

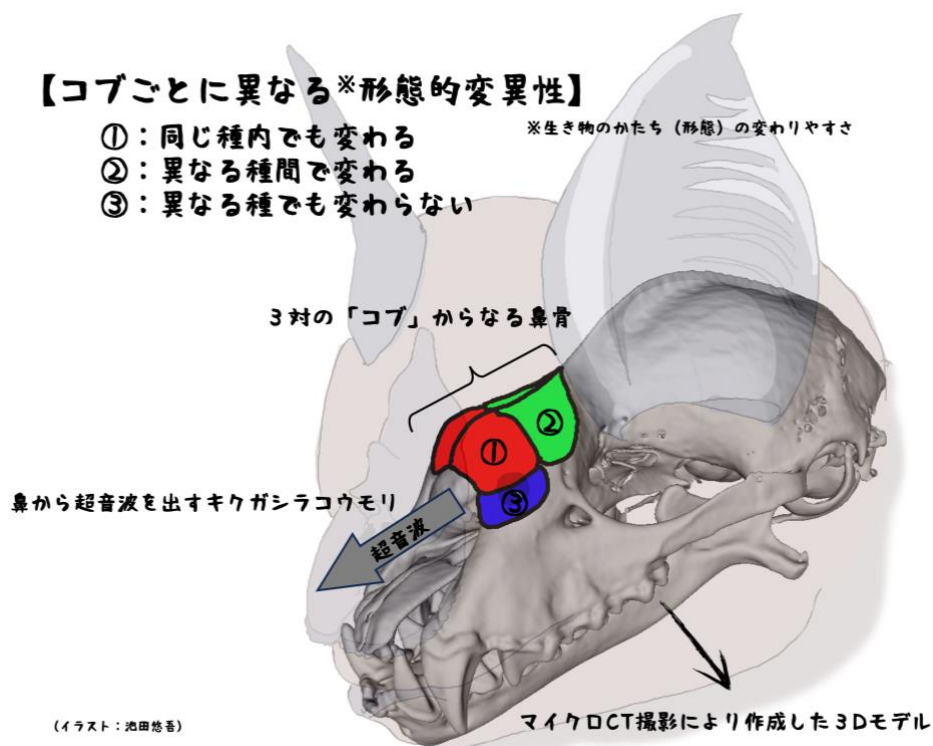
キクガシラコウモリの鼻骨形態の“変わりやすさ”が超音波の地域性をうむ —頭骨の三次元幾何学的解析から初めて解明—

概要

鼻の穴から一定の高さの超音波を発することで知られるキクガシラコウモリにおける超音波の地域性は、鼻骨形態の高い形態的変異性（変わりやすさ）と関連している可能性がはじめて示唆されました。

京都大学総合博物館 池田悠吾 研究員を代表とする日韓の研究者の国際共同研究グループは、ニホンキクガシラコウモリがエコーロケーションの際に利用する超音波の最大周波数が地域ごとに異なることに着目し、博物館標本をCTスキャンすることで作成した頭骨形態の3Dモデルを用いて、三次元幾何学的形態測定法（3-dimensional geometric morphometrics）による変異解析を実施しました。これにより、本種の地域集団間で違いが生じる鼻骨の部位と、日本列島に同所的に生息するコキクガシラコウモリとの種間で違いが生じる鼻骨の部位が異なることが明らかになり、鼻骨の部位によって形態的変異性が異なることが示唆されました。キクガシラコウモリの「方言」とも捉えられる地域ごとの超音波の違いが、鼻骨の変わりやすさに起因することを示唆する本研究成果は、超音波という“言葉の齟齬”によって生じるコウモリ独自の種分化メカニズムや島嶼環境への適応進化を解明する上で重要な知見を提供するものです。

本研究成果は、2024年2月12日に国際学術誌「*Acta Chiropterologica*」にオンライン掲載されました。



1. 背景

暗闇を自由に飛び回るコウモリは超音波を発することで物体の位置を把握する能力（エコーロケーション能力）を持っており、その超音波の最大周波数は地域ごとに異なることが知られています。例えば、日本列島本土に広く生息するニホンキクガシラコウモリが用いる超音波の最大周波数は、北海道では約 64kHz と低く、鹿児島県では約 70kHz と高いことが知られています。しかし、同じ種であるにもかかわらず、用いる超音波に地域性が生じる理由はわかっていませんでした。

鼻から超音波を発するキクガシラコウモリ科では、これまでいくつかの超音波関連形質が提唱されてきました。その中でも、本科に特有の瘤（こぶ）状に発達した鼻骨（図1）との関連が示唆されてきましたが、当該部位には従来の解析手法では評価が難しい平滑な表面構造が多く含まれるため、効果的な変異解析は実施されていませんでした。

多くのコウモリ類で、超音波は個体間あるいは種間コミュニケーションにも用いられているため（ソーシャルコール）、超音波の最大周波数の地域性が大きくなると、異なる種への分化が

促進される可能性が示唆されます。そのため、どのような要因で超音波の地域性が生じるのか、またどのような形態的特性によって超音波の最大周波数が変わるのか明らかにすることは、コウモリ類における種分化メカニズムを理解する上で重要です。

(イラスト：池田悠希)

発達した“こぶ”状の鼻骨



キクガシラコウモリ科の頭骨



その他のコウモリ類（ヤンゴキロブテラ類）の頭骨

図1

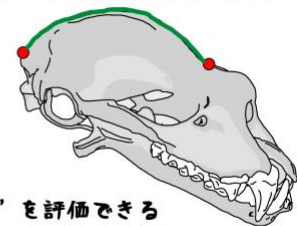
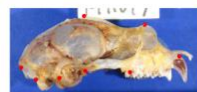
2. 研究手法・成果

本研究では、同緯度に位置する京都、濟州島（韓国）、および朝鮮半島南部から採集されたニホンキクガシラコウモリと、島根および壱岐から採集されたコキクガシラコウモリの博物館標本をマイクロCTで撮影して得られた連続画像を用いて、三次元メッシュモデルを構築しました。これらを用いて、“三次元幾何学的形態測定法”による変異解析を実施しました。当該手法は、二次元画像を用いた従来の手法で評価可能な「点」と「線」の変異に加え、「面」の変異が評価できるため、鼻骨のような平滑構造の変異を検出することができる最新の解析手法です（図2）。

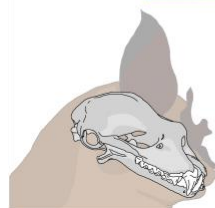
本研究により、これまで効果的な変異解析手法がないために知見が不足していた鼻骨の形態変異が新たに解明されました。また、鼻骨瘤前中部は種内で、鼻骨瘤後中部は種間でそれぞれ形状が異なることが検出され、鼻骨の部位によって“形態の変わりやすさ”（形態的変異性）が違うことが示唆されました（図3）。同じ種内で違いが生じるほど変異性が高い形態的特性は少なく、中でも超音波の発声というコウモリ類において重要な役割を担う鼻骨にこのような高い形

(イラスト：池田悠希)

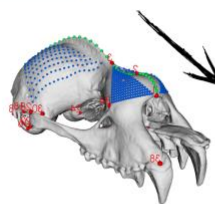
従来の手法（標本写真を用いた幾何学的形態測定法）



“点”と“線”を評価できる



3Dモデルを用いた幾何学的形態測定法



“点”と“線”に加えて
“面”を評価できる

図2

態的変異性が認められたことは、コウモリにとっての“方言”ともみなせる超音波の地域性が促進するコウモリ類独自の種分化メカニズムについて解明する上で重要な知見です。

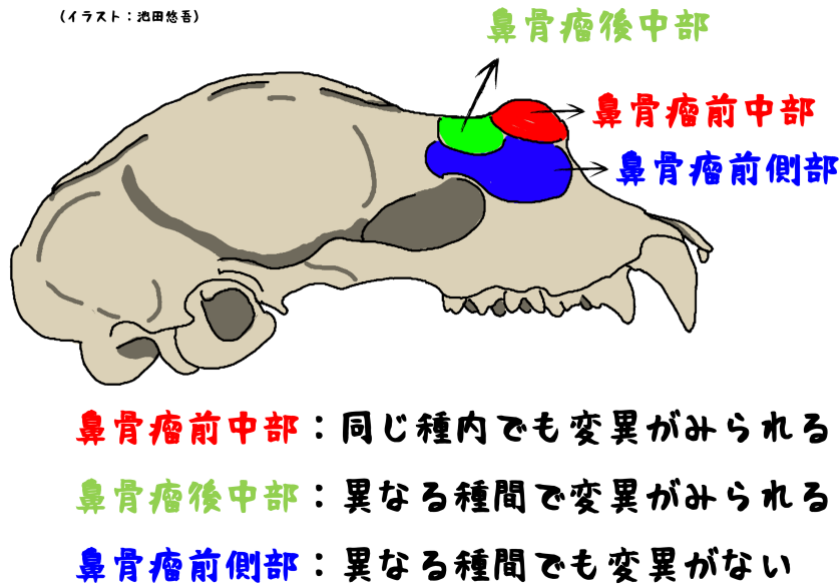


図 3

3. 波及効果、今後の予定

摂食や移動、個体間コミュニケーションなどの機能的役割を持つ形態では、そうでない形態に比べて変異に強い制約がかかります。本研究で新たに発見された、超音波の発声に機能する鼻骨における高い形態的変異性は、コウモリ類における地域性の形成に寄与すると考えられ、将来的な種分化への足掛かりを築く重要な形態的特徴であることが予想されます。今後は、日本列島よりも多くの種が混在し、より複雑な個体間コミュニケーションをしていると考えられるインドシナ半島に着眼し、エコーロケーションの際に利用する超音波特性と個体間コミュニケーションの際に利用するソーシャルコールの地域性や、鼻骨をはじめとした超音波関連形態における地理的変異を調べることで、コウモリ類における地域性の形成およびコウモリ独自の種分化メカニズムを探究していく予定です。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は下記の助成金の支援を受けて実施されました。

- ・ JSPS 科学研究費助成事業 (JP18H03602)
- ・ JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム (JPMJSP2110)

<研究者のコメント>

ヒトと同じ哺乳類であるコウモリ類は、私たちには聞くことのできない超音波を用いて、私たちが考えるよりずっと高度なコミュニケーションを取っているかもしれません。コウモリが発する超音波や言葉に地域性がうまれる仕組みを解明することは、哺乳類で2番目に種数が多いコウモリ類の種分化のメカニズムにつながるだけでなく、コウモリがより身近に感じられることにもつながると考えています。(京都大学総合博物館 研究員 池田悠吾)

<論文タイトルと著者>

タイトル：Nasal bone variability in two Japanese horseshoe bats revealed by 3-dimensional geometric morphometrics (三次元幾何学的形態測定法により解明された日本産キクガシラコウモリ2種における鼻骨の形態的変異性)

著者：池田悠吾、Hyeji Kang、Yoo-Kyung Kim、Hong-Shik Oh、本川雅治

掲載誌：*Acta Chiropterologica* DOI：10.3161/15081109ACC2023.25.2.012