

学 位 論 文 題 名

An Application of Nighttime Satellite Images
to Investigate Distribution and Movement
of Pacific Saury (*Cololabis saira*) Fishing Locations
in the Northwestern North Pacific during 1994-2000

(1994年～2000年における夜間可視衛星画像データを用いた
北西北太平洋におけるサンマ漁場分布と移動の解明)

学位論文内容の要旨

【結 言】

サンマ (*Cololabis saira*) は、北太平洋の亜熱帯海域から亜寒帯海域にかけて広い範囲の海洋表層に分布している日本の代表的な表層性魚類であり、日本の食糧資源として重要な浮魚水産資源である。サンマの漁獲量は、それまでの流網漁法から棒受網漁法へと転換された 1949 年以降、飛躍的に増加した。1958 年に 575,000 トンの最大漁獲量を記録した後、徐々に減少し、1969 年に 52,207 トンまで落ち込んだ。その後、250,000 トン前後を推移しているものの、その資源量変動要因は未解明である。1998 年には TAC (Total Allowance Catch : 漁獲可能量) 対象種に選定され、サンマ資源量を的確に把握し、許容漁獲量の正確な推定と資源管理が急務とされている。

これまでのサンマ資源と生態に関する調査研究では、調査船による漁獲・観測データなどにより、その分布や回遊経路が調べられている。しかし、年間を通じた生息海域全体での分布・移動、あるいは海洋環境と統合した漁場形成に関する知見は断片的である。サンマ漁業の特徴である棒受網漁法は、照明を用いた漁法である。この灯りは、夜間可視衛星画像からも確認されており、これと海洋環境との比較により、時空間的なサンマの漁場形成や、資源の動態を明らかにすることは可能であると考えられる。

そこで本研究では、人工衛星データを用いて、サンマ漁場分布の時空間変動を明らかにし、サンマ漁場形成に関わる海洋環境との関係を明らかにし、サンマ資源量変動要因について明らかにすることを目的とした。

【使用データと解析方法】

〈衛星データ〉

使用した衛星データについて以下に記述する。

1. サンマ漁船分布を調べるために、米国軍事気象衛星 DMSP(Defense Meteorological Satellite Program)搭載の OLS(Operational Line Scan)センサーによる 1994 年から 2000 年までの 7 年間の夜間可視衛星画像データを使用した。空間解像度は 2.7km、画素値は 0~63 の値で表されている。
2. 海洋フロント、および海面水温を調査するために NOAA(National Oceanographic Atmospheric Administrator)衛星搭載の AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer)センサーによる海面水温データを使用した。空間解像度は 1km、画素値は 0~255 で、以下の推定式によって水温を算出している。海面水温 (°C) = $0.15 \cdot \text{DN} - 3.0$ 。
3. 海面クロロフィル濃度を調べるために Orbview2/SeaWiFS(Sea-Viewing Wide Field of View Sensor)と ADEOS/OCTS(Ocean Color Temperature Scanner)による海面クロロフィル濃度データを使用した。空間解像度は 9km、画素値は 0~255 で、以下の推定式によって海面クロロフィル濃度を算出している。海面クロロフィル濃度(mg/m^3) = $10^{0.015 \cdot \text{DN} - 2.0}$ 。
4. 暖水渦と津軽暖流渦分布を調べるために、TOPEX/ERS2 海面高度アノマリーマップをコロラド大学海面高度データアーカイブホームページよりダウンロードした。

〈現場データ〉

1994 年~2000 年までの鉛直水温分布を調べるために、函館海洋気象台によって作成されたデータを使用した。データは、41°30'N 線の海洋観測によって収集されている。

サンマ漁獲位置と漁獲量は、漁業情報サービスセンターによって収集された船間連絡情報を使用した。

【結果と考察】

1. 夜間可視衛星画像データを用いたサンマ漁場分布

1994 年~2000 年までのサンマ漁場分布は、(35°N, 43°N) - (141°E, 156°E) に分布していることが明らかとなった。6~7 年間を通して分布が確認できた海域は、根室海峡、(43°N, 144°20'E) 周辺の北海道沿岸海域、および三陸沿岸海域であり、その分布域は全体の約 1.5%の割合であった。また、約 57.1%の海域において年々変動が確認でき、サンマ漁場分布の経年変動が大きいことが示された。

2. 海洋環境とサンマ分布との関係

サンマ漁場における海面水温分布を調べた結果、サンマ漁場は 10.5℃～21.9℃の水温帯に分布しており、最も漁場分布頻度が高い水温帯は、15.6℃～16℃であることが明らかとなった。

サンマ漁場におけるクロロフィル濃度は、0.3～2.5mg/m³であり、漁場分布頻度の高いクロロフィル濃度は、0.7～0.8 mg/m³であった。

3. 暖水リングとサンマ漁場との関係

暖水渦とサンマ漁場との空間的な関連は、以下の 4 パターンにまとめられる。

1. 暖水リングが北海道沿岸と三陸沿岸に形成されると、サンマ漁場は岸沿い、あるいは沖合に形成される。この理由として、サンマが親潮第一分枝に沿って北海道沿岸から三陸沿岸に分布していたことが考えられる。(1994、1997、1999 年)
2. 暖水リングが北海道沿岸から離れた沖合に形成されると、サンマ漁場は、北海道沖合に形成される。これは、サンマ回遊経路に暖水リングが存在しないために、サンマの沖合分布が示唆される。(1995、1996、1998 年)
3. 8 月上旬に暖水リングが、クリル島南部海域に形成されると、サンマ漁場は、暖水リングの北端に沿った海域から北海道沿岸域まで形成される。これは、暖水リングがサンマ南下回遊への障壁の役割を果たしている可能性がある。(2000 年)
4. 暖水リングと津軽暖流渦とが結合すると、サンマ漁場は沖合に形成される傾向にある。このような結合は、サンマ南下回遊経路となり得る親潮第一分枝の勢力を抑制することが考えられる。従って、サンマがこの結合を避け、沖合に移動したことが示唆される。(1995、1998 年)

4. サンマ漁場と漁獲量との関係

サンマ漁場面積と漁獲量変動とを比較した結果、1995 年 9 月と 1998 年 11 月の変動が類似しており、漁場面積が拡大するとサンマ漁獲量は増大する傾向を示した。また、1995 年～1998 年までの 10 月には、サンマ漁場と漁場面積とにピークが確認できた。これは、10 月にサンマの好漁場が形成されることを意味している。これらの両者の相関関係を調べたところ、 $Y=0.9254X+1181.2$ (Y: 月平均漁獲量、X: 月平均漁場面積) の関係式で表され、夜間可視衛星画像データから漁獲量推定の可能性を示すものである。

【おわりに】

本研究では、サンマ漁船の灯りを捉えている夜間可視衛星データと海洋

環境データを用いることで、北西北太平洋におけるサンマ漁場形成に関する知見と海洋環境との関係を具体的に明らかにすることができた。これらの結果は、今後のサンマ漁場形成に関わる研究や資源管理研究に有益な情報になると確信している。特に、夜間可視衛星画像データから漁獲量推定の可能性は、漁獲許容量推定への応用が考えられる。また、サンマ漁場に関わる環境要因を調べるために本研究では、人工衛星による海面水温、海面クロロフィル濃度、海面高度データを使用した。このようなマルチセンサーの利用は、サンマなどの季節的に回遊する魚類の回遊生態とそれに関わる海洋環境との関係を明らかにするために有効であることが本研究結果からも示された。

学位論文審査の要旨

主査	教授	齊藤 誠一
副査	教授	三浦 汀介
副査	教授	飯田 浩二
副査	助教授	桜井 泰憲
副査	助教授	米田 國三郎

学位論文題名

An Application of Nighttime Satellite Images to Investigate Distribution and Movement of Pacific Saury (*Cololabis saira*) Fishing Locations in the Northwestern North Pacific during 1994-2000

(1994年～2000年における夜間可視衛星画像データを用いた
北西北太平洋におけるサンマ漁場分布と移動の解明)

近年、国連海洋法により、排他的経済水域（EEZ）内での十分な資源の開発利用と、もし資源が必要以上にある場合に、それを他国に利用させることを義務付けられている。このような状況の中から、わが国周辺水域の環境収容力を明らかにすることを目的に従来の資源量推定法に加え、広い海域の資源量や生産環境を、短時間かつ高精度に探査できる新しい資源量推定法やリアルタイム海洋生物資源環境モニタリングシステムの開発が急務である。そして、持続的に海洋生物資源を利用する視点や資源回復計画案の策定上からも、いつ、どこに、どのくらいの資源が利用可能かリアルタイムで知る必要がある。

本研究で対象としたサンマ (*Cololabis saira*) は、北太平洋の亜熱帯海域から亜寒帯海域にかけた広い範囲の海洋表層に分布している日本の代表的な浮魚水産資源である。これまでのサンマ資源と生態に関する調査研究では、調査船による漁獲・観測データを用いて、その分布や回遊経路を解析している。しかし、年間を通した生息海域全体での分布・移動、あるいは海洋環境と統合した漁場形成に関する知見は断片的である。

これまでのサンマ資源と生態に関する調査研究では、調査船による漁獲・観測データにより、その分布・豊度や回遊経路が調べられている。しかし、年間を通した生息海域全体での分布・移動、あるいは海洋環境と統合した漁場形成に関する知見は断片的である。サンマ漁業の特徴として、サンマ漁獲のための照明を用いた漁法があげられる。この灯りは、夜間可視衛星画像からも確認されており、夜間可視衛星画像はきわめて短時間に広域にサンマ漁船分布情報を提供してくれる手段である。

本研究は、人工衛星データを用いて、サンマ漁場分布の時空間変動を明らかにし、サンマ漁場形成に関わる海洋環境との関係を明らかにすることを目的としたものである。用いた夜間可視衛星画像はきわめて短時間に広域にサンマ漁船分布情報を提供してくれる手段であり、この手段を海洋に応用した例は少なく、本研究のような水産海洋学への応用はきわめて新規性が認められる。

特に審査員一同が評価した点は以下の通りである。

1. DMSP/OLS による夜間可視衛星画像データおよび熱赤外画像を同時に用いて、サンマ漁船とスルメイカ漁船を区分する方法を開発した。
2. 1994 年～2000 年までのサンマ漁場分布の年々変動と暖水渦や海洋前線との対応を 4 つのパターンに大別して総観的な解析を行ない、南下回遊経路の推定をおこなった。
3. 海面水温画像とクロロフィル画像を用いて、最適なサンマ生息環境推定を試み、マルチセンサーリモートセンシングの応用可能性を示した。
4. サンマ漁場面積と漁獲量とを比較し、漁場面積が拡大するとサンマ漁獲量は増大する傾向があることを示した。これは、夜間可視衛星画像データを用いて漁獲量推定する可能性や、さらには漁獲許容量推定への応用可能性を示した。

以上の諸点は、北西北太平洋におけるサンマ漁船分布と漁場形成に関する重要な知見を得たものであり、さらに夜間可視衛星画像という新しい観測手法を応用した水産科学研究であるとして高く評価できる。

よって審査員一同は、申請者が博士（水産科学）の学位を授与される資格のあるものと判定した。