

平成30年12月14日

報道機関 各位

鰭（ヒレ）を食べるアフリカの魚にも利きがあることを発見

富山大学大学院医学薬学研究部(医学) 竹内 勇一 助教、医学部医学科5年生(研究医養成プログラム)山田拓人さん、および愛媛大学、龍谷大学、マラウィ大学で構成される国際共同研究チームは、アフリカ・マラウィ湖に生息するシクリッド^{注1)}科魚類 *Genyochromis mento* (ゲンヨクロミス メント)が、他の魚のヒレを摂食するのに特殊化した歯や下顎骨をもち、獲物への襲撃方向(右または左)には個体ごとに好みがある(=利きがある)ことを明らかにしました。

ヒトの利き手に代表されるように、精巧な動作や力強い動きをするときに、身体のどちらか片側を好んでよく使う「利き」が様々の動物で報告されています。魚類でもアフリカ・タンガニイカ湖に生息する鱗食性シクリッド科魚類(以下、鱗食魚^{注2)}) *Perissodus microlepis* (ペリソーダス ミクロレピス)が明瞭な利きを示すことが知られています。しかし、利きの出現パターン(どんな魚種のどのような行動に利きが現れるか)や進化要因は分かっていませんでした。本研究グループは、他の魚の鰭(ヒレ)を摂食する「ヒレ食」を鱗食魚とは独立に、進化の過程で獲得したアフリカ・マラウィ湖のシクリッド *G. mento* (以下、ヒレ食魚)を用いて、外部形態と捕食行動を解析しました。その結果、ヒレ食魚は集団中に獲物の左から襲うことを好む「左利き」と、右から襲うことを好む「右利き」がいることを今回初めて発見しました。

これまでに、魚食魚やエビ食魚でも捕食行動に利きが報告されていることから、「逃げる相手を襲うタイプの捕食魚の摂食行動には利きが現れる」という仮説が導かれます。また、利きの強さには種間差があることも今回見出され、それには食性や進化的時間スケールの違いが関係すると考えられます。さらに、魚類からほ乳類までの脳の基本構造は共通であるため、利きの仕組みは脊椎動物で共通している可能性が高く、魚類の利きの研究を通じて、利きの成立起源や制御メカニズムの解明に繋がることが期待されます。

研究成果は、英国科学雑誌「The Journal of Experimental Biology」(英国時間12月3日付)にて公開されました。

【ポイント】

- ・ アフリカ・マラウィ湖に生息するシクリッド科魚類は約 800 種と、きわめて多様性が高い一方で、それらの生態についてはあまり知られていません。今回の研究で、ヒレ食魚(*G. mento*、図1)が他の魚のヒレを摂食するのに適した口部形態や捕食行動を示すことが明らかになりました。
- ・ ヒレ食魚の下顎骨は近縁種に比べて短くて堅く、歯はギザギザでヒレを噛みちぎるのにもってこいの形状をしていました(図2)。また、下顎骨の大きさには左右差があり、右側が少し大きい「右利き」と、左側が少し大きい「左利き」の両タイプがありました(図3)。
- ・ 水槽内でヒレ食魚に餌魚(キンギョ)を与え、捕食行動をハイスピードカメラで撮影することで、ヒレ食行動の詳細な運動を明らかにし、尾びれに噛みつく直前に頭を傾ける特徴的な動作を見出しました(図4, 5, 6)。
- ・ ヒレ食魚は餌魚に対して主に左から襲う個体と右から襲う個体があり、その襲撃方向の好みはアゴ形態の左右差と対応関係がありました。すなわち、アゴ形態の右利きは主に右から、左利きは左から襲っていることを発見しました(図7)。
- ・ 同様の実験条件で、アフリカ・タンガニカ湖の鱗食魚 *P. microlepis* を調べた私たちの先行研究と比較すると、下顎骨の左右差はヒレ食魚の方が鱗食魚の3分の1ほどしかなく、襲撃方向の好みについても、ヒレ食魚の方が鱗食魚よりも小さいという利きの強さに種間差があることが分かりました(図8)。

【研究背景と内容】

アフリカの古代湖には、極めて多様な生態をもつシクリッド科魚類が進化してきました。タンガニカ湖の鱗食性シクリッド *Perissodus microlepis* は、下顎骨に際だった左右非対称性を持ち、個体ごとに襲撃方向が一方に決まっていることで、効率的に他の魚の鱗を剥ぎ取って摂食しています。この口部形態の左右差は、多くの魚類で見られる現象であることが明らかになってきました。一方で、どんな魚種のどのような行動に利きが現れるか、利きにはどのような進化的要因が関係するかは明らかになっていませんでした。

珍奇な捕食魚として、マラウィ湖には他の魚のヒレを噛みちぎって摂食するヒレ食性シクリッド *Genyochromis mento* が生息しています(図1, 2)。ヒレ食魚の左右性を明らかにするため、*G. mento* の下顎骨の左右差を計測し、捕食行動実験を行いました。また、それらのデータを鱗食魚 *P. microlepis* の左右性と比較することで、利きの出現パターンや進化について考察しました。左右の下顎骨の高さを計測したところ、その頻度分布は左右対称の個体がほぼいない二山型^{注3)}を示し、個体群中に「右利き」と「左利き」がいることが分かりました(図3)。その下顎骨の左右差は平均 3% で、鱗食魚 *P. microlepis* の 8% よりも有意に小さいものでした。次にヒレ食魚の捕食行動を水槽内で1時間観察しました。ヒレ食行動については、ハイスピードビデオカメラで撮影し、詳細な運動を記載するとともに遊泳能力を定量化しました。*G. mento* の捕食行動は5つの成分から構成され、主な襲撃部位は尾びれでその次が体側のウロコでした(図4, 5, 6)。ヒレ食の場合、ヒレを噛む直前に頭を傾げる動作が見られましたが、ウロコ食では頭を傾けなかったことから、本種はターゲットに応じて捕食行動を変えていると考えられます。襲撃方向については、観察を行った多くの個体で餌魚の右からもしくは左から襲うという好みがありました(図7)。また、この襲撃方向の嗜好は開口方向と対応があり、右利きは主に右から、左利きは左から襲っていました。鱗食魚 *P. microlepis* 場合は、餌魚のほぼ一方向から襲うことから、ヒレ食魚も形態・捕食行動に左右性をもつが、鱗食魚ほど顕著化していないと言えます(図8)。

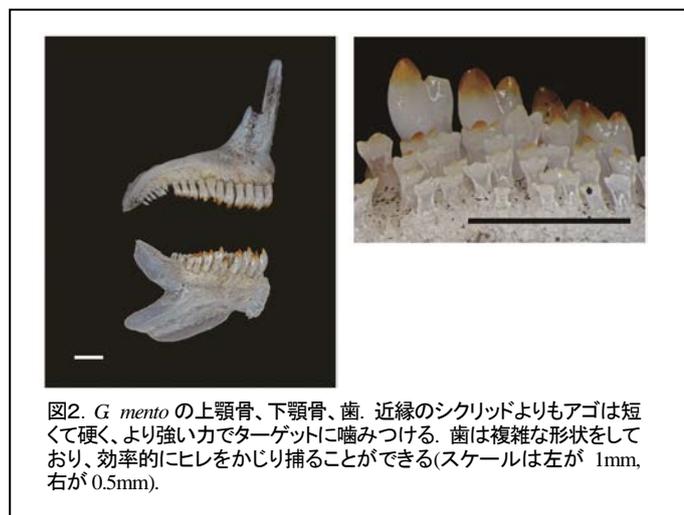
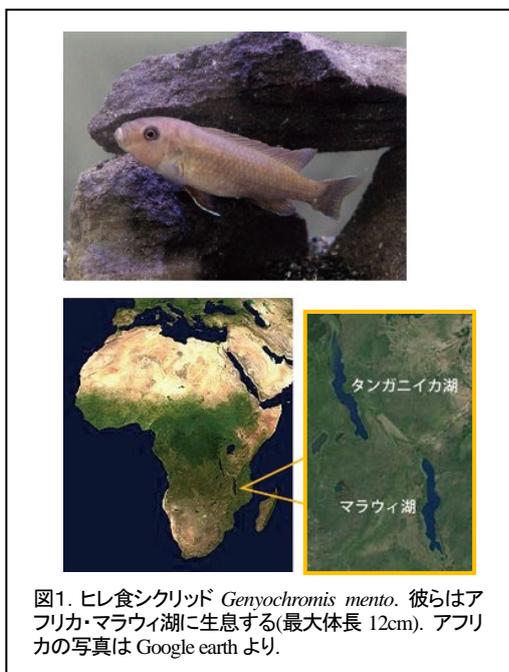
ヒレ食魚が鱗食魚よりは弱い左右性を示す要因として、2つ挙げられます。まず、食性の違いで、「ウロコ」は獲物の体側にしかなく、捕食者は身体も捕食行動もより極端な左右非対称性を示した方が捕食に有利ですが、「ヒレ」は体軸上にあり、捕食者にそこまで非対称性が要求されないと考えられます。そんな状況下でも、襲撃方向に好みが出るというのは興味深く、利きによって運動能力の高いパフォーマンスがうみだされることで、獲物を捕らえる確率を高めているのでしょう。次に、進化的な歴史の違いです。マラウイ湖が形成されたのは約 200 万年前ですが、タンガニカ湖は約 1000 万年前と歴史がとても古いです。際立った形態や行動を確立するまでに時間がかかるとすれば、マラウイ湖のシクリッドの方が歴史が浅くてまだ特殊化しきれていないとも考えられます。このように左右性の進化には複数の要因が絡んでいるようです。

これまでの研究で、鱗食性のカラシン(ピラニアの仲間)、エビ食性のシクリッド、魚食性のブラックバスなどが捕食行動に利きを示すことが報告されています。今回のヒレ食魚の例を合わせると、「逃げる相手を襲うタイプの捕食魚の摂食行動には利きが現れる」という新しい仮説を本研究グループは提案しました。

【成果の意義】

「利き」について、最も研究が進んでいるヒトの利き手ですら、①なぜ右利きと左利きがいるのか、②利きがどのように脳で制御されているか、③利きがどのように進化してきたのかは明らかになっていません。理論上、同じ種内に 2 タイプが存在するには、遺伝的な問題や発生上の制約を乗り越える必要があるため、様々な動物の利きの仕組みには共通性があると考えられます。魚類の利きの研究で得られた知見は、それらの疑問を理解する手がかりになると期待されます。現在、本研究グループでは、左右性の分子遺伝基盤の研究に着手しています。右利きと左利きの研究を進めることで、生物学的に重要な問題の解決に発展できると考えています。

【図表】



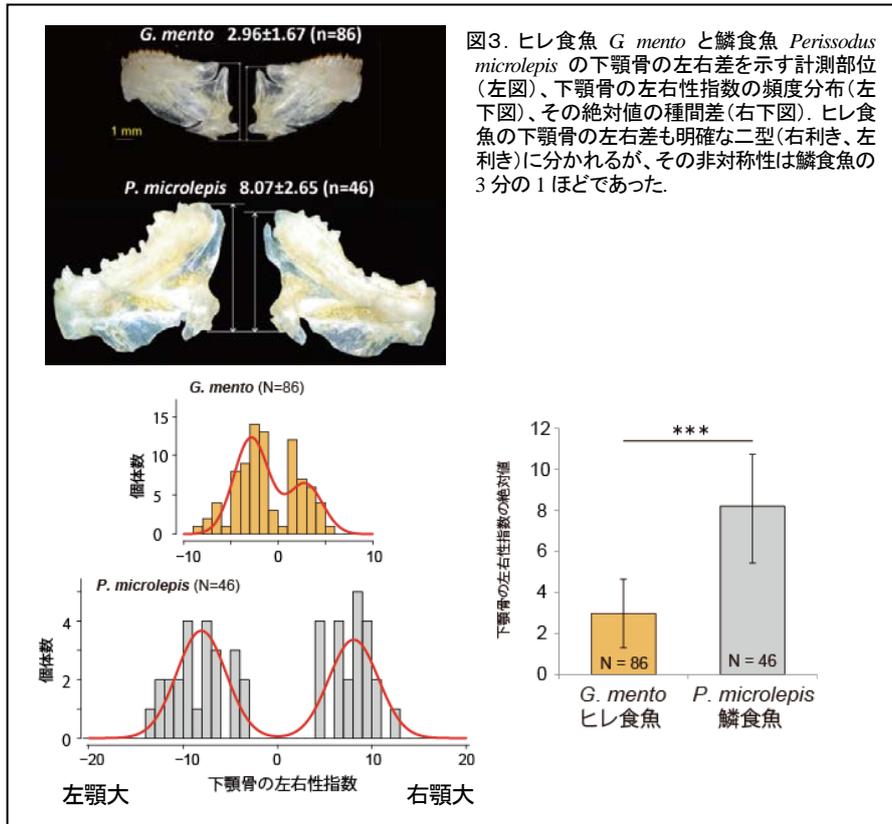


図3. ヒレ食魚 *G. mento* と鱗食魚 *Perissodus microlepis* の下顎骨の左右差を示す計測部位(左図)、下顎骨の左右性指数の頻度分布(左下図)、その絶対値の種間差(右下図)。ヒレ食魚の下顎骨の左右差も明確な二型(右利き、左利き)に分かれるが、その非対称性は鱗食魚の3分の1ほどであった。

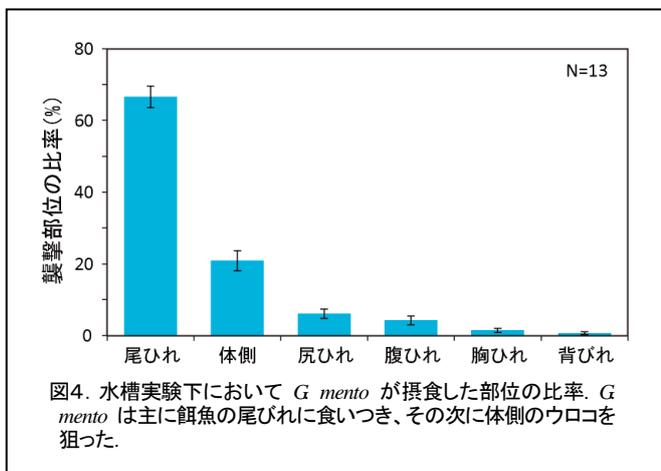


図4. 水槽実験下において *G. mento* が摂食した部位の比率。 *G. mento* は主に餌魚の尾びれに食いつき、その次に体側のウロコを狙った。



図5. *G. mento* が餌魚(キンギョ)の尾びれに食いつく瞬間。

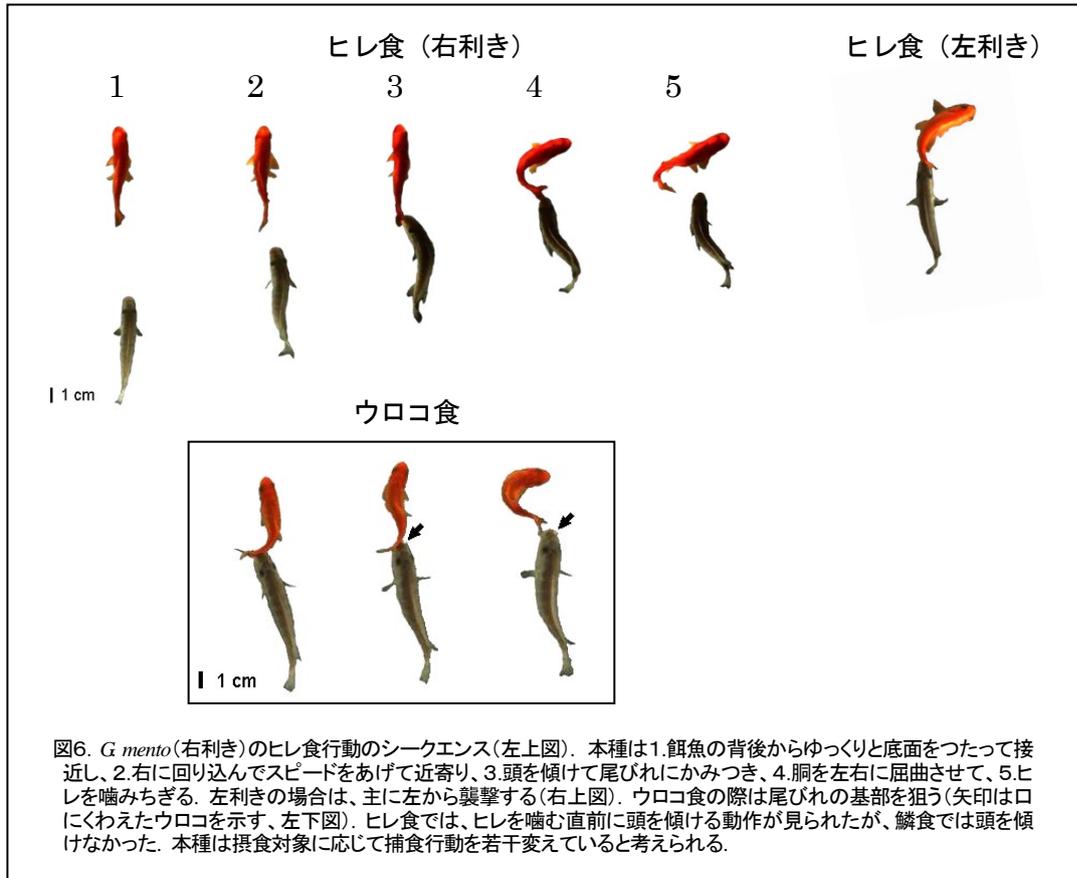


図6. *G. mento*(右利き)のヒレ食行動のシーケンス(左上図). 本種は1. 餌魚の背後からゆっくりと底面をつたって接近し、2. 右に回り込んでスピードをあげて近寄り、3. 頭を傾けて尾びれにかみつき、4. 胴を左右に屈曲させて、5. ヒレを噛みちぎる. 左利きの場合は、主に左から襲撃する(右上図). ウロコ食の際は尾びれの基部を狙う(矢印は口にくわえたウロコを示す, 左下図). ヒレ食では、ヒレを噛む直前に頭を傾ける動作が見られたが、鱗食では頭を傾けなかった. 本種は摂食対象に応じて捕食行動を若干変えていると考えられる.

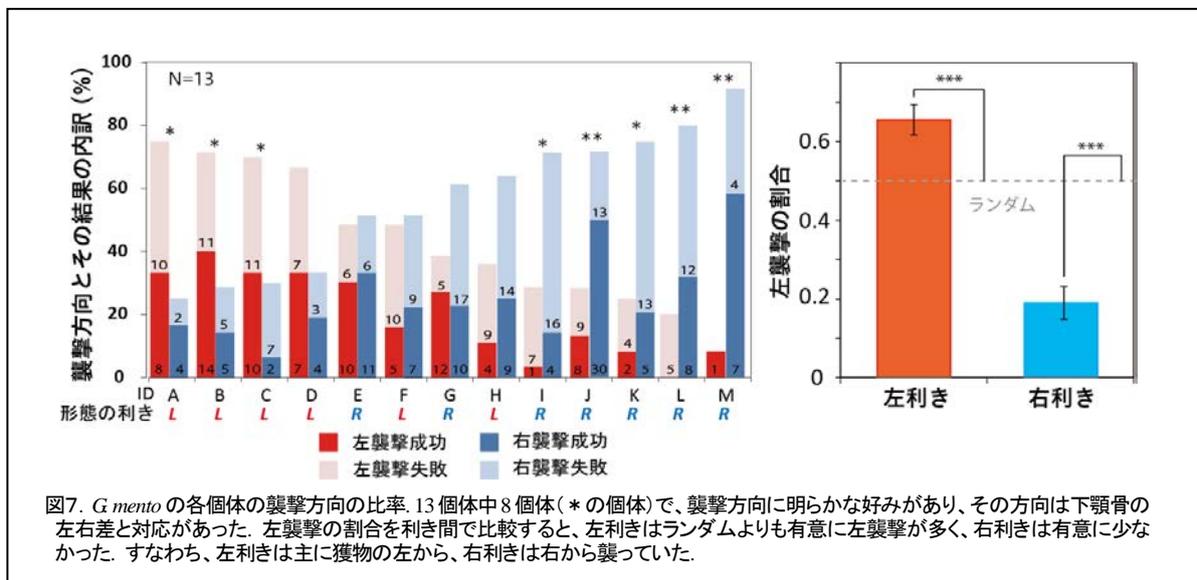
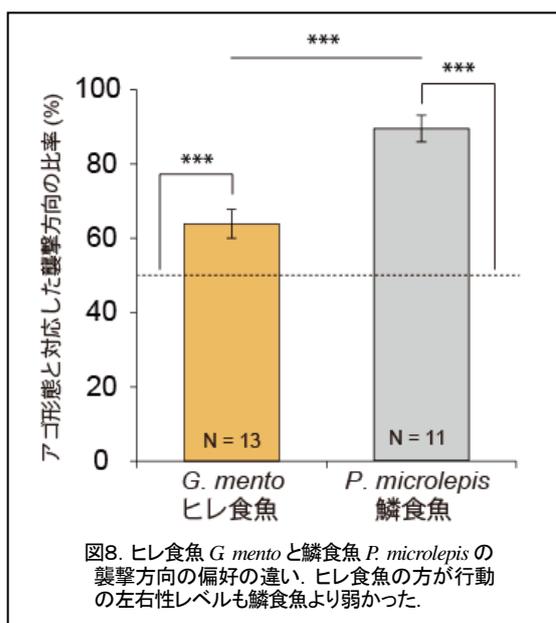


図7. *G. mento*の各個体の襲撃方向の比率. 13個体中8個体(*の個体)で、襲撃方向に明らかな好みがあり、その方向は下顎骨の左右差と対応があった. 左襲撃の割合を利き間で比較すると、左利きはランダムよりも有意に左襲撃が多く、右利きは有意に少なかった. すなわち、左利きは主に獲物の左から、右利きは右から襲っていた.



【用語説明】

- 注1)** シクリッド: スズキ目シクリッド科(カワスズメ科)魚類の総称である。主な分布域は、アメリカ大陸とアフリカ大陸であり、淡水から汽水に生息する。アフリカ古代湖のシクリッドは爆発的種分化を遂げたことで知られ、ビクトリア湖では約 300 種、タンガニカ湖では約 250 種、マラウイ湖では約 800 種が記載されている。
- 注2)** 鱗食魚: ここでは、アフリカ・タンガニカ湖に生息するシクリッド科魚類 *Perissodus microlepis* のことを指す。この魚は他の魚を襲い、身体のウロコをはぎ取って摂食する。成魚の場合、その胃内容物はほぼ 100%ウロコで占められる。著しい左右差をもつことから、行動学や進化学の教科書にもしばしば紹介されている。
- 注3)** 二山型分布: 二峰性分布とも呼ばれる。ある測定値の頻度分布を描いたときに、ピーク(山)が二つある分布のことを示す。今回の場合は、集団中に左利き個体で構成されるデータの山と右利き個体で構成されるデータの山の両方が存在している。

【論文情報】

掲載雑誌: The Journal of Experimental Biology

URL: <http://jeb.biologists.org/content/early/2018/11/29/jeb.191676>

DOI: 10.1242/jeb.191676

論文名: Detailed movement and laterality of fin-biting behaviour with special mouth morphology in *Genyochromis mento* in Lake Malawi

著者: Yuichi Takeuchi, Hiroki Hata, Atsushi Maruyama, Takuto Yamada, Takuma Nishikawa, Makiko Fukui, Richard Zatha, Bosco Rusuwa & Yoichi Oda

竹内 勇一 (富山大学大学院医学薬学研究部 (医学) 助教)、畑 啓生 (愛媛大学大学院理工学研究科准教授)、丸山 敦 (龍谷大学理工学部准教授)、山田 拓人 (富山大学医学部医学科)、西川 巧馬 (龍谷大学理工学部)、福井 眞生子 (愛媛大学大学院理工学研究科助教)、Richard Zatha (マラウイ大学生物学部教授)、Bosco Rusuwa (マラウイ大学生物学部教授)、小田洋一 (名古屋大学名誉教授・特任教授)



公開日：2018年12月3日20時（日本時間）

【本件に関する問い合わせ先】

富山大学 医学部（解剖学・神経科学）
助教 竹内 勇一
TEL. 076-434-7207, FAX. 076-434-5010
Mail: takeuchi@med.u-toyama.ac.jp

【報道対応】国立大学法人

富山大学総務部総務・広報課
(TEL) 076-445-6028
(FAX) 076-445-6063
E-mail: kouhou@toyama-u.ac.jp