

令和 5（2023）年度ズワイガニ北海道西部系群の資源評価 ずわいがにかご漁業の標準化 CPUE について

概要

データ	ずわいがにかご漁業の操業日誌（1988 年漁期以降の漁船別日別漁獲量およびかご数、緯度・経度、操業水深、沈設日数）
対象	1 かごあたりのズワイガニ漁獲量（kg／かご）
データの利用可能な期間	1988 年漁期～2022 年漁期（漁期は 7 月～翌 6 月）
標準化に使用した期間	1988 年漁期～2022 年漁期
データの抽出	全レコードのうち、ズワイガニの有漁操業日のレコードを抽出（2,236 件）。
使用した統計ソフト・パッケージ	R(4.3.0)にて“car”、“mgcv”、“MuMIn”、“mgcv”パッケージを使用した。
統計モデル	一般化線形モデル
候補とした主効果	漁期年、月、漁場、操業水深
最終モデルの選択方法	BIC を用いたステップワイズ法 主効果を選択後、選択された主効果同士の交互作用項も検討
選択された説明変数	漁期年、漁場
年トレンドの抽出方法	漁期年の主効果について、最小二乗平均（lsmean）を算出し、年トレンドを抽出した。
標準化の結果	データの加わった 2022 年漁期以外の年トレンドには、昨年度に算出した標準化 CPUE から大きな変化は見られない。

1. 背景

北海道西部海域における「ずわいがにかご漁業」はズワイガニ北海道西部系群を漁獲する主要漁業であり、その漁獲量は、1997 年漁期（漁期は 7～6 月）以降は総漁獲量の 80%を、2009 年漁期以降は 70%を上回っている。近年は小樽根拠、および稚内根拠の合計 3 隻が、「べにずわいがにかご漁業」と併行して操業している。この 3 隻の操業海域は異なっており、小樽根拠の 1 隻は積丹海山群とその北の忍路海山を、別の 1 隻は忍路海山と武蔵堆斜面を、稚内根拠船は武蔵堆斜面をそれぞれ操業海域としている。積丹海山群を主漁場とする操業船では、1 操業あたりの漁具沈設日数は出入港間の 2 日間程度であるのに対して、武蔵堆斜面および忍路海山での操業船では船が帰港している期間も漁具を沈設するため、2～20 日間と大きく変動する。いずれの海域でも冬季の海況が操業に影響を及ぼしているが、その影響は、操業海域ごとに異なることから、現行の資源評価では、1 カゴあたりの漁獲量（以下 CPUE）を漁場別に検討し、資源水準・動向ともに総合的に判断している。これらの漁期年度内の時期・水深の違いは、「ずわいがにかご漁業」の CPUE の解釈に影響すると考えられる。そのため、資源の年変動以外の情報を除去する「標準化」処理を行い、CPUE の年変動を検討した。

使用する漁獲量・漁獲努力量のデータには、稚内水試が収集している「ずわいがにかご漁業」の操業日誌（1988 年漁期以降の漁船別日別の漁獲量、およびカゴ数、緯度・経度、操業

水深、沈設日数)のうち、ズワイガニ有漁操業データを用いた。沈設日数の項目はデータの欠損が多いため、説明変数の検討候補から除いた(全データ中に10%以上の欠損値が存在)。また、操業水深にはエラー値(2件)が含まれていたが、同じ緯度経度の操業データの平均値を代用した。

2. 方法

[データの抽出]

操業日誌から得られたズワイガニのCPUEの地理的分布を図1に示す。全データについて緯度経度の情報を参考に、南東部の積丹海山、西部の忍路海山、北東部の武蔵堆の3つの漁場に識別した。

[標準化モデル]

今回の解析では、標準化処理には応答変数(CPUE、図2)に対数正規分布を仮定した一般化線形回帰モデルを適用する。標準化モデルの説明変数として、漁期年、月、漁場、操業水深を候補とし、その主効果と交互作用を以下の手順の通り総当たり法により選択した。説明変数はすべてカテゴリカル変数である。モデル選択の基準にはベイズ情報量基準(BIC)を用いた。

- 1) モデルの主効果を変数減少法により選択
- 2) 選択された主効果間での交互作用を変数増加法により選択

漁期年は1988～2022年漁期の35年、月は11～12月と1～4月の6ヵ月、漁場は前述の3海域、操業水深は100m以上200m未満、200m以上300m未満、300m以上400m未満、400m以上500m未満、500m以上の6カテゴリーに分けた。

3. 結果

BICを用いたモデル選択の結果を表1に示す。最終的な標準化モデルは以下のとおりである；

[標準化モデル]： $\log(\text{CPUE}) \sim \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Ground} + \text{error term}$

ここでYearは漁期年、Groundは漁場である。最終的なモデルの残差逸脱度(Residual Deviance)および最大逸脱度(Null Deviance)は、747.55と956.43であり、残差逸脱度説明率は21.8%と計算された。逸脱度分析結果を表2に示す。説明変数はカイ二乗検定によりいずれも有意な効果を持つと考えられた。QQプロット(図3)から残差の正規性等が確認できたことから、CPUE標準化モデルとして妥当であると考えられた。上記のモデルから標準化CPUE値を得た。選択された説明変数(漁場)の影響について、説明変数の効果の予測値を図4に示す。この影響が標準化処理により取り除かれることで、より資源の変動を反映した資源量指標値を標準化CPUEとして得ることが出来たと考えられる(図5、表3)。一方で、この他にCPUEの年変動に影響を及ぼす要因として、ズワイガニの漁期中の単価変動も考えられる。今後さらに標準化モデルの検討を進め、資源全体の動向をより反映した資源量指標値を得ていく必要がある。資源評価報告書には、上記の標準化CPUEのほか、参考情報として漁場別にデータを限定した場合の標準化CPUEも漁場別CPUEとして示した。漁場別CPUEの標準化モデルは、上記の標準化モデルから漁場(Ground)の説明変数を取り除いた

ものである。以上の解析には、R (ver. 4.1.3)、および“car”、“mgcv”、“MuMIn”、“mgcv”、パッケージを使用した。

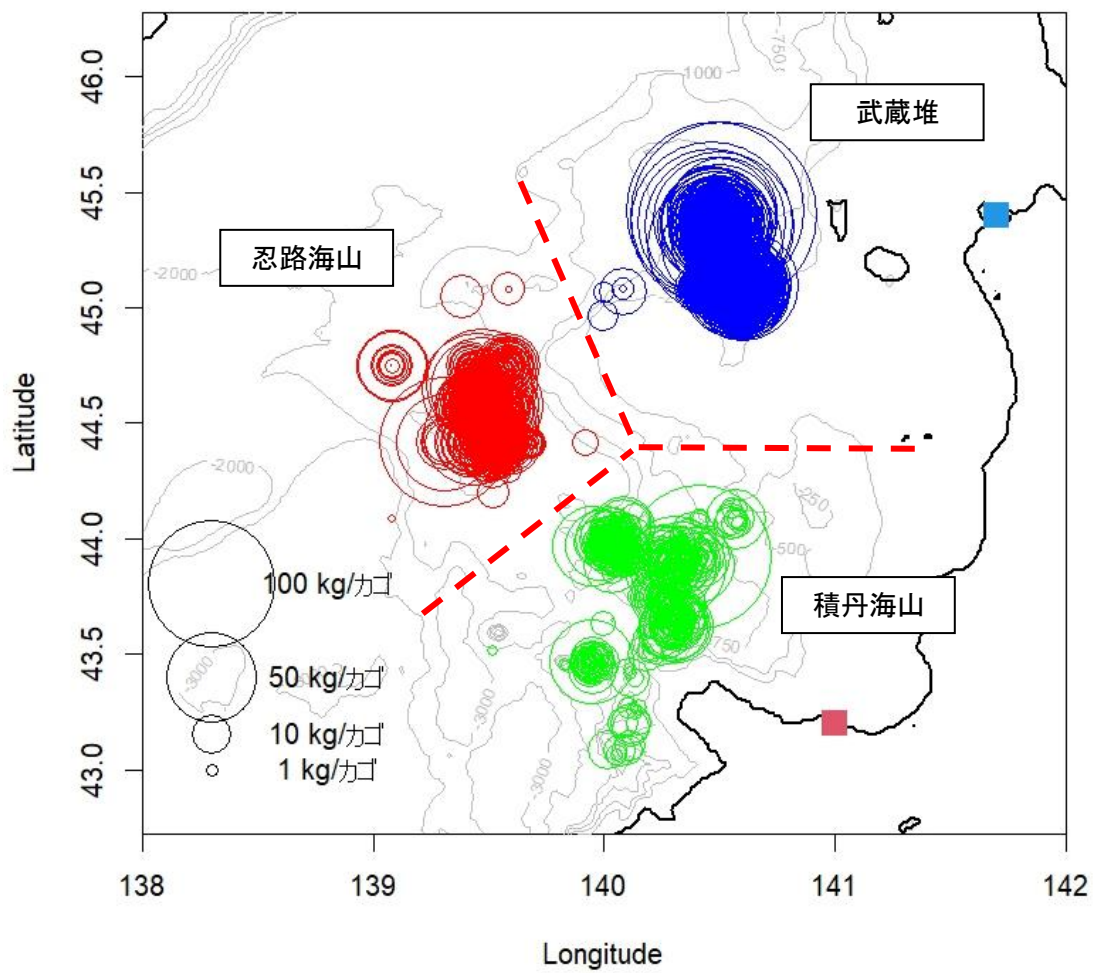


図1. ブワイガニの CPUE の地理的分布と漁場区分（積丹海山、忍路海山、武蔵堆）

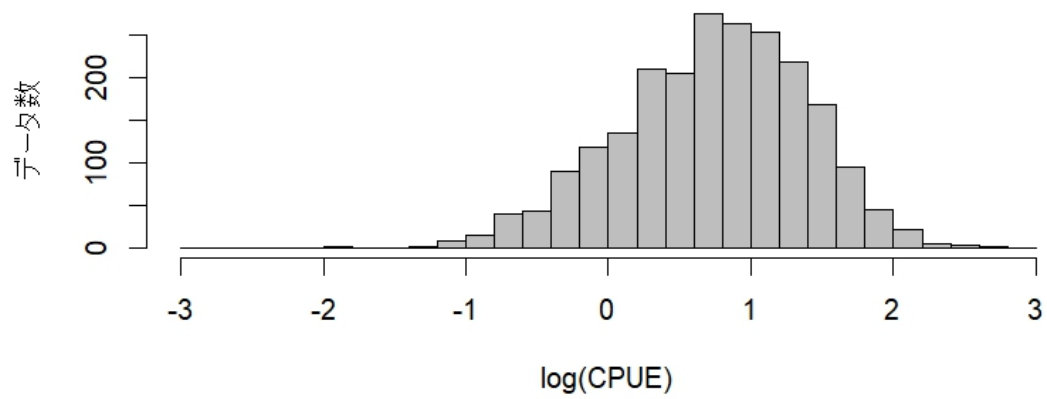


図 2. 本解析に用いた $\log(\text{CPUE})$ の頻度分布

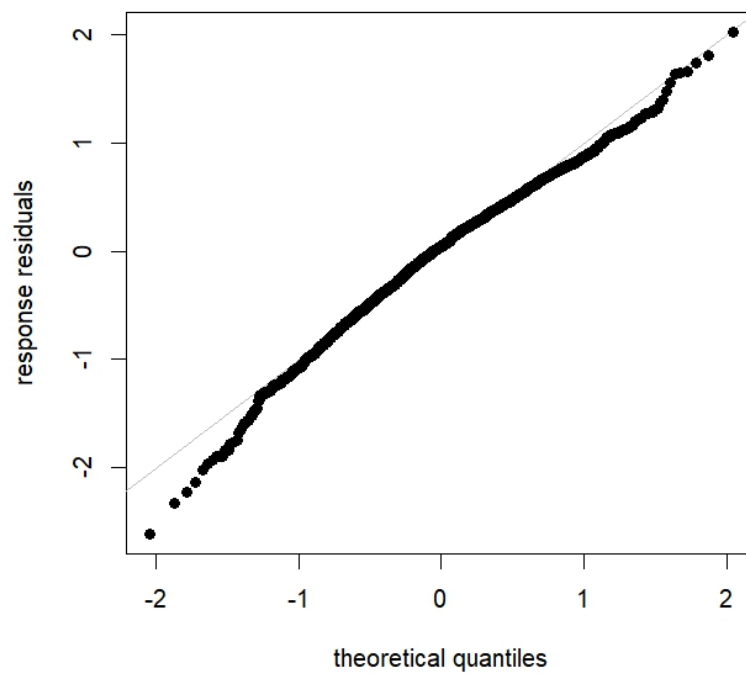


図 3. モデルの残差 (Randomized Quantile Residuals) の QQ プロット
図の横軸は残差の期待値、縦軸は残差の値を示す。

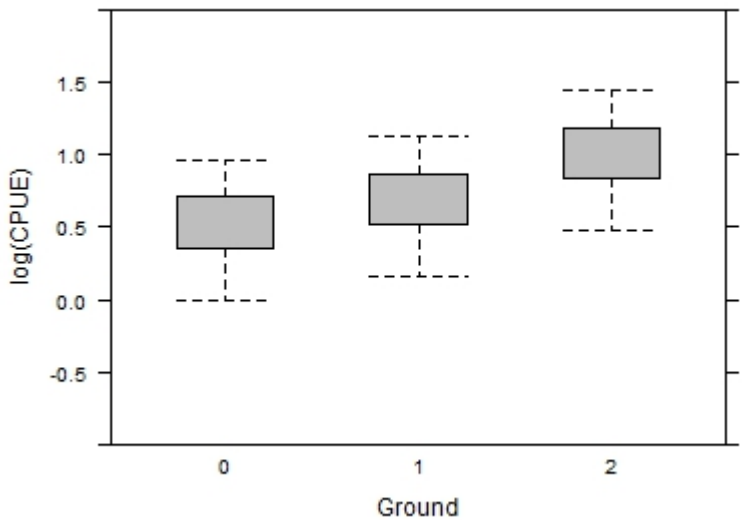


図 4. 標準化モデルの説明変数（漁場）の効果の予測値（Ground：0 は積丹海山、1 は忍路海山、2 は武蔵堆）

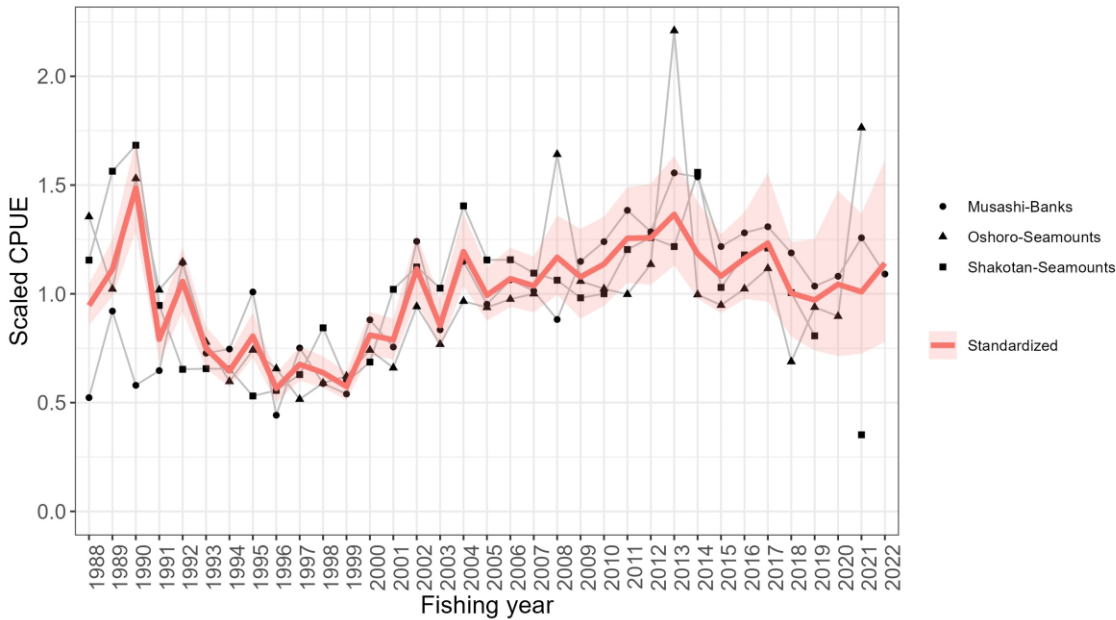


図 5. 標準化 CPUE（赤線）とその 90%信頼区間および漁場別 CPUE

表 1. 標準化モデルの選択における BIC の結果

説明変数の選択では、まず主効果を選択した後、選ばれた主効果同士の交互作用を選択するプロセスを用いた。

モデル選択	df	BIC	
主効果の選択			
Year +	36	4399.4	
Month	41	4421.1	
Ground	38	4191.7	選択
Depth	40	4363.9	
Month + Ground	43	4209.5	
Month + Depth	45	4386.1	
Ground + Depth	42	4215.6	
Month + Ground + Depth	47	4232.8	
交互作用の選択			
Year + Ground +			
Year × Ground	103	4468.7	

表 2. ANOVA 表 (Type III)

Response: log(CPUE)			
	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Year	436.28	34	<0.0001
Ground	230.78	2	<0.0001

Null deviance: 959.28 on 2235 degree of freedom

Residual deviance: 748.56 on 2199 degree of freedom

D-squared: 0.2196672

Adjusted D-squared: 0.2065315

表 3. ノミナル CPUE と漁場別 CPUE および標準化 CPUE

漁期年	ノミナル CPUE (kg/カゴ)				漁場別 CPUE (規格化後)			標準化 CPUE (規格化後)
	全体	武蔵堆	忍路 海山	積丹 海山	武蔵堆	忍路 海山	積丹 海山	
1988	2.56	2.06	3.05	2.10	0.52	1.35	1.16	0.95
1989	2.88	2.92	2.16	3.10	0.92	1.02	1.56	1.11
1990	3.52	1.84	3.87	3.28	0.58	1.53	1.68	1.49
1991	2.25	2.24	2.24	2.30	0.65	1.02	0.95	0.79
1992	2.69	3.66	2.74	1.22	1.14	1.15	0.65	1.06
1993	2.11	2.60	2.01	1.28	0.73	0.78	0.66	0.75
1994	1.69	2.58	1.50	1.25	0.75	0.60	0.65	0.65
1995	2.27	3.33	1.93	0.98	1.01	0.74	0.53	0.81
1996	1.51	1.60	1.64	1.05	0.44	0.66	0.56	0.57
1997	2.27	2.87	1.28	1.06	0.75	0.52	0.63	0.68
1998	1.81	2.02	1.40	1.61	0.59	0.59	0.84	0.64
1999	1.67	1.81	1.48	1.25	0.54	0.62	0.59	0.57
2000	2.37	3.11	1.80	1.35	0.88	0.74	0.69	0.81
2001	2.08	2.67	1.49	1.83	0.76	0.66	1.02	0.79
2002	3.00	4.11	2.10	2.18	1.24	0.94	1.12	1.11
2003	2.69	3.36	1.89	2.03	0.83	0.77	1.03	0.85
2004	3.15	3.84	2.23	2.59	1.15	0.97	1.40	1.19
2005	2.71	3.18	2.18	2.29	0.95	0.94	1.16	0.99
2006	2.75	3.59	2.21	2.16	1.06	0.98	1.16	1.07
2007	2.45	3.24	2.28	2.00	1.01	1.00	1.10	1.04
2008	3.01	2.93	4.00	1.98	0.88	1.64	1.06	1.17
2009	2.82	3.67	2.40	2.02	1.15	1.06	0.98	1.08
2010	3.03	3.82	2.44	1.78	1.24	1.02	1.00	1.14
2011	3.42	4.21	2.78	2.61	1.38	1.00	1.20	1.26
2012	3.24	4.05	2.38	2.57	1.29	1.14	1.26	1.26
2013	3.70	5.17	4.00	2.50	1.56	2.21	1.22	1.37
2014	3.24	4.87	2.54	2.94	1.54	1.00	1.56	1.18
2015	2.91	3.88	2.23	2.09	1.22	0.95	1.03	1.08
2016	3.15	4.23	2.40	2.23	1.28	1.02	1.18	1.16
2017	3.51	4.64	2.62	2.34	1.31	1.12	1.21	1.23
2018	2.93	4.23	1.65	1.92	1.19	0.69	1.01	1.00
2019	2.86	3.68	2.21	1.47	1.04	0.94	0.81	0.97
2020	3.34	3.87	2.11		1.08	0.90		1.04
2021	3.04	3.71	3.89	0.61	1.26	1.76	0.35	1.01
2022	3.35	3.35			1.09			1.14