

恐竜学が 心電学がわかる。



魚竜が見

魚竜

確認されたなかで最大です。ちなみに、ヒトの目はたった二・五センチ、象の目でも五センチほどの大きさです。魚竜の異常に大きな目には、なにか特殊な役割があったのでしょうか？

「目の役割」といえば簡単に聞けるかもしれませんが、絶滅してしまった動物についてそれを研究するのはひと筋縄ではいきません。なんととっても、魚竜は化石からしか知られていないのです。そこで、古生物学者は物理学や地球科学、生理学やバイオメカニクスなど、科学的な知識を総動員してかかる必要があります。このような幅広いアプローチは「インテグレートイブ・パレオントロジー（総合古生物学）」とよばれ、注目されています。

それでは総合古生物学とはどういうものか、魚竜の目を例にみてみましょう。「魚竜の目の役割」という問題には、大きくわけて二つの要素があります。一つは目そのものがどういう性能をもっていたのか、という内的要因、もう一つは魚竜がどうというライフスタイルをもっていたか、という外的要因です。では、これらを個々に見てみることにします。

体に不釣り合いな大きな目

魚竜の目で化石になっっているのは「鞏膜輪」とよばれる骨のリングだけです(図3)。人間では目の中に骨がありませんから不思議に聞こえるかもしれませんが、哺乳類やワニなど限られたものをのぞき、脊椎動物は目の中に骨をもっているのが普通です。魚竜類の鞏膜輪は例外的によく発達しており、眼球の半分以上を覆っていました。このリングのおかげで、眼球がどれくらい大きかったのか、瞳孔のサイズは弛緩したときにだいたいどれくらいだったのか、というのを推定することができます。まず、目の大きさだけから何がいえるのでしょうか。脊椎動物を見渡すと、多少ばらつきはあるものの、体長がきまれば目の直径がだいたいどの範囲内におさまるかはきまっています。ところが、魚竜類はこの範囲内におさまらないほど体に不釣り合いな大きい目をもっていました。とくにオファタルモサウルス(「目トカゲ」という意味)という体長四メートルほどの魚竜は、ほかの魚竜とくらべても

ていたもの



図1
魚竜オプタルモサウルスの復元図
体長約4メートル
体重約950キログラム

恐竜のそばにいたオモシロ動物⑥

「イルカは魚のような形をしているけれどじつは哺乳類なのだ」ということは、子どもでも知っています。しかし、よく考えてみると、イルカはイヌのような体型の有蹄類から進化したわけで、これはかなりの変化です。このように陸に住む四足動物（哺乳類+爬虫類+鳥類+両生類のぜんぶを意味します）が海に戻って魚のように体型を進化させるのはたいへん珍しいのですが、前に一度だけ、恐竜時代にも起こったことがあります。その変わり者が、トカゲのような四つ足の爬虫類から進化した「魚竜類」です（図1）。

魚竜類は魚のような形になった以外にも、いろいろと変わった特徴を進化させました。なかでも目

につくのは、「目」そのものです。いま生きている脊椎動物で最大の目はシロナガスクジラ（体長約三〇メートル）のもので、直径約一五センチですが、ジュラ紀の魚竜類テムノドントサウルス（体長約一〇メートル）はなんと直径二五センチを超える眼をもっていました（図2）。これはあらゆる動物で



藻谷亮介

Motani Ryosuke

王立オンタリオ博物館付属
研究員。1967年山口県生まれ。
Ph.D.（トロント大学）、
理学士（東京大学）。97年古
脊椎動物学会ローマー賞受
賞。「ネーチャー」に論文3
編、欧米誌に18主著論文執筆。

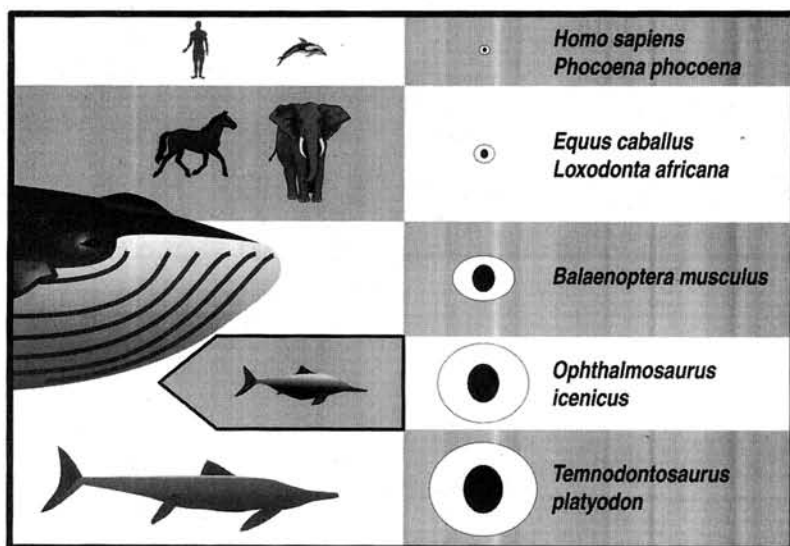


図2
体長(左)と目の直径(右)の相対的大きさを、7種の脊椎動物間で比較した図。上から、ヒト、ネズミイルカ、ウマ、アフリカゾウ、シロナガスクジラ、オファタルモサウルス、そしてテムノドントサウルス。

さらに大きい目をもっていたのです。大きい目は平均的に性能が高いのです。なぜなら、視細胞はある程度以上大きくも小さくもならないため、目が大きければ大きいほど、基本的にはより多くの視細胞をもつことができるからです。視細胞の数が多ければ、暗がりでも見えるように目の感度を高めるか、あるいは遠くから鋭く物を見定めるための分解能を高めることができます。では、魚竜類はこのどちらに重点が置かれていたのでしょうか。

ここでF値というものに触れておく必要があります。カメラファーンにはお馴染みの、レンズなど光学系の相対的な明るさをしめす目安で、F値が小さいほどレンズはより多くの光を通します。ちなみに、カメラを買ったときについてくるような普及型のレンズは開放F値が三・五以上と大きめですが、高性能のものだと一・〇くらいまで小さくなります。動物の目にも、やはりF値があります。昼行性であるわれわれヒトの目は開放F値が約二・一ですが、夜行性のフクロウでは約一・一、ネコなどでは約〇・九まで下がります。高感度の目には小さなF値が望ましいの

はい。つまりF値を知ることで、魚竜の目が高感度と高分解能のどちらに適應していたのかを探ることができなければなりません。

魚竜の目のF値はもちろん正確には計算できませんが、ある程度の範囲で推定することはできるのです。開放F値の計算に必要なのは弛緩したときの瞳孔の直径と、目全体の焦点距離(正確にはPNDとよばれるもの)です。たいへん幸いなことに、このPNDは目の奥行き(の六三%前後)であることが、いろいろな脊椎動物の研究からわかっています。目の奥行きなら頭蓋骨と鞏膜輪から推定することができます。魚竜のPNDは推定可能です。一方、瞳孔の直径は鞏膜輪の内径から推定することができます。現生のカメラおよびトカゲ類では、弛緩した瞳孔の直径は平均すると鞏膜輪内径の約六三%(前出の値と同じですが、偶然です)なので、この比率を使うことにします。

こうやって推定してみると、魚竜の目はかなり小さい最小F値をもっていたことがわかります。オファタルモサウルスでいたい〇・八〜一・一、イクチオサウルスで

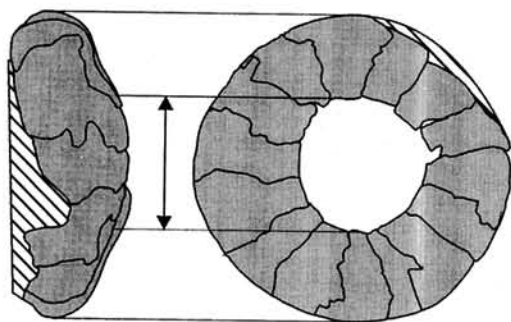


図3
魚竜ステノプテリギウスの鞏膜輪。
前方(左)と側方(右)から見た図。
矢印は内径、斜線は破損部。
魚竜の眼球は球形ではなく、
横から押しつぶされたような
形をしていた。

一・〇〜一・三といったところで
す。どうやら、これらの魚竜はか
なり高感度の目をもっていたとい
えそうです。

光の弱い 海の奥へ…

ではたして、魚竜のライフス
マイルは高感度な目が役立つよう
なものだったのでしょうか。

まず、食生活をみてみましょう。
さいわい化石には胃の内容物が保
存されていることがありますから、
魚竜が何を食べていたかは知られ
ています。意外かも知れませんが、
体長一〇メートルにもなるテムノ
ドントサウルスでも、主食はイカ
のような頭足類でした。クジラで
いうと、ちょうどアカボウクジラ
類のトックリクジラといったところ
でしょうか。では、イカ食のク
ジラ類がどのような生活を送って
いるのかというと、彼らは潜水し
て「中洋層」とよばれるレベル、
あるいはそれ以上の深みまで達す
るのです。

ここで、海洋生物の生活がどの
ように光と密接にかかわり合っ
ているかのおさえます。海水は透
明だといえやはり濁りがあるの
で、海面から入った光はだんだん
弱くなり、水深二〇〇メートルを
超えると植物が光合成をおこなう
のは不可能になります。この最初
の約二〇〇メートルが「上洋層」
といわれる部分です。その下、水
深一〇〇〇メートルあたりまでが
「中洋層」とよばれ、上洋層より圧
倒的に少ないものの、いろいろな
生物が住んでいます。その多くは
夜になると上洋層へ移動して食事
をし、昼になるとまた中洋層へ戻
っていきますが、この移動はある
一定レベルの光を追うようにして
おこります。中洋層の生物は上洋
層のものにくらべると活発さに欠
け、昼の間は中洋層の暗がりです
から上洋層の豊富な微生物資源を
利用しているのです。イカ食のク
ジラは中洋層まで潜ることで、動
きの鈍いイカ類をまんまとしとめ
ることができるわけです。

魚竜の時代にも光と海水はいま
とおなじような物理的性質をもっ
ていたはずですから、当時の海洋
生物もいまのものとおなじように
光とかかわっていたでしょう。そ
うだとすると、イカ食の魚竜類は
中洋層まで潜って獲物を捕らえて
いたのではないかと考えられま
す。では、この仮説をいくつかの
角度から検証してみましょう。

深い海で 獲物をみることは できたのか

まず、深く潜るあいだ、魚竜は
息を止めていることができたのか、
ということからはじめます。魚竜
が冷血だったか温血だったかはさ
ておき、答えはイエスです。冷血
動物は酸素の消費量が少ないので、
温血動物より長い間潜っているこ
とができます(たとえばイグアナ
が二〇〇分潜っていた記録があり
ます)。温血動物の場合、潜水時間
と体重との間に相関関係がみられ、
重い動物ほど平均的には長く潜っ
ていることができます。

現生の温血動物の平均から計算
すると、体長四メートルのオファ
タルモサウルスは約二〇分は潜水し
ていられたことになりす。オフ
タルモサウルスの巡航速度は毎秒
二・五メートル程度と推定されて
いますが、たとえ毎秒一メートル
だったとしても、二〇分あれば六
〇〇メートル潜ってまた海面まで
帰ってくることはできません。
つぎに、現生の潜水性四足動物

魚竜

にみられるような浮力コントロール機構をもっていたか、という疑問がでてきます。四足動物は肺呼吸ですが、肺の中に空気があると中洋層での高圧による肺へのダメージ、上昇する際の潜水病などいろいろと問題がでてきます。そこで、深く潜る四足動物は息を吐いてから潜水します。彼らは「折り畳み式」の肺をもっており、潜るにつれ肺は潰れますが、空気が入っていないため傷はつきません。「面白いことに、こういった「折り畳み式」の肺をもった四足動物では骨の緻密層がスポンジ状になっていることが知られています。肺から空気を出してしまう分、軽い骨をもつことで上昇時の浮力が不足しないようになっていて、というのが一般的解釈です。

さて、魚竜類ですが、残念ながら肺は化石に残っていないものの、骨の緻密層はクジラ類のようにスポンジ状になっています。スポンジ状の緻密層は珍しい特徴ですから、クジラ類にみられるような浮力調整をおこなっていたと考えられます。

最後に、暗がりで見つけられることができたか、という問題があります。クジラ類は耳が発達したソナーシステムをもっていますから、暗い所に降りていっても獲物を捕獲するのには不自由しません。しかし、魚竜類の耳は粗造りで、どれほど役に立ったのか疑問です。

そこで再登場するのが目です。魚竜の目が高感度であったことは先ほど検証したばかりですが、中洋層で獲物を見つけられるだけの感度があったのでしょうか。本物の「目」なしにはその感度を測ることはできませんから、かわりにネコの感度データを使うことにします。ネコとオファタルモサウルスの目はおなじようなF値をもっているうえに後者のほうが大きいわけですから、もしネコが中洋層で物を見ることができれば、オファタルモサウルスにも可能であったと考えてもいいでしょう。

外洋はその濁りぐあいによって、光の通り方が五つにわけてランクされています。そのデータからすると、ネコはだいたいの外洋にお

いて少なくとも水深五〇〇メートル、もっとも澄んだところでは水深一五〇〇メートルまで物を見ることが出来る計算になります。オファタルモサウルスは中洋層で獲物を見つけることができたと考えていいでしょう。

仮説・検証のプロセスこそ科学

いろいろな分野からの知識を総合すると、魚竜類が潜水して中洋層の頭足類をとっていたのではなか、という仮説をかかなりのレベルまで検証することができました(もちろん、タイムマシンがないかぎり、実際に潜っている現場をおさえるのは無理ですが)。戦後の高度成長を経験した日本では「科学すなわち科学技術」というかたよった見方が強いのですが、ほんとうはこの「仮説・検証」のプロセスこそが科学なのです。進化というたいへん込み入った現象を理解するのに、総合古生物学は欠かせない科学分野の一つです。

学名		
テムノドンドサウルス	<i>Temnodontosaurus</i>	「切る」+「歯」+「トカゲ・爬虫類」
オファタルモサウルス	<i>Ophthalmosaurus</i>	「目」+「トカゲ・爬虫類」
イクチオサウルス	<i>Ichthyosaurus</i>	「魚」+「トカゲ・爬虫類」
ステノプテリギウス	<i>Stenopterygius</i>	「細い」+「翼(鳥の翼ではなく、水中翼、つまりは鰭脚、を意味する)」