

論文の内容の要旨

氏名：金 沢 紘 史

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名： The teeth and dentition of Monacanthidae revisited tomographically

(断層影像法によるカワハギ科魚類の歯と歯列の再考)

硬骨魚類は進化にともなって著しい多様化を遂げた脊椎動物であり、その背景には 3 度の全ゲノム重複があると考えられている。このことは同時に、28,000 種を超える現生硬骨魚類のどれもが、自然界で数億年の時を費やして展開された進化の結果であるともいえる。10 科 435 種を擁するフグ目は最も派生的なグループのひとつとされ、本研究で対象としたカワハギ科は、モンガラカワハギ科とともに、フグ目のモンガラカワハギ亜目を構成している。これらの魚種はヒトの切歯に一見類似する顎歯を有し、19 世紀半ばには Retzius や Owen によってその形態および組織学的な記載がなされている。その後も欧米では主にモンガラカワハギ科、本邦では主にカワハギ科の魚類顎歯についての研究報告がある。しかし、歯の支持様式に関しては、二重釘植 (Owen, 1840)、骨性結合 (Isokawa, 1955)、歯根膜を有する浅歯槽窩 (Soule, 1969)、側生及び線維性結合の共存 (Uehara & Miyoshi, 1987)、歯根膜とみなすことへの反駁 (Berkovitz & Shellis, 2017) など、terminology との関わりも含めて今なお見解の収束をみていない。この状況からの進展を期すには、軟組織除去後のマクロ的形態学と切片法による光顕・電顕的な組織学的手法で必ずしも十分に得られない情報が必要と考えた。

そこで本研究では micro CT を用いた観察および解析を行った。すなわち、カワハギ科の 3 魚種 (カワハギ *Stephanolepis cirrhifer*, ウマズラハギ *Thamnaconus modestus* およびウスバハギ *Aluterus monoceros*)、計 7 個体の顎歯を含む上下顎を、90 kV, 100 μ A, 倍率 2.0, 4.0 および 6.7 倍 (最小の isotropic voxel サイズは 30 μ m), 撮影時間 2 分の条件で CT スキャニングを行った。DICOM viewer は, RadiAnt (version 4.6.9 & 5.5.0, Medixant) と Mango (version 4.1, Research Imaging Institute, UTHSCSA) を使用した。RadiAnt では, multiplanar reconstruction (MPR) による断層像の解析および 3-dimensional volume rendering (3D-VR) による 3 次元再構成像の観察を行い, Mango は 3D サーフェスレンダリング (3D-surR) 像の作製と観察の目的で使用した。また, RadiAnt においては, 3 次元再構成像から一部の領域や特定の歯を Scalpel ツールによって抽出する仮想解剖を併用した観察や計測も行った。

対象とした 3 魚種の顎歯は、いずれも、左右の前上顎骨の外側に 3 歯ずつ (o1-3)、内側に 2 歯ずつ (i1-2)、下顎では左右の歯骨に 3 歯ずつ (b1-3) で計 16 歯であった。上顎の o1-3 と i1-2 は、粘膜上に出ている先端部が互いに嵌合し、これにより 5 歯が連なった歯列を成していた。また i1-2 の舌側面は広く粘膜上に露出していた。下顎の b1-3 の舌側は、歯帯の発達によって bowl 状の凹面を呈し、これらは歯列舌側の棚状構造を成していた。3D-surR 像の所見から、閉口時の上下歯列は緊密に咬合し、その舌側上面は i1-2 舌面の硬組織、舌側下面は b1-3 の舌側凹面からなる棚状硬組織が位置すると判明した。

歯の形態は、3 種間でそのプロポーシオンやディテールにやや違いがあったが、基本的な特徴はほぼ共通していた。MPR で高石灰化部として観察される enameloid の分布や被覆状態にも特段の種差はなかった。しかし、上顎の内側歯 i1-2 の先端部形状には注目すべき明らかな種差、すなわち、分類形質にもなり得ると考えられる apex-type と notch-type の 2 型が認められた。カワハギは i1-2 の 2 歯いずれもが apex-type で、ウマズラハギでは i1 が apex-type, i2 が notch-type であった。ウスバハギは i1-2 の 2 歯がともに notch-type であった。こうした違いを有する内側歯が外側歯と嵌合し歯列を形成しているため、上顎歯列の唇側および舌側面観においても、3 種それぞれの種特異的な形態的な差異が認められた。

3D-VR 像と仮想解剖で得られた像を精査した結果、機能歯とその後継歯は co-axial な位置関係に

あることがわかった。後継歯の幅径は先行する機能歯よりも約10%前後大きかった。また、前述の i1-2 については、apex-type 内側歯の後継歯は apex-type、notch-type 内側歯の後継歯は notch-type として形成が進行することが判明した。全3種7個体の後継歯すべてについて、その形成状況をMPRで調べたところ、歯の長径や石灰化度には種々のばらつきがあり、後継歯形成や歯の交換については同期した進行や一定のパターンはないと考えられた。

仮想解剖によって試料の3D-VR像から仮想摘出した個歯の3D像とMPRによる断層像とを突き合わせて精査した結果、用いた3魚種の顎歯の形態は、ヒト切歯に類似するとみるのは妥当でないことが明らかになった。o1-3 および b1-3 の歯髓腔下縁は、歯の先端と反対方向に位置する見かけ上の歯の基底部(もしくは根端)へ向かうのではなく、後方(舌側方向)に歪んで基底および後方に大きく開口していることがわかった。また、i1-2 髓腔下縁は、前方(唇側方向)に歪んで基底および前方に大きく開口していた。機能歯では、このように大きく歪んだ形状を示す髓腔下縁(以後、髓腔開口部辺縁とする)の一部で、歯と相対する骨面とが骨性結合(ankylosis)していることがMPR像で確認された。一方、形成中の後継歯にはこうしたankylosisは生じていなかった。

髓腔開口部辺縁がankylosisを起こしている部位には、ヒトを含む哺乳類でみられる歯槽(socket)は存在せず、骨面に浅いくぼみ(shallow depression)のみが認められた。前述のように、髓腔開口部辺縁は後方(舌側方向)もしくは前方(唇側方向)に大きく歪んでいるため、カワハギ科の3魚種の顎歯はその基部をshallow depressionに寝るような方向でankylosisし、また、歯の先端部は支持骨の上端を越えていることから、本研究で観察された顎歯の支持骨に対するgeometricalな位置関係は、側生(pleurodont)であると結論付けられた。

以上の知見は、micro CTを用いた断層影像法によるデータの詳細な観察と解析で得られた。これは従来の形態学および組織学的研究のギャップを埋めるものである。本研究は、これまで長く収束をみななかったカワハギ科魚類顎歯の支持が、支持骨面のshallow depressionにおけるpleurodont ankylosisよるという一定の結論を導いた。また、カワハギ科魚類において、前上顎骨の内側歯先端の形状が分類形質のひとつとなりうる可能性も本研究では示された。断層影像法を従来からの形態および組織学的手法とともに活用することで、多様性の高い魚類の歯に関する研究の更なる進展が期待されると考える。