九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

Why are calling songs of cicadas complex?: From behavioral and evolutionary ecological aspects

児玉, 建

https://hdl.handle.net/2324/7363607

出版情報：Kyushu University, 2024, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (3)

KYUSHU UNIVERSITY

（様式６－２）

氏　　名	児玉　建
論　文　名	Why are calling songs of cicadas complex?: From behavioral and evolutionary ecological aspects（セミの鳴き声はなぜ複雑なのか？：行動・進化生態学的側面から）
論文調査委員	主　査　　九州大学　　教授　立田　晴記 副　査　　九州大学　　准教授　細川　貴弘 副　査　　東北学院大学　　教授　松尾　行雄 副　査　　山口大学　　准教授　小島　渉

論　文　審　査　の　結　果　の　要　旨

セミ（カメムシ目セミ科）は、オスのみが顕著な鳴き声を発する昆虫のひとつである。オスが鳴き声を発し、その鳴き声は主に配偶行動のためにメスを呼び求愛するために用いられる他、同種オスを誘引し発音を促して合唱を形成する役割などもあると考えられている。セミの鳴き声は種ごとに特徴があり、時に複雑な音響構造を示すことが知られている。このような鳴き声の多様性がどのようにして生じてきたのか、あるいは複雑な鳴き声がコミュニケーションにおいてどのような意味を持つか、といった問いを検証するため、日本に生息する 2 種のセミを用いて進化学的および行動生態学的側面から研究をおこなった。

まず、ミヤコニイニイ *Planopleura miyakona* の系統地理と音響特性の関係について調べた。ミヤコニイニイは、沖縄県の宮古諸島に生息する固有の陸棲生物の一種である。本種は諸島内でも生息地によって羽化時期が異なることが知られている。羽化時期の異なる地域間では、成虫の遺伝的交流が時間的な生殖隔離によって妨げられることで地域個体群内で固有の遺伝的変異が蓄積し、生息地間で異なる表現型を示す可能性が考えられる。またセミは移動能力が低く、海を超えての移動頻度は極めて低いと考えられるため、島嶼単位で遺伝的分化が見られる可能性もある。

宮古諸島ほぼ全域にわたってミヤコニイニイの成虫を採集し、ミトコンドリアの COI 領域および核の 18SrRNA 領域の DNA 塩基配列に基づき、地域個体群間の系統関係を調べた。最尤法により推定された系統樹から、本種の系統は 5 つのクレードに分かれることが支持された。すなわち、(A) 宮古島（城辺保良を除く）クレード；(B) 来間島クレード；(C) 伊良部島・下地島クレード；(D) 多良間島クレード；(E) 池間島・大神島・宮古島 城辺保良クレードである。また地域個体群間の遺伝的距離と空間的距離には有意な相関関係が見られた。またクレード E とその他の 4 つのクレードの間に大きな遺伝的変異が見られた。これらの結果は、島嶼間で遺伝的隔離が生じていること、隣接する地域間ではある程度の遺伝的交流が見られること、また一部地域で人為的な個体移入が生じている可能性が考えられた。

また各生息地で野生のオスの主鳴音を録音し、主鳴音のフレーズの持続時間、転調後ピーク周波数、転調前ピーク周波数の 3 つの音響特性を定量化した。3 つの音響特性に対して、録音地点（すなわち地域個体群）の違いが有意な効果を持つことが示された。また転調前ピーク周波数に対しては温度も有意な影響を与えていた。こうした音響特性の違いに与える系統的制約による影響は少なく、地域ごとに異なる選択圧や、気温といった生息環境の違いにより音響特性の差異が生じているものと考えられた。

次に、ツクツクボウシ *Meimuna opalifera* の複雑な鳴き声のパート構造が同種オスの応答に与える影響について調べた。本種の主鳴音は極めて複雑であり、高調音にパターンの異なる 2 段階（前半および後半）が認められる。また鳴いているオス個体の近傍で別のオス個体が主鳴音と異なる音声（合の手）を発して応答するというコミュニケーションも知られている。本種の鳴き声に複数のパートが個体間コミュニケーションに与える影響ついてはこれまで精査されてこなかった。

本研究では、ツクツクボウシの主鳴音の構造を変化させた音声を再生し、捕獲したオス個体に聞かせるプレイバック実験により、他のオスによる応答を観察した。まずは主鳴音の音声（全体 IS）に加え、主要部が前半パートのみの音声（前半 FPS）または後半パートのみの音声（後半 LPS）、およびコントロール音声（無音 NS・ホワイトノイズ WN）を用いてプレイバック実験をおこなった。オスは IS, FPS, LPS に対してのみ合の手による応答を示し、コントロール音声に対しては応答を示さなかった。また、LPS に対する合の手による応答の頻度は、IS, FPS に対する合の手の頻度よりも有意に低かった。さらに各パートの再生順序の影響を調べるため、通常の順序の主鳴音（通常順 N）に加え、前半パートと後半パートの再生順序を入れ替えた音声（逆順 R）、またそれぞれの音声の後半パートの持続時間を前半パートと同程度に延長した音声（通常順延長 NE・逆順延長 RE）の 4 種類の音声を用いてプレイバック実験をおこなった。オスの合の手の頻度はパートの順序を入れ替えた R, RE に対して有意に減少した。これらの結果から、ツクツクボウシの主鳴音を構成する 2 つのパートの再生順序が同種オスの合の手による応答の頻度に大きな影響を与えることが明らかになった。

以上より、これまで知られていなかった南西諸島の島嶼域に生息するセミの遺伝的多様性が維持されており、鳴き声の特徴にも地域的な固有性が認められること、また音声の再生順序が他個体の行動を顕著に変化させることが初めて示された。今回得られた知見は生物多様性ホットスポットとして知られる南西諸島における保全策を講じる上で有用な指針を与え得るものであると共に、節足動物における特異な行動の解明に向けた端緒となるものである。従って、一連の研究成果は博士（理学）の学位に値すると認める。