

令和 4 年 5 月 27 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K06810

研究課題名(和文)スズキ系魚類における表在感丘の分布様式

研究課題名(英文)Distribution of superficial neuromasts in percomorph fishes

研究代表者

佐々木 邦夫(Sasaki, Kunio)

高知大学・教育研究部自然科学系理工学部門・教授

研究者番号：10215717

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,000,000円

研究成果の概要(和文)：魚類は側線系とよばれる感覚器官によって水流を感知できる。本研究は、スズキ系魚類においてひろく側線系(特にの表在感丘の配置と、その神経支配)を観察し、(1)スズキ系魚類における非派生的な感丘の配置の推定、(2)神経の分岐パターンに基づいて分類群間における感丘要素の相同性を判断、(3)尾鰭における側線系の形態的多様性の解明、(4)側線系の種間差が体サイズ差に起因する場合があると提示、(5)無数の感丘から構成される特化的な側線系の意義を機能形態学的側面から議論できた。これらの成果は、従来知られていなかった側線系の形態的多様性の一端を明示し、それは各々の生態的・系統的背景に起因すると示唆する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

魚類の種や生態が多様化する過程で、各々の感覚器官(側線系)も形態的に変化し、種間で分化したことを具体的に示す成果である。これは、どうして魚類が様々な環境に進出可能であったか・どうして様々な生態的特徴をもつ種へと分かれるに至ったかという問いに対して、感覚器官の多様化という観点から答えるという意義がある。

研究成果の概要(英文)：In this study, the lateral line system is examined in several species of Percomorpha to discuss morphological, ecological, and phylogenetic significances of the morphological diversity of the system, having been leading to the following results: (1) estimation of non-derivative condition of the system for the percomorphs, (2) homology assessments of neuromast elements among percomorph taxa based on the innervation pattern of the system, (3) showing of a morphological diversity of the system in the caudal fin, (4) a case that an interspecific difference of the system is ascribed to difference of the body size was shown, and (5) a functional significance of the specialized lateral line system of Nurseryfish was proposed based on SEM observations. These results revealed representative aspects of the morphological diversities of the system which are assumed to associated with ecological and phylogenetic backgrounds of the percomorphs.

研究分野：動物形態学

キーワード：スズキ系魚類 側線系 神経支配 感丘 表在感丘 分布 相同性 適応進化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

側線系は魚類と両生類に特有な受容器官であり、水の流れなどの機械的な刺激を感受する。受容器は感丘とよばれ、骨内を通る管(側線管)に収まる管器感丘と、表皮上に発達する表在感丘がある。表在感丘はそのサイズが0.1mm程度と小さく、ホルマリン固定による標本作成のプロセスで、そのほとんどが表皮から脱落する。したがって、表在感丘の分布様式は、モデル魚類などのごく一部の分類群を除き、その詳細は不明である。また、著しく多数の表在感丘をもつハゼ亜目魚類に代表される、特異な側線系をもつ分類群については比較的よく研究されている一方で、それらの祖型となったであろうと考えられる非派生的な側線系の状態については知見が確立されていない。

側線系は感覚器であることから、表在感丘の分布様式は生態を反映すると示唆されてきた。本研究では、魚類のなかでも多様な形態と生態をしめすスズキ系魚類(Percomorphs)の頭部を観察し、表在感丘の分布様式と生態的特性の関連性を検証する。頭部後方の躯幹部にも表在感丘はあるが、進行方向にあたる頭部において、センサー(表在感丘)の存在はより重要であり、生態をより強く反映すると期待される。

2. 研究の目的

本研究の目的は、第一にはスズキ系魚類における表在感丘の分布様式の多様性の一端を明らかにすることである。第二には表在感丘の分布様式と生態の関連性を考察することである。生態として考慮すべき点は遊泳性か定位性か、夜行性か昼行性か、群を形成するか否かなどの諸要素であり、これらを総合的な勘案する必要がある。第三には各部位の表在感丘の神経支配を明らかにし、特定部位での表在感丘が分類群間で相同であるか否かの判定をおこなうことである。これによって、表在感丘の可塑性を、進化的に意義ある脈絡で論ずることがはじめて可能になる。表在感丘はこれまで系統の推定に応用されたことはないが、相同性の確定によって系統類推の強力な武器ともなり、混沌を極めるスズキ系魚類の系統類縁解明の一助となることが期待される。

3. 研究の方法

感丘の分岐パターンはDiASP生体染色によって蛍光撮影・記録した。感丘を支配する側線神経はSudan Black B染色により観察した。どの感丘がどの側線神経小枝によって支配されているかの観察に基づき、多数ある感丘を要素としてグループ分けし、どの感丘要素が分類群間で共通であるか(あるいは特化か)を判断した。すなわち、神経の分岐パターンに基づいて表在感丘要素の分類群間における相同・非同(収斂)の判断を行った。それによって、単なる表在感丘の分布様式の比較ではなく、相同である表在感丘の間での比較が可能となった。

4. 研究成果

スズキ系魚類数十種において感丘の配置を観察し、一部のグループではその神経支配パターンも観察した。観察した分類群はフエダイ科、クマノミ科、スズメダイ科、アジ科、ニザダイ科、ツノダシ科、タナバタウオ科、タカサゴイシモチ科、ベラ科、テッポウウオ科などである。特に表在感丘を多数もつことで特徴付けられるテンジクダイ科・コモリウオ科・ハゼ亜目に注目することで、科レベルで側線系がどのように多様化したかのケーススタディを構築することができた。以下に代表的な成果の概要を紹介する。

(1) スズキ系魚類における非派生的な感丘の配置を見出すことができた。観察したスズキ系魚類のうち表在感丘の著しい増加が生じていない種では、感丘数こそ異なるものの、表在感丘の配置は種間で概ね同様であった。さらに、各部位の表在感丘は特定の側線神経小枝によって支配されており、その神経支配パターン(前・後側線神経の分岐パターン)は、種間・分類群間で概ね同一であったことから、種間・分類群間における感丘の分布パターンの保存性は個体発生上の制約ないしは共通性を反映していると予想される。この多くのスズキ系魚類においてみられる(共通性の高い)表在感丘の配置は、スズキ系以外のグループ(サケ科やウナギ目)でもみられたことから、スズキ系魚類にとって非派生的と言えるだろう。

(2) 側線神経の分岐パターンに基づいて、表在感丘をグループ間で相同な感丘要素とそうでない(あるグループに固有な)要素に分け、その上で分類群間において表在感丘の発達の相同性を判断することができた。感丘の増加がみられるグループ(具体的にはテンジクダイ科)では、上記の共通的な神経小枝・感丘要素に加えて、本科でのみ認められる神経小枝とそれに支配される表在感丘が存在していたことから、二次的に感丘要素が出現することで多数の感丘が生じたとみられる。テンジクダイ科は、同様に多数の表在感丘をもつことで特徴づけられるコモリウオ科とハゼ亜目と近縁とされる。しかしこれら3グループに共通する派生的な側線神経要素はなく、また各グループにおける追加的な表在感丘要素は、それぞれグループ間で異なる部位から伸長す

る追加的な側線神経小枝により支配されていたことから、テンジクダイ科・コモリウオ科・ハゼ亜目にみられる表在感丘の著しい増加は収斂であると結論付けることができた。

(3) 尾鰭における側線系(特に表在感丘)の多様性を観察した。スズキ系魚類では、尾鰭の鰭膜において、列状に並んだ表在感丘が3列(尾鰭の上葉,中央および下葉にそれぞれ1列)ある状態が普遍的にみられ、この状態はスズキ系魚類以外においてもみられる。主に夜行性種からなるテンジクダイ科では、この表在感丘列が15列程あり、尾鰭全体に亘って表在感丘が生じている。特にテンジクダイ科ヌメリテンジクダイ属およびクダリボウズギスモドキ属においては、それぞれの表在感丘列はさらに多数の小列から構成されており、尾鰭において派生的に表在感丘が増加したと考えられる。一方、アカメ科とニベ科を含むスズキ目魚類19科27種においては、側線鱗が尾鰭上にまで延長し、特にアカメ科では表在感丘のあるべき部位には管器感丘を含む側線鱗があった。管器感丘と表在感丘は機能が異なると知られていることから、尾鰭において管器感丘(側線鱗)と表在感丘のどちらが発達するかは生息環境や生態を反映している可能性が考えられる。風変わりな例として、カレイ目魚類では尾鰭において側線系の形態が左右体側間で異なる例が散見された。特にキシウダルマガレイなどの2科5種においては有眼側でのみ尾鰭上へ側線鱗が延長していた。カレイ目魚類の尾鰭上の側線系は、有眼側の方がより発達する傾向が明らかであり、これは無眼側を海底に密着させる生活様式を反映していると考えられる。

(4) 側線系の形態的複雑性の種間差が、体サイズの種間差に起因すると考えられる例が認められた。幼形的な外観と小さい体サイズによって特徴付けられるクダリボウズギスモドキ属を精査し、本属が非幼形的なヌメリテンジクダイ属に近縁と明らかにしたうえで、クダリボウズギスモドキ属の一種にみられる形態学的にシンプルな側線系(特に側線管の形成程度と、表在感丘の配置)はヌメリテンジクダイ属魚類の幼魚時における未発達な側線系ときわめて類似していることを示した。すなわちクダリボウズギスモドキ属では、体が幼形化に伴って側線系の複雑性も未発達な方向へシフトしたと考えられる。

(5) 特化した側線系の意義を、機能形態学的側面から議論できた。本研究でコモリウオの側線系を観察したところ、垂直鰭を含む全身にわたって無数の表在感丘が前後方向と腹背方向に並んでおり、すなわち網目模様のような感丘の配置が確認された。その“網目”を構成する感丘の感受性方向を電子顕微鏡写真から判断すると、前後方向に並ぶ感丘は背腹方向の感受性をもち、背腹方向に並ぶ感丘は前後方向の感受性をもっていた。これらの2種の列(前後・背腹)がそれぞれ交差しつつ等間隔に並ぶことで、“網目”が形成されていた。すなわちこの網目状に配置された感丘の並びには、前後・背腹方向両方の水流を体表全面に亘って受容可能であると推察される。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Sato M, Nakae M, Sasaki K.	4. 巻 282
2. 論文標題 The paedomorphic lateral line system in Pseudamiops and Gymnapogon (Percomorpha, Apogonidae), with morphological and molecular based phylogenetic considerations.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Morphology	6. 最初と最後の頁 652, 678
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jmor.21337	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 Sato M, Nakae M, Sasaki K.	4. 巻 109
2. 論文標題 The lateral line system in the nurseryfish Kurtus gulliveri (Percomorpha: Kurtidae): a distribution and innervation of superficial neuromasts unique within percomorphs.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ichthyology & Herpetology	6. 最初と最後の頁 31, 42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1643/i2020017	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 Sato, M., Nakae, M., Sasaki, K.	4. 巻 280
2. 論文標題 Convergent evolution of the lateral line system in Apogonidae (Teleostei: Percomorpha) determined from innervation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Morphology	6. 最初と最後の頁 1026, 1045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jmor.20998	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1件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐藤真央、佐々木邦夫
2. 発表標題 テンジクダイ科クダリボウズギスモドキ属およびクダリボウズギス属魚類における側線系とその神経支配
3. 学会等名 日本魚類学会年会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------