

ALK勉強会

新しいALK手法について

9-29-2020

底魚資源部

底魚第4G

真鍋 明弘

本日の発表内容

- 年齢別漁獲尾数の計算方法の問題
- 新しいALK手法について
 - Inverse ALK
 - Forward Inverse ALK
- おまけ

年齢別漁獲尾数

- 年齢別漁獲尾数 (Catch-At-Age: CAA)
- VPAに与える重要な数値
- この数値をどれだけ正確にするか

年齢別漁獲尾数の計算方法

体長組成データ

- 各県・各月毎に収集

体長組成を漁獲量で
重みづけ

体長別重量比を
算出

年齢別漁獲尾数

- 各年齢の尾数を合計

年齢分解

- 体長年齢関係（固定）

体長別個体数を算出

- **Forward ALK**
- 体長体重関係（固定）

年齢別漁獲尾数の計算方法

体長組成データ

- 各県・各月毎に収集

体長組成を漁獲量で
重みづけ

体長別重量比を
算出

年齢別漁獲尾数

- 各年齢の尾数を合計

年齢分解

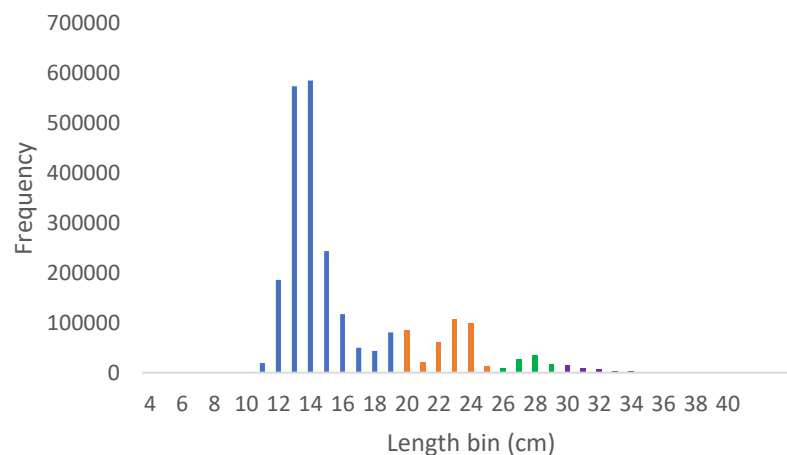
- 体長年齢関係（固定）

体長別個体数を算出

- **Forward ALK**
- 体長体重関係（固定）

年齢別漁獲尾数の計算方法

- 欠損値問題
 - 体長組成データ
 - 年齢査定



- 年齢分解の問題
 - Cohort slicing：何cmまでは1歳、何cmまでは2歳・・・
- 資源をよく知る人間に依存している（職人芸）
 - 欠損値の補完
 - 再現性の問題（誰がやっても同じ結果になるのか？）

個人的な懸念

- 資源評価対象種の増加
 - Data-poorな魚種
 - すぐに新魚種の職人になれるのか？
- Peer Reviewerからの指摘
- 引継ぎにかかる労力
- 少しでも負担を減らすには？
 - ➔ CAAの計算法を明示的にする

そこで...

今日は参考になりそうな
新しいALK手法を紹介

(使えそうな手法を開発したら皆さんに紹介します)

新しいALK手法

- 1980年代より様々なALK手法が提唱
- そんなに新しくない？
- あまり使われる機会が少ない
- ここではあまり馴染みのない2手法を紹介
 - Inverse ALK
 - Forward-Inverse ALK

Inverse ALKとは？

- 年齢に対する体長の構成から計算
- 通常のForward ALKと「逆 (inverse)」の行列

P(i j)	10	11	12	13	...	体長 J
0	0	0.5	0		...	$r(0,J)$
1	0	0.5	0.8	0.2	...	$r(1,J)$
2	0	0	0.2	0.6	...	$r(2,J)$
3	0	0	0	0.2	...	$r(3,J)$
...
年齢 I	$r(I, 10)$	$r(I, 11)$	$r(I, 12)$	$r(I, 13)$...	$r(I,J)$
合計	1.0	1.0	1.0	1.0	...	1.0

Inverse ALKとは？

- 年齢に対する体長の構成から計算
- 通常のForward ALKと「逆 (inverse)」の行列

P(i j)	10	11	12	13	...	体長J
0	0	0.5	0		...	r(0,J)
1	0	0.5	0.8	0.2	...	r(1,J)
2	0	0	0.2	0.6	...	r(2,J)
3	0	0			...	r(3,J)
...
年齢 I	r(I, 10)	r(I, 11)	r(I, 12)	r(I, 13)	...	r(I,J)
合計	1.0	1.0	1.0	1.0	...	1.0

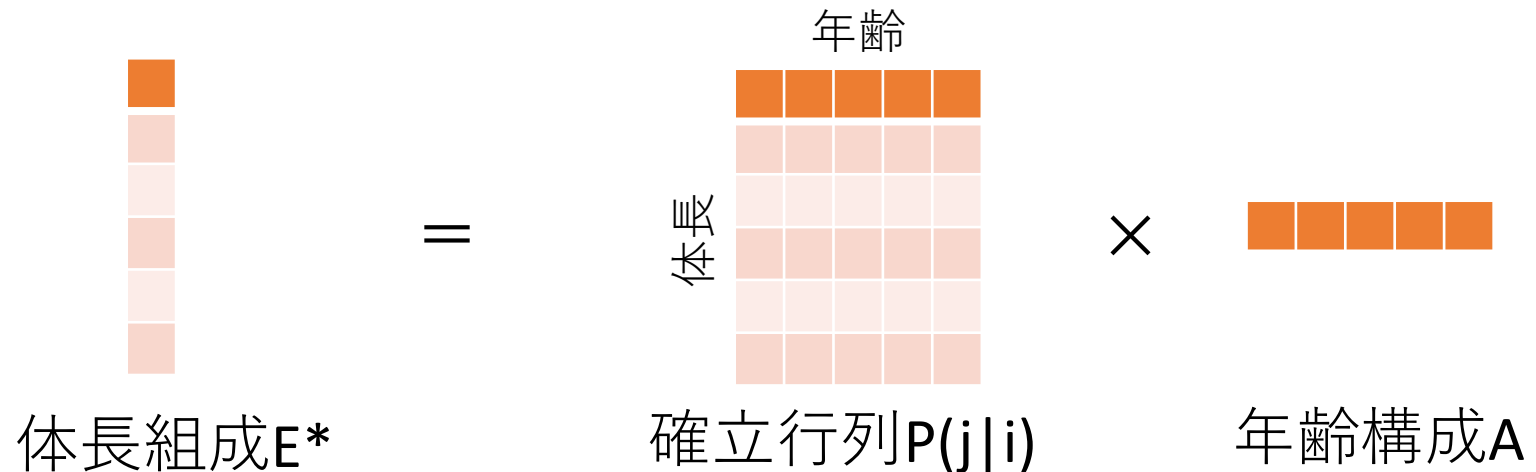
Inverse ALKとは？

- 年齢に対する体長の構成から計算
- 通常のForward ALKと「逆 (inverse)」の行列

P(i j)	10	11	12	13	...	体長 J
0	0	0.5	0		...	$r(0,J)$
1	0	0.5	0.8	0.2	...	$r(1,J)$
2	0	0	0.2	0.6	...	$r(2,J)$
3	0	0	0	0.2	...	$r(3,J)$
...
年齢 I	$r(I, 10)$	$r(I, 11)$	$r(I, 12)$	$r(I, 13)$...	$r(I,J)$
合計	1.0	1.0	1.0	1.0	...	1.0

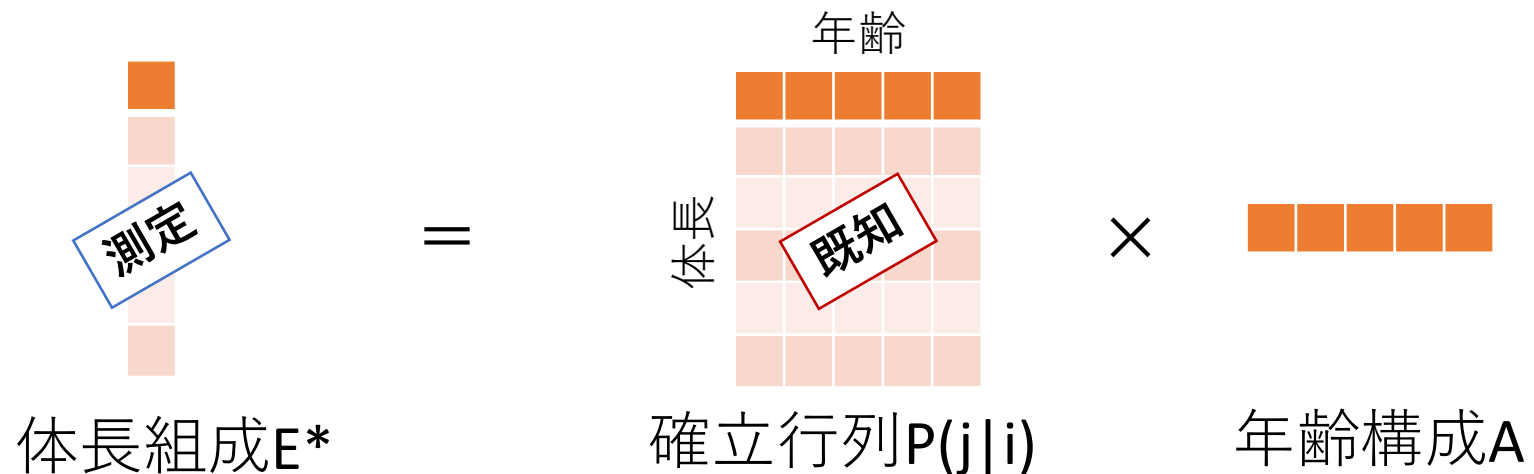
Inverse ALKの仕組み

- 年齢に対する体長組成を確立行列 $\hat{P}(j|i)$ で表現
- 体長組成をベクトル E^* で表現
- 逆関数を取り、年齢構成 A を推定。



Inverse ALKの仕組み

- 年齢に対する体長組成を確立行列 $\hat{P}(j|i)$ で表現
- 体長組成をベクトル E^* で表現
- 逆関数を取り、年齢構成 A を推定。



Inverse ALKの特徴

- 解析する体長組成と、ALKは**別年でも可**
 - 条件付ではあるが . . .
- 複数年の年齢査定情報を利用してALK構築も可
- 異なる個体群のALKを利用可能
- 場合によっては成長の似通った同属種でも？

Inverse ALKの問題

- 成長パターンや生活史に変化がないことが前提
 - 一部浮魚などコホートの成長に変化がある場合は**NG**
 - 性的二形がある場合は雄雌分けて考える必要あり
- 計算手法が少々面倒

Inverse ALKの問題

- Inverse ALKの結果の信頼性の問題

```
> head(result_inverse_ALK)
```

	0	1	2	3	4	5	6	7
7	4.306203	-2.342335	0.03743969	-0.120017	0.1842737	-0.06939124	-0.01641866	0.03233474
8	38.755831	-21.081015	0.33695719	-1.080153	1.6584637	-0.62452115	-0.14776792	0.29101267
9	204.544663	-111.260910	1.77838518	-5.700805	8.7530031	-3.29608385	-0.77988622	1.53590018
10	880.618604	-479.007498	7.65641621	-24.543467	37.6839819	-14.19050836	-3.35761543	6.61245447
11	4080.516658	-2989.878399	519.15867617	-628.623901	453.7383588	-35.16885667	-11.74271633	54.86789899
12	8220.542368	-4471.517426	71.47236452	-229.112368	351.7785887	-132.46787509	-31.34321688	61.72701996
	8	9	10	11	12	13	14	15
7	-0.0003599877	-0.02932452						
8	-0.0032398892	-0.26392066						
9	-0.0170994154	-1.39291457						
10	-0.0736174831	-5.99686379						
11	23.7486327600	-80.12638420						
12	-0.6872165045	-55.98050358						

なぜか個体数がマイナスになっている...
最小二乗法の収束点の問題？

- Inverse ALKは体長査定に誤差があると仮定
 - 実際の誤差は年齢査定では？
- 通常はForward ALKを使い、欠損の場合はInverse ALKを使えば良いのではないか。

Forward-Inverse ALKとは

- 比較的新しい手法 (Hoenig *et al.* 2002)
- ベイズの定理により Forward ALKと Inverse ALKの確立行列 P を合わせて $P(j|i)$ で表現
- 通常はForward ALKで計算

年	1	2	3
年齢データ	○	△	×
ALK	Forward	Inverse	Inverse

Forward-Inverse ALKの特徴

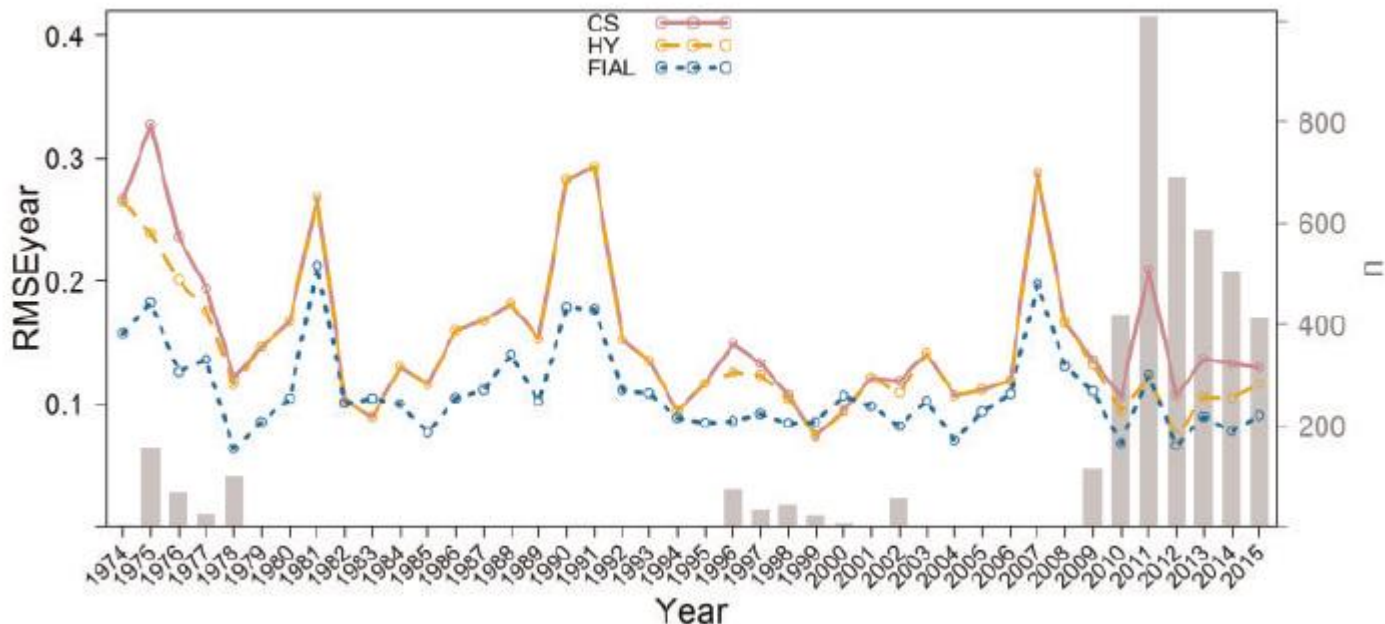
- 年齢査定データの欠損年も計算可能
- 隣の年からALKを借りてくる必要がない
- 成長パターンの変化がないことが前提
- 計算が難しい

Forward-Inverse ALK適用例

- Ailloud et al. (2019) ICES JMS
- 大西洋クロマグロデータにあてはめ
 - 大西洋クロマグロは年齢査定が充実していない！？
- 3種類の手法を比較
 - Cohort slicing (CS): 単純な年齢分解
 - Hybrid ALK: 通常年はForward、年齢欠損年はCS
 - Forward-Inverse ALK

Forward-Inverse ALK適用例

- RMSEはRoot mean square error
 - 小さいほうがより良いパフォーマンスを示
- Forward-Inverse ALKが一番良いパフォーマンス
- CSはパフォーマンスが低い

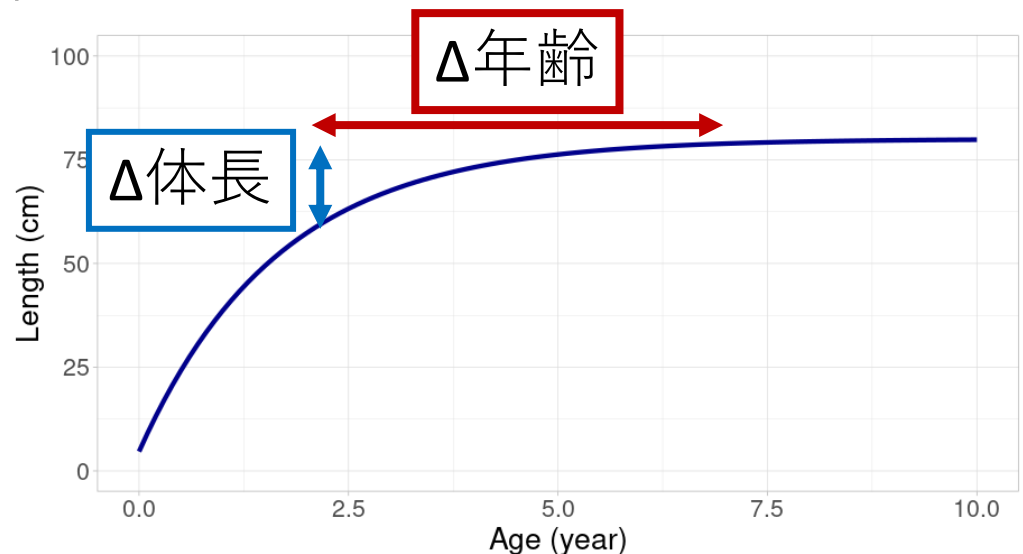


結論

- 残念ながらForward ALKが一番正確
- 全ての魚種で毎年精巧なALKの作成は困難
- Inverse ALKやForward-Inverse ALKを用い、
Data poorでも明示的な計算を行うことが可能
- データの無い魚種の第一歩として使用？
 - 底魚あたりなら適応できるかな・・・

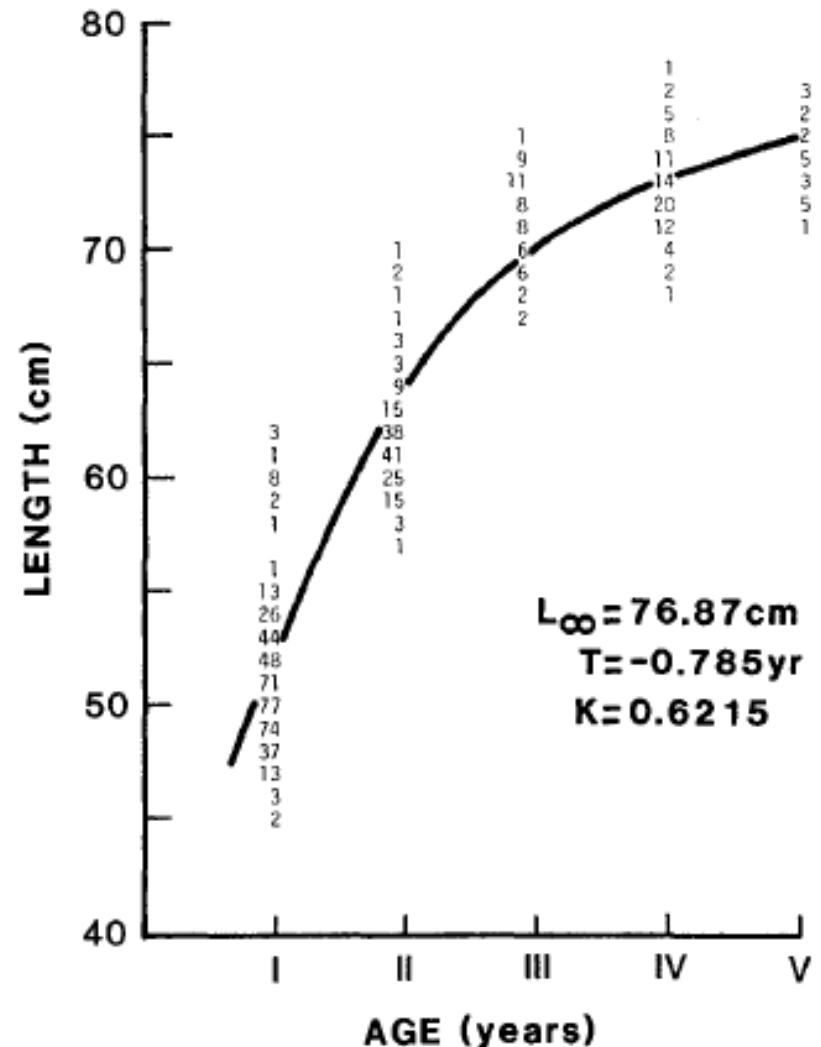
おまけ：Deterministic ALK

- Von Bertalanffyの成長曲線(VBGF)を用いて、各体長に対する年齢を点推定。
- 漸近体長 L_{∞} より大きな個体に対応不可能
- 大型魚の年齢誤差問題



Stochastic Age Frequency

- Bartoo and Parker (1983)
- 確立行列を用い
体長組成を年齢へ分解
- 成長パターンが変化しないことが条件
- L_{∞} 以上の個体サイズに対応困難



参考文献

- Ailloud, L. E. & J. M. Hoenig (2019). A general theory of age-length keys: combining the forward and inverse keys to estimate age composition from incomplete data. ICES J. Mar. Sci. 76(6). 1515-1523.
- Ailloud, L. E., M. V. Lauretta, J. F. Walter III & J. M. Hoenig.(2019). Estimating Age composition for multiple years when there are gaps in the ageing data: the case of western Atlantic bluefin tuna. ICES J. Mar. Sci. 76(6). 1690-1701.
- Bartoo, N.W. & K. R. Parker. (1983). Stochastic age-frequency estimation using the von Bertalanffy growth equation. Fish. Bull. 81(1). 91-96.
- Kimura, D. K. & S. Chikuni. (1987). Mixtures of empirical distributions: An iterative application of the age-length key. Biometrics. 43. 23-35.
- Hoenig, J. M., R. C. Hanumara & D. M. Heisey. (2002). Generalizing double and triple sampling for repeated surveys. Biometrical Journal. 44. 603-618.