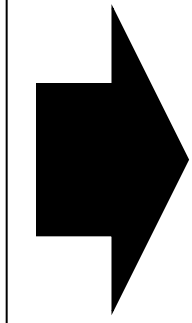


回転する細菌べん毛を模擬したらせん型に働く 流体力による変形の有限要素解析

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

背景

細菌はらせん型のべん毛を回転させることで運動
 前進と後退では遊泳速度が違う[1]
 べん毛が変形することが影響
 べん毛はどのように変形しているのか



これまでの研究[2][3]

ピッチ、巻き数の増減・変形はほぼしない
 詳しくは不明

本研究

回転するべん毛の変形を解析
 先行研究との比較

[1] Yukio Magariyama et al.(2001) FEMS Microbiology Letters, 205: 343-347
 [2] 西鳥羽ら, 可視化情報学会論文集 Vol.27(2007) No.3 pp.15-21
 [3] 吉田ら, バイオエンジニアリング講演会講演論文集2003(15), pp.37-38 20030120

解析方法

細菌べん毛: 毎秒約1700回転

先行研究[4]

境界要素解析
 1rad/sで回転する
 らせん型の表面
 にかかる力

10000rad/sで
 回転する場合
 の力に換算

与える

本研究

有限要素解析
 水中で高速回転する
 らせん型べん毛
 の変形

有限要素解析プログラムANSYSを使用

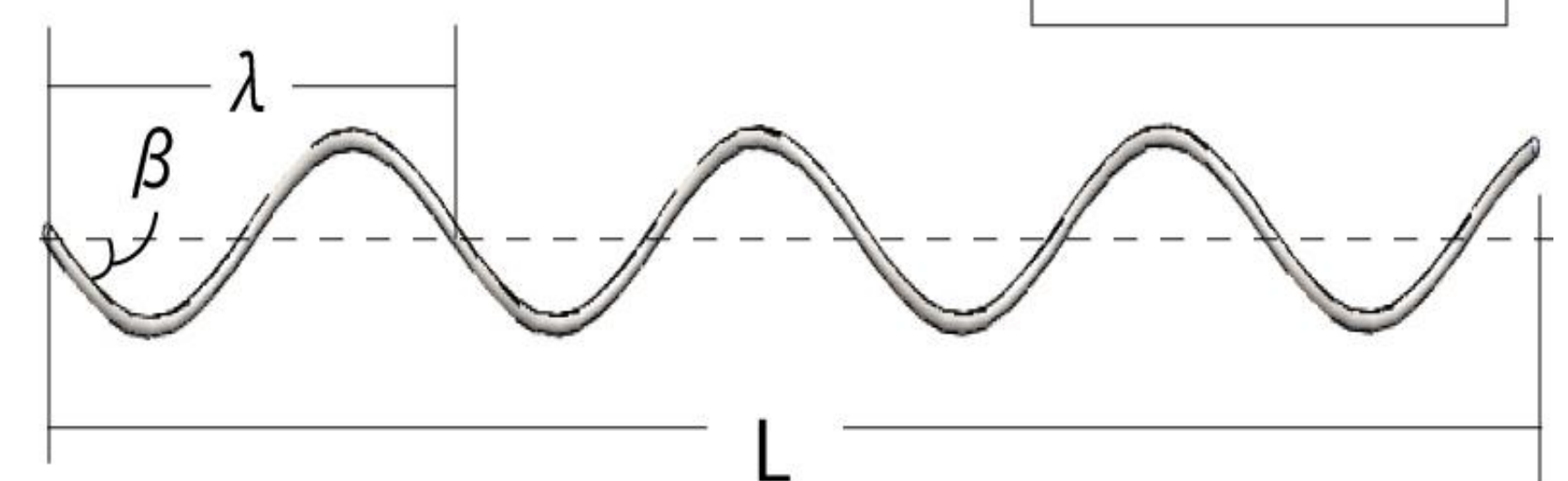
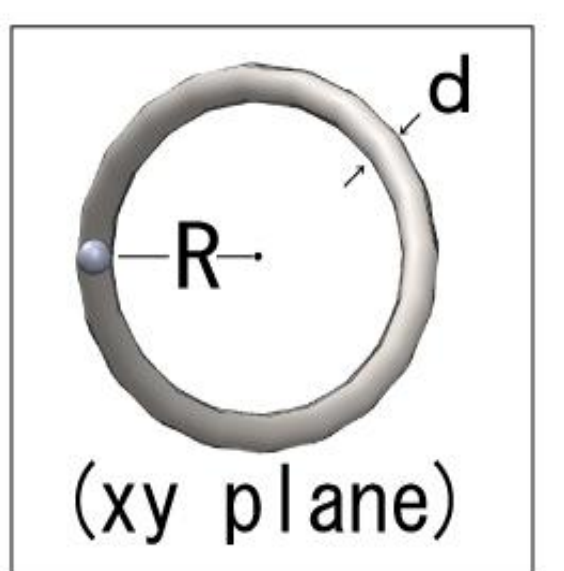
解析モデル

全長(L): 50.2 μ m
 波長(λ): 13.7 μ m
 らせん半径(R): 1.49 μ m
 ピッチ角(β): 34.3°
 線径(d): 0.32 μ m
 巻き数: 3.664

※モデルの作成上実際のパラメータ
 の10倍の寸法での解析
 ※zの負の向きの角速度を与える

単毛性細菌ビブリオ菌のべん毛
 を模擬したらせんモデル

y 左巻きらせん
 x z



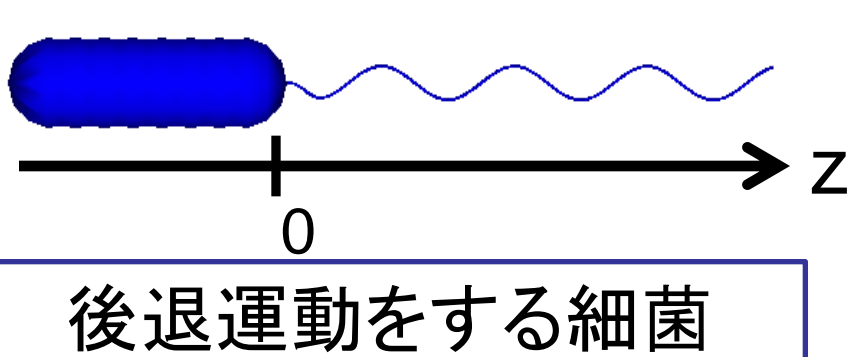
[4] 日本機械学会 中国四国学生会 第40回学生員 卒業研究発表講演会(2010) 笠原浩平
 講演番号: 1306

材料特性

べん毛の材料特性:
 弾性係数はポリスチ
 レンと同等[1]

ヤング率: 0.35×10^{10} (Pa)
 ポアソン比: 0.34

拘束条件



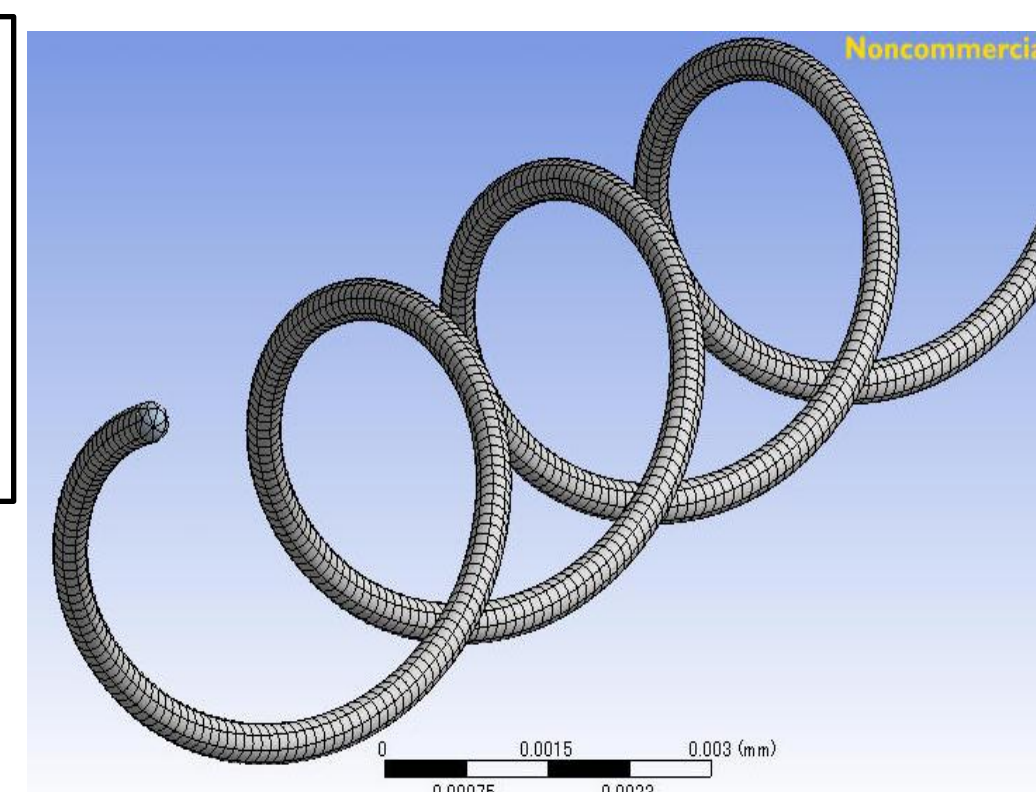
今回のモデルでz=0
 の点を固定することで
 後退運動をする細菌
 のべん毛の変形と見
 立てる

メッシュ

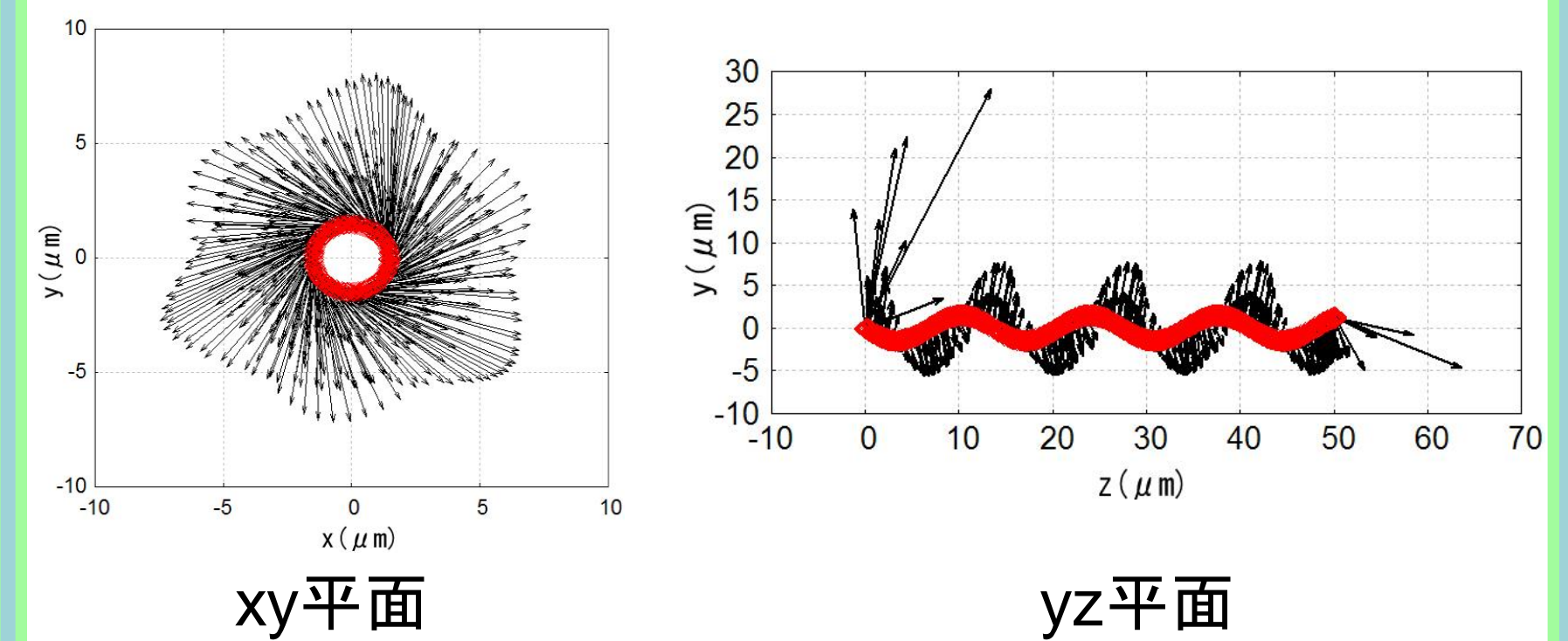
要素形状
 らせん部分
 →6面体20節点
 半球部分
 →4面体10節点

※らせん型の
 両端には半球
 をつけている

節点数: 13222, 要素数: 1985



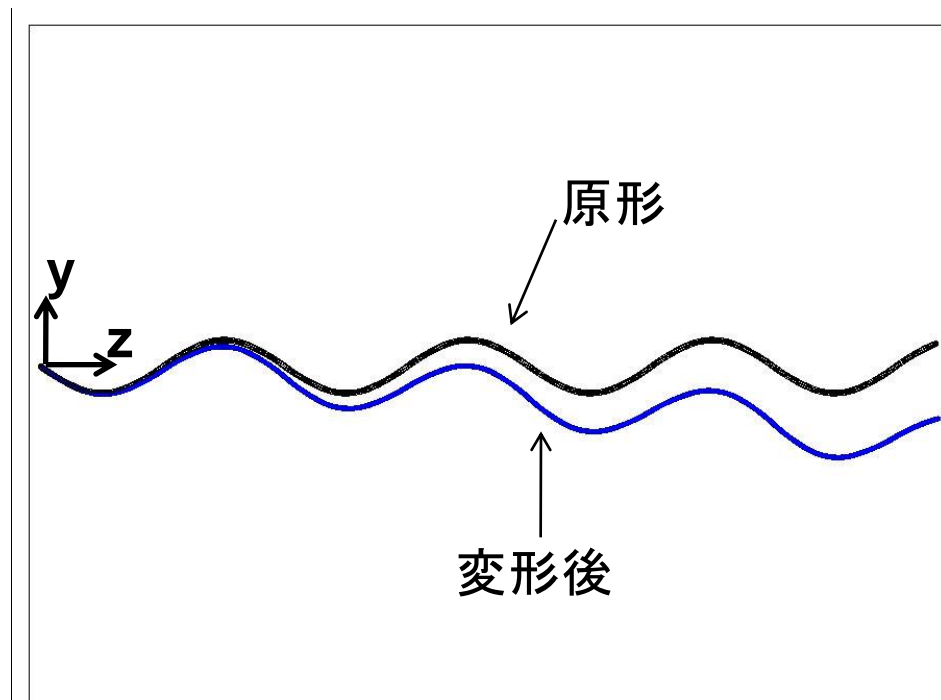
境界要素法で得られた応力分布



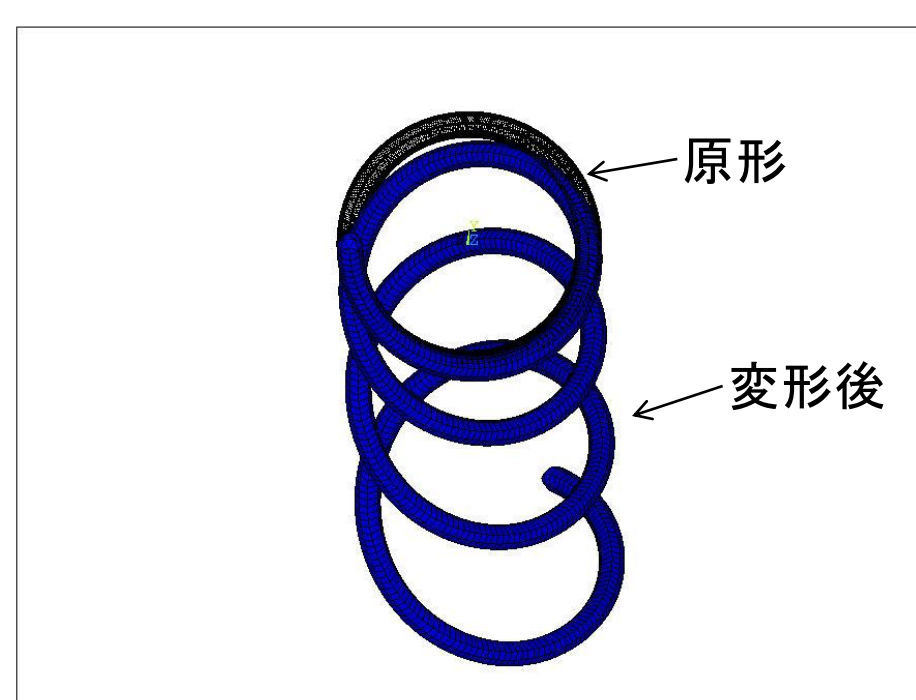
回転と逆方向の接線方向、また、zの正の方向
 に分布がみられる

解析結果

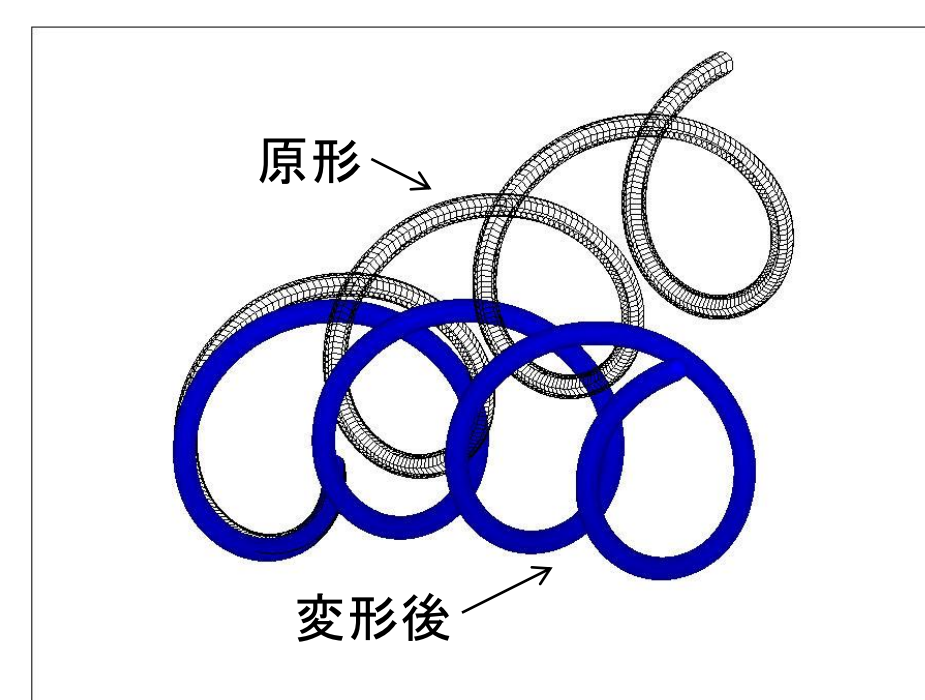
粘性の支配した環境下におけるべん毛を模擬したらせん型を回転させた際の変形
 (z=0を固定し、z方向に左ねじの回転)



yz平面でみた原形と変形図
 (変形倍率8000倍)



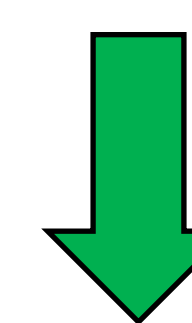
xy平面でみた原形と変形図
 (変形倍率8000倍)



ななめ方向から見た原形と変形図
 (変形倍率8000倍)

結果①

材料値をポリスチレンとし、回転速度
 を10000rad/sとするとほとんど変形
 は見られなかった



変形倍率を大きくしていった
 変形の様子を調べた

結果②

・全長が伸びる
 ・回転軸が曲がる

まとめ

得られた変形結果と先行研究[2][3]の結果を比較する

- 先行研究ではらせんピッチは伸びる、縮むと得られていたが、回転軸が曲がるという結果が得られたため、見る位置によってはピッチが伸びる部分と縮む部分がある可能性が考えられる
- らせん半径、巻き数の変形は見られなかった
- 先行研究[3]同様、変形自体はほとんどなかった

本研究と先行研究の結果が異なっているため、この結果の違い
 については今後検討していかなければならない