

第140回化石研究会例会講演抄録

(2013年11月23日, 滋賀県立琵琶湖博物館にて開催)

講演 1

骨組織学から読み解く絶滅動物の生理と生態

林 昭次 (大阪市立自然史博物館)

絶滅動物の体温の変化や行動を観察することはできないため、彼らの生理や生態を化石から復元することは難しい。ところが、最近になって骨の内部組織に絶滅動物の生理や生態を復元するための多くの情報が含まれていることがわかってきた。

「骨組織学：Bone histology」とは、骨を切断し、薄くスライスすることで、内部の組織を観察し、骨の機能や成長について研究する手法である。この骨組織学を用いることによって、従来は推定することが困難であるとされてきた、絶滅動物の成長速度、代謝といった生理や、運動様式、群れの年齢構成、装飾物（トサカや棘など）の機能といった生活様式が明らかにできることがわかってきた。化石は骨など生物の硬い部分が、形を残したまま、有機質がミネラルに置き換わったものである。そのため、化石になった後も、細胞や血管が入っていた穴など、千分の1mm単位の微細な骨構造まで残る。それを顕微鏡や高解像度のX線CTスキャナーで詳しく調べ、現在生きている動物の骨組織と比べることによって、絶滅動物の生理や生態についての手掛かりを得ることができるのである。化石骨組織学に関する研究の発展は特に恐竜学の分野で目覚ましいが、最近では絶滅哺乳類にもこの手法が適応され、様々な哺乳類の進化や環境への適応などの理解に貢献している。

私はこの「骨内部の組織に着目する」という新しい手法を用いることによって、絶滅動物の生理と生態を考察するといった試みを行ってきた。本講演では、私がこれまで研究を行ってきた恐竜の装飾物の機能や絶滅哺乳類の水生適応を中心に、骨組織学の化石研究への有用性について紹介する。

講演 2

かたちの違いは機能の違い

一筋骨格系モデルによる絶滅四肢動物の前肢の姿勢・運動機能の復元一

藤原慎一 (名古屋大学博物館)

四肢動物は進化の過程で様々な前肢の機能を多様化させ、環境に適応してきた。特に前肢の運動機能の変化は動物の運動機能に大きく影響し、側方型から下方型への移行や四足歩行から二足歩行への移行、飛翔能力の獲得など、四肢動物の進化史の中でも重要なイベントであると考えられている。この運動機能の進化は、個々の絶滅動物の前肢の運動姿勢や運動機能についてより確からしい復元をしていくことで初めて、その変遷を追うことができるのである。

Ceratopsia (恐竜) や Desmostylia (哺乳類) など、絶滅四肢動物の前肢は研究者によって側方型や下方型の姿勢に復元されるなど、長く議論的となってきた。絶滅動物ゆえに彼らの姿勢や運動機能について正解を知ることはないが、我々は科学的な検証を積み重ねることで、正解へと収束していくことができるはずである。それを可能にするためには、どのような工程を踏んでいけばよいのだろうか。

あらゆる復元仮説はそれぞれの前提の下に成り立っているが、その復元仮説が議論の土台とする“前提”が果たして理に適ったものか、良く見極めることが重要となる。その前提を踏まえた上で、復元に大いに力を発揮するのが機能形態学的手法である。これは、現生動物の筋骨格形態と姿勢・運動機能について、力学的・統計的に整合的な関係を明らかにしていくことで、絶滅動物の筋骨格形態からその姿勢や運動機能を復元するためのより確からしい根拠を示していく手法である。今回は講演者がこれまでに研究してきた Ceratopsia の前肢姿勢を例に、モーメントアームを利用した前肢姿勢の復元手法を紹介する。

陸上四足運動する際、動物は筋によって関節を支えるが、側方型・下方型といった姿勢の違いによって抗重力筋の種類は異なる。また、同じ抗重力筋を用いた姿勢維持の場合でも、関節の伸展・屈曲角度によって筋のモーメントアームの大きさが変化する。300種に

及ぶ多様な現生四肢動物の骨格形態を調べた結果、彼らの骨格形態ではそれぞれの姿勢維持に用いられる筋のモーメントアームが良く発達していることが示された（例：側方型動物，肘の内転筋；下方型動物，肘の伸筋），肘関節の筋のモーメントアーム長から，現生四肢動物の前肢姿勢を高い確率で判別することができることが示された。また，少なくとも下方型動物の肘関節に関して，現生四肢動物は抗重力筋のモーメントアームが最大になるような肘関節角度で姿勢維持を行なっていることが示された。以上の結果から，筋骨格形態からその動物の前肢姿勢を確からしく復元することができるかと期待される。

以上の結果を踏まえ，Ceratopsiaの前肢姿勢について分かった点は以下の通りである。まず，基盤的な仲間では側方型であったが，派生的な仲間では下方型の姿勢を採っていたことが示唆された。また，大型の種である *Triceratops* は立脚時の肘関節角度が 140° あたりに保たれていたことが示唆された。恐竜は下方型の姿勢を採ると手の甲が側方を向くが，これは彼らの行跡化石の産状や，手骨格の形態とも整合的である。今後，動物の姿勢と骨格形態の関係について新たな角度から検証していくことで，より確からしい復元へと近づいていくことが期待される。

講演 3

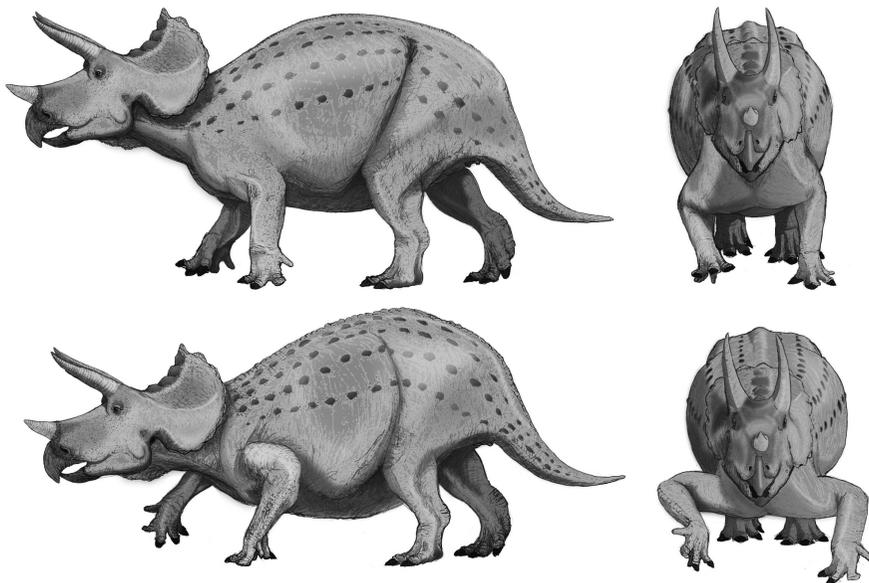
CTを用いた鳥類における脳形態の探究

河部壮一郎（岐阜県博物館）

脊椎動物化石のほとんどは骨として見つかり脳がそのまま発見されることは稀であることから，絶滅動物の脳を直接観察することはできない。しかし最近の研究によって，化石をCTスキャナで撮影しエンドキャストをつくることで，絶滅した動物の脳に関する情報が劇的に増えてきた。一方で，現在の動物の脳形態に関する研究は意外と多くない。絶滅動物の脳形態はわかっても，そこからどんな情報を引き出すことができるのか，未だわからないことが多いと言える。よって，今回は現生鳥類の脳形態を詳しく調べることで，どのような情報を引き出せることができるのか，そしてそれをどのようにして古生物へ応用できるのか，特に以下の三つの事柄に触れながら話したい。

1) 脳形状は脳のサイズによってある程度決定づけられる

鳥の脳形状は多様であるが，その多様性を生み出す要因は何だろうか。生物の形状はサイズと深く関係している。それは脳も例外ではないはずだが，鳥の脳形状とサイズの関係は明らかになっていなかった。そこで，サイズと形状との関係を詳しくみた結果，脳はサイズの増加とともにその形状が変化することがわかった。



講演 2 図. トリケラトプスの前肢姿勢復元の対立仮説。

(上) 下方型姿勢；(下) 側方型姿勢 (Illustrated by Fujiwara and Kawabe, 2012)。

2) 脳サイズは脳の幅がわかれば計算で求められる

以上のように脳のサイズを知ることは重要であるが、さらに脳サイズは、その動物の知力や感覚能力を知るために非常に重要な情報でもある。しかし化石標本では保存状態によっては、脳サイズを計測することは困難を伴うことが多い。そこで、脳サイズを簡単に計算する方法がないか検討した結果、脳の幅のみから求められることがわかった。

3) 脳形態は系統関係を反映する

1), 2) では脳は物理的な要因によってある程度形が決定されることを明らかにしたが、一方で系統関係の影響も受けている。神経系は動物の発生段階の初期に形成されるため、系統シグナルを色濃く示すと考えられ、脳形態からその動物の分類群を推定できる可能性がある。今回は、絶滅鳥類プロトプテルムの例をあげ、脳形態と系統との関係を示したい。