



# 力学ダウンスケールによる高解像度気候予測値を利用した北アルプスにおけるライチョウの潜在的生息適地評価

長野県環境保全研究所 自然環境部 栗林 正俊  
尾関 雅章  
浜田 崇  
堀田 昌伸



# ニホンライチョウ *Lagopus muta japonica*

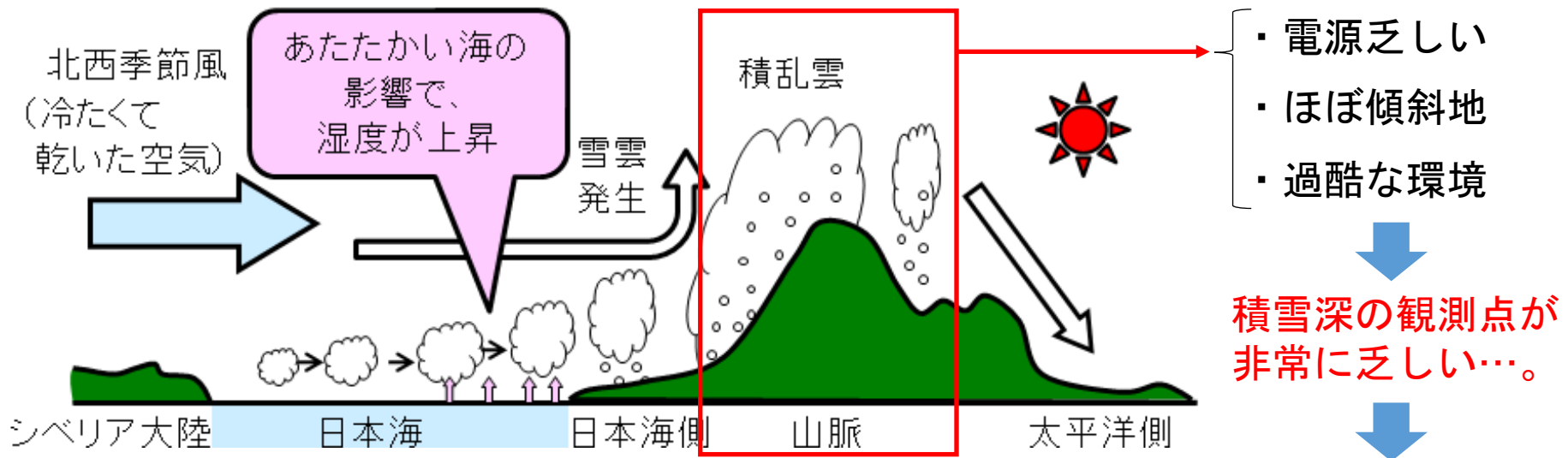
- 高山帯生態系のシンボル
- 本州中部高山帯に隔離分布
- 世界最南端
- 氷河期の遺存種
- 低山野生動物の侵入 生物多様性第2の危機
- 温暖化に脆弱 生物多様性第4の危機
- レッドリスト
  - 絶滅: 石川県
  - IA類: 山梨県
  - IB類: 環境省・長野県
  - I類: 新潟県・富山県・岐阜県
  - II類: 静岡県
- 保護増殖事業計画 2012/9~



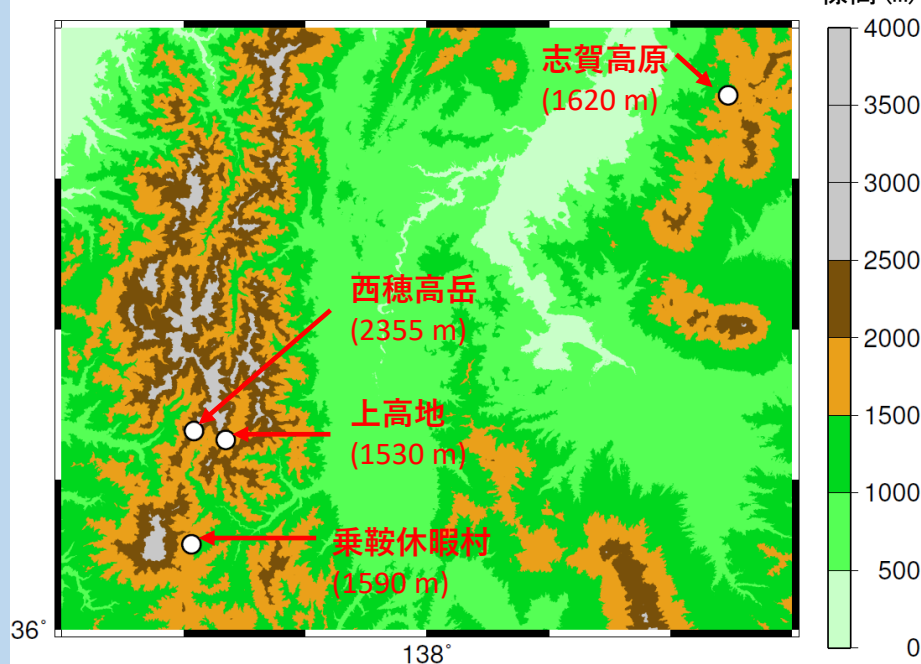
ニホンライチョウを保護するためには、**将来気候下における生息適地を高精度に評価する必要**

ライチョウには**高山植生が必要不可欠**で、中部山岳域の高山植生は森林限界を超えた標高と**多量の雪**で維持されている。

# 目的



標高1500m以上の積雪深観測点



中部山岳域の積雪に関して、GCMの気候予測値を統計的にダウンスケールすることは困難。

## <目的>

力学的ダウンスケールによる高解像度気候予測値を活用して、将来気候下におけるニホンライチョウの潜在的な生息適地を評価

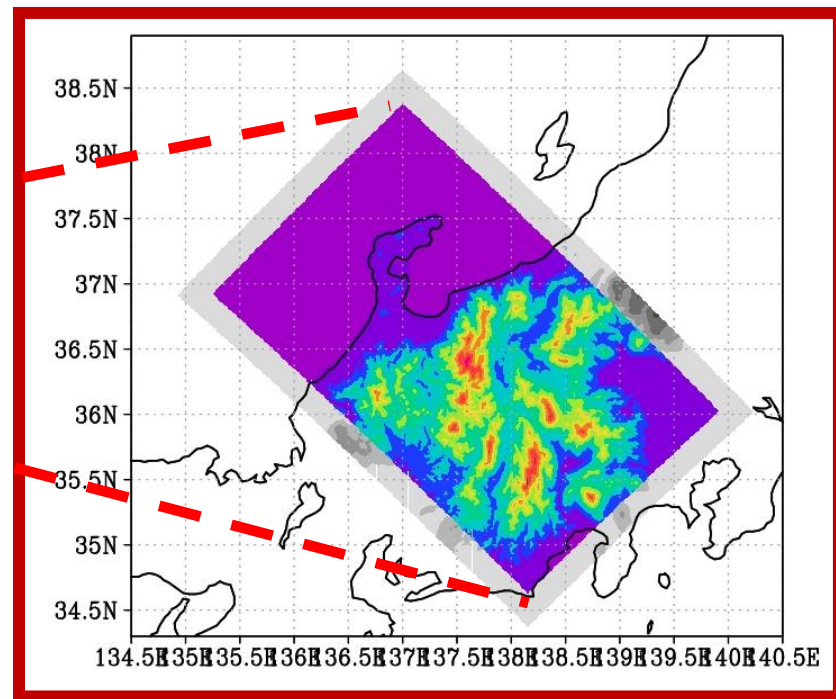
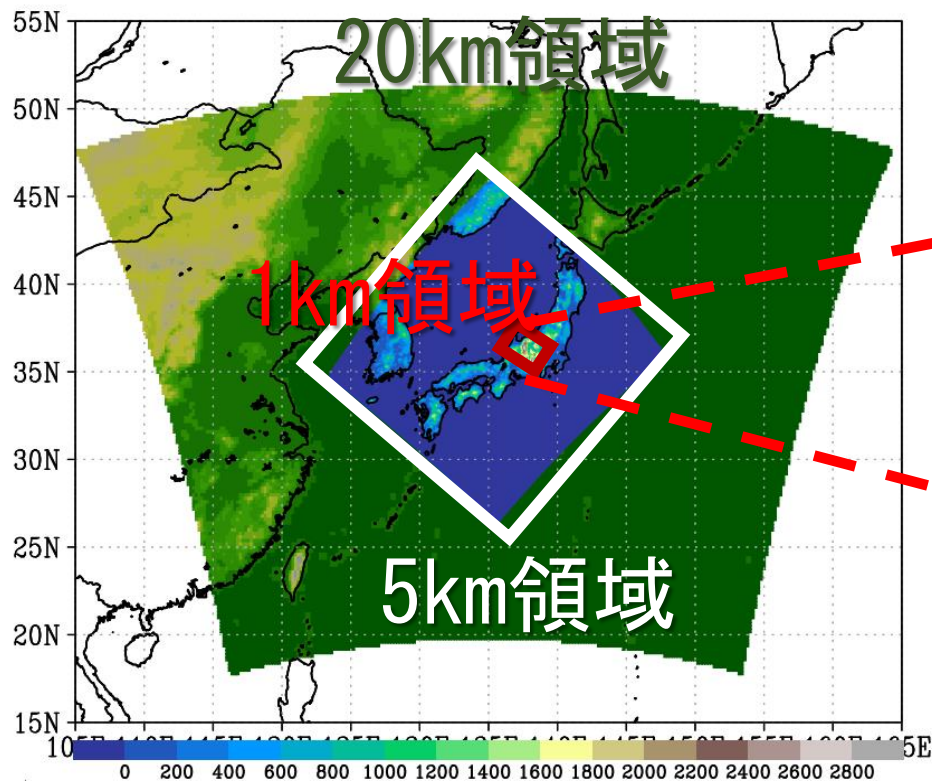
# 力学的ダウンスケール



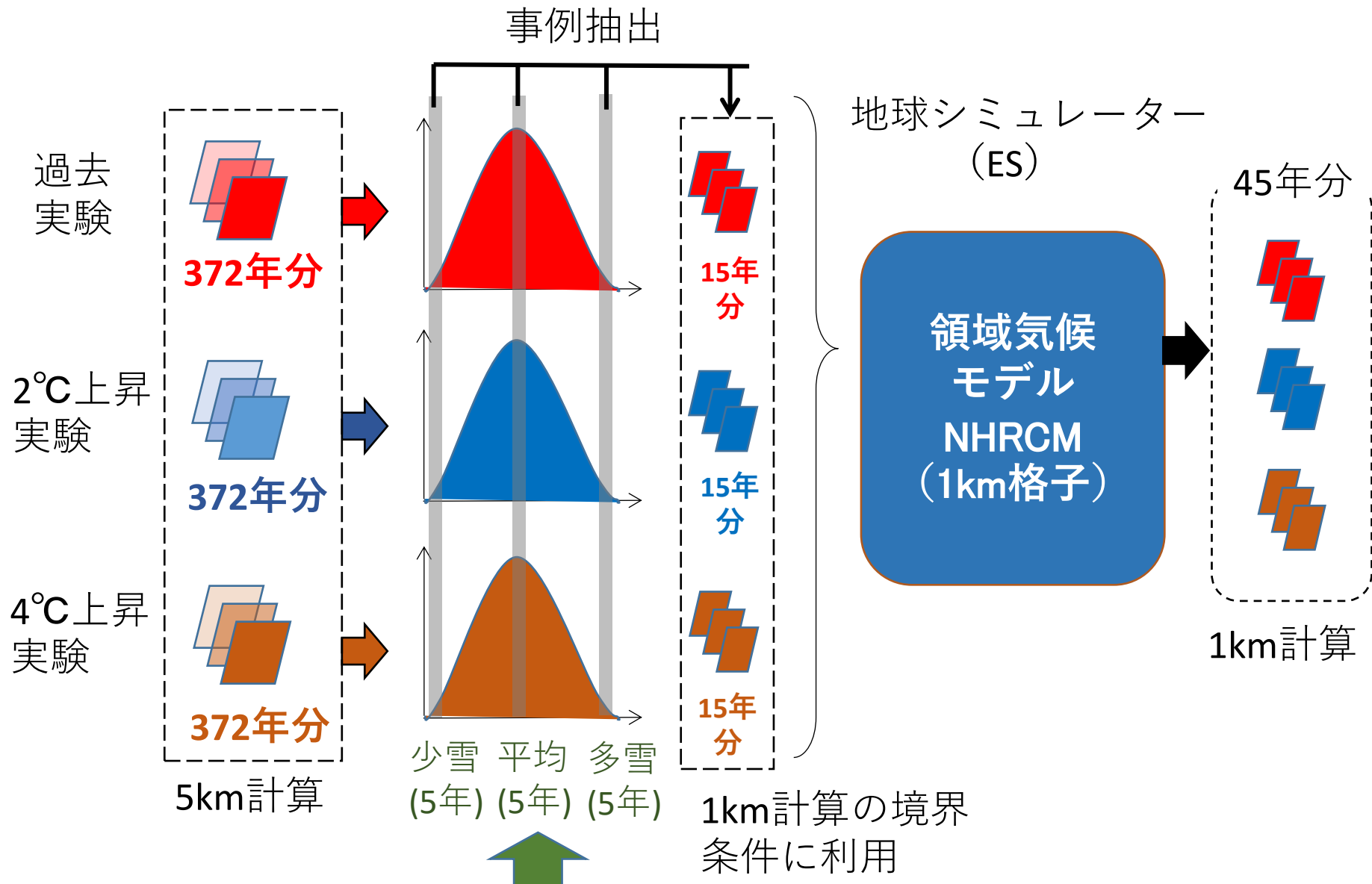
地域気候モデル (NHRCM) による力学ダウンスケール  
d4PDFの20km格子 → 5km格子 → 1km格子

(文部科学省 気候変動適応技術社会実装プログラム)

- 5km計算は、過去、2°C上昇、4°C上昇の3つの期間の20km計算の結果を境界条件に利用して、12メンバー×31年分=計372年分を計算

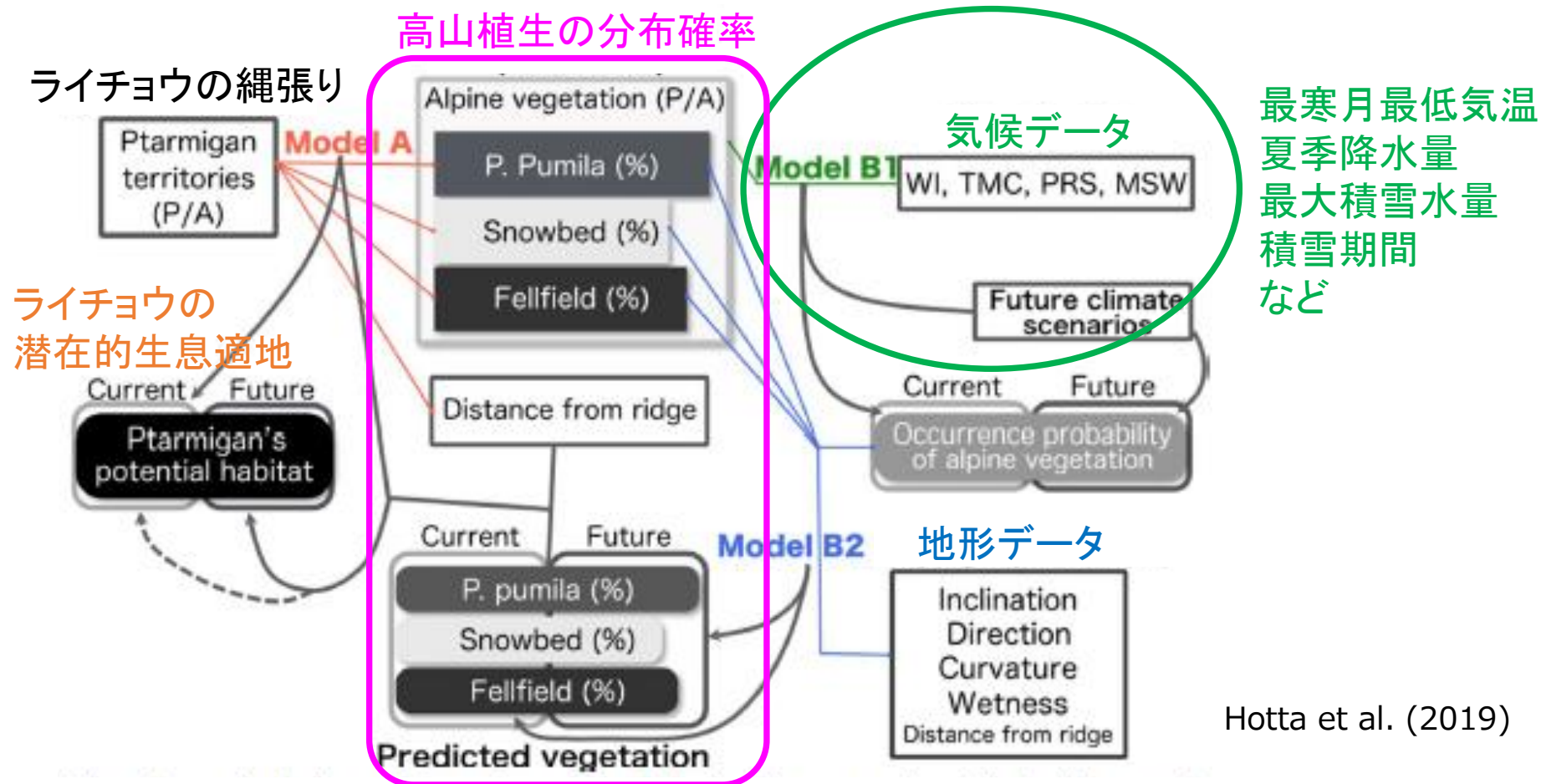


# 1km計算の事例抽出方法



標高1000m以上の領域で平均した年最深積雪で順位付け

# ライチョウモデル



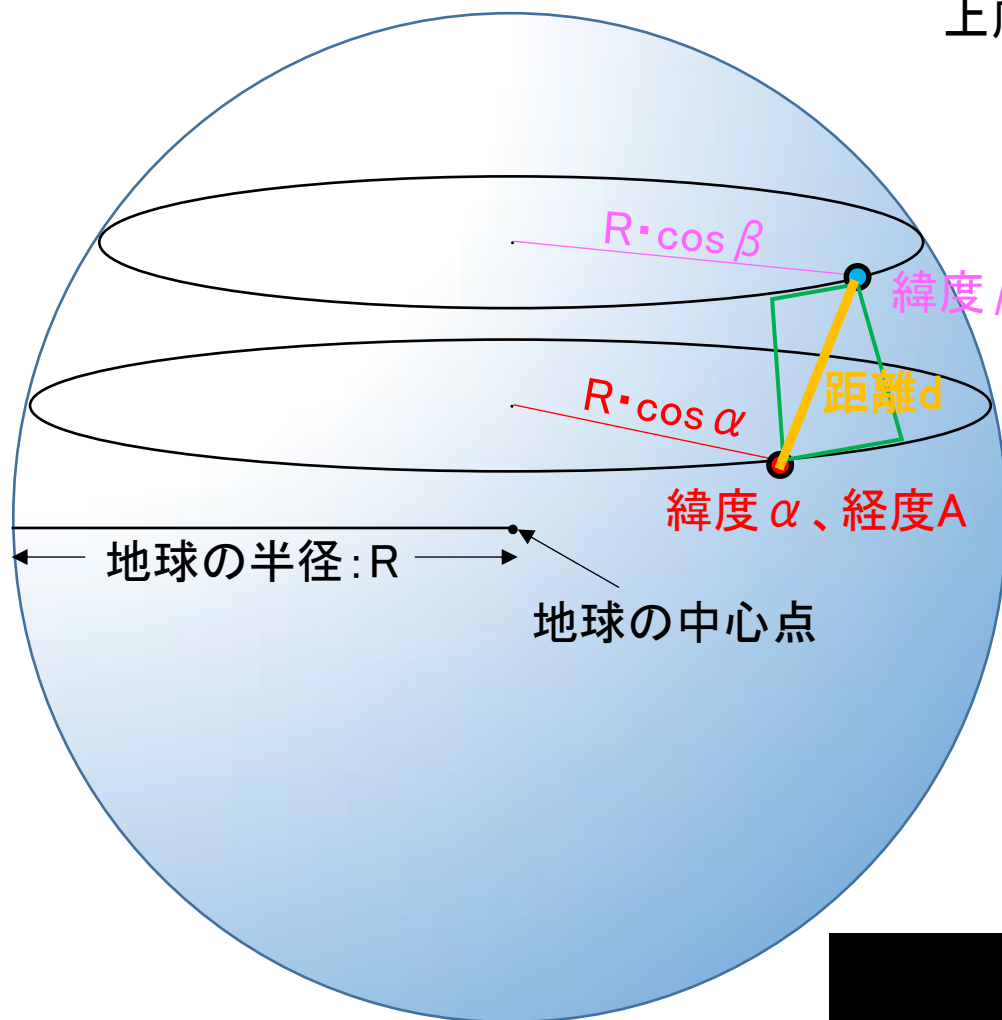
気候データは地形データと併せて高山植生の分布を計算するために使われ、高山植生の分布を基にライチョウの潜在的生息適地を計算。

しかし

地形や植生の情報は3次メッシュで整備されているので、気候データも3次メッシュに変換しなければライチョウモデルに適用できない。

# 格子点の変換 (直近点法)

## 直近点法 の 概念図



$$\text{上底の長さ: } 2\pi R \cdot \cos \beta \cdot \frac{|A-B|}{360}$$

$$\text{高さ: } 2\pi R \cdot \frac{|A-B|}{360}$$

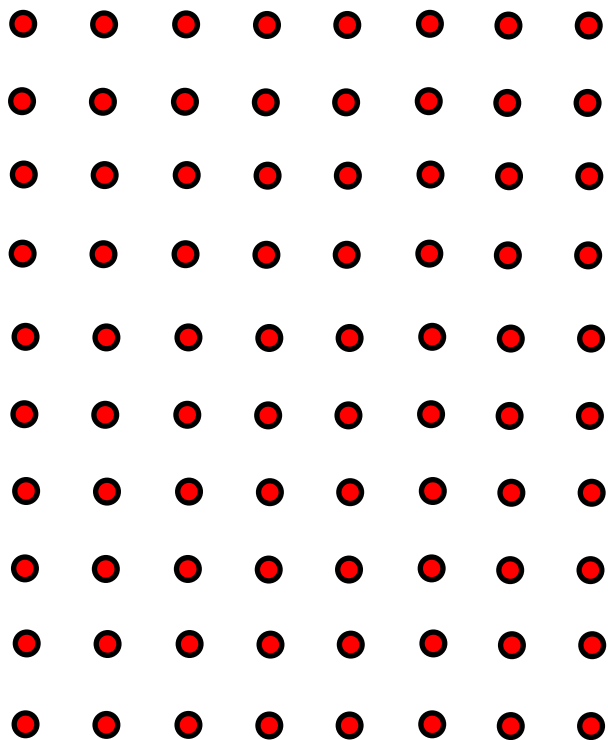
$$\text{下底の長さ: } 2\pi R \cdot \cos \alpha \cdot \frac{|A-B|}{360}$$

距離  $d =$

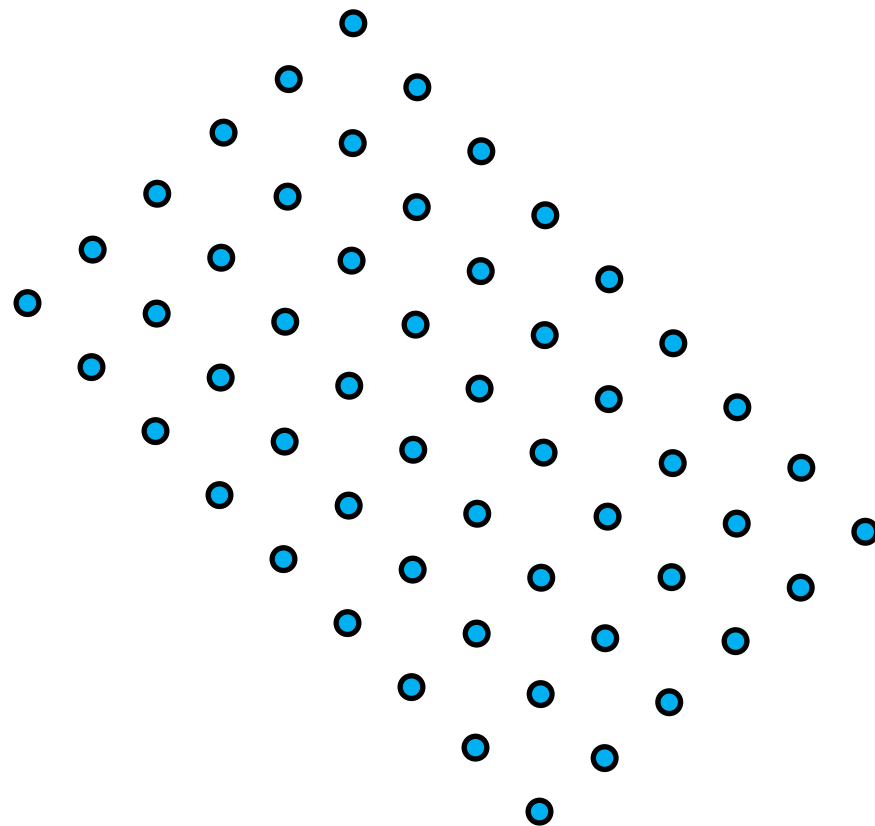
$$\sqrt{(\text{高さ})^2 + \left[ \frac{(\text{上底}) + (\text{下底})}{2} \right]^2}$$

# 格子点の変換 (直近点法)

● : 3次メッシュの中心点



● : NHRCMの1km計算の格子の中心点

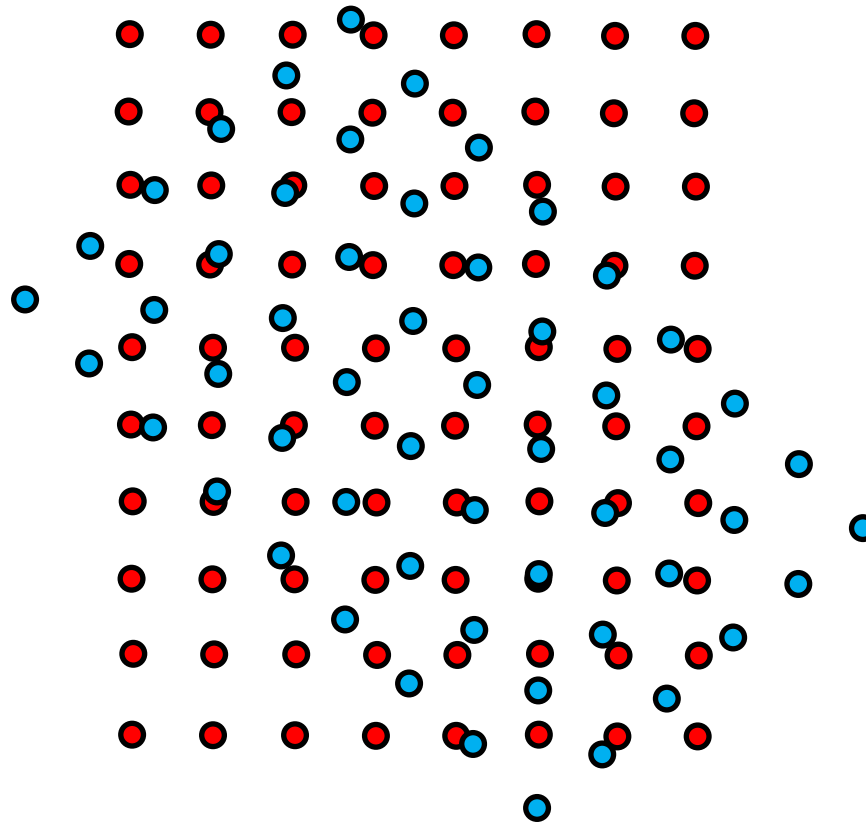




# 格子点の変換 (直近点法)

●: 3次メッシュの中心点

●: NHRCMの1km計算の格子の中心点



距離  $d =$

$$\sqrt{(\text{高さ})^2 + \left[ \frac{(\text{上底}) + (\text{下底})}{2} \right]^2}$$

3次メッシュの各中心点から、NHRCMの全中心点に関して距離  $d$  を計算して、 $d$  が最小になる点の値を置換。

# 標高データを直近点法で置換

気候モデル1km格子の標高

解析対象領域

気候モデルから直近点法で3次メッシュ化した標高

解析対象領域

標高(m)

4000

3500

3000

2500

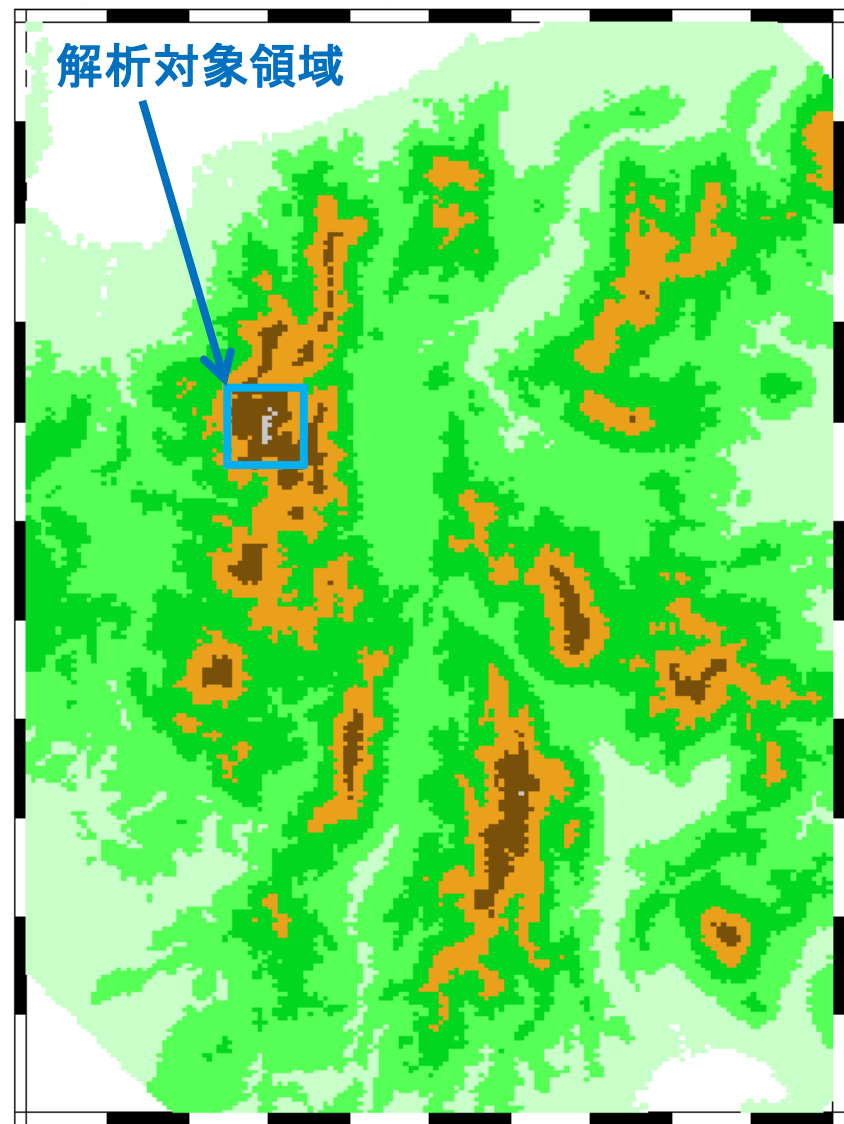
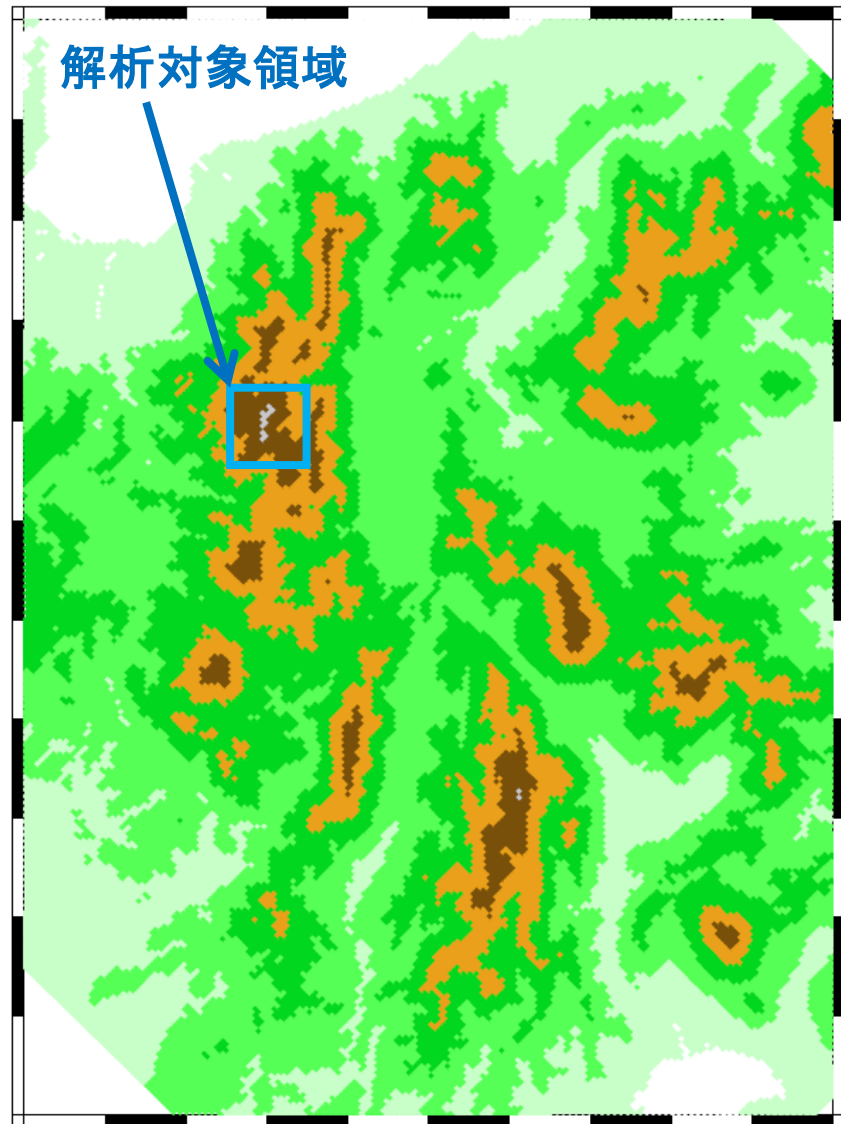
2000

1500

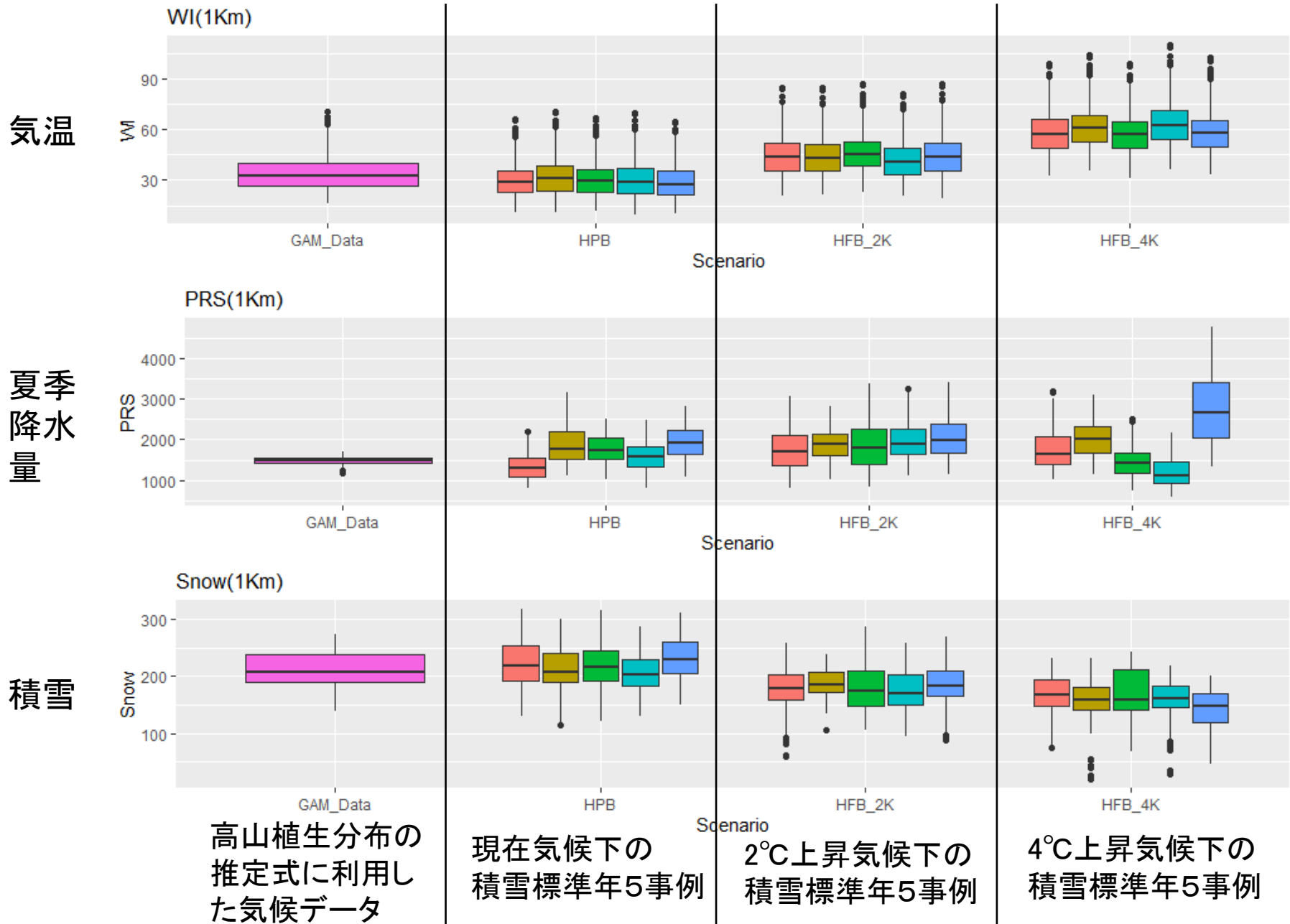
1000

500

0

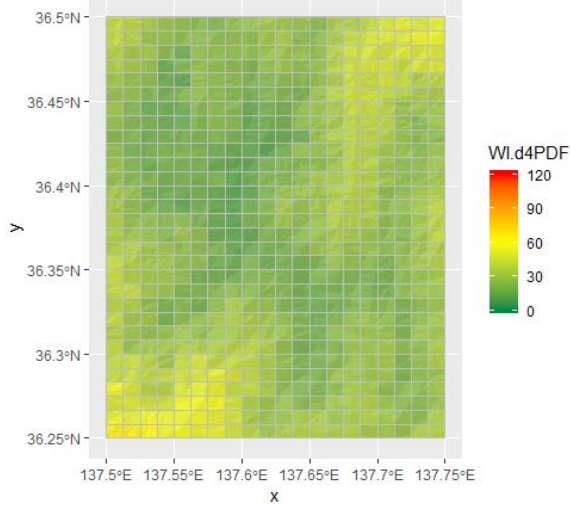


## d4PDF/NHRCM1kmの積雪標準年15事例



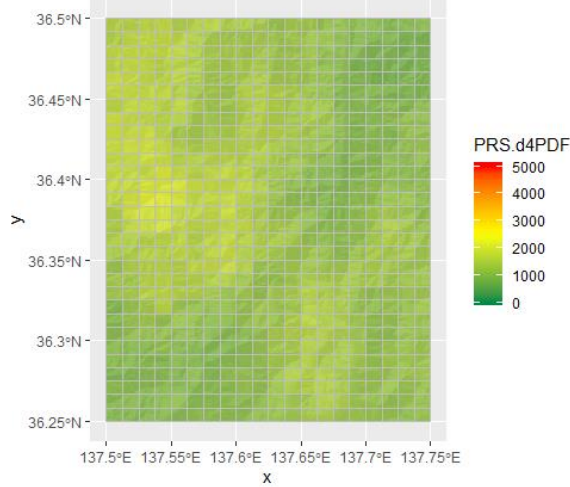
## 気温

SnowM\_HPBM002\_1984-1985: WI



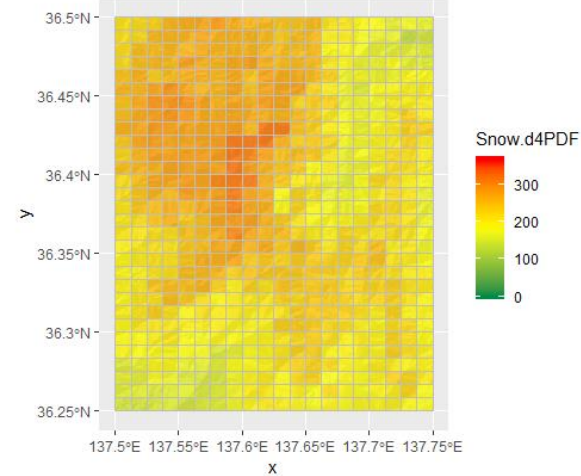
## 夏季降水量

SnowM\_HPBM002\_1984-1985: PRS



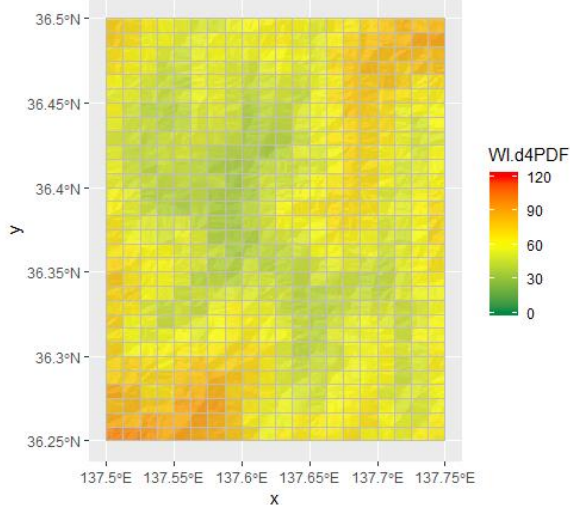
## 積雪

SnowM\_HPBM002\_1984-1985: Snow

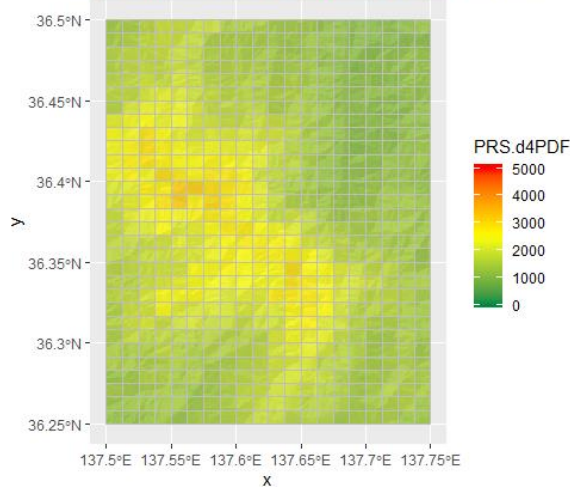


現在  
気候

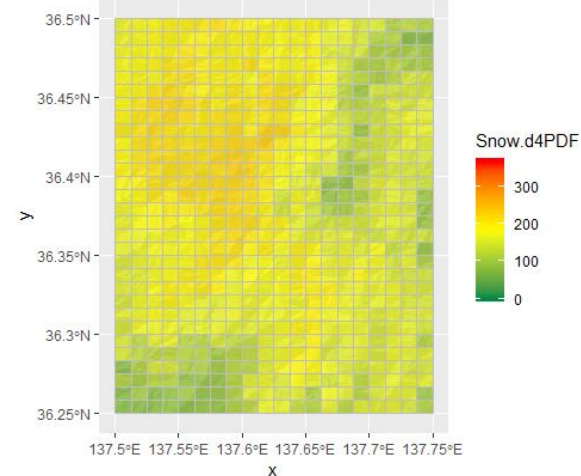
SnowM\_HFB\_4K\_CC\_m105\_2107-2108: WI



SnowM\_HFB\_4K\_CC\_m105\_2107-2108: PRS



SnowM\_HFB\_4K\_CC\_m105\_2107-2108: Snow



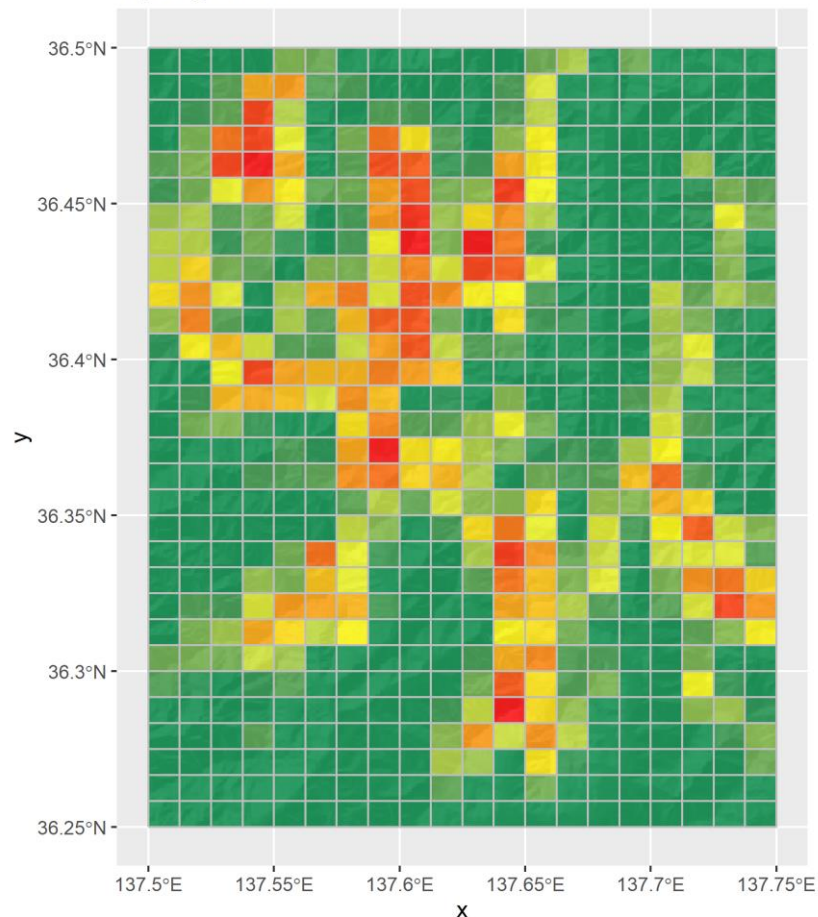
4°C  
上昇  
気候

# 高山植生の分布確率

- 高山植生の分布確率（実データ）：1kmメッシュ内で高山植生が分布する100mメッシュの頻度

## 実際の高山植生分布確率

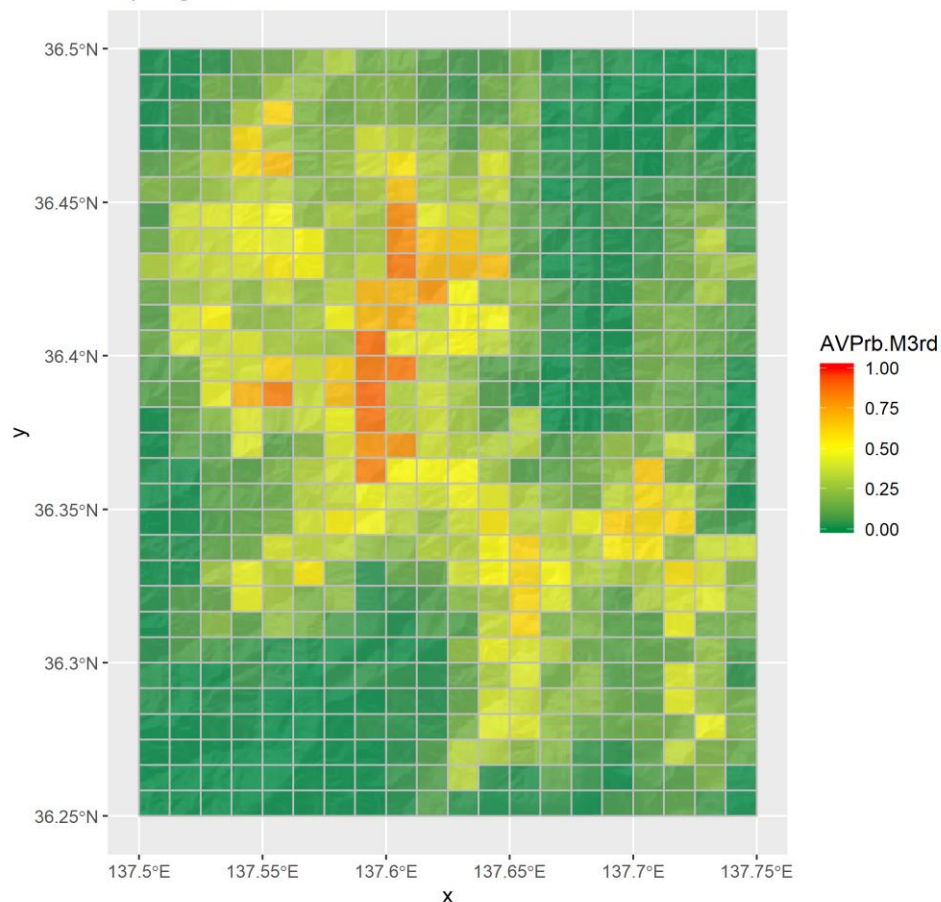
AlpVegPrb Actual



稜線上に高山植生が分布

## モデルの高山植生分布確率

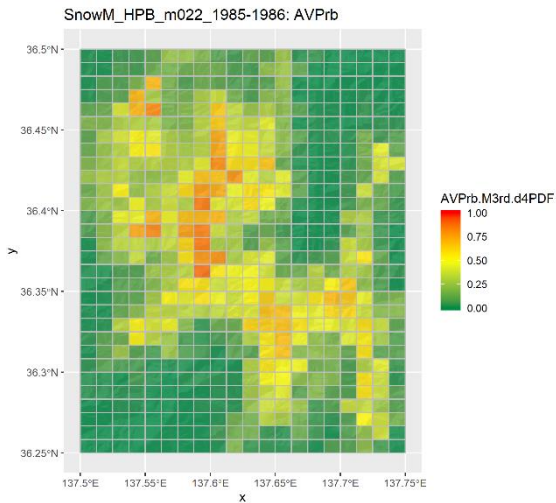
AlpVegPrb GAM



- 気温・積雪：現在気候(積雪標準年) 5メンバの中央値
- 夏季降水量：1km計算全事例 15メンバの中央値

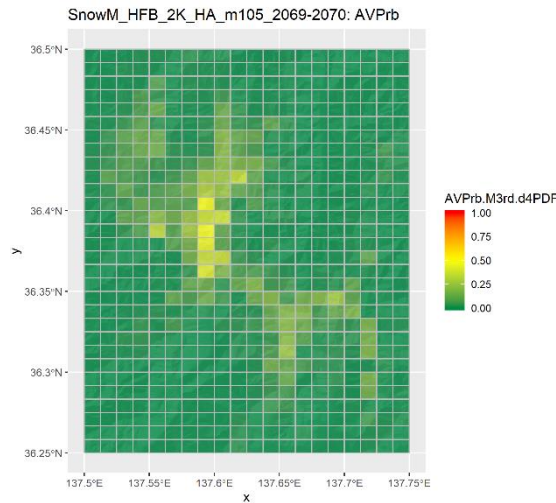
# 高山植生の分布確率

## 現在気候

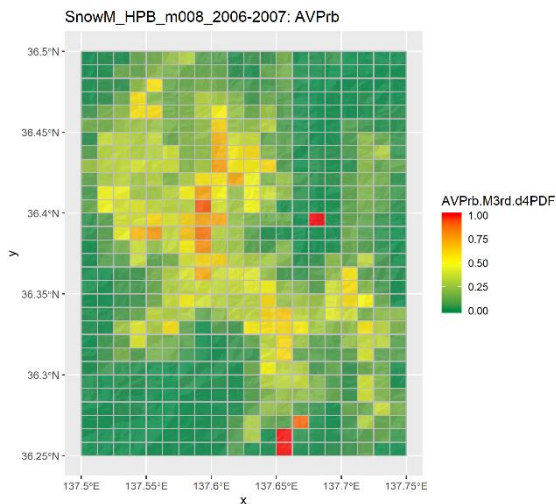
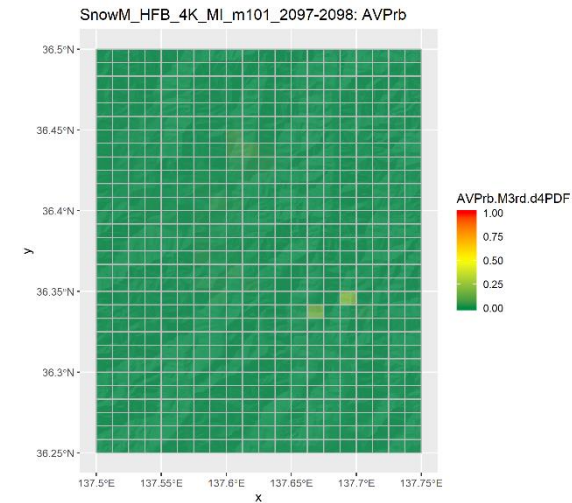


妥当な  
ケース

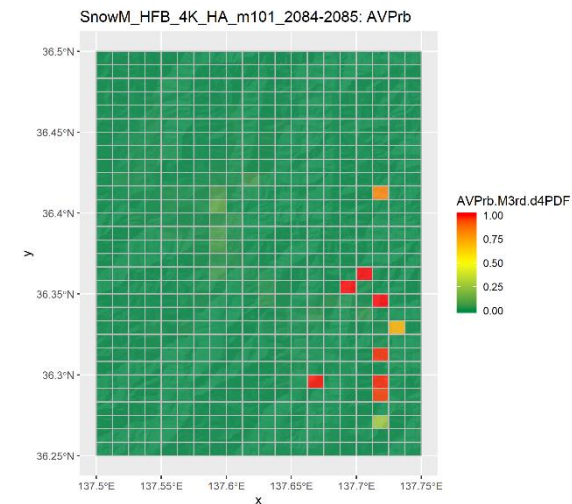
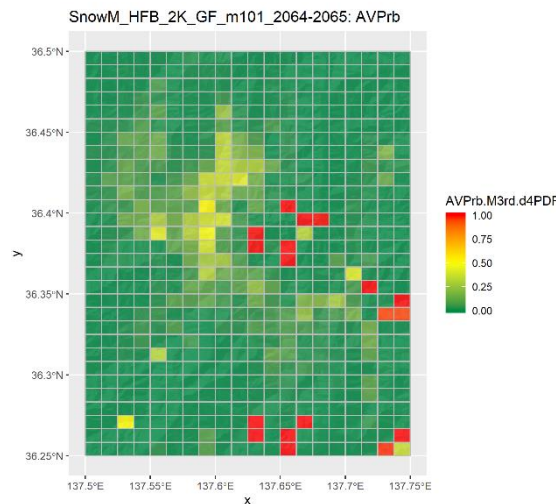
## 2°C上昇気候



## 4°C上昇気候



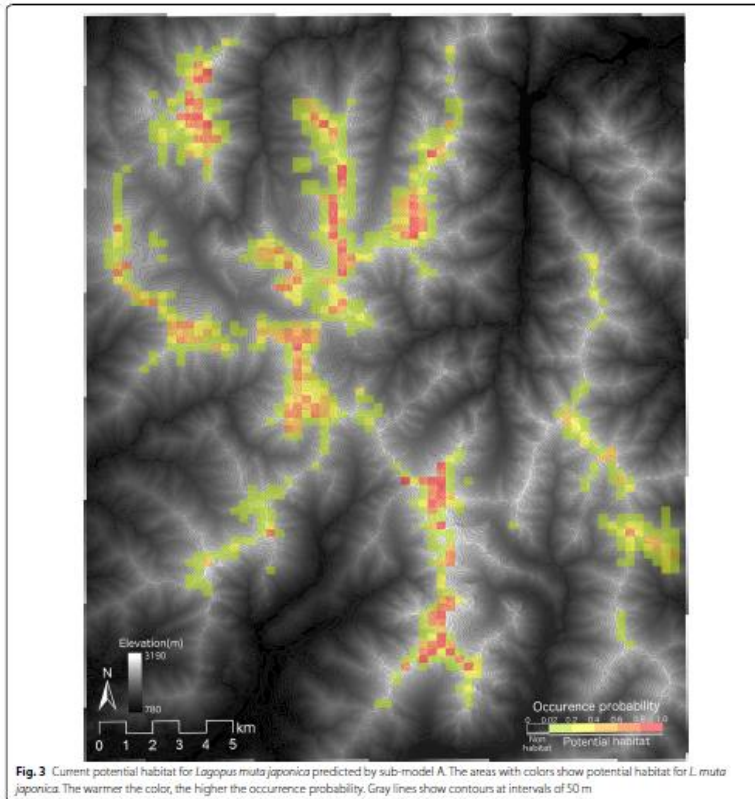
ノイズが  
発生する  
ケース



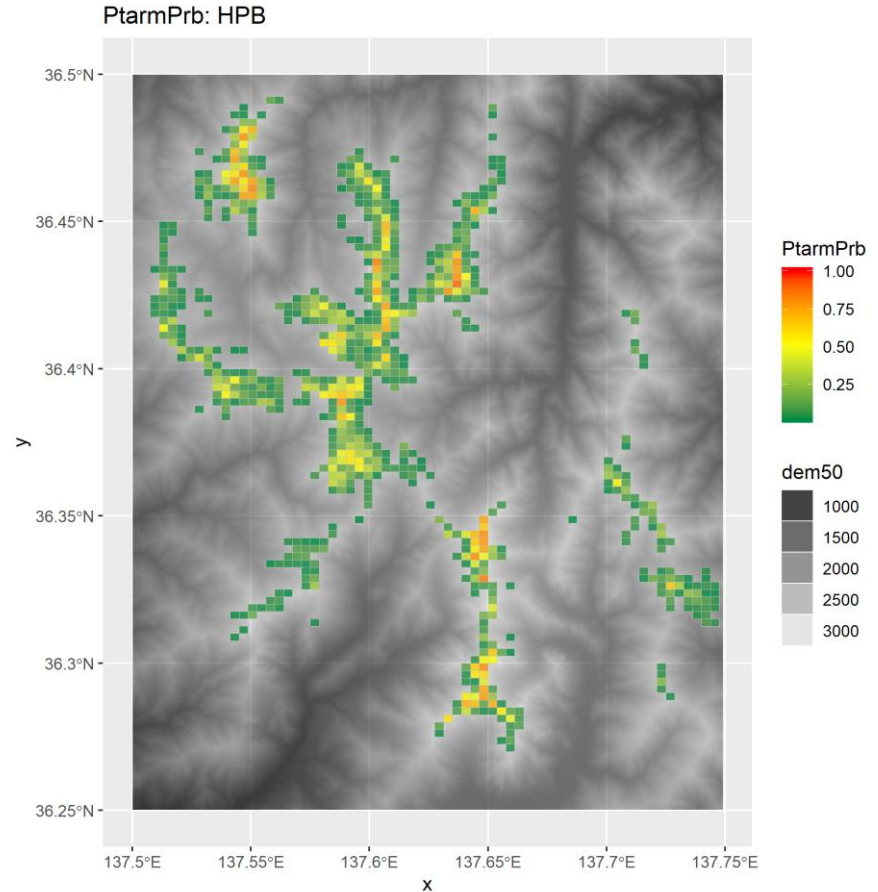
高山植生の分布確率100%(真っ赤な格子)はモデル中の推定式が発散している。  
今回は積雪標準年だけを示しているが、極端事例だとこのノイズが大発生する。

# ライチョウの生息適域予測モデル(現在)

Hotta et al. (2019)



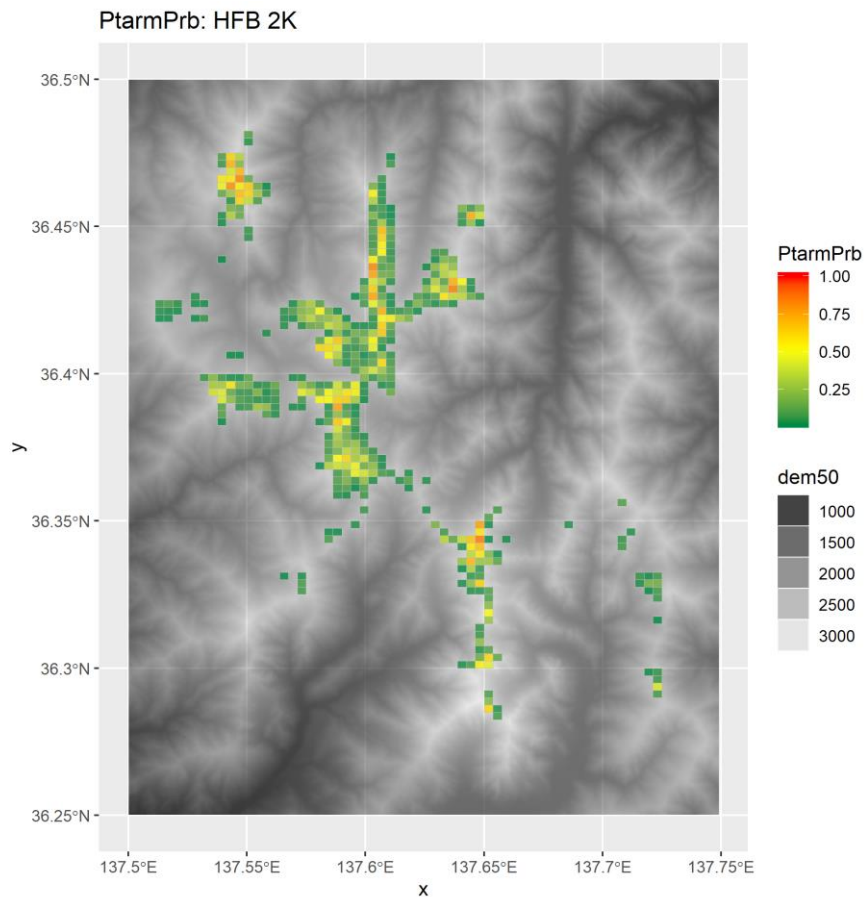
d4PDF/NHRCMの1km計算(現在気候)



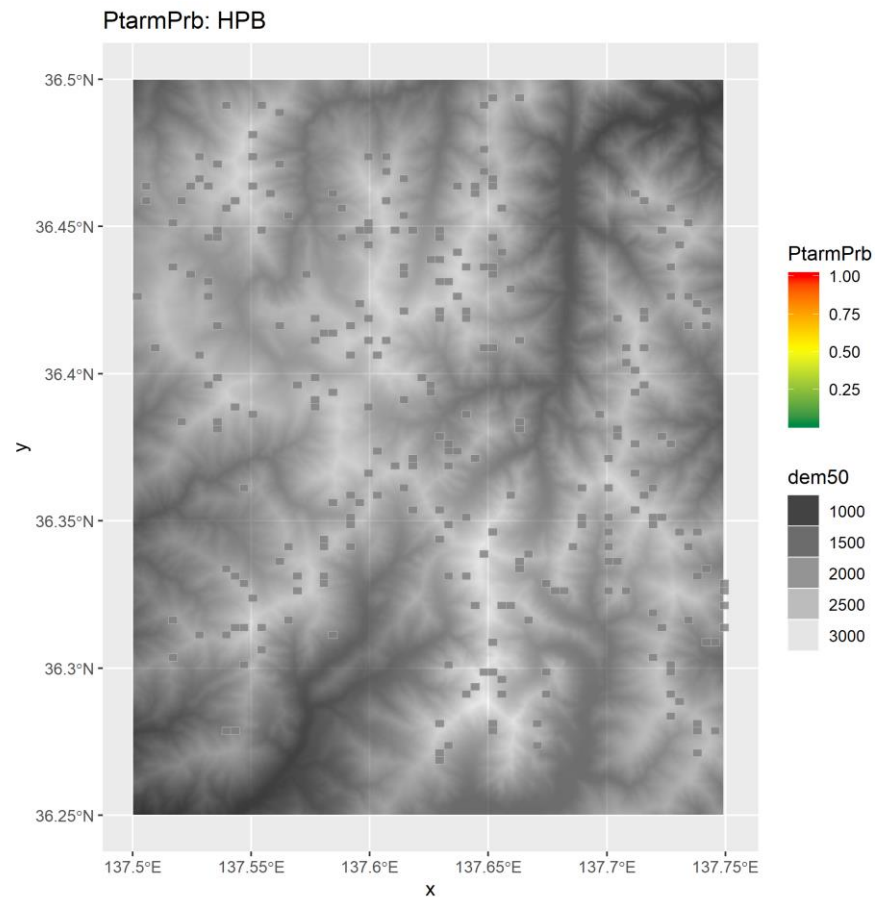
高山植生の分布確率をモデルが発散せずに推定できれば、ライチョウの生息適域も先行研究と整合的な結果

# ライチョウの生息適域予測モデル(将来)

## d4PDF/NHRCMの1km計算(2°C上昇)



## d4PDF/NHRCMの1km計算(4°C上昇)



2°C上昇ではライチョウの生息適域が稜線上にある程度は残るが、4°C上昇ではライチョウの生息適域がなくなる。



# まとめ、課題、謝辞

## <まとめ>

- ・d4PDF/NHRCMの力学DS1km計算結果をライチョウモデルに適用した結果、2°C上昇下ではライチョウの生息適域は狭まるものの稜線上に残るが、4°C上昇下では生息適域がなくなる。

## <課題>

- ・地形の急峻な高山帯では、100mの解像度が必要になるが、直近点法による格子変換ではうまくいかないため、より高度な格子変換が必要。
- ・ライチョウモデルは統計ベースなので極端気象を入力するとモデルが不安定な挙動を示す。農研機構の統計DS1kmの気温・降水量・相対湿度の日値から積雪を推定できるとライチョウモデルに適用しやすいかも知れない。

## <謝辞>

本研究は文部科学省の気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)の支援を受けた。

質 問 用

# 高解像度化

## ○GCMの分解能を高める

利点: ・全球を高分解能化

欠点: ・多大な計算時間

- ・超高性能計算機を開発しても・・・
- コスト (開発コストや維持管理の膨大な電力消費など)



## ○統計的ダウンスケーリング

利点: ・過去のデータさえあれば簡単にできる

欠点: ・物理的意味が曖昧

- ・物理量によってはデータを得られない

## ○力学的ダウンスケーリング

利点: ・物理的な基礎がある

- ・モデルで扱う全ての物理量が互いに整合的に得られる

欠点: ・時間がかかる

- ・系統的な誤差がある

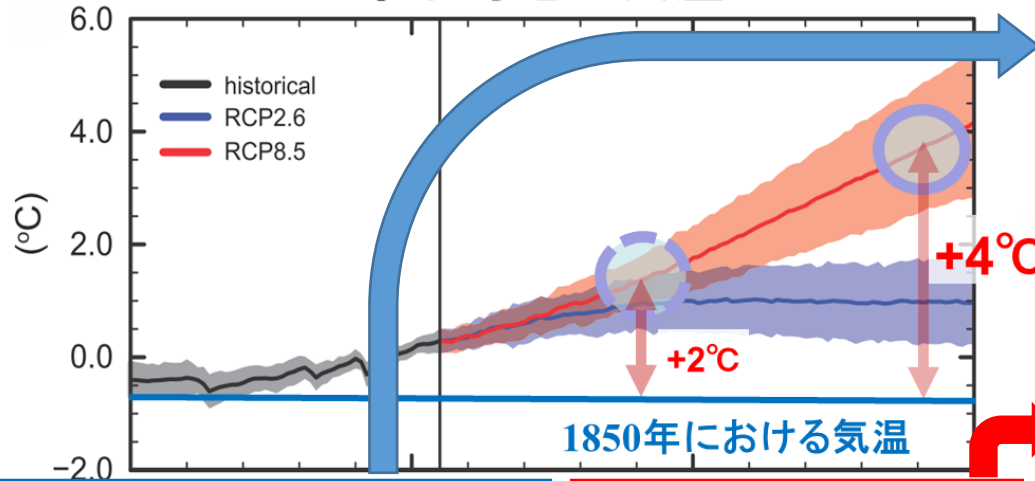
# アンサンブル気候予測値(d4PDF)

## 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測

### データベース (d4PDF) (文部科学省 気候変動リスク情報創生プログラム)

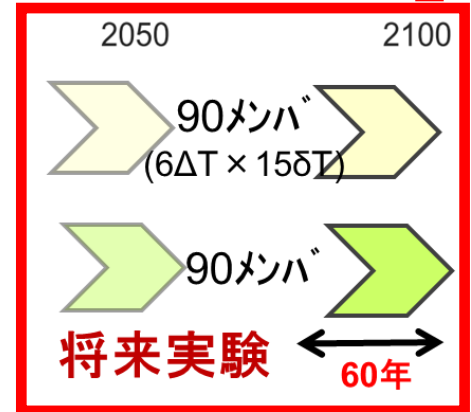
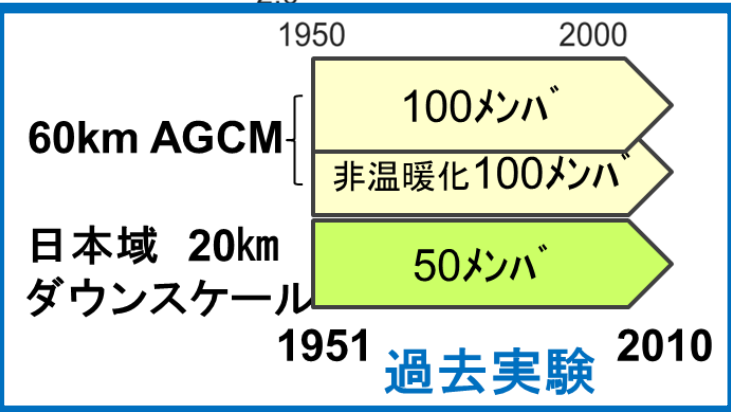


全球平均地上気温



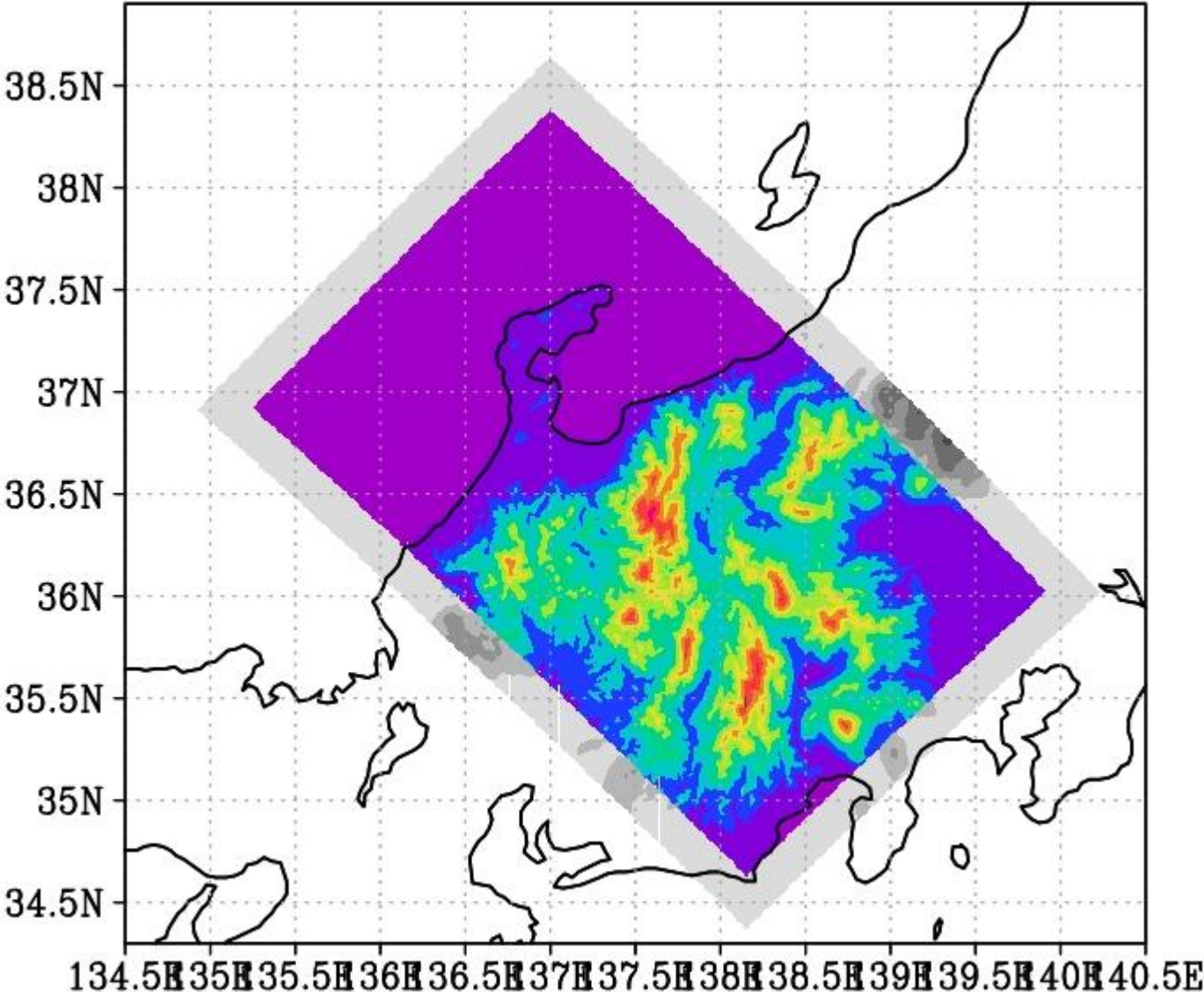
・過去実験では、観測された SST、海水、エアロゾル濃度分布をMRI-AGCM3.2に与え、100メンバーは異なる初期値から計算

・2°C上昇実験、4°C上昇実験では、CMIP5に貢献したAOGCMの2°Cまたは4°C上昇時の結果を基に6種類のSSTの将来変化パターンを用意し、これらに15種類の摂動を与えた計90メンバーをMRI-AGCMに与えて計算

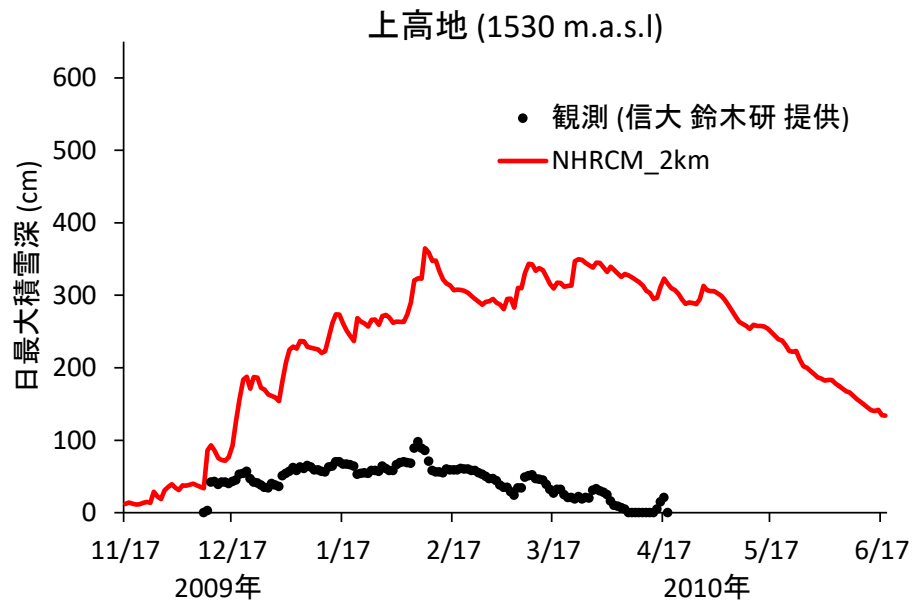
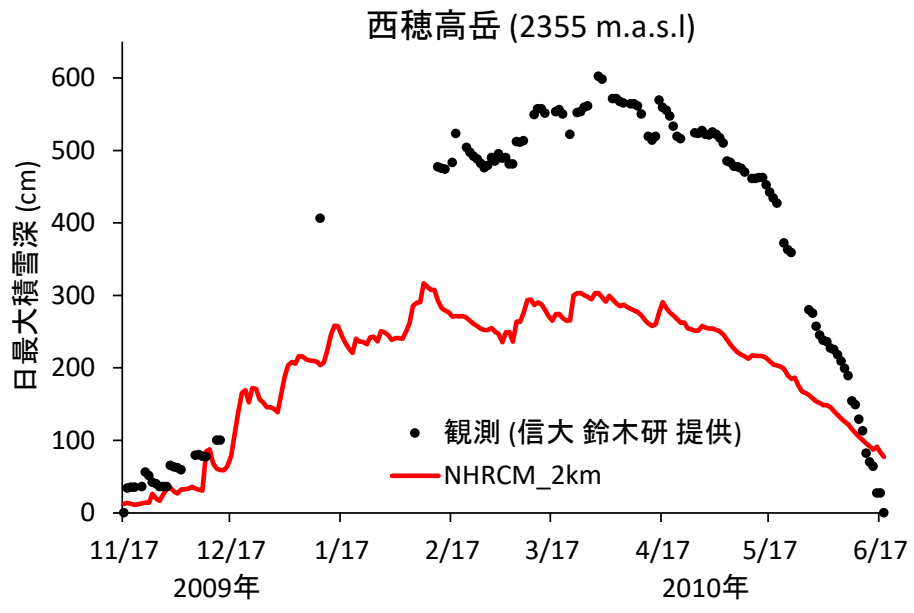
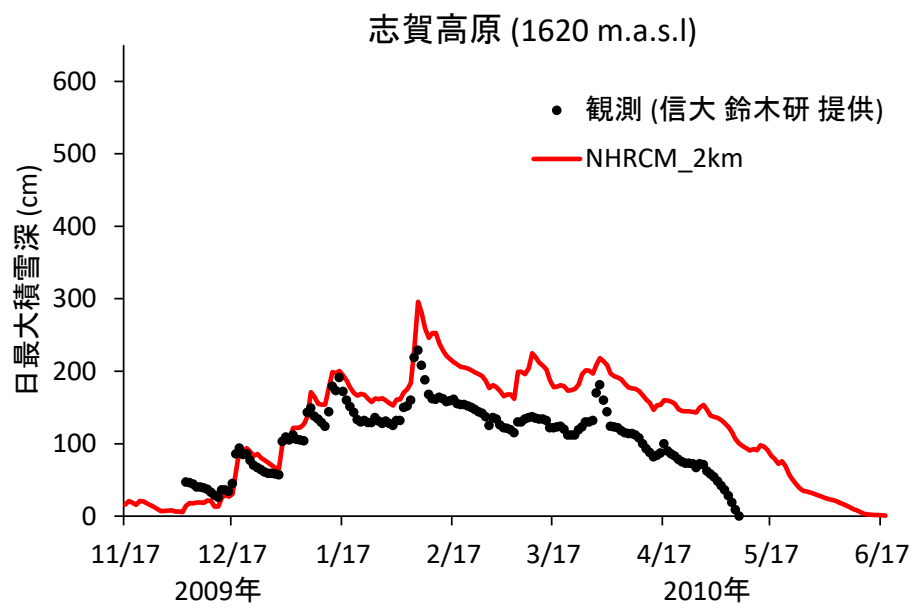
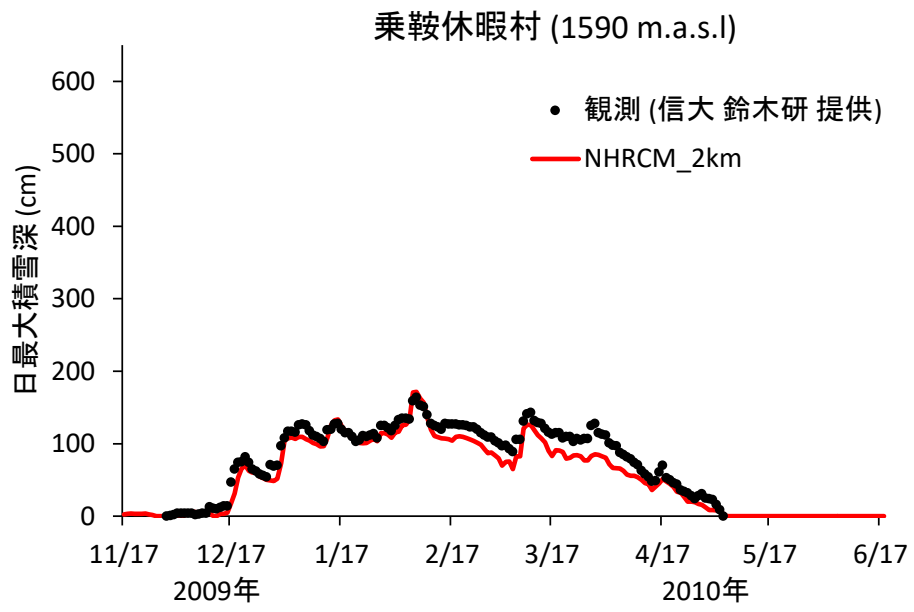


# 地域気候モデル(NHRCM)の1km計算の領域

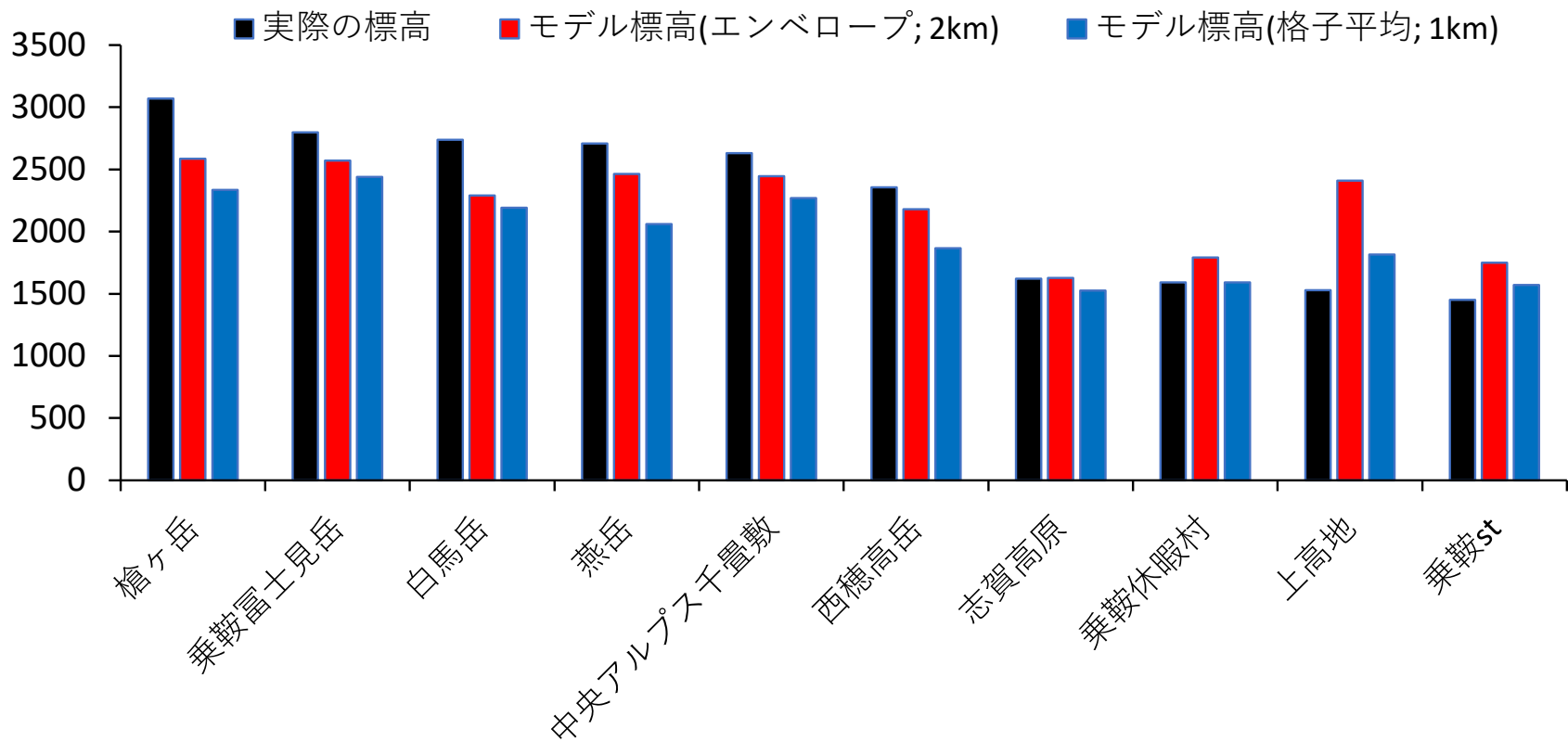
カラー: 標高



# 積雪深の検証



# モデルの標高



# d4PDFデータを用いた高山植生の分布確率推定モデル（モデルB1'）

- 高山植生の分布確率（実データ）：1kmメッシュ内で高山植生が分布する100mメッシュの頻度
- WI・Snow：Middle Snow HPB 5メンバの中央値
- PRS：Middle Snow HPB・HFB 2K・HFB 4K 15メンバの中央値

