

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：32610

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K15152

研究課題名（和文）婚姻贈呈を介したメス内部生殖器の多様化機構に関する研究

研究課題名（英文）Morphological diversification of female internal genitalia mediated by male nuptial gift

研究代表者

橋本 晃生（Hashimoto, Kosei）

杏林大学・その他部局等・助教

研究者番号：50836517

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：カミキリモドキ科では、メスの交尾嚢形態は種によって異なり、棘の生える領域の長さは、精包の性状との関連性が示唆された。より大きな精包を与える種では、メスの卵に含まれる精包由来と予想される化学物質の推定含有量が多かった。日本産カミキリモドキ科の分子系統樹からは、交尾嚢の棘および精包形成は複数の系統で独立に獲得されたと考えられる。ナガカミキリモドキ属の一部の種でオス交尾器に大きな相対成長を認めたことを考慮すると、精包（婚姻贈呈物）の授与とその消化を巡って雌雄間の利害の対立が存在する可能性がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般に、交尾器形態はその他の部位よりも速く進化し、その背景として雌雄交尾器の接触による相互作用の影響が考えられてきた。本研究では、メスの交尾器形態の多様化は、オス交尾器との接触だけでなく、交尾時の婚姻贈呈物の形成による影響を受けてきた可能性を示した。その背景の1つとして考えられることは、婚姻贈呈物の生産（オス側）とその効率的消化（メス側）との間にある利害の不一致である。繁殖に関わる形質の速やかな進化のメカニズムとその背景を解明することは、どのように生物の多様性が形成・維持されているかを知るための鍵の1つとなりうる。

研究成果の概要（英文）：In the family Oedemeridae, the morphology of female spiny bursa varies among species, and the length of spiny area were associated with the spermatophore traits. Species that provide larger spermatophores showed higher estimated quantities of defense chemical assumed to derive from male spermatophore contents in female eggs. From the molecular phylogenetic tree of Japanese Oedemeridae, it is suggested that the bursal spines and spermatophore formation were independently acquired in multiple lineages. Considering the higher allometry observed in male genitalia in some species of the genus *Nacerdes*, it is possible that there is a conflict between males and females over the transfer and digestion of spermatophores (nuptial gifts).

研究分野：生態学

キーワード：性選択 種多様性 共進化

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

地球上で最も多様なグループの1つである昆虫の種同定は、おもにオスの外部生殖器(交尾器)の形態の差異に基づいている。それは、外見がよく似た種であっても、オスの交尾器の形が大きく異なり、その違いが生殖的隔離をもたらしていると考えられているためである。実際、昆虫を含む体内受精を行う動物では、オスの交尾器形態が他の外部形態にくらべて進化速度が大きく、高い多様性を示す。そのため、種の特徴をよく表わすオス交尾器の多様化プロセスの理解は、種多様性を生み出すメカニズムの解明に不可欠であるとして多数の研究がおこなわれている。一方、メスの交尾器は、構造的に単純で形態的情報が少なく、その多様性はオスより乏しいと考えられてきた。

昆虫の中には、交尾の際にオスが精子と栄養となる物質などを精包というパッケージにしてメスに渡すものがある。カミキリモドキ科(甲虫目)の多くの種では、メスは精包を交尾嚢という生殖器官で受け取って速やかに粉碎・消化する。そのために、交尾嚢に棘が生えており、棘の生え方が種によって大きく異なる。しかし、このようなメス生殖器の多様性をもたらす要因に関する知見は乏しい。本研究では、オスの生殖器や精包の形質とメス生殖器形質との関連性を分析し、メス生殖器の多様化の背景を探る。

### 2. 研究の目的

カミキリモドキ類のメスの内部生殖器の形態的多様性を明らかにし、さらにオスによる婚姻贈呈が雌雄の生殖器形質の進化に及ぼす影響を明らかにするため、以下の3つに主眼を置いた。

- (1) メスの内部生殖器形態とオスの外部生殖器・精包の性状との関連性の解明
- (2) 婚姻贈呈物と卵の内容の種間比較
- (3) 分子系統樹上における雌雄生殖器の進化プロセスの推定

### 3. 研究の方法

- (1) メスの内部生殖器形態とオスの外部生殖器・精包の性状との関連性の解明

メス内部生殖器の形態とオスの精包の物理的性状を分析する。交尾嚢内に形成された精包を摘出し、精包サイズを測定後、各種のメス交尾嚢を摘出・切開し、その内側にある棘の本数と長さ・太さを測定する。さらに、精包の粉碎効率を巡る交尾器の形態的変異を調べる。精包の粉碎効率は、交尾嚢内のどこに精包が形成されたかに左右されうる。メス交尾嚢は管状で、その一部に棘が生えている。交尾嚢の棘が生えている部分以外の部分に精包が形成されると、棘が十分に機能せず精包の粉碎効率は低下するはずである。そこで、精包を輸送するオス交尾器とメス交尾器の様態を顕微鏡下で測定し、その変異を明らかにする。

- (2) 婚姻贈呈物と卵の内容分析

カミキリモドキ科のオスは、婚姻贈呈物としてカンタリジン(CTD)と呼ばれる防御物質を精包に込め、メスに与える。これがメスの卵に移行し、産卵後の卵が捕食から守られると考えられている。そこで、精包と卵に含まれるCTDを定量し、CTD贈呈量の種内・種間の多様性を明らかにする。精包と卵からそれぞれCTDを抽出し、バイオアッセイに供する。CTD特異的に誘引性を示すホソアシチビイッカクという甲虫を指標生物とする。シャーレ上で一定個体数の指標生物に各試料を提示し、その個体数をカウントする。既知の濃度に誘引される指標生物の個体数から、各試料に含まれるCTDの量が推定される。これにより、婚姻贈呈の強度に応じた卵のCTD量が得られるか検証する。

### (3) 分子系統樹上における雌雄生殖器の進化プロセスの推定

系統樹は、ミトコンドリア DNA の 16S rRNA 領域および核 DNA の 28S rRNA 領域の塩基配列に基づき、最尤法によって作成する。得られた系統樹上でオスの交尾器および精包の形質とメスの内部生殖器や卵の形質を比較し、その進化的背景を考察する。

## 4. 研究成果

### (1) メスの内部生殖器形態とオスの外部生殖器・精包の性状との関連性の解明

日本産カミキリモドキ科のうちナガカミキリモドキ族、フトカミキリモドキ族、およびカミキリモドキ族の一部の種で雌雄交尾器各部の相対成長を調べた。メス内部生殖器形態は体サイズに対して負の相対成長を示すか、または相関関係は認められなかった。オス交尾器においては多くの種で負の相対成長を示した。しかし、ナガカミキリモドキ属のシリナガカミキリモドキとウメノカミキリモドキでは正の相対成長がみられ、近縁種であっても、カトウカミキリモドキおよびアオカミキリモドキでは負の相対成長がみられるなど傾向の違いがみられた。また、オスが与える精包の形状は系統によって球状のもの（ナガカミキリモドキ属とカミキリモドキ属のうち、精包を形成する種の一部）と細長い筒状のもの（ナガカミキリモドキ属のうち、精包を形成する種の一部）に大別でき、これはメスの交尾嚢内で棘が生える領域の広さや棘形態の違いと概ね対応していると考えられた。

カミキリモドキ属において、大きな精包を形成する種とまったく精包を形成しない種との間での交尾が野外において予期せず観察された。このような交尾は稀であるが、精包を形成する種のオスの精包は交尾嚢に棘を持たない種のメスの内部生殖器を損傷した。一方、逆の組み合わせ、つまり精包を形成しない種のオスと精包を形成する種のメス（交尾嚢に棘あり）では子孫を生じる交雑の可能性が考えられたが、野外より多数の個体を採取し中間・異常型の形成は確認されず、遺伝子浸透もみられなかった。すなわち、交雑による影響の可能性は一方向的で、生殖的隔離が交尾後に存在する可能性が示唆された。

### (2) 婚姻贈呈物と卵の内容分析

メスが産卵した卵に含まれる防御物質（カンタリジン）の量を、交尾嚢に棘があり体サイズ等がよく似た近縁種間（シリナガカミキリモドキとカトウカミキリモドキ）で比較した。シリナガはより大きな精包を与え、メス交尾嚢の棘は長く本数も多いことから精包の消化効率がより高いと予想される。2種の卵抽出物をこの防御物質に特異的に誘引性を示す昆虫に呈示するバイオアッセイを行ったところ、シリナガの卵はカトウの卵よりも相対的に高い誘引性を示した。この誘引性の違いは、オスの精包に含まれる防御物質（婚姻贈呈物）の量的な違いを反映しているかもしれない。

### (3) 分子系統樹上における雌雄生殖器の進化プロセスの推定

申請者らの先行研究におけるカミキリモドキ科各種の DNA データに、アイヌカミキリモドキ、クロカミキリモドキ、クロアオカミキリモドキ、ヤエヤマニセフトカミキリモドキ、アトグロフトカミキリモドキ、ホソカミキリモドキの6種をあらたに追加した。結果、日本産カミキリモドキ科（14属59種）のうち13属45種を用いた分子系統樹を作成できた。系統樹においては、スジカミキリモドキ族の系統的位置が不安定なこと、フトカミキリモドキ族が多系統となる等の諸問題が残るが、(1)(2)の結果も総合すると、交尾嚢の棘および精包形成は複数の系統で独立に獲得され、さらにその中のごく一部の系統（ナガカミキリモドキ属のうちシリナガカミキリ、ウメノカミキリモドキを含む）では、精包（婚姻贈呈物）の授与とその消化を巡って雌雄間の利害の対立が存在する可能性が考えられた。以上、本課題で得られた結果の多くは少数例に基づいている。今後さらに研究を進め、この交尾器進化の背景の全容を明らかにしたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 橋本晃生・菅原弘貴・林文男
2. 発表標題 カミキリモドキ類の種間交雑によるメスの内部生殖器内での不都合
3. 学会等名 関東昆虫学研究会 第7回大会
4. 発表年 2023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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------