



# 最近のクマ類 生息個体数推定



山上 俊彦 氏

日本福祉大学経済学部教授  
(京都大学経済学部卒)



2015年7月12日 関西学院大学法科大学院  
(兵庫県西宮市)

◆編集部が専門的な数式やグラフを省き、一般向きに説明を補足して大意をまとめました。詳細は後日発行予定の日本奥山学会誌第4号をご覧ください。

## はじめに

私は、大学で統計学などを用いた応用経済学を教えている経済学者です。

最近、野生動物の生息数を推定するのに、ベイズ統計学がよく用いられるようになってきました。なぜ野生動物の生息数を推定する必要があるのかということですが、1999年に当時の環境庁が「鳥獣保護法」を改正して、日本の野生動物対策に、西洋型のワイルドライフマネジメント（日本語訳：野生鳥獣保護管理）を導入すると決めたことから始まります。つまり、今後は人間が野生動物の個体数を捕殺等の手段を用いてコントロールしていくことになったのです。このために、各都道府県知事は、クマ・サル・シカ・イノシシなどの特定動物に対して、それぞれ必要に応じて個別に保護管理計画を立てるように法律で規定されました。計画を立てるに当たっては、まず何頭いるのかという生息数を出し、専門家が決定した適正生息数を超える場合は、行政が捕殺数の上限を設定して有害捕殺数の許可や狩猟の促進を行うというわけです。

## 生息数の出し方

法律の意図するところはわかりますが、広範な森の中を人目につかないように動き回っているこれら大型野生動物の個体数を数えることは、実質上、不可能なのです。アフリカの大草原に群れている草食動物の群れを、空から飛行機で撮影して数えるようなわけにはいきません。

そのため、例えばクマの場合だと、「ヘア・トラップ法」、「カメラ・トラップ法」、「標識再捕獲法」、その他いろいろな手段を使って生息推定数を出すのです。捕獲数や目撃数に何らかの倍数を掛けて総数を推定することになるのですが、その倍数をどう設定するかがとてもむずかしいのです。不確実なことがとても多くて、倍数を適切に設定できないために、現実にはありえないような個体数が出てきてしまったりします。

ある県では、隣県の目撃数を使ったり、掛ける倍数を適当に修正したりとか、恣意的と思える操作をしています。どんなに精緻にDNA検査をしたり、カメラで月の輪の形を撮影したりして個体識別をしたとしても、最後に掛けた倍率が間違っていたら、全てが台無しです。

個体数推定の基本的考え方を式に表すとこのようになります。

$$\hat{N} = \frac{C}{\alpha} \times \beta$$

$N$ が実際の生息数です。左辺の $N$ は上に帽子をかぶっていますね。ハットと読みます。これは推定値だということを表しています。全頭を捕獲したり全頭を目撃するなどできませんから、一部の捕獲数や一部の目撃数を使って、クマの生息推定数を出す訳です。その場合、「ヘア・トラップ法」や「カメラ・トラップ法」では、クマの生息地をいくつかの区画に分けてその中の数か所で、蜂蜜罠を使ったりして、クマを誘い出して個体識別をすることになります。

分子の $C$ は捕獲又は目撃された数です。 $\beta$ は総区画数です。問題は、 $\alpha$ で表わされている捕獲(目撃)率なのです。もし、クマが10頭生息しているような場所で、捕獲(目撃)されたクマが5頭だったとしたら、捕獲(目撃)率 $\alpha$ は0.5となりますから、生息推定数は、 $5/0.5$ で10頭になります。

もう気づかれたでしょうが、捕獲(目撃)率というのは、その区画内に実際何頭のクマがいたかわからないと出せないのです。実際のところ、その区画内でのクマの総数がまずわからないので、捕獲(目撃)率が出せません。また、蜂蜜罠が誘引となっているので捕獲(目撃)は無作為に行った結果とは言えません。しかも、総区画数 $\beta$ ですが、どの区画にも均等にクマが分布しているわけではないので単純に倍率を乗じることができないなど、いろいろ無理が生じます。

## ベイズ統計学～MCMC法を用いた階層ベイズ法～で、生息数を推定する

最近、不確実な事象を扱えるベイズ統計学という統計学を使って、生息数を推定できないかという試みがかなり行われるようになってきました。ベイズ統計学は、200～300年前からあるんです。例えば、男の子と女の子の生まれる確率はふつう1/2と考えられますが、ある家系では、男の子ばかり生まれる。そうすると、次に生まれる子供は男か女かって言ったら1/2じゃなくなってくる。この様に実際に現れたデータを用いて当初の確率の修正を行って



いくのです。

はっきり言うておきますが、ベイズ統計学というのは、実は野生動物の生息数を推定するための理論ではなくて、統計学のひとつのテクニックなのです。具体的にいうと、MCMC法を用いた階層ベイズ法で出した倍率 $\alpha$ や $\beta$ の推定値で捕獲数や目撃数を修正して個体数を推定するということなのです。

モデルが階層的になっていくので、階層ベイズ法と言います。これ、解くのが大変なんです。なぜかという、多重積分というものをしなければならぬ。ところが、多重積分というのは一度やったことがある人ならおわかりでしょうが、二度とやりたくないくらい面倒なのです。

それで、どうするかという、MCMC法を使うのです。後ろのMCは、賭博の町モンテカルロが語源です。要するに、ランダムに乱数を出すのです。前半のMCは、マルコフチェーンといって、一期前に依存する乱数を出して、ちょっとずつ横に滑らしていくんです。より確率が高ければ採択し、低ければ棄却するというのを何万回何十万回も繰り返していくと、元の多重積分で表された確率分布を再現できるというものなのです。計算が大変なので、コンピュータを使うしかありません。応用物理の世界でよく使われています。

## 階層ベイズ法を使うと、兵庫県のクマの生息数は過大推定

2011年に、兵庫県の研究員達が「MCMC法を用いた階層ベイズ法による捕獲数に基づく個体数推定」を使って兵庫県のクマの生息推定数を出しました。兵庫県では、2010年のクマ捕獲数は212頭（重複捕獲カウントを含む）で、例年と比べると異常に多くなっています。そのうち70頭が殺処分されました。たくさん捕獲されてたくさん殺処分されると、実際は、生息数は減るのですが、計算上は、どんどん増えてクマが爆発増加したことになってしまいました。

なぜこんなことになったのでしょうか。

①2010年の捕獲数が異常に多いにもかかわらず、個体推定式のCにその値を用いています。分母の捕獲率 $\alpha$ の推定値が他年度と大きな相違がないため、2010年の生息数が異常に多くなり、2009年以前の生息数も引き上げて右肩上がりに増加してしまっただけです。クマの捕獲数は生息数から控除されますが、それを上回る自然増加率で生息数は再び増えていることになっています。（図1）

兵庫県の資料では、2010年に、東中国地域で異常に高い出沒数が出ているので、何らかの異常事態が生態系で起きていたと考えられます。この異常に高い捕獲数を内容について吟味することなく無修正で使用すると、生息数が過大に推定されるのは当然です。

②捕獲率 $\alpha$ が小さく設定されている。

兵庫県では、これまで捕獲したクマに標識を着けて放獣してきましたから、標識付きのクマを再捕獲した率とこのモデルで使った捕獲率とがほぼ一致しなければいけません。ところが、図2を見ますと、2010年の標識付きのクマの捕獲率約0.5よりもかなり低い約0.2という捕獲率になっています。低く出るということは、個体数を過大に推定しているということです。

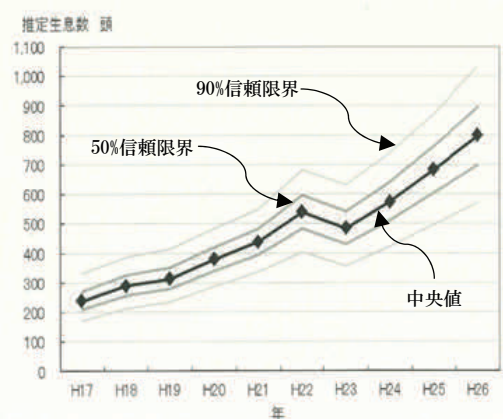
そこで、兵庫県の研究員達は、クマは思ったより長生きしていたとして再捕獲した率を低く修正して辻褃をあわせています。このようにして求められた生息数が兵庫県の2012年の保護管理計画で採用されています。ところが、クマが長生きしたという説明に基づいて標識付き個体数を過去にさかのぼって逆算すると、マイナスの値になってしまいます。ということで、推定個体数はやはり過大推定された数値だったということになります。

## 兵庫県のツキノワグマは何頭いるのか

兵庫県の研究者達がクマの生息推定数を高く出すようになってから、兵庫県では補殺数がどんどん増えていっています。階層ベイズ法を用いたクマ類生息個体数の推定値は、たくさんいるはずだから補殺してもいいという免罪符（許し）になっているのではないかと私は思います。図1にあるように2015年の保護計画では、2014年の兵庫県のクマ生息推定数は90%信頼限界では、570頭～1035頭で、中央値は798頭となっていますが、私は、200頭～300頭程度しかないと思いますよ。

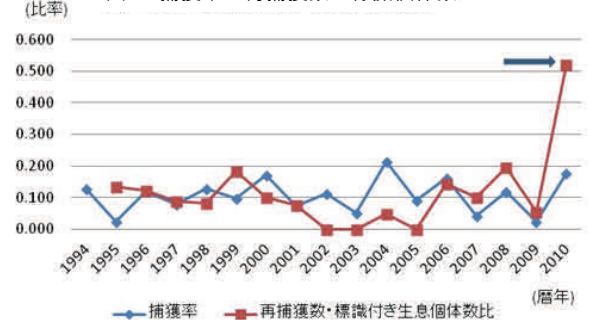
みなさん、もうお気づきだと思いますが、階層ベイズモデルを構築してMCMC法でクマの生息推定数を出す場合、捕獲率の妥当性を検証できない現在の手法では、いくらでも個体数を大きく見積もることが可能となります。補助情報を用いて推定の精度を向上させるといった改善がなされない限り、環境に応じて行動を変える野生動物にはこの手法は適用できません。誠実に推定するのであれば、従前の手法の方が却って精度が高いかもしれません。

図1 兵庫県のツキノワグマの推定生息数



(出典：兵庫県(2015)『ツキノワグマ保護計画』)

図2 捕獲率と再捕獲数・標識個体数比



資料：坂田他(2011)「ツキノワグマの生息動向と個体数の推定」、兵庫ワイルドライフモニタリング号を基に作成