

機関番号：32612

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2010

課題番号：19500247

研究課題名（和文） 混獲データの解析

研究課題名（英文） Analysis of Bycatch Data

研究代表者

南 美穂子 (MINAMI MIHOKO)

慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号：70277268

研究成果の概要（和文）：

ゼロの割合が高いという特徴のある各漁の混獲魚種（例えばサメなど）個体数データへの環境要因や操業条件による影響を解析し、それらの影響を取り除くことによって生息数の増減を評価するための統計手法を提案した。また、各漁で混獲された様々な海洋生物種の個体数データから海洋生物種間のかかわりを解析し、位置や環境要因・操業条件がそれとどのように関係しているかを探るための統計手法として一般化主成分法を提案した。

研究成果の概要（英文）：

Count data on the catch of non-target species (bycatch) such as sharks can have many zero-valued observations. We proposed a statistical method to analyze the influence of environmental and operational conditions to bycatch counts and to estimate temporal trend of abundance of bycatch species. We also proposed the generalized principle component analysis (GPCA) method to analyze the species association.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究代表者の専門分野：統計科学

科研費の分科・細目：情報学・統計科学

キーワード：国際研究者交流, 分布の回帰分類木, 海洋資源, 一般化主成分分析, Impurity Measure, Kullback-Leibler 情報量, ゼロの多いデータ, Tweedie 分布

1. 研究開始当初の背景

(1) 漁業が与える水産資源への影響は、従来、漁獲の対象となる生物への関心が中心であったが、近年、漁業の際に意図せずして捕獲してしまう「混獲」の問題にも大きな関心が寄せられるようになった。これは延縄（はえなわ）漁や巻網漁といった大型漁業の普及が混獲を発生させる、あるいは、混獲の規模を大きくしたといったことに加え、環境や生態

系に関する人々の関心の高まりを反映するものでもある。

(2) 混獲に関する関心の高まりを反映して、海洋哺乳類以外の混獲に関しても1990年代中頃からデータが観測されるようになり、本研究開始当初には、解析に十分なデータが蓄積されつつあった。

(3) 混獲データは対象魚種の漁獲データとは異なる特徴を持つ。これは操業場所やその他の条件はあくまでも対象魚種を獲るために選択されるのであって（一部の海洋哺乳類を除いては）混獲生物の状態とは直接の関係がないということによる。混獲データの特徴を適切に把握し、データに含まれる情報をうまく抽出するための統計方法の開発が強く望まれていた。

2. 研究の目的

混獲データの、対象魚種の漁獲データとは大きく異なる特徴は、ゼロの割合が高く、かつ、大きな値も取り得るということであり、従来の対象魚種データを想定した解析方法では適切に解析できない。観測方法に起因する混獲データの性質上の特徴は、混獲数が海洋生物の状態（生息数）をある程度反映しているという点にあり、個別の生物の資源動向や海洋生物種間のかかわりの情報を持っていると思われる。本研究は、混獲データの特徴を適切に把握した統計手法、具体的には、資源量の予測、海洋生物種間のかかわり、混獲のおこりやすい操業条件などを解析する方法の開発を目的とする。

3. 研究の方法

全米熱帯マグロ類委員会の Cleridy Lennert-Cody 博士と共同に研究を行う。理論面、解析は南が主に担当し、Cleridy Lennert-Cody 博士は混獲データの作成・管理と水産学、海洋学に関する情報を提供する。全米熱帯マグロ類委員会からは、東部太平洋におけるマグロ巻網漁の混獲データ、マグロ体長分布データの提供を受けた。南は 2007 年 8 月、2009 年 8 月に全米熱帯マグロ類委員会を訪問し、データの提供を受け、研究打ち合わせを行った。また、Cleridy Lennert-Cody 博士も 2008 年 1 月、2011 年 3 月に訪日し研究打ち合わせを行った。2008 年 4 月から 2009 年 3 月まで、南はカリフォルニア大学サンディエゴ校を客員教員として訪問したが、全米熱帯マグロ類委員会は同校敷地内にあり、同委員会研究者とも密に情報交換を行い、またデータの提供を受けた。

4. 研究成果

(1) 混獲生物の資源動向の解析のための統計手法の研究：ゼロの割合が高いことを適切に説明し、操業条件や環境要因、特に操業場所による影響を表現するモデルとして、平滑法を用いた Zero-inflated 負の 2 項回帰モデルを提案した。このモデルを用いて浮遊物によるマグロ巻網漁のクロトガリザメ混獲数の解析を行い、生息数の長期的傾向を推定した。この結果を論文にまとめたものが、学

術雑誌 Fisheries Research に掲載された。

(2) 混獲組成の解析：海洋生物種間のかかわりを解析するための統計手法として一般化主成分分析法 (GPCA 法) を提案した。この手法は、一般化線型モデル (GLM) が線型モデルを拡張することと同様の意味において主成分分析法を拡張するものである。また特に、ゼロの割合が高く非負の値を取るという漁獲・混獲データの特徴に特に適したのとして Tweedie 分布を用いた Tweedie-GPCA 法を提案した。この手法を用いて東部太平洋でのマグロ巻網漁による漁獲・混獲データを解析したところ 4 つの特徴量で 70% の尤離度 (deviance) を説明でき、また、陸からの距離や海流などの環境要因との関係が強い特徴が得られた。結果は国際学会、国際ワークショップで発表した。この手法は混獲データに適したものであるが、遺伝学や他の分野での適用も考えられる。一般的な設定でのシミュレーションを計画し今後論文にまとめる予定である。

(3) 対象魚種データの解析手法を混獲データに応用することによる問題点の紹介：負の 2 項回帰モデルをゼロの割合の多いデータに用いると減少（あるいは増加）傾向を極端に示し資源評価には問題が大きいことを実データとシミュレーションデータの両方で示し、理由を解析した。結果を国際学会などで発表し、現在、論文作成中である。

(4) 体長分布の空間的要因・季節・環境要因による回帰分類法：生物の体長などの身体的特性は、生息する場所、季節などの環境要因によって分布が異なる。本研究では分布を決める要因を解析して分布を分類するための統計手法を開発し、東部太平洋で操業するマグロ巻網漁で観測されたマグロの体長データの解析を行った。

従来の木構造による要因解析・分類の統計手法は目的変数が単変量確率変数、あるいは、近年拡張された手法でも多変量確率変数を目的変数とするものであるが、本研究では、ある地点や条件に対し、分布を推定できるほど多数の観測が得られるときに、その分布を目的変数とする要因解析・分類手法を提案した。目的変数が単変量または多変量確率変数である場合は、平均の周りの残差二乗和を "impurity" (不純度) として分割の際の基準とするが、目的変数が分布である場合への拡張では、各地点での分布の、平均 (混合) 分布からの Kullback-Leibler divergence の和を不純度として定義した。そして、その不純度が、結局は全体の平均分布と分割後の 2 つの集合の平均分布のエントロピー、あるいは、Kullback-Leibler divergence の和とし

て簡単に表せ、また、計算も容易であることを示した。プログラムは統計ソフトウェア R の既存パッケージ mvpart を修正して機能を追加し、また、木構造における葉に分布を表現するようにグラフも変更した。

解析したデータは、全米熱帯マグロ類委員会が観測したものである。全米熱帯マグロ類委員会は、東部太平洋水域におけるカツオ・マグロ類、およびマグロ漁に伴う混獲魚種の保存・管理を行う国際機関であり、この解析で得られた結果はマグロの資源評価に用いられる。これまでは熟練した職員が、各地点の体長のヒストグラムを眺めて、主観で水域を分けていた。今回提案した方法による解析結果は、これまで担当職員がグラフを眺めて決めた区分と大きくは異なっておらず、これまでの区分が妥当であったことを裏付けるものになったが、統計科学的な観点から適切な解析手法を用いることにより、全米熱帯マグロ類委員会が加盟各国に対し資源評価の説明を行う際の説得力は、格段に向上した。これらの結果は論文としてまとめ、学術雑誌 Fisheries Research に掲載された。

水産資源評価のための分割単位を決めるにあたっては、過去における CPUE (Catch Per Unit of Effort, 単位努力量あたりの漁獲量) の変化をも考慮することが望ましく、各地点での CPUE の時系列データと魚の体長データの両方において特徴が均一となる水域の時間的・空間的分割方法の開発が要請されている。時系列データと分布の組み合わせを反応量とする回帰・分類方法は統計理論としても新しい手法であり、理論面でも応用面でも研究の価値が高いと思われる。そこで、CPUE の時間的変化の情報は、他の生物動態資源評価モデルで推定された CPUE 推定値の時系列データに関数データ解析を行って特徴量を抽出し、この情報と前述の体長分布のヒストグラムの情報と併せて両方を取り入れた不純度の基準を定義し、これをもとに水域を時間的・空間的に分割する方法を提案した。この研究は、カツオ・マグロ類の生物動態解析を職務とする全米熱帯マグロ類委員会の研究者、Mark N. Maunder 博士、Alexandre Aires-da-Silva 博士らとも共同で行い、論文にまとめて学術雑誌に投稿中である。

(5) 延縄漁によるウミガメ混獲予防の針の効果の推定： 東部太平洋沿岸部での延縄漁によるウミガメの混獲は、ある種のウミガメの減少の一因となっている。本研究では、混獲を防ぐために開発された針が本当に混獲を予防できるのかその効果を推定するためのサンプリングデザイン、解析方法などを検討した。2008 年 11 月にはコスタリカで混獲データの解析の専門家が集まってワークショップを開催し、この問題について意見を交換

した。このワークショップで議論した内容は、全米熱帯マグロ類委員会のテクニカルレポートとしてまとめられた。

(6) 2010 年度から新規に、米国立生態解析統合センターのプロジェクト研究「生態学における非線形統計モデリングのためのオープンソースソフトウェアの評価と改良」(NCEAS Project 12602: Evaluating and improving open source software for nonlinear statistical modeling in ecology) に参加し、生態学、特に海洋生態学において関係を適切にモデル化する方法とそのためのソフトウェアに関する研究を進めている。

(7) 2010 年 9 月 5-8 日に早稲田大学で開催された統計関連学会連合大会において、企画セッション「海洋生態・水産資源データの解析と統計的モデリング」をオーガナイズした。また、2010 年 9 月 9-10 日に慶應義塾大学矢上キャンパスにおいて、「ワークショップ ” Workshop on Ecological and Environmental Data Analysis ”」を開催した。ベルギー、ベルゲン大学の Hans Skaug 教授など国内外の研究者を招聘して、生態学・環境科学における研究の講演をしていただき、データ解析方法について情報を交換した。

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 2 件)

1. Cleridy E. Lennert-Cody, Mihoko Minami, Patrick K. Tomlinson, Mark N. Maunder, Exploratory analysis of spatial-temporal patterns in length-frequency data: An example of distributional regression trees, Fisheries Research, 査読有, V.102, No. 3, 2010, pp. 323-326
2. M. Minami, C.E. Lennert-Cody, W. Gao and M. Román-Verdesoto, Modeling shark bycatch: The zero-inflated negative binomial regression model with smoothing, Fisheries Research, 査読有, V.84, No. 2, 2007, pp. 210-221

[学会発表] (計 10 件)

1. Mihoko Minami, Distributional Regression Trees: A method for studying spatial-temporal pattern in length-frequency data, International Biometric Conference 2010, Florianopolis, SC, Brazil, 2010/12/09
2. 南 美穂子, Distributional regression

- trees: A method for studying spatial-temporal pattern in length-frequency data, Workshop on Ecological and Environmental Data Analysis, 慶應義塾大学 矢上キャンパス, 2010/09/09
3. 南 美穂子, 分布に対する CART (分類・回帰木): 体長分布の時空間によるパターン解析, 統計関連学会連合大会, 京都, 2009/09/07
 4. Mihoko Minami, tatistical Challenges for Modeling Data with Many Zeros, Australia-Japan Workshop on Data Science 2009 横浜, 2009/03/24
 5. Mihoko Minami, A New Feature Extraction Method for Very Non-Normal? Data: Analysis of Multivariate Species-size Data from a Tuna Purse-seine Fishery, Workshop on Spatial analysis for stock assessment, Inter-American Tropical Tuna Commission, カリフォルニア州ラ・ホヤ, 2008/10/14
 6. Mihoko Minami, A New Feature Extraction Method for Very Non-Normal Data: Analysis of Multivariate Species-size Data from Purse-seine Tuna Fisheries, International Biometric Conference 2008, Dublin, Ireland, 2008/07/14
 7. 南 美穂子, 混獲データ解析における統計的諸問題, 共同研究集会「水産資源に対する観察データ解析のための統計推測」, 統計数理研究所, 東京, 2008/01/25
 8. Mihoko Minami, A New Feature Extraction Method for Very Non-Normal Data: Analysis of Multivariate Catch and Bycatch Data from Purse-seine Tuna Fisheries, East Asia Regional Biometric Conference 2007, 東京大学, 2007/12/09
 9. 南 美穂子, 多変量混獲データの特徴量抽出, 2007 年度統計関連学会連合大会, 神戸大学, 2007/09/09
 10. Mihoko Minami, Modeling Shark Bycatch: The Zero-Inflated Negative Binomial Regression Model with Smoothing, Joint Statistical Meetings 2007, Salt Lake City, Utah, 2007/07/29

[図書] (計 2 件)

1. 南 美穂子, 朝倉書店, ポアソン回帰モデル (医学統計学の事典), 2010, pp. 270-271
2. M. Christman, D. Hall, M. Hall, P.

Kinas, C. Lennert-Cody, B. Manly, M. McCracken, M. Minami, M. Sims, S. Thompson, Workshop on turtle bycatch mitigation for longline fisheries: Experimental design and data analysis, Inter-American Tropical Tuna Commission Special Report 17, Inter-American Tropical Tuna Commission, 2008

6. 研究組織

(1) 研究代表者

南 美穂子 (MINAMI MIHOKO)
慶應義塾大学・理工学部・教授
研究者番号: 70277268

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし

(4) 研究協力者

Cleridy Lennert-Cody
Inter-American Tropical Tuna
Commission・Researcher

Mark N. Maunder
Inter-American Tropical Tuna
Commission・Researcher

Alexandre Aires-da-Silva
Inter-American Tropical Tuna
Commission・Researcher