

令和 5（2023）年度アカアマダイ日本海西・九州北西部の資源評価

沖底 2 そうびき（浜田以西）CPUE の標準化

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
井関智明、酒井 猛、五味伸太郎

概略

データ	沖底 2 そうびき漁獲成績報告書における日別・漁船別・農林漁区別漁獲量と網数。水深は ETOPO1 global relief model から取得。
標準化の対象	1 網あたりの漁獲重量 (kg/網)
データが利用可能な期間	1981～2022 年 1～12 月
標準化に使用した期間	1981～2022 年 1～12 月
データのフィルタリング	アカアマダイが主に分布する水深帯 (75～175 m) を対象とし、入力ミスと見られる緯度経度のデータを削除 (全体の 99 %を使用)。
統計ソフト・パッケージ	R ver. 4.2.0 を用いて計算。モデルパラメータの計算では glm、多重共線性のチェックには car パッケージの vif、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。0/1 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対数正規分布を仮定した CPUE を計算する (有漁 CPUE モデル)。
フルモデルで導入した説明変数	有漁確率モデル： 年、海区、季節、水深 (固定効果、すべてカテゴリーカル変数) 年：海区 (交互作用) 有漁時 CPUE モデル： 年、海区、季節、水深 (固定効果、すべてカテゴリーカル変数) 年：海区 (交互作用)
説明変数に関する補足	海区は東経 129 度 30 分の東西で 2 つに分割 (図 1)。 季節は 1～12 月を 4 等分、水深は 25 m ごとに 4 区分することでカテゴリー化。 GVIF により年×海区の交互作用をフルモデルから除去。
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 BIC を使用。
年トレンドの抽出方法	有漁確率モデルの予測値×有漁時 CPUE モデルの予測値。それぞれベストモデルのものを使用。 ベストモデルから各年・各季節・各海区・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、1981 年以降に各海区で沖底 2 そうびき (浜田以西) が操業に利用した漁区数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とベストモデルから標準化 CPUE の計算を 1,000 回繰り返し、95%信頼区間を計算。
ベストモデル	有漁確率モデル：フルモデルから年×海区の交互作用を除いたモデル（表 2） 有漁時 CPUE モデル：フルモデルから年×海区の交互作用を除いたモデル（表 2）
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、有漁時 CPUE モデルにおける残差の正規性・等分散性に大きな問題はなし（図 2、3、4）。
年トレンドの予測結果	標準化 CPUE（期間の平均で規格化した値）は 1987 年の最低値から 2010 年までは全体としては増加傾向で推移した。以降は（集計単位の変更を挟んで）やや大きな増減を繰り返し、2019 年以降に急増して、2021 年には 2013 年以降の最高値を記録したが、2022 年にはやや減少した（図 5）。

1. 背景

長期間、連続的に収集された漁業データにおける単位努力量あたり漁獲量（CPUE）は、資源量の相対的な指標値として重要である。しかし、漁業は規格化された調査計画に基づいて実施されているわけではないため、ノミナル CPUE は季節、漁場、海洋環境の変化といった漁獲効率に影響を及ぼす要因の影響を強く受けている。したがって、適切な統計モデルによりそれらの影響を除去する CPUE 標準化が必要とされる。

本稿は、令和 4（2022）年度に実施した日本海西および九州北西部におけるアカアマダイの CPUE 標準化について、1981～1992 年および 2022 年のデータを加えて結果を更新し、その概要を示したものである。昨年までと同様、日本海で長期間、操業しており、アカアマダイを対象とする重要な漁業の 1 つである浜田以西の 2 そうびき沖合底びき網漁業（沖底 2 そうびき（浜田以西））のデータを用いた。本データの CPUE は各年で 50～84%の漁獲なし（ゼロキャッチ）を含む連続値のため、デルタ型一般化線形モデル（Lo et al. 1992）を用いて年トレンドを抽出した。

なお、沖底 2 そうびき（浜田以西）の漁獲成績報告書においては、2013 年以降、漁獲物の集計単位が従来の函単位（20kg 換算）から kg 単位に変更されたため、2012 年以前と 2013 年以降を同質の連続したデータとして扱うには精査が必要である。また、同漁業におけるアカアマダイ漁獲物の大半が 1、2 歳の未成魚であるとされることから（河野 2011）、以降で算出した標準化 CPUE は加入水準の指標と位置づけ、得られた年トレンドについて、2012 年以前と 2013 年以降との多寡には言及していない。

2. データと方法

2.1. 使用データ

1981～2022 年の 1～12 月における漁獲成績報告書の日別・漁船別・農林漁区（緯度経度 10 分グリッド）別のあまだい漁獲量と網数を用いた。本データにおける標準化の対象は 1 網あたりの漁獲重量（kg/網）とした。

また、海洋環境情報として、漁業データの漁区中央に最近傍の水深データを ETOPO1 global relief model (<https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html>) から切り出して用いた。

2.2. データのフィルタリング

アカアマダイが主に分布する水深帯（75～175 m）を対象とし、入力ミスとみられる緯度・経度のデータを省いた。その結果、全体の 99%が残ったため、これらを CPUE 標準化に供した（表 1）。

2.3. 統計モデル

本解析に使用したデータは、各年で 50～84%のゼロキャッチを含む連続値のため、デルタ型一般化線形モデルによる解析を行った。0/1 データに対して二項分布の誤差構造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対数正規分布を適用して CPUE を計算した（有漁時 CPUE モデル）。説明変数には、年、季節、海区、水深を固定効果として設定し、年と海区の 2 次の交互作用も導入した。海区は、沖底 2 そうの主漁場の変遷を考慮して、東経 129 度 30 分（対馬東岸付近）の東西で 2 つに分割した（図 1）。説明変数はすべてカテゴリカル変数であり、季節は 1～12 月を 4 等分し、水深は 25 m ごとに 4 区分することでカテゴリー化した。なお、上記の説明変数間の多重共線性について、一般化分散拡大係数（GVIF）を指標として確認し、多重共線性の高い説明変数（両モデルとも年と海区の交互作用）を取り除いたうえで、次のように各モデルにおける最も複雑なモデルを作成した。

有漁確率モデル：

$$r \sim \text{Bin}(1, p)$$

$$\text{logit}(p) = \alpha + \text{factor}(\text{year}) + \text{factor}(\text{Area}) + \text{factor}(\text{Quarter}) + \text{factor}(\text{Depth})$$

ここで、 r は応答変数、 p は有漁確率、Bin は二項分布、 α は切片を示す。

有漁時 CPUE モデル：

$$\ln(\text{CPUE}) \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$\mu = \alpha + \text{factor}(\text{year}) + \text{factor}(\text{Area}) + \text{factor}(\text{Quarter}) + \text{factor}(\text{Depth})$$

ここで、CPUE は有漁時の CPUE、 μ と σ^2 は自然対数変換した有漁時 CPUE の平均と分散、 N は正規分布、 α は切片を示す。

2.4. モデル選択

ベイズ情報量規準（BIC）を用いた総当たり法により、モデル選択を行った。BIC が最小となるモデル候補をベストモデルとして CPUE 標準化に供した。

2.5. モデル診断

有漁確率モデルでは receiver operating characteristic (ROC) 曲線下面積（AUC）により有漁か否かの判別性能を、有漁時 CPUE モデルでは QQ プロットおよび説明変数に対する残差プロットから残差の正規性・等分散性を評価した。

2.6. 年トレンドの計算

有漁確率モデルおよび有漁時 CPUE モデルのベストモデルから各年・各季節・各海区・各水深の予測値を計算し、年・海区ごとに平均した。次に、有漁確率モデルの予測値に有漁時 CPUE モデルの予測値をかけ合わせ、それを 1981 年以降に各海区で沖底 2 そうびき（浜田以西）が操業に利用した漁区数によって年ごとに重み付け平均することで、標準化 CPUE の年トレンドを算出した。

2.7. 信頼区間の計算

重複を許して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、各計算結果から 95 % 信頼区間を推定した。

以上の解析は、すべて R ver. 4.2.0 上で行い、モデルパラメータの計算では glm、多重共線性のチェックでは car パッケージの vif、モデル選択では MuMIn パッケージの dredge、AUC の計算では PresenceAbsence パッケージを用いた。

3. 結果

多重共線性の高い説明変数（年と海区の交互作用）を予め取り除いた上で、BIC の総当たり法によるモデル選択を行い、有漁確率モデル、有漁時 CPUE モデルともに、最も複雑

なモデルがベストモデルに選ばれた（表 2）。それぞれのモデルにおけるパラメータ推定結果は付表 1 に示したとおりである。モデル診断の結果、有漁確率モデルでは有漁か否かの判別性能に問題はなかった（AUC = 0.70; 図 2）。一方、有漁時 CPUE モデルでは、説明変数「年」に対する残差構造が 2012 年以前と 2013 年以降では大きく異なっており、集計単位が変更された影響と考えられたが、その点を除いて、残差の正規性、等分散性に大きな問題はみられなかった（図 3、4）。

標準化 CPUE（1981～2022 年の平均値で規格化した値）の年トレンドは、1987 年の最低値から 2010 年までは全体としては増加傾向で推移した。以降は（集計単位の変更を挟んで）やや大きな増減を繰り返し、2019 年以降に急増して、2021 年には 2013 年以降の最高値を記録したが、2022 年にはやや減少した（図 5）。ノミナル CPUE は、標準化 CPUE と概ね同様の変動傾向を示したが、両者の差は 2013～2018 年にかけて大きくなっている。標準化 CPUE の年トレンドは、2012 年以前では一貫してノミナル CPUE より高かったが、2013 年以降では低かった。これらの点についても、2013 年以降における集計単位の変更が影響している可能性があるが、その具体的機序については、検討出来ていない。

引用文献

- 河野光久 (2011) 日本海南西海域における沖合底びき網によるアカアマダイの漁獲実態. 山口県水産研究センター研報, 9, 105-110.
- 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・海区ごとのデータ数・ノミナル CPUE・有漁時の平均水深

年	東経 129 度 30 分以西(海区 1)				東経 129 度 30 分以东(海区 2)			
	データ 数	有漁 データ 数	ノミナル CPUE (kg/網)	有漁時の 平均水深 (m)	データ 数	有漁 データ 数	ノミナル CPUE (kg/網)	有漁時の 平均水深 (m)
1981	2,771	965	3.00	125.04	9,746	2,608	2.37	121.46
1982	2,237	815	3.44	124.30	10,468	2,456	1.75	122.43
1983	2,599	1,051	3.02	124.91	10,055	4,525	4.76	122.50
1984	3,304	1,169	3.53	127.55	9,262	3,978	3.89	122.70
1985	2,964	1,049	2.79	127.84	8,820	2,830	2.71	121.33
1986	3,143	999	1.66	129.53	8,172	1,438	0.97	121.45
1987	1,816	462	1.21	129.92	9,165	1,247	0.71	120.24
1988	2,391	1,132	3.26	127.86	8,683	2,358	2.12	120.75
1989	2,416	1,070	2.92	129.94	8,316	1,666	1.10	120.71
1990	1,957	896	3.39	130.63	8,276	1,174	0.83	118.87
1991	2,000	822	3.98	128.54	7,473	1,082	0.99	118.47
1992	1,784	530	2.04	129.66	6,766	1,023	1.16	118.92
1993	1,336	513	3.28	133.48	6,636	1,510	1.78	120.43
1994	1,453	594	3.00	128.92	5,506	1,672	2.82	119.85
1995	1,252	596	2.71	128.98	4,947	1,813	2.74	118.98
1996	1,008	479	3.01	128.05	4,973	1,739	3.07	117.07
1997	1,092	300	1.78	128.54	4,673	2,073	3.83	119.58
1998	1,172	352	2.53	124.58	4,127	1,790	2.69	118.75
1999	742	202	1.13	131.44	4,178	1,658	3.84	116.81
2000	790	246	1.37	131.42	4,228	1,713	3.61	117.23
2001	591	144	1.26	135.64	4,552	1,471	3.07	115.92
2002	667	211	1.64	131.04	4,375	1,913	5.00	117.36
2003	732	256	2.27	125.98	4,203	1,864	3.42	117.51
2004	827	263	1.55	128.75	3,888	1,835	3.44	117.59
2005	1,019	316	2.33	128.81	3,457	1,187	3.21	116.55
2006	923	258	3.47	127.21	3,225	1,114	3.71	117.57
2007	528	120	1.34	131.07	3,375	1,271	3.83	116.82
2008	703	182	1.57	130.31	2,776	1,038	3.17	117.60
2009	643	178	2.00	128.04	2,611	1,231	5.46	118.22
2010	568	196	2.11	130.27	2,596	1,188	5.59	119.40
2011	620	232	1.86	127.07	2,468	1,140	5.08	118.64
2012	668	198	2.11	129.12	2,475	1,040	4.95	118.73
2013	619	230	2.29	127.90	2,368	1,255	6.11	119.64
2014	594	203	2.57	127.09	2,060	911	7.22	120.22
2015	641	152	0.85	125.99	2,105	1,085	8.36	120.41
2016	559	91	0.96	128.46	1,972	1,039	10.80	121.59
2017	682	158	0.81	127.65	1,868	1,089	7.66	121.51
2018	632	191	1.97	123.79	1,862	995	5.95	121.90
2019	593	114	1.10	127.87	1,821	942	6.34	121.01
2020	466	49	0.92	127.89	1,658	881	8.60	122.24
2021	498	50	0.50	120.69	1,232	680	13.61	120.84
2022	586	62	0.61	120.91	1,211	699	14.67	122.53

表 2. モデル選択の結果 (BIC による上位 10 モデル)

・有漁確率モデル

	(Intercept)	factor (area)	factor (depth)	factor (qt)	factor (year)	df	loglik	BIC	delta
16	-1.2200	+	+	+	+	49	-148,198.9	296,495.8	0.0
15	-1.4420		+	+	+	48	-148,438.0	296,972.0	476.2
14	-1.5150	+		+	+	46	-150,267.0	300,625.9	4,130.1
13	-1.6040			+	+	45	-150,324.1	300,738.3	4,242.5
8	-0.9294	+	+	+		8	-153,553.8	307,123.6	10,627.8
7	-1.1550		+	+		7	-153,799.2	307,612.4	11,116.6
12	-0.5836	+	+		+	46	-154,904.2	309,900.5	13,404.7
11	-0.7581		+		+	45	-155,058.5	310,207.0	13,711.2
6	-1.2420	+		+		5	-155,714.3	311,438.7	14,942.9
5	-1.3340			+		4	-155,774.0	311,556.1	15,060.3

・有漁時 CPUE モデル

	(Intercept)	factor (area)	factor (depth)	factor (qt)	factor (year)	df	loglik	BIC	delta
16	1.2470	+	+	+	+	50	-106,170.3	212,440.6	0.0
15	1.2240		+	+	+	49	-106,178.5	212,455.1	14.4
14	1.2670	+		+	+	47	-107,207.9	214,509.9	2,069.3
13	1.3100			+	+	46	-107,246.7	214,585.3	2,144.7
8	1.2070	+	+	+		9	-107,696.8	215,411.7	2,971.1
7	1.2210		+	+		8	-107,699.4	215,414.8	2,974.2
6	1.2480	+		+		6	-108,735.3	217,482.5	5,041.9
5	1.3340			+		5	-108,862.4	217,734.8	5,294.1
12	1.6570	+	+		+	47	-110,178.1	220,450.2	8,009.6
11	1.6850		+		+	46	-110,186.9	220,465.7	8,025.1

表 3. ノミナル・標準化 CPUE とその CV・95 %信頼区間

年	ノミナル CPUE	標準化 CPUE	CV (%)	2.5%	97.5%
1981	0.64	0.69	2.21	0.66	0.72
1982	0.53	0.61	2.31	0.58	0.63
1983	1.13	1.35	1.91	1.30	1.40
1984	0.97	1.11	1.92	1.07	1.15
1985	0.70	0.78	2.16	0.75	0.81
1986	0.30	0.38	2.75	0.37	0.41
1987	0.20	0.26	3.14	0.25	0.28
1988	0.61	0.69	2.34	0.66	0.72
1989	0.39	0.53	2.52	0.51	0.56
1990	0.34	0.44	2.79	0.42	0.46
1991	0.42	0.46	3.20	0.43	0.49
1992	0.34	0.38	3.24	0.36	0.41
1993	0.52	0.59	2.90	0.56	0.63
1994	0.73	0.91	2.60	0.86	0.96
1995	0.70	0.96	2.45	0.91	1.00
1996	0.78	0.90	2.65	0.85	0.94
1997	0.88	0.99	2.60	0.94	1.04
1998	0.68	0.86	2.59	0.81	0.90
1999	0.88	0.91	2.95	0.86	0.97
2000	0.84	0.93	2.81	0.88	0.99
2001	0.74	0.77	3.04	0.72	0.82
2002	1.17	1.22	2.64	1.16	1.29
2003	0.83	1.06	2.60	1.01	1.12
2004	0.80	1.10	2.56	1.05	1.16
2005	0.77	0.85	2.96	0.80	0.90
2006	0.94	0.98	3.44	0.91	1.04
2007	0.90	1.07	3.31	1.00	1.14
2008	0.73	0.94	3.17	0.89	1.00
2009	1.23	1.41	2.90	1.33	1.49
2010	1.27	1.50	3.26	1.41	1.59
2011	1.14	1.26	3.29	1.19	1.35
2012	1.11	1.16	3.55	1.08	1.24
2013	1.36	0.98	4.01	0.90	1.06
2014	1.58	1.02	4.94	0.92	1.12
2015	1.69	1.21	4.46	1.11	1.32
2016	2.21	1.44	4.81	1.32	1.60
2017	1.49	1.05	4.73	0.96	1.15
2018	1.27	0.97	4.38	0.88	1.05
2019	1.30	1.29	3.74	1.20	1.39
2020	1.77	1.69	4.09	1.57	1.83
2021	2.52	2.35	4.72	2.15	2.58
2022	2.59	1.95	5.00	1.77	2.15

CPUE は、各年の値を 1981～2022 年の平均で規格化した値。

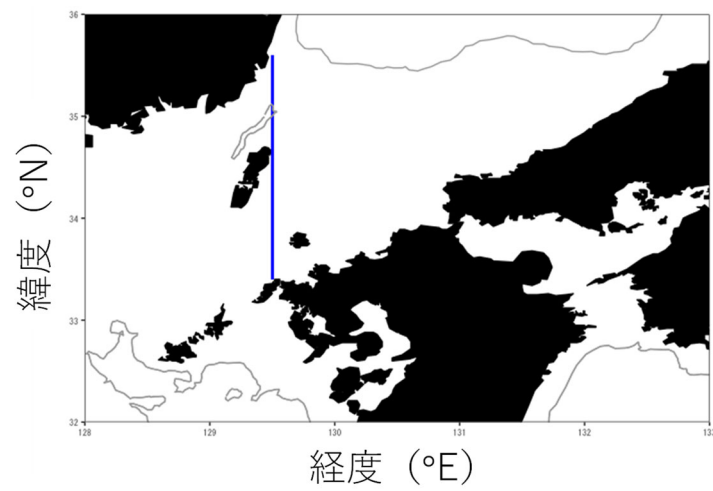


図 1. 海区分け 東経 129 度 30 分以西を海区 1、以东を海区 2 とした。

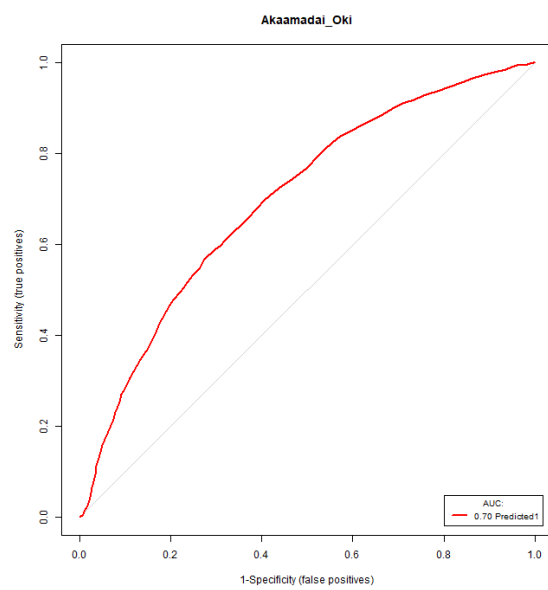


図 2. 有漁確率モデルの ROC 曲線下面積 (AUC)

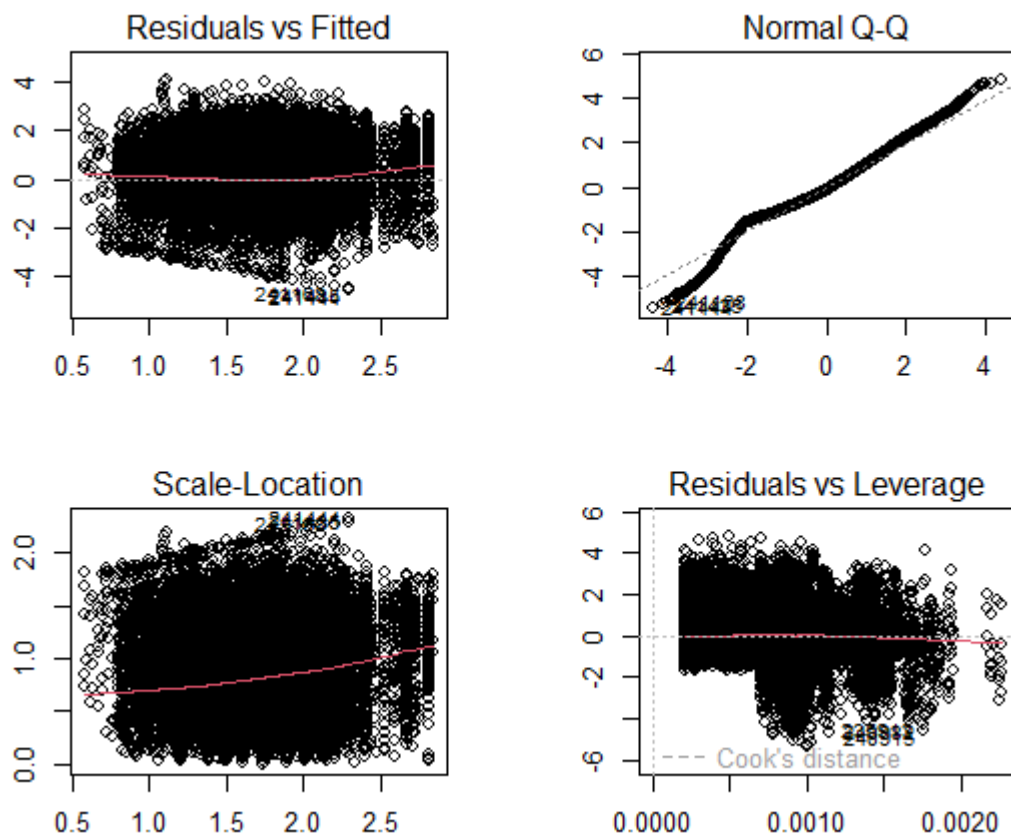


図 3. モデル診断（有漁時 CPUE モデル）の要約図

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

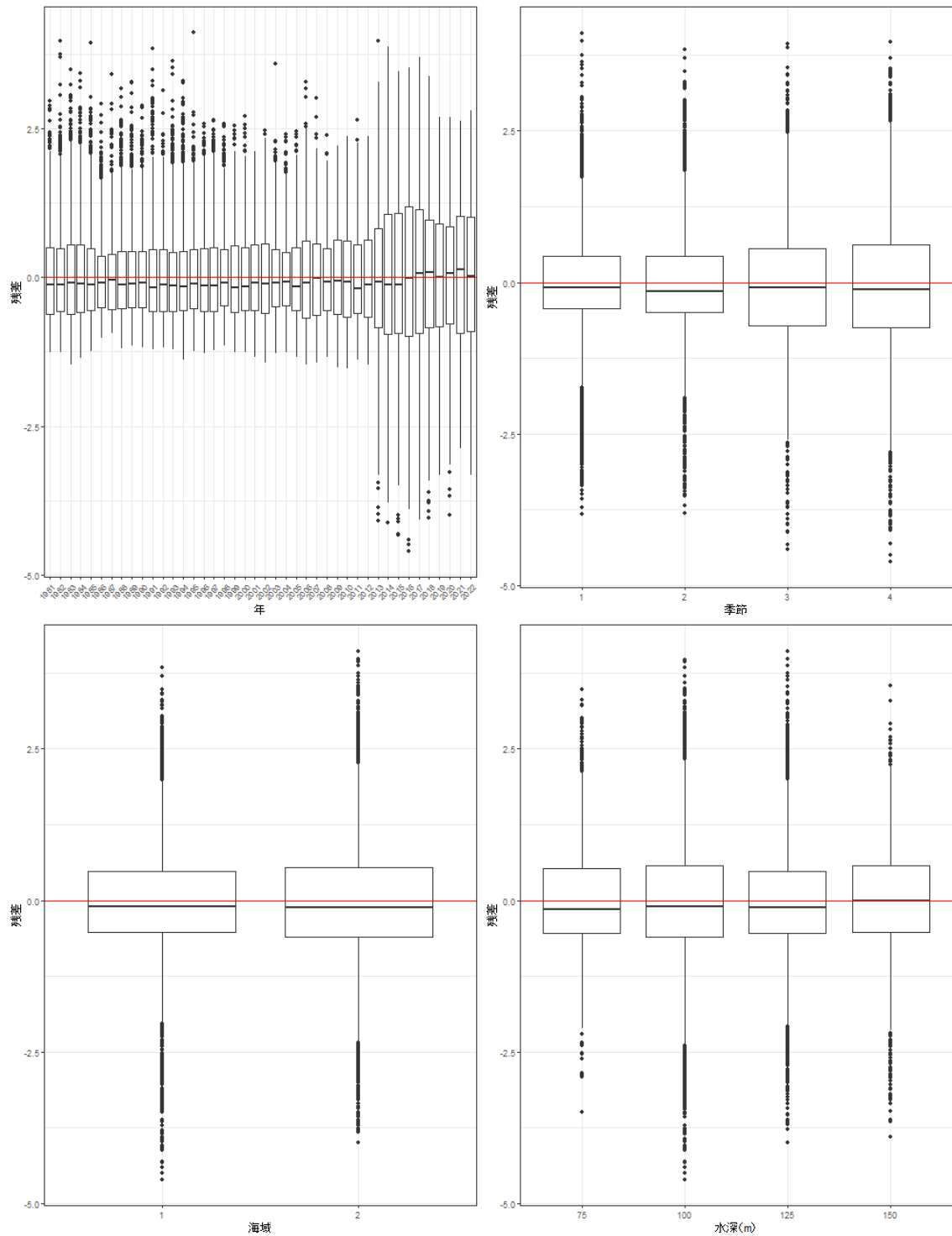


図 4. 各説明変数に対する残差（有漁時 CPUE モデル） 季節は、1：1～3 月、2：4～6 月、3：7～9 月、4：10～12 月、海区は、1：東経 129 度 30 分以西、2：東経 129 度 30 分以東。

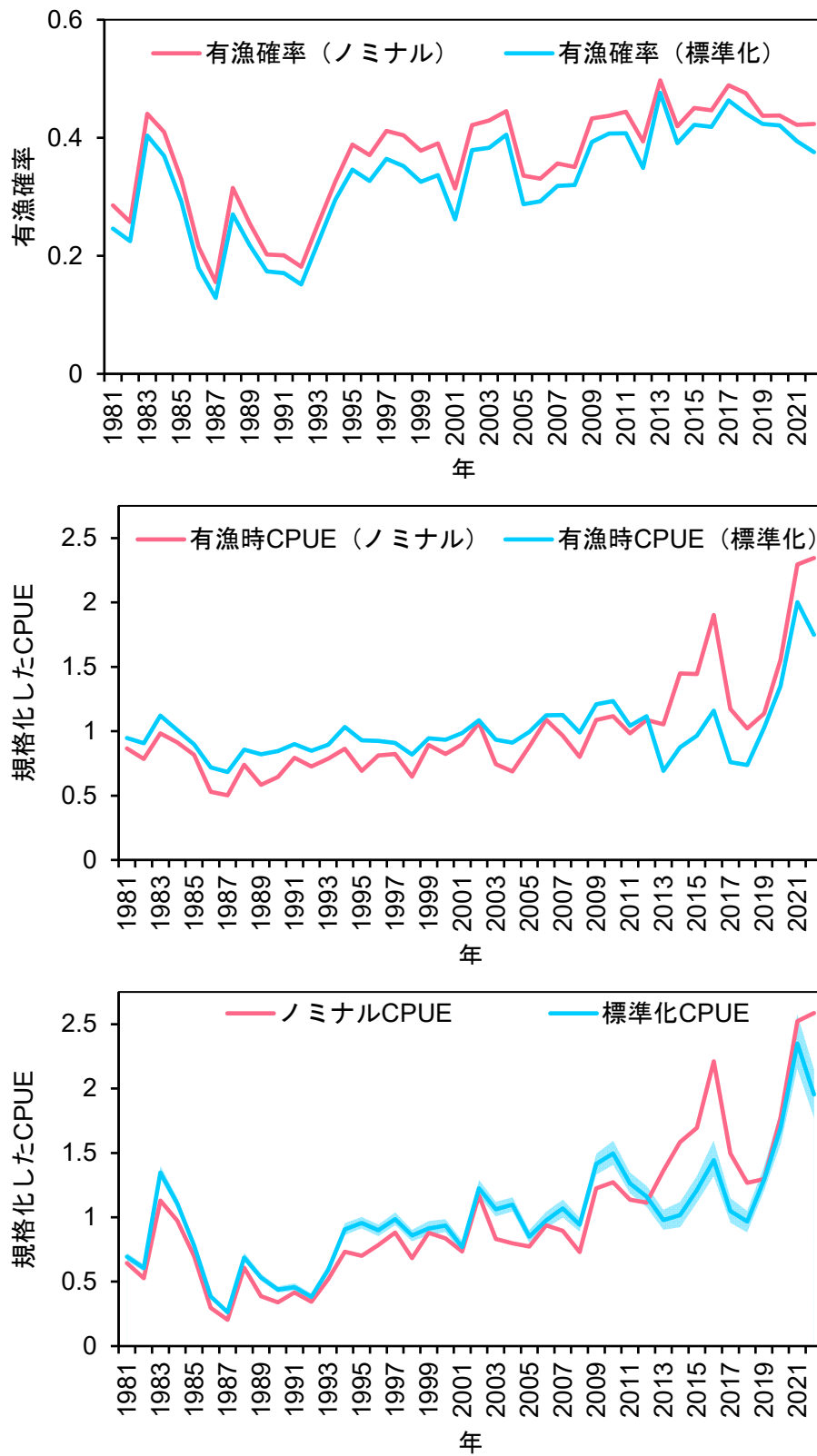


図 5. 標準化した有漁確率（上段）、有漁時 CPUE（中段）、CPUE（下段、影は標準化 CPUE の 95%信頼区間）の年トレンド

付表 1. ベストモデルのパラメータ推定値

有漁確率モデル

```
glm(formula = amadai_pa ~ factor(year) + factor(area) + factor(qt) + factor(depth) + 1, family =
binomial, data = data2)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6258	-0.8893	-0.6420	1.1362	2.6785

Coefficients:					
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-1.21997	0.03706	-32.922	< 2e-16	***
factor(year)1982	-0.11783	0.02922	-4.032	5.52E-05	***
factor(year)1983	0.73224	0.02766	26.472	< 2e-16	***
factor(year)1984	0.58597	0.02785	21.040	< 2e-16	***
factor(year)1985	0.23318	0.02883	8.087	6.13E-16	***
factor(year)1986	-0.40084	0.03114	-12.871	< 2e-16	***
factor(year)1987	-0.79387	0.03377	-23.506	< 2e-16	***
factor(year)1988	0.12524	0.02945	4.253	2.11E-05	***
factor(year)1989	-0.15841	0.03064	-5.169	2.35E-07	***
factor(year)1990	-0.43998	0.03250	-13.537	< 2e-16	***
factor(year)1991	-0.46213	0.03335	-13.858	< 2e-16	***
factor(year)1992	-0.60346	0.03522	-17.133	< 2e-16	***
factor(year)1993	-0.13109	0.03349	-3.914	9.08E-05	***
factor(year)1994	0.24763	0.03348	7.396	1.41E-13	***
factor(year)1995	0.48544	0.03398	14.286	< 2e-16	***
factor(year)1996	0.39795	0.03453	11.524	< 2e-16	***
factor(year)1997	0.56393	0.03454	16.326	< 2e-16	***
factor(year)1998	0.51106	0.03562	14.348	< 2e-16	***
factor(year)1999	0.39049	0.03668	10.647	< 2e-16	***
factor(year)2000	0.44218	0.03631	12.177	< 2e-16	***
factor(year)2001	0.08216	0.03718	2.210	0.0271	*
factor(year)2002	0.62822	0.03599	17.454	< 2e-16	***
factor(year)2003	0.64385	0.03620	17.786	< 2e-16	***
factor(year)2004	0.73865	0.03663	20.167	< 2e-16	***
factor(year)2005	0.21237	0.03864	5.496	3.88E-08	***
factor(year)2006	0.23543	0.03993	5.896	3.72E-09	***
factor(year)2007	0.36059	0.04023	8.964	< 2e-16	***
factor(year)2008	0.36575	0.04230	8.646	< 2e-16	***
factor(year)2009	0.68601	0.04218	16.263	< 2e-16	***
factor(year)2010	0.74551	0.04255	17.522	< 2e-16	***
factor(year)2011	0.74838	0.04279	17.490	< 2e-16	***
factor(year)2012	0.49771	0.04311	11.546	< 2e-16	***
factor(year)2013	1.02647	0.04340	23.649	< 2e-16	***

factor(year)2014	0.67907	0.04588	14.802	< 2e-16	***
factor(year)2015	0.80704	0.04503	17.922	< 2e-16	***
factor(year)2016	0.79389	0.04675	16.983	< 2e-16	***
factor(year)2017	0.97645	0.04637	21.059	< 2e-16	***
factor(year)2018	0.88661	0.04677	18.957	< 2e-16	***
factor(year)2019	0.81355	0.04757	17.100	< 2e-16	***
factor(year)2020	0.80351	0.05014	16.026	< 2e-16	***
factor(year)2021	0.69328	0.05508	12.588	< 2e-16	***
factor(year)2022	0.61368	0.05403	11.359	< 2e-16	***
factor(area)2	-0.24744	0.01127	-21.959	< 2e-16	***
factor(qt)2	0.37800	0.01351	27.979	< 2e-16	***
factor(qt)3	1.17218	0.01353	86.641	< 2e-16	***
factor(qt)4	1.13436	0.01160	97.815	< 2e-16	***
factor(depthc)100	0.03273	0.02866	1.142	0.2535	
factor(depthc)125	-0.46743	0.02907	-16.082	< 2e-16	***
factor(depthc)150	-1.29798	0.04405	-29.463	< 2e-16	***

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

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 323839 on 255213 degrees of freedom

Residual deviance: 296398 on 255165 degrees of freedom

AIC: 296496

Number of Fisher Scoring iterations: 4

有漁時 CPUE モデル

```
glm(formula = amadai_pa ~ factor(year) + factor(area) + factor(qt) + factor(depth) + 1, family = gaussian, data = d.pos)
```

Deviance Residuals:

```
Min      1Q  Median      3Q      Max
-4.6009 -0.5889 -0.1074  0.5336  4.1132
```

Coefficients:					
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	1.246628	0.024974	49.917	< 2e-16	***
factor(sougyou_y)1982	-0.044064	0.020651	-2.134	0.032864	*
factor(sougyou_y)1983	0.16879	0.01831	9.220	< 2e-16	***
factor(sougyou_y)1984	0.06293	0.01858	3.388	7.05E-04	***
factor(sougyou_y)1985	-0.05245	0.01978	-2.652	0.007995	**
factor(sougyou_y)1986	-0.27623	0.02245	-12.304	< 2e-16	***
factor(sougyou_y)1987	-0.32628	0.02511	-12.994	< 2e-16	***
factor(sougyou_y)1988	-0.10008	0.02032	-4.925	8.46E-07	***
factor(sougyou_y)1989	-0.14374	0.02174	-6.613	3.79E-11	***
factor(sougyou_y)1990	-0.11220	0.02362	-4.750	2.04E-06	***
factor(sougyou_y)1991	-0.05047	0.02425	-2.081	3.74E-02	*
factor(sougyou_y)1992	-0.11051	0.02593	-4.261	0.0000204	***
factor(sougyou_y)1993	-0.05656	0.02376	-2.381	0.017289	*
factor(sougyou_y)1994	0.08787	0.02295	3.828	0.000129	***
factor(sougyou_y)1995	-0.01956	0.02256	-0.867	3.86E-01	
factor(sougyou_y)1996	-0.02428	0.02311	-1.051	2.93E-01	
factor(sougyou_y)1997	-0.03988	0.02264	-1.761	0.078183	.
factor(sougyou_y)1998	-0.14448	0.02335	-6.187	6.17E-10	***
factor(sougyou_y)1999	-0.00298	0.02445	-0.122	0.90296	
factor(sougyou_y)2000	-0.01425	0.02405	-0.592	0.553595	
factor(sougyou_y)2001	0.04092	0.02566	1.594	0.110857	
factor(sougyou_y)2002	0.13612	0.02342	5.811	6.23E-09	***
factor(sougyou_y)2003	-0.01423	0.02347	-0.606	0.544361	
factor(sougyou_y)2004	-0.03883	0.02360	-1.645	0.099875	.
factor(sougyou_y)2005	0.04868	0.02631	1.850	0.064255	.
factor(sougyou_y)2006	0.17025	0.02715	6.272	3.59E-10	***
factor(sougyou_y)2007	0.17377	0.02708	6.416	1.41E-10	***
factor(sougyou_y)2008	0.04551	0.02837	1.604	1.09E-01	
factor(sougyou_y)2009	0.24547	0.02691	9.123	< 2e-16	***
factor(sougyou_y)2010	0.26563	0.02707	9.814	< 2e-16	***
factor(sougyou_y)2011	0.09552	0.02713	3.520	0.000431	***
factor(sougyou_y)2012	0.16590	0.02818	5.888	3.92E-09	***
factor(sougyou_y)2013	-0.31485	0.02642	-11.916	< 2e-16	***
factor(sougyou_y)2014	-0.07909	0.02931	-2.698	0.006973	**

factor(sougyou_y)2015	0.01843	0.02821	0.653	0.513479	
factor(sougyou_y)2016	0.20304	0.02917	6.962	3.39E-12	***
factor(sougyou_y)2017	-0.21850	0.02814	-7.764	8.32E-15	***
factor(sougyou_y)2018	-0.25063	0.02863	-8.754	< 2e-16	***
factor(sougyou_y)2019	0.08024	0.02998	2.677	0.007441	**
factor(sougyou_y)2020	0.35512	0.03153	11.263	< 2e-16	***
factor(sougyou_y)2021	0.74851	0.03476	21.534	< 2e-16	***
factor(sougyou_y)2022	0.61328	0.03411	17.982	< 2e-16	***
factor(area)2	-0.03129	0.00772	-4.052	0.0000507	***
factor(qt)2	0.10652	0.00984	10.827	< 2e-16	***
factor(qt)3	0.55295	0.00920	60.093	< 2e-16	***
factor(qt)4	0.64107	0.00815	78.655	< 2e-16	***
factor(depthc)100	0.20760	0.01861	11.153	< 2e-16	***
factor(depthc)125	-0.07515	0.01898	-3.960	0.0000749	***
factor(depthc)150	-0.30208	0.03089	-9.778	< 2e-16	***

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

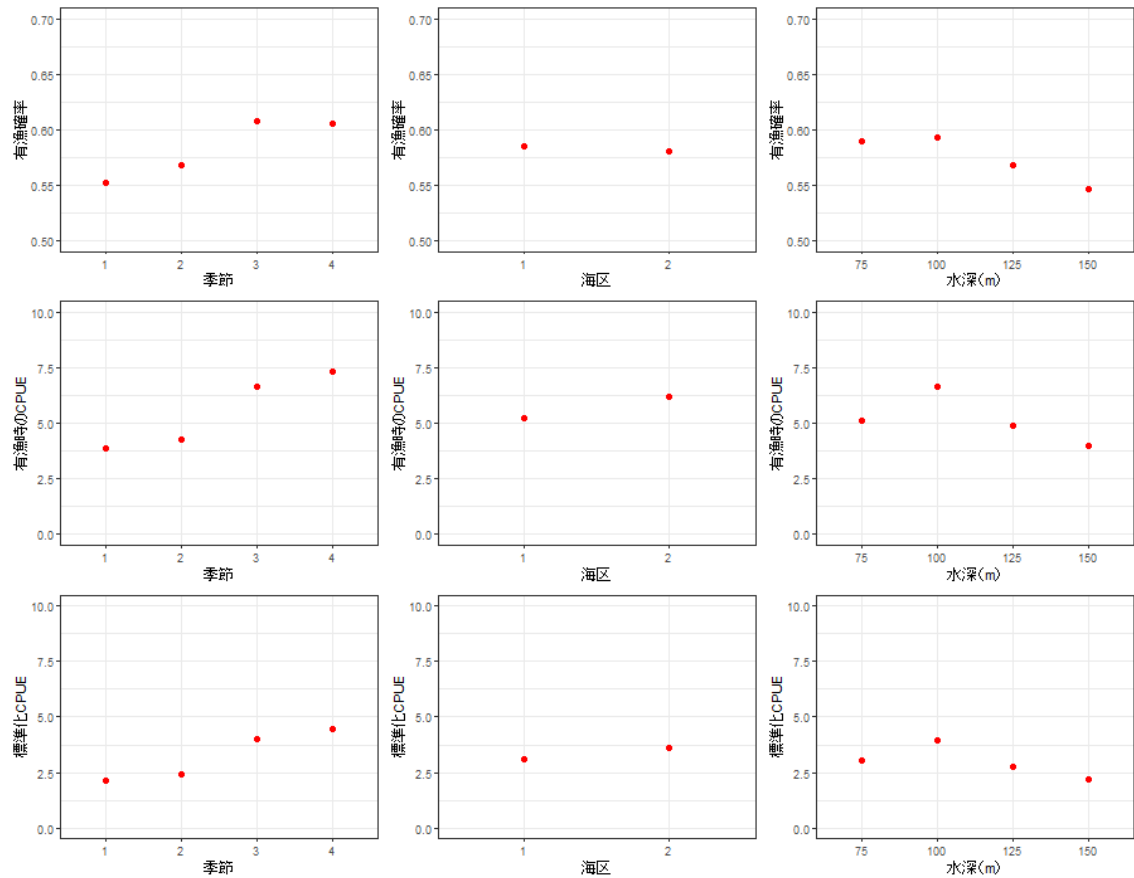
(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 0.7269229)

Null deviance: 71673 on 84316 degrees of freedom

Residual deviance: 61256 on 84268 degrees of freedom

AIC: 212441

Number of Fisher Scoring iterations: 2



付図 1. 季節、海区、水深と有漁確率（上段）、有漁時 CPUE（中段）、標準化 CPUE（下段）の関係。それぞれ、データにベストモデルを適用して予測値を計算し、説明変数のカテゴリーごとに平均値をとったものである。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 129 度 30 分以西、2：東経 129 度 30 分以東である。