

③ 水産資源解析の概要

- さまざまな資源量推定手法
- どの資源評価モデルが良いのか？
- 資源量推定のさいに重要な3つのこと

適切な資源管理へむけて

適切な資源管理

- 減っていたら漁獲を減らす・増えていたら増やしても良い

妥当な資源評価

- 減っているか？ 増えているか？
- MSYはどのあたりか？

データ収集

- 漁獲量・漁獲物のサイズ組成・生物学的知見

さまざまな資源評価手法（初級）

- 水産資源解析マニュアル（水研ホームページ）

https://www.fra.affrc.go.jp/kseika/guide_and_manual/afr/index.html

目次	エクセルファイル
1. 水産資源解析とは -水産資源解析の入口から出口- 	
2. 生活史モデル -資源の回遊を想定する- 	
3. 標本調査 -何尾の魚を測定すれば良いか- 	(3-sampling.xls) 
4. 魚の成長 -体長組成と成長曲線- 	(4-growth.xls) 
5. 生残率と死亡率 -魚の生き死に- 	(5-survival.xls) 
6. 資源量推定 -魚の量を知る- 	(6-vpa.xls) 
7. 加入当たり漁獲量と加入当たり産卵親魚量 -魚を上手に利用する- 	(7-ypr_spr_2.xls) 
8. 再生産関係 -親子の関係を知る- 	(8-r_bh.xls) 
9. 種苗放流と漁獲制限 -放流と獲り控え- 	(9-iafse.xls) 
10. プロダクションモデル -漁獲量と努力量から- 	(10-sf_pm.xls) 

利用者の方から7章の7.2.3 加入当たり産卵親魚量による資源管理方策および管理基準値(7-ypr_spr.xls - Sheet 7

さまざまな資源評価手法（初級～中級）

- 過去の資源管理研修等の情報（市野川ホームページ）

<http://cse.fra.affrc.go.jp/ichimomo/>

- Rを使った解析とシミュレーションなど

プレゼン・研修会資料

- [2015年度資源管理研修（2015年5月12-13日@中央水産研究所）](#)
- [統合モデル検討会（2014年12月12-13日@まほろばマインズ三浦）](#)
- 2014年度資源管理研修（2014年5月21日@中央水産研究所）
 - [プレゼン資料\(pdf形式\)](#)
 - [プレゼン資料\(pptx形式\)](#)
- [2013年度資源管理研修（2013年5月21-22日@中央水産研究所）](#)
- [漁業データと生態系解析のためのミニワークショップ in 2013（2013年9月26-27日@西海区水産研究所）](#)
- 大気海洋研究所共同利用シンポジウム（漁業情報を用いた水産資源の評価と管理）発表資料「日本延縄漁業データを用いた標準化CPUE」

さまざまな資源評価手法（中級～上級）

- 岡村さんホームページ

<https://sites.google.com/site/hiroshiokamura/home>

- R やADMBを使った解析，統計解析の解説など

hiroshi.okamura

このサイトを検索

ホーム

H28 資源管理研修会（6月7日（火））

プログラム

longdive

MIA

PBR

peak month

vegan

周期性検証

ベイズ統計

メモ

サイトマップ

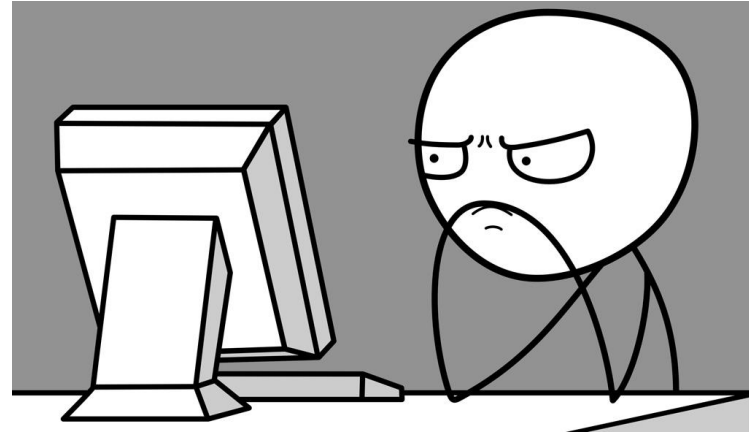
ホーム

Hiroshi Okamura's Website

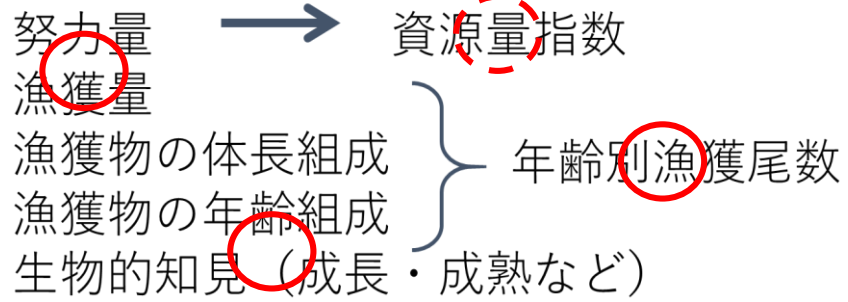
岡村 寛のホームページです。統計モデルを利用して生物の研究に従事しています。研究に関する情報をおいておきたいと思います。



どんなときにどんな方法を使うか？



- 努力量 → 資源量指数
 - 漁獲量
 - 漁獲物の体長組成
 - 漁獲物の年齢組成
 - 生物学的知見（成長・成熟など）
- 年 齢 別 漁 獲 尾 数



(tuned) VPA

データ十分

特徴

- 委託調査の資源評価で利用.
- 2010年級の資源尾数 = (2010年の0歳の漁獲尾数 + 自然死亡尾数) + (2011年の1歳の漁獲尾数 + 自然死亡尾数) + (2012年の. . .)

利点

- 選択率の仮定が (ほとんど) 必要ない

欠点

- 年齢別漁獲尾数に誤差を仮定しない. 誤差が最近年に蓄積し, 最近年の不確実性が最も高い. データ要求が高い.

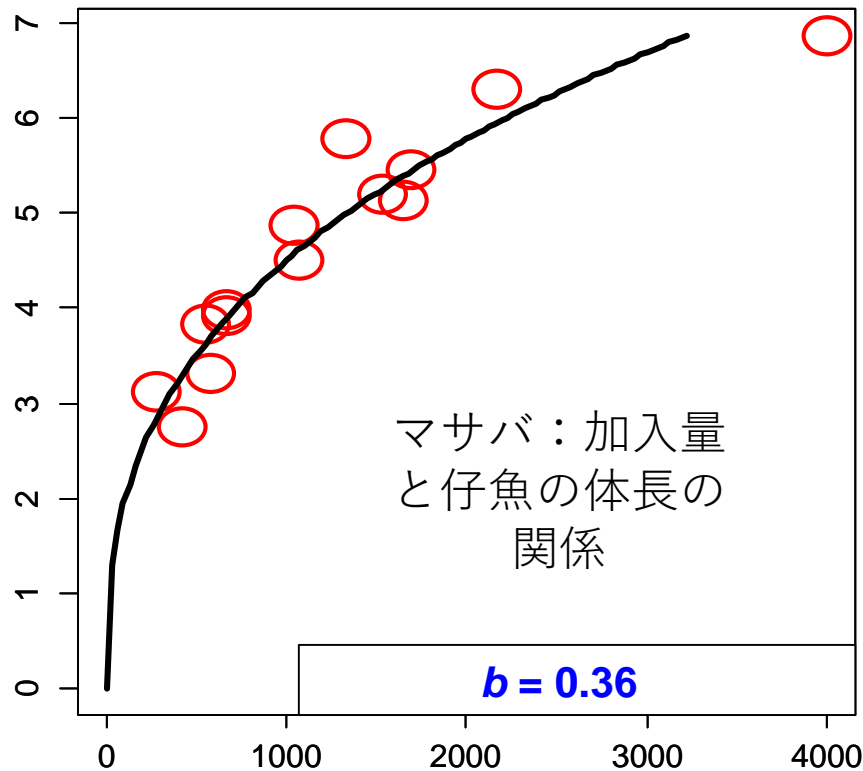
解説

- 水産資源解析マニュアル (6章. 資源量推定)
- RVPA (市野川・岡村. 2014. 水産海洋研究. 78. 104-113)
- 2015年資源管理研修
<http://cse.fra.affrc.go.jp/ichimomo/fish/kensyu2015/kensyu2015.html>
- 年齢別漁獲尾数の推定方法→明日5コマ目 (赤嶺さん)

VPA: 最近の流れ

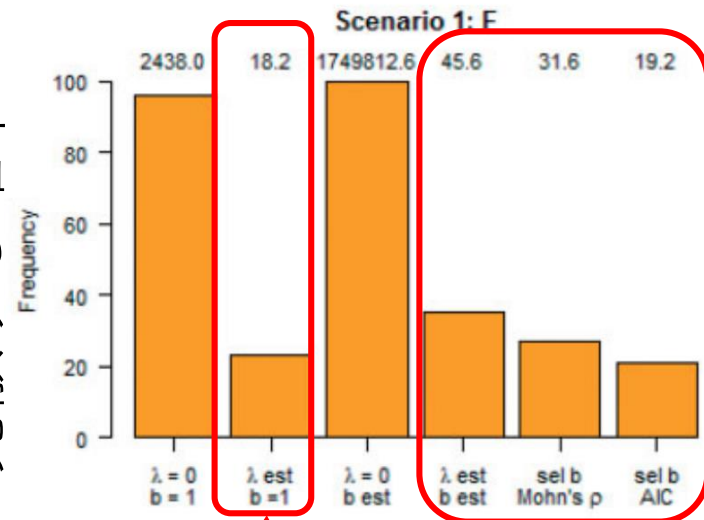
- 資源量と資源量指数のあいだの非線形性の仮定 (Hashimoto et al. Fish. Sci. 投稿中)

図：未発表 (西嶋)

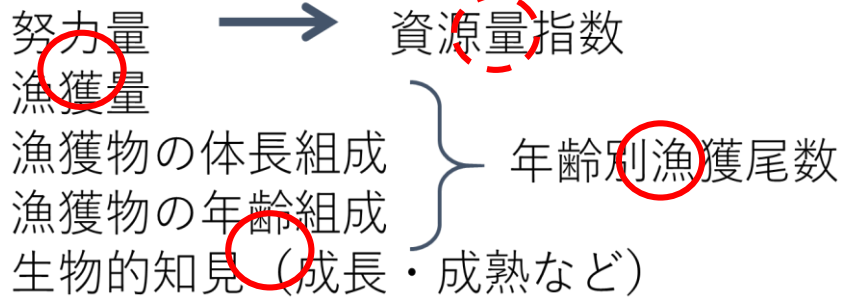


- 最新年のFがおかしくなってしまう (非常に大きくなってしまった) 問題の対処 (リッジVPA, Okamura et al. ICES Journal. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx089>)

最新年のFが発散する確率



新しい手法を適用した場合



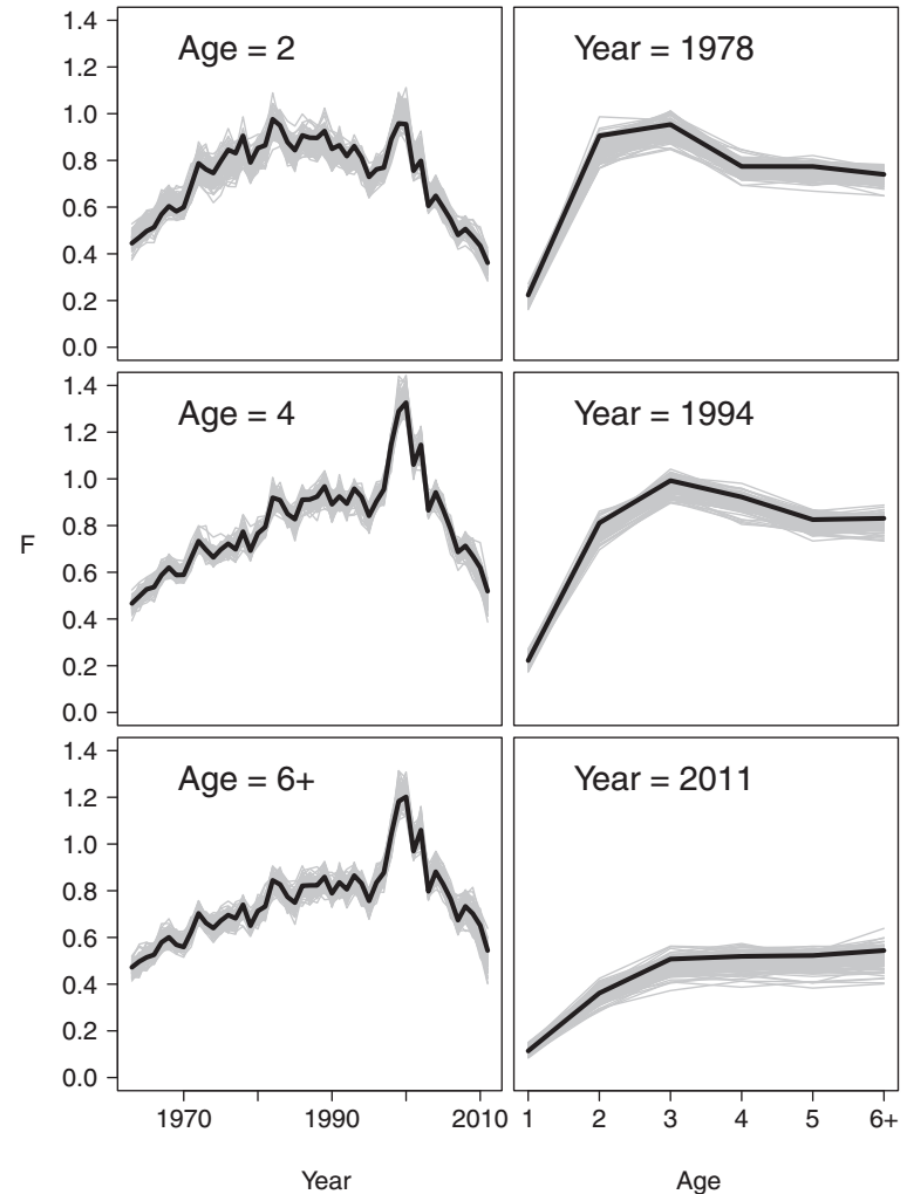
Statistical Catch at age (SCAA)

データ十分

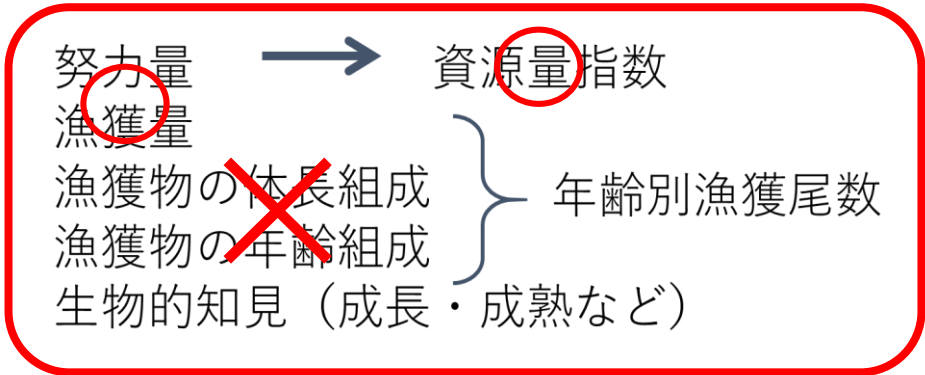
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 海外ではよく使われている。 漁業ごとに選択率を仮定。毎年の加入量を推定し、そこから前進計算。
利点	<ul style="list-style-type: none"> 年齢別漁獲尾数の誤差をモデル化できる→不確実性の評価 再生産関係をモデル内で推定→MSYをモデル内で推定できる 年齢別漁獲尾数の欠損もある程度許す
欠点	<ul style="list-style-type: none"> 漁業種別の年齢別漁獲尾数が必要。 その漁業種内で、選択率がある程度一定とする仮定 データ要求が高い
解説	<ul style="list-style-type: none"> 日本語解説は(ほぼ?)なし マサバ太平洋系群に適用検討中

SCAA: 最近の流れ

- 選択率の柔軟な変化を許す State-Space Assessment Model (SAM) (右図)がヨーロッパ(ICES)の資源評価でVPAに代わって利用されるように



データ不足

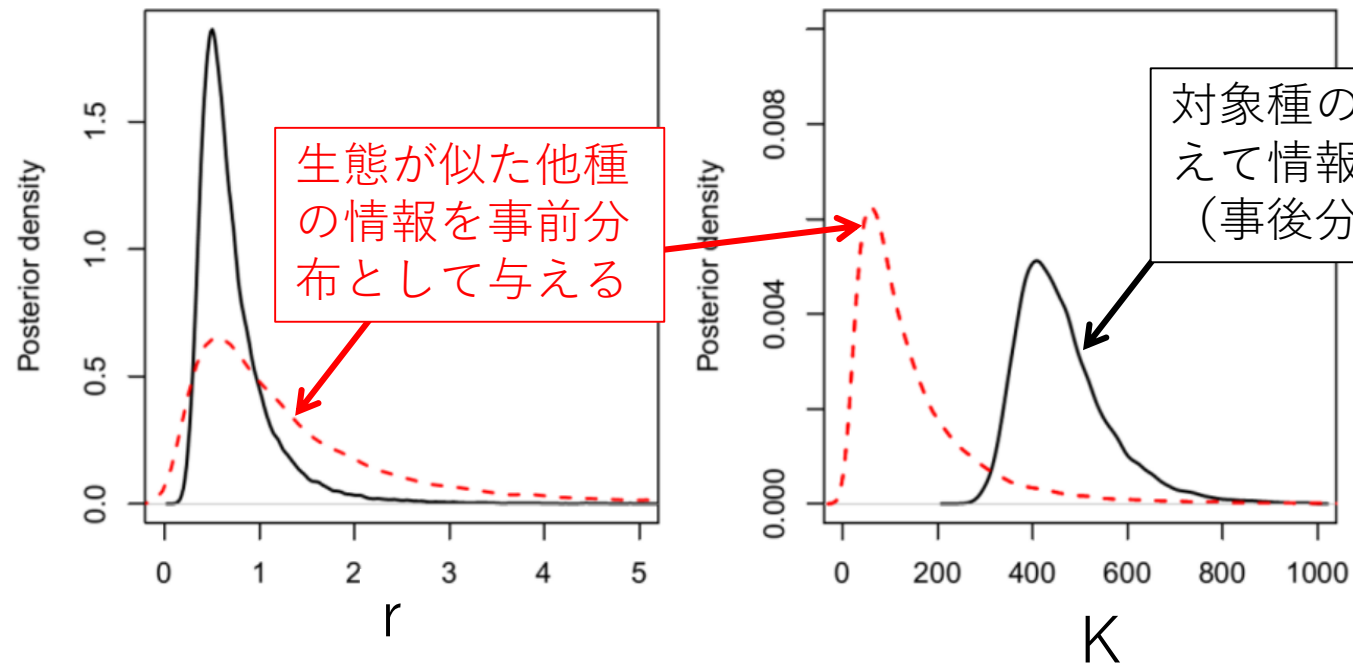


プロダクションモデル

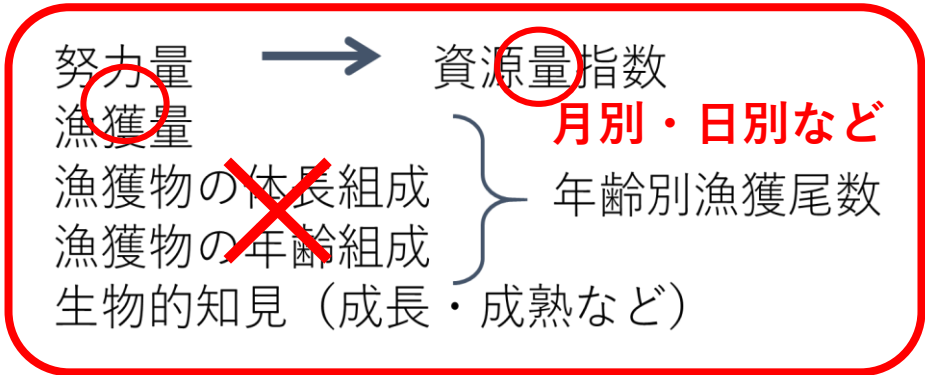
特徴	<ul style="list-style-type: none">ロジスティックモデルを資源量指数と漁獲量にあてはめ、プロダクションモデルのパラメータ(r, K, B_0, q)を推定する
利点	<ul style="list-style-type: none">漁獲量と資源量指数だけで、資源量もMSY管理基準値も推定できる
欠点	<ul style="list-style-type: none">推定値の不確実性はかなり高い。変数間の相関も高い。コントラスト（漁獲によって資源が急減→その後復活など）の強いデータでないとうまく推定できない。
解説	<ul style="list-style-type: none">エクセル：水産資源解析マニュアル（10章プロダクションモデル）R: 2013年度資源管理研修（21日後半） http://cse.fra.affrc.go.jp/ichimomo/fish/ichinokawa_R.pdf

プロダクションモデル：最近の流れ

- 全てのパラメータを推定するのはほぼ不可能→一部パラメータは推定せず、与える (ex. 内的自然増加率の r など)
- 特定のパラメータに事前分布を与えるベイズ型プロダクションモデル

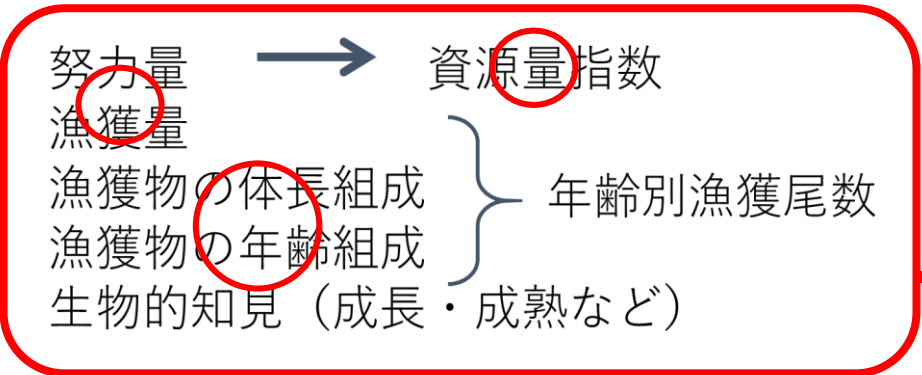


データ不足



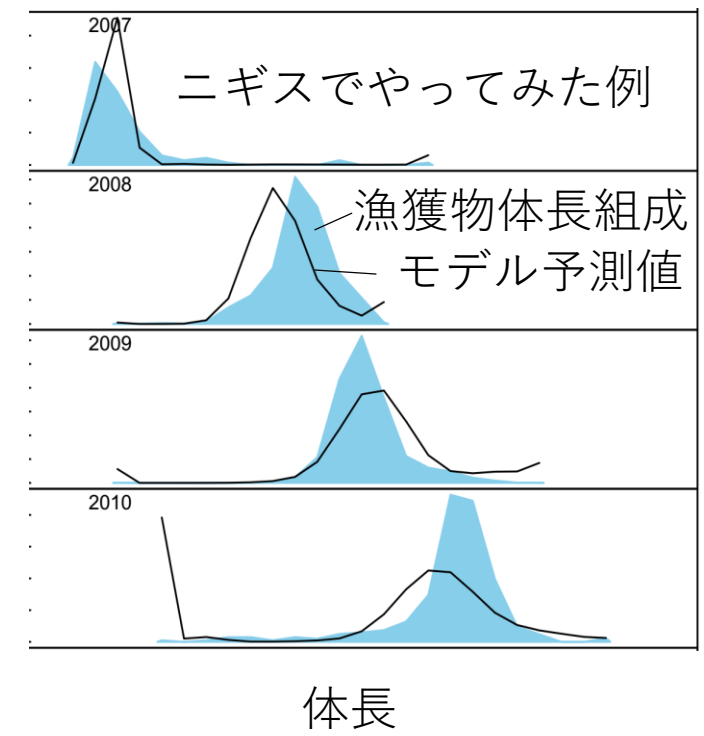
デルリー法

特徴	<ul style="list-style-type: none">日別・月別の資源量指数と漁獲量が利用でき、閉じた資源で、漁獲圧が高い場合に利用できる。漁期内で漁獲が進むにつれて資源量指数が減る→その程度の大きさから、漁獲前の資源量を推定。わが国資源評価でも以外と使われている（スルメイカ・伊勢三河湾イカナゴ・伊勢三河湾トラフグ・神奈川県ナマコ）
利点	<ul style="list-style-type: none">漁獲量と資源量指数のみから資源量が推定できる
欠点	<ul style="list-style-type: none">単年の資源量推定のみ。ただし、デルリー法+プロダクションモデルを組み合わせた方法も（神奈川県ナマコ資源評価, Nakayama et al. Fish Sci., in press）
解説	<ul style="list-style-type: none">明日の資源管理研修（西嶋さん）

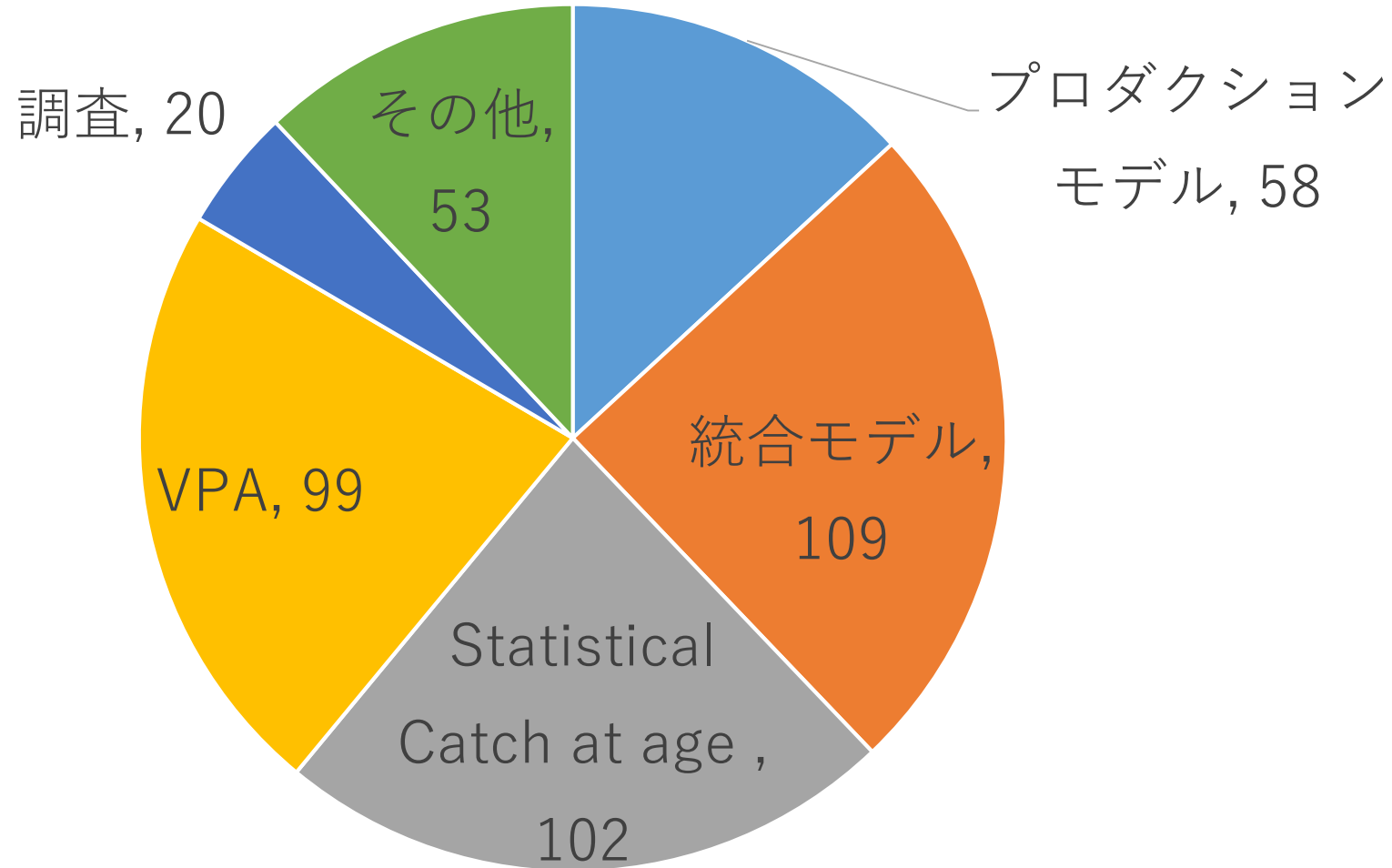


体長ベースの統合モデル

特徴	<ul style="list-style-type: none"> 漁獲物の体長組成と成長式から、年齢別漁獲尾数をモデル内で推定する
利点	<ul style="list-style-type: none"> 年齢別漁獲尾数がモデル内部で推定されるので、年齢別漁獲尾数を外部で推定する手間が省ける & 不確実性が評価できる 体長組成データの欠損も許す
欠点	<ul style="list-style-type: none"> モデルが複雑で、モデル調整に職人技が必要
解説	<ul style="list-style-type: none"> 統合モデル検討会のページ： http://cse.fra.affrc.go.jp/ichimomo/ss-kento/ss-kentos.html 上記検討会の開催報告：市野川ら (2015) 日本水産学会誌. 81. 756-761



世界の中での資源評価モデルの利用



どの資源評価モデルが「良い」のか？

WCSAM 2013

- › WCSAM home
- › Objectives
- › Conference Timetable
- › WCSAM Workshop
- › Travel Bursaries
- › Speakers
- › Location and hotel
- › Other sessions
- › Steering Committee
- › Contact us
- › Simulation strategy
- › Publish in the ICES Journal

The World Conference on Stock Assessment Methods for Sustainable Fisheries

Thank you to all that made WCSAM such a wonderful and enjoyable success.

From 15th to 19th July most of the world's leading stock assessment experts met in Boston to test and discuss stock assessment methods. The conference provided a forum for presentations on the application and future of stock assessment methods. It considered single stock approaches for data rich and poor stocks, and also multispecies and ecosystem based approaches. A two day workshop kicked off our deliberations. The conference proper (WCSAM) began on Wednesday 17th with a challenging key note by Sidney Holt. It was organised by researchers from a range of scientific institutions and RFMO across the world.

Over 220 participants from 27 countries took part. The poster

Print it Send to f t in Share it

WORLD CONFERENCE ON STOCK ASSESSMENT METHODS

Registration is now closed.

[READ THE ABSTRACTS](#)

<http://www.ices.dk/news-and-events/symposia/WCSAM-2013/Pages/default.aspx>

Deroba et al. 2015. ICES Journal of Marine Science. 72: 19-30

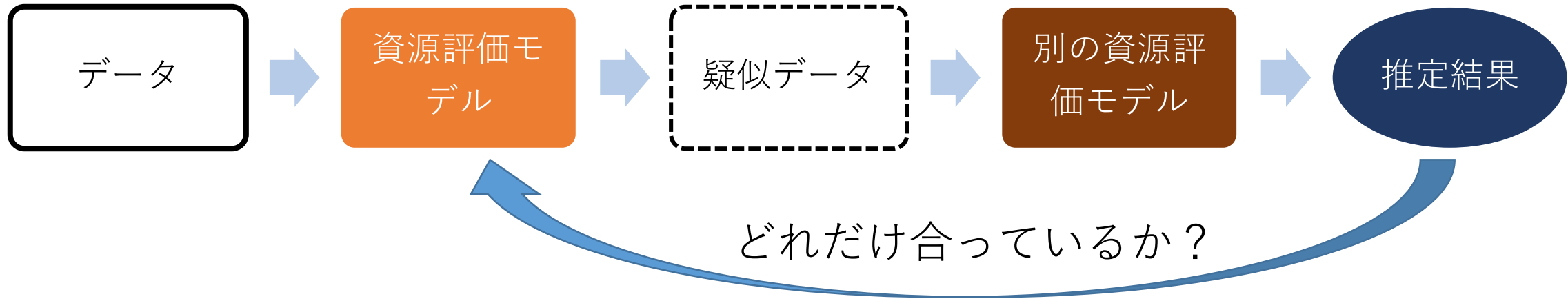
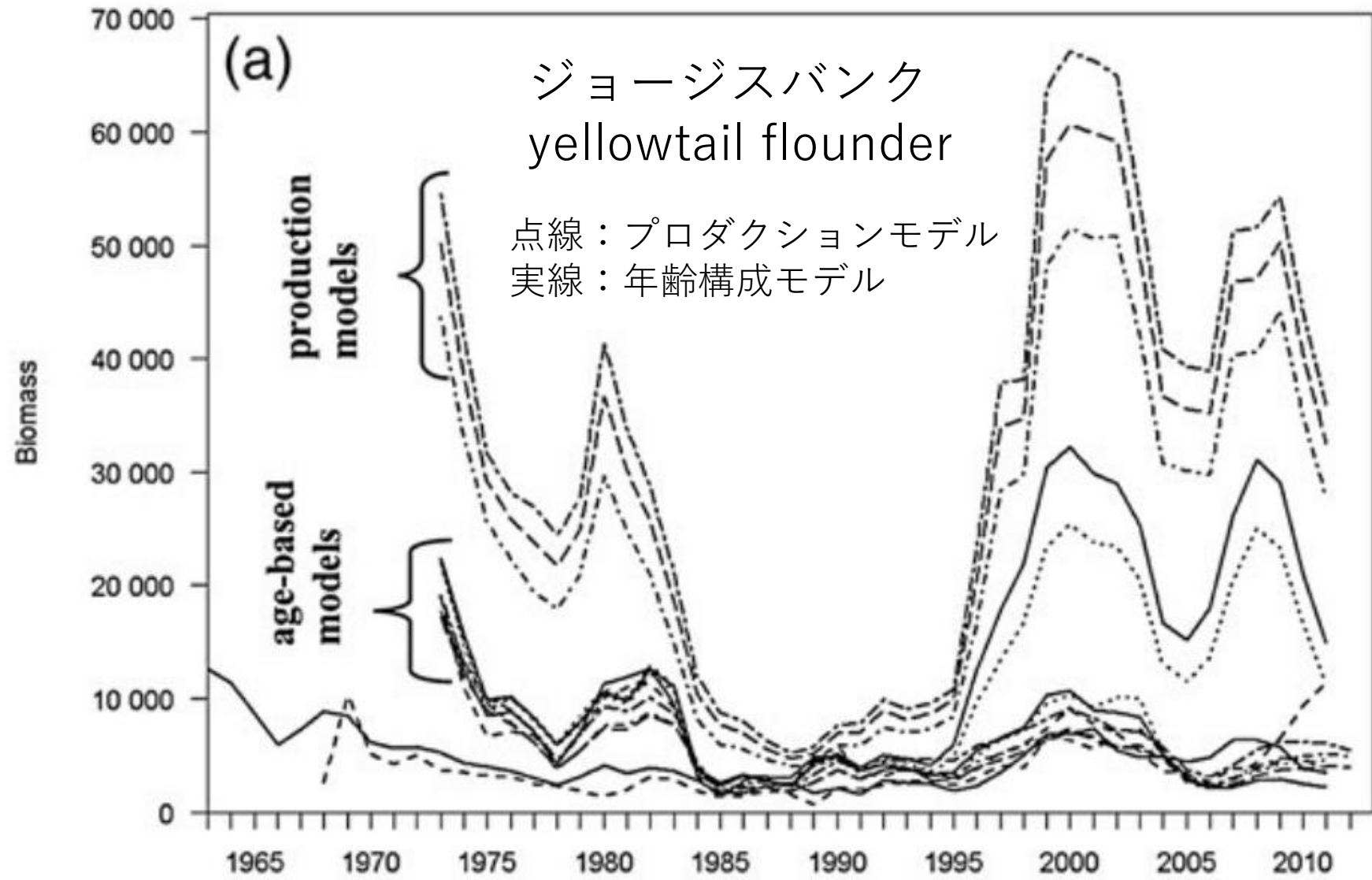
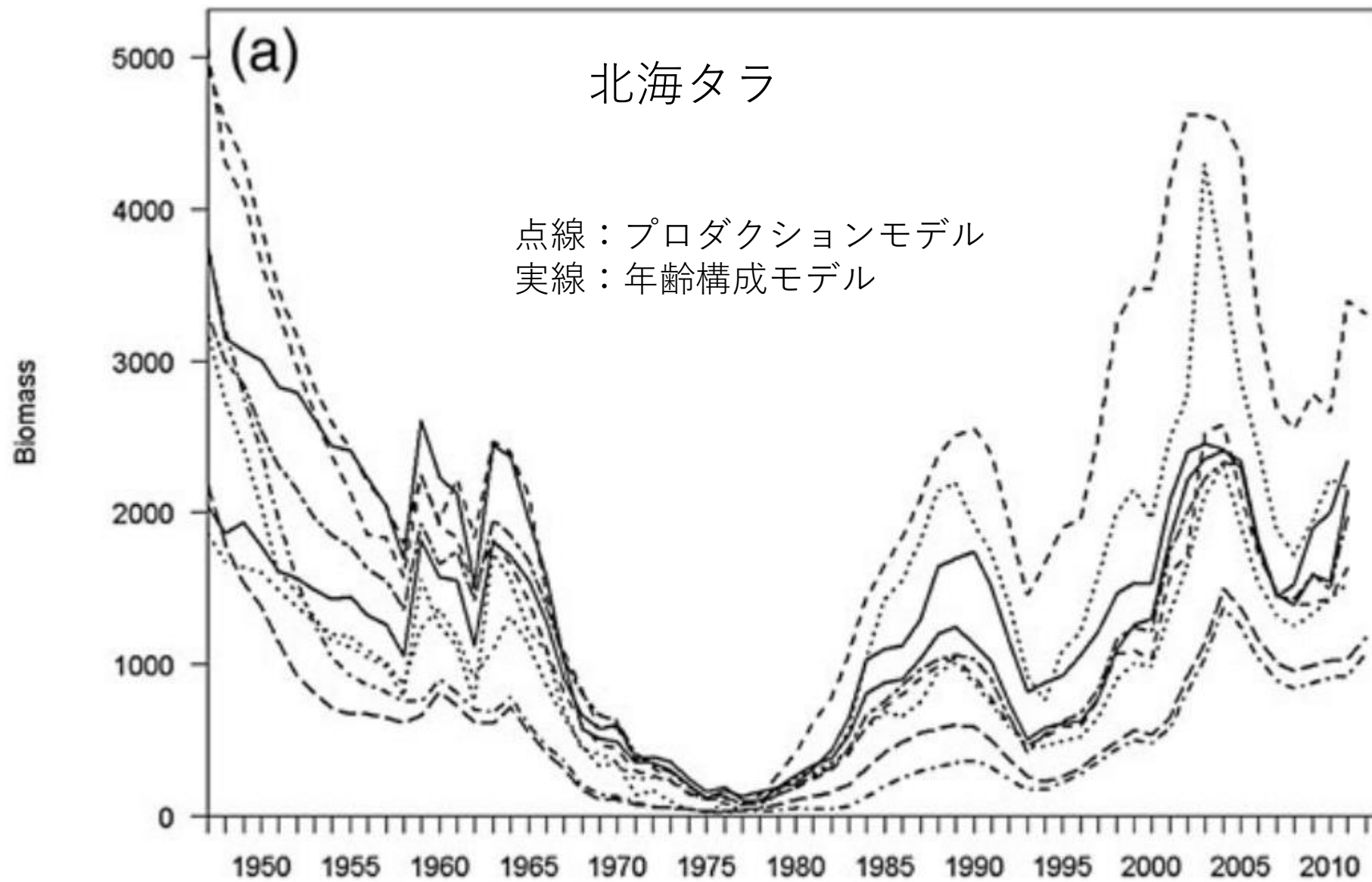


Table 1 Stocks for which real datasets were used in the simulation exercise

Common name	Scientific name	Assessment model challenges
North Sea cod	<i>Gadus morhua</i>	Unallocated removals, variable natural mortality
North Sea plaice (reconstructed discards)	<i>Pleuronectes platessa</i>	Shifts in population distribution, subsequent variation in catchability
North Sea plaice	<i>Pleuronectes platessa</i>	Discard estimation
North Sea herring	<i>Clupea harengus</i>	Internal vs. external stock – recruit estimation, stock structure, variable natural mortality
North Sea haddock	<i>Melanogrammus aeglefnus</i>	Time varying selectivity, stock structure, recruitment pulses
Northern hake	<i>Merluccius merluccius</i>	Dome selectivity, truncated age structure
Spurdog	<i>Squalus acanthias</i>	Sexual dimorphism
Bay of Biscay anchovy	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Short-lived, high and variable natural mortality
Iberian sardine	<i>Sardina pilchardus</i>	Dome selectivity
Southern horse mackerel	<i>Trachurus trachurus</i>	Survey year effects, time varying selectivity
North Atlantic albacore tuna	<i>Thunnus alalunga</i>	Unknown selectivity and catchability, uncertain growth and natural mortality
US west coast canary rockfish	<i>Sebastes pinniger</i>	Dome selectivity, lack of contrast, ageing error, uncertain stock – recruitment
Georges Bank yellowtail flounder	<i>Limanda ferruginea</i>	Retrospective pattern
South African anchovy	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Uninformative age data, uncertain natural mortality





どの手法が良いとは一概に言えない

- 利用できるデータと相談しつつ、利用できる手法を選ぶ
- どの手法を使っても「不確実性」は必ずある

重要なのは

1. 利用できるデータは「徹底的に見る・使う」
2. 不確実性を評価する（信頼区間の計算，感度分析など）
3. 不確実性に頑健な管理方策を考える

1. 利用できるデータを徹底的に使う

(例) 努力量 & 漁獲量データ → 資源量指数

- 日別なのか, 月別なのか, 年別なのか?
- 船別や海域別のデータも利用できるか?



CPUE標準化 (より信頼の高い指数の推定)
デルリー法 (絶対資源量 & 漁獲圧の推定)

CPUe標準化

① 標準化CPUeとは？

漁獲量は、努力量と資源量だけで決まる？
海域・漁具・季節によって魚の獲れ具合は違う

ある年(y)の漁獲量(C_y)は、
海のリ源(N_y)が多いほど、
漁獲のために費やす努力量(E_y)が多いほど、
良い漁場(q_a)や季節(q_s)、漁具(q_g)を
選べば選ぶほど、
多くなる

$$CPUe_y = \frac{C_y}{E_y} = q \boxed{q_a q_s q_g} N_y$$

CPUE標準化

$$CPUE_y = q \ q_a \ q_s \ q_g \ N_y$$

対数をとる

$$\log(CPUE_y) = \log(q) + \log(q_a) + \log(q_s) + \log(q_g) + \log(N_y) + \text{誤差項}$$

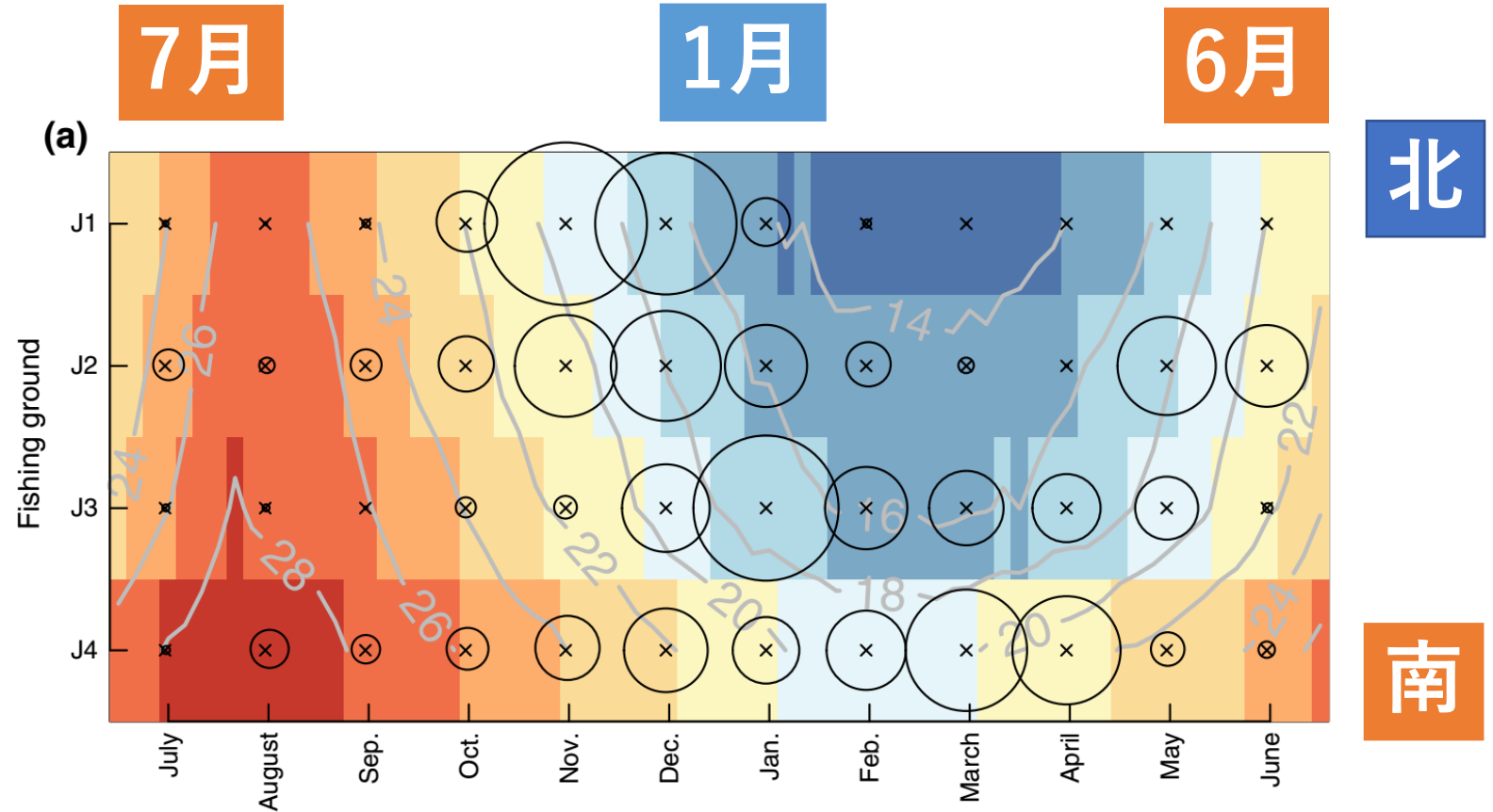
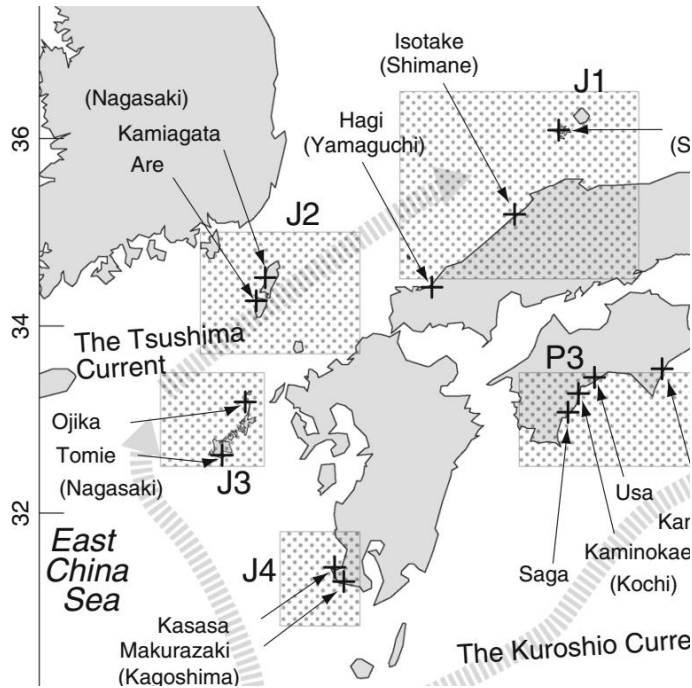
観察されたCPUE (ノミナルCPUE)

観察データを説明する線形モデル (GLM)

観察されたCPUEと予測値の差(残差)が仮定した誤差分布と似るようにパラメータ(q, q_a, ...)を推定

市野川HP (<http://cse.fra.affrc.go.jp/ichimomo/> より)

標準化の例

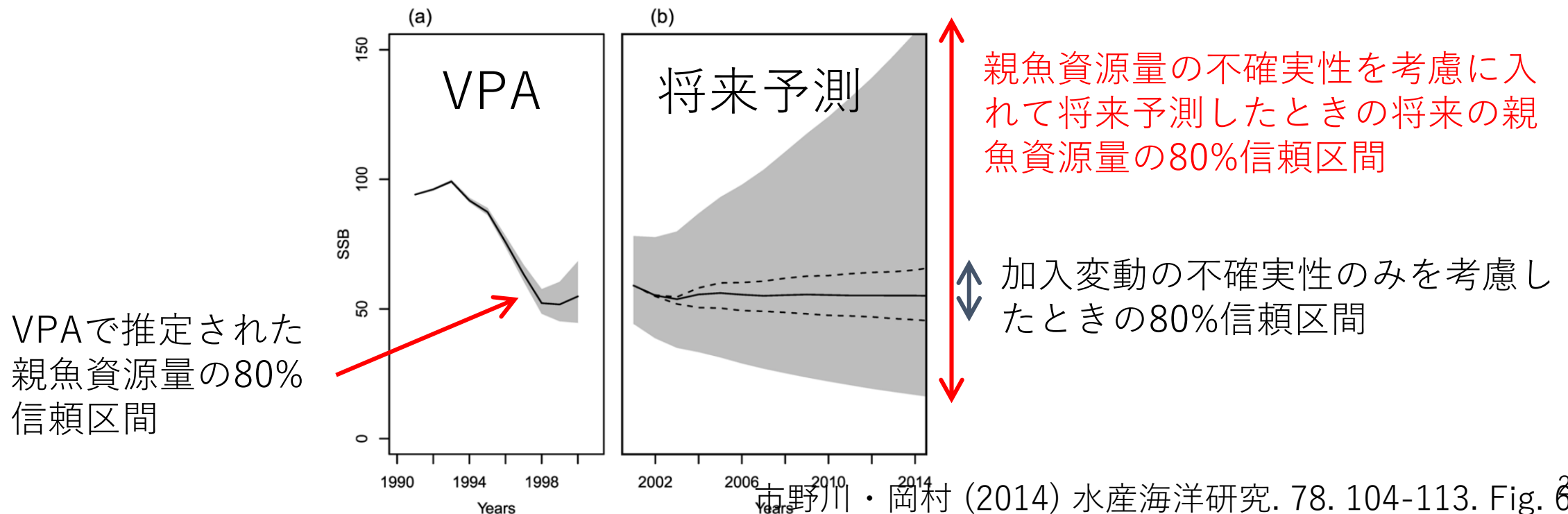


- 標準化した漁獲量を海域・地域別にプロットし，水温との関係を示した（太平洋クロマグロ0歳魚）

(Ichinokawa et al. 2014 Fish. Sci.)

2. 不確実性を評価する (信頼区間の計算, 感度分析など)

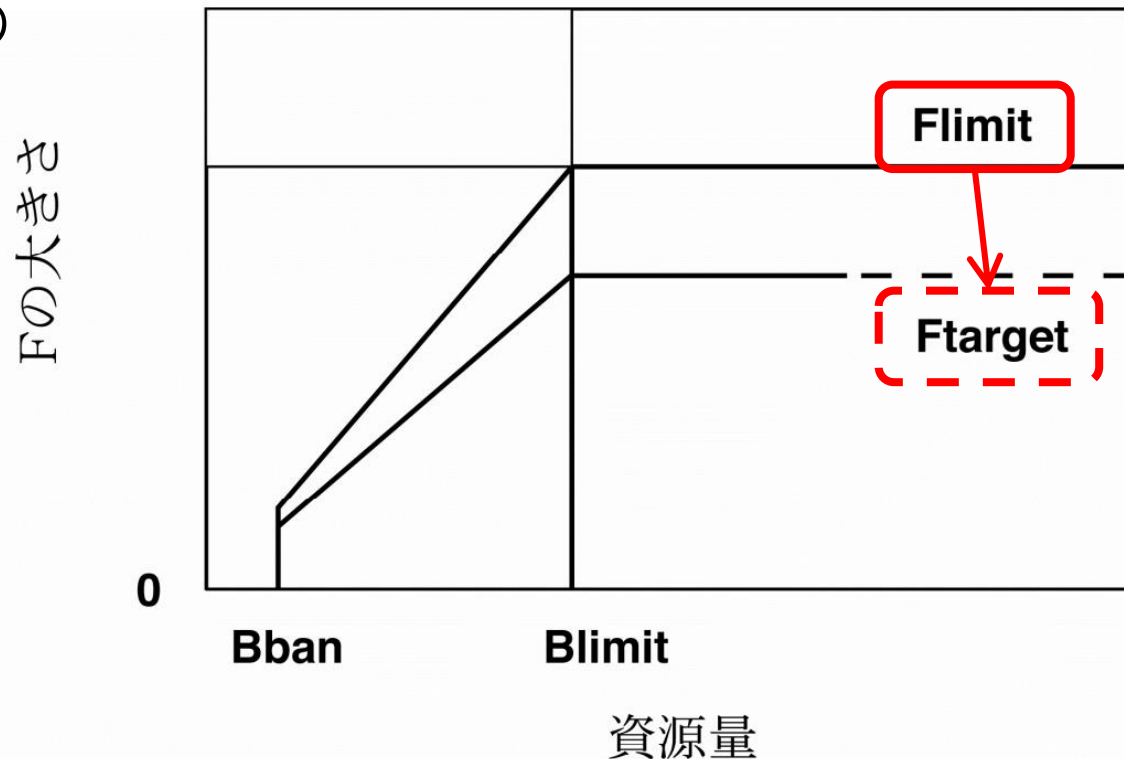
- 「推定」には「誤差」がつきもの
- どの程度の誤差があるか, 推定値だけでなく, 信頼区間も同時に示すことが重要



3. 不確実性に頑健な管理方策の提案

- 資源量推定値やMSY推定値の誤差があったとしても、それに耐えるような（頑健な）管理方策をとる

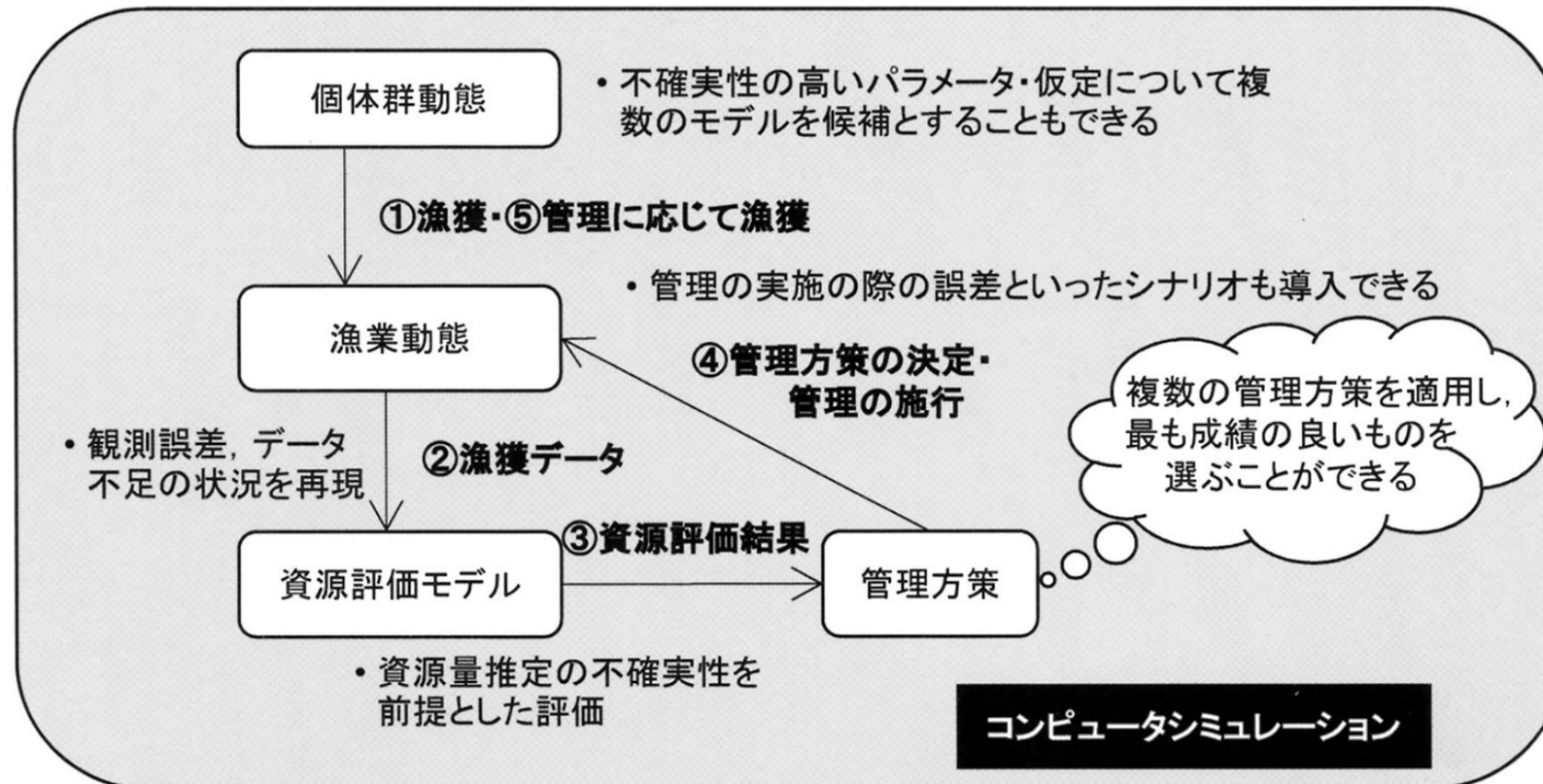
ex) わが国資源の
ABC算定ルール



不確実性を考慮して、
決定論的・誤差なし
の仮定で算出された
 F (F_{limit}) よりも小さい
 F を目標 (F_{target})
とする

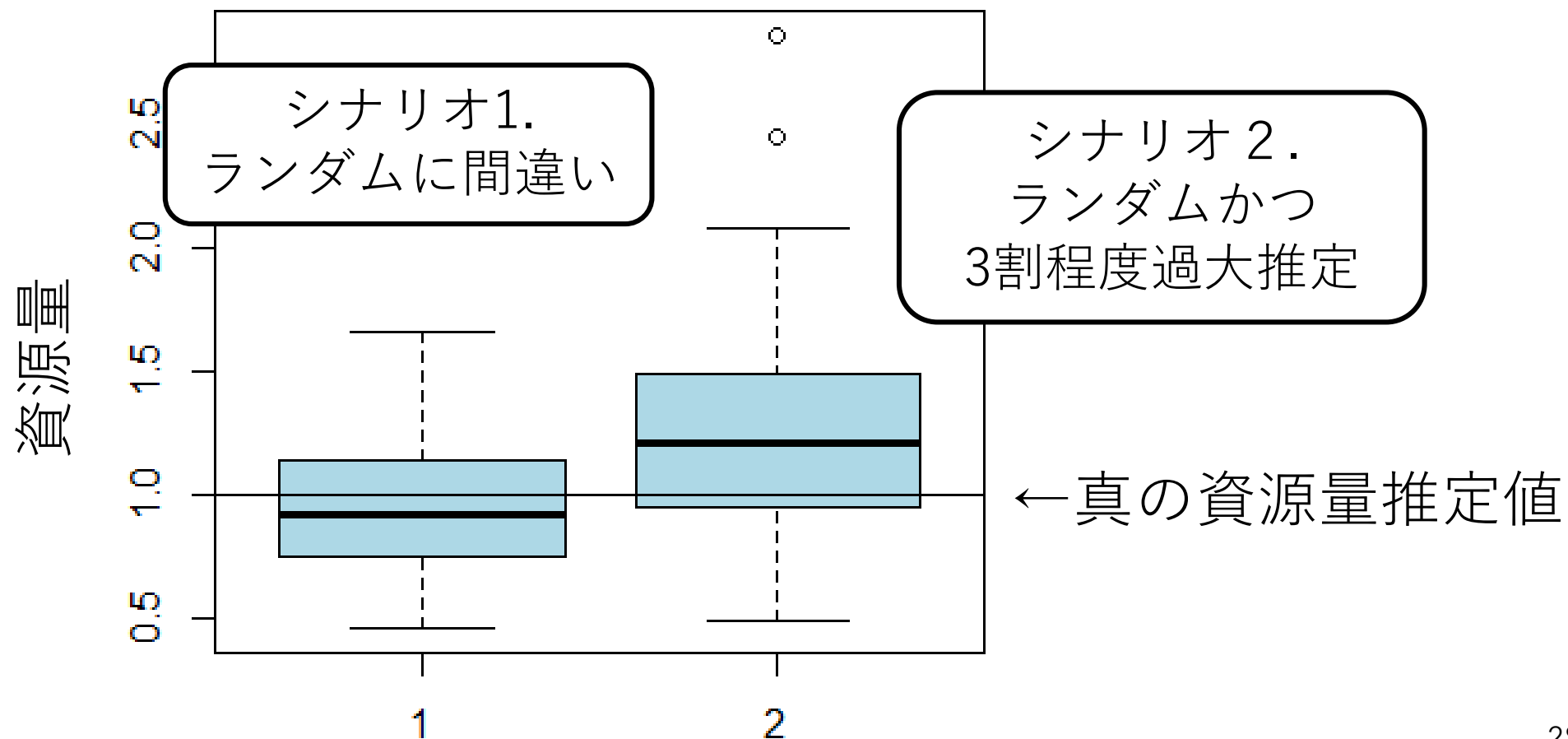
Management Strategy Evaluation (MSE, 管理戦略評価)

- より明示的に，管理方策を考えるときに不確実性を取り込む



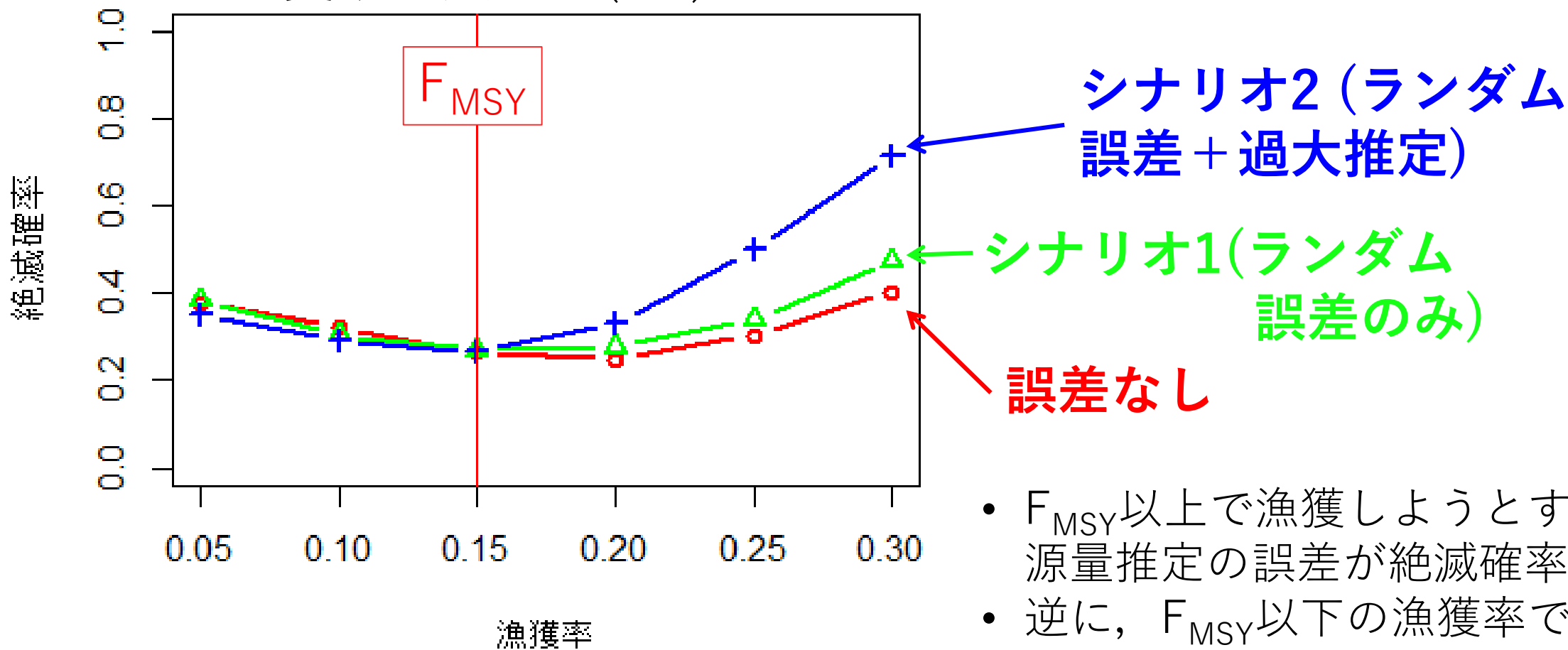
かんたんな例

- 毎年の資源量推定をランダムに間違えていると仮定



50年後の絶滅確率の比較

加入変動の大きさ(CV)=0.6



- F_{MSY} 以上で漁獲しようとするとき資源量推定の誤差が絶滅確率に影響
- 逆に、 F_{MSY} 以下の漁獲率であれば、資源量推定の誤差は絶滅確率にほとんど影響しない

まとめ

1. 利用できるデータは「徹底的に見る・使う」
2. 不確実性を評価する（信頼区間の計算，感度分析など）
3. 不確実性に頑健な管理方策を考える

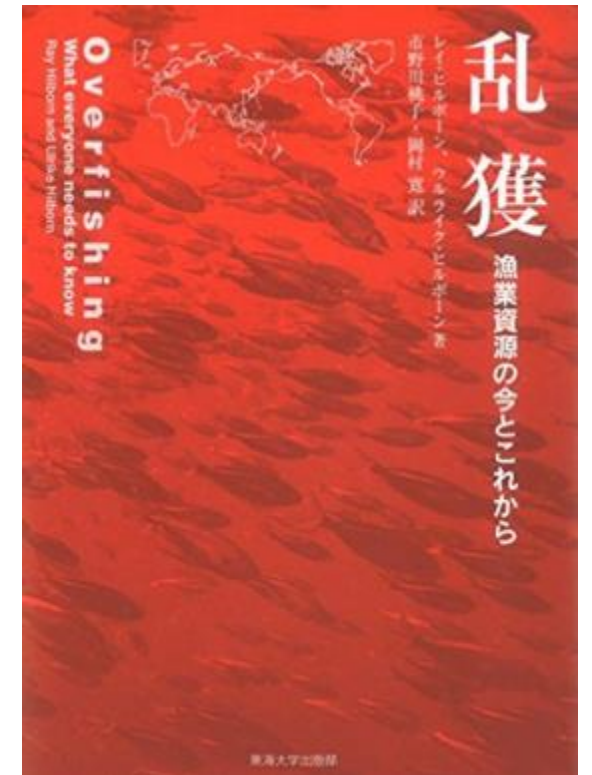
参考文献: Overfishing – what everyone needs to know

「乱獲—漁業資源の今とこれから」

レイ・ヒルボーン, ウルライク・ヒルボーン 著
市野川桃子, 岡村寛 訳.

東海大学出版部. 2015年12月

著者割 2500円で発売中





- さまざまなレベルでの「乱獲」の定義
- 資源量推定の方法
- クジラ・オレンジラフィー・スズキ・オヒョウ・チリアワビなど，資源管理の失敗・成功例
- ノーベル経済学賞を受けた研究成果と漁業資源管理
- 消費者主導の新しい持続的漁業（MSC）
- 数式は一切なし