

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 5 日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22570104

研究課題名（和文） クモヒトデ綱ツルクモヒトデ目における系統分類体系と腕の形態の多様性の進化

研究課題名（英文） Systematics and phylogeny of Euryalida (Ophiuroidea) and evolution of the morphology of arms

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

研究成果の概要（和文）：約 2400 個体の標本に基づきツルクモヒトデ目（棘皮動物門，クモヒトデ綱）の形態ならびに分子による系統分類学的研究を行った。西太平洋産の種の中に，1 新属 6 新種，1 属の同属異名，11 種の同種異名を認めこれらの記載を行った。これらによって，本海域におけるツルクモヒトデ目は 33 属 112 種であることが判明した。核の 18S rRNA，ミトコンドリアの 16S rRNA，COI 遺伝子を組み合わせ 2917bp の塩基配列に基づいて 83 種の分子系統解析を行ったところ，ツルクモヒトデ目 4 科のうち，タコクモヒトデ科は側系統となることが明らかとなった。分子系統解析によって認められたクレードは明瞭な形態によって識別できることが明らかとなり，分子と形態の双方に基づき，2 上科，5 科，3 亜科からなる科レベルでの新しい分類体系を提案した。特に，走査型電子顕微鏡によって観察される骨片の形態は有効で安定した分類形質として認められた。のツルクモヒトデ類の腕の分岐は，複数回独立に生じてきたことが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：Taxonomy and phylogeny of the order Euryalida (Echinodermata, Ophiuroidea) were studied based on DNA and morphology using about 2400 specimens. One new genus and 6 new species, 1 junior synonym genus, and 11 junior synonym species were described, and a total of 112 species of 33 genera were distributed in western North Pacific. Molecular phylogeny analysis of 83 species based on a total of 2917 bp of nuclear 18S rRNA, and mitochondrial 16S rRNA and COI indicated that the family Asteroschematidae are paraphyletic. Clades recognized by molecular phylogeny were also supported by clear taxonomical features. The morphology of ossicles observed by scanning electron microscopy was a very effective and stable taxonomical character. A new systematics (2 superfamilies, 5 families, 3 subfamilies) of the order Euryalida was proposed based on molecular and morphological data. Arm branching was evolved not once but in many times for euryalid ophiuroids.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1300000	390000	1690000
2011 年度	1200000	360000	1560000
2012 年度	900000	270000	1170000
年度			
年度			
総計	3400000	1020000	4420000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学，生物多様性・分類

キーワード：分子系統，分類，多様化，棘皮動物門，クモヒトデ綱，ツルクモヒトデ目，腕骨

1. 研究開始当初の背景

(1) 棘皮動物門クモヒトデ綱の1目であるツルクモヒトデ目はこれまでに得られている標本が少なく，体が厚い皮膚におおわれているため体外から観察可能な有効な分類形質が少ないことから系統分類の研究が大きく立ち後れており，分子系統に関する研究も全く行われていなかった。

(2) ツルクモヒトデ類では，他のクモヒトデ類と異なり腕が様々な程度に分岐する種が知られており，腕の中軸にある腕骨やそれを取り囲む骨片の形態が多様化している．これらの腕の形態の違いは機能の差を伴い，各種の生息場所や摂食習性などの生態に大きな影響を与えていると考えられる．このようにツルクモヒトデ類の生態を考える上で最も重量な形態の一つである腕の分岐について，分類形質として用いられてきたことはあるものの，実際の系統との関連が議論されたことはなかった。

2. 研究の目的

(1) ツルクモヒトデ類の系統を形態と分子の両面から明らかにし，系統に基づいた分類体系を構築する

(2) 腕の骨格構造や分岐といった形質がどのように進化してきたのかを明らかにする

3. 研究の方法

(1) 主に，既存の標本を中心に研究を進めるが，欠けている属・種については，野外調査によって新規標本を得ることにより，また国内外の博物館や研究機関の調査で既に得られている標本を利用する．

(2) 腕の骨格骨片のSEMならびにX線CTスキャンによる観察と腕の分岐パターンを中心とした形態学的な観察・記載を実施する．

(3) 核およびミトコンドリアDNAによる分子系統解析を行う

(4) 分類学的に問題のある種については，必要に応じて，各地の博物館を訪問または標本を借用することによってタイプ標本の観察・記載を行う

4. 研究成果

(1) 既存の標本を中心として，日本周辺海域ならびに東南アジア海域から新規に採集した標本，米国，オーストラリア，ニュージーランド，ヨーロッパ諸国の博物館に所蔵されている標本を加え，約2400個体の標本を用いて解析を行うことができた．また，各博物館に保管されていた117種のタイプ標本の観察を行うことができた．

(2) 皮下骨片の形状，腕骨の表面にある微細な突起などといった安定して有効な新しい分類形質を見つけ，西太平洋産の種の中に11種の同種異名と1属の同属異名を確認した．さらに新属 (*Squamophis*, 図1) を含む6新種を認めこれらの記載を行った．これらによって，本海域におけるツルクモヒトデ目を33属112種に整理することができた．



図1. 新属新種として記載された *Squamophis amamiense* Okanishi and Fujita, 2011

(3) 核の18S rRNA, 28S rRNA, ミトコンドリアの16S rRNA, COI 遺伝子 (部分配列) に基づき分子系統解析を行ったところ，ツルクモヒトデ類の科レベルの系統推定には，核の18S rRNA, ミトコンドリアの16S rRNA, COI 遺伝子を組み合わせるのが最も有効であることが判明した．計83種のデータを得ることに成功し図2のような系統樹が得られた．

ツルクモヒトデ類の従来4科のうち，3科は単系統であったが，タコクモヒトデ科は側系統であることが判明し，科レベルでの分類系統の見直しが必要であることが判明した．テヅルモヅル科は3つの亜科に分類するのが適切であることが判明した．また，属レベルでも多くの問題点があることがわかり，

Astrobrachion 属は系統的にユウレイモズル科ではなくタコクモヒトデ科に近いことが明らかとなった。

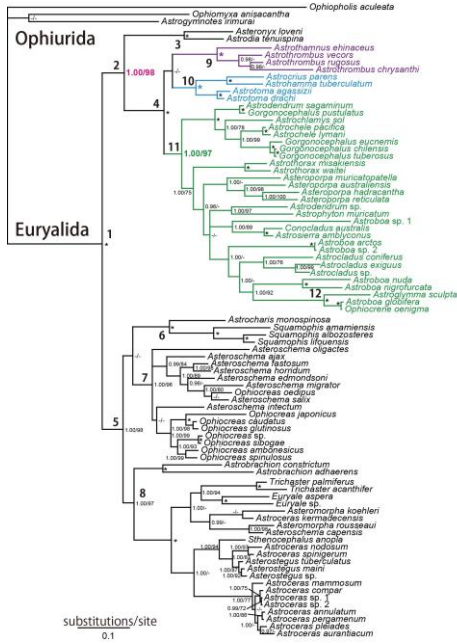


図2. ツルクモヒトデ類 83 種の分子系統解析. 3 遺伝子 2917bp に基づいてベイズ法により作成した系統樹.

(4) 分子系統解析によって認められたクレードが形態によっても支持されているかを明らかにするために、各種の形態を再検討した。その結果、対になる側腕板の位置関係、腕針の数、輻楯の骨片の構造、皮下骨片の形態、歯の配置、生殖裂孔の形状、多孔体の配置といった明瞭な形態によって各クレードの識別が可能であることが明らかとなった。

分類形質としては、走査型電子顕微鏡による骨片の観察が非常に有効であり、これまでほとんど分類形質として使われてこなかった骨片も安定した分類形質となりうるということが明らかとなった (図3)。

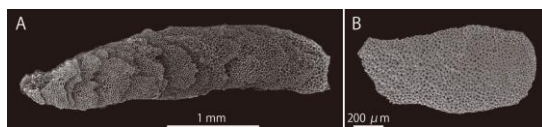


図3. 輻楯の走査型電子顕微鏡写真. A 複数の骨片からなる輻楯 (*Asteroschema tubiferum*). B 1 個の骨片からなる輻楯 (*Squamophis albososteres*)

表1. 新たに提唱したツルクモヒトデ目の分類体系.

テヅルモズル上科[新上科]

キヌガサモズル科

テヅルモズル科

フシモズル亜科[新定義]

コブモズル亜科[新亜科]

テヅルモズル亜科

ユウレイモズル上科

ヒメモズル科[新科]

タコクモヒトデ科[新定義]

ユウレイモズル科 [新定義]

(5) 上記の分子系統解析ならびに形態の再検討の結果に基づき、表1のような新しい分類体系を提唱した。

(6) 腕の分岐のパターンは、系統を反映していないことが明らかとなった。本目の祖先は腕が分岐していなかったと推定され、腕の分岐は複数回独立に進化したことがわかった。各種の分布水深を比較したところ、腕が分岐する種は水深の浅い海底にも分布していることが明かとなり、腕の分岐の獲得によって、浅い海域への進出が可能になったことが推測された。

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7件)

① Okanishi, M., O' Hara, T. D., Fujita, T. A new genus *Squamophis* of Asterocheilidae (Echinodermata, Ophiuroidea, Euryalida) from Australia. *Zookeys*, 査読有, 129 巻, 2011, 1-15
DOI: 10.3897/zookeys.129.1202

② Okanishi, M., O' Hara, T. D., Fujita, T. Molecular phylogeny of the order Euryalida (Echinodermata: Ophiuroidea), based on mitochondrial and ribosomal genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*,

査読有, 61 卷, 2011, 392-399
DOI: 10.1016/j.ympv.2011.07.003

③ Okanishi, M., Yamaguchi, K., Horii, Y., Fujita, T. Ophiuroids of the order Euryalida (Echinodermata) from Hachijyo-jima Island and Ogasawara Islands, Japan. *Memoirs of the National Museum of Nature and Science*, 査読有, 47 卷, 2011, 367-385

④ Okanishi, M., Fujita, T., A taxonomic review of the genus *Astrocharis* Koehler (Echinodermata: Ophiuroidea: Asteroschematidae), with a description of a new species. *Zoological Science*, 査読有, 28 卷, 2011, 148-157
DOI: doi: 10.2108/zsj.28.148

⑤ Okanishi, M., Fujita, T., Two new species of the subgenus *Asteroporpa* (*Astromoana*) (Ophiuroidea: Euryalida: Gorgonocephalidae) from Japan. *Zootaxa*, 査読有, 2751 卷, 2011, 25-39

[学会発表] (計 10 件)

① 岡西政典・藤田敏彦, 分子系統に基づくツルクモヒトデ目(棘皮動物門:クモヒトデ綱)の系統分類学的再検討. 日本動物学会第 83 回大会, 2012 年 9 月 13~15 日, 大阪大学 (大阪)

② Okanishi, M., Fujita, T., A new family-level classification of the order Euryalida (Ophiuroidea). 14th International Echinoderm Conference, 2012 年 8 月 20~24 日, ブリュッセル (ベルギー)

③ 岡西政典・藤田敏彦, ツルクモヒトデ目(棘皮動物門:クモヒトデ綱)の系統分類学的研究. 日本動物分類学会第 47 回大会, 2011 年 6 月 4~5 日, 琉球大学 (沖縄).

④ 岡西政典・藤田敏彦, ツルクモヒトデ目(棘皮動物門:クモヒトデ綱)の分子系統地理. 第 58 回日本生態学会大会, 2011 年 3 月 8~12 日, 札幌コンベンションセンター (北海道).

⑤ Okanishi, M., Fujita, T., Molecular phylogeny of the order Euryalida (Ophiuroidea). 7th European Conference on Echinoderms. 2010 年 10 月 2~9 日, ゲッティンゲン (ドイツ)

⑥ 岡西政典・藤田敏彦, 日本産キヌガサモヅル科(クモヒトデ綱)の分類学的研究. 日本動物分類学会第 46 回大会. 2010 年 6 月 5~6 日, 国立科学博物館 (東京).

[その他]

アウトリーチ活動
科博 NEWS 展示「100年ぶりに発見!ヒメモヅルの新種」
2011 年 4 月 26 日~6 月 26 日

ホームページ

国立科学博物館ホットニュース
<http://www.kahaku.go.jp/userguide/hotnews/theme.php?id=0001303437835877>

国立科学博物館の研究紹介
http://www.kahaku.go.jp/research/researcher/my_research/zoology/fujita/index_012.html

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

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: