

A first for bats

コウモリはいつ飛んだ？

John Speakman

コウモリは進化の過程で、飛翔と反響定位のどちらを先に獲得したのだろうか。新たに発見された化石は、飛翔が先という説に有利な証拠となるものだ。ただしこの場合、夜間飛行のためには、何か別の方法を身につけていたと考えられる。

Nature Vol.451(774-775)/14 February 2008

現在みられるようなコウモリ類が進化した過程については、長年にわたって論争が続いている。このほど、米国ワイオミング州のグリーンリバー累層で注目すべきコウモリの化石が発見され、この論争に新たな展開をもたらしている。この化石コウモリは、Simmons たちにより、新属新種として *Nature* 2月14日号に報告された¹。系統発生解析や、同じ累層やドイツのメッセル累層で出土したほかの化石コウモリとの比較によって、今回見つかった化石コウモリは、今まで発見されたものの中で最も原始的なコウモリ種であることが示唆された。

コウモリの進化を解明するという問題は、少なくともチャールズ・ダーウィンまでさかのぼる。彼は著書『種の起原』の中で、自然選択による進化論では解釈できない例をいくつか挙げていた。特に頻りに論じられているのは目の起源であるが、コウモリが地上性の祖先動物からどのように派生したのかという難問についても触れている。50年ほど前にコウモリの反響定位（発した超音波の反響で対象物の位置や自分の位置を特定すること）が発見され²、コウモリの初期進化の謎にまた1つ新たな問題が加わった。反響定位と飛翔のどちらが先に進化したのか^{3,4}という、大きな疑問が生まれたのである。

長い間、「反響定位先行」説のほうが優勢だった。コウモリの前段階の祖先動物は、地上または樹上で生活する反響定位能力をもった小型動物で、空中を通り過ぎる昆虫を反響定位によって感知し、すばやく捕獲していたとする仮説がある⁴。反響定位先行説では、こうした能力を備えたことで、獲物捕獲を容易にするために腕や指が伸長する方向に働き、おそらくそれに伴って指の間に飛膜が発達したのだとしてい

る。そして最終的には、飛び上がって昆虫を捕獲するようになり、着地点への誘導法として反響定位を用い、伸ばした腕や指を翼のように用いるようになったのだろう。この時点から、コウモリの祖先は樹上で待ち伏せし獲物めがけて飛ぶ捕獲法（perch hunting）をとるようになり、最終的には完全な動力飛行（飛びながら獲物を追いかける捕獲法 [aerial hawking]；図1）を発達させたと考えられる。

反響定位先行説を支持する研究者たちは、一部のトガリネズミ類など、原始的な反響定位システムを備えている地上性動物が存在していることを指摘している。また、原始的な現生コウモリ類の大半は樹上から飛ぶ捕獲法を用いることが多く、蹴爪（下記参照）とよばれる特徴的な構造をもたないことも理由の1つに挙げられる。大昔の化石コウモリ類の大部分も、蹴爪をもっていなかったのである。（蹴爪は、後肢の足首付近から突き出ている軟骨性の突起で、後肢と尾の間に張られた飛膜 [尾膜という] の縁に沿って伸びている。）しかしそれ以上に、コウモリが暗闇の中で自分の位置を確認できるようになる前に飛翔能力を進化させたという考え方は、まったく見当違いのように思われた。

しかし1980年代末ごろになって、私自身の研究チームが報告した成果を含め、「飛翔先行」説に有利な証拠が次々と集まってきた。ある論文⁵で、逆さまにぶら下がった休息時のコウモリにとって、反響定位は非常に多くのエネルギーを消費することが明らかにされた。このエネルギー消費の多さは、コウモリが使っているような本格的な反響定位システムを進化させた地上性哺乳類がほかにいない理由の説明の1つとなるだろう。しかし2つ目の論文⁶では、コウモリが飛翔するときには反響定位のエネルギー消費は

著作権等の理由により画像を掲載することができません。

図1 現在のコウモリの飛翔。これは飛びながら獲物を追いかける種類のトビイロホオヒゲコウモリで、米国オレゴン州のローグリーパー国有林で夜間に飛んでいるところを撮影したものだ。

MICHAEL DURHAM/MINDEN PICTURES/NATURE PRODUCTION

少ないことが明らかにされた。これは、翼の羽ばたきと、肺の換気および反響定位パルスの発生とを驚異的に連動させているためである⁷。コウモリが場所を動かずにぶら下がって反響定位を行うときには、息を強く吐き出すために筋肉を特別に収縮させなければならない、そこには多大なエネルギーの消費が発生する。コウモリが飛翔しているときには、これらの筋肉は既に収縮しており、そのため飛翔中の反響定位は実質的に静止時よりも消費エネルギーが少なくてすむ。

だが、コウモリが自分の居場所を定位できるようになる以前に暗闇の中を飛べたのか、という問題についてはどうだろうか。私が賛同する⁸は、コウモリの最古の祖先動物は日中に活動する昼行性で視覚を用いて定位していたが、6500万年ほど前に恐竜類が絶滅してまもなく鳥類の捕食者が出現したため、夜行性にならざるを得なかったのだらうという説である。やがて、そのうち一部のものが反響定位を進化させ、その他のものは視覚に頼る夜行性になったと考えられる。

Simmons たち¹の化石標本が発見されるまでは、コウモリの進化に関するこうした問題を解明するうえで、化石記録はほとんど役に立っていなかった。知られるうちで最古の化石コウモリは、5000万年ほど前の始新世堆積層で見つかったもので、現生コウモリによく似た完全な形のコウモリである^{9,10}。これらのコウモリの内耳にある蝸牛のサイズを調べると、いずれも反響定位の能力を既にもっていたことが明らかになった。反響定位を行う動物では、蝸牛が非常に大型化しているのである。これまでに報告された化石コウモリはすべて、飛翔能力と反響定位能力の両方を備えているものだった^{11,12}。

Simmons たち¹が今回報告したコウモリは、およそ5250万年前の化石2体で、その1つは論文掲載号の表紙を飾った。このコウモリの翼の形態は、指に鉤爪があることを除けば、現生種のものと同様に似ている。また、ほかのすべての点から考え、これが動

力飛行能力をもったコウモリであることは明白である。これまでに発見されたほかの原始的な化石コウモリ類と違って、この種には蹴爪もある。これは、蹴爪をもたないこと、それゆえおそらく樹上から獲物めがけて飛ぶ習性のないことが、祖先動物の特徴ではないことを物語っている。しかし、この化石によって得られた本当に重要なことは、大型化した蝸牛をもっていないという驚くべき発見である。つまり、このコウモリは反響定位の能力を備えておらず、このことは飛翔先行説を裏づける最初の直接的な証拠となる。さらにこのコウモリの四肢の比率を測定したところ、反響定位先行説と飛翔先行説のどちらの支持者も予想していたように、樹上生活をしていた可能性が高いことが示唆された。

残る疑問の1つは、このコウモリが夜行性と昼行性のどちらなのかということだ。夜行性で反響定位をしない動物では一般に目が大きく、眼窩も大型化しているため、眼窩のサイズ測定が疑問を解く手がかりになりそうである。残念ながら、Simmons たちが報告した2体の化石標本ではこの疑問を解くことができない。頭骨の上部が押しつぶされていて、眼窩を復元できないからだ。しかしそこまで期待するのは、欲張りすぎというものだろう。とにかく、これらのすばらしい化石がコウモリの進化の解明を大きく前進させたことは確かである。 ■

John Speakman、アバディーン大学 (英)

1. Simmons, N. B., Seymour, K. L., Habersetzer, J. & Gunnell, G. F. *Nature* **451**, 818–821 (2008).
2. Griffin, D. R. *Listening in the Dark: The Acoustic Orientation of Bats and Men* (Yale Univ. Press, New Haven, CT, 1958).
3. Teeling, E. C. *et al. Nature* **403**, 188–192 (2000).
4. Jones, G. & Teeling, E. C. *Trends Ecol. Evol.* **21**, 149–156 (2006).
5. Speakman, J. R., Anderson, M. E. & Racey, P. A. *J. Comp. Physiol. A* **165**, 679–685 (1989).
6. Speakman, J. R. & Racey, P. A. *Nature* **350**, 421–423 (1991).
7. Suthers, R. A., Thomas, S. P. & Suthers, B. J. *J. Exp. Biol.* **56**, 37–48 (1972).
8. Speakman, J. R. *Mamm. Rev.* **31**, 111–130 (2001).
9. Jepsen, G. L. *Science* **154**, 1333–1339 (1966).
10. Gunnell, G. F. & Simmons, N. B. *J. Mamm. Evol.* **12**, 209–246 (2005).
11. Habersetzer, J. & Storch, G. *Naturwissenschaften* **79**, 462–466 (1992).
12. Novacek, M. J. *Nature* **315**, 140–141 (1985).