

魚の形状をした物体周りの流れのシミュレーション

宮崎 委久子 (指導教員: 河村 哲也)

1 はじめに

私たちの身近にいる魚は、一般的に最大速度が1秒間に体長の約10倍もの距離を進むと言われている。また、マス・イルカなどは、人間に対して同じ力のもとで4倍以上もの距離を進むとも考えられている。

このように水棲生物の遊泳は非常に効率が良いと考えられる。その推進能力を水上交通機械や、水中作業ロボットに適用することが可能となれば、輸送効率や水中作業の大幅な向上が考えられている。しかしその推進機構については未だに不明瞭な点が多い。

本研究では、魚の形状をした物体周りの3次元流れの様子を数値的に解析することを目的とした。そこで、魚類の推力発生モデルの一つである、板状の尾ひれだけを動かして推進するハコフグ型推進機構について考えてみる。

2 モデル化

運動する魚周りの流れをシミュレーションによって解析するためにモデル化する。魚の形状は様々であり、その生活環境も異なるが、それら全ての詳細な条件を考慮、分析するのは容易ではない。従って、本研究では、魚のX-Z, Y-Z平面の断面は二次曲線の組み合わせであるという点、横から見た場合は一般的によく目にする形の魚であるという点にのみ注目し、3次元流れを解析する。さらに、魚の尾ひれは、直線的に変形し、時間的には直線的に振動していると仮定した。

魚の断面形としては、図1,2,3に示すような形を用いた。また、格子数はX方向に100、Y方向に100、Z方向に60であり、魚の表面近くで細くなり、端に行くほど粗くなる不等間隔格子を用いた。

流れは非圧縮性粘性流体として扱った。

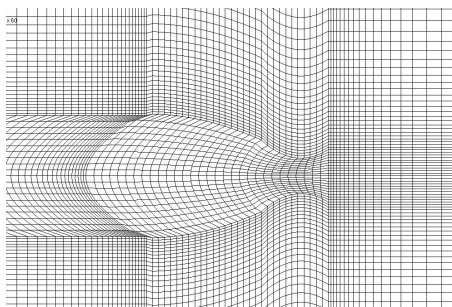


図1: 格子の断面図 (X-Y平面,Z=31)

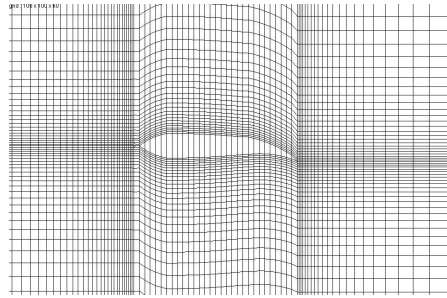


図2: 格子の断面図 (X-Z平面,Y=50)

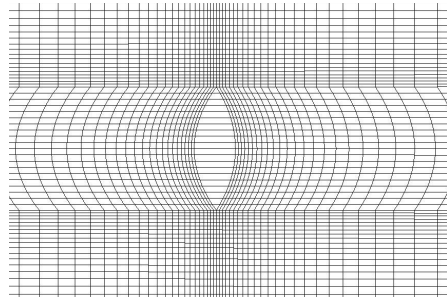


図3: 格子の断面図 (Y-Z平面,X=50)

3 計算方法

非圧縮性流体の流れは、連続方程式とナビエ・ストークス方程式を支配方程式として解くことができる。すなわち、基本方程式は、

$$\nabla \cdot \mathbf{V} = 0 \quad \dots \text{連続方程式}$$

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + (\mathbf{V} \cdot \nabla) \mathbf{V} = -\nabla p + \frac{1}{\text{Re}} \Delta \mathbf{V} \quad \dots \text{ナビエ・ストークス方程式}$$

となる。ここで \mathbf{v} は速度ベクトル、 p は圧力、 t は時間、 Re はレイノルズ数である。

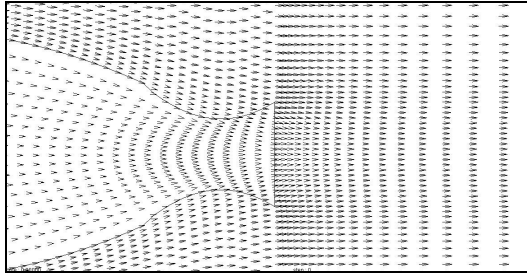
4 計算結果

上記の計算方法を用いて、レイノルズ数を400、流体の流れる方向は魚の頭から尾ひれ方向に一樣に流すと固定して、変化した結果を示す。

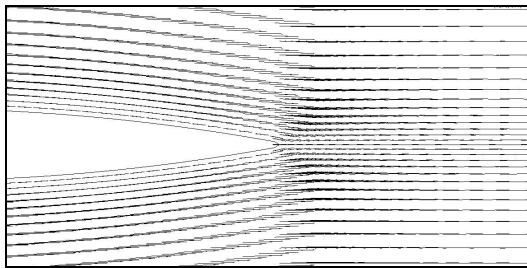
以下に2種類の場合の研究の違いについて、結果の一部を示す。

[1] 魚が動かない場合の周りの流れ

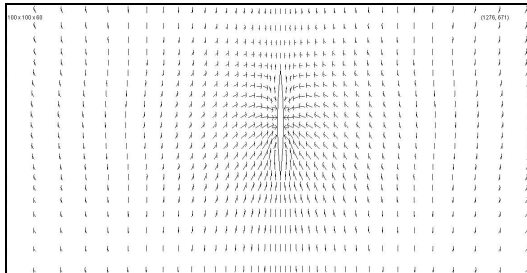
(a)X-Y 平面,Z=29



(b)X-Z 平面,Y=50

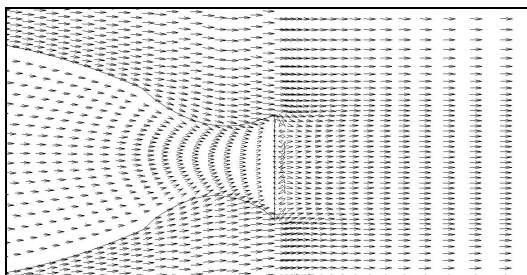


(c)Y-Z 平面,X=70(尾ひれの先端周り)

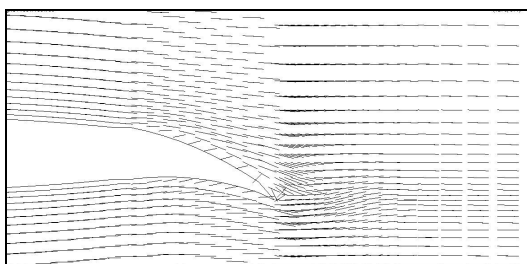


[2] 魚の尾ひれが動く場合の周りの流れ

(a)X-Y 平面,Z=29

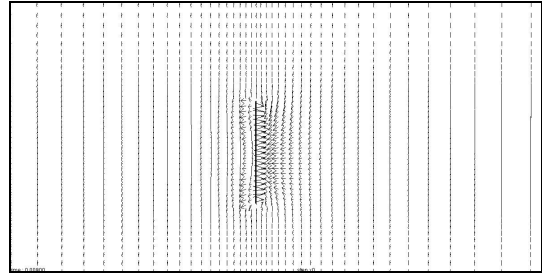


(b)X-Z 平面,Y=50



(c)Y-Z 平面,X=70(尾ひれの先端周り)

(尾ひれの動く方向 ←)



5 考察

[1] 魚が動かない場合、3つのどの平面においても渦はまったく見られなかった。このことから、魚はほとんど抵抗を受けておらず、推進力も得ていないと考えられる。

[2] 魚の尾ひれが動く場合、X-Y 平面では尾ひれの先端で小さな渦が見られた、X-Z 平面では尾ひれの動きとともに渦が生成される様子が見て取れた。YZ 平面でも、尾ひれの先端周りでベクトルの変化が激しくなっていることから、尾ひれを動かすことによって魚の体が抵抗を受けているか、もしくは推進力を得ていると考えられる。

6 まとめと今後の課題

本研究では、魚が静止している場合は抵抗をほとんど受けていないことから、魚の形状が、水中での推進の効率を上げる一つの要因であることが分かった。また、尾ひれを動かす場合に関しては、尾ひれの動きに合わせてベクトルが変化している様子から、この渦（圧力）を利用して、魚が効率よく推進しているのではないかと考えられる。

今後の課題としては、推進力を調べ、さらに今回は魚の尾ひれのみを動かしたが、実際の魚は体の後半部や前方も使って泳ぐので、それも考慮に入れて、より現実に近い魚の動きにしたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導いただきました、河村先生・研究室の先輩方に深く感謝いたします。

参考文献

- ・ 河村哲也 流体解析 I. 朝倉書店. 1996. ISBN4-254-11402-8
- ・ 佐野理 連続体の力学. 裳華房. 2007. ISBN4-7853-2137-6
- ・ 松本紋子 屈曲運動する翼周りの流れの解析. お茶の水女子大学卒業研究. 2006