

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 20 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450278

研究課題名(和文) 斬新な統計モデルに基づく漁獲効率解析：手法の開発と浮魚類・鹿児島近海魚類への適用

研究課題名(英文) Analysis of fishing efficiency by new statistical modeling: development of methods, application of pelagic fish and marine species near Kagoshima Bay

研究代表者

庄野 宏 (SHONO, HIROSHI)

鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・准教授

研究者番号：30344328

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、斬新な統計モデルを水産資源解析の様々な問題に適用し、新たな知見を得ることを目的として、以下の解析を行った。

1) 傾向スコアに基づく中西部太平洋におけるまき網船によるまぐろ類の漁獲効率解析、2) サポートベクター回帰および一般化加法モデルに基づく鹿児島近海に來遊するクロマグロ幼魚の漁獲量予測、3) Tweedie回帰分析に基づく気象データと水質調査データを利用した八代海における赤潮の発生予測
その結果、1)では大目合いの漁獲削減効果が認められ、2)および3)では精度の高い予測値が得られた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the present study is to obtain new knowledge through the application of fresh statistical modeling to various issues for fish population dynamics, and we conducted the following analyses:

1) Analysis of fishing efficiency for tuna species caught by purse seine fisheries in the Western Pacific Ocean based on propensity score method, 2) Catch prediction for juvenile bluefin tuna in the water close to Kagoshima based on support vector regression and generalized additive model, 3) Prediction of occurrence of red tide in the Yatsushiro sea using weather data and water survey data based on Tweedie regression analysis.

As a result, it showed the effect of catch reduction with large mesh size of the purse seine fisheries in study 1) and highly accurate predictive values were obtained in items 2) and 3).

研究分野：水産資源解析学、生物統計学

キーワード：水産資源解析 統計モデル 漁獲効率 赤潮 傾向スコア サポートベクター回帰 一般化加法モデル
Tweedie分布

1. 研究開始当初の背景

近年水産資源解析分野における資源の絶対量推定、CPUE (catch per unit effort: 単位努力当たり漁獲量) の解析、加入量予測などの様々な分野に高度な統計モデルが適用され、成果が上がっている。しかし、統計モデルの社会問題や自然現象への応用という観点からすると医薬品の臨床解析や計量経済学、生態学などの分野に遅れをとっており、取り組む問題に応じた適切なモデルの使用例になっていないケースも見受けられる。

中西部太平洋を含む公海域ではメバチ・キハダ・カツオなどまぐろ類の小型魚がまき網漁船により多く漁獲され、資源状況の悪化を招く一因になっている。そのため、まき網漁船では従来の目合いに代えて、280mm 程度の大きな目合い (以後大目合いと表記する: 現在は 300mm を越える目合いも利用されつつある) が使用されているが、共分散分析や一般化線形モデルに代表される伝統的な統計モデルでは、大目合いにおける小型魚の漁獲削減効果が認められない場合も存在する。その理由として、まき網漁船では探索と操業の分離があいまいでデータが存在しない例も多いことから漁獲努力量の定義が難しく、さらに漁獲効率に影響を与える漁船の装備類などの効果推定が難解なため、伝統的な統計モデルが現実の漁獲パターンを反映していない可能性が考えられる。

クロマグロの幼魚であるヨコワは、秋から翌年春にかけて九州西海域に多く来遊している。そのため、各地で曳縄を主とした漁業が行われ、鹿児島近海においても冬期の重要な漁業として相当数の出漁船がみられる。鹿児島県では、鹿児島県水産技術開発センター (以降鹿児島水技センターと表記) が主体となり、漁業者の利便性の向上、すなわち民間船の操業の効率化や漁家経営の安定化、漁協経営基盤の強化を図るため、毎年漁期 (12月~翌年4月) に合わせて鹿児島近海へのヨコワの漁獲量を予測し、漁業者への情報提供を行ってきた。この予測が的中した場合には、漁業者が冬期にヨコワ狙いの漁業にどれほどのエネルギーを費やすかを判断するための貴重な情報となる。鹿児島県水技センターでは他県のクロマグロ幼魚の漁獲量などの生物データや鹿児島周辺海域の表面水温などの海洋環境データに基づき、統計モデルを利用して毎年漁獲量予測を行っているが、近年は予想が外れるケースも見受けられる。

八代海では 1988 年から 2012 年までの 25 年間に、ラフィド藻類の一種であるシャトネラ・アンティーカ (*Chattonella antiqua*) により引き起こされる赤潮が、鹿児島県の養殖業者 (ブリやカンパチ、マダイ、シマアジなど) に 60 億円余りの被害を出している (加えて熊本県の養殖業者にも多大な被害が生じている)。そのため、有害な赤潮が発生する 7-9 月の前に発生の有無およびその規模を予測し、対策を立てることが急務である。実

際、赤潮発生の有無および規模を事前に予測できた場合には柵を設定する、養殖場を別の場所に避難させるなどの方策を取ることに より、多少なりとも被害を軽減することが可能となる。そのため、鹿児島水技センターでは、当該地域における降水量等の気象要因、水温等の海洋環境、栄養塩等の化学的な要因を表す説明変数に基づき、重回帰分析などにより赤潮発生規模の予測を行ったこともあるが、的中率は良くなかった。

2. 研究の目的

上記の背景を考慮し、本研究では斬新な統計モデルを利用して、水産資源解析における様々な問題を解決するためのモデルの開発および改良、実データへの適用を目的とする。具体的には、中西部太平洋におけるまき網漁船で漁獲されるまぐろ類の漁獲効率解析、鹿児島県におけるクロマグロ幼魚の来遊量予測、八代海における赤潮発生の有無および規模の予測を新しい統計モデルに基づいて行い、解析結果の応用を通じた社会への貢献を目標とする。

3. 研究の方法

(1) 傾向スコアに基づくまぐろ類の漁獲効率解析

中西部太平洋におけるまぐろまき網船における従来の目合いサイズに対する大目合いの傾向スコア (Rosenbom and Rubin, 1983: 多くの説明要因と着目したい応答変数との因果関係を一次元に集約した値) をロジスティック回帰に基づいて推定し、Inverse probability weighting estimator (逆確率重み付け推定量: Imbens, 2000) と呼ばれる統計量に基づいて、まぐろ類の漁獲効率、すなわちまき網船を大目合いに変更した場合の小型まぐろ類の漁獲削減効果を推定した。(2) サポートベクター回帰および一般化加法モデルに基づく鹿児島県におけるクロマグロ幼魚の漁獲量予測

他県のクロマグロ幼魚の漁獲量や鹿児島県におけるカツオ漁獲量などの生物データおよび鹿児島周辺海域の表面水温などの海洋環境データを利用し、予測性能が良い機械学習手法の一種であるサポートベクター回帰 (Drucker et al., 1997) および説明要因と応答変数の非線形関係を柔軟に推定できる一般化加法モデル (Hastie and Tibshirani, 1990) に基づき、鹿児島湾における漁期 (12-4 月) のクロマグロ幼魚の来遊量 (漁獲量) を予測し、漁期の終了後に現実の漁獲量との比較を行った。さらに説明変数の値を変化させた感度分析による要因分析を行い、クロマグロ幼魚の漁獲量の影響を与えている要因について検討した。

(3) Tweedie 回帰分析に基づく気象データと水質調査データを利用した八代海における赤潮の発生予測

気象庁がリアルタイムに公表している気

象データ（八代および水俣の気温、降水量、日照時間、風速、風向などの月別集計値、南九州地方の梅雨入り日）および鹿児島水技センターが定期的に測定している八代海の水質調査データ（水温、塩分濃度、pH、ケイ素、窒素およびリン等）を使用し、イベントの発生の有無および規模が同時に推定可能な Tweedie 回帰分析（Tweedie, 1986）に基づいて八代海における夏季（7月-9月）の赤潮発生の有無および規模を推定し、現実の発生状況と照合した。

4. 研究成果

(1) 傾向スコアに基づくまぐろ類の漁獲効率解析

中西部太平洋におけるまぐろ網船によるまぐろ類の漁獲の有無、漁獲の割合、漁獲重量についての逆確率重み付け推定量に基づく二群の比較、すなわち従来の目合いを1とした場合の大目合いの値はそれぞれ 0.87-0.95、0.91-0.96、0.54-0.79 と推定された。このことから、大目合いにおける漁獲削減効果は漁獲量の場合は 20-45%程度、漁獲の有無および割合では数パーセントないしは十数パーセントとなり、従来の統計モデルとは異なる漁業者の感覚に近い数値が得られた。今後傾向スコアに基づく他の方法による漁獲効率推定に取り組んでいきたい。

(2) サポートベクター回帰および一般化加法モデルに基づく鹿児島県におけるクロマグロ幼魚の漁獲量予測

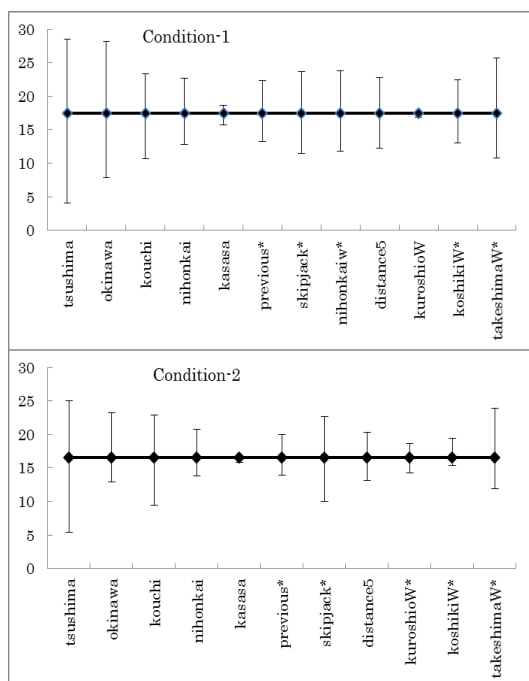


図1 漁獲量予測における感度解析（x軸は説明変数（*は変数の値が増加した場合に漁獲量が減少する反比例関係を示す）、y軸は鹿児島県内のクロマグロ漁獲重量（トン）を表す。Condition-1は過去24年間の標準偏差値を増減させた場合、Condition-2は2011年標準偏差値を増減した場合の感度解析結果を表す）

予測の前年度までのデータに基づくサポートベクター回帰による鹿児島県における平成25年度漁期（2013/12/1～2014/4/30）、平成26年度漁期（2014/12/1～2015/4/30）、平成27年度漁期（2015/12/1～2016/4/30）のクロマグロ幼魚の漁獲量はそれぞれ16.5トン（14.0トン～20.0トン）、8.9トン（8.2～11.2トン）、2.5トン（1.7トン～16.9トン）と予測され（括弧内は予測値の信頼区間）、各年の実測値である1.5トン、0.8トン、0.9トンよりも大きくなっているものの両者の差はそれほど大きくない。

また、一般化加法モデルによる予測もサポートベクター回帰の類似の傾向がみられ、各年の漁獲量の予測値は対応する実測値よりも少し大きな値となっていた。また、感度解析の結果、長崎県や沖縄県のクロマグロ幼魚の漁獲量や竹島における表面水温の影響が大きいことが示唆された（図1: 庄野ほか, 2014）。このサポートベクター回帰に基づく鹿児島県におけるクロマグロ幼魚の漁獲量予測値などの情報は、毎年鹿児島水技センターを通じて漁期前に漁業者に公開しており、漁業者の漁期中の操業行動や漁場選択などに利用されているため、今後さらなるモデルの改良や予測精度の向上に取り組んでいきたい。

(3) Tweedie 回帰分析に基づく気象データと水質調査データを利用した八代海における赤潮の発生予測

気象データに基づく Tweedie 回帰分析では、応答変数として赤潮発生から終息までの期間とブリ養殖業への被害を表す指数の積の値を利用したが、モデルの作成がうまくいかなかった。そこで、説明変数間の主成分分析を通して変数を統合して次元を縮約したところ、2014年度の実績値（ゼロ：赤潮は発生せず）と一致し、精度の高い予測結果が得られた（図2）。一方、水質調査データでは、データの蓄積期間が短いため Tweedie 回帰分析による予測が非現実的な値になってしまった。そのため、今後はさらなるモデルの開発・改良に加えて水質データの有効な利用法について検討する予定である。

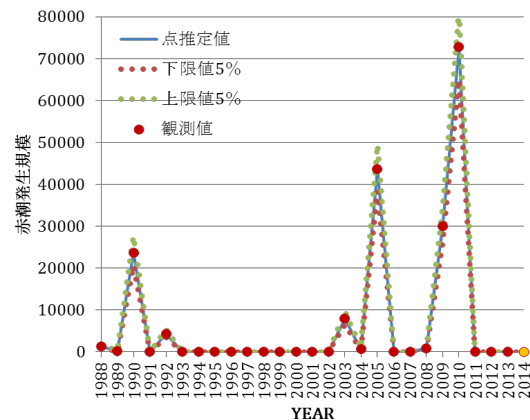


図2 説明変数間の主成分分析を利用した気象データに基づく Tweedie 回帰分析による八代海の2014年夏季における赤潮の発生予測

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5件)

Shono, H. Application of support vector regression to CPUE analysis for southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii*, and its comparison with conventional methods. *Fisheries Science*, 80(5), p.879-886, 2014. (査読有)

庄野 宏, 堀江 昌弘, 井上 あゆみ, 東 剛志. 機械学習に基づく鹿児島近海に來遊するクロマグロ幼魚の漁獲量予測. *計量生物学*, 35(1), p.1-15. 2014. (査読有)

Satoh, K., Masujima, M., Tanaka, Y., Okazaki, M., Kato, Y. and Shono, H. Transport, distribution and growth of larval patches of Pacific Ocean. *Bulletin of Fisheries Research Agency*, 38, p.81-86. 2014. (査読無)

松本 隆之, 北川 貴士, 木村 伸吾, 仙波 靖子, 岡本 浩明, 庄野 宏, 奥原 誠, 榊 純一郎, 近藤 忍, 太田 格, 前田 訓次, 新田 朗, 溝口 雅彦. 南西諸島海域における浮魚礁とカツオ・マグロ類の移動. *水産工学*, 50(1), p.43-49. 2013. (査読有)

Senba, Y., Yokawa, K., Matsunaga, H. and Shono, H. Distribution and trend in abundance of the porbeagle (*Lamna nasus*) in the southern hemisphere. *Marine and Freshwater Research*, 64(6), p.518-529. 2013. (査読有)

[学会発表](計5件)

庄野 宏・中島 広樹・保科 圭佑・矢野 浩一・西 広海. Lp 正則化を利用した気象データに基づく八代海の赤潮発生予測. 平成 27 年度日本水産学会秋季大会. 2015 年 9 月 23 日. 東北大学. 宮城県仙台市

佐藤 圭介・片山 知史・阿部 寧・田邊 智唯・芦田 拓士・井嶋 浩貴・岡本 浩明・庄野 宏. 耳石安定同位体比からみた北西太平洋におけるキハダ *Thunnus albacares* の移動生態. 平成 27 年度日本水産学会春季大会. 2015 年 3 月 29 日. 東京海洋大学. 東京都港区

庄野 宏・西 広海・保科 圭佑. PLS 回帰を用いた気象データに基づく八代海の赤潮発生予測. 平成 26 年度日本水産学会秋季大会. 2014 年 9 月 20 日. 九州大学. 福岡県福岡市

庄野 宏・西 広海・折田 和三. 気象データを利用した八代海の赤潮発生予測とブリ養殖業への被害影響評価. 平成 25 年度日本水産学会秋季大会. 2013 年 9 月

21 日. 三重大学. 三重県津市

庄野 宏・堀江 昌弘・東 剛志. 統計的機械学習に基づくクロマグロ幼魚の漁獲量予測. 第 1 回南九州水産海洋研究会. 2013 年 9 月 6 日. 鹿児島大学. 鹿児島県鹿児島市

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]

ホームページ等

http://ris.kuas.kagoshima-u.ac.jp/html/100005537_ja.html (鹿児島大学研究者総覧)

http://www.rdc.kagoshima-u.ac.jp/seeds_search/upload/shono-fsh.pdf (研究シーズ集(鹿児島大学産学官連携推進センター))

<http://researchmap.jp/hiroshi1/> (researchmap)

<http://scholar.google.co.jp/citations?user=6mum0A8AAAAJ&hl=ja> (Google Scholar Citations)

https://www.researchgate.net/profile/Hiroshi_Shono (ResearchGate)

6. 研究組織

(1)研究代表者

庄野 宏 (HIROSHI SHONO)

鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・准教授

研究者番号: 30344328

(2)研究分担者

大富 潤 (JUN OHTOMI)

鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・教授

研究者番号: 10253915

増田 育司 (YASUJI MASUDA)

鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・准教授

研究者番号: 70107861

(3)連携研究者 該当無し

(4)研究協力者

東 剛志 (TAKESHI HIGASHI)

堀江 昌弘 (MASAHIRO HORIE)