

令和 3 年 5 月 26 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K06438

研究課題名（和文）景観遺伝学的解析をもちいたツキノワグマの遺伝構造を形成する環境要因の解明

研究課題名（英文）What do landscape features bring genetic structure of Asian black bear populations by using landscape genetic analysis?

研究代表者

大西 尚樹 (Ohnishi, Naoki)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：00353615

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本州東部で連続的に分布しているツキノワグマにおいて、その遺伝構造がどのように作られているかを明らかにしました。一般的に、動植物の遺伝構造は個体間の地理的な距離が離れるほど遺伝的距離（遺伝的な違い）も大きくなることが知られていました。しかし、ツキノワグマでは地理的な距離に加え、地形の起伏の大きさや、住宅地および農地といった人工的な土地利用形態がグマの移動の抵抗となって遺伝的な違いをもたらしていることがわかりました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、ツキノワグマが全国各地で出没し問題となっている。有害駆除による個体数調整が対策の主体となっているが、動物との共生社会の構築には人と動物との生活圏を分けるゾーニングという手法が注目されている。本研究では、ツキノワグマの移動において、住宅地および農地といった人工的な景観は森林の25倍の抵抗として機能していることが明らかになった。こうした知見を基に、人工物を効率的に配置することで、ツキノワグマが侵入しづらい景観を造成することが可能となる。

研究成果の概要（英文）：We have clarified how the genetic structure of the Asian black bear, which is continuously distributed in the eastern part of Honshu, is made. In general, it has been known that the genetic structure of animals and plants increases as the geographical distance between individuals increases. However, in Asiatic black bears, in addition to geographical distance, the size of terrain undulations and artificial land use patterns such as residential and agricultural land have been found to resist the movement of bears and cause genetic differences.

研究分野：景観遺伝学

キーワード：ツキノワグマ 遺伝構造 景観遺伝学 景観生態学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、遺伝解析技術および統計解析技術の発展によって、様々な動植物の遺伝構造が明らかになっている。これらの多くは孤立している個体群間の遺伝的特性を比較したり、連続した分布域におけるサブ個体群の推定および遺伝構造の比較などに留まっており、その遺伝的な違いを引き起こす要因やサブ個体群の形成に及ぼす影響については、その種の生態や集団をとりまく環境を考慮して議論されているものの、推論の域を脱していない。地球規模の温暖化などで環境が変わると、遺伝構造を引き起こす要因が変化することも考えられ、何が遺伝構造というパターンを生み出しているかという問いを明らかことが、個体群の健全性や存続性、またその種の進化の理解において重要である。

2. 研究の目的

本研究は、ツキノワグマの遺伝構造を明らかにした上で、どのような環境要因がクマの遺伝構造に影響を及ぼし、またその寄与率を明らかにすることを目的としている。集団の構造化は、遺伝子流動に伴う移動・分散が強く影響している。そこで、景観生態学的手法を取り入れ、各景観要因を遺伝子流動に対する障壁や抵抗と見なして、その度合いを統計的に明らかにする。これを地形と現在の土地利用を用いて、その遺伝構造が形成されるモデルを構築する

3. 研究の方法

青森県・秋田県・岩手県の北東北地方において、景観遺伝学的手法で景観要因が遺伝構造にもたらす影響を明らかにした。景観要因として標高と土地利用に分けて解析を行った。調査範囲で捕獲された 148 個体のツキノワグマの捕獲地点を全個体の組み合わせで直線をひき、その直線上に現れる景観要素について検討していった。ここで、2 個体の捕獲地点を結んだ直線をネットワークと呼ぶ。このネットワーク内に現れる景観要素のパラメータを説明行列に、ネットワークを構成する個体ペア間の遺伝的距離を従属行列に置いてマンテルテストを行った。標高については次の 4 つのモデルを検証した：i) 2 個体の捕獲地点の標高の平均、ii) ネットワーク内の最大標高差、iii) ネットワーク内の標高の標準偏差(SD)、iv) ネットワーク内の標高の変動係数(CV)。土地利用については森林、草地、農地、住宅地、開放水系、特殊基質、湿地、の 7 種の景観要素の抵抗について検討した。

4. 研究成果

マンテルテストの結果、地形については 2 個体の標高の平均(i)以外の 3 つのモデルで統計的に有意で、また地理的距離を説明行列とした場合よりも大きなマンテル r 係数が得られた(表 1)。これは個体が生息している地点の標高そのものよりも、標高差や起伏の程度が個体間の遺伝距離に影響していることを示唆している。

標高モデル	全サンプル (n = 148)	オス(n = 87)	メス(n = 35)
ヌルモデル (地理的距離)	0.0687*	0.1388*	0.2373*
捕獲地点の標高の平均	-0.0701	-0.0267	0.049
ネットワーク内の標高の最大標高差	0.1258*	0.1852*	0.2373*
ネットワーク内の標高の標準偏差	0.1205*	0.1692*	0.1954*
ネットワーク内の標高の変動係数	0.2087*	0.2678*	0.3511*

アスタリスク(*)は統計的に有意であることを示す($p < 0.05$)。太字はヌルモデルのマンテルr係数よりも大きい値であることを示す。

土地利用については、森林と草地では抵抗値を変化させてもマンテル r 係数は地理的距離を説明行列とした場合より大きくなることはなく、抵抗として機能していなかった(表 2、図 1)。一方、説明行列に農地と住宅地をおいた場合、地理的距離の時よりも大きく、かつ統計的に有意なマンテル r 係数が得られ、その値は抵抗値が 25 倍の時に最大であった。これをオス同士のペア、メス同士のペアで解析したところ、オス同士のペアは農地では同様の傾向が見られたが、住宅地ではマンテル r 係数が最大となる抵抗値は 5 となった。また、森林でも 25 倍の抵抗が見られた。メス同士のペアでは、農地、住宅地とも抵抗値が 100 の時に最大のマンテル r 係数を示した。さらに、メス同士のペアでは崖や自然裸地、火山性荒地などの特殊基質や湿地などの非人為的に開けた環境においても、100 倍の抵抗を示した。

表2 各土地利用モデルにおけるマンテルr係数と最大抵抗値			
土地利用モデル	全サンプル (n = 148)	オス (n = 87)	メス (n = 35)
ヌルモデル (地理的距離)	0.0687*	0.1388*	0.2373*
森林	0.0664* (2)	0.1397* (25)	0.2290* (2)
草地	0.0672* (2)	0.1367* (2)	0.2349* (2)
農地	0.0779* (25)	0.1485* (25)	0.2634* (100)
住宅地	0.0721* (25)	0.1392* (5)	0.2403* (100)
開放水系	0.0681* (2)	0.1401* (5)	0.2385* (5)
特殊基質	0.0686* (2)	0.1387* (2)	0.2382* (100)
湿地	0.0687* (2)	0.1387* (2)	0.2381* (100)

各モデルの抵抗値を2, 5, 10, 25, 50, 100とした場合の最大のマンテルr係数とその時の抵抗値 (括弧) を示す。アスタリスク(*)は統計的に有意であることを示す(全て $p < 0.002$)。太字はヌルモデルのマンテルr係数よりも大きい値であることを示す。

この結果は、クマは開けた場所を避けていると一般に言われている傾向を支持する一方で、森林性と言われているツキノワグマにとって草地は抵抗として機能していないことも示した。農地や住宅地が森林や草地にくらべ歩きづらいつとは考えられないので、クマにとっての抵抗とは身体的なものではなく、心理的な抵抗を意味しているのだろう。足尾山地において GPS 首輪を用いた行動圏調査においても農地や住宅地への忌避行動は両性で観察されている(根本ら 2016)。メスにおいては、農地と住宅地の抵抗が 100 倍である一方、オスではそれぞれ 25 倍、5 倍であることが、人里への出没がオスに偏っていることの裏付けともなるだろう。さらに、メスは自然裸地や湿地などの非人為的に開けた環境においても高い抵抗値を示したことが、オスに比べて森林および草地に依存していることを示している。

興味深いことに、各テストにおけるマンテル r 係数がオス < 全個体 < メス、とはならず、全個体 < オス < メスという結果だった。哺乳類の多くは、オスは出生地から分散し、メスは出生地周辺にとどまる傾向がある。ツキノワグマでも同様の傾向は見られ(Ohnishi and Osawa 2014)、メスでは母親の周辺で行動圏が重複することが確認されている(Kozakai et al. 2017)。こうした傾向から、地理的距離や抵抗距離を説明行列に置いた場合のマンテル r 係数は、オス < メスとなることは容易に理解できる。そして、オス-メスのペアを含んだ全個体での関係では、マンテル r 係数はオス・メスの間の値を示すと予測された。しかし、それはオスよりも低い値をとることがわかった。これは富山県の個体群でも観察されており、ツキノワグマ個体群では一般的な現象である可能性が高い。では、なぜオスよりもオス-メス間の方がマンテル r 係数が小さいのか？ その理由として、両性にとって環境選択のパターンが異なる可能性が考えられる。例えば、メスは春には亜高山帯の森林、夏には落葉樹林を選好する傾向があるが、オスは両季ともにこれらの森林に対して選好性を示さない(Takahata et al. 2017)。こうした異性間の行動パターンの違いに着目した研究も今後必要だろう。

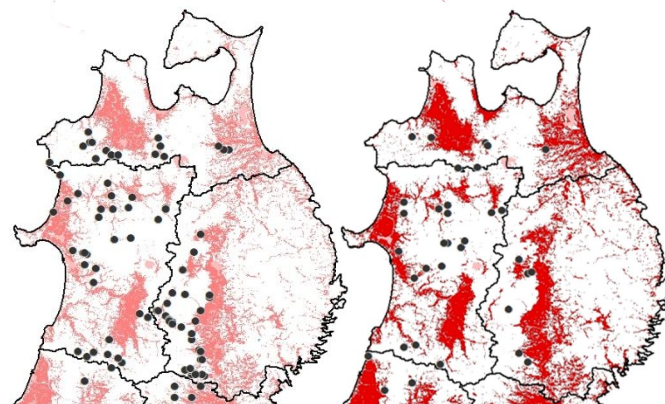


図 1. オス・メスの土地利用抵抗マップ

< 引用文献 >

Kozakai C, Nemoto Y, Nakajima A, Koike S, Ohnishi N, Yamazaki K (2017) Influence of food availability on matrilineal site fidelity of female Asian black bears. *Mammal Study* 42:219-230

根本唯・小坂井千夏・山崎晃司・小池伸介・中島亜美・郡麻里・正木隆・梶光一 (2016) ブナ科堅果結実量の年次変動にともなうツキノワグマの秋期生息地選択の変化. *哺乳類科学* 56:105-115

Ohnishi N, Osawa T (2014) A difference in the genetic distribution pattern between the

sexes in the Asian black bear. *Mammal Study* 39:11-16

Takahata C, Takii A, Izumiyama S (2017) Season-specific habitat restriction in Asiatic black bears, Japan. *The Journal of Wildlife Management* 81:1254-1265
doi:10.1002/jwmg.21305

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ohnishi Naoki, Osawa Takeshi, Yamamoto Toshiaki, Uno Reina	4. 巻 9
2. 論文標題 Landscape heterogeneity in landform and land use provides functional resistance to gene flow in continuous Asian black bear populations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 4958 ~ 4968
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ECE3.5102	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 大西尚樹	4. 巻 61
2. 論文標題 景観遺伝学 - 集団の遺伝構造が成り立つ要因を景観生態学的手法で解き明かす	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 哺乳類科学	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大西尚樹	4. 巻 68
2. 論文標題 野生動物個体群の遺伝構造に影響する要因を景観遺伝学が解き明かす	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 森林防疫	6. 最初と最後の頁 11-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Ohnishi Naoki, Osawa Takeshi
2. 発表標題 Landscape heterogeneity in landform and land use provides functional resistance to gene flow in continuous Asian black bear populations
3. 学会等名 8th European Congress of Mammalogy（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小井土凜々子、大西尚樹、加藤朱音、津田吉晃
2. 発表標題 ツキノワグマの空間遺伝構造と集団動態の歴史
3. 学会等名 日本生態学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小井土凜々子、加藤朱音、大西尚樹、NOBIS Michael、津田吉晃
2. 発表標題 ツキノワグマの遺伝構造および冷温帯林の過去の分布シフトとの関係の評価・解明
3. 学会等名 日本生態学会全国大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	大澤 剛士 (Osawa Takeshi) (40554332)	東京都立大学・都市環境科学研究科・准教授 (22604)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------