

# 魚の尾鰭の形について

## On the Shape of Caudal Fins of Fish

柴 岡 与志夫

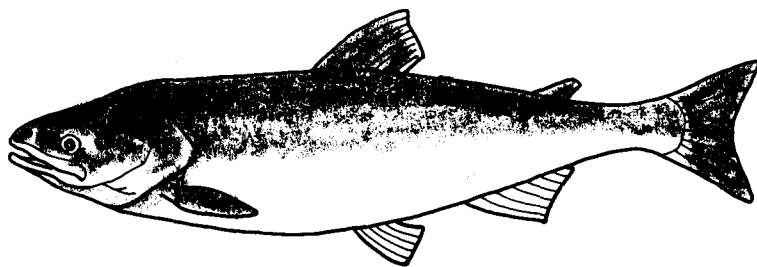
### 1 はじめに

我々にとって水中に生息している動物のうち、最も親しみを感じるものは魚類であろう。魚類のうち鮭や鯉の様なものと、鰻や太刀魚などとは形態上著しい相異があるが、各種属は太古の昔から同種属間及び異種属間の厳しい生存競争に打ちかつため、永年にわたる適応と進化の結果現在の様な形態を具えるに至ったと考えられる。

大部分の魚は遊泳運動を行うが、鮭や鮪の様な形態を持っている魚類の遊泳についての尾鰭の適応について述べる。

尚ここで述べることは筆者が自分の研究、又は考察の結果得られたものではなくて、他の多くの研究者の論文や書物を読み或いは講演などを聴き得た知識を整理し、紹介するものであることをことわっておき度い。

### 2 鯉や鮭の遊泳



第1図 鮭(さけ)

鮭や鯉の様な魚類が前方へ泳ぐ場合には、背鰭、胸鰭、腹鰭、尻鰭、尾鰭などの各鰭を用いるが最も重要な働きをするものは尾鰭である。尾鰭以外の各鰭は主として体の安定を

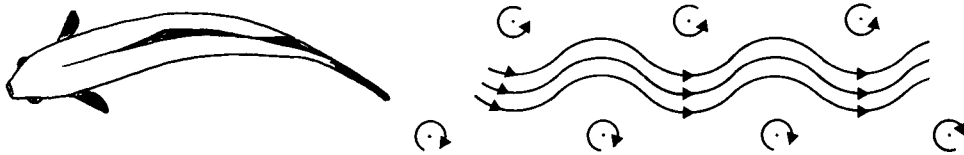
## 魚の尾鱗の形について

保つための役目を果たしていると思われる。

即ち後部に近くなるにつれて次第に扁平になっている体の後半部分と、その後端についている尾鱗とを左右に振動させて水を押しその反作用として推進力を得る方法である。

さらに尾鱗はもう一つ他の方法で前進運動を助けている。それは水面近くを泳いで居る魚が急に向きを変えるときなどに、尾鱗の後方に小さな渦が出来ているのをよく見かける。

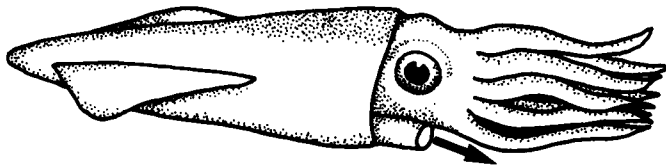
これと同じ様に尾鱗を振動させることによって、後方水中に渦の柱の列を作る。その様子を上から眺めたところを平面的な図で示すと、尾鱗を左右に振動させることによって後方に第2図の様に、水中にお互いに水の回転運動の向きが反対になっている千鳥型に並んだ渦の列が作られる。



第2図 魚の背後の渦列

その結果魚の背後には図に示す様な矢印の向きに流れる水流が発生する。従って魚は後方に向う一種の流れを作りその反動として前向きに推進力を得る。即ち一種の jet propulsion を行っていることになる。

この様に jet を利用する推進方法はいか（烏賊）やある種のくらげ（水母）なども用いており、いかは体内の水を細い管によって体外に排出する方法で、敵に追われた時など毎秒4メートル近い速さで泳ぐものもある。



第3図 いか

体の後半部分を波状に動かして前進する方法は水の様な流体の中ではすぐれた推進方法であろうと思われる。それは蛙や鯉の様な高等な魚類のみならず、鯨やいるか等の水中に棲む大型の哺乳類や鰐などの爬虫類もこの泳法を利用して居り、永年にわたる進化の結果と考えられる。

ただ魚類と鯨類との相異点は前者は扁平な尾鱗を水平に左右に振動させるが、後者は水

平に広がった尾鰭を上下に振動させることである。鯨類は呼吸のため水面上に体の一部を出したり沈めたりするが、このための適応と考えられる。又高等動物の精子もこの運動方法を用いていることは極めて興味深い。

この方法は水の様な流体（液体）に対しては極めて有効であると思われるが、空気の様な流体（気体）に対しては決して有効であるとは思われない。自然界の如何なる生物も空中の運動にこの方法を利用してはいない。

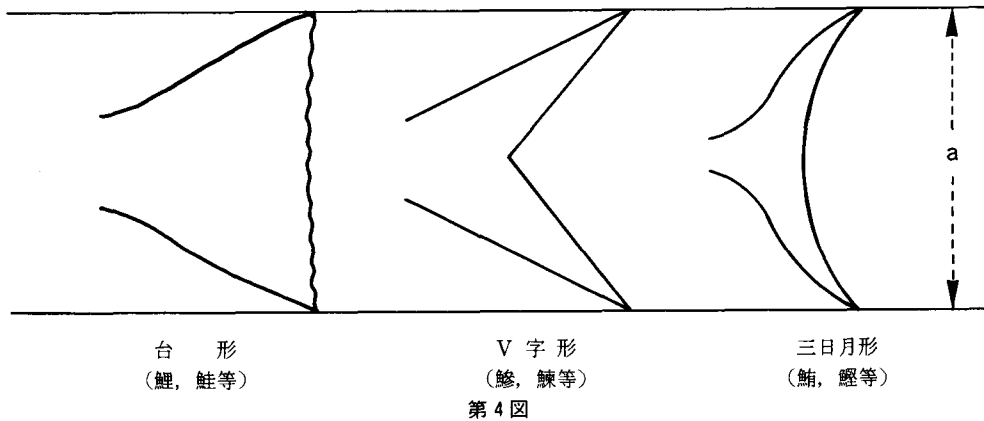
人類は強力なジェットエンジンを開発して物体を空中或いは真空中で飛行させることに成功しているが、ジェット推進の発想は自然の方が遥かに先輩であるということが出来よう。

自然科学の研究にはよく言われる様に自然はつねに偉大な教師である。

### 3 尾鰭の形について

前節で述べた様に鮭や鯉が泳ぐ時、推進力の大部分は尾鰭によって与えられる。それでは遊泳には尾鰭の形がどのようなものが適しているかということは大変興味の深い問題である。併しその詳細を流体力学的に解析することは非常に困難なことである。

そこで実状を概観するに、魚の尾鰭の形には色々なものがあるが、代表的な魚の尾鰭を大別すると次の三種類となる。



①は台形で鮭や鯉などの様に普通の速さで泳ぐ魚類の尾鰭であり、②のV字形のものは鱈や鯨の様にかなり速く泳ぐ魚類のものである。③の三日月型の尾鰭の持主は高速遊泳を行う魚類で鮪、鰹などが代表的な魚である。

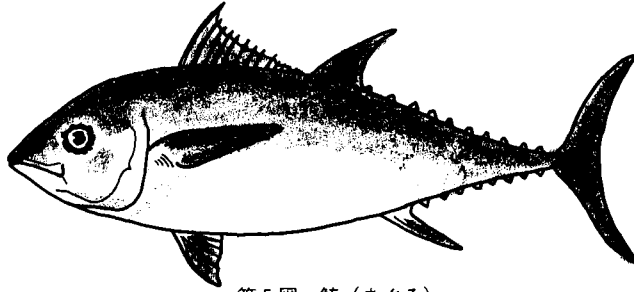
鮪はすべての魚類のうち最も速く泳ぐといわれている。獲物を追う時など特に高速を発揮し、観測では秒速 20メートルに達するものさえある。

### 魚の尾鰭の形について

いまこれらの鰭について、その面積を $s$ 、幅を $a$ で表わすとき、 $a^2/s$ の値は①、②、③と次第に大きくなっていることが知られている。(航空力学の翼理論では $a^2/s$ はアスペクト比と呼ばれているもので、長方形の翼では縦横の長さの比の値を与える。)

高速遊泳にこの三日月形の尾鰭が何故適しているかということは容易にはわからないが、先に述べた渦列を放出して一種の jet propulsion を行うときに、この形が最も効率がよいのではないかと想像されている。それは進化過程がかなり異なると思われる硬骨魚類、軟骨魚類及び水中に棲む哺乳類のうち、高速推進を行う種属は何れもこの形の尾鰭を具えていることにもとづいている。特に鮪類ではこの尾鰭を動かすために非常に強力な筋肉が特に細くなった尾部の neck に発達していることが知られている。

又太古に栄え、水中を高速で遊泳したと想像されている大型の両棲類も、この三日月型の尾鰭を持っていたことが、発見された化石から確認されている。



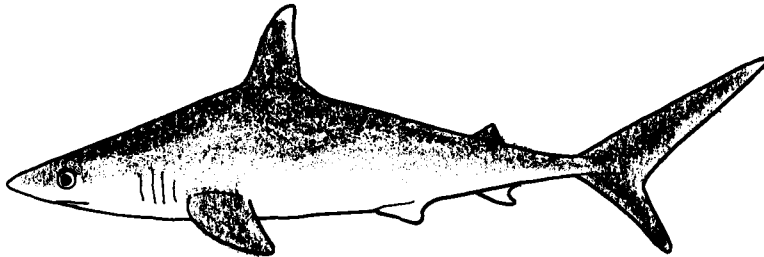
第5図 鮪(まぐろ)

尚高速で泳ぐ魚類の尾鰭の断面は流線形で、飛行機の対称翼の断面に非常に近い形で、水の抵抗を出来るだけ小さくする配慮がなされている。

尚鮪類では背鰭及び尻鰭の後端と尾鰭のつけ根との間にとげの様なものが一列に並んで居るが、これらのものも高速遊泳に何らかの役割を果たしているのではないかとされているが、よくわかっていない。

## 4 鮫の尾鰭について

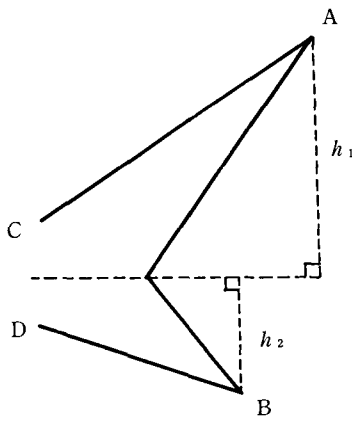
つぎに鮫類さめの中には、第6図及び第7図に示す様に上下の形状が著しく非対称な尾鰭を



第6図 鮫(さめ)

持っているものがある。先に述べたV字形の鰭の変形したものと考えられる。

これらの鰭をよく調べると、浮袋を欠いて居り又胸鰭が他の魚類に較べて大変よく発達している。



$$\frac{h_1}{h_2} = 2 \sim 10$$

第7図

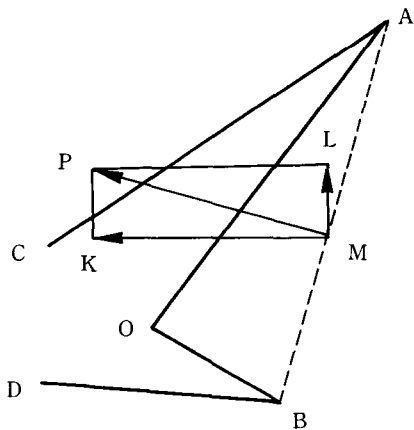
一般に魚類は水中では浮力を差し引けば、体重の5%程度を支えねばならないが、普通の魚類では浮袋がこの役目を果たしている。

ここで述べる鮫類では、第8図に示す様に尾鰭の両端をA及びB  $\overline{AB}$  の上の一点をMとして、ABに直角に  $\overline{MP}$  の様に推進力が表われると思われる。

この力  $\overline{MP}$  の鉛直（上下）方向の成分はMLで与えられるが、これがよく発達した一对の胸鰭によって供給される揚力と共に前述した体重の5%程度を支えていると推測される。

又胸鰭は魚体の重心の少し前方についていて、胸鰭によって与えられる揚力と尾鰭による揚力とは重心のまわりのモーメントが相等しく、体が回転することを防いでいる。勿論胸鰭は重心の少し前方にあるので、胸鰭による揚力は尾鰭によるものよりはるかに大きく、揚力の大部分が胸鰭によって与えられていることは明らかである。

同じ様に浮袋を欠いている鮫類の中でも、主として海底近くを運動しているもの例えばうさぎ鮫やぎん鮫などは、強力な泳ぎ手である青鮫やらくだ鮫などとは逆に尾鰭はむしろ退化してしまっている。大自然の永年にわたる適応というものをここにもハッキリと見る事が出来る。



第8図

## 5 いるかの謎

いるかは大型の哺乳類で賢い動物としてよく知られているが、又大変速く泳ぐことでも有名である。高速で泳ぐ際秒速8メートルにも達するものもある。

いるかはくちばしがり突き出していることを除いては、体は流線形になっていることは勿論、その表面はしなやかな表皮でおおわれ、三日月型の尾鰭を持ち、各鰭の断面はすべて流線形となっている。

### 魚の尾鰭の形について

しかしながら、いるかの筋肉の出力から考えて秒速8メートルもの高速を出し得ることは一種の謎である。これをいるかの謎と呼んでいるが、運動に対する水の抵抗を少なくするための特別な工夫が何かなされているのではないかと考えられている。

その工夫の一つとして、いるかを始めとしてある種の魚や水中を高速で遊泳する動物は体の先端近くから少しずつ油のような液を出して、この液の薄い膜で体全体をおおいこれによって体の表面と水との摩擦抵抗を減少させているのではないかとされている。

流線形の物体の表面に、ある種の粘液の極めて薄い膜を作って水中で運動させると、水と物体表面との摩擦抵抗が膜がない場合に比べてかなり減少することが実験的に確かめられている。

アメリカで Hogchoker と呼ばれる小魚の表皮から採取した粘液の希薄溶液を用いて上記のような実験が行われ、抵抗の減少が確かめられた。

又表皮がしなやかであることも抵抗の減少に役立っているのではないかとされているが、詳細は不明である。

## 6 おわりに

魚類の尾鰭についてその形状と遊泳の速さ等との関連性を述べた。

V字形の鰭はかなり速く泳ぐ魚類のものであり、更に高速遊泳を行う種属は三日月形の鰭を具えているが、その理論的解析は未だなされていない。流体力学的研究が更に進められて、これらの現象が解明されることを期待したい。