

大島新曾根で採集されたトヨシオマリヒトデ *Podosphaeraster toyoshiomaruae* の行動観察

米谷まり¹⁾・飯田 健¹⁾・藤 太稀¹⁾・平野勝士¹⁾・近藤裕介¹⁾・大塚 攻^{1)*}
中口和光²⁾・山口修平²⁾・加藤幹雄²⁾・広瀬雅人³⁾・藤田敏彦⁴⁾

¹⁾ 広島大学大学院生物圏科学研究科附属瀬戸内圏フィールド科学教育研究センター竹原ステーション
〒725-0024 広島県竹原市港町5-8-1

²⁾ 広島大学生物生産学部附属練習船豊潮丸 〒737-0029 広島県呉市宝町7-4

³⁾ 北里大学海洋生命科学部 〒252-0373 神奈川県相模原市南区北里1-15-1

⁴⁾ 国立科学博物館動物研究部 〒305-0005 茨城県つくば市天久保4-1-1

要 旨 トヨシオマリヒトデ *Podosphaeraster toyoshiomaruae* Fujita and Rowe, 2002は体がほぼ球形で、腕が発達しないという特殊な形態を持つ小型ヒトデ類である。鹿児島県奄美大島北西部に位置する大島新曾根水深100–200 m程度の堆に生息している。この堆はROVで観察するとカイメン類、八放サンゴ類などで覆われている。2017年5月21日に本種の生きた個体が大島新曾根で採集され、管足を伸ばした状態や歩行が観察されたのでその行動を記載した。管足を体内にしまった状態とは異なり、体がやや口・肛門軸方向に扁平になり、約1.65 cm/minの速度で歩行した。通常の腕の発達したヒトデ類の歩行速度と比較すると相対的に著しく遅い。管足には少なくとも2種類が認められ、歩行用と感覚用と考えられる。

キーワード : ROV, 大島新曾根, 管足, トヨシオマリヒトデ, 歩行

緒 言

鹿児島県奄美大島の北西約39 kmに大島新曾根 (28°53'N, 129°32'E) という水深約100–200 m程度の堆がある (Fujita and Rowe, 2002; JAMSTEC, 2009)。この堆にはカイメン類などが底質一面を覆っていることがROVでの調査で判明している (JAMSTEC, 2009)。この堆から1999年5月29日に、腕が顕著でないため体全体がほぼ球形 (直径21.5 mmまで) を呈した小型ヒトデ類が発見され、Fujita and Rowe (2002) によって新種 *Podosphaeraster toyoshiomaruae* Fujita and Rowe, 2002 (和名 トヨシオマリヒトデ) として記載され、さらに本属をタイプとする新科が設立された。

2012年5月29日に同海域で生きているトヨシオマリヒトデが4個体採集されたので行動を観察したところ、形が口・肛門軸方向にやや扁平になり、管足を伸ばしていることが確認された (広瀬, 2012)。さらに、2017年5月21日、同海域で再度、本種1個体が生きたまま採集された。その際に運動時の体の形態を記述し、管足による歩行速度などを測定したのでここに報告する。

材料と方法

トヨシオマリヒトデの採集は、2017年5月21日、大島新曾根 (28°53'N, 129°33'E, 水深159–166 m) においてドレッジ (口幅50 cm, メッシュサイズ5 mm) で行った。ドレッジは広島大学生物生産学部附属練習船豊潮丸によって2ノットで航行させながらワイヤーを徐々に繰り出し、着底をワイヤーの振動具合で確認後

(ワイヤー長350 m), 3分間曳網した。この時の海表面水温は23.6°C (表層連続観測装置, 日本海洋株式会社)であった。トヨシオマリヒトデを採集した後, 採集地点の表層の海水を満たした円柱形の小型プラスチック容器(丸型V式容器: 内径78 mm, 高さ45.7 mm)に入れて歩行行動を観察した。この時の室温は船内空調設備により約27°Cに保たれていた。また, 照度は470-580 lxであった(デジタル照度計 LX-1108, 株式会社マザーツール)。行動はデジタルビデオカメラ(Handycam HDR-CX550, ソニー株式会社)で記録した。ヒトデの歩行速度はビデオで撮影し, 水平方向に移動した距離(ビデオ画面にスケールを写し込んだ)と時間から計算した。10秒間の直線移動距離から歩行速度を算出し, これを16回分測定して平均, 標準偏差を求めた。計測はヒトデがある程度歩行し, ペースが安定してから開始した。

採集地点近傍の海底の映像は, 2009年9月29日, 海洋研究開発機構(JAMSTEC)所有のROV Hyper-Dolphinによる調査(Dive #1059, 研究代表者東京大学松永茂樹教授)によって撮影され, 松永教授より本論文に掲載の許可をいただいた。

結果と考察

大島新曾根付近の調査で観察された水深182 mの海底の状態を Fig. 1に示す。海底はカイメン類, 八放サンゴ類, ヒドロ虫類のポリプで一面覆われており(Fig. 1A), ところどころ砂が蓄積している場所もある(Fig. 1B)。これらの映像にはトヨシオマリヒトデが写っておらず, そのマイクロハビタットは特定できなかった。1999年, 2000年, 2001年, 2012年, 2015年にほぼ同一地点で行ったドレッジではトヨシオマリヒトデが本画像に映っているカイメン類, 八放サンゴ類などと一緒に採集されていることから, トヨシオマリヒトデはこれらの固着動物の体上かそれらに接して生息している可能性が高いと思われる。Fujita and Rowe (2002)はカイメンの体表の窪みからトヨシオマリヒトデを見だし, 本種がカイメンに付着して生活している可能性を示唆した。また, Rowe and Nichols (1980)は同属の*Podosphaeraster pulvinatus* Rowe and Nichols, 1980を枝状のカイメンの体の隙間から見つけている。なお, これまでトヨシオマリヒトデが9個体以上採集されているが, カイメン類の体内からは見つかっていない。

今回, 採集されたトヨシオマリヒトデの幅長(R)は6.50 mm, 間幅長(r)は5.85 mmであった(Fig. 2A)。トヨシオマリヒトデのRとrの差は小さい。以下, Rを2倍した長さをヒトデの直径(2R)として扱うことにする。トヨシオマリヒトデを採集後, 速やかに現場の海水215 mLを満たしたプラスチック容器に入れると, その直後から管足を伸ばし始め, 体全体も口・肛門軸方向にやや扁平となった。この時の高さ/直径の比は0.75-0.88の範囲で変化した。2012年に広瀬(2012)が撮影した2個体の写真から計算した比(0.47, 0.55)よりも本個体は扁平度が高い。管足は口側の5つの歩帯溝(Fig. 2A)から伸ばしている(large arrows in Fig. 2A, B)。管足は少なくとも2種類に区別され, 口周辺のは先端が吸盤状になっており歩行に使用するが(Fig. 2C), 歩帯溝の先端部にあるやや細い管足は吸盤状構造が明らかでなく, 体の上方や側方に伸ばしているので感覚用と考えられる(small arrows in Fig. 2A, B)(西村, 1995)。本種が歩行する間, 感覚用の管足は常に体のやや上方に伸ばされており, 特に進行方向の管足は反対方向の管足より長く伸長していた。歩行用管足および進行方向側の感覚用管足の長さは, それぞれ 2.68 ± 0.96 mm (平均±標準偏差, N=16), 1.56 ± 0.48 mm (N=5)であった。歩行は水平方向だけでなく, 垂直な容器の側面にも登っていく様子が観察された。

トヨシオマリヒトデの10秒毎の移動距離を平均すると歩行速度は 1.65 ± 3.23 cm/min (平均±標準偏差, N=16)であった。この平均値を体の直径(2R)で除算した比(body move)は1.27であった(Table 1)。歩行速度およびこの比を他のヒトデ類4種(Mueller *et al.* 2011)と比較してみた(Table 1)。幅長(R)が1 cm(直径2 cm)以下のカスリモミジガイ *Archaster typicus* Müller and Troschel, 1840の小型個体ではこの比が約6-12であり, それと比較するとトヨシオマリヒトデは著しく相対的歩行速度が遅い。カスリモミジガイはトヨシオマリヒトデに比べ腕が長く, 中型~大型の浅海性種で, 底質が砂底やサンゴ礁に生息している種である(佐波ら, 2002)。大島新曾根のような複雑な底質に生息するトヨシオマリヒトデは, これらのヒトデとは形態のみならず, 全く異なる行動を示すと考えられる。さらに, Mueller *et al.* (2011)はTable 1に挙げたフィリピン産ヒトデ類4種 カスリモミジガイ, オニヒトデ *Acanthaster planci* (Linnaeus, 1758), アオヒトデ *Linckia laevigata* (Linnaeus, 1758), コブヒトデ *Protoreaster nodosus* (Linnaeus, 1758)について, 生息海域の海底

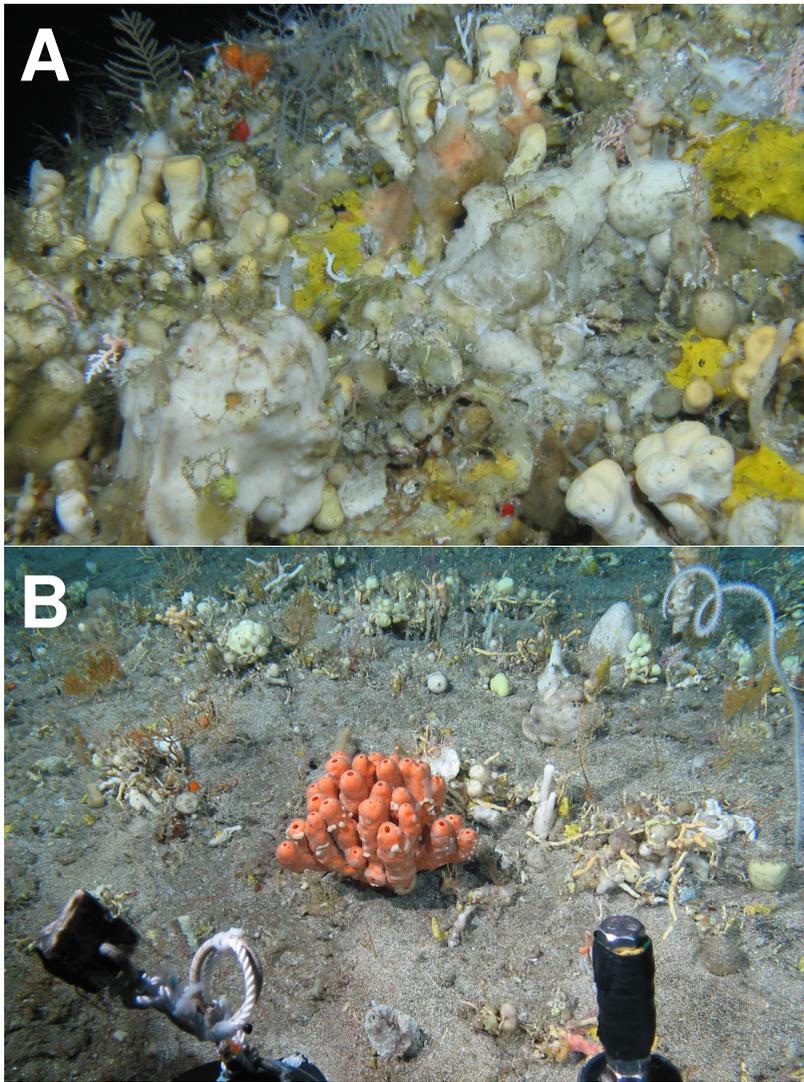


Fig. 1. Bottom conditions of Oshima-shinsonoe observed with the ROV Hyper-Dolphin on September 29, 2009. A. Bottoms covered with sponges, octocorals, and hydrozoan polyps (28°52'98"N, 129°33'136"E, 182 m); B. Isolated sponges on sandy sediments (28°52'181"N, 129°33'63"E, 182 m) (by courtesy of Professor Shigeki Matsunaga).

に防水シートを敷いてその上での歩行距離 (y : cm) と幅長 (R : cm) との関係を求め、 $y = 17.822 \times R^{-1.261}$ の式を得ている。トヨシオマリヒトデの幅長 (R) をこの式に代入して計算すると $y = 1.68$ となる。実際の歩行速度は1.65であるため、実際の歩行速度の方がこの式より若干遅いという結果だった。

トヨシオマリヒトデが採集された大島新首根は、黒潮主流に近い位置にあるため潮流が早いと予想される。気象庁 (2017) によれば、黒潮は水深200 m付近で流速が最大になり2.0-2.5 m/sにも達する。今回は現場での歩行観察はできなかったが、水流によって転がることで移動したり、体を扁平にすることによってカイメン類などの狭い間隙を移動したりすることが可能となっているのかもしれない。カイメン類等で被覆されている三次元的に複雑な海底の底質、速い流速潮流などの環境下では、トヨシオマリヒトデのような小型で、球形の体は適応的であるのかもしれない。

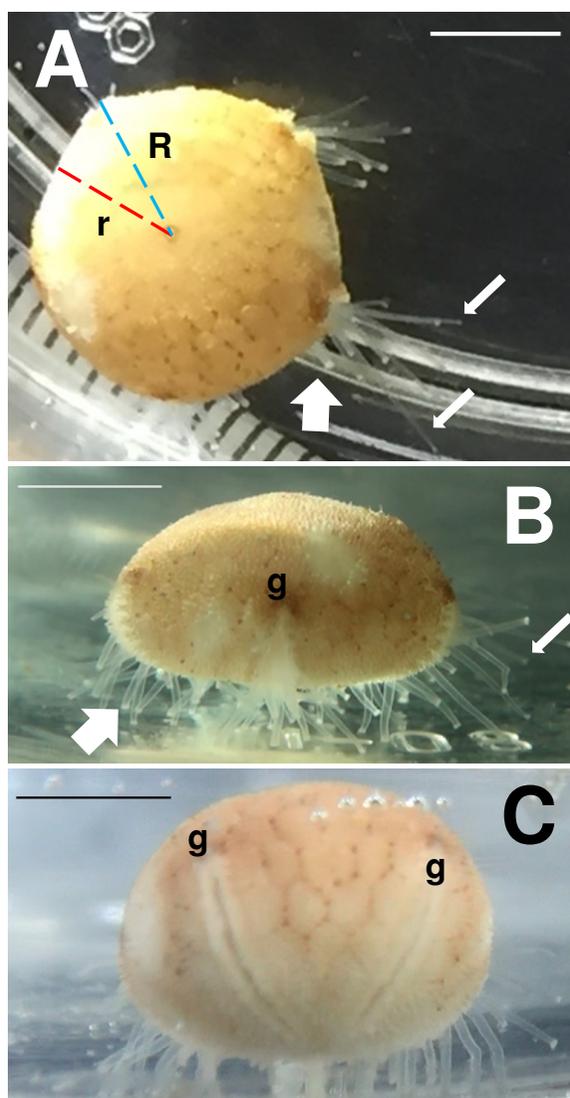


Fig. 2. Walking behavior of *Podosphaeraster toyoshiamaruae* Fujita and Rowe, 2002 collected around Oshima-shinsone on May 21, 2017. A. Viewed from dorsal side; B. Viewed from lateral side; C. Viewed from ventro-lateral side. Tube feet for walking and sensing indicated by large and small arrows, respectively. g: ambulacral groove; R: radius; r: interradius. Scales = 5 mm.

Table 1. Comparison of locomotion rate and body moves of some sea stars.

Species (diameter in cm)	Mean locomotion rate (cm/min)	Body moves (cm/min)	n	Reference
<i>Podosphaeraster toyoshiamaruae</i> (1.2)	1.65	1.27	16	Present study
<i>Archaster typicus</i> (2–10)	45.8	11.7	29	Mueller <i>et al.</i> (2011)
<i>Acanthaster planci</i> (8–38)	35.3	6.3	38	Mueller <i>et al.</i> (2011)
<i>Linckia laevigata</i> (8–30)	8.1	14.5	29	Mueller <i>et al.</i> (2011)
<i>Protoreaster nodosus</i> (4–28)	18.8	8.9	38	Mueller <i>et al.</i> (2011)

謝 辞

本調査では広島大学生物生産学部附属練習船豊潮丸の乗組員、乗船者には採集でご協力いただいたので記して感謝申し上げます。大島新曾根の海底の映像を提供いただいた東京大学松永茂樹教授、JAMSTECの方々には深謝する。また、原稿を査読いただき、貴重なコメントをいただいた方にも深謝したい。本研究の一部は日本学術振興会科学研究費（基盤研究C, No.16K07825, 代表 大塚攻）、国立科学博物館総合研究「黒潮に注目した地史・生物史・人類史」によって行われた。

引用文献

- Fujita, T., Rowe, F. W. E., 2002. Podosphaerasteridae fam. nov. (Echinodermata: Asteroidea: Valvatida), with a new species, *Podosphaeraster toyoshiomaruae*, from Southern Japan. *Spec. Div.* **7**: 317-332.
- 広瀬雅人. 2012. 南西諸島海域で得られたコケムシ動物. 豊潮丸 No 2012-05 航海報告書: 38-41.
- JAMSTEC (Japan Agency for Marine-Earth Science & Technology). 2009. NATSUSHIMA: Cruise Report: NT09-17, Leg. 1, 34 pp.
- 気象庁. 2017. 黒潮.
http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shindan/sougou/html_vol2/2_2_2_vol2.html
(2017年6月1日閲覧)
- Mueller, B., Bos, A. R., Graf, G., Gumanao, G. S., 2011. Size-specific locomotion rate and movement pattern of four common Indo-Pacific sea stars (Echinodermata; Asteroidea). *Aquat. Biol.* **12**: 157-164.
- 西村三郎. 1995. 原色検索日本海岸動物図鑑 (II). 保育社, 大阪: 663 pp.
- Rowe, F. W., Nichols, D., 1980. A new species of *Podosphaeraster* Clark & Wright, 1962 (Echinodermata: Asteroidea) from the Pacific. *Micronesica* **16**: 289-295.
- 佐波征機・入村精一・楚山 勇. 2002. ヒトデガイドブック. 株式会社ティビーエス・ブリタニカ, 東京: 135 pp.

An observation of the walking behavior of *Podosphaeraster toyoshiomaruae* collected from the bank Oshima-shinsono, Kagoshima Prefecture, Japan

Mari YONETANI¹⁾, Ken IIDA¹⁾, Taiki FUJI¹⁾, Katsushi HIRANO¹⁾, Yusuke KONDO¹⁾, Susumu OHTSUKA¹⁾, Kazumitsu NAKAGUCHI²⁾, Shuhei YAMAGUCHI²⁾, Mikio KATO²⁾, Masato HIROSE³⁾ and Toshihiko FUJITA⁴⁾

¹⁾Takehara Station, Setouchi Field Science Center, School of Biosphere Science, Hiroshima University, 5-8-1 Minato-machi, Takehara, Hiroshima 725-0024, Japan

²⁾Training and Research Vessel Toyoshio-maru, Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University, 7-4 Takara-machi, Kure, Hiroshima 737-0029, Japan

³⁾School of Marine Biosciences, Kitasato University, 1-15-1 Kitasato, Minami-ku, Sagami-hara, Kanagawa 252-0373, Japan

⁴⁾Department of Zoology, National Museum of Nature and Science, 4-1-1 Amakubo, Tsukuba, Ibaraki 305-0005, Japan

Abstract The podosphaerastrid asteroid *Podosphaeraster toyoshiomaruae* Fujita and Rowe, 2002 is small-sized, nearly spherical in shape. The species exclusively inhabits on the bank Oshima-shinsono at depths of 100 to 200 m, northwest of Amami-Oshima Island, Kagoshima Prefecture, Japan, where the bottom is entirely covered with sponges, octocorals, and hyrozoan polyps with patches of sandy bottom. The bottom conditions were clearly observed with a ROV on September 29, 2009. A living specimen was collected from this locality on May 21, 2017. During locomotion by tube feet, the body was depressed dorso-ventrally in contrast with the spherical body shape with tube feet unexpanded. The locomotion rate of the specimen was about 1.65 cm/min. Two types of tube feet were identified. Presumably one is for locomotion with a sucker terminally, while the other for sensing.

Key words: locomotion, Oshima-shinsono, *Podosphaeraster toyoshiomaruae*, ROV, tube foot