

令和 5（2023）年度ホッケ根室海峡・道東・日高・胆振の資源評価 羅臼
漁業協同組合所属の刺網漁業の CPUE 標準化について

概要

データ	羅臼漁協所属刺網漁業の漁獲量、努力量に関するデータ（釧路水産試験場提供）
対象	1 隻あたりの漁獲量 (kg/隻)
データの利用可能な期間	2001～2022 年 1～12 月
標準化に使用した期間	2001～2022 年 1～12 月（1997 レコード） （ホッケの漁獲量区分がある期間）
使用した統計ソフト・パッケージ	R (4.3.1) パッケージは MuMIn、tidyverse、ggplot2
統計モデル	一般化線形モデル
初期モデルの応答変数	自然対数変換した月別・トン数階層別 CPUE (kg/網)
初期モデルの説明変数	CPUE モデル： 年、月、漁船トン数階層、漁獲形態（専獲・混獲） （全てカテゴリ・固定効果）
最終モデルの選択方法	BIC 総当たり法
選択された説明変数	年、月、漁船トン数階層
年トレンドの算出方法	ベストモデルの最小二乗平均 (Lsmean) より年トレンドを算出し、年以外の効果を除くして標準化 CPUE の年トレンドとした。
標準化の結果	標準化 CPUE の年トレンドは概ねノミナル CPUE と類似したが、一部の年でノミナル CPUE よりも低い値あるいは高い値を示した。これらの乖離の要因としては標準化 CPUE では、漁船トン数階層による努力量の偏りが補正されたことの影響が考えられる。

1. 背景

ホッケ根室海峡・道東・日高・襟裳以西の漁獲量は、海域により変動傾向が異なるが、根室海峡での漁獲量が多い。中でも羅臼漁協所属の刺網漁業による漁獲量が多く、根室海峡～襟裳以西海域全体の漁獲量の 50%以上の割合を占める年が多いため（図 1）、本地区の刺網漁業の CPUE はある程度資源量の推移を反映しているものと考えられる。一方、本地区の刺網漁業は年によって漁獲量は大きく変動している（図 2）。また、月や漁船の大きさ（トン数階層）によっても漁獲量の変動傾向は異なり、年により操業状況には違いがあると考えられる（図 3）。これらのことから、羅臼の刺網 CPUE に含まれる資源の年変動以外の影響を除去するため、一般化線形モデルを用いて CPUE の標準化を行った。

2. 方法

解析には 2001～2022 年の羅臼漁業協同組合所属の刺網で漁獲された月別・トン数階層別のホッケの漁獲量およびのべ出漁隻数（釧路水産試験場）を用いた。月別漁獲量をのべ

出漁隻数で除した 1 隻あたり漁獲量（トン/隻）を CPUE とし、標準化モデルにはホッケ CPUE に対数正規分布を仮定した一般化線形モデル（GML）を用いた。説明変数の候補として、年（Year）、月（Month）、漁獲形態（Target）およびトン数階層（Vclass）をカテゴリカル変数として用いた。漁獲形態（Target）は、専獲か混獲かを示すものとし、トン数階層は 0～2.99 トン、3～4.99 トン、5～9.99 トン、15～19.99 トンおよびブロック操業に区分される。ゼロキャッチデータに対応するため、CPUE の最小値を全ての CPUE データに足し合わせた。データの無い組み合わせが生じるため、交互作用は考慮しなかった。モデルについて、総当たり法によりベイズ情報量規準（BIC）を用いてモデル選択を行った。なお、ホッケ根室海峡・道東・日高・胆振の資源評価では、ブロック操業を含めたデータから得られた標準化 CPUE を資源量指標値として用いたが、トン数階層区分のブロック操業は漁獲状況が他の階層とは異なることが指摘されていたため、ブロック操業のデータを除いた場合についても同様のフルモデルを構築し、それぞれ BIC が最小となるモデルを標準化モデルとして採用した。標準化 CPUE は、最小二乗平均（Lsmean）の年平均値として用いた。

フルモデル*：

$$\log(\text{CPUE}) = \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Month} + \text{Target} + \text{Vclass}$$

*フルモデルはブロック操業のデータを含む・含まないに関わらず同じモデルとした

3. 結果と考察

BIC が最小となるモデルは以下の通りであり、ブロック操業のデータを含む・含まないに関わらず、説明変数として年（Year）のほか、月（Month）および Vclass（船トン数階層）を用いたものである（表 1、表 2）。

標準化モデル：

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

残差ヒストグラムおよび QQ プロットの結果からは、ブロック操業を含む場合、含まない場合において、残差の正規性に関して特段の問題はないと考えられた（図 4、図 5）。また、各変数の残差にも大きな偏りはみられず、等分散性に大きな問題はないと考えられた（図 6、図 7）。

推定された標準化 CPUE の年トレンドは概ねノミナル CPUE（羅臼刺網 CPUE を平均値 1 となるよう規格化した値）と類似したトレンドを示したが、2001～2003 年、2009 年には標準化 CPUE の方が若干高い傾向が見られ、2010 年以降は概ね一致した。近年では、2019 年および 2021 年は標準化 CPUE の方が小さくなったが、2022 年はほぼ一致した（図 8）。標準化 CPUE では、操業月やトン数階層の効果の違いの影響が補正され、ノミナル

CPUE との違いが生じたと考えられる。

(執筆者：森田晶子、千葉悟、境 磨、濱津友紀)

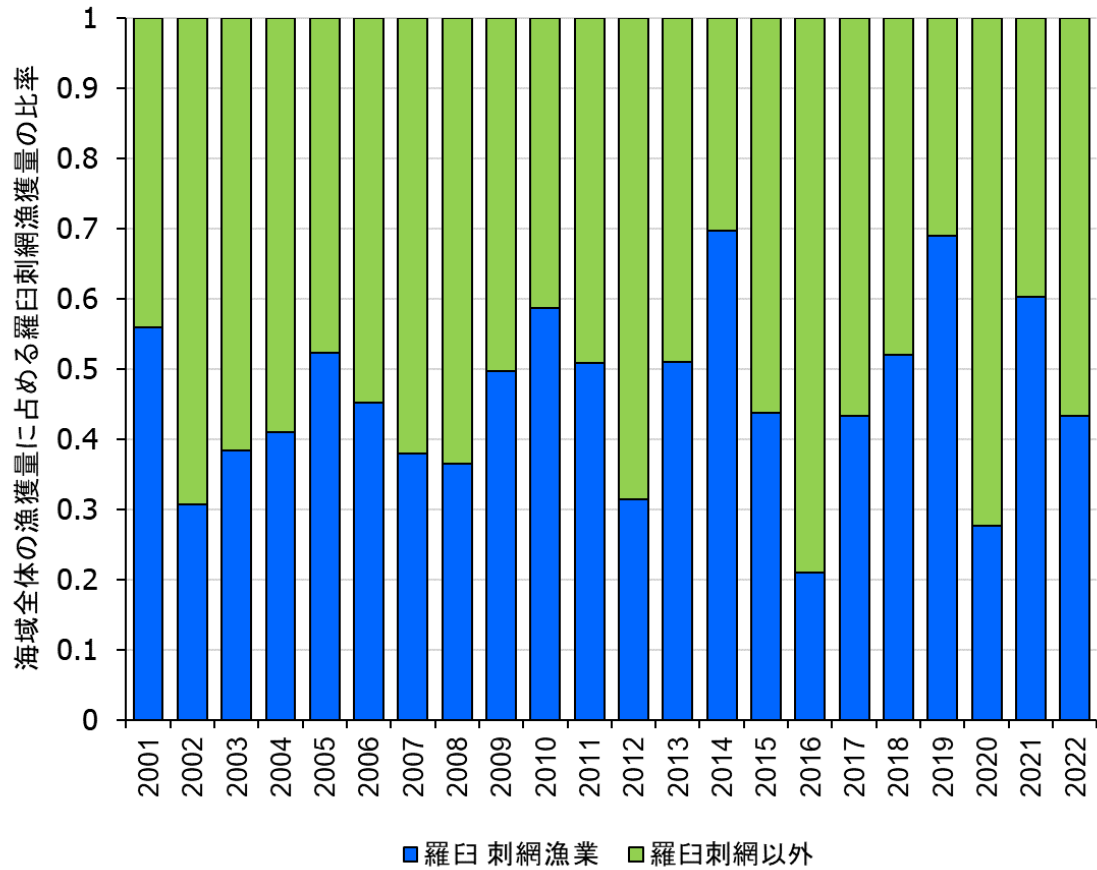


図 1. ホッケ根室海峡・道東・日高・襟裳以西の海域全体の漁獲量（安全操業を含む）に占める羅臼漁協所属刺網漁業漁獲量の比率の推移

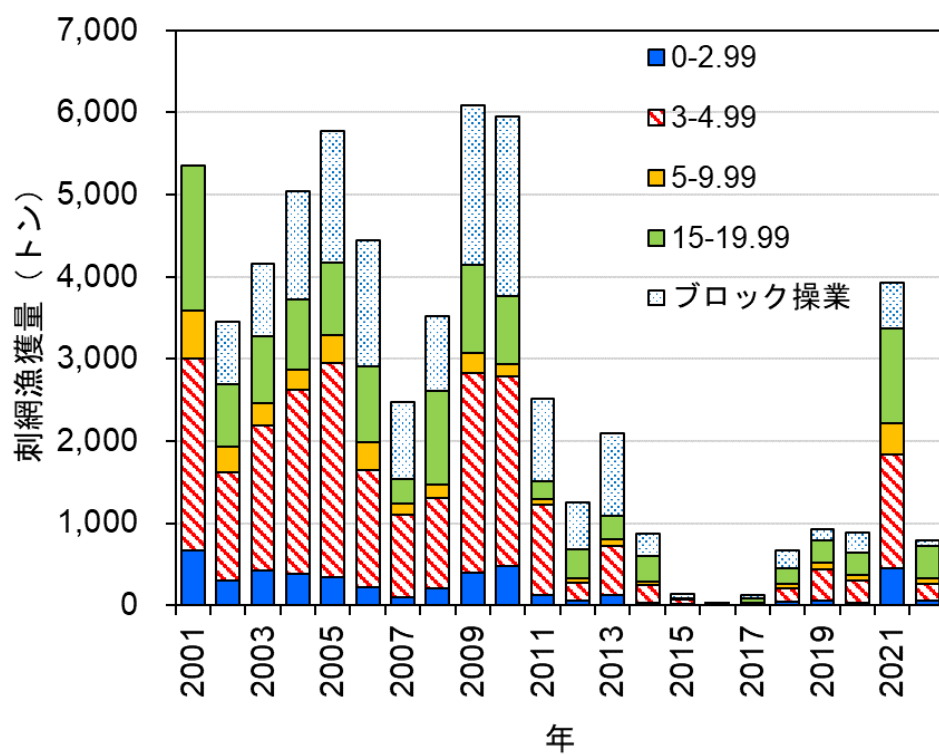


図 2. 羅臼漁協所属刺網漁船のトン数階層別漁獲量の推移

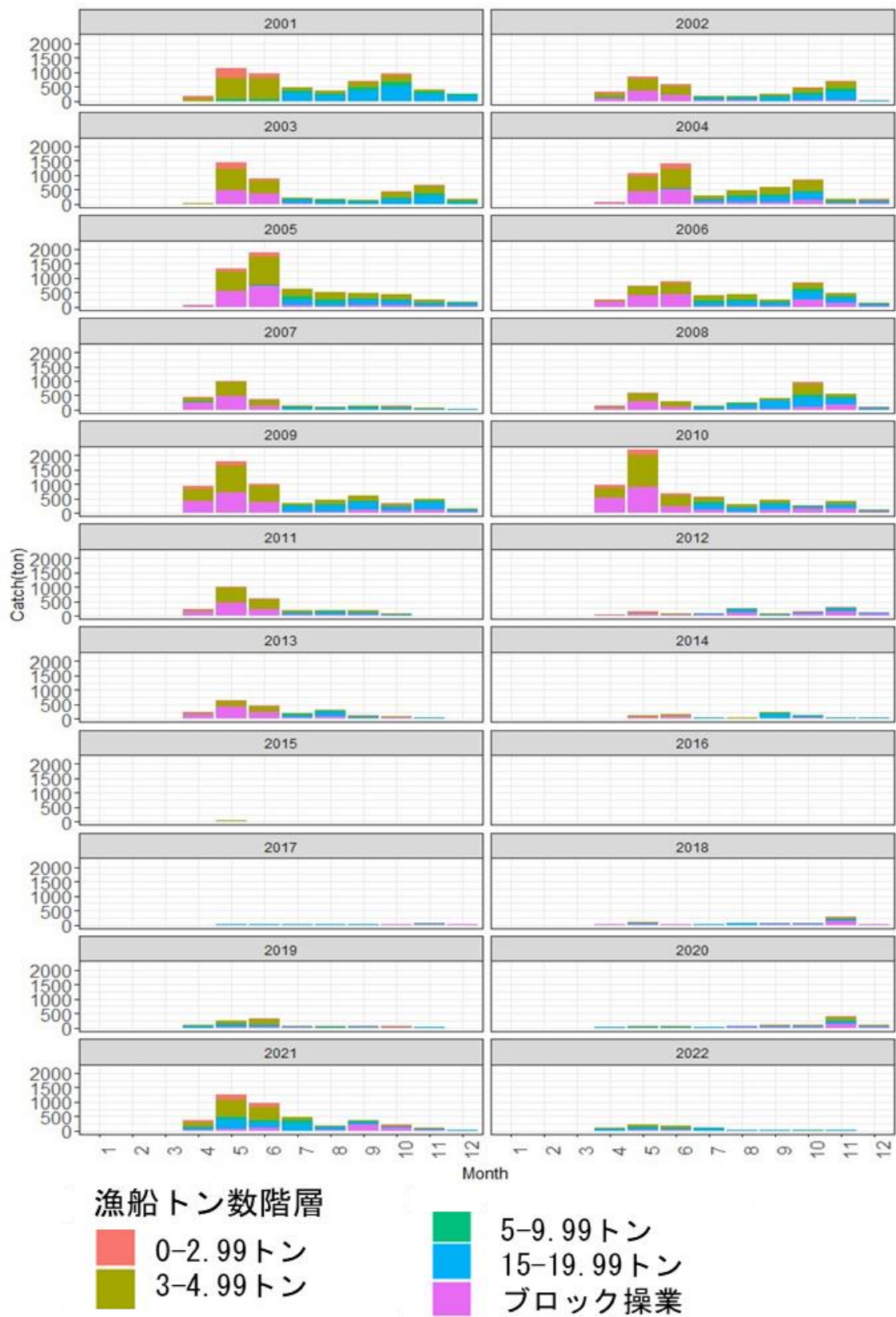


図 3. 年別・月別・漁船トン数階層別漁獲量

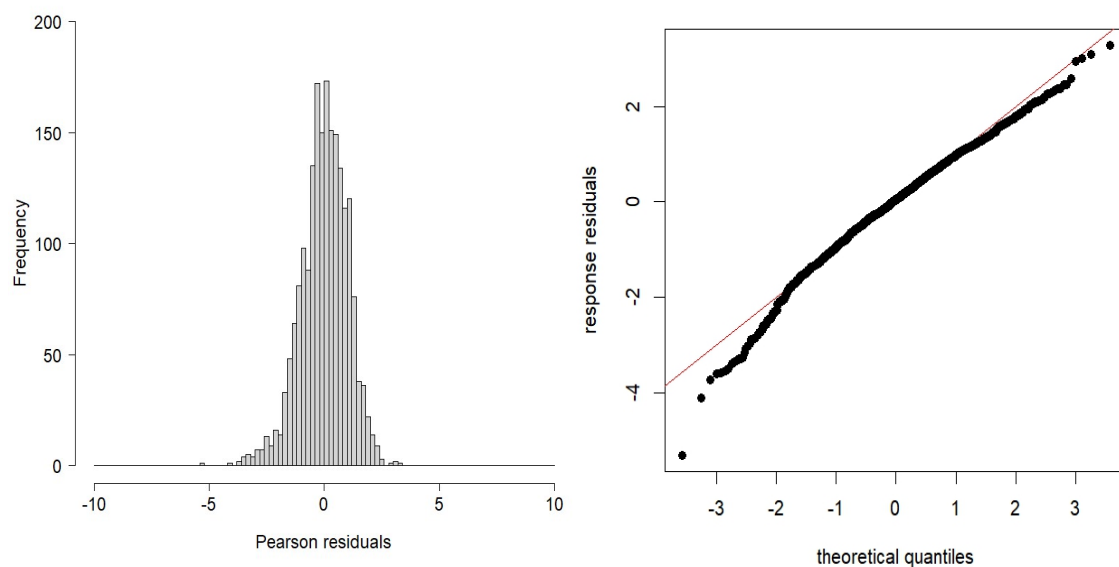


図 4. ブロック操作を含むデータを用いた標準化モデルの予測値と実測値の残差ヒストグラム（左図）および正規確率プロット（右図）

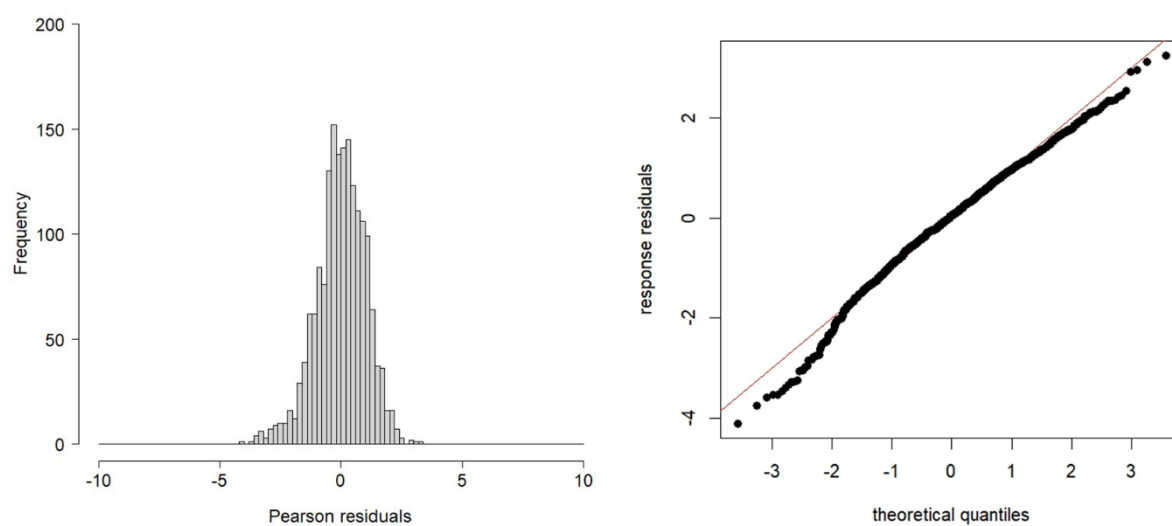


図 5. ブロック操作を含まないデータを用いた標準化モデルの予測値と実測値の残差ヒストグラム（左図）および正規確率プロット（右図）

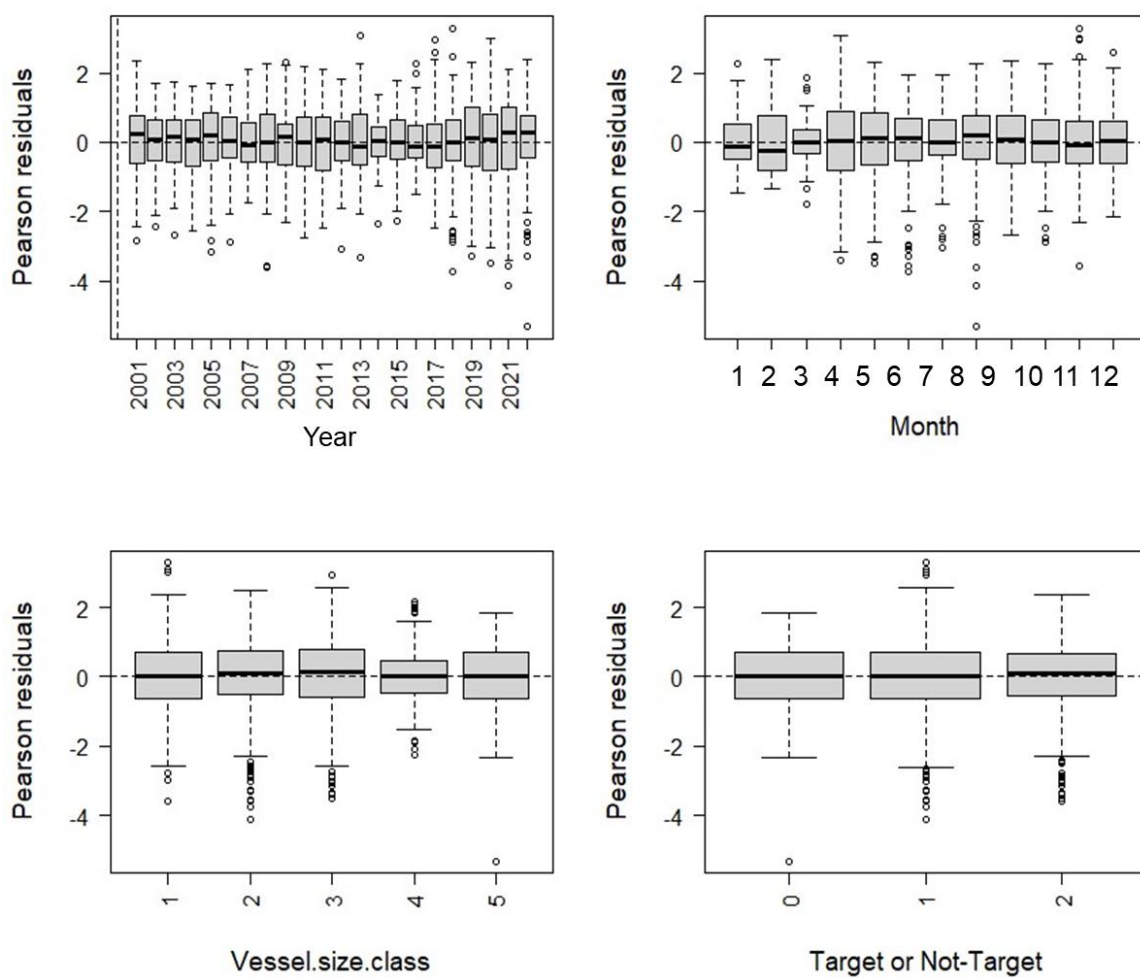


図 6. ブロック操作を含むデータを用いた標準化モデルの各変数における残差の箱ひげ図

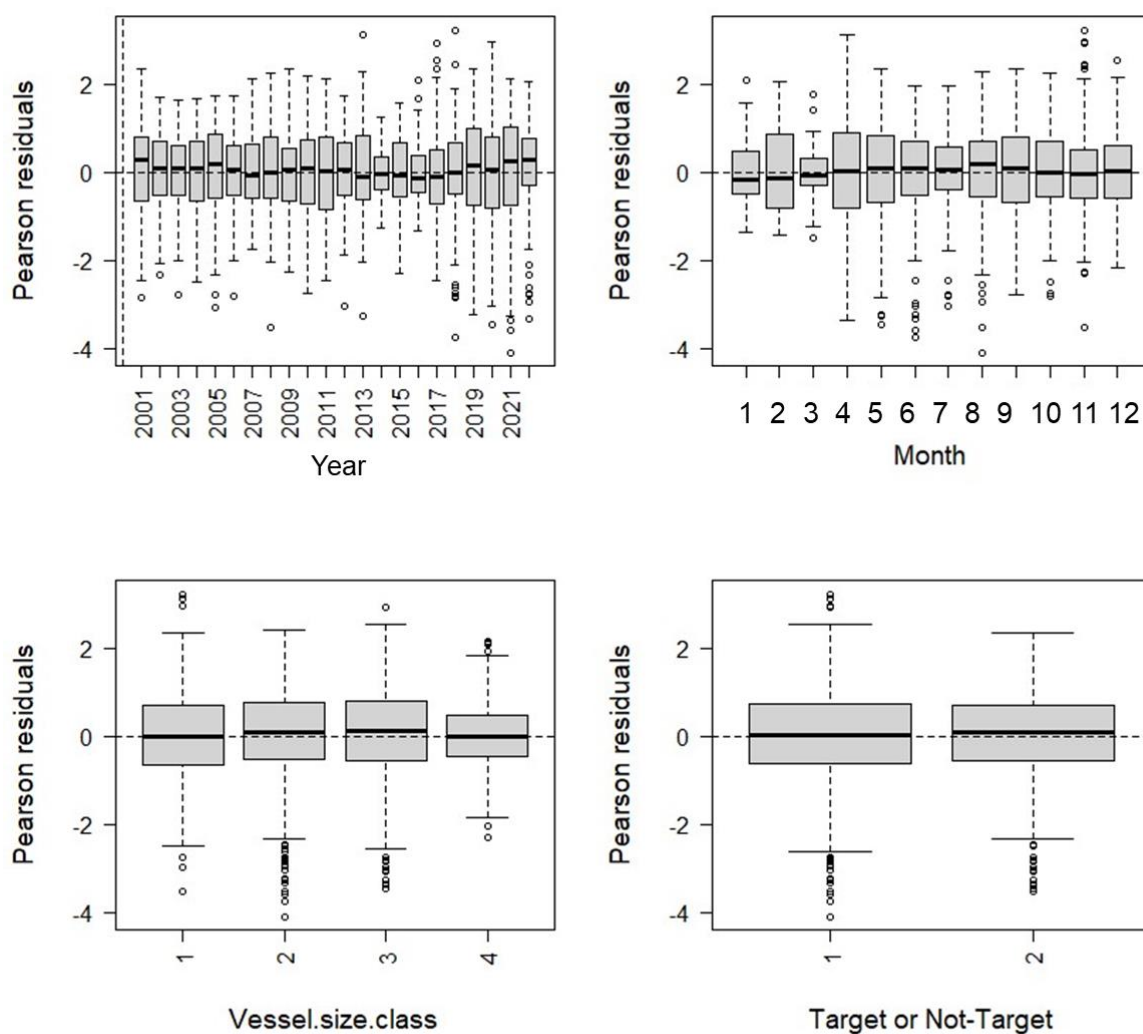


図 7. ブロック操作を含まないデータを用いた標準化モデルの各変数における残差の箱ひげ図

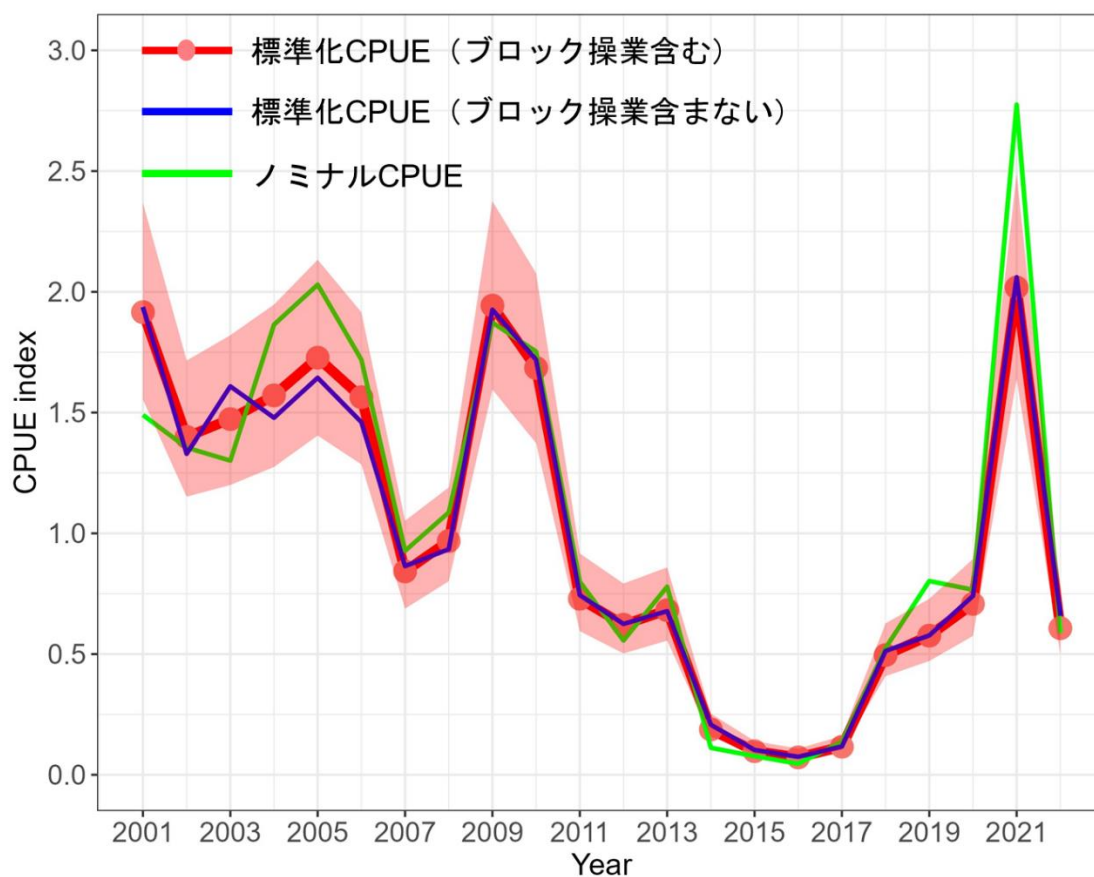


図 8. 羅臼漁協所属の刺網 CPUE 指標値の推移

指標値として用いた標準化 CPUE (赤線) については 90%信頼区間を示した。

表 1. BIC を基準としたモデル選択の結果（ブロック操業を含むデータを用いた標準化モデル）

モデル番号	(Intrc)	Year	Month	Vclass	Target	df	logLik	BIC	delta
14	1.655	+	+	+		38	-2869.77	6028.3	0
16	3.826	+	+	+	+	39	-2869.46	6035.3	6.99
12	3.975	+	+		+	36	-3089.14	6451.9	423.55
10	2.79	+	+			34	-3257.87	6774.1	745.81
13	4.219	+		+		27	-3371.93	6949	920.73
15	5.76	+		+	+	28	-3369.46	6951.7	923.38
6	0.8636		+	+		17	-3444.16	7017.5	989.2
8	2.873		+	+	+	18	-3444.15	7025.1	996.78
11	5.745	+			+	25	-3451.53	7093.1	1064.74
9	4.682	+				23	-3515.48	7205.7	1177.43
4	3.031		+		+	15	-3557.24	7228.5	1200.17
2	2.116		+			13	-3653.05	7404.9	1376.59
5	3.384			+		6	-3745.2	7536	1507.68
7	4.784			+	+	7	-3744.61	7542.4	1514.09
3	4.784				+	4	-3793.43	7617.3	1588.94
1	3.955					2	-3831.28	7677.8	1649.45

Year、Month、Vclass、Target はそれぞれ年、月、船トン数階層、漁獲形態（専獲か混獲か）を示すカテゴリカル変数。

表 2. BIC を基準としたモデル選択の結果（ブロック操業を含まないデータを用いた標準化モデル）

モデル番号	(Intrc)	Year	Month	Vclass	Target	df	logLik	BIC	delta
14	1.715	+	+	+		37	-2540.11	5356.7	0
16	1.704	+	+	+	+	38	-2539.78	5363.5	6.82
12	2.77	+	+		+	35	-2741.92	5745.4	388.67
10	2.687	+	+			34	-2760.52	5775.1	418.4
13	4.204	+		+		26	-2884.08	5962.4	605.75
15	4.125	+		+	+	27	-2881.31	5964.4	607.69
9	4.682	+				23	-2973.76	6119.4	762.69
11	4.746	+			+	24	-2970.74	6120.8	764.12
6	0.9713		+	+		16	-3014.83	6149.2	792.52
8	0.9914		+	+	+	17	-3014.82	6156.7	799.97
4	2.003		+		+	14	-3122.52	6349.6	992.95
2	1.919		+			13	-3136.75	6370.6	1013.94
5	3.378			+		5	-3221.02	6479.4	1122.71
7	3.339			+	+	6	-3220.38	6485.6	1128.88
3	3.929					2	-3276.75	6568.4	1211.74
1	3.849				+	3	-3273.42	6569.3	1212.55

Year、Month、Vclass、Target はそれぞれ年、月、船トン数階層、漁獲形態（専獲か混獲か）を示すカテゴリカル変数。

表 3. 選択された標準化モデルの ANOVA 表 (TypeⅢ)

	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)	
Year	1524.07	21	< 2.2e-16	***
Month	1280.93	11	< 2.2e-16	***
Vclass	931.08	4	< 2.2e-16	***

表 4. 各年のノミナル CPUE および標準化 CPUE

年	CPUE			規格化したCPUE指標値 ^{*1}		
	ノミナル CPUE(kg/ 隻)	標準化 CPUE (kg/ 隻) ^{*2}	標準化 CPUE (kg/ 隻) ^{*3}	ノミナル CPUE	標準化 CPUE ^{*2}	標準化 CPUE ^{*3}
2001	232	109	87	1.49	1.92	1.94
2002	211	80	60	1.36	1.40	1.33
2003	203	84	72	1.30	1.47	1.61
2004	291	90	66	1.86	1.57	1.48
2005	317	99	74	2.03	1.73	1.64
2006	268	89	65	1.72	1.56	1.46
2007	145	48	39	0.93	0.84	0.86
2008	169	55	42	1.09	0.97	0.93
2009	292	111	86	1.87	1.94	1.93
2010	273	96	77	1.75	1.68	1.72
2011	125	42	33	0.80	0.73	0.74
2012	87	36	28	0.56	0.62	0.62
2013	122	39	30	0.78	0.68	0.68
2014	17	11	9	0.11	0.19	0.21
2015	12	6	5	0.08	0.10	0.10
2016	7	4	3	0.05	0.07	0.07
2017	21	7	5	0.14	0.12	0.12
2018	82	28	23	0.53	0.50	0.51
2019	125	33	26	0.80	0.58	0.58
2020	120	40	33	0.77	0.71	0.74
2021	433	115	92	2.78	2.02	2.06
2022	92	35	29	0.59	0.61	0.66

¹ 2001～2022年の平均値でそれぞれの値を割ったもの。

² ブロック操業を含むデータを用いた場合(報告書で使用している標準化モデル)。

³ ブロック操業を含むまないデータを用いた場合。

添付資料 選択されたモデルのサマリー

Call:

```
glm(formula = log(CPUE) ~ fYear + fMonth + fVclass + fTarget,
     data = FISH)
```

Coefficients: (1 not defined because of singularities)

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.65491	0.16381	10.103	0.00000002	***
Year2002	-0.31094	0.1458	-2.133	0.0331	*
Year2003	-0.26068	0.14879	-1.752	0.0799	.
Year2004	-0.1968	0.15029	-1.309	0.1905	
Year2005	-0.10269	0.1495	-0.687	0.4923	
Year2006	-0.20085	0.14585	-1.377	0.1687	
Year2007	-0.81278	0.15085	-5.388	7.98E-08	***
Year2008	-0.67501	0.14515	-4.65	3.53E-06	***
Year2009	0.01465	0.1459	0.1	0.92	
Year2010	-0.12729	0.14878	-0.856	0.3923	
Year2011	-0.95471	0.15208	-6.278	4.22E-10	***
Year2012	-1.11198	0.15645	-7.108	1.65E-12	***
Year2013	-1.02106	0.15249	-6.696	2.79E-11	***
Year2014	-2.2613	0.16063	-14.078	< 2e-16	***
Year2015	-2.8534	0.1594	-17.901	< 2e-16	***
Year2016	-3.11467	0.16192	-19.236	< 2e-16	***
Year2017	-2.69869	0.15445	-17.473	< 2e-16	***
Year2018	-1.33186	0.15169	-8.78	< 2e-16	***
Year2019	-1.1856	0.15317	-7.74	1.58E-14	***
Year2020	-0.98407	0.15398	-6.391	2.05E-10	***
Year2021	0.0517	0.14959	0.346	0.7297	
Year2022	-1.13444	0.15222	-7.452	1.37E-13	***
Month2	-0.19943	0.18458	-1.08	0.2801	
Month3	-0.43435	0.19556	-2.221	0.0265	*
Month4	2.61224	0.14105	18.519	< 2e-16	***
Month5	3.29646	0.1398	23.58	< 2e-16	***
Month6	3.12187	0.13997	22.303	< 2e-16	***
Month7	2.516	0.14697	17.119	< 2e-16	***
Month8	2.36835	0.14629	16.189	< 2e-16	***
Month9	2.43471	0.14194	17.153	< 2e-16	***
Month10	2.61318	0.13865	18.847	< 2e-16	***
Month11	2.52841	0.13823	18.291	< 2e-16	***
Month12	1.77617	0.13874	12.802	< 2e-16	***
Vclass2	0.86578	0.06127	14.13	< 2e-16	***
Vclass3	0.97888	0.06774	14.45	< 2e-16	***
Vclass4	1.76268	0.08562	20.588	< 2e-16	***
Vclass5	2.17088	0.07974	27.223	< 2e-16	***

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

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 1.056653)

Null deviance: 5423.9 on 1996 degrees of freedom

Residual deviance: 2070.6 on 1960 degrees of freedom

AIC: 5815.5

Number of Fisher Scoring iterations: 2