

令和2（2020）年度
ホッケ道北系群
資源評価
ピアレビュー資料



Male

Female

Pleurogrammus azonus

For Peer Review in 2021

1

Contents



- **Biology and Stock Assessment**
Distribution, Growth, Estimation of Catch Number at Age, Stock abundance indices, VPA
- Stock-Recruitment Relationships
- Proposed “Reference points”, Kobe-plot
- Harvest Control Rule and Future projection

分布



主な分布域

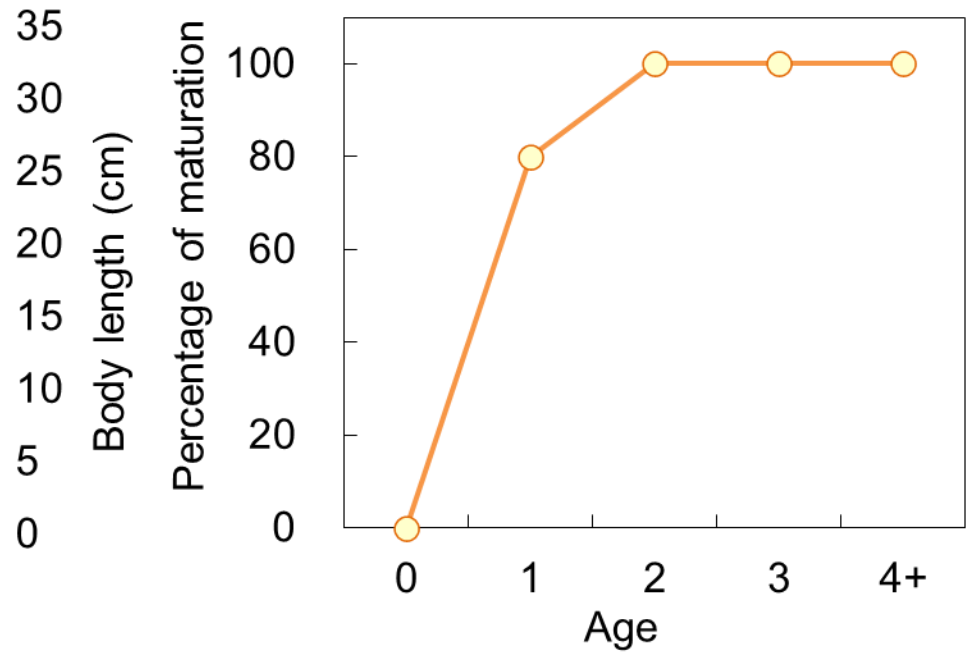
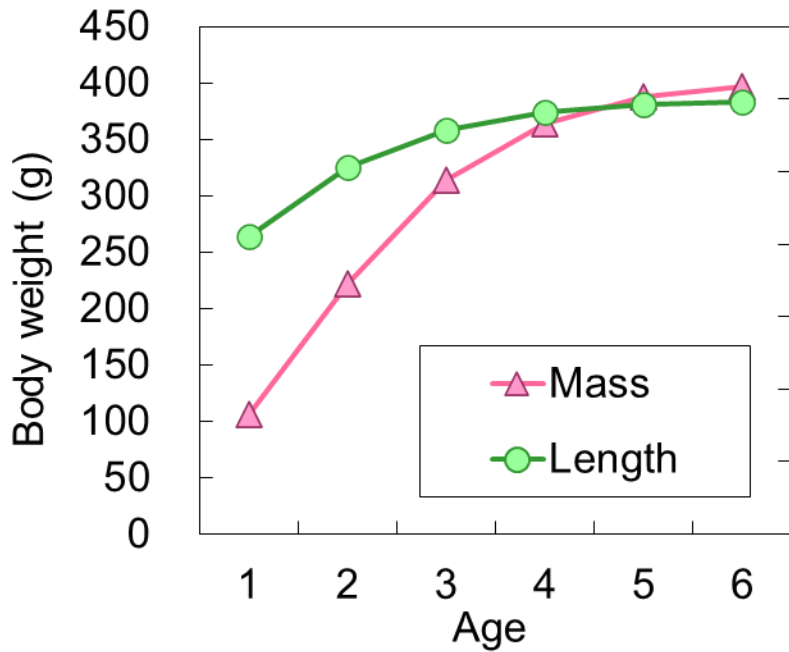
- ・日本海からオホーツク海に分布
- ・稚魚・幼魚期は日本海中央水域～サハリン沿岸、オホーツク表層で生活
- ・満1歳となる秋には底生生活に

産卵

- ・主な産卵場は、利尻・礼文島周辺
- ・武蔵堆の最浅部など
- ・岩礁域で産卵を行う（なわばり）

成熟した親魚は産卵場近辺で生活
広範囲の移動・回遊行わなくなる

成長と成熟



(高嶋 & 三橋 2009)

Male $L_t = 292.2 / \{1 + 1.086 \times \exp(-0.955 \times t)\}$

$$W = 0.469 \times L^{3.612} \times 10^{-6}$$

Female $L_t = 307.0 / \{1 + 1.191 \times \exp(-0.876 \times t)\}$

$$W = 0.884 \times L^{3.493} \times 10^{-6}$$

(高嶋ほか 2013)

年齢・成長に関するコメント 3点

コメント①

雄：雌=1:1としているのか？それとも、雌雄比のデータに基づいて案分しているのか？雌雄が一本化されている補足表2-2（A-p.29）も同様だが、何らかの説明が必要である。

コメント②

P24：補足資料2 計算方法について、年齢別平均体重が補足表2-2に示されていますが、これは年によって大幅に異なっています。これは、誰がどのようにして算出したのでしょうか。この値とP4に書かれた成長曲線、体長体重関係から得られる値は異なるわけですが、その整合性はどのように説明しますか。標本は時期を限らず年中取得されているものと思いますが、1歳0ヶ月の個体と1歳11ヶ月の個体は体重が大きく異なります。年齢別漁獲尾数の計算結果に影響を及ぼしていないでしょうか。

回答①、②

便宜的に雌雄1:1とし、左の雌雄別の体長、体重式より年齢別・月別の体重（雌雄平均）を算出しています。補足表2-2の体重は、漁期中央（7/1）を基準とし、その年の年齢別漁獲尾数と年齢別体重を乗した和が漁獲量となるように調整された体重としています。すなわち、年齢別漁獲尾数を用いて総漁獲量と合うように計算された体重であるため、年齢別漁獲尾数の計算結果には影響を与えるものではありません。今後の評価では説明を加えたいと思います。

年齢・成長に関するコメント 3点

コメント③

本資源は資源量が10倍近く変動し、年齢組成も大きく変化します。成長曲線は2007・2008年の高水準期のものを使用していますが、現在の状況と大きく違うことはありませんか

回答③

現在使用している成長曲線は、2007-2008年の漁獲物を使用して推定されたものです。一方、日本海およびオホーツク海の調査船データから得られた成長式と比較して大きくは異なりませんが、海域間での違いが見られており

(Morita et al., 2015)、また、資源量の変化とともに変化している可能性があるため、近年のデータを用いて確認を行いたいと考えております。

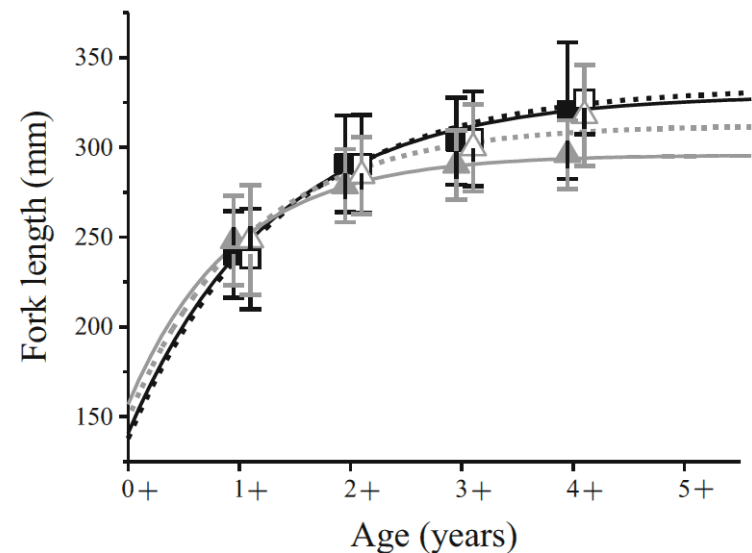


Fig. 4 The von Bertalanffy growth curves and fork lengths of arabesque greenling groups for each sampling area and sex. Black and gray lines indicate in the Sea of Okhotsk (squares=average±SD) and the Sea of Japan (triangles=average±SD), respectively. Solid symbols and lines indicate males and open symbols and dashed lines indicate females

(Morita et al. 2015)

成熟について (最近の知見)

Table 3 Maturation rates of 1-year-old female *Pleurogrammus azonus* collected in the Sea of Japan off northern Hokkaido from September 1st to October 15th

Year	Sep 1-15	Sep. 16-30	Oct. 1-15	Mean
2004			0.54	0.54
2005			0.98, 0.89	0.94
2006			0.94	0.94
2007		0.87	0.71, 0.86, 0.54	0.75
2008		0.50, 0.63, 0.67	0.79, 0.85	0.69
2009	0.97		0.73	0.85
2010		0.91	0.98, 0.99, 0.98	0.96
2011		0.99	1.00	1.00
2012	0.96	0.99	0.98, 0.98	0.98
2013	0.99	0.97		0.98
2014		0.97	0.99, 0.99	0.98
2015	0.97	1.00	0.99	0.99
2016	1.00	0.97, 1.00	0.98	0.99

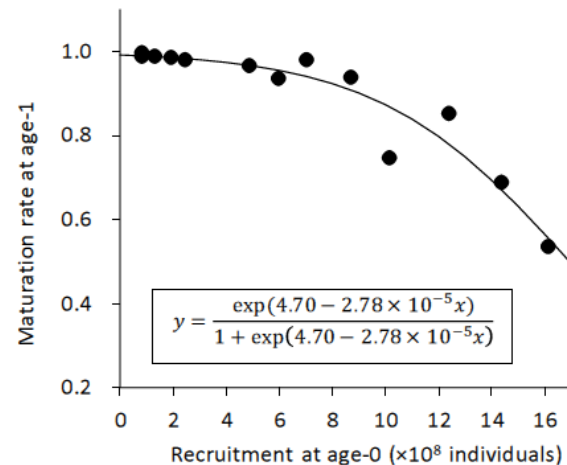


Fig.7 Relationship between recruitment of 0-year-old individuals and maturation rate of 1-year-old *Pleurogrammus azonus* of each year-class in seas off northern Hokkaido. The line indicates the fitted logistic curve.

➤ Maturation rate 1 year-old fish may change by amount of recruitment

(Sakaguchi et al. 2018)

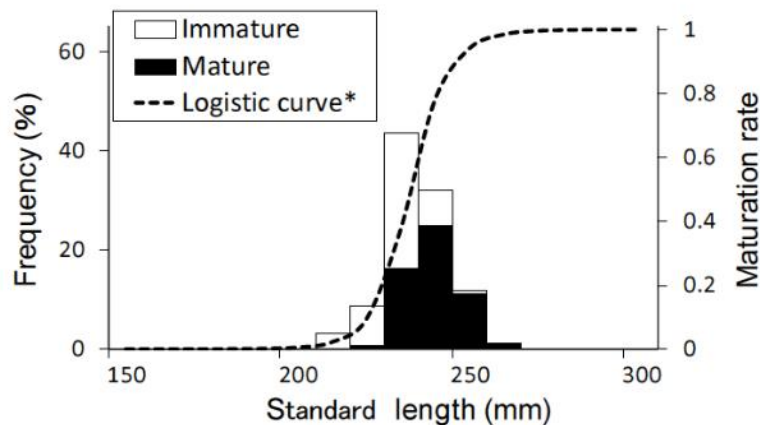
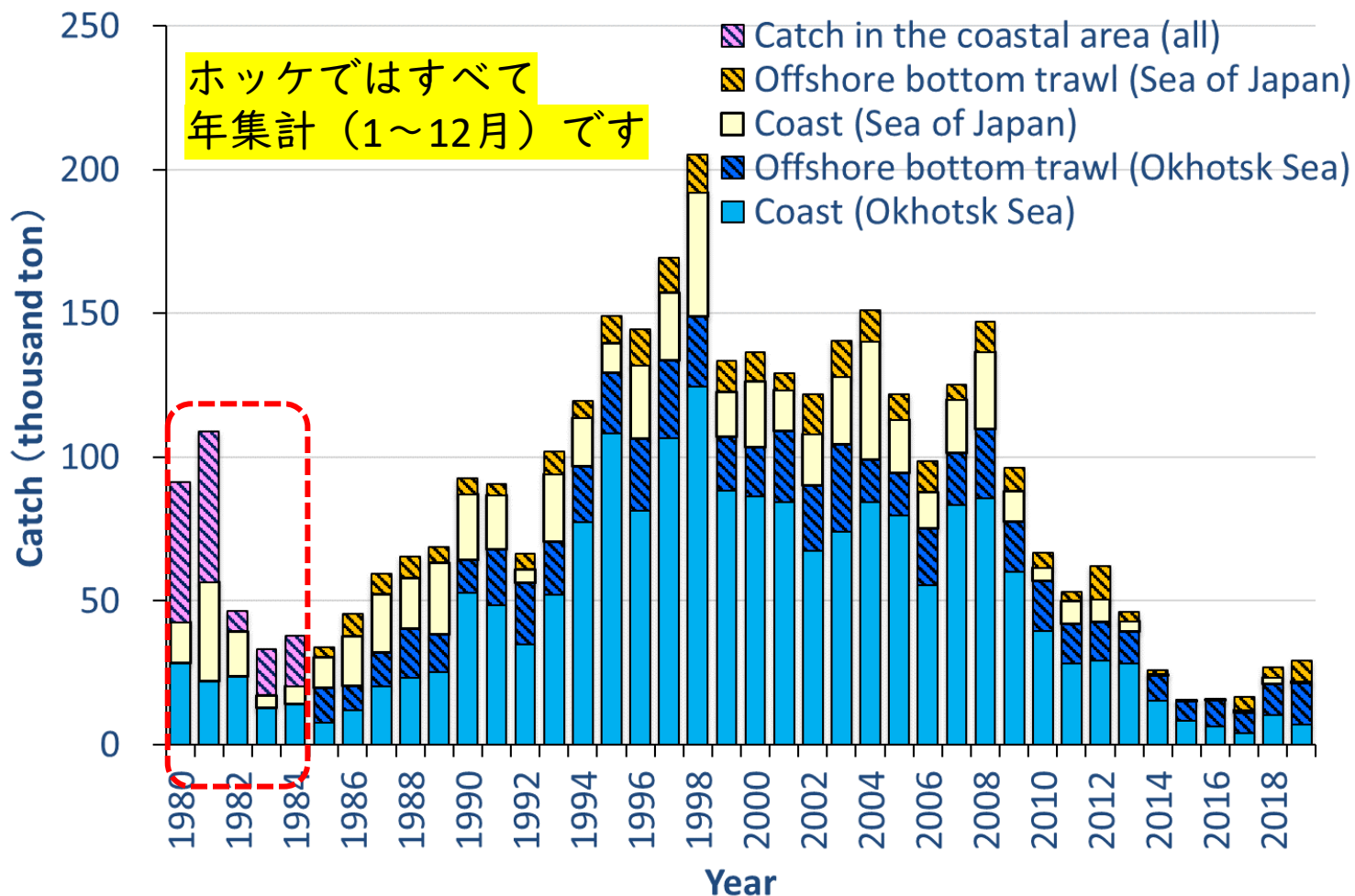


Fig.2 Example of estimation of maturation rate of 1-year-old female *Pleurogrammus azonus* using standard length frequency composition of sample and logistic curve.

* Modified from Takashima et al. (2016)

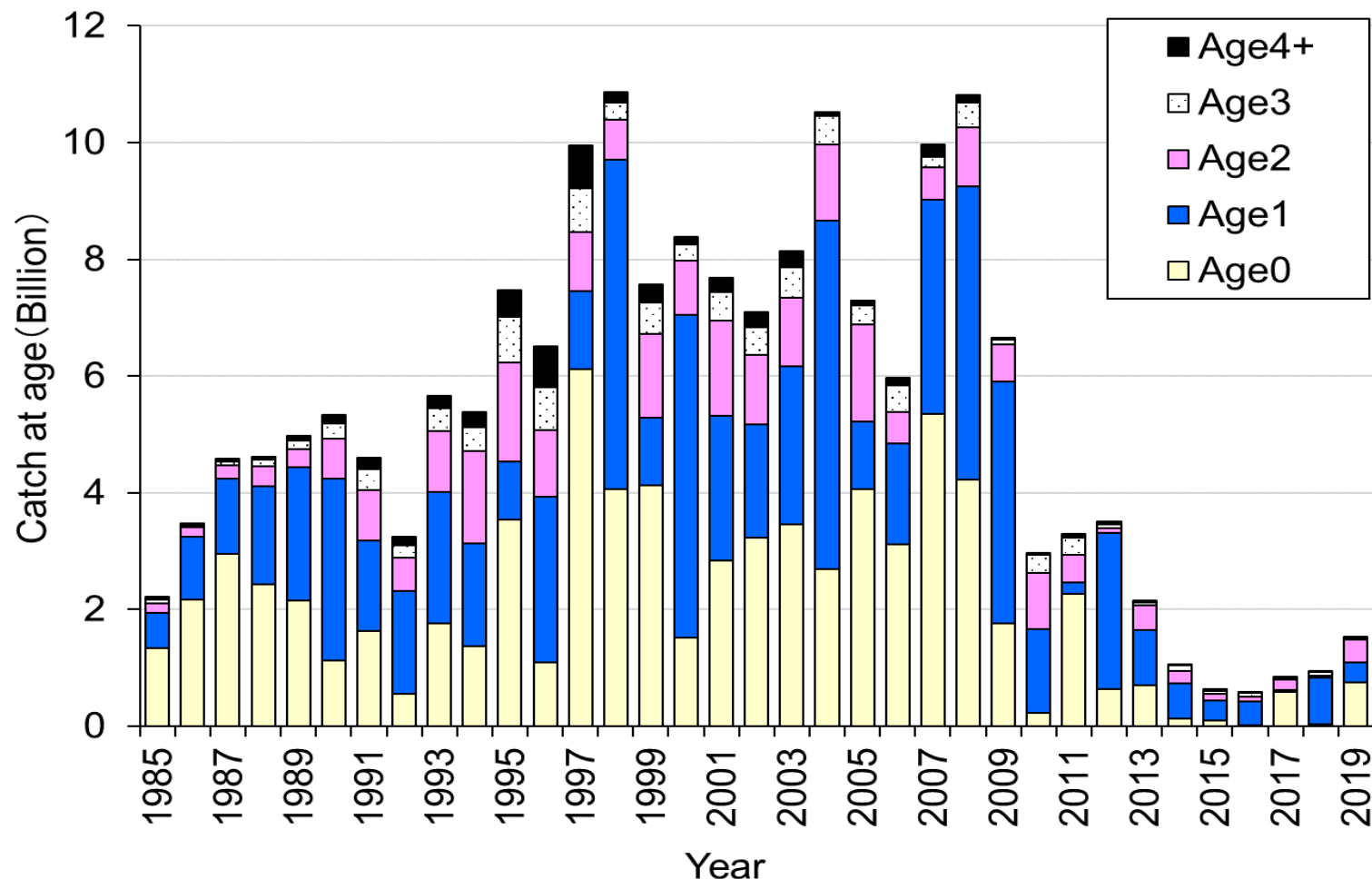
漁獲量の推移



コメント : 1980~1984年の沿岸漁業の記述が言及されていないのはなぜか

回答: 海域分けがされおらず、記述が不十分でしたので改めたいと思います

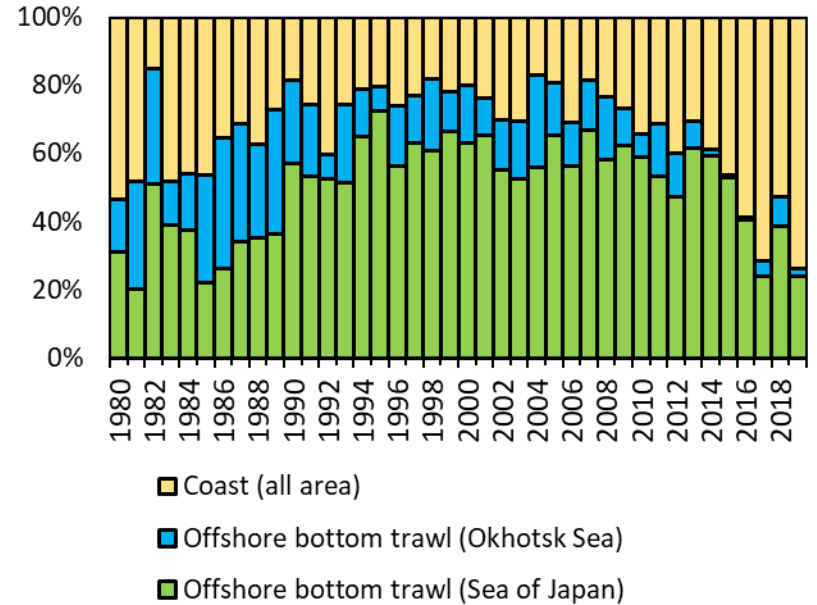
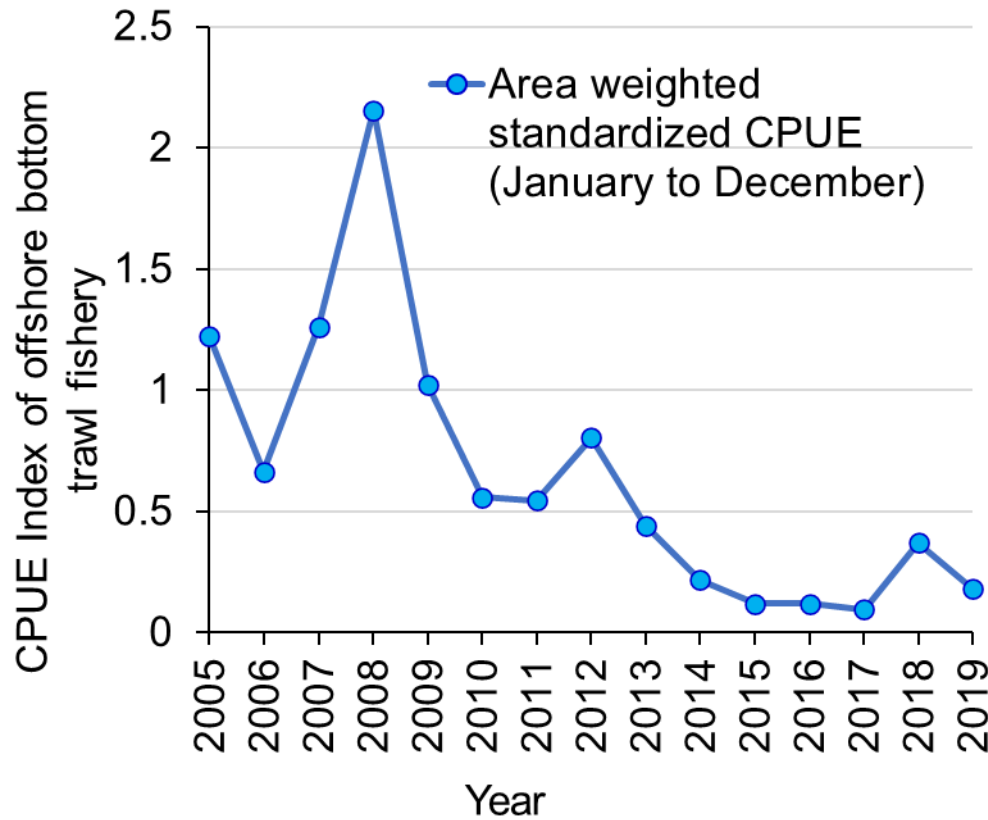
年齢別漁獲尾数(CAA)の推移



コメント : 四捨五入の表記としていて記述が不正確に見える

回答: 今後は示し方を統一したいと考えております。

チューニングに使用した指標値 (0歳-4+歳)



沖底かけまわし100トン以上船の有漁データから標準化し、面積重み付けした指標値を0-4+歳のチューニングに使用

→数式・記載方法等, 標準化プロトコルに従いながら修正いたします。

資源計算方法

Fundamental part

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \times \exp(M) + C_{a,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{(1 - \exp(-F_{a,y}))}$$

$$N_{p-1,y} = \frac{C_{p-1,y}}{C_{p,y} + C_{p-1,y}} N_{p,y+1} \times \exp(M) + C_{p-1,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{p,y} = \frac{C_{p,y}}{C_{p-1,y}} N_{p-1,y} = \frac{C_{p,y}}{C_{p,y} + C_{p-1,y}} N_{p,y+1} \times \exp(M) + C_{p,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$F_{a,y} = -\ln \left\{ 1 - \frac{C_{a,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}} \right\}$$

$$F_{3,y} = F_{4+,y}$$

N : Stock number a : age y : year F : fishing mortality
 M : natural mortality 0.295/year p : plus group (4+)

Tuning part

$$Obj = (1 - \lambda) \times \sum_y \left[\log(CPUE_y) - \log \left(q \left\{ \frac{\sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y} S_{a,y} B_{a,y}}{\sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y} S_{a,y}} \right\}^b \right) \right]^2 + \lambda \times \sum_{a=1}^{4+} (F_{a,y})^2$$

$$S_{a,y} = F_{a,y} / \max(F_{4+,y})$$

λ : weight of penalty (0.09)

$CPUE$: offshore fishery CPUE

$S_{a,y}$: selectivity at age

$\Omega_{a,y}$: ratio of Offshore fishery to total catch

資源計算方法

Fundamental part

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \times \exp(M) + C_{a,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{1 - \exp(-F_{a,y})}$$

$$N_{p-1,y} = \frac{C_{p-1,y}}{C_{p,y} + C_{p-1,y}} N_{p,y+1} \times \exp(M) + C_{p-1,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{p,y} = \frac{C_{p,y}}{C_{p-1,y}} N_{p-1,y} = \frac{C_{p,y}}{C_{p,y} + C_{p-1,y}} N_{p,y+1} \times \exp(M) + C_{p,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$F_{a,y} = -\ln \left\{ 1 - \frac{C_{a,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}} \right\}$$

$$F_{3,y} = F_{4+,y}$$

N : Stock number a : age y : year F : fishing mortality
 M : natural mortality 0.295/year p : plus group (4+)

コメント：VPAにおけるF-ratioが全期間を通じて等しい、 $F_{3,y} = F_{4+,y}$ （資料A-式(6),式(14)）というのは、あまりに強すぎる非現実的な制約条件ではないだろうか。Catch-at ageを見ても等しいとは思えないし、年によってかなり変化している。毎年のF-ratio ($\alpha_y = F_{3,y} = F_{4+,y}$) を推定するのが望ましいし、最低限年に依存しない値 ($\alpha = F_{4+,y} = F_{3,y}$) か、出来れば数年毎などF-ratioが一定と考えられる期間毎の値を推定すべきではないか。これは、 α をRidge VPAの未知パラメータとして、年齢別漁獲係数Fと一緒に推定する、という意味である。

回答

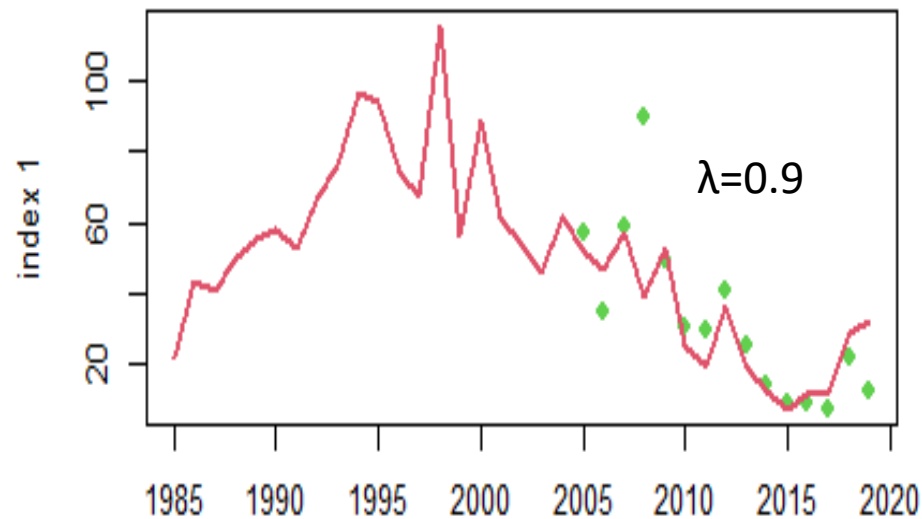
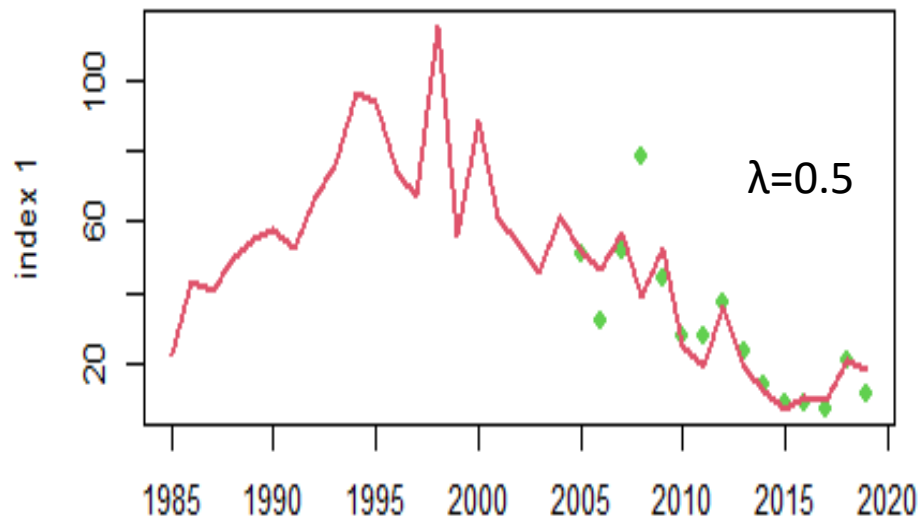
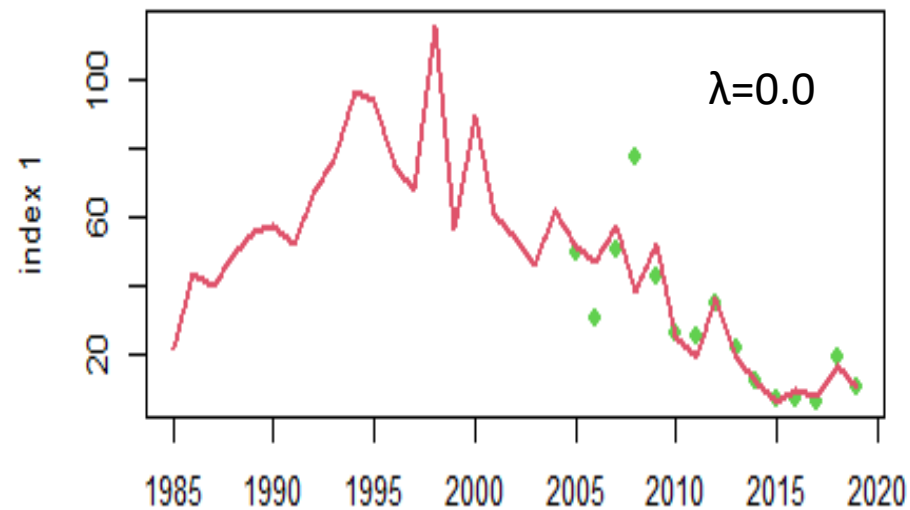
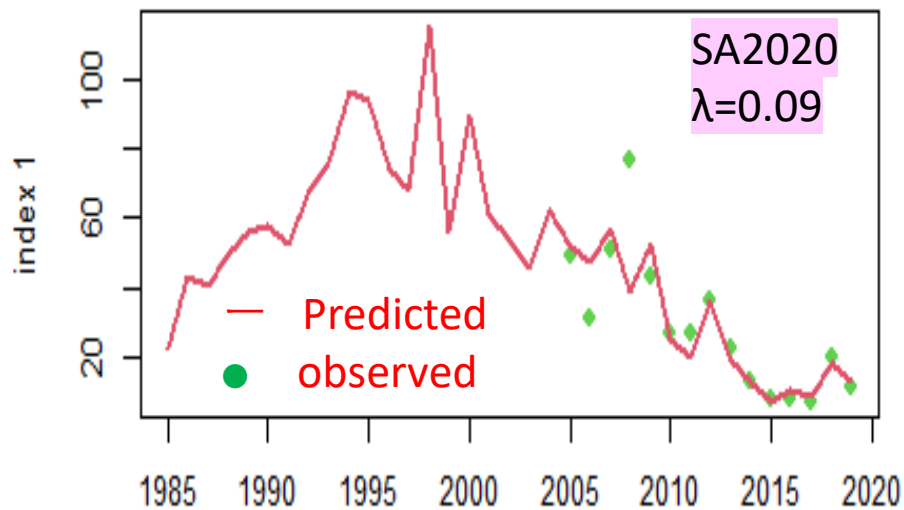
年ごとに α を推定するのは現状のデータでは無理であると考えておりますが、全年でアルファを同じとし、そのアルファを推定できるかどうかは今後の検討課題とさせていただきます。

一方、ホッケ道北系群では年齢および半期により漁獲状況が大きく異なることに鑑み、2021年の資源評価より半期別コホートを導入しました。また加入量に対するチューニング指標値を加え、0歳のFは別途推定しています。下半期の $F_{3,y} = F_{4+,y}$ とする仮定としていますが、年コホートの際よりは詳細なFの推定が可能となっております。

一般的に、十分に高齢魚まで年齢が分解されていればプラスグループのFと1歳前のFを等しいと仮定すること ($\alpha=1$) で資源評価に甚大な問題は生じないと認識していますが、ご指摘の通り資源量推定値は α の仮定により変わりにえるため、現在機構では異なる α を使用した感度試験の実施を推奨しております。ホッケ道北系群においても検討したいと考えています。

λによる予測値の違い (0 ≤ λ ≤ 1)

Tuning indices (abundance): Age 0-4⁺



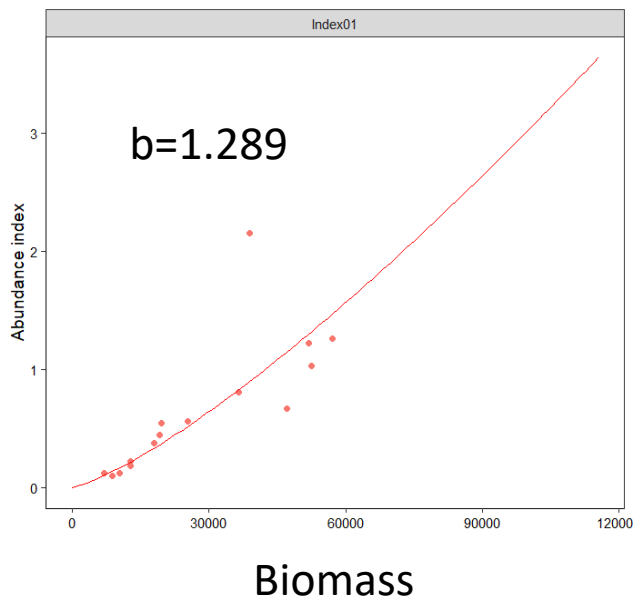
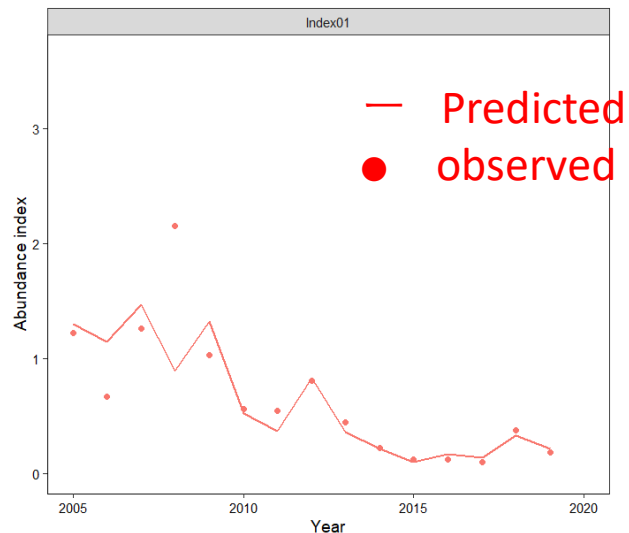
Year

Year

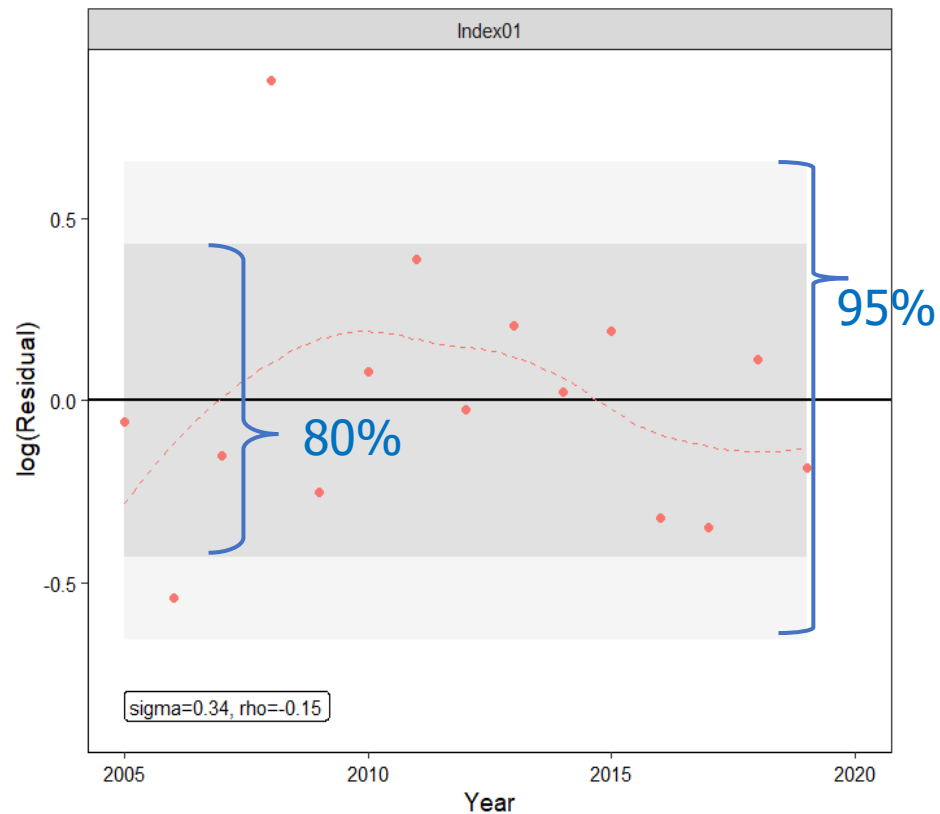
指標値と資源量のフィッティング結果($\lambda 0.09$)

Tuning index (abundance): Age 0-4⁺

Estimates vs observations

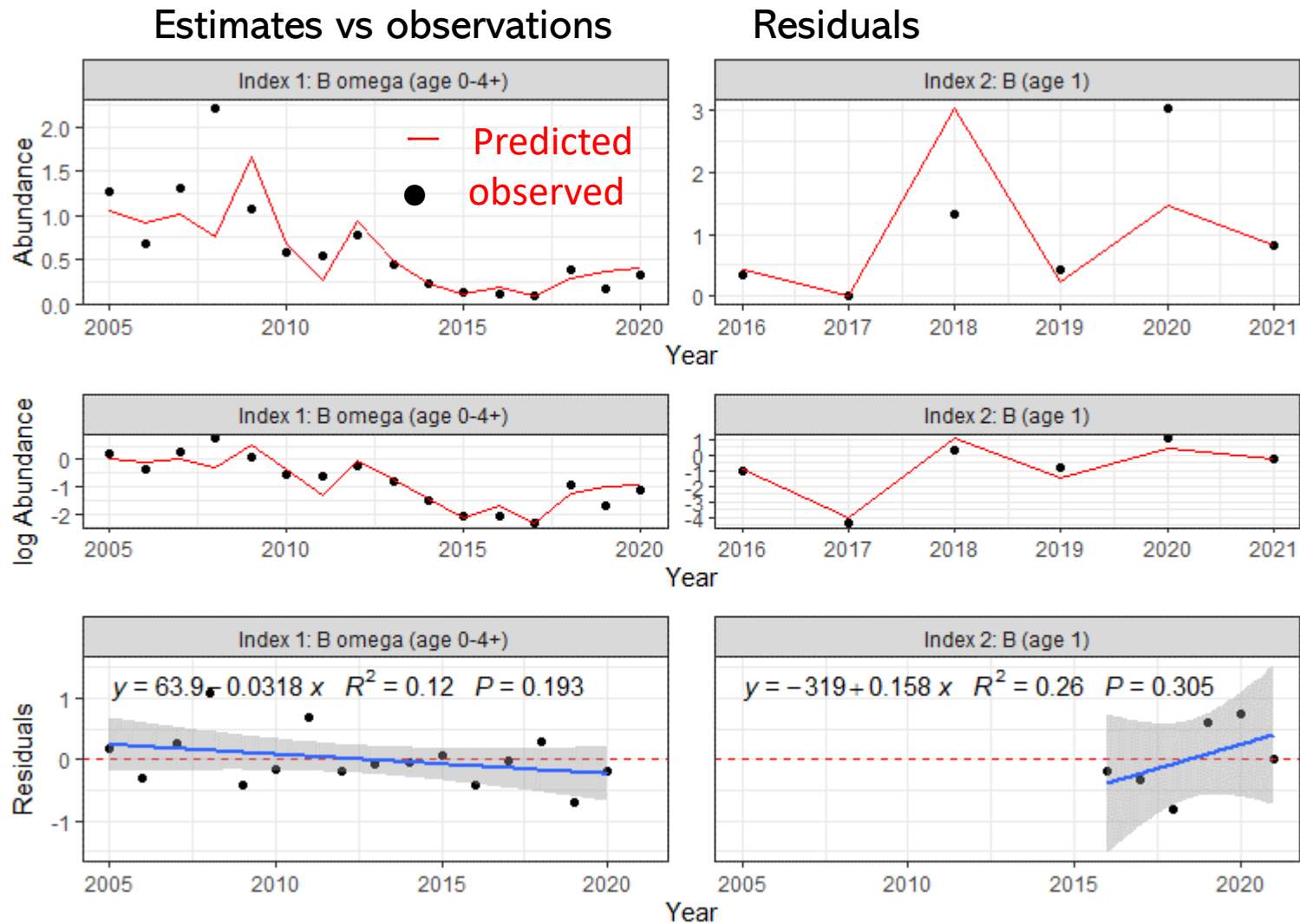


Residuals



2021年評価における試み（加入量指標値の追加）

Tuning indices (abundance) Age 0-4+ and index for Age1(added)



M についてのコメント①

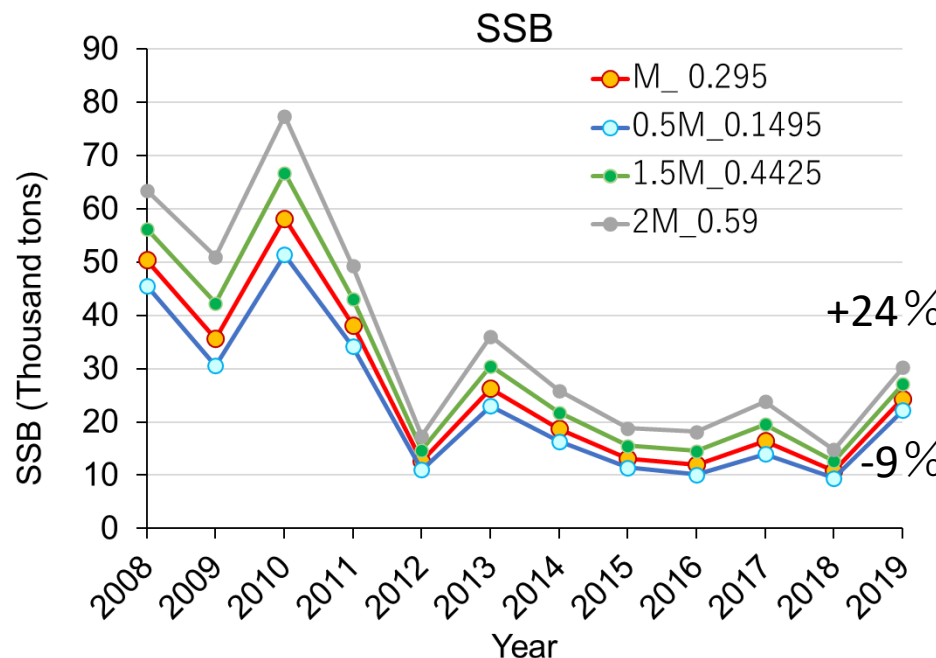
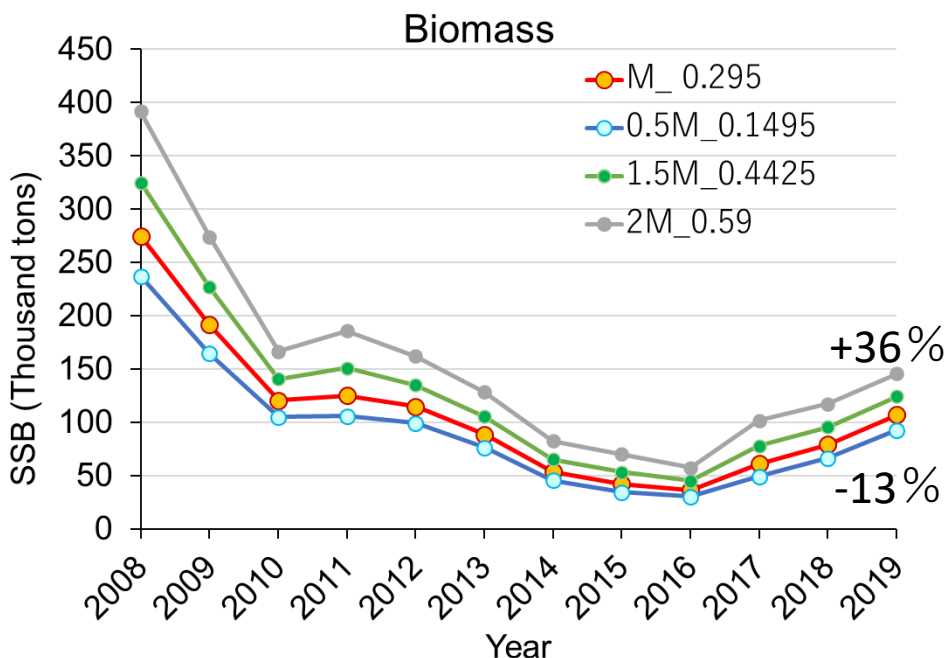
①自然死亡係数は入江(1983)に従い0.295としたのですが、入江(1983)は入手がやや難しい文献で、どのように計算されたのかわかりません。どのように計算したのでしょうか。

①回答.

入江(1983)によると、田中(1960)による寿命とMの関係図を用い、寿命を8~9歳とするとMは0.28~0.31程度と見積もられるとされています。M=0.15~0.30で感度分析を行い、Mの0.05の変化に対して資源量の変化は5%程度であることが確かめられています。Mを0.28~0.31の中間の0.295とした場合の資源量推定結果が資源量指数の傾向とよく一致していたことから、M=0.295とされています。

Mについてのコメント② とMの感度分析

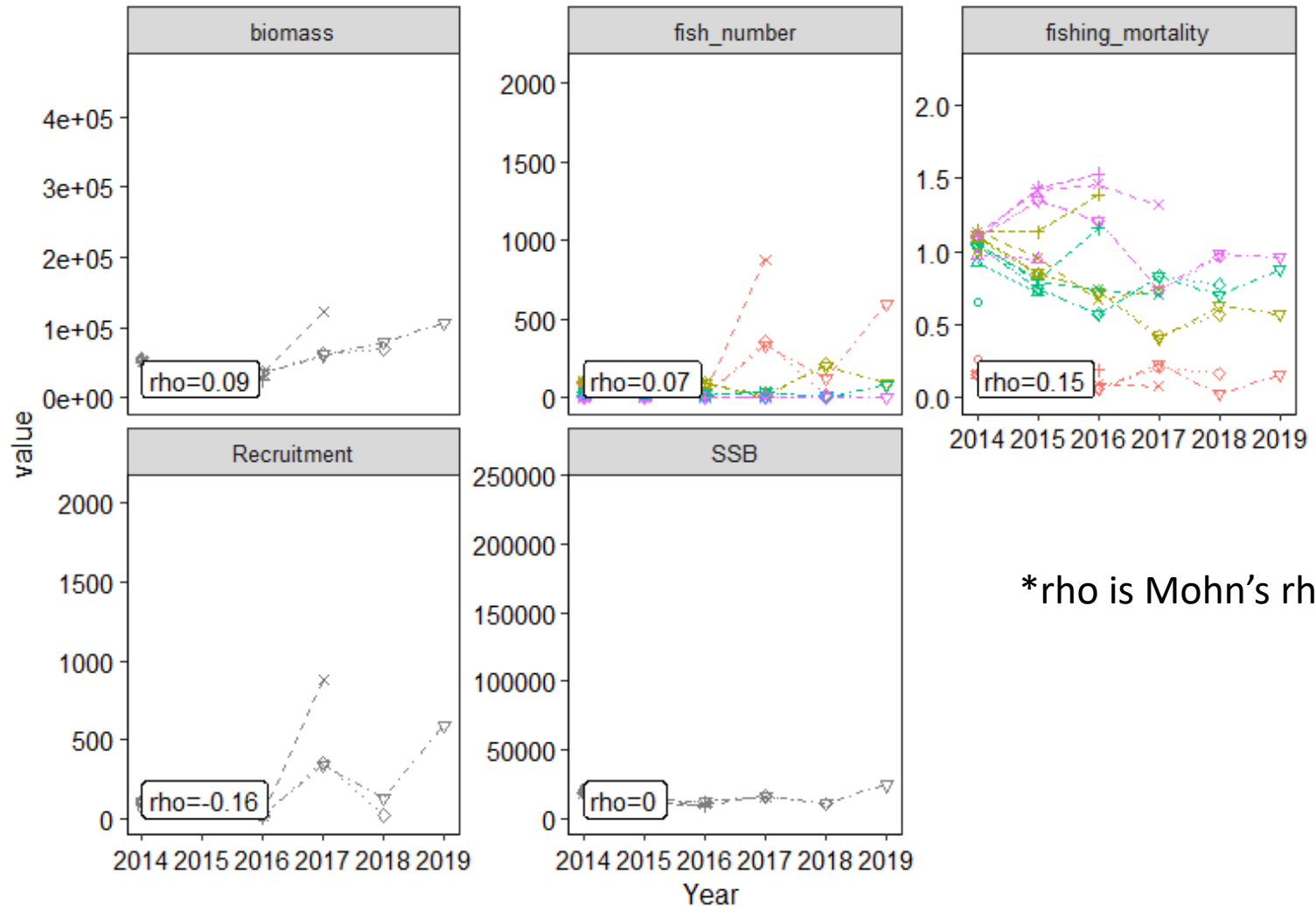
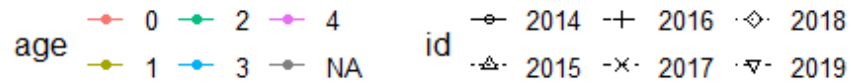
②自然死亡係数Mについて、年齢によらず0.295を用いている。推定された資源の絶対量はMの値に依存するため、VPAにおいてはMの値を変化させた感度解析が必要である。また、年齢に依存しないという理解でよいか？その場合には何らかの根拠を示すべきであるし、そうでなければ年齢別のMを利用することも検討すべきではないだろうか



②回答

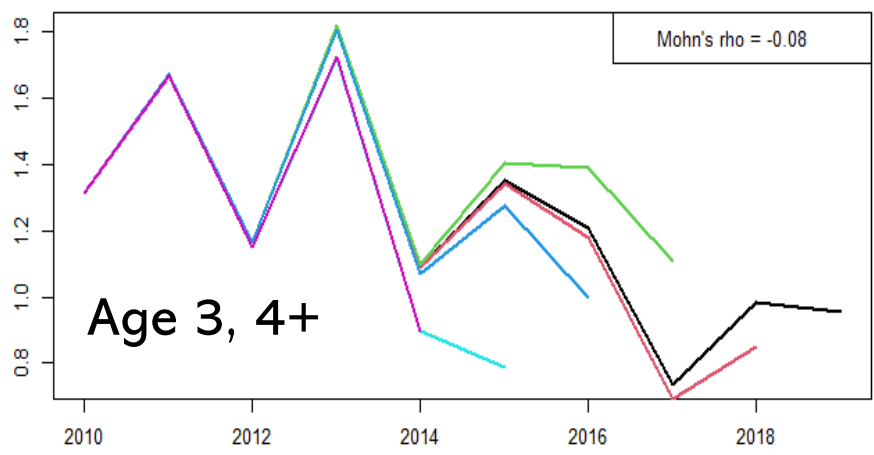
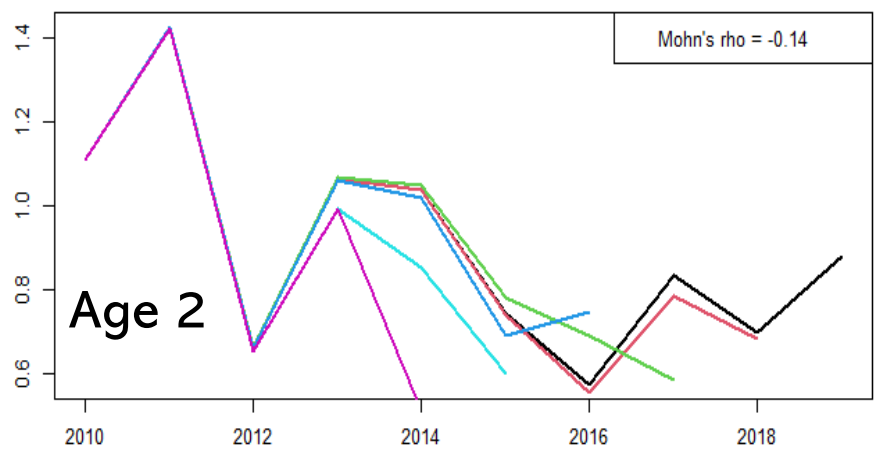
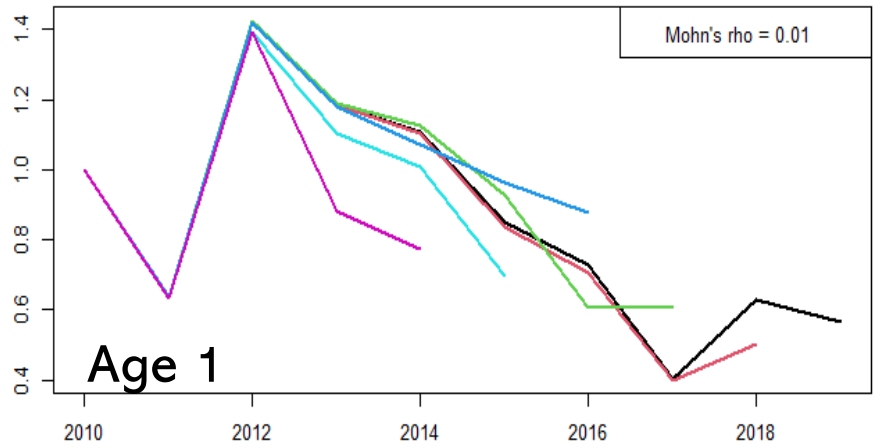
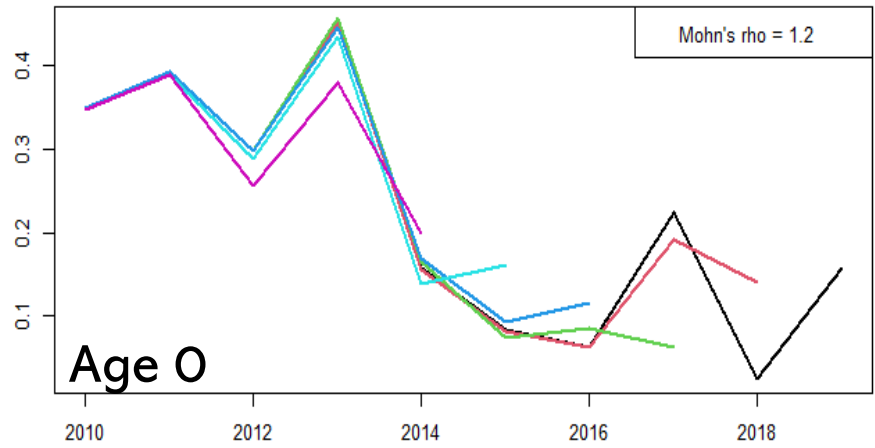
- ・ Mについては他魚種でも問題とされており、機構内で検討を行う予定です。
- ・ Mについて感度分析を行った結果(0.5M~2M)、2019年の資源量と親魚量は-13~36%、-9%~24%という変動幅が見られました。

レトロスペクティブ解析

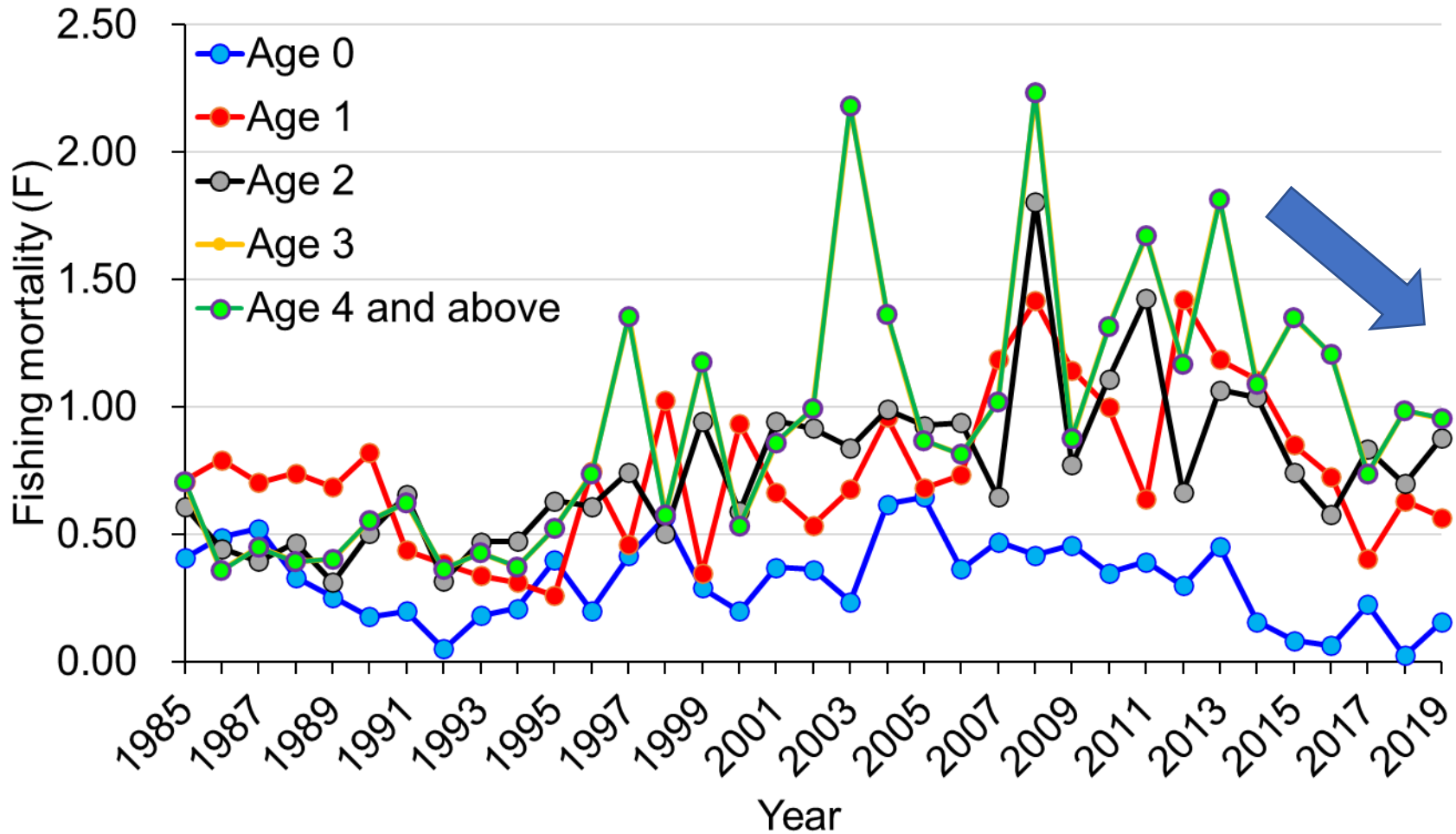


*rho is Mohn's rho

レトロスペクティブ解析 (年齢別のF)

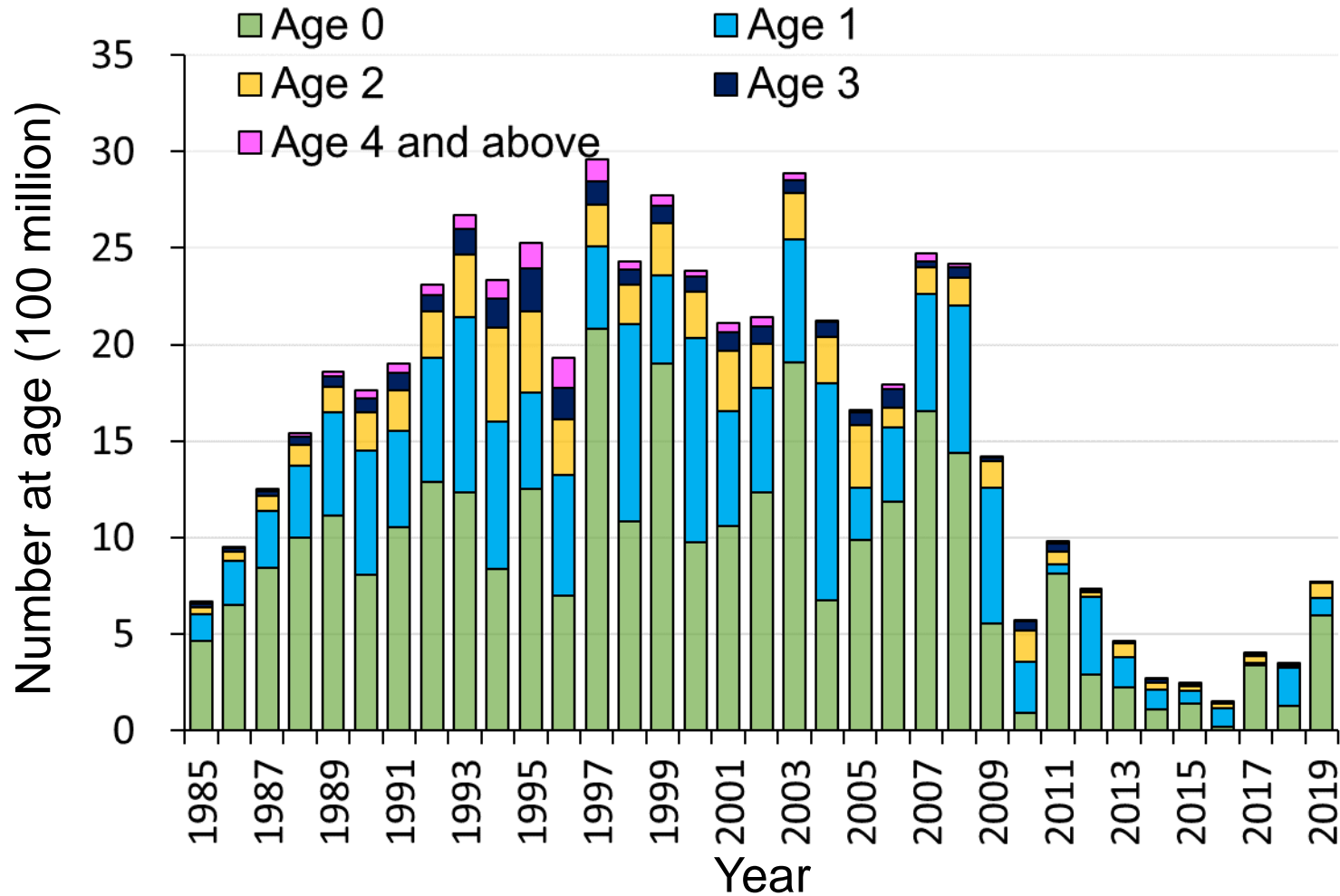


年齢別漁獲係数 (F) の推移



Fishing mortality is highest in 2008, then decreased since 2013
Voluntary restraints on fishing started in 2012 (continued)

年齢別資源尾数の推移



資源量・親魚量の計算方法について

資源量

1/1の年齢別資源尾数×漁期半ばの年齢別体重の和

（年齢別体重：0歳は10/1,1歳以上は7/1を基準とし、年齢別漁獲尾数と掛け合わせた和が漁獲量となる体重（補足表2-2））

$$B_{a,y} = N_{a,y} \times w_{a,y}$$

親魚量

ホッケの産卵期＝漁期末＝翌年漁期開始時と便宜的に設定して計算

1/1資源尾数×1年ずらした成熟率（補足表2-1）

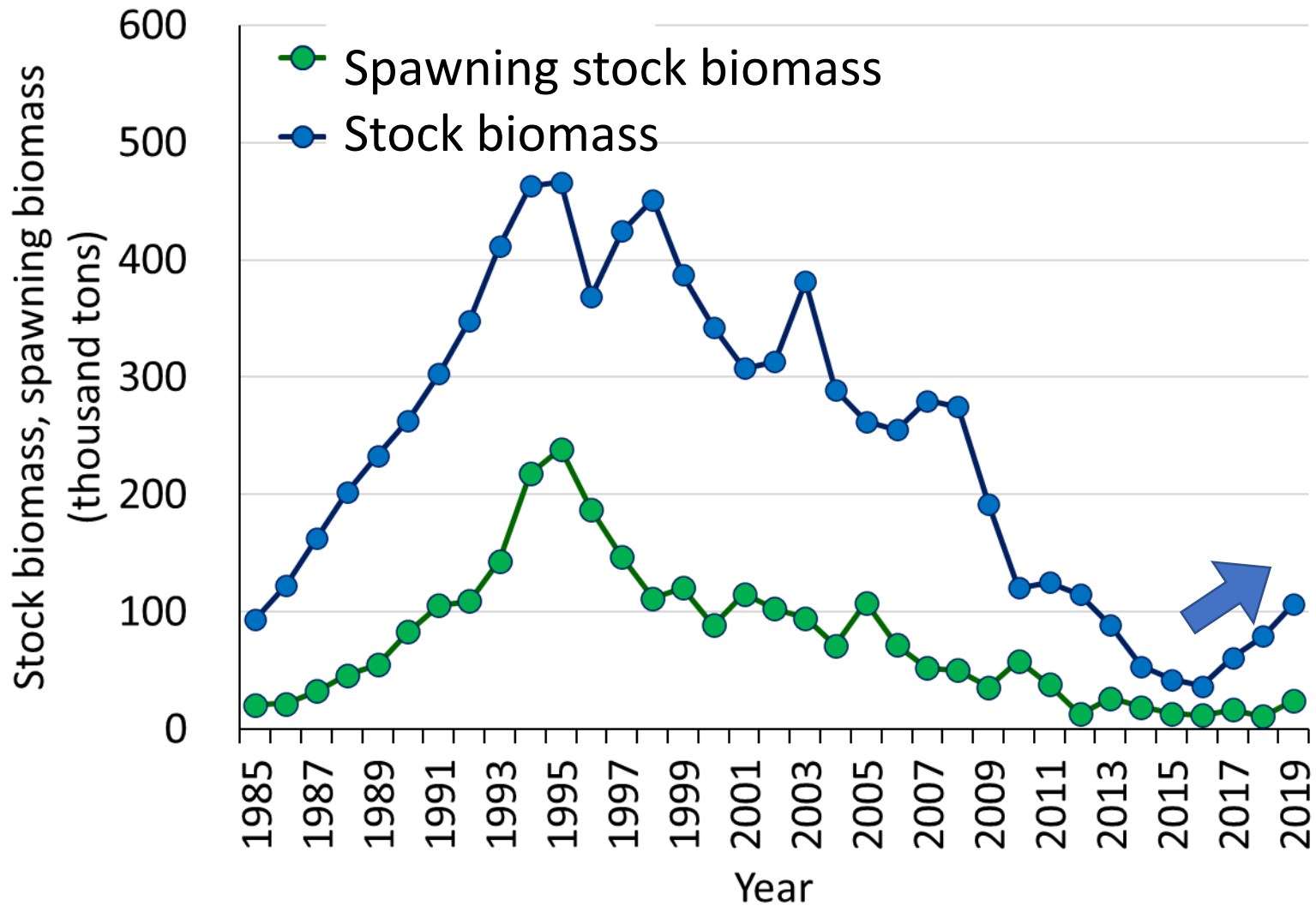
×漁期半ば（7/1）の体重

$$SSB_y = \sum_{a=0}^{4+} N_{a,y} \times m_a \times w_{a,y}$$

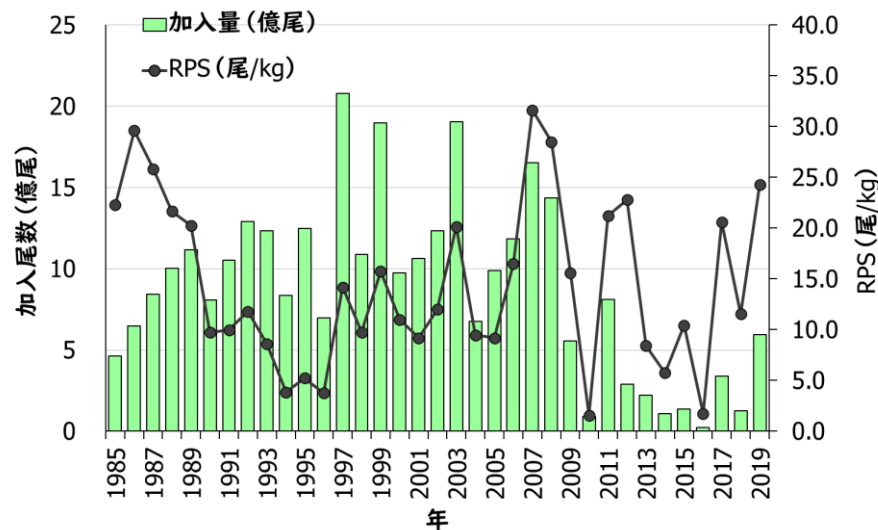
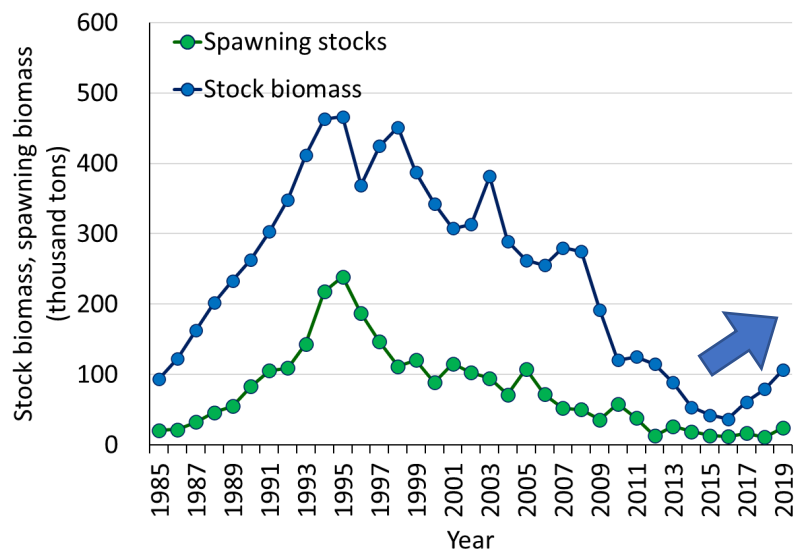
コメント：漁期年開始から産卵期までに自然死亡と漁獲が起こっていますがこの点は考慮されていますか？

回答：漁期終盤＝翌年漁期始めとしているため、産卵期までの自然死亡と漁獲が起こったことは考慮していますが、実際の産卵期の資源尾数・体重・成熟率では計算していません。計算方法について検討中です。

資源量・親魚量の推移



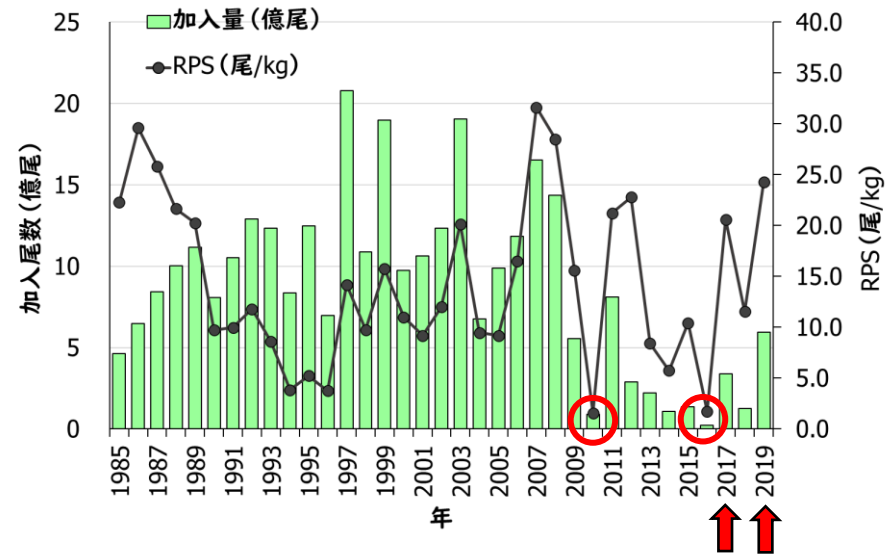
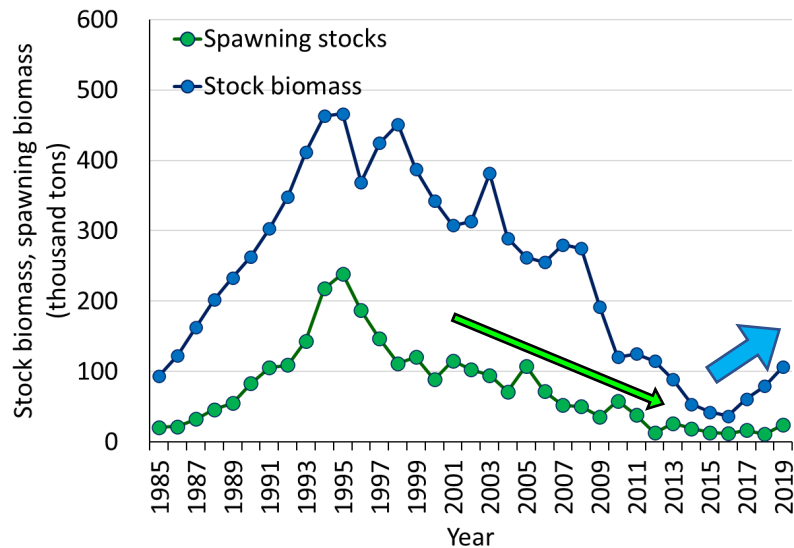
2010年からの資源量減少の要因について



コメント

要旨で2010年の低RPSにより資源量が減少したとの説明の後、2016年以降増加傾向が見られると言っているが、2016年は2010年と同様に低RPSなので、2010年からの減少が低RPSによるものであるという説明を反証しているように見えます。2010年からの資源量の減少は本当に2010年の低RPSによるものなのでしょうか。2016年からの増加の理由は为什么呢。

2010年からの資源量減少の要因について



回答

- ・ 2000年代は親魚量が減少傾向
- ・ 2010年に加入尾数が激減（100万尾程度）、RPSも1.6尾/kgと最低に
- ・ そこから発生する親魚量（2012年以降）も少なくなったと考えられる
- ・ 2016年のRPSは1.7尾/kg（親魚量は2.1万トン、加入量20万尾）2010年より両者ともに少ない中での質の異なる低RPS。
- ・ 2016年からの資源量増加：自主的管理が2016年あたりから実効性を伴うようになり、特に沖底での0歳魚の獲り控えが広く浸透（道総研調べ）。
- ・ 2017年級が多く発生、引き続き2019年級も高豊度で資源尾数が増加

Contents



- **Biology and Stock Assessment**
Distribution, Growth, Estimation of Catch Number at Age, Stock abundance indices, VPA
- **Stock-Recruitment Relationships**
- Proposed “Reference points”, Kobe-plot
- Harvest Control Rule and Future projection

- ・ 2019年研究機関会議(2019年4月)において、再生産関係モデルの選択および目標管理基準値等の設定を行いました。

Stock-Recruitment Relationship

(proposed temporarily by the Research Institute Meeting in Apr. 2019)

◆ Dataset for S-R relationship

SSB & Recruitment values (1985 - 2017)

◆ Estimate parameters

1) Stock-Recruitment Relationship

→ Hockey-stick (HS), Ricker (RI), Beverton-Holt (BH)

2) Optimization methods

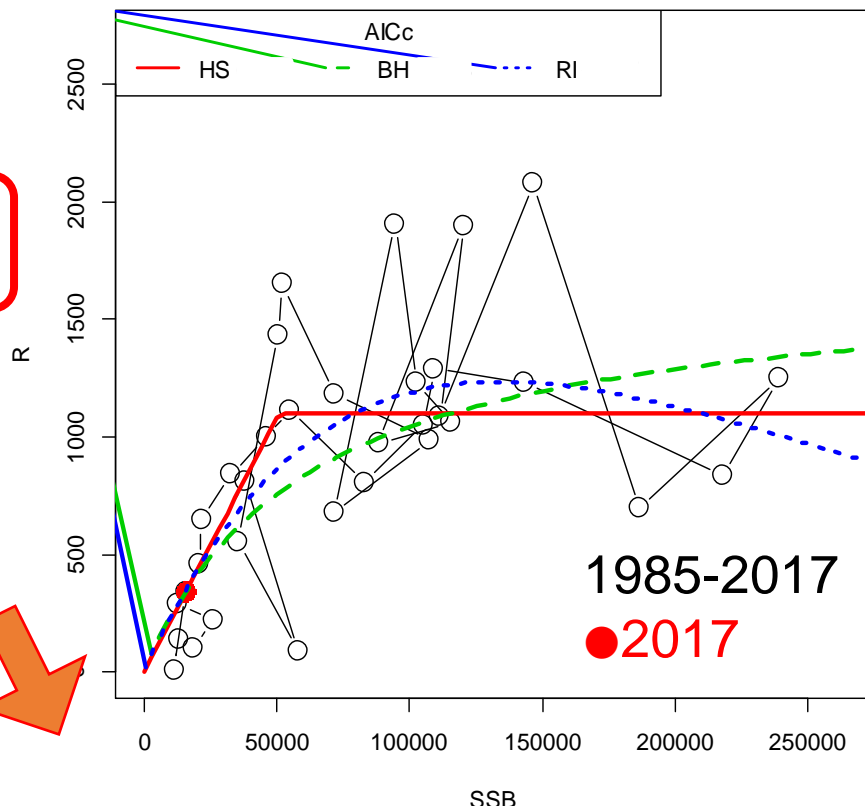
least absolute value method (L1), least square method (L2)

再生産モデル選択と管理基準値案 (2019年研究機関会議)

再生産関係の選択

S-R rel.	Optimization method	AICc	ΔAIC	Lank ΔAIC	S.D.
HS	L1	64.2	0	1	0.620
RI	L1	67.8	3.6	2	0.655
BH	L1	69.5	5.4	3	0.673
HS	L2	81.0	16.8	4	0.744
RI	L2	82.4	18.2	5	0.760
BH	L2	83.0	18.9	6	0.768

- 自己相関のないHS型 (L1: 絶対値最小法)



HSとRIの再生産関係を仮定した場合の管理基準値の違い

SR. relationship	AR. type	L. type	AICc	delta. AIC	SBmsy	SBlimit	SBban
HS	0	L1*	64.2	0.0	112	34	5
RI	0	L1*	67.8	3.6	136	39	4

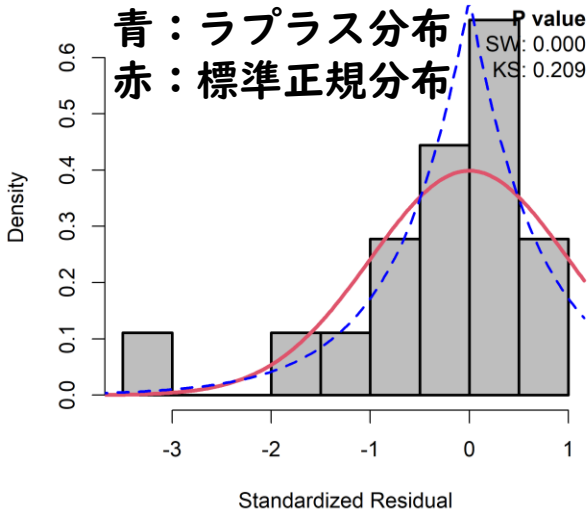
*Least absolute value method

(Thousand tons)

再生産関係・残差の分布の診断 (HS) :2021年評価での再計算 (参考)

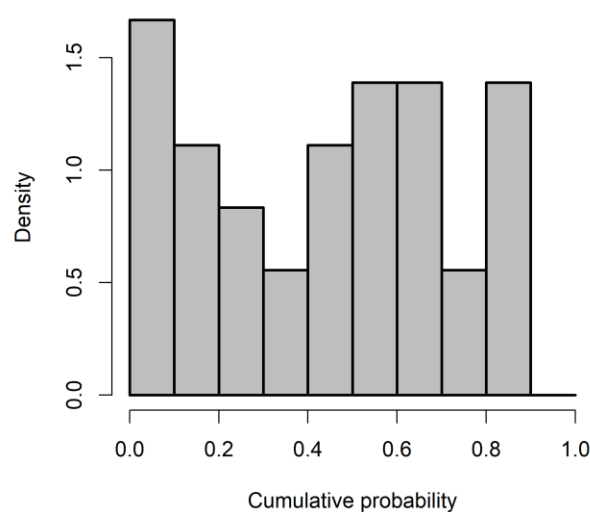
標準化された残差のヒストグラム

HS L1 Standard. Resid.



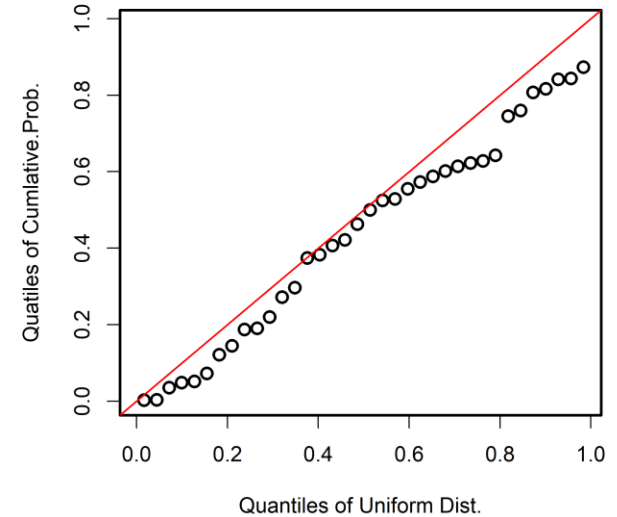
残差の累積確率密度のヒストグラム

HS L1 Cumulative Prob. Dist.



累積確率密度を0~1の一様分布と仮定したときのQQプロット

HS L1 Uniform QQ plot



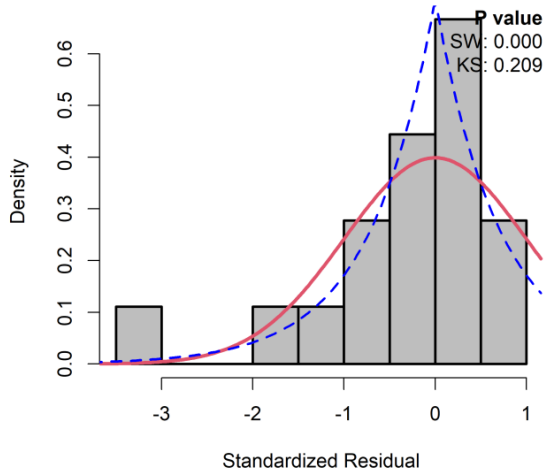
Kolmogorov-Smirnov検定：ラプラス分布との一致性を検定
Shapiro-Wilk検定：残差が正規分布と一致しているかを検定

コメント：「最小絶対値法」を用いたとのことだが、理論曲線 (HS) のまわりにどのような分布型の誤差を仮定したのか？

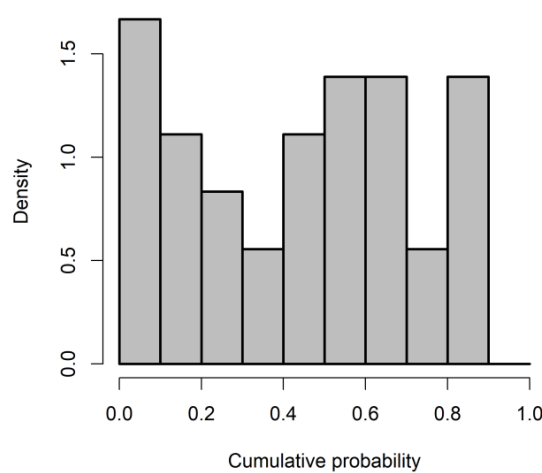
回答：最小絶対値法の際は、ラプラス分布を用いています

残差の分布の診断 (HS自己相関外側推定) : 2021年再計算 (参考)

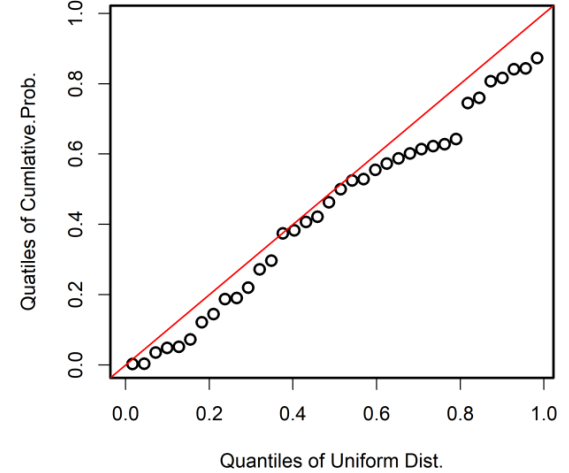
HS L1 Standard. Resid.



HS L1 Cumulative Prob. Dist.

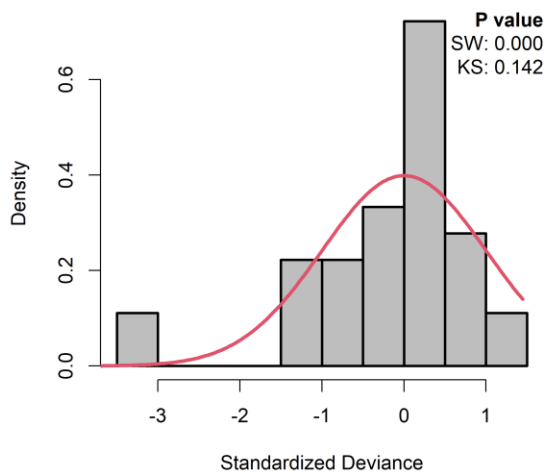


HS L1 Uniform QQ plot

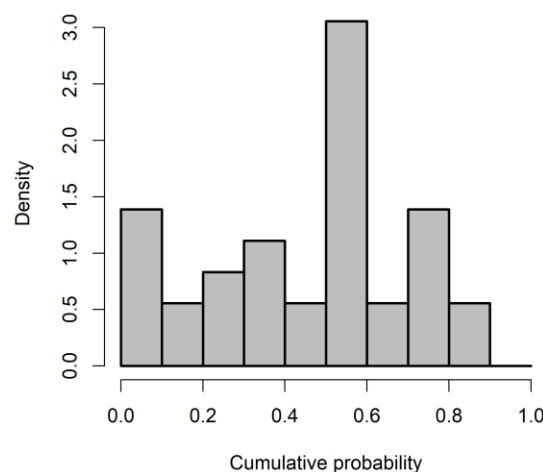


自己相関の推定における残差

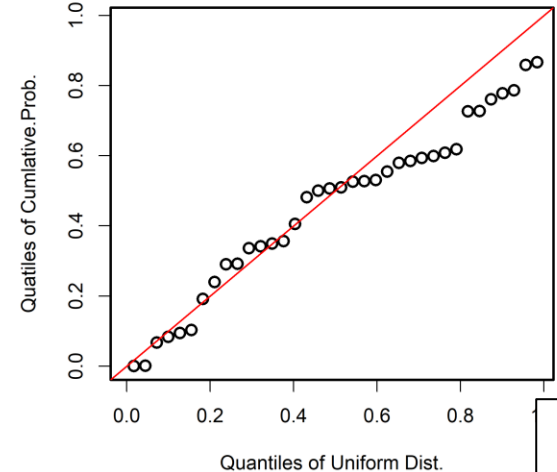
HS L1 Standard. Resid.



HS L1 Cumulative Prob. Dist.

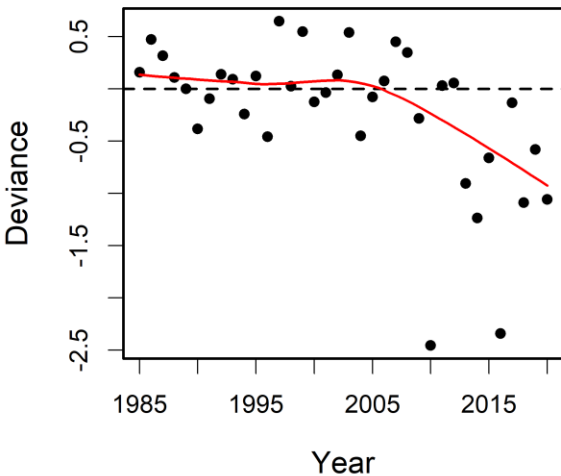


HS L1 Uniform QQ plot



HSの残差の時系列と自己相関診断: 2021年再計算 (参考)

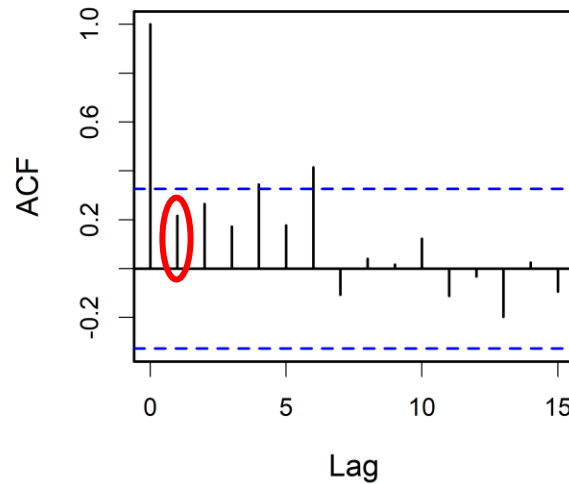
HS再生産関係の加入量
予測値と観測値の残差
の時系列



2010年以降は残差が負
の年が続いている

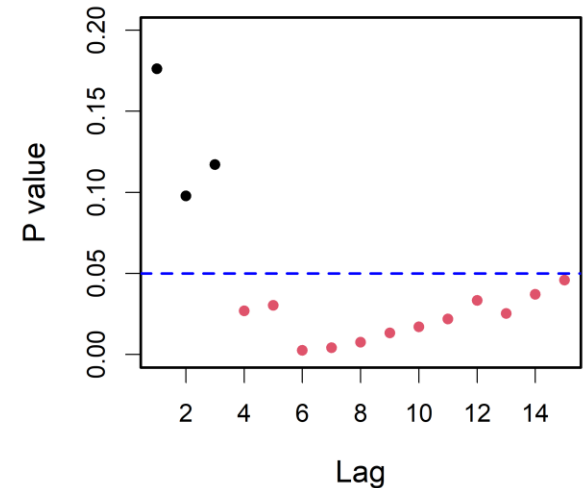
年数による自己相関係数 Ljung-Box検定におけるP値

Autocorrelation (rho vs. lag)



- 1年のラグで有意な時は自己相関の推定を検討した方が良い
- 1年のラグで有意ではない

Ljung-Box test

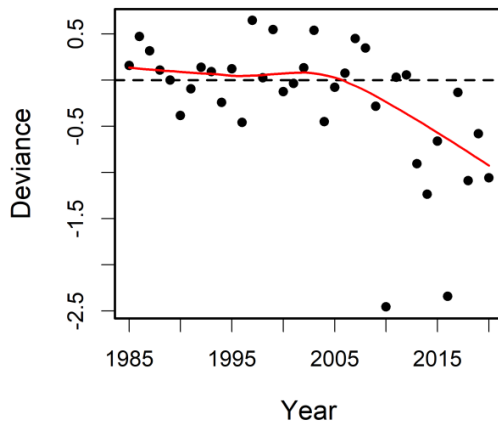


- 赤点で示されるラグが有意 (4~15年)

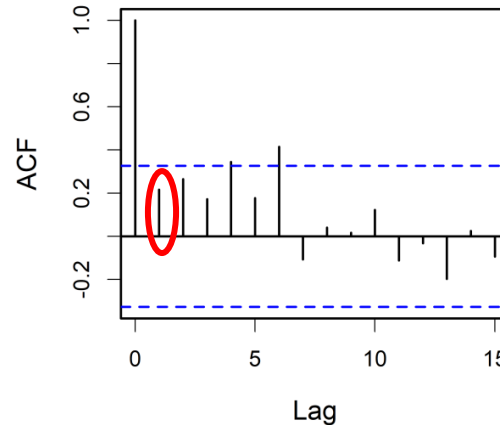
HSの残差の時系列と自己相関診断: 2021年再計算 (参考)

コメント: 「負の残差が連続して起こる可能性」があるにもかかわらず、再生産関係に自己相関を考慮しないのは矛盾していませんか?

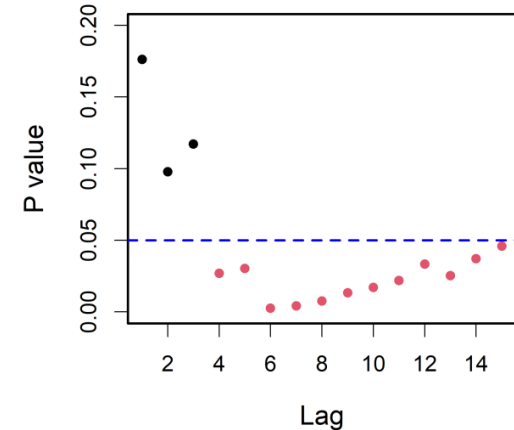
Time series of deviance to SR



Autocorrelation (rho vs. lag)



Ljung-Box test



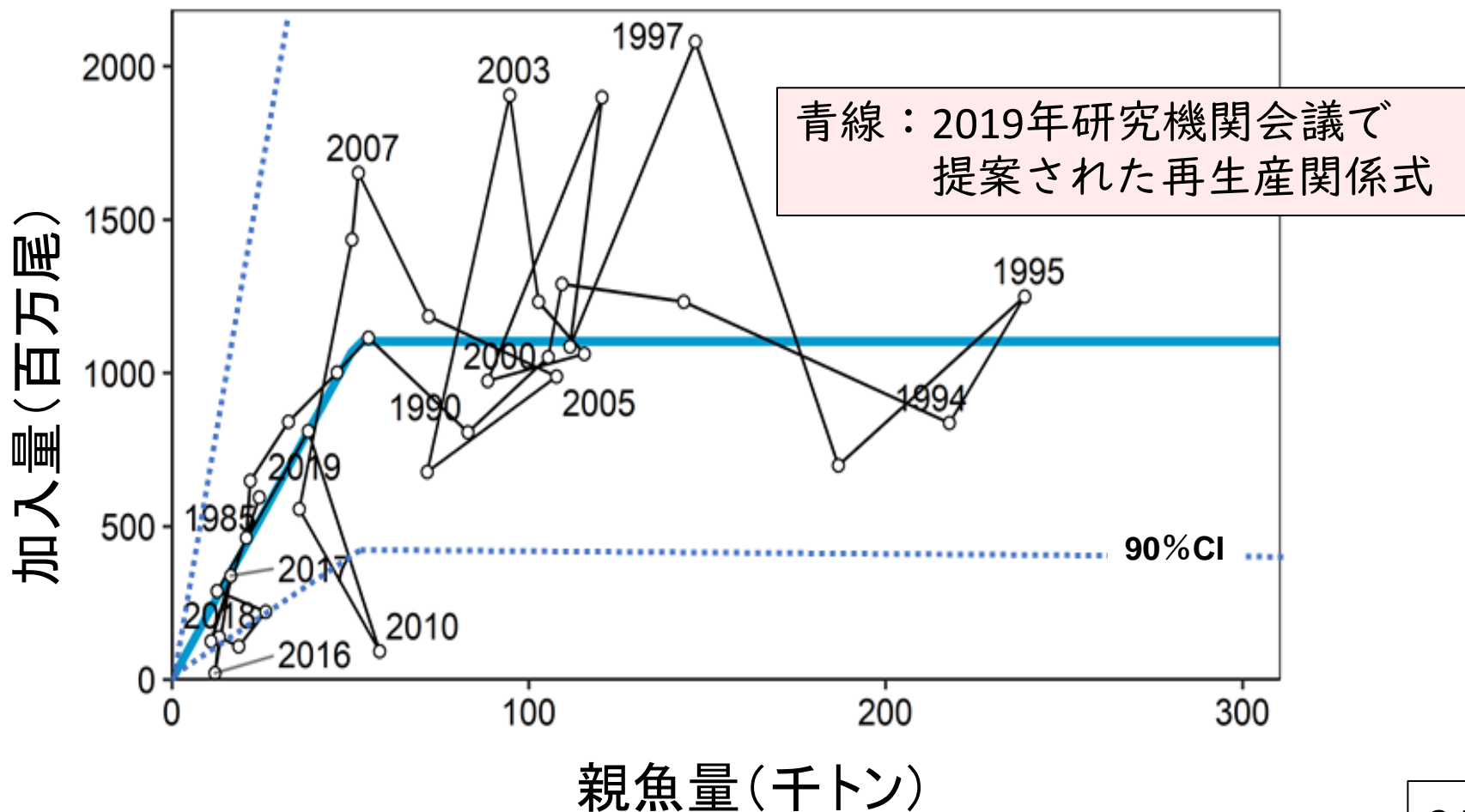
- 1年のラグで有意な時は自己相関の推定を検討した方が良い
- 1年のラグで有意ではない (4年あたりから有意)

回答

- 1年のラグは有意ではないため、自己相関は考慮しないモデルを使用
- 残差の時系列は負に偏る傾向が継続、その傾向を将来予測に反映させることとしている (バックワードリサンプリング)
- 自己相関が有意である場合には管理基準値計算やABC計算における将来予測で加入プロセスに自己相関を考慮することが望ましいとされている (毎年確認)

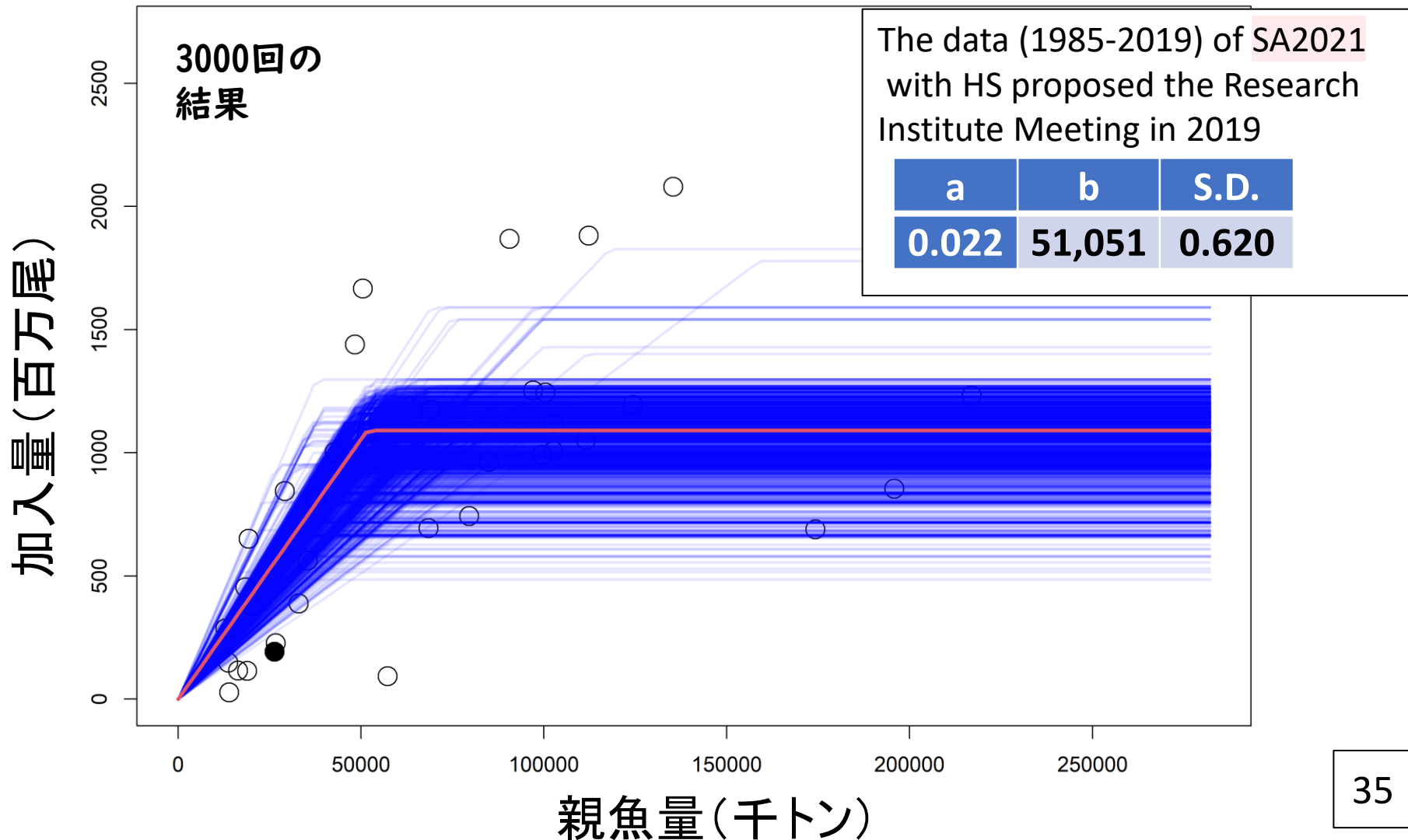
再生産関係（2020年評価：1985-2019年）

S-R relationship	Optimization method	Autocorrelation	a	b	S.D.
HS	Least absolute value method	No	0.022	51,051	0.620

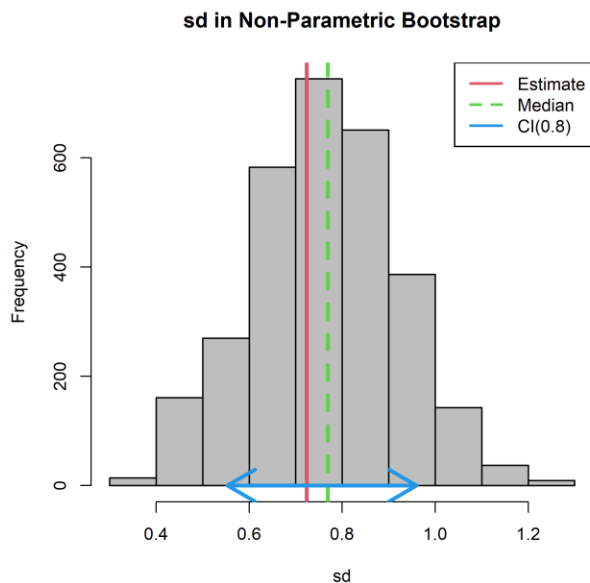
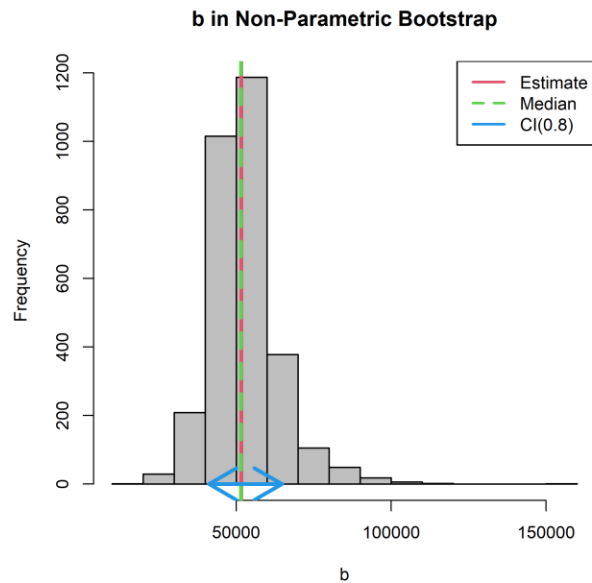
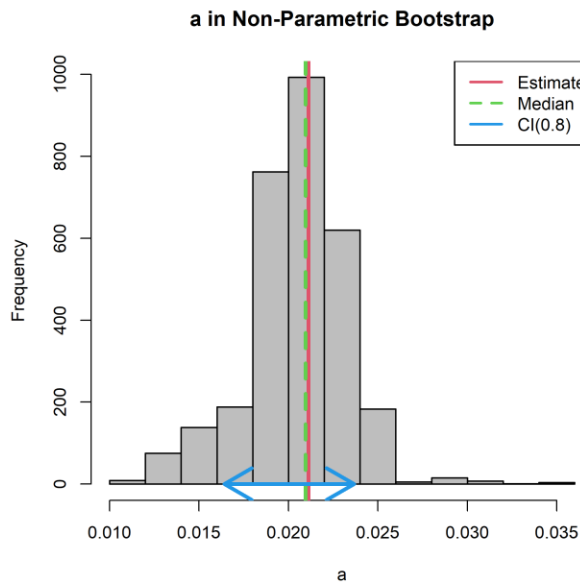


再生産関係の診断（ブートストラップ）：2021年評価（参考）

Non-Parametric Bootstrap for Residuals



再生産関係の診断（ブートストラップ）：2021年評価（参考）



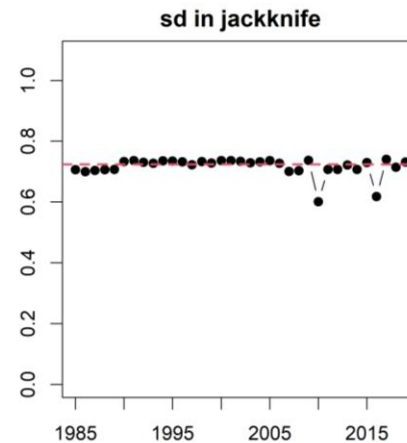
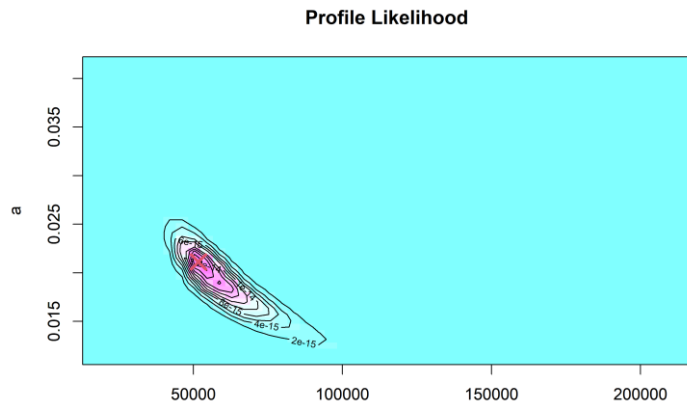
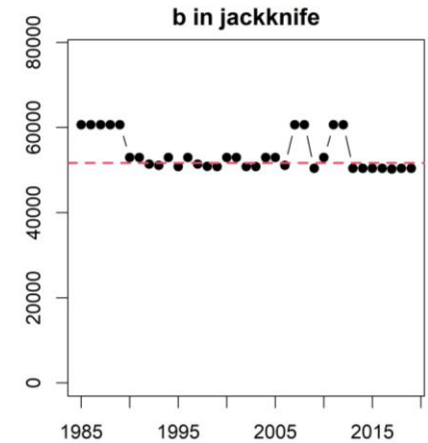
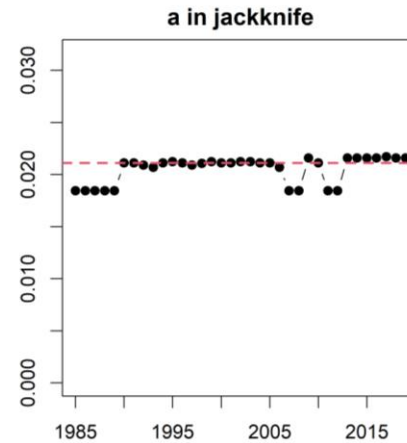
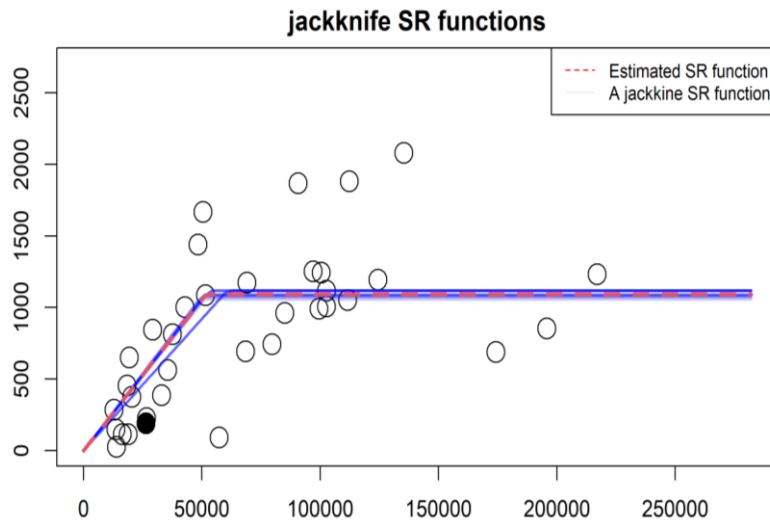
残差ブートストラップにおける
HS再生産関係のパラメータ推定値

赤：推定値

緑：中央値

青線範囲：80%信頼区間

再生産関係の診断 (ジャックナイフとプロファイル尤度)



コメント:再生産関係は毎年更新するのでしょうか?

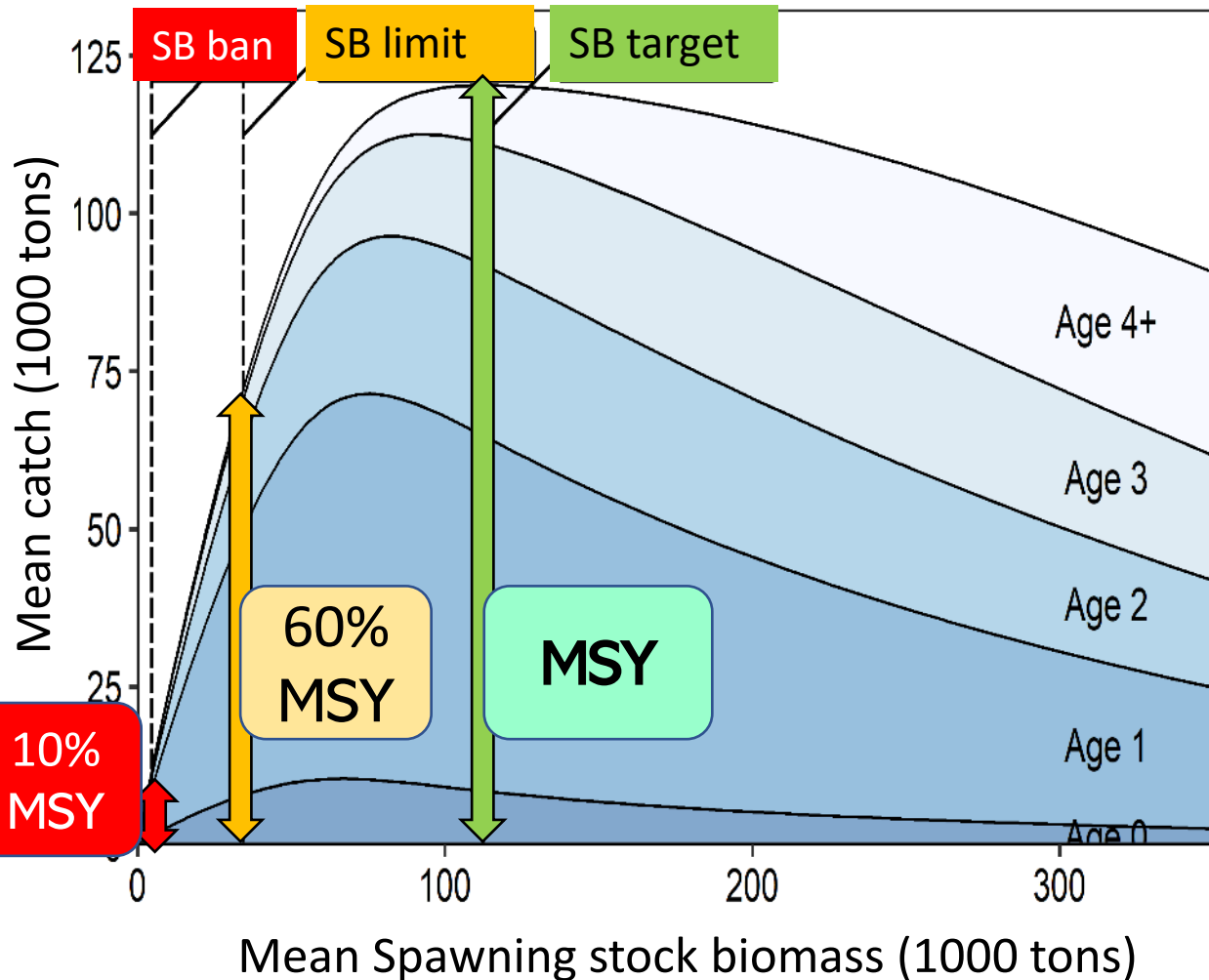
回答:毎年データを追加した再生産関係をお示ししている。想定外の自体が生じた場合などは、ガイドラインに従って再生産関係の見直し、管理基準値の再検討

Contents



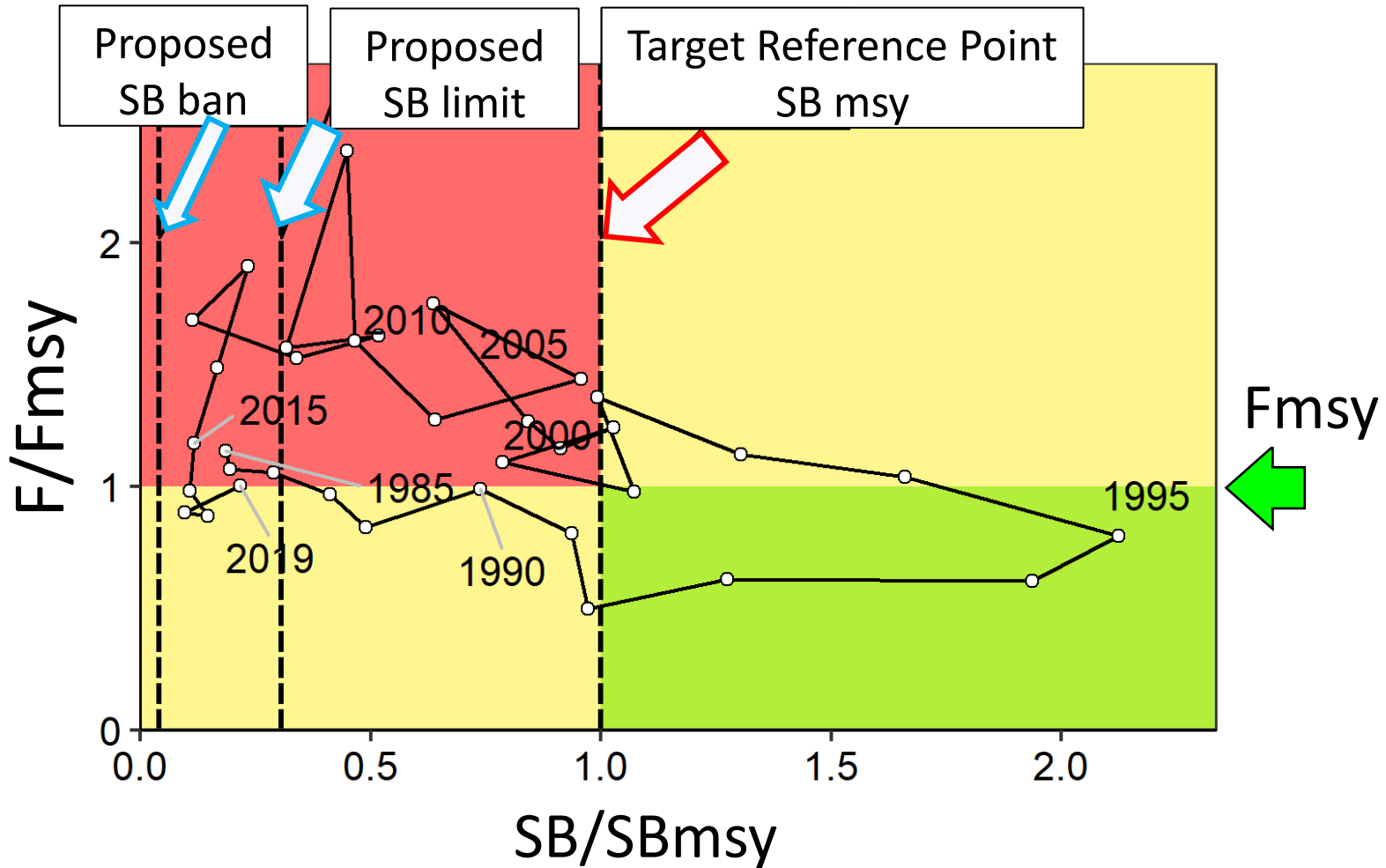
- **Biology and Stock Assessment**
Distribution, Growth, Estimation of Catch Number at Age, Stock abundance indices, VPA
- **Stock-Recruitment Relationships**
- **Proposed “Reference points”, Kobe-plot**
- **Harvest Control Rule and Future projection**

管理基準値案（2019年研究機関会議）



Reference point	SSB (1000 tons)
SBmsy	112
SBlimit	34
SBban	5

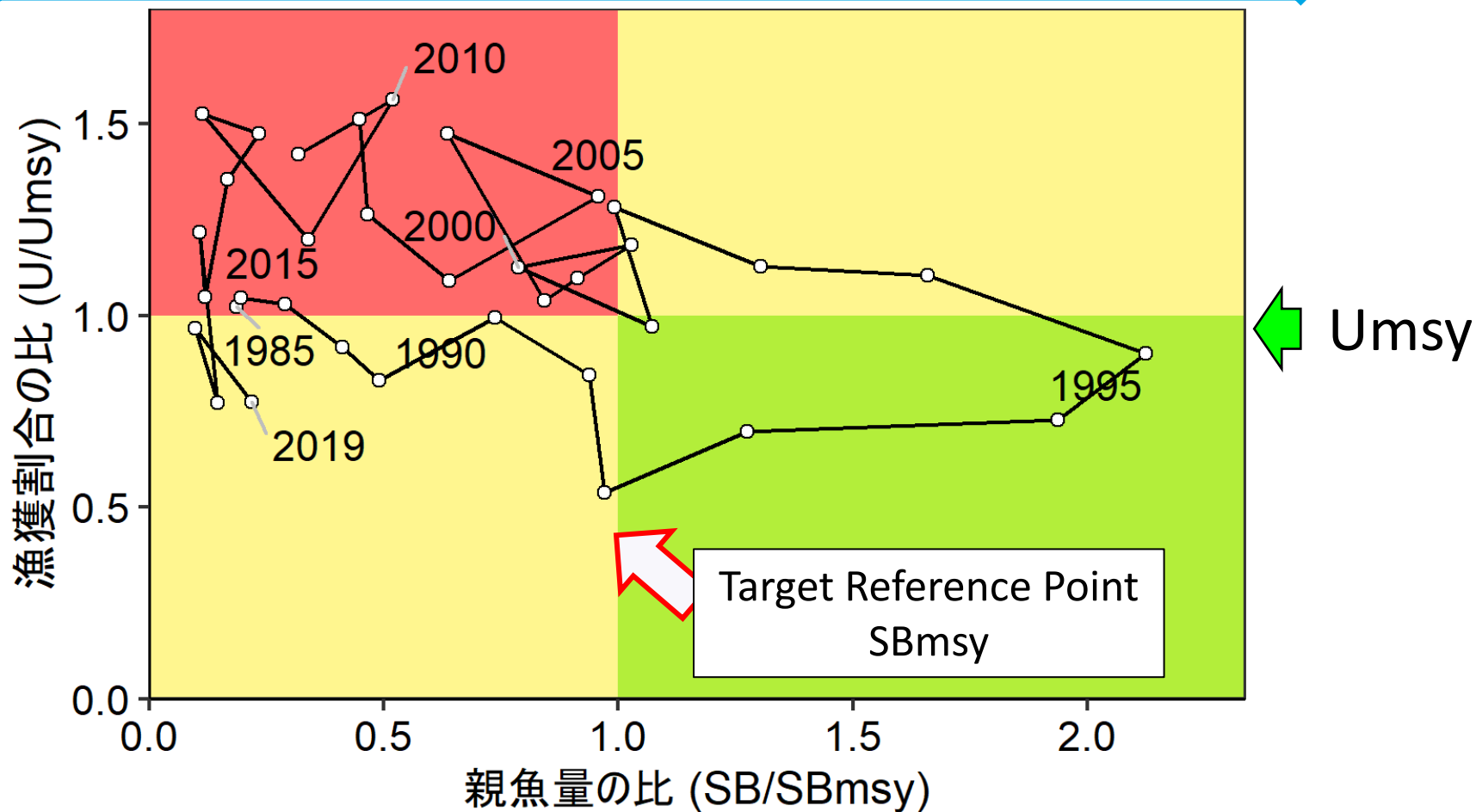
Kobe plot (F/F_{msy}基準) 2020年資源評価



コメント:神戸プロット (神戸チャート) は違いがあるか? 併記する理由は?

回答:魚種統一をはかった際にこのような記述となりましたが、報告書の表現方法について他の魚種も含めて再検討させていただきます。

Kobe plot (U/Umsy基準 : 2020評価まで)



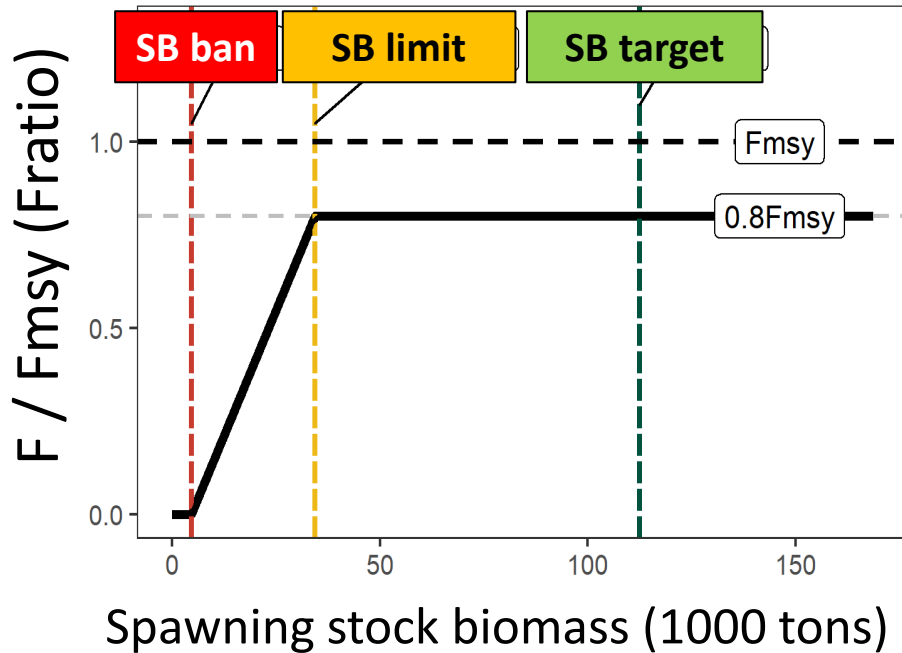
Contents



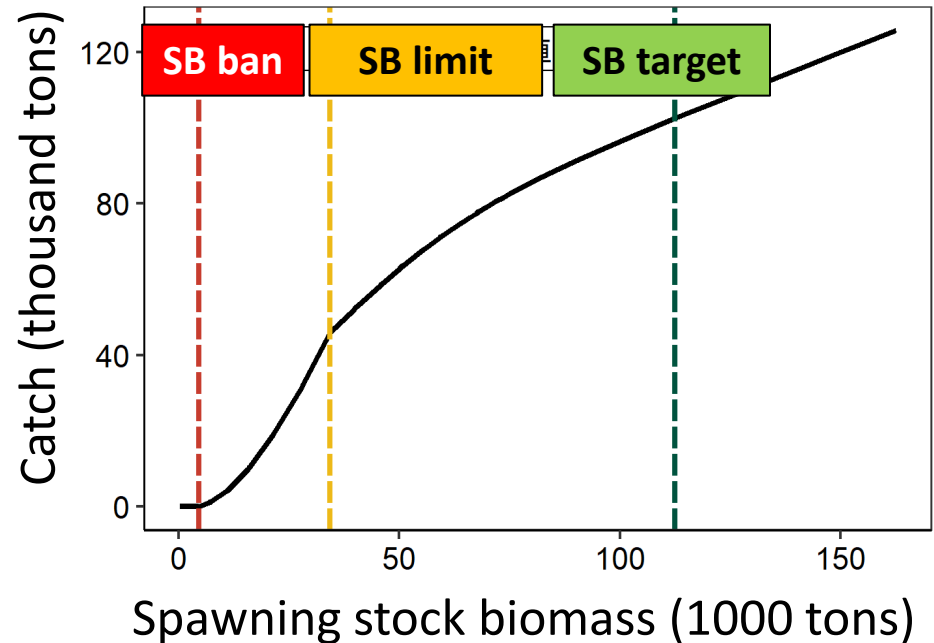
- **Biology and Stock Assessment**
Distribution, Growth, Estimation of Catch Number at Age, Stock abundance indices, VPA
- **Stock-Recruitment Relationships**
- **Proposed “Reference points”, Kobe-plot**
- **Harvest Control Rule and Future projection**

漁獲管理規則案 (2019年研究機関会議)

縦軸: 漁獲圧



縦軸: 漁獲量

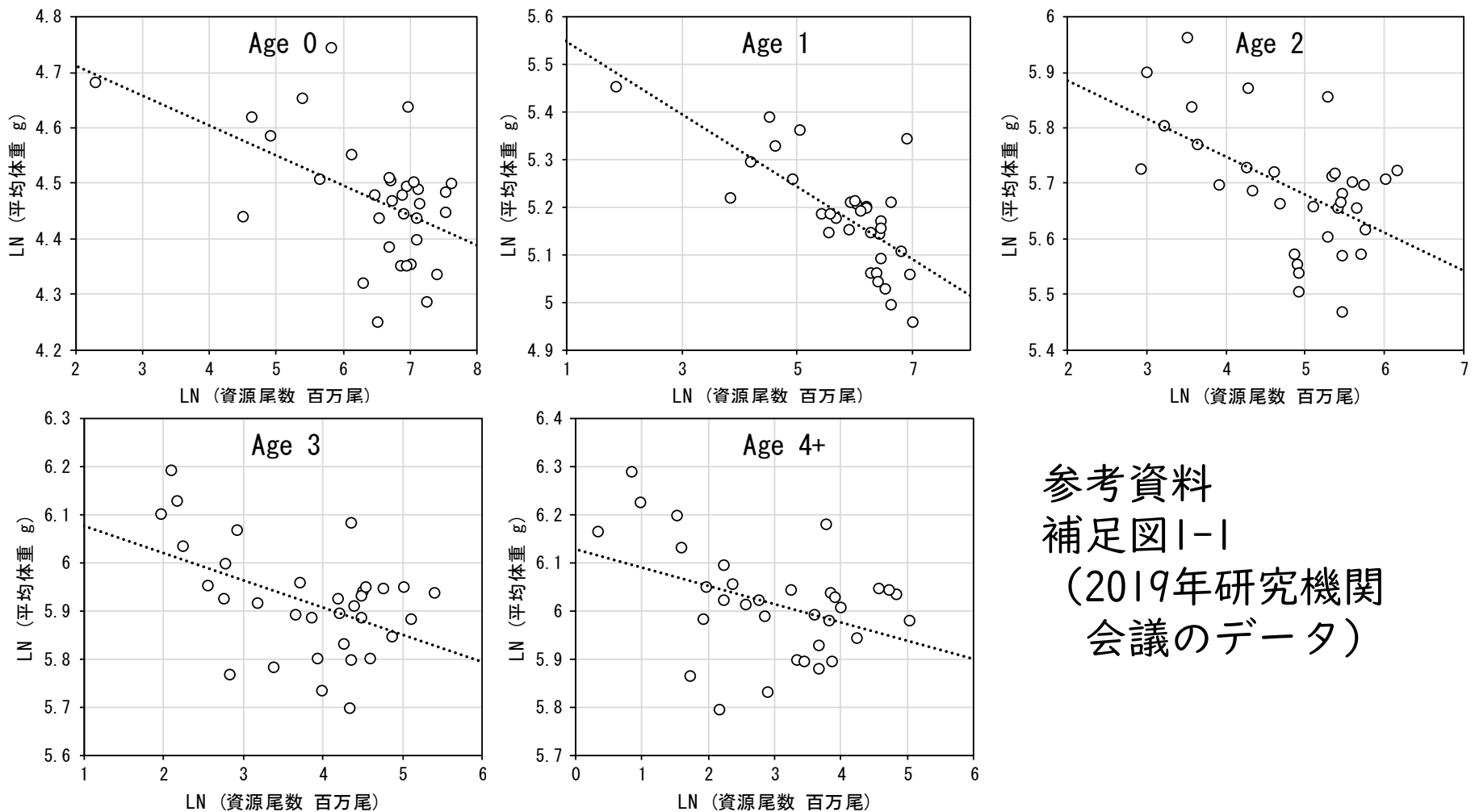


F_{msy}に乗じる調整係数である β を0.8とした場合の漁獲管理規則
右図の漁獲量については、平均的な年齢組成の場合の漁獲量

将来予測 (2020年評価)

- 資源尾数の予測にはコホート解析の前進法を用いた
- ホッケースティック再生産関係式を仮定し、親魚量から予測される加入量：再生産関係から与える加入量の不確実性は対数正規分布に従う誤差を仮定・10000回繰り返し（通常加入）
- 低加入シナリオも検討（バックワードリサンプリング）
- 将来予測に用いる体重：資源尾数と体重の負の関係を考慮（参考資料補足図1-1，補足表1-2）
→MSYを実現する年齢別体重：補足表2-3)
- F_{msy} の選択率下で2017-2019年のF値の平均値に相当する%SPRのF値（ $F_{2017-2019}$ ）
- 2020年（資源計算最終年の翌年）のFはランダムサンプリング（参考資料 補足資料3）

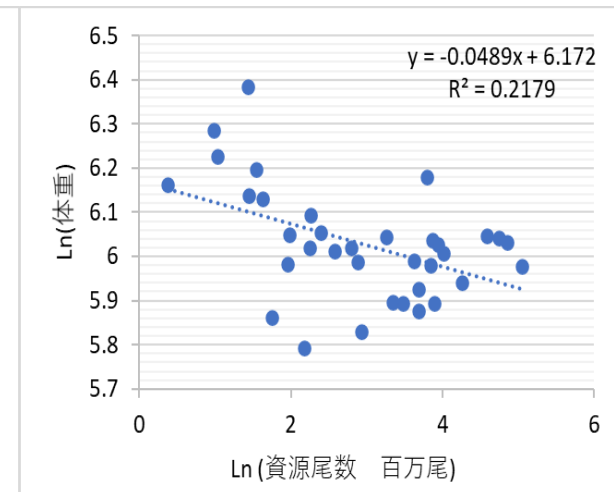
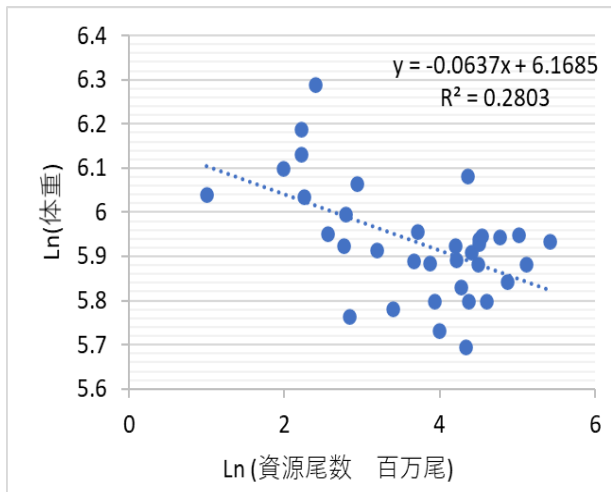
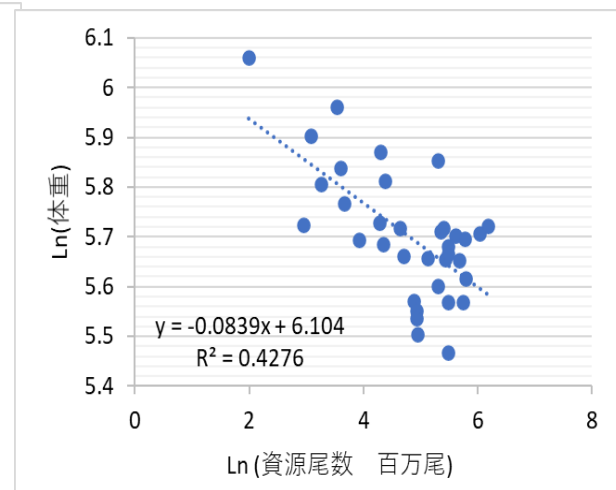
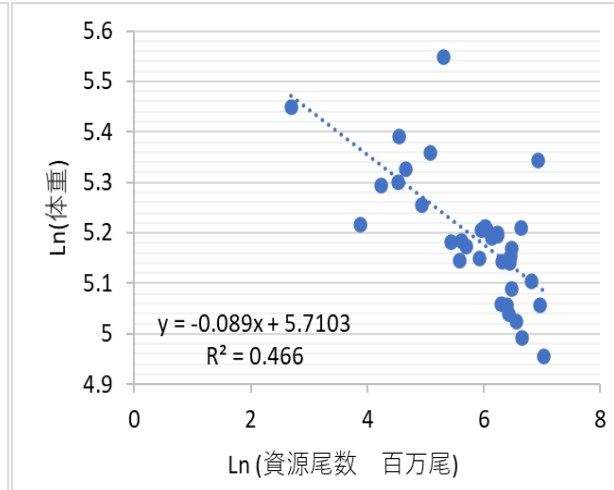
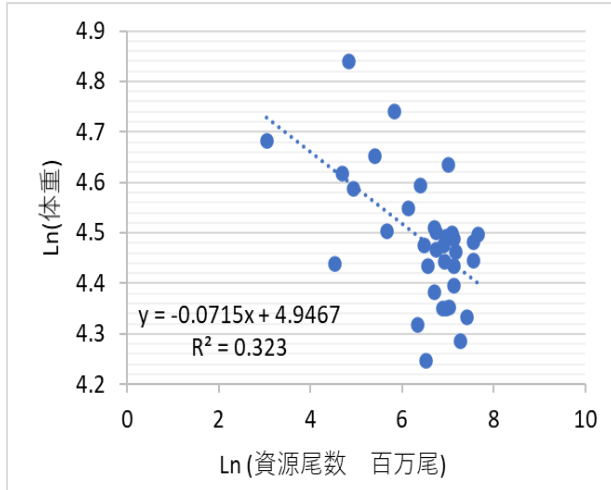
将来予測に用いる体重



参考資料
補足図1-1
(2019年研究機関
会議のデータ)

コメント:それぞれの決定係数を追記することを推奨,単回帰分析に替わる柔軟な手法を用いるべき。なお、両者に負の関係が認められる場合は、将来的に資源水準に応じて複数パターンの年齢別体重を適用して、資源尾数から重量への変換を行っても良いのではないかと

将来予測に用いる体重



2020年資源評価
でのデータ

回答：補足図1-1のそれぞれの年齢別の図に決定係数の値を追記したいと思います。なお、資源と体重の関係については予測値と観測値の比較においても負の関係が見られております（2021年評価）。資源尾数と体重の関係については議論がある部分であり、ご提案頂いた方法については将来課題とさせて頂きたく考えております。

将来予測 (2020年評価)

- F_{msy} の選択率下で2017-2019年のF値の平均値に相当する%SPRのF値 ($F_{2017-2019}$)

コメント:この選択率において推定される%SPRが2017~2019年の平均F値から推定される%SPRと等しくなる値を用いることとした。」について、説明してください。平均F値とはなんですか。

回答:2017~2019年の年齢別の平均F値です。管理基準値は、推定された再生産関係パラメータと確率的な加入変動等のもとで、漁獲係数を一定にした場合の確率的な平衡状態となる際の漁獲量や資源量の平均値などを使って推定することとされており、通常は近年の代表的な年齢別漁獲係数 $F_{current,s}$ に対して、選択率を保ったまま一律に漁獲圧を削減または増加させるような漁獲係数一定のシナリオを想定しております。過去に見られた年齢別漁獲係数 $F_{t,s}^{obs}$ が $F_{msy,s}$ に比べてどの程度の大きさ (F/F_{msy}) か計算するためには、MSY計算で前提とされた選択率と過去の選択率の違いを考慮する必要があります。具体的には、 $F_{msy,s}$ の時のSPRに一致するような $\alpha F_{t,s}^{obs}$ を求め、 $1/\alpha = F/F_{msy}$ と定義しています。

将来予測（2020年評価）

- 2020年（資源計算最終年の翌年）のFはランダムサンプリング（参考資料 補足資料3）
 - ホッケ道北系群は1歳以上の漁獲圧が高い（残存資源への影響大きい）
 - 2021年の漁獲量（ABC年）は、2020年のFの大きさにより左右される
 - 2021年の親魚量が限界管理基準値を下回る場合、 γ によって引き下げられることとなる
 - 2020年のFの設定により将来予測は大きく異なる
- 通常は過去3年（もしくは近年の漁獲の強さを反映する期間）の年齢別Fを平均値として用いる（従来方法）
- ホッケでは、Fをランダムリサンプリングすることにより、不確実性をより反映させる手法を用いている（新方法）

コメント

P22 補足資料3 の2020年の漁獲圧の仮定について、3つの仮定のどれが従来のものでしょうか。補足図3-1を見ると結果に大きな違いがなさそうに見えますが、「将来予測は、2020年の漁獲・加入の仮定値に特に影響を受けやすい」というのは、どの結果から言えたのでしょうか。

将来予測（2020年評価・参考資料・Fランダムサンプリング）

コメント

方法3（p.23最上段）のrandom_Fに関する各年齢（0, 1, 2, 3歳： F_{ratio} 一定の仮定を用いているため $F_4 = F_3$ ）の選択肢は2017, 2018, 2019年の値の3通り、1回のシミュレーションでの合計は $3^4 = 81$ 通りという理解でよろしいか？もしそうであれば、シミュレーション回数は300回のため、必ず重複が起こりうる。代替手法として、各年齢に対する $F_{a,2017}, F_{a,2018}, F_{a,2019}$ ($a=0,1,2,3$)の最小値と最大値を底辺の2点、中央値を頂点とする三角形分布に基づくパラメトリック・リサンプリングを行っても良いのではないか。 γ (γ : p. 23 - L27~L29) は何を表しているのか？記号の定義を追記すべきであろう。

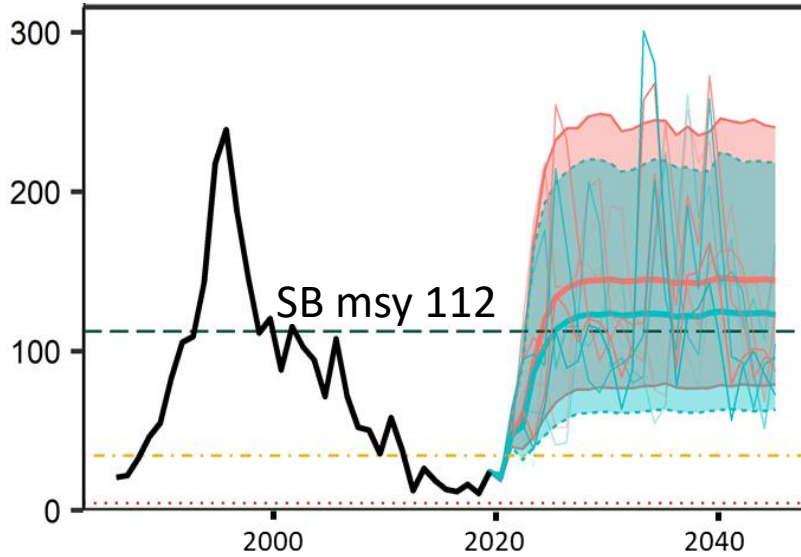
回答

2020年のFとして2017～2019年のいずれかのFをシミュレーションの回数分ランダムに選択する方法であり、重複は起こることと承知しています。Fをランダムサンプリングした場合、漁獲量や親魚量は平均値・中央値とも2017-2019年の平均値のFを用いた場合とほぼ同じになるものの、分布範囲が広くなり、その分だけ不確実性が反映出来るものと考えました。

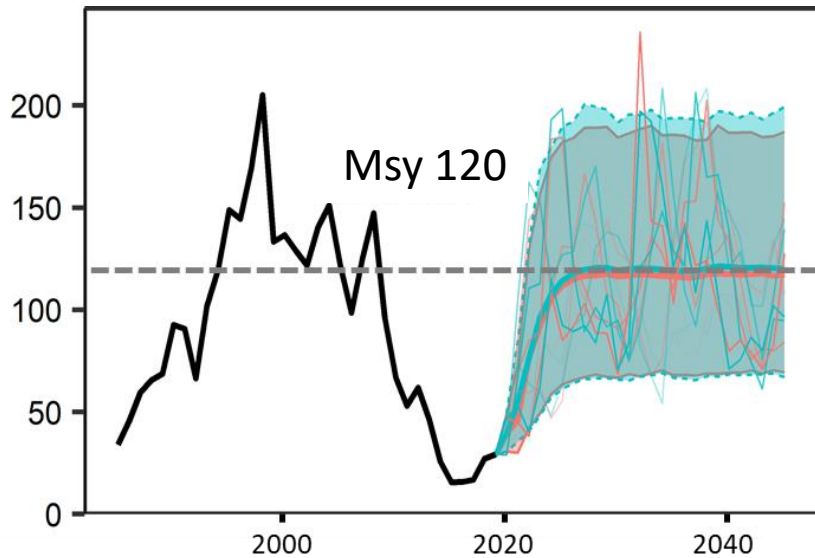
代替の方法についてご提案頂きありがとうございます。今後、パラメトリック・リサンプリングについての検討も考えたいと思います。 γ は親魚量が限界管理基準値を下回る場合に乘じる係数であります。説明が不足しておりましたので、今後は記載を追加したいと思います。

将来予測：通常加入

SSB (1000 tons)



Catch (1000 tons)



Probability of spawning biomass in 2031 being above the reference points (%)

β	SB limit	SB target	Catch in 2020
1	100%	39%	55
0.9	100%	55%	51
0.8	100%	70%	46
0.7	100%	84%	42
0.6	100%	93%	37
0.5	100%	98%	32
0.4	100%	100%	26
0.3	100%	100%	20
0.2	100%	100%	14
0.1	100%	100%	7
0	100%	100%	0
F_{cur}	100%	51%	55

- SBmsy
- SBlimit
- SBlimit
- HCR (0.8Fmsy)
- Fcurrent

- 管理開始から10年後に β 0.9以下でSBtargetを50%以上の確率で超える

将来予測（通常加入）：Probability

Probability (%) of future SSB exceeding the SBtarget

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	0	0	1	12	24	32	35	39	38	39	40	39	40	40
0.9	0	0	1	18	35	46	50	53	53	54	56	55	55	55
0.8	0	0	2	23	48	60	65	68	70	69	70	70	72	70
0.7	0	0	3	31	61	75	80	82	83	83	83	84	85	84
0.6	0	0	4	41	73	86	90	92	93	94	93	93	94	94
0.5	0	0	6	51	83	93	96	98	98	98	98	98	99	99
0.4	0	0	8	62	91	98	99	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	10	73	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	13	82	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	17	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	23	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurr	0	0	2	20	32	42	46	49	50	50	51	51	52	51

Probability (%) of future SSB exceeding the SBlimit

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	0	100	95	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0	100	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0	100	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurr	0	100	90	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100

将来予測（通常加入）：SSB and Catch

SSB (10³ton)

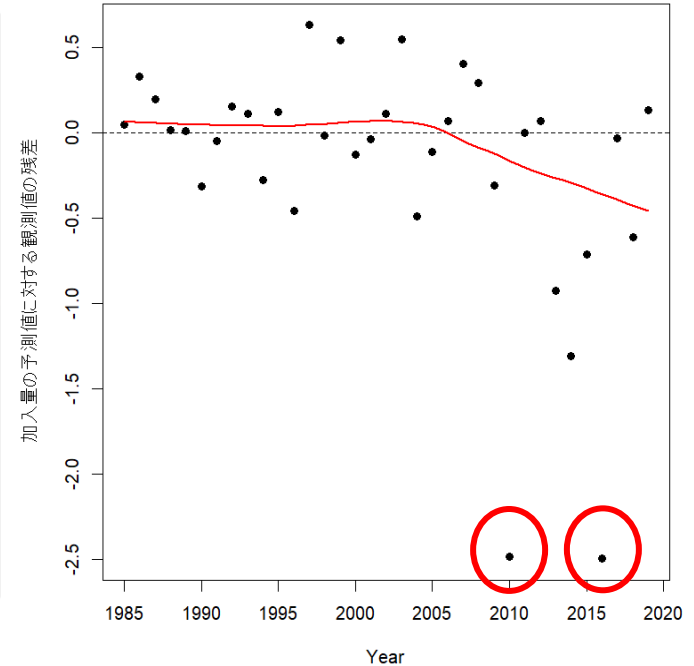
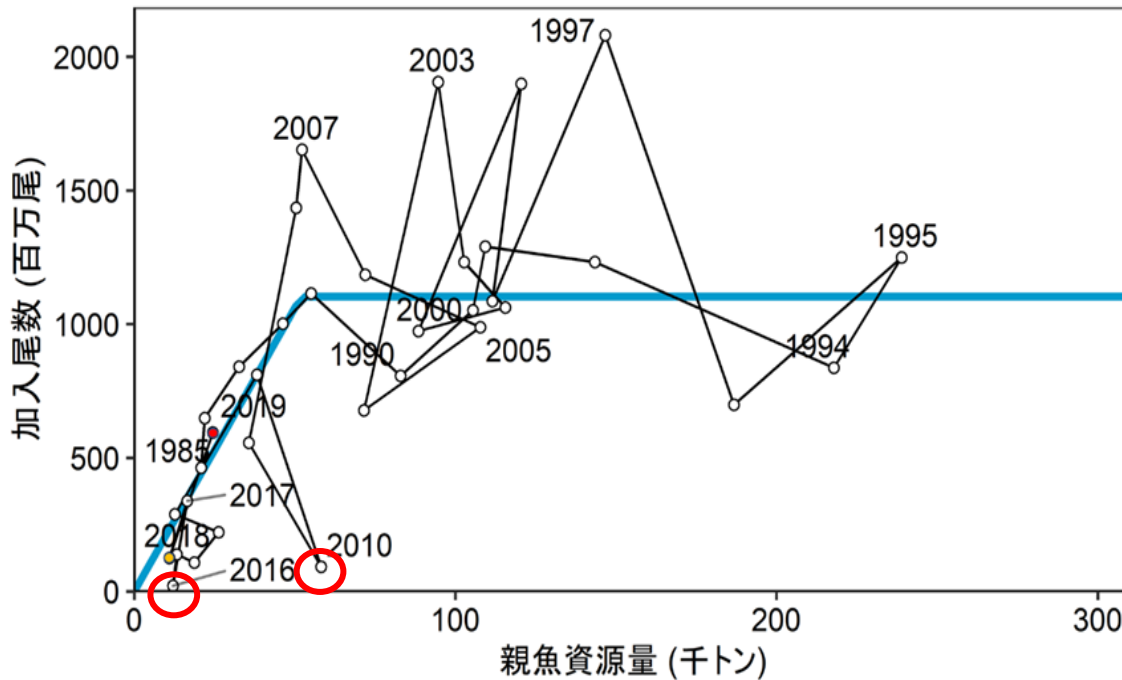
SBtarget:112千トン, SBlimit:34千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	21	47	52	76	93	101	105	108	110	110	111	110	111	110
0.9	21	47	55	84	105	116	121	124	126	126	127	125	127	126
0.8	21	47	59	92	120	134	139	143	144	145	145	144	145	144
0.7	21	47	63	102	136	153	161	165	166	167	168	166	168	166
0.6	21	47	67	113	154	176	186	191	193	194	195	194	195	194
0.5	21	47	71	125	174	203	215	223	226	228	229	228	230	228
0.4	21	47	76	138	197	234	251	262	268	270	273	271	274	272
0.3	21	47	81	153	224	271	296	311	320	325	329	328	332	330
0.2	21	47	86	170	254	314	350	373	388	397	404	404	412	410
0.1	21	47	92	188	290	367	418	454	478	494	507	511	528	527
0	21	47	98	209	331	431	503	558	599	628	653	666	713	715
Fcurr	21	47	53	86	103	114	118	122	123	123	124	122	124	123

Catch (10³ton)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	39	55	84	96	108	113	116	118	118	119	118	119	119	119
0.9	39	51	81	95	107	113	116	118	118	119	117	118	118	119
0.8	39	46	76	92	105	112	115	117	117	118	116	117	117	118
0.7	39	42	71	88	102	109	113	115	115	116	115	115	116	116
0.6	39	37	65	83	97	105	109	111	112	113	112	112	113	113
0.5	39	32	57	75	90	99	104	106	107	108	107	108	108	108
0.4	39	26	49	66	81	91	96	98	100	101	100	101	101	101
0.3	39	20	39	54	68	78	83	87	88	90	90	90	91	91
0.2	39	14	28	40	52	60	66	69	71	72	73	73	74	74
0.1	39	7	15	22	29	35	39	42	44	45	46	46	47	48
0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fcur	39	55	76	96	108	114	118	120	121	121	119	120	121	121

HS再生産関係と加入量の予測値に対する観測値の残差



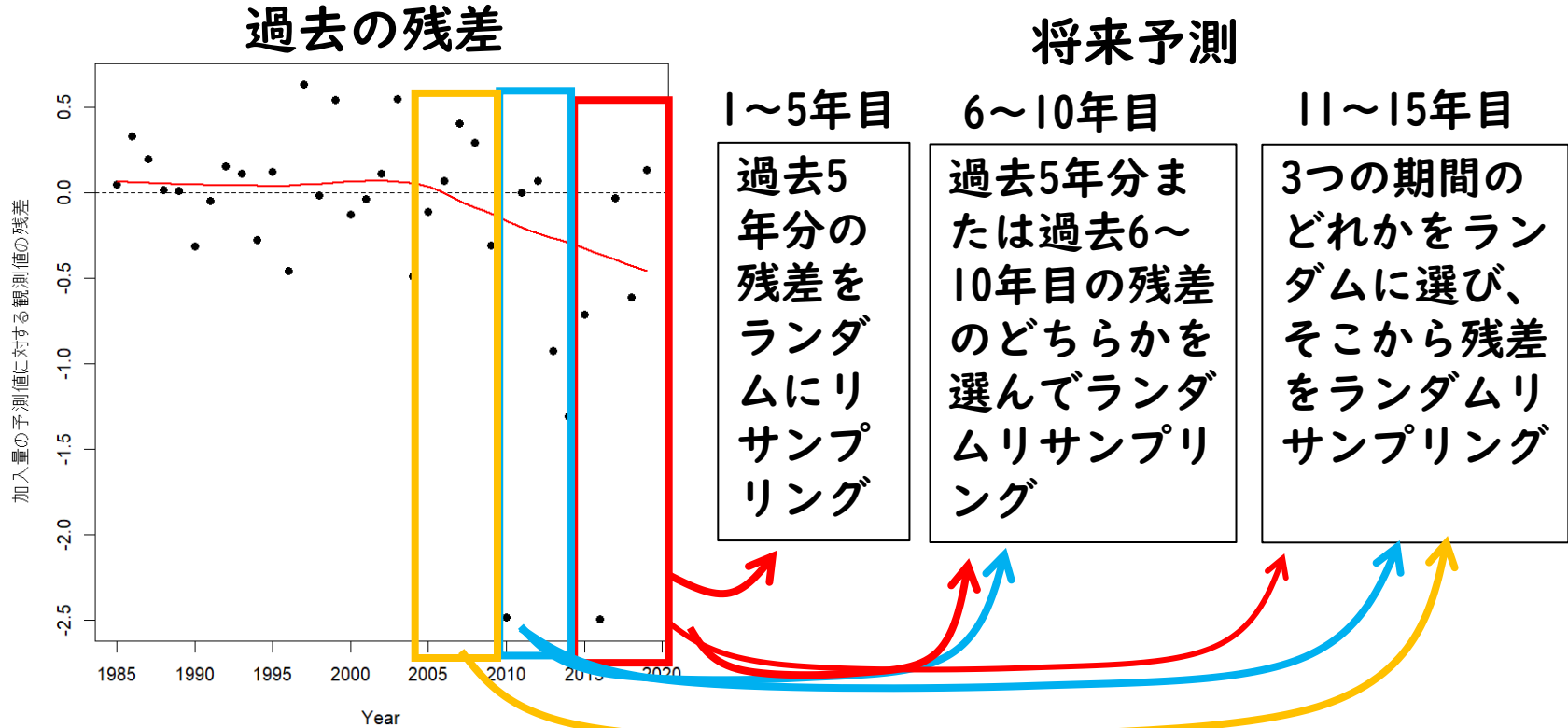
- ・ 2010年に非常に小さい加入
- ・ その後はHS再生産関係の予測値に達しない



- ・ 近年は負に偏る
- ・ 2010, 2016は超低加入が発生

近年の低加入傾向を考慮したバックワードリサンプリング (補足資料2)

バックワード・リサンプリング（5年ブロック）の方法



短期：直近の環境条件を反映する加入を想定

長期：様々な残差パターンを反映→将来の不確実性の幅を広く評価

コメント：具体的な手順が不明であり、説明が必要である

回答：具体的には上記のように残差をリサンプリングする方法です。今後の資源評価では手法について説明を加えたいと思います。

将来予測：低加入シナリオ

Probability (%) of future SSB exceeding the SBtarget

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	10	13	15	46	56
0.9	0	0	0	0	0	1	1	4	14	20	23	25	59	73
0.8	0	0	0	0	1	3	3	12	25	31	32	35	67	80
0.7	0	0	0	1	4	8	9	26	38	41	43	45	73	84
0.6	0	0	0	3	12	18	20	42	50	54	55	57	79	88
0.5	0	0	0	8	22	31	35	55	64	66	67	68	85	91
0.4	0	0	0	14	33	47	53	70	77	78	79	79	92	94
0.3	0	0	0	20	46	62	72	83	89	89	90	90	96	98
0.2	0	0	0	26	60	77	86	92	95	96	97	97	99	100
0.1	0	0	0	36	74	89	95	97	98	99	99	99	100	100
0	0	0	1	51	86	96	98	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrent	0	0	0	0	0	1	1	4	11	16	19	22	55	69

Probability (%) of future SSB exceeding the SBlimit

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	0	100	71	66	71	68	69	76	82	82	82	83	93	95
0.9	0	100	80	74	80	78	80	84	89	89	89	90	96	97
0.8	0	100	88	81	87	87	88	90	93	93	94	95	98	99
0.7	0	100	92	85	92	94	94	95	96	97	97	97	99	99
0.6	0	100	97	91	95	97	97	98	98	99	99	99	100	100
0.5	0	100	99	95	97	98	99	99	99	100	100	100	100	100
0.4	0	100	100	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	100	100	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrent	0	100	58	68	66	66	65	72	77	77	77	78	92	95

将来予測：低加入シナリオ

SSB (10³ton)

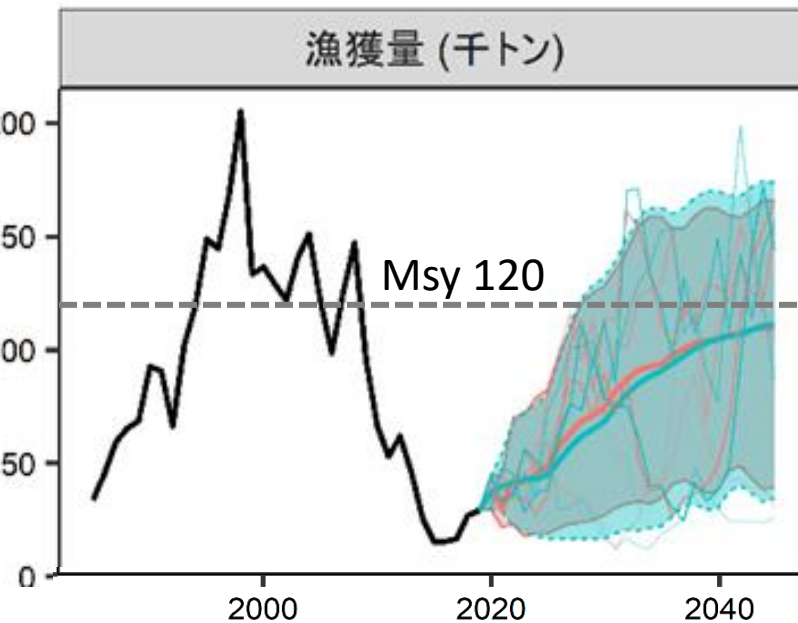
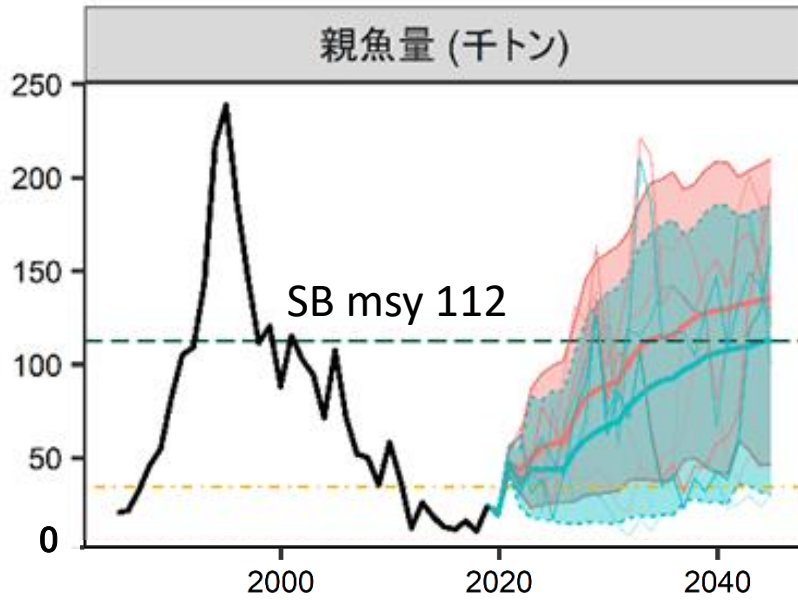
β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	21	47	39	42	45	45	45	55	62	65	68	70	102	111
0.9	21	47	42	46	51	52	53	64	73	76	79	81	116	127
0.8	21	47	45	51	58	60	62	75	86	90	92	95	134	146
0.7	21	47	47	56	66	70	73	88	101	106	108	111	155	168
0.6	21	47	50	63	75	82	86	103	118	125	127	130	181	196
0.5	21	47	54	70	86	96	101	121	139	147	150	153	213	231
0.4	21	47	57	78	99	113	120	142	163	174	178	182	253	275
0.3	21	47	61	86	113	132	143	168	193	207	213	219	306	333
0.2	21	47	64	96	130	155	170	201	231	249	259	268	378	413
0.1	21	47	69	108	150	183	205	243	280	305	321	334	481	528
0	21	47	73	120	173	217	248	297	346	381	406	428	639	711
Fcurrent	21	47	37	45	45	46	46	57	63	68	71	73	112	123

Catch (10³ton)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	37	38	47	43	45	47	55	61	68	70	74	82	109	117
0.9	37	35	45	43	47	49	58	64	70	73	76	84	110	118
0.8	37	32	43	43	47	50	60	66	72	74	77	85	110	117
0.7	37	29	41	43	47	51	60	67	72	74	77	85	109	116
0.6	37	26	38	41	46	50	59	66	71	73	76	83	106	113
0.5	37	22	34	38	44	48	57	63	68	70	73	79	102	109
0.4	37	18	29	34	40	44	52	58	63	65	68	73	95	102
0.3	37	14	23	29	34	39	45	50	55	58	60	65	85	91
0.2	37	10	17	21	26	30	35	39	44	46	48	52	69	75
0.1	37	5	9	12	15	18	21	24	26	28	30	32	44	47
0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fcurrent	37	41	42	44	45	47	54	60	65	69	72	79	110	119

将来予測：低加入シナリオ

Probability of spawning biomass in 2031 being above the reference points (%)

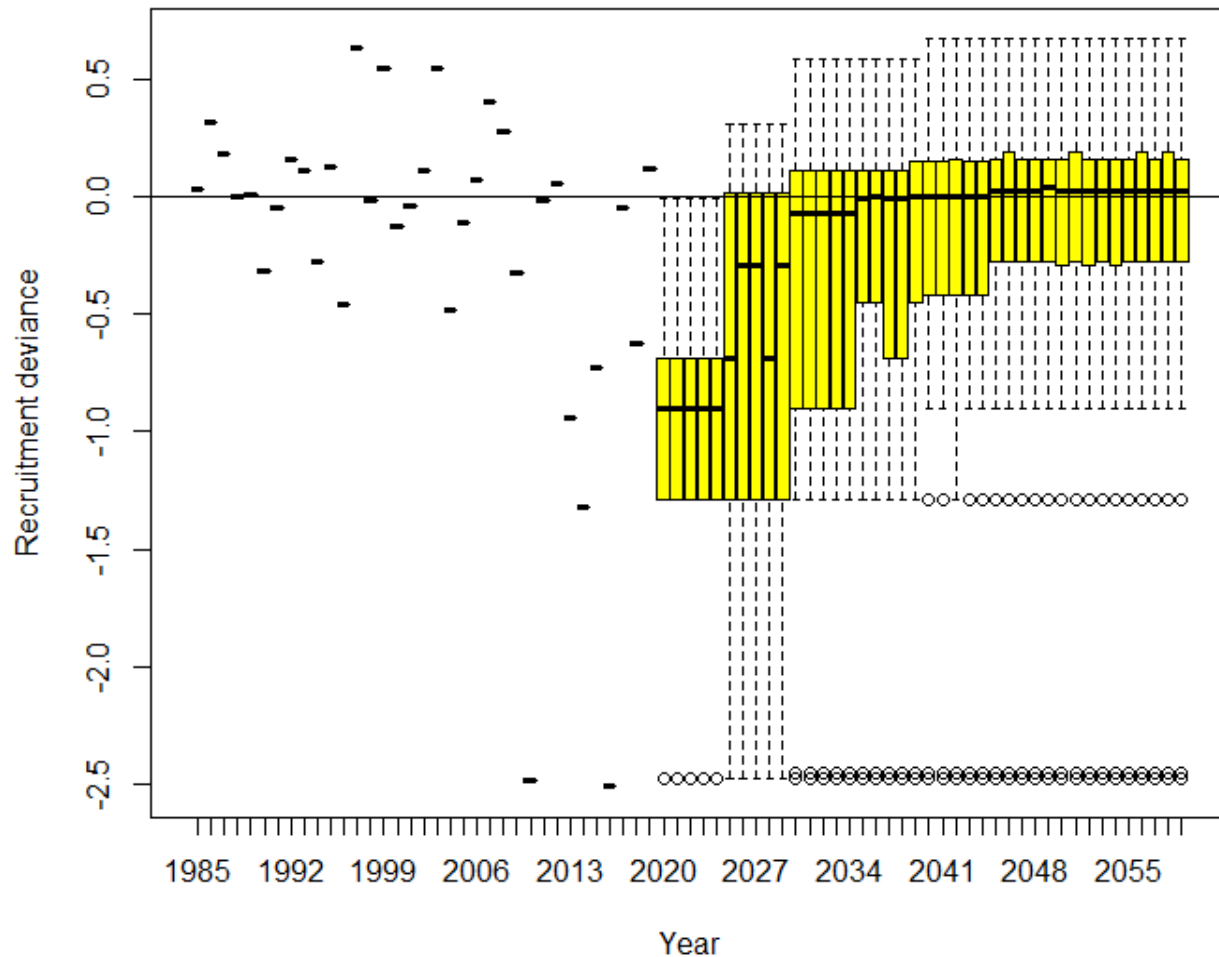


β	10年後 (2031年) に親魚量が限界管理基準値 (案) を上回る	10年後 (2031年) に親魚量が目標管理基準値 (案) を上回る	2021年の漁獲量※ (千トン)
1	83%	15%	38
0.9	90%	25%	35
0.8	95%	35%	32
0.7	97%	45%	29
0.6	99%	57%	26
0.5	100%	68%	22
0.4	100%	79%	18
0.3	100%	90%	14
0.2	100%	97%	10
0.1	100%	99%	5
0	100%	100%	0
Fcur	78%	22%	41

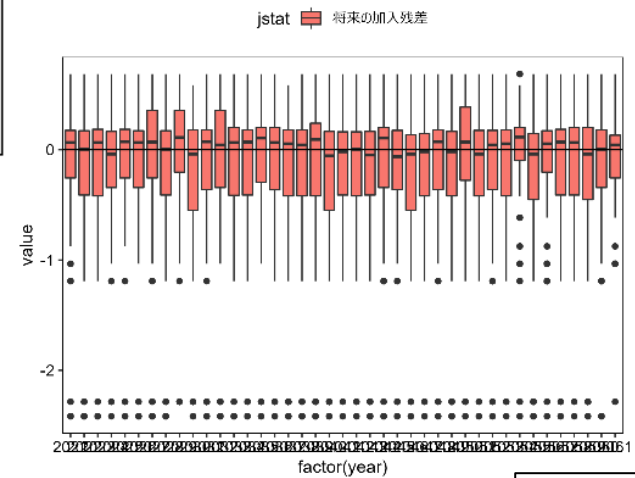
- SBmsy
- SBlimit
- SBlimit
- HCR (0.8Fmsy)
- Fcurrent

・管理開始から10年後に β 0.6以下でSBtargetを50%以上の確率で超える

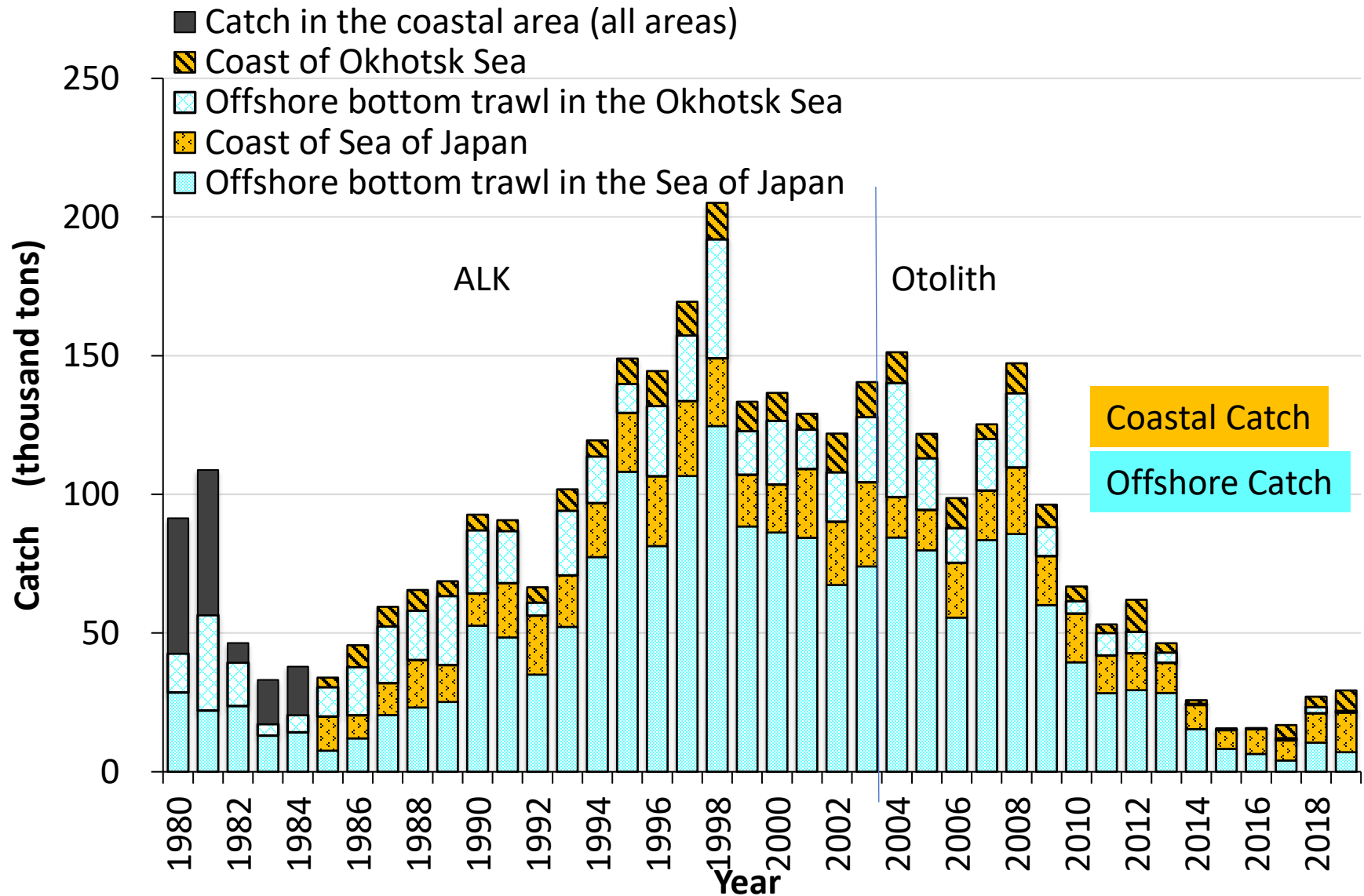
将来予測に用いた残差：低加入シナリオ



通常の加入を想定した場合



Calculation for catch at age (CAA) of Arabesque greenling



Calculation for catch in number at age (CAA) of Arabesque greenling (Central, Wakkanai and Abashiri Fisheries Research Institute)

① Sampling

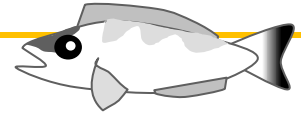
for each . . .

- sea area
- fishing season
- fishery type, gear
- box type and size (large, small, mix)

② Measurement of samples

- body length(mm), fork length(mm), body weight(g), sex, etc.
- Age assessment
observing the cross section of otolith

(Takashima et al. 2013)



③ Estimate the age composition by each box type and size for each fishery gear and fishery type (Offshore, coastal)

(Takashima 2016)

④ Estimate the Catch in number at age for each fishery type and area

(Takashima 2016)

Calculation for Catch in number at age (CAA) of Arabesque greenling (Central, Wakkanai and Abashiri Fisheries Research Institute)

- ③ Estimate the age composition by each box type and size
- ④ Estimate the Catch in number at age for each fishery type and area

$$C_{a,k,y} = \frac{L_{0,k,y}}{\sum_t L_{k,t,y}} \sum_i \sum_t \sum_m \frac{W_{k,t,m,y}}{\overline{W}_{k,t,m,y}} n_{i,k,t,m,a,y}$$

a: age, y: year, t: term, i: length class

k: each area and fishery type

m: container type (size type)

ni: measurement number of length class (i)

$L_{0,k,y}$: Total catch in the first or second half season (term) for each K(area), Y(year)

$L_{k,t,y}$: Total catch in each area and fishery type for each K (area), t (term), y(year)

W : weight of catch

\overline{W} : average weight of samples

(Takashima 2016)

For example (Offshore trawl fishery for first season in 2021)

SA ID	Fishery area	Jan	Feb	Mar	April	May	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total Catch
19	Shima	5	0	613	82	1,184	769			0	0	0	0	2,653
18	Ohuyutan	149	218	99	255	95	120			0	0	0	0	935
17	Shakotan	0	0	0	20	0	0			0	0	0	0	20
16	Yoichi	16	5	26	195	719	41			0	0	0	0	1,001

ID	M/D	Ship	Mid Area	SA ID	Fishery area	FA no.	Catch(t)	Catch for M	Average weight kg	0	1	2	3	4+	
1	4/29	4	Japan Sea	16	Yoichi	316	1,681	195	36%	0.247	0	0.356	0.614	0.03	4E-04
2	6/2	4	Japan Sea	19	Shima	344	2,928	769	64%	0.304	0	0.254	0.605	0.121	0.01

- Weight of Sample (each box type) / Catch (each box type) : ratio of sample for each box type
- Number of Sample (each age) for each box type/ratio of samle → Number at age → Ratio of age
- Average weight of sample (each box type) and Number at age → Average weight (weighted by sample)

Calculation of Catch at Age

- Each allocated catch(t) / Average weight (sample) → Total Number of Fish for ID
- Total Number of Fish (each ID) × Ratio of age → Catch Number at age

