慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	生物資源評価、環境リスク評価のための時空間モデリングと応用
Sub Title	Spatio-temporal modeling and its application for bioresource assessment and environmental risk assessment
Author	南, 美穂子(Minami, Mihoko) 清, 智也(Sei, Tomonari) 柴田, 里程(Shibata, Ritei)
Publisher	
Publication year	2014
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2013.)
JaLC DOI	
Abstract	生物資源や環境リスクを適切に評価するためには、時間的・空間的な特徴を把握するための方法をモデルに取り入れることが重要です。本研究では、1) より適切な生物資源評価のために、小区域ごとの海洋生物の資源量の増減や体長分布に基づき海域を分割する方法2) 混獲データのようにゼロが多く含まれる計数データの時間的変動傾向の統計的解析法、3)季節により変化する日次変動のような2重周期変動の解析法の提案と南極昭和基地で観測されたCO2濃度データの解析、を行いました。 For proper assessment of living marine resources and environmental risk, it is important to develop the statistical models with the mechanisms that capture spatio-temporal patterns and characteristics in the data. We did the research on 1) defining population spatial units based on frequency distributions of animals' characteristic features and temporal trends of abundance, 2) statistical methods for zero-inflated count data such as bycatch counts, 3) statistical methods to analyze the data with doubly cyclic tempral patterns and analysis of CO2 data observed at Syowa station in Antarctica.
Notes	研究種目：基盤研究(C) 研究期間：2011～2013 課題番号：23500356 研究分野：総合領域 科研費の分科・細目：情報学・統計科学
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_23500356seika

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成　２６　年　　６　月　１２　日現在

機関番号：　３２６１２
研究種目：　基盤研究(C)
研究期間：　2011～2013
課題番号：　２３５００３５６

研究課題名（和文）生物資源評価、環境リスク評価のための時空間モデリングと応用

研究課題名（英文）Spatio-temporal modeling and its application for bioresource assessment and environmental risk assessment

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

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,700,000円、（間接経費）　　1,110,000円

研究成果の概要（和文）：生物資源や環境リスクを適切に評価するためには，時間的・空間的な特徴を把握するための方法をモデルに取り入れることが重要です．本研究では，1）より適切な生物資源評価のために、小区域ごとの海洋生物の資源量の増減や体長分布に基づき海域を分割する方法2）混獲データのようにゼロが多く含まれる計数データの時間的変動傾向の統計的解析法，3)季節により変化する日次変動のような２重周期変動の解析法の提案と南極昭和基地で観測されたCO2濃度データの解析、を行いました．

研究成果の概要（英文）：For proper assessment of living marine resources and environmental risk, it is important to develop the statistical models with the mechanisms that capture spatio-temporal patterns and characteristics in the data. We did the research on 1) defining population spatial units based on frequency distributions of animals' characteristic features and temporal trends of abundance, 2) statistical methods for zero-inflated count data such as bycatch counts, 3) statistical methods to analyze the data with doubly cyclic tempral patterns and analysis of CO2 data observed at Syowa station in Antarctica.

研究分野：　総合領域

科研費の分科・細目：　情報学・統計科学

キーワード：　生物資源評価　環境リスク評価　時空間モデリング　２重周期平滑法　回帰樹　関数データ解析

１．研究開始当初の背景

適切な生物資源評価，環境リスク評価のためには，時間的・空間的な特徴を把握するための統計科学的メカニズムをモデルに取り入れることが重要である．しかしながら，例えば，様々な要因が複雑に関与する漁業データ，あるいは，系統的な変動に比べてノイズが非常に大きい大気中の汚染物質濃度などの解析においては，これらの特徴を表現するためのモデリング自体に困難が伴うため，時空間的特徴をも表現するモデリングは十分に研究されているとはいえない状況であった．

２．研究の目的

本研究では，生物資源評価や環境リスク評価において，時間的・空間的な特徴を適切に把握し，より精度のよい解析をするための統計モデルの研究とその応用を目的とし，１．生物資源評価のための時空間的モデリング，２．環境リスク評価のための時空間的モデリング，３．時空間的モデリングのための統計手法とソフトウェア研究，を３つの柱とする．

生物資源評価では，特に漁業の水産資源への影響に観点を置いた解析，環境リスク評価では，大気中の PM2.5（直径が 2.5μｍ以下の微小粒子状物質）やオキシダント濃度の解析，などを行うための時空間統計モデルの研究に重点を置く．統計手法とソフトウェア研究では，関数データ解析，変量効果モデル，平滑化スプライン法などの統計理論やソフトウェアについて研究する．

３．研究の方法

生物資源評価のための時空間的モデリングの研究は，全米熱帯マグロ類委員会の Cleridy Lennert-Cody 博士らと共同で行い，南は主に統計理論・統計手法について担当，Lennert-Cody 博士らは実際の資源評価における問題点を検討し，プログラムの開発，データ解析を行った．平成 23 年 8 月，平成 25 年 8 月には南が全米熱帯マグロ委員会を訪問，また，平成 24 年 8 月には Lennert-Cody 博士が来日して共同研究を進めた．

環境リスク評価のための時空間的モデリングの研究では，国立極地研究所・統計数理研究所の研究者と南極における大気中の粒子状物質や CO2 濃度の変動を解析するプロジェクト研究を行い，大気中の粒子状物質の粒径ごとの粒子数データの解析，CO2 データの解析を大学院生らと共に行った．また，南は環境省の微小粒子状物質等疫学調査研究検討会の委員としての活動と並行して，大気汚染物質の健康への影響評価のための統計モデルについて研究を進めた．研究分担者の柴田里程と清智也は，解析方法の検討に参加し，アドバイスを行った．

統計手法とソフトウェア研究に関しては，米国立生態解析統合センター（NCEAS，http://www.nceas.ucsb.edu/）に採択された「生態学における非線形モデリングのためのソフトウェア(OpenBugs，ADMB，および R のパッケージ)の比較検討プロジェクト」の会合にインターネットを通じて参加した．

2012 年 8 月には，神戸で開催された国際計量生物学会のために来日した海洋生物資源評価の研究者らと会合を行い，研究交流を行った．また，2014 年 3 月には，慶應義塾大学矢上キャンパスにて海洋生物資源評価手法に関する国際シンポジウム「Innovation and Challenges for Fisheries Assessment and Management」を開催し，本研究の成果を発表し，国内外の研究者と研究交流を行った．

４．研究成果

生物資源評価のための時空間的モデリングの研究に関しては，

1) 海域の分割問題：適切な生物資源評価のためには，均一な特徴を持つ生物母集団を同定し，その母集団ごとに生物動態モデルを用いて解析を行う必要がある．本研究では，分割された海域内での資源量の時間的変動，および，生態的特徴ができるだけ均一になるような海域の分割を繰り返すことにより，生物動態モデルを適用する母集団を求める方法を提案した．具体的には，海域を緯度 5°，経度 10°の小区域に分け，各小区域の資源量の時系列データと生物的特徴量の分布に基づいて回帰樹により海域を分割する手法を開発した．本研究で提案した方法の特徴は，回帰樹の「説明変量」が従来のような単なる数値ではなく，一つは時系列データ，もう一つは頻度分布という点にある．時系列データは，平滑スプライン法を用いた関数データ解析手法により，その特徴量を抽出し数値変量とした．頻度分布に対しては，分割の基準となる不純度(impurity)を分布間の隔たりの尺度であるカルバック-ライブラー情報量を用いて定義した．このようにすることによって，分割の改善度が簡易な表現で得られ，計算に負荷がかからないことも示した．提案した方法を用いて東部太平洋の延縄漁で漁獲されたメバチマグロの体長分布と単位努力量当たり漁獲量(CPUE)時系列データを用いて解析し，東部太平洋におけるメバチマグロ資源評価のための海域の分割を提案した．研究結果は学術誌 Fisheries Research に掲載された．また，2012 年 8 月に神戸で開催された国際計量生物学会を含む複数の学会で南，及び共同研究者の Lennert-Cody 博士が研究発表を行い，東京大学経済学部の応用統計セミナー，国際水産研究所における研究会などにおいても講演を行った．
2) Zero-inflated データに負の２項回帰モデルを用いた場合の傾向の過大推定の問題：動物の生態研究や生物資源評価のために観測される個体数などの計数データ

には，多くのゼロが含まれることがよくある．また，観測された環境や時間などの違い，または，観測されることのない潜在的な条件の違いなどの影響により，ほとんどの場合，個体数のばらつきも平均に比べてはるかに大きい．負の２項回帰モデルは，分散が平均よりも大きい過分散の計数データに対する回帰モデルとして生物個体数の解析に多くの研究で用いられている．しかし，ゼロが多いデータに対して負の２項回帰モデルを用いた場合，個体数の減少や増加を過大に示し，資源評価として誤った結論を導くことになり危険であることを Minami et al. (2007) は実際の解析例により示した．本研究では，この現象をシミュレーションによって再現するとともに，その理由を数理的に解明した．これらの成果は論文にまとめ，学術誌「統計数理」に掲載され，複数の学会で口頭発表を行った．また，海洋生物の急激な減少を主張して注目を浴びた著名論文の研究でも本研究で指摘したように傾向を過大推定している可能性があるため，Lennert-Cody 博士らと当該データの取得・再解析に関して検討し，このときの議論をきっかけとして，マグロ漁船によるイルカ発見数データの解析に関する新たなプロジェクトを開始した．

環境リスク評価のための時空間的モデリングの研究では，

1) 季節により連続的に変化する日次変動を解析するために，２つの周期的スプライン関数にテンソルプロダクト法を用いて得られる２重周期スプライン法を提案し，その数理的性質を解明した．この方法，および，季節により変化する風速の影響を表す平滑法を用いて，南極昭和基地で観測された CO2 濃度データの解析を行い，夏には CO2 濃度の日次変動が存在すること，風速の影響が季節により異なることを示すことができた．これらの結果は統計関連学会連合大会や科研費集会などで口頭発表し，現在は論文を執筆中である．
2) 大気汚染物質の健康への影響評価では，観測点以外の地点での汚染物質の量を，他地点での観測値や他の環境データを用いて補完し，健康への影響評価を適切に行う方法についての共同研究を開始した．

時空間的モデリングのための統計手法とソフトウェア研究は，平滑化スプライン法，関数データ解析法，時空間モデリング，変量効果モデル，および，階層ベイズモデルなどについて研究を行い，上記２つの研究に反映させるとともに，米国立生態解析統合センター（NCEAS，http://www.nceas.ucsb.edu/）に採択された「生態学における非線形モデリングのためのソフトウェア(OpenBugs，ADMB，および R のパッケージ)の比較検討プロジェクト」の会合にインターネットを通じて参加し，成果文書作成に関与した．

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 3 件）

① 南美穂子，Cleridy E. Lennert-Cody，ゼロの多いデータの解析：負の２項回帰モデルによる傾向の過大推定，統計数理，査読有，61 巻 2 号， 2014, 271-287
② Cleridy E. Lennert-Cody, Mark N. Maunder, Alexandre Aires-da-Silva, Mihoko Minami, Defining population spatial units: Simultaneous analysis of frequency distributions and time series, Fisheries Research, 査読有, Vol. 139, 2013, 85-92
③ Hideo Takatsu, Mihoko Minami, Kei-ichi Tainaka, Jin Yoshimura, Spontaneous flash communication of females in an Asian firefly, Journal of Ethology, 査読有, 2012, Vol. 30, No. 3, 2012, 355-360

〔学会発表〕（計 8 件）

① Mihoko Minami, Cleridy E. Lennert-Cody, Analysis of data with many zero-valued observations: over-estimation of temporal trend by negative binomial regression, Innovation and Challenges for Fisheries Assessment and Management, 2014/03/05
② 南美穂子，ゼロの多いデータの解析：負の２項回帰モデルによる傾向の過大推定，統計数理研究所リスク解析戦略研究センター講演会，2014/01/10
③ 南美穂子，木口亮，周期的変化をする周期変動の解析法，科研費シンポジウム「統計的推測の新展開とその応用」，2013/12/04
④ 南美穂子，木口亮，周期的変化をする周期変動の解析法，統計関連学会連合大，2013/09/10
⑤ 南美穂子，木口亮，周期的スプライン平滑法と変化する周期的変動の解析，2012 年度統計関連学会連合大会，2012/09/11
⑥ Ryo Kiguchi and Mihoko Minami, Cyclic Cubic Regression Spline Smoothing and Analysis of Co2 Data at Showa Station in Antarctica, International Biometric Conference 2012, Kobe, 2012/08/30
⑦ Cleridy E. Lennert-Cody1, Mark N. Maunder1, Alexandre Aires-da-Silva1, Mihoko Minami. A multivariate

regression tree approach for defining population spatial units: simultaneous analysis of frequency distributions of morphological characteristics and time series data, International Biometric Conference 2012, Kobe, 2012/08/28

⑧ 南美穂子, Cleridy E. Lennert-Cody, 体長分布と資源量の傾向変動に基づく海域の分割, 2012 年度日本計量生物学会年会, 2012/05/26

⑨ 南美穂子, 周期的スプライン平滑法と変化する周期的変動の解析, シンポジウム「生体数理・社会数理の統計科学」, 2012/03/02

⑩ Mihoko Minami, Smoothing Mechanism of Cyclic Cubic Regression Splines Smoothing, 2011 Joint Statistical Meetings, Florida, 2011/08/02

６．研究組織

(1)研究代表者

南　美穂子（MINAMI, Mihoko）

慶應義塾大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：７０２７７２６８

(2)研究分担者

清　智也（SEI, Tomonari）

慶應義塾大学・大学院理工学研究科・講師

研究者番号：　２０４０１２４２

柴田　里程（SHIBATA, Ritei）

慶應義塾大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：　６００８９８２８