

# 研究報告

H24 9月

長谷

# 生体と機械力学

生体・・・常に力学的環境下にある

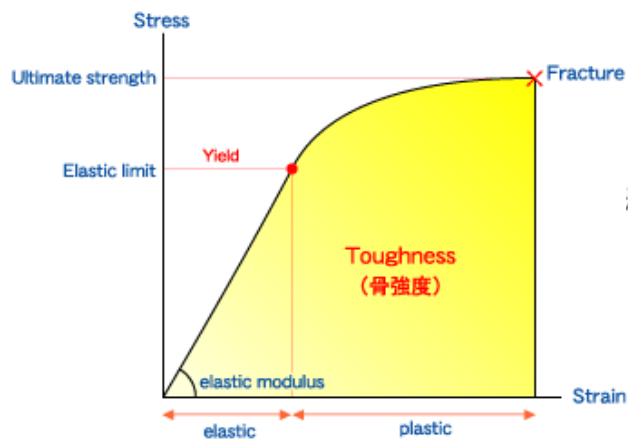
からだ全体  
器官  
組織  
細胞

→ 力学的バランスを保つことで機能する

**バイオメカニクス**・・・生体の構造(かたち)と機能(はたらき)を力学的に解析・応用する分野

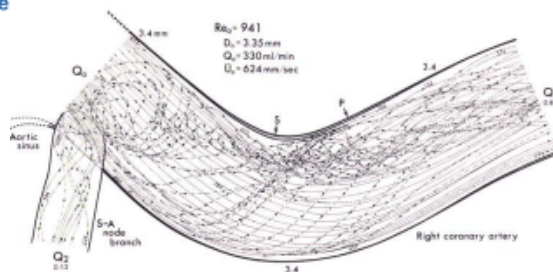
## 研究例

骨の応力ひずみ曲線



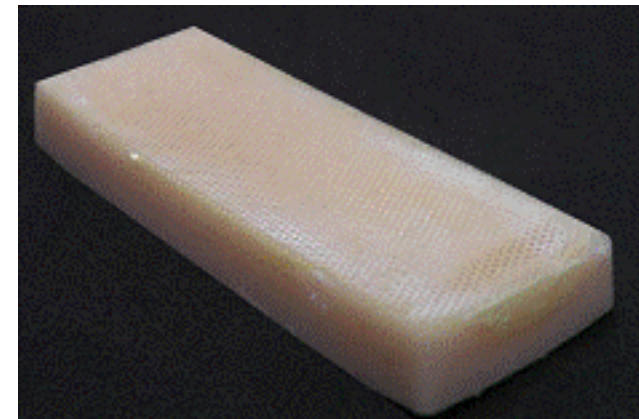
<http://www.eisai.jp/>より抜粋

血管湾曲部の流れ解析



<http://eprints.lib.hokudai.ac.jp/>より抜粋

バイオマテリアルの開発



<http://lab.sdm.keio.ac.jp/maenolab/>より抜粋

# 生体組織の力学的性質

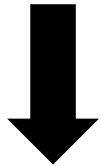
硬組織(骨・歯など)

生体組織 <

軟組織(皮膚・血管・筋・肺など)

細胞

細胞間物質(コラーゲン・間質物質など)



各組織の機能に応じて組成・構築が異なる

= 各組織ごとに力学的性質も大きく異なる

**コラーゲン**・・・生体構造タンパク質

皮膚・骨・髪・歯・血管・爪などに存在



・体全体および臓器その他を

・細胞の足場として働く

形作る  
支える  
結合する  
境界を作る

**コラーゲンは力学的性質に深く関係**

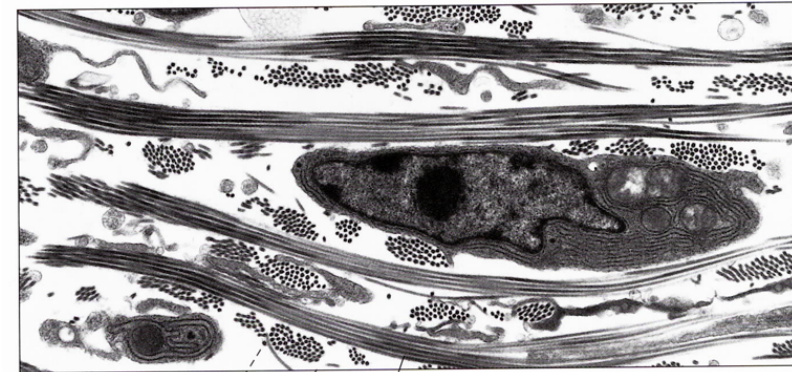
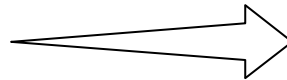
# コラーゲンの構造

## コラーゲン線維の階層構造

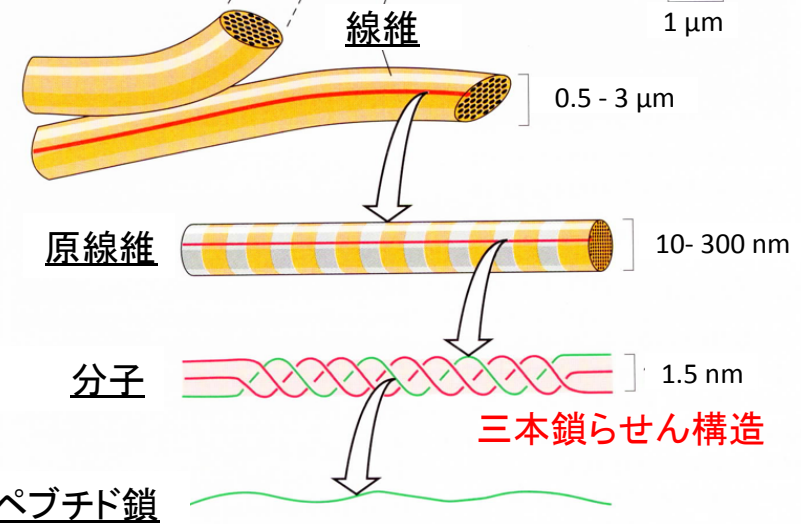


10 μm

線維芽細胞と細胞外マトリックス

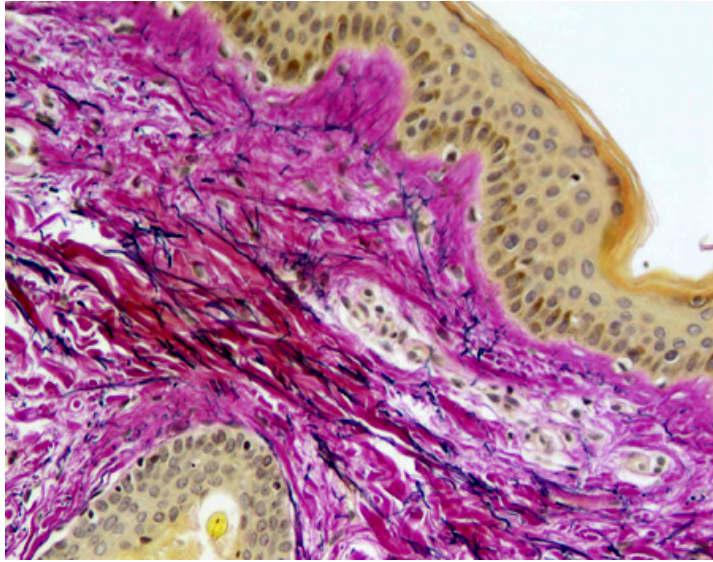


1 μm



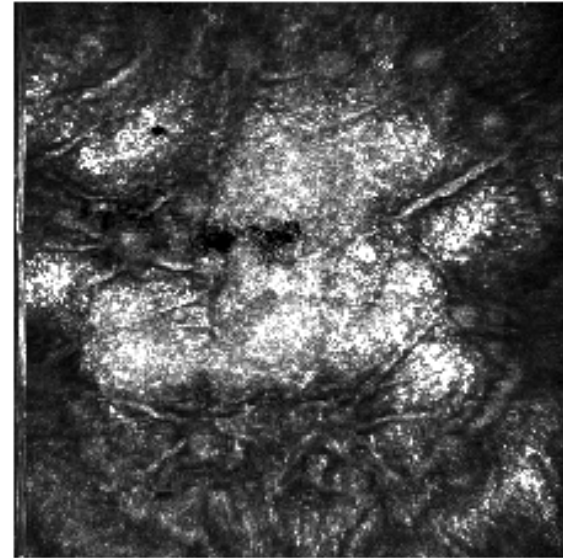
# 従来のコラーゲン観測手法

## 染色法



選択的な観察が可能  
侵襲的(皮膚生検)

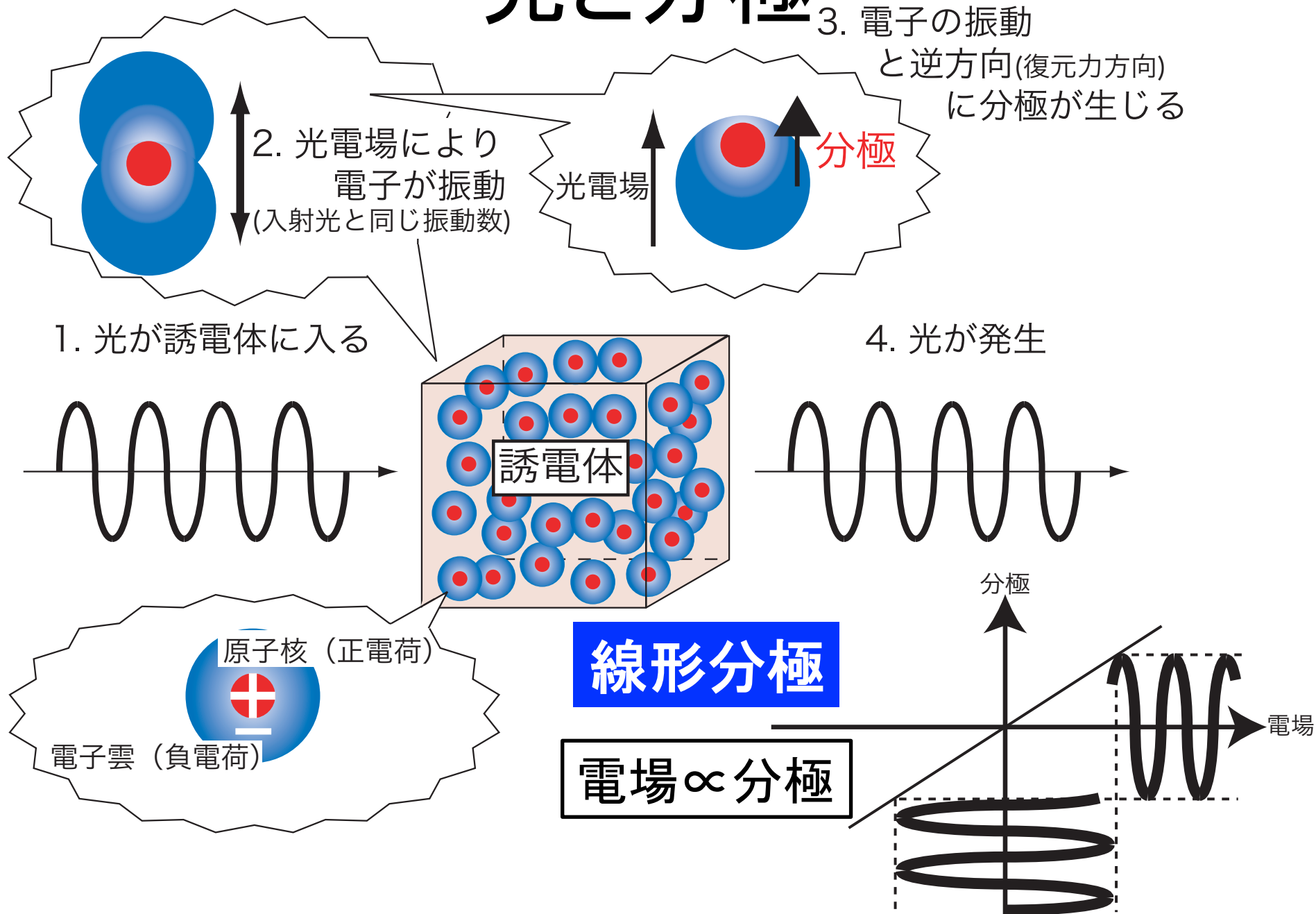
## 反射共焦点レーザー顕微鏡



in vivo計測が可能  
コラーゲンのみ可視化困難

生体組織におけるコラーゲン分布を  
*in vivo*で可視化することは不可能

# 光と分極



# 非線形分極

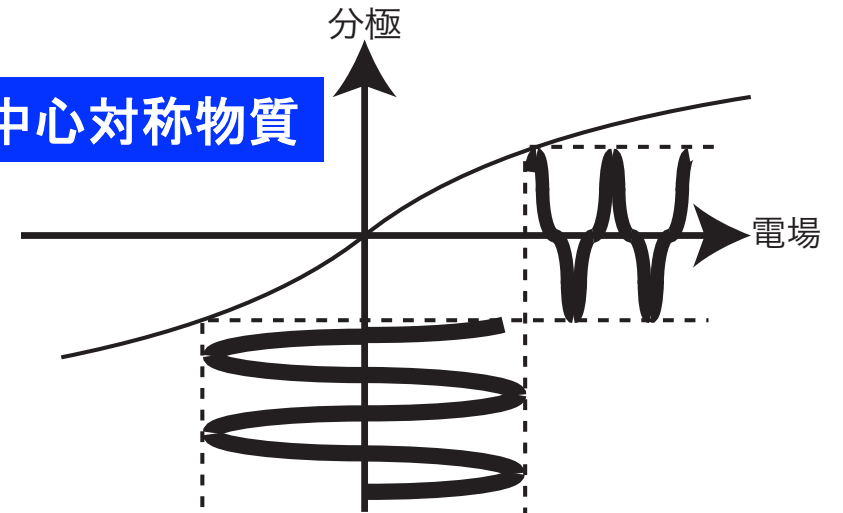
## 非線形分極

電場が強くなる

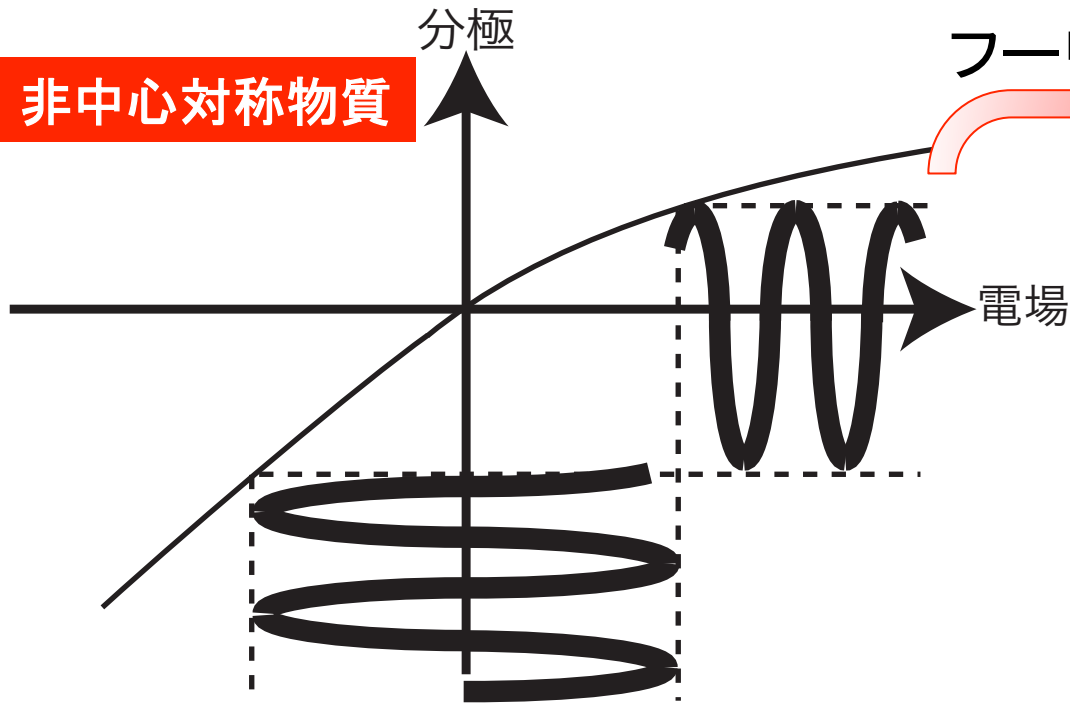


電場  $\propto$  分極

## 中心対称物質



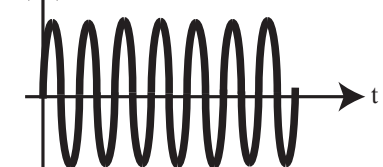
## 非中心対称物質



フーリエ解析

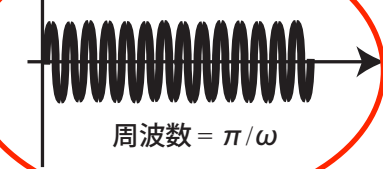


分極基本波



周波数 =  $2\pi/\omega$

分極第二高調波



周波数 =  $\pi/\omega$

分極直流成分



周波数 = 0

# SHG光

# 中心対称と非中心対称

## 中心対称物質

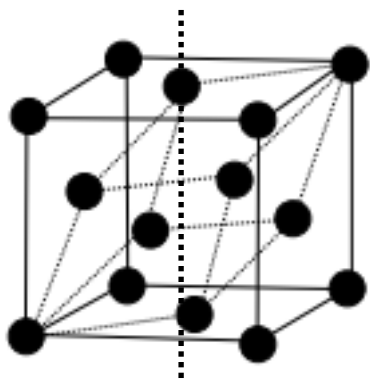
対称軸(3次元図形の中心)周りに  
360°回転させる



2回以上重なる

例

対称軸



面心立方格子



2重らせん構造

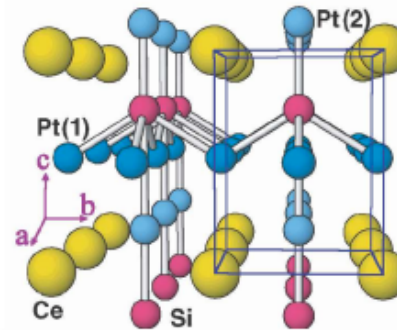
## 非中心対称物質

対称軸(3次元図形の中心)周りに  
360°回転させる



1回(360°のとき)しか重ならない

例

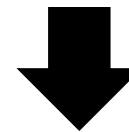


超伝導体 CePt<sub>3</sub>Si

Ref) E. Baur et al.: Phys. Rev. Lett. 92 (2004) 027003



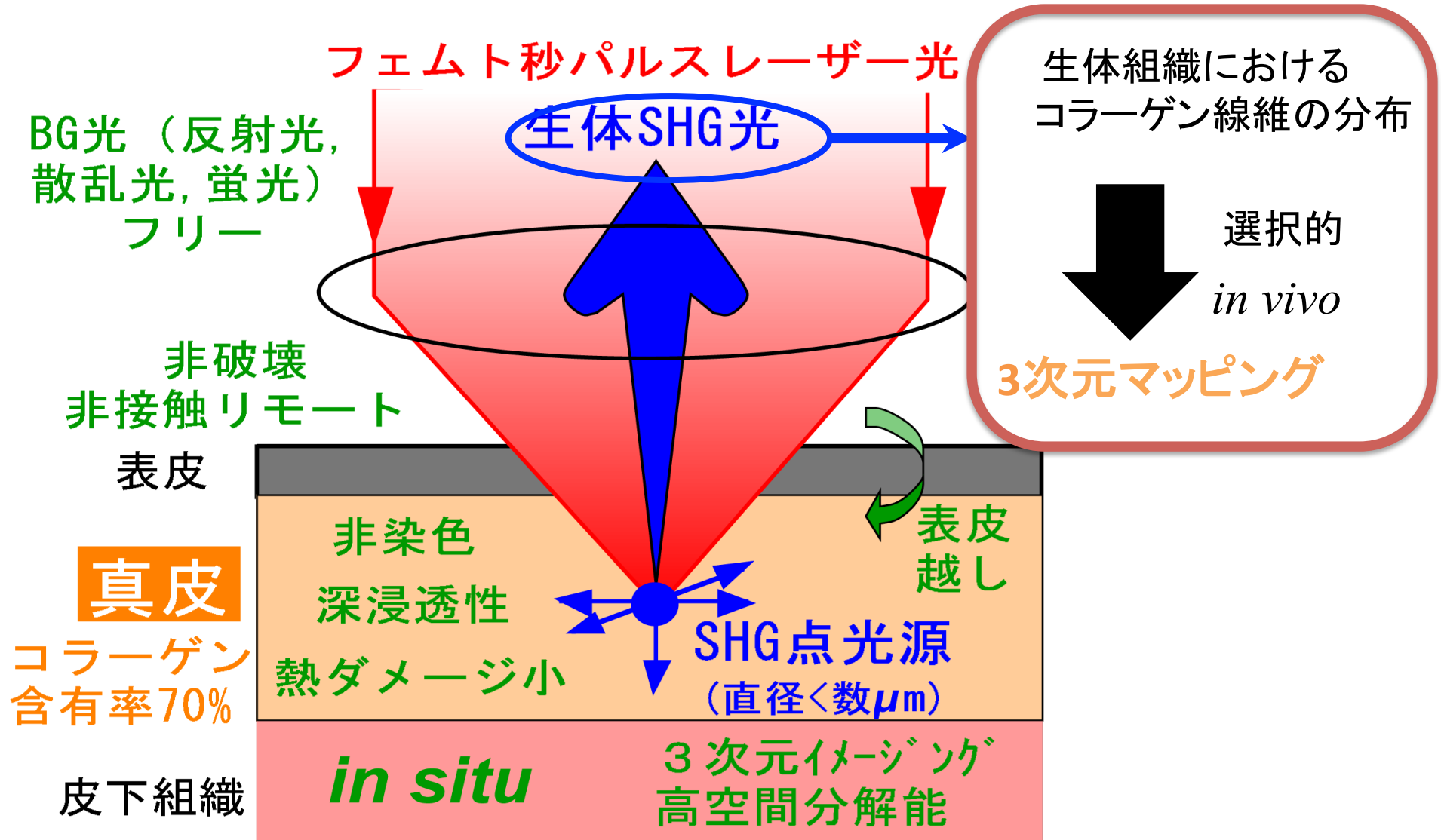
3重らせん構造



コラーゲン分子

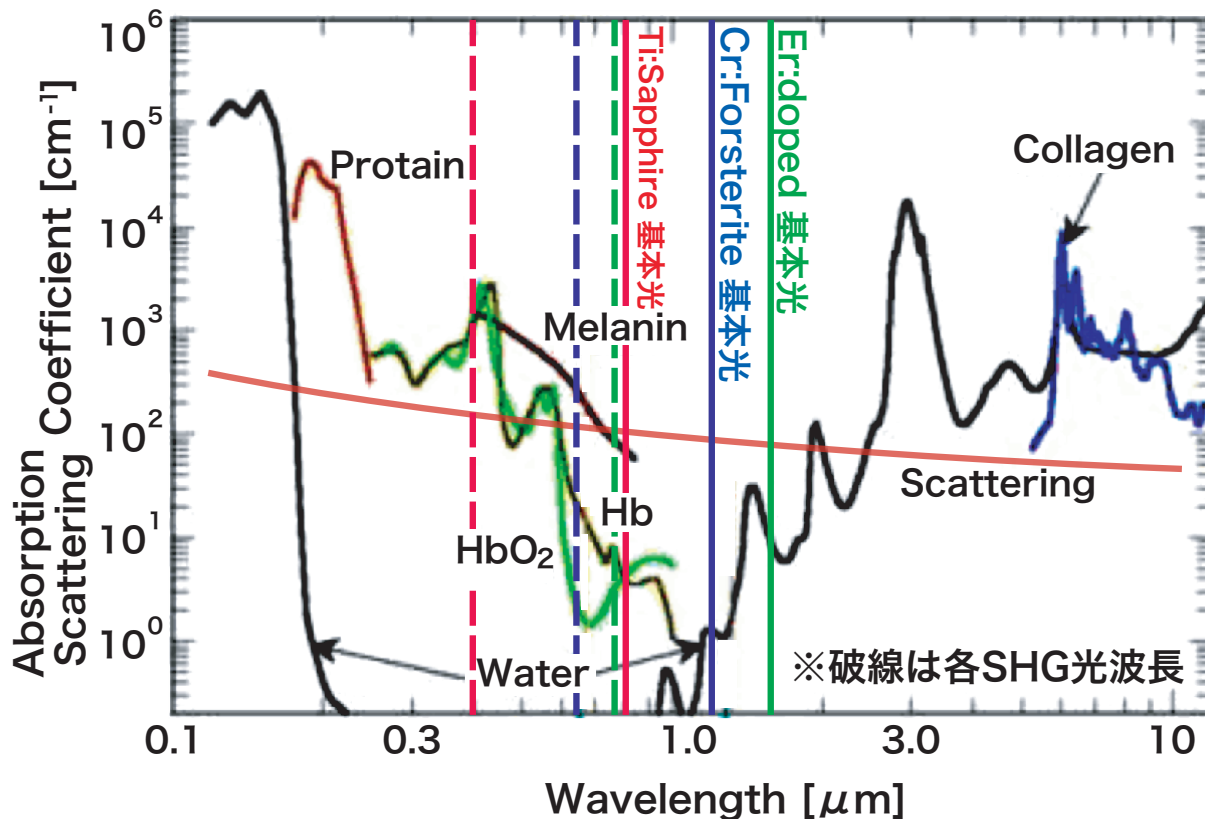


# 生体コラーゲンSHG顕微鏡



# SHG顕微鏡の光源：フェムト秒レーザー

生体組織内の光散乱吸収スペクトル



従来  
Ti:Sレーザー  
・中心波長 = 800 nm  
・SHG波長 = 400 nm

光減衰  
生体ダメージの抑制

近年  
Cr:Fレーザー  
・中心波長 = 1250 nm  
・SHG波長 = 625 nm

装置の小型化  
水の吸収が増加

今回  
Er:Fレーザー  
・中心波長 = 1550 nm  
・SHG波長 = 775 nm

# セットアップ

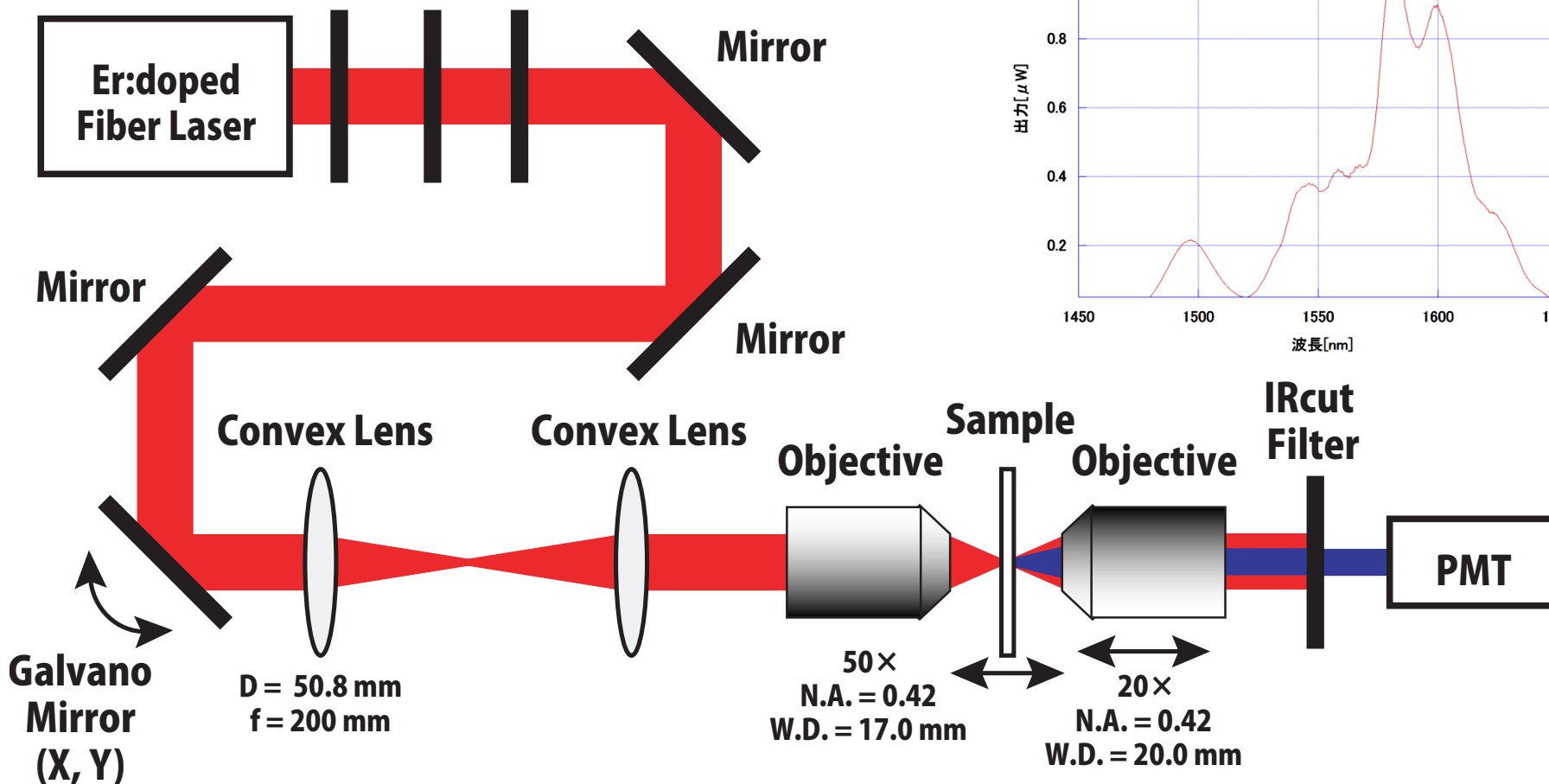
中心波長:1580 nm

パルス幅:57 fs

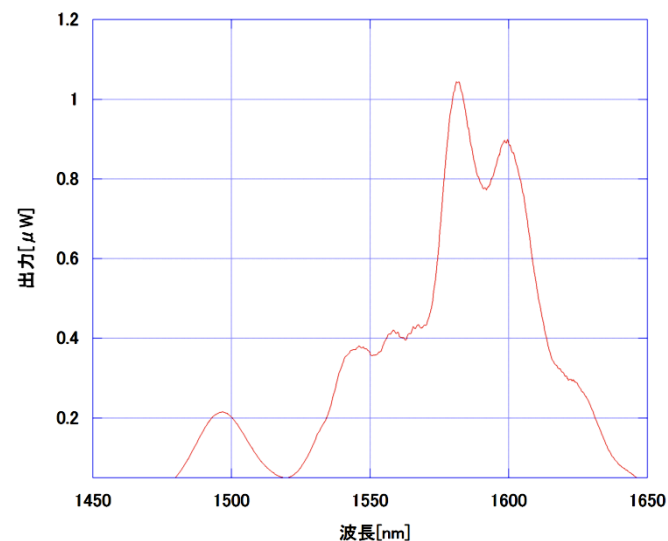
繰り返し周波数:56 MHz

平均出力:170 mW

**HWP QWP IRpass Filter**

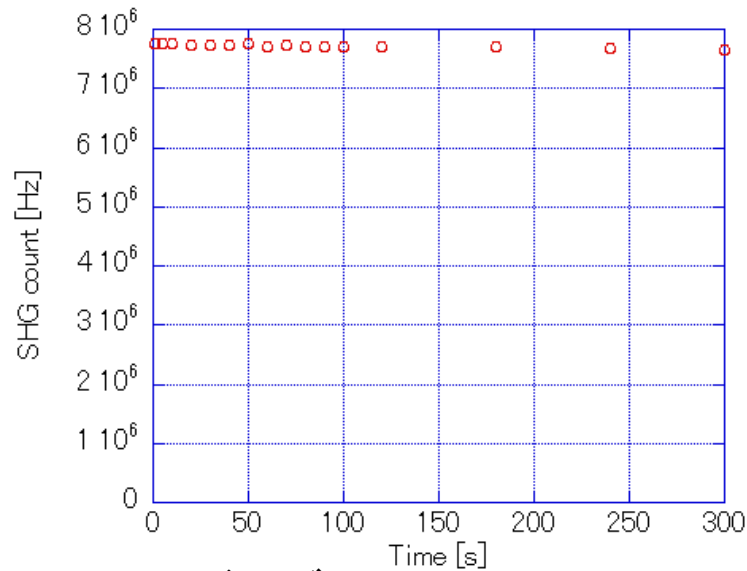


Er:doped Fiber Laser出力スペクトル



# 実験結果

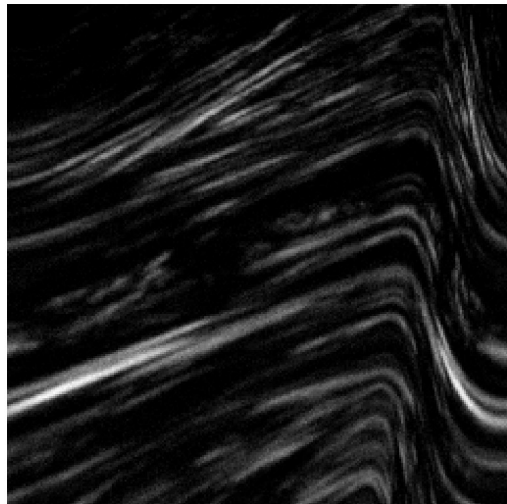
- ・サンプル(腱切片)にレーザーを照射し, SHGカウントを観測



70 mWで5 分間照射  
↓  
カウントの減少は見られない

水の吸収による影響がない  
切片サンプルにおいて, ダメージがないことを確認

- ・SHGイメージング



測定時間: 2s  
測定パワー: 70 mW  
測定視野: 約 320 μm × 320 μm

腱のコラーゲン配向の特徴 → 単一方向に配向

コラーゲン線維が単一方向に分布する様子が可視化

画像右側の補正が必要

# まとめ

- Er添加ファイバーレーザー(中心波長=1550nm)を光源に用いた透過SHG顕微鏡を構築した
- 水の吸収による影響がない切片サンプルにおいて、ダメージの確認・SHGイメージングを行った

# 今後の予定

- 水の吸収があるサンプルにおいて、ダメージの評価・SHGイメージングを行う