

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月21日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500253

研究課題名（和文） 生態系へのインパクトを考慮した水産資源管理に関する統計的研究

研究課題名（英文） Statistical studies on fishery resource management with ecosystem perspectives

研究代表者

北門利英（TOSHIHIDE KITAKADO）

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・准教授

研究者番号：40281000

研究成果の概要（和文）：本研究では、生態系を考慮した水産資源管理法の基礎を発展させるために、生態系モデリング、系群・生態系構造の推測、そして生態系の保全を考慮した管理方法について、統計学的なアプローチから研究することを目的とした。特に、鯨類を題材とした資源動態・生態系モデリングを中心課題と据え、1)生態系モデリングの基礎モデルである複数個体群モデルに対しランダム効果を取り入れた階層モデルの構築、2)Integrated likelihood を利用した Functional response の推定法の開発、3)Laplace 近似を導入した ADMB-RE による統計的推測方法および計算プログラムの開発、4)南極海鯨類資源を対象とした Ecopath-with-Ecosim (EwE)による包括的生態系モデルの構築、5)不確実性を考慮した生態系構成種の資源動態の推測の為に Sampling Importance Resampling (SIR)を用いたベイズ型モデルの実装と実データへの応用を行った。

研究成果の概要（英文）：The present study aimed at developing statistical approaches for ecosystem based fisheries management, with focusing on ecosystem modeling and statistical estimation of parameters in the model. Two types of modeling approaches were employed; one is a multi-species production model, and the other is the Ecopath-with-Ecosim (EwE), a comprehensive (whole-of-ecosystem) model. For the former model, a hierarchical structure with random effects was considered to reduce the unknown parameters and an integrated likelihood is employed for the parameter estimation. A computational algorithm with a Laplace approximation was developed using the ADMB-RE. For the latter type of model, a sampling importance sampling (SIR) in a Bayesian perspective was used for evaluating the uncertainty in the estimation and future projection of ecosystem dynamics. The models were applied to the data for the Antarctic Ocean.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：情報学基礎・統計科学

キーワード：統計モデリング，水産資源管理，生態系

研究開始当初の背景

魚類・鯨類などの水産資源を持続的利用にするためには，適切な漁獲許容量を設定し管理する必要がある．従来は，ある種に対する漁獲許容量をその種の資源動向のみから決定することが多かった．しかしながら，その種の増加率は餌生物の利用可能性に大きく依存し，また死亡率は漁獲だけでなく被食の影響を受ける．さらに，その種の枯渇は生態系全体へダメージを与える可能性があり，その種をとりまく生態系自体が脆弱になる危険もある．そこで本研究では，生態系へのインパクトを考慮した水産資源管理法を発展させるために，生態系モデリング，生態系構造の推測，そして生態系の保全を考慮した管理方法とそのリスク評価法の発展が望まれている．

1. 研究の目的

本研究では，生態系へのインパクトを考慮した水産資源管理法を発展させるために，生態系モデリング，生態系構造の推測法など，統計学的なアプローチから研究することを目的とする．これにより，生態系へのインパクトを考慮に入れた持続的な水産資源利用に対する基盤的な方法が提供される．

2. 研究の方法

a) 鯨類を題材とした生態系モデリングの更なる検討（最小現実生態系モデル）

生態系モデリングの基礎モデルである複数個体群モデルについて，エネルギー効率のパラメータに対してランダム効果を取り入れた階層モデルを構築し，積分尤度法 (e.g. Kitakado et al. 2006) によるパラメータの推定方法を検討する．更に自動微分とラプラス近似を実装した最適化プログラム ADMB-RE を用いてプログラミングを行い，パラメータの推測方法の評価を行う為のシミュレーション，および計算速度向上のためのアルゴリズムの改良を行った．

b) 鯨類を対象とした包括的生態系モデルの構築

包括的生態系モデルはシミュレーションによる資源管理ストラテジーの評価に用いられる．ここでは，Ecopath with Ecosim (Pauly et al. 2000) によるアプロ

ーチを基礎とし，さらにモデルの同定およびパラメータの推定において不確実性を適切に扱う為には Sampling Importance Resampling を利用したベイズ型モデルの実装を行った．

4. 研究成果

- a) 生態系の最小現実モデルの一つとして，複数の捕食者および被食間の動態を余剰生産モデルとして表現するとともに，現実には起こり得るデータの情報量の少ない種の存在を想定し，モデルのパラメータにランダム効果を取り入れた階層モデルを構築した．また，その推定性能を評価するためにシミュレーションを行った．その結果，資源量推定値の時系列スパンが短い場合あるいは疎な場合に階層構造が大きな効果を生むことが確認された．

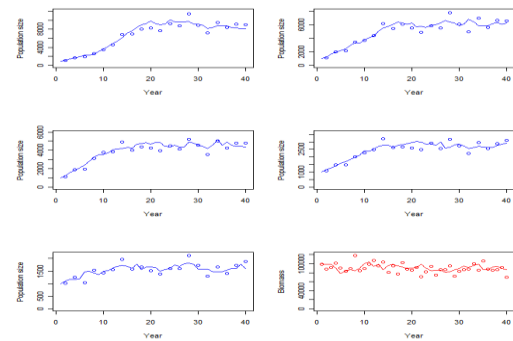


図 1. 南極海の構成種を想定したランダム効果シミュレーションの一例

- b) 包括的生態系モデルはシミュレーションによる資源管理ストラテジーの評価に用いることが可能であり，生態系を考慮した管理手法の開発においても重要な礎となる．本研究では，そのインプットデータの整理を南極海を対象に行った．すなわち，南極海に生息するオキアミを中心とした主要 7 種（シロナガスクジラ，ナガスクジラ，ザトウクジラ，ミンククジラ，ナンキョクオキアミ，その他の動物プランクトン，そして植物プランクトン）について包括的モデリングで用いるデータ (biomass, P/B, Q/B, diet composition) を収集し，マスバランスの同定，および生態系の動態に関するモデルにおける統計推測，そして将来の挙動に関するシミュレーションの検討を行った．

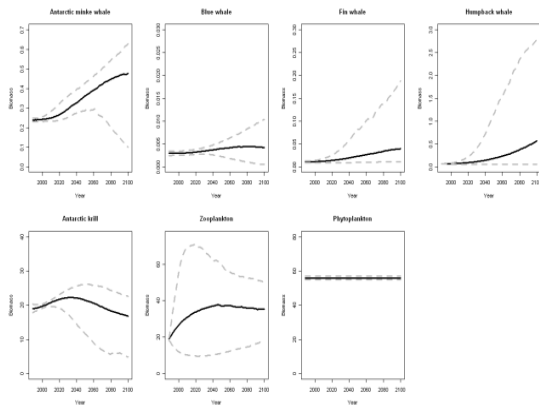


図 2. 不確実性を考慮した Ecosim モデルによる 2100 年までの南極海生態系構成種のバイオマスの動態

- c) 上記の他、生態系モデリングの基礎研究として、被食者の資源量と捕食者による捕食量の関係を表現する Functional response の推定法について検討した。被食者の資源量には通常大きな不確実性を含むが、このような状況で従来型の回帰分析法を用いるとパラメータの推定に大きなバイアスが生じることを確認するとともに、その改善の方法として積分尤度お考え方を導入し計算アルゴリズムを構築した。シミュレーション実験の結果、従来型の推定方法で生じる偏りを積分尤度法を利用することによって除去することが可能であると示した。

以上の研究により、限られたデータに基づく最小現実モデルおよび包括的な生態系を表現する複雑なモデルを統計的に精密化することが可能となった。またこの2つの異なるアプローチを融合することで、生態系を考慮した資源管理手法の評価(資源管理方策評価法, MSE)を実践することが可能となり、当該分野での発展および利用が今後期待される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Shibata Y, Matsuishi T, Murase H, Matsuoka K, Hakamada T, Kitakado T and Matsuda H. (2013) Effects of stratification and misspecification of covariates on species distribution models for abundance estimation from virtual line transect survey data. Fisheries Science (in press) Doi 10.1007/s12562-013-0634-5. (査読有)
- ② Murase H, Kitakado T, Hakamada T, Matsuoka K, Nishiwaki S and Naganobu M. (2012) Spatial distribution of Antarctic

minke whales (*Balaenoptera bonaerensis*) in relation to spatial distributions of krill in the Ross Sea, Antarctica. Fisheries Oceanography. 22, 154-173. (査読有)

- ③ Kikko T, Kataoka Y, Nishimori K, Fujioka Y, Kai Y, Nakayama K and Kitakado T. (2011) Size at maturity of fluvial white-spotted charr, *Salvelinus leucomaenis*, around the Lake Biwa water system varies with habitat size. Ichthyological Research 58, 370-376 (査読有)

[学会発表] (計 7 件)

- ① 北門利英, 上田真久, Luis A. Pastene, Tore Schweder and Lars Walløe (2012) 南極海クロミンククジラ系群構造に対する統計モデリングと推測法. 平成 24 年度日本水産学会秋季大会, 2012 年 9 月 16 日, 水産大学校, 下関
- ② 中島光瑠, 松岡耕二, 袴田高志, 田村力, 村瀬弘人, 北門利英 (2012) 鯨類を中心とした南極海の生態系モデリングに関する研究. 平成 24 年度日本水産学会秋季大会, 2012 年 9 月 15 日, 水産大学校, 下関 (ポスター発表)
- ③ Kitakado T (2012) Estimation of spatial and temporal population mixture using genetics and morphometric data. 26th International Biometric Society Meeting, 26-31 August 2012, Kobe, Japan (招待セッション)
- ④ 北門利英 (2012) 遺伝情報と形態測定情報を利用した集団構造の推測と水産資源への応用. 日本計量生物学会年会, 2012 年 5 月 26 日, 統計数理研究所, 立川
- ⑤ Kitakado T (2011) Statistical genetic modeling with latent variables for inferring population structures and their applications to fisheries populations. 第 22 回日中韓水産研究者協議会, 2011 年 11 月 2 日 韓国国立水産科学院, 韓国
- ⑥ Kitakado T (2010) Statistical consideration of ecosystem modeling. Workshop on Ecological and Environmental Data Analysis. 2010 年 9 月 9-10 日, 慶応大学, 横浜
- ⑦ 北門利英(2010) 水産資源の集団構造に対する統計的推測. 2010 年度統計関連学会連合大会, 企画セッション「海洋生態・水産資源データの解析と統計モデリング」, 2010 年 9 月 7 日, 早稲田大学, 東京

[図書] (計 1 件)

河邊玲, 北門利英, 黒倉寿, 酒井久治, 阪倉良孝, 高木力 (2011) 「農学・水産学系学生のための数理科学入門」恒星社厚生閣

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北門利英 TOSHIHIDE KITAKADO
東京海洋大学・海洋科学技術研究科・
准教授
研究者番号：40281000