

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 18 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00041

研究課題名(和文)水産資源解析手法の統計的高度化に関する研究

研究課題名(英文)Advancing statistical methods for fishery population analysis

研究代表者

北門 利英 (Kitakado, Toshihide)

東京海洋大学・学術研究院・教授

研究者番号：40281000

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：水産資源を持続的かつ有効に利用するためには、過去から将来にわたって資源量の変遷を理解できる資源動態モデルを構築する必要がある。それに加えて、性能の良い資源管理方式を開発することが重要であるが、資源動態モデル自体が予測能力に乏しい場合には、資源管理の成功度に多くを期待できない。そこで本研究では、将来の資源管理でパフォーマンスを上げることを想定したハインドキャストイング(将来予測の能力を検証するための検証法)の視点から、資源動態モデルの評価を可能とする統計的手法の枠組みについて、実際の国際資源への適用も含めて研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で主題としたハインドキャストイング法は、資源動向の予測能力を評価する統計的手法であり、水産資源解析手法の高度化において重要な枠組みと考える。この方法は、水産資源分野ではこれまで馴染みの薄かった手法であったが、2016年にその理論的フレームワークを論文化し、さらに応用研究として北太平洋漁業条約会議ではサンマ資源、インド洋まぐろ類委員会ではメバチマぐろやキハダマぐろ資源などにも順次適用することで国際資源管理にも貢献し、さらに手法の有効性についても高い評価を受けた。また、本手法の更なる理論的整備と資源管理への応用のために、国際共同研究も立ち上げ遂行することとなった。

研究成果の概要(英文)：Scientific assessment frameworks for fisheries management are based on two main paradigms: "estimation of population dynamics" and "evaluation of management procedure". Normally, a population dynamics model is fitted to time-series data, and the model is then used to assess historical population status relative to reference points and to predict the outcomes of alternative management options. In this study, to seek better statistical framework for evaluating population dynamics models through their prediction skills, a hindcasting approach was investigated. In this method, models are retrospectively re-run by removing recent years' data and the population trajectories are projected up to the most recent year to compare with the observed time-series data. The method was applied to some important global fishery resources to confirm the suitability of the approach and discuss possible caveats of the approach.

研究分野：水産資源学

キーワード：水産資源解析 hindcasting法 予測能力検証 資源動態

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

水産資源の解析では、一般に調査や漁業を通じた様々な種類のデータを駆使し、統計モデリングおよび推測を行う。ただし、陸上の生物とは異なり直接観察することができず、また分布や回遊の範囲も広いため、必然的にパラメータの推測およびモデルの不確実性が常に伴う。

水産資源解析で利用する最も単純なモデルは、個体群の年齢構成を無視し資源量の年変化だけを追うプロダクションモデルである。プロダクションモデルで利用するデータは主に、過去の漁獲量の時系列、そして資源水準の変化を示す資源量指数のみである。したがって、このモデルはデータブアな種についても適用でき、かつ種々の生物学的なパラメータ(成長、成熟、死亡率)などの推定を必要としない。一方で、個体群内の年齢構成にも注目した年齢構成モデルでは、生活史を取り入れながら資源動態を追えるメリットがあるが、年齢構成の情報を引き出すために、漁獲物に占める年齢構成(あるいはサイズ構成)のデータなどが別途必要となる。この2つのモデルの他にも中間的な複雑さのモデルが複数提案されており、様々なモデルが国内外の資源評価で利用されている。しかしながら、仮定するモデルによって過去から現在までの資源動向の推定結果が相違し、また資源管理への提言もそれに依りて異なる事態がしばしば生じる。モデル間で共通のデータを利用する場合、情報量規準を用いてモデル選択をすることが可能であろう。しかしながら、利用するデータが異なる場合に資源解析モデルを評価および選択する手法がこれまで十分に議論されているとは言えない。

また、水産資源を持続的かつ有効に利用するためには、過去から将来にわたって資源量の変遷を理解できる資源動態モデルを構築する必要がある。それに加えて、性能の良い資源管理方式を開発することが重要であるが、資源動態モデル自体が予測能力に乏しい場合には、資源管理の成功率に多くを期待できない。そこで予測能力検証型の資源評価モデルの重要性と、実用性の検討が必要と考えた。このような着想に至った経緯は、申請者がこれまで取り組んできたマグロ・カジキ類資源および鯨類資源での研究と関連がある。先述の通り、利用する資源解析モデルの妥当な複雑さを問う際、必要となるデータのギャップ(相違)が問題となった。実際、申請者は大西洋まぐろ類委員会の資源評価手法会議でこの問題の解決法の素案を提案し、同会議で研究を推奨された。これが本研究への着想の動機であり、同時に必要性でもある。

2. 研究の目的

水産資源を持続的かつ有効に利用するためには、過去から将来にわたって資源量の変遷を理解できる資源動態モデルを構築する必要がある。それに加えて、性能の良い資源管理方式を開発することが重要であるが、資源動態モデル自体が予測能力に乏しい場合には、資源管理の成功率に多くを期待できない。そこで本研究では、将来の資源管理でパフォーマンスを上げることを想定したハインドキャストイング(将来予測の能力を検証するための検証法)の視点から、資源動態モデルの評価を可能とする統計的手法の枠組みについて、実際の国際資源への適用も含めて研究を行った。また、資源解析法の統計的高度化の一環として、階層モデルに基づく個体群分布モデルについても検討を行った。

3. 研究の方法

水産資源解析の統計的推測の高度化として、異なるデータ下でのモデル選択手法について、予測能力検証型のハインドキャストイング(hindcasting)を提案し、実データ解析などを通して検証を行った。水産資源の管理では、個体群動態の過去から現在までの変遷をモデルで表現し、それを基に将来予測を行い資源管理の提言を行うが、この手続きを敢えてXX年(XXは1~10年)過去にさかのぼりレトロスペクティブに適用し、実データを通じた資源量指数の予測能力検証の観点でクロスバリデーション法を適用し、共通の観測値(ここでは資源量指数)への予測能力を通してモデル選択を行った。更に、この方法のパフォーマンス評価をシミュレーションと実データへの適用を通して検証した。また、階層モデルについては遺伝情報を用いた系群推測モデルの開発と実データへの適用も行った。

4. 研究成果

まずハインドキャストイング法の理論的整備を行い、また資源動態モデルに基づく予測能力の評価方法についても検討を行った。また、グラフィカルな予測能力の表示方法として Taylor ダイアグラムを採用し、予測能力のコントラストを付けることも可能とした。

ハインドキャストイング法を幾つかの国際資源に対して適用し、北太平洋漁業条約会議(NPFC)ではサンマ資源、研究代表者が現在科学委員会議長を務めているインド洋まぐろ類委員会(10TC)ではキハダマグロやメバチマグロ資源に適用した。この結果、サンマ資源の現行の動態モデルは将来の資源動向を予測することが想定よりも難しいことが分かった(図1)。また、インド洋のメバチマグロの資源評価では用いる標識採捕データへの依存度が焦点となり、当初は標識採捕の情報が資源評価に効きすぎるべきでないとされ、そこでデータを用いるべきか否かも含めて検討を行うためにハインドキャストイング法を適用したところ、図2に示すように予想とは反し

標識採捕データが資源動態の予測能力向上に大きく貢献することが明らかとなった。

また階層モデリングにおいては、南極海クロミンククジラの 2 集団の南極海での混合の様子を推定した結果、同海域で混合のスムーズな経年変化の様子を階層的ランダムウォークモデルでは捉えることができるのに対して、非階層型モデルでは変動と不確実性(信頼区間)が大きい様子が分かった。この点からも、同モデルにおける階層型モデルの有効性と実用性が示された。

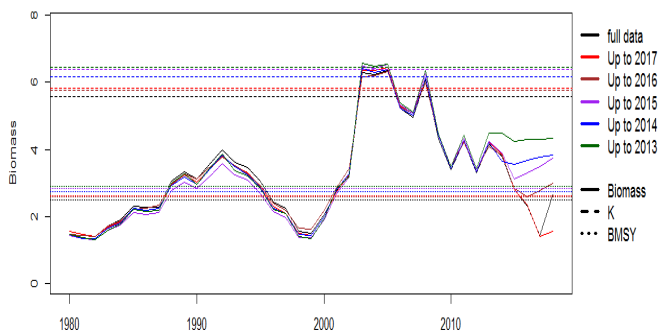


図 1. 北太平洋サンマ資源動態モデルに対するハインドキャスト予測能力検証結果 2~3 年前の段階では、現在の資源動向の予測が非常に難しいことなど、現行資源動態モデルでは予測能力が乏しいことが分かる。

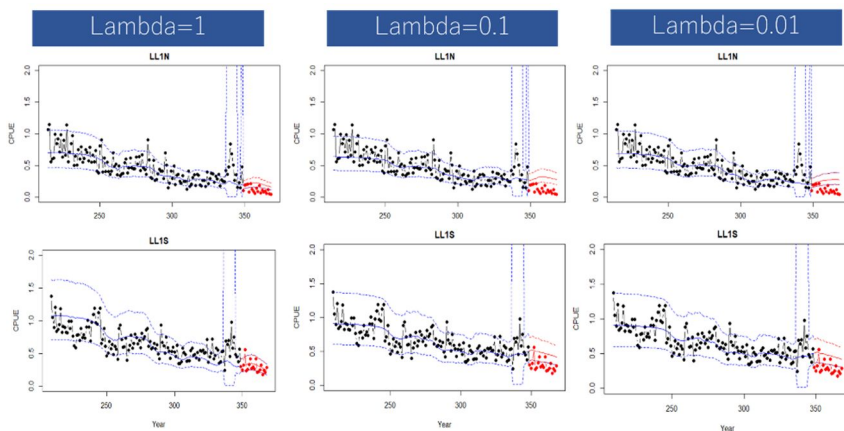


図 2. インド洋メバチマグロ資源動態モデルに対するハインドキャスト予測能力検証結果。ラムダ値の違いは異なるデータ寄与を表す。予想に反してラムダ値の大きなモデルの予測性能が高いことが示された。

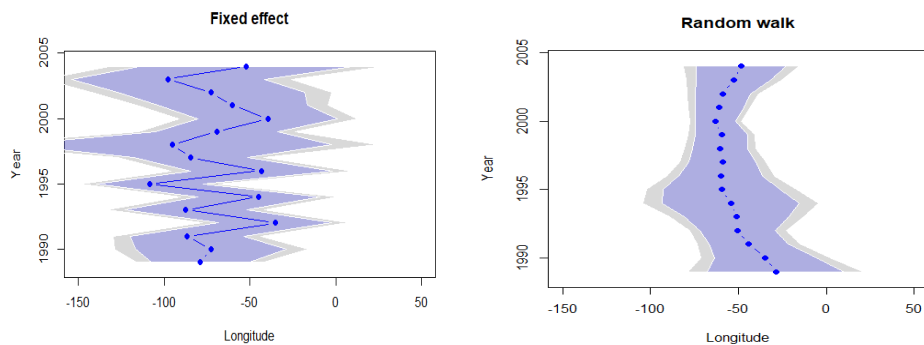


図 3. 南極海クロミンククジラ資源の 2 つの集団の混合モデル。点(青)は 50%の混合率を示す経度の推定値を示し、その年変化を捉える階層的ランダムウォークモデル(右図)で混合のスムーズな年変化の様子を捉えることができているのに対して、非階層型モデルでは変動と不確実性(信頼区間)が大きい様子が分かる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Lennert-Cody, CL, ST. Buckland, T Gerrodette, A Webb, J Barlow, PT. Fretwell, MN Maunder, T Kitakado, JE Moore, MD Scott, HJ Skaug	4. 巻 19
2. 論文標題 Review of potential line-transect methodologies for estimating abundance of dolphin stocks in the eastern tropical Pacific, Journal of Cetacean Research and Management	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Cetacean Research and Management	6. 最初と最後の頁 9-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Laurence T. Kella, Ai Kimotob and Toshihide Kitakado	4. 巻 183
2. 論文標題 Evaluation of the prediction skill of stock assessment using hindcasting	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Fisheries Research	6. 最初と最後の頁 119,127
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.fishres.2016.05.017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Rishi Sharma, Polina Levontin, Toshihide Kitakado, Laurence Kell, Iago Mosqueira, Ai Kimoto, Rob Scott, Carolina Minte-Vera, Paul De Bruyn, Yimin Ye, Jana Kleineberg, Jo Lindsay Walton, Shana Miller, Arni Magnusson	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Operating model design in tuna Regional Fishery Management Organizations: Current practice, issues and implications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fish and Fisheries	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） DOI: 10.1111/faf.12480	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Toshihide Kitakado
2. 発表標題 Spatio-temporal modelling for population mixture of marine species
3. 学会等名 ISEC 2018- 6th Biennial International Statistical Ecology Conference（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北門利英・後藤睦夫
2. 発表標題 混獲時系列情報を用いた北西太平洋ミンククジラのおペレーティングモデル取捨選択
3. 学会等名 平成30年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北門利英
2. 発表標題 年齢データは海棲哺乳類の資源管理改善に有効か？
3. 学会等名 平成30年度日本哺乳類学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshihide Kitakado and Mari Kobayashi
2. 発表標題 Stock assessment and management of the Kuril harbor seal
3. 学会等名 22st Biennial Conference on Marine Mammals (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Toshihide Kitakado
2. 発表標題 Usefulness of age data for improving management of cetaceans
3. 学会等名 The Japanese Society for Fisheries Science Anniversary-Commemorative International Symposium "Fisheries Science for Future Generations" (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 北門利英
2. 発表標題 モデルベースの資源管理方式とその評価法
3. 学会等名 国際漁業学会シンポジウム
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----