

# 眼球組織の力学的特性の測定

須長 純子 (日本大学大学院 応用生命科学 理化学研究所)

横田 秀夫 (理化学研究所)

Cristian TEODOSIU (理化学研究所)

佐藤 嘉兵 (日本大学大学院 応用生命科学 理化学研究所)

牧野内 昭武 (理化学研究所)

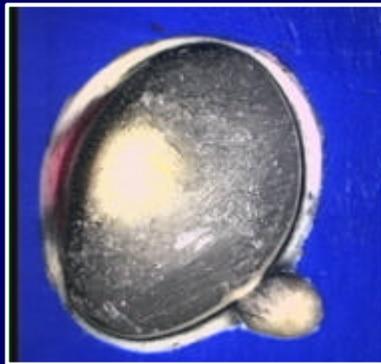
姫野 龍太郎 (理化学研究所)

# 背景

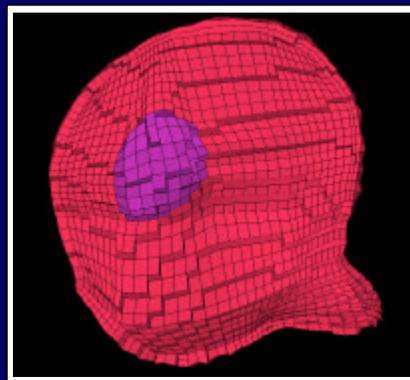
## 網膜剥離手術シミュレータの構築

### 構造情報の収集

3D画像



メッシュモデル

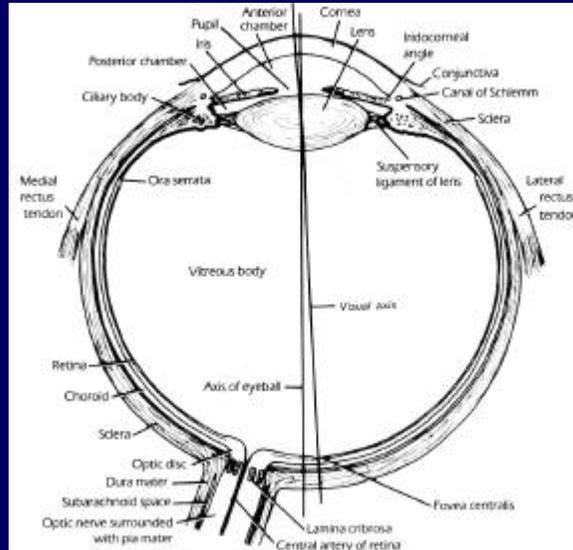


### 力学的特性の取得

精密な眼球モデルの構築

# 目的

## 眼球の力学的データの取得



水晶体 : 厚さ4mm  
直径 10mm

角膜 : 厚さ0.5~1.2mm  
直径 約11mm

強膜 : 厚さ0.3~1mm

脈絡膜 : 厚さ0.1~0.22mm

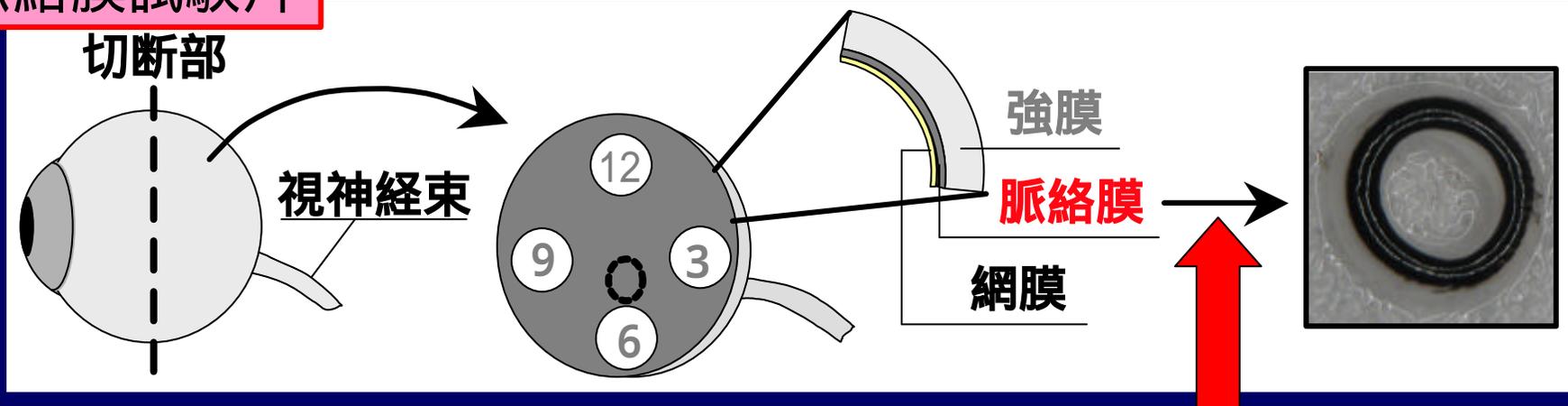
網膜 : 厚さ0.1~0.56mm

曲率の影響を打ち消すために

➔ 微小なリング状試験片を用いて引張り試験を行う

# 試験片の作成

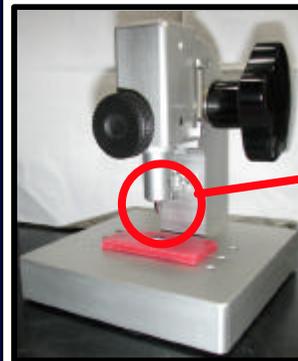
## 脈絡膜試験片



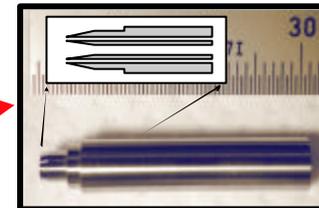
### 豚眼球

- ・同養豚場
- ・同年令
- ・摘出後15時間以内

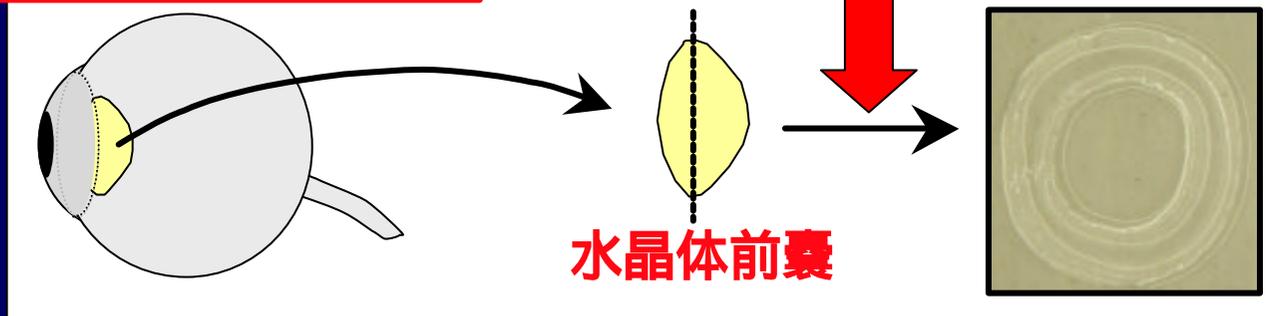
### 打ち抜き装置



### リング状ナイフ



## 水晶体前囊試験片

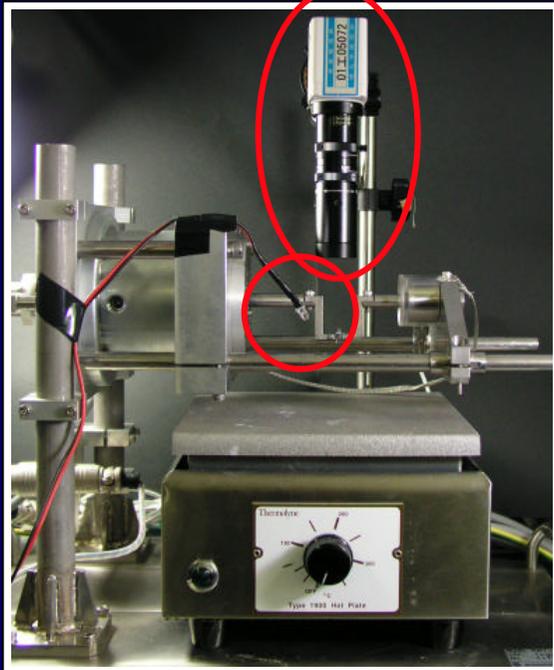


### 画像測定結果 (mm)

内径	$1.97 \pm 0.12$
外径	$2.75 \pm 0.12$

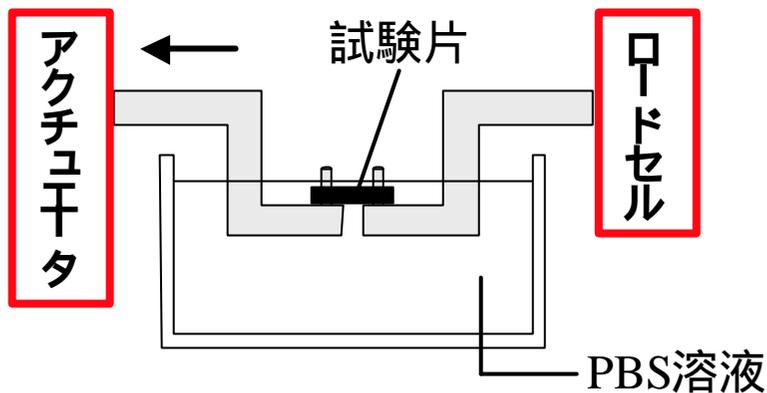
# 引張り試験装置・条件

## 引張り試験装置



	範囲	分解能
引張りストローク	4mm	1mm
ロードセル	$\pm 1\text{N}$	10mN
サンプリング周波数	200Hz	

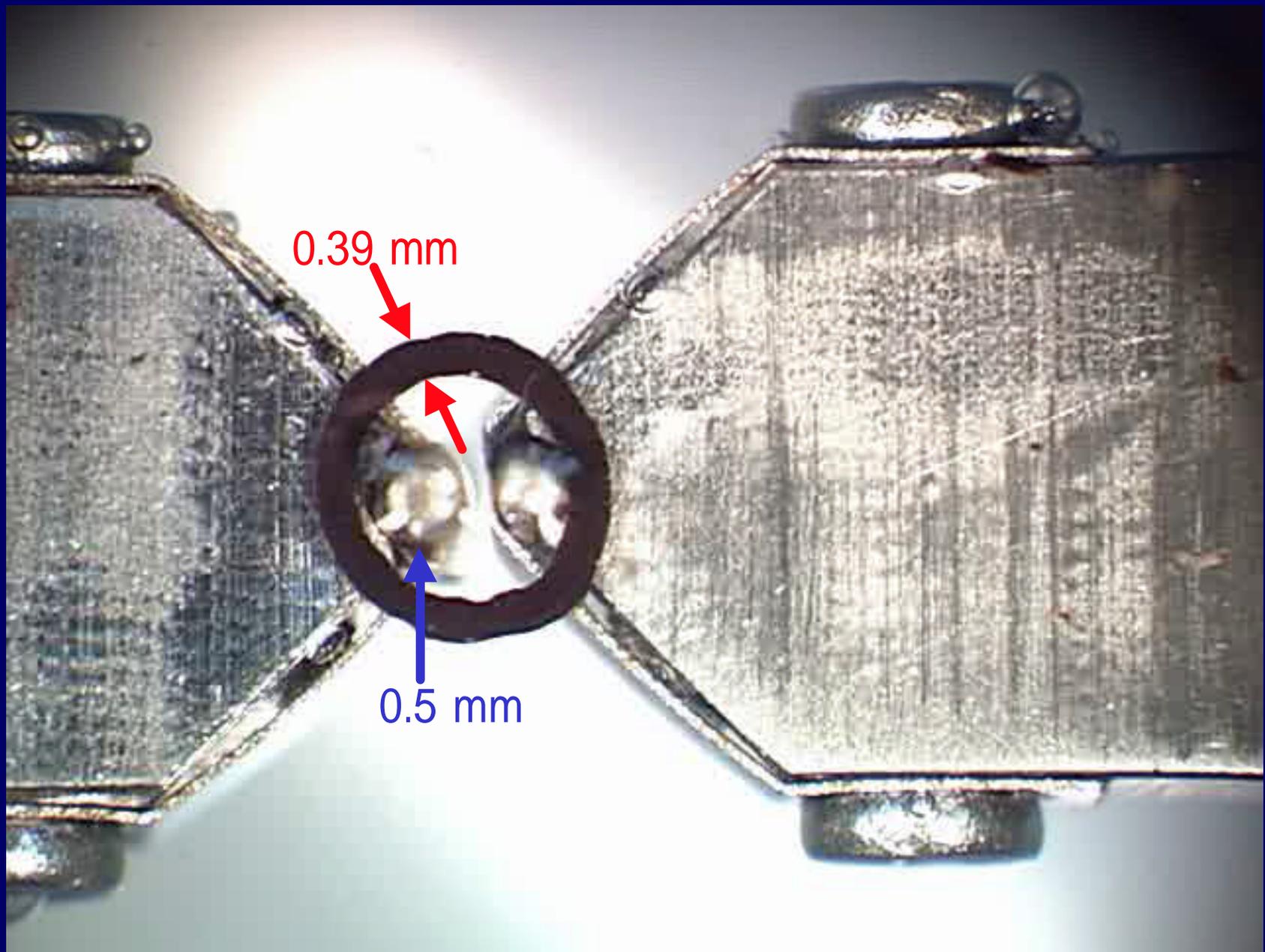
オシロスコープ : NR-2000 (KEYENCE)  
CCDカメラ : JK-TU52H (Toshiba)



## 引張り条件

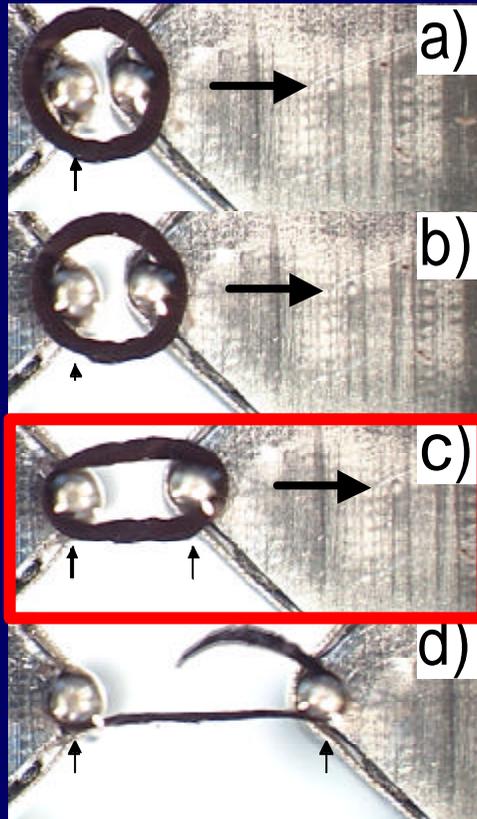
引張り速度	0.5, 0.1, 0.01 (mm/sec)
引張り環境	Phosphate Buffer Saline(PBS)中
溶液温度	室温 (21 ~ 25 ) 37

# 引張試験撮影画像

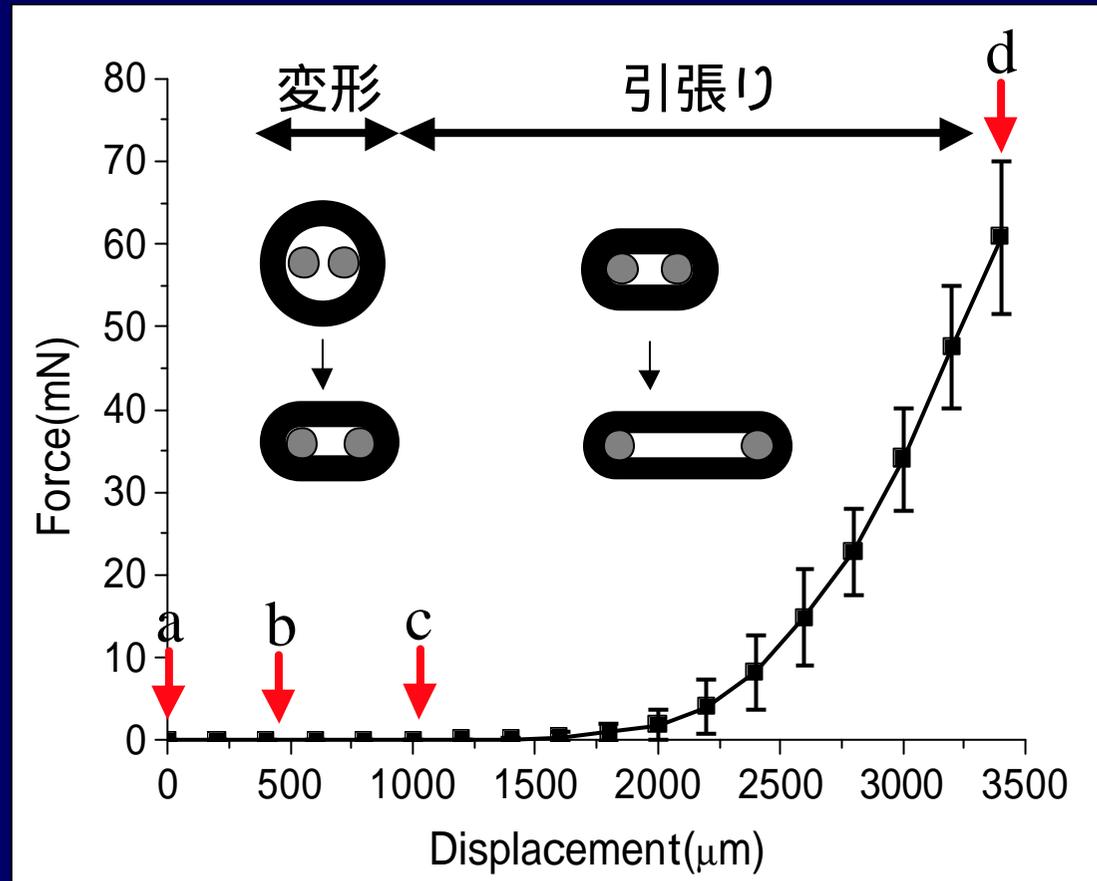


# 引張り試験による測定

引張り試験



ピンの位置と力の関係



公称応力-公称ひずみの関係に変換する

# 脈絡膜引張り試験

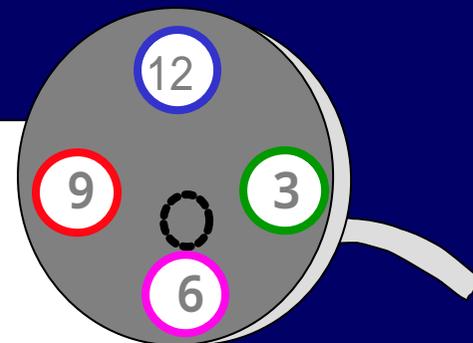
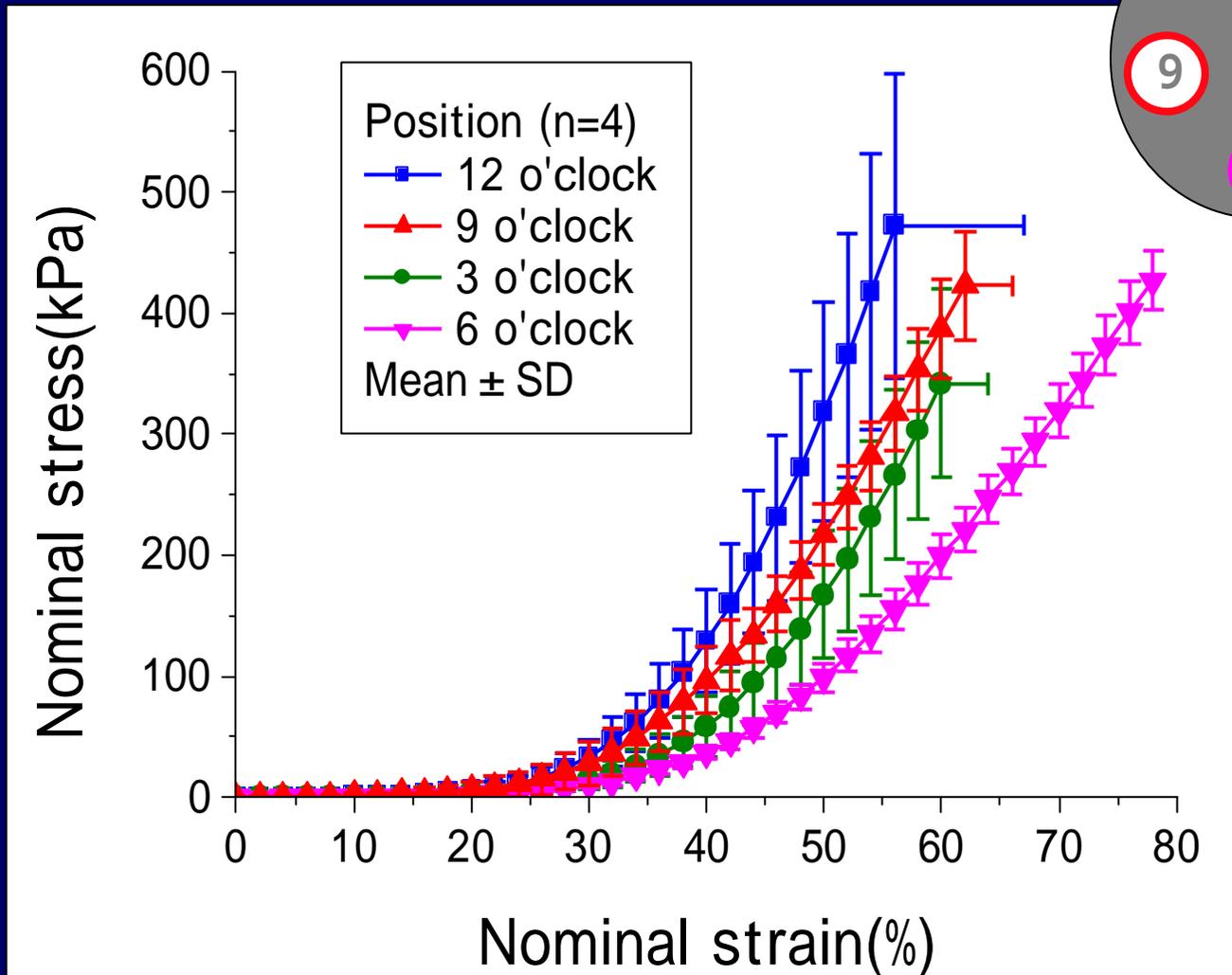
## (1) 対象位置による差異

12時、3時、6時、9時の4方向

## (2) 引張り速度依存性

0.5、0.1、0.01 mm/sec の3速度

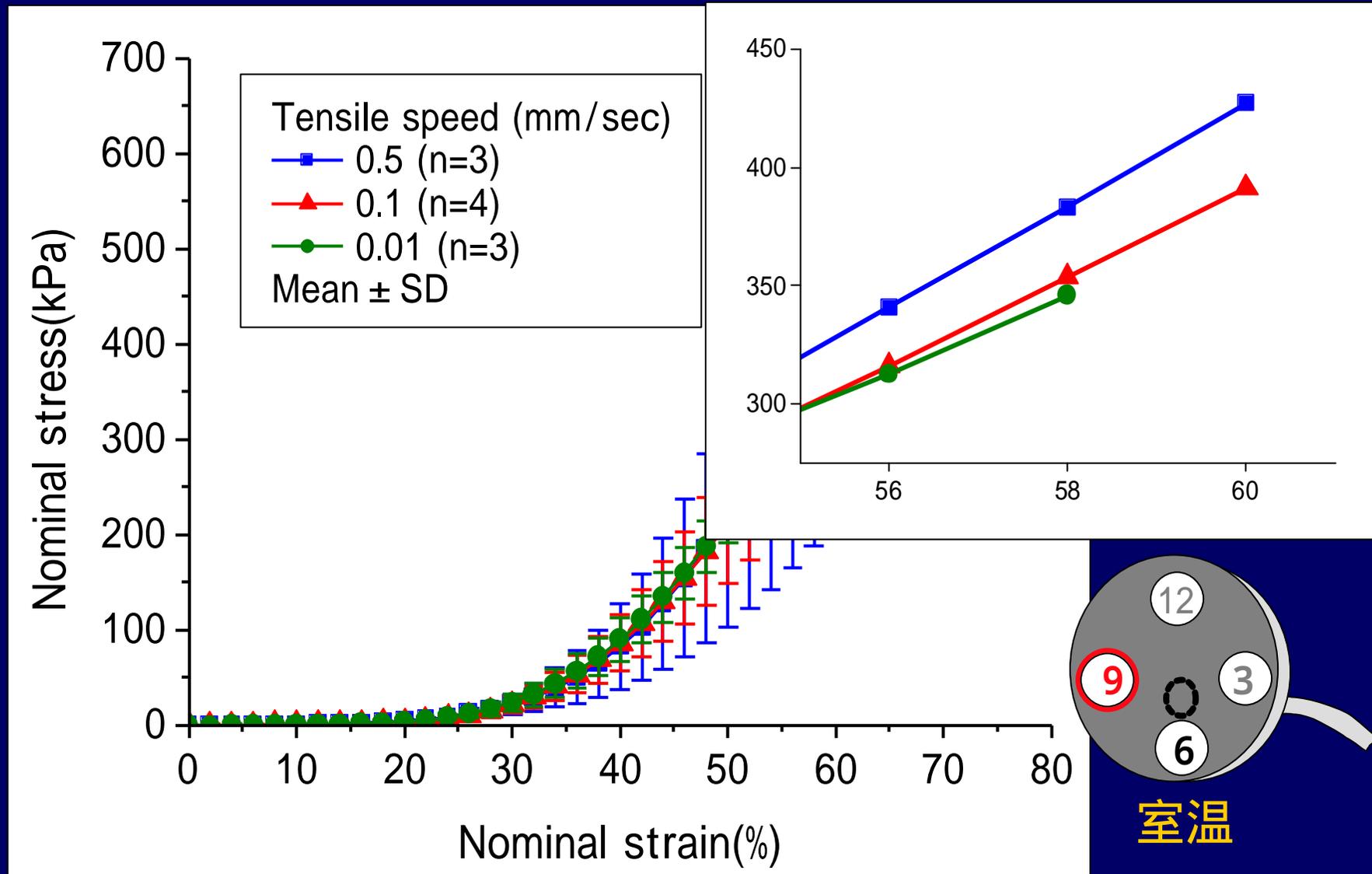
# 脈絡膜引張り試験結果 (1) 位置による違い



0.1 mm/sec  
室温

➡ 位置により力学的特性が異なる

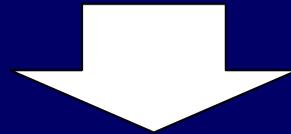
## (2) 引張り速度による違い



速度依存性は明らかでない

## 脈絡膜の力学的データを取得

- 全長3mm以下のリング状試験片の取得に成功
- 引張り試験により微小な生体軟組織試験片の力学的特性の取得に成功



- **眼球の対象位置により力学的特性に違いがある**

- 網膜剥離における臨床知見と一致

- **引張り速度依存性は不明**

- 測定誤差が大きく、統計処理による有意差は見られない

# 水晶体前囊引張り試験

## (1) 引張り速度依存性

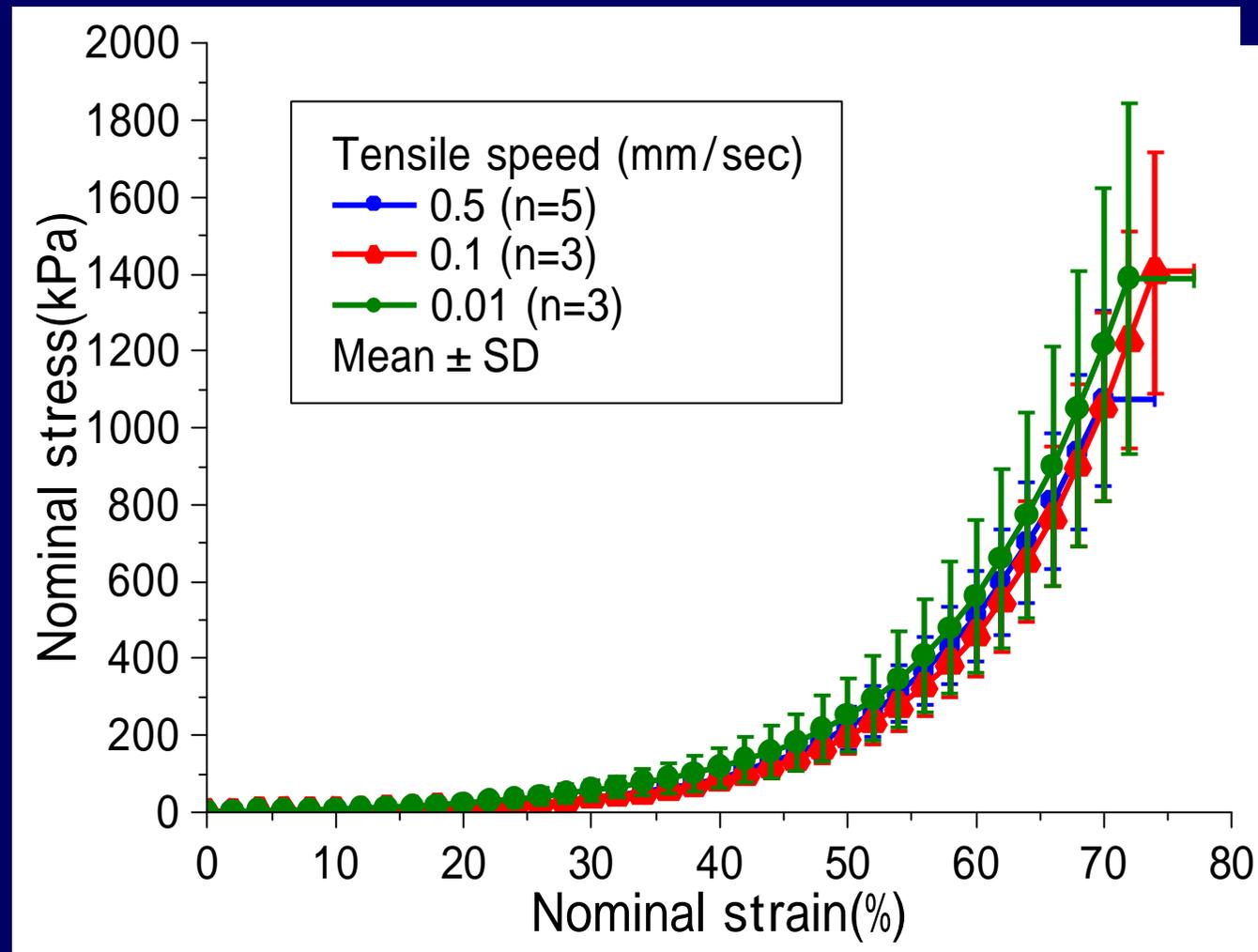
0.5、0.1、0.01 mm/sec の 3速度

## (2) 環境温度依存性

室温、37 の 2温度

# 水晶体前囊引張り試験結果 (1) 引張り速度による違い

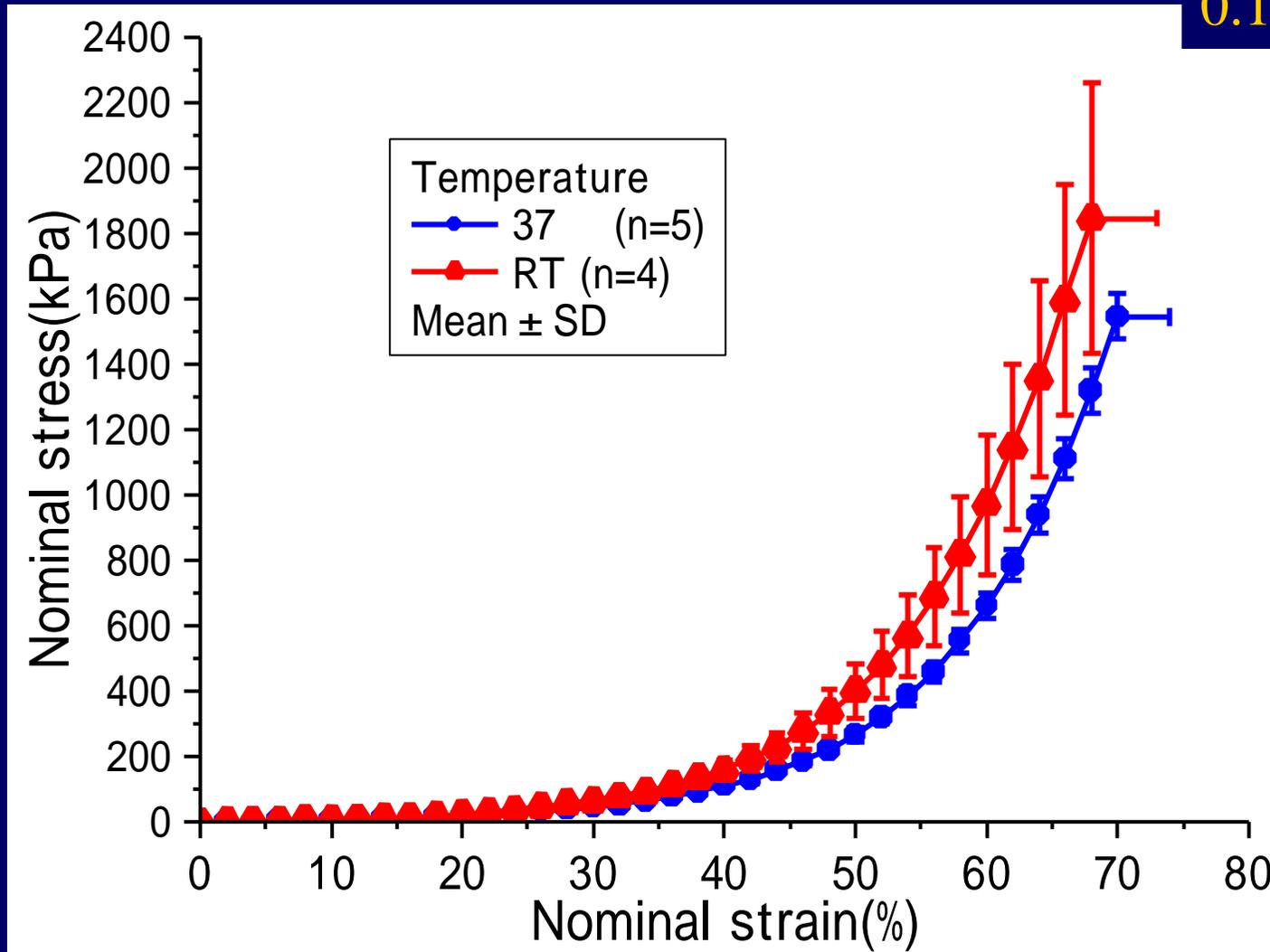
室温



➡ 速度依存性は見られない

## (2) 環境温度による違い

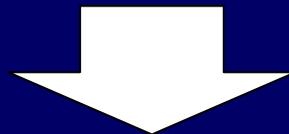
0.1 mm/sec



環境温度により力学的特性が異なる

## 水晶体前囊の力学的データを取得

- 全長3mm以下のリング状試験片の取得に成功
- 引張り試験により微小な生体軟組織試験片の力学的特性の取得に成功



### 引張り速度依存性は見られない

→ 超弾性体と考えられる

### • 環境温度により力学的特性に違いがある

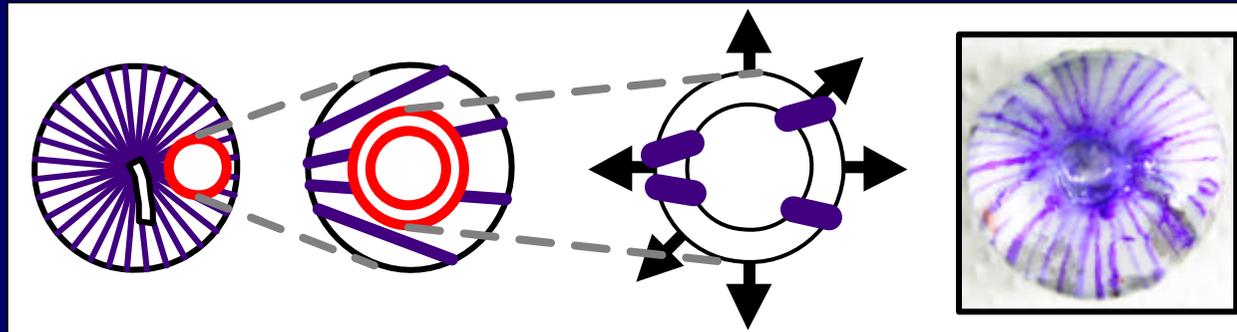
→ 生体環境下での測定が必要不可欠

# 今後の課題

## 引張り速度による依存性

➡ 異方性試験により引張り速度依存性を明らかにする

・リング状試験片にマーキングする



・ダンベル型試験片を作成する



全長10mm

## その他の組織の測定

➡ 強膜・網膜・角膜など