

2024年7月8日

報道機関各位

国立大学法人埼玉大学

情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所

国立大学法人宇都宮大学

魚に首の骨(頸椎)はあるのか？
—脊椎動物の共有形質「背骨」の進化を探る—

【発表のポイント】

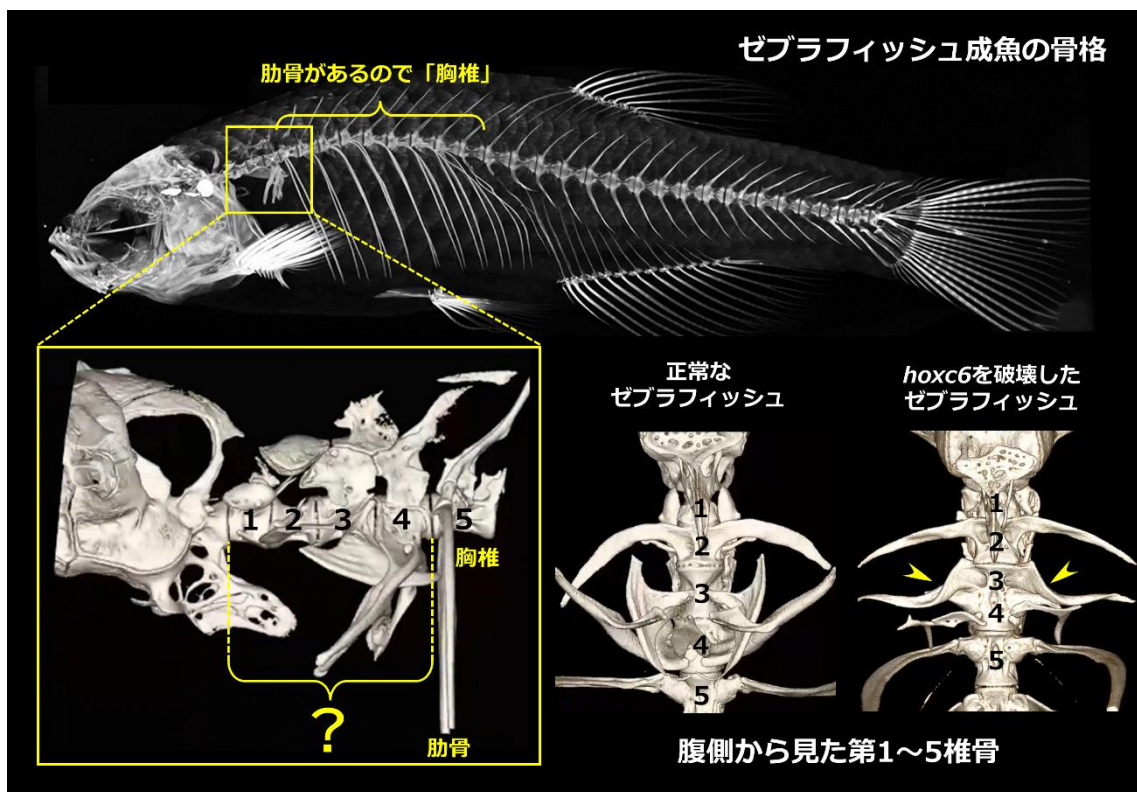
- ◆マウスを用いたこれまでの研究から、さまざまな Hox 遺伝子が椎骨の個性を決定することが示されていました。今回、Hox 遺伝子を破壊したゼブラフィッシュを多数作製し、どの椎骨に影響するかを調べました。
- ◆マウスで最前部の胸椎(肩の位置)を決める Hoxc6 と同じ遺伝子をゼブラフィッシュで壊した結果、前方の椎骨の一部に異常が生じたことから、首の骨のように見えた椎骨は元々「胸椎」であったことが分かりました。
- ◆この研究から、哺乳類の殆どは頸椎を 7 つもつものに対し、魚は 1 つしかもたない可能性が示されましたことから、脊椎動物は陸上に進出した後、「頸椎」の数を増加させ、複雑な機能をもつ「首の構造」を発達させたことが示唆されました。

【概要】

脊椎動物のからだに共通してみられる背骨は、椎骨が連なった繰り返し構造をしています。ヒトの各椎骨は前方から、首の骨である「頸椎」、肋骨と接続する「胸椎」、そして「腰

椎」、「仙椎」、「尾椎」と分かれています。魚にも肋骨があり、魚も「胸椎」をもっていることがわかります。では、魚に首の骨、「頸椎」はあるのでしょうか。この問いは、脊椎動物の「背骨の進化」を紐解くうえで非常に重要です。

埼玉大学大学院・理工学研究科 生体制御学プログラム 川村哲規 准教授と国立遺伝学研究所 前野哲輝 技術専門職員は、宇都宮大学・バイオサイエンス教育研究センター 松田 勝 教授、岩波礼将 特任准教授らと共同で、椎骨の個性をもたらす *Hox*(ホックス) 遺伝子を壊したゼブラフィッシュやメダカを多種類作製し、どの位置の椎骨に異常が生じ、椎骨の個性を決めているかを調べました。その結果、魚の2番目の椎骨は「胸椎」と考えられ、魚の最前部の椎骨のみが「頸椎」と類似した性質をもつ可能性を示しました。本成果は、発生生物学の専門誌『Development』に6月28日付でオンラインにて掲載されました。



【研究内容】

異なる動物を比較する際には、形態比較が基本です。しかし、魚の最前方の椎骨は哺乳類とは形態が大きく異なるため、これまで比較できず、対応関係が不明でした。マウスの

研究から、Hox 遺伝子がそれぞれの椎骨の個性をもたらすことが示されています。例えば、Hoxc6 は最も頭部側の胸椎(肩の位置)を決めています。ゼブラフィッシュは 5 番目の椎骨から、肋骨と接続する「胸椎」をもちます。では、より頭部側にある 1~4 番目の椎骨は「頸椎」なのでしょうか。このような素朴な疑問から、研究がスタートしました。ゼブラフィッシュの Hoxc6 遺伝子を壊した魚を作製した結果、3、4 番目の椎骨に異常が生じました。この結果から、ゼブラフィッシュの3、4 番目の椎骨は、もともとは「胸椎」であり、肋骨が変形して「胸椎」と判断できないほど変化したことが示唆されます。さまざまな Hox 遺伝子を破壊したゼブラフィッシュやメダカを解析した結果、最前部の椎骨のみが、「頸椎」と類似した性質をもつ可能性が示唆されました。マウスでは 7 つある「頸椎」の個性付けをする Hox 遺伝子がいくつか示されています。しかし、ゼブラフィッシュでは同じ Hox 遺伝子はもっていますが、椎骨の個性付けに関与していない可能性が示唆されました。さらに本研究から、魚は「頸椎」と類似した椎骨を1つしかもたないと考えられます。ヒトをはじめ哺乳類の殆どは頸椎を7つもちます。本研究結果から、脊椎動物は陸上に進出した後、「頸椎」の数を増加させ、複雑な機能をもつ「首の構造」を発達させたことが示唆されます。

【用語解説】

「Hox 遺伝子群」

動物の発生において、からだに位置情報をもたらす(座標のような)役割をもつ重要遺伝子群。ショウジョウバエを使った研究で見出されたホメオティック遺伝子が端緒であり、ヒトをはじめとする脊椎動物において Hox 遺伝子が存在することが示され、1995 年に3人の研究者にノーベル生理学・医学賞が授与された。脊椎動物では、1~13 番の Hox 遺伝子が並んだ遺伝子クラスターを形成する。ゼブラフィッシュでは、7つの遺伝子クラスターに合計 49 個の Hox 遺伝子が存在している。

「頸椎」

一般的に、「胸椎」よりも頭部側に位置する椎骨。一部のナマケモノやマナティーを除き、ヒトやキリン、クジラをはじめ哺乳類では頸椎の数は 7 個である。一方で、鳥の頸椎の数は、ニワトリが 14 個であるように、11~25 個と哺乳類よりも多い。また、両生類のカエルの頸椎は1つとされる。さらに、中生代に生息した首長竜のなかには、70 個以上の頸椎をもっていたことが化石研究から示されている。

【論文情報】

掲載誌 Development
論文名 **The Hox code responsible for the patterning of the anterior vertebrae in zebrafish**
(ゼブラフィッシュの前方脊椎骨のパターニングを司る Hox コード)
著者名 Akiteru Maeno, Rina Koita, Hidemichi Nakazawa, Renka Fujii, Kazuya Yamada, Sae Oikawa, Taisei Tani, Mizuki Ishizaka, Koumi Satoh, Atsuki Ishizu, Takumi Sugawara, Urara Adachi, Morimichi Kikuchi, Norimasa Iwanami, Masaru Matsuda, and Akinori Kawamura

前野哲輝¹、小井田理奈²、中澤秀道²、藤井蓮花²、山田一哉²、及川紗英²、
谷 太晟²、石坂瑞樹²、佐藤こうみ²、石津克己²、菅原拓海²、安達うらら²、
岩波礼将³、松田 勝³、川村哲規²

¹情報システム研究機構・国立遺伝学研究所

²埼玉大学大学院・理工学研究科 生体制御学プログラム

³宇都宮大学・バイオサイエンス教育研究センター

DOI 10.1242/dev.202854

【研究支援】

科学研究費補助金 基盤研究(C) 18K06177, 23K05790

国立遺伝学研究所 NIG-JOINT 38A2019, 7A2020, 66A2021,
18A2022, 31A2023

成茂動物科学振興基金 2021年

【問い合わせ】

(研究に関して)

国立大学法人埼玉大学 大学院理工学研究科 生体制御学プログラム 准教授

川村 哲規 (カワムラ アキノリ)

情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所 技術専門職員
前野 哲輝(マエノ アキテル)

国立大学法人宇都宮大学 バイオサイエンス教育研究センター 教授
松田 勝(マツダ マサル)