

シンポジウム (2006/3/28)
「野生生物管理に数理モデルはどのように役立つか？」



ミナミマグロの管理方式の開発

— 国際漁業管理機関における数理モデルの
使われ方

黒田啓行, 高橋紀夫, 伊藤智幸,
庄野宏, 宮部尚純
(遠洋水産研究所)



本日の内容

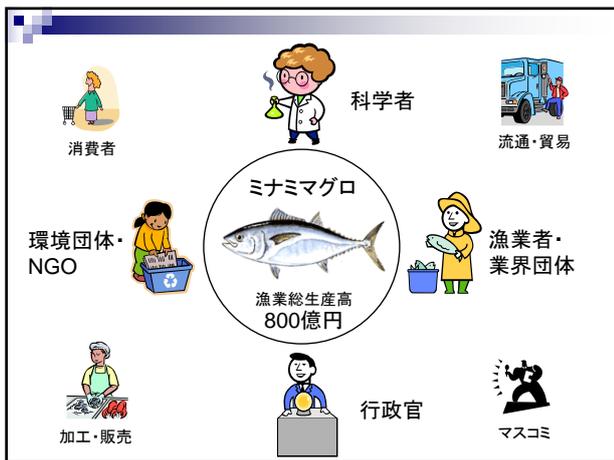
ミナミマグロの管理方式の開発
— 国際漁業管理機関における数理モデルの使われ方



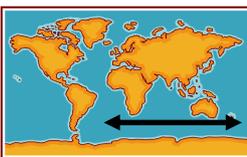
ミナミマグロ大トロ
一貫 1000円

1. ミナミマグロの資源管理の仕組み
 - ミナミマグロと漁業の紹介
 - 現在の問題点と、解決策としての管理方式
2. 管理方式の開発過程
 - 仮想現実モデル(OM)の作成
 - 管理方式(MP)の作成・評価
 - 科学委員会による最終案(2005年9月)
3. まとめ
 - 管理方式を開発して良かったこと
 - 苦労、今後の課題

(PR) 遠水研(@清水)は君を待っている!

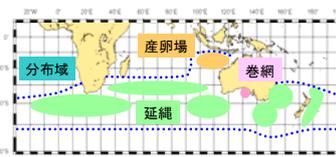
ミナミマグロとは




2004産卵場調査 with 小西君

- 分布 南半球温帯域
- 大きさ 2m, 200kg以上
- 寿命 40歳以上
- 成熟年齢 10歳
- 最高級マグロの一種
寿司・刺身用
(俗名 インドマグロ)

ミナミマグロ漁業とは → 多様な漁業形態

- 延縄漁業
 - 日本、台湾、韓国、ニュージーランド(4歳~10歳)
 - インドネシア(10歳以上)
- 巻網漁業
 - オーストラリア(2~4歳)
 - “畜養”(生け簀で小型魚を短期間で太らせる)

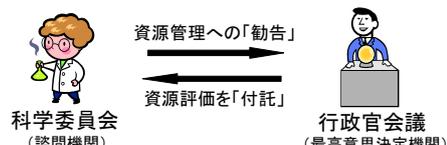
- 1950年代初頭スタート
- 1990年以降は約15000トン
- 日本・オーストラリアが主
- 現在、大部分は日本へ輸出

みなみまぐろ保存委員会 CCSBT

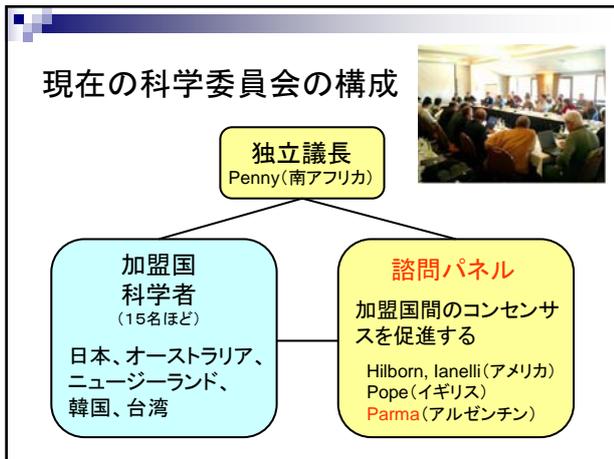
Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna



- 1994年発効。現加盟国5カ国。
 - 日本、オーストラリア、ニュージーランド、韓国、台湾
- 全ての事柄は全会一致で決定
- 許容漁獲量(TAC)、国別割当による管理
“Total Allowable Catch”

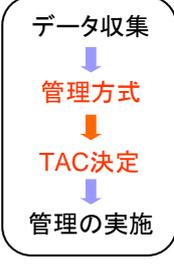


科学委員会 (諮問機関) 資源管理への「勧告」
行政官会議 (最高意思決定機関) 資源評価を「付託」

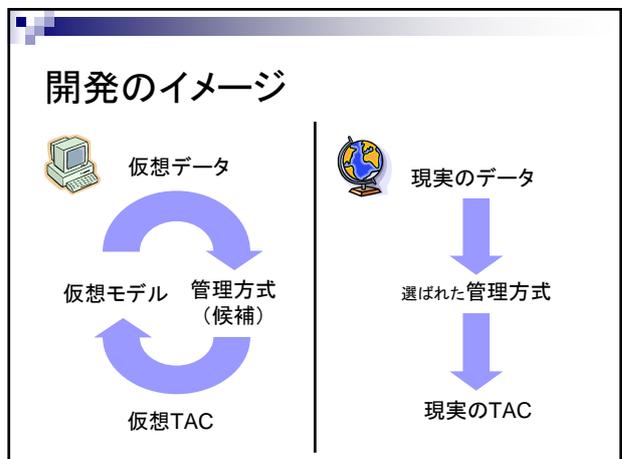


- ### ミナミマグロ管理の難しい所
- 
- 水産資源管理の高い目標
 - 「持続可能な利用」・「魚をとりながら増やす」
 - 生活史情報の不足
 - どこに、どれだけ、魚がいるのか、よくわからない
 - 自然死亡率、親子(再生産)関係の推定が難しい
 - 漁業データに頼らざる得ない
 - 科学調査を行うには、膨大な費用
 - 漁業形態の激しい変化
 - “畜養(養殖)”の開始、新たな国の参入
 - 燃油の高騰、魚価の低迷などの **社会経済的要因**

- ### これまでのミナミマグロ管理
- 漁獲データ等に基づくモデル解析により、**資源評価**(資源の現状把握)を行い、単純な**将来予測**の結果に基づき、TACを決める
 - しかし、資源評価結果の**不確実性が大きい**
 - 自然死亡率や資源の再生産力などに関して異なる仮説を各国が主張
 - そのため、資源状態の見解が国により異なり、**長年TACに合意できず**
 - 1998-2000年 国際裁判に発展 (日本 vs オーストラリア・ニュージーランド)
- 

- ### 管理方式の開発へ
- 2002年 “**管理方式**”(TAC決定ルール)の開発をスタート
 - **意思決定**のプロセスを明確化
 - IWC以外では、国際漁業管理機関として、世界初
 - 科学委員会を中心に、これまでに10回以上会議を開催
- 

- ### 2. 管理方式の開発
- #### 管理方式(MP)とは
- “Management Procedure”
- 
- “利用可能なデータからTAC(許容漁獲量)を決めるための**事前に定められたルール**”
 - 例:「魚の釣れ具合(CPUE)が良ければ、TACを上げる」
 - 環境変動や資源状態に関する不確実性があっても、うまく管理できる**頑健なルール**が理想的
 - しかし、実際に海で実験することは不可能
 - コンピュータ上に“**仮想現実モデル**”(Operating Model)を作り、**数値実験**により管理方式をテストし、頑健なルールを選ぶ



仮想現実モデルの中身



- ミナミマグロの資源動態を真似た個体群動態モデル。科学委員会が**共同で作成**。
- **年齢構成モデル**、1種系モデル

$$N_{t,a} = N_{t-1,a-1} \exp(-F_{t,a} - M_{t,a})$$

漁獲死亡 ← 自然死亡
 ↓ ↓
 $R_t = \frac{\alpha S_y}{\beta + S_y} \times (\text{error})$
 子 親

- 親子(再生産)関係を考慮
- 空間構造などは考慮しない

パラメータ推定



- 過去のデータから**パラメータをベイズ推定**
 - “統合モデル” プロセス誤差と観測誤差を考慮し、複数のデータを同時にうまく説明するようにパラメータ推定
 - データ: 漁獲量、CPUE、年齢・体長組成、標識再補データ
 - パラメータ: 加入量、初期資源量、年齢別選択率など
- 詳細は http://homepage3.nifty.com/kurota/doc/SBT_OM.pdf

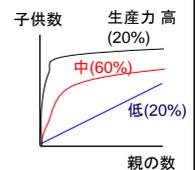
不確実性とは



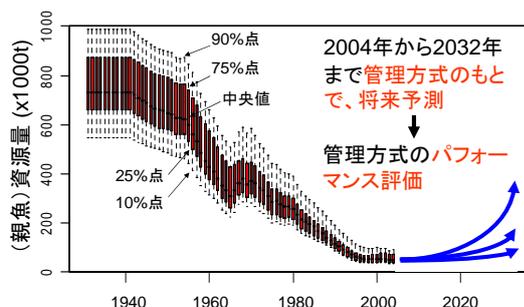
- パラメータの不確実性
 - 将来予測の不確実性 (例) 加入量の変動
 - モデルの不確実性
- } 今回の開発作業で考慮
 } 別の枠組(メタルール)で対応
- 「想定内」と「想定外」を**明確に区別**

考慮した不確実性

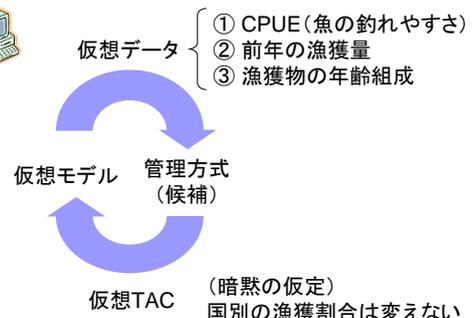
- パラメータの不確実性
 - 重要なパラメータのみ考慮。
 - 各シナリオ(仮説)の重み付けは以下の方法で。
 - 自然死亡率など → **モデルのデータへの当てはまり具合**
 - 親子(再生産)関係 → エキスパートジャッジ(“投票”)
 - 将来予測の不確実性
 - 加入量の変動(プロセス誤差)
 - CPUE(魚の釣れやすさ)の観測誤差
- 720通りのシナリオを各重みに従って 2000個サンプリング = 仮想現実モデル



仮想現実モデルにおける過去の推定資源量



管理方式の開発



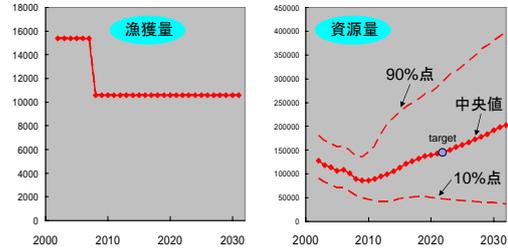
“うまい管理”とは？



- ① 漁獲量の最大化 “たくさんとりたい”
- ② 漁獲量の安定性 “増えたり、減ったりは困る”
- ③ 資源の安全性 “絶滅なんて、もってのほか”

- ①と③はトレードオフの関係
→ どう判断するかは関係者全員で議論
- CCSBT自体の**管理目標は現在見直し中**
- 管理方式の比較のため、資源回復の目標値を仮設定
□ (2022年の資源量) / (2004年の資源量) = 1.1 (中央値)

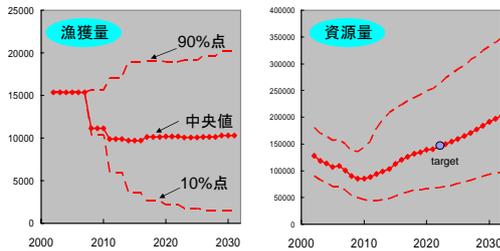
ダメな例 “漁獲量一定”方式 10,600トン



- 資源の減少が止まらない場合もある
- 資源状態が良くても、TACが増えない

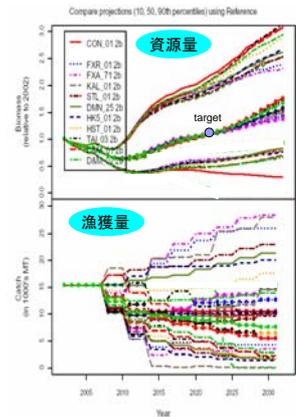
管理方式 “HK5” (“Hiroyuki Kurota ver.5”)

- 順応的管理を意図した比較的シンプルなルール
- CPUEのトレンドと加入量の指標からTACを計算



2004年3月 管理方式の“比較”

- 2年間に30以上の管理方式が開発される
- 資源量の平均的な変化は同じ
- 漁獲量の変化と資源量のばらつきに違い
- 平均漁獲量にはほとんど差がなかった



管理方式の“選択”

- 各指標に基づく“成績表”を作成
 - 初期のTACの削減幅
 - 資源が減少するリスク
 - 漁獲量の変動など
- 4つのグループに分類
 - 各グループで最良のものを選ぶ

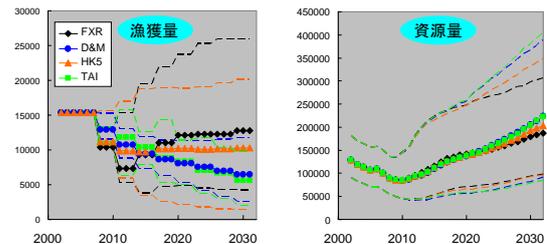
H: high, M: medium, L: low

指標	FXR 01	FXA 71	KAL 01	STL 01	D&M 01	HKS 01	MST 01	TAI 01	D&M 02	TAI 02
early TAC reductions	L	H	H	H	M	M	M	L	L	L
longer term TAC levels	H	H	H	H	M	M	M	L	L	L
rate of low SSB (10% SSB and 50% MinE)	L	L	L	LM	LM	LM	LM	HM	H	H
Increase in TAC at end of period	H	H	H	H	M	M	M	L	L	L
Range of TAC variation	?	H	H	H	MH	M	M	L	L	L
Range of biomass variation	?	L	L	L	M	M	MH	H	H	MH
post 2022 median biomass	H	L	L	M	M	M	M	H	H	H
probability of low TAC	L	L	ML	H	M	M	M	M	M	ML
AVG and max Tac change	L	H	H	H	M	M	M	L	L	L
TAC change reversals (A-stad)	L	M	M	H	M	M	LM	L	H	LM
Med1_A12Low1_A12	H	H	H	H	M	M	M	L	L	L
No_AC	H	M	M	M	H	MH	H	MH	L	ML
Low_Roc	H	M	H	M	ML	H	L	L	L	L
Steeprness (high effect on TAC)	H	H	H	H	M	M	M	L	L	ML
Steeprness (low effect on biomass)	H	M	H	H	H	M	M	L	L	L

2004年3月 4つの最終候補

- “HK5” (黒田方式) は高評価を受ける

	資源の安全性	漁獲量の安定性	長期的な漁獲量
理想	高	高	高
FXR	高	低	高
D&M	低	高	低
HKS	高/中	高	中
TAI	低	低	低



3. まとめ

管理方式を開発して良かったこと

- 不確実性に対して**頑健なTAC**の算出
 - 意思決定がスムーズに
- **管理システム全体のデザイン**が進む
 - データ収集から管理実施まで
 - 問題点を理解した上で、前向きに対応
- **論点の整理、明確化**
 - 「結果」ではなく、「方法・過程」で議論
 - 諮問パネルが議論をリード
- 関係者間の**意思疎通**が進む
 - 行政、業界関係者らと何度も会合



苦労・今後の課題

“みなみまぐろニュースレター”

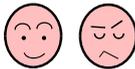


- モデルの**前提が崩れ**、やり直し
 - 「減多に起こらないこと」は、よく起こる
 - ただし、**やり直し自体はいいこと**
 - 想定外の事態への対応が、今後もスムーズにいくか？
- 専門家以外の関係者への**管理方式の説明**
 - 目的、利点、問題点などを理解してもらう必要性
 - 粘り強くやれば、なんとか伝わる
- 厳しい時間的制約、プレッシャー、経験不足
 - せっぱ詰まる前に準備をしておく(ただし・)

まとめ

「野生生物管理に数理モデルはどのように役立つか？」

- ミナミマグロ管理において、数理モデル(仮想現実モデル&管理方式自身)は、「TAC(許容漁獲量)の決定」という**非常に重要な役割**を果たそうとしている
- 同時に、それを効果的、有機的に動かす**管理全体のデザイン**と、関係者の理解(やる気)が不可欠



みなみまぐろ保存委員会 科学委員会



会議レポートなどはCCSBT
のwebページで公開
<http://www.ccsbt.org/>



質問等は私、黒田啓行まで
kurota@affrc.go.jp
<http://homepage3.nifty.com/kurota/>