

2022年 5月 18日

報道機関 各位

東北大学大学院生命科学研究科
情報・システム研究機構国立遺伝学研究所

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】

- ・ 魚類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）^{註1}に置き換わります。
- ・ 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、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を明らかにしました。
- ・ この結果は、ヒレを作る細胞が出現・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進化の中で獲得されたことを示唆します。

【概要】

魚類の正中ヒレ（背ヒレ・尻ヒレ・尾ヒレ）は、遊泳などにおいて重要な器官です。正中ヒレの発生・進化の過程については、150年前に提唱された、膜ヒレからの「削り出し」で形成されるという仮説が信じられてきました。東北大学大学院生命科学研究科の宮本知英氏（博士課程前期学生）・阿部玄武助教（現・鳥取大准教授）らのグループは、情報・システム研究機構国立遺伝学研究所の川上浩一教授と共同研究を行い、熱帯魚ゼブラフィッシュを用いて背ヒレの発生過程を分子・細胞レベルで解析しました。この結果から、背ヒレは発生初期に作り出される一続きの膜ヒレとは独立した「背ヒレを作る細胞の出現と増殖」によって形成されることを明らかにしました。これは、背ヒレは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」の新たな出現によって正中ヒレが獲得されたことを示唆するもので、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。魚類の発生過程では、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います。また、正中ヒレの進化的起源に関して、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して残った部分が正中ヒレとなった」と想定する「削り出し」仮説が 150 年前から信じられていました。この仮説は MFF 仮説 (Median Fin Fold hypothesis) と呼ばれています。この仮説は、現生魚類の発生過程でも同様に一続きの膜ヒレの特定部位が退縮することにより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、現生魚類の膜ヒレから正中ヒレへ置き換わる過程の、分子・細胞レベルの解析は十分ではありませんでした。

そこで宮本氏らは、熱帯魚ゼブラフィッシュを用いて膜ヒレから正中ヒレへ置き換わる過程を分子・細胞レベルで解析し、仮説を検証しました。まず研究グループは、詳細な形態観察と細胞レベルの解析により、正中ヒレを作らない部位の膜ヒレの退縮が背ヒレ原基^{注2}の出現の後に起こり、膜ヒレの退縮が背ヒレ原基の出現において役割を果たさないことを示しました。またこの退縮が、背ヒレ原基形成後の体の成長に付随して起こってい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を発現する間葉系細胞の出現と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ことが示唆されました。

さらに発生過程の解析を元に、分離した個別の正中ヒレの獲得には「正中ヒレを作り出す発生メカニズム」が新たに生じたことが重要だった、という 150 年前からの定説を覆す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 (JP 22K06232、JP 22H02627、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】

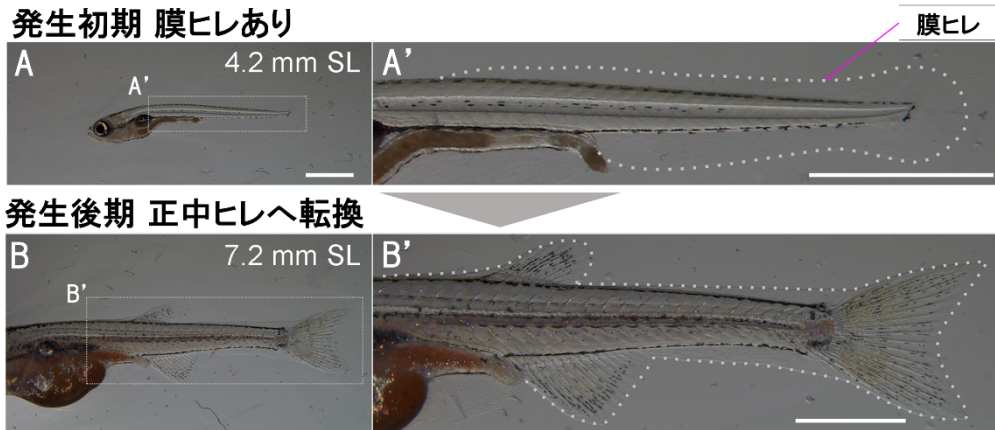


図1 ゼブラフィッシュの発生過程

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。

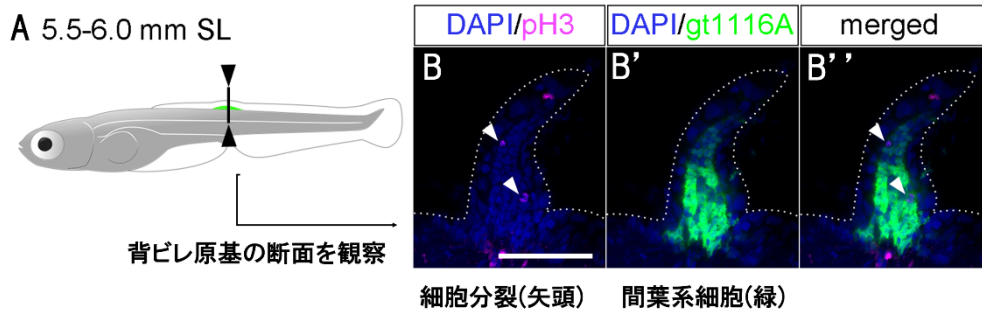


図2 背ビレ原基の形成過程

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)。

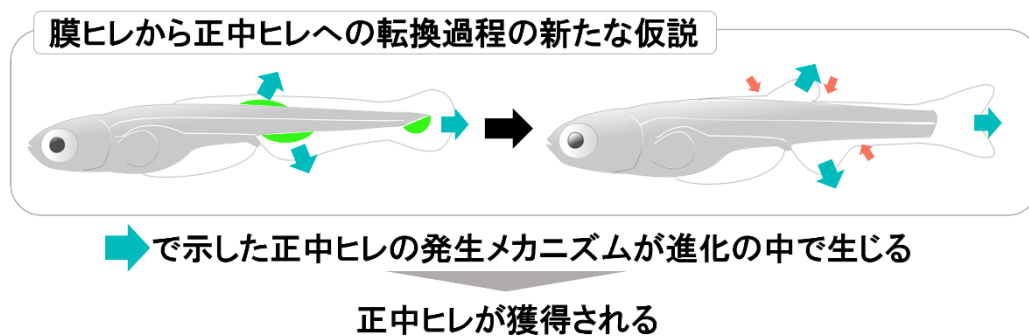


図3 正中ヒレの発生過程と獲得過程の新たな仮説

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

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

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)

東北大学大学院生命科学研究科生態発生適応科学専攻

動物発生分野

教授 田村 宏治 (たむら こうじ)

(報道に関すること)

東北大学大学院生命科学研究科広報室

担当 高橋 さやか (たかはし さやか)

国立遺伝学研究所リサーチ・アドミニストレーター室

広報チーム