

第43回（通算第160回）化石研究会総会・学術大会 講演抄録

2025年5月31日（土）・6月1日（日），滋賀県立琵琶湖博物館にて開催

講演会「哺乳類化石の食性・古生態復元」
講演 1歯牙マイクロウェア三次元形状解析による
食性推定：現生種から化石種まで

久保麦野（東京大学大学院・新領域創成科学研究科）

歯の咬合面に残される微細な摂餌痕（マイクロウェア）は、咀嚼時に食塊と歯の物理的な接触により形成され、採食物の物理的な特性（hardness：硬さ，toughness：韌性，abrasiveness：研磨性）を反映することが知られている。したがって、マイクロウェアの特徴から、対象動物が生前に食べていた食物を推定することが可能である。安定同位体分析と異なり非破壊分析であるという特性から、食性推定方法として古脊椎動物学で広く適用されてきた。一方で、従来手法では2次元画像からマイクロウェアを判定し、その数や大きさを計量しているため、観察者間誤差が問題となっていた。こうした背景を受けて、工学分野で用いられる共焦点顕微鏡を用い、表面の微細な起伏を3次元データとして取得することで、表面粗さを定量的・客観的に評価する歯牙マイクロウェア三次元形状解析（Dental Microwear Texture Analysis: DMTA）が2000年代初頭に提案された。DMTAの提案から20年が経ち、本手法は哺乳類のみならず、恐竜などの中生代爬虫類や魚類などにも展開されている。当研究室は2017年より共焦点レーザー顕微鏡を使用したDMTA研究を本格的に稼働させ、これまでに現生哺乳類を中心とした野生個体の分析、給餌実験や*in-vitro*実験、DMTAの解析手法の開発、世界中の顕微鏡間でのDMTAデータ互換性の検証など、多角的なアプローチによりDMTAのデータを蓄積させてきた。本発表では特に、生態既知の現生哺乳類を対象とした研究を中心に紹介するとともに、それらをリファレンスとして化石種や遺跡動物骨に適用して食性復元を行った研究についても触れる。一例としてシカ類の研究を挙げると、

現生ニホンジカは北海道から屋久島まで自然分布しており、地域により食性が異なる。有害駆除個体の分析から、各地域のニホンジカ集団の採食植物について、定量的なデータが報告されている。そこでニホン

ジカ15集団を対象にDMTAを実施し、マイクロウェアの粗さパラメータと定量的食性データとの対応関係を調査した。その結果、イネ科採食割合と粗さパラメータに有意な正の相関がみられ、ササなどのイネ科植物をより多く採食するほど表面粗さが増加することが明らかとなった。これはイネ科植物に多く含まれる植物珪酸体（プラントオパール）と繊維質により、マイクロウェアの傷が深く傷密度も高くなることを示している。このDMTAパラメータとイネ科採食量の関係式を適用することで、沖縄本島の後期更新世洞穴遺跡（ハナダガマ遺跡，山下町第一洞穴遺跡）から出土したリュウキュウジカ化石の食性推定を行った。イネ科の採食割合は、ハナダガマでは約44%，山下町第一洞穴では約78%と推定され遺跡による差が認められた。またハナダガマではイネ科採食割合が低い個体と高い個体の2群に分かれる一方、山下町ではイネ科採食割合の高い個体に偏っていた。これらは遺跡立地環境による生息地植生の差や季節性を示唆している。このようにDMTAでは分析点数を確保することで、食性の地域差や季節性についても検討を行うことが可能であり、他の食性推定方法を補完する有効なツールとなりうる。

講演 2

哺乳類化石から復元する環境史と生態史

富谷 進（京都大学）

生命と環境の絡み合った歴史を様々な制約のある化石記録から復元するためには、基盤となる化石の記載・分類に加え、地球化学、生態学、統計学などの手法を活用した多角的なアプローチが有効である。本講演では、最近発展しつつある2種類の解析手法を、化石哺乳類の研究例を通して紹介する。

一つ目は化石産出パターン統計学的解析による、過去の生物群集の分類学的多様性の推定である。化石記録から生物多様性の動態を再構築することは、特に進化の時間スケールで生物が環境変化にどのように応答するのか理解するうえで重要である。しかし化石記録は不完全であり、さらにその不完全性が必ずしも一定しないため、実際の多様性変動パターンを明らかに

するには確率論的な統計手法を用いる必要がある。古生物学では分類群の起源 (origination) と絶滅の時期を化石の産出パターンにもとづいて推定する様々な方法が開発されているが、地質学的過去における生物群集の多様性の推定方法は最近まで十分に検討されていなかった。一方、現生脊椎動物種の生息状況調査でも、化石記録と同様に不完全な検知の問題が存在する。その解決策として、生態学の分野では近年、ベイジ統計モデリングを用いた種多様性の推定方法が研究されている。Tomiyama et al. (2021) ではこの手法 (Bayesian hierarchical occupancy-detection modeling) をさらに発展し、北アメリカの中部始新統ワシヤキー層から産出する化石脊椎動物相の多様性動態解析に応用した。その結果、ロッキー山脈中部地域のワシヤキー盆地では、およそ4,600万年前を境に肉食性哺乳類 (食肉型類, 「肉齒類」, およびメソニクス類) の分類学的多様性が高確率で大きく減少したことが推定された。この現象は地域の乾燥化に伴う湖系の縮小を背景としており、霊長目の多様性の大幅な減少と同時期に起こったことから、疎林化が哺乳類相に及ぼした連鎖的な影響の一環であると考えられる。

二つ目は化石哺乳類の骨格形態にもとづく古環境の復元である。Short & Lawing (2021) による最近の研究で、現生偶蹄目の群集の平均的な踵骨形態 (「ギア比」と呼ばれる指標を用いる) が、地域レベルで植生や平均年間降水量と相関することが判明し、この関係を古環境の推定に応用できる可能性が指摘されている。演者を含む国際研究チームでは現在、この方法を用いてミャンマーの新第三系から産出する化石哺乳類相 (約10Ma~5 Ma) を取り巻いた環境史の復元を進めている。これは現生生物のマクロなスケールでの形態および生態データを駆動した ecometrics (生態測定) と呼ばれる研究手法の一例であり、多くの化石データを非侵襲的かつ迅速に収集・解析できることから、化石の安定同位体分析やマイクロウェア解析を補完するアプローチとして、幅広い応用が期待される。今後の課題としては、遊離骨標本の分類学的同定や、環境変化の仮説検証のための統計解析方法のさらなる検討が挙げられる。

講演 3

日本の鮮新世—更新世サイ科化石の概要： 「ゾウのきた道」を追いかけて

半田直人 (琵琶湖博物館)

日本国内における鮮新世—更新世堆積物からは多様な陸上哺乳類化石が産出している。とくに長鼻類化石は多数の標本が産出することから、鮮新世以降の国内における種の変遷が整理され、それに基づく層序帯が提案されている。また大陸で産出する近縁種との比較から、当時の日本へ長鼻類がいつごろ移動してきたのか、その時期が推定されている。

一方で、長鼻類以外の分類群については化石記録が不十分なことから、こうした系統学的、古生物地理学的議論には検討の余地が残っている。とくに大型哺乳類については、断片的で限られた標本数であるため、当該の標本が報告されて以降、上記のような検討は未着手のままであった。近年、鮮新世以降のサイ科化石はその分類体系が刷新されており、アジアの分類群についても同様の傾向にある。日本で産出するサイ科についてもその分類学的再検討の必要性が指摘されていたものの、十分に議論されていなかった。また、体化石以外にサイ科の足跡化石が報告されたことから、その生息時期を検討するうえで重要なデータがそろいつつある。そこで本講演ではサイ科を例として、近年の知見に基づく分類学的再検討および日本への移動のタイミングについて紹介する。

鮮新世のサイ科化石記録はサイ亜族の体化石が3点のみであり、詳細な種は不明である。一方で足跡化石の産出をもとにすると、鮮新世全体にわたってサイ科が生息していたことが示唆される。日本と中国の標本との形態比較に基づく、鮮新世のサイ科が日本へ移動してきた時期の候補として、鮮新世初期のミエゾウ系統が日本へ移動してきた時期が挙げられる。

更新世のサイ科化石記録は体化石が比較的多く報告されている。前期更新世の記録は少数で、足跡化石に基づけば更新世初期にはすでに当時の日本にサイ科が生息していたことが示唆される。中期更新世の化石記録が最も多く、絶滅種の *Stephanorhinus kirchbergensis* が産出する。このほかサイ亜族の下顎切歯化石が報告されているが、その詳細な産出年代は不明である。サイ科化石と共産する動物化石を考慮すると、*S. kirchbergensis* の日本への移動時期は、トウヨウゾウと同時期である可能性が高い。確実に後期更新世の化石記録といえる標本は現状知られておらず、このため、この時期の日本にサイ科が生息していたかどうか不明である。

富山県朝日町～新潟県糸魚川市の海浜礫に含まれる赤色チャート礫の年代と色調との関連性

小山菜那 (富山大学大学院 理学研究科)
柏木健司 (富山大学大学院 理学研究科)

富山県朝日町ヒスイ海岸から新潟県糸魚川市の姫川河口にかけての海浜礫では、多様な岩型や色調を示す海浜礫が見られ、その中に少しずつ色味に差がある赤色チャート礫も観察できる。これらの中には、ルーベ観察で多量の放散虫化石の含有が確認できるものもある。本研究で扱う赤色チャート礫は、姫川、田海川および青海川上流に分布する、秋吉帯に対比されるペルム系姫川コンプレックスの赤色チャート層に由来すると考えられる。姫川コンプレックスでは、岩相層序学的研究を通じて放散虫化石年代が報告され(田沢ほか 1984; 河合・竹内 2001)、海洋プレート層序が復元されている(河合・竹内 2001)。しかし、チャートからの放散虫化石の産出は、他地域の秋吉帯のペルム系と比較して極めて乏しい。

本研究では、ヒスイ海岸から姫川河口の赤色チャート礫を対象に、礫表面色の数値化と、含まれる放散虫化石群集解析と年代推定に基づき、色彩と放散虫化石群集・年代間の規則性の有無の検討を目的とする。また、海浜礫の調査解析を通して後背地の地質情報の包括的な把握を目指す。加えて、礫表面色の分類は肉眼観察では個人差が生じるため、より客観的で正確な表現方法を提案したい。なお、本研究ではチャートの放散虫化石抽出手法の改良を要しており、その試行錯誤を行う。

姫川河口、青海川河口、親不知海水浴場、市振海水浴場、ヒスイ海岸の5地点で赤色チャート礫の定性採取を行った。3回のサンプリングで約600試料の赤色チャート礫を採取し、うち62試料でルーベ観察による微化石の含有を確認した。研究室内で、赤色チャート礫のサイズと重量の計測、および湿潤状態の礫表面色の肉眼での色分類等を行った。その後、ダイヤモンドカッターで礫試料を半割し、一方を礫表面色の数値化に、もう一方を放散虫化石抽出に活用した。礫表面色の数値化は、赤色チャート礫の切断面をデジタルカメラで撮影し、その画像をPhotoshopで調整後、スポイトツールで抽出した色の数値を礫表面色データとし、肉眼での色区分と数値の相関を検討した。

フッ酸法による放散虫化石の抽出を行い、29試料で微化石を確認した。分離した化石個体を低真空SEM

(日立 TM4000)で観察および撮影した。この過程で、ルーベ観察で想定し得る量の放散虫化石の産出がなかった。即ち、岩石薄片およびフッ酸によるエッチング面で多量の放散虫化石の含有が確認できる試料においても、分離個体は僅かであった。年代決定に有効な放散虫化石は1試料のみからではあるものの、*Curvalbaillella u-forma*, *Holdsworthella cf. annulata* が産出した。Xiao et al. (2018, 2020, 2021) のペルム紀放散虫化石帯(伊藤・鈴木 2022)に基づく、本種の共産する時代は石炭紀新世末～ペルム紀古世初期であり、これは姫川コンプレックスにおいて未報告の年代を示す。

従来のフッ酸法を施した礫のエッチング面を観察すると、化石個体と周囲の基質間に溶解差が見られなかった。そこで、従来の18～24時間処理に対して短時間処理を試行し、定性的かつ僅かであるものの化石-基質間に溶解差を確認できた。薬品の種類、濃度および浸漬時間等を工夫し、放散虫化石の個体分離を可能にすることで、現時点では検討段階にも至っていない赤色チャート礫中の放散虫化石年代・群集と礫表面色データとの相関性を明らかにしていきたい。

口頭発表 2

富山県西部の頭川層(鮮新世)産の腕足動物化石

山浦朋希 (富山大学大学院理工学研究科)
柏木健司 (富山大学大学院理工学研究科)

富山県西部の高岡市から氷見市に至る丘陵地に分布する頭川層は、石灰質砂岩層を主体とする鮮新統(～下部更新統)の浅海成層である。多産する軟体動物化石に加えてウニやフジツボ、腕足動物、石灰藻、コケムシ、有孔虫、海綿骨針、脊椎動物など、多様な動物化石群集を含む。このうち、軟体動物化石の古生物学的研究は進んでいるものの(e.g. 松浦 1985; 藤井・清水 1992; 天野ほか 2012)、その他の分類群の研究は一部を除いて十分に進展していない。

腕足動物化石は、頭川層が提唱された1930年当時、既にその産出が知られていた。その後、文献を精査する限りにおいて、種名まで同定した報告は松浦(1985)に限られる;*Terebratalia coreanica* (Adams and Reeve 1850) (頭川), *Coptothyris grayi* (Davidson 1852), *Terebratella excelsa* Yokoyama, 1923, *Tisimania* sp., *Laqueus rubellus* (Sowerby 1846), *Hemithyris psittacea woodwardi* (A. Adams 1863) (以上、東海老坂、堀田)。

模式地の頭川とその周辺の頭川層中に、鮮新世末

2.75 Ma の寒冷化イベント Datum A が、石灰質ナンノ化石の解析により認定された(天野ほか 2012)。そこで、Datum A を挟む層準で腕足動物化石の種構成を検討した。採取試料を四方向(背面・腹面・側面・前面)から撮影し、三方向(殻長・殻幅・殻厚)を電子ノギスで計測した。種同定は、外部形質(殻の外形、サイズ、殻表面の凹凸、前縁と側縁の間縁 commissure など)に基づき、Hatai (1940) を主に参照して行った。なお、分類において重要な内部形質の腕骨は、頭川層産試料で検討できなかった。Datum A の下位層準では、以下を同定した;*Terebratalia coreanica*, *Terebratalia gouldii* (Dall, 1891), *Terebratalia* sp., *Terebratulina crossei* Davidson, 1882, *Laqueus rubellus* or *Pictothyris picta* (Dillwyn, 1817), *Laqueus* sp., *Campages* sp. A, *Nipponithyris notoensis* Hatai, 1940, *Hemithyris psittacea woodwardi*, *Coptothyris grayi*, Brachiopoda fam., gen. et sp. indet. A. このうち、*T. coreanica* が個体数で50%弱を占め優占種となった。一方、Datum A の上位層準からは十分な量の標本を得られず、*T. coreanica* のみが種同定できた。

頭川層産 *T. coreanica* は、殻長と殻幅共に50mm未満で、本種の一般的な殻サイズに含まれる。また、殻長が殻幅よりやや長い個体が相対的に多い。本種は、一般的に殻幅が殻長より長いとされ(Hatai, 1940)、一方で頭川層産の本種は殻長が殻幅よりやや長い傾向にある。*N. notoensis* は、富山県北西部氷見市の鮮新統石灰質砂岩から新種記載され、その典型要素とされた(Hatai 1940)。その後、中部中新統の七尾石灰質砂岩層から報告された(野村 2004)。文献を調べる限り、本種は能登半島中部から富山県東部の中部中新統と鮮新統のみで知られる。*Campages* sp. A は、Hatai (1940) が新種記載した現生種 *Campages japonica* に殻形質で極めて似るものの、殻長に対して殻高が最大で1.5mm程度小型である。なお、*C. japonica* は化石個体が知られておらず、*Campages* sp. A の腕骨は未検討である。

本研究で確認できた頭川層産腕足動物化石相は、頭川層からの既報告(松浦, 1985)と富山県氷見市の鮮新統(Hatai 1940)との共通種を多く含む。一方、頭川層では *T. coreanica* が優先し(松浦 1985; 本報告)、氷見市の鮮新統では *N. notoensis* が典型的な要素であるなど、それぞれの群集構成に相違も認められる。本報告では、頭川層のうち Datum A 以前の層準における群集構成を報告した。今後、Datum A 以降の層準の群集について明らかにし、寒冷化に対する腕足動物化石相の応答を検討したい。

口頭発表 3

掛川層群の層序と生層序基準面の意味

柴 正博(ふじのくに地球環境史ミュージアム)

掛川層群は、日本の太平洋岸における鮮新-更新統の模式層のひとつとされ、多くの層序学的または古生物学的研究が行われてきた。その基本となる岩相層序区分は、分布周縁の礫層と沿岸相の砂層、および沖合相の堀之内互層とに区別され、最上部に土方層や曾我層を設けたもの(横山 1963; Tsuchi 1961; Ujiie 1962など)で、各層準の層位や層序関係、また各層準の側方への広がりが必ずしも明確ではなかった。本研究では、掛川層群を下位から勝間層、萩間層、横地層、内田層、大日層、土方層に区分し、各層を岩相により部層に細分した。掛川層群の堆積年代は、5.3-1.78 Ma までの鮮新世~前期更新世にあたる。内田層~土方層までの掛川層群上部は、波浪卓越型外洋性海岸の下部外浜~陸棚斜面で堆積し、内田層はタービダイトからなる低海水準期堆積体、大日層は浅海相からなる海進期堆積体、土方層は陸棚斜面相からなる高海水準期堆積体からなり、一つの第3オーダー堆積シーケンスを形成する。掛川層群における堆積シーケンスは、勝間層で2つ、萩間層と横地層でそれぞれ1つずつ認められ、掛川層群上部を含めて5つの堆積シーケンスから構成される。これらの堆積シーケンスは、Haq et al. (1987) のシーケンスサイクル TB3.4-TB3.8にそれぞれ対比でき、掛川層群は汎世界的海水準変動とほぼ連動して形成されたと考えられる。

本研究では、掛川層群の4つの断面で浮遊性有孔虫化石の産出を調べた。産出した有孔虫種は太平洋の漸移帯域に特徴的な *Globoconella* 属が多数を占め、その系列帯を含めて掛川層群から小笠原群曾我層までを8つの生層序帯に区分した。それらは Berggren et al. (1995) の PL1-PL6と PT1aにほぼ対比できる。生層序区分に用いた種の中にはその産出範囲が岩相層序境界と密接に関連しているものが多い。その中でも、*Globoconella truncatulinoides* の初出現層準は、茨木(1986)では Datum 21とされ、本研究では土方層基底を示す生層序層準である。しかし、茨木(1986)における本種の初出現層準は本研究の大日層中と土方層基底にあり、この Datum は同時間面を示すものとはいえない。掛川層群上部は一つの堆積シーケンスを形成し、大日層は沖合では堆積がなく、その上位の土方層は沖合で内田層の上位にダウンラップ(沖合側により新しい地層が堆積)しながら直接重なる。すなわち、現生種である *G. truncatulinoides* の初出現層準は、大日層中にあるものの、それ以降に堆積した土方層基

底からも産出し、掛川層群上部の沖合の地層では土方層基底を示す重要な示準化石となる。すなわち、生層序層準（基準面）は、ある生物の生存期間を用いて地層を区分する境界であるが、地層を区分する限り、地層の堆積期間が一義的にその上下の時間範囲を規定する。したがって、生物の初出現 Datum とされる生層序基準面は、ある生物の生存期間の下限（発生）の連続した時間面を示すとは限らず、その生物が生きた時間内にそれを含む地層がそれぞれの場所で堆積を始めた堆積面を意味する。

口頭発表 4

山形県寒河江市に露出する上部中新統本郷層から産出するイタヤガイ科の特徴

瀬戸大暉（山形県立博物館）

山形県中央部に位置する寒河江市上野には上部中新統本郷層大谷火砕岩部層が露出する。大谷火砕岩部層からは、イタヤガイ科を主体とする貝類化石群集が豊富に産出することが知られている。これらの産出する化石は、本研究では、山形県立博物館及び山形大学附属博物館が収集してきたこれらの標本の内、*Mizuhopecten* 属および *Chlamys* 属について形態的特徴から種を再検討した。

本郷層は、先行研究により下位から葛沢シルト岩部層、橋上砂岩部層および大谷火砕岩部層に細分されている。本研究の化石産地は大谷火砕岩部層に相当し、主に流紋岩質～デイサイト質軽石の基質支持の礫岩層から成る。化石の産状は、二枚貝化石が離弁で産出し、流れ込みによる堆積と推定される。主に産出する種は、*Mizuhopecten matumoriensis* (Nakamura), *Miyagipecten matusmoriensis* Masuda, *Yabepecten ogasawarai* Matsubara, *Chlamys cosibensis* (Yokoyama) 等のイタヤガイ科であり、*Crenomytilus grayanus* (Dunker) や腕足類を随伴する。

本化石産地では、これまで *Mizuhopecten* 属に同定されていた標本は、*M. matumoriensis* とされてきた。*M. matumoriensis* は、宮城県仙台市松森洞ヶ沢に露出する七北田層を模式地とする。これまでに模式地以外では、福島県および山形県からのみ産出が認められている。*M. matumoriensis* は、殻が非常に大型で厚く、円形となる。頂角は約100°。右殻は膨れ、左殻はほぼ平坦か僅かに膨れる。耳は大きく、足糸湾入は広く浅い。右殻の肋は約12本の太く丸い顕著な放射肋が発達する。左殻の肋は、肋間より狭いが、顕著に丸い肋が発達する。形態的に類似する *M. kimurai* (Yokoyama) や *M. paraplebejus* (Nomura and Hatai) とは、肋数によっ

て区別される。山形県寒河江市産の *M. matumoriensis* は、肋数が11~18とややばらつきが認められるが、平均13本と模式標本よりも肋が多い。また、肋は丸みをおび、肋が肋間よりも幅広い特徴がみられる。特に模式地産の同種に比べ、右殻の足糸湾入が顕著に浅く、前後耳が腹側へ垂れ下がる特徴が認められる。山形県での *M. matumoriensis* の産出記録は、飯豊町に分布する上部中新統宇津峠層のみからである。宇津峠層と本郷層の *M. matumoriensis* は形態的特徴から明確に区別することができる。また、*Chlamys* 属と同定されていた標本では、肋の形態と殻サイズから2パターンに分けられることが明らかになった。さらに、これまで *C. cosibensis* とされていた標本に *Swiftopecten swiftii* (Bernardi) が含まれることが明らかになった。*S. swiftii* は、本化石産地から初報告となる。

これらの *Mizuhopecten* 属および *Chlamys* 属の形態的特徴は、後期中新世のイタヤガイ科において、日本海側と太平洋側の分断と古生物地理を理解する上で重要な知見となる。

口頭発表 5

和歌山県二川層（最上部白亜系）から産出したクモヒトデ化石

石田吉明（東京都杉並区）

Lea D. Numberg-Thuy

（デビルズゴージ恐竜公園、ドイツ・ルクセンブルク自然史、ルクセンブルク）

Ben Thuy（ルクセンブルク自然史博物館、ルクセンブルク）

御前明洋（北九州市立自然史・歴史博物館）

小原正顕（和歌山県立自然史博物館）

三上智之（国立科学博物館）

藤田敏彦（国立科学博物館）

日本の白亜系産クモヒトデ化石は、熊本県の御船層群（セノマニアン階、上部白亜系）と熊本県の御所浦層群江の口層（アルビアン階、下部白亜系）から報告されている。本発表では新たに和歌山県有田川町に分布する最上部白亜系（マーストリヒチアン階）外和泉層群二川層から産出した保存の良いクモヒトデ化石について報告する。化石は1個体で泥岩ブロックから体半分露出し、体を構成する石灰質部が溶けた雌型である。樹脂で型取りするとともに、 μ CT撮影により岩石中に分布する骨片などの観察を行った。

化石は盤と4本の腕が認められ、盤径は18.7mm、腕の長さは盤径の約2倍である。盤の背側は大きな幅楯と小さな盤鱗で覆われ、盤の腹側には比較的長い生殖裂溝、大きく幅の広い生殖板、小さな口棘が認められる。腕には比較的大きな腹腕板、やや湾曲した長方

形の側腕板があり、側腕板の先端には小さな楕円形の腕針関節がある。それらの筋肉孔と神経孔が比較的厚い垂直な隆起部で境されている。触手口は初めの2関節以上に認められる。これらの形態的特徴から二川層産クモヒトデ化石はモザイククモヒトデ亜目アヤマチクモヒトデ科と推定される。化石は触手口が腕の基部から3個以上あるという点で本科の絶滅属 *Enakomusium* と似るが、側腕板が基部に沿った溝を欠き、腕針関節が浅い窪みの中に垂直に並び、反対側の側腕板との接触面が小さいという点で異なっている。さらに本科の現生属 *Ophiosphalma* と側腕板の形態が極めて類似しているが、触手孔の数が多く、盤の腹側の間腕部に大きく目立つ楕円形の鱗と小さな楕円形の口楯が認められる点で異なる。これらのことから本化石は新属・新種と考えられる。

本化石は日本のマーストリヒチアン階からの初めてのクモヒトデ化石となる。そしてアヤマチクモヒトデ科の白亜系からの初めての報告となる。本化石は側腕板が現生や中新統から産出した *Ophiosphalma* のものときわめてよく似るが、*Enakomusium* の触手口と同様にその数が多く両属の中間的な形態を示している。そして本化石はジュラ紀の *Enakomusium* と中新世及び現生の *Ophiosphalma* との中間の時代に位置しており、アヤマチクモヒトデ科、さらにはモザイククモヒトデ亜目の進化史を解明する上で興味深いものとなっている。

ジュラ紀の *Enakomusium* の種は浅海に生息していたと推定されている。中新世の *Ophiosphalma* の生息域は漸深海帯とされており、現生の *Ophiosphalma* も漸深海帯に生息している。化石を産出した泥岩層は比較的深い堆積環境が推定されており、化石は腕が切れずにほぼ現地性の産状を示している。これらのことから、アヤマチクモヒトデ科のメンバーは少なくとも後期白亜紀からは深海に生息していたと推定される。

口頭発表 6

上顎大白歯に見られた第2大白歯と第3大白歯の癒合歯の組織構造

三島弘幸 (東大・院農, 鶴見大・歯・歯科理工)
新美寿英 (新美歯科オーラルケア)
見明康雄 (鶴見大・歯・解剖学)
鈴木道生 (東大・院農)

癒合歯は乳歯においては頻発 (1~3%) するが、永久歯における頻度は0.2~0.3% と少なく好発部位は乳歯や永久歯ともに下顎前歯部に多いと報告されている (羽鳥ほか 1989; 岩崎ほか 1996; 田中ほか 2012;

藤田 1958; 1995)。また、永久歯の上顎臼歯部の癒合歯の頻度は乳歯列よりも頻度が少なく、比較的珍しいとされている (三好ほか 1995)。癒合歯の形成機序を研究することは、歯の発生過程を考える上で、重要である (Nida 2000)。今回演者らは、報告例が少ない上顎右側第2大白歯と第3大白歯の癒合歯の2症例を報告する。本研究の目的は、癒合歯2症例の組織構造とその形成過程を解析することである。

本研究は高知学園研究倫理審査委員会の承認 (承認番号 2015年30号) を得て実施した。著者の一人である三島は2015年当時在職しており、同委員会に申請し承認された。患者にインフォームドコンセントを行った後、研究に同意してもらい、研究を実施した。材料は26歳の男性の症例と53歳の女性の症例である。試料は、硬組織切断装置にて半切し、脱灰標本と研磨標本とに2分した。研磨標本は μ CT、実体顕微鏡、デジタルマイクロスコプ、偏光顕微鏡、SEMで観察した。またEPMA、SEM-EDS分析、X線分析顕微鏡にて解析を行った。脱灰標本は、パラフィン包埋後薄切し、H・E染色を施して、光学顕微鏡にて観察した。

26歳症例では、癒合している第3大白歯の歯髄腔にエナメル質が観察された。歯髄腔内のエナメル質は、通常のエナメル質よりもX線透過性が高かった。癒合している第3大白歯には、球間象牙質が顕著に観察された。脈管象牙質は、第2大白歯と第3大白歯の境界部に存在した。第3大白歯の領域では、厚く有細胞セメント質が覆っていた。有細胞セメント質には、脈管が認められた。

53歳症例では、癒合している第3大白歯の表面はセメント質で厚く覆われていた。また、エナメル質は認められなかった。歯髄には石灰化した象牙質粒が観察された。2症例ともに癒合部位には脈管象牙質が観察された。また歯髄腔には第2象牙質が観察された。2例の癒合歯は第3臼歯の歯冠形成の初期段階に第2大白歯と癒合して形成されたものと考察される。癒合歯の要因として、遺伝的要因、あるいは環境因子としての局所的圧迫委縮による歯胚変性、帽状期から鐘状期にかけてのエナメル器に生じた病変による組織破壊などが推察される。

口頭発表 7

条鰭類のガノイン形成とガノイン鱗の形態の特徴

笹川一郎 (新潟市西区)

現生の条鰭類ガノインの鱗ガノイン (ガノイン質) の微細構造と形成過程、およびSCPP遺伝子の機能解析

(タンパク質分布)から次のことがわかる。ガノインはエナメル質と同様な上皮性の硬組織であり、エナメルロイドではない。組織の発生と形態(表現型)ではガノインとエナメル質は区別できない。しかし、ガーはアメロゲン遺伝子(AMEL)を持たず、代わりにSCPP5がある。SCPP5は形成期ガノインの構造をつくる主要なタンパクであり、結晶の配列と成長を制御することが示唆され、エナメル質のAMELと類似の機能を持つと考えられる。また、エナメルイン(ENAM)、アメロプラスチン(AMBN)が存在し、これはエナメル質と共通する。しかし、AMBNはガノイン形成の後半に最表層に出現し、エナメル質形成の場合とは異なる機能が示唆される。これらから、硬骨魚類の進化過程で条鰭類と肉鰭類が分化した時に、分子進化では祖先型エナメル質基質タンパクから条鰭類ではガノインの基質となるSCPP5が、肉鰭類ではエナメル質を作るAMELが分かれ、一方ENAMとAMBNは双方に引き継がれたと考えられる。

条鰭魚類の進化をみると、ガノイン鱗はおおしく形態が変化し、真骨類では消滅して板状鱗になる。古生代シルル紀に出現した初期の条鰭類とされる*Andreolepis*の鱗は表層(外層)の歯状体(ガノインと象牙質、髓腔よりなる歯に似た結節構造, odontodes)と深層の厚い骨板層(isopedine)に区分できる。表層の歯状体は積層する構造を作る。デボン紀の条鰭類を代表する*Cheirolepis*、や*Moythomasia*のパレオニスカス型菱形鱗では積層する歯状体の移行的ないくつかの段階が観察されている。すなわち、1)単層のガノインと象牙質よりなる歯状体が積み重なる、2)歯状体の一部が密に重なりその部のガノインが2層となる、3)ガノインが複数層重層し辺縁部だけその間に象牙質が介在する、である。また*Cheirolepis*では、外骨格系に属する鱗状鰭条(lepidotrichia)と背側稜鱗(dorsal fulcra)にも鱗と同様な構造が認められる。その後、ポリプテルス型ガノイン鱗は基盤の骨板層とその上の管状構造(脈管層)の発達した象牙質層とそれを覆う重層したガノインの3層からなる。中生代のガー型ガノイン鱗では象牙質と脈管層が欠如し、重層したガノインが直接に細管構造を持つ骨板層を覆う。したがって、ガノイン鱗の初期の形態変化は、積層(オーバーラップ)する歯状体から重層するガノインに変化したことであり、ガノインは重層することが特徴となる。一方、肉鰭類コズミン鱗の表面にあるエナメル質は単層であり、重層しない。また、ガノイン形成に象牙質の基盤は必ずしも必要ではない。これらガノインの特徴とされる形態はSCPP5とAMBNの機能に関係している可能性がある。

現生の条鰭類の中で形態的にガノイン(鱗ガノイン

と歯のカラーガノイン)が認められるのはポリプテルスとガーである。一方、遺伝子ではSCPP5、AMBN、ENAMは条鰭類全体に広く検出される。これら遺伝子はポリプテルスとガーではよく保存されているが、しかし、真骨類では著しい変化が認められる。これは条鰭類の進化におけるガノイン鱗の消失にかかわる変化と思われる。

文献

Sasagawa et al. (2016) J Exp Zool (Mol Dev Evol) 326B, 193-209.

Kawasaki et al. (2021) iScience 24, 102023, Jan 22, 2021.

Kawasaki et al. (2023) J Exp Zool (Mol Dev Evol) 340 (7), 455-468.

口頭発表 8

竜脚類が特に大型化した理由を考察する

平山 廉 (早稲田大学国際教養学部)

竜脚類は恐竜類の中でもとりわけ大型化しており、*Patagotitan*(南米アルゼンチンの前期白亜紀)などで体長40m、体重は推定70tに達した。小型の恐竜類に見られる俊敏な動き、あるいは重厚な装甲などが確認できない竜脚類では、現生の長鼻類のように巨大になることで捕食者の歯や爪が貫通できないほど重厚な皮膚を発達させることが可能であったと推測される。つまり、このように重厚な皮膚が捕食者に対する有効な防御手段であったと考えられる。なお新生代の哺乳類では、長鼻類などの分厚い皮膚を貫通してきたと考えられる長大な犬歯を発達させたネコ科の捕食者が存在したが、恐竜類ではこのような例は知られていない。

竜脚類の中でも*Europasaurus*(ドイツの後期ジュラ紀;体長は最大6m)のように小型化した例が知られているが、これはいわゆる島嶼型の種類であり、大型の捕食者がいない孤島の環境で矮小化したものと考えられている。このように島嶼化によって陸生の大型動物が小型化した例が長鼻類に多く見られることは興味深い。

カメ類など現生爬虫類では、体サイズが大きくなっても雌が産む卵の大きさに大きな差異は見られない。竜脚類の卵は最大でもサッカーボールほどの大きさである。四肢動物では、雌の体内における卵巣の占めるスペースの割合はほぼ一定であるため、竜脚類では体サイズが大きい個体ほど毎年の産卵数が増えたと考えられる。このため幼体の時期における高い死亡率を最大で数百個に達する毎年の産卵数で補うことができたと思われる。なお、竜脚類は成熟後も体サイズが大きくなることでより多くの産卵数を確保したことが推測

される。

口頭発表9

デスマスチルスの咬頭形態を再考する

鈴木久仁博 (日大松戸歯・口科研)

松野昌展 (日大松戸歯・解剖学)

<目的>

デスマスチルスの臼歯は円筒形の咬頭(咬柱)、高歯冠、歯冠セメント質、10mmに及ぶエナメル質など非常に特徴的である。特に臼歯歯冠咬頭頂部には外輪山様の隆起と中央火口丘状の二重構造を持つ大きな陥凹が存在する。井尻(1939)は、直接当てはまるか否かに疑問を持ちながらも、この構造を所(1937)が「頂窩」として記載した歯冠咬頭部の陥凹であるとした。今回この用語を使うことの是非とこの構造の意味するものを再考したい。

<内容>

「頂窩」は所(1937)が記載し、foveola apicis tuberculidentis, crestal pit と命名した咬頭頂のエナメル質の小さな陥凹であるが、咬頭以外の結節や切縁、辺縁隆線にも存在しヒト以外の哺乳類にも存在する。井尻・亀井(1961)はデスマスチルスとパレオパラドキシアの記載論文でも未咬耗の咬頭頂の形態を「頂窩状構造」としている。しかしこの2つの構造はその規模が大きく異なる。もし中央の隆起先端に生じる小孔を指すとしてもこれは吸収によって生じたものである。中央隆起と外縁隆起の二重構造を持つ陥凹は「頂窩」とは構造も成立ちも異なっている。

デスマスチルスの咬頭頂の大きな陥凹の底には強い成長線が達することから成長線をたどることで形成過程が明らかにされた(鈴木・小澤 1999)。これは出産の時にできる新産線あるいは発生段階で食性が変わる等の大きな代謝変化を示すと考えられた。その後、乳臼歯にも同様の陥凹がありその底にも同様の強い成長線が観察されたことにより新産線の可能性は低い。小臼歯と切歯では観察されていないため第1世代の臼歯列(乳臼歯と大白歯)の歯胚でのエナメル質形成過程に生じる線条と考えられる。中央の隆起が弱い咬頭でも強い線条が観察されている。デスマスチルスの臼歯は厚いエナメル質を持つがその形成過程で歯胚内に生じる代謝変化が強い線条と独特な咬頭頂の形態を作り出したと考えられる。中央隆起のエナメル質は薄く歯冠セメント質による吸収像も得られ、この特徴的な陥凹は咬耗によって早期に消失することから機能的役割は持たないであろう。

デスマスチルス、パレオパラドキシアの臼歯咬頭頂

の二重構造はアショロア、ベヘモトプス、コロンワリウスの臼歯では観察されていない。東柱目の系統の境界で歯の形態変化がどのように生じ何が影響したのかを知ることは進化の要因を探る手掛かりになるであろう。

口頭発表10

日本列島における長鼻類の島嶼化

近藤洋一(野尻湖博物館)

長鼻類の島嶼化による矮小化は地中海諸島の *Mammuthus* 属や *Palaeoloxodon* 属などに顕著に現れていて、体の大きさは島の面積と正の相関関係があるとされる(Alexandre van der Geer et al. 2016)。本研究では、日本列島における長鼻類の島嶼化について、*Stegolophodon* 属、*Stegodon* 属、*Mammuthus* 属、*Palaeoloxodon* 属について生息していた島の面積と第3大白歯の大きさの比率について検討した。

1. *Stegolophodon* 属：日本列島の島嶼化としては、中新世における日本産 *Stegolophodon pseudolatidens* が最も古い記録となる(Saegusa 2008)。Saegusa (2008)は *S. pseudolatidens* を産出する時代ごとに下位よりステージ1、ステージ2、ステージ3に分類し、上顎第3大白歯の歯冠幅の大きさが、ステージ1が最大、ステージ2が中程度、ステージ3が最小の値を示すことからこれは島嶼化による矮小化とみなした。しかし、近年の各地域の層序学的研究からこのステージの分類には再検討が必要となっている(須藤ほか2005など)。これらの研究によれば、珪藻化石層序 NPD の2Bの上部のほぼ同じ層準から歯冠幅の最大の標本と中程度の標本が産出していることになる。野田・後藤(2004)の古地理図では大型の標本は面積の大きい島からの産出で、中型の標本は面積の小さな島からの産出となり、面積比は10.5%で、歯冠幅の大きさは65%ほど縮小している(Saegusa 2008)。

2. *Stegodon* 属1：中国大陸の *S.zdankyi* が、日本の *S.miensis* (*Shinshuensis* type) → *S.miensis* → *S.protoaurorae* → *S.aurorae* に進化した(樽野 2010など)。5.3 Maの時代に大陸から移入したとき、中国大陸での上顎第3大白歯の歯冠幅の大きさは、*S.zdankyi* と *S.miensis* (*Shinshuensis* type) で約80%縮小している。野田・後藤(2004)の4.5 Maの古地理図と2.5 Maの古地理図の面積比は2.5Maが95%縮小し、この間の *S.miensis* (*Shinshuensis* type) と *S.aurorae* の第3大白歯の歯冠幅の縮小率は62%になる(Aiba, H et al. 2010)。

3. *Stegodon* 属2：*S.orientalis* の場合、0.7 Maの時

代に中国大陸から移入し、日本列島では0.1 Maほどの生息期間で、上顎第3大白歯の大陸種との比率は歯冠幅で85%、下顎第3大白歯の歯冠幅で96%の縮小率を示す(樽野 1988)。

4. *Mammuthus* 属 1 : *M. trogontherii* は1.2 Maに中国大陸から日本列島に移入してきたと考えられている(樽野 2010)。第3大白歯の歯冠幅の大陸種(Wei et al. 2006; 樽野・河村 2007)と日本列島産(近藤 2011, 樽野・河村, 2007))の縮小率は、上顎が95%下顎が85%で、生息期間は、約0.5 Maである。

5. *Mammuthus* 属 2 : *M. primigenius* は50 kaに樺太サハリン経由で北海道に移入した。この間ほぼ北海道はサハリンと陸続きであったが、北海道から発見されている *M. primigenius* の第3大白歯は大陸のもの比べて上顎で77%、下顎で82%小さい(Maglio 1973; 樽野・河村 2007)。

6. *Palaeoloxodon* 属 : *P. naumanni* は、化石の産出状況から MIS10.2に渡来し、MIS2.2で絶滅した(高橋 2022)。この間の海水準変動と現在の面積を1とした日本列島の面積比は、MIS7の時の海面が-25mで101%、MIS5の海面は+20mで82%、MIS3の海面は-70mで118%となる(産総研地質調査総合センターウェブサイトより算出)。ナウマンゾウの上顎第3大白歯の歯冠幅の大きさはMIS7を1とすると、それぞれの縮小率はMIS5が92%、MIS3は98%である。下顎第3大白歯ではMIS7を1とするとそれぞれの縮小率はMIS5が91%、MIS3は95.8%であった。

議論 少ない標本数のための制限もあるが、面積比と体のサイズとでは弱い正の相関関係が認められる。島の面積に変化が少ない場合でも、体サイズに変化がある場合もある。面積だけでなく生息期間や古環境などを含めてさまざまな要因について解明する必要がある。

口頭発表11

更新世の台湾からみつかったデニソワ人男性の下顎骨

葛谷 匠 (総合研究大学院大学)

「デニソワ人 (Denisovan)」は、シベリアのデニソワ洞窟からみつかった骨や歯の断片から抽出された古代ゲノムの情報に基づいて同定された古代型人類に対する仮称である。DNAの分析によって存在が確認されたために遺伝学的な側面については多くのことがわかっており、ネアンデルタール (*Homo neanderthalensis*) と40万年以上前に分岐した姉妹群であることや、現生人類であるホモ・サピエンス (*Homo sapiens*) と交雑し、

その交雑ホットスポットが東南アジアやオセアニアにあることが示されている。その反面、これまでに得られているデニソワ人の骨格遺存体(化石)はきわめて断片的で、どのような形態をしているかはほとんど不明だった。また、デニソワ人を定義する遺伝学的な証拠とともに同定されている化石は、これまでのところ、アジアの北東部(シベリアとチベット)からしか得られておらず、ゲノムの研究が示唆するアジア南東部の交雑ホットスポットとのあいだに不整合があった。

本研究では、台湾の澎湖諸島の海底から商業漁船によってさらい上げられた古代型人類の下顎骨(澎湖1号)の古代タンパク質の配列を調べ、これがデニソワ人の男性に由来することを報告する [1]。この産地は更新世の海水準低下期には陸地であったと考えられ、淮河象 (*Palaeoloxodon huaihoensis*)、スイギュウ (*Bubalus*)、ブチハイエナ (*Crocota crocuta ultima*) などの中・大型陸上動物が含まれる。澎湖1号は2009年に存在が確認され、19-1万年前という年代の推定値とともに、頑丈で低い下顎体、広い前歯部の歯列弓、大きな臼歯サイズ、歯根の枝分かれなど、その独特な形態的特徴が2015年に報告された [2]。しかし、澎湖1号がどの人類の系統に区分されるかは不明であり、古代DNAの抽出もできなかった。そこで、澎湖1号から古代タンパク質を抽出し、その配列に記録された遺伝情報を調べることで分類群を明らかにすることを目的として本研究を実施した。DNAの残存しない化石でもタンパク質は残存している場合があり、近年、前期・中期更新世の化石から遺伝情報が抽出された事例が報告され始めている。

こうした古代プロテオミクスの手法を応用したところ、澎湖1号からは51タンパク質に由来する高品質な4241アミノ酸残基の配列情報が得られ、うち2残基はデニソワ人に関連する配列多型であった。系統推定の結果、澎湖1号はデニソワ洞窟から出土したデニソワ人とクラスターし、デニソワ人に区分された。また、歯のエナメル質には、性染色体にコードされているアメロゲンinというタンパク質が発現する。澎湖1号のエナメル質の表面だけをわずかに溶解してタンパク質の配列を得たところ、Y染色体に特異的、すなわち男性に特異的なアメロゲンinの配列が検出され、澎湖1号は遺伝的に男性であることもわかった。なお、澎湖1号の分析に先立ち、澎湖の動物骨を対象にして分子の残存状況の確認やタンパク質抽出法の最適化も実施した。

澎湖1号がデニソワ人の男性と明らかになったことで、デニソワ人がアジア南東部にまで分布していたことが示された。ゲノム研究が示唆していたアジア南東部の分布を直接的に示す化石の証拠と位置づけられ

る。また、同時期に地球上に生息していたネアンデルタールやホモ・サピエンスと比較して、少なくとも男性では、デニソワ人の歯や顎は頑丈でごつい特徴をもっていることが明らかになった。同じホモ属のなかで異なる方向性の進化が起こったことを示す結果であり、デニソワ人の形態や進化について、今後の研究の道筋を示唆するものである。

口頭発表12

拮抗筋のない回旋筋群と腓骨筋群の起源と進化

犬塚則久 (古脊椎動物研究所)

骨格筋は関節を介する骨と骨との間に張り、収縮することで骨を動かす。筋は収縮することしかできないので、骨を逆向きに動かすには反対側から引くしかなく、その筋を反対側の筋に対してたがいに拮抗筋という。体じゅうのほとんどの筋に拮抗筋があるが、いくつかないものがある。なぜこのようなものが生じたのか、その後の消長がどうなったのか、考察する。

人体解剖で骨盤内面から起って股関節の後をほぼ横に走り、転子窩あたりに停止する回旋筋群は、大腿骨を外旋する作用がある。これに拮抗する内旋筋というものはない。爬虫類で恥骨や坐骨から起って大腿骨に停止する恥坐大腿筋は、側方型の大腿骨を内転する体重支持筋である。側方型の爬虫類では体を地面から持ち上げるために大きな筋力を必要とし、寛骨臼の腹側にある恥骨と坐骨の面積が広い。爬虫類では尾椎から起り大腿骨第四転子に停止する長尾大腿筋がおもな推進筋である。第四転子は大腿骨腹側面の前縁にあるので、側方に突きだした大腿骨は後方に引かれるだけでなく、内旋して下腿と足の先を後にけり出す働きもある。進化の過程で体肢が側方型から下方型に移行するにつれ、腸骨の殿筋面から起って大転子に停止する

中殿筋が推進と体重支持を兼ねるようになり、腸骨は拡大し、寛骨臼より前に傾くことになった。大転子は大腿骨頭の中心より外側に位置するので、中殿筋は股関節を伸展するだけでなく、大腿骨を内旋する作用もある。回旋筋群は、推進時にどうしても生じる大腿骨の内旋を打ち消す役割があると思われる。

人体解剖の下腿筋は伸筋、屈筋、腓骨筋に区分される。伸筋は足を背屈し、屈筋は底屈する。腓骨筋は腓骨から起こって、外果の後を回り、足底で第1中足骨に停止する。よって足を外反する作用があるが、これに拮抗する内反専用の筋はない。腓骨筋はオオサンショウウオの下腿背側に発達する。爬虫類の長尾大腿は後肢のおもな推進筋で、大腿を内旋する作用もある。側方型の体肢で大腿を内旋すると、足の外反に働く。つまり腓骨筋はそもそも後肢の推進の補助筋として生じたものと考えられる。下方型体肢をもつ哺乳類では多様化する。有袋類や異節類には長腓骨筋、短腓骨筋のほか、第三腓骨筋がある。ネズミには四趾、五趾腓骨筋がある。走行型有蹄類では長腓骨筋が欠けたり腱性になったりする。樹上性の霊長類では長、短腓骨筋のほか小指腓骨筋が発達する。垂直の幹を登る時、足底を外反する腓骨筋が重力に抗するためと考えられる。ヒトでは平地を歩く時に足のあおりは不要とされている。サルに比べて距踵関節の可動範囲が狭いので、腓骨筋は退化傾向にあるといえる。

結局、筋は姿勢や生活型の変化に応じて必要なら発達し、不要になれば退化する。回旋筋群は下方型哺乳類の推進に伴って生じる大腿の内旋を打ち消す補助筋として生じ、直立型人類で推進の主役が大殿筋にとって代わられると縮小した。腓骨筋群は側方型両生類で推進の補助筋として発達し、下方型哺乳類では生息環境や生活型によって多様化する。地上走行型では退化し、樹上性では発達する。二足歩行の人類では横足弓の維持のために機能転換した。