

令和 5（2023）年度ハタハタ日本海北部系群の資源評価

小型定置網漁の CPUE 標準化・モデル診断結果

水産資源研究センター底魚資源部 底魚第 3 グループ
飯田真也・八木佑太・白川北斗・佐藤信彦

概要

データ	青森県鰺ヶ沢町漁業協同組合、秋田県北部・北浦・船川・金浦総括支所における日別のハタハタ漁獲量および隻数
対象	1 隻あたりのハタハタ漁獲量 (kg/隻)
データ利用可能期間	2003～2022 年
標準化に使用した期間	2003～2022 年
データのフィルタリング	隻数が 0 と記録されたレコードを解析から除外
使用した統計ソフト・パッケージ	ソフト：R (4.2.1) パッケージ：tidyverse（データ操作・作図）、glmmTMB（モデル推定）、emmeans（LSMEAN 算出）
統計モデル	誤差構造に正規分布を仮定した一般化線形混合モデル
フルモデルで設定した説明変数	固定効果：年、旬、漁協、年×漁協 ランダム効果：年×旬、年×旬×漁協
ベストモデルの選択方法	AIC 総当たり法
選択された説明変数	フルモデルから年×漁協（固定効果）を除いたモデル
年トレンドの抽出方法	年ごとの最小二乗平均（LSMEAN）
信頼区間の算出方法	層別ブートストラップサンプリングされたデータを基にベストモデルによる標準化 CPUE の算出を 1000 回繰り返した
その他	

背景

ハタハタ日本海北部系群の漁法別漁獲割合は、1 そうびき沖底（以下、沖底）が全体の1～3割、小型底びき網（以下、小底）と沖底の合計が全体の4～7割を占める。沖底および小底は操業形態が類似し、摂餌回遊群を対象に当系群の分布範囲内で概ね周年行われる。そこで、本系群の資源水準・動向を沖底の標準化 CPUE（Maunder and Punt 2004; 庄野 2004）に基づき評価してきた（飯田ら 2022）。一方、産卵接岸群を対象に冬期に行われる小型定置網漁（以下、定置網漁）の漁獲量は全体の2～6割を占め（飯田ら 2022）、資源動向をより多角的かつ包括的に判断するためには、定置網漁に関する資源量指標値も併せて考慮することが望ましい。定置網漁に関しては、漁場の善し悪しが年によって異なることが指摘されており（秋田県水産振興センター 2020）、漁場など資源密度以外の要因を取り除いた年トレンドを抽出することが求められる（庄野 2004）。そこで、青森県および秋田県における定置網漁の操業情報を入手し、統計モデルを構築して標準化 CPUE を算出した。

方法

解析に用いたデータ

青森県鮭ヶ沢町漁業協同組合、秋田県北部・北浦・船川・金浦総括支所（図 1）における 2003～2022 年の操業データ（青森県産業技術センター水産総合研究所および秋田県水産振興センター、私信）を解析に用いた。この操業データには、定置網漁によるハタハタ漁獲量および隻数が日別に記録されている。定置網漁では、ある漁船が 1 日に 1～複数回の網揚げを行う。本操業データの隻数は、青森県では操業を行った漁船の数、秋田県では網上げを行ったのべ出漁回数と県間で性質が異なったが、本解析では両県ともに隻数をその日の漁獲努力量として扱った。隻数が 0 のレコード（ $n=1$ ）を解析から除外した。

各年のレコード数は 137～573 であり、2013 年以降減少傾向にあった（図 1）。漁獲は例年 11～12 月に行われるが、盛期は場所によって異なった（図 2、例えば 2003 年の主漁期は金浦では 12 月中旬である一方、船川では 12 月上旬）。また、1 月に僅かな漁獲が記録される年もあったが、1 月の漁獲動向は前年のそれを引き継ぐと判断し、漁期年で解析した。ノミナル CPUE（漁獲量/隻数）のトレンドは漁協によって異なり、前年（2022 年）に対する 2023 年の中央値は金浦と北部では低下した一方、他では増加した（図 3）。

採用した統計モデルとモデル選択

フィルタリング後のデータセットにゼロキャッチレコードは存在しなかった。標準化には CPUE（漁獲量/隻数）の対数を応答変数とする一般化線形混合モデル（GLMM）を適用した。誤差構造は正規分布を仮定した。前述のとおり、CPUE は漁獲時期（図 2）や漁協（図 3）によって異なり、それらの影響度は年によって異なることが想定されたため、フルモデルの説明変数として、年、旬、漁協とそれらの交互作用を固定効果として設定した。ただし、

年×旬と年×旬×漁協に関しては変数の組み合わせに欠測が生じるため、これらをランダム効果として扱った（岡本ほか 2016）。

$$\log(CPUE) \sim \text{年} + \text{旬} + \text{漁協} + \text{年} \times \text{漁協} + (1|\text{年} \times \text{旬}) + (1|\text{年} \times \text{旬} \times \text{漁協})$$

Zurr et al. (2009)に基づき、ランダム効果を含むモデル選択として、まず制限付き最尤法による AIC を用いてランダム効果のみ異なるモデル選択を行い、ランダム効果の構造を決定した。次に、ランダム効果を固定した上で、固定効果が異なるモデルを最尤推定し、AIC 総当たり法によってベストモデルを決定した。残差分布を全体あるいは変数ごとに図示し、ベストモデルの妥当性を検討した。

標準化 CPUE および信頼区間の算出

層別（年・旬・漁協）ブートストラップ標本を 1000 個生成し、各標本にベストモデルを適用して年の LSMEAN を求め、その 95% 信頼区間を計算した。当系群の標準化 CPUE をブートストラップ標本で求めた LSMEAN の中央値と定めた。

結果と考察

選択されたベストモデルとモデル診断

ランダム効果の選択では、フルモデルの AIC が最も小さく、フルモデルが選択された（表 1）。固定効果の選択では、フルモデルから年と漁協の交互作用を除いたモデルの AIC が最も小さく、ベストモデルとして選択された（表 2）。

ベストモデルに関して、残差の正規性を QQ プロットおよびヒストグラムで検討した。プロットは直線的に描かれており、残差の正規性は問題ないと判断した（図 4）。また、説明変数の水準ごとに残差の分布を図示したところ、各説明変数において水準間の残差の偏りが見られなかった（図 5）。以上より当モデルの構造に問題はないと判断した。

標準化 CPUE とノミナル CPUE の比較

標準化 CPUE（ブートストラップ標本で求めた LSMEAN の中央値）を図 6 に示した。標準化 CPUE は 2003～2004 年に高い値を示し、2005～2010 年に比較的大きな幅で増減を繰り返した。2011～2014 年には漸増、2015 年以降は増減を伴いながら減少し、2022 年は最低水準（20.3 kg/隻）だった。このトレンドは秋田県全体におけるハタハタ定置網漁獲量のそれと概ね一致していた。レコード数は近年減少傾向にあるものの（図 1）、信頼区間の幅は狭く、推定結果は安定していると考えられた。

標準化 CPUE とノミナル CPUE（漁獲量の合計/隻数の合計）を比較するため、両者をそれぞれの平均値で除して図 7 に示した。増減のトレンドは概ね一致したが、近年（2015～）では、ノミナル CPUE に比べて標準化 CPUE の方が一貫して低い値を示した。漁期や漁場

(漁協)の影響を除去する標準化 CPUE では、ハタハタ漁獲量が多かった 2004 年の値がノミナル CPUE に比べて高く推定されており、その結果、近年 (2015~2022 年) の値が相対的に低くなったと考えられた。

引用文献

秋田県水産振興センター (2020) 令和元年漁期ハタハタ資源対策協議会資料. 令和元年度ハタハタ資源対策協議会資料, 8 pp.

<https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/45638> (美の国あきたネット秋田県公式サイト, 2020 年 6 月 16 日)

飯田真也・藤原邦浩・八木佑太・白川北斗 (2022) 令和 3 年度ハタハタ日本海北部系群の資源評価. <http://abchan.fra.go.jp/digests2021/index.html>, 2022 年 X 月 X 日.

Maunder, M. N., and A. E. Punt (2004) Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fish. res.*, **70**, 141-159.

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系群の CPUE の標準化. *日本水産学会誌*, **82**, 686-698.

庄野 宏 (2004) CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. *水産海洋研究*, **68**, 106-120.

Zuur, A., E. N. Ieno, N. Walker, A. A. Saveliev, and G. M. Smith (2009) *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer Science & Business Media, New York, USA, 574pp.

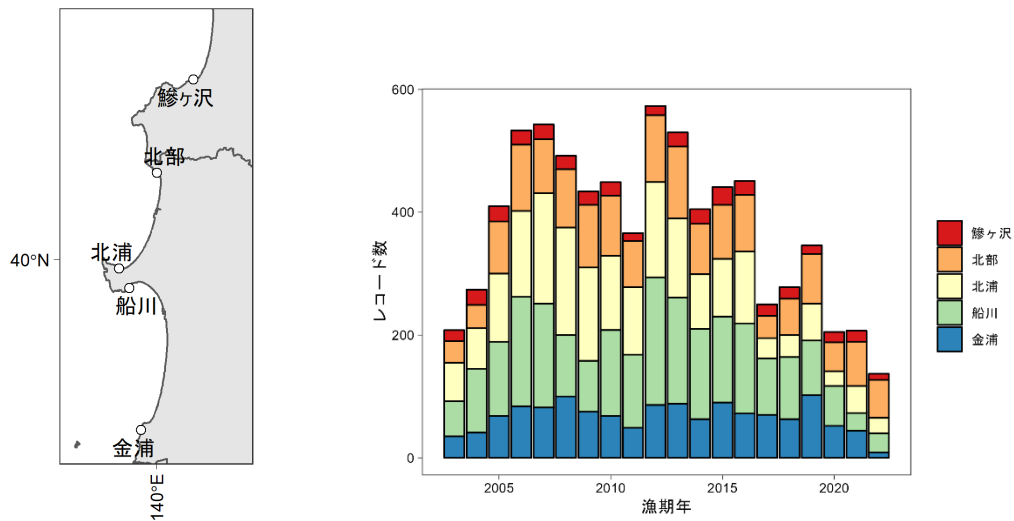


図1 青森県および秋田県漁業協同組合・総括支所（左図）におけるハタハタ小型定置網漁レコード数（右図）

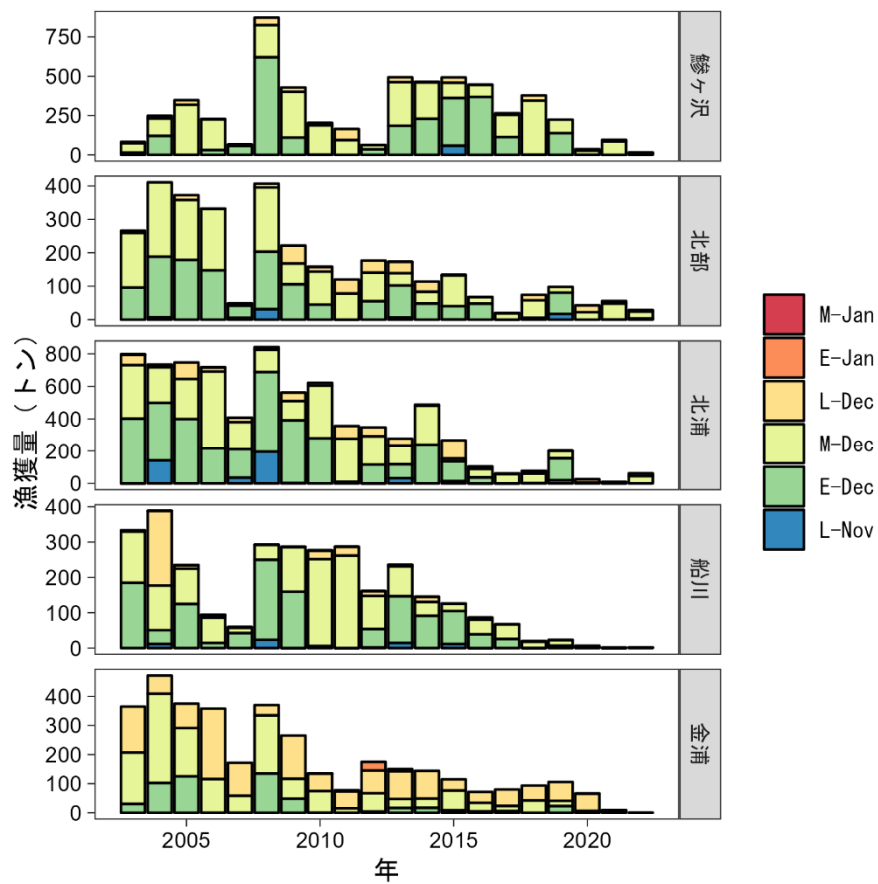


図2 小型定置網漁によるハタハタ旬別漁獲量

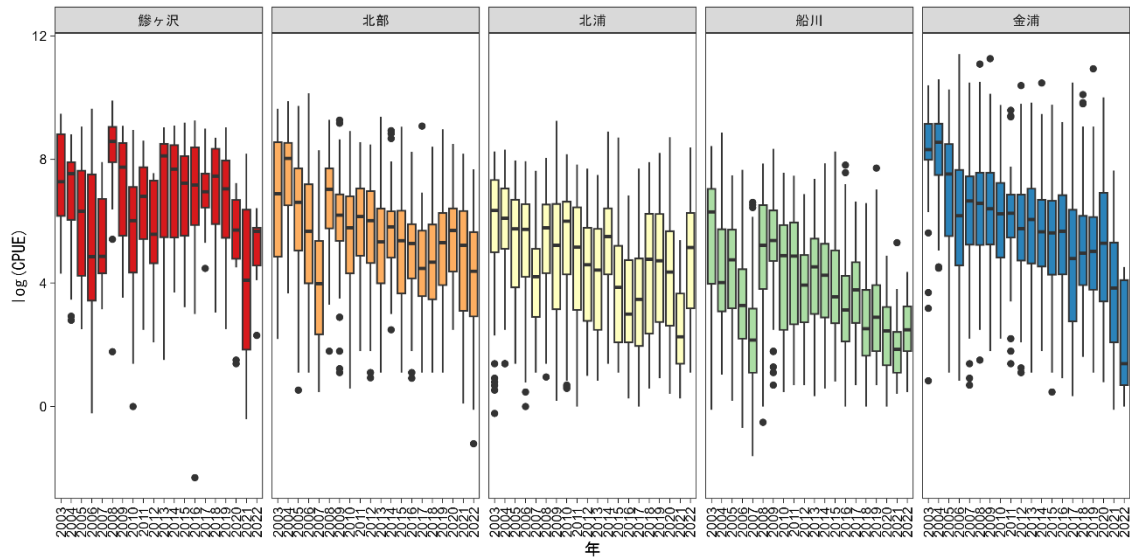


図3 ハタハタ小型定置網漁のノミナル CPUE（漁獲量/隻数）に関する箱ひげ図

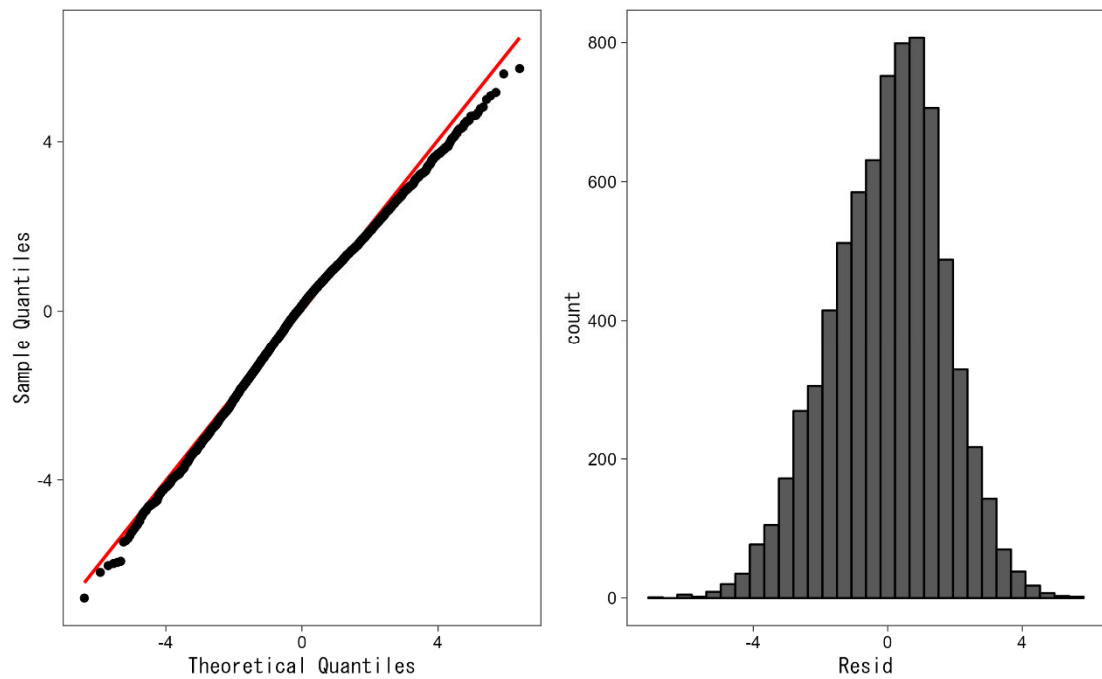


図4 ベストモデルの残差に関する QQ プロットとヒストグラム

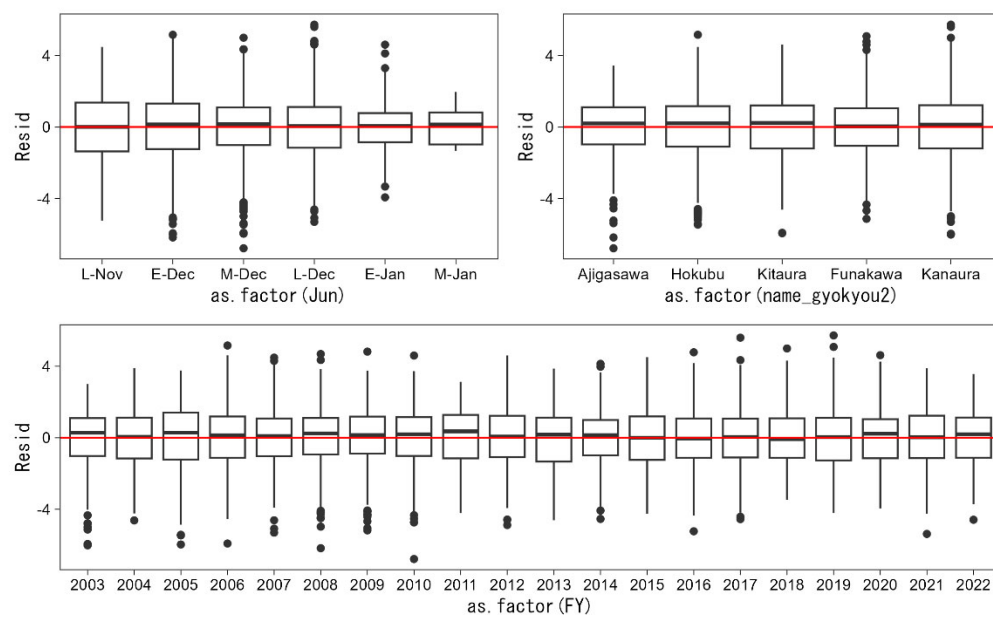


図5 ベストモデルに関する固定効果の水準ごとの残差

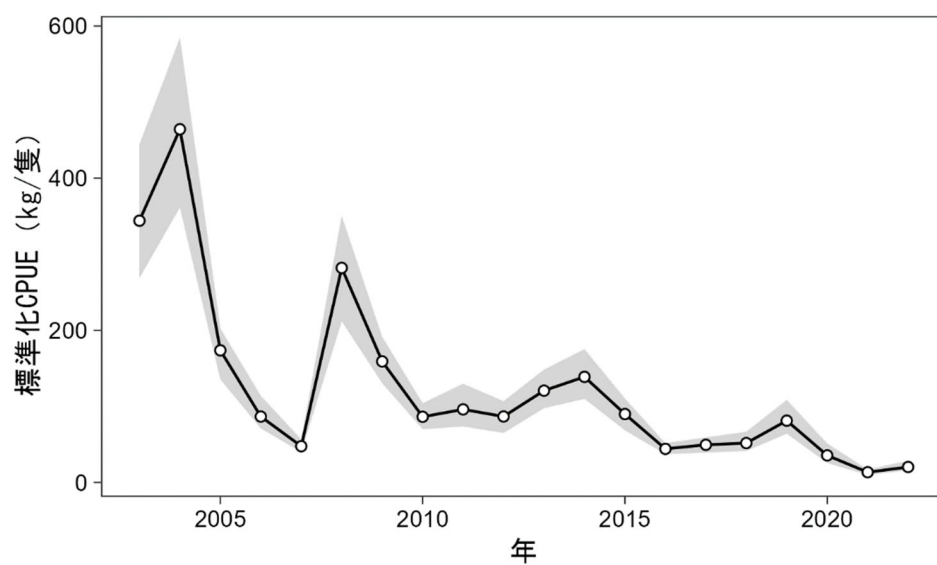


図6 2003～2021年ハタハタ小型定置網漁の標準化CPUEと95%信頼区間

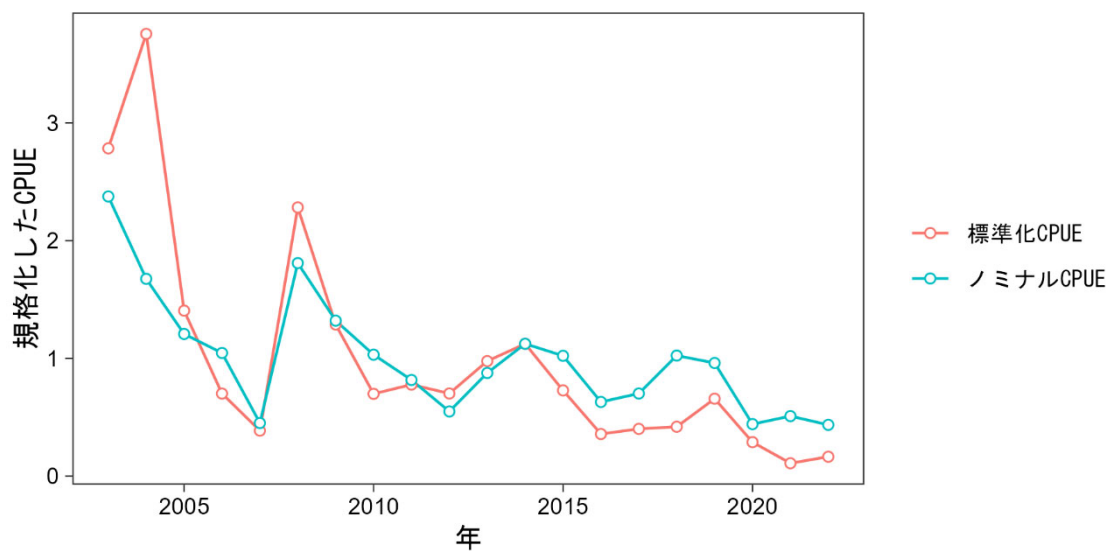


図7 標準化CPUEとノミナルCPUE

比較のため、各指標値をそれぞれの平均値で除して規格化した。

表 1 ランダム効果のモデル選択結果

model	deviance	logLik	AIC	deltaAIC
(1 FY:Jun)+(1 FY:Jun:Gyokyo)	29661	-14831	29877	0
(1 FY:Jun:Gyokyo)	29684	-14842	29898	21
(1 FY:Jun)	29776	-14888	29990	113
none	30064	-15032	30276	399

表 2 固定効果のモデル選択結果

cond((Int))	Int	Year	Jun	Gyokyo	Year:Gyokyo	df	logLik	AIC	delta	weight
6.28	+	+	+	+		32	-14909	29882	0	1
5.88	+	+	+	+	+	108	-14835	29885	4	0
6.81	+	+		+	+	103	-14859	29923	42	0
7.23	+	+		+		27	-14935	29925	43	0
4.93	+		+	+		13	-14955	29936	55	0
5.87	+			+		8	-14964	29944	62	0
4.76	+	+	+			28	-15018	30092	211	0
3.43	+		+			9	-15061	30141	259	0
6.05	+	+				23	-15056	30158	276	0
4.63	+					4	-15078	30164	282	0