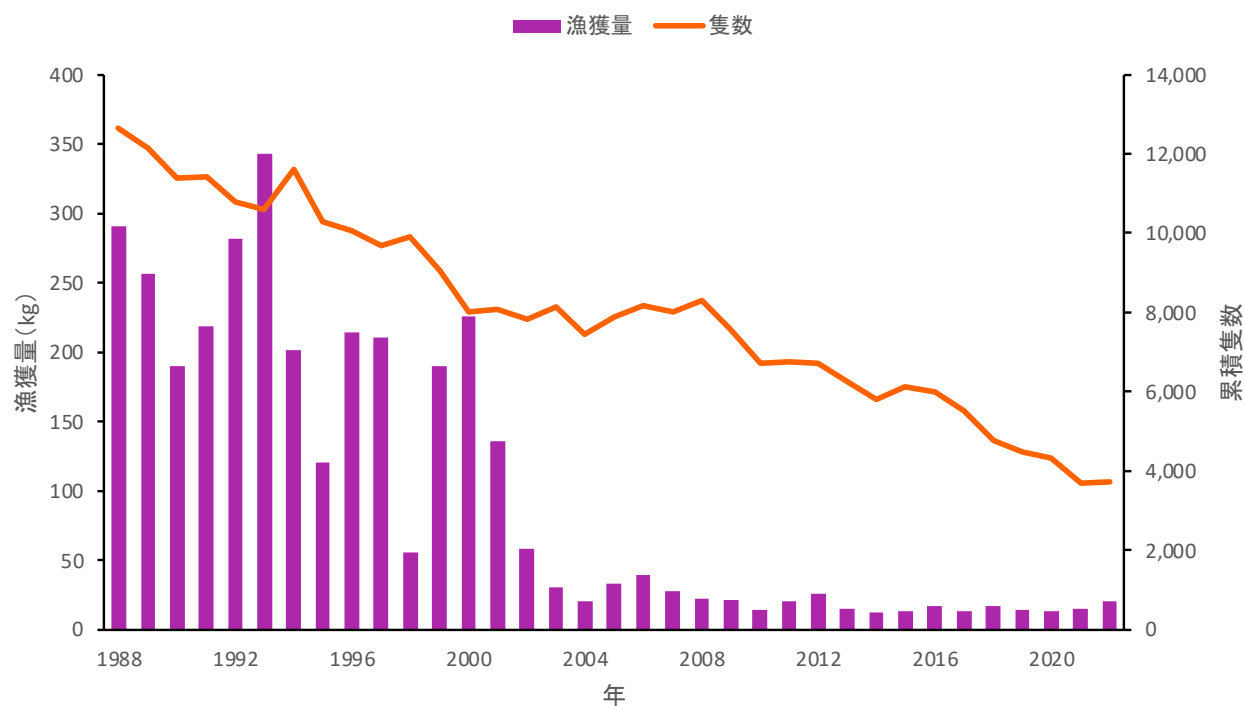


図1 漁獲量と累積隻数の年変化

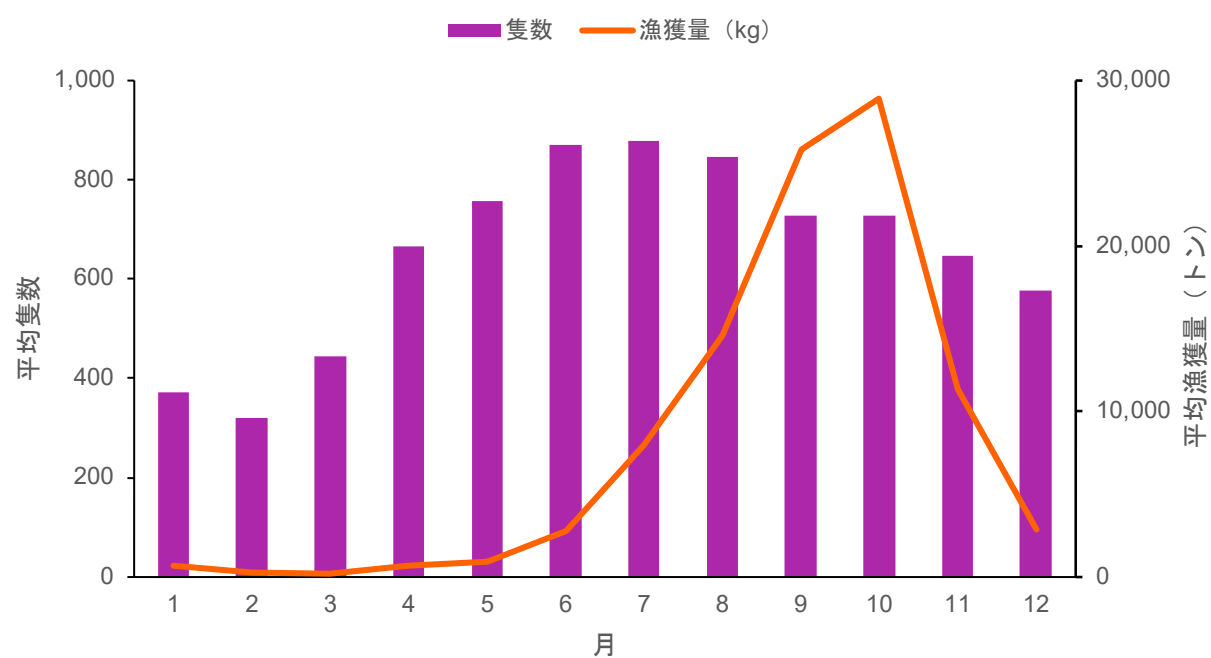


図2 漁獲量と累積隻数の月変化

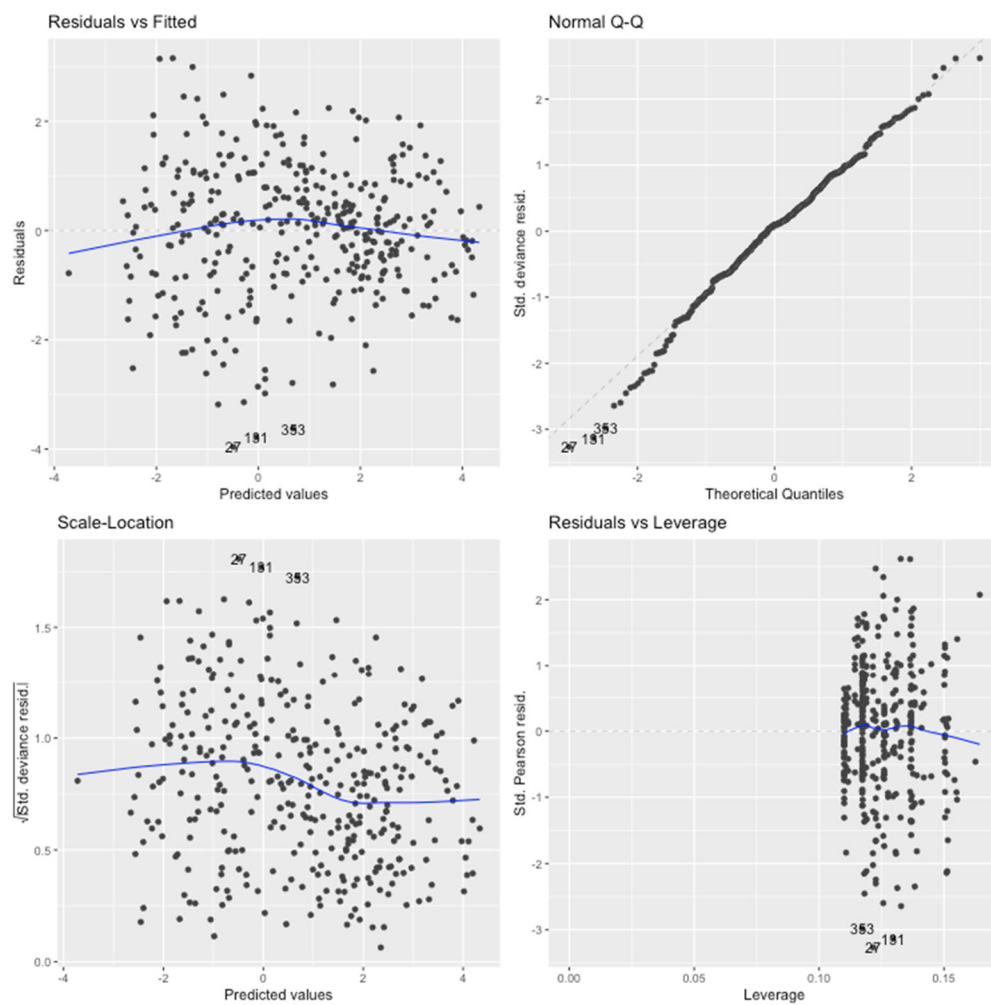


図3 一般化線形モデルの要約図

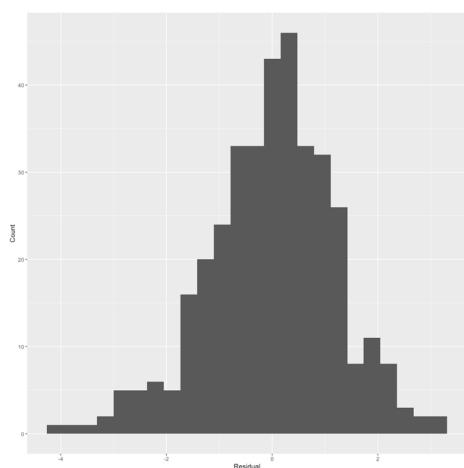


図4 一般化線形モデルの残差のヒストグラム

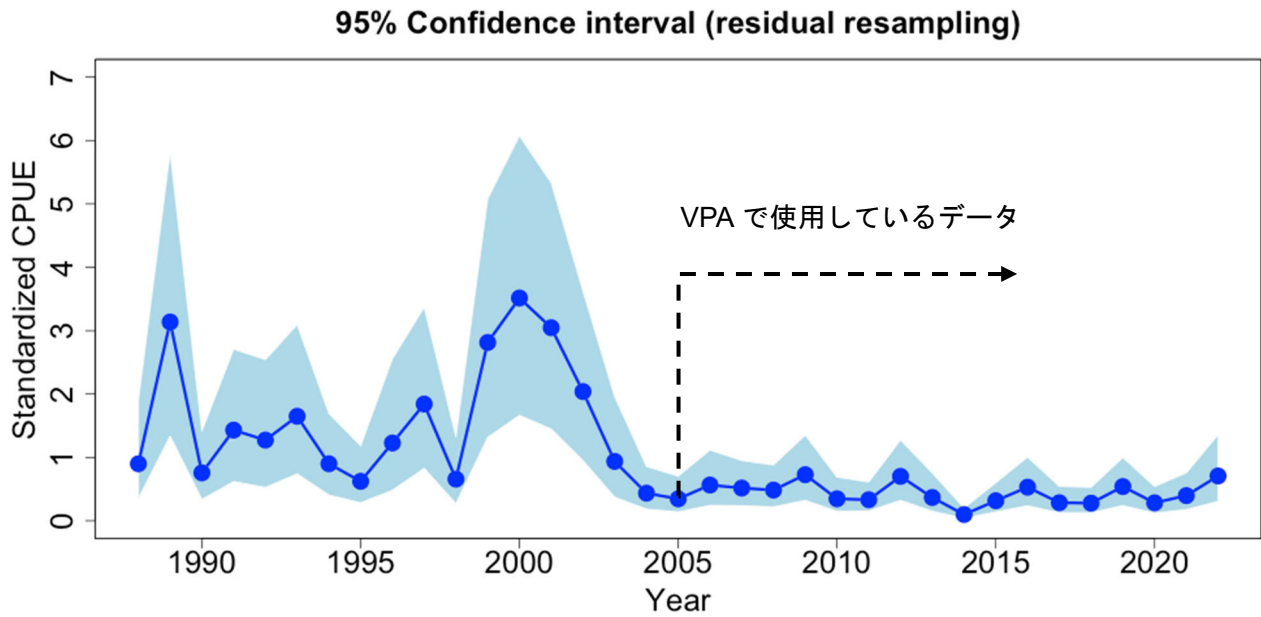


図5 標準化 CPUE の年変化（青線）と残差リサンプリングによるブートストラップ法を用いて推定した標準化 CPUE の 95%信頼区間（青色領域）
 試行回数は 1 万回とした。点線の矢印は指標値として使用を開始した年を示す。

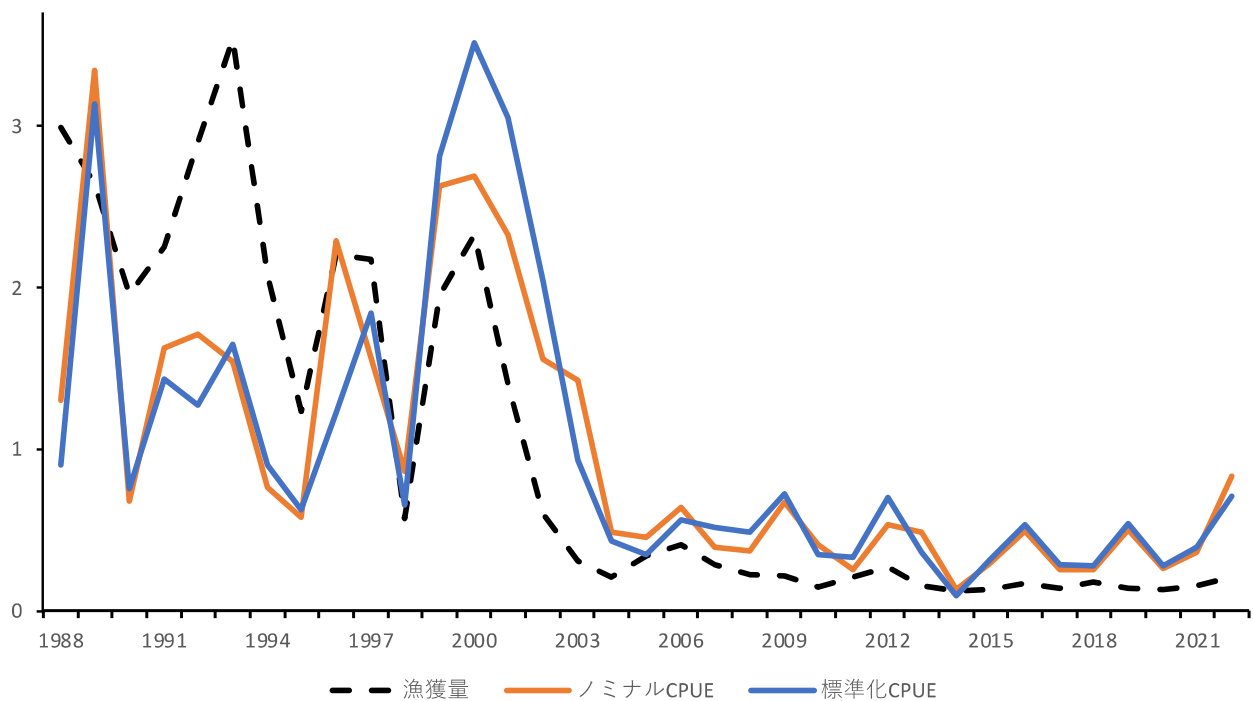


図6 規格化した標準化 CPUE とノミナル CPUE（相乗平均）と従来指標値の年変化