

新・私の古生物誌 (7)

New Series of My Paleontological Notes(7)

—生きている化石カモノハシ(その2)—

—The Platypus(Ornithorhynchus) as a Living Fossil—

医学博士 福田 芳生
M.Dr. YOSHIO FUKUDA

※2010 No.2(通巻216号) 新・私の古生物誌(7)
—生きている化石カモノハシ(その1)—から続く

5. カモノハシの食物と物理受容器

カモノハシは夜間、餌を求めて水底の泥を掻き回してエビや小魚、貝類、昆虫の幼生を探し出して食べます。その際、カモノハシは目と耳をぴったりと閉ざします。

しかも夜間ですから、暗黒の水底でいかにして獲物の所在を知るのでしょうか。薄切した嘴の組織を顕微鏡で観察すると、パチーニ小体とメルケル小体を備えた円柱状の上皮細胞塊を認めることができます(図8)。知覚神経繊維は、上皮細胞塊の表層にまで達しています。

パチーニ小体というのは、一名層板小体とも呼ばれ、神経繊維の末端を弾力性に富んだ薄い上皮細胞が幾重にも取り囲み、その横断面は輪切りにしたタマネギのような感じです(図8のb,d)。

一方、メルケル小体というのは、神経終末を2枚の大形化した表皮細胞が挟み込んだものです(図8のb,d)。どちらも哺乳類や鳥類の代表的な皮膚感覚器で、振動や触圧に鋭敏に反応します。それを物理受容器あるいは機械受容器と呼びます。カモノハシは、この感覚器をフルに活用して、暗い水中でも獲物の動きを素早く察知し、その所在を知るのだと長い間信じられていました。

6. 電池に大興奮するカモノハシ

1986年のことです。イギリスの誇る有名な科学雑誌ネイチャーに、ドイツのシャイヒ博士を長とする研究グループの論文が掲載されました。標題は“カモノハシの電気受容器と電気的な位置の認識”というものです。

この論文を目にした動物学者は「まさかカモノハシに電

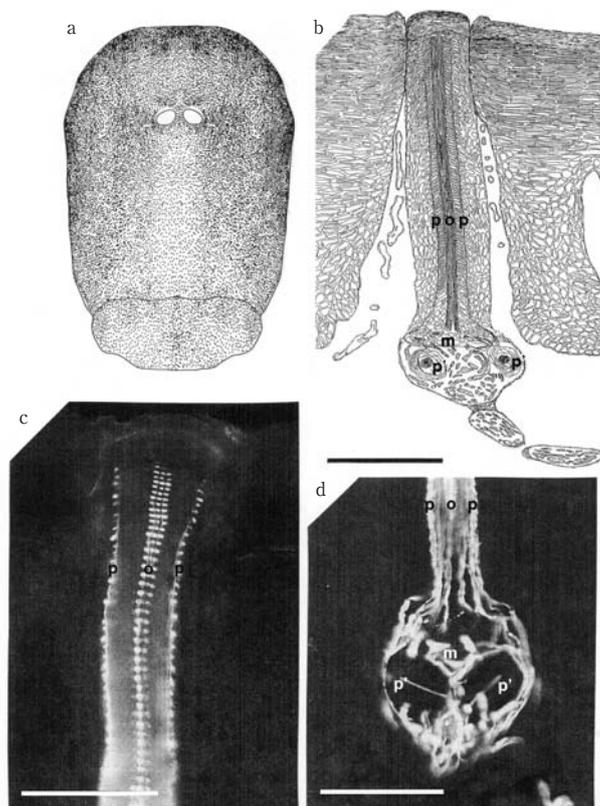


図8 物理受容器の構造

a.上側の嘴表面に存在する物理受容器の分布密度を示す。受容器は特に獲物と接触する嘴の先端部に集中していることが分かる。b.表皮縦断面を作製して、物理受容器全形を示す。円柱状の上皮細胞塊の中心部に神経索が、受容器の表層に向って走行している。Pは辺縁の神経索、oは中心部の神経索、mはメルケル小体、p'はパチーニ小体。c,d.受容器内部の神経索、終末装置を示す。蛍光物質でラベルされ、明るく見える。図中の符号は図bと同じ。図bのスケールは100ミクロン、cは30ミクロン、dは50ミクロン(P.R.マンガとJ.D.ベティグリュウによる。)

気受容器があるとは、驚きだな」と、国際的な大反響を呼びました。上述の大発見は、シャイヒ博士がうっかり電池をカモノハシの水槽に落したことに端を発しています。

水底に沈んだ電池にカモノハシは大興奮して、しきりに電池を嘴で突っきます。博士は「何だって、こんなに大

暴れするのかな」と不思議に思いました。

電池を取り除くと、ピツパリと沈静化します。それを何度か繰り返しているうちに、カモノハシは電気を感じる特別な装置を持っているので、その刺激に反応して大暴れするに違いないと考えました。そして、カモノハシの嘴に密に分布する小孔が、特別な電気受容器と深い関係にあることを示唆しました。

その後、生理学者や動物学者の地道な研究によって、カモノハシの電気受容器の正体が明らかになります。

7. カモノハシの電気受容器は分泌腺だった

オーストラリアのクイーンズランド大学附属視聴覚研究所のマンガーとベティグリユウ両博士は、カモノハシの嘴に存在するという電気受容器を、自分たちの目で確かめることにしました。

そこで、嘴の組織を顕微鏡で観察すると、そこには長い導管を備えた粘液腺(図9)と漿液腺(図10)、古典的とも言うべき物理受容器(図8)があり、それぞれ神経繊維を伴っています。

マンガー博士らのグループは免疫組織化学の手法を導入して、あらかじめ神経組織に親和性のある蛍光物質でラベルした2種の分泌腺について、詳しく調べました。するとどうでしょう、分泌腺の底部に近い導管の周囲を神経繊維がぐるりと取り巻いています。

このリングの外側に神経末端がずらりと並んでいます(図11のa)。末端は膨大していて、形の悪いツボのように見えます。マンガー博士はこのツボの列を指して、ニューロン襟と名付けました(図11のb)。各ニューロン襟の内部をミトコンドリアが埋めていて、その様子は原始的な網膜に似ています(図11のc)。

このことから、分泌腺の導管を経由した電気信号は、ニューロン襟の部分で増幅され、脳に送られることが分かりました。かくして、カモノハシの電気受容器は世にも珍しい、分泌腺の形を取る感覚器であることが判明しました。

この電気受容器の役目ですが、既に読者の皆さんが御気付きの通り、獲物の体から発する微かな生体電気を感知することにあります。生体電気とは獲物が動いたり、心拍動によって、生じる電気を指します。

この分泌腺型の電気受容器は大変感度が良く、10万分の1ボルトという極く微弱な電気信号を20~30センチメートル

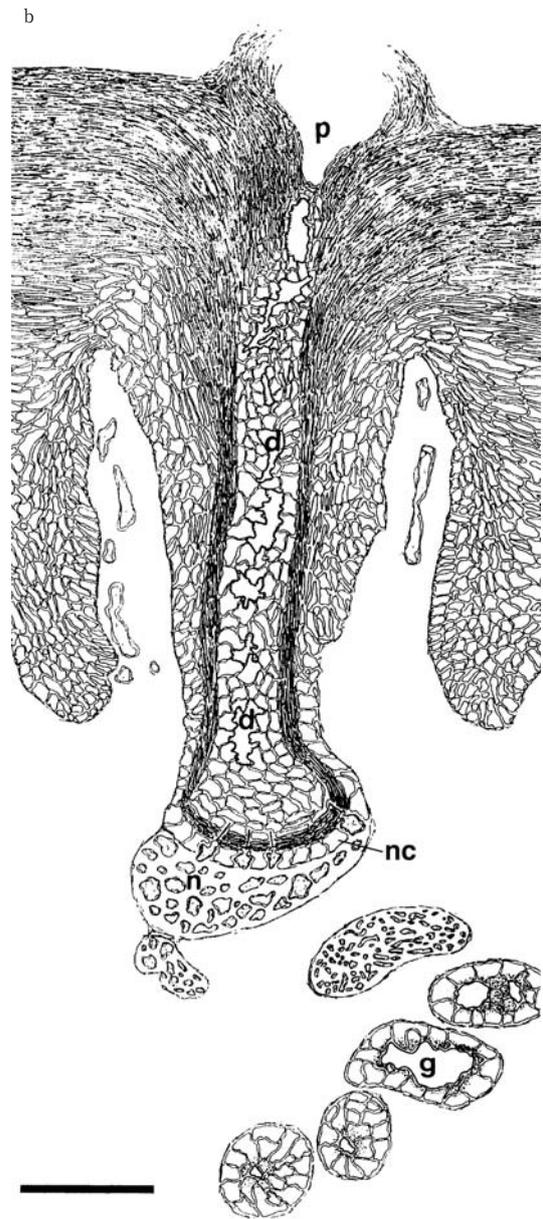
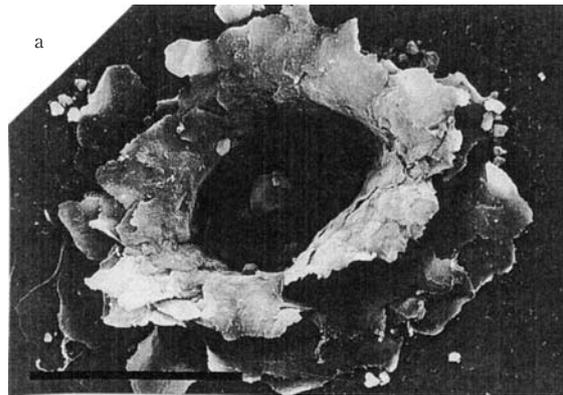


図9 粘液腺電気受容器の構造
a.嘴表面に分布する受容器開口部の電子顕微鏡像。ここから電気信号のバースが、深部のニューロン襟(nc)に達する。また、粘液の分泌孔を兼ねている。b.嘴を覆う表皮の縦断面。粘液腺電気受容器の全形を示す。pは開口部、dは導管、周囲に絶縁体の役目をする緻密な上皮細胞層がある。nは神経組織、gは粘液腺断面。図aのスケールは50ミクロン、bは100ミクロンを表す(P.R.マンガーとJ.D.ベティグリユウによる)。

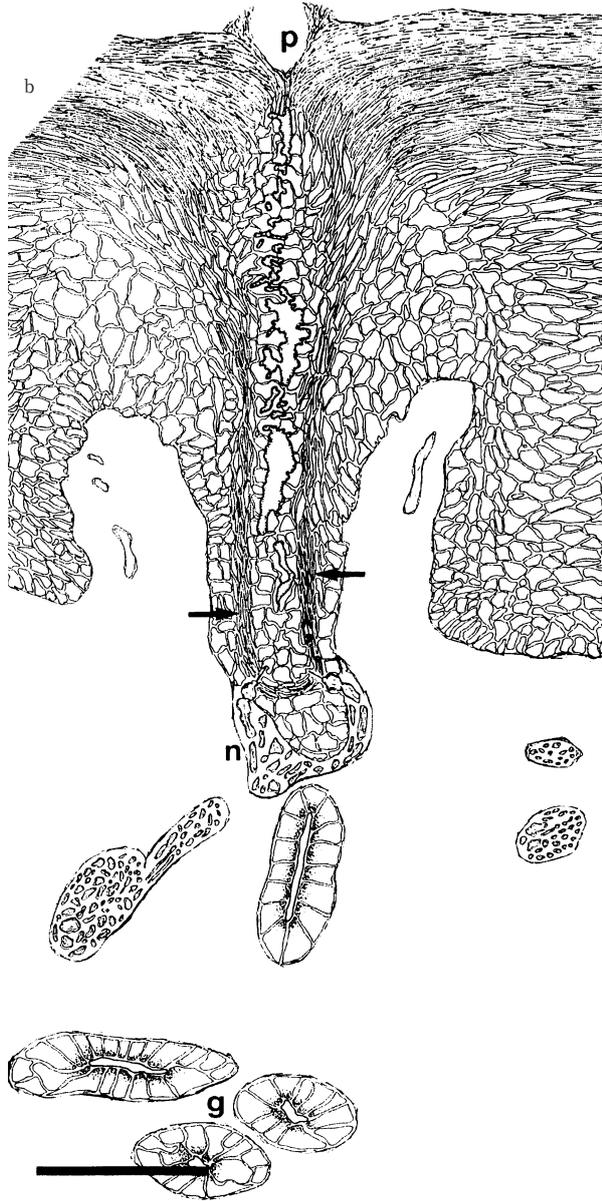
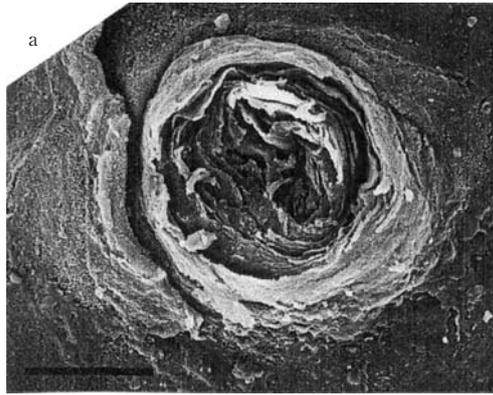


図10 漿液腺電気受容器の構造
a.電気受容器開孔部の電子顕微鏡像。b.嘴の表皮の縦断面を作製し、電気受容器の全形を示す。pは開孔部、矢印は導管の外壁に存在する緻密な上皮細胞層。導管は電気信号の通路となっているため、緻密な上皮細胞層は、電線の被覆と同様な機能を持つと考えられている。nは神経組織、gは漿液腺断面。図aのスケールは10マイクロン、bは100マイクロンを表す (P.R.マンガーとJ.D.ベティグリュウによる)。

の距離から感知します(図12)。カモノハシはこの精巧な電気受容器の御陰で、夜間暗黒の水中でも、的確に獲物にありつけるという訳です。

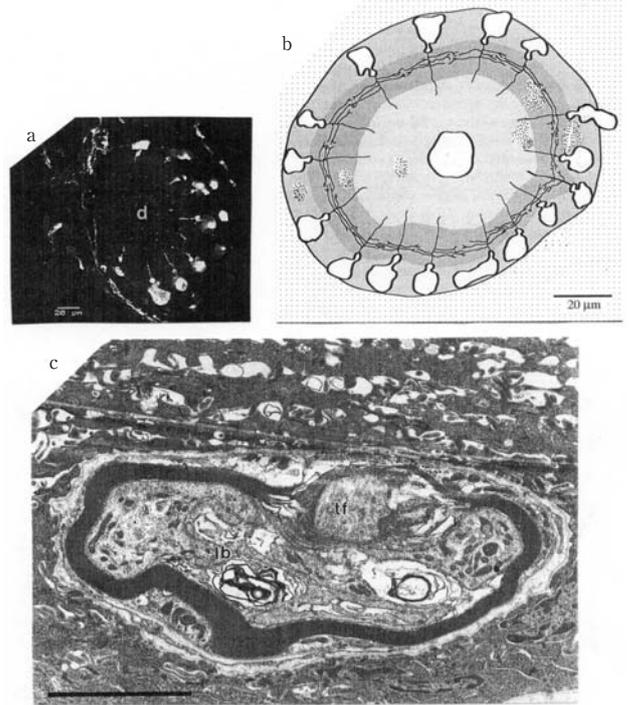


図11 粘液腺電気受容器のニューロン襟の構造
a.受容器底部の導管周囲のニューロン襟。蛍光物質でラベルしたため、明るく見える。b.リング状に配列するニューロン襟の様子を模式図で示す。図中央の腔所は粘液腺の導管。c.ニューロン襟を形成する神経膨大部の電子顕微鏡像。内部に多数のミトコンドリアが存在していることが分かる。図cのスケールは3マイクロンを表す (P.R.マンガーほかによる)。



図12 嘴表面に分布する電気受容器で水底の獲物を探す様子
カゴ状の立体図は、電気信号のキャッチ範囲を図形化したもの (P.R.マンガーとJ.D.ベティグリュウによる)。

8. 電気受容器には機能の違いがある

分泌腺型の電気受容器には、明瞭な役割分担があります。まず漿液腺電気受容器は電気信号の有無を知り、粘液腺電気受容器でその強度、発信源を特定します。

そして、目指す獲物に接触したかどうかは、物理受容器が受持ちます。カモノハシの嘴に分布する感覚器の数も、機能の違いを反映しています。

基本的な探査の役目をする漿液腺電気受容器は13500個、方位を定める粘液腺電気受容器が40000個、獲物の確保に与かる物理受容器が46500個という具合です(図8のa)。

9. 乳腺と湿った毛の束

さて、いよいよカモノハシの本質的な問題について述べましょう。乳腺は哺乳類に特有の皮膚腺の1つです。雌雄共に存在しますが、雄では痕跡的で機能しません。分娩後に栄養価の高いミルクを分泌し、新生児を哺育します。

この乳腺の起源は汗腺の変形物と考えられています。乳腺開孔部の分布するエリアを、乳区と呼んで他と区別します。さて、単孔類のなかでもカモノハシは腹部に1対の乳区がありますが、平らで乳頭のような特別な構造は認められません。

そんなことから、先述のようにカモノハシが発見された当初、ヨーロッパの動物学者はそれが哺乳類なのか、爬虫類なのか判断に苦慮しました。そして、腹部の乳腺は単なる粘液腺だと見なされ、一顧だにされませんでした。

ところが、雌のカモノハシの腹部を圧迫したところ、ミルクのような白い液体が滲み出して来ます。子供の胃内に、それが確認され、カモノハシはミルクで子供を育てるのだということになりました。かくして、カモノハシは哺乳動物の仲間入りをしたのです。

それでは、カモノハシの子供は乳頭の無い母親から、どのようにしてミルクを得るのでしょうか。ミルクは脂肪分に富んでいて、乳区の体毛の間に滲み出して来ます。

子供は湿った毛の束を吸うことで、お腹を満たすという訳です。同じ単孔類でもハリモグラは繁殖期になると、乳区が窪んで原始的な育児嚢を形成します。哺育という点では、陸生のハリモグラの方がやや進んでいると申せましょう。

10. カモノハシの巣穴と卵

カモノハシの住いは木の生い茂った川岸、それも水面より高い所に掘ったトンネルです。前肢の指に付いている鋭い鈎爪を用いて、せっせと掘り進めます。何と全長18メートルにも及ぶ複雑なトンネルを形成した例があるそうです。

繁殖期が近づくと、雌はトンネルの一部を拡張し、乾燥したアシやユーカリの葉を敷き詰め、保育室を用意します。そこに2個の卵を産みます。卵はピンポン玉のような球形をしていて、直径15ミリメートル前後あります。卵殻は薄く、弾力のある皮革様で、カメの卵に似ていると申せましょう。

カモノハシの雌は、卵を腹としっぽの間に保持して温めます。時々、暖かく湿った息を卵に吹きかけ、保温効果を高めます。卵は10日ほどで孵化します。その後、3~4ヶ月間ミルクで保育します。その間、母親は時折巣穴から出て、食物を探しに行きます。

このカモノハシの体温は30℃しかありません。私たちの体温は37℃前後あるので、それはひどい低体温ということになります。

さて、哺乳類なのに爬虫類や鳥類のように、卵を産むという事実直面した19世紀末の動物学者の驚きは、もう大変なものでした。「博士、あなたがカモノハシの卵だと主張しているのは、カメの卵ですな」、「よくヘビクビガメが、そんな卵を産みますからな」、「この機会に動物学を基礎から勉強し直したらいかがです」と親切に忠告する学者まで現れる始末です。

さらに、「カモノハシはもともと卵胎性なんですよ」、「人間が巣穴を掘り返したので、びっくりしたカモノハシが流産したにすぎませんな」、「本来それは雌の体内で孵化するものですからな」という具合に、激しい反対意見が噴出し、学界は騒然となりました。

しかし、それもドイツとイギリスの2名の動物学者が、ほぼ同時にカモノハシの卵を確認したことで、一件落ち着いた。それは1884年初秋のことです。

カナダのモントリオールで開催中の大英学会議場に2通の電報が届いたのです。イギリス人のコードウェルの電文は実に簡単明瞭なもので、「単孔類・卵生、卵・部分割」と記されていました。

卵黄を持たない哺乳類は子宮内で、卵全体が等分割

しますが、卵生の単孔類は胚の部分だけ卵割します。それで部分割と呼ぶ訳です。この部分割は卵生の特徴で、鳥類や爬虫類に見ることができます(図13)。従って、部分割という事実は、カモノハシが卵生であることを証明する重要な情報ということになります。

現在カモノハシは哺乳類綱、原獣亜綱、単孔目として動物界に登録されています。

11. 終わりに

今迄に、カモノハシの化石がいくつか報告されています。化石の記録は、少なくとも1億年ほど昔まで遡ることができます。

それらはオパール化した小さな顎骨や歯、1500万年前の頭骨などが、その代表的なものです。しかし、1500万年前とは言え、ほぼ現代型になった頭骨からは、単孔類カモノハシがどのような進化のプロセスを経て、水中生活を送るようになったのか不明です。

と言うのも、その間の過渡的な化石が、全く欠落していることによります。それ故、カモノハシは未だ謎に包まれた生き物と申せましょう。原始的な体の仕組みを数多く残す、“生きている化石カモノハシ”を調べることは、爬虫類から哺乳類への進化の道筋を明らかにすることに通じます。

今回の記事が皆さんに、カモノハシを通して哺乳類の出現、そして将来について考えるきっかけとなれば幸いです。

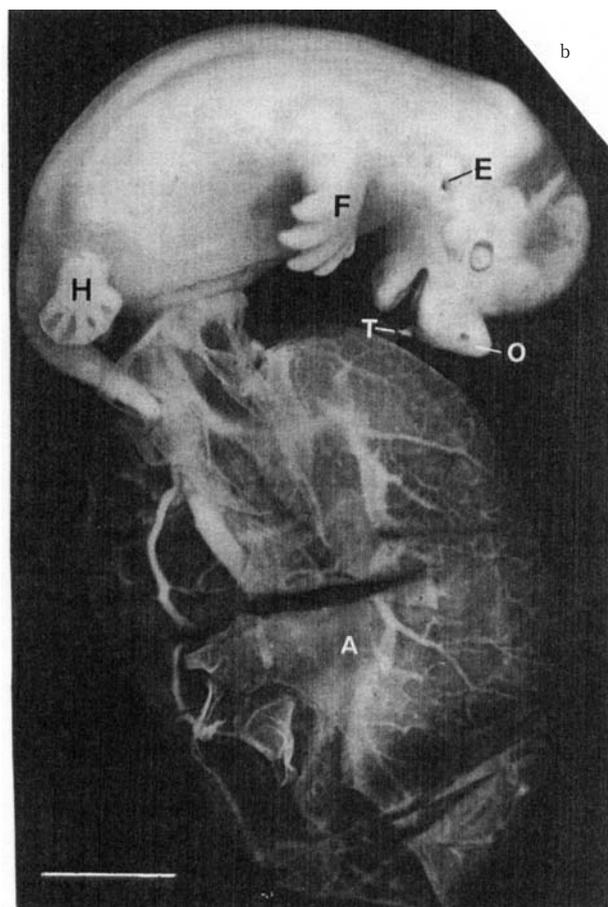


図13 カモノハシの胚と卵内部の子供
a(左下).部分割を開始した胚(BL). b.孵化直前の子供。4本の脚(F、H)と耳(E)、歯(T)、骨性の小突起(O)、老廃物を収容する尿膜(A)を認めることができる。図中のスケールは総べて2mmを示す(R.L.ヒューエスとL.S.ハルによる)。

