

ヒグマ分布の変遷の推定

飯島勇人

目次

背景	1
材料と方法	1
用いたデータ	1
分布の推定方法	2
結果	2
データと分布	2
個体数推定の試行	6

背景

前回のヒグマ保護管理検討会では、人との遭遇や人身被害が減少しないことから、特に緊急性が高い地域について捕獲目標の設定を含めて検討するという意見が出された。しかし、ヒグマについては、エゾシカなどと比較すると比較的低密度であり、空間的に詳細な単位のモニタリングを広域で行うことは困難である。そのため、これまでの北海道の推定は地域個体群を対象になされてきた。しかし、特に緊急性が高い地域を抽出するためには、ヒグマの分布について空間的により詳細な単位での情報が必要である。本資料は、既存のデータを用いることでヒグマの詳細な分布を検討した資料である。

なお、結果についてはまだまだ検討の余地があり、今後新たなデータの導入やモデルによる解析を行うべきものと認識している。委員の皆様方から積極的なご意見をいただき、改良したいと考えている。

材料と方法

用いたデータ

用いたデータは、以下のとおりである。

- 北海道が独自に調査した 1991 年、1997 年の 5km メッシュ単位のヒグマの在不在
- 環境省が調査した 2002 年、2017 年の 5km メッシュ単位のヒグマの在不在

- 森林生態系基礎調査で記録された、1999～2016の5kmメッシュ単位のヒグマの在データ
- 環境省の5万分の1植生図から得た、5kmメッシュに占める落葉広葉樹天然林、常緑針葉樹天然林、人工林、農地、都市の割合
- 北海道の国有林で得られている、ヒグマの痕跡発見率（1994年～2022年）

分布の推定方法

近年、時空間のランダム効果を想定することで、時空間的に疎なデータの欠測部分を推定するモデリングが注目されている。ただし、時空間にわたるランダム効果を推定することは容易でなく、計算時間も膨大になる。近年利用可能となりつつある確率偏微分方程式を用いたラプラス近似によるベイズ推定（INLA-SPDE）は、高い計算効率によりこのような複雑なモデルに対しても比較的短時間で解を与える。そこで、INLA-SPDEにより、ヒグマの存在確率の時空間推定を行った。

メッシュ m の t 年における存在確率 ($\psi_{m,t}$) の推定においては、単に時空間のランダム効果で補間を行うのではなく、以下のような説明変数の効果を検討した。

$$\psi_{m,t} = 1 - \exp(-\exp(\alpha + \beta_1 \times \text{落葉広葉樹天然林率}_m + \beta_2 \times \text{常緑針葉樹天然林率}_m + \beta_3 \times \text{人工林率}_m + \beta_4 \times \text{農地率}_m + \beta_5 \times \text{都市率}_{m,t} + \beta_6 \times \text{痕跡発見率}_{m,t}))$$

$\psi_{m,t}$ を 0 から 1 の間に収めるため、相補重複対数リンク関数を用いた。また、全ての説明変数は標準化した。

結果

データと分布

1991年の時点では、ヒグマの分布は渡島半島、日高山脈、大雪山系など一部に限られていた（図1）。しかし、その後分布域は拡大し、2017年の時点では札幌市と帯広市など都市部を除いてほぼ全てのメッシュに分布していた。

INLA-SPDEにより、1991年から2021年までのヒグマの存在確率を推定した（図2）。

ヒグマの存在確率は、落葉広葉樹天然林率、人工林率、農地率が高く、痕跡発見率が多いほど高かった（表1）。都市率の効果は有意ではないものの、都市率が高いほど存在確率は低い傾向が見られた。

表 1: 推定された係数

	mean	sd	0.025quant	0.5quant	0.975quant	mode
切片	-1.817	0.905	-3.884	-1.720	-0.285	-1.589
落葉広葉樹林率	0.294	0.026	0.242	0.294	0.346	0.294
常緑針葉樹天然林率	-0.012	0.030	-0.071	-0.012	0.047	-0.012

	mean	sd	0.025quant	0.5quant	0.975quant	mode
人工樹林率	0.241	0.023	0.197	0.241	0.286	0.241
農地率	0.064	0.030	0.005	0.064	0.123	0.064
都市率	-0.022	0.024	-0.069	-0.022	0.025	-0.022
痕跡発見率	0.246	0.108	0.034	0.246	0.459	0.246

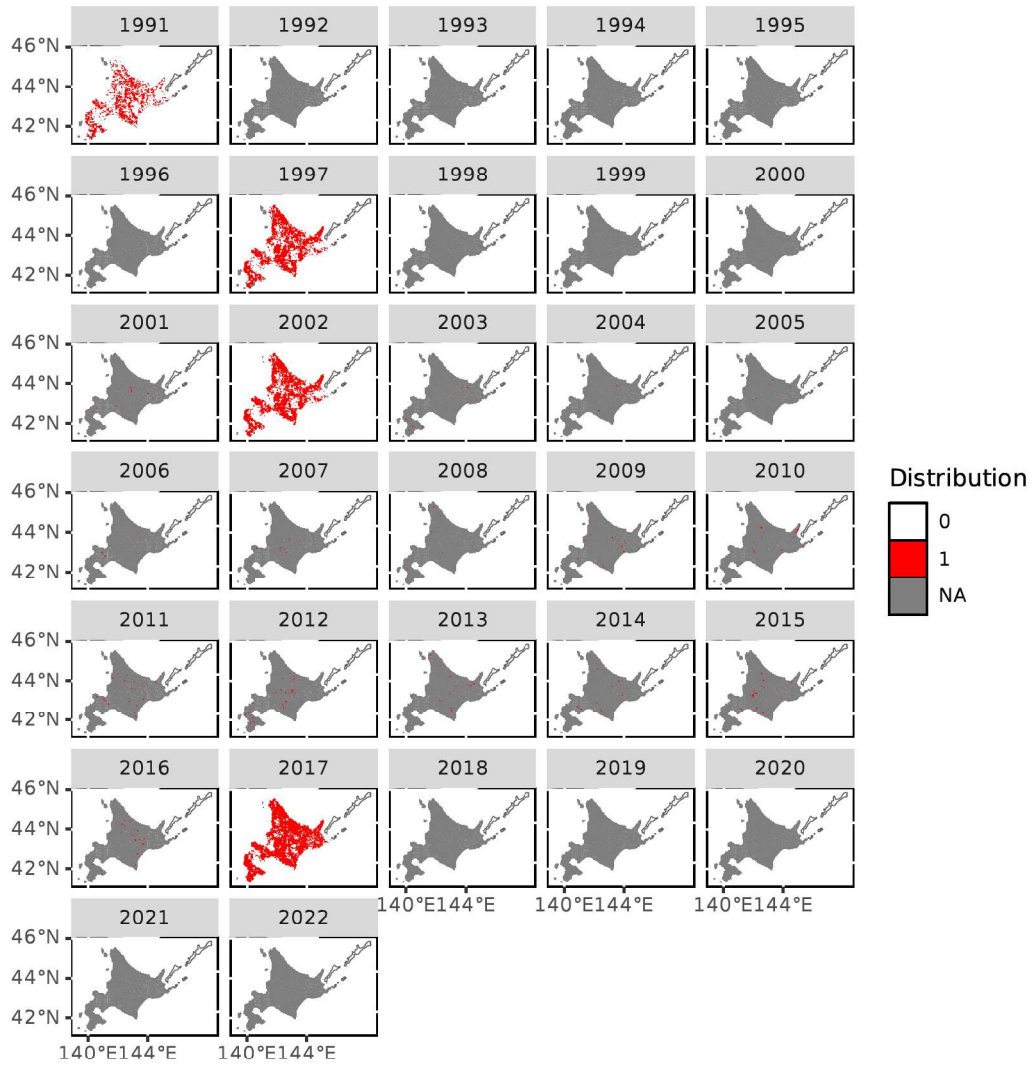


図1: ヒグマ分布調査の結果

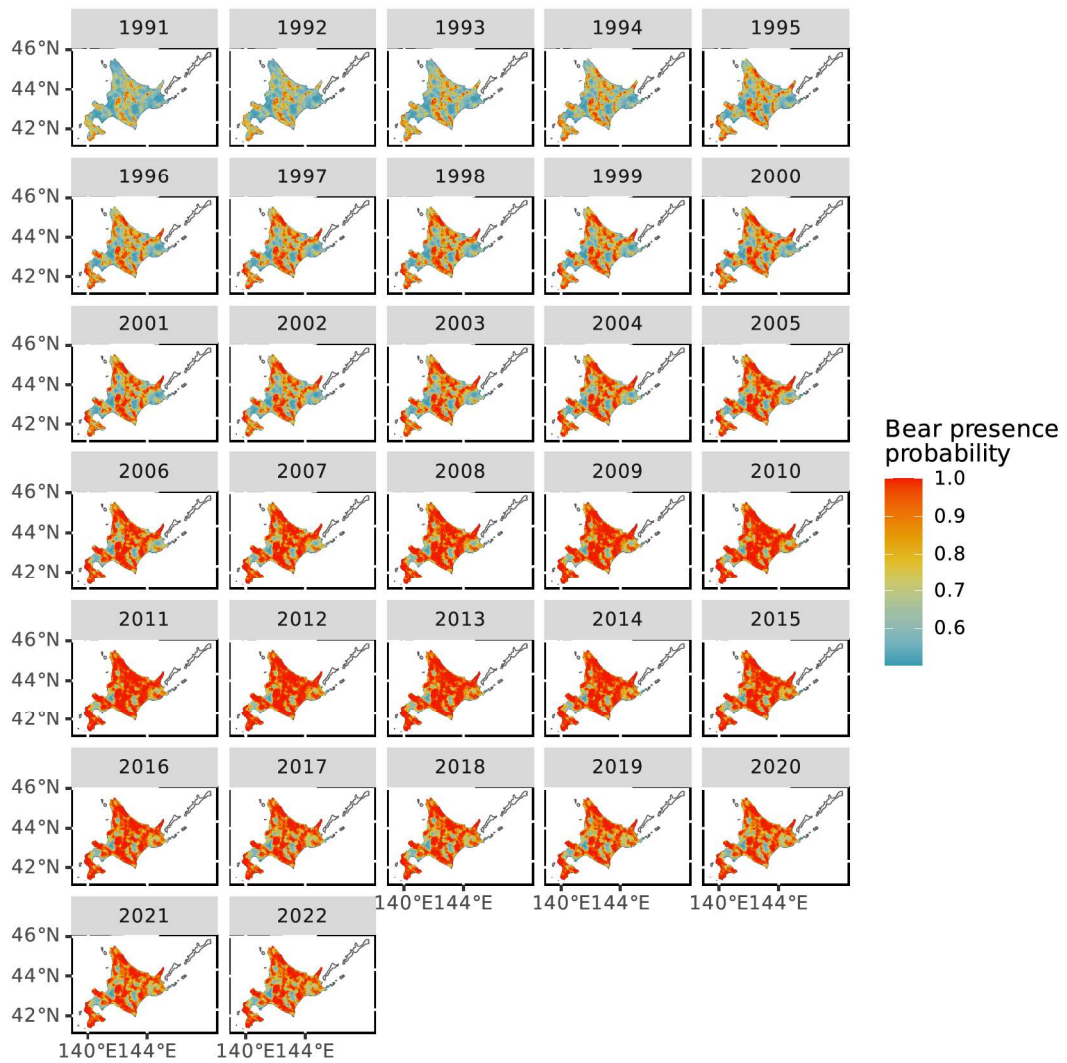


図 2: 推定されたヒグマの存在確率

個体数推定の試行

在不在データから個体数を推定することは、一般に困難である。しかし、Royle and Kery (2015) において、在不在データから個体数を推定する以下のような方法が説明されている。

- 在データが得られるということは、個体数が1以上である。そのため、 $\psi = Pr(z = 1) = Pr(N > 0) = 1 - Pr(N = 0)$ が成り立つ。
- 個体数が強度 λ のポアソン分布に従って得られると仮定すると、 $Pr(N = 0) = \exp(-\lambda)$ となる。
- 以上の関係から、 $\psi = 1 - \exp(-\lambda)$ が導出される。
- この式を変形して、 $\log(\lambda) = \log(-\log(1 - \psi))$ を得る。
- 左辺は対数リンク関数を適用したポアソン分布の期待値、右辺は相補重複対数リンク関数を適用した二項分布の期待値となっている。
- そのため、相補重複対数リンク関数を適用した二項分布の線形予測紙を指数変換すれば、個体数の予測値となる。

この方法に基づき、推定された存在確率から個体数を推定した (図 3)。森林がまとまって存在する地域を中心に個体数が多くなっていた。本結果の活用方法として、個体数が多い地域の周辺を中心に捕獲目標を設定することが考えられる。

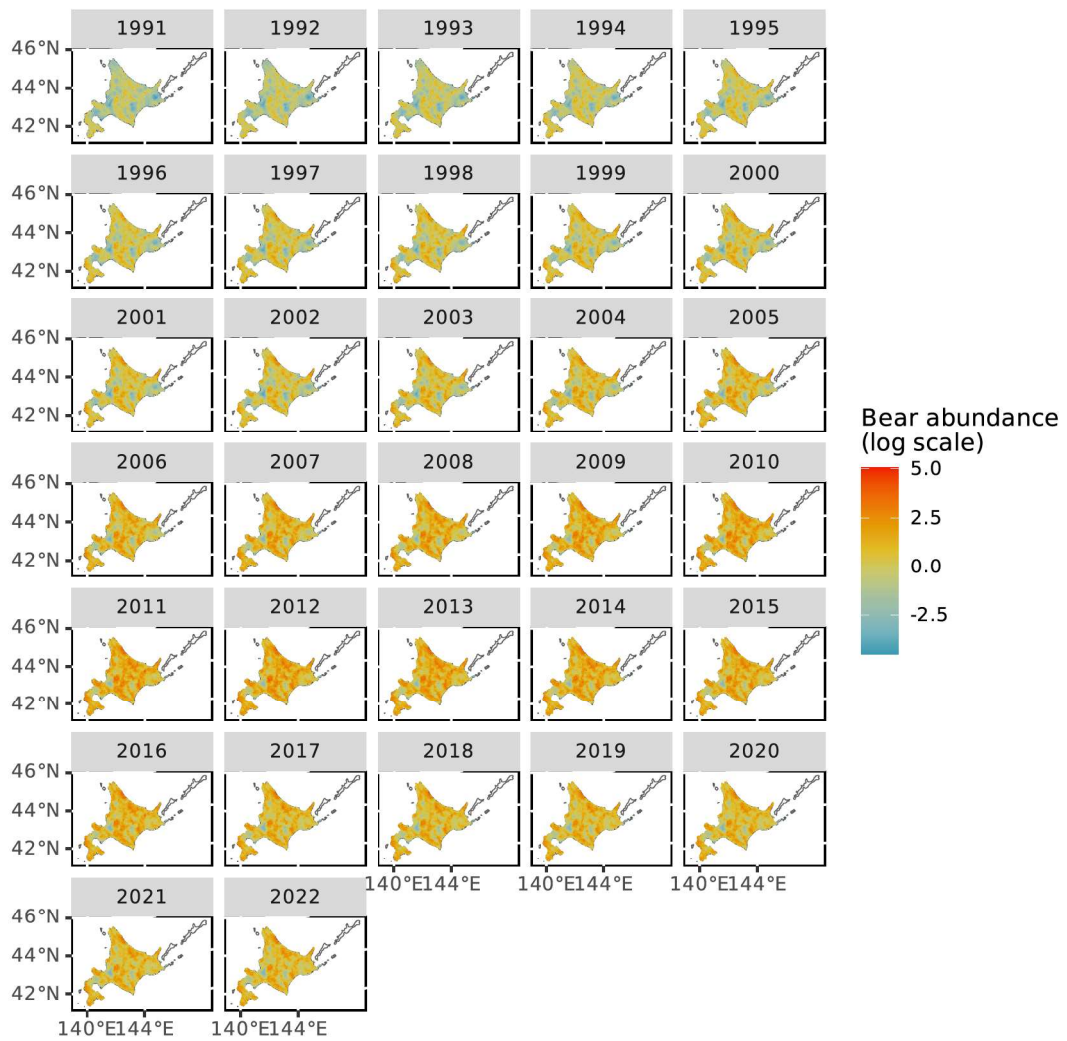


図 3: 推定されたヒグマの対数個体数