

2022年2月3日

報道関係者各位

慶應義塾大学
筑波大学

水中を泳ぐクマムシ精子のハイスピード撮影に成功

—最強生物クマムシの繁殖を支えるメカニズム解明に向けて—

慶應義塾大学理工学部生命情報学科の杉浦健太 訪問研究員（当時）、松本緑 准教授と、筑波大学生命環境系下田臨海実験センターの柴小菊 助教、稲葉一男 教授の研究グループは、世界で初めてクマムシの精子の詳細な動きを撮影することに成功し、その独特な形態が及ぼす泳ぎへの影響を明らかにしました。

本研究成果は、2022年1月30日に『BMC Zoology』に掲載されました。

1. 本研究のポイント

- ・受精されたクマムシの精子を高解像度のハイスピードカメラで撮影することで、精子1匹ずつの動きを明確に捉えることに成功しました。
- ・精子形態の異なるクマムシ2種間で遊泳動態を解析することで、形態差によってもたらされる動きの違いを明らかにしました。

2. 研究背景

クマムシは超低温や放射線、真空といった過酷な環境下でも、無代謝状態となり耐え凌ぐことから最強生物と謳われますが、その繁殖様式も実に独特です。チョウメイムシ科に分類されるクマムシ、*Paramacrobiotus* sp. (※1) と *Macrobiotus shonaicus* (※2) は常にオスとメスが共存しており、交尾をして子孫を残します。外生殖器官を持たないこれらのクマムシでは、オスが水中に一度精子を放出し、個々の精子が卵を持つメスに向かって泳ぎ、最後にはメスの体内へ侵入して受精にいたることが明らかにされてきました (Sugiura et al., 2019)。このような「精子が体外を遊泳」し、「メスの体内へ入る」交尾様式は、非常に稀なスタイルです。またこれら2種では精子の形態が大きく異なり、*M. shonaicus* に比べて *Paramacrobiotus* sp. の精子の方が約3倍長く、特に受精の際に卵と結合する先体に関しては約40倍長いことがわかっていました (Sugiura and Matsumoto, 2021, 図1)。しかしながら現在までクマムシの泳ぐ精子の記録は皆無に近く、精子形態と動態の関係性は未解明でした。

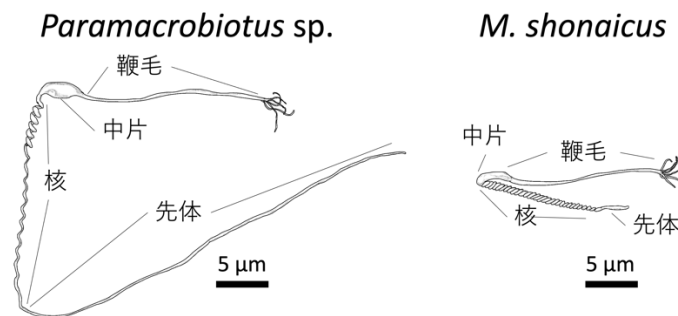


図1 クマムシの精子

左が *Paramacrobiotus* sp.、右が *M. shonaicus* の精子。特に先体の長さが約40倍異なる。

3. 研究内容・成果

今回研究グループは、クマムシの精子の動きを詳細に撮影するため、ハイスピードカメラとストロボライトを使用し、顕微鏡下でクマムシを交尾させました。その結果、精子1匹ずつが泳いだ軌跡と、精子の核と先体からなる頭部、それに鞭毛の動態を詳細に録画することが可能となりました(図2)。これらのデータを解析し、精子形態の異なる2種間で比較したところ、

1. 精子が長い *Paramacrobrotus* sp.の方が、遊泳速度が速い
2. *M. shonaicus* の短い精子は比較的安定して動く
3. *Paramacrobrotus* sp.の長い頭部は、旋回に重要である

ことが明らかとなりました。加えて、交尾後のメスを走査型電子顕微鏡で観察したところ、交尾後15分経過しても精子の入り口である総排泄孔に多くの精子が固まって絡み合っていることを示しました。

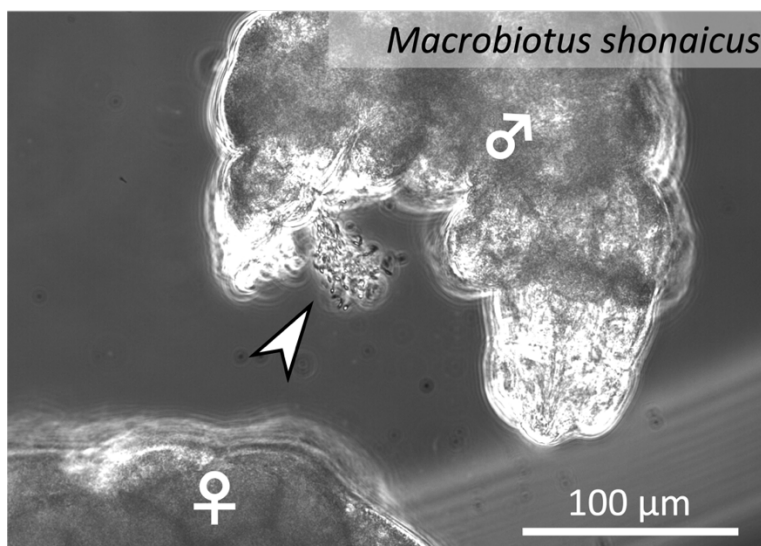


図2 *M. shonaicus* の射精
動画はオンライン論文誌上でもご覧いただけます。

4. 今後の展開

クマムシは精子だけでなく、卵の形態も種によって異なることがわかっており、これらの形態が共進化(※3)している可能性が示唆されてきましたが、進化による生殖へのメリット、デメリットは長年明らかになってきませんでした。本研究ではその一端として、精子形態と動態の関係性を明らかにすることができ、またユニークな交尾行動を採用したクマムシの繁殖を支えるメカニズムの解明につながることを期待されます。

<謝辞>

本研究は以下の支援を受けて行われました。

- 日本学術振興会 特別研究員奨励費 (JSPS 科研費) : JP18J21345
- 先端バイオイメージング支援プラットフォーム (ABiS) 光学顕微鏡支援
海洋生物イメージング解析支援: 20D-19C-010-L08
- 慶應義塾大学 自然科学研究教育センター 研究プロジェクト
「クマムシの受精 - 非交接型体内受精 - 」

<参考文献>

1. Sugiura K, Minato H, Suzuki AC, Arakawa K, Kunieda T, Matsumoto M. Comparison of Sexual Reproductive Behaviors in Two Species of Macrobiotidae (Tardigrada: Eutardigrada). *Zoological Science*. 2019;36(2):120-127.
2. Sugiura K, Matsumoto M. Spermatozoa morphology changes during reproduction and first observation of acrosomal contact in two dioecious species of Macrobiotidae (Tardigrada: Eutardigrada). *Zygote*. 2021;29(1):42-48.

<原論文情報>

Morphological differences in tardigrade spermatozoa induce variation in gamete motility.

BMC Zoology. 2022 7:8.

doi: <http://doi.org/10.1186/s40850-022-00109-w>

著者

杉浦 健太 (研究当時・慶應義塾大学 理工学部 生命情報学科 訪問研究員)

柴 小菊 (筑波大学 生命環境系 下田臨海実験センター 助教)

稲葉 一男 (筑波大学 生命環境系 下田臨海実験センター 教授)

松本 緑 (慶應義塾大学 理工学部 生命情報学科 准教授)

<用語説明>

※1 *Paramacrobotus* sp.: 緩歩動物門 真クマムシ綱 ヨリヅメ目 チョウメイムシ科に属するクマムシの一種。東京大学理学部の國枝武和准教授によって東京都内で発見された。すでにゲノムデータが公開されているが、種小名は決まっていない。

※2 *Macrobotus shonaicus*: 緩歩動物門 真クマムシ綱 ヨリヅメ目 チョウメイムシ科に属するクマムシの一種。慶應義塾大学環境情報学部の荒川和晴准教授らによって山形県鶴岡市にて発見され、和名ではショウナイチョウメイムシと呼ばれる。

※3 共進化:密接な関係にある複数の生物種が互いに影響を及ぼしながら進化しあうこと。

※ご取材の際には、事前に下記までご一報くださいますようお願い申し上げます。

※本リリースは文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会、各社科学部等に送信させていただいております。

・研究内容についてのお問い合わせ先

慶應義塾大学 理工学部 生命情報学科 准教授 松本 緑 (まつもとみどり)

TEL : 045-566-1448 FAX : 045-566-1448 E-mail : mmatsumo@bio.keio.ac.jp

筑波大学 生命環境系 下田臨海実験センター 助教 柴 小菊 (しば こぎく)

TEL : 0558-22-6813 FAX : 0558-22-0346 E-mail : kogiku@shimoda.tsukuba.ac.jp

・本リリースの配信元

慶應義塾広報室 (澤野)

TEL : 03-5427-1541 FAX : 03-5441-7640

Email : m-pr@adst.keio.ac.jp <https://www.keio.ac.jp/>

筑波大学広報室

TEL : 029-853-2040 FAX : 029-853-2014 E-mail : kohositu@un.tsukuba.ac.jp