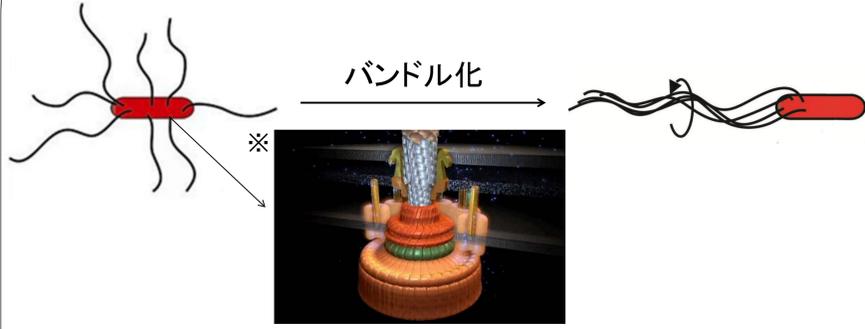


# 近接して回転する二本のらせん型べん毛の流体解析

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

## 研究背景

大腸菌やサルモネラ菌などの周毛性の細菌はらせん型のべん毛をべん毛モーターにより回転させることで推進力を得ている



直進時:べん毛の繊維を同方向に回転させべん毛の束を形成し遊泳する(バンドル化)

どのような力学的な要因によってべん毛同士がバンドルするのか知見が少ない

低レイノルズ数流れにおいて二本のらせん型が近接して回転する数値解析

## 本研究

剛体のらせん(べん毛)モデルの場合  
 ・らせん(べん毛)モデルのみの解析  
 ・菌体(壁)を考慮した解析

弾性体のらせん(べん毛)モデルの場合

数値シミュレーションを用いて考察

べん毛間に働く流体力学的な調査

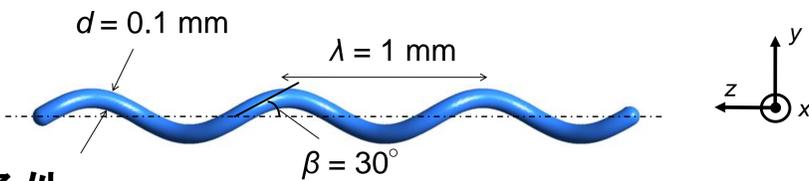
目的:バンドル化のメカニズムの解明

※JST,ERATO,難波プロトニックナノマシンプロジェクトDVD,回転するナノマシン~べん毛の構造と動きに迫る~,(2002)

## 解析モデル

### 三巻きの左巻きらせん

らせん型は変形のない剛体モデル

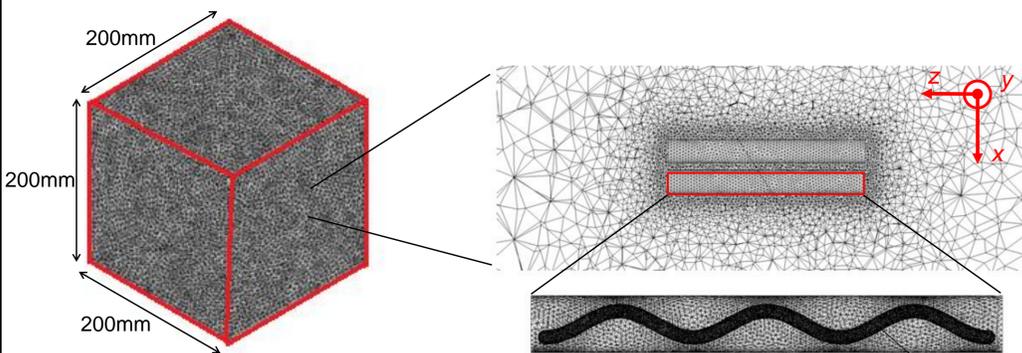


## 解析条件

### 定常解析

$$Re = 1.0 \times 10^{-11}$$

流体解析には静止流体を表す静止領域と二本のらせんモデルを回転させる回転領域を二つ用いる



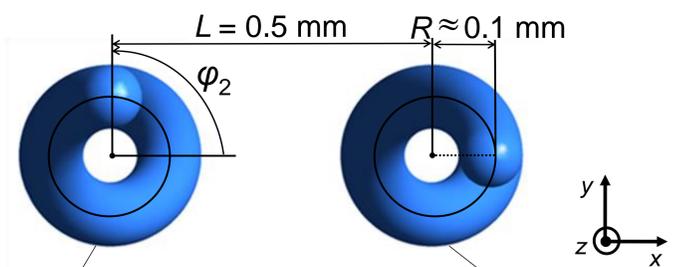
静止領域:立方体(約40万メッシュ)

各面の境界:開放条件、相対圧力0(Pa)

らせんモデル

回転領域:円柱(約30万メッシュ)

## 二本のらせんモデルの位置関係、位相変化



モデル2 ( $\phi_2 = 90^\circ$ )

モデル1 ( $\phi_1 = 0^\circ$ )

位相は+x方向を基準としてらせん先端までの角度で定義する

$\phi_1 - \phi_2$	$0^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$	$270^\circ$
$0^\circ$	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖
$90^\circ$	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖
$180^\circ$	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖
$270^\circ$	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖

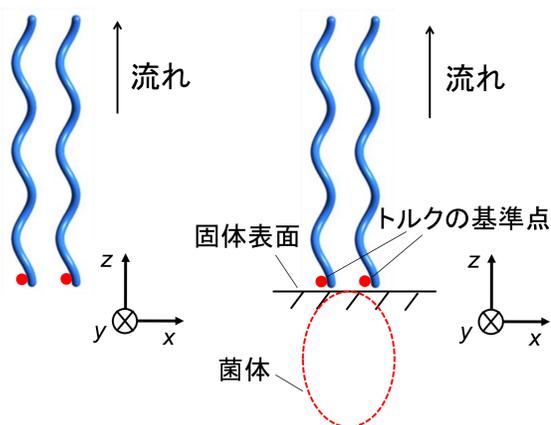
位相を90度ずつ変化させ16通りの定常計算を行う

## らせんモデルと壁との関係

菌体の存在により流れ場が変化することを定性的に表現するために-z方向の壁を設ける

らせんモデル(べん毛部)のみの場合

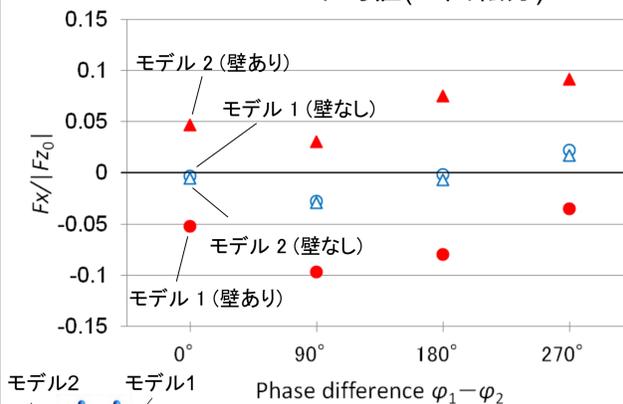
壁を設けた場合(細菌の前進運動を想定)



二本のモデルに働くx軸方向の力( $F_x$ )とy軸周りのトルク( $T_y$ )を調査する

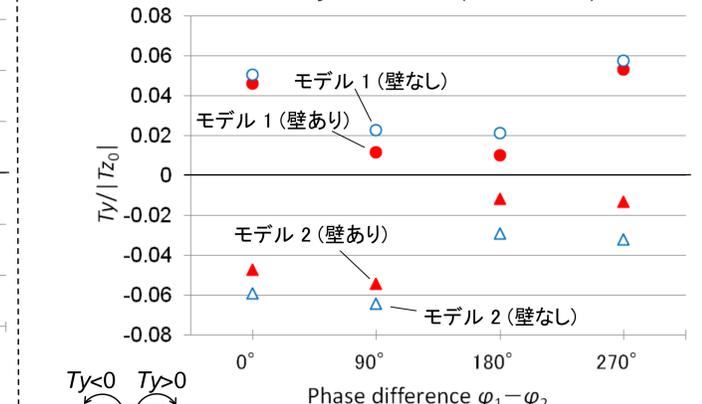
## 解析結果

### $F_x$ の平均値(一回転分)



壁なし:引き合わない  
 壁あり:引き合う

### $T_y$ の平均値(一回転分)



壁の有無によらず二本のモデルは離れる  
 壁ありの方がなしの方よりもトルクは弱まる

## 結言

らせんモデルが剛体の場合での定常解析

### 菌体(壁)なし

- ・x軸方向の力は二本のモデルが引き合う方向に作用しない
- ・y軸まわりのトルクは二本のモデルが離れる方向に作用する

### 菌体(壁)あり

- ・x軸方向の力は二本のモデルが引き合う方向に作用する
- ・y軸まわりのトルクは二本のモデルが離れる方向に作用するが、その大きさは菌体なしの場合よりも弱くなる

y軸まわりのトルクが引き合う方向に作用しない → べん毛の変形を考慮した解析や非定常解析を行ってより厳密に調査する必要がある