

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K11855

研究課題名（和文）時空間モデルに基づく水産資源解析手法の基盤確立に関する統計的研究

研究課題名（英文）Statistical study on the establishment of the basis for a spatio-temporal model-based method of analysing fisheries resources.

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） 2,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、水産資源解析高度化のための時空間モデルの基盤確立と応用を目指し、高度回遊性の水産資源を対象に、生物の空間分布のパターンやその時間的変化を理解するための統計モデリングとその推定法について研究を行った。それにより、空間情報から資源動態を表す指標であるCPUEの抽出、漁獲におけるサイズ選択性に依存しないようなサイズ別の時空間分布モデルの適用、将来の気候変動によるマグロ類資源の分布の変化についてのモデリングなどが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水産資源の持続的かつ有効な利用には、資源量の時間的変化に加えて、資源の時空間分布を適切に捉えることが望ましいが、水産生物の場合には直接観察することができず、観測と現象を適切に表現する統計的モデリングと推測方法が必須となる。本研究の結果は、実際にマグロ類やサンマの国際会議において成果として報告し、一部は実際の資源解析および管理に利用された。また、将来の気候変動による資源の空間分布変化を捉えるための重要な基礎研究とも位置付けられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, statistical modelling and estimation methods for understanding the patterns of spatial distribution of organisms and their temporal changes were studied mainly for highly migratory fisheries resources such as tunas, with the aim of establishing and applying the basis of spatio-temporal models for the advancement of fisheries population analysis. This work enabled the extraction of an indicator of population dynamics from spatial information, the application of size-specific spatio-temporal distribution modelling, and modelling of changes in the distribution of tuna stocks due to future climate change.

研究分野：統計科学

キーワード：時空間分布 統計モデル マグロ類 サンマ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

貴重な食料資源である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、分布や回遊の範囲も広い。そのため、調査ではその時間的空間的なエフォートが制限され、また商業的な漁業では情報の得られる時期やエリアに偏りが生じ、時空間的に完全な情報を得られるわけではない。このような問題に対処するために、これまで空間統計学の手法を用いた空間分布モデリングの手法が利用されてきた。しかしながら、水産生物の空間分布自体もダイナミックにかつ滑らかに変動し、その変化の様子も水温などの環境変数に依存する部分と、資源の局所的な枯渇や回復、そして、生活様式の異なる年齢群の組成の時間的変化など、その変化の構造と理由は複雑である。そこで水産資源の持続的利用のために、時空間分布を正しく理解しながら水産資源の動向を偏りなく把握することが必須であり、そのための統計モデリングと推測方法の開発が重要となる。

2. 研究の目的

水産資源の持続的かつ有効な利用には、資源量の時間的変化に加えて、資源の時空間分布を適切に捉えることが望ましい。時空間分布の推測のために、漁業および調査などのプラットフォームから観察情報を取得するとともに、観測と現象を適切に表現する統計的モデリングと推測方法が必須となる。そこで本研究では、水産資源解析高度化のための時空間モデルの基盤確立と応用を目指し、高度回遊性の水産資源を対象に、生物の空間分布のパターンやその時間的変化を理解するための統計モデリングとその推定法の開発を研究目的とした。

3. 研究の方法

水産資源解析高度化のための時空間モデルの基盤確立と応用を目指し、マグロ類など高度回遊性の水産資源を対象に、生物の空間分布のパターンやその時間的変化を理解するため、パラメトリックあるいはノンパラメトリックに共変量も取り入れたモデルを構築した。

4. 研究成果

(1) マグロ類資源に対する研究として、インド洋メバチマグロを対象に、日本、韓国、台湾の延縄漁業データを用いて、空間情報から資源動態を表す指標である CPUE の抽出を国際共同研究の一環として行った(Kitakado et al. 2021, 2022a, 2022b)。その結果は当該種の総漁獲量設定の基礎情報として実際に利用された。また、漁獲におけるサイズ選択性に依存しないようなサイズ別の時空間分布モデルの適用を行い、マグロ類の国際会議において報告を行った。

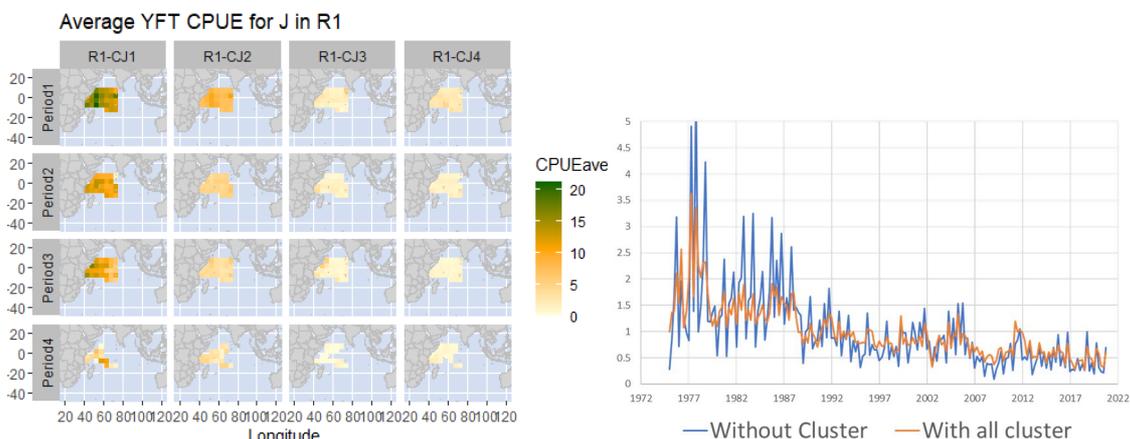


図1. インド洋キハダの漁獲データ(一部抜粋)とモデルにより抽出された資源指数。漁獲ターゲット種の変化をクラスタリングで捉え説明変数として利用することで自然で滑らかな資源量指数の抽出が可能となった。

(2) さらに、将来の気候変動によるマグロ類資源の分布の変化についてモデリングを試みた。1993-2020年のインド洋メバチ延縄漁業(日本、韓国、台湾など)の時空間漁獲データと、衛星から取得した環境データ(水温、クロロフィル濃度、溶存酸素量ほか)の整備を行い、メバチの資源

密度と環境変数との関係推測を予備的に行い、さらに気候変動シナリオに基づき時空間分布の将来予測を試みた。簡易的に機械学習法に基づきメバチに対する時空間解析および将来予測を行ったが、熱帯マグロであるメバチに対しては、予想したほどの顕著な空間分布の変化は High Impact Scenario(SSP585)でも見られなかった(図2)。

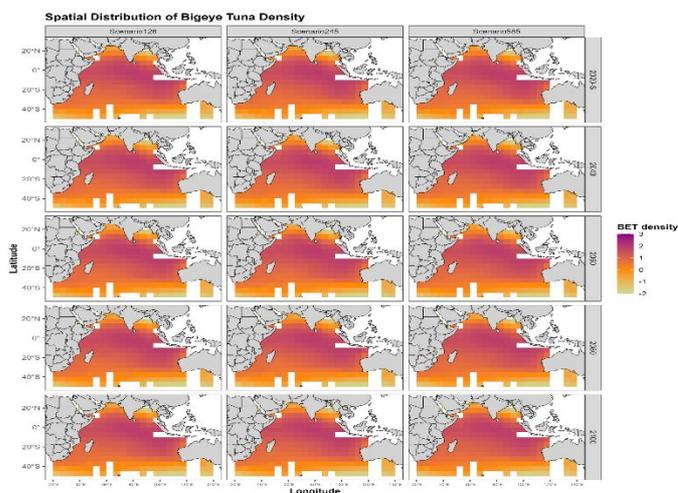


図2. 3つの気候変動シナリオに基づくインド洋メバチの2100年までにわたる空間的分布密度の変化の予測(暫定結果)。

(3)このほか、北太平洋のサンマ資源の時空間分布構造について、国際共同研究としての成果を共著で論文化した。また、これとは別に海棲哺乳類種のトドや鯨類について、調査海域内の分布の経年変動を捉えるための解析も行うとともに、それと関連した資源量推定についての論文も科学誌に掲載した。

時空間モデリングを通じた水産資源解析の統計的推測の高度化は、水産資源の動態の把握だけでなく、将来の枯渇のリスクを抑えつつ最大の漁獲量を達成する資源管理手法の基礎となる。また今回実施した研究は、水産資源解析の具体的なテーマから派生したデータサイエンス上の極めて重要な課題と考える。

<引用文献>

Kitakado, T., Wang, S.H., Satoh, K., Lee, S.I., Tsai, W.P., Matsumoto, T., Yokoi, H., Okamoto, K., Lee, M.K., Lim, J.H., Kwon, Y., Su, N.J. and Chang, S.T. (2021a). Report of trilateral collaborative study among Japan, Korea and Taiwan for producing joint abundance indices for the yellowfin tunas in the Indian Ocean using longline fisheries data up to 2020. IOTC-2021-WPTT23(DP)-14. (インド洋マグロ類委員会第23回熱帯作業部会に提出)

Kitakado, T., Wang, S.H., Matsumoto, T., Lee, S.I., Satoh, K., Yokoi, H., Okamoto, K., Lee, M.K., J Lim, J.H., Kwon, Y., Su, N.J., Chang, S.T. and Chang, F.C.(2022a) Joint CPUE indices for the albacore *Thunnus alalunga* in the Indian Ocean based on Japanese, Korean and Taiwanese longline fisheries data. IOTC-2022- WPTmT08(DP)-15. (インド洋マグロ類委員会第8回温帯作業部会に提出)

Kitakado, T., Wang, S.H., Matsumoto, T., Lee, S.I., Satoh, K., Yokoi, H., Okamoto, K., Lee, M.K., J Lim, J.H., Kwon, Y., Su, N.J., Chang, S.T. and Chang, F.C. (2022b) Update of joint CPUE indices for the bigeye tuna in the Indian Ocean based on Japanese, Korean and Taiwanese longline fisheries data up to 2021. IOTC-2022-WPM13-14. (インド洋マグロ類委員会第13回手法作業部会に提出)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 6件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Satoh, K., H. Xu, C.V. Minte-Vera, M.N. Maunder and T. Kitakado	4. 巻 243
2. 論文標題 Size-specific spatiotemporal dynamics of bigeye tuna (<i>Thunnus obesus</i>) caught by the longline fishery in the eastern Pacific Ocean	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fisheries Research	6. 最初と最後の頁 106065
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.fishres.2021.106065	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 Hsu Jhen, Chang Yi-Jay, Kitakado Toshihide, Kai Mikihiro, Li Bai, Hashimoto Midori, Hsieh Chih-hao, Kulik Vladimir, Park Kyum Joon	4. 巻 235
2. 論文標題 Evaluating the spatiotemporal dynamics of Pacific saury in the Northwestern Pacific Ocean by using a geostatistical modelling approach	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fisheries Research	6. 最初と最後の頁 105821 ~ 105821
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.fishres.2020.105821	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 Hattori Kaoru, Kitakado Toshihide, Isono Takeomi, Yamamura Orio	4. 巻 46
2. 論文標題 Abundance Estimates of Steller Sea Lions (<i>Eumetopias jubatus</i>) Off the Western Coast of Hokkaido, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mammal Study	6. 最初と最後の頁 3-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3106/ms2020-0030	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 -
1. 著者名 Carvalho Felipe, Winker Henning, Courtney Dean, Kapur Maia, Kell Laurence, Cardinale Massimiliano, Schirripa Michael, Kitakado Toshihide, Yemane Dawit, Piner Kevin R., Maunder Mark N., Taylor Ian, Wetzel Chantel R., Doering Kathryn, Johnson Kelli F., Methot Richard D.	4. 巻 240
2. 論文標題 A cookbook for using model diagnostics in integrated stock assessments	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fisheries Research	6. 最初と最後の頁 105959 ~ 105959
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.fishres.2021.105959	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 Sharma Rishi, Levontin Polina, Kitakado Toshihide, Kell Laurence, Mosqueira Iago, Kimoto Ai, Scott Rob, Minte Vera Carolina, De Bruyn Paul, Ye Yimin, Kleineberg Jana, Walton Jo Lindsay, Miller Shana, Magnusson Arni	4. 巻 21
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 940 ~ 961
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 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 該当する

1. 著者名 Maunder Mark N., Thorson James T., Xu Haikun, Oliveros-Ramos Ricardo, Hoyle Simon D., Tremblay-Boyer Laura, Lee Hui Hua, Kai Mikihiro, Chang Shui-Kai, Kitakado Toshihide, Albertsen Christoffer M., Minte-Vera Carolina V., Lennert-Cody Cleridy E., Aires-da-Silva Alexandre M., Piner Kevin R.	4. 巻 229
2. 論文標題 The need for spatio-temporal modeling to determine catch-per-unit effort based indices of abundance and associated composition data for inclusion in stock assessment models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fisheries Research	6. 最初と最後の頁 105594 ~ 105594
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fishres.2020.105594	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 Hashimoto, Midori, Hideaki Kidokoro, Satoshi Suyama, Taiki Fuji, Hiroomi Miyamoto, Miyako Naya, Dharmamony Vijai, Yasuhiro Ueno and Toshihide Kitakado	4. 巻 86
2. 論文標題 Comparison of biomass estimates from multiple stratification approaches in a swept area method for Pacific saury Cololabis saira in the western North Pacific	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 445-456
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12562-020-01407-3	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 -

1. 著者名 Mark N. Maunder, James T. Thorson, Haikun Xu, Ricardo Oliveros-Ramos, Simon D. Hoyle, Laura Tremblay-Boyer, Hui Hua Lee, Mikihiro Kai, Shui-Kai Chang, Toshihide Kitakado, Christoffer Moesgaard Albertsen, Carolina V. Minte-Vera, Cleridy E. Lennert-Cody, Alexandre M. Aires-da-Silva, Kevin R. Piner	4. 巻 229
2. 論文標題 The need for spatio-temporal modeling to determine catch-per-unit effort based indices of abundance and associated composition data for inclusion in stock assessment models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fisheries Research	6. 最初と最後の頁 In press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fishres.2020.105594	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

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Toshihide Kitakado
2. 発表標題 Statistical modelling for spatio-temporal population mixture for marine mammal species
3. 学会等名 World Marine Mammal Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshihide Kitakado and Nicholas Ducharme-Barth
2. 発表標題 Some recent topics in CPUE standardization
3. 学会等名 Tuna Stock Assessment Good Practices Workshop (国際学会)
4. 発表年 2023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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------