

報道関係者 各位

鳥取大学医学部
令和4年5月19日

魚類ヒレの進化的起源に関する150年来の定説を覆す — 新規仮説:ヒレは削り出しで作られるのではない! —

日頃より、鳥取大学医学部の教育・研究活動へのご理解・ご協力をいただき、誠にありがとうございます。

このたび、本学の生命科学科・発生生物学分野の阿部玄武准教授が、ヒレの進化的起源の新たな仮説を提案する重要な研究成果として、ヒレ突出の発生メカニズムの獲得が正中ヒレ進化のカギになったことを発見しましたのでお知らせします。

つきましては、取材についてご理解とご協力を賜りますようよろしくお願い申し上げます。

【概要】

魚の正中ヒレ(背ヒレ・尻ヒレ・尾ヒレ)は多様な生態に関わる重要な器官です。正中ヒレの発生・進化の過程は、いくつかの仮説が提唱されていたにも関わらず明らかにされていませんでした。鳥取大学医学部生命科学科・発生生物学の阿部玄武准教授(本年3月まで東北大学大学院生命科学研究科助教)らのグループが国立遺伝学研究所の川上浩一教授との共同研究を行い、背ヒレがどのように発生するのかを、熱帯魚ゼブラフィッシュを用いて分子・細胞レベルで解析しました。この結果、発生初期に作り出される一続きの膜ヒレとは独立な「背ヒレを作る細胞の出現と増殖」により背ヒレが形成されることが明らかになりました。これは同時に、祖先の持つ一続きのヒレから「削り出された」のではなく「膜ヒレとは独立な細胞が出現・増殖する発生メカニズム」が新たに生じたことで正中ヒレが獲得されたことも示唆し、ヒレの進化的起源の新たな仮説を提案する重要な報告になります。

本研究結果は、令和4年5月7日付で Scientific Reports 誌に掲載されました。

また、本研究は、文部科学省科学研究費補助金および笹川科学研究助成の支援を受けて行われました。

研究の詳細については**別紙**をご覧ください。

【研究について】	【取材について】
鳥取大学 医学部 生命科学科 機能形態学講座 発生生物学分野 准教授 阿部 玄武(あべ げんぶ) TEL:0859-38-6233 E-mail:gembu.abe@tottori-u.ac.jp	鳥取大学米子地区事務部総務課広報係 TEL:0859-38-7037 FAX:0859-38-7029 E-mail:me-kouhou@adm.tottori-u.ac.jp

魚類ヒレの進化的起源に関する 150 年来の定説を覆す —新規仮説：ヒレは削り出しで作られるのではない！—

【発表のポイント】

- 魚は発生初期に一枚の膜ヒレを作り出し、成長が進むとこれが正中ヒレ（背ヒレ・尻ヒレ・尾ヒレ）へ置き換わります。
- 正中ヒレは膜ヒレからの「削り出し」で形成されると古くから考えられてきましたが、本研究での分子・細胞レベルの実験から、膜ヒレとは独立した「ヒレを作る細胞の出現と増殖」により正中ヒレが形成されることが明らかになりました。
- この結果は、進化の過程においても、ヒレ突出の発生メカニズムが新たに生じたことで、正中ヒレが獲得されたことを示唆します。

【概要】

魚の正中ヒレ(背ヒレ・尻ヒレ・尾ヒレ)は多様な生態に関わる重要な器官です。正中ヒレの発生・進化の過程は、いくつかの仮説が提唱されていたにも関わらず明らかにされていませんでした。鳥取大学医学部生命科学科・発生生物学の阿部玄武准教授（本年3月まで東北大学大学院生命科学研究科助教）・東北大学大学院生命科学研究科学生らのグループが、国立遺伝学研究所の川上浩一教授との共同研究を行い、背ヒレがどのように発生するのかを、熱帯魚ゼブラフィッシュを用いて分子・細胞レベルで解析しました。この結果、発生初期に作り出される一続きの膜ヒレとは独立な「背ヒレを作る細胞の出現と増殖」により背ヒレが形成されることが明らかになりました。これは同時に、祖先の持つ一続きのヒレから「削り出された」のではなく「膜ヒレとは独立な細胞が出現・増殖する発生メカニズム」が新たに生じたことで正中ヒレが獲得されたことも示唆し、ヒレの進化的起源の新たな仮説を提案する重要な報告になります。本研究結果は、5月7日付で Scientific Reports 誌に掲載されました。本研究は、文部科学省科学研究費補助金および笹川科学研究助成の支援を受けて行われました。

【詳細な説明】

現在見られる魚類の正中ヒレ（注1）は、背ヒレ・尾ヒレ・尻ヒレと、それぞれが分離・独立した形態を持ちます。魚の発生過程では、発生初期に作られる一続きの膜ヒレが正中ヒレへ置き換わることが知られております。また、正中ヒレの進化的起源に関して、これまで MFF 仮説（Median Fin Fold hypothesis）と呼ばれる仮説が支持されてきました。この仮説では分離した正中ヒレの獲得過程

を、「祖先動物の膜ヒレの一部が退縮することで、残った部分が正中ヒレとなった」とする「削り出し」を仮定しております。これは、現生魚類の発生過程で、一続きの膜ヒレから特定部位の退縮によって正中ヒレが作り出される、という形態学的記載を根拠としています。ただし、現生の魚類の膜ヒレから正中ヒレへ置き換わる過程は、分子・細胞レベルの解析が十分ではありませんでした。

そこで私たちは、膜ヒレから正中ヒレへ置き換わる過程を、熱帯魚ゼブラフィッシュを用いて分子・細胞レベルで解析し仮説を検証しました。まず私たちは、詳細な形態観察と細胞レベルの解析により、膜ヒレの退縮が正中ヒレ（特に背ヒレ）原基（注2）の出現の後に起こることを示しました。起こる順番が逆だったことから、膜ヒレの退縮が背ヒレ原基の出現に役割を果たしていないことがわかります。またこの膜ヒレの退縮は、体の成長に付随して起こっている、受動的な過程であることも示しました。一方、背ヒレ原基の形成は、特定の遺伝子発現を持つ間葉系細胞集団の出現と、その細胞の増殖によって起こることを見出しました。これらの結果から、ゼブラフィッシュの正中ヒレは、発生初期に作られる膜ヒレとは独立した発生メカニズムによって形成される事が示唆されました。

本研究の成果をもとに私たちは、分離した個別の正中ヒレの進化には、新たなヒレ原基発生メカニズムの「つけ加え」が重要だった、という脊椎動物の付属肢進化の新しい仮説を提案しました。

本研究は、文部科学省科学研究費補助金（JP22K06232,JP22H02627,JP21H05768,JP21H02463,JP21K19202,JP20H05024,JP20H04854,JP18H02446,JP18K06239,JP16K18546）、文部科学省のゼブラフィッシュバイオリソースプロジェクト（NBRP）（JP21km0210087）、および日本科学協会の笹川科学研究助成による助成を受けて行われました。

【用語説明】

（注1）ヒレ：ヒレは、正中線上に1枚ずつある正中ヒレ（背ヒレ・尻ヒレ・尾ヒレなど）と体側に対となって存在する有対ヒレ（胸ヒレや腹ヒレ）の2種類に分けられる。正中ヒレは有対ヒレよりも先に獲得されたと考えられている。

（注2）原基：器官が形成される初期の段階で、機能や形態が十分形成されていない状態の細胞群。

【図】

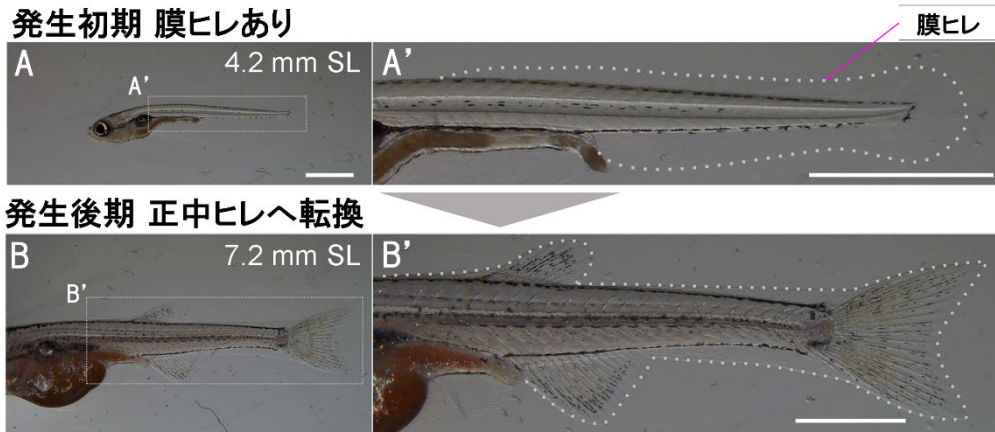


図1 ゼブラフィッシュの発生過程

発生初期に作られた膜ヒレが正中ヒレへと置き換わる。
膜ヒレのうち、部位特異的に退縮が起こり残った部分が正中ヒレになると考えられていた。

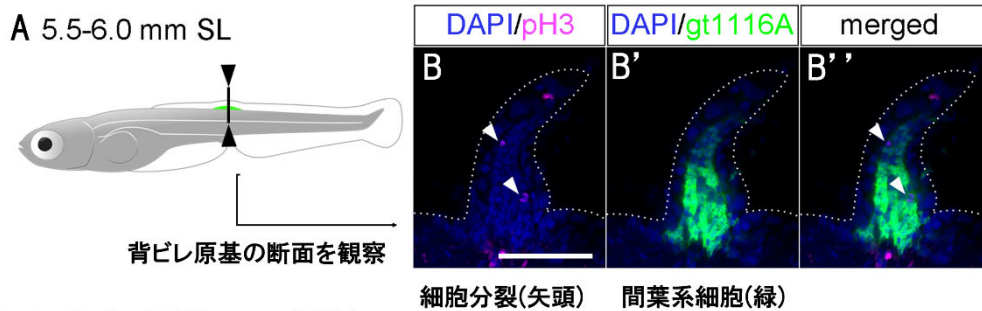


図2 背ビレ原基の形成過程

背ビレが作られる領域で将来背ビレとなる間葉系細胞の出現が確認された(Aでの緑)。
この細胞では細胞増殖が検出された(B, B''での矢頭で示したピンクのシグナル)。

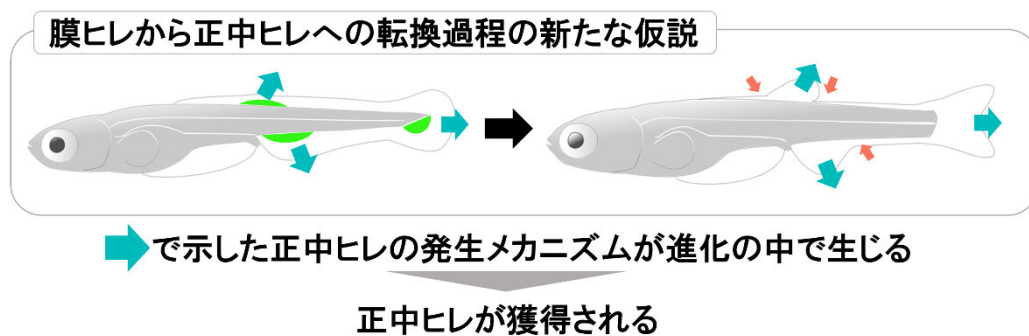


図3 正中ヒレの発生過程と獲得過程の新たな仮説

正中ヒレが作られる領域で間葉系細胞が出現・増殖することで正中ヒレが形成(青矢印)。
全身の成長に伴い、膜ヒレが退縮(オレンジ矢印)
青矢印で示した発生メカニズムが進化の中で生じたことで、正中ヒレが獲得された

【論文題目】

題目：Developmental Independence of Median Fins From the larval Fin Fold
Revises Their Evolutionary Origin

著者：Kazuhide Miyamoto, Koichi Kawakami, Koji Tamura, Gembu Abe*
(*：責任著者)

雑誌：Scientific Reports

12, 7521 (2022)

DOI：10.1038/s41598-022-11180-1