

令和 5（2023）年度ムシガレイ日本海南西部系群の資源評価
CPUE 標準化(2022 年データによる更新)

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター
八木佑太、飯田真也、佐久間啓、吉川 茜、白川北斗

概要

データ	浜田以西に根拠地を持つ 2 そうびき沖合底びき網漁業（2 そうびき沖底）漁獲成績報告書（日別・漁船別・農林漁区（緯度経度 10 分漁区）別データ）。水深は、ETOPO1 global relief model から取得。
標準化の対象	1 網あたりのムシガレイ漁獲重量 (kg/網)
データが利用可能な期間	1993 年 1 月～2022 年 12 月
標準化に使用した期間	1993 年 1 月～2022 年 12 月
標準化のためのデータ抽出	ムシガレイが主に分布する水深帯（200m 以浅）を対象とし、入力ミスと見られる緯度経度のデータを除いた。
使用した統計ソフト・パッケージ	R ver. 4.3.1 を用いて計算。モデルパラメータの推定では glm、モデル選択では MuMIn パッケージ内の dredge、ROC 曲線下面積（AUC）の計算には PresenceAbsence パッケージを使用。
統計モデル	デルタ型一般化線形モデル。在・不在データに対しては二項分布を適用して有漁確率を計算し（有漁確率モデル）、有漁データに対しては正規分布を適用し、自然対数変換した CPUE を計算する（CPUE モデル）。
フルモデルの説明変数	有漁確率モデル・CPUE モデル：年（カテゴリ、固定）、季節（カテゴリ、固定）、海区（カテゴリ、固定）、水深（カテゴリ、固定）、漁船 ID（カテゴリ、固定）、年×海区（交互作用）
説明変数に関する補足	✓ 漁場の遷移を考慮し、海区は東経 130 度（対馬東側）の東西で 2 つに分割した。 ✓ 季節は 1～12 月を 4 等分、水深は 25 m ごとに区分することでカテゴリー化した。
ベストモデルの選択方法	dredge による総当たり法。情報量規準は AIC を使用した。
ベストモデル	有漁確率モデル、CPUE モデルともにフルモデル
年トレンドの抽出方法	✓ 有漁確率モデルの予測値×CPUE モデルの予測値 ✓ ベストモデルから各年・各月・各海区・各水温・各水深の予測 CPUE を算出し、年ごと、海区ごとに平均する。その後、1993 年以降に各海区で 2 そうびき沖底が操業に利用した漁区数（海区 1：58、海区 2：52）により年ごとに

	重み付け平均することで標準化 CPUE を算出。
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を使用しベストモデルによる標準化 CPUE の計算を 1,000 回繰り返して計算した
モデル診断の結果	有漁確率モデルにおける有漁か否かの判別性能、CPUE モデルにおける残差の正規性・等分散性に問題ないことを確認した。
年トレンドの予測結果	標準化 CPUE は、2008 年から 2014 年にかけて低下し、2015 年に一旦やや上昇した。2018 年にかけて再び低下した後は 2 年連続で上昇したが、2021 年は前年を下回った。2022 年は 2021 年とほぼ同様の値であった。

1. 背景

漁業データに基づく CPUE は資源量の指標値として広く利用されており、調査船調査よりも幅広い年代・海域のデータが得られるため、資源変動の全体像を知る上で重要である。一方で、事前に調査デザインが決められた調査船調査とは異なり、漁業データは操業場所、時期、漁法などといった努力量の時空間分布が非均一である場合が多い。そのため、近年では努力量の偏りを統計的に取り除いた CPUE（標準化 CPUE）を用いることが望ましいとされている（Maunder and Punt 2004）。

ムシガレイ日本海南西部系群では、2020 年度の資源評価において標準化 CPUE を資源量指標値、およびチューニング指数として導入した。本系群の漁獲量の 70%程度を占める 2 そうびき沖合（浜田以西）漁獲成績報告書に基づき、2022 年データを加えて結果を更新したため、その概要を示す。

2. 方法

1993～2022 年における 2 そうびき沖底の漁獲成績報告書に基づき、緯度経度 10 分漁区解像度の日別・漁船別漁獲量と網数を用いた。海洋環境データとしては、ETOPO1 global relief model (<https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html>) から水深を切り出して用いた。ムシガレイが主に分布する水深帯（200m 以浅）を対象とし、入力ミスと見られる緯度経度のデータを除いた。

使用したデータはゼロキャッチ（操業しているが漁獲量は 0）を含む連続値であり、ムシガレイの漁獲がないレコードを 1 割程度含む。従って、標準化モデルには delta-GLM (Lo et al. 1992) を用いた。このモデルは、有漁となる確率を予測するモデル（有漁確率モデル）と有漁時の CPUE（自然対数値）を予測するモデル（CPUE モデル）の 2 つを別々に解析するものであり、それぞれのモデルの誤差分布には二項分布と正規分布を設定した。各モデルにおいて最も複雑な候補モデル（フルモデル）の説明変数には、年（Year）、季節（Quarter）、

海区 (Area)、水深 (Depth)、漁船 ID (Vessel) の固定効果 (すべてカテゴリカル変数) と、経年的な漁場変化を考慮するため、年と海区の交互作用を設定した。

3. 結果

モデル選択は赤池情報量規準 (AIC) に基づく総当たり法によって行い、最も AIC の低いモデルをベストモデルとした。その結果、有漁確率モデル・CPUE モデルともにフルモデルが選択された (表 1)。

有漁確率モデル

$\text{logit}(P) \sim \text{Year} + \text{Quarter} + \text{Area} + \text{Depth} + \text{Vessel} + \text{Year:Area}$

P は有漁確率。

CPUE モデル

$\log(\text{CPUE}) \sim \text{Year} + \text{Quarter} + \text{Area} + \text{Depth} + \text{Vessel} + \text{Year:Area}$

誤差項は正規分布を仮定。

有漁確率モデルの ROC 曲線下面積 (AUC) は 0.78 であり (図 1)、有漁か否かの判別性能は十分であると判断された。CPUE モデルでは全体の残差が概ね正規分布と一致しており (図 2)、層別残差に著しい偏りも認められないことから (図 3)、残差の正規性・等分散性に大きな問題はないと判断された。有漁確率モデルおよび CPUE モデルにおける explained deviance (説明変数によって説明されるばらつき ; 1- 残差逸脱度/Null 逸脱度) は、それぞれ 16.7%および 38.6%であった。

標準化 CPUE (1993~2022 年の平均値で規格化した値) は、2008 年から 2014 年にかけて低下し、2015 年に一旦やや上昇した。2018 年にかけて再び低下した後は 2 年連続で上昇したが、2021 年は前年を下回る値となり、2022 年は 2021 年とほぼ同様の値であった。近年、ノミナル CPUE および資源量指数とは異なる推移を示している。近年、2 そうびき沖底においては、他魚種狙い (アカムツやマフグ等) の操業の増加により、ムシガレイに対する漁獲努力は減少しており、努力量の偏りを取り除いたことがその要因として考えられる。

引用文献

- Maunder, M. N., A. E. Punt (2004) Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. Fish. Res., **70**, 141–159.
- 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. モデル選択の結果 (AIC による上位 10 モデル)

・有漁確率モデル

(Intercept)	fct(area)	fct(depthc)	fct(qt)	fct(year)	fct(vessel)	fct(area): fct(year)	df	logLik	AIC	delta	weight
2.338	+	+	+	+	+	+	114	-24448.27	49124.5	0	1
2.419	+		+	+	+	+	110	-24474.81	49169.6	45.08	0
2.546	+	+	+	+	+		85	-24537.73	49245.5	120.92	0
2.529	+		+	+	+		81	-24564.34	49290.7	166.14	0
2.067		+	+	+	+		84	-24739.13	49646.3	521.72	0
1.938			+	+	+		80	-24760.59	49681.2	556.65	0
3.000	+	+		+	+	+	111	-24969.77	50161.5	37.01	0
3.036	+			+	+	+	107	-24996.37	50206.7	82.2	0
3.204	+	+		+	+		82	-25062.56	50289.1	164.58	0
3.117	+			+	+		78	-25086.83	50329.7	205.13	0

fct()はカテゴリカル変数を表す。area:海域、depthc:水深、qt:季節、vessel:漁船 ID。

・CPUE モデル

(Intercept)	fct(area)	fct(depthc)	fct(qt)	fct(year)	fct(vessel)	fct(area): fct(year)	df	logLik	AIC	delta	weight
2.363	+	+	+	+	+	+	115	-87048.76	174327.5	0	1
2.663	+		+	+	+	+	111	-87352.15	174926.3	598.79	0
2.01	+	+	+	+	+		86	-88657.59	177487.2	3159.67	0
2.127		+	+	+	+		85	-88833.8	177837.6	3510.08	0
2.554	+		+	+	+		82	-89083.81	178331.6	4004.11	0
2.706			+	+	+		81	-89254.61	178671.2	4343.72	0
1.741	+	+	+	+		+	68	-91065.61	182267.2	7939.7	0
2.136	+		+	+		+	64	-91662.85	183453.7	9126.18	0
2.589	+	+	+		+		57	-92012.32	184138.6	9811.12	0
2.753		+	+		+		56	-92319.62	184751.2	10423.73	0

fct()はカテゴリカル変数を表す。area:海域、depthc:水深、qt:季節、vessel:漁船 ID。

表 2. ノミナル CPUE、資源量指数、標準化 CPUE とその 95 %信頼区間

年	ノミナル CPUE	資源量指数	標準化 CPUE	2.5%	97.5%
1993	0.51	0.80	0.55	0.48	0.67
1994	0.59	0.78	0.73	0.62	0.87
1995	0.72	0.98	0.91	0.72	1.01
1996	0.96	1.15	1.14	0.91	1.28
1997	0.78	1.05	0.95	0.74	1.04
1998	0.43	0.56	0.58	0.47	0.66
1999	0.85	0.88	0.77	0.62	0.87
2000	1.08	1.01	1.12	0.88	1.23
2001	1.27	1.25	1.25	0.98	1.38
2002	1.46	1.40	1.33	1.05	1.46
2003	1.34	1.25	1.38	1.10	1.53
2004	1.01	0.97	1.20	0.93	1.31
2005	1.19	1.03	1.15	0.92	1.29
2006	1.39	1.27	1.40	1.10	1.55
2007	1.27	1.18	1.44	1.13	1.58
2008	1.54	1.51	1.70	1.33	1.85
2009	1.63	1.57	1.66	1.30	1.82
2010	1.29	1.29	1.38	1.10	1.54
2011	1.10	1.05	1.10	0.88	1.25
2012	0.94	1.01	1.04	0.83	1.15
2013	0.94	0.99	0.85	0.69	0.97
2014	1.10	1.02	0.80	0.65	0.92
2015	1.16	1.08	0.84	0.75	1.06
2016	0.89	0.89	0.66	0.61	0.86
2017	0.93	0.84	0.66	0.57	0.82
2018	0.88	0.79	0.66	0.59	0.83
2019	0.81	0.78	0.74	0.67	0.93
2020	0.82	0.70	0.85	0.76	1.04
2021	0.57	0.49	0.58	0.48	0.68
2022	0.56	0.42	0.58	0.47	0.67

各値は、各年の値を 1993～2022 年の平均で規格化した値。

信頼区間はブートストラップサンプリングされたデータを使用し、ベストモデルによる標準化 CPUE の計算を 1,000 回繰り返して計算。

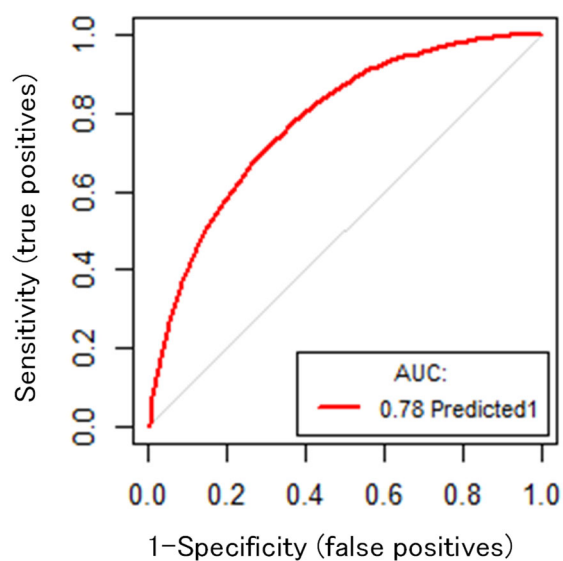


図 1. 有漁確率モデルの ROC 曲線

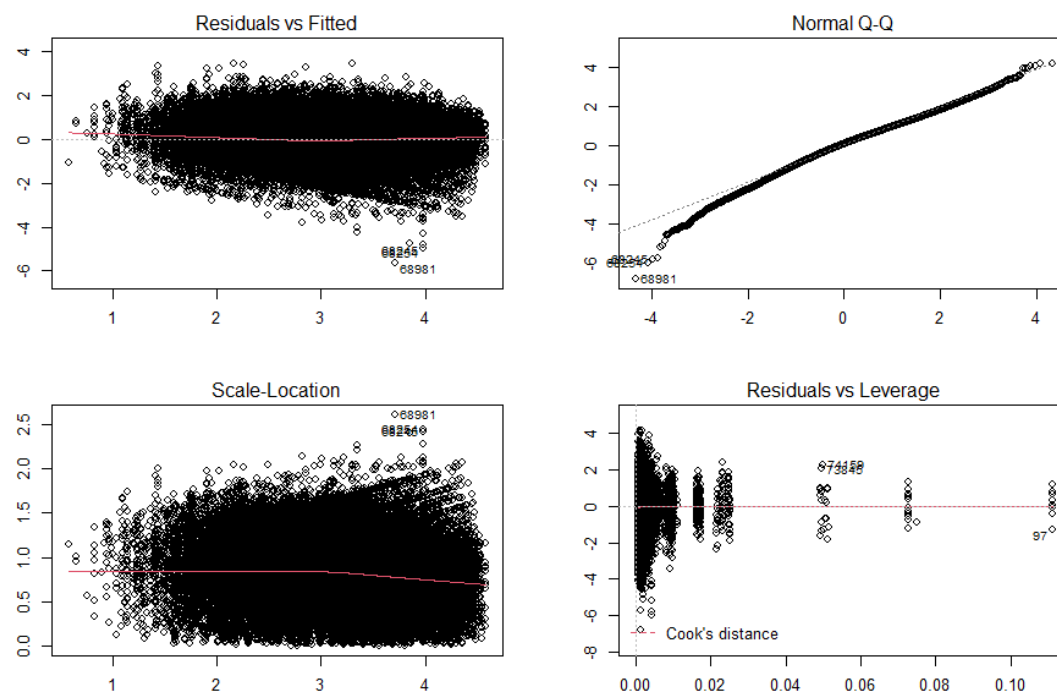


図 2. モデル診断（CPUE モデル）の要約図

左上：推定値に対する逸脱度残差の分布、右上：標準化した正規 QQ プロット、左下：推定値に対する標準化残差の分布、右下：てこ比に対するピアソン化残差の分布とクックの距離の関係

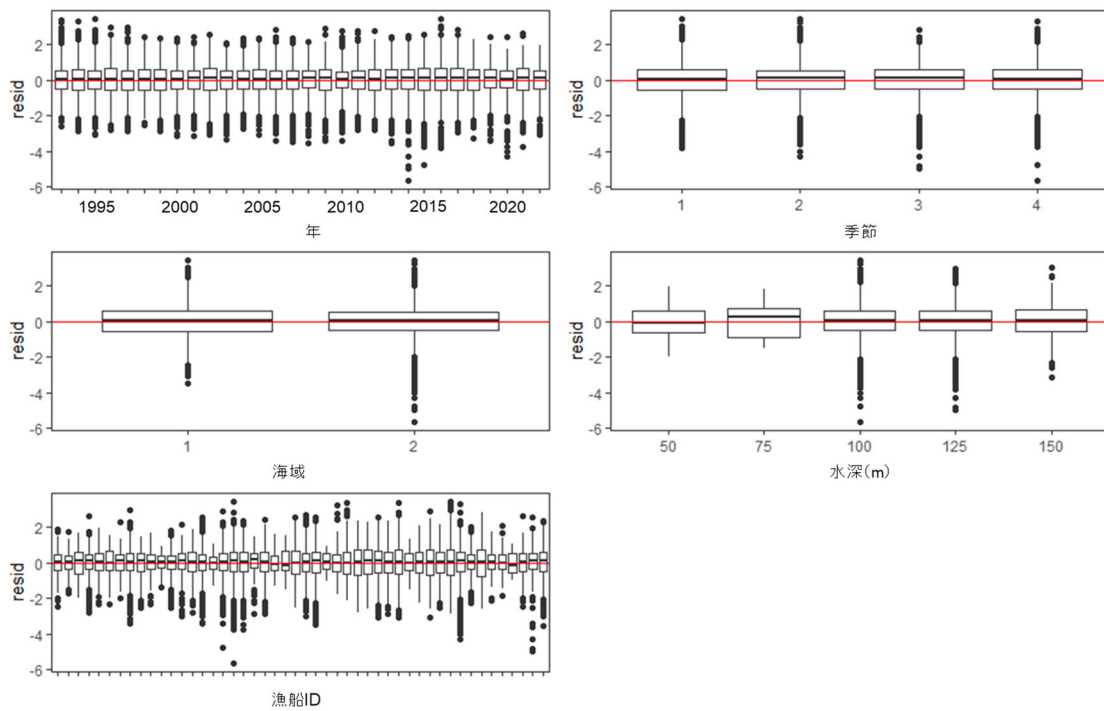


図 3. CPUE モデルの層別残差。季節は、1：1～3 月、2：4～6 月、3：7～9 月、4：10～12 月であり、海区は、1：東経 130 度以西、2：東経 130 度以东である。

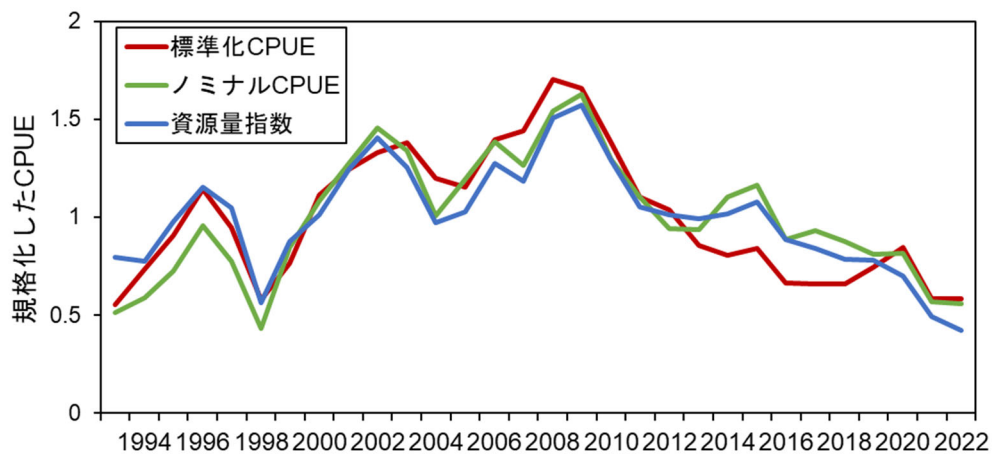


図 4. ノミナル CPUE、資源量指数、標準化 CPUE の推移

付表 1. ベストモデルの推定パラメータ

・有漁確率モデル

Call:

```
glm(formula = mushi_pa ~ factor(sougyou_y) * factor(area) + factor(qt) +
    factor(depthc) + factor(vessel), family = binomial, data = data2)
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	2.33825	0.47680	4.904	9.39e-07 ***
factor(sougyou_y)1994	0.39696	0.09717	4.085	4.40e-05 ***
factor(sougyou_y)1995	1.15515	0.10936	10.563	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)1996	1.26838	0.11931	10.631	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)1997	1.10917	0.11616	9.549	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)1998	0.84776	0.11918	7.114	1.13e-12 ***
factor(sougyou_y)1999	0.79336	0.12250	6.477	9.38e-11 ***
factor(sougyou_y)2000	1.14331	0.12607	9.069	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2001	1.12055	0.12845	8.724	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2002	1.20651	0.13913	8.672	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2003	1.74907	0.15934	10.977	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2004	1.55910	0.13686	11.392	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2005	0.81489	0.11926	6.833	8.31e-12 ***
factor(sougyou_y)2006	1.70531	0.14757	11.556	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2007	1.33626	0.13499	9.899	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2008	1.46277	0.15504	9.435	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2009	0.82636	0.14128	5.849	4.94e-09 ***
factor(sougyou_y)2010	0.85775	0.14595	5.877	4.18e-09 ***
factor(sougyou_y)2011	0.57545	0.13724	4.193	2.75e-05 ***
factor(sougyou_y)2012	0.77242	0.13741	5.621	1.90e-08 ***
factor(sougyou_y)2013	1.03845	0.16211	6.406	1.50e-10 ***
factor(sougyou_y)2014	0.61383	0.16498	3.721	0.000199 ***
factor(sougyou_y)2015	0.39837	0.15122	2.634	0.008431 **
factor(sougyou_y)2016	0.02693	0.14412	0.187	0.851752
factor(sougyou_y)2017	-0.20739	0.14488	-1.431	0.152290
factor(sougyou_y)2018	-0.32009	0.13760	-2.326	0.020001 *
factor(sougyou_y)2019	-0.17394	0.13842	-1.257	0.208897
factor(sougyou_y)2020	0.01590	0.15323	0.104	0.917333
factor(sougyou_y)2021	-0.38279	0.14522	-2.636	0.008392 **
factor(sougyou_y)2022	-0.83202	0.13209	-6.299	3.00e-10 ***
factor(area)2	-0.61681	0.09169	-6.727	1.73e-11 ***
factor(qt)2	0.78117	0.03390	23.043	< 2e-16 ***
factor(qt)3	0.76681	0.03782	20.277	< 2e-16 ***
factor(qt)4	0.82475	0.02982	27.656	< 2e-16 ***
factor(depthc)75	-0.03788	0.49161	-0.077	0.938581
factor(depthc)100	0.15544	0.26399	0.589	0.555986
factor(depthc)125	0.06005	0.26398	0.227	0.820053
factor(depthc)150	-0.32189	0.26634	-1.209	0.226826
factor(vessel)2018	-0.52933	0.42525	-1.245	0.213225
factor(vessel)2026	-0.36420	0.46681	-0.780	0.435273
factor(vessel)2033	0.32612	0.40517	0.805	0.420883
factor(vessel)2043	0.22350	0.42504	0.526	0.599008
factor(vessel)2058	1.34153	0.70588	1.901	0.057365 .
factor(vessel)2059	-0.72979	0.43402	-1.681	0.092671 .
factor(vessel)2074	0.46878	0.39737	1.180	0.238118
factor(vessel)2089	-0.58802	0.43267	-1.359	0.174135
factor(vessel)2090	0.20447	0.43046	0.475	0.634779
factor(vessel)2092	0.32817	0.52616	0.624	0.532813
factor(vessel)2098	-0.82074	0.39585	-2.073	0.038140 *
factor(vessel)2105	-2.33165	0.39731	-5.869	4.40e-09 ***
factor(vessel)2113	-0.82892	0.39879	-2.079	0.037655 *
factor(vessel)2114	-0.98814	0.39251	-2.517	0.011819 *
factor(vessel)2133	-0.18738	0.53297	-0.352	0.725154
factor(vessel)2145	-0.29301	0.39343	-0.745	0.456415
factor(vessel)2164	-0.88706	0.39184	-2.264	0.023585 *
factor(vessel)3004	-0.80425	0.39485	-2.037	0.041667 *
factor(vessel)3005	0.67968	0.64331	1.057	0.290729
factor(vessel)3006	-0.63397	0.41237	-1.537	0.124197
factor(vessel)3007	0.97187	0.82049	1.184	0.236216
factor(vessel)3013	1.52687	1.08750	1.404	0.160315
factor(vessel)3014	-2.34084	0.39291	-5.958	2.56e-09 ***
factor(vessel)3021	-0.33963	0.40149	-0.846	0.397600
factor(vessel)3029	-0.75873	0.39592	-1.916	0.055321 .
factor(vessel)3044	-0.69066	0.77404	-0.892	0.372247
factor(vessel)3045	-3.72655	0.39813	-9.360	< 2e-16 ***
factor(vessel)3051	-3.80475	0.39104	-9.730	< 2e-16 ***
factor(vessel)3053	-1.63012	0.39268	-4.151	3.31e-05 ***
factor(vessel)3058	-1.43411	0.39750	-3.608	0.000309 ***
factor(vessel)3067	-0.84656	0.41024	-2.064	0.039056 *
factor(vessel)3071	-1.66519	0.39801	-4.184	2.87e-05 ***
factor(vessel)3078	-1.33932	0.39397	-3.400	0.000675 ***

factor(vessel)3083	0.74117	0.82051	0.903 0.366363
factor(vessel)3089	-0.99152	0.41347	-2.398 0.016482 *
factor(vessel)3094	-1.93528	0.39170	-4.941 7.78e-07 ***
factor(vessel)3095	-1.09488	0.39703	-2.758 0.005821 **
factor(vessel)3098	-1.89919	0.39296	-4.833 1.34e-06 ***
factor(vessel)3099	-1.02002	0.39197	-2.602 0.009260 **
factor(vessel)4018	-0.16005	0.47090	-0.340 0.733944
factor(vessel)4032	-1.66057	0.39431	-4.211 2.54e-05 ***
factor(vessel)4041	0.50460	0.55326	0.912 0.361746
factor(vessel)5018	-1.52404	0.42885	-3.554 0.000380 ***
factor(vessel)7777	-2.44598	0.59703	-4.097 4.19e-05 ***
factor(vessel)8888	0.09838	0.41329	0.238 0.811854
factor(vessel)9998	2.06952	0.70123	2.951 0.003165 **
factor(vessel)9999	-0.03766	0.40423	-0.093 0.925776
factor(sougyou_y)1994:factor(area)2	-0.32378	0.12076	-2.681 0.007338 **
factor(sougyou_y)1995:factor(area)2	-0.35504	0.13621	-2.607 0.009145 **
factor(sougyou_y)1996:factor(area)2	0.17179	0.15132	1.135 0.256261
factor(sougyou_y)1997:factor(area)2	0.21176	0.15214	1.392 0.163938
factor(sougyou_y)1998:factor(area)2	-0.58192	0.14651	-3.972 7.13e-05 ***
factor(sougyou_y)1999:factor(area)2	-0.04247	0.15352	-0.277 0.782032
factor(sougyou_y)2000:factor(area)2	0.36741	0.16755	2.193 0.028320 *
factor(sougyou_y)2001:factor(area)2	0.62237	0.16755	3.715 0.000204 ***
factor(sougyou_y)2002:factor(area)2	0.06506	0.16672	0.390 0.696381
factor(sougyou_y)2003:factor(area)2	-0.24970	0.18725	-1.334 0.182351
factor(sougyou_y)2004:factor(area)2	-0.16368	0.17300	-0.946 0.344094
factor(sougyou_y)2005:factor(area)2	0.31556	0.15806	1.997 0.045875 *
factor(sougyou_y)2006:factor(area)2	-0.33032	0.18614	-1.775 0.075971 .
factor(sougyou_y)2007:factor(area)2	-0.23313	0.16991	-1.372 0.170029
factor(sougyou_y)2008:factor(area)2	-0.07297	0.19910	-0.366 0.714002
factor(sougyou_y)2009:factor(area)2	0.60746	0.19459	3.122 0.001798 **
factor(sougyou_y)2010:factor(area)2	0.47404	0.19203	2.469 0.013564 *
factor(sougyou_y)2011:factor(area)2	0.32983	0.17798	1.853 0.063852 .
factor(sougyou_y)2012:factor(area)2	-0.30476	0.17346	-1.757 0.078932 .
factor(sougyou_y)2013:factor(area)2	-0.42776	0.19821	-2.158 0.030922 *
factor(sougyou_y)2014:factor(area)2	-0.02691	0.20109	-0.134 0.893538
factor(sougyou_y)2015:factor(area)2	-0.62140	0.18060	-3.441 0.000580 ***
factor(sougyou_y)2016:factor(area)2	-0.50522	0.17351	-2.912 0.003594 **
factor(sougyou_y)2017:factor(area)2	0.14074	0.17914	0.786 0.432075
factor(sougyou_y)2018:factor(area)2	0.37141	0.17376	2.137 0.032560 *
factor(sougyou_y)2019:factor(area)2	0.18152	0.17498	1.037 0.299577
factor(sougyou_y)2020:factor(area)2	-0.02828	0.18685	-0.151 0.879703
factor(sougyou_y)2021:factor(area)2	-0.44557	0.17799	-2.503 0.012301 *
factor(sougyou_y)2022:factor(area)2	-0.18797	0.16974	-1.107 0.268112

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

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 58720 on 80123 degrees of freedom
 Residual deviance: 48897 on 80010 degrees of freedom
 AIC: 49125

・ CPUE モデル

Call:

```
glm(formula = mushi_lcpue ~ factor(sougyou_y) * factor(area) +
     factor(qt) + factor(depthc) + factor(vessel), family = gaussian,
     data = d.pos)
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.3626381	0.1325559	17.824	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)1994	0.3961161	0.0312100	12.692	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)1995	0.4572261	0.0326259	14.014	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)1996	0.7084841	0.0340544	20.804	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)1997	0.5896855	0.0340394	17.324	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)1998	0.0880019	0.0361538	2.434	0.014931 *
factor(sougyou_y)1999	-0.0366317	0.0383297	-0.956	0.339226
factor(sougyou_y)2000	0.3595918	0.0360149	9.985	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2001	0.4641774	0.0360975	12.859	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2002	0.4419067	0.0368630	11.988	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2003	0.4733957	0.0377801	12.530	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2004	0.5457248	0.0348909	15.641	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2005	0.2349674	0.0358545	6.553	5.66e-11 ***
factor(sougyou_y)2006	0.5415990	0.0368297	14.705	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2007	0.6842269	0.0369895	18.498	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2008	0.8759618	0.0380697	23.009	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2009	0.7731363	0.0388078	19.922	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2010	0.6270104	0.0382907	16.375	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2011	0.5018593	0.0394881	12.709	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2012	0.5182502	0.0378946	13.676	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2013	0.0960991	0.0394816	2.434	0.014935 *
factor(sougyou_y)2014	-0.0941988	0.0450328	-2.092	0.036462 *
factor(sougyou_y)2015	0.0662092	0.0450166	1.471	0.141357
factor(sougyou_y)2016	-0.1423440	0.0491024	-2.899	0.003746 **
factor(sougyou_y)2017	-0.3415447	0.0516433	-6.614	3.78e-11 ***
factor(sougyou_y)2018	-0.2551617	0.0509675	-5.006	5.56e-07 ***
factor(sougyou_y)2019	-0.3217421	0.0505230	-6.368	1.92e-10 ***
factor(sougyou_y)2020	-0.0007402	0.0536318	-0.014	0.988988
factor(sougyou_y)2021	-0.1472643	0.0531967	-2.768	0.005636 **
factor(sougyou_y)2022	-0.0913199	0.0531597	-1.718	0.085830 .
factor(area)2	-0.1420351	0.0299903	-4.736	2.18e-06 ***
factor(qt)2	0.4570975	0.0090975	50.245	< 2e-16 ***
factor(qt)3	0.8423287	0.0099866	84.346	< 2e-16 ***
factor(qt)4	0.7700919	0.0079367	97.030	< 2e-16 ***
factor(depthc)75	-0.3448931	0.2175236	-1.586	0.112847
factor(depthc)100	0.1943762	0.1200799	1.619	0.105511
factor(depthc)125	0.3413782	0.1200902	2.843	0.004475 **
factor(depthc)150	0.0435321	0.1212968	0.359	0.719679
factor(vessel)2018	-0.7503729	0.0747181	-10.043	< 2e-16 ***
factor(vessel)2026	-0.1181714	0.0972951	-1.215	0.224535
factor(vessel)2033	-0.1959803	0.0517453	-3.787	0.000152 ***
factor(vessel)2043	-0.1880710	0.0618380	-3.041	0.002356 **
factor(vessel)2058	0.5578631	0.0956206	5.834	5.43e-09 ***
factor(vessel)2059	-0.4521642	0.0789280	-5.729	1.02e-08 ***
factor(vessel)2074	-0.1710077	0.0510560	-3.349	0.000810 ***
factor(vessel)2089	-0.2755300	0.0622428	-4.427	9.58e-06 ***
factor(vessel)2090	-0.1593154	0.0623504	-2.555	0.010616 *
factor(vessel)2092	-0.2924189	0.0981687	-2.979	0.002895 **
factor(vessel)2098	-0.4119326	0.0523182	-7.874	3.49e-15 ***
factor(vessel)2105	0.2163433	0.0614229	3.522	0.000428 ***
factor(vessel)2113	-0.2750896	0.0550116	-5.001	5.73e-07 ***
factor(vessel)2114	-0.1184503	0.0513028	-2.309	0.020955 *
factor(vessel)2133	0.3413355	0.1190446	2.867	0.004141 **
factor(vessel)2145	-0.1209276	0.0508994	-2.376	0.017513 *
factor(vessel)2164	-0.1736510	0.0509603	-3.408	0.000656 ***
factor(vessel)3004	-0.5505854	0.0517876	-10.632	< 2e-16 ***
factor(vessel)3005	0.1872054	0.0924850	2.024	0.042956 *
factor(vessel)3006	-0.1834453	0.0544292	-3.370	0.000751 ***
factor(vessel)3007	-0.3748615	0.1173817	-3.194	0.001406 **
factor(vessel)3013	0.0328887	0.1405521	0.234	0.814988
factor(vessel)3014	-0.9362971	0.0531268	-17.624	< 2e-16 ***
factor(vessel)3021	-0.3606729	0.0519175	-6.947	3.76e-12 ***
factor(vessel)3029	-0.5331785	0.0517334	-10.306	< 2e-16 ***
factor(vessel)3044	-0.6223538	0.2823878	-2.204	0.027535 *
factor(vessel)3045	-0.9697480	0.0674792	-14.371	< 2e-16 ***
factor(vessel)3051	-1.4292159	0.0550330	-25.970	< 2e-16 ***
factor(vessel)3053	-1.0221674	0.0520710	-19.630	< 2e-16 ***
factor(vessel)3058	-0.6957564	0.0545082	-12.764	< 2e-16 ***
factor(vessel)3067	0.2096610	0.0571435	3.669	0.000244 ***
factor(vessel)3071	-0.6164971	0.0541431	-11.386	< 2e-16 ***
factor(vessel)3078	-0.6184725	0.0524490	-11.792	< 2e-16 ***
factor(vessel)3083	-0.3782613	0.1190066	-3.178	0.001481 **

factor(vessel)3089	-0.9602166	0.0597338	-16.075	< 2e-16 ***
factor(vessel)3094	-1.1130062	0.0519854	-21.410	< 2e-16 ***
factor(vessel)3095	-0.6267924	0.0524309	-11.955	< 2e-16 ***
factor(vessel)3098	-0.8453211	0.0527693	-16.019	< 2e-16 ***
factor(vessel)3099	-0.3473542	0.0510513	-6.804	1.03e-11 ***
factor(vessel)4018	-0.2729776	0.0755080	-3.615	0.000300 ***
factor(vessel)4032	-0.8999662	0.0523548	-17.190	< 2e-16 ***
factor(vessel)4041	-0.4170955	0.0910163	-4.583	4.60e-06 ***
factor(vessel)5018	-0.4203432	0.0811950	-5.177	2.26e-07 ***
factor(vessel)7777	-1.7028696	0.2295862	-7.417	1.21e-13 ***
factor(vessel)8888	-0.6420912	0.0648349	-9.903	< 2e-16 ***
factor(vessel)9998	-0.1250752	0.0731615	-1.710	0.087349 .
factor(vessel)9999	-0.6864392	0.0560431	-12.248	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)1994:factor(area)2	-0.3825512	0.0390557	-9.795	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)1995:factor(area)2	-0.1068057	0.0401272	-2.662	0.007777 **
factor(sougyou_y)1996:factor(area)2	-0.2068785	0.0414059	-4.996	5.86e-07 ***
factor(sougyou_y)1997:factor(area)2	-0.3773446	0.0421930	-8.943	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)1998:factor(area)2	-0.2470181	0.0449054	-5.501	3.79e-08 ***
factor(sougyou_y)1999:factor(area)2	0.5901842	0.0460320	12.821	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2000:factor(area)2	0.4936308	0.0440395	11.209	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2001:factor(area)2	0.4971343	0.0433102	11.478	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2002:factor(area)2	0.6675124	0.0439480	15.189	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2003:factor(area)2	0.6537722	0.0443247	14.750	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2004:factor(area)2	0.2696773	0.0424437	6.354	2.11e-10 ***
factor(sougyou_y)2005:factor(area)2	0.7909441	0.0438639	18.032	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2006:factor(area)2	0.5645926	0.0446893	12.634	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2007:factor(area)2	0.3812046	0.0451845	8.437	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2008:factor(area)2	0.3146891	0.0466738	6.742	1.57e-11 ***
factor(sougyou_y)2009:factor(area)2	0.4747782	0.0474659	10.003	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2010:factor(area)2	0.4086763	0.0470405	8.688	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2011:factor(area)2	0.2556360	0.0484023	5.281	1.29e-07 ***
factor(sougyou_y)2012:factor(area)2	0.1151025	0.0481730	2.389	0.016881 *
factor(sougyou_y)2013:factor(area)2	0.5516832	0.0495880	11.125	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2014:factor(area)2	0.7881979	0.0539838	14.601	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2015:factor(area)2	0.7202943	0.0551934	13.050	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2016:factor(area)2	0.7435973	0.0595538	12.486	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2017:factor(area)2	0.9894674	0.0613301	16.133	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2018:factor(area)2	0.8422770	0.0606566	13.886	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2019:factor(area)2	1.1257509	0.0611937	18.397	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2020:factor(area)2	0.8229567	0.0647612	12.708	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2021:factor(area)2	0.6618365	0.0674737	9.809	< 2e-16 ***
factor(sougyou_y)2022:factor(area)2	0.6747934	0.0700776	9.629	< 2e-16 ***

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

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 0.6922511)

Null deviance: 79359 on 70528 degrees of freedom
Residual deviance: 48745 on 70415 degrees of freedom
AIC: 174328