

令和 5（2023）年度マアジ対馬暖流系群の資源評価
補足資料：CPUE 標準化・モデル診断結果

2023 年 8 月 4 日

水産資源研究所水産資源研究センター浮魚資源部浮魚第 4 グループ

依田真里・向草世香・黒田啓行

概要

データ	東シナ海から日本海で操業する大中型まき網漁獲成績報告書（1 日 1 隻あたりのマアジ銘柄別漁獲量）、FRA-ROMSII 再解析値（50m 深海水温、2023 年 3 月 7 日ダウンロード）
対象	1 網あたりのマアジ年齢別漁獲重量（kg/網）
データの利用可能な期間	1973 年～2022 年（大中まき漁獲成績報告書） 2000 年～2022 年（FRA-ROMSII 再解析値）
標準化に使用した期間	2003 年～2022 年（他のチューニング指標値が得られる期間）
標準化のためのデータ抽出	50m 深海水温は操業日の操業場所最近傍の FRA-ROMSII 再解析値を使用。 50m 深海水温や船の ID、トン数が得られないデータおよび入力ミスとみられる操業許可海域外のデータを除いた。除外されたデータは全部で 40 件（使用した期間内のデータのうちの 0.04%）。
使用した統計ソフト・パッケージ	R(4.2.3)。使用関数は gam（mgcv パッケージ）と lsmeans(emmeans パッケージ)。モデル選択は dredge（MuMIn パッケージ）、モデル診断は check（mgeViz パッケージ）。
統計モデル	デルタ型一般化加法モデル（0/1 データに対して二項分布＋有漁データに対して対数正規分布を適用）
フルモデルで導入した説明変数	二項分布モデルおよび対数正規分布モデル：年（カテゴリ，固定）・月（カテゴリ，固定）・緯度経度（スプライン）・50m 深海水温（スプライン，FRA-ROMSII 再解析値）・トン数階級（カテゴリ，固定）・船 ID（ランダム）
最終モデルの選択方法	モデル選択は二項分布モデルと対数正規分布モデルのそれぞれについてベイズ情報量基準（BIC）
最終モデルで選択された説明変数	二項分布モデル 0 歳、2 歳、3 歳：年・月・緯度経度・50m 深海水温・トン数階級 1 歳：年・月・緯度経度・50m 深海水温・トン数階級・船 ID 対数正規分布モデル 0 歳：年・月・緯度経度・トン数階級 1 歳、2 歳：年・月・50m 深海水温・緯度経度・トン数階級 3 歳：年・月・緯度経度・50m 深海水温・トン数階級・船 ID
年トレンドの抽出方法	✓ 二項分布モデル、対数正規分布モデルそれぞれのベストモデルから年

	効果の最小二乗平均値 (LSmean) を算出した。 ✓ 二項分布モデルの LSmean×対数正規分布モデルの LSmean
その他	✓ 標準化 CPUE の年トレンドは、1 歳魚以上はノミナル CPUE と概ね一致していた (図 4)。 ✓ 0 歳の 2015 年～2022 年は、標準化 CPUE の方がノミナル CPUE よりも高くなった (図 4)。0 歳 CPUE の地理的勾配は東シナ海と日本海が高かったが (図 2)、有漁データの大半は九州沿岸 (平均 75%) が占めていた。2022 年は東シナ海と九州沿岸の CPUE が高く、地理的勾配の影響により標準化した CPUE が高くなったと考えられた。 ✓ 3 歳の 2019 年～2022 年は、標準化 CPUE の方がノミナル CPUE よりも低くなった (図 4)。3 歳 CPUE の地理的勾配は、東シナ海と日本海が九州沿岸よりもやや高い傾向が見られた (図 2)。2022 年は東シナ海と九州沿岸の CPUE が急増したためノミナル CPUE が急増したが、地理的勾配の影響による標準化 CPUE では増加の程度は緩やかであった。 ✓ 2022 年の標準化 CPUE は、2 歳では 2021 年よりも低くなったが、0～1 歳と 3 歳では高くなった (図 4)。
引用文献	✓ Zuur, A. F., E. N. Ieno, N. Walker, A. A. Saveliev, G. M. Smith (2009) Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R, Statistics for Biology and Health. Springer, New York. ✓ 岡村寛・市野川桃子(2016)水産資源学における統計モデリング. 統計数理 64. 39-57 ✓ 岡本 俊・山下紀生・加賀敏樹(2016)小型いか釣り漁業データを用いたスルメイカ冬季発生群の CPUE の標準化©日本水産学会誌, 82, 686-698. ✓ 吉川 茜・飯田真也・白川北斗・佐久間啓・藤原邦浩 (2021) ニギス日本海系群 1 そうびき沖合底びき網の漁獲成績報告書に基づくニギス CPUE の標準化. FRA-SA2021-RC07-203 ✓ Muko S., M. Yoda., H. Kurota., S. Ohshimo (2023) Spatial estimation and yearly trends in abundance-index of Japanese jack mackerel (<i>Trachurus japonicus</i>) in the East China Sea and Sea of Japan. Fisheries Research. 266, 106781.

1. 背景

マアジ対馬暖流系群は、主に東シナ海や日本海で操業する大中型まき網漁業により漁獲されている。資源評価では、漁獲月と漁獲物の銘柄から年齢分解を行った後、各年齢の CPUE（単位努力量（網数）当たりの漁獲量）をそれぞれの資源量の指標値に用いてきた。近年、大中型まき網漁業の操業海域が縮小傾向にあり、とくにマアジの主な漁場である東シナ海南部での操業は減少している。正確な指標値の算出には、漁場の縮小を考慮した CPUE の標準化が必要であると考え。2020 年までのデータを用いた解析は学術論文として出版されており（Muko et al. 2023）、本ドキュメントは 2022 年までデータを更新した場合の解析結果を示した。

2. 方法

1) データの特性

データは 2003 年～2022 年の 1 月～12 月、東シナ海・黄海から日本海中北部で操業する大中型まき網漁業の漁獲成績報告書に基づく。各船の 1 操業あたりのマアジ銘柄別漁獲量と網数、操業漁区から成る。資源評価報告書（補足資料 2）に基づき、漁獲月と漁獲物の銘柄から年齢分解を行った後、各年齢の 1 操業当たりの漁獲量を網数で割った値を年齢別操業別 CPUE として算出した。各年齢のデータ数は減少傾向がみられるが、有漁確率は概ね安定している（表 1）。しかし、各年齢で、操業別 CPUE の年平均（ノミナル CPUE）は変動していた。

マアジの月別漁獲量は一般に春先から秋口まで多いが、季節性を考慮するために標準化には月の効果を取り入れた。操業海域の縮小傾向がみられるため、主漁場の地理的勾配を考慮するために緯度経度の効果を二次元平滑化スプラインとして取り入れた。また、船の大きさが漁獲効率に与える影響を考慮するために、船のトン数を 4 階級に分けて取り入れた。船の個別の影響については、操業する期間が船によって異なっていたため、ランダム効果として解析に取り入れた。

また、魚類の分布・生息地を規定する環境要因として最も強い要因は水温と考え、操業漁区の 50m 深海水温を FRA-ROMSII の再解析値から求め、平滑化スプラインとして解析に取り入れた。

2) 統計モデル

各年齢について、マアジが漁獲されない操業があったため、デルタ型一般化加法モデルを用いた解析を行った。デルタ型モデルとは、マアジの漁獲の有無（有漁確率）と、マアジの漁獲があった操業の CPUE（有漁 CPUE）について別々に解析を行う方法である。それぞれのモデルで得られた年効果に乗じることで、標準化 CPUE の年効果を得ることができる。

有漁確率については、マアジの漁獲がない操業を 0、漁獲がある操業を 1 とする、二値データを応答変数とした一般化加法混合モデル（GAMM）を用いた解析を行った。モデルの誤差分布は二項分布に従うと仮定した。有漁 CPUE については、マアジの漁獲があった操業を抽出し、操業別 CPUE の対数値を応答変数とした一般化加法混合モデル（GAMM）を使用し、モデルの誤差分布は正規分布に従うと仮定した。

有漁確率、有漁 CPUE とともに、説明変数の候補は年、月、船のトン数階級をカテゴリカル変数、緯度経度を二次元平滑化スプライン、および 50m 深海水温を平滑化スプラインとして扱った。また、船による漁獲効率の違いを考慮するために、船の ID を変量効果として取り入れた。

ベイズ情報量基準（BIC）を基準として、モデル選択を行った。ランダム効果を含む場合、最尤推定で得られた BIC を説明変数の異なるモデル間で比較することが出来ないため、二段階に分けてモデル選択を行った（岡本ほか 2016, 吉川ほか 2021, Zuur et al. 2009）。まず、全ての説明変数を含むモデルについて、制限付き最尤法により算出した BIC をもとにランダム効果の有無を選択した。次に、ランダム効果の有無を固定した上で、説明変数の組み合わせの異なるモデルについて総当たり法により BIC を算出し、BIC がもっとも低いモデルを選択した。年トレンドは、選択された最終モデルから年効果の最小二乗平均（LSmean）を計算した。

解析には R（ver4.2.3）、mgcv パッケージ（ver1.8-42）、lme4 パッケージ（ver1.1-31）、emmeans パッケージ（ver1.8.3）、MuMIN パッケージ（ver1.47.1）、mgcViz（ver0.1.9）を用いた。

3.結果

各年齢のモデル選択の結果を表 2 に、選択された最終モデルのパラメータを表 3 に示す。選択されたモデルの妥当性を確認するため、二項分布モデル、対数正規分布モデルの要約表を定性的に確認した。対数正規分布モデルの残差の頻度分布は正規分布から大きくは逸脱していなかった（図 1）。残差の分散は、対数正規分布モデルでは応答変数に対して偏った傾向は見られなかった。

月の効果の LSmean を計算したところ、1 歳を除き、二項分布モデルと対数正規分布モデルの傾向は概ね一致した（図 2）。0 歳は 9 月以降、2 歳以上は春から夏にピークがみられた。1 歳は、二項分布モデルは 5 月と 9 月が大きい二峰型であったが、対数正規分布モデルは 5 月～6 月が大きい一峰型となった。

船のトン数階級の効果の LSmean を計算したところ、最も小さい船の階級は二項分布モデルでは高い効果を示したが、対数正規分布モデルではかなり低い効果を示した。トン数階級に応じて、明確な傾向が見られた。

緯度経度の二次元平面平滑化スプラインを図 4 に示す。0 歳～2 歳の二項分布モデルでは、東シナ海南部と九州北西沖合域から日本海西部にかけての沿岸域で有漁確率が高かったが、3 歳の二項分布モデルでは有漁確率に明確な地理的勾配は見られなかった。一方、0 歳と 2 歳～3 歳の対数正規分布モデルでは、東シナ海南部と日本海西部で有漁 CPUE が高かったのに対し、1 歳の対数正規分布モデルでは海域全体が概ね同程度の勾配を示した。

50m 深水温の平滑化スプラインは、1 歳は二項分布モデルと対数分布モデルともに単調的な減少傾向を示したが、他の年齢では概ね 20 度前後が最も高い効果を示した（図 5）。

年効果の LSmean を計算し、二項分布モデルの年効果と対数正規分布の年効果を乗じることで、標準化 CPUE の年トレンドを算出した（図 4、表 4）。2022 年は、標準化 CPUE とノミナル CPUE とともに、2 歳で 2021 年よりも減少したが、0～1 歳と 3 歳は増加した。

標準化 CPUE とノミナル CPUE を比較すると、1 歳以上は増減する年トレンドの傾向はおおむね一致していた。0 歳は 2015 年～2022 年で標準化 CPUE がノミナル CPUE よりも高かった。0 歳 CPUE の地理的勾配は東シナ海と日本海が高かったが（図 2）、有漁データの大半は九州沿岸（平均 75%）が占めている。0 歳 CPUE を海域別に見ると、いずれの海域でも 2022 年の CPUE は 2021 年よりも高く、とくに東シナ海の CPUE が高かった。海域全体の年平均値であるノミナル CPUE は、2021 年よりは増加したものの、データ数が多い九州沿岸の CPUE に準じて低めに推移した。地理的勾配を考慮した標準化 CPUE では、東シナ海の CPUE が相対的に高かったため、大幅な増加になったと考えられた。

3 歳は 2019 年～2022 年で標準化 CPUE がノミナル CPUE よりも低かった。3 歳 CPUE の地理的勾配は、東シナ海と日本海が九州沿岸よりもやや高い傾向が見られた（図 2）。2022 年は東シナ海や九州沿岸の CPUE が 2021 年の 2 倍程度と急増したため、ノミナル CPUE が急増した。しかし日本海の CPUE は横ばいであったため、地理的勾配を考慮した標準化 CPUE では増加の程度は緩やかとなった。

表 1. データ数・有漁データ数・ノミナル CPUE

	0 歳			1 歳			2 歳			3 歳		
	6～12月			1～12月			1～12月			1～12月		
年	データ数	有漁データ数	CPUE(トン/網)	データ数	有漁データ数	CPUE(トン/網)	データ数	有漁データ数	CPUE(トン/網)	データ数	有漁データ数	CPUE(トン/網)
2003	3630	1483	8.89	6372	3135	5.00	6372	2702	2.34	6372	1349	0.26
2004	3535	1497	6.95	6458	3349	6.07	6458	2692	1.18	6458	1179	0.24
2005	3528	883	2.30	6139	2890	5.61	6139	2516	2.10	6139	1226	0.32
2006	3451	707	1.38	6038	2434	4.39	6038	2132	1.63	6038	986	0.28
2007	3414	754	1.34	6123	2343	2.34	6123	2422	1.74	6123	1142	0.25
2008	3336	684	1.35	5745	2523	5.01	5745	2301	1.92	5745	1098	0.35
2009	3044	1036	3.04	5168	2117	4.31	5168	1780	2.13	5168	877	0.32
2010	3066	1091	3.14	5079	2361	6.06	5079	2043	2.38	5079	837	0.33
2011	3047	770	3.81	5200	2318	5.71	5200	2064	4.10	5200	958	0.41
2012	2566	732	1.87	4758	2442	5.46	4758	2115	2.19	4758	1023	0.41
2013	2481	737	1.71	4698	2320	5.54	4698	1968	2.06	4698	915	0.23
2014	2443	736	2.79	4473	2018	5.15	4473	1825	1.95	4473	840	0.29
2015	2423	958	6.05	4401	2431	8.86	4401	1514	1.61	4401	633	0.17
2016	2137	674	1.79	3887	2021	6.27	3887	1826	3.22	3887	774	0.27
2017	2117	740	1.76	3964	2132	7.24	3964	1767	3.04	3964	707	0.30
2018	2080	700	1.81	3662	1724	4.88	3662	1588	3.38	3662	656	0.36
2019	2028	579	0.67	3742	1796	4.09	3742	1726	2.83	3742	941	0.55
2020	1662	531	1.12	3309	1841	6.36	3309	1559	2.69	3309	869	0.59
2021	2048	517	0.46	3410	1625	3.67	3410	1661	4.34	3410	894	0.58
2022	1788	507	1.51	3473	1647	6.27	3473	1493	2.96	3473	835	1.04

※ノミナル CPUE は 1 日 1 隻あたりの CPUE（トン/網数）の年平均値。漁獲ゼロのデータも含む。

表 2. モデル選択結果

	Model	二項分布モデル						df	logLik	BIC	delta	Model	対数正規分布モデル						df	logLik	BIC	delta
0歳	有り	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton	+random(ID)	59	-28269	57186	0	有り	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton	+random(ID)	62	-35024	70651	0
	無し	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		58	-28270	57179	-7	無し	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		61	-35026	70643	-8
	1	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		58	-28270	57179	0	1	Year	+Month	+s(Lon, Lat)		+Ton		55	-35045	70633	0
	2	Year	+Month	+s(Lon, Lat)		+Ton		55	-28315	57237	58	2	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		61	-35026	70643	10
	3	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)			55	-28560	57727	548	3	Year	+Month	+s(Lon, Lat)				53	-35084	70683	50
1歳	Model	二項分布モデル						df	logLik	BIC	delta	Model	対数正規分布モデル						df	logLik	BIC	delta
	有り	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton	+random(ID)	64	-56851	114447	0	有り	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton	+random(ID)	66	-93380	187469	0
	無し	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		63	-56874	114482	35	無し	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		66	-93380	187469	-0.3
	1	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton	+random(ID)	64	-56851	114447	0	1	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		66	-93380	187469	0
	2	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)		+random(ID)	61	-56923	114556	109	2		+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		47	-93672	187851	382
	3		Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton	+random(ID)	45	-57144	114814	367	3	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)			63	-93651	187982	513
2歳	Model	二項分布モデル						df	logLik	BIC	delta	Model	対数正規分布モデル						df	logLik	BIC	delta
	有り	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton	+random(ID)	66	-52926	106610	0	有り	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton	+random(ID)	67	-80859	162432	0
	無し	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		65	-52926	106607	-3	無し	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		66	-80864	162430	-2
	1	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		65	-52926	106607	0	1	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		66	-80864	162430	0
	2	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)			62	-52966	106652	45	2	Year	+Month	+s(Lon, Lat)		+Ton		61	-80901	162451	22
	3	Year	+Month	+s(Lon, Lat)		+Ton		60	-52987	106671	64	3	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)			63	-80973	162617	187
3歳	Model	二項分布モデル						df	logLik	BIC	delta	Model	対数正規分布モデル						df	logLik	BIC	delta
	有り	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton	+random(ID)	66	-39427	79604	0	有り	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton	+random(ID)	64	-37851	76341	0
	無し	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		65	-39427	79604	-0.1	無し	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		63	-37868	76365	24
	1	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		65	-39427	79604	0	1	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton	+random(ID)	64	-37851	76341	0
	2		Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton		46	-39580	79692	88	2		Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)	+Ton	+random(ID)	45	-38013	76478	137
	3	Year	+Month	+s(Lon, Lat)	+s(Temp50)			62	-39516	79748	143	3	Year	+Month	+s(Lon, Lat)		+Ton	+random(ID)	62	-37993	76596	255

※Year:年, Month:月, s(Lon, Lat):緯度経度の平滑化スプライン, s(Temp50):50m 深海水温の平滑化スプライン, Ton:船のトン数階級, random(ID):船のランダム効果.

※平滑化スプラインの平滑化パラメータは緯度経度：k=28, 50m 深水温：k=6 もしくは k=4 に固定した。

表 3. 最終モデルにおける推定パラメータ

#####					#####				
# 0歳					#####				
Age 0									
Binomial model					Lognormal model				
Family: binomial					Family: gaussian				
Link function: logit					Link function: identity				
Formula:					Formula:				
Maaji_pa.0 ~ fYear + fMonth + s(longitude_sho, latitude_sho, k = 28) + s(Temp_50, k = 4) + fTon_data					Maaji.logcpue0 ~ fYear + fMonth + s(longitude_sho, latitude_sho k = 28) + fTon_data				
Parametric coefficients:					Parametric coefficients:				
Estimate Std. Error z value Pr(> z)					Estimate Std. Error t value Pr(> t)				
(Intercept) -0.10512 0.07610 -1.381 0.16719					(Intercept) -0.58304 0.11930 -4.887 1.03e-06 ***				
fYear2004 0.14526 0.05314 2.734 0.00626 **					fYear2004 -0.22282 0.07703 -2.893 0.003824 **				
fYear2005 -0.76383 0.05699 -13.402 < 2e-16 ***					fYear2005 -0.56210 0.08973 -6.265 3.83e-10 ***				
fYear2006 -1.02043 0.05875 -17.368 < 2e-16 ***					fYear2006 -1.05842 0.09646 -10.972 < 2e-16 ***				
fYear2007 -0.86012 0.05808 -14.808 < 2e-16 ***					fYear2007 -0.99892 0.09433 -10.590 < 2e-16 ***				
fYear2008 -0.98148 0.05947 -16.505 < 2e-16 ***					fYear2008 -1.18423 0.09721 -12.182 < 2e-16 ***				
fYear2009 -0.30058 0.05651 -5.319 1.04e-07 ***					fYear2009 -0.22077 0.08775 -2.516 0.011888 *				
fYear2010 -0.22417 0.05599 -4.004 6.23e-05 ***					fYear2010 -0.37275 0.08646 -4.311 1.63e-05 ***				
fYear2011 -0.75622 0.05842 -12.944 < 2e-16 ***					fYear2011 -0.82936 0.09401 -8.822 < 2e-16 ***				
fYear2012 -0.56981 0.06092 -9.353 < 2e-16 ***					fYear2012 -1.21498 0.09607 -12.647 < 2e-16 ***				
fYear2013 -0.51601 0.06010 -8.586 < 2e-16 ***					fYear2013 -0.67360 0.09569 -7.039 2.01e-12 ***				
fYear2014 -0.44560 0.06059 -7.355 1.91e-13 ***					fYear2014 -0.44469 0.09567 -4.648 3.38e-06 ***				
fYear2015 -0.12897 0.05982 -2.156 0.03109 *					fYear2015 0.37084 0.08827 4.201 2.67e-05 ***				
fYear2016 -0.43402 0.06348 -6.837 8.07e-12 ***					fYear2016 -0.44387 0.09860 -4.502 6.78e-06 ***				
fYear2017 -0.31365 0.06303 -4.976 6.49e-07 ***					fYear2017 -0.12888 0.09725 -1.325 0.185133				
fYear2018 -0.48034 0.06432 -7.468 8.17e-14 ***					fYear2018 -0.35050 0.09878 -3.548 0.000389 ***				
fYear2019 -0.75187 0.06756 -11.129 < 2e-16 ***					fYear2019 -0.95088 0.10501 -9.055 < 2e-16 ***				
fYear2020 -0.63648 0.07107 -8.956 < 2e-16 ***					fYear2020 -0.29089 0.11102 -2.620 0.008798 **				
fYear2021 -1.09495 0.06865 -15.950 < 2e-16 ***					fYear2021 -1.01714 0.11165 -9.110 < 2e-16 ***				
fYear2022 -0.77387 0.06950 -11.134 < 2e-16 ***					fYear2022 -0.18804 0.11052 -1.701 0.088876 .				
fMonth7 0.09918 0.04346 2.282 0.02249 *					fMonth7 -0.41227 0.07458 -5.528 3.29e-08 ***				
fMonth8 0.34667 0.04877 7.109 1.17e-12 ***					fMonth8 0.05395 0.07749 0.696 0.486279				
fMonth9 1.30066 0.04793 27.135 < 2e-16 ***					fMonth9 0.86943 0.06792 12.801 < 2e-16 ***				
fMonth10 1.00636 0.04847 20.762 < 2e-16 ***					fMonth10 0.35401 0.06954 5.090 3.61e-07 ***				
fMonth11 0.98933 0.04890 20.233 < 2e-16 ***					fMonth11 0.27001 0.06975 3.871 0.000109 ***				
fMonth12 1.30399 0.04201 31.040 < 2e-16 ***					fMonth12 0.39949 0.06980 5.723 1.06e-08 ***				
fTon_data2 -1.12710 0.05729 -19.673 < 2e-16 ***					fTon_data2 0.68009 0.09648 7.049 1.88e-12 ***				
fTon_data3 -1.43774 0.06414 -22.417 < 2e-16 ***					fTon_data3 0.93571 0.10665 8.773 < 2e-16 ***				
fTon_data4 -0.99140 0.07150 -13.865 < 2e-16 ***					fTon_data4 0.87633 0.11736 7.467 8.62e-14 ***				
---					---				
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Approximate significance of smooth terms:					Approximate significance of smooth terms:				
edf Ref.df Chi.sq p-value					edf Ref.df F p-value				
s(longitude_sho,latitude_sho) 26.697 26.984 3386.79 <2e-16 ***					s(longitude_sho,latitude_sho) 25.81 26.88 208.3 <2e-16 ***				
s(Temp_50) 2.902 2.993 85.11 <2e-16 ***					---				
---					Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					R-sq.(adj) = 0.309 Deviance explained = 31.1%				
R-sq.(adj) = 0.161 Deviance explained = 14.4%					-REML = 35164 Scale est. = 4.3116 n = 16316				
-REML = 28435 Scale est. = 1 n = 53824									
AUC値 0.7535507									

```
#####
# 1歳
#####
```

Age 0

Binomial model
Family: binomial
Link function: logit

Formula:

Maaji_pa.1 ~ fYear + fMonth + s(longitude_sho, latitude_sho,
k = 28) + s(Temp_50, k = 4) + fTon_data + s(ID, bs = "re")

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	0.019320	0.055346	0.349	0.727034
fYear2004	0.323919	0.039155	8.273	< 2e-16 ***
fYear2005	-0.074467	0.039350	-1.892	0.058433 .
fYear2006	-0.265101	0.039897	-6.645	3.04e-11 ***
fYear2007	-0.224517	0.040222	-5.582	2.38e-08 ***
fYear2008	-0.018767	0.040689	-0.461	0.644629
fYear2009	-0.172680	0.041926	-4.119	3.81e-05 ***
fYear2010	-0.012210	0.041659	-0.293	0.769443
fYear2011	-0.144501	0.041311	-3.498	0.000469 ***
fYear2012	0.064961	0.042290	1.536	0.124517
fYear2013	-0.048771	0.041998	-1.161	0.245530
fYear2014	-0.213051	0.042461	-5.018	5.23e-07 ***
fYear2015	0.154871	0.043524	3.558	0.000373 ***
fYear2016	0.105639	0.044813	2.357	0.018405 *
fYear2017	0.155509	0.044665	3.482	0.000498 ***
fYear2018	-0.325795	0.046289	-7.038	1.95e-12 ***
fYear2019	-0.137598	0.045913	-2.997	0.002727 **
fYear2020	0.230546	0.048269	4.776	1.79e-06 ***
fYear2021	-0.190749	0.047712	-3.998	6.39e-05 ***
fYear2022	-0.208318	0.047527	-4.383	1.17e-05 ***
fMonth2	-0.198364	0.035226	-5.631	1.79e-08 ***
fMonth3	-0.330990	0.034581	-9.571	< 2e-16 ***
fMonth4	-0.184383	0.034051	-5.415	6.13e-08 ***
fMonth5	0.400974	0.035071	11.433	< 2e-16 ***
fMonth6	-0.328266	0.036377	-9.024	< 2e-16 ***
fMonth7	0.215140	0.039301	5.474	4.40e-08 ***
fMonth8	-0.010144	0.045503	-0.223	0.823585
fMonth9	0.449671	0.046680	9.633	< 2e-16 ***
fMonth10	-0.095378	0.046799	-2.038	0.041548 *
fMonth11	-0.002966	0.047324	-0.063	0.950028
fMonth12	0.038519	0.040016	0.963	0.335760
fTon_data2	-0.366950	0.039340	-9.328	< 2e-16 ***
fTon_data3	-0.284693	0.043308	-6.574	4.91e-11 ***
fTon_data4	-0.072944	0.052643	-1.386	0.165859

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

Approximate significance of smooth terms:

	edf	Ref.df	Chi.sq	p-value
s(longitude_sho,latitude_sho)	26.8544	26.99	8457.7	<2e-16 ***
s(Temp_50)	2.9749	3.00	783.1	<2e-16 ***
s(ID)	0.9785	1.00	45.5	<2e-16 ***

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

R-sq.(adj) = 0.176 Deviance explained = 14.5%
-REML = 57058 Scale est. = 1 n = 96099

AUC値 0.7369301

Lognormal model
Family: gaussian
Link function: identity

Formula:

Maaji.logcpue1 ~ fYear + fMonth + s(longitude_sho, latitude_sho
k = 28) + s(Temp_50, k = 6) + fTon_data

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.99917	0.07295	-13.697	< 2e-16 ***
fYear2004	0.17036	0.04744	3.591	0.000330 ***
fYear2005	0.08379	0.04923	1.702	0.088750 .
fYear2006	-0.11355	0.05145	-2.207	0.027319 *
fYear2007	-0.24846	0.05231	-4.750	2.04e-06 ***
fYear2008	0.01392	0.05083	0.274	0.784228
fYear2009	-0.18554	0.05361	-3.461	0.000539 ***
fYear2010	0.28004	0.05194	5.392	7.01e-08 ***
fYear2011	-0.08155	0.05226	-1.560	0.118683
fYear2012	-0.30414	0.05179	-5.873	4.32e-09 ***
fYear2013	-0.02310	0.05217	-0.443	0.657868
fYear2014	-0.35335	0.05451	-6.482	9.14e-11 ***
fYear2015	0.50647	0.05184	9.770	< 2e-16 ***
fYear2016	0.06962	0.05462	1.275	0.202411
fYear2017	0.30807	0.05439	5.664	1.49e-08 ***
fYear2018	-0.12735	0.05832	-2.183	0.029009 *
fYear2019	-0.09252	0.05756	-1.607	0.107998
fYear2020	0.27452	0.05768	4.759	1.95e-06 ***
fYear2021	-0.20431	0.06041	-3.382	0.000721 ***
fYear2022	0.11698	0.06012	1.946	0.051693 .
fMonth2	-0.23056	0.04217	-5.467	4.60e-08 ***
fMonth3	0.12205	0.04259	2.866	0.004159 **
fMonth4	0.70988	0.04177	16.997	< 2e-16 ***
fMonth5	1.23356	0.04129	29.876	< 2e-16 ***
fMonth6	1.29557	0.04843	26.752	< 2e-16 ***
fMonth7	1.09369	0.05050	21.657	< 2e-16 ***
fMonth8	0.59413	0.05898	10.074	< 2e-16 ***
fMonth9	1.08338	0.05787	18.722	< 2e-16 ***
fMonth10	0.80643	0.06069	13.287	< 2e-16 ***
fMonth11	0.62846	0.06121	10.267	< 2e-16 ***
fMonth12	0.25251	0.05195	4.861	1.17e-06 ***
fTon_data2	1.22415	0.05681	21.547	< 2e-16 ***
fTon_data3	1.41826	0.06077	23.337	< 2e-16 ***
fTon_data4	1.43202	0.06569	21.799	< 2e-16 ***

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

Approximate significance of smooth terms:

	edf	Ref.df	F p-value
s(longitude_sho,latitude_sho)	26.156	26.933	134.6 <2e-16 ***
s(Temp_50)	4.935	4.998	276.2 <2e-16 ***

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

R-sq.(adj) = 0.235 Deviance explained = 23.6%
-REML = 93548 Scale est. = 3.5649 n = 45467

```
#####
# 2歳
#####
```

Age 2	
Binomial model	Lognormal model
Family: binomial	Family: gaussian
Link function: logit	Link function: identity
Formula:	Formula:
Maaji_pa.2 ~ fYear + fMonth + s(longitude_sho, latitude_sho, k = 28) + s(Temp_50, k = 6) + fTon_data	Maaji.logcpue2 ~ fYear + fMonth + s(longitude_sho, latitude_sho, k = 28) + s(Temp_50, k = 6) + fTon_data
Parametric coefficients:	Parametric coefficients:
Estimate Std. Error z value Pr(> z)	Estimate Std. Error t value Pr(> t)
(Intercept) 0.17225 0.05735 3.004 0.002667 **	(Intercept) 0.15047 0.07114 2.115 0.034420 *
fYear2004 0.10318 0.04118 2.506 0.012225 *	fYear2004 -0.63619 0.05100 -12.473 < 2e-16 ***
fYear2005 -0.03792 0.04137 -0.917 0.359269	fYear2005 -0.40549 0.05198 -7.801 6.28e-15 ***
fYear2006 -0.24250 0.04240 -5.720 1.07e-08 ***	fYear2006 -0.53318 0.05434 -9.811 < 2e-16 ***
fYear2007 0.05498 0.04228 1.300 0.193514	fYear2007 -0.28268 0.05260 -5.374 7.76e-08 ***
fYear2008 0.13021 0.04296 3.031 0.002436 **	fYear2008 -0.41220 0.05292 -7.789 6.89e-15 ***
fYear2009 -0.23309 0.04453 -5.235 1.65e-07 ***	fYear2009 -0.44441 0.05718 -7.772 7.90e-15 ***
fYear2010 0.02462 0.04370 0.564 0.573059	fYear2010 -0.21189 0.05501 -3.852 0.000117 ***
fYear2011 0.01628 0.04346 0.374 0.708062	fYear2011 0.03898 0.05505 0.708 0.478923
fYear2012 0.20224 0.04447 4.548 5.41e-06 ***	fYear2012 -0.43676 0.05470 -7.984 1.46e-15 ***
fYear2013 -0.14026 0.04391 -3.194 0.001402 **	fYear2013 -0.62421 0.05559 -11.228 < 2e-16 ***
fYear2014 -0.15711 0.04445 -3.534 0.000409 ***	fYear2014 -0.62931 0.05708 -11.025 < 2e-16 ***
fYear2015 -0.47367 0.04591 -10.316 < 2e-16 ***	fYear2015 -0.71491 0.06053 -11.812 < 2e-16 ***
fYear2016 0.09274 0.04641 1.998 0.045699 *	fYear2016 0.04737 0.05715 0.829 0.407172
fYear2017 -0.04606 0.04619 -0.997 0.318760	fYear2017 -0.16861 0.05844 -2.885 0.003914 **
fYear2018 -0.07039 0.04771 -1.475 0.140125	fYear2018 0.10101 0.06046 1.671 0.094756 .
fYear2019 -0.02703 0.04792 -0.564 0.572656	fYear2019 -0.01195 0.05913 -0.202 0.839809
fYear2020 0.08664 0.04962 1.746 0.080767 .	fYear2020 -0.05578 0.06125 -0.911 0.362521
fYear2021 0.11154 0.04968 2.245 0.024756 *	fYear2021 0.31442 0.06100 5.154 2.56e-07 ***
fYear2022 -0.11575 0.04919 -2.353 0.018609 *	fYear2022 0.02326 0.06341 0.367 0.713821
fMonth2 -0.20275 0.03514 -5.770 7.93e-09 ***	fMonth2 -0.24654 0.04263 -5.783 7.40e-09 ***
fMonth3 -0.40398 0.03461 -11.674 < 2e-16 ***	fMonth3 -0.37001 0.04310 -8.585 < 2e-16 ***
fMonth4 -0.34720 0.03426 -10.134 < 2e-16 ***	fMonth4 -0.32778 0.04202 -7.800 6.34e-15 ***
fMonth5 0.11756 0.03527 3.333 0.000859 ***	fMonth5 -0.40593 0.04100 -9.902 < 2e-16 ***
fMonth6 -0.43448 0.03693 -11.764 < 2e-16 ***	fMonth6 -0.26494 0.04633 -5.719 1.08e-08 ***
fMonth7 0.13898 0.04063 3.421 0.000624 ***	fMonth7 0.05937 0.04911 1.209 0.226695
fMonth8 0.15344 0.04747 3.232 0.001228 **	fMonth8 0.13040 0.05724 2.278 0.022717 *
fMonth9 -1.69122 0.05038 -33.569 < 2e-16 ***	fMonth9 -1.88242 0.07019 -26.819 < 2e-16 ***
fMonth10 -1.81803 0.05152 -35.289 < 2e-16 ***	fMonth10 -1.71705 0.07158 -23.988 < 2e-16 ***
fMonth11 -1.61160 0.05144 -31.327 < 2e-16 ***	fMonth11 -1.56167 0.06957 -22.447 < 2e-16 ***
fMonth12 -1.34747 0.04352 -30.963 < 2e-16 ***	fMonth12 -1.33877 0.05986 -22.364 < 2e-16 ***
fTon_data2 -0.07955 0.04022 -1.978 0.047960 *	fTon_data2 0.75408 0.05282 14.278 < 2e-16 ***
fTon_data3 -0.18488 0.04455 -4.150 3.33e-05 ***	fTon_data3 0.82932 0.05830 14.224 < 2e-16 ***
fTon_data4 0.05406 0.05037 1.073 0.283133	fTon_data4 0.85823 0.06395 13.421 < 2e-16 ***
---	---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1	Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Approximate significance of smooth terms:	Approximate significance of smooth terms:
edf Ref.df Chi.sq p-value	edf Ref.df F p-value
s(longitude_sho,latitude_sho) 26.722 26.982 7966 <2e-16 ***	s(longitude_sho,latitude_sho) 26.114 26.923 60.84 <2e-16 ***
s(Temp_50) 4.893 4.995 114 <2e-16 ***	s(Temp_50) 4.794 4.981 15.20 <2e-16 ***
---	---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1	Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
R-sq.(adj) = 0.225 Deviance explained = 18.8%	R-sq.(adj) = 0.18 Deviance explained = 18.1%
-REML = 53123 Scale est. = 1 n = 96099	-REML = 81028 Scale est. = 3.4492 n = 39694
AUC値 0.7784693	

```
#####
# 3歳
#####
```

Age 3	
Binomial model	Lognormal model
Family: binomial	Family: gaussian
Link function: logit	Link function: identity
Formula:	Formula:
Maaji_pa.3 ~ fYear + fMonth + s(longitude_sho, latitude_sho, k = 28) + s(Temp_50, k = 6) + fTon_data	Maaji.logcpue3 ~ fYear + fMonth + s(longitude_sho, latitude_sho, k = 28) + s(Temp_50, k = 4) + fTon_data + s(ID, bs = "re")
Parametric coefficients:	Parametric coefficients:
Estimate Std. Error z value Pr(> z)	Estimate Std. Error t value Pr(> t)
(Intercept) -0.49050 0.06481 -7.568 3.80e-14 ***	(Intercept) -2.04335 0.08845 -23.101 < 2e-16 ***
fYear2004 -0.17696 0.04886 -3.622 0.000293 ***	fYear2004 0.01797 0.07347 0.245 0.80675
fYear2005 0.00594 0.04899 0.121 0.903487	fYear2005 0.19394 0.07287 2.661 0.00779 **
fYear2006 -0.19768 0.05100 -3.876 0.000106 ***	fYear2006 0.31383 0.07775 4.036 5.45e-05 ***
fYear2007 -0.18957 0.04988 -3.801 0.000144 ***	fYear2007 0.16584 0.07493 2.213 0.02690 *
fYear2008 -0.01254 0.05039 -0.249 0.803461	fYear2008 0.43985 0.07486 5.875 4.29e-09 ***
fYear2009 -0.14389 0.05327 -2.701 0.006906 **	fYear2009 0.34836 0.08035 4.336 1.46e-05 ***
fYear2010 -0.15739 0.05330 -2.953 0.003148 **	fYear2010 0.42211 0.08158 5.174 2.31e-07 ***
fYear2011 0.02764 0.05181 0.533 0.593757	fYear2011 0.58291 0.07841 7.434 1.10e-13 ***
fYear2012 0.15782 0.05188 3.042 0.002350 **	fYear2012 0.58427 0.07697 7.591 3.33e-14 ***
fYear2013 -0.13951 0.05271 -2.646 0.008133 **	fYear2013 0.22006 0.07929 2.775 0.00552 **
fYear2014 -0.19597 0.05400 -3.629 0.000285 ***	fYear2014 0.43589 0.08143 5.353 8.77e-08 ***
fYear2015 -0.52854 0.05716 -9.247 < 2e-16 ***	fYear2015 0.26937 0.08919 3.020 0.00253 **
fYear2016 -0.20446 0.05534 -3.695 0.000220 ***	fYear2016 0.18626 0.08398 2.218 0.02657 *
fYear2017 -0.32763 0.05668 -5.781 7.44e-09 ***	fYear2017 0.35596 0.08758 4.064 4.83e-05 ***
fYear2018 -0.16071 0.05836 -2.754 0.005893 **	fYear2018 0.73541 0.08938 8.228 < 2e-16 ***
fYear2019 0.02550 0.05486 0.465 0.642018	fYear2019 0.63160 0.08104 7.794 6.82e-15 ***
fYear2020 0.10335 0.05673 1.822 0.068506 .	fYear2020 0.64628 0.08288 7.798 6.61e-15 ***
fYear2021 0.14604 0.05675 2.573 0.010078 *	fYear2021 0.77493 0.08351 9.279 < 2e-16 ***
fYear2022 0.08871 0.05705 1.555 0.119958	fYear2022 1.08294 0.08681 12.475 < 2e-16 ***
fMonth2 -0.01285 0.03886 -0.331 0.740937	fMonth2 0.25624 0.05596 4.579 4.70e-06 ***
fMonth3 -0.07513 0.03841 -1.956 0.050450 .	fMonth3 0.35204 0.05579 6.310 2.86e-10 ***
fMonth4 -0.15010 0.03764 -3.987 6.68e-05 ***	fMonth4 0.08738 0.05428 1.610 0.10743
fMonth5 -0.34024 0.03794 -8.969 < 2e-16 ***	fMonth5 -0.29262 0.05430 -5.389 7.16e-08 ***
fMonth6 -1.99387 0.05033 -39.620 < 2e-16 ***	fMonth6 -1.45896 0.07989 -18.262 < 2e-16 ***
fMonth7 -1.86553 0.05318 -35.079 < 2e-16 ***	fMonth7 -1.97314 0.08474 -23.286 < 2e-16 ***
fMonth8 -1.85838 0.06134 -30.296 < 2e-16 ***	fMonth8 -1.82226 0.09732 -18.724 < 2e-16 ***
fMonth9 -1.69177 0.06172 -27.411 < 2e-16 ***	fMonth9 -1.54861 0.09964 -15.541 < 2e-16 ***
fMonth10 -1.62454 0.06147 -26.428 < 2e-16 ***	fMonth10 -1.30027 0.09786 -13.287 < 2e-16 ***
fMonth11 -1.49872 0.06102 -24.562 < 2e-16 ***	fMonth11 -1.18582 0.09545 -12.423 < 2e-16 ***
fMonth12 -1.26359 0.05023 -25.155 < 2e-16 ***	fMonth12 -0.92409 0.07740 -11.940 < 2e-16 ***
fTon_data2 -0.16005 0.04391 -3.645 0.000268 ***	fTon_data2 1.11531 0.06293 17.722 < 2e-16 ***
fTon_data3 -0.46873 0.04924 -9.520 < 2e-16 ***	fTon_data3 0.94175 0.07178 13.119 < 2e-16 ***
fTon_data4 -0.26610 0.05565 -4.781 1.74e-06 ***	fTon_data4 0.88096 0.08541 10.315 < 2e-16 ***
---	---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1	Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Approximate significance of smooth terms:	Approximate significance of smooth terms:
edf Ref.df Chi.sq p-value	edf Ref.df F p-value
s(longitude_sho,latitude_sho) 26.458 26.957 4810.5 <2e-16 ***	s(longitude_sho,latitude_sho) 25.8616 26.888 34.75 <2e-16 ***
s(Temp_50) 4.714 4.961 540.5 <2e-16 ***	s(Temp_50) 2.9503 2.998 93.24 <2e-16 ***
---	s(ID) 0.9706 1.000 33.01 <2e-16 ***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1	---
R-sq.(adj) = 0.161 Deviance explained = 16.8%	R-sq.(adj) = 0.162 Deviance explained = 16.5%
-REML = 39603 Scale est. = 1 n = 96099	-REML = 37995 Scale est. = 3.3379 n = 18739
AUC値 0.7809826	

表 4. 資源評価に使用したノミナル・標準化 CPUE

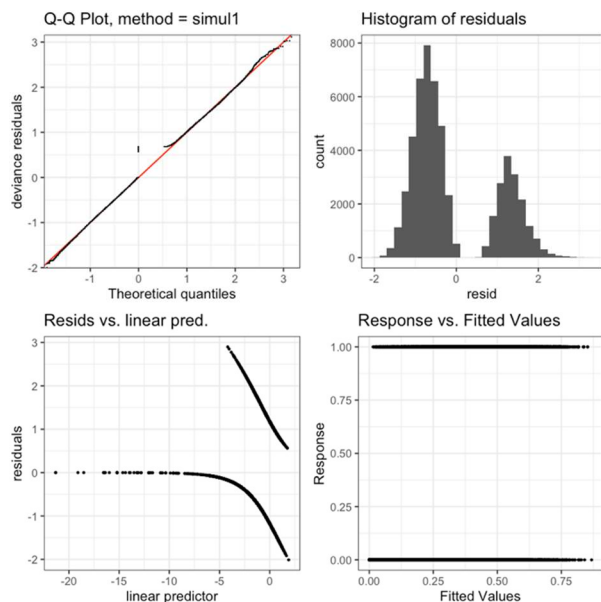
年	0 歳		1 歳		2 歳		3 歳	
	ノミナル CPUE	標準化 CPUE	ノミナル CPUE	標準化 CPUE	ノミナル CPUE	標準化 CPUE	ノミナル CPUE	標準化 CPUE
2003	3.31	1.92	0.92	0.98	0.94	1.24	0.70	0.66
2004	2.58	1.62	1.12	1.38	0.48	0.70	0.62	0.60
2005	0.86	0.75	1.04	1.02	0.84	0.81	0.84	0.80
2006	0.51	0.39	0.81	0.75	0.65	0.64	0.75	0.79
2007	0.50	0.45	0.43	0.67	0.70	0.97	0.67	0.69
2008	0.50	0.35	0.92	0.99	0.77	0.88	0.92	1.02
2009	1.13	1.35	0.80	0.74	0.86	0.70	0.84	0.85
2010	1.17	1.20	1.12	1.29	0.96	1.02	0.89	0.91
2011	1.42	0.57	1.05	0.83	1.65	1.31	1.08	1.20
2012	0.70	0.43	1.01	0.75	0.88	0.89	1.08	1.31
2013	0.64	0.77	1.02	0.93	0.83	0.62	0.60	0.75
2014	1.04	1.00	0.95	0.61	0.78	0.61	0.76	0.90
2015	2.25	2.63	1.64	1.78	0.65	0.46	0.45	0.60
2016	0.67	1.01	1.16	1.12	1.29	1.37	0.71	0.69
2017	0.66	1.47	1.34	1.46	1.22	1.03	0.81	0.75
2018	0.67	1.08	0.90	0.71	1.36	1.32	0.96	1.24
2019	0.25	0.51	0.76	0.83	1.14	1.21	1.47	1.26
2020	0.42	1.05	1.17	1.47	1.08	1.23	1.56	1.35
2021	0.17	0.38	0.68	0.72	1.74	1.81	1.54	1.57
2022	0.56	1.08	1.16	0.98	1.19	1.19	2.75	2.06

※ノミナル CPUE および標準化 CPUE は、各々の 2003 年～2022 年の平均値で割り，規格化した。

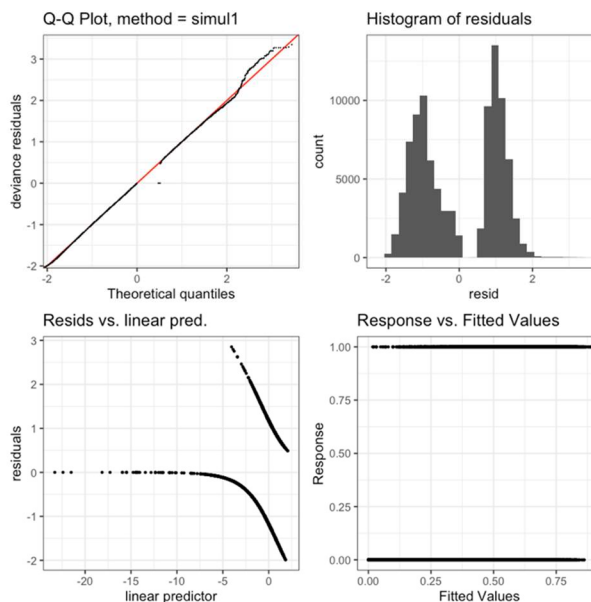
図 1. 残差プロット

二項分布モデルの結果

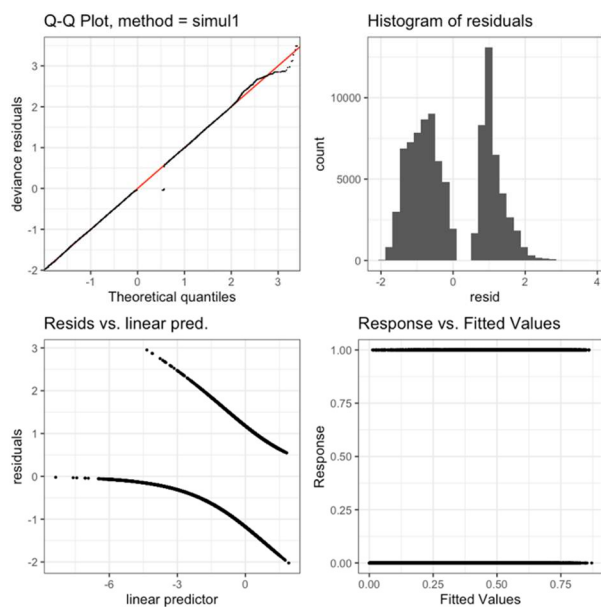
0 歳



1 歳



2 歳



3 歳

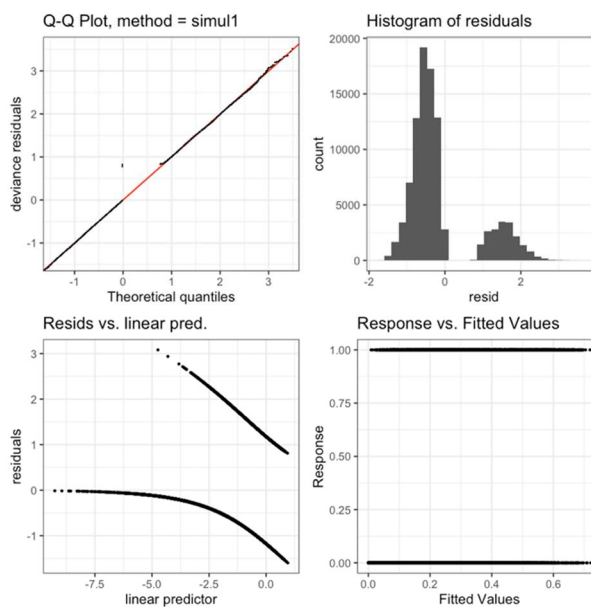
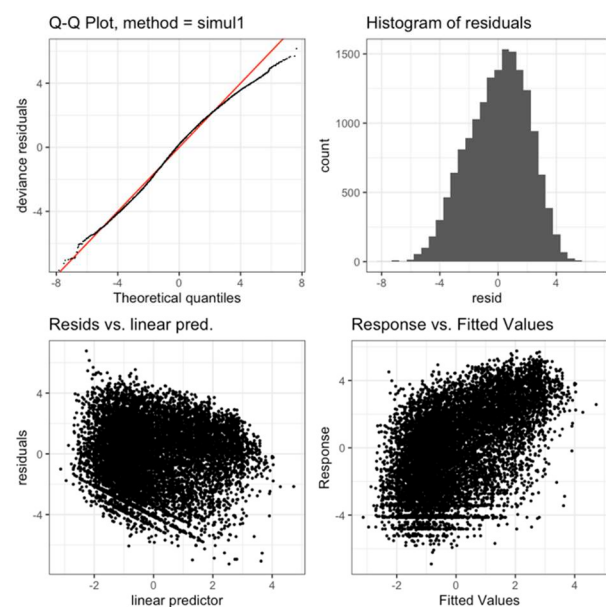


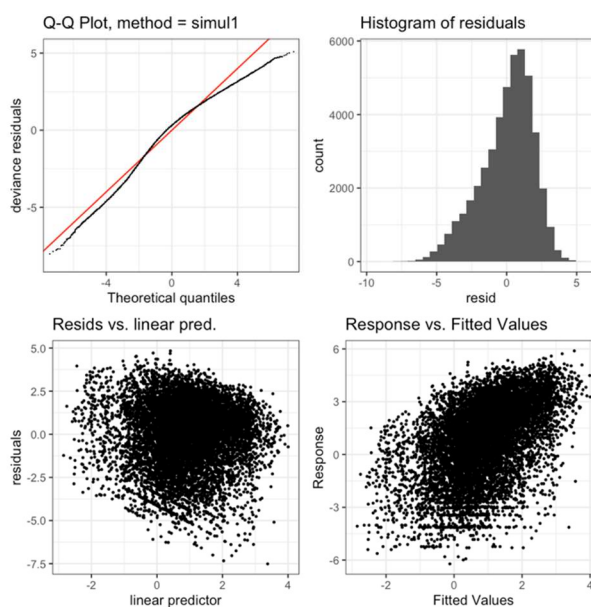
図1 (つづき) . 残差プロット

対数正規分布モデルの結果

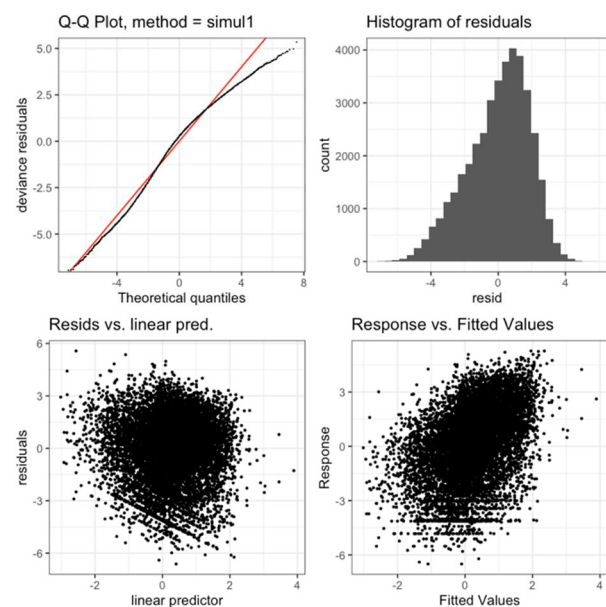
0 歳



1 歳



2 歳



3 歳

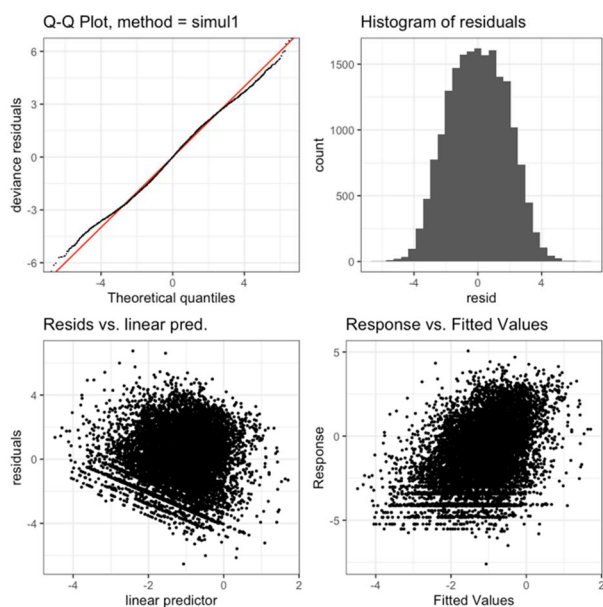
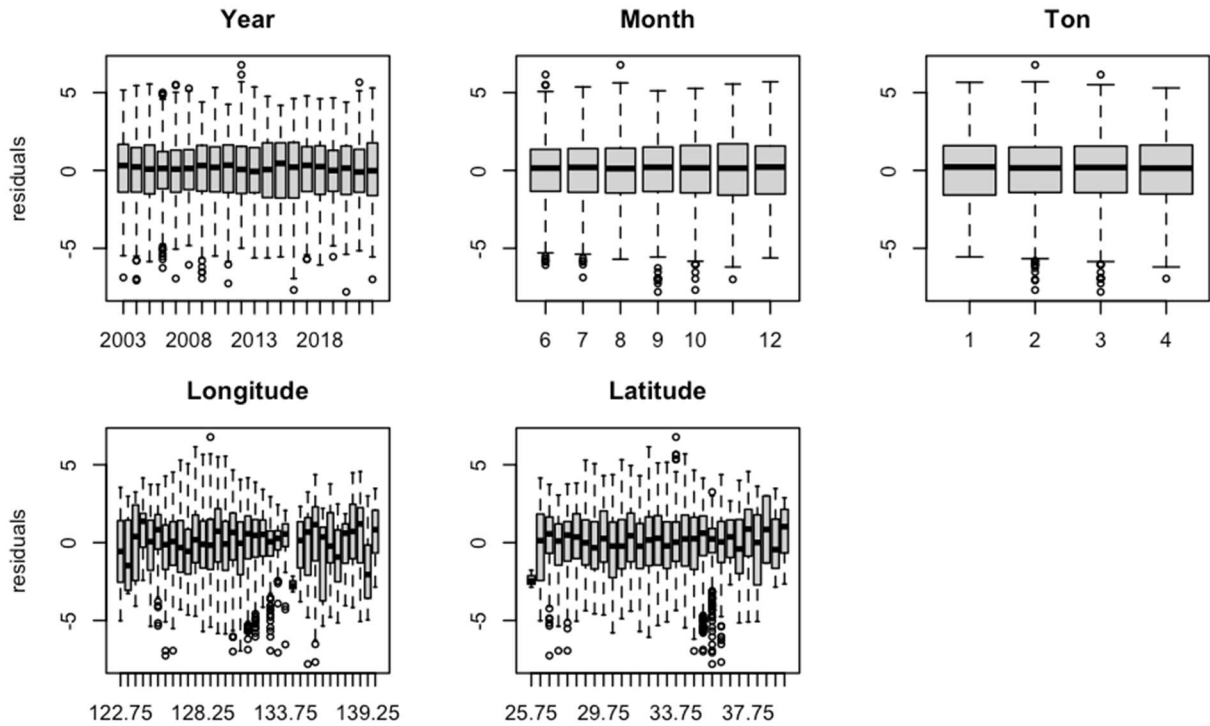


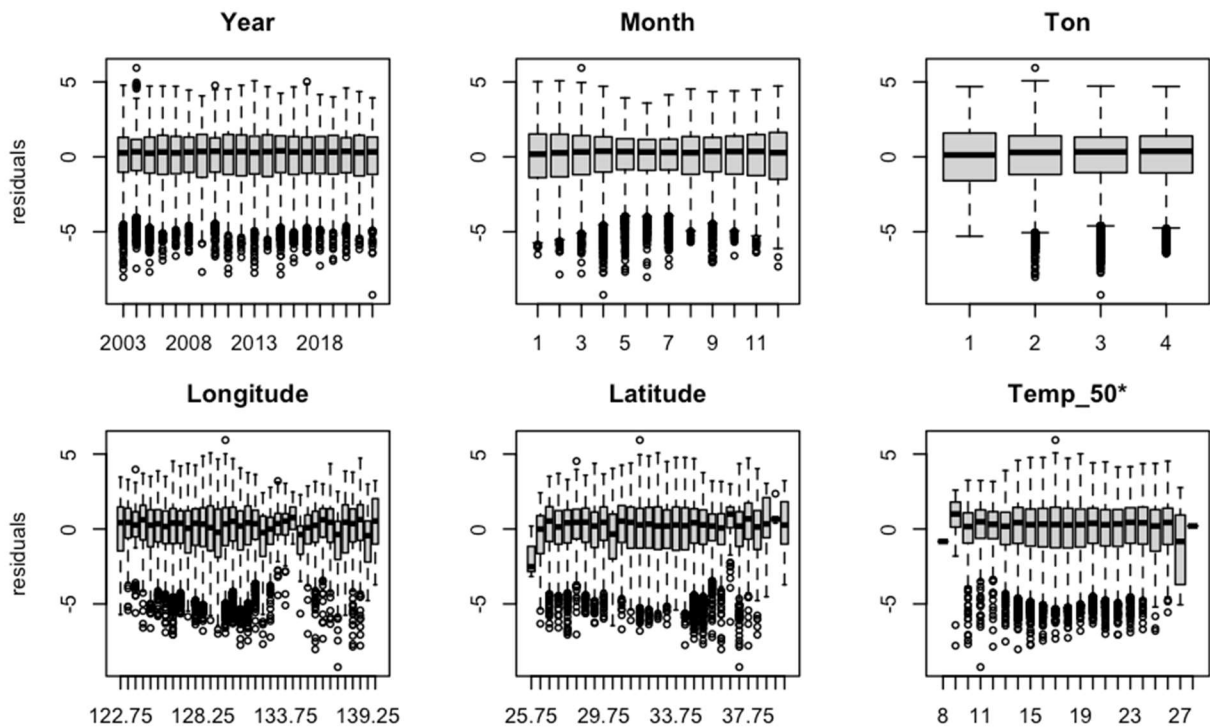
図 1 (つづき) . 残差プロット

対数正規分布モデルの残差と説明変数との関係

0 歳



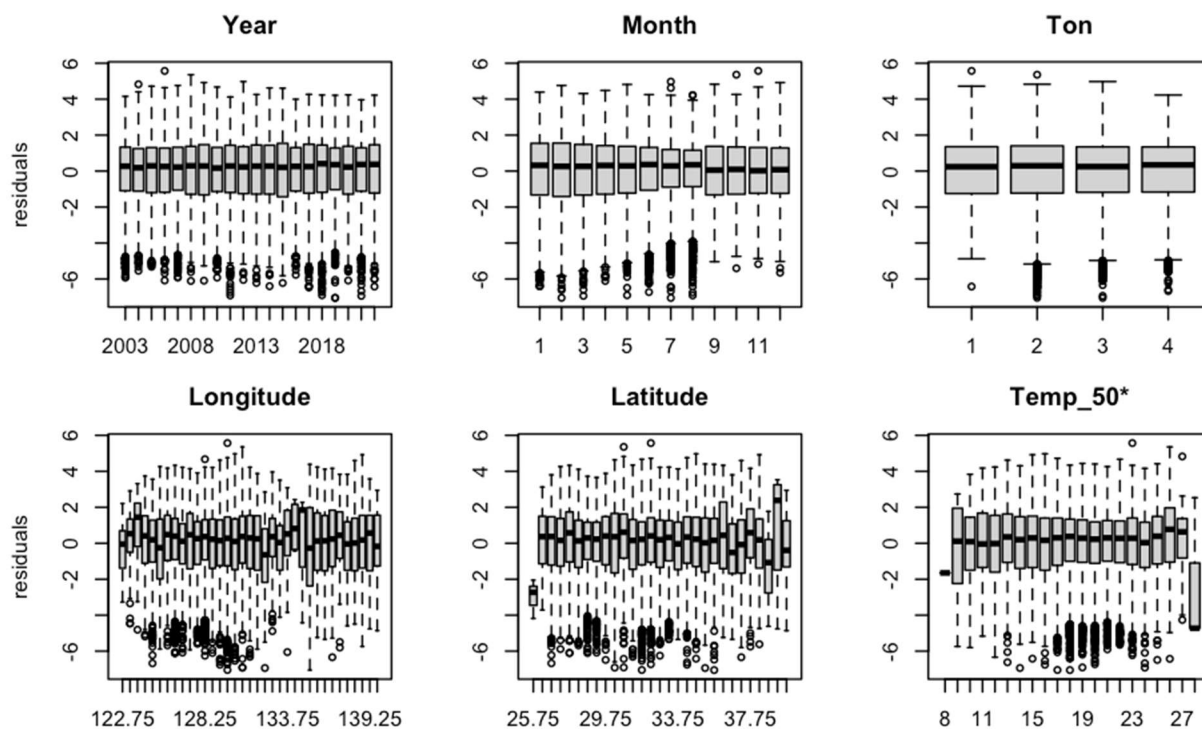
1 歳



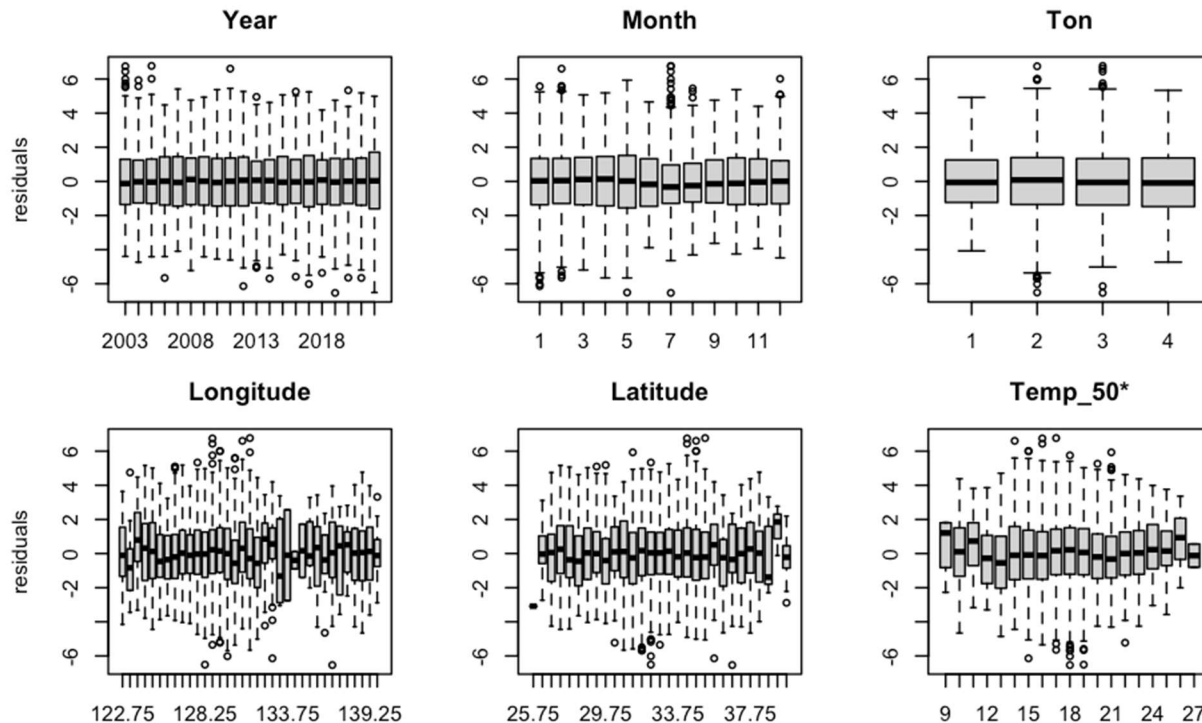
※Temp50* : 50m 深海水温は小数点を四捨五入して階級分けしたのち図示.

図1（つづき）．残差プロット

2 歳



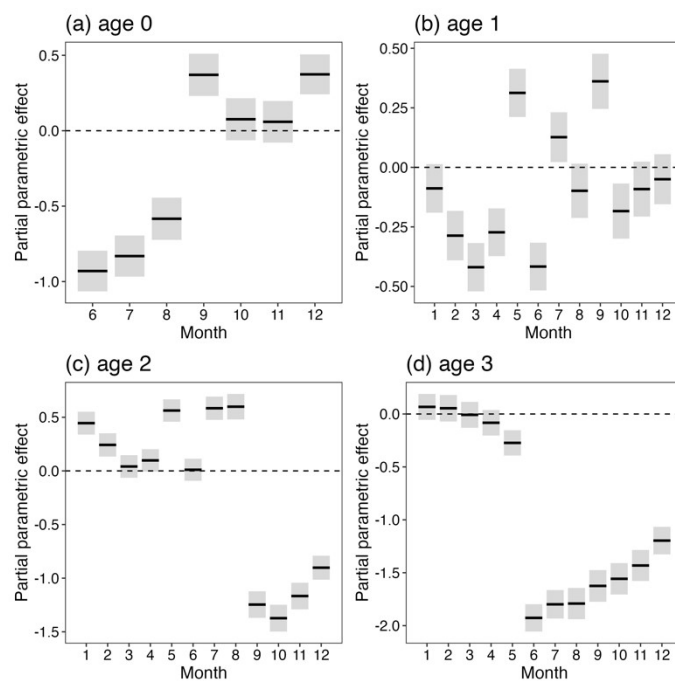
3 歳



※Temp50* : 50m 深海水温は小数点を四捨五入して階級分けしたのち図示。

図 2.月の効果

二項分布モデルの結果



対数正規分布モデルの結果

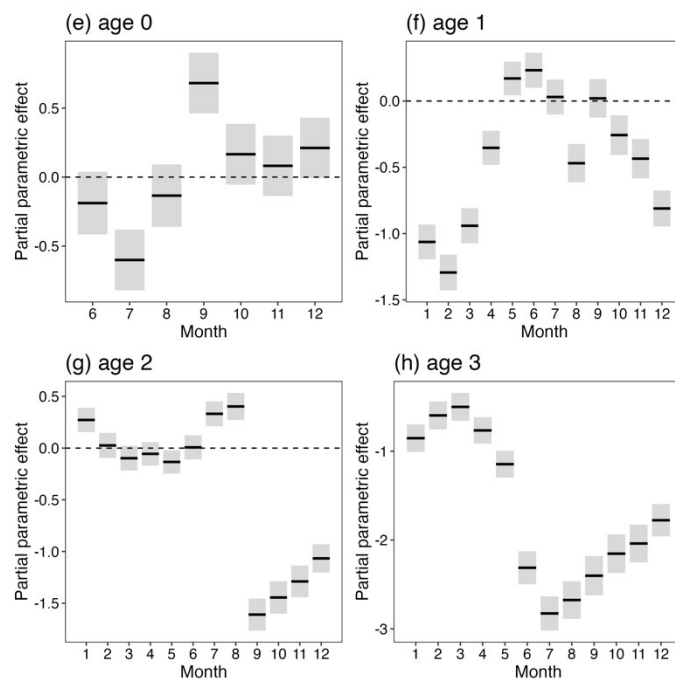
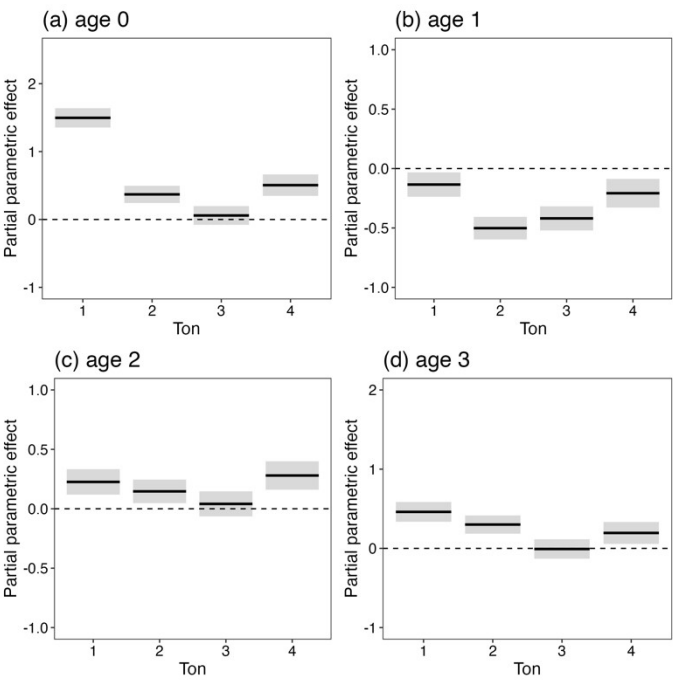


図 3. 船のトン数の効果

二項分布モデルの結果



対数正規分布モデルの結果

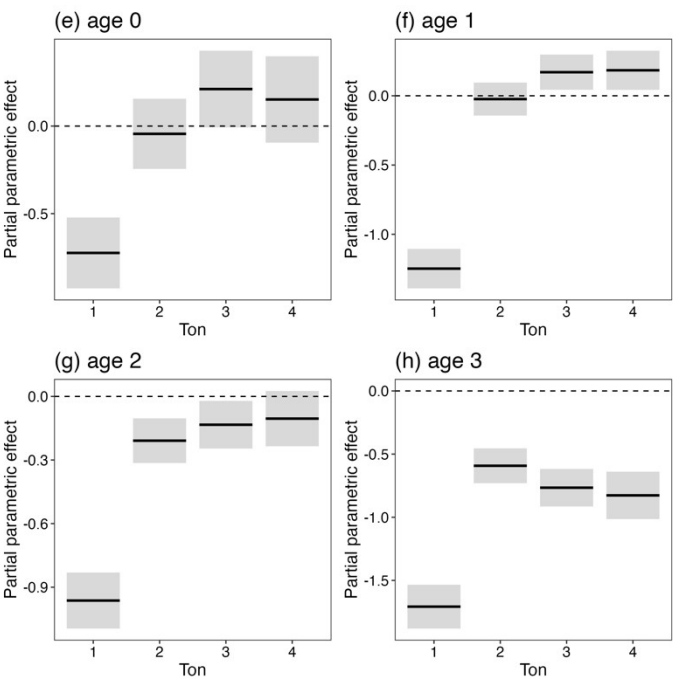


図 4.緯度経度の平滑化スプライン

二項分布モデルの結果

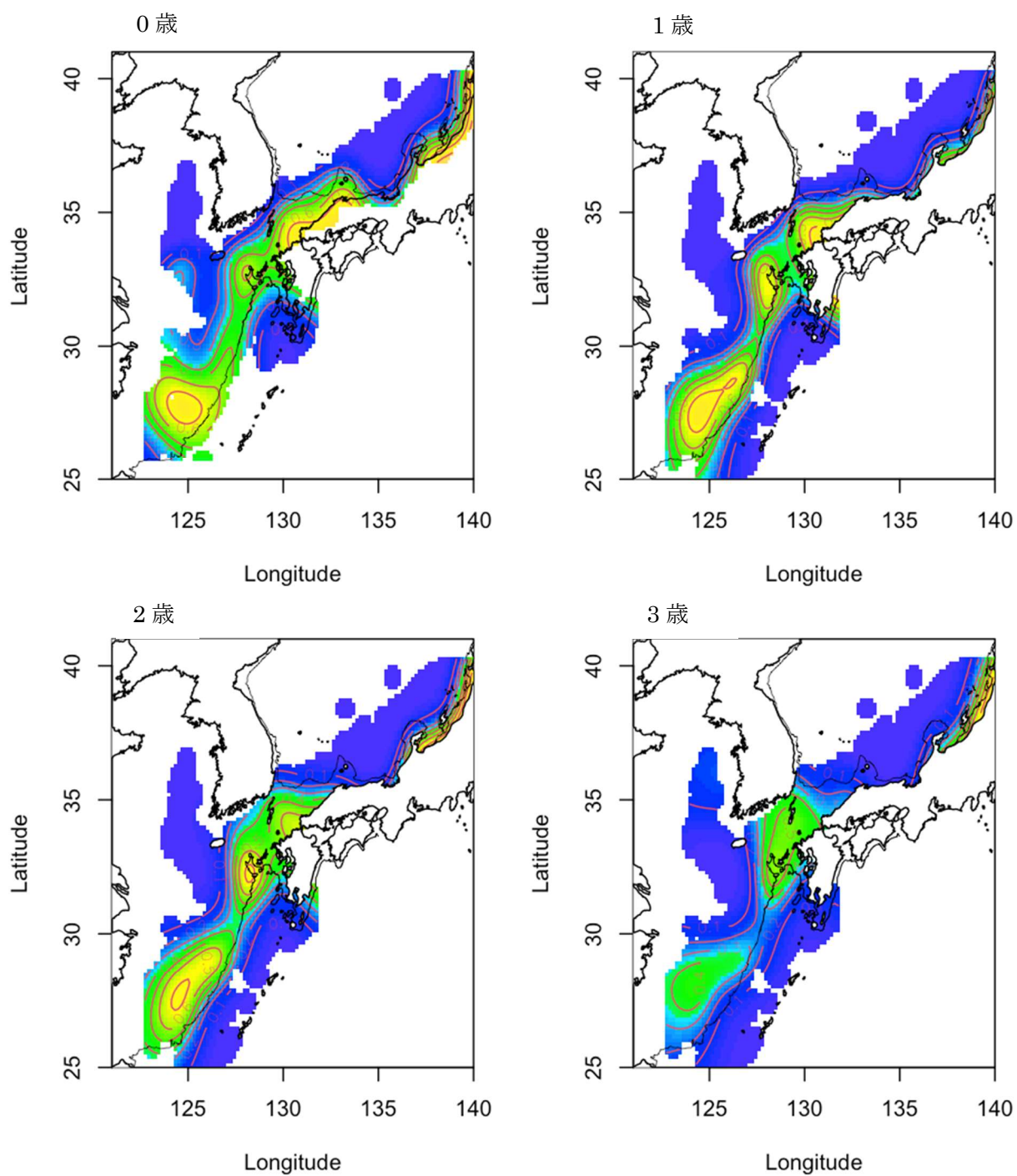


図4（続き）.緯度経度の平滑化スプライン
対数正規分布モデルの結果

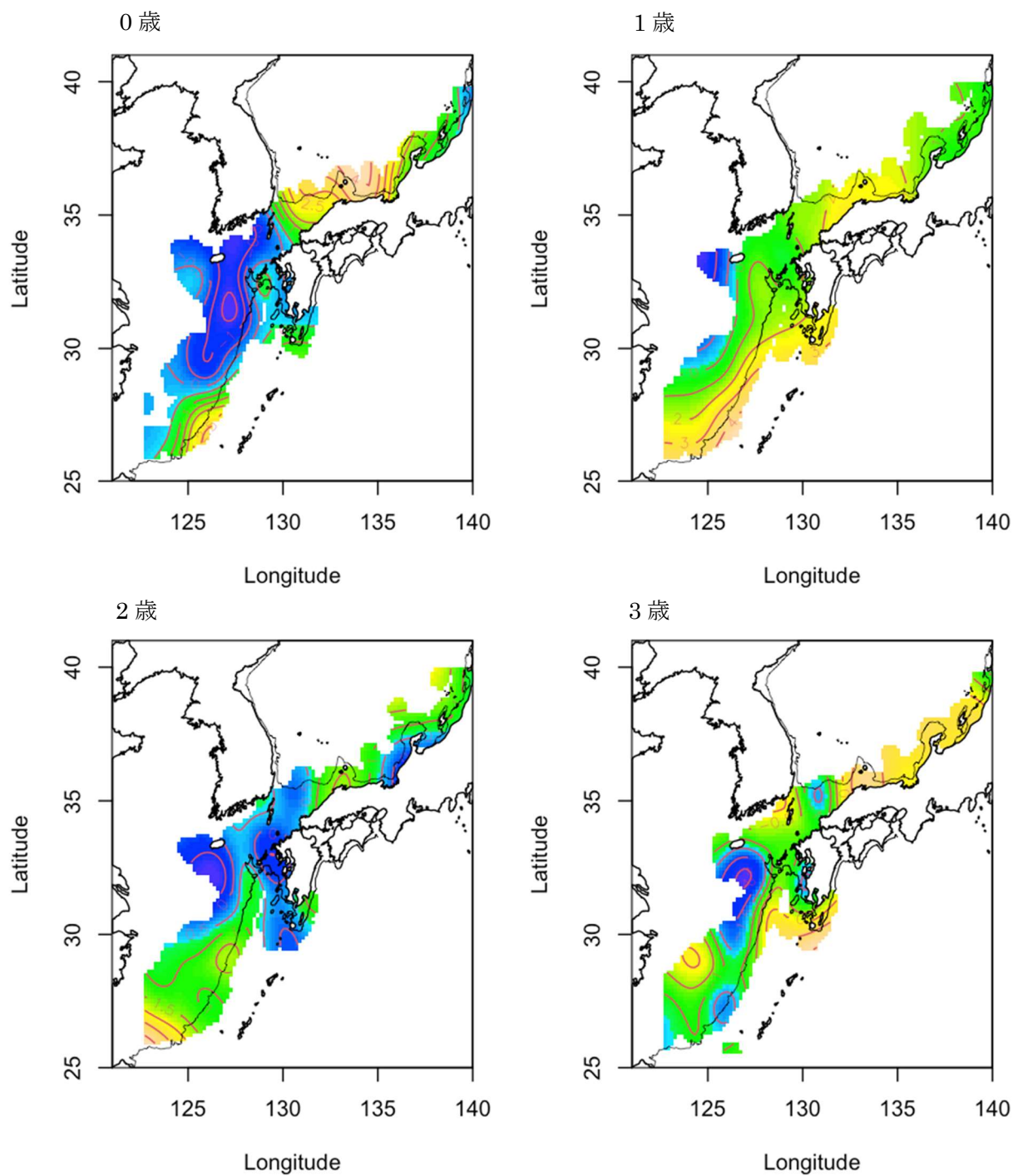
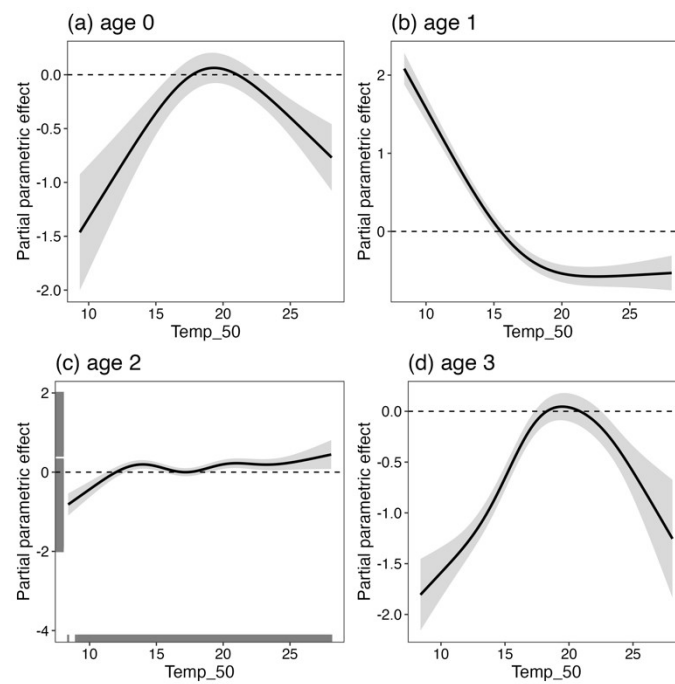


図 5. 50m 深海水温の平滑化スプライン

二項分布モデルの結果



対数正規分布モデルの結果

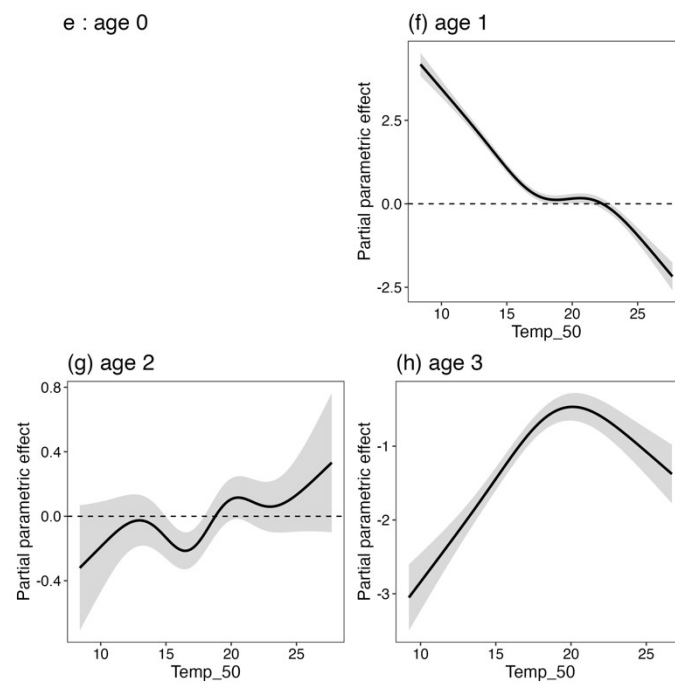


図 6. 資源評価に使用した標準化 CPUE とノミナル CPUE の時系列

ノミナル CPUE（白丸）および標準化 CPUE（黒丸）は、各々の 2003 年～2022 年の平均値で割り、規格化した。

