

令和 7 年 5 月 22 日

奈良公園の宝石はシカ集団の孤立・断片化によって生まれた！？

～近畿地方のニホンジカとオオセンチコガネの集団動態比較に基づく仮説の提唱～

奈良公園の宝石とも称され、ルリセンチコガネとも呼ばれる瑠璃色のオオセンチコガネは、どのように生まれてきたのでしょうか？これは多くの研究者や昆虫愛好家の長年の疑問でした。近年の研究により、近畿地方の赤、緑、瑠璃の 3 色のオオセンチコガネの歴史は 2000 年より短く、意外に最近であることが明らかにされています。そこで神戸女学院大学の高木俊人専任講師、北海道大学の荒木祥文研究員（論文執筆時は京都大学特定研究員）、福島大学の兼子伸吾教授からなる研究グループは、オオセンチコガネとニホンジカ集団の歴史的な変遷について遺伝解析をもとに比較しました。その結果、シカの集団が人間活動によって孤立・断片化したのと同じ時期に、オオセンチコガネの色彩多型を持つ集団も分岐していました。つまり、1) 歴史的な人間活動がシカを含む哺乳類の分布に影響を及ぼし、哺乳類の糞を食べるオオセンチコガネ集団の分岐にも影響したと考えられます。2) また、色彩多型を有する集団の分岐が約 600 年前と比較的最近であることから、奈良時代の平城京に生息していたオオセンチコガネは瑠璃色をしていなかった可能性もあります。

本研究の成果が、国際環境研究協会発行の学術誌『地球環境』に発表されましたので、ご報告いたします。

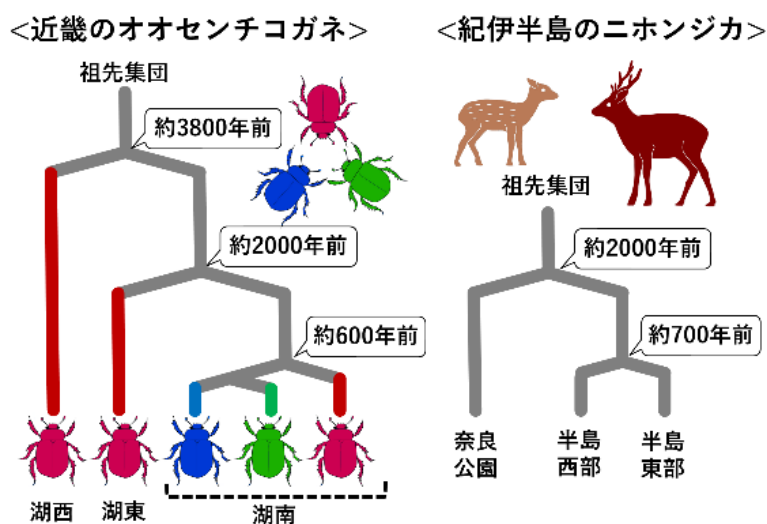


図 1. ニホンジカと近畿地方のオオセンチコガネの集団の分岐年代。年代の推定値は、ニホンジカ (Takagi et al. 2023)、オオセンチコガネ (Araki and Sota 2023) の中央値に基づく。(作成: 高木俊人)



本研究のポイント

- ✓ 歴史的な集団構造の比較から、紀伊半島のニホンジカだけでなく、近畿地方のオオセンチコガネ集団の断片化も人間活動によって形成された可能性が高い。
- ✓ 紀伊半島のニホンジカは、過去 2000 年の間に、奈良公園、半島東部、半島西部の 3 つの遺伝的集団に分かれた。
- ✓ 近畿地方のオオセンチコガネも湖南系統の祖先集団が約 2000 年前に分岐し、その後、さらなる分岐により湖南系統の 3 種類の色彩多型集団(赤、緑、瑠璃)が生まれてきた。
- ✓ オオセンチコガネにおける色彩多型が、1 万年を超えるような地史的な時間スケールではなく、過去 2000 年の人間活動を契機に発生、固定したと考えられる。

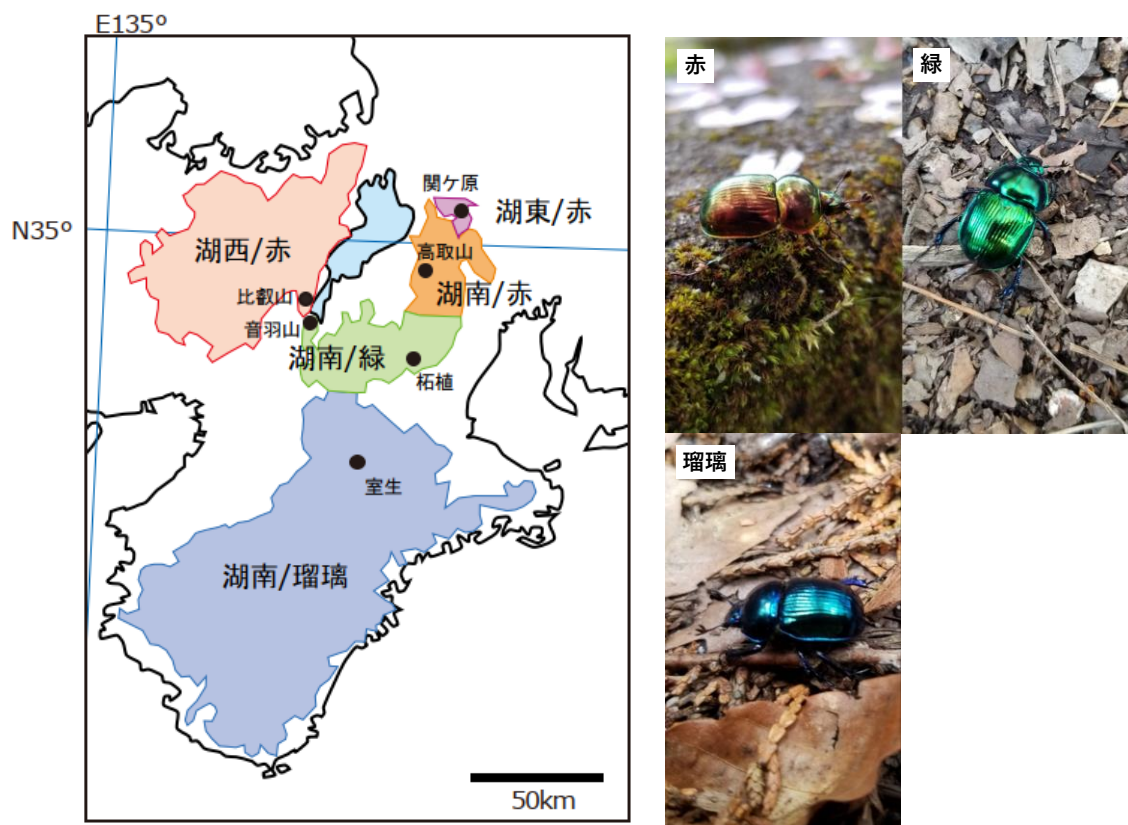


図 2. 近畿地方におけるオオセンチコガネの地域集団の分布。3つの遺伝的系統(湖西系統, 湖東系統, 湖南系統)と3つの色彩型(赤色型, 緑色型, 瑠璃色型)の組み合わせにより, 5つの地域集団に大別される。撮影: 荒木祥文

◎研究の内容

生物多様性の減少を食い止めるための保全策を進めるには、対象種の集団構造や様々な時間スケールでの生態系の変遷とその影響への理解が不可欠です。本研究では遺伝解析による野生生物の集団動態の解明するアプローチについて、近畿地方に生息するニホンジカとオオセンチコガネ(図1)の集団構造の歴史的な変化について比較を行いました。このような同所的に生息する異なる種の集団動態を照合し、比較することは、歴史的なイベントが生態系やその構成種にどのような影響を与えたかを理解するうえで大きな意義があります。

紀伊半島のニホンジカは核マイクロサテライト DNA^(注1)を使用した解析から、奈良公園、半島東部、半島西部の大きく3つの遺伝的集団に分かれることが明らかとなっています(Takagi et al. 2023)。また、祖先集団から奈良公園集団の分岐は約2,000年前、半島東部と半島西部の集団が分岐したのは約700年前と推定されました(いずれも推定中央値)。

シカを含む哺乳類の糞を利用する食糞性甲虫のオオセンチコガネの近畿地方に生息する集団は地理的に分化した赤色、緑色、瑠璃色の3つの色彩多型(図1)で知られていました。そして、全ゲノムリシーケンス解析^(注2)による集団構造解析の結果との組み合わせから5つの地域集団で構成されていることが明らかとなっています(Araki & Sota 2023)。それらの集団の最初の分化は約3,800年前の縄文時代に生じたことが推定されましたが、その主要因はこの時代に広範囲で起こっていた大規模な寒冷化による好適な環境の縮小にあると考えられました。

一方、2度目の集団分化が生じた約2,000年前は、日本列島で爆発的な人口増加が始まった時期と重なります(図1)。人間による開墾・開発が進むにつれて、オオセンチコガネの主要な生息地である森林の縮小・断片化が進んだだけでなく、ニホンジカをはじめとした森林性の哺乳類の個体数および生息地が著しく縮小し、哺乳類の糞に餌資源を強く依存するオオセンチコガネの生息可能な地域及び個体数も追隨して縮小したと考えられます。このことはニホンジカの解析結果とも一致します。そうした分集団化や地域絶滅が進む過程で成立した地域集団の中において瑠璃色の体色を有する個体が生じたと考えられます。そして、個体数の減少と遺伝的浮動の効果^(注3)によって本来であれば稀な体色の個体が優占するようになった結果、今日の「紀伊半島のルリセンチコガネ」が成立したものと考えられます。

◎成果の意義

紀伊半島のニホンジカ、および近畿地方のオオセンチコガネに2つの研究において実施された歴史的集団動態推定の結果は、ニホンジカの集団遺伝構造だけでなく、ニホンジカの糞を餌資源として利用するオオセンチコガネの集団遺伝構造にも影響を及ぼしていることを示唆しています。奈良公園のニホンジカや、ルリセンチコガネの集団形成についての科学的な知見は、私たち人間の歴史的な活動が間接的に野生生物の集団構造に干渉し、遺伝的、形態的多様性をもたらした可能性があることを示す非常に興味深い事例です。

◎著者のコメント

紀伊半島のニホンジカ、および近畿地方のオオセンチコガネに関する以上の研究は独立して実施されたにも関わらず、同様の推定結果をもたらしたことは非常に興味深く感じています。また、ニホンジカの論文(Takagi et al. 2023)とオオセンチコガネの論文(Araki & Sota 2023)の出版がほぼ同時であったことに運命のようなものを感じています。(神戸女学院大学 高木俊人)

シカとオオセンチ、2つの研究が出会ったことにより、生物間の相互作用に対する理解がまた一段と深められたように思います。また、共生・寄生関係にある生物間では地理的な分布などが似通うという研究は多数ありますが、集団分化の時期の近似性にまで踏み込んだ研究は非常に稀であり、その点でも意義深い成果であると感じています。(北海道大学 荒木祥文)

奈良のシカの論文の発表直前に発表されたオオセンチコガネの論文を読んだときの衝撃はいまでも忘れていません。これまで個別に論じられていたオオセンチとシカの論文の知見を統合し、その深い関係について言及できたこと、また異なる色のオオセンチが人間活動によって生まれた可能性を示すことができ、とても嬉しく思います。(福島大学 兼子伸吾)

◎掲載論文情報

- 【タイトル】 近畿地方のニホンジカとオオセンチコガネの遺伝構造から読み解く人間活動の歴史的な影響
- 【著者】 高木俊人、荒木祥文、兼子伸吾
- 【著者の所属】 高木俊人(神戸女学院大学 生命環境学部 専任講師)
荒木祥文(京都大学 農学研究科、現所属:北海道大学および日本学術振興会 特別研究員)
兼子伸吾(福島大学 共生システム理工学類 教授)
- 【掲載誌】 地球環境(国際環境研究協会が発行している和文学術会誌)
- 【公開日】 2024年5月上旬 WEB 公開予定
- 【リポジトリ】 <https://hdl.handle.net/10270/6950>

◎報道機関関係者の方々へのお願い

本研究に興味を持っていただきありがとうございます。図1の画像については作成者をして頂ければ、報道等に利用して頂いて問題ありません(CC BY4.0)。図2の地図画像については、一般社団法人学術著作権協会(<https://www.jaacc.org/>)に申請のうえ、報道等にご利用ください。

また、CCBY4.0 として使用いただける画像等は以下からダウンロード可能です。

https://kobec-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/takagi_mail_kobe-c_ac_jp/EvJvBNywF-5Bmv7bdIXWwPIBQD4TPL7g2E9oYKBRrFjTEA?e=n0GQEE

本研究成果を取り上げる際には、読者や聞き手が研究の詳細を知り、結果の背景を正確に理解することのできるよう原典の論文を引用していただきますようお願い致します。特にウェブサイト版での記事や SNS (X や BlueSky、YouTube 等) の情報発信の際には、上述の論文へのリンクを付けていただくようお願いいたします。また、このお願いにつきましては 2023 年 2 月 9 日に生物科学学会連合から提出されました「研究成果をメディアへ報道する際のお願い」(<https://seikaren.org/wp/wp-content/uploads/2023/02/to-media.pdf>) も併せてご覧いただければ幸いです。

◎用語解説など

(注 1) 核マイクロサテライト DNA

核ゲノム上にみられる、1～数塩基の短い配列の繰り返し数の多型(例: ATATATATAT など)を評価する遺伝マーカー。核 DNA 上に存在するため、両親から子に受け継がれる両性遺伝という遺伝形質を持つ。核 SSR とも呼ばれる。多型性が高く遺伝子型で個体や個人を特定できることから、集団遺伝学、分子生態学、親子判定や科学捜査などにも用いられる。

(注 2) 全ゲノムリシーケンス

これまでに全ゲノム(生物の持つ全遺伝情報)配列が決定されている生物において、異なる複数の個体で、さらに全ゲノム配列を読み直したデータを解析する手法。全ゲノム配列を個体間で比較することで各個体のゲノム中の変異を検出し、個体間の遺伝的な差異を解析することが可能となる。

(注 3) 遺伝的浮動の効果

偶然の要因により集団中の遺伝的組成(対立遺伝子の頻度)が変化すること。何らかの要因により個体数が減少した集団では、遺伝的浮動の影響を受けやすく、偶然の要因により遺伝的組成が大きく変化しやすい。

◎先行研究情報

Araki, Y., & Sota, T. (2021). Population genetic structure underlying the geographic variation in beetle structural colour with multiple transition zones. *Molecular Ecology*, 30(3), 670–684. <https://doi.org/10.1111/mec.15758>

Araki, Y., & Sota, T. (2023). Whole-genome resequencing reveals recent divergence of geographic populations of the dung beetle *Phelotrupes auratus* with color variation.



神戸女学院大学



国立大学法人

福島大学

Fukushima University

Ecology and Evolution, 13(1), e9765. <https://doi.org/10.1002/ece3.9765>

Takagi, T., Murakami, R., Takano, A., Torii, H., Kaneko, S., & Tamate, H. B. (2023). A historic religious sanctuary may have preserved ancestral genetics of Japanese sika deer (*Cervus nippon*). Journal of Mammalogy, 104(2), 303–315.

<https://doi.org/10.1093/jmammal/gyac120>

Takagi, T., Torii, H., Kaneko, S., & Tamate, H. B. (2024). The sacred deer conflict of management after a 1000-year history: Hunting in the name of conservation or loss of their genetic identity. Conservation Science and Practice, 6(3), e13084.

<https://doi.org/10.1111/csp2.13084>

◎連絡先

（研究に関するお問い合わせ先）

神戸女学院大学 生命環境学部

高木俊人 専任講師

メール: takagi@mail.kobe-c.ac.jp

（広報に関するお問い合わせ先）

神戸女学院大学 入学センター・広報室

電話: 0798-51-8585

メール: koho@mail.kobe-c.ac.jp

（研究に関するお問い合わせ先）

福島大学 共生システム理工学類

兼子伸吾 教授

メール: skane@sss.fukushima-u.ac.jp

（広報に関するお問い合わせ先）

福島大学 総務課 広報・渉外室

電話: 024-548-5190

メール: kouho@adb.fukushima-u.ac.jp

