

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04146

研究課題名(和文) 節足動物の超多様性の謎の解明：貝形虫を用いた進化精子学の創立に向けて

研究課題名(英文) Super high-diversity of Arthropoda: A perspective from the foundation of evolutionary spermology

研究代表者

神谷 隆宏 (Kamiya, Takahiro)

金沢大学・地球社会基盤学系・教授

研究者番号：80194976

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、現在繁栄する貝形虫の2上科(Cythere上科、Cypris上科)の種多様性と精子形態の多様性の関係を調べることを通じて、精子形態が種の生殖的隔離を引き起こし、やがて多様性の増大をもたらせたという作業仮説の検証を試みた。そのため、日本周辺の極近縁種の精子を含む形態解析とDNAの解析を、Loxoconcha uranouchiensisグループの3種とXestoleberis setouchiensisグループの6種で行った。結果はいずれも直接的な祖先・子孫関係にあると思われる種間で精子形態やサイズにジャンプがみられ、仮説の検証されることとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

精子の形態やサイズを極近縁種間で体系的に調べた研究は少なく、本研究は新たなデータを提供することとなった。また、本研究は節足動物の大きな多様性の原因の1つが、精子が形態・サイズをたやすく変えうることから生殖的隔離を引き起こし、種分化をもたらした可能性を強く示唆した。これらは今後「進化精子学」として発展する可能性を示す。

研究成果の概要(英文)：This study aims to demonstrate the hypothesis that the difference of sperm morphology causes the reproductive isolation between the closely related species and eventually the species diversification through the comparison of two common extant superfamilies, Cytheroidea and Cypridoidea, Ostracoda. The morphology of soft parts, including sperms, and the DNA were analyzed for closely related 6 species of Xestoleberis setouchiensis group and 3 species of Loxoconcha uranouchiensis group. Both results indicate that the hypothesis is valid because the morphology and the size of sperms are pretty different between species with direct ancestor-descendant relationship.

研究分野：進化古生物学

キーワード：貝形虫 節足動物 精子形態 生殖的隔離 種分化 生物多様性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 貝形虫の精子は、Cypris 上科 (淡水に主として生息し、現生種の種数は約 1,600) が巨大精子を有し、精子形態は上科内で安定しているという研究は数多くあった。これに対し、主として海生の Cythere 上科 (現生種の種数は約 20,000) の精子形態の研究はごく限られていた。申請者は *Xestoleberis* 属の精子形態を 10 種で調べ、驚くほど多様な形態と構造を持つことを明らかにした。これらの 2 つの上科を比較した結果、精子形態の可変性と種の多様性が関連しているのではないかと仮説に至った。

(2) 現在日本周辺海域に生息し、地質学的に近過去に種分化したと考えられる *Boreostoma* 属の数種の軟体部、精子形態 (サイズ)、DNA を解析した結果、直接的な祖先・子孫関係にあると考えられた 3 組がいずれも精子長が短・長、長・短、短・長と極端に形態 (サイズ) 異なっていることがわかった。これは精子形態 (サイズ) の違いが近縁種間の生殖的隔離をもたらしている可能性を示すものである。しかしまだ 1 例であり、普遍性の検討が必要である。

2. 研究の目的

上記の問題を解決するため、日本周辺海域で近過去に種分化したグループである *Xestoleberis setouchiensis* 種グループ 6 種と *Loxoconcha uranouchiensis* 種グループ 3 種の軟体部、精子形態 (サイズ)、DNA を解析し、地理的分布、系統、種の隔離 (種分化) 状態、精子形態の関係を見積もった。

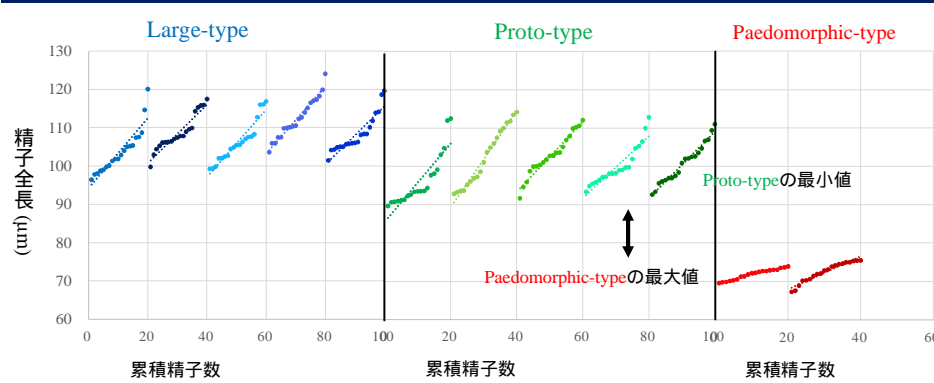
3. 研究の方法

すでに研究室に保管してあった液浸標本に加え、*Loxoconcha* 属の DNA 分析用の生体標本を中海周辺、若狭湾周辺、能登半島九十九湾で採集した。上記 2 つの種グループの形態解析を行い、また *Loxoconcha uranouchiensis* 種グループの DNA 解析は研究分担者の蛭田が中心となり担当した。

4. 研究成果

(1) *Loxoconcha uranouchiensis* 種グループ 3 種の精子形態 (サイズ) を詳細に観察・計測した。その結果、3 種の精子形態に顕著な違いはないが、同所的に分布する Large-type と Paedomorphic-type の精子長はそれぞれ約 100-120 μm と 70-80 μm で全く重ならない。同様に、同所的に分布する Proto-type と Paedomorphic-type の精子長はそれぞれ約 90-115 μm と 70-80 μm で重ならない。これと反対に異所的に分布する Large-type と Proto-type の精子長はそれぞれ約 100-120 μm と約 90-115 μm で重なる領域をもつ (添付図参照)。CO1 領域 (1337bp) の遺伝子解析の結果、Proto-type と Large-type の間に一般に甲殻類の別種間の判断とされる 3% の相違を上回る 4.5% の相違を確認した。これらの結果は、同所的に産する近縁種の生殖的隔離には精子形態 (サイズ) の違いが必要であることを否定するものではない。

L. uranouchiensis の3タイプの精子形態 (長さ)

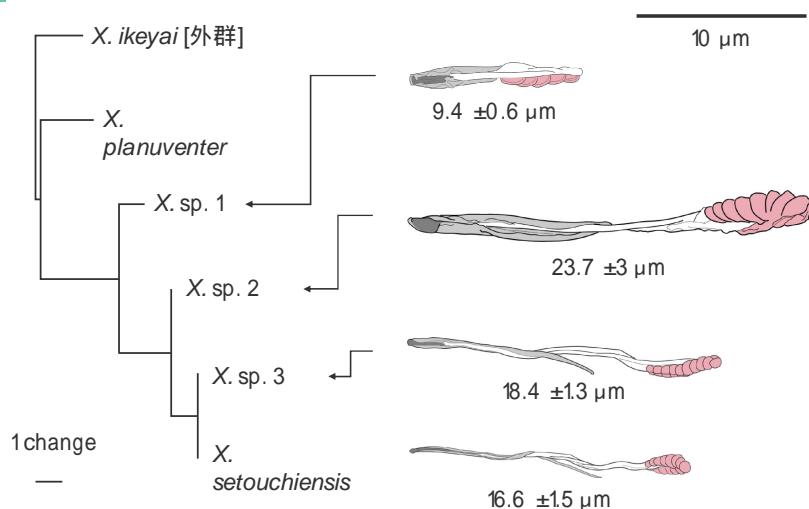


Type	計測数 (本)	平均 (μm)	最大値 (μm)	最小値 (μm)
Large	5個体×20	108.0	124.2	96.5
Proto	5個体×20	100.6	114.2	89.7
Paedomorphic	2個体×20	72.1	75.4	67.3

(2) 日本周辺海域で近過去に種分化したグループである *Xestoleberis setouchiensis* 種グループ 5 種を含む 6 種の軟体部を解析し、10 の形質に基づき分岐分類学的に系統推定を行なった。また、4 種の精子形態と精子長を詳細に観察し、相互間の相違と地理的分布との関連を考察した。結果は、「精子形態（精子長）」が近縁種間の生殖的隔離を担っているという仮説を支持するものであった。北海道襟裳に分布する *X. sp.1* は短く（約 9 μm ）ずんぐりと太い形をもち、同所的に産する *X. setouchiensis* の精子はやや長く（約 18 μm ）細長い。別の例では、静岡県三保に産する *X. sp.2* の精子は最も長く（約 24 μm ）ずんぐりと太く、*X. setouchiensis* の精子はやや長く（約 18 μm ）細長い。これと反対に、精子形態とサイズが最も類似する *X. setouchiensis* のと *X. sp.3* の分布は、前者は北海道～種子島、後者は沖縄本島であり、両種は異所的に分布している。これらの結果もまた、同所的に産する近縁種の生殖的隔離には精子形態（サイズ）の違いが必要であることを示唆するものである。

系統樹と精子長の比較

Comparing morphologies of the sperm length on the phylogenetic tree



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Robin J. Smith, Patrick De Deckker, Takahiro Kamiya	4. 巻 5094
2. 論文標題 The ontogeny of two species of the family Notodromadidae (Cypridoidea, Ostracoda, Crustacea); taxonomic and palaeogeographic significance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 zootaxa	6. 最初と最後の頁 351-395
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11646/zootaxa.5094.3.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 神谷隆宏
2. 発表標題 節足動物の進化学ーデザインと種の超多様性
3. 学会等名 日本古生物学会2022年年会（シンポジウム）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 スミス ロビン
2. 発表標題 Variation of ostracod spermatozoa and their characteristics-possible key to speciation
3. 学会等名 日本古生物学会2022年年会（シンポジウム）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 土屋健（神谷隆宏他監修）	4. 発行年 2021年
2. 出版社 ブックマン社	5. 総ページ数 237
3. 書名 恋する化石	

〔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
研究分担者	小沢 広和 (Ozawa Hirokazu) (20632045)	日本大学・生物資源科学部・教授 (32665)	
研究分担者	Smith Robin (Sumisu Robin) (70416204)	滋賀県立琵琶湖博物館・研究部・専門学芸員 (84202)	
研究分担者	蛭田 眞平 (Hiruta Shin-pei) (80624642)	昭和大学・富士山麓自然・生物研究所・准教授 (32622)	

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