東京都　沖ノ鳥島・南鳥島に関する研究調査事業
実施類型Ｂ実施機関　国立研究開発法人海洋研究開発機構

沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域における
好適漁場推定モデルを活用した漁場管理情報の創出

（令和５年度 成果報告書）

2024(令和 6)年２月

JAMSTEC 国立研究開発法人 海洋研究開発機構
Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

目次

１．報告内容の要旨 1
２．研究調査の概要 2
２．１　研究調査開始当初の背景及び課題 2
２．２　研究調査の目的 3
２．３　研究調査の達成目標・期待される効果 3
２．４　研究調査の実施体制 5
３．当年度の研究調査の実施内容 6
３．１　カツオハビタットモデルの構築 6
３．１．１　実施目的 6
３．１．２　実施方法 6
３．１．３　実施結果 6
３．１．４　考察 12
３．１．５　研究調査の成果、今後の課題・展望等 13
３．２　カツオ好適漁場推定・予測 13
３．２．１　実施目的 13
３．２．２　実施方法 13
３．２．３　実施結果 13
３．２．４　考察 15
３．２．５　研究調査の成果、今後の課題・展望等 16
３．３　キンメダイハビタットモデル構築 17
３．３．１　実施目的 17
３．３．２　実施方法 17
３．３．３　実施結果 17
３．３．４　考察 21
３．３．５　研究調査の成果、今後の課題・展望等 21
４．まとめ 22
５．資料 23
５．１　参考文献 23
５．２　資料 23

この報告書は、東京都が行う「沖ノ鳥島・南鳥島に関する研究調査事業」として決定された研究調査「沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域における好適漁場推定モデルを活用した漁場管理情報の創出」について今年度の実施内容を取りまとめたものです。

１．報告内容の要旨

本研究では、沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域における海洋生態系の保全・排他的経済水域（EEZ）管理・水産資源管理・効率的かつ持続的漁業のための生物分布量の把握と予測に資する科学的情報の創出のため、沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域の外洋性のカツオや深海性のキンメダイを対象に、好適な漁場を推定する手法を開発し好適漁場情報を創出することを目的とする。

そのために① 既存の海洋環境データとカツオの分布データを統合解析しハビタットモデルを構築（カツオハビタットモデル構築）、② 構築したハビタットモデルを数値シミュレーションによる海況予測データに適用して沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域におけるカツオの好適漁場の推定・予測（カツオ好適漁場推定・予測）、③ 好適漁場推定情報とカツオの分布データを対比させハビタットモデルの性能評価および改良（カツオモデル改良）、④ ハビタットモデルを分析しカツオの漁場形成要因の解析（カツオ漁場形成要因）、⑤ 既存漁獲データなど（伊豆諸島周辺海域）を用いたキンメダイのハビタットモデルを構築（キンメダイハビタットモデル構築）、⑥ 構築したハビタットモデルを数値シミュレーションによる海洋再解析・海況予測データに適用して沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域におけるキンメダイの潜在な漁場の推定・予測（キンメダイ潜在漁場推定・予測）に取り組む。2 年目となる令和 5（2023）年度は、③カツオハビタットモデルの改良、④カツオ漁場形成要因の解析、⑤キンメダイのハビタットモデル構築の 3 項目に取り組んだ。

③カツオハビタットモデルの改良では、2015-2018 年における MOVE/MRI.COM-JPN 再解析データ及び AIS 計測及び漁業調査指導船「たくなん」の調査によるカツオ漁場位置データを用いて、R4（2022）年度に試作したカツオのハビタットモデルに対して、いくつかの手法を適用することで改良を加え漁場推定精度を向上させた。④カツオ漁場形成要因の解析では、③で構築したカツオハビタットモデルから得られる結果を解析し、漁場形成要因を考察した。その結果、カツオ漁場と海洋環境との関係は、秋季～冬季における沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域の場合と夏季の三陸沖～黒潮親潮混合域の場合とで、その特性が顕著に異なることが明らかとなった。⑤キンメダイのハビタットモデル構築では、広範囲でのモデルを試行することで、おおむねの分布範囲を推定し、種別の分布傾向や海山地形との関係性が示された。

最終年度である R6（2024）年度は、カツオハビタットモデルについては、今年度の成果に基づき、カツオ漁場推定のための社会実装プロトタイプモデルを構築し、東京都島しょ農林水産総合センターで活用するための基盤整備を行うとともに、現場でのモデル性能実証試験を実施し、現場での活用に資する性能があることを実証する。さらに、今年度までに得られた知見に基づき、カツオ漁場の変動と海洋環境の変化の関係を解析し、カツオの漁場形成機構を明らかにすることを目指す。またキンメダイのハビタットモデルについては、解析範囲によって傾向が変わる点が種の特性に起因するのか、データの偏りに起因するのかについて、さらに、解析変数や解析の解像度について等の課題を検討することでモデル性能の向上を目指す。

２．研究調査の概要

２．１　研究調査開始当初の背景及び課題

人類の発展には海洋の保全と海洋からの持続的な生態系サービスの享受が欠かせない。日本は広大な排他的経済水域（EEZ）を有しており、同時に EEZ の状況を把握し管理する責務がある。なかでも東京都の沖ノ鳥島や南鳥島は EEZ 設定の重要な離島であるが、本州から遠距離に位置するため、これら離島周辺の海洋環境や生態系に関する科学的情報は極めて少ない。広大で深い海の環境データを網羅的に計測することは不可能であるが、最近の数理モデルやスーパーコンピュータの発展により、点在するデータから海洋環境を推定する技術が構築されている。同時に、生物の最適分布環境条件と照らし合わせながら、高精度に生物の分布も推定できるようになってきた。

沖ノ鳥島・南鳥島周辺には、カツオやキンメダイのように水産資源として有用な魚種も分布するが、漁獲対象としてのポテンシャルを示す科学的情報は発展途上である。海洋環境を保全しつつ食糧資源を獲得するには、海洋環境と生物分布量の把握と予測といった科学的情報の創出が不可欠である。そこで、本研究では既存のデータを活用して数理モデルやスーパーコンピュータによる解析を行うことで、実測されていない場所や時期における沖ノ鳥島・南鳥島周辺の海洋環境データと対比させながらカツオやキンメダイの分布を推定・予測することで、効率的・持続的な漁業および EEZ 管理に必要な科学的情報を創出することが、上記課題解決に有益である。

海洋における漁獲対象魚種の資源量や分布域は、海洋環境変動の影響を強く受けている。また、潮目やフロントなどの海洋現象が漁場形成に関わることは経験的に広く知られており、探索型漁業に携わる漁業者は、各自治体や漁業情報サービス会社から提供される様々な海況図と経験などに基づいて漁場探索を行っている。沖ノ鳥島・南鳥島周辺のように水揚げ漁港から遠距離にある場所で操業する場合、漁場探索で大きなコストとなる漁船の燃油消費を抑え収益確保を図る必要があるが、高精度な海洋環境情報が欠落しており、沖ノ鳥島・南鳥島周辺では漁場探索が非効率となる。そこで、高精度な漁場推定情報を基にした操業コストを抑えたスマート漁業化は喫緊の課題である。また、新規漁場の開拓や水産資源管理の観点からも、高精度な漁場推定情報のもとに効率的に調査を行い漁場開拓や資源管理につなげることが肝要である。

近年ではハビタットモデルを用いて好適漁場の推定ができるようになってきている。ハビタットモデルとは、対象魚種の地理的分布に影響を与えている環境要因と対象魚種との統計関係を数式化し、その生息に好適な海域を推定する統計モデルであり漁場推定に有効なツールである。海面水温などの海洋環境データと漁獲・漁場位置データとの統計解析から魚種ごとの好適生息環境（ハビタット）を推定することで、ある程度の精度を持った漁場推定ができる。漁業の効率化、新規漁場開拓、水産資源管理にはハビタットモデルによる好適漁場推定情報を活用することは有効な手段の一つであり、現在も研究が進められ北太平洋のアカイカ漁業などで実利用され始めている。しかし、沖ノ鳥島・南鳥島周辺の外洋性のカツオや深

海性のキンメダイでは、好適漁場推定ができておらず、主にこれら２種を対象にしたハビタットモデルによる好適漁場推定を行うことで、漁業の効率化、新規漁場開拓、水産資源管理に有益な情報を提供することができる。さらに、EEZ 設定における重要な離島である沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域の管理を推進するために、並行して海洋環境や生態系に関する科学的情報の創出も求められている。

本研究は３カ年計画であるが、研究終了後も本研究で得られるノウハウは継続的に活用されることが求められると思われ、ノウハウをベンチャー企業や東京都の水産研究機関等に移転することも視野に入れることが肝要である。

なお、本研究の提案者らは、これまでにアカイカやカツオを対象に日々の漁場推定が可能な高精度ハビタットモデル構築に成功し漁場形成要因を明らかにしてきた。この成果を、独自に開発した海況予測モデルに適用して好適漁場予測を行い漁業者に情報配信して実利用につなげた実績がある。さらに好適漁場推定モデル開発に必要な海洋環境・予測データセットやそれを創出するための海況予測モデル、さらに地球シミュレータ（スーパーコンピュータ）を含む大型コンピュータを有していることから、海洋研究開発機構のファシリティを活用することにより、効率的に本研究を実行できる。

２．２　研究調査の目的

本研究は、沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域の外洋性のカツオや深海性のキンメダイを対象に、好適な漁場を推定する手法を開発し好適漁場情報を創出することを目的とする。そのために、① 既存の海洋環境データとカツオの分布データを統合解析しハビタットモデルを構築（カツオハビタットモデル構築）、② 構築したハビタットモデルを数値シミュレーションによる海況予測データに適用して沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域におけるカツオの好適漁場の推定・予測（カツオ好適漁場推定・予測）、③ 好適漁場推定情報とカツオの分布データを対比させハビタットモデルの性能評価および改良（カツオモデル改良）、④ ハビタットモデルを分析しカツオの漁場形成要因の解析（カツオ漁場形成要因）、⑤ 既存漁獲データなど（伊豆諸島周辺海域）を用いたキンメダイのハビタットモデルを構築（キンメダイハビタットモデル構築）、⑥ 構築したハビタットモデルを数値シミュレーションによる海洋再解析・海況予測データに適用して沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域におけるキンメダイの潜在な漁場の推定・予測（キンメダイ潜在漁場推定・予測）に取り組む。

２．３　研究調査の達成目標・期待される効果

【達成目標】本研究は、沖ノ鳥島・南鳥島周辺の海域を対象に、数理モデルによる解析を行うことで海洋環境データと対比させながらカツオやキンメダイの分布を推定・予測し、効率的かつ持続的な漁業および EEZ 管理に資する科学的情報を創出することを達成目標とする。そのための個別目標は、① カツオハビタットモデル構築：カツオの好適漁場推定・予測に使えるハビタットモデルを構築すること、② カツオ好適漁場推定・予測：構築したハビタット

モデルでカツオの好適漁場の推定・予測をできるようにすること、③ カツオモデル改良：カツオのハビタットモデルを高精度にすること、④ カツオ漁場形成要因：カツオの漁場形成要因を明らかにすること、⑤ キンメダイハビタットモデル構築：キンメダイの潜在な漁場の推定・予測に使えるハビタットモデルを構築すること、⑥ キンメダイ潜在漁場推定・予測：キンメダイの潜在な漁場の推定・予測をできるようにすることとする。

本研究では、沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域において高精度なカツオの漁場推定・予測図を現業的に作成できるツールを構築する。また、キンメダイについては、未開拓領域における潜在的な漁場推定マップを作成できるハビタットモデルを構築することにより、新規漁業資源の開発に貢献する情報創生を目指す。さらに、これらのノウハウをベンチャー企業や東京都の水産研究機関等に移転することも目標の一つとなる。

【期待される効果】

〇効率的な漁業の展開

本研究で得られる沖ノ鳥島周辺海域におけるカツオのハビタットモデルを海況モデルプロダクトに適用することで、数日先のカツオの漁場予測が可能となる。この予測とこれまでに得られた漁業者等の経験知を併用し、より正確な漁場の予測ができるようになり漁場探索で大きなコストとなる漁船の燃油消費を抑え効率的な漁業が推進される。また、ハビタットモデル解析から得られる情報からカツオの好適漁場形成メカニズムを明らかにすることができ、他海域への展開も期待できる。

キンメダイについても、伊豆諸島周辺海域やデータベース（OBIS（Ocean Biodiversity Information System※3）、BISMaL（Biological Information System for Marine Life※4）など）における既存漁獲・分布データからハビタットモデルを構築して、これを沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域の海洋環境データに適用することで、潜在的なキンメダイ漁場を推定し可視化できる。そして、東京都におけるカツオ・キンメダイ漁業の効率化や新規漁場の開拓に貢献できるとともに、操業計画の最適化により漁業者の QOL(Quality Of Life)の向上につながることが期待できる。

〇持続的な漁業の展開

本研究で得られるカツオの好適漁場推定やキンメダイ漁場推定には、いつ、どこに、どれだけの対象種が分布していそうかといった定量的な情報も含まれる。持続的な漁業には、資源を保全しながら漁獲量を制御しなくてはならない。本研究の成果は、東京都の水産資源管理政策に対して基礎データを提供でき、さらに他海域や他種へ適用することで持続的な漁業と食糧資源の享受に貢献できる。

〇EEZ の保全と管理

沿岸国は、自国の EEZ を管理することが重要であり、そのためには EEZ の環境や生物多様性等をモニタリングし変動を把握することが求められる。しかしながら、沖ノ鳥島・南鳥

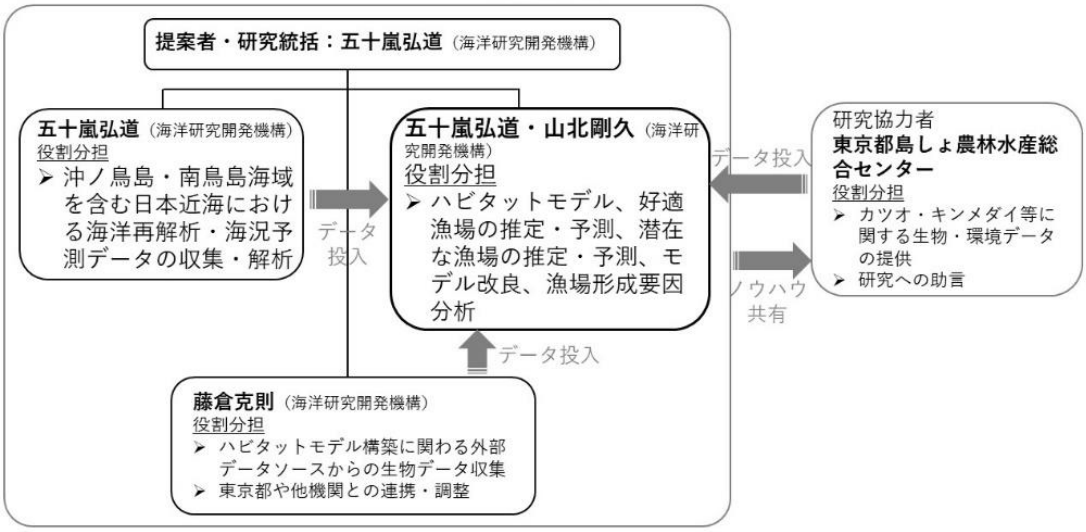
島を基点とした EEZ は広大で水深も深く常時計測しながらモニタリングすることは現実的ではない。

本研究では、実測できない場所や時期における海洋環境データを高精度に推定できるようになる。また、カツオやキンメダイといった限られた種のみであるが、生物多様性情報も創出できる。研究終了後も、本研究のノウハウを用いることで、EEZ の環境や生物多様性をモニタリングしている状況を生み出すことができ、東京都から発信されるデータは EEZ の保全と管理の情報に活用できると期待できる。

２．４　研究調査の実施体制

研究全体の統括は、五十嵐弘道（海洋研究開発機構）が担当する。ハビタットモデル構築及びこれを用いた漁場推定・予測に必要な沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域における海洋環境データの収集・解析は五十嵐弘道（海洋研究開発機構）が担当する。東京都が保有するカツオ・キンメダイ及びその漁場環境に関する観測データは東京都島しょ農林水産総合センター等から提供を受ける（提供可能であることを事前に相談済み）とともに、これを含んだカツオ・キンメダイの漁獲情報の収集及び統合解析によるハビタットモデル構築とその性能評価、漁場形成要因の解明については五十嵐弘道及び山北剛久（海洋研究開発機構）が共同で行う。国内外のプロジェクトや外部機関が保有する生物情報の収集や関係機関との調整は藤倉克則（海洋研究開発機構）が担当する。最終プロダクトとなる実装化プロトタイプの構築については五十嵐・山北が実施する。

沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域における好適漁場推定モデルを活用した漁場管理情報の創出
研究体制



３．当年度の研究調査の実施内容

３．１　カツオハビタットモデルの改良

３．１．１　実施目的

昨年度構築したハビタットモデルにより得られた好適漁場推定情報とカツオの分布データを対比させることでハビタットモデルの性能評価を行うとともにモデルに改良を加えて高精度化する。

３．１．２　実施方法

海洋研究開発機構で既に入手済みの海洋環境データに加えて東京都島しょ農林水産総合センター等からカツオ漁場推定モデル構築に使用する海洋環境データ及び生物関連データを追加収集した。AIS 漁船位置データについても追加した。海洋環境変数・機械学習アルゴリズム・漁場データの組合せ等を検討し最適な選択を行うことで、ハビタットモデルに改良を加えて高精度化を図った。計算は海洋研究開発機構の計算サーバで実行した。

３．１．３　実施結果

【データ収集】

カツオのハビタットモデル構築に必要な海洋環境データ及びカツオ漁場データを収集した。

海洋環境データについては昨年度収集した、気象研究所が作成した日本沿岸海洋再解析データセット MOVE/MRI.COM-JPN※1、気象庁の現業解析値である日本沿岸海況監視予測システム GPV の 2 種類のデータセットの収集に加えて、海洋研究開発機構と気象研究所との共同で現在作成中の日本沿岸海洋再解析データセット FORA-JPN60（仮称）の特性を調査した。それぞれのデータ特性について表 1 に示す。

表 1. 海洋環境データセットの特性

	FORA-JPN60（仮称）	MOVE/MRI.COM-JPN	日本沿岸海況監視予測システム GPV
水平解像度	1/33°×1/50°（約 2 km）	1/33°×1/50°（約 2 km）	1/33°×1/50°（約 2 km）
対象領域	117E-160E、 20N-52N	117E-160E、 20N-52N	117E-160E、 20N-52N
期間	1960/1/1-2020/12/31	2008/01/01-2019/12/31	2020/10/1-現在運用中

この 3 種類のデータセットは、いずれも気象研究所が開発した海況モデル MRI.COM 及び四次元変分法データ同化システム MOVE-4DVAR を用いて作成されており、相互の親和性が高いデータセットとなっている。本研究でカツオのハビタットモデルを構築するために、今年度使用する海洋環境データとしては、水平解像度が約 2 km と高解像度で、かつカツオ漁場データの取得期間とよく一致している MOVE/MRI.COM-JPN 再解析データを採用した。ただし、モデルの対象領域の南限が 20°N となってしまっており沖ノ鳥島の EEZ をカバーすることができないため、MOVE/MRI.COM-JPN 再解析の中間生成物である NP 再解析値で 15-20°N の領域を補う事とし

た。なお、FORA-JPN60（仮称）については、MOVE/MRI.COM-JPN と全く同じデータ同化システムを用いて作成した 1960-2020 年の長期再解析データであり、2024 年 3 月に計算が終了する予定で、本事業で先行的に利用できるよう調整を進めている。表 1 の 3 種類のデータは同一のデータ同化システムによるプロダクトであり、特に 2020 年 1-9 月がこれまで再解析データが存在しない期間となっていたため、この部分を FOR A-JPN60 で補うことにより、解析期間を大幅に伸ばすことができる。さらに 1960 年代までの遡りも可能である。

カツオ漁場データについても、昨年に引き続き、複数の情報源から取得したデータを統合することでカツオ漁場データセットを作成した。まず第 1 の情報源として、国際的な海洋生物多様性データベースである OBIS（Ocean Biodiversity Information System※2）より、カツオの出現データを抽出し取得した。次に、日本のカツオ漁船の漁場を抽出するための手段として自動船舶識別装置(Automatic Identification System: AIS)の受信記録からカツオ漁船の位置を特定し、さらに行動解析を行うことで各カツオ漁船の操業位置を推定し、その位置及び時刻をカツオ漁場データとして取得した。水産庁が公表している遠洋かつお・まぐろ漁業許可船名簿に掲載されている 300 t 以上の漁船を抽出対象とした。AIS データは昨年度までに 2015-2021 年のデータを収集済みであったが、今年度更に 2022-2023 年データを収集し、2015-2023 年データとして拡充した。さらに第 3 の情報源として、本研究の研究協力者である東京都島しょ農林水産総合センターが所有する漁業調査指導船「たくなん」が過去に実施してきたカツオ調査データを取り込んだ。このうちカツオの漁獲が観測された地点を漁場として抽出した。

これらのデータを、ハビタットモデルを構築するための入力データとして使用した。なお、今年度に改良を行ったカツオ漁場推定モデルとしては、改良前後のモデル性能比較を実施する必要から、昨年度と同様に 2015-2018 年の 4 年間のデータを解析対象とし、AIS によるカツオ漁場位置及び漁業調査指導船「たくなん」の調査データを用いた。

さらに、後述のハビタットモデル改良で新たに使用する環境変数データとして、海底地形データ ETOPO60 を入手した。これはアメリカ海洋大気庁 NOAA でアーカイブされている海底地形データであり、全球の水深を 1/60 度の解像度でカバーしているデータである※3。

【ハビタットモデル改良】

昨年度に試作したカツオのハビタットモデルをベースとして、漁場推定精度の向上を図るための改良を行った。モデル構築に使用したデータは、2015-2018 年における MOVE/MRI.COM-JPN 再解析データ（15-20°N の NP 再解析を含む）及び AIS によるカツオ漁場位置及び漁業調査指導船「たくなん」の調査データである。また、ハビタットモデルの作成に利用した機械学習アルゴリズムも昨年度に引き続き MAXENT を使用した（参考資料 1）。MAXENT は、機械学習モデルの一つで不完全な観測情報下でエントロピーを最大化することで対象魚種の存在可能性分布を推定することができるモデルであり(Phillips et al., 2006)、「魚が獲れた」という情報を持つ漁場位置データ（“在データ”）のみを用いて対象魚種の好適生息域が高精度で推定できるという利点を持つ。

以下の 3 つの点についてモデル改変を検討し、うち 2 つについて昨年度に得られたモデル性能との比較を行うことで推定精度の向上性を確認した。

① モデル構築に使用する入力データの拡張

② 通年モデルの各月ごとへの分割

③ モデル構築に使用する海洋環境変数の再検討と拡充

まず①については、一般的な機械学習モデルの特性として、モデル構築に使用する入力データを拡張して学習量を増やすことにより推定精度は向上する傾向にある（ただし、過学習による性能劣化については考慮する必要がある）。MAXENT も機械学習アルゴリズムの一つであり、入力データの期間を延ばしてデータ量を増やすことでモデル精度の向上が見込めると考えられる。昨年度構築したカツオのハビタットモデルには 2015-2018 年のデータを使用して構築しており、これをさらにアップデートしてデータ拡張することによりモデル精度の向上が期待できるが、前述の通り海洋環境データが 2020 年 1-9 月で空白期間となっている。しかし FORP-JPN60（仮称）が完成することでこの期間のデータが入手できればハビタットモデル構築に使用するデータの拡充を図ることができ、FORP-JPN60（仮称）のリリースを待ってデータ拡充を図る予定である。

次に②について、昨年度構築したカツオのハビタットモデルは、2015-2018 年のデータを使用して 1-12 月の全てについてカツオの回遊を表現できる単一のモデルを構築した。

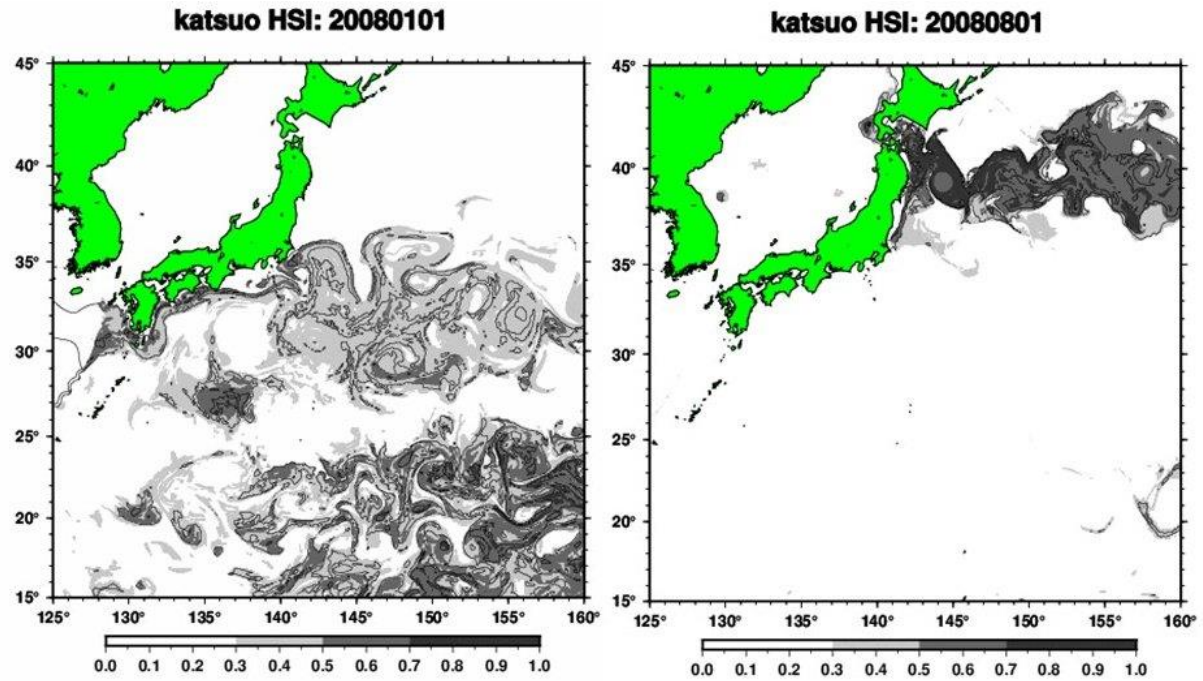


図 1．ハビタットモデルによるカツオ漁場推定図．白黒の濃淡がカツオの HSI を示す．
（左）2008 年 1 月 1 日、（右）2008 年 8 月 1 日の事例。
（注：漁場推定は 2008-2019 年について、昨年度中に実施したものである。）

カツオは 1 年を通じて広範囲に回遊を行う魚種であることが知られており、海洋環境とカツオのハビタットの関係は、季節ごと・海域ごとに異なることが想定される。

図 1 には昨年度構築したハビタットモデルにより推定したカツオの漁場マップを示したが、沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域に漁場が形成される 1 月頃（図 1.左）は、黒潮の南側の広範囲にわたって漁場が形成されているのに対して、同年の 8 月頃（図 1.右）は、三陸東岸の黒潮親潮混合域で東西に帯状に漁場が形成されている様子が見られており、2 つの月における海洋環境そのものがかなり異なっていると考えられる。このような季節による海洋環境の差異を区別できるモデル構築を行うため、今年度は、MAXENT に投入する海洋環境データ及びカツオ漁場データを月別に分割して月ごとのモデルを構築して性能評価を行い、昨年度構築したハビタットモデルとの性能比較を行った。具体的には、昨年度モデル構築に使用した 2015-2018 年のデータについて、当該月を含む前後 3 カ月間（1 月の場合は 12 月～2 月の 3 カ月間）のデータのみを使用して各月毎のモデルを 12 セット構築した。MAXENT モデルの性能評価については、昨年と同様に AUC を用いた。AUC(Area Under the Curve)は、モデルによる好適度の判定がどの程度有用であるかを可視化した ROC(Receiver Operating Characteristic)曲線を数値化した指数であり、0.5 から 1 までの値を取り 1 に近いほどモデル性能が良いことを示す指標である（R4 年度報告書及び巻末の参考資料 2 を参照）。

上記の方法により、月ごとに構築したカツオハビタットモデルの AUC を図 2 に示す。構築したモデルのうち、8 月のモデルの AUC が最も高く（AUC＝0.911）、3 月のモデルが最も低い値（AUC＝0.864）を示した。季節変化の傾向として、冬季～春季と比較して夏季～秋季の AUC が高くなっている。これは夏季～秋季の漁場が三陸沖の黒潮親潮混合域に限定されるのに対して、冬季～春季は漁場の候補となる領域が広範囲に広がることが原因であると考えられる。しかしながら、昨年度に構築した通年のカツオハビタットモデルの AUC＝0.846 であり、これと各月の AUC を比較すると、最も値が低い 3 月のモデルにおいても、通年モデルの AUC を上回っていることから、月別のモデルを構築して季節と海域を限定することでカツオの漁場推定精度を向上できたと考えられる。

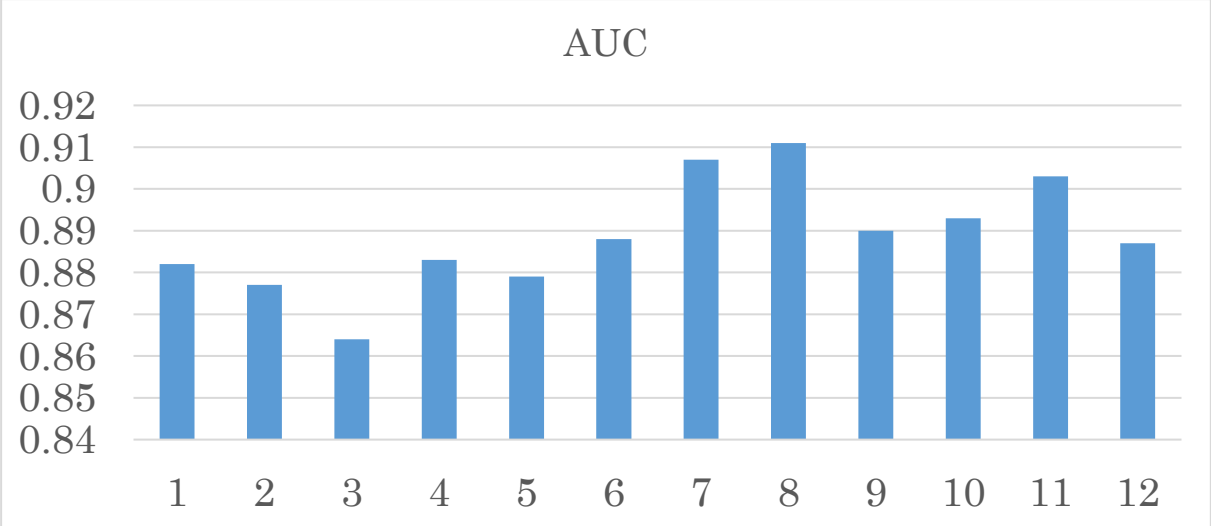


図 2. 各月ごとに構築したカツオハビタットモデルの AUC.横軸は月、縦軸は AUC を示す.

最後に③について、昨年度構築したカツオのハビタットモデルでは、入力に使用する MOVE/MRI.COM-JPN 再解析データの海洋環境変数として、海面高度に加えて海表面・50 m 深・100 m 深・200 m 深の 4 深度における水温及び塩分の合計 9 変数を使用した。本年度は、これを拡充するための環境変数として、スカラー流速（海表面・50 m 深・100 m 深・200 m 深の 4 深度）、海表面の収束発散、海底地形の 3 種類 6 変数を新たに導入し、その導入の効果について評価した。

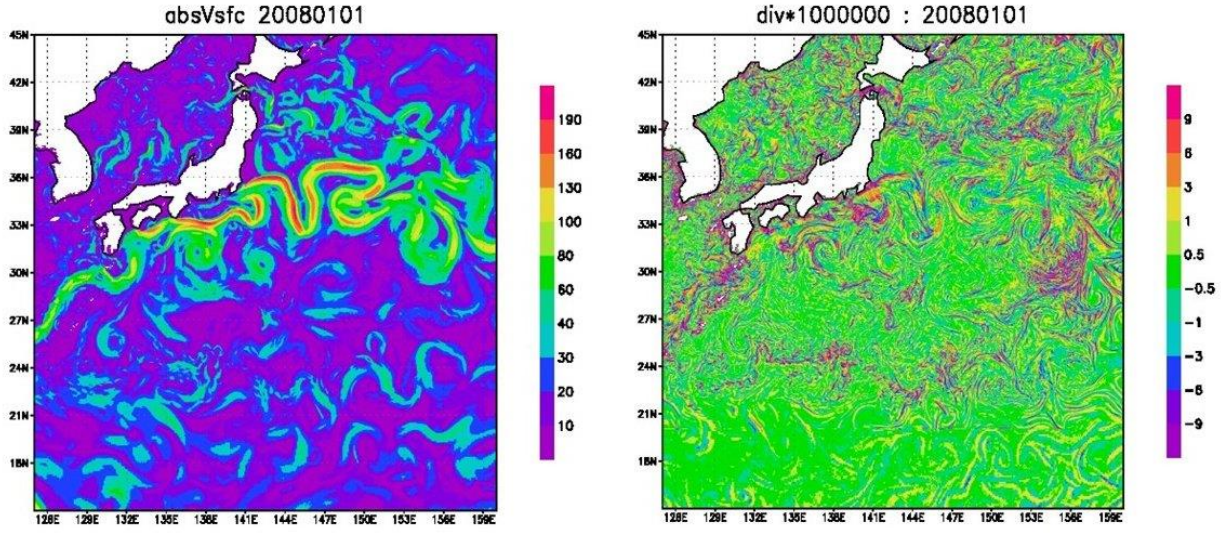


図 3. 海表面のスカラー流速（単位：cm/s）（左）及び海表面の収束発散(単位：＊10^{-6} s^{-1})（右）分布図. どちらも 2008 年 1 月 1 日の事例。

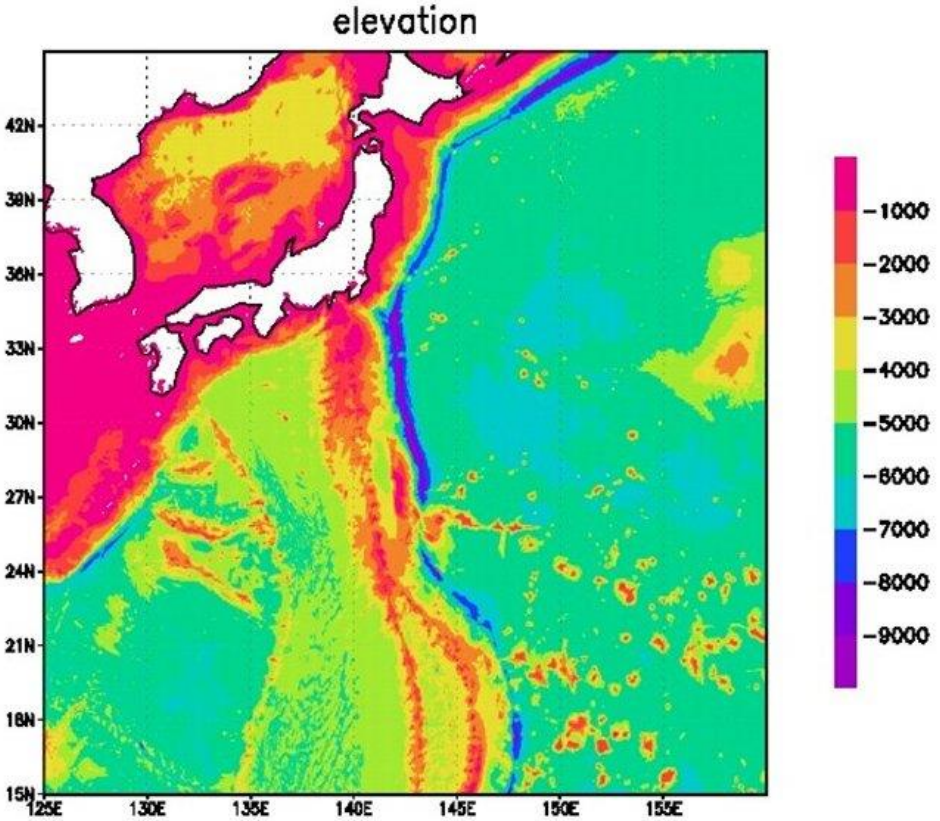


図 4. ETOPO60 による海底地形図（単位：m）。

図 3 に海表面のスカラー流速及び海表面の収束発散分布の事例、図 4 に海底地形図を示す。海表面のスカラー流速分布は黒潮を中心とする海流の強度と位置を示しており、蛇行状態や渦の状況を得ることができる。海表面の収束発散は各領域での海水の集まり具合の指標であり、発散場（図 3 右の赤領域）では湧昇流、収束場（図 3 右の青領域）では下降流が生じていると考えられる。これに海底地形を加えて、計 15 の環境変数を用いてカツオのハビタットモデルを再構築した。

以下に再構築したカツオハビタットモデルの性能について記述する。図 5 は、構築したカツオハビタットモデルの ROC 曲線及び AUC を示したものである（R4 年度報告書及び参考資料 2 参照）。

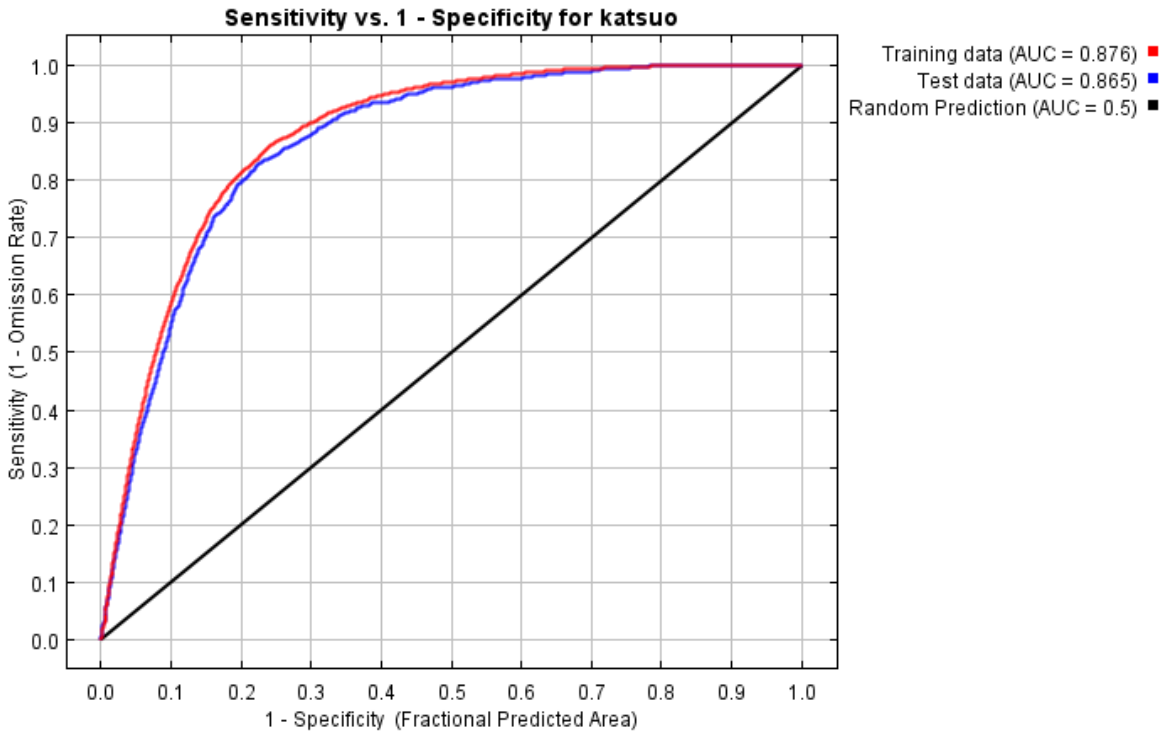


図 5.再構築したカツオハビタットモデルの ROC 曲線及び AUC。

再構築した 15 変数のハビタットモデルの AUC＝0.865 に対して、昨年度構築した 9 変数のハビタットモデルの AUC＝0.846 であり、再構築したハビタットモデルの方が高い AUC を示しており、推定精度の向上が見られる。さらに再構築したハビタットモデルに使用した各変数の貢献度及び Permutation Importance（PI）を表 1 に示す。貢献度及び PI どちらの指標も値が大きいほどその変数がモデル性能に対して重要であることを示しているが、新たに導入した 6 変数のうち、海底地形（etopo）の貢献度が 20.5%で全変数の 2 番目に貢献度が高いことが示されている。これに対して、海表面の収束発散（div）は 0.7%の貢献度、スカラー流速は最も貢献度の高い 200 m 深(scv4)でも 4.1%の貢献度であり、その効果は限定的である。従ってモデル再構築については、海底地形（etopo）を新たに導入することで効果的にモデル性能を向上できると考えられる。

表 1. 再構築したカツオハビタットモデルに使用した海洋環境変数の統計的貢献度及び Permutation Importance. 変数は海面高度(ssh)、 海面水温(t1)、 50 m 深水温(t2)、 100 m 深水温(t3)、 200 m 深水温(t4)、 海面塩分(s1)、 50 m 深塩分(s2)、 100 m 深塩分(s3)、 200 m 深塩分(s4)、 海面スカラー流速(scv1)、 50 m 深スカラー流速(scv2)、 100 m 深スカラー流速(scv3)、 200 m 深スカラー流速(scv4)、 海表面収束発散(div)、 海底地形(etopo)を示す。

Variable	Percent contribution	Permutation importance
t1	36.9	42.1
etopo	20.5	7.9
s4	9.1	3.5
t2	7.9	19.9
s3	7.8	6.1
t4	4.8	8.8
scv4	4.1	2.1
ssh	2.9	3.4
t3	2.6	3.2
s1	1.4	1.8
div	0.7	0.1
scv1	0.5	0.6
s2	0.4	0.4
scv3	0.3	0.1
scv2	0.1	0.1

３．１．４　考察

今年度は、昨年度に試作したカツオハビタットモデルについて、以下の 3 つの点についてモデル改変を検討した。

① モデル構築に使用する入力データの拡張
② 通年モデルの各月ごとへの分割
③ モデル構築に使用する海洋環境変数の再検討と拡充

このうち、①については、FORP-JPN60（仮称）の完成を待って、データ空白期間の 2020 年 1-9 月のデータを入手し、現在モデル構築に用いている 2015-2018 年の入力データを拡充す

ることでモデルによる推定精度の向上が期待できる。また②については、通年モデルを季節分割して月別のモデルを構築し季節と海域を限定することでカツオの漁場推定精度を向上させることができることを示すことができたので、次年度に構築する社会実装プロトタイプモデルとしては本手法を導入することにより高精度の漁場推定を実現できると考えられる。さらに③については、海底地形（etopo）の導入により顕著なモデル性能の向上が見られたことから、これについても社会実装プロトタイプモデルに反映することで漁場推定精度向上につながると考えられる。

３．１．５　研究調査の成果（達成目標に対する到達度）、今後の課題・展望等

本研究では、2015-2018 年における MOVE/MRI.COM-JPN 再解析データ及び AIS 計測及び漁業調査指導船「たくなん」の調査によるカツオ漁場位置データを用いて、R4 年度に試作した沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域を含む日本近海におけるカツオのハビタットモデルに対していくつかの改変を加えることでモデルによる推定精度の向上を図った。その結果として、ハビタットモデルの季節分割と海底地形データの導入により、顕著な漁場推定精度の向上を確認することができた。最終年度である R6（2025）年度は、これらを反映した社会実装プロトタイプモデルを構築して漁期における実証試験を実施し、現場での有効性を確認するとともに、今年度得られた知見に基づきカツオの漁場形成メカニズムの解明に取り組む。

３．２　カツオ漁場形成要因の解析

３．２．１　実施目的

構築したカツオのハビタットモデルから得られる結果を解析することで、カツオの漁場形成要因を明らかにする。

３．２．２　実施方法

海洋再解析データ MOVE/MRI.COM-JPN の各海洋環境データを使用した。構築したカツオのハビタットモデルについて、各環境変数のカツオ漁場形成への貢献度を評価するすることで漁場形成要因について考察した。計算は海洋研究開発機構の計算サーバで実行した。

３．２．３　実施結果

「3.1.カツオハビタットモデルの改良」で再構築した、MAXENT によるカツオハビタットモデルについて、モデル構築の結果得られた情報からカツオ漁場の形成要因について解析した。

「3.1.3　実施結果」【ハビタットモデル改良】で検討した 3 つの項目のうち、
②通年モデルの各月ごとへの分割で構築した月別モデルについて、モデル構築に使用した各変数の貢献度の季節推移について検証した。図 6 にモデル構築に使用した 9 変数の月ごとの貢献度の推移を示した。比較のため、昨年度試作した通年モデルの結果を表 2 に示す。

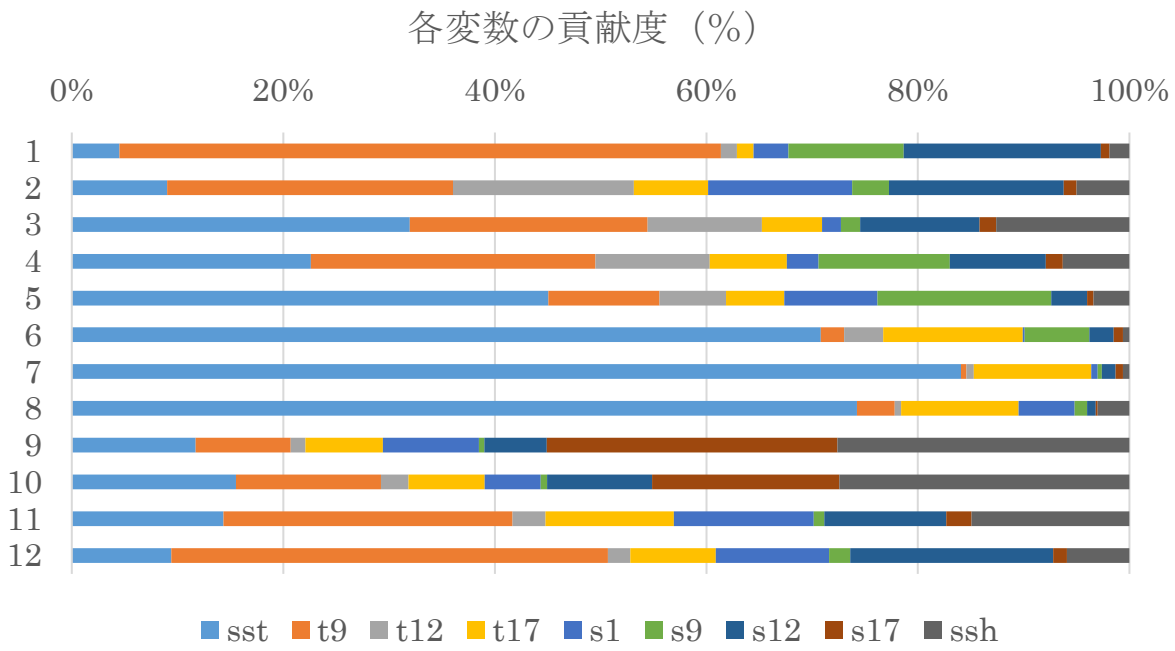


図6. 月ごとに構築したカツオハビタットモデルに使用した海洋環境変数の統計的貢献度. 変数は海面高度(ssh)、 海面水温(sst)、 50 m 深水温(t9)、 100 m 深水温(t12)、 200 m 深水温(t17)、 海面塩分(s1)、 50 m 深塩分(s9)、 100 m 深塩分(s12)、 200 m 深塩分(s17)を示す。各棒線が各月の貢献度を示し、左側の数字が 1-12 月を示す。

表 2.　R4 年度に試作した通年のカツオハビタットモデル構築に使用した海洋環境変数の統計的貢献度及び Permutation Importance. 変数は海面高度(ssh)、 海面水温(t1)、 50 m 深水温(t2)、 100 m 深水温(t3)、 200 m 深水温(t4)、 海面塩分(s1)、 50 m 深塩分(s2)、 100 m 深塩分(s3)、 200 m 深塩分(s4)を示す. (R4 年度報告書より)

Variable	Percent contribution	Permutation importance
t1	49.3	44.8
t2	12.5	22.9
s3	11.2	6.8
t4	8	10.9
s4	6.5	3
ssh	4.8	5.1
t3	3.6	3.1
s1	2.6	2.9
s2	1.4	0.4

表 2 の通年モデルの結果を見ると、海面水温データのモデルへの貢献度が 49.3%であり、漁場推定に対する圧倒的な重要度を示しているが、これを季節別にみると、貢献度の度合いが季節によりかなり異なっていることが示されている。図 6 では、6-8 月における海面水温データのモデルへの貢献度が非常に高く、特に 7 月は海面水温データの貢献度が 84%となっており海面水温データだけで漁場探索が可能であることを示している。一方で 1-2 月及び 9-12 月は、海面水温データの貢献度は相対的に低い値を示しており、50 m 深水温など亜表層の水温・塩分の貢献度が高くなっている。

「3.1.3　実施結果」【ハビタットモデル改良】で検討した 3 つの項目のうち、③モデル構築に使用する海洋環境変数の再検討と拡充の検討結果として得られた、海底地形データ導入の効果について検証する。図 7 に、3.1.3 の③で再構築した 15 変数によるカツオハビタットモデルで得られた海底地形（水深）のカツオ漁場位置に対するレスポンス曲線を示す。この図から、カツオの漁場形成に対しては水深 1500 m 以下の比較的浅い海域と水深 5000-6000 m の海溝を含まない比較的深い海域の 2 種類の海域とカツオの漁場形成が関係していることが示されている。一方で水深 1500-5000 m の海域（図 4 のオレンジ～黄緑の海域）では、相対的にカツオ漁場が形成されにくい傾向にあることが示された。

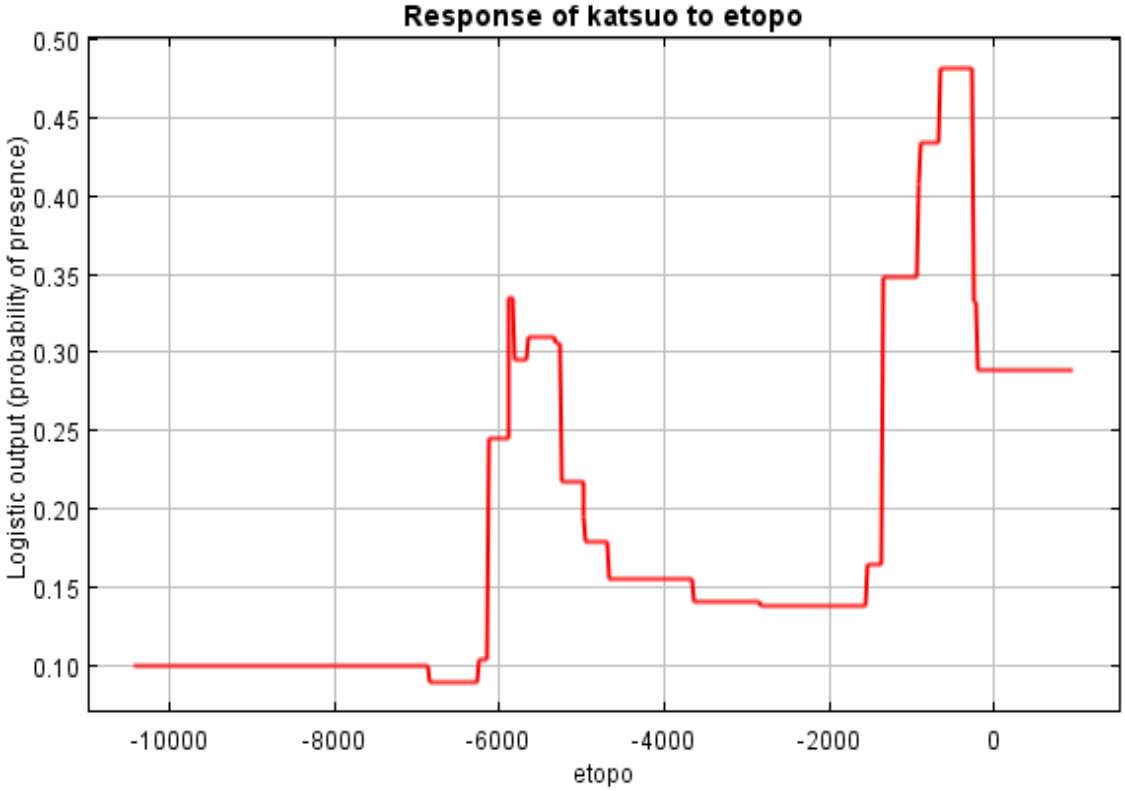


図 7. R5（2023）年度に再構築した 15 変数によるカツオハビタットモデルについて、海底地形(水深)のカツオ漁場位置に対するレスポンス曲線. 縦軸が HSI(Habitat Suitability Index)、横軸が水深（m）を示す。

３．２．４　考察

「3.1.3　実施結果」【ハビタットモデル改良】で検討した②通年モデルの各月ごとへの分割で構築した月別モデルについて、各変数の貢献度を季節別にみると（図 6）、6-8 月の夏季における海面水温データのモデルへの貢献度が非常に高くなっているのに対して、1-2 月及び 9-12 月の秋季～冬季においては海面水温データの貢献度は相対的に低い値を示しており、50 m 深水温など亜表層の水温・塩分の貢献度が高くなっていることが示された。夏季にカツオ漁場が形成されるのは三陸沖から黒潮親潮混合域を中心とする東西に帯状の海域となっており、南北方向への広がりは比較的狭い特徴がある。この海域におけるカツオの漁場形成にとっては海面水温の影響が支配的という特徴が顕著にみられた。これに対して、沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域を含む黒潮以南で漁場が形成される秋季～冬季においては、海面の環境よりも亜表層における水温・塩分環境の方が相対的に重要であることがモデル結果から示されている。カツオの北上回遊について、20-30N の領域ではカツオは亜表層を移動していることが多いという報告があり、過去の知見と今回の解析結果は整合的である。沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域におけるカツオの漁場形成にとって亜表層の環境が重要であることが示されたことで、亜表層の環境を把握できる海況予測モデルを活用したハビタットモデルの構築が漁場推定精度の向上に重要であることが示された。

「3.1.3　実施結果」【ハビタットモデル改良】で検討した③モデル構築に使用する海洋環境変数の再検討と拡充の検討結果として得られた、海底地形データ導入の効果については、カツオの漁場形成が海底地形に対応して選択的に行われていることを示唆する結果が得られた。これについても、20-30N の領域におけるカツオの北上回遊経路にいくつかのパターンが存在するという過去の知見と合わせていくことで、カツオの回遊経路の解明につながる可能性がある。

３．２．５　研究調査の成果（達成目標に対する到達度）、今後の課題・展望等

本研究では、「3.1.カツオハビタットモデルの改良」で再構築した MAXENT によるカツオハビタットモデルから得られる結果について解析を行い、カツオの漁場形成と海洋環境との関係について把握することで漁場形成要因についての考察を行った。その結果、カツオ漁場と海洋環境との関係は、秋季～冬季における沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域の場合と下記の三陸沖～黒潮親潮混合域の場合とで、その特性が顕著に異なることが明らかとなった。最終年度となる R6(2025）年度は、このようなカツオ漁場の変動がどのような海洋環境の変化に対応して起こっているかを明らかにすることで、カツオの漁場形成機構を明らかにする。

３．３　キンメダイハビタットモデル構築

３．３．１　実施目的

既存漁獲データなど（伊豆諸島周辺海域）を用いたキンメダイのハビタットモデルを構築する。

３．３．２　実施方法

海洋研究開発機構で既に入手済みの海洋環境データ・深海映像データ等からキンメダイ漁場推定モデル構築に使用する海洋環境データ及び生物関連データを収集した。機械学習アルゴリズムに対して海洋環境データと漁場データを入力値として使用することでハビタットモデルを試作した。計算は海洋研究開発機構の計算サーバで実行した。

３．３．３　実施結果

【データ収集】

ハビタットモデル構築に必要なデータとして、新たな海洋環境データ及び潜水調査船や無人探査機 ROV の潜航映像からのキンメダイの分布データの収集を行った。

海洋環境データについては、昨年度利用した、Mean Annual Sea Surface Temperature 2003-2007 (2008)から、気象庁気象研究所によって開発された海洋モデル・データ同化システムによる水平解像度約 2 km 日本沿岸海洋再解析データセット「MOVE/MRI.COM-JPN Dataset」の海底水温について 2008 年から 2012 年の月平均値を平均処理した気候値データに更新した。また、新たに、BIORACLE から、各種の海洋環境の広域データを収集し、値を解析解像度まで内挿して整備した。

海底地形については、昨年度利用した、ETOPO_2022_v1_60s のほかに、あらたに ETOPO_2022_v1_15s を利用して、解像度が異なるものを複数作成した上で、それぞれの解像度での地形の傾きおよび地形上の位置の指標（TPI）を計算した。

キンメダイの位置情報については昨年度利用した OBIS からの種ごとの分布データは利用せずに、昨年度文献から抽出したキンメダイの位置、漁場データおよび、今年度に潜航映像から抽出したデータを利用した（図８）。

伊豆小笠原周辺の潜航映像およそ 100 潜航を収集し、そのうち利用に適した 60 潜航の映像からキンメダイの抽出を実施した。その結果、約 10 潜航で出現が記録された。出現数は 1 潜航（3－5 時間前後）あたり数個体であった。映像は解像度が荒いものや撮影時に暗いもの、対象生物が遠いものなどが多くみられたため、種までは同定困難であった。そのためキンメダイ類として 3 種を区別せず扱った（協力、琉球大学 小枝 圭太）。

【ハビタットモデル改良】

キンメダイ類の分布の適地の推定を行うにあたり、対象とする範囲を昨年の北西太平洋と世界全体から狭め、日本の房総半島より西側の範囲に設定した。分布を規定する変数としては、複数検討したのち、共線性や有効性などを考慮した結果、クロロフィル a 量平均値、水

温、一次生産の年最大値、流速、リン、水深 15 s、水深 0.5 deg、TPI 0.5 deg、TPI 15 sec を使用した。一部は不在データがあるものの、在のみデータも多いことから、モデルとして出現のみのデータから推定が可能である MAXENT を用いた。なお、背景データについては調査対象域の 2 km の解像度のグリッドデータとし、maximumbackground=5000、replicates=3 の設定で実行した。

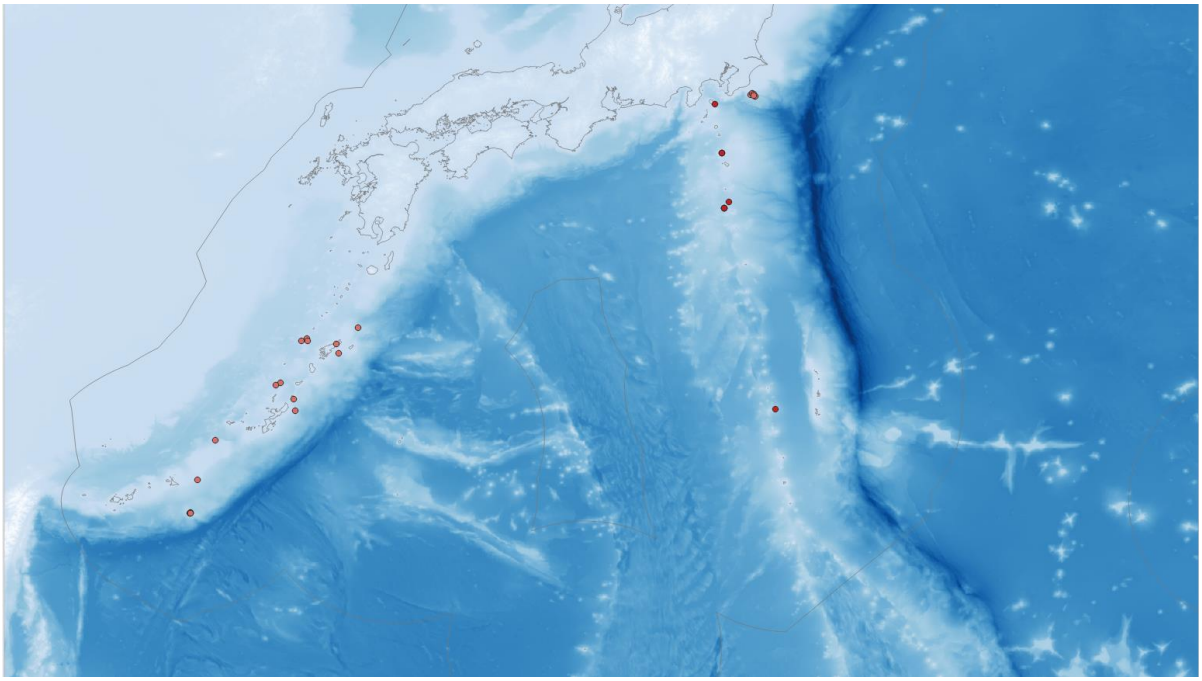


図 8 .ハビタットモデルに使用したキンメダイ類の分布データ。

MAXENT によるモデルを実行した結果、AUC は 0.98 と高い精度が得られた（図 9)。

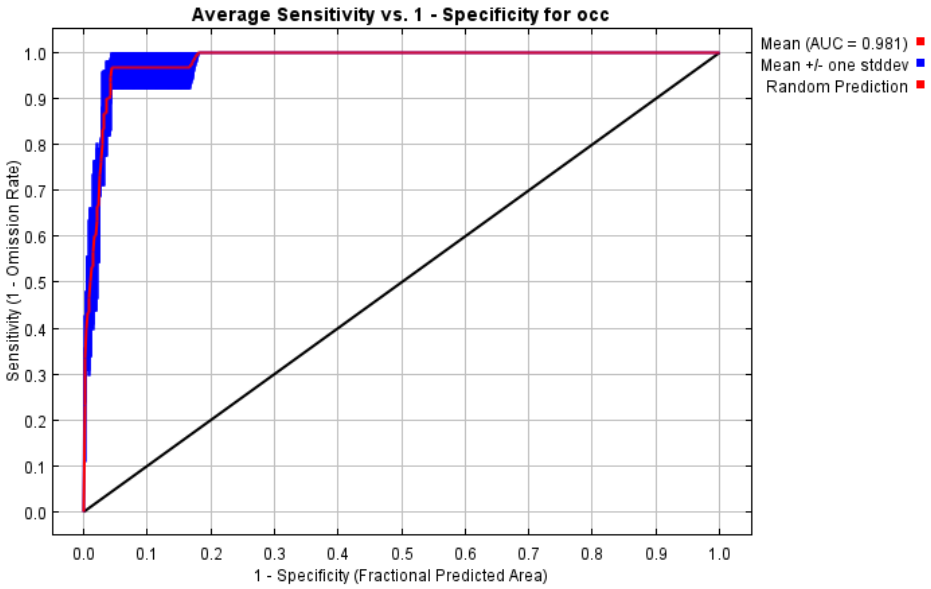


図 9. モデルの評価指標である ROC 曲線と AUC の結果を示す。

変数としては、水温、クロロフィル a 量の低さ、一次生産の低さの寄与が 20%以上と大きかった（表 3）。一方、地形の形状との関係性は複数の解像度で比較した場合においても十分見られなかった。

表 3. モデルにおける変数の寄与（%寄与率）

変数	%寄与率
クロロフィル a 量平均値	39.2
水温	21.4
一次生産最大値	20.9
流速	5.7
リン	5.1
水深 15s	3.6
水深 0.5deg	3.4
TPI 0.5deg	0.6
TPI 15sec	0

他の変数を含めたモデル全体で、変数が分布確率に与える関係をグラフとした結果、クロロフィル a 量と一次生産は 0 に近いところで分布確率が高く、沿岸域など一部のクロロフィル a 量の高いところの値が分布適地として負である可能性、水温は約 7 度で、水深は 400 m 前後で山形に分布確率が高くなる関係性であることが示された（図 10）。

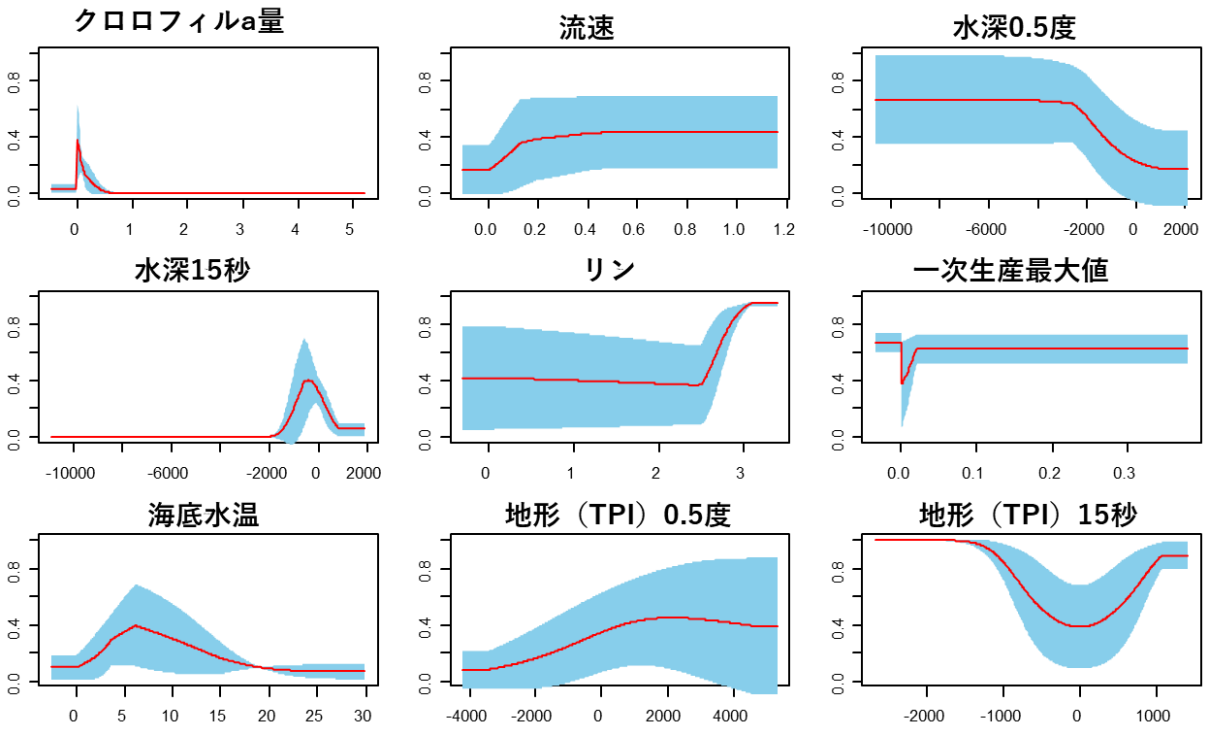


図 10. 水深、水温、地形（TPI）との関係性、各環境変数を変化させたときの、予測されるキンメダイ類の存在確率の変化を示している。色は反復実行の平均応答（赤）と平均 +/- 1 標準偏差（青）を示す。

上記に基づく生息適地を分布図で図示すると（図 11)、伊豆半島沖から八丈島周辺にかけての伊豆七島や、黒瀬海盆・銭洲海底谷、明神海山・須美寿海丘・鳥島海丘の周辺で分布適地として高い値の範囲がひろがっていることが分かった。また、小笠原諸島、小笠原海台東海山、硫黄島・福徳岡ノ場周辺でも分布適地として高い値の場が見られた。

南鳥島、沖ノ鳥島周辺部分については、南鳥島で 0.83、沖ノ鳥島で 0.62 の HSI を示した。また、南鳥島周辺では拓洋第四海山や第五海山 0.69、0.62 であった。一方沖ノ鳥島周辺は、周辺に大きな海山はなく、周辺の適地はごくわずかであったと推定され、相対的に低いことがわかった。

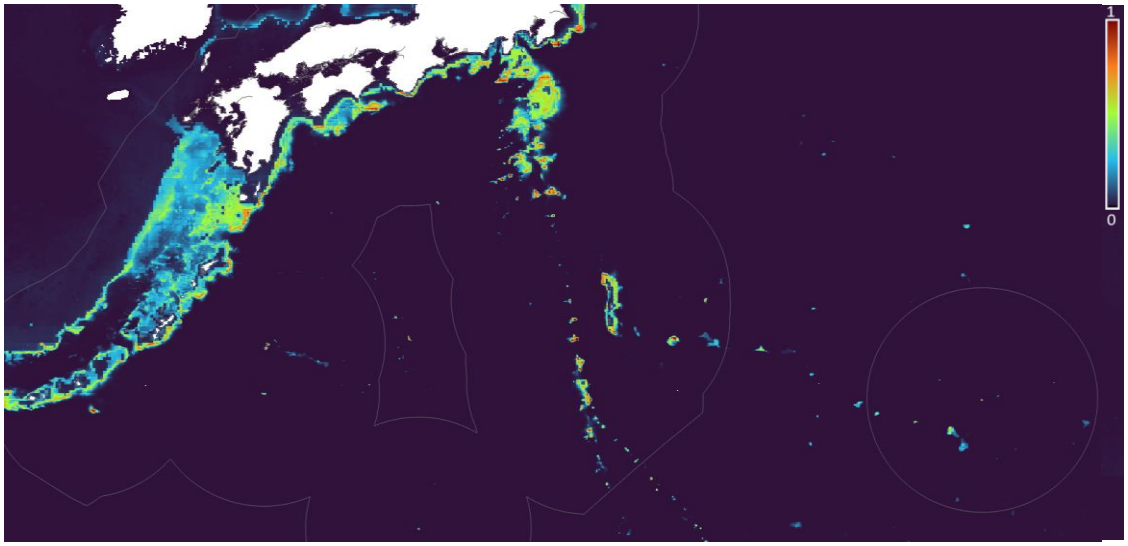


図 11. 推定されたキンメダイ類の分布適地の図。

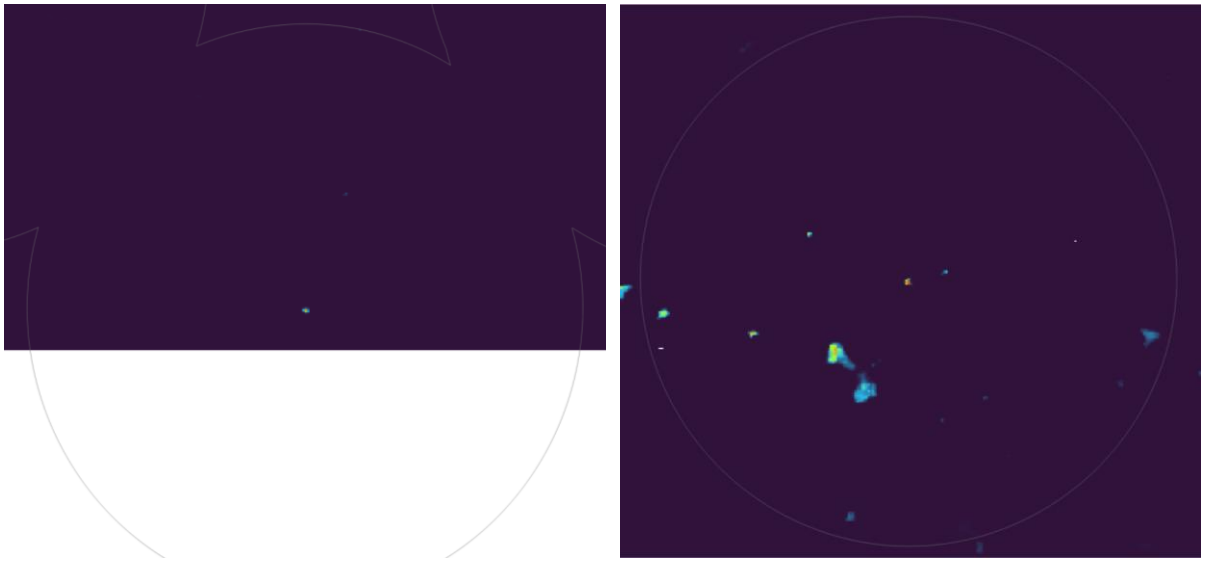


図 12. キンメダイ類の分布推定結果の拡大図（左、沖ノ鳥島、右、南鳥島）。なお沖ノ鳥島の南側は高解像度な環境データの範囲外であった。細い線は EEZ を示す。

３．３．４　考察

キンメダイ類の分布について、海底の水温を含む更新したデータと広解像度でのモデルを作成することで、従来よりも詳細な分布適地が把握可能になった。特に水温による分布傾向や海山の水深との関係性がより明瞭になり、従来の結果では解像度が低くて明瞭ではなかった、海山からどのくらいの距離までが適地であるかが示された。

３．３．５　研究調査の成果（達成目標に対する到達度）、今後の課題・展望等

沖ノ鳥島・南鳥島周辺の海域を対象に、数理モデルによる解析を行うことで海洋環境データと対比させながらカツオやキンメダイの分布を推定・予測し、効率的かつ持続的な漁業お

よびEEZ管理に必要な科学的情報を創出する達成目標に対し、今年度はキンメダイの潜在的な分布域推定について従来よりも高解像度な環境・分布のデータを用いたハビタットモデルを構築できた。また、結果の地図化によって、適地と海山・島との対応関係を明らかにできた。解析に用いた変数は在データのみであり、不在のデータや他のモデリング手法による結果の比較等、今後、モデリング方法や利用するデータを精査することで、推定の改善が期待される。また実際に島からどれくらいの距離で漁獲可能などかや、必要な船の規模などの評価も課題である。

4．まとめ

本研究では、沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域における海洋生態系の保全・排他的経済水域(EEZ)管理・水産資源管理・効率的かつ持続的漁業のための生物分布量の把握と予測に資する科学的情報の創出のため、沖ノ鳥島・南鳥島周辺海域の外洋性のカツオや深海性のキンメダイを対象に、好適な漁場を推定する手法を開発し好適漁場情報を創出することを目的とする。2年目となるR5（2023）年度は、③カツオハビタットモデルの改良、④カツオ漁場形成要因の解析、⑤キンメダイのハビタットモデル構築の3項目に取り組んだ。カツオハビタットモデルの改良では、MOVE/MRI.COM-JPN再解析データ及びAIS計測及び漁業調査指導船「たくなん」の調査によるカツオ漁場位置データを用いてR4（2022）年度に試作した日本近海におけるカツオのハビタットモデルに対して改変を加えることで漁場推定の高精度化を図った。具体的には、ハビタットモデルを月別に分割して構築した結果、いずれの月も昨年度試作した通年モデルのAUCよりも高い値を示し、推定精度の向上が見られた。さらに海底地形データを導入することでも高精度化を実現できた。また、カツオ漁場形成要因の解析では、構築したハビタットモデルの分析から、夏季のカツオ漁場形成には海面水温場が重要な環境要因になっているのに対して、秋季〜冬季で亜表層の水温・塩分の貢献度が高くなっており、漁場形成要因が季節により異なることが示された。さらに海底地形データとの関係から、水深1500 m以下及び5000-6000 mの海域でカツオ漁場が形成される傾向が示された。キンメダイのハビタットモデル構築では、広範囲でのモデルを試行することで、おおむね分布範囲を推定し、種別の分布傾向や海山地形との関係性が示された。最終年度となるR6（2024）年度は、カツオハビタットモデル構築については、今年度に作成したカツオハビタットモデルの実利用プロトタイプを用いた実証試験を東京都島しょ農林水産総合センターとの協力により実施し、プロトタイプモデルが実利用に資する性能を有することを示すとともに、プロジェクト終了後の実装準備を行う。さらに、今年度までに得られた知見に基づき、カツオ漁場の変動と海洋環境の変化の対応を解析し、カツオの漁場形成機構を明らかにすることを目指す。キンメダイのハビタットモデルについては、モデリング手法によって傾向が安定しているのか、あるいは不在など未活用のデータによって精度などが変わりうるのか、実際に利用可能な範囲にどの程度適地があるのかについて等の課題を検討することでモデル性能の評価や結果の効果的な図化を目指す。

５．資料

５．１　参考文献

Phillips, S.J., Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006, Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modeling, 190, 231-259.

Salinas-Melgoza, M.A., M. Skutsch, and J. C. Lovett, 2018, Predicting aboveground forest biomass with topographic variables in human-impacted tropical dry forest Ecosphere 9(1):e02063. 10.1002/ecs2.2063

５．２　資料

※1 https://mri-ocean.github.io/mricom/mri.com-user_jpn_start.html

※2 https://obis.org/

※3 https://www.ncei.noaa.gov/products/etopo-global-relief-model

※4 https://www.godac.jamstec.go.jp/bismal/j/

※5 https://www.speciesbiology.org/publications/e-book/2.html

※6

http://assess.env.go.jp/3_shiryou/3-1_government/reportdetail.html?category_1=01&category_2=02&sort=desc&sortfield=yearmonth&limit=100&offset=0&getcountunlimited=false&keyword=&max=106&page=govreport&year=&year_before=&year_after=&tag=&overseas=false&kid=169

参考資料１：生息適地推定手法について

図 9.3　分布推定モデルの枠組みとモデルに用いる散布図の例。

環境データと生物分布との統計的関係から生物の生息適地の空間分布を推定する方法をまとめて、「種の分布モデル（Species Distribution Models；SDMs）」と呼びます（上図)。解析手法が容易になったことや生物の分布データと対応させる環境データのデータベースがそろってきたことから近年多く用いられています。この方法は「ニッチモデリング」や、「最適生息地モデル」などの別名でも呼ばれるように、種の分布が環境によって規定されているという仮説に基づいています。データの統計的な関係性を重視するため、詳しい生態が野外で知られていない生物の分布を現実的な範囲で推定することができ、同時に重要な要因の絞り込みを行うこともできます。そのため、生態がよく知られていないものも含む、多数の生物の潜在的な生息地を推定する目的に適しています(山北 2018　種生物学研究　東日本大震災後の海の変化を知る－地理情報システムの活用と地理情報科学(GIScience)より[※5])。

参考資料２：AUC について

モデルの評価指標として ROC 曲線を作成した時に、グラフの曲線より下の部分の面積、AUC（Area Under the Curve）を用いることがあります。まず、ROC 曲線(Receiver Operating Chraracteristic Curve)とは、SDM の結果出力された出現確率が何割以上あれば出現とみなすかというカットオフ値を徐々に変化させた時に、横軸に偽陽性率（1-特異度で、実際には不在の地点を在だと誤って予測する率)、縦軸に真陽性率（感度、実際に在の地点を在だと予測する率）をプロットして表した曲線です。モデルの結果が完全にランダムな場合は、ちょうど偽陰性率と正解率とが１：１で図の対角線上に比例し、モデルの当てはまりが良いほど、擬陽性が少なく陽性の正解率が高く、図の左上に線が引かれます。この曲線の下の面積に相当するものが AUC です。ランダムな場合のおよそ 0.5 から完全に一致する場合の 1 の間をとることができ、一般に 0.7 以上で中程度、0.9 以上で精度が高いモデルを評価されます。

図 3-12　ROC 曲線の概念図

環境省 2013 年 3 月　環境影響評価における生物多様性保全に係る空間・地理情報の把握活用手法　暫定案 より※6

参考資料３：キンメダイの種について

キンメダイ科にはキンメダイ属 3 種とキンメダマシ属 7 種の計 10 属があり、日本にはキンメダイ属のすべての種と、キンメダマシ属の 1 種の、計 4 種が分布するとされています。その多くは食用にされます。種による違いは亘ら（2017）の報告に詳しいため、参考に画像を引用いたします。

写真１　ナンヨウキンメ（*Beryx decadactylus*）

写真２上　フウセンキンメ（*Beryx mollis*）
下　キンメダイ（*Beryx splendens*）

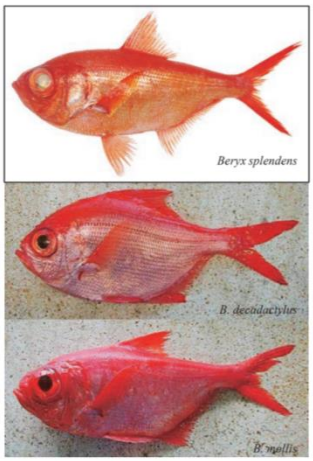
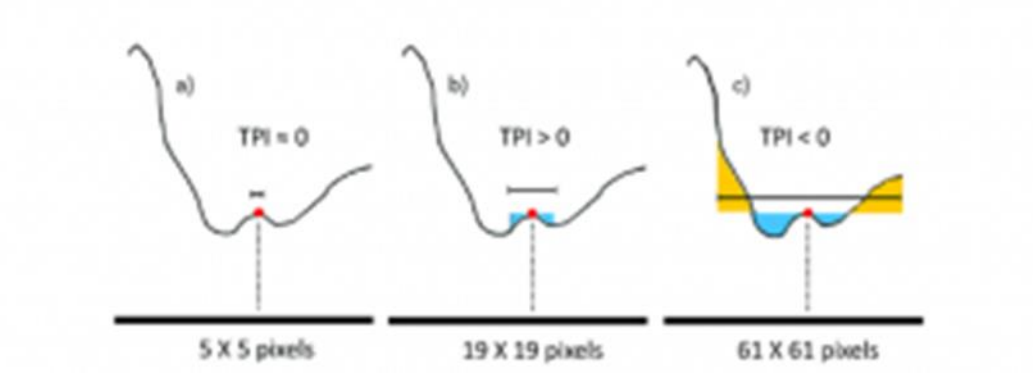


Fig. 6 Images of three species of Berycidae. *Beryx splendens*, *B. decadactylus*, and *B. mollis*

宍道弘敏 鹿児島県水産技術開発センター平成２１年度研究報告会 奄美北部海域におけるキンメダイ属３種の漁獲水深及び水温の比較
および、亘ら２０１７ 水研機構研報、第 44 号、1－46、平成 29 年より

参考資料４：Topographic Position Index(TPI)について

地形的位置指数ともよばれ、近傍のセルの平均値から中心セルの値を引くことで計算されます。対象地点が、周辺に対してへこんでいるか、出っ張っているのかの指標になるため、丘の上、尾根、平坦な平野、谷底、斜面の上下などの地形の特徴を区別することができます。海底では、こうした地形と対応して、水のよどみやすさや流れやすさの目安にもなると考えられます。下の図のように、解析する解像度（近傍の範囲）によって周辺に対する対象点の凸凹の見え方が変わるため、適切な半径を検討すべき点に注意が必要です（Salinas-Melgoza et al. 2018）。