

スルメイカ冬季発生系群の早期モニタリング指標値の検討

1. 背景

毎年 11 月に実施しているスルメイカ冬季発生系群の資源評価では、漁期途中までの小型いか釣り漁船 CPUE やいか釣り調査 CPUE、漁獲量などから資源評価当年の資源量や生き残りの親魚量を見積もり、翌年の加入量、すなわち資源量を予測している（FRA-SA2020-SC05-1）。しかしながら、単年性資源であるスルメイカの翌年の資源量を精度良く予測することは困難であり、漁獲量などの将来予測において大きな課題である。

当該資源の漁期中の 5～7 月には、その年の加入量早期把握のために毎年 2 つの調査が太平洋で実施されている。そのうちの一つは主に早生まれ（12～1 月生まれ）資源を対象としたいか釣り調査、もう一つは主に遅生まれ（2～3 月生まれ）資源を対象とした表層トロール調査であり（FRA-SA2020-SC05-1）、これらの調査結果は現在長期漁況予報などで利用されている。今後に向けて、漁期中調査後にその年の資源量を早期予測する方法が検討されている。そこで、本資料では両調査結果を使用してその年の資源量指標値を予測するモデルを作成し、資源状態の早期モニタリング指標値を検討した。

2. 方法

資源評価では 7～12 月の小型いか釣り漁業の標準化 CPUE を資源量指標値として使用しているため、5～7 月の表層トロール調査といか釣り調査の標準化 CPUE（FRA-SA2021-BRP01-02、FRA-SA2021-BRP01-03）から資源量指標値を予測するモデルの構築を検討した。解析期間は、表層トロール調査が開始した 1996 年から 2020 年までとした。各標準化 CPUE は時系列データであり、単位根過程に従っていたため、回帰成分を含む状態空間モデルを適用した。

$$y_t = \mu_t + \beta_{1,t}x_{1,t} + \beta_{2,t}x_{2,t} + v_t, \quad v_t \sim N(0, \sigma_v^2) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \mu_t &= \mu_{t-1} + \beta_3 C_{t-1} + \omega_t, & \omega_t &\sim N(0, \sigma_\omega^2) \\ \beta_{1,t} &= \beta_{1,t-1} + \tau_{1,t}, & \tau_{1,t} &\sim N(0, \sigma_{\tau_1}^2) \\ \beta_{2,t} &= \beta_{2,t-1} + \tau_{2,t}, & \tau_{2,t} &\sim N(0, \sigma_{\tau_2}^2) \end{aligned} \quad (2)$$

式 1 は状態から観測値が得られる過程をモデル化した観測方程式であり、 y_t は t 年の小型いか釣り漁業の標準化 CPUE の対数値、 μ_t は真の資源量指標値の対数値、 $x_{1,t}$ は表層トロール調査の標準化 CPUE の対数値で $\beta_{1,t}$ はその時変係数、 $x_{2,t}$ はいか釣り調査の標準化 CPUE の対数値で $\beta_{2,t}$ はその時変係数、 v_t は平均 0、標準偏差 σ_v に従う観測誤差を示す。式 2 は状態の時間変化をモデル化した状態方程式であり、 C_{t-1} は $t-1$ 年の漁獲量の対数値で β_3 はその係数、 ω_t は平均 0、標準偏差 σ_ω に従う過程誤差、 $\tau_{i,t}$ は平均 0、標準偏差 σ_{τ_i} に従う過程誤差を示す。資源量指標値などの入力データは、全てそれぞれの平均値で除すことで規格化した。パラメーター推定には R(3.5.2)の rstan パッケージを使用し、繰り返し回数は 13000 回とし、最初の 3000 回はウォームアップ期間とした。

3. 結果と考察

パラメーター推定の結果、 β_3 は有意ではなかったため漁獲量はモデルから除外した。誤差に関する標準偏差は全て有意であったため（図 1）、最終的な状態方程式は式 3 とした。

$$\begin{aligned}\mu_t &= \mu_{t-1} + \omega_t, & \omega_t &\sim N(0, \sigma_\omega^2) \\ \beta_{1,t} &= \beta_{1,t-1} + \tau_{1,t}, & \tau_{1,t} &\sim N(0, \sigma_{\tau_1}^2) \\ \beta_{2,t} &= \beta_{2,t-1} + \tau_{2,t}, & \tau_{2,t} &\sim N(0, \sigma_{\tau_2}^2)\end{aligned}\quad (3)$$

状態空間モデルによる資源量指標値と係数 $\beta_{1,t}$ 、 $\beta_{2,t}$ の年推移を図 2 に示す。 $\beta_{1,t}$ よりも $\beta_{2,t}$ の方が大きい傾向にあった（図 2(b)、(c)）。すなわち、いか釣り調査 CPUE の方が資源量指標値に対して効果が大きかった。図 2(a)ではモデルによる推定値のフィッティングは良く見えるものの、過去に遡って調査結果から求めた予測値、すなわち早期モニタリング指標値には 2017 年などに大きな誤差が確認された（図 3）。この要因の一つとして、2つの調査では資源全体を捉え切れていないであろうことが挙げられる。2つの調査で概ね 12～3 月生まれのスルメイカを対象としているが、調査時期以降に加入してくる群れもあるため、調査ではあくまでも資源の一部を捉えているということであろう。調査による時空間的なカバー率には現実的に限界もあるため、早期モニタリング指標値としての活用方法についてはさらに検討を深める必要がある。

今回、解析期間は 1996 年以降に限定したが、状態空間モデルではデータが欠損している年があったとしても解析できるため、資源評価を実施している 1979 年まで期間拡張した再解析も試みる予定である。また、状態空間資源動態モデルの利用も含めて、より良いモデル構築について引き続き検討する必要がある。

4. 引用文献

- 加賀敏樹・岡本 俊・久保田 洋・宮原寿恵・西嶋翔太 (2021) 令和 2(2020)年度スルメイカ冬季発生系群の資源評価. FRA-SA2020-SC05-1.
- 岡本 俊・加賀敏樹 (2021) スルメイカ冬季発生系群のいか釣り調査 CPUE の標準化. FRA-SA2021-BRP01-02.
- 岡本 俊・加賀敏樹 (2021) スルメイカ冬季発生系群の表層トロール調査 CPUE の標準化. FRA-SA2021-BRP01-03.

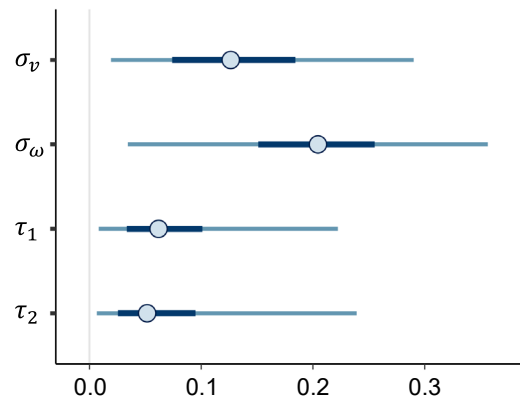


図 1. 各誤差の標準偏差の事後分布

丸印は中央値、太線は 50%信用区間、細線は 95%信用区間を示す。

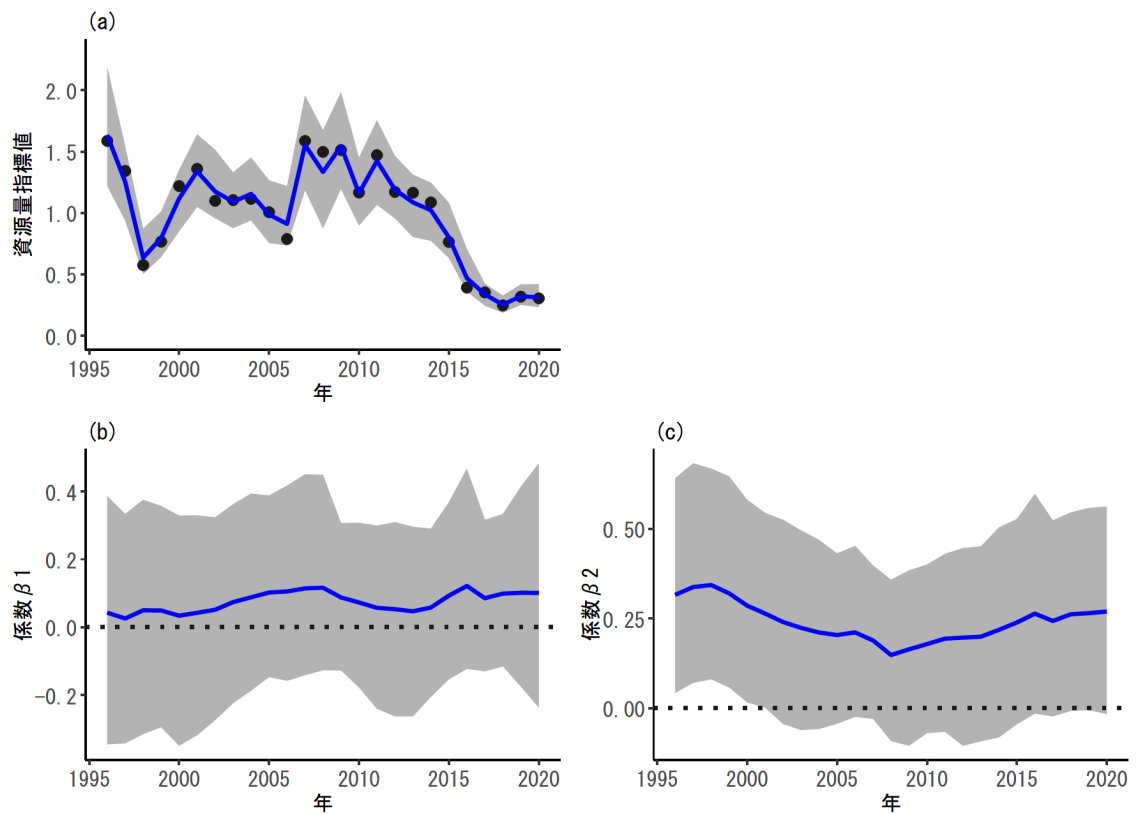


図 2. 状態空間モデルによる推定結果

青線はモデルによる平均値の推移を示し、灰色の範囲は 95%信用区間を示す。(a)は資源量指標値を示し、黒丸は実測値を示す。(b)は表層トロール調査の標準化 CPUE の対数値の係数 $\beta_{1,t}$ 、(c)はいか釣り調査の標準化 CPUE の対数値の係数 $\beta_{2,t}$ を示す。

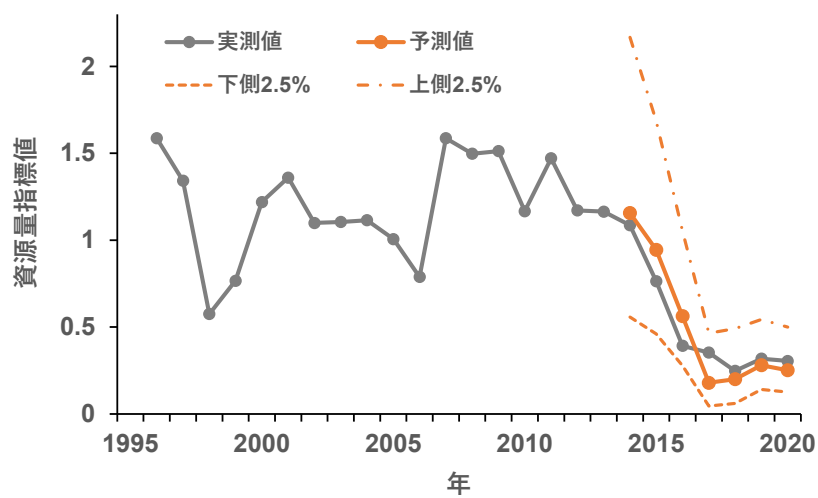


図 3. 資源量指標値の実測値と予測値の比較

黒線は実測値を示す。橙色の実線は予測値、一点鎖線は予測区間の上側 2.5%、破線は予測区間の下側 2.5%を示す。