

[情報・資料] AI 技術を利用したサンマ漁場予測手法の開発

Prediction of the fishing grounds of Pacific saury using AI technology

矢吹 崇¹⁾

Takashi Yabuki

1) システム企画部

要旨：

人工知能（AI）の一つの手法である深層学習を利用してサンマ漁場を予測する手法の開発を行った。実際のサンマ漁場の位置とその周辺の水温パターン、毎年の資源量などを学習データとし、モデルの最適化を行った。学習させたモデルで過去の水温図から漁場位置を計算したところ、年による違いや、季節による漁場位置の変遷がよく表現できた。このため、2020 年の漁期から漁業者への情報配信を行っているが、実運用においても予測と実際の漁場はよく一致しており、サンマ漁業に有用な予測モデルが開発できた。

キーワード：情報・資料、漁海況、サンマ、漁場予測、AI、深層学習、ICT 漁業

1. はじめに

近年、サンマの来遊量が減少し、不漁が続いており、効率的な操業が求められている。一般社団法人漁業情報サービスセンター（JAFIC）では 1987 年からサンマ漁場に関する聞き取り調査を行っており、漁場データの蓄積がある。また、2003 年以降、日報水温データを作成しており、日々の海洋環境に関するデータも十分に蓄積されている。

一方、人工知能（AI; Artificial Intelligence）技術がビッグデータ解析など多方面に用いられるようになった。特に画像認識の分野で大きな成果をあげており、海面水温の空間パターンの影響を受けやすいサンマ漁場の解析にも AI 技術は有用と考えた。本研究は、多層ニューラルネットワークによる教師あり機械学習の一つである深層学習（ディープラーニング）の手法^{1),2)}を用い、現況の水温分布からサンマ漁場位置を推定することを目的とする。

2. データ・解析手法

以下の①から③のデータのうち全てがそろった 2003 年以降のものをを用いた。

① 漁場データ：JAFIC 独自の聞き取り調査による

サンマ棒受網漁業の漁場データであり、操業を行った年月日、緯度経度、漁獲水温、魚体、漁獲量が含まれている。なお、今回の手法開発では魚体データは用いなかった。

② JAFIC 日報水温：日本周辺海域を対象に、NOAA/AVHRR、Himawari-8/AHI、GCOM-W/AMSR2 などの人工衛星で観測された海面水温データ、JAFIC 収集の船舶観測水温などを用いた海面水温データセットであり、サンマ漁期（概ね 8 月上旬～12 月上旬）は日曜日を除いて毎日作成している。

③ サンマ資源分布量：国立研究開発法人水産研究・教育機構のサンマ資源量直接推定調査⁵⁾による北太平洋におけるサンマの分布量であり、1 区（143～162°E）、2 区（162°E～177°W）、3 区（177～165°W）に分けられている。

漁場データには、同日時・同地点のものが含まれており、同日時・同地点のデータについては漁獲量が最大のもののみを用いた。また、漁場として有効な地点を予測するため、漁獲量の平均値から標準偏差を引いた値以上のものを教師データとして用いた。今回構築した深層学習モデルでは漁場ではないところのデータも必要とするため、漁獲量の大小にかか

わらず漁場を周囲に含まない点をランダムに選び、教師データに加えた。水温は緯度経度 0.025 度格子を 1 ピクセルとして再格子化し、漁場位置を中心に 29 ピクセル四方を切り出した。予測の対象とした海域は 35～50°N、140～160°E の範囲とした。

深層学習は機械学習の手法の一つで、ニューロン（神経細胞）を模した多層構造のニューラルネットワークを利用し、教師データを用いて出力値の誤差が小さくなるように各層のパラメタを調整する。図 1 に今回の手法開発に用いた深層学習モデルを示す。モデルは多入力モデルで、切り出した水温分布 x_1 と他の情報 x_2 （年、通年日、緯度、経度、1～3 区の資源量、漁獲水温）を分けて入力する。切り出した水温分布は畳み込みと全結合で圧縮する（図 1 の黄色部分）。水温分布の他の情報を全結合層に通したもの

（図 1 の緑色部分）と結合させ、全結合を繰り返す（図 1 の青色部分）。最後の活性化関数を Sigmoid 関数、損失関数をバイナリ交差エントロピーとし、最適化アルゴリズムには Adam (Adaptive Moment Estimation) ⁴⁾を用いた。教師データには漁場データに 1、漁場ではないデータに 0 をラベル付けした。したがって、出力値は 1 に近いほど漁場になりやすいことを示し、漁場になる確率のように扱うことができる。

以上のデータと手法により学習を行ったところ、年による漁場位置の違いや季節による変遷などがうまく再現できた。しかし、暖水塊の中に漁場があるような非現実的な予測結果もあった。この原因として漁場ではないデータに漁場近くのデータが含まれていないことがあると考えた。そこで、このような

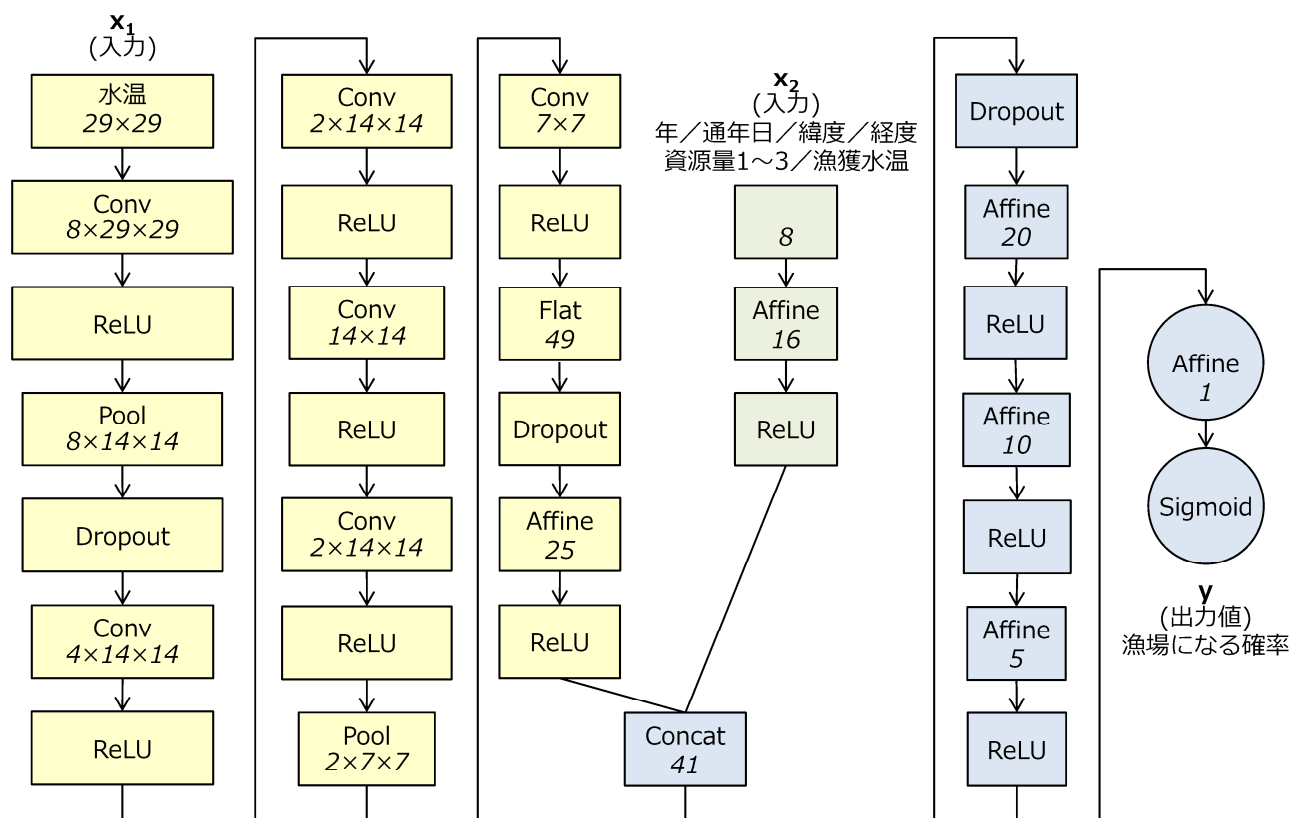


図 1 モデルの構造（Conv：畳み込み、Pool：プーリング、Affine：全結合、Dropout：ドロップアウト、Flat：テンソルを一次元に整形、Concat：ベクトルの結合、ReLU：活性化関数として ReLU 関数を使用した活性化層、Sigmoid：活性化関数として Sigmoid 関数を使用した活性化層、数字：ニューロンの数）

非現実的な予測結果を漁場ではないデータとして教師データに加えた。このデータの作成は手作業を含むため、2004年から2018年までの偶数年のみとし、作業量の削減を図った。

3. 結果

図2に2007年、2014年、2019年9月末の予測

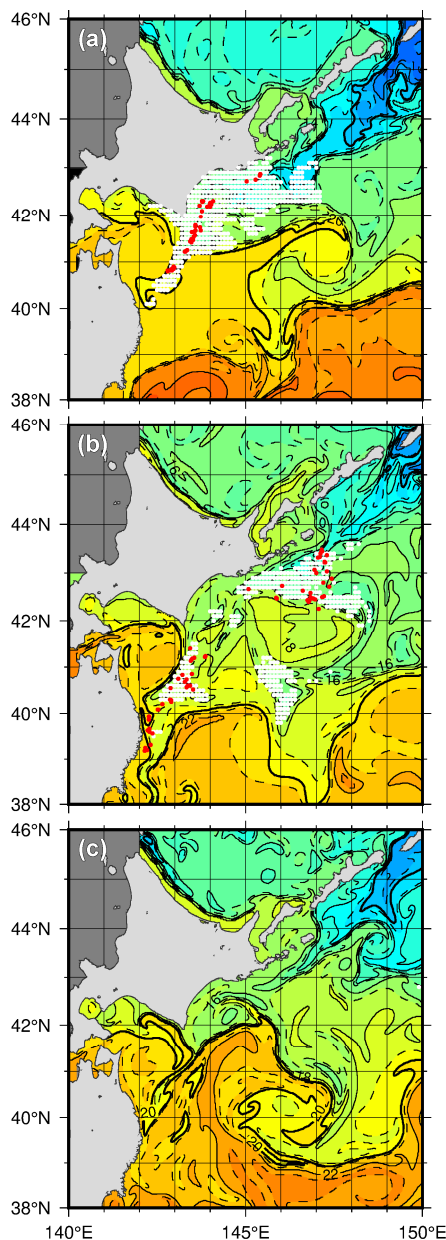


図2 各年9月末の漁場位置。背景はJAFIC日報水温、白点は予測された漁場位置、赤点は実際の漁場位置を示す。(a: 2007年9月29日、b: 2014年9月29日、c: 2019年9月28日)

された漁場位置と実際の漁場位置を示す。ここでは出力値が0.99以上の点を白丸で示した。2007年は道東沿岸付近に漁場が形成されていたが、予測された漁場もこの範囲を含んでいる。2014年は北海道の東方と南方に分かれて分布しているが、その両方で漁場形成が予測され、予測漁場と実際の漁場はおおむね一致した。2019年は資源が少なく（1区の分布

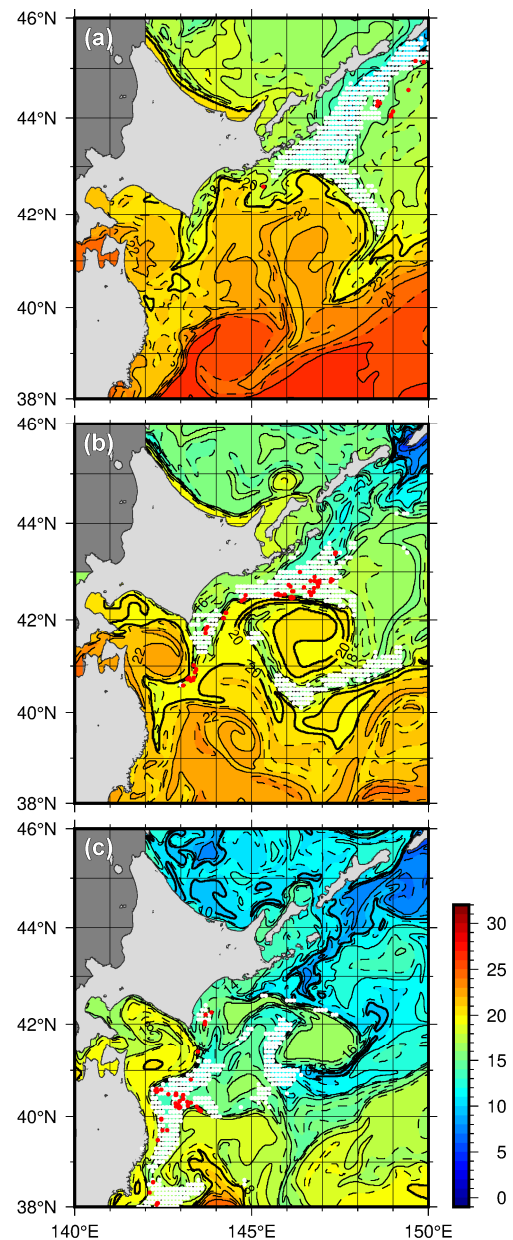


図3 2014年の漁場位置の推移。背景はJAFIC日報水温、白点は予測された漁場位置、赤点は実際の漁場位置を示す。(a: 8月25日、b: 9月22日、c: 10月20日)

量がほぼ0)、日本近海に漁場が形成されなかったが、予測結果でもこの範囲に漁場はできなかった。他の年についても、年ごとの特徴をよく捉えた漁場位置が推定できた。

4. 情報配信

2020 年漁期から試験運用を開始し、2021 年漁期からは本格運用を行った。情報配信は JAFIC の提供する沖合の漁船漁業向け海象・気象情報サービス「エ

ビスくん」^{5),6)}を利用し、出力値を 0.99 以上、0.95 以上、0.9 以上の 3 段階で白、灰、黒の丸で表示した。図 4 に 2020 年 9 月 17 日の水温と漁場位置を示す。2020 年は 160°E 以西に漁場が出現するのが遅く、初めてまとまった漁獲があった日は 9 月 17 日であった。この日の漁獲量は 1 隻当たり最大 7.5 t、漁場位置は 44°N、156~157°E 付近で、予測された漁場と一致した。

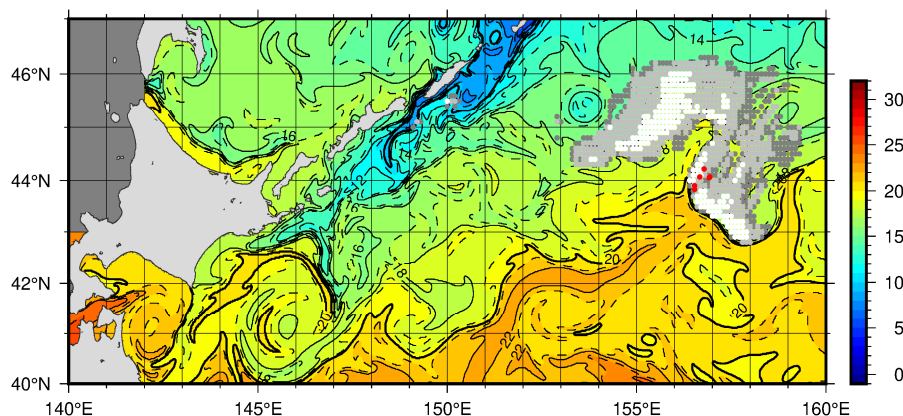


図 4 2020 年 9 月 17 日の水温と漁場位置。背景は JAFIC 日報水温、白点、灰色点は予測された漁場位置、赤点は実際の漁場位置を示す。

5. まとめと今後の展望

JAFIC に蓄積されているサンマ棒受網漁業の漁場データ、日本周辺の水温データを深層学習の手法で解析し、水温分布から漁場の位置を予測する手法を開発した。この手法で予測した漁場位置は年による違いや季節による推移がよく捉えられており、AI を利用する手法の有効性が示された。

今後の運用においては、さらなる予測精度の向上が求められる。2021 年度は漁場形成が日本のはるか沖合に偏った特異な年であったため、予測と実況がずれる事例があった。サンマ漁場の沖合化は今後も続くと考えられ、沖合化したサンマ漁業においても有効な予測が可能となるよう手法の改善を進める予定である。具体的には、予測情報の配信と併せて漁船からの操業データの収集を続け、教師データの充実を計る。加えて、教師データに含める情報も検討・

拡充が必要と考えており、より広い海域における水温の分布と変動、魚体や漁獲量、その年の漁場形成の推移など、漁場形成に影響しうる情報を活用し、漁場予測システムの性能の向上を実現したい。また、本手法開発では現況水温に基づく漁場位置の予測であるが、今後は海洋モデルを利用した予測水温からの漁場予測も検討する。

参考文献

- 1) Hinton, G *et al.*: A fast learning algorithm for deep belief nets, *Neural Computation*, 8, 1527-1544, 2006.
- 2) Krizhevsky, A *et al.*: ImageNet classification with deep convolutional neural networks, *NeurIPS*, 2012. doi:10.1145/3065386.
- 3) 巢山哲ほか: 平成 27 年度サンマ太平洋北西部

系群の資源評価, 平成 27 年度我が国周辺水域
の漁業資源評価 第 1 分冊, 283-336, 2016.

- 4) Kingma, DP, Ba, JL: Adam: A Method for
Stochastic Optimization, Proc. ICLR, 2015.
- 5) 漁業情報サービスセンター: 漁業向け海象・気
象情報サービス『エビスくん』, 2022/02/08.
<https://www.jafic.or.jp/service/ebisukun/>
- 6) 中園博雄: エビスくん, 42-43, スマート水産
業入門, 和田雅昭(編), 緑書房, 2022.

(2022 年 2 月 15 日受理、Ser. No. 4)