

研究成果報告書（第27回学術研究助成）

令和 2 年 4 月 2 日

公益財団法人 藤原ナチュラルヒストリー振興財団
理事長 野村 茂 樹 殿

所属機関名 高知大学総合人間自然科学研究科
職 名 博士後期課程3年
氏 名 佐藤 真央

1. 課題：水流を受容する感覚器「感丘」の多様性とその系統進化

2. 共同研究者：なし

3. 研究報告：

I. 研究の目的：魚類は、側線系の感覚器「感丘」によって、周囲の水流を知覚する。感丘は主に体表に発達し、その分布パターン（体表のどこに・どの程度あるか）は分類群によって異なる。しかし、全身における感丘の分布パターンは、モデル魚類や洞窟性魚類などで散在的に報告されているに留まり、パターンの多様性にどのような生態的・系統的意義があるかは不明点が多い。本研究の目的は、多様な感丘の分布パターンをもち、かつ、様々な環境に進出しているテンジクダイ科魚類に注目し、どのような形態的・系統的要因がパターンの多様化に寄与したかの解明である。

II. 研究の方法：沖縄県、鹿児島県および熊本県において、潜水によるテンジクダイ科魚類の採集調査を行った。採集した全種において、DiASP 生体染色法によって感丘を観察した（図1）。代表的な9種において、ズダンブラックBにより感丘を支配する神経を観察し、感丘が種間で相同な神経小枝により支配されているか（種間において感丘の分布パターンに相同性があるか）を確認した。

分子系統樹を構築するために、テンジクダイ科106種、コモリウオ科1種およびハゼ亜目1種の塩基配列（COI, 12S rRNA-tRNA^{Val}-16S rRNA, ENC1, RAG1; 計約4500bp）を配列データベースから引用した。配列が未知であったクダリボウズギスモドキ属の一種については、当該領域をシーケンスした。これら計109種の配列について、RAxMLにより最尤系統樹を構築した。先行研究で提唱されたクダリボウズギスモドキ属の系統的位置を検証するために、本属とコミナトテンジクダイ亜科、および、本属とクダリボウズギス族（コミナトテンジクダイ亜科）が単系統となる制約を課した系統樹をそれぞれ構築し、AU検定を用いて、制約・非制約樹間を比較した。

テンジクダイ科の姉妹群とされるコモリウオ科については、博物館収蔵のコモリウオ標本を解剖し、走査型電子顕微鏡により感丘を観察した。また、テンジクダイ科と同様に神経を観察した。

III. 研究結果：テンジクダイ科4亜科（コミナトテンジクダイ亜科は14族からなる）のうち、3亜科（11族）に亘る計32種について採集または借用した。残る1亜科（オニイシモチ亜科）の感丘の分布パターンについては、文献調査によりコミナトテンジクダイ亜科のそれとほぼ同一であると判明した。すなわち、本科4亜科すべてに亘る主要なグループの情報を網羅した。コミナトテンジクダイ亜科（クダリボウズギス族を除く）においては、頭部、側線鱗および尾鰭にのみ感丘が生じていた。一方、ヌメリテンジクダイ亜科、Paxtoninae 亜科およびクダリボウズギス族においては、

全身に多数の感丘が発達しており、その分布パターンもグループ間で異なると判明した（図1）。コモリウオでは、正中鰭を含む体表全面に多数の感丘が発達していたが、それらを支配する神経の分岐パターンは、テンジクダイ科のどのグループとも異なっていた。

クダリボウズギス族（クダリボウズギス属、クダリボウズギスモドキ属、サクラテンジクダイ属および *Lachneratus* 属を含む）は、幼形的な外観をもつことで特徴付けられるグループである。クダリボウズギスモドキ属の感丘の分布パターンは、クダリボウズギス属とサクラテンジクダイ属のそれとは大きく異なるが、別亜科に属するヌメリテンジクダイ属のパターンと多くの共通点がみられた。特に、ヌメリテンジクダイの幼魚時におけるパターンに著しく類似していた（図3）。最尤樹では、クダリボウズギス属、サクラテンジクダイ属および *Lachneratus* 属は単系統群となる一方で、クダリボウズギスモドキ属はヌメリテンジクダイ属の姉妹群となり、両者の近縁性が支持された（図2）。この系統的位置は、AU 検定においても支持された。

IV. 考察：テンジクダイ科の姉妹群であるコモリウオ科においても、全身に多数の感丘が発達するため、この特徴はテンジクダイ科にとって祖先的である可能性も考えられた。しかし、全身に感丘をもつテンジクダイ科魚類とコモリウオでは、両者間で全く異なる神経小枝によって多数の感丘が支配されていた。すなわち、全身における感丘の発達は両科の収斂と判明した。一方、コミナトテンジクダイ亜科の躯幹部では、一般的なスズキ系魚類と同様なパターン（感丘は側線鱗上のみに発達）と神経支配が観察された。したがって、テンジクダイ科においては、感丘が比較的少数である状態が祖先的であり、そこから全身に感丘が発達する形質が派生したと考えられる（図2）。体表にある感丘は急流中では正確には機能しないため、全身における感丘の発達は止水への適応と予想される。実際、全身に感丘を持つ種は、海中洞窟などの止水環境に生息している傾向がみられた。

テンジクダイ科のうち5属が全身に感丘をもち、そのパターンはそれぞれ異なっていた（図1）。神経支配の観点からは、これらは2グループ（ヌメリテンジクダイ属-クダリボウズギスモドキ属、および、サクラテンジクダイ属-ヌメリテンジクダイ属）に纏めることができ、それは分子系統解析の結果と一致していた。したがって、それら2グループにおいて、全身への感丘の発達が収斂的に生じたと考えられる（図2）。また、それぞれのグループ内で、二次的にパターンが多様化したと示唆された。具体的には、サクラテンジクダイ属では感丘（およびそれを支配する神経小枝）は鱗に沿って並んでいたが、鱗をもたない姉妹群（クダリボウズギス属）では、直線的に並んでいた。鱗の消失によって、鱗と対応していた感丘の位置が変化し、新規なパターンが生じたと推察される。

幼形的な外観をもつクダリボウズギスモドキ属において、その感丘の分布パターンは、ヌメリテンジクダイの幼魚時におけるパターンとほぼ同一であった。両者の近縁性は分子系統樹でも支持されたことから、クダリボウズギスモドキ属は、ヌメリテンジクダイが属する系統から幼形化を伴って分化したグループであると結論付けられた。すなわち、クダリボウズギスモドキ属にみられる比較的シンプルな感丘の分布パターンは、幼形進化を反映していると考えられる（図3）。

V. 成果発表：

○学会発表

1. 佐藤 真央・佐々木 邦夫. 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. 2019年度日本魚類学会年会.
2. 中江 雅典・黒木 真理・佐藤 真央・佐々木 邦夫. ニホンウナギ (*Anguilla japonica*) の側線系とその神経支配. 2019年度日本魚類学会年会.

○論文（投稿中）

Mao Sato · Masanori Nakae · Kunio Sasaki. The lateral line system in the Nurseryfish *Kurtus gulliveri* (Percomorpha: Kurtidae): a distribution and innervation of superficial neuromasts unique within percomorphs

VI. 今後の課題：本研究では，個々の感丘の機能に種間差があるか，および，それは生態や生息環境と関連しているかは，測定の技術的困難さゆえに検証できていない．今後それらを明らかにすることで，感丘の分布パターンの多様性にどのような生態学的意義があるか検証できると期待される．

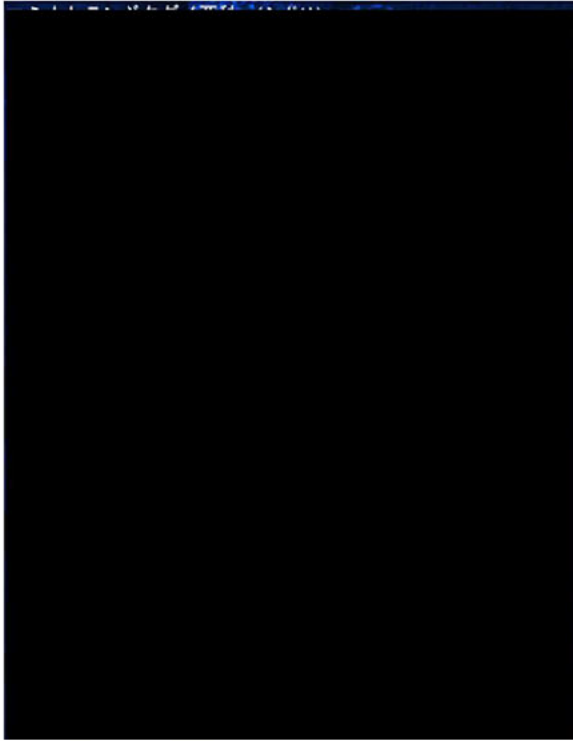


図 1. [Redacted text]

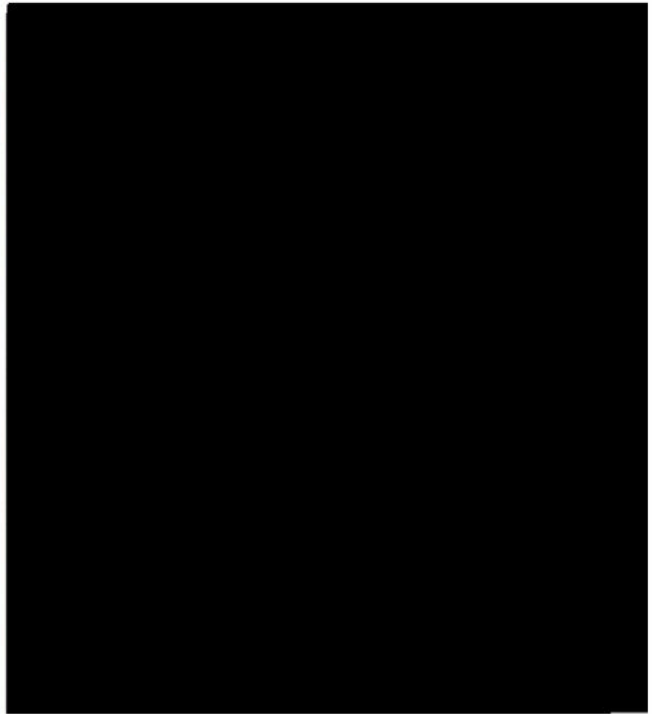


図 2. [Redacted text]

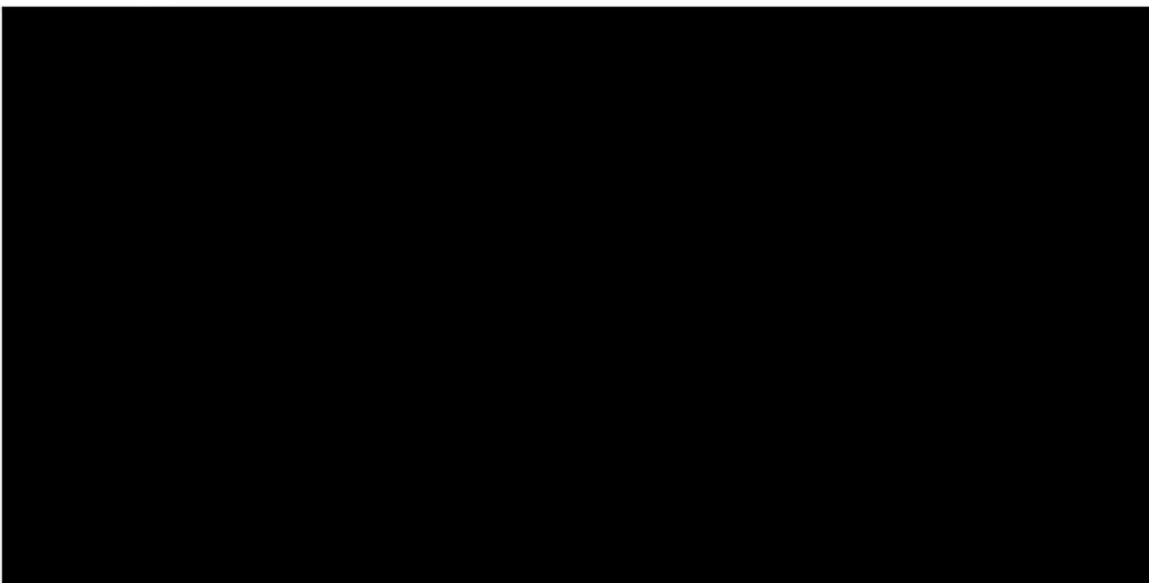


図 3. [Redacted text]