

岡村 寛

(独)水産総合研究センター中央水産研究所・資源管理グループ長

海洋生態学と機械学習法の融合によるデータ不足下の生態系評価手法の開発

## § 1. 研究実施体制

### (1)「水産総合研究センター」グループ

- ① 研究代表者:岡村 寛 (水産総合研究センター中央水産研究所, グループ長)
- ② 研究項目
  - ・特にアロメトリー関係を利用した既存の生態系モデルの文献情報収集とレビュー.
  - ・状態空間モデルの専門家を招聘し, 共同研究を行う.
  - ・東北沖生態系の漁獲・努力量データ、我が国周辺の既存の生態系データの収集・整備.

### (2)「統計数理研究所」グループ

- ① 主たる共同研究者:江口 真透 (統計数理研究所・数理/推論研究系学習推論グループ, 教授)
- ② 研究項目
  - ・生態系評価における統計的問題を整理し, 機械学習手法がどのように効果的に使用されるか構想を練る.
  - ・水産総合研究センターグループと共同して, どのように生態系モデルと機械学習手法のリンクを行うか, 具体的な方法に関する検討を進める.

## § 2. 研究実施内容

本研究では、海洋生物のバイオマス・組成の時間的変化を推定する独自の生態系モデルを開発し、モデルから得られる生物多様性などの情報を利用して生態系の健全さ及び生態系利用の持続可能性を評価する指標を創出する。2つの研究を統合して、我が国周辺および世界的な海洋生態系の特徴・健全性を評価することを目的とする。初年度である本年度は、データベース構築、既存の文献レビュー、問題点の明確化と整理を中心に活動を行った。

### データベース構築

「水産総合研究センター」グループは、ワシントン大学の James Thorson 博士と連絡をとり、世界の資源評価データ「RAM Legacy データベース」と世界の漁業データ「FAO データベース」を組み合わせ、彼が編集したデータを入手した。同時に、元データである「RAM Legacy データ」と「FAO データ」も入手し、データの特性などを調べた。また、国内の漁獲量・努力量データの整理・編集を行った。

### 生態系評価文献レビュー

生態系評価手法や生態系を巡る議論に関する論文を中心に整理し、「水産総合研究センター」と「統計数理研究所」で集まって、報告・議論を行った。

### 生態系評価のための統計的機械学習アプローチ

「水産総合研究センター」では、機械学習法の有効性を調べるため、遅延差分方程式モデルと呼ばれる個体群モデルを使用し、異なる2つの資源枯渇率を持つ様々な漁獲量パターンデータを作成した。遅延差分方程式では、親魚と加入資源の2つのデータが得られるため、それらの漁獲量データを使用した。2つの資源枯渇率は理想的な資源状態である  $B_{MSY}$  とそれより小さいと乱獲状態と考えられる  $0.2B_{MSY}$  とした。最終枯渇率が  $B_{MSY}$  のデータは「成功」、 $0.2B_{MSY}$  のデータは「失敗」として、2値判別分析の一手法であるサポートベクトルマシンを使用した。漁獲量の情報として、平均漁獲量の他に、親魚と加入魚の漁獲量の比、漁獲量の変動係数、親魚と加入魚の漁獲量の相関係数、漁獲量の年トレンドなどを説明変数として用いるとき、「成功・失敗」の予測の誤り率を小さな値に抑えられることが分かった(図1)。

さらに、生態系モデルの基本となる遅延差分方程式のパラメータ推定問題に関して、国際ワークショップで発表を行ったり、小標本の場合の正確な不確実性の評価のためのブートストラップ法に関する講演を国内学会で行ったりした。

「統計数理研究所」では、James Thorson 博士から提供を受けたデータ、RAM Legacy データ、FAO データをもとに、従来の解析手法の検討を行った。その結果、相対資源量の時系列的構造をうまく利用していない点、または RAM データと FAO データの分布の違いを考慮していない点等、数多くの問題点が潜在していることが分かった。RAM のデータ解析を進めるう

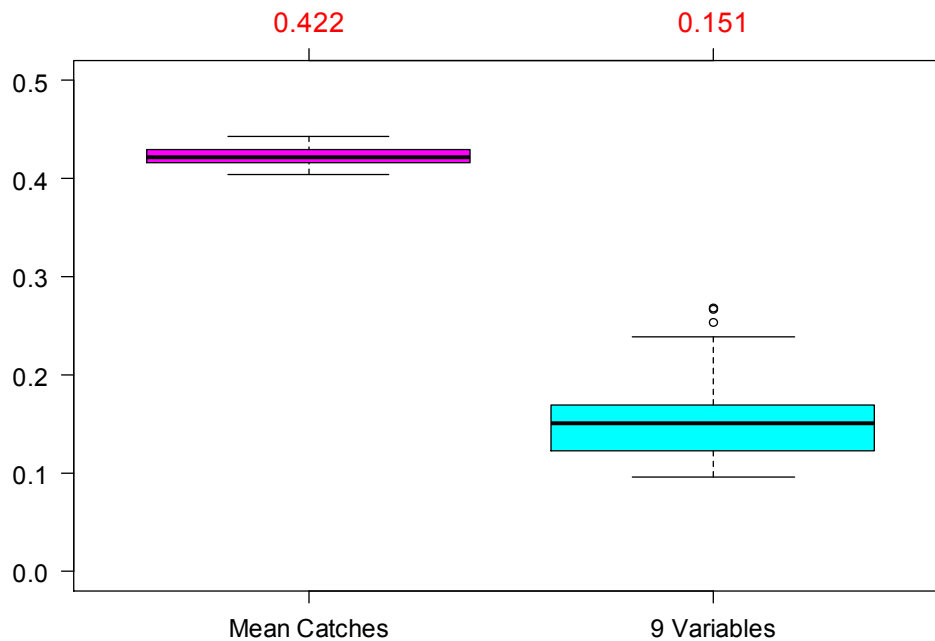


図 1. サポートベクトルマシンを利用して、遅延差分方程式を用いたシミュレーションデータによって漁獲量だけを用いて資源管理の「成功・失敗」が判別できるか見た試算結果。図上部の数字は、シミュレーションの誤り率の中央値。Mean Catches: 平均漁獲量だけを説明変数として使ったもの、9 Variables: 平均漁獲量その他、親魚と加入魚の漁獲量の相関など 9 変数を説明変数に使った場合。

ちに生態系の健全さの指標である相対資源量にいくつかのパターンがあることが分かった。また、関数クラスタリングの手法を用い、全資源でその時系列的傾向を検討し、その層別化を試みた (図 2)。明らかに資源ごとに異なるパターンが見受けられる。黒線で示されている資源は相対資源量<0.2 付近に密集し、年を通して変化が小さい。また赤線で示されている資源は単調減少の傾向、上部の青線で示されている資源は特異な変化傾向を持つことが分かった。今後は得られた 3 つのサブグループごとに、漁獲量(catch)の時系列的傾向の検討を行う予定である。それぞれの 3 つのサブグループに特徴的な傾向の抽出ができれば、それを用いることで漁獲量データしか存在しない FAO データの生態系の健全さの検討も可能となる。また各サブグループの特徴を (魚の種類, 生息地, 体長等) も詳細に見ることにより、枯渇の可能性が高い水産資源の特定も可能になると思われる。

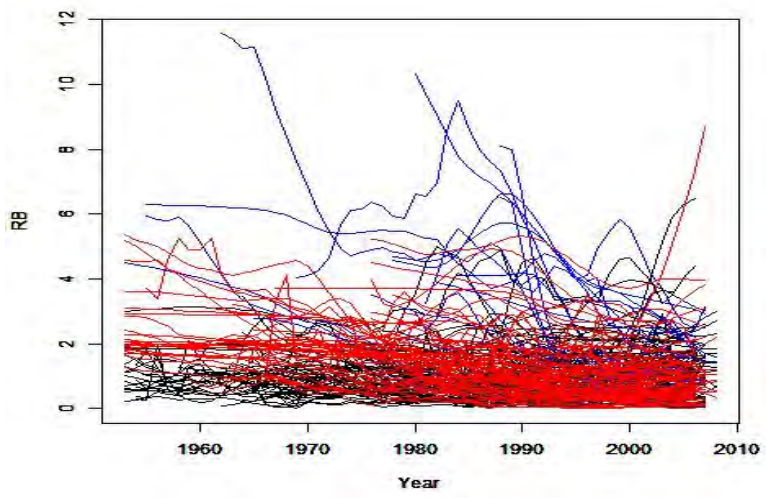


図2 RAM Legacy データ中の全 232 資源の層別化.