

令和 7 年 10 月 15 日

大学研究者 × メダカ愛好家の“コラボ”で、ワイドフィンの謎解明 —同じ遺伝情報でありながら、ヒレの形が異なる理由—

1 ポイント

- 大学研究者とメダカ愛好家がコラボし、「ワイドフィン・メダカ」の形態の違いを解析。
- 同じ遺伝情報をもつにもかかわらず、背ヒレや尻ヒレの形が異なる原因を特定。
- ヒレの後方を決める Hox 遺伝子に、巨大トランスポゾン「Teratorn」が挿入されていることを発見し、これが周辺遺伝子に影響して、ヒレ形態の多様性を生み出していることを明らかにしました。



図 1. 改良メダカの飼育場にて記念撮影

右から、この研究を担当した小井田理奈さん、埼玉大学の川村哲規准教授、宇都宮大学の松田勝教授、そして一番左が、今回の研究の出発点となったワイドフィン・メダカを作出した山本健二さん。地面に並ぶ青い容器には、改良メダカが多数飼育されている。

2 概要

日本各地で生み出される「改良メダカ」は、愛好家による創意工夫と研究者の科学的分析が結びつくことで、発生や進化の新たな理解へと貢献しつつあります。埼玉大学大学院理工学研究科・生体制御学プログラムの川村哲規 准教授、同大学大学院生の小井田理奈さん（2024 年度博士前期課程修了）、宇都宮大学・バイオサイエンス教育研究センターの松田 勝 教授を中心とした研究グループは、国立遺伝学研究所の前野哲輝 技術専門職員、そしてメダカ愛好家の山本健二さんが“コラボ”して（図

1)、背ヒレと尻ヒレが大きく広がる「ワイドフィン・メダカ」にみられる、同じ遺伝子を有していながら体の形が異なる原因を解明しました。

本研究成果は 2025 年 10 月 7 日に遺伝学分野で最も歴史ある専門誌『Genetics』(米国遺伝学会発刊)にオンラインで掲載されました。

3 研究内容

近年、全国的に「改良メダカ」の作出がブームとなり、体色や形態においてきわめて多様な品種が生み出されています。その数はすでに 1,000 種近くにのぼり、中には一見してメダカとは思えないほど独特な姿をもつものも存在します。さらに、各地では改良メダカの品評会が定期的に行われ、さまざまな品種が公開されることで、一般市民や愛好家からの注目も一層高まっています。

改良メダカは、偶発的に生じた遺伝子変異によって誕生したものです。現在、研究者の間でもこの改良メダカが大いに注目されています。なぜならば、自然界や飼育下で偶然に生じる変異の中には、研究室で意図的に作出することが難しいものもあり、そうした思いがけない変異から新たな生物学的知見が得られる可能性があるためです。さらに、これほど多様な形質をもつ改良メダカの豊富な系統資源を活用できるのは世界でも日本だけであり、研究者にとってはまさに「宝の山」といえます。

今回研究対象となったのは、埼玉県加須市在住のメダカ愛好家・山本健二さんが最初に発見し、「ワイドフィン」と名付けられた改良メダカです。背ヒレと尻ヒレの幅が通常よりも大きく広がるという特徴をもつこの品種は、改良メダカブームの中でもひととき異彩を放つ存在です(図 2)。

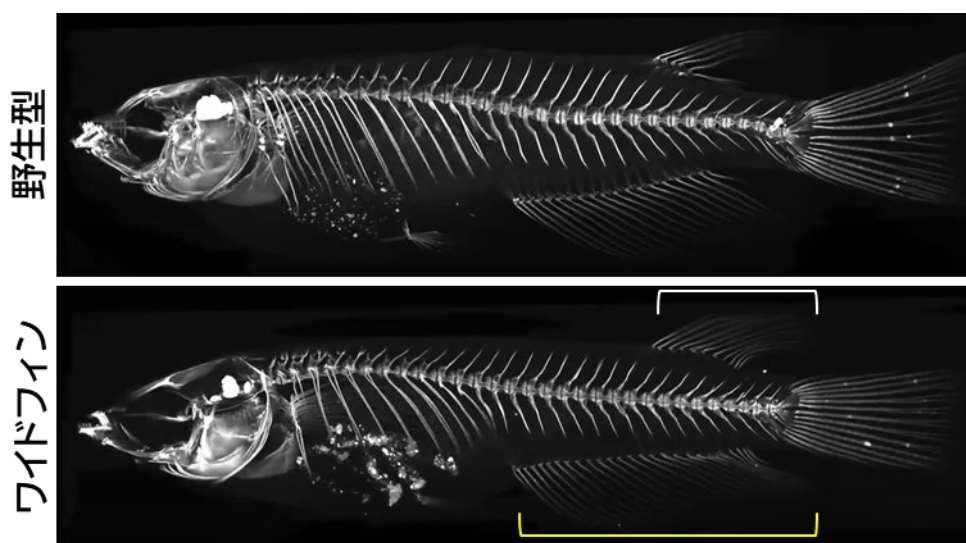


図 2. ワイドフィンの CT スキャン像

背ヒレと尻ヒレが後方へと拡大する改良メダカ

この研究の発端となったのは、ワイドフィン・メダカにみられる不思議な現象でした。ワイドフィン同士を交配させて得られた子世代では、ヒレの長い個体が多くみられる一方で、さらにヒレが長くなるメダカや、全く反対に背ヒレそのものが消失してしまうメダカも誕生しました。これらはいずれも同じゲノム情報をもつと考えられる個体でありながら、なぜこのような違いが生じるのか——この素朴な疑問こそが、本研究の出発点となりました(図 3)。

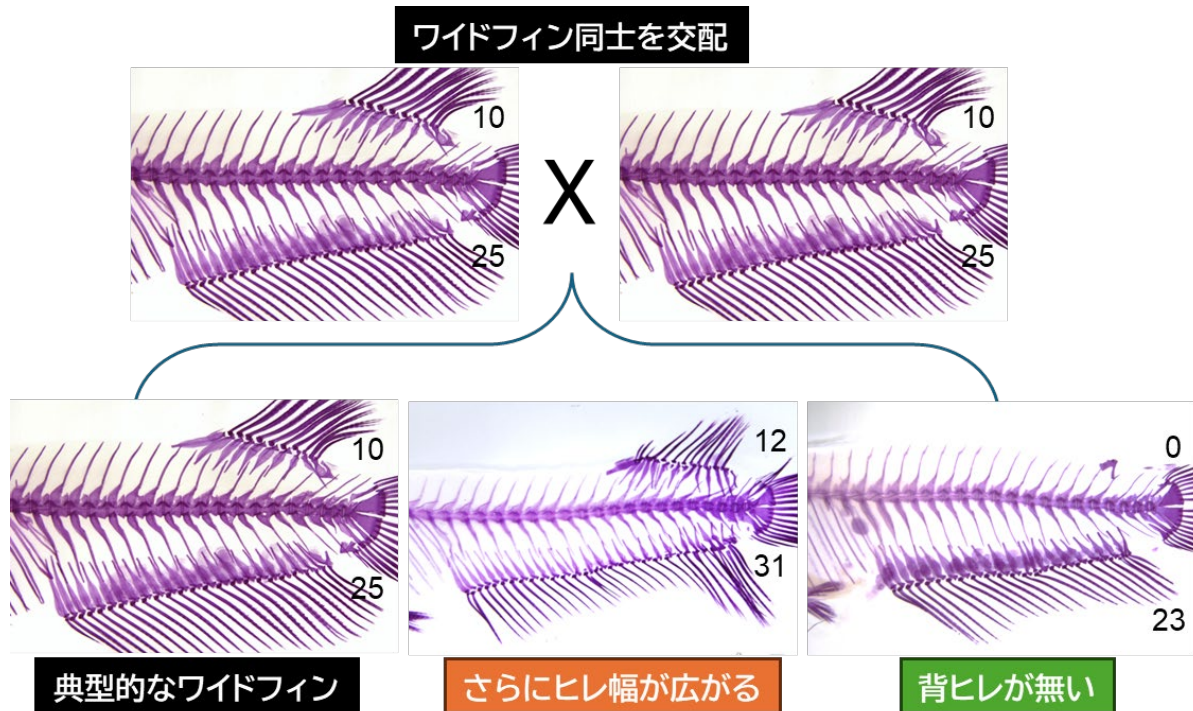


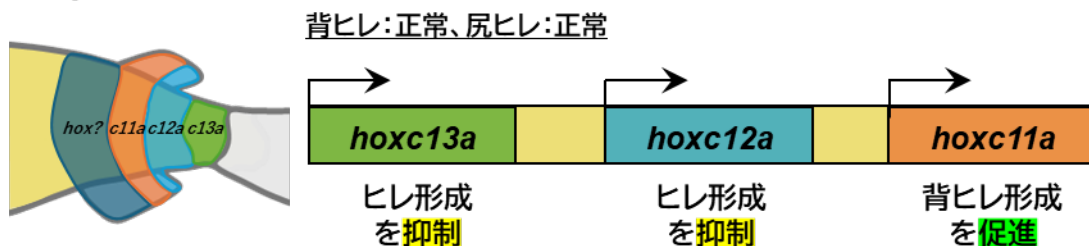
図 3. ワイドフィン同士を交配して得られた子のなかには、典型的なワイドフィンのみならず、さらにヒレ幅が広がるメダカや背ヒレが無いメダカが生じる。右上には、背ヒレの鰭条数、右下には尻ヒレの鰭条数を示した。

大学研究者側はこれまでの研究から、背ヒレおよび尻ヒレの形成を促す Hox 遺伝子と、それを抑制する Hox 遺伝子が存在し、ヒレの形成される前後の領域がそれぞれ異なる Hox 遺伝子によって決定されていることを明らかにしてきました(Adachi et al., 2024)。今回、ワイドフィン・メダカの全ゲノム配列を次世代シーケンサーにより解析した結果、ヒレの後ろ側を決めている Hox 遺伝子に、巨大なトランスポゾン「Teratorn」が挿入されていることが分かりました。この遺伝子が機能しない結果、ヒレが拡大していることが明らかになりました。

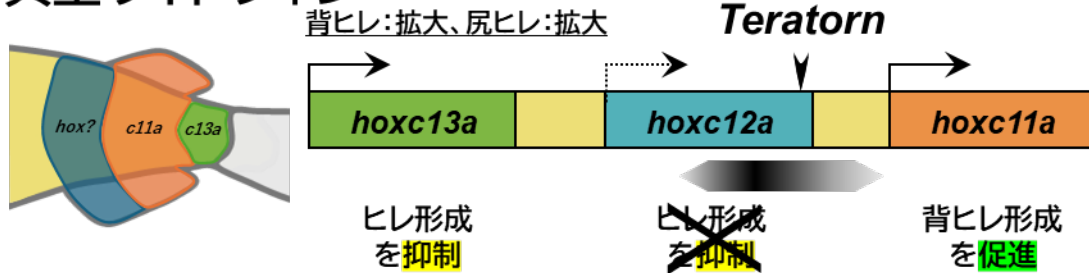
この Teratorn トランスポゾンは、これまで知られているトランスポゾンの中で最も巨大であり、ヘルペスウイルス由来のゲノムとトランスポゾンが融合した極めて特異な「動く遺伝子」です(Inoue et al., 2017)。その挿入は、まるで閑静な住宅街の一角に突然、超高層ビルが建てられたような出来事にたとえられま

す。巨大な構造物が周囲の環境を一変させるように、Teratorn の挿入によってその周囲の遺伝子環境も大きく変化し、遺伝子の働き方に影響を及ぼすのです(図 4)。

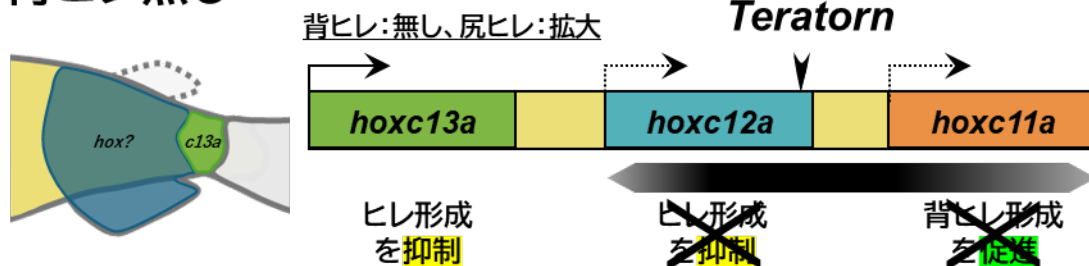
正常メダカ



典型ワイドフィン



背ヒレ無し



ヒレさらに拡大

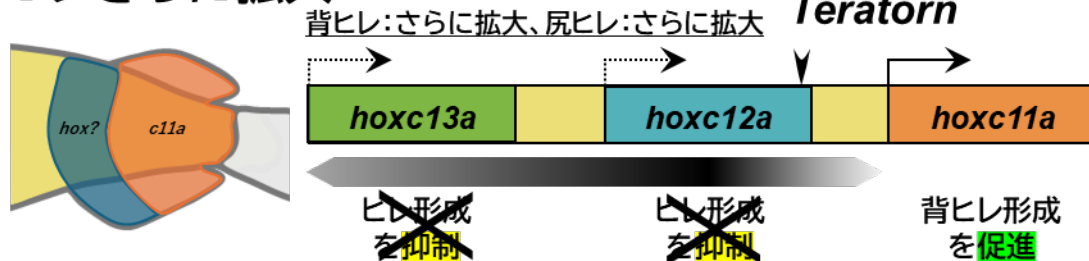


図 4. メダカのヒレが形成される領域は、隣接する異なる Hox 遺伝子によって決定されている。巨大トランスポゾン Teratorn が hoxc12a 遺伝子座に挿入されることで、ヒレ形成を抑制する機能が失われ、その結果、ヒレ幅が広がる「ワイドフィン」となる。Teratorn の影響は周辺の遺伝子にも及ぶことがあり、そ



の結果、背ヒレが消失した個体や、さらにヒレが拡大した個体が生じる場合がある。Teratorn は約 180 kb (18 万塩基対) におよび、図に示した hox13a-hoxc11a 領域 (約 30 kb) の 6 倍以上の長さをもつ。

ワイドフィン・メダカで観察された背ヒレが消失してしまう個体は、Teratorn の挿入によって隣接するヒレ形成を促す Hox 遺伝子が影響を受け、機能しなくなった結果、生じたと考えられます。一方、さらにヒレが長くなる個体は、ヒレ形成を抑制する遺伝子の隣に、より後方に位置するヒレ形成抑制 Hox 遺伝子が存在しており、この遺伝子が機能しなくなったことに起因する可能性が示唆されました。こうしたワイドフィン・メダカでみられる多様な表現型は、巨大なトランスポゾン Teratorn の影響範囲の違いによって生じるものと考えられます。

本研究は、愛好家によって育まれた改良メダカという我が国独自の生物資源を科学的に解析し、その発生生物学的意義を明らかにした点に大きな意義があります。改良メダカは、遺伝的多様性に富み、世界のどの国にも存在しない日本独自の研究リソースです。これらを活用することで、研究室では得がたい変異の仕組みを解き明かし、生物の形づくりに関する新たな原理を見いだせる可能性があります。

さらに、ワイドフィンの発見者である山本健二さんは、この系統をもとにさらなる改良を進め、ごく稀に、背ヒレ・尻ヒレ・尾ヒレの付け根がすべて連続してつながる個体も見出しています。この特異な形態は、ワイドフィンが今なお進化の途上にあり、新たな多様性を生み出すポテンシャルを秘めていることを示しています。

このように、メダカ愛好家の観察眼と育種の努力、そして大学研究者による科学的解析が相まって進む研究は、日本ならではの生物多様性研究の新しいモデルとなりつつあります。今後も、こうした協働を通じて改良メダカの多様性から生物の形態進化の理解をさらに深め、日本発の研究成果として世界に発信していくことを目指しています。

4 論文情報

掲載誌	GENETICS
論文名	The phenotypic variation of widefins medaka is due to the insertion of a giant transposon containing a viral genome within hoxca cluster
著者名	Rina Koita, Shunsuke Otake, Natsuki Fukaya, Kenji Yamamoto, Akiteru Maeno, Haruna Kanno, Masaru Matsuda, Akinori Kawamura 小井田理奈 ^{1,2} 、大竹俊資 ² 、深谷菜月 ² 、山本健二 ³ 、前野哲輝 ⁴ 、菅野晴奈 ¹ 、松田勝 ² 、川村哲規 ¹

	1 埼玉大学大学院理工学研究科 2 宇都宮大学 バイオサイエンス教育研究センター 3 北辻メダカ 4 情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所
DOI	10.1093/genetics/iyaf218
URL	https://doi.org/10.1093/genetics/iyaf218

5 研究支援

科学研究費補助金 基盤研究(C) (23K05790)
国立遺伝学研究所 NIG-JOINT(A) (31A2023, 26A2024)

6 用語解説

改良メダカ(かいりょうめだか)

観賞用に品種改良されたメダカの総称。日本各地の愛好家によって体色や形態が多様化しており、現在では 1,000 品種近くが存在するといわれる。その形態多様性は、見た目の美しさだけでなく、発生や進化の研究においても重要な手がかりを与えてくれる。

ワイドフィン・メダカ(widefins medaka)

背ヒレと尻ヒレが通常よりも大きく広がる独特の形態を示す改良メダカ。埼玉県の愛好家・山本健二氏が作出・発見した系統。

Hox 遺伝子(ホックス遺伝子)

動物の体を前後方向に区切り、各部分にどのような構造(頭・胴・尾など)が形成されるかを決定する遺伝子群。すべての動物に共通して存在する。ヒレや手足の位置を決める際にも重要な働きをもつ。

トランスポゾン(transposon)

ゲノムの中を「動き回る」ことができる DNA。ある遺伝子の間に入り込むことで、周囲の遺伝子の働きを変えることがある。今回発見された「Teratorn」は、その中でも特に巨大で、ウイルス由来の配列を含む特殊なタイプ。

Teratorn(テラトーン)

ヘルペスウイルスの DNA とトランスポゾンが融合した、全長約 18 万塩基対に及ぶ“巨大トランスポゾン”。もともとメダカで発見されたもので、遺伝子の働きを大きく変える可能性がある。今回、ワイドフィン・メダカの Hox 遺伝子領域に挿入されていることが判明した。



大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構
国立遺伝学研究所

次世代シーケンサー (Next Generation Sequencer, NGS)

DNA 配列を一度に大量に読み取ることができる装置。従来の方法よりも高速・高精度に全ゲノム解析を行うことができるため、突然変異の検出などに用いられる。

表現型 (ひょうげんけい / phenotype)

遺伝情報 (DNA) が実際に形や性質として現れたもの。例えばヒレの長さや色、形の違いなどは、遺伝子の働き方によって生じる表現型の一例。

鰭条 (きじょう / fin ray)

魚のヒレを支える細長い骨状の構造。ヒレの形や大きさは、この鰭条の数や配置によって決まるため、魚の種類や形態を識別する上で重要な指標となる。ワイドフィン・メダカでは、通常よりも鰭条数が増えることがヒレの拡大と関係している。