

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K07478

研究課題名(和文) 貝形虫類にみられる閉殻感知システム 化石生物への展望と進化的考察

研究課題名(英文) Carapace-close detection system in Ostracoda

研究代表者

塚越 哲 (Tsukagoshi, Akira)

静岡大学・理学部・教授

研究者番号：90212050

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：軟体部が二枚の殻(背甲)で包まれる貝形虫類の殻の開閉状態を感知する機構については、これまでまったく研究がなされていなかった。本研究で初めて左右の殻の周辺にはほぼ等間隔で感覚毛が配置し、かつそれらを繋ぐようにテープ状のラメラが発達していることが見いだされた。開殻状態ではラメラがゆがまず、感覚毛も真っすぐ保たれるが、閉殻状態ではラメラが歪んで感覚毛は倒される様子が見いだされた。このことから、これらが一体となって閉殻感知システムを構築していることが示唆された。テープ状のラメラは、感覚毛の数を減らしても自己姿勢の感知能力が損なわれないための機能を有すると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

節足動物では自己姿勢を体表面に分布する感覚毛によって感知する。例えばカニの脚の節にはその縁周辺に感覚毛が並び、隣接する節との接触を感知することで、自己姿勢を感知している。軟体部が二枚の殻で包まれる貝形虫類の場合も殻の開閉状態を感知する機構があるはずだが、これまで研究がなされていなかった。本研究で初めて殻の周辺にはほぼ等間隔で感覚毛が並び、かつそれらを繋ぐようにひも状のラメラが発達し、これらが一体となって閉殻感知システムを構築していることが分かった。ひも状ラメラは、感覚毛の数を減らしても自己姿勢の感知能力が損なわれない機能を持つと考えられ、多くの節足動物に同様の機構が見られるか、興味もたれる。

研究成果の概要(英文)：There has been no research, so far, on the detecting mechanism of the open/closed state of the carapace in Ostracoda, whose soft body is enveloped by right and left valves. In the present study, it was found for the first time that sensilla were arranged at equal intervals along the free margin of right and valves, and that tape-shaped lamella (selvage) developed to link them. It was found that the lamella was not distorted and the sensory hair was kept straight in the open shell state, but the lamella was distorted and the sensory hair was collapsed in the closed shell state. From these, it was suggested that sensilla and lamellae cooperate to construct a closed shell sensing system. it was suggested that these together form an open/closed-carapace sensing system. The selvage is considered to have the function of reducing the number of sensilla without impairing the ability to sense the carapace state.

研究分野：動物分類学

キーワード：貝形虫 背甲 感覚受容器 化石生物

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

貝形虫類の発達した背甲には「ポアシステム」と呼ばれる神経細胞と感覚子およびその支持構造が一体となった感覚器官（一部に分泌器官をかねる）が分布する。感覚子の形状や背甲上の分布位置は、分類群（種レベル）ごとに固有であることが知られ、個体発生を追跡した種間における共通性と多様化の様子から構築される種間関係は、DNA の塩基配列による系統推定の結果と整合することも確かめられている。また、この形質は石灰化された背甲にその構造を残すため、化石標本にも適用でき、この形質に着目することで、現生標本と化石標本を直接かつ対等に比較することが可能となる。

貝形虫類の持つポアシステムについては、SEM による外部形態や、TEM による細胞レベルでの構造などは既に研究がなされているが、機能についてはその微小さゆえに生理学的実験を経て直接証明されたものはない。しかしながら、昆虫類、十脚類でなされた形態と機能の生理学的実験結果は、広く節足動物全体に当てはめられることが確かめられており、その外部形態から主な機能（機械受容、化学受容、両者兼備、分泌機能の有無）は推定することができる。また、大型節足動物にみられる肢節の間接部に沿った剛毛（感覚子）の配列は、間接を曲げたときの自己受容によって、姿勢を感知する働きがあることも知られており、これらのことは、その形態を詳細に観察すれば、分類群を超え、また化石標本でもその機能的な評価が可能となることを示唆している。

### 2. 研究の目的

(1) 貝形虫類のもつ発達した背甲の表面に配置する感覚受容器（ポアシステム）の配列と形態を調べ、閉殻感知に関与するものと他の感覚受容に関与するものとの違いを明らかにするとともに、この観点から分類群ごとの特性を明らかにする。

(2) ポアシステムによる閉殻感知の「補佐」をすると推察できる構造や外皮細胞内の感覚神経の形状・分布などから、閉殻感知に特有なポアシステムの形態や分布様式を明らかにする。また、生態との対応関係も明らかにする。

(3) 貝形虫以外の現生節足動物（蔓脚類、貝甲類、等脚類）について、同様な構造が普遍的にみられるか、分類群独自のシステムを採用しているか、すなわち普遍性と独自性を考察する。

(4) 代表的な節足動物化石である三葉虫類がエンロール型防御姿勢をとる場合も、現生節足動物と同様の閉殻感知システムを用いているかどうかを考察し、このシステムの進化について考察する。

### 3. 研究の方法

(1) 研究素材の確保：これまでの研究実績によって大学博物館内に蓄積された試料に加え、必要な分類群については、新たにフィールド調査を行って最低 10 科の良好な貝形虫標本を確保する。

(2) 各種観察：貝形虫類のポアシステムの配列や外部形態を SEM で、内部構造を TEM で観察し、個々のポアシステムが担当する刺激の種類を見極め、他の外部感知に係る感覚受容器官（付属肢上の感覚子など）との区別を行う。また、標本の前処理をはじめとした観察手法の改良・開発も行う。同時に生体観察も行い、殻の開閉にかかわる付属肢と背甲上のポアシステムとの関連（付属肢が背甲の縁に接触するか否かの感知）にかかわるか否かについても考察を進める。

(3) 総合化：貝形虫類で得られた手法・知見を他の甲殻類（二枚殻をもつエボシガイ、貝甲類、防御姿勢で頭板と尾板を接触させる等脚類）、ひいては化石節足動物にも適用し、節足動物が持つ閉殻感知システムの多様性と保守性を明らかにし、進化的考察を深める。

(4) 公表：研究成果を適宜国内外の学術大会、シンポジウムで公表するとともに、国際的な学術誌に投稿する。同時に Web サイトや博物館の企画展示、公開講座等で研究成果を普及させる。

### 4. 研究成果

軟体部が二枚の殻（背甲）で包まれる貝形虫類の殻の開閉状態を感知する機構については、これまでまったく研究がなされていなかった。本研究で初めて左右の殻の自由縁に沿って、ほぼ等間隔で感覚毛が配置し、かつそれらを繋ぐようにテープ状のラメラが発達していることが見いだされた。閉殻状態ではラメラがゆがまず、感覚毛も真っすぐ保たれるが、閉殻状態ではラメラが歪んで感覚毛は倒される様子も見いだされた。このことから、これらが一体となって閉殻感知システムを構築していることが示唆された。テープ状のラメラは、感覚毛の数を減らしても自己姿勢の感知能力が損なわれないための機能を有すると考えられる。しかし、同じように閉殻するエボシガイや防御姿勢をつくるダンゴムシ等にはこのようなシステムは認められなかった。ここで認められたシステム、すなわち感覚子とそれを繋ぐラメラが連動して閉殻感知器官としてはたらくことは、節足動物が小型化や幼形化の過程で極めて微小となった場合、神経細胞の大きさの制約（一定以上小型化できない）から、小さくなった動物体に配列させるためには、感覚子の配置間隔を一定程度開けることが余儀なくされ、その方策として「開いた間隔を繋ぐ」ために取り入れられた感覚受容システムの一様態であると考えられる。このことは、

大きさの異なる齢（成体と初期幼体）を比較しても，閉殻感知にかかわると考えられるポアシテムの間隔には大きな変化がないことから裏付けられる．  
これらの結果は，節足動物の進化，特に小型化，幼形化を考察する上で，新たな視点となると考えられる．

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Le, D. D., Tsukagoshi, A.	4. 巻 4472
2. 論文標題 Three new species of the genera <i>Loxoconcha</i> and <i>Xestoleberis</i> (Crustacea, Ostracoda, Podocopida) from central and southern Vietnam	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Zootaxa	6. 最初と最後の頁 111-126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.11646/zootaxa.4472.1.5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Karanovic, I., Tanaka, H. & Tsukagoshi, A.	4. 巻 6
2. 論文標題 One new species and three records of cytheroid ostracods (Crustacea, Ostracoda) from Korea	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Species Research	6. 最初と最後の頁 38-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12651/JSR.2017.6(S).038	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 田中隼人・塚越 哲	4. 巻 71
2. 論文標題 海浜間隙環境に生息する貝形虫の多様性と進化	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 遺伝	6. 最初と最後の頁 339-346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 塚越 哲	4. 巻 43
2. 論文標題 貝形虫類 (甲殻: 節足動物) の自然史研究 - 化石からDNAまでを視野に -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 タクサ	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 塚越 哲	4. 巻 102
2. 論文標題 現生生物を対象とした古生物学研究 その2 - 貝形虫類の進化と多様性の研究例 -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 化石	6. 最初と最後の頁 15-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 伊藤美澄・塚越 哲
2. 発表標題 間隙性貝形虫Anchistrocheles属の種分類と形態比較 間隙環境への適応に関する考察
3. 学会等名 日本動物分類学会第54回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村大亮・塚越 哲・佐藤慎一
2. 発表標題 浜山湖における貝形虫 (甲殻類) の生息分布の変遷 ~ Bicornucythere 属の加入と分類 ~
3. 学会等名 日本動物分類学会第54回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ito, M. & Tsukagoshi, A.
2. 発表標題 Taxonomy and morphology of adaptation to interstitial environment in the species of genus Anchistrocheles Brady & Norman, 1889 (Bairdioidea, Ostracoda, Crustacea) from Japan.
3. 学会等名 Third Asian Ostracod Meeting, Kanazawa, Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Nakamura, D., Tsukagoshi, A., Sato, S.
2 . 発表標題 Distributional change of Recent ostracods in the Hamana-ko region, the pacific coast of Japan ~ Immigration of the species of genus Bicornucythere and its taxonomy~
3 . 学会等名 Third Asian Ostracod Meeting, Kanazawa, Japan ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Le D. D. & Tsukagoshi, A.
2 . 発表標題 A reconsideration of ontogenetic changes of the maxillula in the genus Loxoconcha (Crustacea, Ostracoda, Podocopida)
3 . 学会等名 Third Asian Ostracod Meeting, Kanazawa, Japan ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Makino, M. & Tsukagoshi, A & Suzuki, Y.
2 . 発表標題 A report of marine interstitial species of the genus Renaudocypris from Japan
3 . 学会等名 Third Asian Ostracod Meeting, Kanazawa, Japan ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Saito, S. & Tsukagoshi, A.
2 . 発表標題 Neonesidea oligodentata (Kajiyama, 1913) (Ostracoda: Bairdioidea) Complex
3 . 学会等名 Third Asian Ostracod Meeting, Kanazawa, Japan ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤美澄・塚越 哲
2. 発表標題 間隙性貝形虫Anchistrocheles属の種分類と背甲形態の間隙環境への適応に関する考察
3. 学会等名 2018年度日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊拓弥・塚越 哲
2. 発表標題 御前崎海岸に漂着したエボシガイ（節足動物門：甲殻類）の形態分類と主要形質の変異に関する考察
3. 学会等名 日本動物分類学会第53回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 塚越 哲
2. 発表標題 貝形虫類（Ostracoda）の自然史研究
3. 学会等名 日本動物分類学会第53回大会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村大亮・塚越 哲・佐藤慎一
2. 発表標題 浜名湖における貝形虫（甲殻類）の生息分布の変遷
3. 学会等名 2017年日本プランクトン学会・日本ベントス学会・合同大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡邊拓弥・塚越 哲
2. 発表標題 駿河湾沿岸域に漂着したエボシガイ（節足動物門：甲殻類）の形態分類と主要形質の変異に関する考察
3. 学会等名 日本付着生物学会2018年度総会・研究集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tran, M. H., Tsukagoshi, A. & Tanaka, H.
2. 発表標題 Adaptation of ostracods from sediment surface to interstitial environment: an example of leptocytherid species from Japan and their phylogeny inferred from 18S rDNA molecular analyses.
3. 学会等名 日本動物分類学会第52回大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 麻場江莉加・宮田大悟・塚越 哲
2. 発表標題 貝形虫Neonesidea属の間隙環境への適応進化
3. 学会等名 日本動物分類学会第52回大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 塚越 哲・西山千尋・岡田 悟
2. 発表標題 貝形虫類の分類学的多様性とその保全
3. 学会等名 汽水域研究会2016年（第8回）大会（招待講演）
4. 発表年 2016年



1. 発表者名 麻場江莉加・宮田大悟・塚越 哲
2. 発表標題 貝形虫Neonesidea属の間隙環境への適応進化
3. 学会等名 日本古生物学会第166回例会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>World Interstitial Animal Database ~間隙性生物の世界~  <a href="http://earth.jpn.org/world-interstitial-db/">http://earth.jpn.org/world-interstitial-db/</a>  間隙水に棲む貝形虫類 - 垣間見る驚異的な種多様性 -  <a href="http://fujiwara-nh.or.jp/archives/2010/0223_135100.php">http://fujiwara-nh.or.jp/archives/2010/0223_135100.php</a></p>
---

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	山田 晋之介  (Yamada Sinnosuke)  (30772123)	国際医療福祉大学・医学部・助教    (32206)	