

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2006～2008

課題番号：18570098

研究課題名 (和文) 魚類における臀鰭棘の多様化と機能進化に関する研究

研究課題名 (英文) Diversity and functional evolution of anal fin spines in fishes

研究代表者

篠原 現人 (SHINOHARA GENTO)

国立科学博物館・動物研究部・研究主幹

研究者番号：10280520

研究成果の概要：魚類の中で最も多様に種分化したのは鰭に棘をもつグループであるが、棘の役割については十分に調べられてはこなかった。本研究では、国内外の研究機関から多くの標本を集め、解剖やエックス線撮影から臀鰭の棘の形状を調べ、一部の種でこれまで考慮されたことのないセンサーの役割の可能性を示した。異なった魚種間で鰭の構成要素の並び方や数を簡単に比較できる方法を開発し、分類や進化の研究を推進する基礎を作った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,200,000	0	1,200,000
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,500,000	690,000	4,190,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・分類

キーワード：進化

1. 研究開始当初の背景

(1) 魚類の中で最も多様に種分化し成功した棘鰭上目魚類は、背鰭・臀鰭などの垂直鰭に棘をもつ（より進化したグループは二次的に棘を消失する）という特徴を有する。魚類の系統類縁関係は、他の動物群と同様に形態

学的なアプローチではじまり、この数年間は分子系統学の手法により不明だった系統関係が明らかにされる一方で、また形態と分子でそれぞれ違った結果が得られるなどの問題も起きている。特に棘鰭上目魚類に関して形態と分子の結果の不一致が顕著であった。形態学は相同性の問題から、データとし

て利用できない分類形質がかなり残されている。その中のひとつが鰭条の数であった。棘鰭上目の鰭は棘と軟条の2種類の要素を持ち、棘数と軟条数はある程度の変異をもちつつ種や高位分類群に固有である。また進化の過程で棘から軟条に変化（またはその逆の変化）した種も知られているが、臀鰭棘数は、他の鰭条数に比べると変異が安定し、棘鰭上目の大部分の種を占めるスズキ亜目では、一部の例外をのぞき棘は3本以下と保守的で、かつ必ず棘の位置は臀鰭の最前部を占めることが知られていた。つまり臀鰭は、棘数や棘の発現位置は多様で相同性の問題から分類群間で比較しづらい背鰭に比べ比較が容易であり、観察部位として優れていたが、臀鰭に着目して鰭のパターンを調査する研究は実践されていなかった。また、棘は捕食者から身を守る武器として機能するという説が有力で、それ例外の機能的な解釈は遊泳以外には関連づけがなされていなかった。

(2) これまで種間や高位分類群間の棘の相同性を検証できなかったひとつの原因に鰭条の位置関係の簡単な記述法がなかったことがあげられる。記述法の開発は、分類や系統解析に役立つことが容易に予想された。

2. 研究の目的

一万種を超える巨大な分類群である棘鰭上目魚類における臀鰭棘の発達状態を解剖学的に調査することにより、魚類における臀鰭棘の機能ならび進化的意義を探る。垂直鰭のひとつである臀鰭では、底生魚種や遊泳性魚種において顕著に棘の数が減少する傾向を示すことが知られ、臀鰭にみられる棘の発達が捕食者からの防御の他に、遊泳制御の効率化を図る器官の可能性が示唆されている。

これらの仮説をできるだけ多くの棘鰭上目の形態データに基づき検証を試みると同時に、スズキ目を中心に臀鰭棘の形態の多様性を把握し、これまで知られている棘鰭上目の生態学的な多様性と結びつけ、機能形態学的に解釈し、進化や機能を考察することを目的とした。

3. 研究の方法

透明二重染色標本と軟エックス線像を用い、臀鰭棘を含む骨格系の観察を行った。標本は北海道大学と国立科学博物館に所蔵されるものを主に使用したが、その他に大阪市立自然史博物館や高知大学をはじめとする国内の研究機関に登録保管された標本を利用した。日本には生息しない分類群の調査では、米国国立自然史博物館とカリフォルニア科学アカデミーの標本を現地調査により観察し、オーストラリア博物館等から標本を借用して進めた。対象種は154科439種で軟エックス線像のみのもを含め1237個体を観察した。フィルムに記録した軟エックス像は、実体顕微鏡下で観察する以外にライトボックスとデジタルカメラを用いて電子化し、モニター上でも調査を行った。特に鰭条の位置関係の把握には電子化した材料を用いた。

4. 研究成果

(1) 棘鰭上目の多数の標本を観察することで、臀鰭棘の防御器官としての意味がその担鰭骨発達や脊椎骨との関係から支持され、さらに、遊泳性の強い分類群においては臀鰭棘発達を鰭の形の維持に利用している例が多数観察された。その一方でこれまで考慮されてこなかった感覚器官としての機能との関連性を示唆する形質状態も発見した。臀鰭棘

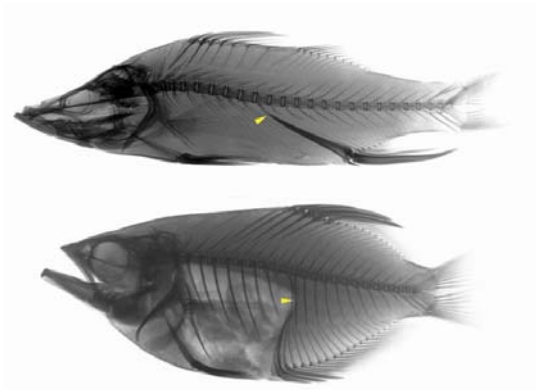


図1 ホソアカメ（上）とテッポウウオ（下）の軟エックス線像。矢印：臀鰭棘担鰭骨先端を示す

が発達する種（図1：上）では、同時にその担鰭骨が著しく発達する傾向があった。担鰭骨の背側先端は血管棘に固着する例が多くみられ、特に発達した臀鰭棘を支持する担鰭骨にその傾向が強かった。また臀鰭棘の最前方の担鰭骨は鰾の後端に接する 경우가多く（図1：下）、一部のスズキ亜目魚類では、鰾が脊椎骨の血管棘を囲むように後ろに伸長することが知られていた。鰾は浮力器官であると同時に音の増幅装置である。また担鰭骨と脊椎骨の強い連結は棘に触れるものを震動として感知し、頭蓋骨に伝達する。これらのことから臀鰭棘が集音機能の補助器官として機能している可能性が推察された。

（2）異なった種間や高位分類群間での比較を容易にする目的で背鰭と臀鰭の棘の位置関係に関する新しい記述法を開発した。鰭の要素は棘（図2：白数字）と軟条（黄数字）、担鰭骨の要素は前担鰭骨（鰭条数0の担鰭骨）、中軸骨格の要素は脊椎骨（腹椎骨+尾椎骨；尾椎骨の始まりは矢印で示す）となる。図2の個体の背鰭鰭条と臀鰭鰭条の相対的な位置関係を担鰭骨と脊椎骨の位置で定義し、出来る限り少ない文字種で表現し、かつ脊椎骨との位置関係が容易に把握できるように考案したもの

が次の式である。

$$0_1(0+2)_2 1_3 1_4 1_5 [1]_6 [1]_7 [1]_8 [1]_9 [1]_{10} [1]_{11} [1/2+1]_{12} [1/0]_{13} [1+1/1]_{14} [1+1/1]_{15} [1+1/1+1]_{16} [1+1/1+1]_{17} [1/0]_{18} [0/0]_{19} [0/0]_{20} [0/0]_{21} [0/0]_{22} [0/0]_{23} [0/0]_{24} C_{25}$$

ここで下付の数字は脊椎骨の番号、カギ括弧内が囲まれた数字は尾椎骨、下線は軟条、Cは尾骨を示す。臀鰭棘や臀鰭軟条はスラッシュの直後に示す。例とした個体は脊椎骨数25（腹椎骨数5、尾椎骨20）、背鰭棘数8、背鰭軟条数11、臀鰭棘数3、臀鰭軟条数6で、各鰭条の数も上述の式から計算できる。この式の中で同じパターンの部分の回数を上付文字で省略すると下記になる。

$$0_1(0+2)_2 1^3 [1]_{10} [1]_{11} [1/2+1]_{12} [1/0]_{13} [1+1/1]_{15} [1+1/1+1]_{17} [1/0]_{18} [0/0]_{24} C_{25}$$

この式より臀鰭棘の担鰭骨の位置が脊椎骨の11番目と12番目の間にあり、最後の背鰭棘の担鰭骨ではなく、最初の背鰭軟条と対応していることが分かる。この簡易式を利用することで、鰭条の配置パターンが記載や分類・系統分析に用いられることが期待される。

本研究を推進する過程で多くの標本を調査し、未記載種や稀種を発見した。また分布や系統に関する新たな発見もあった。これらの成果を研究論文として発表した。

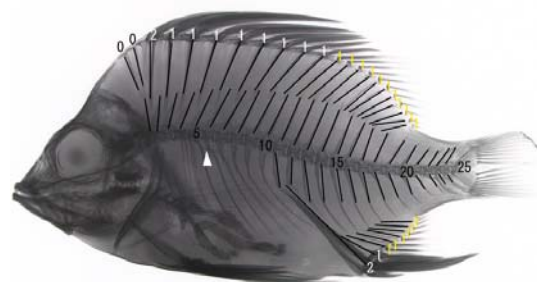


図2 チョウセンバカマの軟エックス線像。描画ソフトで担鰭骨と脊椎骨の神経棘・血管を強調

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4件)

- ① Hisashi Imamura, Gento Shiohara, A new species of *Cocotropus* (Teleostei: Aploactinidae) from the Ryukyu Islands, southern Japan, Bulletin of the National Museum of Nature and Science Series A (Zoology) Supplement 2, 21-24, 2008、査読有
- ② 渋川浩一、篠原現人、松浦啓一、奄美大島より得られた日本初記録のハゼ科トゲアワセイソハゼ (新称) *Sueviota larsonae*、魚類学雑誌、55、115-119、2008、査読有
- ③ 渋川浩一、高田陽子、篠原現人、奄美大島より得られた日本初記録のデンジクダイ科カクシヤツトゲテンジクダイ (新称)、魚類学雑誌、54、219-223、2007、査読有
- ④ Gento Shinohara, Hisashi Imamura, Revisiting recent phylogenetic studies of "Scorpaeniformes" Ichthyological Research, 54, 92-99, 2007, 査読有

[学会発表] (計6件)

- ① Anderson M. Eric, Stevenson, Gento Shinohara, Systematic review of the genus *Bothrocara* Bean, 1890 (Teleostei: Zoarcidae), Commemoration of the 130th Anniversary of the National Museum of Nature and Science: International Symposium on Systematics and Diversity of Fishes, Tokyo, March 4th, 2008
- ② Hisashi Imamura, "Scorpaeniform"

phylogeny: morphological approach to a question of its monophyly, Commemoration of the 130th Anniversary of the National Museum of Nature and Science:

International Symposium on Systematics and Diversity of Fishes, Tokyo, March 4th, 2008

- ③ 篠原現人、Ik-Soo Kim、サラサガジ属 (スズキ目: ゲンゲ科) の系統分類、2008年度日本魚類学会年会、愛媛大学城北キャンパス、2008年9月21日
- ④ 今村 央、サンゴ海とタスマン海から採集されたアネサゴチ属魚類の一未記載種、2007年度日本魚類学会年会、北海道大学学術交流会館、2007年10月6日
- ⑤ 篠原現人、矢部 衛、日本海北部から採集された伸長対鰭をもつタウエガジ科の1未記載属・種、2007年10月6日
- ⑥ 篠原現人、日本産アシナシゲンゲ属 (スズキ目: ゲンゲ科) の分類、2006年度日本魚類学会年会、静岡県コンベンションアーツセンターグランシップ、2006年10月8日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

篠原 現人 (SHINOHARA GENTO)

国立科学博物館・動物研究部・研究主幹

研究者番号: 10280520

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

今村 央 (IMAMURA HISASHI)

北海道大学・総合博物館・准教

研究者番号: 00312421

(2006~2007年度は研究分担者、2008年度は連携研究者)