

水産資源の管理と評価

東京海洋大学 海洋生物資源学科

北門 利英 kitakado@kaiyodai.ac.jp

水産海洋概論 I (2025年5月17日)

自己紹介

- 教育学部出身で、元々の専門は数理統計学
- 現在の専門：水産資源解析学・水産資源管理学・統計学
- 研究対象種：
まぐろ類，サンマ，クジラ，アザラシ，トド，ウミガメ，熱帯ウナギ等
- 学部の主な担当授業科目
統計学(2年生)
応用統計学(2年生)
鯨類資源論(2年生)
生物資源モデリング(3年生)
生物資源解析学(3年生)
生物資源解析学演習(3年生)

北門のウェブサイト



授業スライド
(抜粋)



1. 水産資源とは
2. 水産生物の資源動態を表すモデル
3. 資源評価と管理の例
4. まとめ

水産生物の資源評価と管理：背景

水産資源とは？

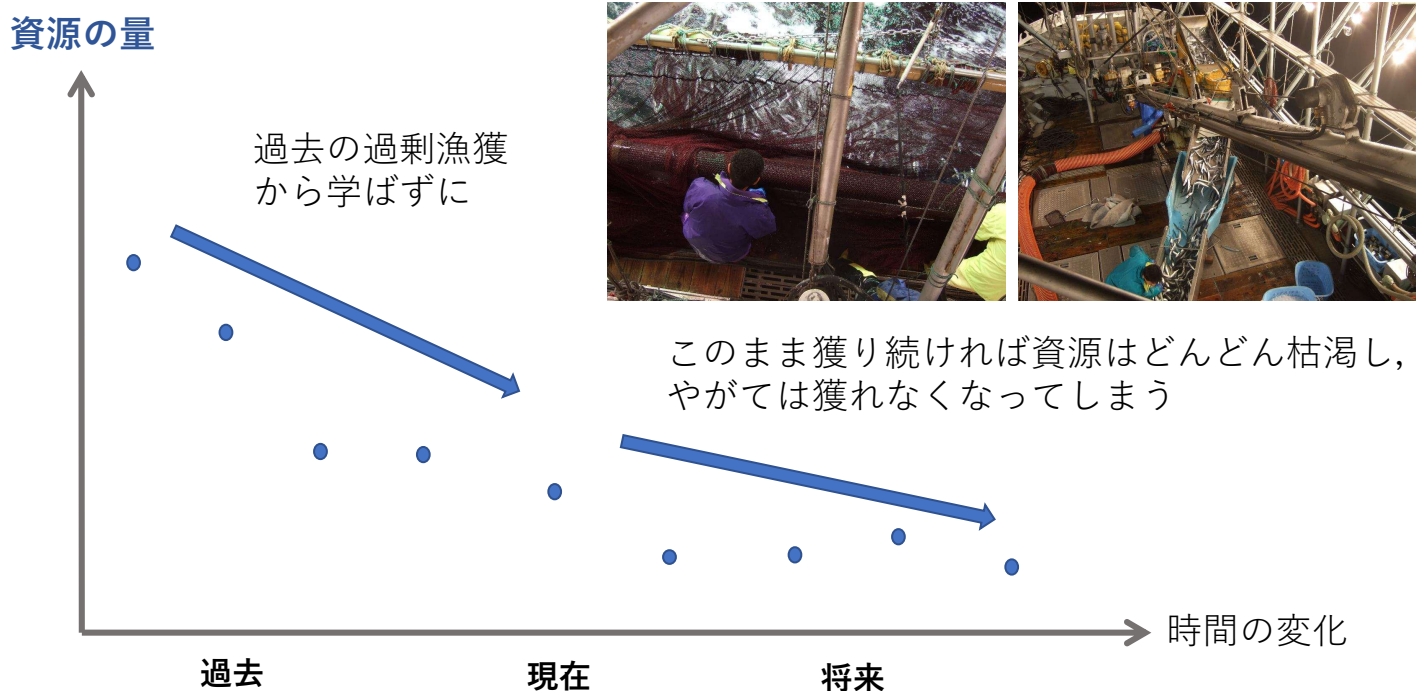
海洋，湖沼域，河川などに生息する生物資源

水産資源の特徴

- 自律更新性が非常に高い
- 無主物であることが多い
- 生態系に代表されるように，構造が複雑
- 直接観測できないことも多い
- …

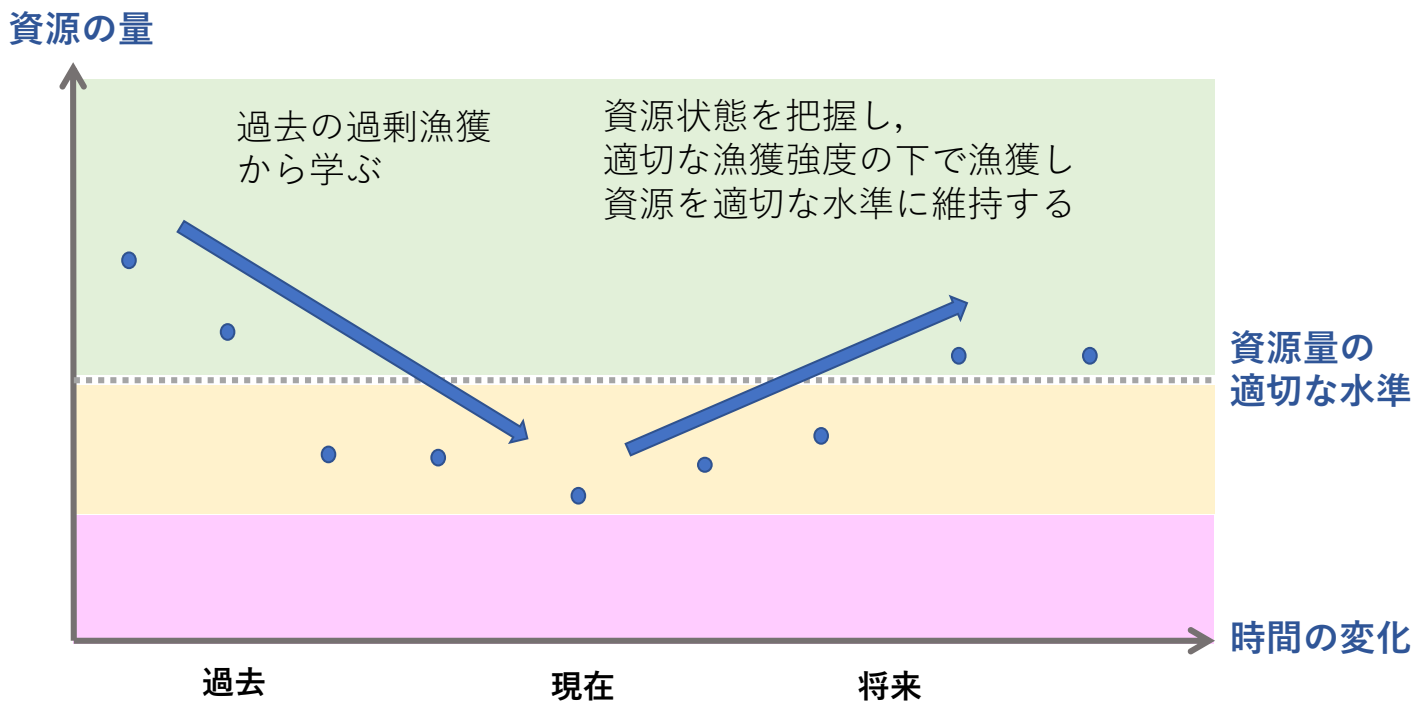
なぜ資源管理が必要か？

水産資源は陸上生物と比較して自律更新性が高いが
過剰漁獲を続ければ枯渇してしまう



なぜ資源管理が必要か？

資源を枯渇や絶滅させないために、漁業や調査のデータを利用し、現状の資源状態を正しく把握しつつ、資源を上手に利用していかなければなりません



国内の資源評価と管理

水産庁から委託を受け国立研究開発法人水産研究・教育機構が実施

<http://abchan.fra.go.jp/digests2020/index.html>

魚種	系群	簡易版	詳細版
マイワシ	太平洋系群	〇	2.6MB
	対馬暖流系群	〇	3.5MB
マアジ	太平洋系群	〇	1.7MB
	対馬暖流系群	〇	5.5MB
マサバ	太平洋系群	〇	2.5MB
	対馬暖流系群	〇	1.9MB
ゴマサバ	太平洋系群	〇	2.0MB
	東シナ海系群	〇	1.9MB
スケトウダラ	日本海北部系群	〇	3.1MB
	根室海峡	〇	0.7MB
	オホーツク海南部	〇	0.9MB
	太平洋系群	〇	3.3MB
ズワイガニ	オホーツク海南部	〇	1.0MB
	太平洋北部系群	〇	8.4MB
	日本海系群	A海域（富山県以西） 〇	3.8MB
		B海域（新潟県以北） 〇	1.6MB
	北海道西部系群	〇	1.1MB
スルメイカ	冬季発生系群	〇	2.9MB
	秋季発生系群	〇	2.8MB
ホッケ	道北系群	〇	2.6MB

日本の資源管理

平成29年度資源評価報告書(ダイジェスト版)

標準和名 マアジ

学名 *Trachurus japonicus*

系群名 対馬暖流系群

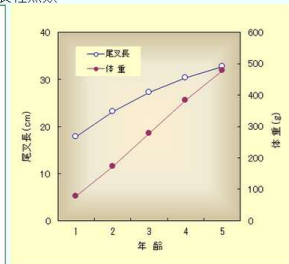
担当水研 西海区水産研究所

[Top](#) > [資源評価](#) > [平成29年度資源評価](#) > [ダイジェスト版](#)



生物学的特性

寿命: 5歳前後
成熟開始年齢: 1歳(50%)、2歳(100%)
産卵期・産卵場: 1～6月、南部ほど早い傾向があり、盛期は3～5月、東シナ海南部、九州・山陰沿岸～日本海北部沿岸
食性: オキアミ類、アミ類、桃脚類等の動物プランクトン、小型魚類
捕食者: 稚幼魚はブリ等の魚食性魚類



[▲このページのTOPへ](#)

平成 29 (2017) 年度マアジ対馬暖流系群の資源評価

責任担当水研: 西海区水産研究所 (依田真里、黒田啓行、佐々千由紀、高橋素光)

参画機関: 日本海区水産研究所、水産工学研究所、青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県水産振興センター、山形県水産試験場、新潟県水産海洋研究所、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府農林水産技術センター海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター、鳥取県水産試験場、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター

要 約

本系群の資源量について、資源量指標値を考慮したコホート解析により計算した。資源量は、1970年代後半に低水準だったが、1980～1990年代前半に増加し、1993～1998年には50万トンを超えた。その後、資源量は減少し、1999～2002年には30万～40万トンだったが、2003、2004年には増加し、再び50万トンを超えた。2005年以降は40万トン前後で推移している。親魚量については2010年以降20万トン前後で推移しており、Blimit (2001年の親魚量15万トン)を上回っており、資源水準は中位で、最近5年間 (2012～2016年)の資源量の推移から、資源動向は増加と判断した。今後、再生産成功率 (加入量+親魚量)が、不確実性の高い直近年 (2016年)を除く最近10年間 (2006～2015年)の中央値で継続した場合に、親魚量の増大 (F30%SPR)、現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent) 及び親魚量の維持 (Fmed) の各シナリオで期待される漁獲量を2018年ABCとして算定した。

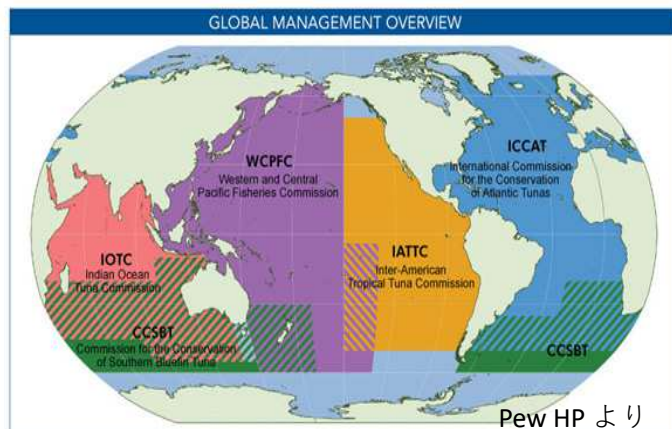
国際資源の管理

国連海洋法条約

「高度回遊性魚類の国際機関による管理と最適利用」

その国際機関による管理とは??

国際捕鯨委員会 (IWC), マグロ (tuna RFMO), サンマ (NPFC)



Pew HP より

図 I-3-2 カツオ・マグロ類以外の資源を管理する主な地域漁業管理機関と対象水域



注: 我が国はSPRFMO及びNEAFCには未加盟

水産庁 HP より

水産資源利用の歴史 (はえ縄漁業)

Rapid worldwide depletion of predatory fish communities

Ransom A. Myers & Boris Worm

Nature 2003

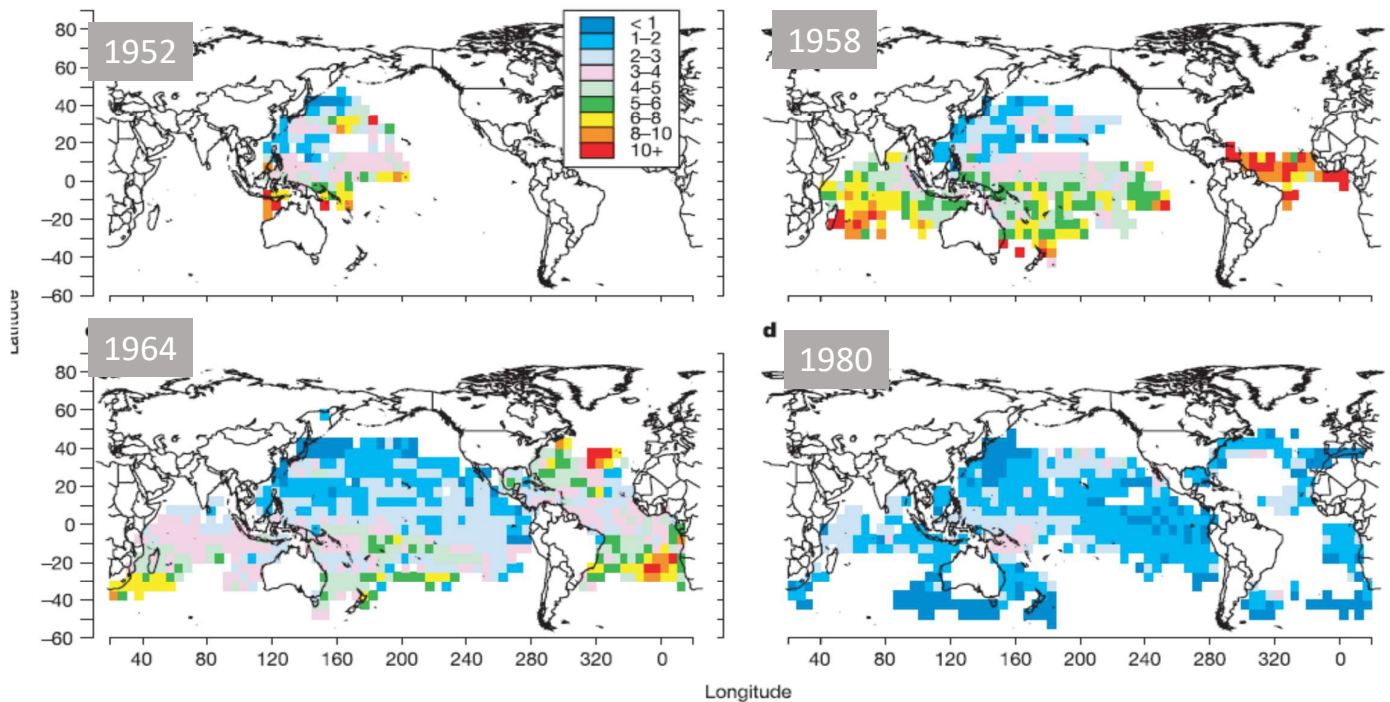


Figure 2 Spatial patterns of relative predator biomass in 1952 (a), 1958 (b), 1964 (c) and 1980 (d). Colour codes depict the number of fish caught per 100 hooks on pelagic

longlines set by the Japanese fleet. Data are binned in a global $5^\circ \times 5^\circ$ grid. For complete year-by-year maps, refer to the Supplementary Information.

CPUE

CPUE = Catch per Unit Effort
単位努力量当たり漁獲量

例えば努力量を，漁船の操業日数とすると
漁獲量

- 操業日数が長いほどたくさん獲れる
- 資源量が大いほどたくさん獲れ

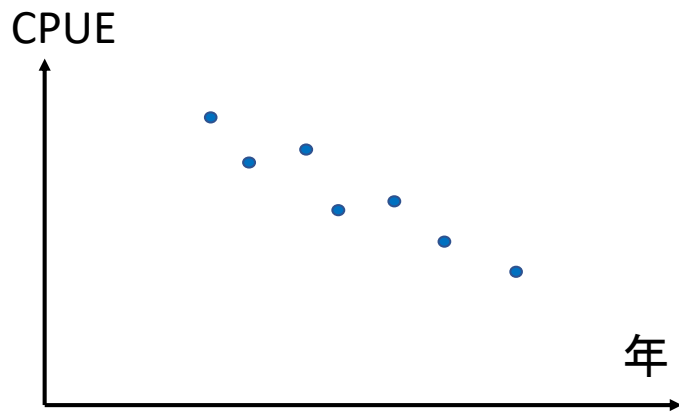
⇒ 関係を式で表すと

$$\text{漁獲量} \propto \text{操業日数(努力量)} \times \text{資源量} \quad \dots \textcircled{1}$$

すなわち

$$\text{CPUE} = \text{漁獲量} / \text{努力量} \propto \text{資源量} \quad \dots \textcircled{2}$$

資源管理で利用する情報



CPUE減少

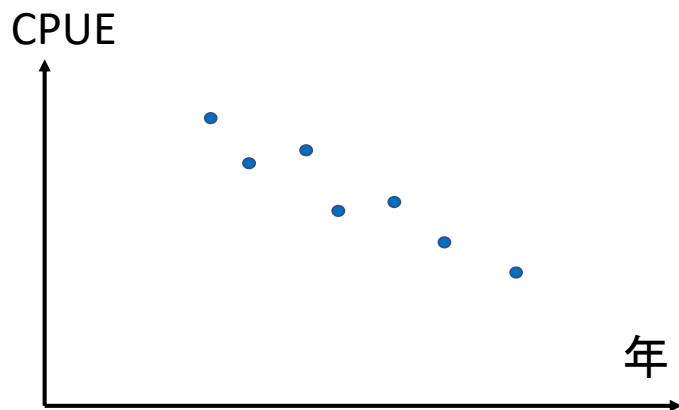
⇒ 資源量が減少傾向

⇒ 漁獲量を削減する？

or

まだ資源量を減らしてよい？

資源管理で利用する情報



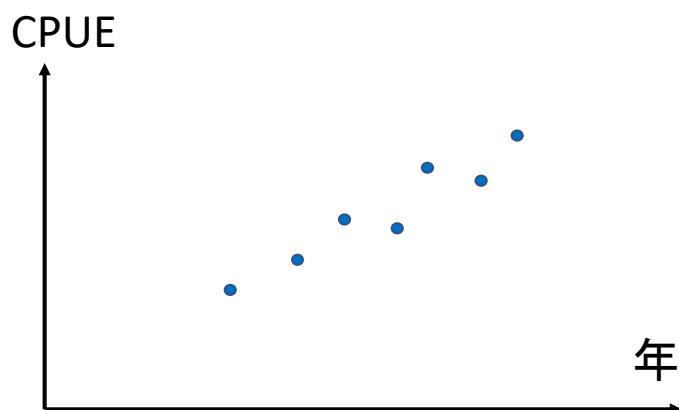
CPUE減少

⇒ 資源量が減少傾向

⇒ 漁獲量を削減する？

or

まだ資源量を減らしてよい？



CPUE増加

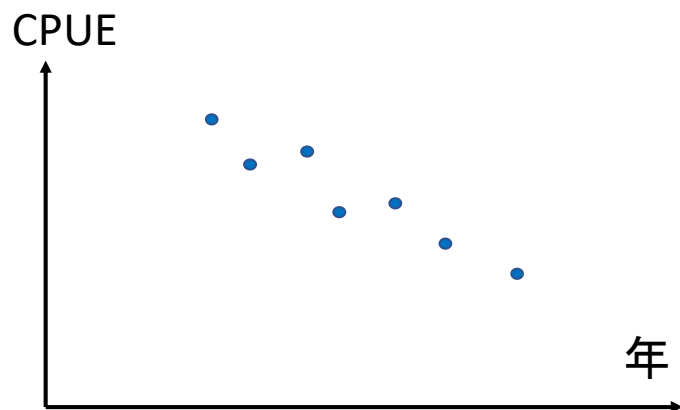
⇒ 資源量が増加傾向

⇒ 漁獲量を増やしてよい？

or

まだ回復途上？

資源管理で利用する情報



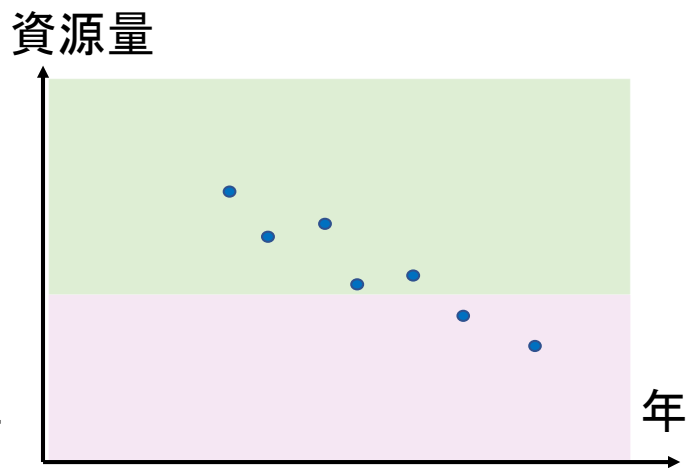
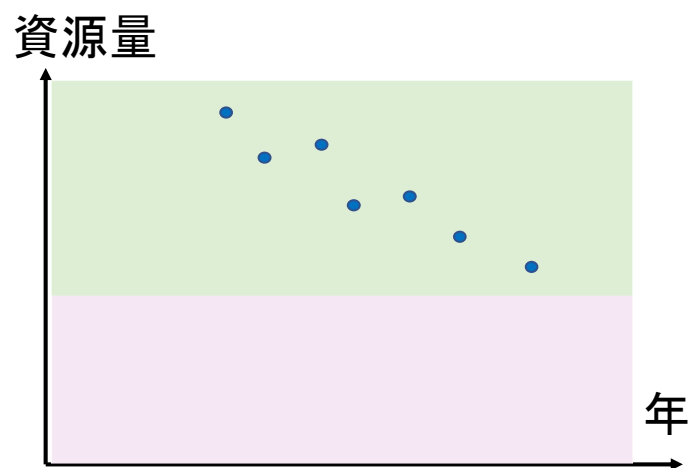
CPUE減少

⇒ 資源量が減少傾向

⇒ 漁獲量を削減する？

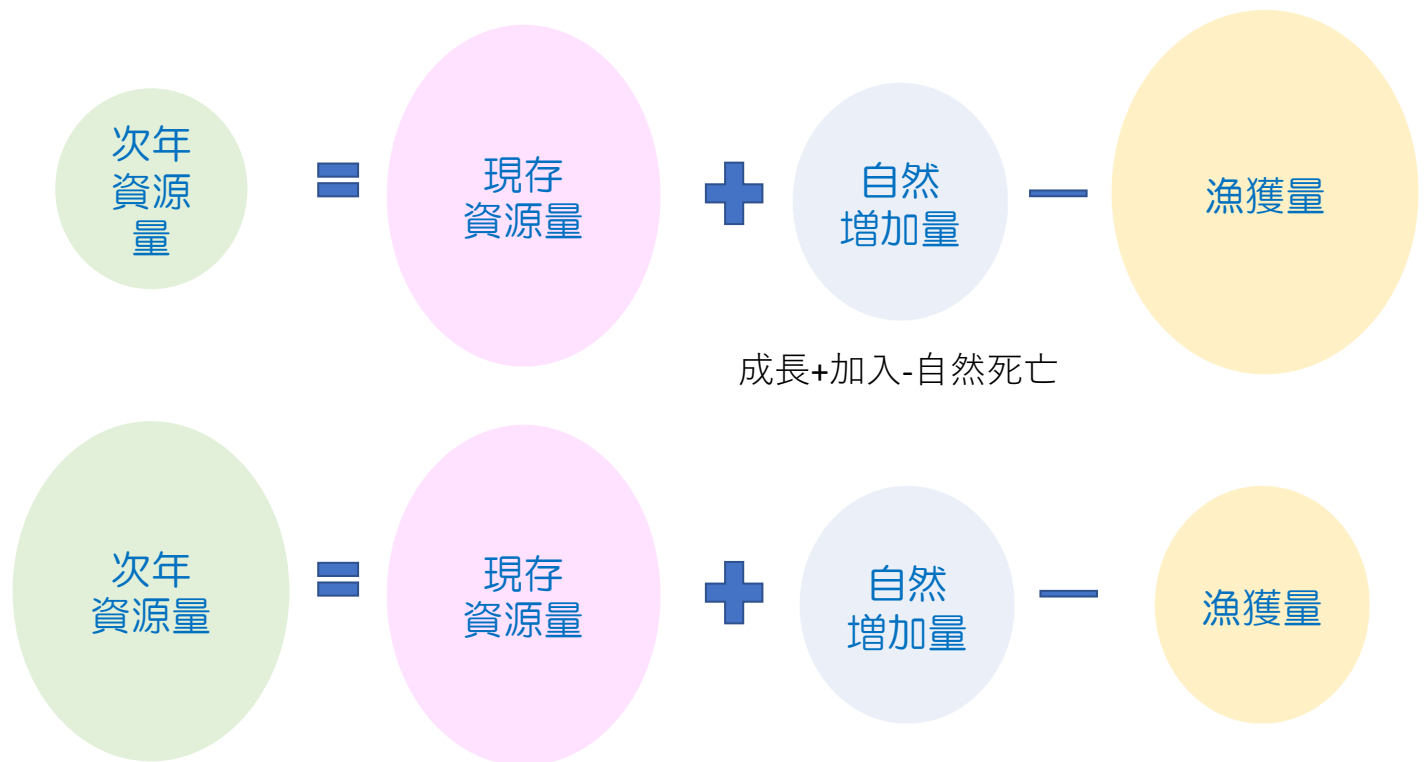
or

まだ資源量を減らしてよい？



資源動態を表現するモデル

資源量の変化



持続生産量とは

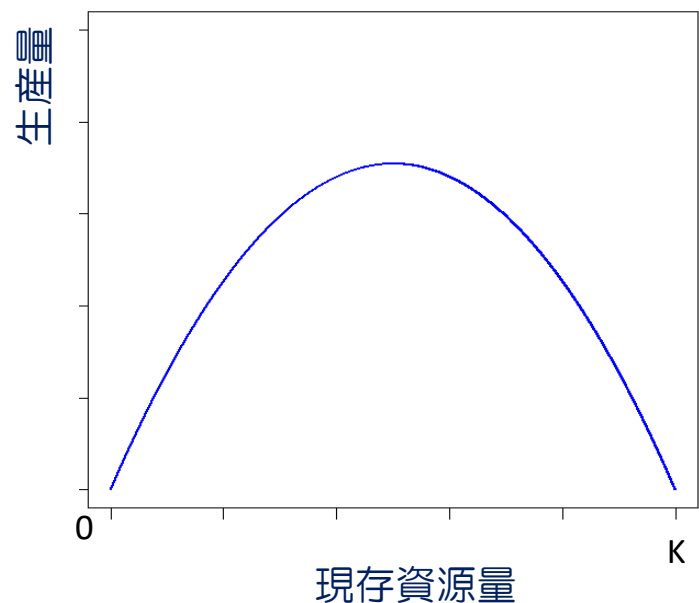
$$\text{次年資源量} = \text{現存資源量} + \text{生産量} - \text{漁獲量}$$

$$B_{t+1} = B_t + r B_t \left(1 - \frac{B_t}{K} \right) - C_t$$

シェーファー型
余剰生産量モデル

内的自然増加率

環境収容力



持続生産量とは

$$\text{次年資源量} = \text{現存資源量} + \text{生産量} - \text{漁獲量}$$

$$B_{t+1} = B_t + r B_t \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) - C_t$$

シェーファー型
余剰生産量モデル

増えた分だけ取る $\Rightarrow$ 資源の量を変化させない

(銀行預金で言うと、
利子で増えた分だけ使う)

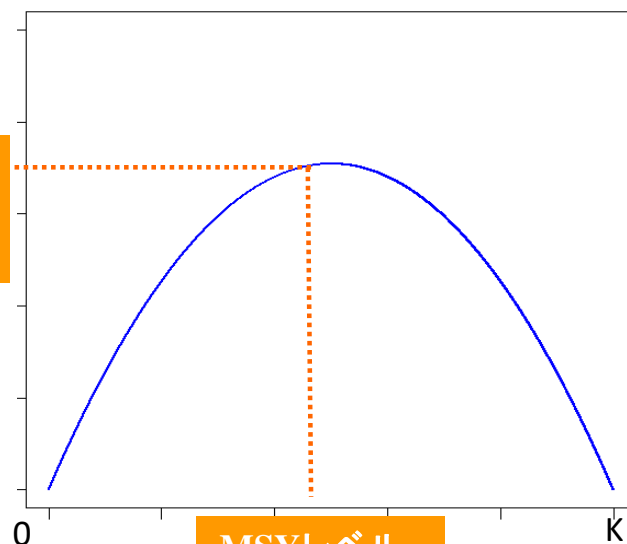
$$C_t = r B_t \left(1 - \frac{B_t}{K}\right)$$

$$\Rightarrow B_{t+1} = B_t$$

・・・①

最大持続
生産量
(MSY)

生産量



MSYレベル
(Bmsy)

持続生産量とは

MSY=Maximum Sustainable Yield (最大持続生産量)

Bmsy = MSY Level (MSYレベルの資源量)

MSYを達成するのは資源量が 生産量

$$B_{msy} = \boxed{}$$

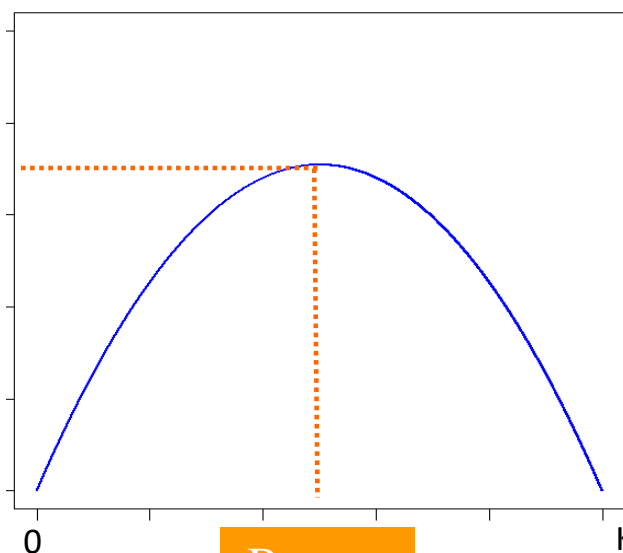
のとき。

また、この時のMSYは

$$MSY = \boxed{}$$

である。

MSY



Bmsy

現存資源量

持続生産量とは

MSY=Maximum Sustainable Yield (最大持続生産量)

Bmsy = MSY Level (MSYレベルの資源量)

MSYを達成するのは資源量が 生産量

$$B_{msy} = \boxed{K / 2}$$

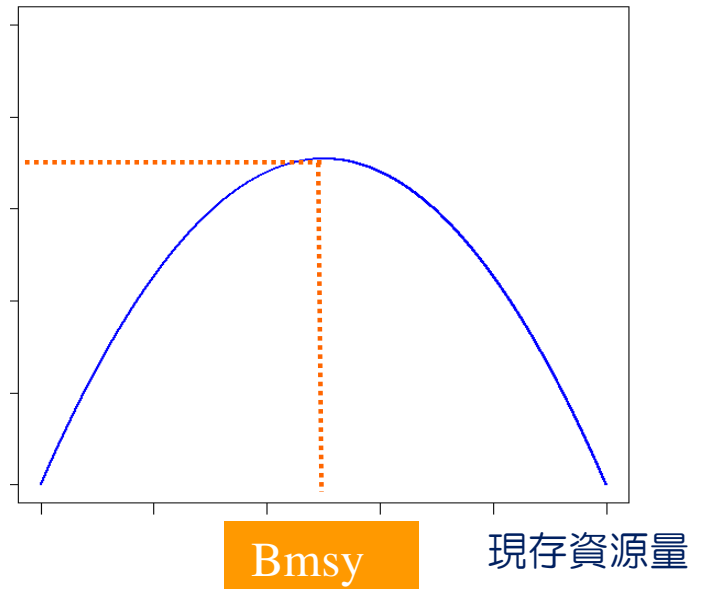
のとき.

また, この時のMSYは

$$MSY = \boxed{rK / 4}$$

である.

MSY



CPUE

CPUE = Catch per Unit Effort
単位努力量当たりの漁獲量

漁獲量 $\propto$ 努力量 $\times$ 資源量

漁獲量 = 比例定数 $\times$ 努力量 $\times$ 資源量
(漁具能率)

漁獲強度

$$\begin{aligned} C &= \boxed{q \times E} \times B \\ &= \boxed{F} \times B \end{aligned}$$

... ①

CPUE

CPUE = Catch per Unit Effort
単位努力量当たりの漁獲量

漁獲量 $\propto$ 努力量 $\times$ 資源量

漁獲量 = 比例定数 $\times$ 努力量 $\times$ 資源量
(漁具能率)

$$MSY = rK / 4$$

$$= \boxed{} \times \boxed{K / 2}$$

$$= \boxed{F_{msy}} \times \boxed{B_{msy}}$$

漁獲強度

$$F_{msy} = \boxed{}$$

CPUE

CPUE = Catch per Unit Effort
単位努力量当たりの漁獲量

漁獲量 $\propto$ 努力量 $\times$ 資源量

漁獲量 = 比例定数 $\times$ 努力量 $\times$ 資源量
(漁具能率)

$$MSY = rK / 4$$

$$= \boxed{r / 2} \times \boxed{K / 2}$$

$$= \boxed{F_{msy}} \times \boxed{B_{msy}}$$

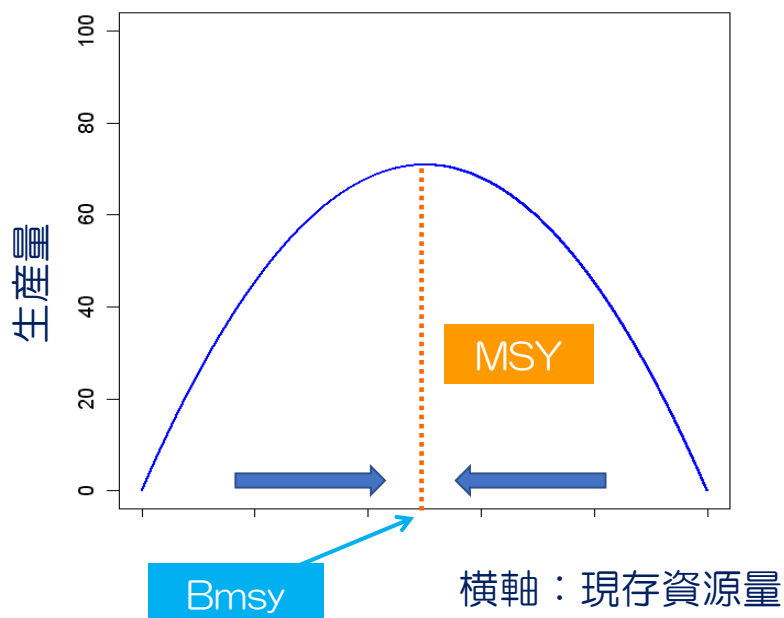
漁獲強度

$$F_{msy} = \boxed{r / 2}$$

資源動態モデルとは？

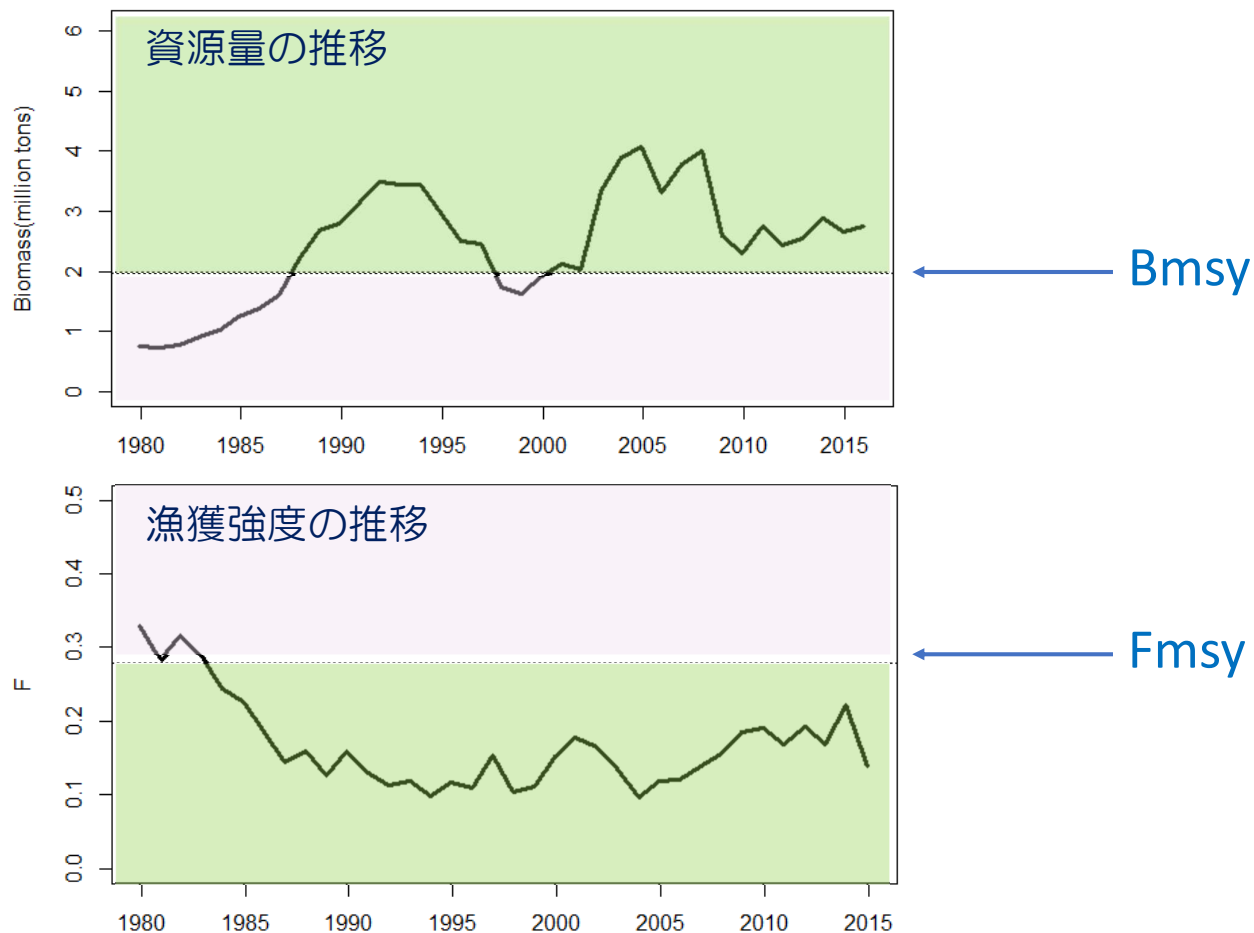
次年資源量 = 現存資源量 + 生産量 - 漁獲量

$$B_{t+1} = B_t + r B_t \left(1 - \frac{B_t}{K} \right) - C_t$$

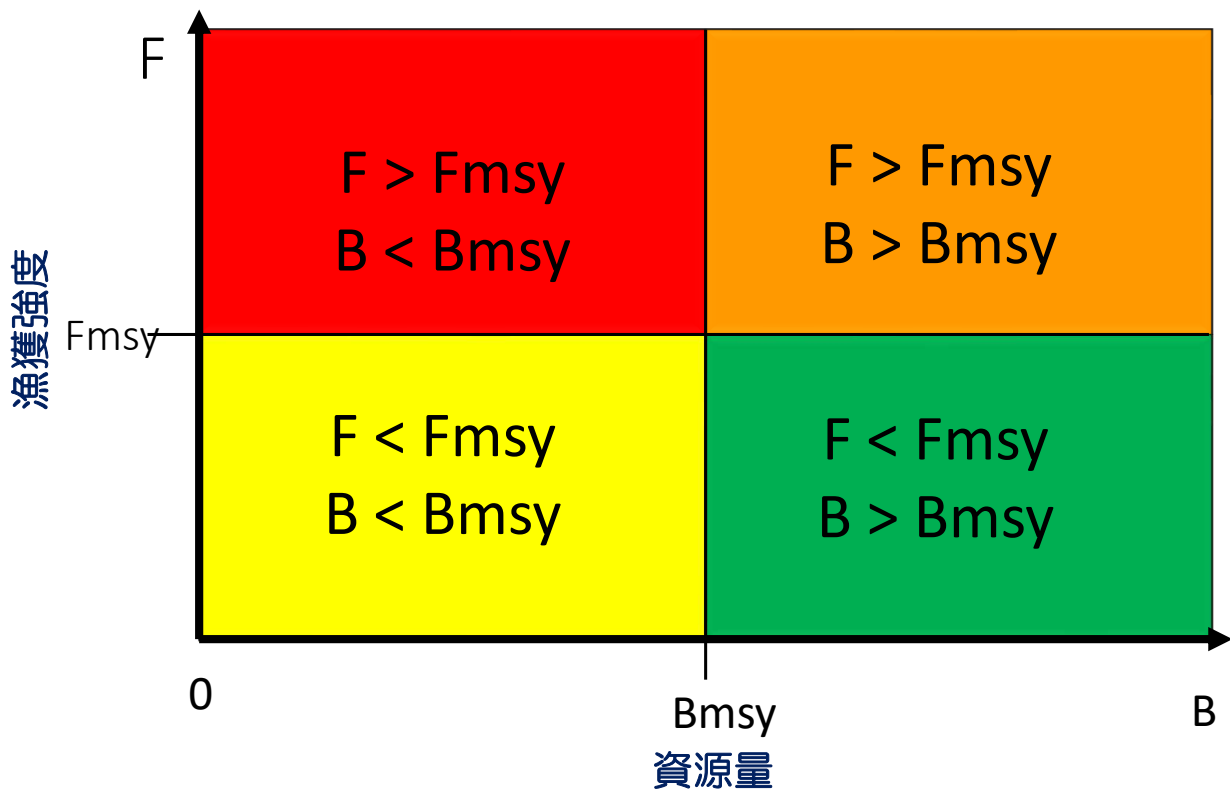


$$B_{msy} = \frac{K}{2}$$
$$F_{msy} = \frac{r}{2}$$

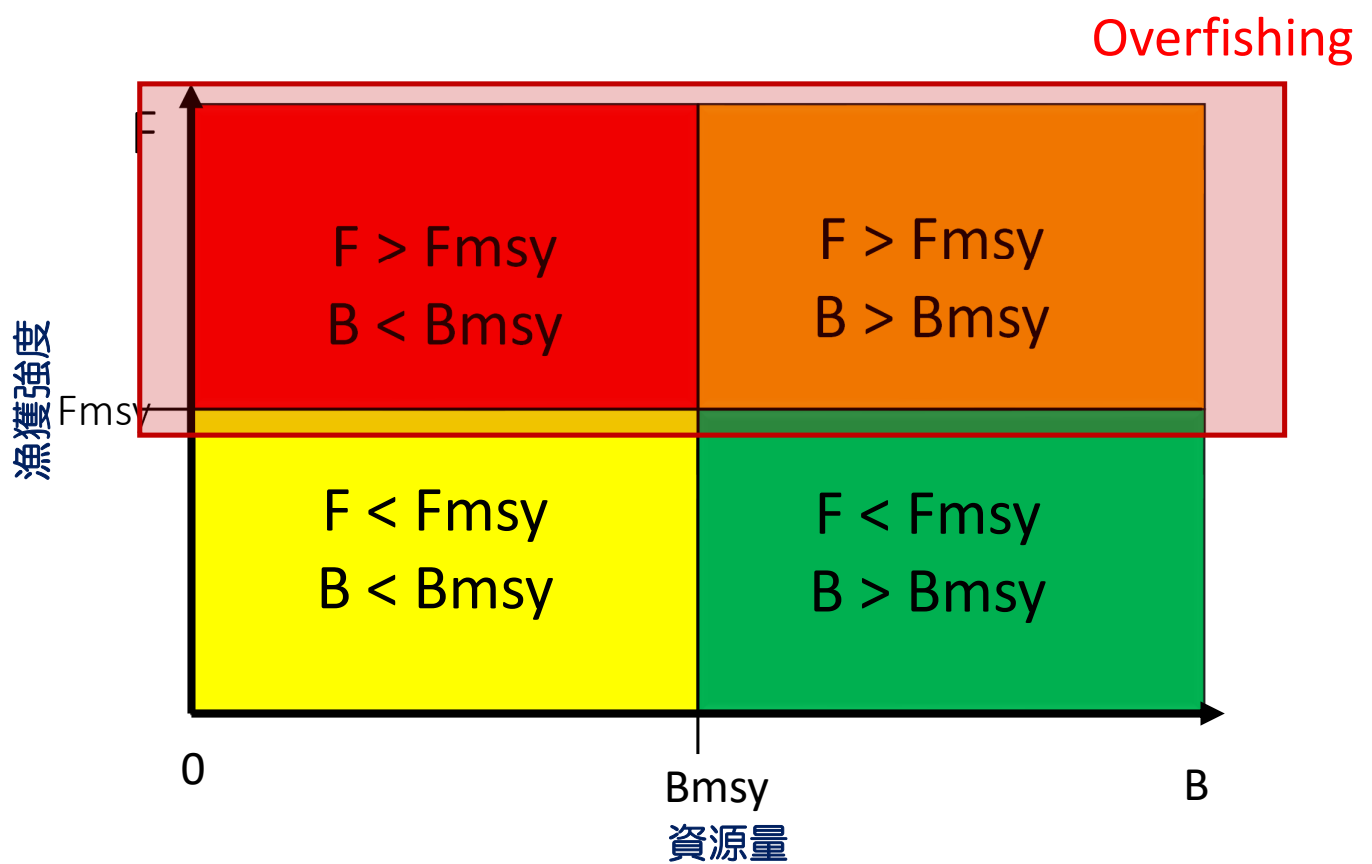
資源動態モデルの推定と資源評価



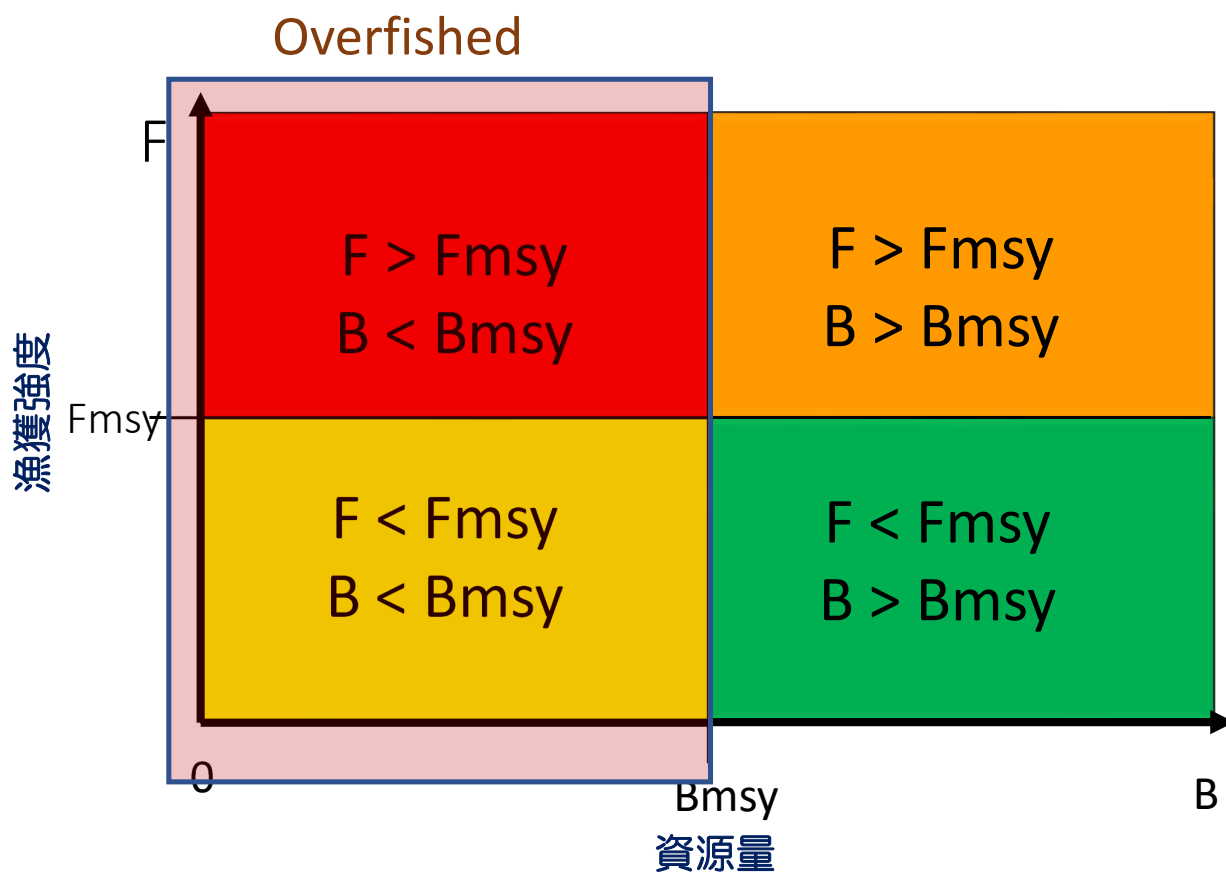
KOBEプロット



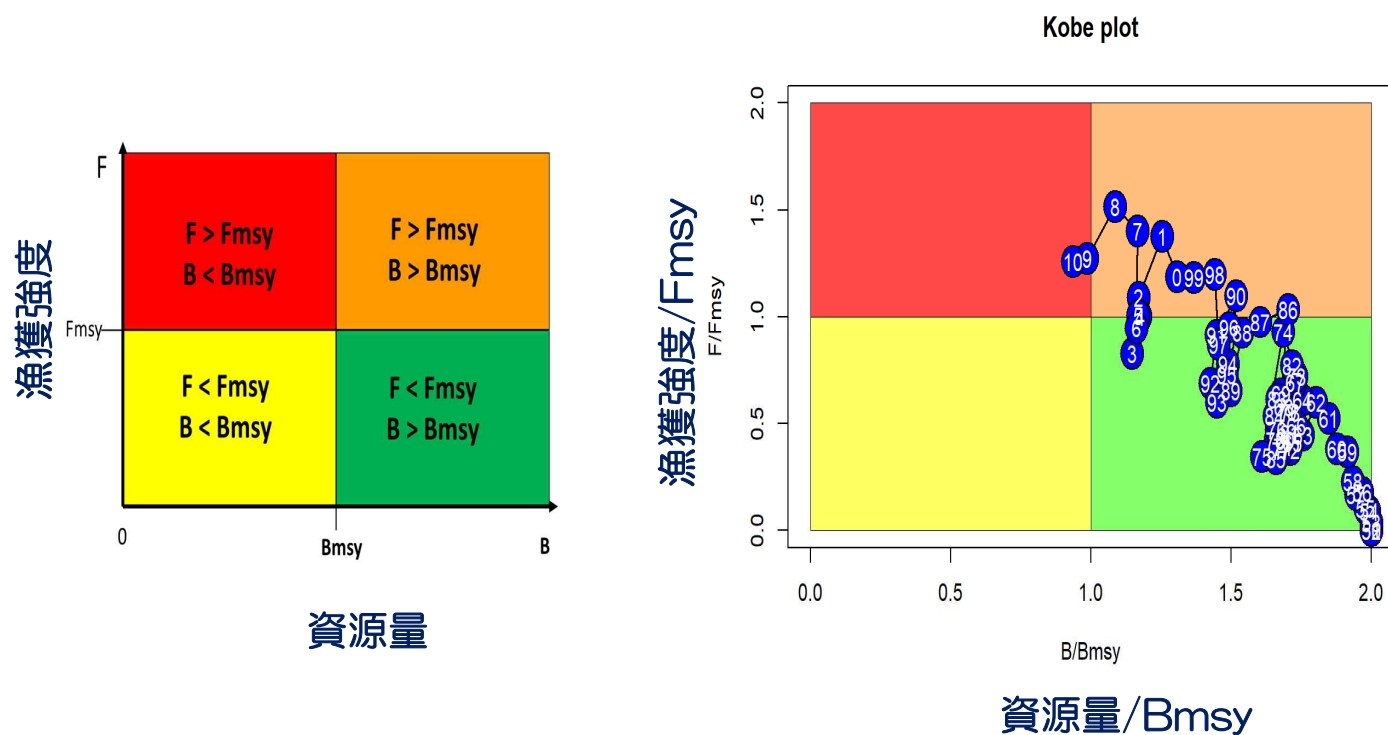
KOBEプロット



KOBEプロット

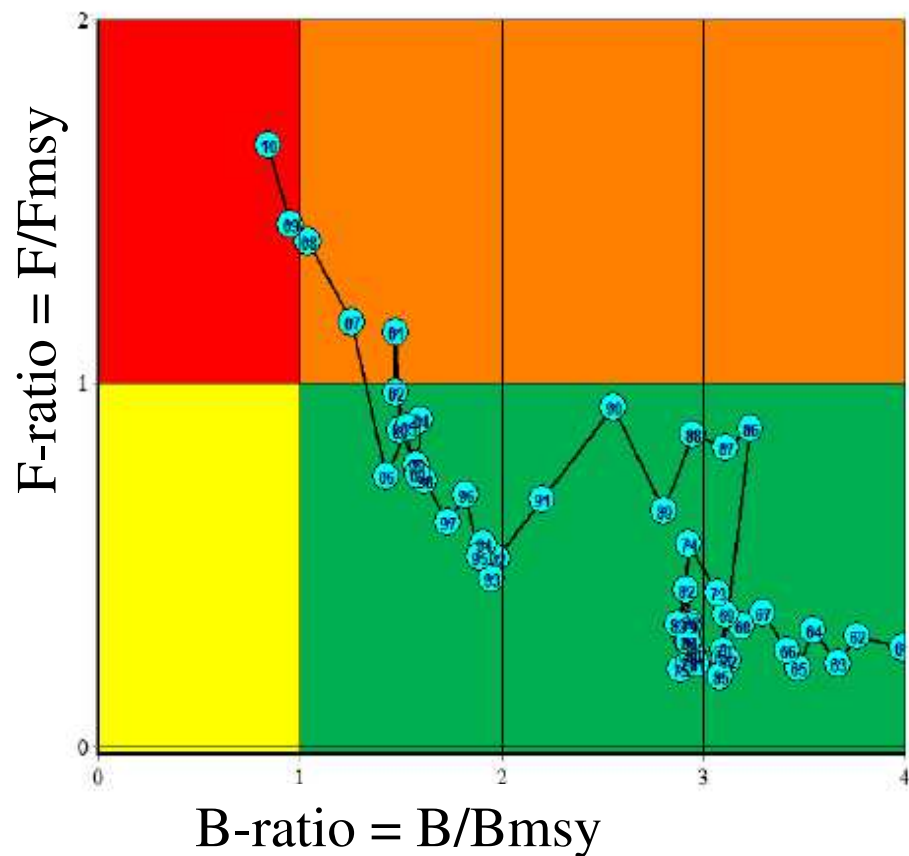


Kobe plot



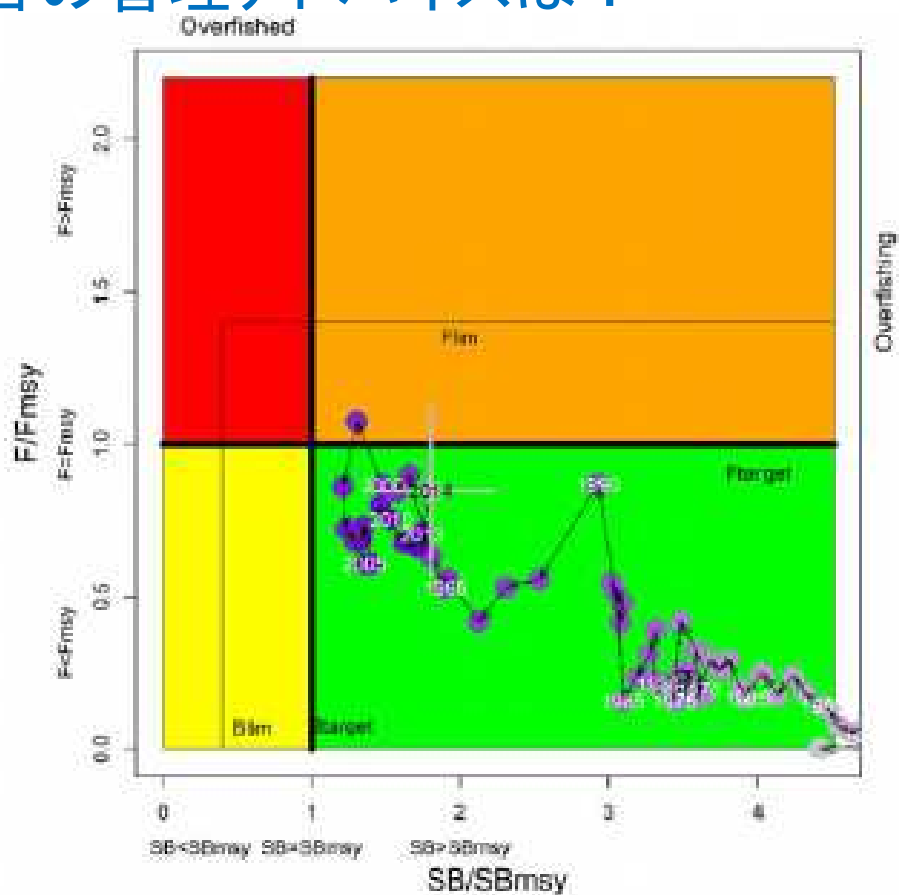
KOBEプロットの例

この場合の管理アドバイスは？



KOBEプロットの例

この場合の管理アドバイスは？



資源評価のモデル

Age \ Year	1	2		y	y+1		Y
0							
1							
a							
a+1							
A							

年齢構造モデル

N_{ay} → $N_{a+1,y+1}$

Age \ Year	1	2		y	y+1		Y
0							
1							
a							
a+1							
A							

ステージモデル

Age \ Year	1	2		y	y+1		Y
0							
1							
a							
a+1							
A							

ディレイディファレンスモデル

Age \ Year	1	2		y	y+1		Y
0							
1							
a							
a+1							
A							

今回のモデルは年齢構造を考えていない

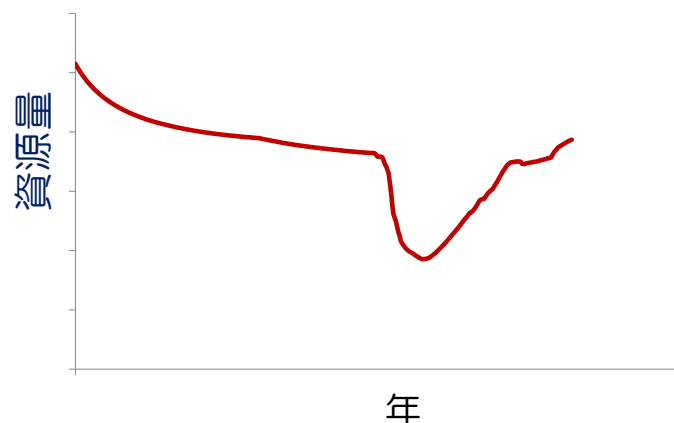
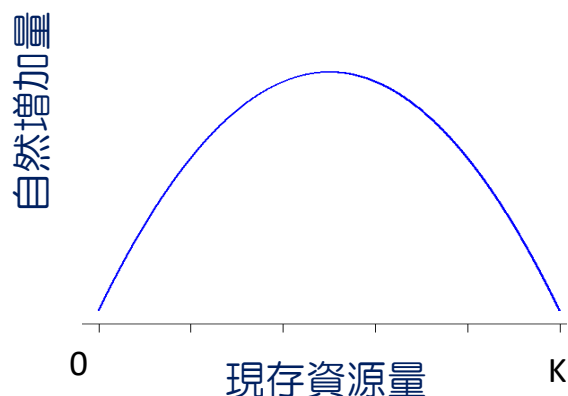
数理モデリングとは(演繹的推論)

次年資源量 = 現存資源量 + 自然増加量 - 漁獲量

$$P_{t+1} = P_t + rP_t \left(1 - \frac{P_t}{K}\right) - C_t$$

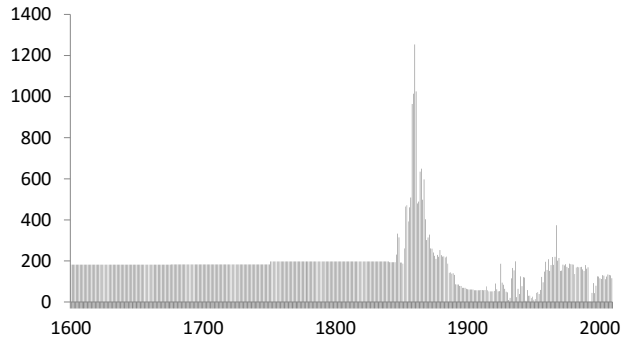
資源量の変化を表す漸化式

内的自然増加率 環境収容力



観測データ

コクジラ太平洋東系群の捕獲統計



最尤推定法によるパラメータ推定

$$\log \hat{P}_t \sim N(\log P_t, \hat{t}_t^2)$$

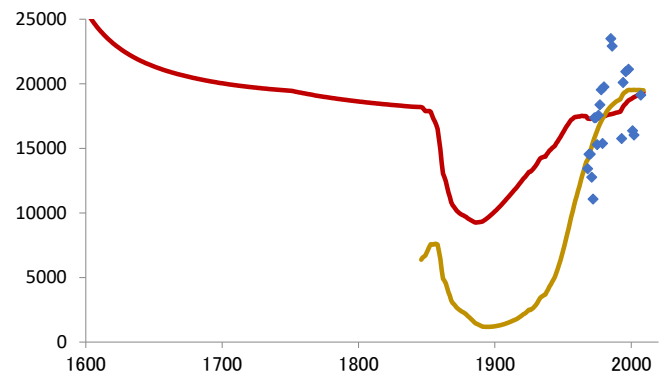
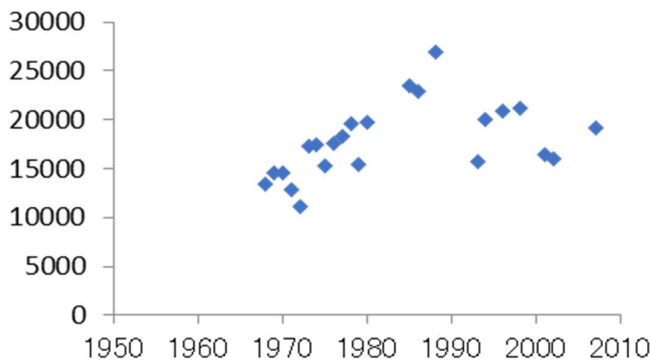
$$P_{t+1} = P_t + rP_t \left(1 - \left(\frac{P_t}{K} \right)^z \right) - C_t$$

Loglikelihood

$$= -\frac{1}{2} \sum_t \log(2\pi \hat{t}_t^2) - \sum_t \frac{(\log \hat{P}_t - \log P_t)^2}{2\hat{t}_t^2}$$

=> Max

近年の調査による資源量推定値

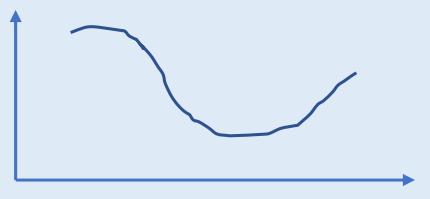


統計的モデリング（演繹と帰納の融合）

演繹的推論

- 数理モデリング
- 仮定, 前提
- 理論的な順推論

真の資源動態(未知)



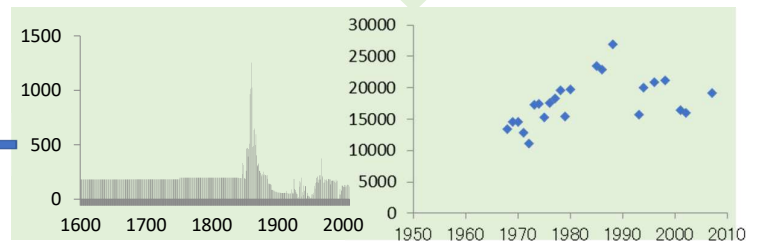
帰納的推論

- 観測された事実から原因やメカニズムを探る逆推論

次年資源量 = 現存資源量 + 自然増加量 - 漁獲量

$$P_{t+1} = P_t + rP_t \left(1 - \left(\frac{P_t}{K} \right)^z \right) - C_t$$

+

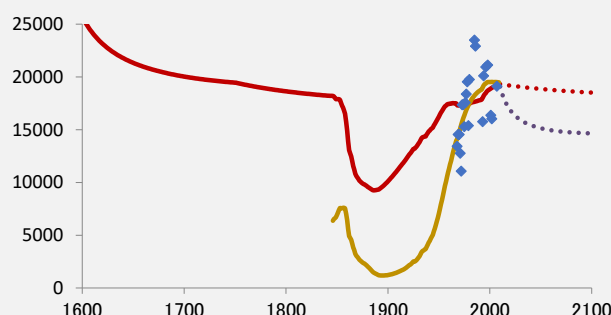


$$\log \hat{P}_t \sim N(\log P_t, \hat{t}_t^2)$$

Loglikelihood

$$= -\frac{1}{2} \sum_t \log(2\pi \hat{t}_t^2) - \sum_t \frac{(\log \hat{P}_t - \log P_t)^2}{2\hat{t}_t^2}$$

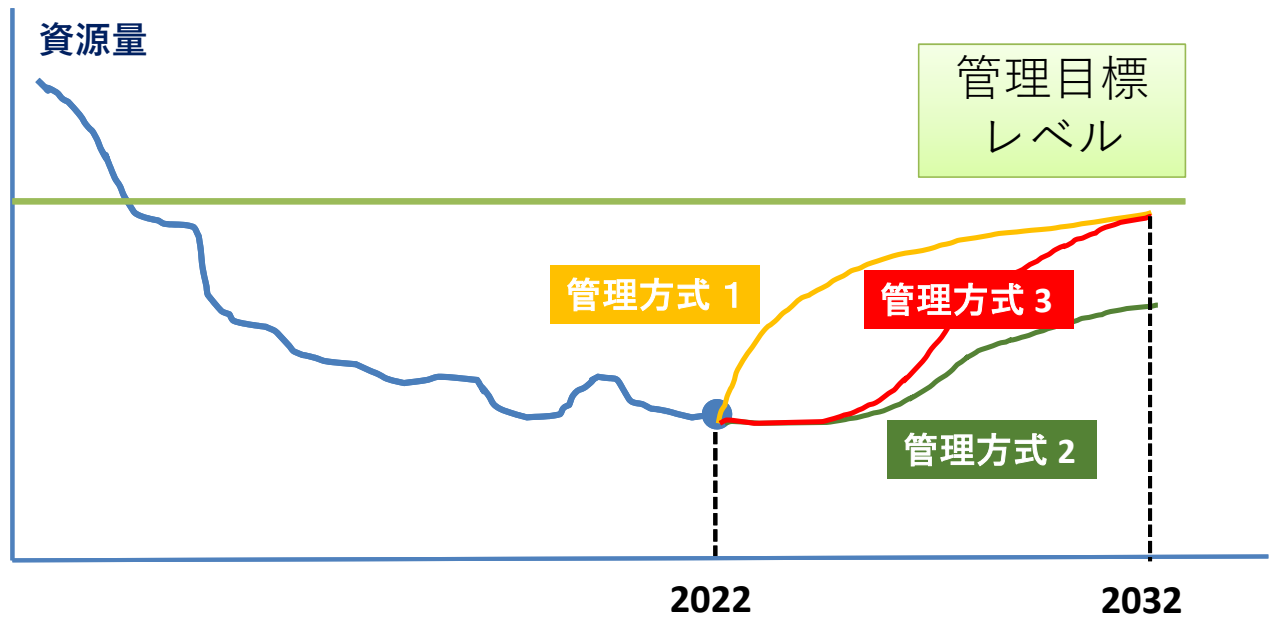
=> Max



統計的モデリング

- 演繹と帰納の融合
- パラメータの推定
- モデルの検証と選択

資源管理のシミュレーション



1. 急な漁獲制限は漁業者には×
2. 目標が達成できないことも×
3. 予期せぬ資源変動にも臨機応変に対応
(予め一定の漁獲量とするのはその点で柔軟性がなく×)

シミュレーションのデモンストレーション

MSE_shiny_2022_Yumenavi - RStudio

```
1 library(shiny)
2
3 # Define UI for application that draws a histogram
4 ui <- fluidPage(
5
6   tabPanel("Home",
7     h3("夢ナビ簡易版 資源管理シミュレーション")
8   ),
9
10  ## First line
11  fluidRow(
12
13    column(2, wellPanel(
14      h4("資源仮想モデルの仕様"),
15      numericInput(inputId = "dinitial", label = "現在の枯渇レベル:", value = 0.25, step=0.05, min=0.1, max=0.9),
16      numericInput(inputId = "r", label = "内的自然増加率 (r):", value = 1, step=0.01, min=0.01, max=1),
17      numericInput(inputId = "K", label = "環境収容力 (K):", value = 250, step=1000),
18      numericInput(inputId = "z", label = "形状パラメータ (z):", value = 0.7, step=0.1, min=0.1, max=3),
19    ),
20
21    column(2, wellPanel(
22      h4("管理期間などの設定"),
23      numericInput(inputId = "Nyear", label = "管理期間:", value = 10, step=1, width = "50%"),
24      numericInput(inputId = "Nsim", label = "シミュレーション繰り返し数:", value = 500, max=1000, step=100, width = "50%"),
25      numericInput(inputId = "EstCV", label = "資源量評価の精度 (CV):", value = 0.2, step=0.05, min=0, max=0.5),
26      numericInput(inputId = "ProcCV", label = "自然変動の大きさ (tau):", value = 0.2, step=0.01, min=0, max=0.2),
27      submitButton("Run")
28    ),
29
30    column(2, wellPanel(
31      h4("管理方式の設定"),
32      sliderInput(inputId = "LRP", label = "禁漁資源レベル:", value = 0, step=0.05, min=0, max=1),
33      sliderInput(inputId = "TRP", label = "目標資源レベル:", value = 1, step=0.05, min=0, max=2),
34      sliderInput(inputId = "bb", label = "安全係数:", value = 1, step=0.05, min=0, max=2),
35      sliderInput(inputId = "MaxChange", label = "漁獲量最大年変動 (C):", value = 20, step=5, min=0, max=100)
36    )
37  ),
38
39  ## Second line
40  fluidRow(
41    plotOutput("hist")
42  )
43)
```

R version 3.6.3 (2020-02-29) -- "Holding the winds
ock"
Copyright (C) 2020 The R Foundation for Statistical
Computing
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)
R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WA
RRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain c
onditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution d
etails.
R is a collaborative project with many contributor
s.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in pub
lications.
Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line
help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to he
lp.
Type 'q()' to quit R.
[workspace loaded from C:/Users/Toshi/Dropbox/MySh
inyApp/MSE_shiny_2022_Yumenavi/.RData]
> shiny::runApp()
Loading required package: shiny
Listening on http://127.0.0.1:4044

Environment History Connections Tutorial

Data

	num [1:500, 1:11]
P.mat	62.5 62.5 62.5 62.5 62.5 62.5 62.5 62.5 62.5 62.5 ...
Res	List of 4
ui	List of 3

Files Plots Packages Help Viewer

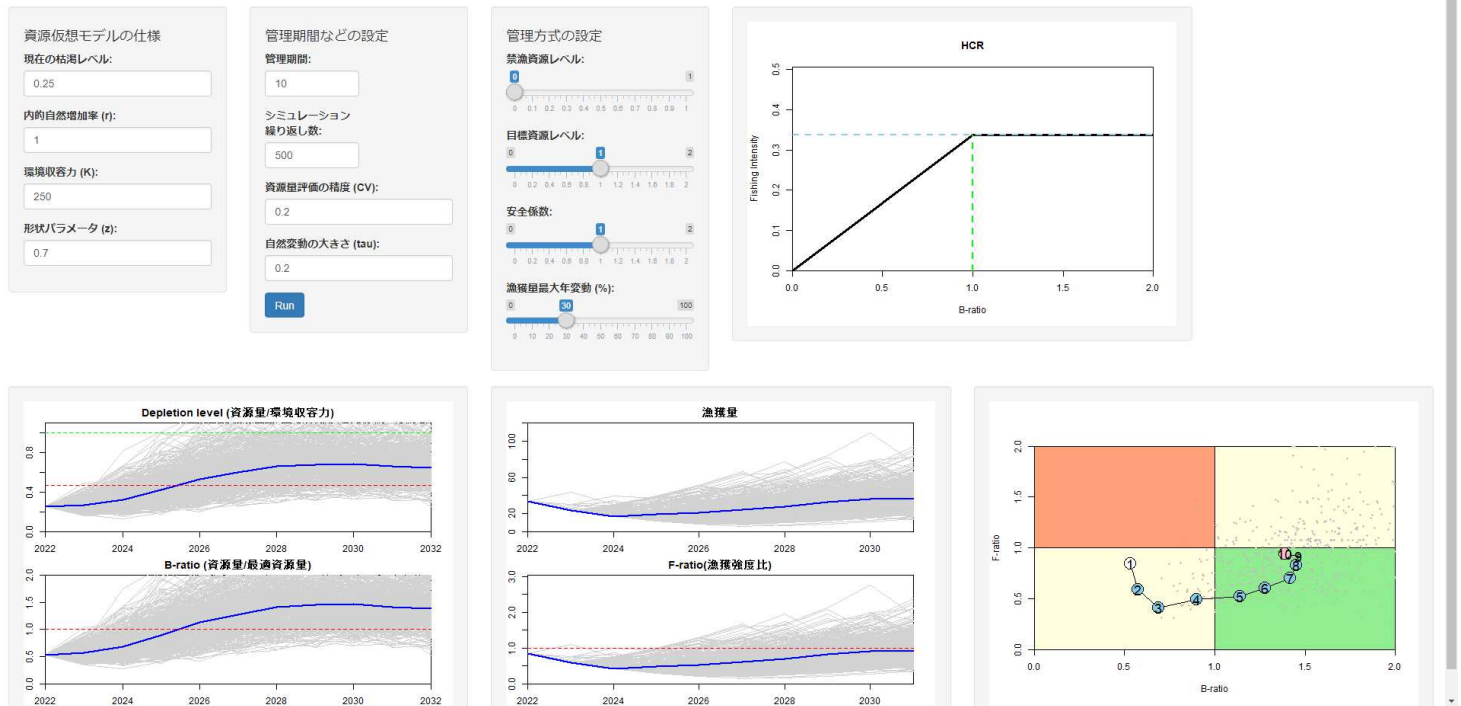
Name	Size	Modified
RData	181.9 KB	Mar 10, 2022, 7:18 AM
Rhistory	13.1 KB	Mar 10, 2022, 7:18 AM
app.R	11.6 KB	Mar 10, 2022, 9:22 AM
MSE shiny 2022 Yumenavi.Rproj	218 B	Mar 10, 2022, 9:22 AM

シミュレーションのデモンストレーション

C:/Users/Toshi/Dropbox/MyShinyApp/MSE_shiny_2022_Yumenavi - Shiny

http://127.0.0.1:4044 | Open in Browser

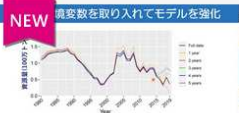
夢ナビ簡易版 資源管理シミュレーション



キーワード

1. 資源評価：資源の状態を量的に把握すること
2. 資源管理：資源評価の結果や将来予測を基に資源を枯渇させることなく最適な漁獲量設定を行っていくこと
3. CPUE
4. シェーファー型余剰生産モデル
5. 内的自然増加率，環境収容力
6. 最大持続生産量（MSY）
7. 最大持続生産レベル（Bmsy）
8. 最大持続生産レベルの漁獲強度（Fmsy）
9. Overfishing, Overfished
10. KOBEプロット

NEW 観測数を取り入れてモデルを強化



夢ナビ講義Video 30min

水産資源の持続的利用を創造するデータサイエンス

水産資源を枯渇させず持続的に利用できるか？環境や生態系の変化に強い資源管理方法は？これらの間に答えるべく、データや統計学の手法を駆使してオーダーメイドの資源動態モデルを作り、仮想漁業のシミュレーションを通してよりよい管理方法を探ります。

海洋生命科学部
海洋生物資源学科 教授
北門 利英 先生



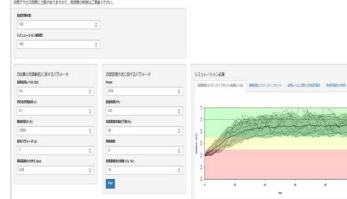
Tools

PBR資源管理シミュレーション

https://kitakado.shinyapps.io/PBR_shiny/

PBRシミュレーション(Webアプリ)

このツールは、PBR(Perceptual Bias Reduction)を用いて、漁獲量や資源量などの観測データをモデルに組み込み、資源動態をシミュレーションするWebアプリケーションです。観測データを入力することで、モデルの精度を向上させることができます。



資源管理方策評価シミュレーション

https://kitakado.shinyapps.io/MSE_shiny_2021/

資源管理方策評価シミュレーション(MSE)

このツールは、資源管理方策評価シミュレーション(MSE)を用いて、資源動態をシミュレーションするWebアプリケーションです。観測データを入力することで、モデルの精度を向上させることができます。



授業スライド
(抜粋)

