HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Comprehensive understanding of the origin and function of the “female penis” in cave insects [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	程, 子昕
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第15152号
Issue Date	2022-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/87231
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Cheng_Zixin_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士（農学）　氏　名　Cheng Zixin

審査担当者　主査　准教授　吉澤和徳
副査　教　授　大原昌宏
副査　助　教　松村洋子
副査　教　授　荒木仁志

学位論文題名

Comprehensive understanding of the origin and function of the “female penis” in cave insects
（雌がペニスを持つ昆虫の交尾器の起源と機能の総合的理解）

本論文は英文 95 頁，図 28，表 3，3 章からなり，参考論文 81 編が付されている．

交尾器機能が雌雄で逆転したトリカヘチャタテ *Neotrogla*（咀顎目：コチャタテ亜目：ホラアナチャタテ科）は，ブラジルの洞窟から 2010 年に発見されたチャタテムシ類昆虫である．トリカヘチャタテのメスは種特異的な“ペニス状”の交尾器 gynosome（以下雌ペニスとする）を備え，交尾に際してはこれをオスの膣状の交尾器に挿入する．さらにメスは，この交尾器を使ってオスから受け取った大量の精液を，自身や卵熟成のための栄養としても消費する．本研究は，トリカヘチャタテの雌ペニスの起源と進化，そして機能を，シンクロトロン μCT を用いた筋肉相を含めた詳細な形態解析と交尾プロセスの解析を通して明らかにすることを目的としている．

第 1 章では，咀顎目の全 3 亜目 7 科 7 種の，雌ペニスを持たないチャタテムシを対象に，雌交尾器の構造と筋肉層の 3 次元構造を明らかにしている．雌交尾器に関連した 21 の筋肉の存在を明らかにし，咀顎目全体および他の昆虫類との筋肉の相同性を推定した．これらの筋肉の状態を標識とすることで，咀顎目と他の昆虫の産卵管も含めた構造の相同性を評価した．特に，コチャタテ亜目の産卵管が，強く発達した external valve と，痕跡的な dorsal valve からなる複合構造であることを明らかにしたと述べている．また雌交尾器の筋肉相に含まれる系統情報を解析し，一部の筋肉が系統推定に有用な情報（例えば，チャタテ亜目の単系統性を支持する情報）を備えていることを明らかにしている．これらの研究は，トリカヘチャタテにおける雌ペニスの起源と相同性を明らかにする上での重要な基盤をもたらすものである．

第2章では，第1章の結果を受け，トリカヘチャタテの雌交尾器の筋肉相を他の咀顎目昆虫と比較することで，雌ペニスに対応する構造を解析するとともに，この構造が新たな機能を獲得する上で必要となった進化的新奇性を明らかにしている．雌ペニス周辺の膜構造に付随する筋肉の対応関係から，この構造が他のチャタテムシ類に見られる spermapore plate と呼ばれる構造と相同であることを明らかにしている．さらに，雌ペニスには他のチャタテムシの雌交尾器には見られない2対の筋肉が付随しており，これらが雌ペニスの突き出しと収納と言う新たな機能を可能にしていることを明らかにしている．これらの筋肉のうち，少なくとも1対の筋肉は，まだ機能的な雌ペニス構造を持たないチャタテムシにおいても見られることも明らかにしている．このことから，これらの筋肉の起源は，雌ペニスの起源に先立っており，元々は別の機能（例えば，spermapore plate の動きによってオスを刺激し，精液の受け渡しを促進する等）を持っていた前適応的な筋肉の存在こそが，雌ペニスの起源の重要な鍵となっていたと考察している．

第3章では，交尾前後のトリカヘチャタテの雌雄交尾器の状態の比較から，トリカヘチャタテにおける交尾プロセスの解析を行っている．交尾前後における各構造の位置や筋肉の収縮状態の変化から，トリカヘチャタテの交尾にあたっては，オス側にメスからの強制交尾を避けるような機構が存在することが明らかとなっている．さらには，交尾中にはメスがオスを雌ペニスを使って固定するだけでなく，オスがメスを能動的に固定するような機構が存在することも明らかにしたと述べている．これらのことから，正しい交尾状態を維持することは，精液から栄養を得るメス側だけではなく，オス側にとっても適応的な状態であると考察している．特にトリカヘチャタテの雌ペニスによる拘束力は強いことから，適切なプロセスを経て拘束状態を解くこと，そしてそれに対してオス側も協力することが重要だと考察している．

以上の研究は，雌ペニスという動物界で今のところ唯一トリカヘチャタテでのみ知られている新奇構造の起源と機能を明らかにするとともに，交尾器構造が逆転しているという他の生物では見られない状況下での性選択の働き方とその帰結を明らかにしたことで，昆虫学や形態学のみならず，進化学や生物学全体にもインパクトのある重要な研究となっている．

よって審査員一同は，Cheng Zixin が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた．