

ズワイガニ太平洋北部系群資源評価レビュー報告書

庄野 宏 (広島工業大学・工学部)

2023年1月4日(水)

1. はじめに

本稿では、ズワイガニ太平洋北部系群の資源評価レビューについて報告する。私が事前に提出した質問票とその回答、2022年11月16日(水)~17日(木)に水産資源研究所(横浜市)にて開催されたピア・レビュー委員会での資源評価担当者によるプレゼンテーションおよび関連する質疑応答の内容に基づき記述するが、その中でも特に、本系群の絶対量推定に使用されている状態空間資源評価モデル(Just another stats-space stock assessment model: JASAM, Shibata et al. 2021)に焦点を合わせる。

年齢と密接に関連するが相違も生じる脱皮という特有の状況が起こるズワイガニのような甲殻類の資源評価において、年齢や脱皮齢などの構造を組み込んだ stage-based モデルの適用は一案である。その上で、気になった点について、以下に列挙したい。

2. 自然死亡係数 M の推定について

2011年の震災後に漁業(漁獲努力量)が実質モラトリアムになっているため、漁獲係数 F の値が極めて低いと考えられる。さらに資源の減少傾向を考慮すると、自然死亡係数 M を推定する場合は長期間に渡る増加が認められ、これらの数字が果たして現実的なのか、疑問を感じる。また、推定に利用する M の事前分布にも依存するため、慎重に設定すべきと考える。やはり M はデフォルトで固定すべきではないだろうか。

古くは田中・田内の方法に始まって現在に至るまで、信頼性の観点から私は M を推定すべきではないと考えている。 M を固定し、その値を変更しながら感度解析を実施したらいかがか。 M を固定した場合と推定した場合で推定資源量の年トレンドを比較することは有効であると考えており、レトロスペクティブ解析において両方の仮定による推定資源量の年トレンドを比較検討することも効果的ではないだろうか。

3. 自然死亡係数 M に関するその他の問題

M に対する2階差分の制約は強すぎる、すなわち M の増加や減少傾向をタイムリ-に反映するのが難しいため、1階差分も試してみたらいかがか。 M の変化率の計算に際しては自然対数を取ることが原則であり(1階差分では $\log_e(M_{y+1}/M_y)$)、変化率 $R_{y+1}=(M_{y+1}-M_y)/M_y$ が対数差分 $\log_e(1+R_{y+1})=\log_e(M_{y+1}/M_y)$ で近似できることに基づく。また、将来予測で直近の高い M の値を用いることが妥当か、という問題も生じるため、こちらも複数の固定した値を使用して推移をチェックする必要があるだろう。

4. チューニングに用いる資源量指数について

着底トロール調査に基づき、面積密度法を使用して毎年の資源量を推定しており、この値をチューニング指標として、JASAM のインプットとして使用している。まずは、面積密度法と JASAM による推定資源量の年トレンドを比較すべきである。今回も実施しているが、グラフの重ね書きに際しては絶対値に基づくものと計算期間を通じての平均値を 1 にしてトレンドを見るものを区別し、詳細に検討すべきである（これはコホート解析による日本海 A 系群など、他のモデルに対しても当てはまる）。

チューニングによる最適化計算は、資源量ではなく CPUE や漁獲係数のオーダーでフィッティングをするのが望ましいが、震災以降漁業が実施モラトリアムになっている太平洋北部系群においては現状難しいかもしれない（今後の検討を推奨する）。

5. 再生産曲線およびその他の問題について

再生産曲線について、日本海系群（A 海域・B 海域）では共食いなどの影響で、密度効果が認められる Ricker 型が選択された一方、太平洋北部系群でホッケー・スティック型が選ばれており、少々腑に落ちない。そのため、情報量規準によるホッケー・スティックとの差異が少ない場合は、太平洋系群でも Ricker 型曲線に基づいて将来予測を行い、両者の結果を比較してみたいかがか。

さらに、資源減少の原因として低水温の変化を示唆しており、再生産曲線に説明要因として低水温を組み込むことも、今後のオプションとして推奨したい。

その他の問題として、採集効率を表すパラメータ γ として、過去の知見に基づく甲幅サイズ別の値を固定しているが、sensitivity としてこれらの値を変化させることを推奨したい。なお、もし情報がある場合は推定し、結果を比較してみたいかがか。

6. 論文中における数式の記述などについて

論文中の数式の記述、特にアルファベットやギリシャ文字の記号の使用法に問題があり、私の能力不足もあるのかもしれないが、解読に多大な時間を要してしまった。（幾つかの具体的な事項について、以下に列挙する）

- ・変数と定数は原則大文字 1 文字で表記し、両者を明確に区別（記述）すること
- ・大文字で使用した記号（変数や定数など）は小文字（添字など）で使用しないこと
- ・連続変量には添字を使用しない（ B_0 (初期資源量)など分野特有の例外も存在するが原則守ってほしい。なお、連続確率過程を用いる際は $P_t(t \in R)$ とでもすればよい）
- ・離散変数には必ず添字を付け、添字に対して、とりうる値の範囲を記載すること
- ・推定値には $\hat{}$ (ハット)を付けること (e.g. $\hat{\theta}$ etc.) など

水産資源解析や海洋環境分野などのレフリーは、必ずしも数学や統計学の十分な素養を持つ人間ばかりではないため、掲載後の査読付き原著論文においても数式記号の未修正や誤用などが見受けられるが、可能な範囲で正確な記述を心がけてほしい。
(これらの事項は、他魚種や他系群などの報告書および論文についても該当する)

7. おわりに (まとめに代えて)

一番気になった点は、自然死亡係数 M の推定であり、日本海系群 (A 海域・B 海域) との整合性も問題になる。本文中では M の値を固定すべき、と申し上げたが、将来的に日本海両海域の資源評価に JASAM を利用する場合は、 M を推定した際にどのような挙動を示すのか、固定した場合と比較検討することが有用かもしれない。

文献

Shibata et al. (2021): Estimating the maximum sustainable yield of snow crab (*Chionoecetes opilio*) off Tohoku, Japan via a state-space stock assessment model with time-varying natural mortality. *Population Ecology* Vol.63, No.1, p.41-60.