

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 11 日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25440226

研究課題名(和文) 棘皮動物門クモヒトデ綱の科階級群における分子系統解析と腕の骨格の進化

研究課題名(英文) Molecular phylogeny of Ophiuroidea (Echinodermata) and evolution of arm ossicles

研究代表者

藤田 敏彦 (Fujita, Toshihiko)

独立行政法人国立科学博物館・動物研究部・グループ長

研究者番号：70222263

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：核DNAならびにミトコンドリアDNAによる分子系統解析によって得られたクモヒトデ類の系統は、主に形態から推定されていた従来の系統と多くの点で異なることが分かってきた。また、走査型電子顕微鏡や樹脂包埋標本の観察に加えて、X線マイクロCTがクモヒトデ類の骨格の観察に非常に有効な手法であることを明らかにし、それによって腕や盤の骨片の観察を行ったところ、従来重要であると考えられていた分類形質のうちいくつかは系統を反映していないことが判明した。また、初めて観察された骨片の内部の神経孔の配置などの形質が、系統を反映していることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The systematics of Ophiuroidea was revised by molecular analyses using nuclear and mitochondrial DNA. The phylogeny was completely different from the traditional view mainly based on the morphology. In addition to scanning electronic microscopy and grinding method of specimens in resin, X-ray micro-computed tomography was also applied to morphological observations. Micro-computed tomography was very powerful to observe the ophiuroid ossicles with less damage to the specimens. Some traditional morphological characters were not useful for the classification of ophiuroids, but some characters, for example nerve canals inside ossicles, fitting to the molecular phylogeny were newly found by micro-computed tomography.

研究分野：動物系統分類学

キーワード：系統 分類 進化 クモヒトデ綱 クモヒトデ目 骨格 分子系統 マイクロCT



解析は一步先を越されることとなった。しかしながら、本研究の結果は、彼らの系統樹とはいくつかの異なる点を示していた。

*Ophiotypa*, *Perlophiura*, *Dougaloplus*, *Cryptopetta*, *Ophioperla* など, O'Hara et al. (2017) に含まれていない属を解析したところ, *Ophiotypa* はクモヒトデ科, *Ophioperla* はカムリクモヒトデ科, その他の3属はナガトゲクモヒトデ科に近縁であることがわかった。また, *Amphilepis* と *Ophiacantha*, *Ophiosphalma* と *Ophiacantha*, *Amphiophiura* と *Ophioplinthaca* がそれぞれ姉妹群となった点も異なっていた。O'Hara et al. (2017) は主にオーストラリア産の種で解析を行っており, 多様なタクサを擁する日本近海に産する属・種はあまり含まれていない。このようなことから, クモヒトデ目では, 科だけでなく属のレベルでも系統分類を見直すべきと考えられる。

(3) 走査型電子顕微鏡, 樹脂包埋, X線マイクロCT装置を用いることにより, 骨格を中心とした形態学的観察を行った。新たな手法として, 樹脂包埋による硬組織と軟組織の両方を三次元で同時に観察する方法を確立することができた。また, クモヒトデ類の形態記載にX線マイクロCTがとても有用であることを証明し, ケーススタディーとして, 皮膚が厚いため骨片の観察がしにくいキヌガサモズルを取り上げて, 詳細な骨片観察を行なうことができた。

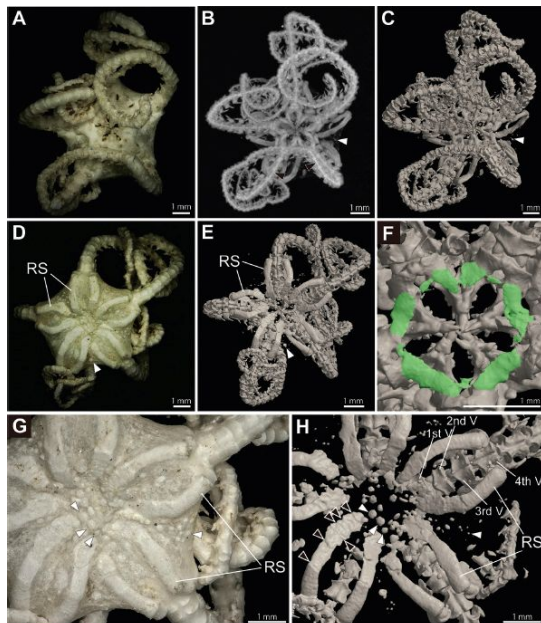


図2. キヌガサモズルの骨格. A, D, G は実体顕微鏡, 他はマイクロCTによる観察

(4) 15科45属49種について, X線マイクロCTによる形態観察を行った。系統上重要と考えられてきた腕骨や側腕板においては, 高次分類群の系統を反映する新たな形質は見いだされなかった。しかしながら, 観察が難しかった罎口板の形態や, 顎と歯の位置関係はマイクロCTにより観察することに成功した。また, これまでその形状が観察されることがなかった罎口板, 腕骨, 側腕板などにおける骨片内部の神経などが通る孔について, 観察することができ, 罎口板の周囲の骨片の配置や罎口板内部の神経孔の形状が高次分類群の系統を反映していることが明らかとなった。

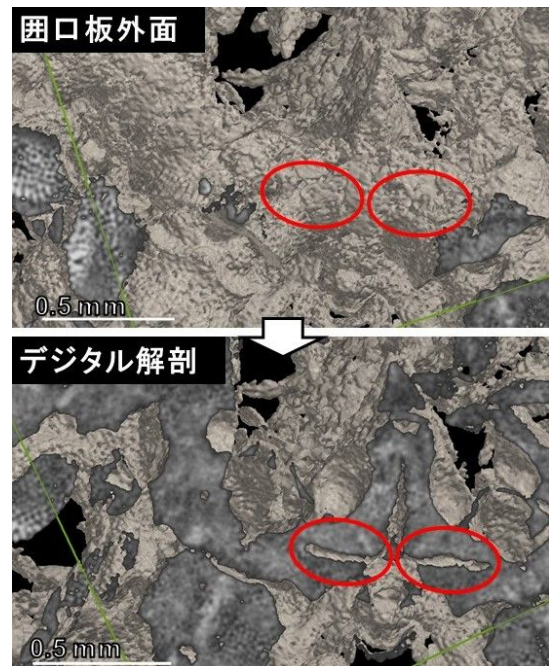


図3. *Astrocharis ijimai* の罎口板の内部の様子。外面(上)からは見えない神経および水管系が通る孔が, デジタル解剖(下)によって直線状に走っていることがわかる。

(5) 多数のクモヒトデ類の標本を観察・分析したことにともない, いくつかの記載分類学的な成果をあげた。新種コクサイトゲナガクモヒトデ *Ophiacantha kokusai* を発表し, クモヒトデの個体発生について論じることにより, 骨片形質の相同性についての理解を深めることができた。ユウレイモズル科のオニツノモズル *Astroceras coniunctum* について, 種の分類を正しく行うための再記載を行った。また, 標本収集に伴う成果として, シンガポールのクモヒトデ類相の一部を明らかにした。さらに, 腕骨等の骨片の形態の比較をする上で化石の観察を行ったが, その過程で, 化石クモヒトデ類ならびに生痕化石の記載や分析を行うことができた。

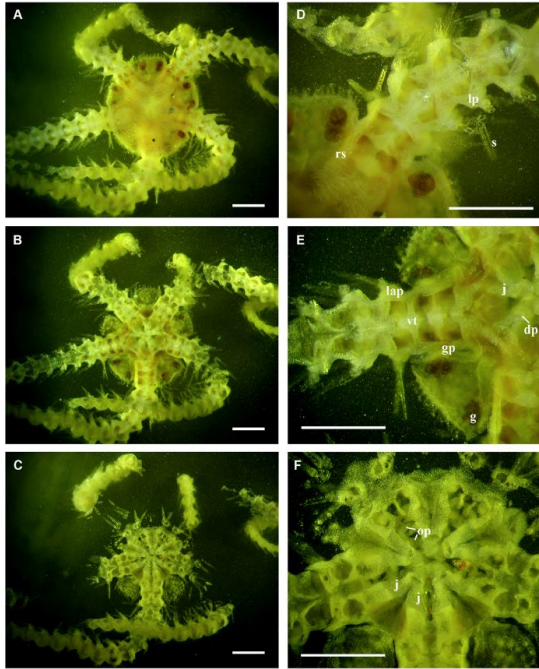


図4 . コクサイトゲナガクモヒトデの樹脂包埋標本による体内部の骨格構造の観察 .

< 引用文献 >

O'Hara, T.D., Hugall, A.F., Thuy, B., Stöhr, S., Martynov, A.V., Restructuring higher taxonomy using broad-scale phylogenomics: The living Ophiuroidea, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, Vol. 107, 2017, 415-430

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 10 件)

Okanishi, M., Fujita, T., Maekawa, Y., Sasaki, T., Non-destructive morphological observations of the fleshy snake star, *Asteronyx loveni* (Echinodermata: Ophiuroidea: Euryalida) using micro-computed tomography, *Zookeys*, 査読有、Vol. 663, 2017, 1-19  
10.3897/zookeys.663.11413

Ishida, Y., Fujita, T., Kiyomoto, M., Roper, M., Komatsu, T., Kato, K., Kamada, K., Shigeta, Y., Kumagae, T., How striations of ophiuroid and asteroid trace fossils were produced-Observations of tube-feet movement in living ophiuroids and asteroids, *Paleontological Research*, 査読有、Vol. 21, 2016, 27-36  
<http://dx.doi.org/10.2517/2016PR003>

Fujita, T., Brittle stars of Ophiodermatidae and Ophiolepididae

(Echinodermata: Ophiuroidea: Ophiurida: Ophiurina) collected from the Singapore Strait, *Raffles Bulletin of Zoology*, 査読有、Vol. 34, 2016, pp. 619-626  
[https://lknhm.nus.edu.sg/nus/images/data/raffles\\_bulletin\\_of\\_zoology/supplement34/S34rbz619-626.pdf](https://lknhm.nus.edu.sg/nus/images/data/raffles_bulletin_of_zoology/supplement34/S34rbz619-626.pdf)

藤田敏彦・岡西政典, 分類学と古生物学の融合: 現生種と化石種による海産無脊椎動物の系統分類学的研究、*タクサ*, 査読無、40号、2016, pp. 1-2

Martynov, A., Ishida, Y., Irimura, S., Tajiri, R., O'Hara, T., Fujita, T., When ontogeny matters: a new Japanese species of brittle star illustrates the importance of considering both adult and juvenile characters in taxonomic practice, *PLOS One*, 査読有、Vol. 10, 2015, e0139463  
DOI:10.1371/journal.pone.0139463

Fujita, T., Irimura, S., Preliminary list of ophiuroids (Echinodermata: Ophiuroidea) collected from the Johor Straits, Singapore, *Raffles Bulletin of Zoology*, 査読有、Vol. 31, 2015, 264-272  
[https://lknhm.nus.edu.sg/nus/images/data/raffles\\_bulletin\\_of\\_zoology/supplement31/S31rbz264-272.pdf](https://lknhm.nus.edu.sg/nus/images/data/raffles_bulletin_of_zoology/supplement31/S31rbz264-272.pdf)

Ishida, Y., Fujita, T., Thuy, B., Two ophiuroid species (Echinodermata, Ophiuroidea) from lower Miocene deep-sea sediments of Japan, *Paleontological Research*, 査読有、Vol. 19, 2015, 208-218  
<http://dx.doi.org/10.2517/2015PR005>

Okanishi, M., Moritaki, T., Fujita, T., Redescription of an euryalid brittle star, *Astroceras coniunctum* (Echinodermata, Ophiuroidea, Euryalida), *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series A*, 査読有、Vo. 40, 2014, 133-139  
[http://www.kahaku.go.jp/research/publication/zoology/download/40\\_3/BNMNS\\_A40-3\\_133.pdf](http://www.kahaku.go.jp/research/publication/zoology/download/40_3/BNMNS_A40-3_133.pdf)

Fujita, T., Ishida, Y., Kogure, Y., Ophiuroids (Echinodermata) Collected by the R/V Mizuho-maru from the Continental Shelf in the Sea of Japan, *National Museum of Nature and Science Monographs*, 査読無、No. 44, 2014, 205-223

田尻理恵・藤田敏彦, 樹脂包埋と研磨による動物組織観察資料作製法—硬組織と軟組織の同時観察—, *タクサ*, 査読有、35号、2013, 24-34  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009660469>

〔学会発表〕(計 19 件)

Fujita, T., Fauna Sagamiana: Research History of echinoderm taxonomy in Sagami Bay、International Symposium in Commemoration of the 130th Anniversary of MMBS、2016年11月21日、東京大学(東京都文京区)

Okanishi, M., Fujita, T., Systematic revision of subfamilies of Gorgonocephalidae (Echinodermata, Ophiuroidea) based on molecular phylogeny and ossicle morphology、Joint Events of the 22nd International Congress of Zoology and the 87th Meeting of Zoological Society of Japan、2016年11月14日~2016年11月19日、沖縄科学技術大学院大学・沖縄コンベンションセンター(沖縄県恩納村・宜野湾市)

Okanishi, M., Arai, M., Fujita, T., Systematic position of *Astroclon* inferred from molecular phylogeny and morphology、9th European Conference on Echinoderms、2016年09月17日~2016年09月19日、Sopot (Poland)

Ishida, Y., Kadokawa, M., Ikegami, N., Komatsu, T., Thuy, B., Fujita, T., New fossil species of *Ophiozonella* and *Stegophiura* (Ophiuroidea) from the Cretaceous of Japan、9th European Conference on Echinoderms、2016年09月17日~2016年09月19日、Sopot (Poland)

岡西政典・石田吉明・山本恒紀・宮崎勝己・朝倉彰・藤田敏彦、カンムリクモヒトデ(クモヒトデ綱)の特異な形態と潜行行動、日本動物学会第86回大会、2015年09月17日~2015年09月19日、朱鷺メッセ(新潟県新潟市)

田尻理恵・藤田敏彦、岩石薄片作製技術を応用した動物の硬組織と軟組織の同時観察法、日本古生物学会2015年年会、2015年06月26日~2015年06月28日、産業技術総合研究所(茨城県つくば市)

岡西政典・前川 優・佐々木猛智・藤田敏彦、マイクロフォーカスX線CTスキャナーを用いたキヌガサモズル *Asteronyx loveni* の形態観察、日本動物分類学会第51回大会、2015年06月13日~2015年06月14日、広島大学(広島県東広島市)

Martynov, A., Ishida, Y., Irimura, S., Tajiri, R., O'Hara, T., Fujita, T., Integrating ontogeny and taxonomy: the remarkable case of an abundant but

undescribed species of *Ophiacantha* (Echinodermata: Ophiuroidea) from the deep sea of Japan、15th International Echinoderm Conference、2015年05月25日~2015年05月29日、Playa del Carmen (Mexico)

Ishida, Y., Thuy, B., Hirota, T., Fujita, T., Two ophiuroid species (Echinodermata, Ophiuroidea) from the uppermost Jurassic-Lower Cretaceous Torinosu Group, in Kochi, Japan、15th International Echinoderm Conference、2015年05月25日~2015年05月29日、Playa del Carmen (Mexico)

岡西政典・藤田敏彦、日本産キヌガサモズル(クモヒトデ綱:ツルクモヒトデ目)の分子系統解析、日本動物学会第85回大会、2014年11月14日~2014年11月17日、東北大学(宮城県仙台市)

Ishida, Y., Kotake, N., Thuy, B., Kawase, O., Fujita, T., *Praeaplocoma* sp. (Echinodermata, Ophiuroidea) from the Lower Triassic of Japan、European Echinoderms Colloquium, Portsmouth, July 2014、2014年07月20日~2014年07月23日、Portsmouth (UK)

Okanishi, M., Fujita, T., Molecular phylogeography of the euryalid brittle star, *Asteronyx loveni*、European Echinoderms Colloquium, Portsmouth, July 2014、2014年07月20日~2014年07月23日、Portsmouth (UK)

岡西政典・千徳明日香・三井翔太・石田吉明・藤田敏彦、日本国内より初めて産出したツルクモヒトデ目(クモヒトデ綱)の骨片化、日本古生物学会2014年年会、2014年06月27日~2014年06月29日、九州大学(福岡県福岡市)

田尻理恵・藤田敏彦、樹脂包埋と研磨による動物組織観察資料作製法-硬組織と軟組織の同時観察および脂肪分の多い組織の観察、日本動物分類学会第50回大会、2014年06月14日~2014年06月15日、国立科学博物館(茨城県つくば市)

Martynov, A.・石田吉明・入村精一・田尻理恵・O'Hara, T.・藤田敏彦, A common undescribed species reveals developmental and bathymetric differentiation among a species complex of the genus *Ophiacantha* (Echinodermata: Ophiuroidea) in the deep sea of Japan、日本動物分類学会第50回大会、2014年06月14日~2014年06月15日、国立科学博物館(茨城県つくば市)

Okanishi, M., Chavanich, S., Viyakarn, V., Fujita, T., Population structure of a brittle star *Ophiothela danae* (Echinodermata, Ophiuroidea) on gorgonacean corals from Gulf to Thailand, IOC/WESTPAC 9th International Scientific Symposium, 2014年04月22日~2014年04月25日, Nha Trang (Vietnam)

岡西政典・千徳明日香・藤田敏彦、ツルクモヒトデ目(棘皮動物門, クモヒトデ綱)の分子系統解析と骨片の形態に基づく新しい系統分類、日本古生物学第163回例会、2014年01月24日~2014年01月26日、兵庫県立人と自然の博物館(兵庫県神戸市)

Okanishi, M., Chavanich, S., Viyakarn, V., Fujita, T., Population structure of a fissiparous brittle star *Ophiothela danae* (Echinodermata, Ophiuroidea) on gorgonacean corals, NRCT-JSPS Joint International Seminar on Coastal Marine Science in Southeast Asia, 2013年11月15日~2013年11月17日、Chiang Mai (Thailand)

〔図書〕(計 1 件)

Okanishi, M., Springer Japan, Species Diversity of Animals in Japan, 2017, 651-678

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

藤田 敏彦 (FUJITA, Toshihiko)

国立科学博物館・動物研究部・グループ長  
研究者番号: 70222263

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

岡西 政典 (OKANISHI, Masanori)

茨城大学・理学部・助教

研究者番号: 70639278

### (4) 研究協力者

石田 吉明 (ISHIDA, Yoshiaki)