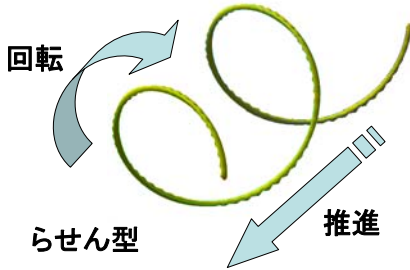


らせん型の回転による推進力と抵抗の形状依存性に関する数値解析

鳥取大学 工学部 応用数理工学科 生体システム解析学研究室

研究目的

らせん型が流体中で回転することで推進力や回転する軸まわりに働く抵抗が発生



流体中では抵抗力が推進力に利用される

粘性の影響が非常に大きい環境下では、推進効果が大い

らせん型が回転することにより発生する推進力や抵抗力がスクローやポンプとして利用することが有用である

らせん型の全長を一定とし、らせん軸まわりに回転させた時の最も効率よく推進力を生む形状を探す

解析方法

レイノルズ数が非常に小さく、慣性力に比べて粘性力が支配的な時に、らせん型の運動に伴ってらせん型まわりに生じる流れは、各瞬間において定常ストークス流れとみなす

基礎方程式

$$\nabla \cdot \mathbf{u}(\mathbf{x}) = 0$$

$$\nabla^2 \mathbf{u}(\mathbf{x}) = \frac{1}{\mu} \nabla p(\mathbf{x})$$

境界条件

$$\mathbf{u}(\mathbf{x}) = \text{らせん型の表面の速度}$$

$$\mathbf{u}(\mathbf{x}) = 0 \quad p(\mathbf{x}) = \text{一定} \quad (\text{無限遠点})$$

基礎方程式の基本解を用いて境界積分方程式に書き換える

境界積分方程式

$$C_{ij}(\mathbf{x})u_j(\mathbf{x}) = -\int \tau_{ij}(\mathbf{x}, \mathbf{X})u_j(\mathbf{X})d\Gamma(\mathbf{X}) + \int v_{ij}(\mathbf{x}, \mathbf{X})t_j(\mathbf{X})d\Gamma(\mathbf{X})$$

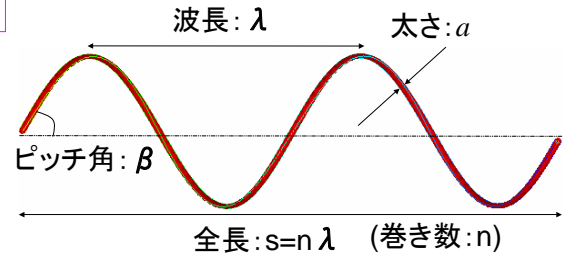
境界積分方程式に、軸まわりに回転させた時のらせん型の表面上の速度 $u_j(\mathbf{x})$ を与え、トラクション $t_j(\mathbf{x})$ を求める

らせん型の表面全体にわたって積分し、らせん型にかかる力とトルクを求める

$$\mathbf{F} = -\int \mathbf{t}(\mathbf{X})d\Gamma(\mathbf{X})$$

$$\mathbf{T} = -\int \mathbf{X} \times \mathbf{t}(\mathbf{X})d\Gamma(\mathbf{X})$$

解析モデル

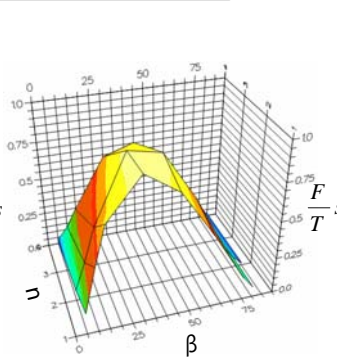
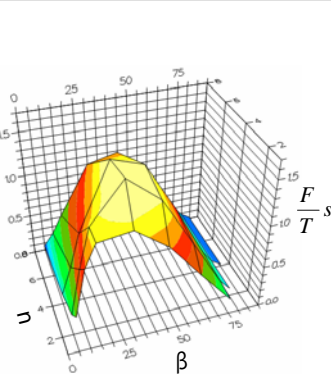
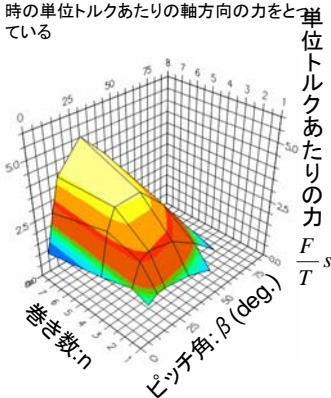


- ・らせん型の全長(軸の長さ)を一定
- ・太さ、波長、ピッチ角、巻数を変えて数値解析

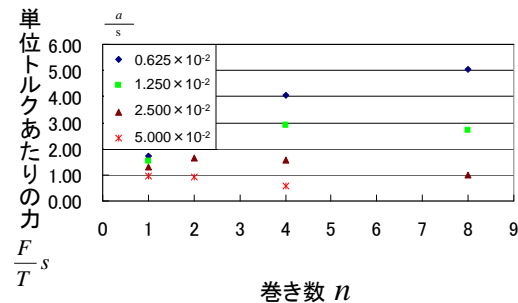
解析結果

縦軸はらせん型の推進効率をみるため、らせん型をらせん軸まわりに回転させた時の単位トルクあたりの軸方向の力をとっている

ピッチ角、巻数、単位トルクあたりの力の関係



ピッチ角30° のときの巻数と単位トルクあたりの力の関係



最大値5.03
ピッチ角30°
8巻

$$\frac{a}{s} = 0.625 \times 10^{-2}$$

最大値1.66
ピッチ角30°
2巻

$$\frac{a}{s} = 2.500 \times 10^{-2}$$

最大値0.947
ピッチ角30°
1巻

$$\frac{a}{s} = 5.000 \times 10^{-2}$$

- ・太さによらずピッチ角約30° が最も単位トルクあたりの力を生む
- ・太さが細いほど単位トルクあたりの力を生む
- ・太さによって適切な巻数がある

まとめ

- ・太さによらず、ピッチ角は約30°
- ・太さは、細いほどよい
- ・太さによって、適切な巻数が存在
- ・細いほど適切な巻数は増加