

三陸海域におけるチゴダラの 成長様式と漁獲物組成



石黒智大

* 岩手大学大学院総合科学研究科水産業革新プログラム
修士2年

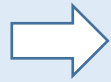
はじめに

漁業法の改正

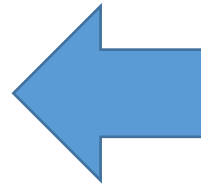
「**全ての種類の水産資源**について評価を行うよう努めるものとする(第9条4項)」

資源評価種

2018年
50種



2022年
200種



背景(水産政策の改革)

科学的知見による資源評価



安定した漁業の実現

東北ブロック(東北太平洋海域)では令和元年度より

アイナメ・イシガレイ・サワラ・ツノナシオキアミ・マアナゴ・マガレイ・マコガレイ・アオメエソ・アカガレイ・アブラボウズ・イカナゴ・イシカワシラウオ・イラコアナゴ・ウミタナゴ・エゾイソアイナメ(チゴダラ)・カガミダイ・カナガシラ・カンパチ・クジメ・クロウシノシタ・ケガニ・ケムシカジカ・ケンサキイカ・サヨリ・シロメバル・ジンドウイカ・スズキ・タチウオ・ババガレイ・バラメヌケ・ヒラツメガニ・ヒラマサ・ホシガレイ・マダコ・ミギガレイ・ミズダコ・ヤナギダコ・ユメカサゴ

科学的知見による多魚種の資源評価

はじめに

チゴダラ(旧:エゾイソアイナメ)は



写真:チゴダラ

・R2年度より資源評価種

・地方名「どんこ」

・カゴ・トロール・定置等の多様な漁法

・三陸地域が漁獲

(1位岩手県 2位宮城県 3位青森県)

・三陸での漁獲が多い

・関わる漁業者が多い

→評価・管理の影響大

はじめに

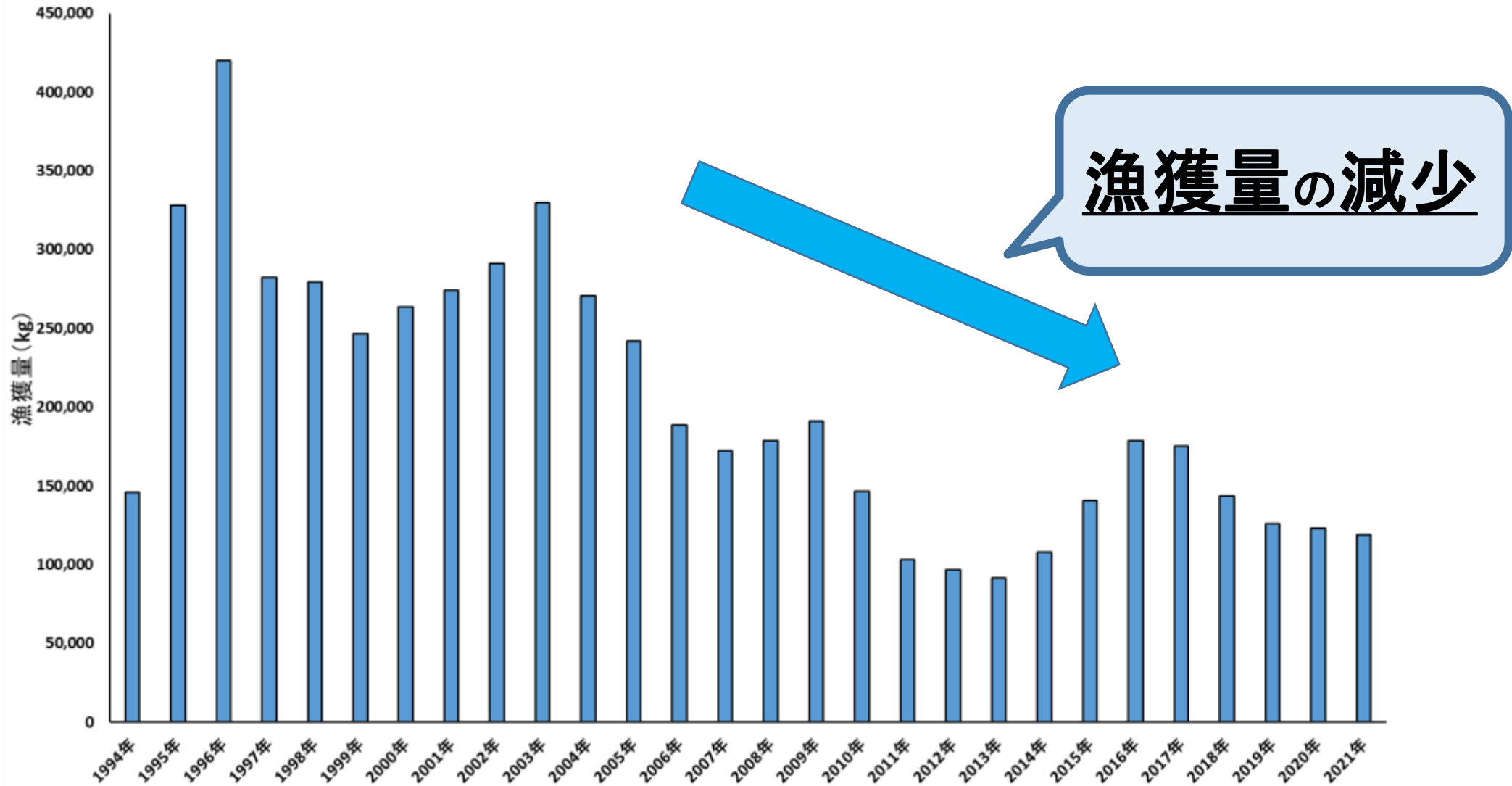


図1: 岩手県におけるチゴダラの漁獲量年変動 (岩手県水産情報発信システムいわて大漁ナビより作成)

はじめに

適切な**資源評価・管理**には...

成長特性

+

漁獲物組成



1. 資源量推定 (VPAやPM)

体サイズと年齢の関係・成長の頭打ち

2. 資源の回復時間の予測

成長速度の把握・小型魚がいつ大型に？

3. 漁獲の割合の把握

自然死亡率(寿命)の把握による

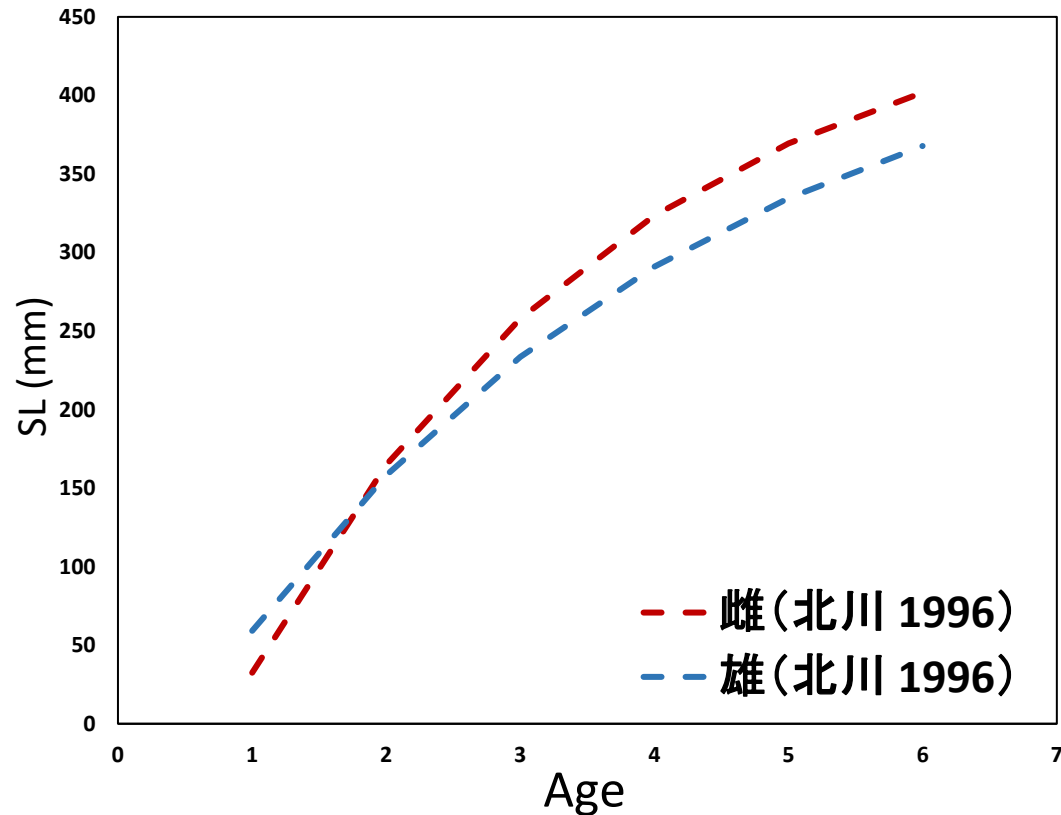
はじめに

適切な資源評価・管理には...

成長特性

+

漁獲物組成



先行研究(北川, 1996)

- ・耳石薄片法による年齢査定
- ・von Bertalanffy式
- ・3歳以降, 成長の雌雄差

課題

- ・サンプルの偏り(若齢・高齢少)
- ・若齢期の過小評価

はじめに

適切な**資源評価・管理**には...

成長特性

+

漁獲物組成

- ・どれくらいのサイズ・年齢のものがどれくらい漁獲？
- ・季節性はあるか？



**資源量推定の情報の一部・
資源管理策をつくる大本**

はじめに

適切な**資源評価・管理**には...

成長特性

+

漁獲物組成



瀕死状態での漁獲
→放流後の生存は困難

カゴやトロールの混獲種
→市場での水揚物≠実際の漁獲物

漁獲物組成は未把握

(体長・年齢組成、CPUE、季節変化et...)

はじめに

適切な**資源評価・管理**には

成長特性

情報が少ない

漁獲物組成

未把握・把握困難

本研究では

資源評価を行う際に必須である上記2つの把握を試みた

材料と方法

1.1 サンプリング

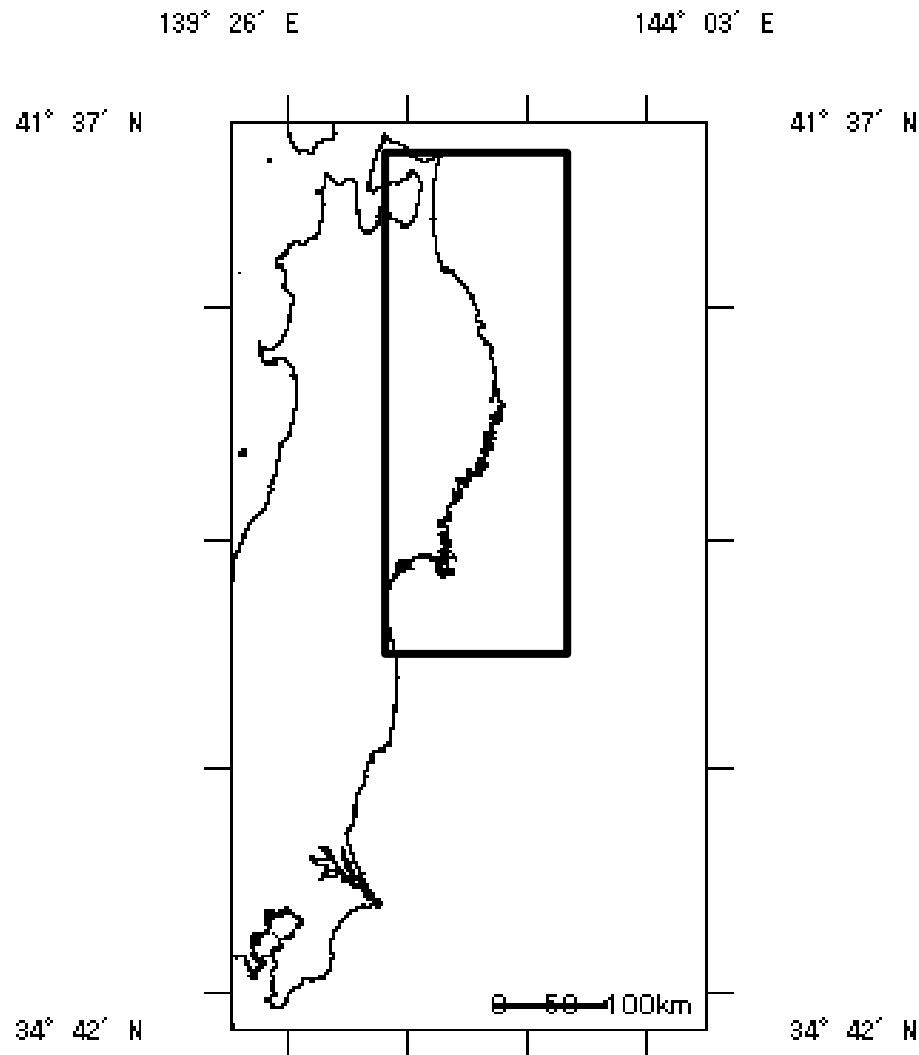


図2. 調査をおこなった三陸海域

場所: 三陸海域

(青森県尻屋崎沖～宮城県仙台湾沖)

期間: 2019/11～2021/12月

採集: カゴ(水深5-200m)

トロール(水深100-600m)など

トロール調査
(若鷹丸・岩手丸)

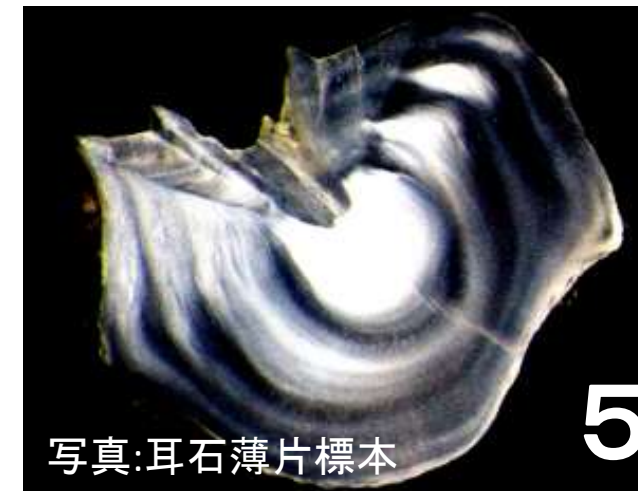
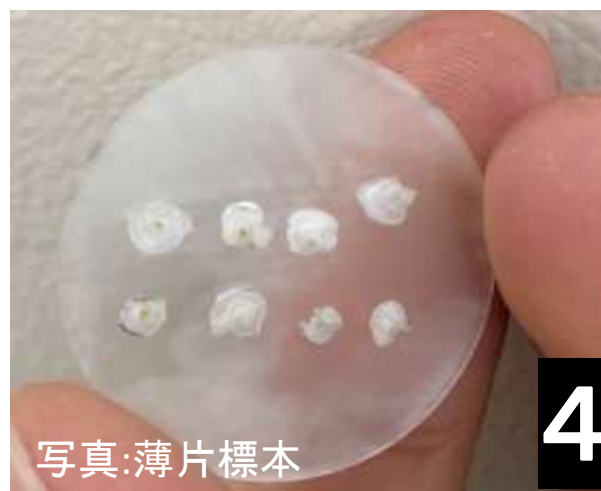
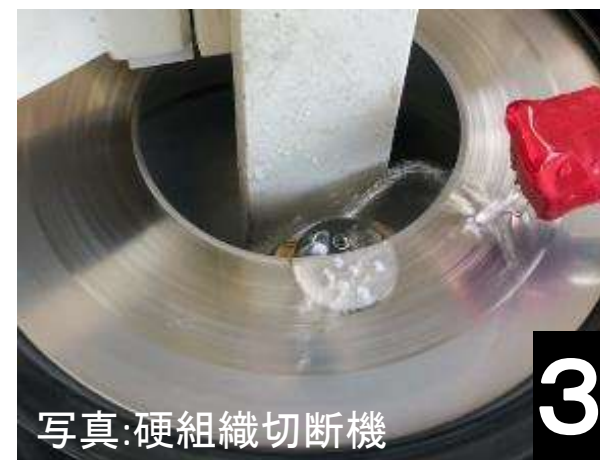
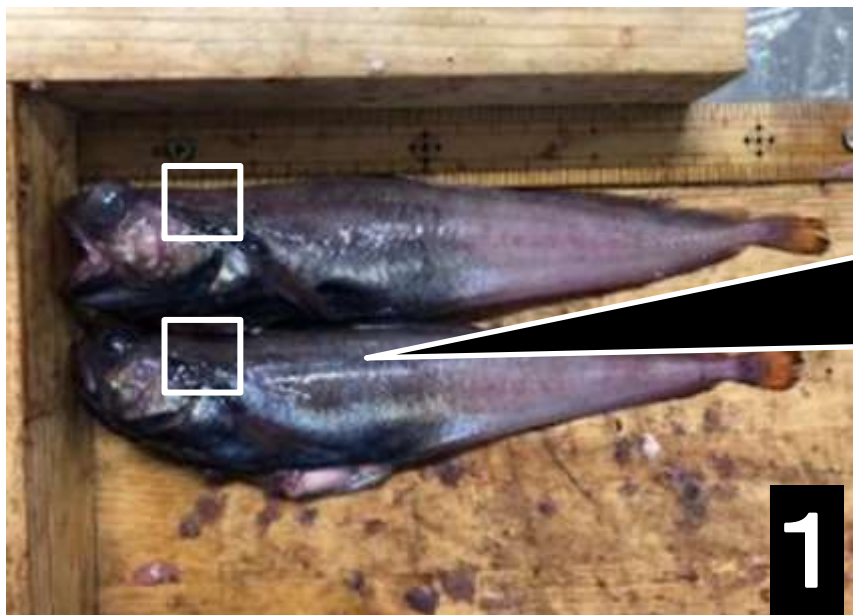


カゴ漁



材料と方法

1.2 測定・年齢査定



耳石薄片法

測定項目

- 標準体長 (SL : mm)
- 体重 (W : g)
- 雌雄判別

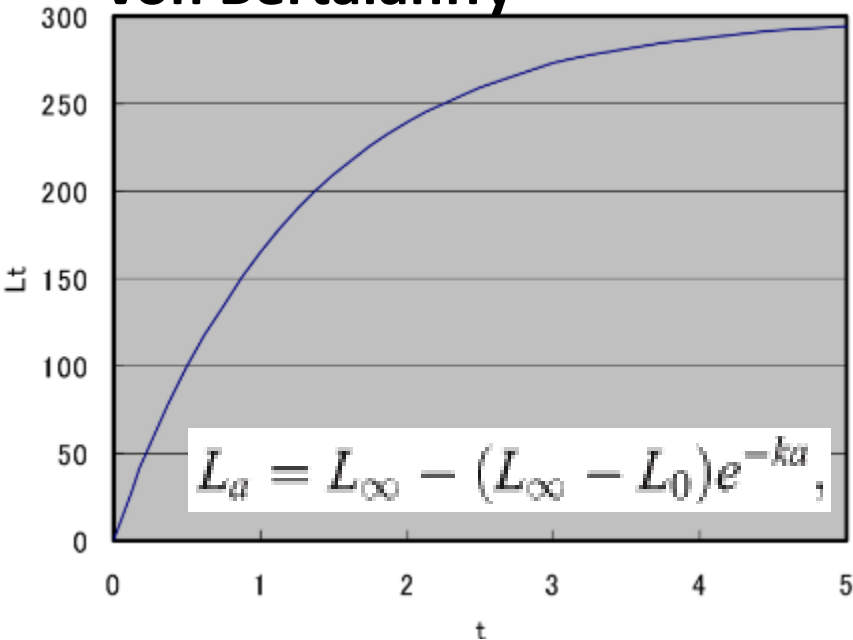
1.3 成長式の作成

3つのパラメータからなる3種の成長式

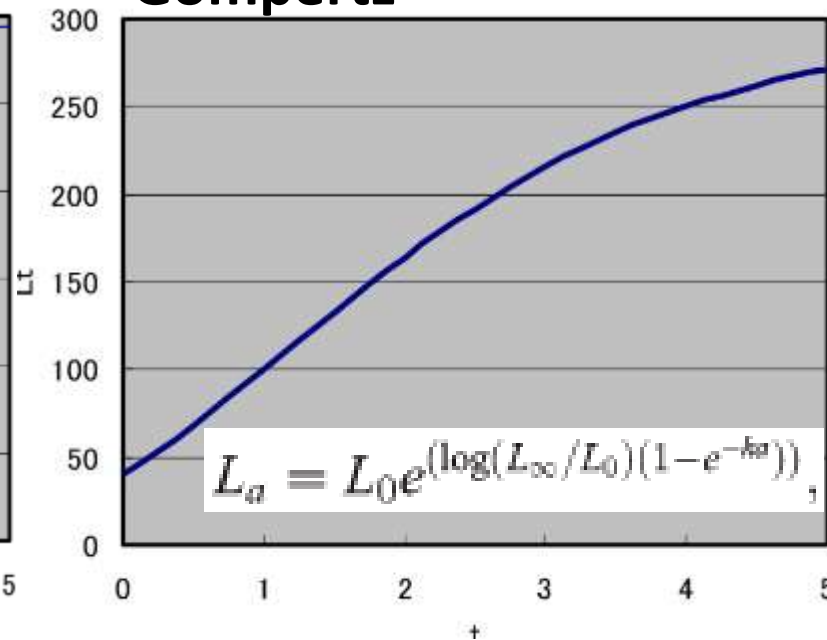
L_0 : 年齢が0の時の体長 L_∞ : 極限体長 K : 成長係数

推定方法: 最小二乗法とベイズ推定 (MCMC法)

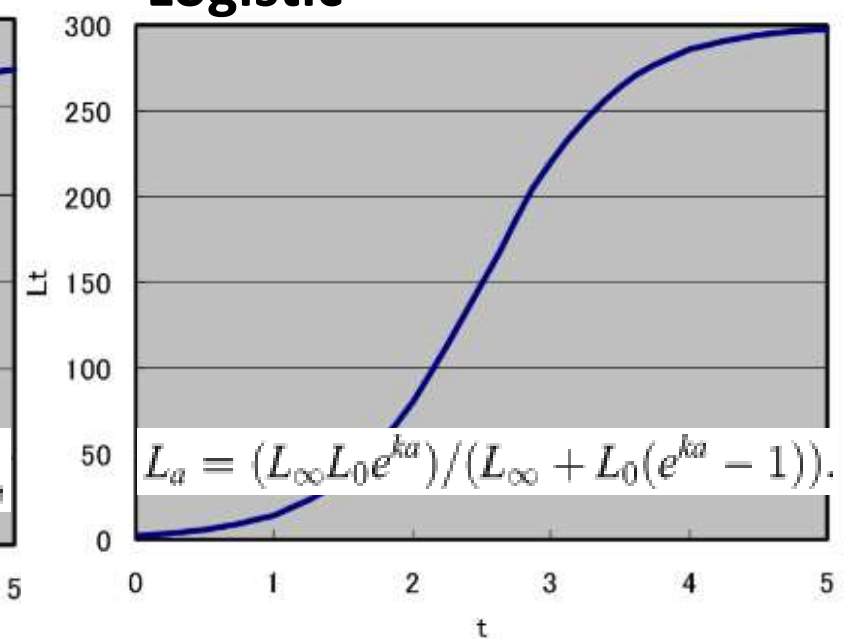
von Bertalanffy



Gompertz



Logistic



ベイズ推定(MCMC法)の流れ

* vB成長式

$$L_t = L_\infty - (L_\infty - L_0) \exp(-Kt)$$

・ L_∞ ...極限全長 k ...成長係数 t ...年齢 L_0 ...年齢が0の時の体長

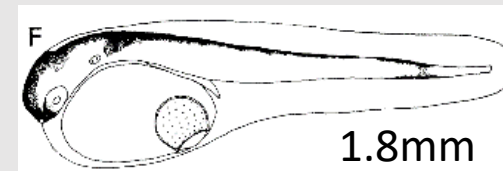
事前分布

尤度関数
(年齢と体長)

マルコフ連鎖

事後分布・収束診断

L_0 : 出生時の体長に従う正規分布



1.8mm

Kitagawa et al (1985)

L_∞ : 測定個体の最大体長に従う正規分布
(標準誤差はそれぞれの値の10%)



最大体長(♀:490mm ♂:390mm)

K : 0~最大確率値(1)の一様分布

ベイズ推定(MCMC法)の流れ



表1: 年齢査定を行ったチゴダラの雌雄別個体数

Age	Number of data			
	Male	Female	Unknown	
0	-	-	178	178
1	199	246	44	489
2	288	470	2	760
3	201	392	-	593
4	43	206	-	249
5	2	39	-	41
6	-	6	-	6
7	-	1	-	1
	733	1360	224	2317

マルコフ連鎖

n.Chains (連鎖の数): 4
lter (マルコフ連鎖の長さ): 10000
BurnIn (最初の乱数の間引き): 5000
Thin (間引き): 10

ベイズ推定(MCMC法)の流れ

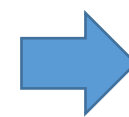
事前分布



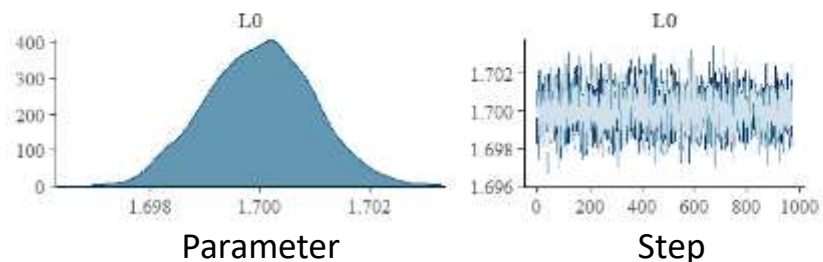
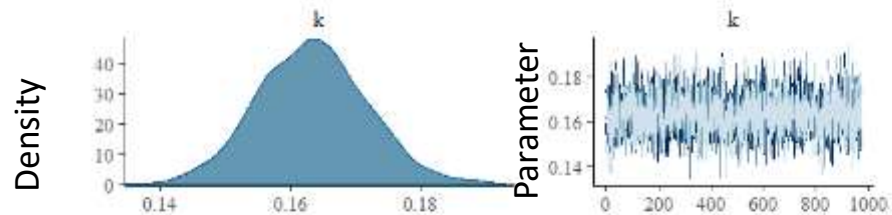
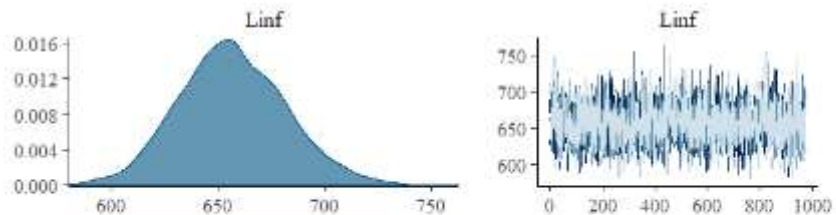
尤度関数
(年齢と体長)



マルコフ連鎖



収束診断・事後分布



収束診断

全ての成長式(3つの成長式 × 雌雄)の全パラメータにおいてR-hatが1.0を示した

*R-hat: 1に近いと収束したと判断される指標
1.1以下が目安とされる(Gelman et.al, 2004)

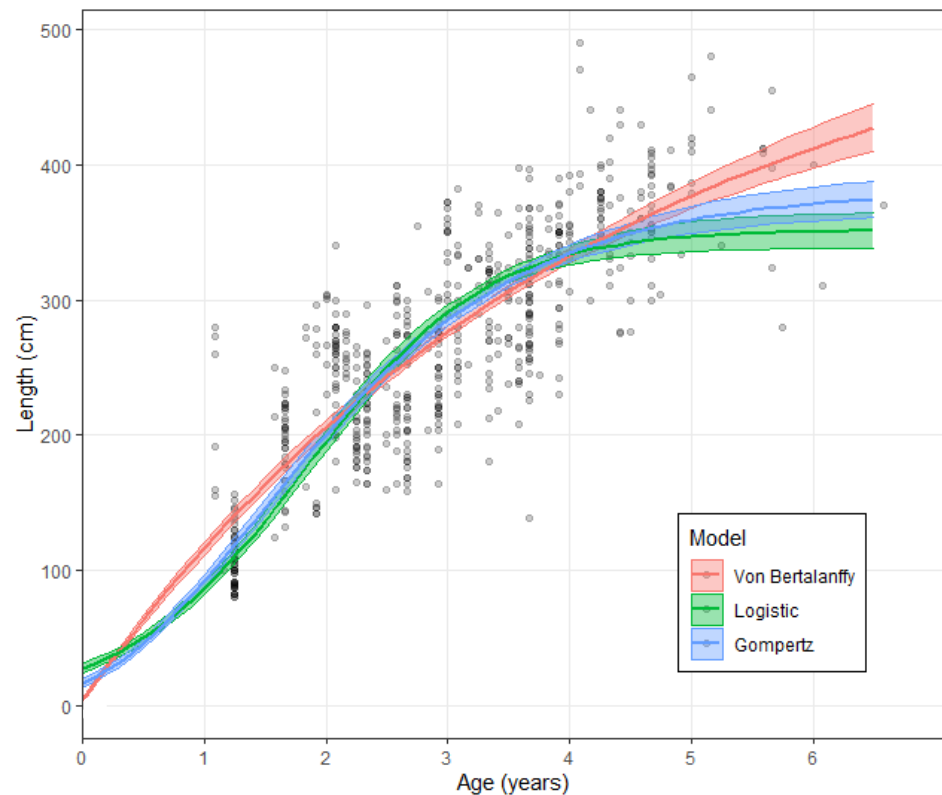
事後分布

最も確率の高いパラメータ

1.4 成長式の妥当性の評価

① モデル選択

② 推定方法での比較



3つの成長式に当てはめ、情報量基準
(AIC and LOOCV)を使い判断
von Bertalanffy, Logistic, Gompertz

最小二乗法

ベイズ推定
(MCMC法)

バイアスがあると、推定の妨げ。
(生物学的にありえない
予測値がでる場合あり)

高齢が不十分過ぎると、
 L_{∞} が事前分布に
大きく依存してしまう。

それぞれの問題の有無の確認→
成長式の妥当性の評価

材料と方法

2.1 データ収集

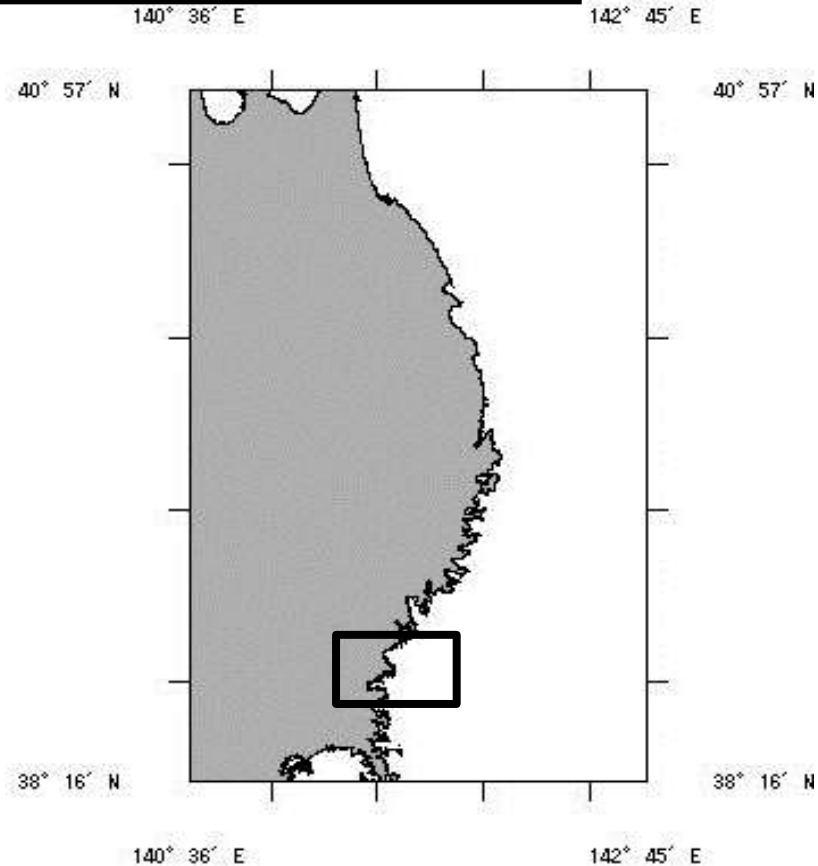


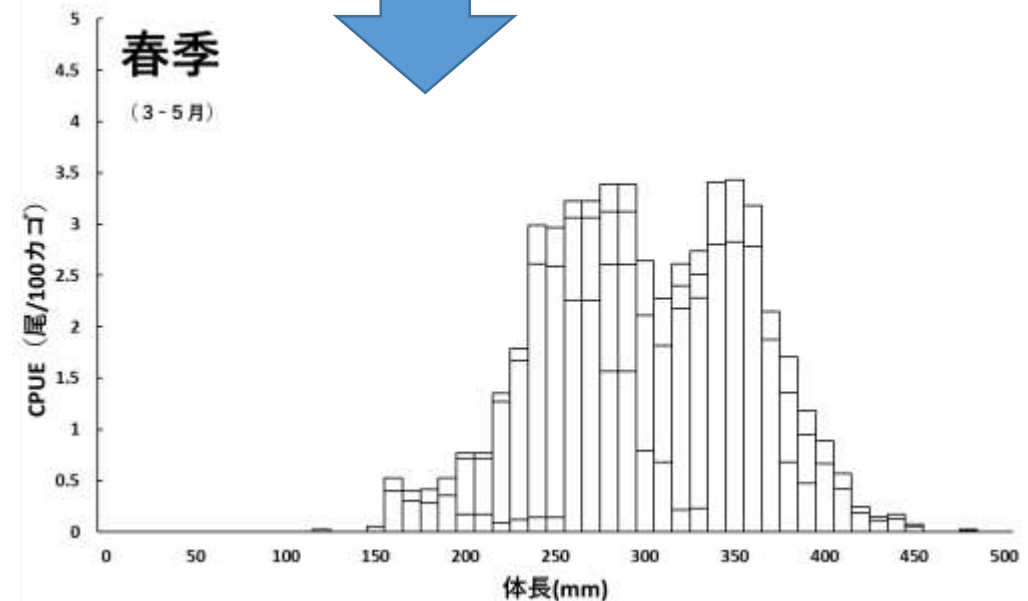
図3. 調査をおこなった岩手県釜石沖
地点：岩手県釜石沖
水深：100-190m
期間：2020/5～2021/12月



カゴ漁

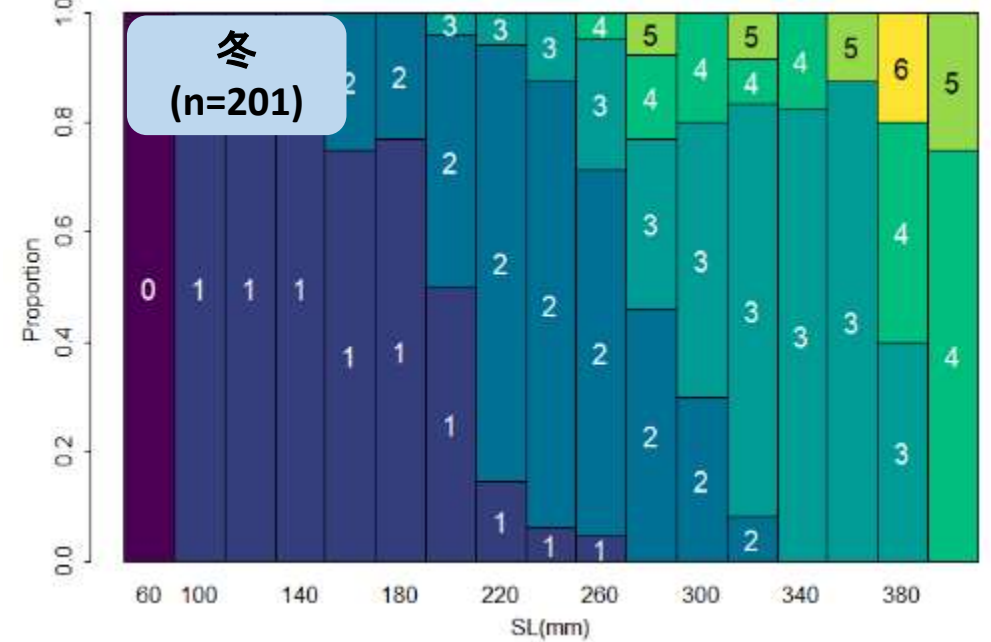
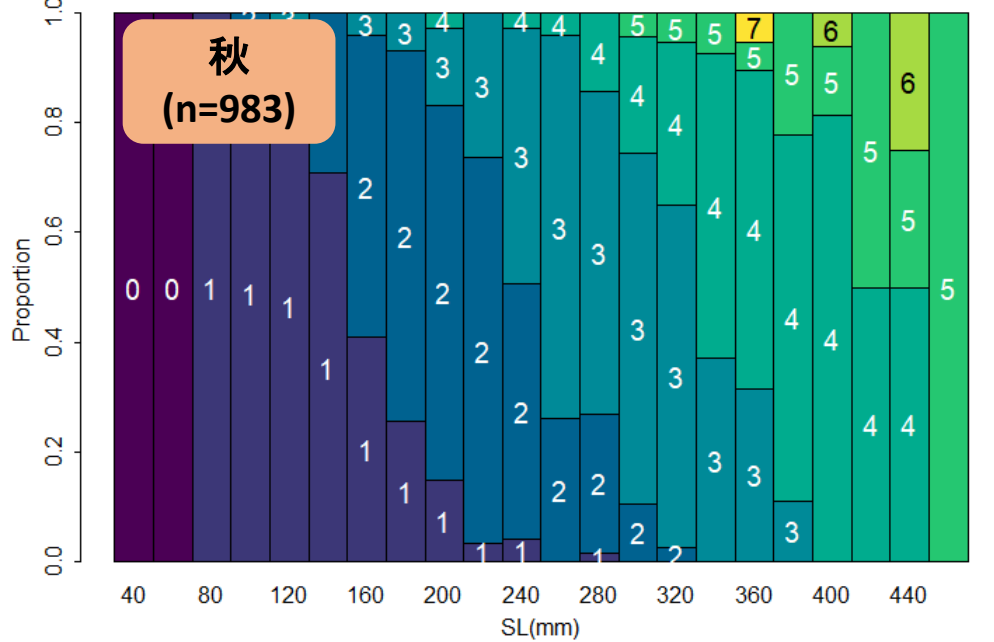
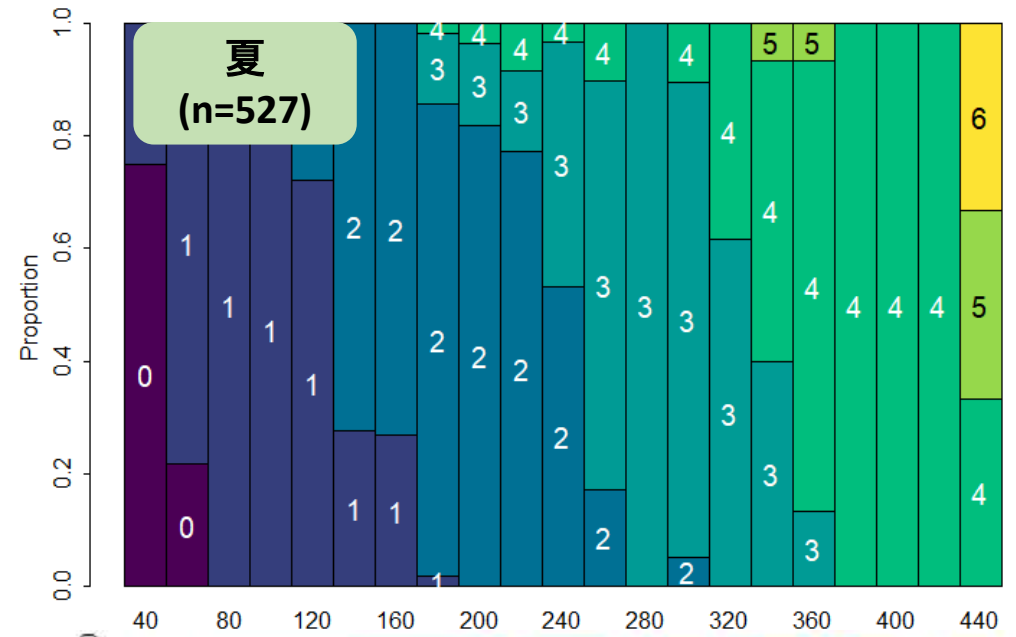
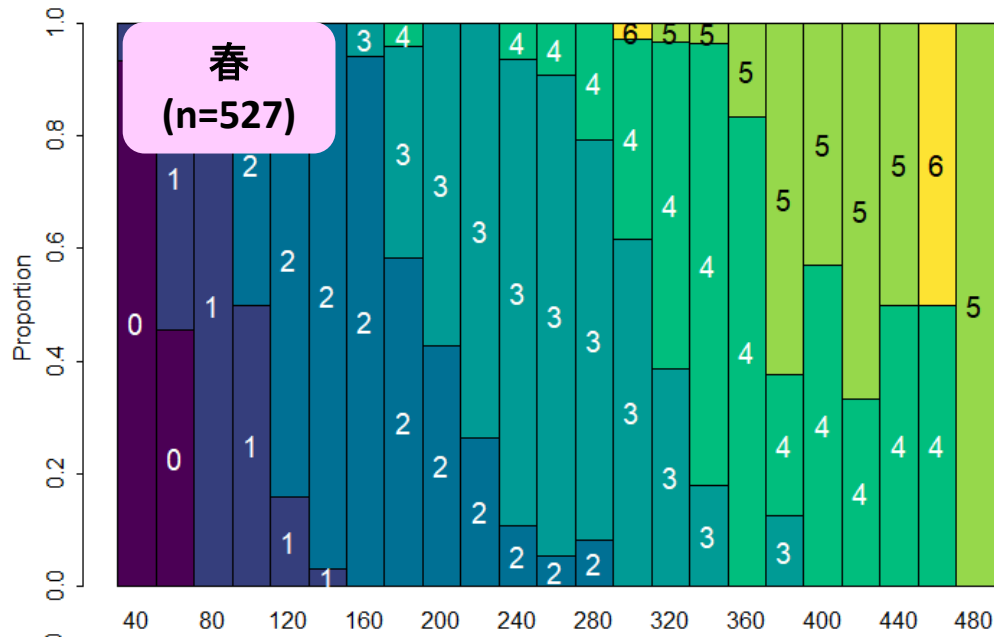
体長測定個体数：13,383尾
乗船日数：34日
カゴ数の計測数：15,395

- 春 (3-5月)
- 夏 (6-8月)
- 秋 (10-11月)
- 冬 (12-2月)

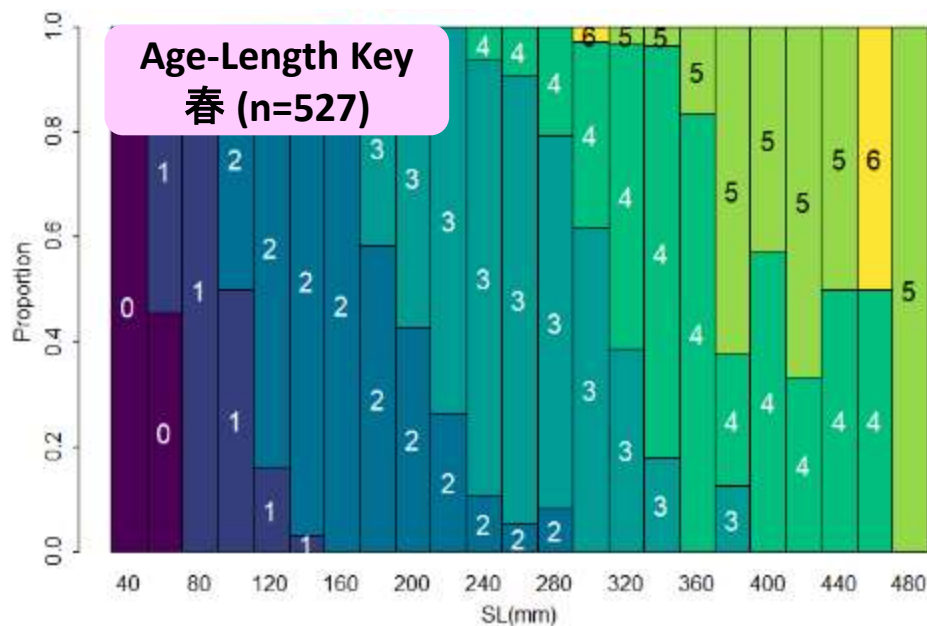
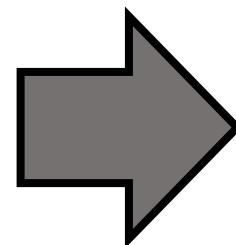
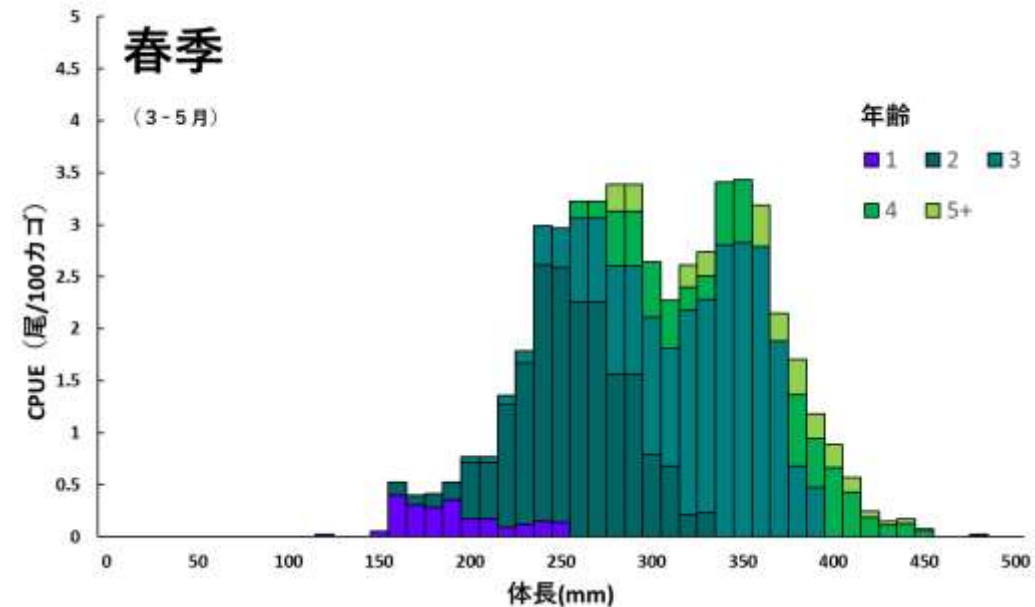
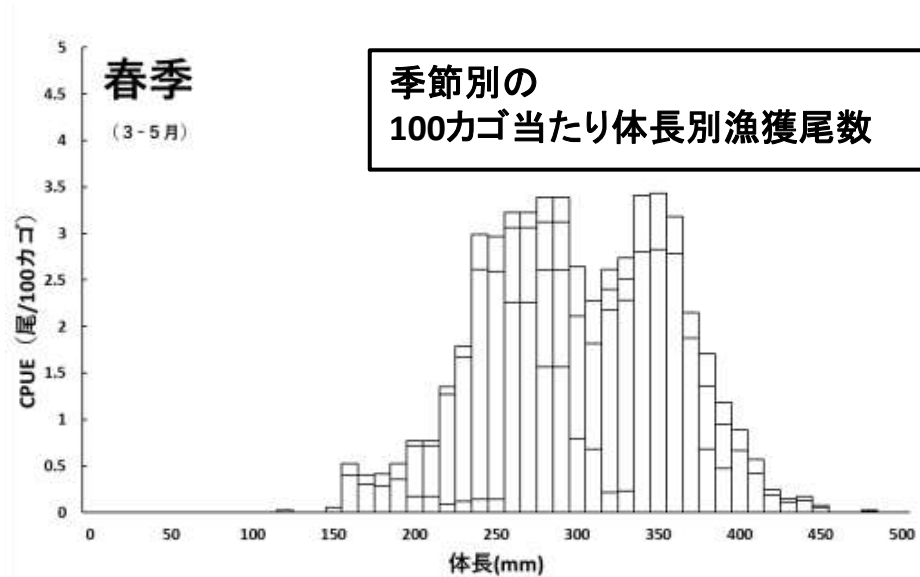


季節別の
100カゴ当たり体長別漁獲尾数

材料と方法 2.2 Age-Length keyの作成



2.3 漁獲物組成の把握



季節別の
100カゴ当たり
体長・年齢別漁獲尾数

結果0

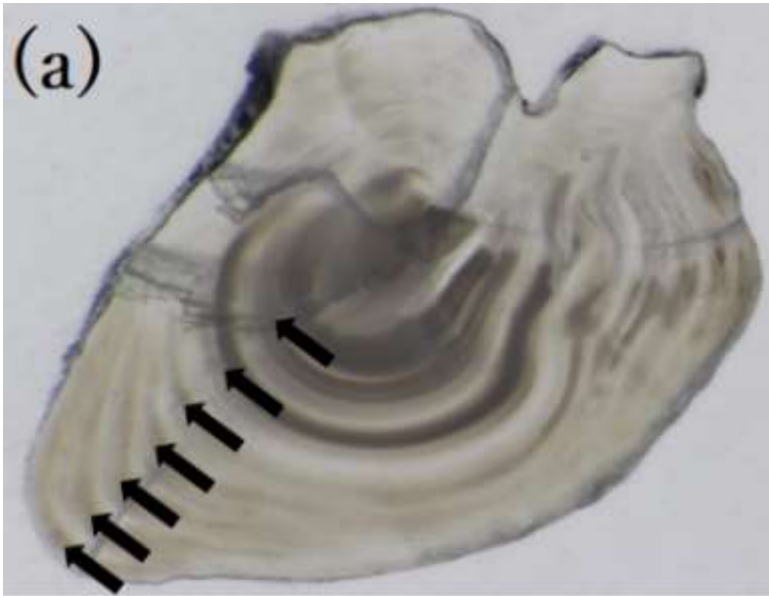


図4 チゴダラの耳石薄片標本
(a): SL340mm, 雌 (b): SL45mm

表1: 年齢査定を行ったチゴダラの雌雄別個体数

Age	Number of data			
	Male	Female	Unknown	
0	-	-	178	178
1	199	246	44	489
2	288	470	2	760
3	201	392	-	593
4	43	206	-	249
5	2	39	-	41
6	0	6	-	6
7	0	1	-	1
	733	1360	224	2317

♀ (5歳程) > ♂ (4歳程)

初記録: 6・7歳魚(a)と0歳魚(b)

結果1

①モデル選択

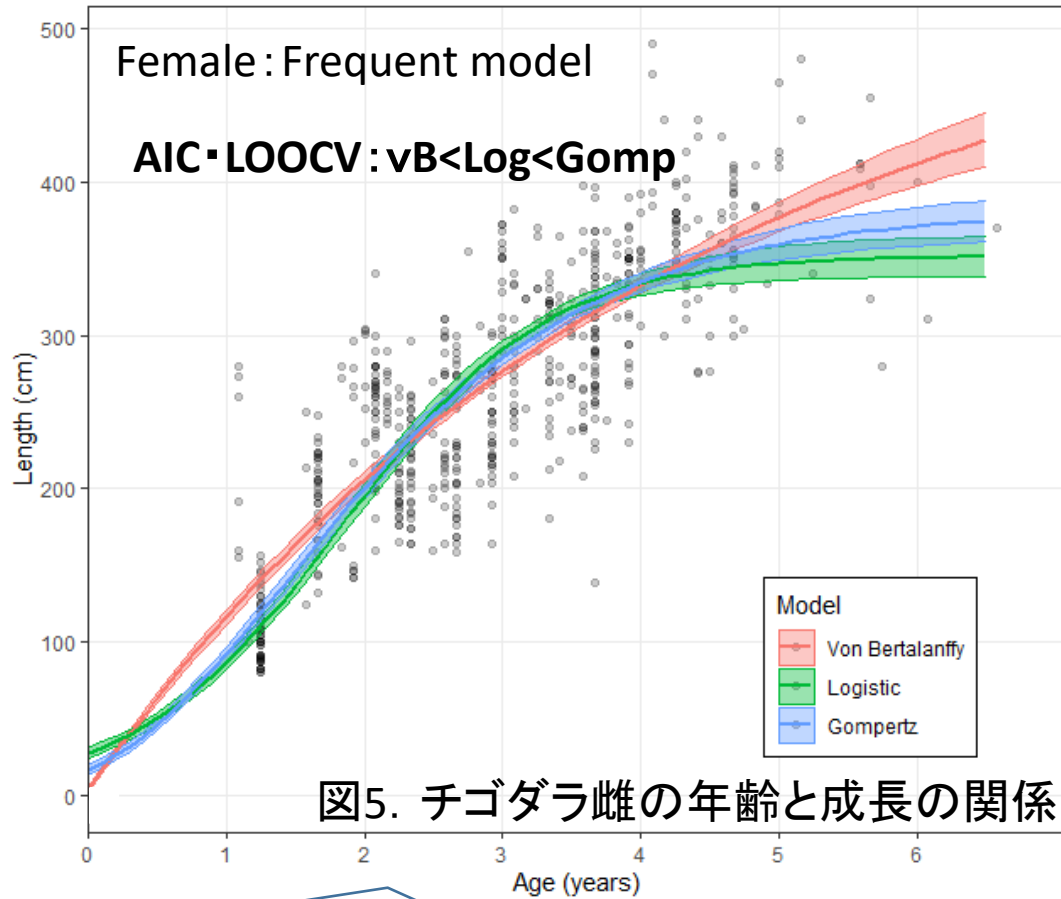
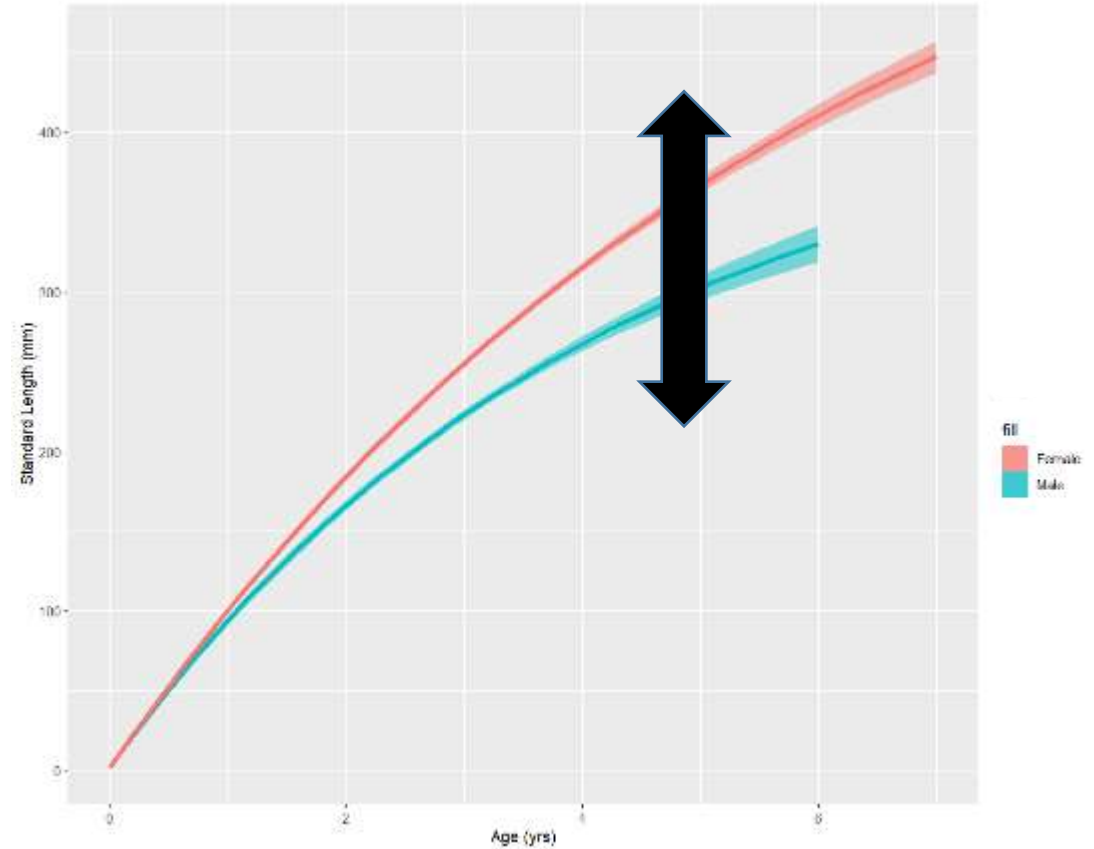


図5. チゴダラ雌の年齢と成長の関係

最小二乗法・ベイズ法ともに
von Bertalanffyが選択された

図6. 推定されたチゴダラのvon Bertalanffy成長式



雌雄に有意差が確認された

(F-test, $P < 0.001$)

結果1

②推定方法での比較

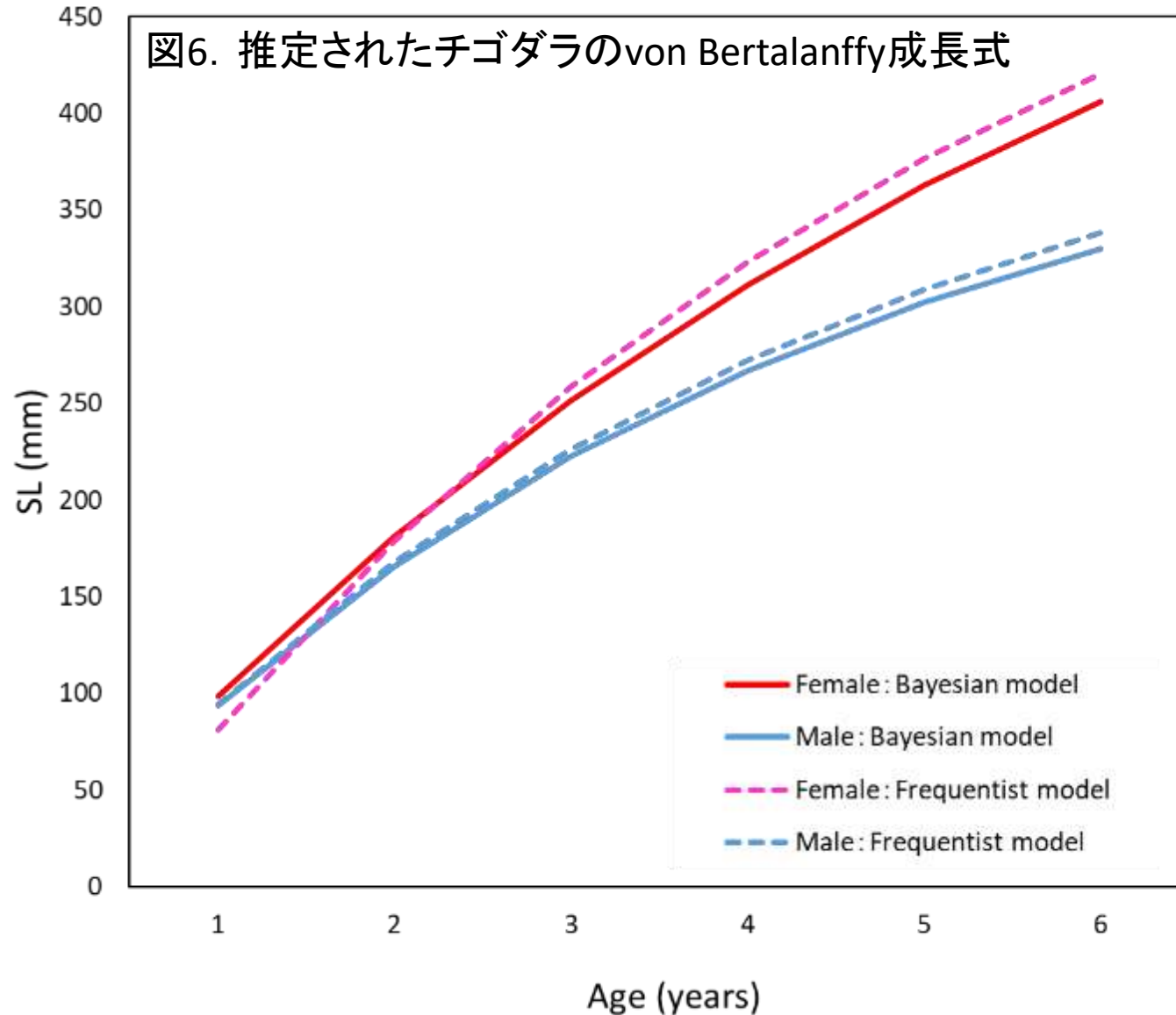


表. 推定されたチゴダラのvon Bertalanffy成長式

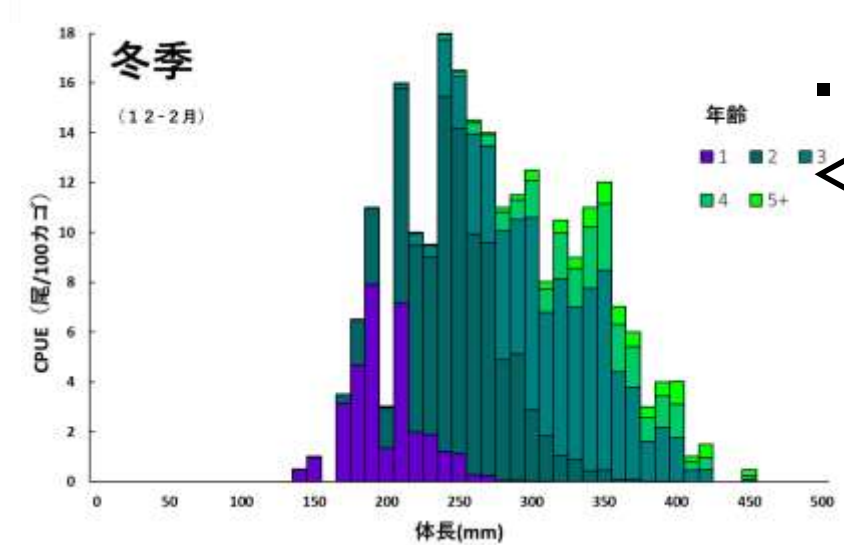
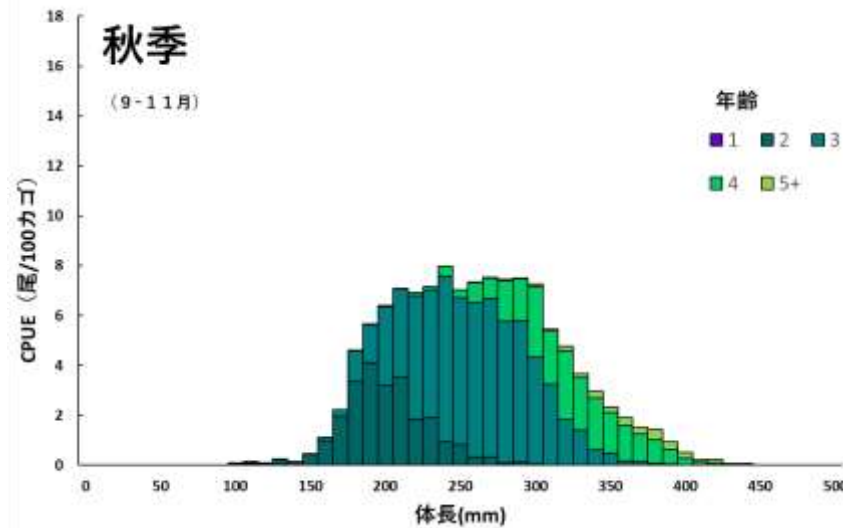
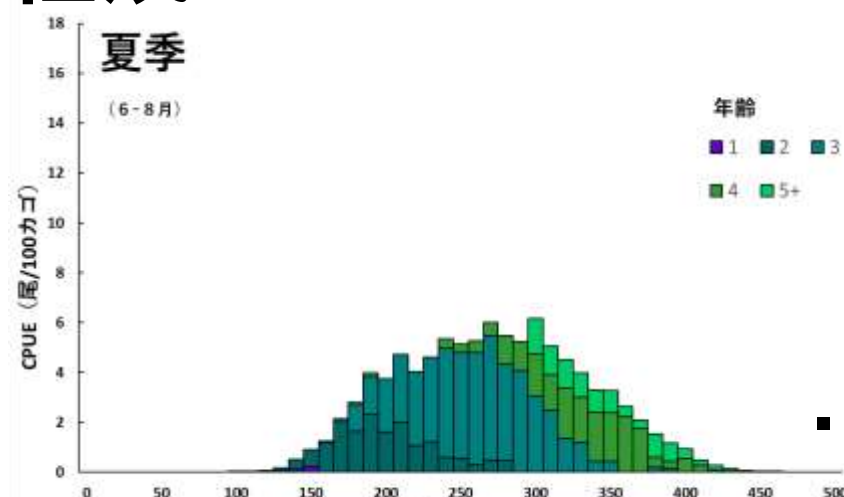
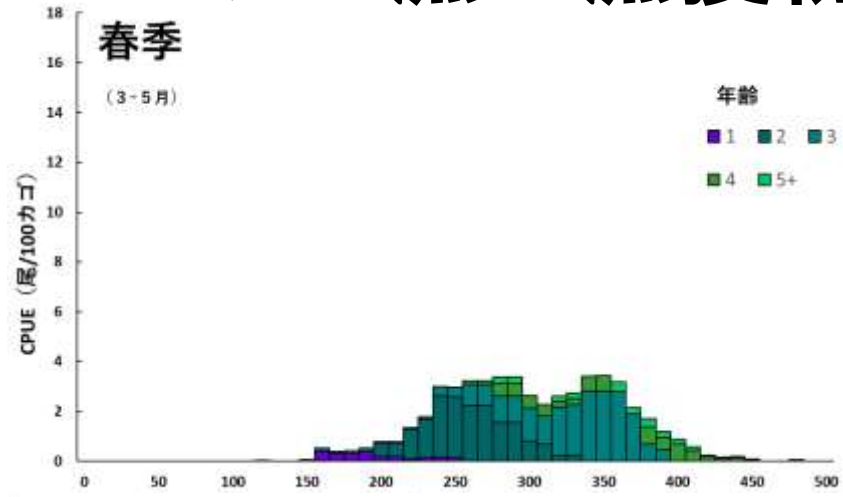
	メス		オス	
	最小二乗法	ベイズ	最小二乗法	ベイズ
L_{∞}	618.3	657.2	448.5	431.8
K	0.2	0.16	0.233	0.24
L0	0.296	1.7	-0.014	1.7

1 - 6歳時に推定値の差
雌雄ともに1%以下

ベイズと最小二乗法で

ほぼ同様の成長式

結果2 カゴ漁の漁獲物組成



- ・加入年齢は、冬季1歳魚
- ・夏季に、高齢個体
- ・冬季に、若齢個体
- ・春季 < 夏季 < 秋季 < 冬季

図7. 岩手県南部沖のカゴ漁船で採集されたチゴダラの体長・年齢構成及びCPUEの関係

①成長式の妥当性

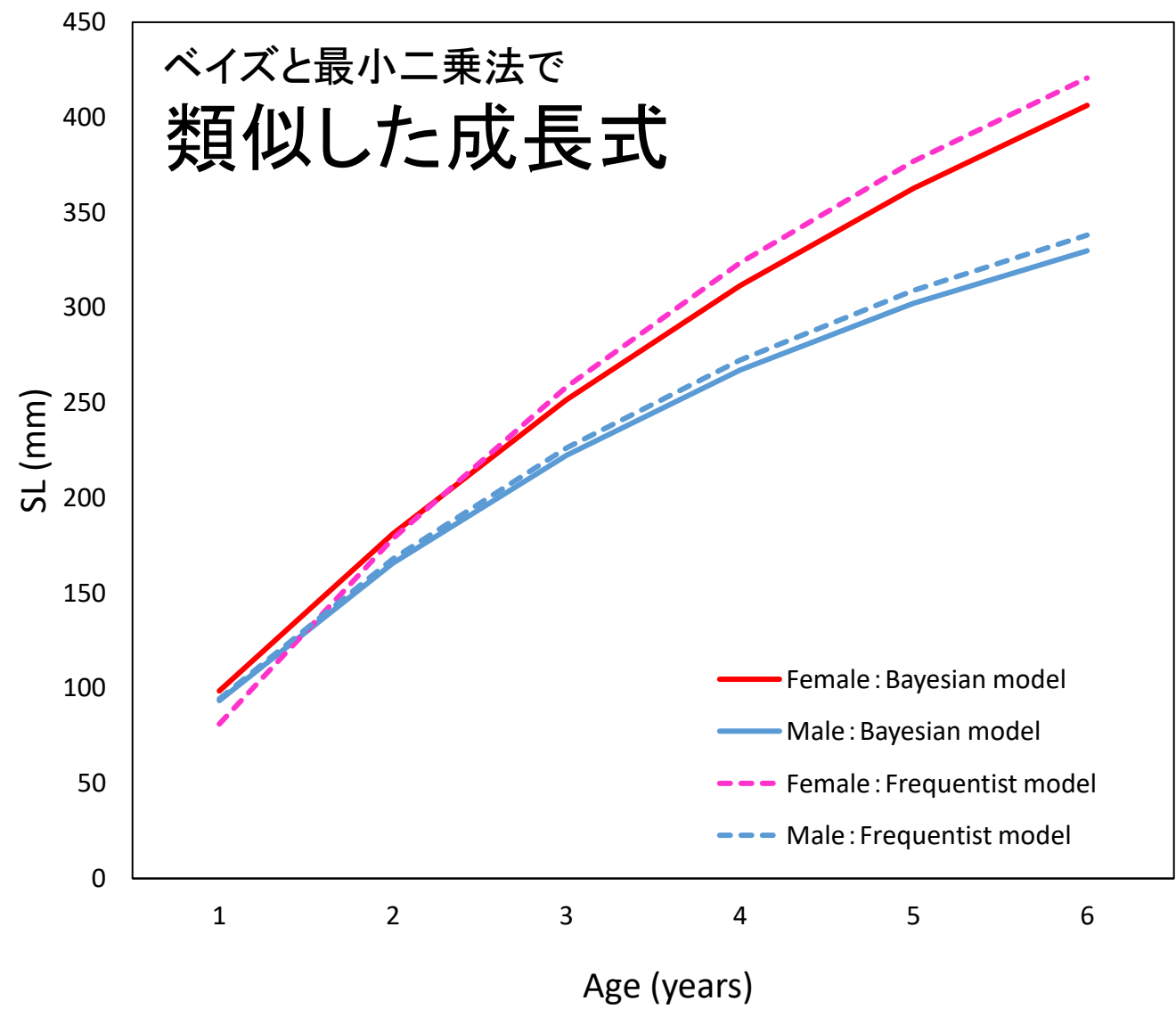


図6. 推定されたチゴダラのvon Bertalanffy成長式

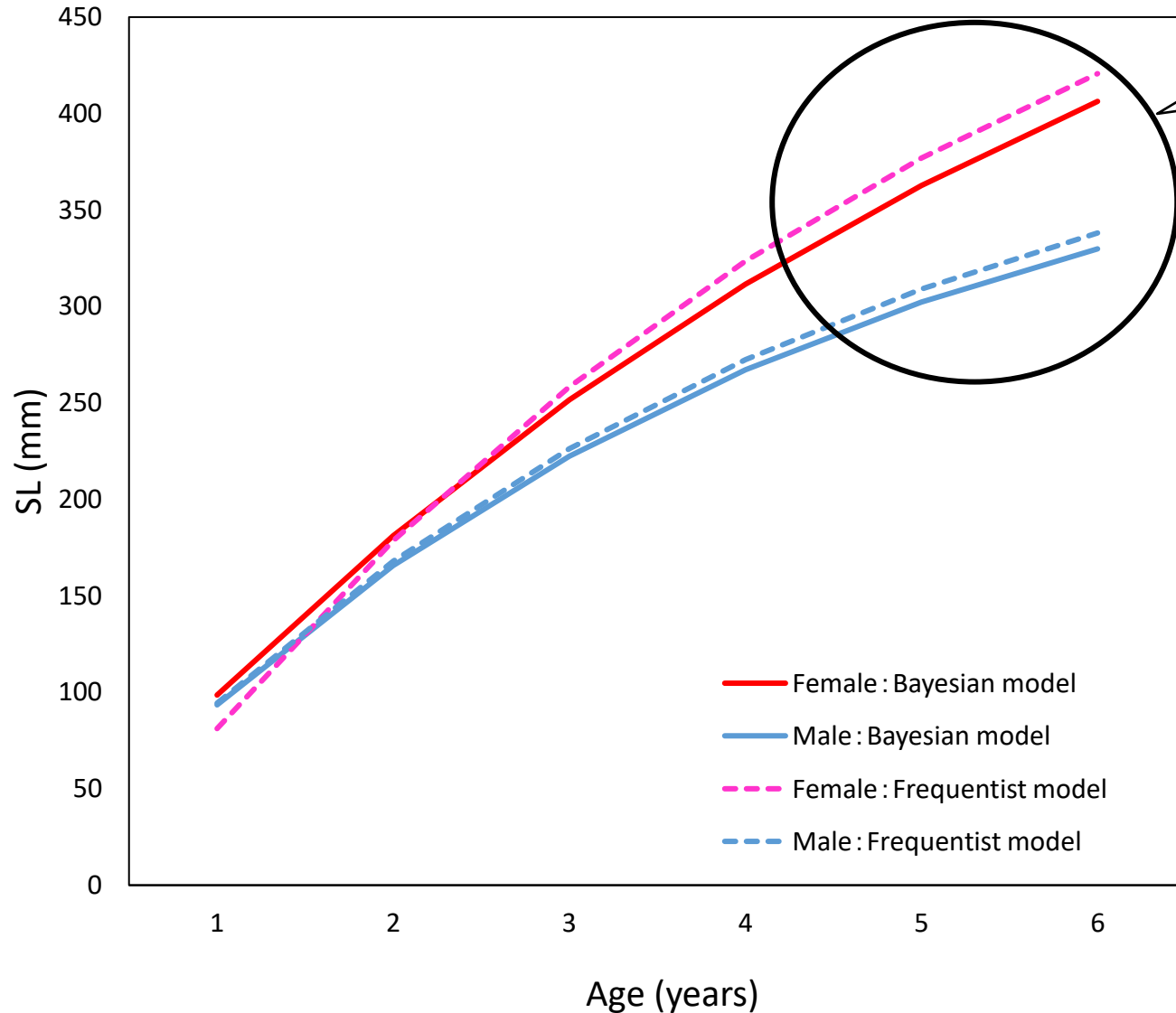
バイズ推定法と最小二乗法

Smart and Gramer (2021)
「サンプルサイズが大きく、
年齢階級がそろっている場合、
両者が同じ結果になる」

本研究で得られたサンプルが
**十分な量 and 年齢階級が
そろっている**

本種の成長様式を捉えた
妥当な成長式が得られている
と推定した

②三陸海域における本種の成長様式



成長の頭打ちが見られない

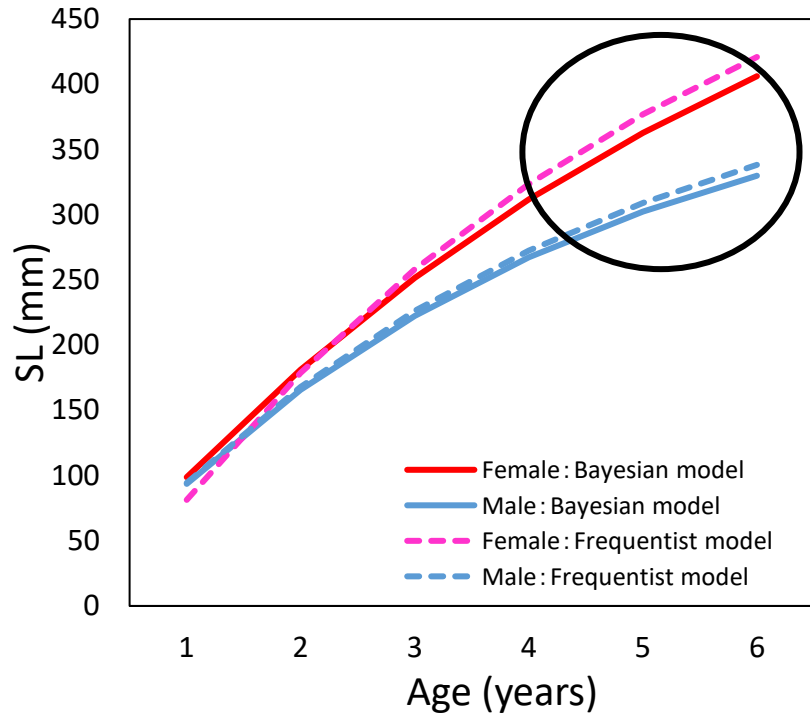
(mm)	極限体長	最大体長
雌	657.2	490
雄	431.8	390

①から高齢個体の不足が原因ではない

三陸海域における本種は
高齢でも成長をし続ける

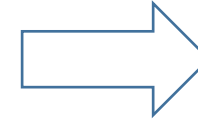
図6. 推定されたチゴダラのvon Bertalanffy成長式

②三陸海域における本種の成長様式



北川(1996)

摂餌場
(三陸域)



産卵域
(黒潮域)

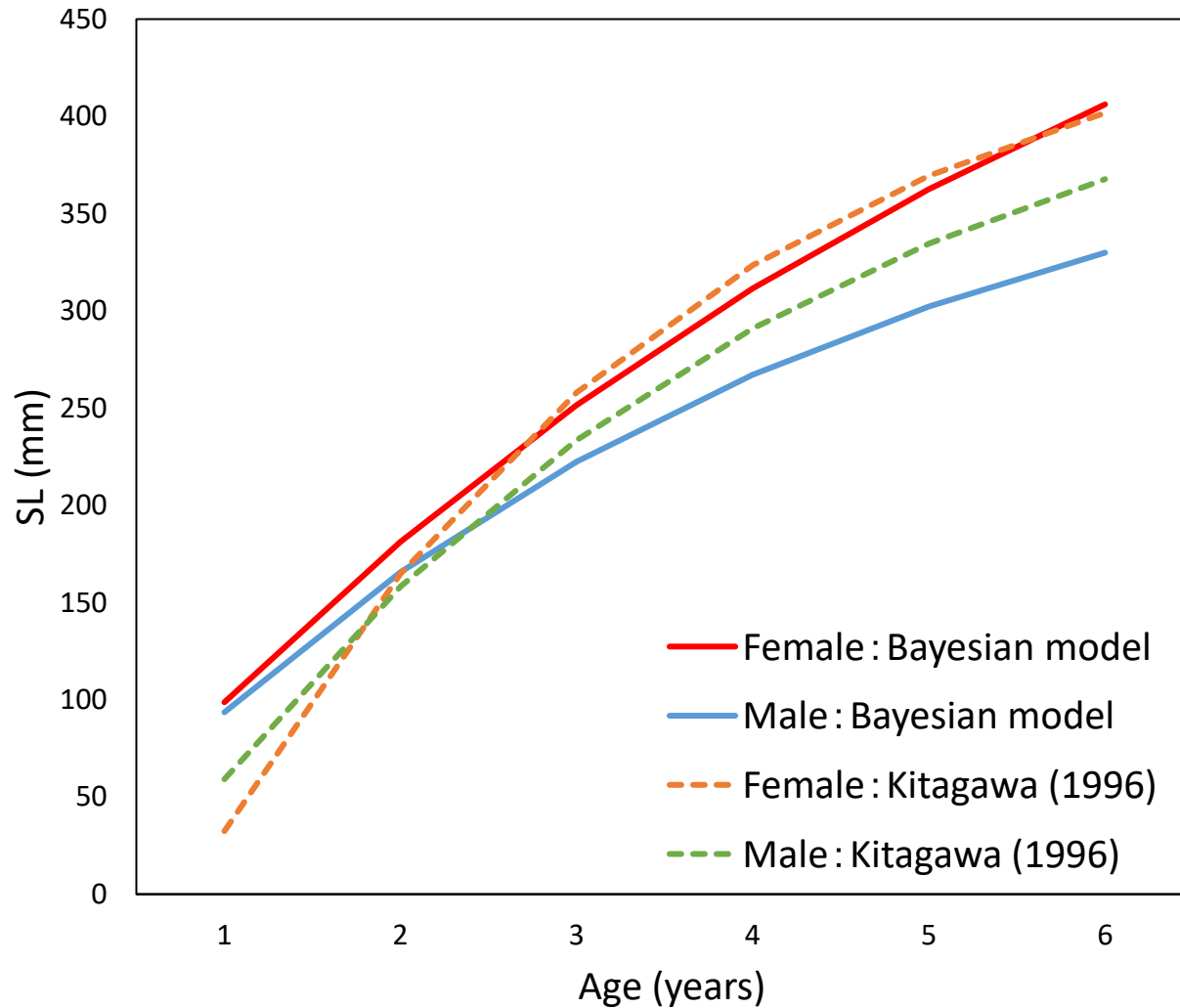
本研究で明らかに
なった部分

その後の生存,
行動が不明

三陸海域における本種は
高齢でも成長

本種の生活史全体の成長様式の把握には
産卵後の生態・産卵域での年齢と
成長の解明が必要

③ 先行研究との比較



共通点

- von Bertalanffy成長式
- 成長に雌雄差 (♀>♂)
- 成長の頭打ちが見られない

相違点

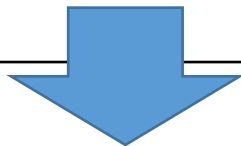
- 若齢期の推定体長
- 雌雄差がより早期に、大きい

図8. チゴダラのvon Bertalanffy成長式の従来研究との比較

①調査方法について



小型・冬季以外の多くは再放流
再放流後の生存は困難



市場での水揚げ物のみでは
漁獲物組成の把握は困難

本研究では

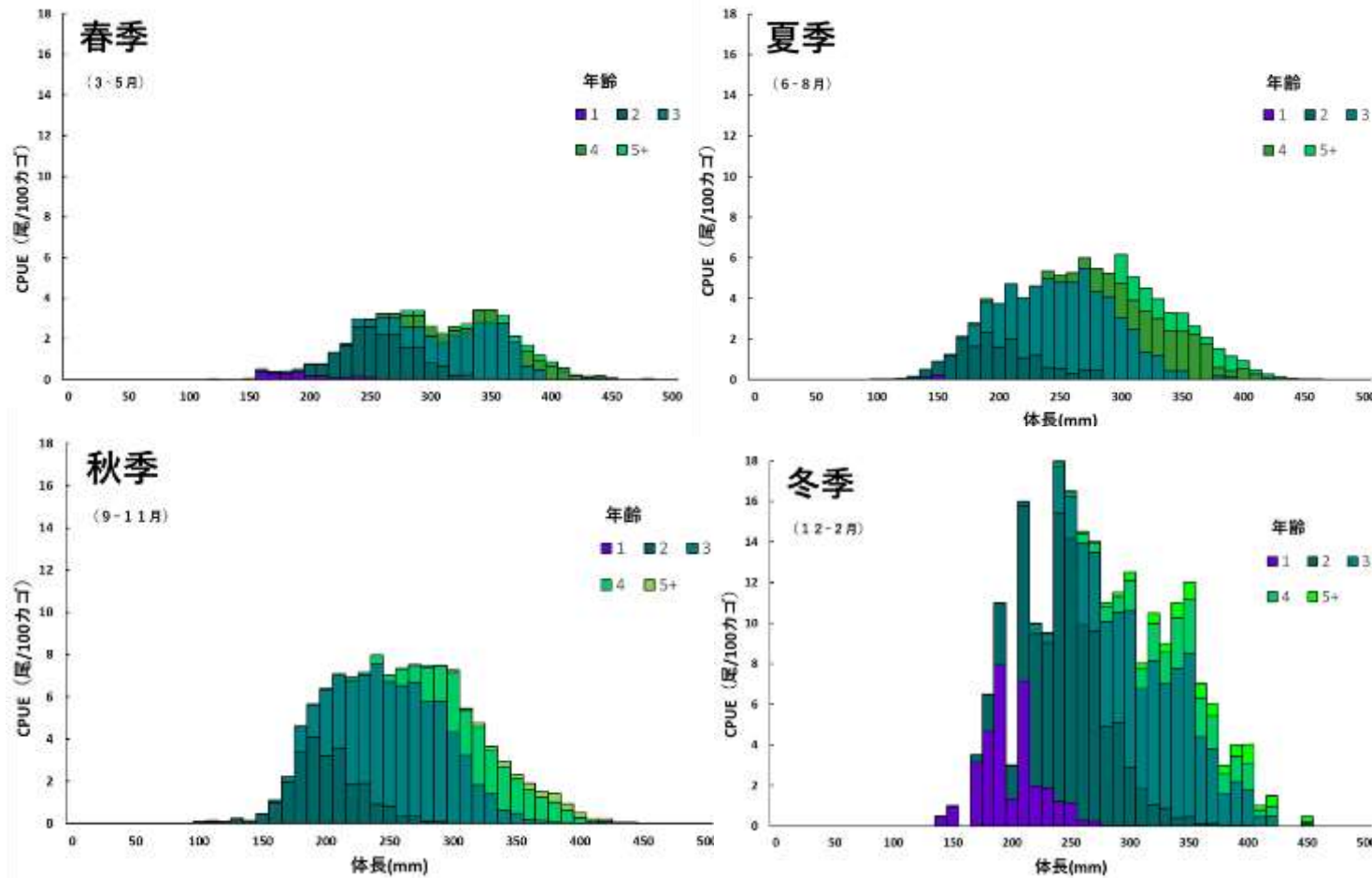
実際のカゴ漁を用いた調査



測定数：
13,383尾
乗船日数：
34日

カゴ漁業実態を反映した
漁獲物組成を算出

②漁獲物組成



三陸海域におけるカゴ漁業によるチゴダラは

- ・加入年齢は，冬季1歳魚
- ・夏季に，高齡個体(4・5+歳魚)
- ・冬季に，若齡個体(1・2歳魚)
- ・春季<夏季<秋季<冬季

資源評価に必要な情報は

季節変化を考慮して把握していく必要がある

図7. 岩手県南部沖のカゴ漁船で採集されたチゴダラの体長・年齢構成及びCPUEの関係

まとめ

適切な**資源評価・管理**に必要な

成長特性

より適切な成長式の把握

- ・モデル選択と推定方法比較
- ・高齢でも成長をし続ける

漁獲物組成

近年のかご漁業の 漁獲物組成を把握

- ・加入年齢や季節変化・CPUE

応用の可能性

成長特性

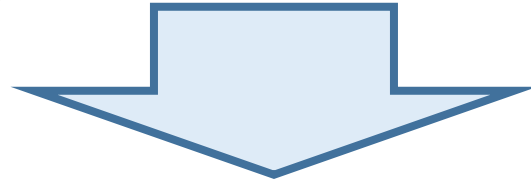
+

その他, 生物特性

漁獲物組成

+

他漁法の実態
年変化の把握など



三陸海域におけるチゴダラの資源量の算出
適切な資源評価と管理



ご清聴ありがとうございました