

モニタリングデータの解析と活用

平成30年度 特定鳥獣（獣類）の保護管理に係る研修会 <上級編>
一般財団法人 自然環境研究センター
諸澤崇裕

講義のねらい

- モニタリングデータの活用と活用方法を知る
- 階層ベイズ法による個体数推定手法の概要を理解する
- 階層ベイズ法による個体数推定結果の解釈について理解する
- 階層ベイズ法の注意点を理解する

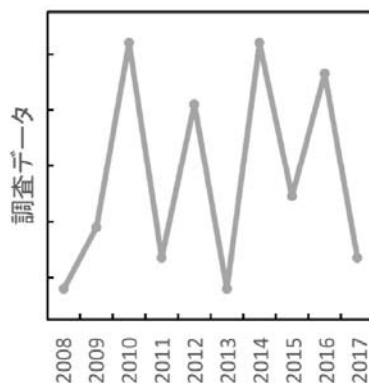
講義内容

- ◆ モニタリングデータの解析方法
- ◆ 階層ベイズ法を用いた個体数推定の概要
- ◆ 階層ベイズ法を用いた個体数推定の解釈について
- ◆ 階層ベイズ法を用いた個体数推定の注意点

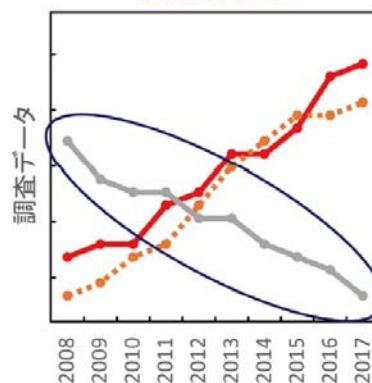
モニタリングデータから傾向を読み取る

モニタリングデータから傾向を読み取る際には**複数の指標**のデータを見ることが重要。

数倍の増減を繰り返している



他のモニタリング結果と齟齬が大きい

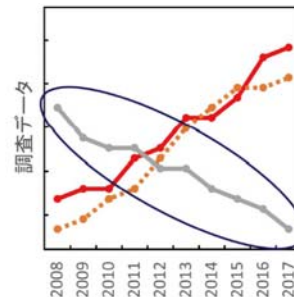


ベイズ法による個体数推定解説書付属書より

モニタリングデータ解釈の注意点

モニタリングデータ（特にCPUE、SPUE）の傾向解釈には注意が必要

- 捕獲が進み低密度化が進むことで、CPUE、SPUEは減少する。
- 一方で、人への警戒心が高まることで、CPUEやSPUEが下がることもありうる。
- 複数指標によって、傾向を読み取ることが望ましい。



モニタリングデータの解析方法

モニタリングデータから何らかの傾向を読み取る、または結果を適切に解釈する必要がある

→モニタリングデータを分析する必要がある。

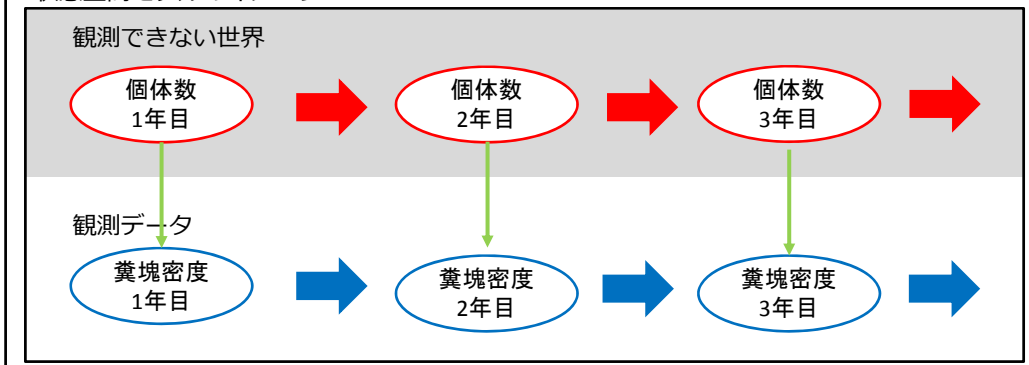
例) 移動平均



モニタリングデータの解析方法（階層ベイズ法）

モニタリングデータ（時系列）データの解析方法のひとつ**状態空間モデル**がある。状態空間モデルのひとつとして、**捕獲数に基づく階層ベイズ法による個体数推定**がある。

状態空間モデルのイメージ

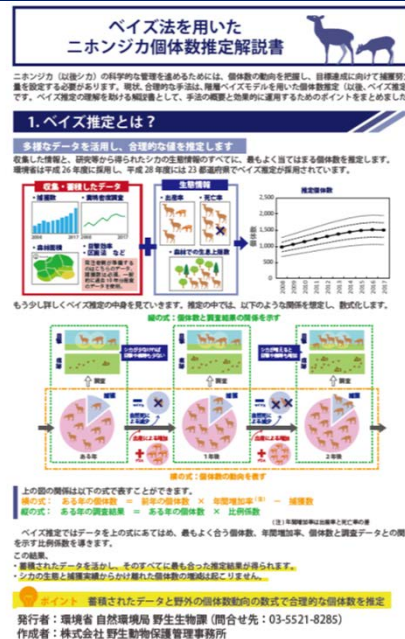


階層ベイズ法とは？

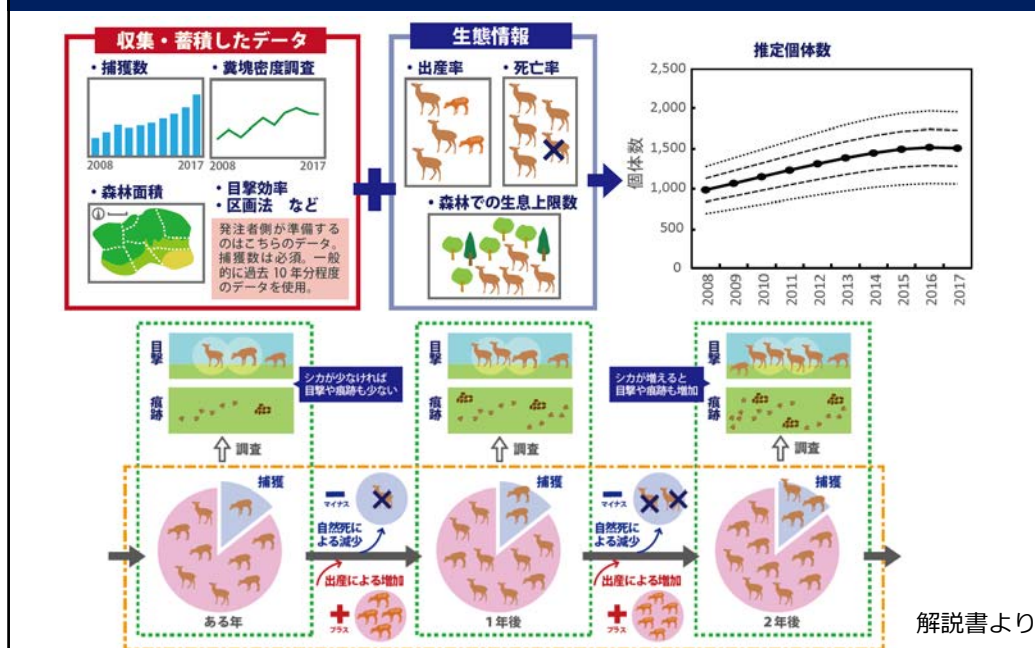
階層ベイズ法とは

→シミュレーションの1種

シミュレーション：予測・設計・計画策定などのためにモデルを作り、それを使って観測または実験すること。



階層ベイズ法による個体数推定とは？



階層ベイズ法による個体数推定とは？

階層ベイズ法とは

生息個体数や自然増加率など未知の変数について、得られたデータとモデルから推定される期待値のずれを最小化するような数値を、可能性のある数値の範囲から値を1つずつ試行錯誤的に繰り返し代入し、**捕獲数や密度指標データと整合性の高い数値**を見つけ出していく方法。

①事前分布：過程モデルや観測モデルの各変数のとりうる範囲

(例：自然増加率、密度指標データの係数など) のとりうる範囲の設定幅の広い事前分布を用いることが望ましいが、基準年個体数や自然増加率については既存文献や生物学・生態学的観点から指定を行うこともある。

②過程モデル：シカの生息個体数の年変動を示す理論的なモデル

(ハーベストベースドモデル)。

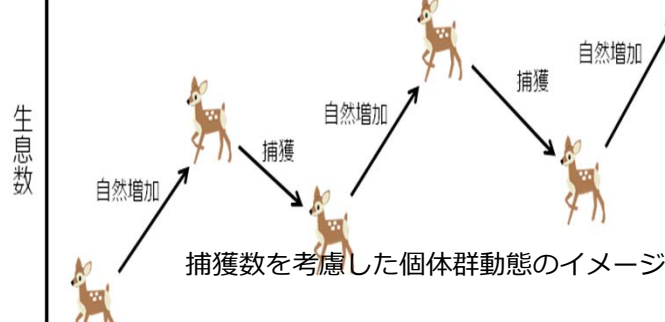
③観測モデル：密度指標データと生息個体数の関係を示すモデル

(例：糞塊密度の期待値 = 生息個体数 × 比例係数)

ハーベストベースドモデルとは？

捕獲数と密度指標データを個体数変動と関連付け、直接観測できない個体数を推定する方法。

$$\text{翌年の生息個体数} = \text{ある年の生息個体数} \times \text{自然増加率} - \text{ある年の捕獲数}$$



- 自然増加は出生と死亡の差にとらえる
- 雌雄比は明示的には考慮していないが、自然増加率に含められているにとらえることも可能（データに依存する）
- 推定している空間スケールはデータがある範囲全域でその外側との出入り（移出入）は考慮していない

観測モデルとは？

野外観察可能なデータ



=

生息個体数

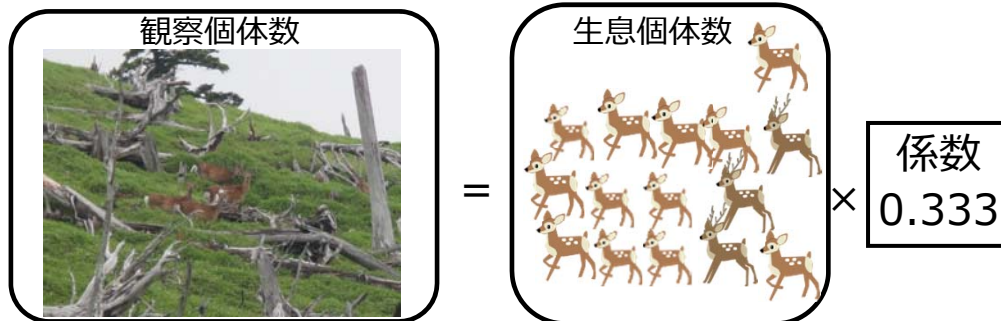


×

係数

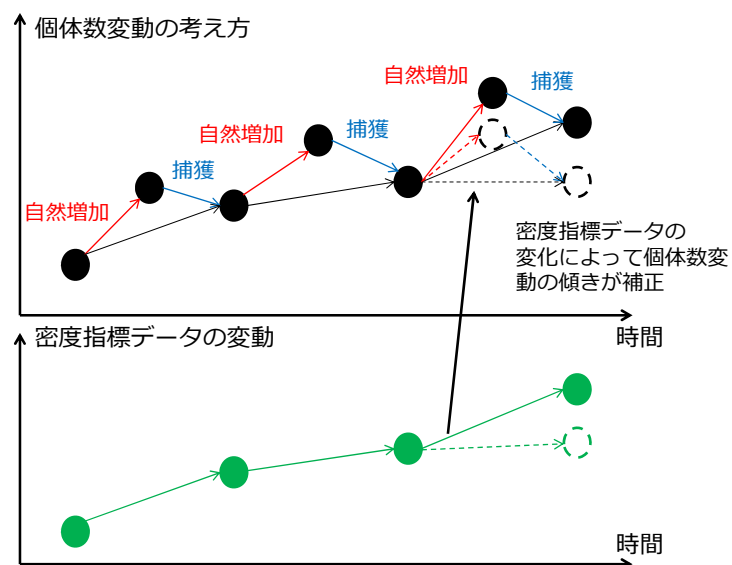
野外観察可能なデータは生息個体数に何らかの値をかけたものと考えられる。
データそのものが従うばらつきや、観測誤差に基づいて、係数や生息個体数も幅のある数値となる

観測モデルの考え方（区画法の場合）



生息個体数が15頭、観察個体数5頭の場合
係数は0.333と推定される。

個体数（知りえない値）とデータの間を関係を考える



生息数推定に必要なとなるデータ

➤ 生息数と比例すると考えられるデータ

例：狩猟捕獲数（銃猟、わな猟）、許可捕獲数、CPUE、SPUE、糞塊密度、糞粒密度、ライトセンサスによる発見数

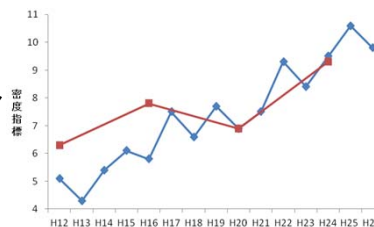


図 密度指標データの例

➤ 長期間継続して収集しているデータ（上図）

何年か毎の調査でも変動傾向をつかめるデータ

➤ 空間的な偏りが少ないデータ（下図）

県内全域からサンプルされているようなデータ

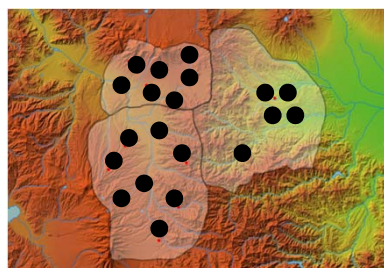
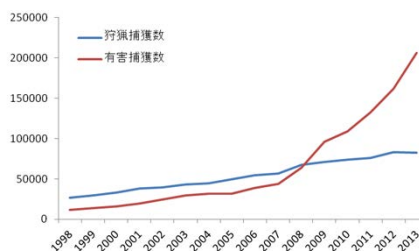


図 調査地点の空間的なばらつきのイメージ

全国二ホンジカ個体数推定の使用データ

全国二ホンジカ個体数推定で使用しているデータ

- 狩猟捕獲数
- 許可捕獲数
- 銃猟登録者数あたりの捕獲数
- わな猟登録者数あたりの捕獲数



捕獲数データは報奨金や捕獲規制の影響を受ける

都道府県単位の推定では、密度指標となるデータの使用が望ましい。

階層ベイズ法による個体数推定のメリット

- 捕獲数、ライトセンサスによる発見数、糞粒密度など生息数の指標となるデータを複数用いることで、信頼性の高い推定が可能。
- 推定に個体群動態の考え方を取り入れているため、野生動物の個体群動態に直結させられる推定手法である（左図）。
- 捕獲数を用いて個体数を推定しているため、直観的に個体数と捕獲数の関係を把握しやすい。このため、特定計画にも反映しやすい。
- 新たなデータが追加されることで、最新の情報に基づいて推定値が改善される（右図）。
- 推定値が改善されていくことで、目標捕獲数の見直しを行っていくことが可能。

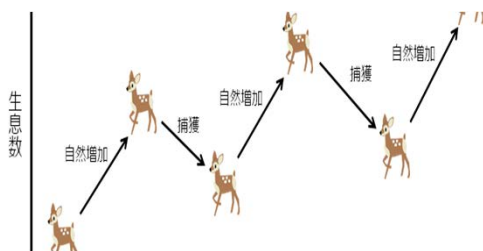


図 捕獲数を考慮した個体群動態のイメージ

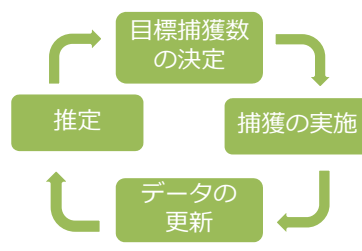


図 推定値と捕獲数の見直しサイクル

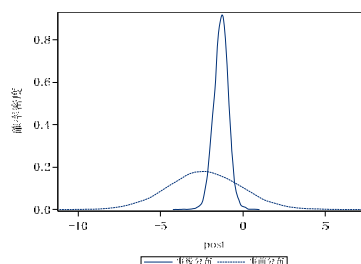
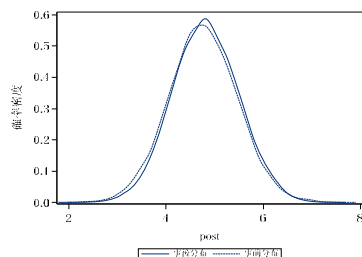
収束判定

計算結果が統計学的な基準を満たしているかを判定する必要がある。

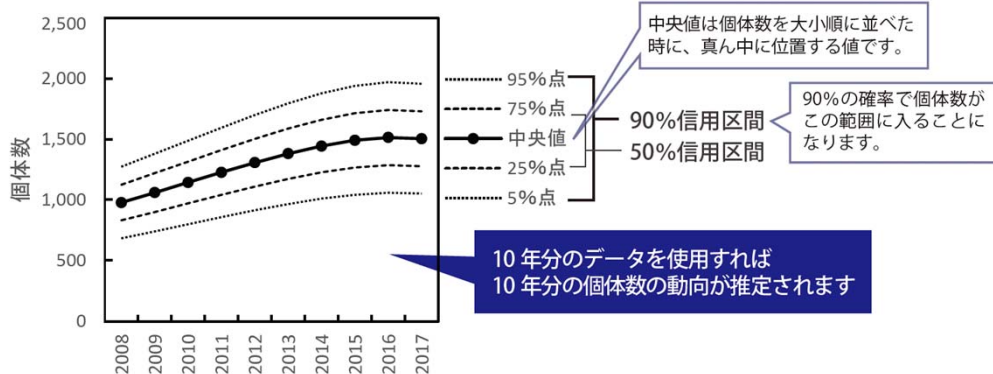
●収束判定の基準

- Geweke 法
- 有効サンプルサイズ
- Rhat値

事前分布、事後分布の比較により事前分布の設定が適切か評価可能。



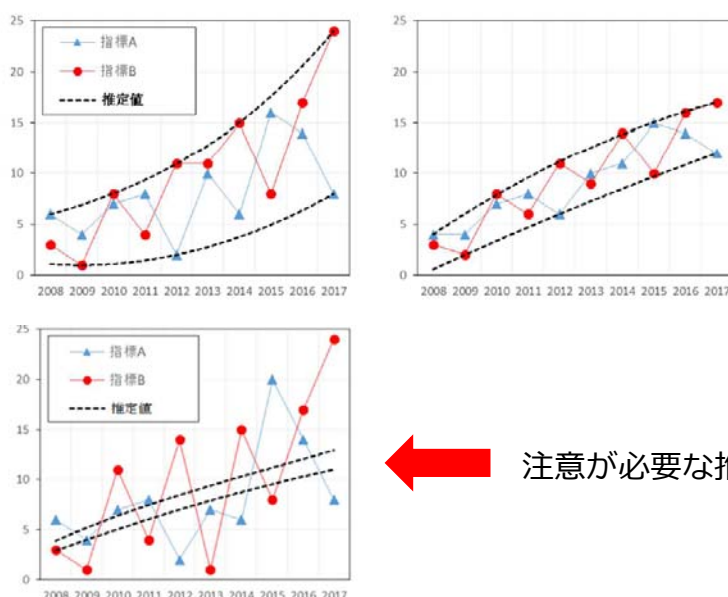
個体数推定結果の見方



解説書より

個体数推定結果で確認すべき項目

①推定幅：観測データとのバランス



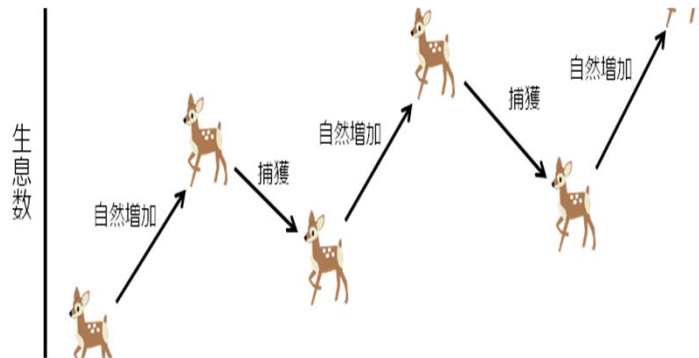
注意が必要な推定結果

付属書より

個体数推定結果で確認すべき項目

②推定値：生態的知見との整合性、異常値

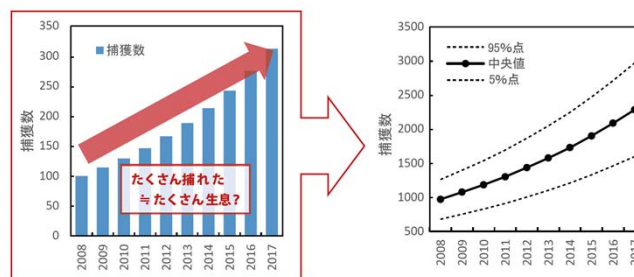
例) 個体数が捕獲数を下回る、または0より小さい。
自然増加率が生態から考える値よりも高い



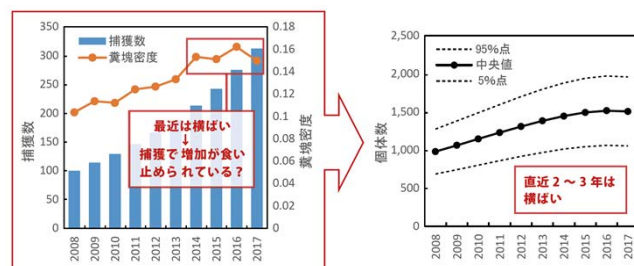
付属書より

推定に使用するデータの注意点

●捕獲数のみでの推定



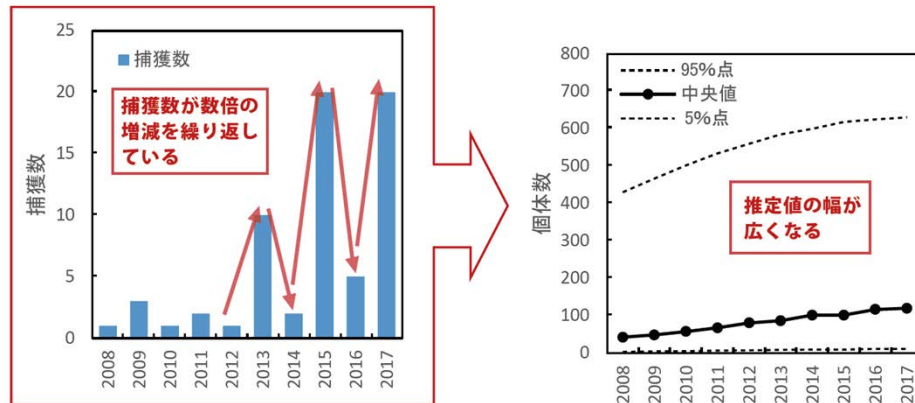
●モニタリング結果を加えた推定



解説書より

推定に使用するデータの注意点

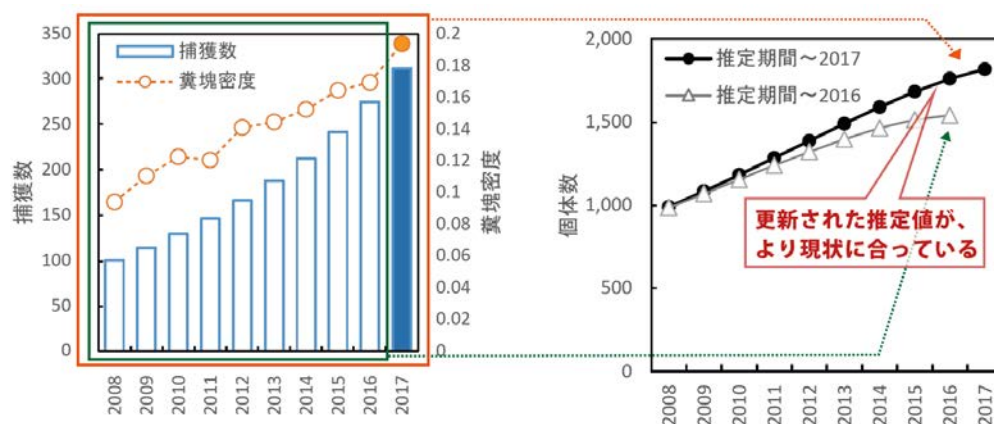
● 捕獲数が少ない地域での推定



解説書より

推定の更新

ベイズ推定では、新たなデータが追加されると必ず過去の値も含めて最新の値に修正される。



解説書より

まとめ

- ベイズ推定においては、**複数の指標**、特に**密度指標のモニタリング調査**の結果を用いて推定することが望ましい。
- ベイズ推定では、**新たなデータが追加されると必ず過去の値も含めて**最新の値に修正される。捕獲数が大きく増えると上方修正される可能性が高いので、そういった特性を理解しておく必要がある。
- 推定値が修正されるが、**捕獲数との整合性が取れた推定である**ため、捕獲の結果を評価するためには重要な手法である。