A gentle way to age

クジラに「やさしい」 年齢の数え方

Nature Vol.442 (507-508) /3 August 2006

ザトウクジラの年齢は、耳垢に生じる層状の輪の数を数えることにより精度よく知ることができるが、そのためにはクジラを殺して解剖しなければならない。クジラを生かしたまま、年齢を知ることはいかなるのか？ オーストラリアで試みられている新たな年齢測定法を、Carina Dennis が報告する。

D. BURNS/SCUWRS

いつもの1日が始まった。Daniel Burns たち研究者は、求愛中の2頭のザトウクジラを邪魔にならぬよう距離をおいて見守っていた。そこに別のクジラが突然やってきた。新たな雄のやや強引なアプローチを雌はもてあまし始め、ついには恐怖を感じてその場を離れ、研究者たちの乗ったボートを挟んで、しつこい求婚者たちの反対側に移動した。Burns たちは、それぞれ別の方向に頭を向ける3頭のクジラに囲まれる形となった。クジラの体重は1頭が約35トン。「アドレナリンが吹き出しました」と、全長6メートルの船の2倍はあろうかという巨大哺乳類の間で揺れる船の舳先で、足を踏ん張っていたことを思い出しながら Burns は語っ

てくれた。ともあれ研究チームは目的を達した。クジラの「フケ」を手に入れたのだ。

Burns たちはクジラを追尾して、棒の先にぶら下げた調理用のザルで、人の手のひらほどの大きさのある皮膚の破片を、海に沈む寸前にすばやくすくい上げた。フケは、クジラが水中から跳ね上がる時や、尾びれが海面をたたくときに自然にはがれ落ちる。

皮膚のかげらをすくい上げるといのは、通常の水エールウォッチングの醍醐味からはかけ離れているかもしれない。しかし Burns たちは、採取したフケを使えばクジラの体を傷つけずに年齢を調べられるのではないかと考えている。それがもし正しければ、科学目的の調査捕

鯨でクジラを殺すことの重要な論拠の1つは海の藻屑と消えることになる。

サザンクロス大学クジラ研究センター（オーストラリア、ニューサウスウェールズ州リズモア）の大学院生である Burns は、天候のよい日も悪い日も、明け方から日没まで海に出ている。彼は Peter Harrison 率いる研究チームに所属しており、同チームでは、ザトウクジラ (*Megaptera novaeangliae*) の体からはがれ落ちた皮膚を使って年齢を測定する、遺伝学的手法を開発中である。現在、クジラ類の年齢測定は一般に歯を対象に行われているが、ザトウクジラなど歯のないヒゲクジラ類では、耳垢に生じる層状の輪を数えることが最も精度の高い年齢測定法である。クジラの

外耳道は外界に通じていないので、耳垢は層状に蓄積してゆく。こうした層構造は、ザトウクジラでは1年に2層形成されると一般に考えられている。しかし、耳垢の層を数えるにはクジラを殺して解剖しなければならない。

新しい年齢測定法

「クジラの年齢測定は非常に重要です」と、米国立海洋哺乳類研究所（ワシントン州シアトル）でクジラを研究している Phil Clapham は語る。年齢がわかれば、個体群動態モデルを構築することが可能となり、クジラの行動に関する理解が進み、過去1世紀の大量捕獲による個体数減少からの回復具合を評価することができる。さらには、繁殖戦略が加齢に伴って変化するかどうか、特定の時期に群れを作るのはなぜかといった疑問、またそもそもザトウクジラの正確な寿命が何年かという基本的な謎も解明できるかもしれない。初期の研究報告では、ザトウクジラの寿命は半世紀ほどだと示唆されていたが、今日ではその2倍は生きるのではないかと推定されている。

Harrison のチームは、クジラの年齢を知る手がかりが、その染色体の先端から得られるのではないかと期待しており、同じように考える研究グループは他にも世界中にいくつかある。染色体の先端には、「テロメア」とよばれる短い反復性の DNA 配列が存在する。ヒトを含む一部の動物では、テロメアは年齢を重ねるとともにカウントダウン・タイマーのように徐々に短くなってゆく。ヒトや鳥類を対象とした研究では、テロメアの長さをもとに、個体をおおまかな年齢層に分類可能なことが示唆されている^{1,2}。ただし、テロメアの長さには個体差があり、また1つの個体のテロメア短縮速度は一生の間に変わるので、年齢の正確な決定はむずかしい。クジラの研究者たちはその辺を楽観的にとらえており、クジラのテロメア配列も加齢とともに短縮していくのであれば、テロメアを解析すること

Daniel Burns (左) たちは DNA 解析のために、クジラを追尾し、はがれ落ちた皮膚をザルで集めている。

でクジラを殺さずにおおまかな年齢を決定できるのではないかとみている。

こうした手法は緊急に求められていると研究者たちは語る。なぜなら、日本が昨年、調査目的のミンククジラの捕獲数を倍に増やす計画を打ち出したからである。これには、国際捕鯨委員会 (IWC) が1986年に商業捕鯨のモラトリアム（一時停止措置）を導入して以来、初めて、調査目的でザトウクジラとナガスクジラを年に各50頭を捕獲する計画も含まれている³。日本が捕獲数増加を主張する主な科学上の論拠の1つは、個体群構造を明らかにするためには試料を集める必要があるというものだ。Harrison のチームをはじめとする世界の研究グループは、テロメアを使った年齢測定法の確立によって、日本の主張を封じ込められるのではないかと期待している。「この方法が有効ならば、調査捕鯨計画に関する日本の主張に大きな打撃を与えることができます」と Clapham は語る。

クジラをはじめイルカやネズミイルカも含むクジラ類の年齢を推定するためにテロメアを用いることは、未検証の領域である。動物の中には、加齢に伴ってテロメアが短縮するものもあれば短縮しないものもあり⁴、なかには逆にテロメアが長くなるものもある⁵。テロメアによる年齢測定法がクジラで有効なことを示すためには、すでに年齢が明らかな個体の試料が必要となる。

Harrison のチームは幸いにも、クジラを撮影した膨大なフォトライブラリーを利用することができる。撮影者は、歴史学者の Trish Franklin と、夫で航空会社の元役員であった Wally の夫婦だ。2人は1989年からクジラの撮影と記録をこつこつと続けている。「撮影は、ちょっとした興味で始めました。そのうち夢中になり、ついには病みつきになりました」と Wally は語る。彼は現在、妻とともに Harrison の指導の下で博士号を取得しようとしている。

夫妻のフォトライブラリーは、約3000個体のクジラの写真を収載し、多くの個体の最低年齢がわかることから非常に貴重である。そして研究チームは現在、各個体の遺伝子型を系統的に決定すること、すなわち個体識別用の遺伝的な「指紋」（フィンガープリント）の採取を、はがれ落ちた皮膚試料から抽出した DNA を用いて進めている。

成功の兆し

Burns が、何が起こるか予想できない危険な海に立ち向かって皮膚のかけらを採取すると、同僚の Martin Elphinstone が、皿のように静かな研究室でそれらの皮膚片のテロメアを調べる。得られた当初結果の一部は勇気づけられるものだった。Harrison によれば、数頭のザトウクジラから得られた予備的データからは、子クジラと成体をテロメアの長さから区別できそう

な感触が得られたという。「できれば将来的には、確定できる年齢区分を5～10年の幅に狭めたいと考えています」とHarrisonは語る。耳垢の層を数える方法と比べて精度は劣るものの、この範囲であれば個体群のモデル化には十分だろうとHarrisonはいう。「死んでしまったクジラの正確な年齢を知るよりも、生きているクジラのおおよその年齢を知るほうが大事なのです」。

こうしたデータを支持する結果が、Harrisonと同じようにザトウクジラのテロメアを研究しているカリフォルニア大学バークレー校の集団遺伝学者 Per Palsbøll によって得られている。彼の研究チームは、子クジラから20歳までの12頭から採取した皮膚生検のDNAを調べている。「この小規模なデータからは、若い個体ほどテロメアが長いことがわかります」とPalsbøllは語る。しかし、現段階ではこの方法の信頼性は十分でないという釘を刺す。「たとえ同じ個体グループから得た試料を使っただとしても、再現性に多くの問題があるのです」。

テロメアを扱う研究には難点がある。Harrisonのチームは、個体の一生の間にテロメア短縮速度がどう変化するかを調べるため、同じ個体を対象に一生の異なる時期に採取された多数の試料を検証している。この調査を進めるために研究グループは、ニュージーランドにあるオークランド大学の分子生態学者 Scott Baker が数十年間かけて採取した貴重な皮膚生検標本を活用しようとしている。

Bakerは、北半球に生息する2～30歳のザトウクジラから採取した生検試料を保有している。そして、最初の生検時の14年後に再び試料採取を行っている。Harrisonは現在、Bakerと共同でこれらの個体のテロメアの長さを測定しており、その値が個体内および個体間での程度変動するかを調べている。またBakerの元には、10年前にオークランド諸島でミナミセミクジラ (*Eubalaena australis*) から採取された生検試料のコレクションもある。そして彼は、キャン

ベラに本部がある科学産業研究機構のオーストラリア南極局の Nick Gales と協力して、テロメア解析用に同じ個体の試料を再び採取しているところだ。

クジラのはがれ落ちた皮膚を試料としてテロメアを解析するHarrisonの方法は、侵襲的でない点が特長である。それに対して、皮膚生検試料からDNAを回収する場合は、クロスボウまたは改造ライフル銃から生検用の矢を背びれ付近に打ち込んで、組織片を抜き取る処置が必要になる。

しかし、クジラの皮膚片を用いる方法に問題がないわけではない。皮膚は痛みやすく、死につく組織でもある。「十分な量の質の高いDNAが得られる試料は多くありません」とElphinstoneは語る。この方法だと、狙ったクジラ個体からうまく試料採取するのもむずかしい。異なる個体の皮膚片が、海水中で混合してしまうおそれがあるからだ。この問題は、フォトライブラリーの全個体について標準となるDNAフィンガープリントを得ることで解決できるはずだとHarrisonと考えている。

仮に、ザトウクジラでテロメア解析が有効だと評価できれば、他のクジラ類にもこの方法を使えるかもしれない。Galesは現在、寿命が20年足らずのネズミイルカのように比較的短寿命のものから、200年以上も生きる可能性のあるホッキョククジラに至るまでさまざまなクジラ類のテロメアを調べている。「テロメア長が寿命と相関するかどうか

餌をろ過して食べるヒゲクジラ類。多くのクジラの年齢測定に使用される歯がない。

を確認するために、寿命が大きく異なる種に注目しています」とGalesは語る。

Galesはまた、米国フロリダ州のサラソータ湾に1年を通して生息する、世界で最もよく研究されたイルカ個体群の1つであるバンドウイルカの群れでも、テロメア年齢測定法の有効性を調べている。「この群れには、個体の年齢と個体群構造が詳しくわかっているという利点があり、そのため年齢測定におけるテロメアの真価を問うことができます」と、Galesは語る。彼は、このプロジェクトでサラソータのモート海洋研究所のRandall Wellsと共同研究を進めている。

このオーストラリアの研究チームにとって、研究の進展が早すぎるということはない。日本は、2007～2008年の南半球が夏の時期に南極地方の採餌海域でザトウクジラを捕獲する計画を立てており、この海域には、Harrisonのチームが調査中の個体群が含まれている。彼らは、ニックネームもつけた自分たちの研究対象のクジラが、捕鯨船の甲板に引き上げられてしまうのではないかと危惧している。

たとえ研究者たちが、クジラを殺さなくてもすむ年齢測定法を開発できても、直ちに調査捕鯨の中止につながるかどうかは疑問である。本誌の取材に対して、日本鯨類研究所のコメントは得られなかった。IWC科学委員会のオーストラリア代表団を率いるGalesは、捕鯨停止には至らないだろうとみている。「けれども少なくとも私たちは、この方法の存在をアピールすることで、強い政治的圧力を加えることができます」と彼はいう。

Carina Dennis は *Nature* のオーストラリア特派員。

1. Tsuji, A., Ishiko, A., Takasaki, T. & Ikeda, N. *Forensic Sci. Int.* **126**, 197-199 (2002).
2. Haussmann, M. F., Vleck, C. M. & Nisbet, I. C. T. *Exp. Gerontol.* **38**, 787-789 (2003).
3. Gales, N. J., Kasuya, T., Clapham, P. J. & Brownell, R. L. Jr *Nature* **435**, 883-884 (2005).
4. Monaghan, P. & Haussmann, M. F. *Trends Ecol. Evol.* **21**, 47-53 (2006).
5. Haussmann, M. F. et al. *Proc. R. Soc. B* **270**, 1387-1392 (2003).