

# 最新のMCFゴムの特性と概要



以下, 概要を示す.

# 磁気クラスター-の磁気異方性



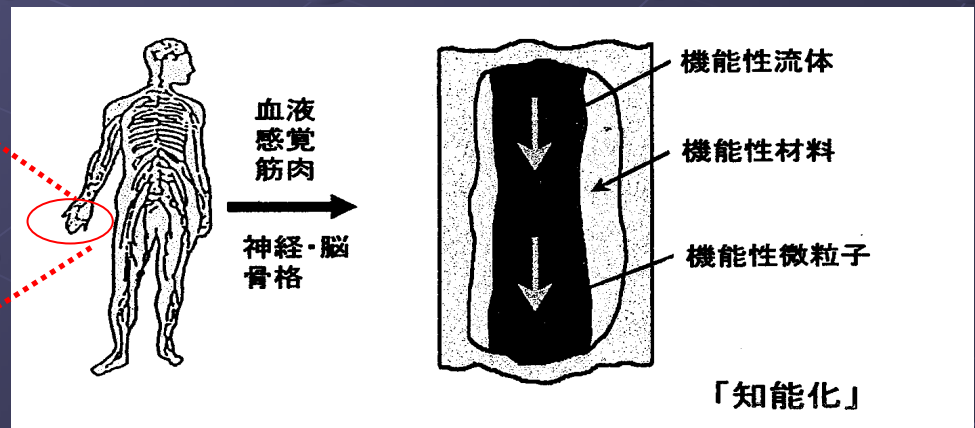
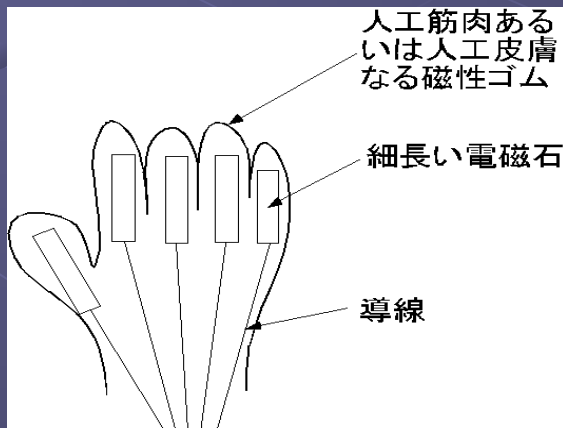
新しい磁性ゴム, 磁性プラスチック



人工筋肉(ロボット, アクチュエータ,  
医療用機械), 玩具, 電磁波シールド材  
などへ応用期待



知能化へ



# 背景

人間の動きと同じ作業が出来るロボットの開発

義肢(義手や義足)にセンサを搭載した新しい機能的な義肢の開発



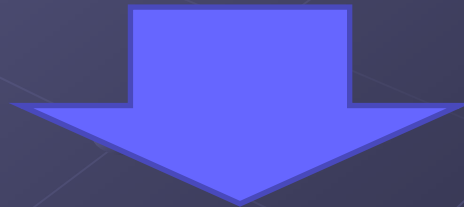
ロボットや義肢に搭載する触覚センサの開発

人間の皮膚が持つ五覚(触覚, 圧覚, 痛覚, 温覚, 冷覚)

人間の皮膚のような材料



従来の触覚センサ …… ひずみゲージ, ピエゾ素子, MEMSを利用したもの ⇒ 構造が複雑, 弾力性・伸張性に欠く



MCFゴムに注目

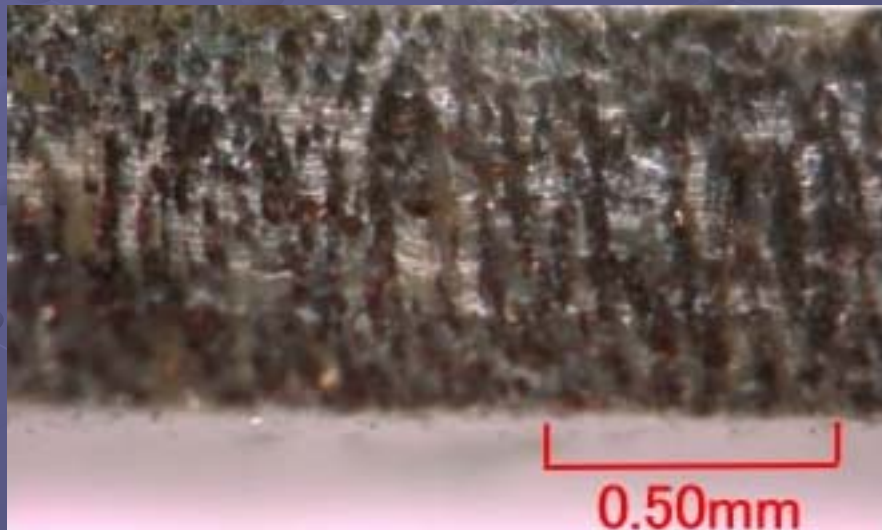
# MCFゴムの実体顕微鏡写真(その1)

Ni(123) : 3g

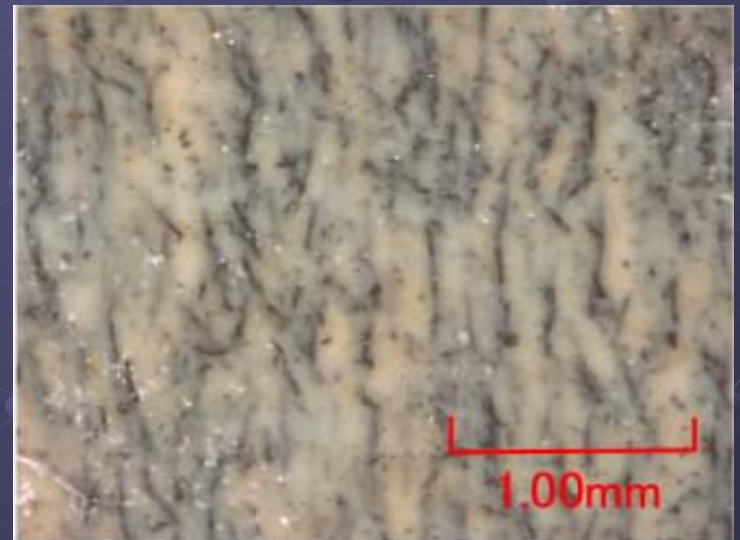
Cu(MF-D2) : 3g

MF(フェロテック, ケロシンベース) : 4g

シリコンオイルゴム(SH9550) : 10g



垂直磁場下硬化, × 200倍

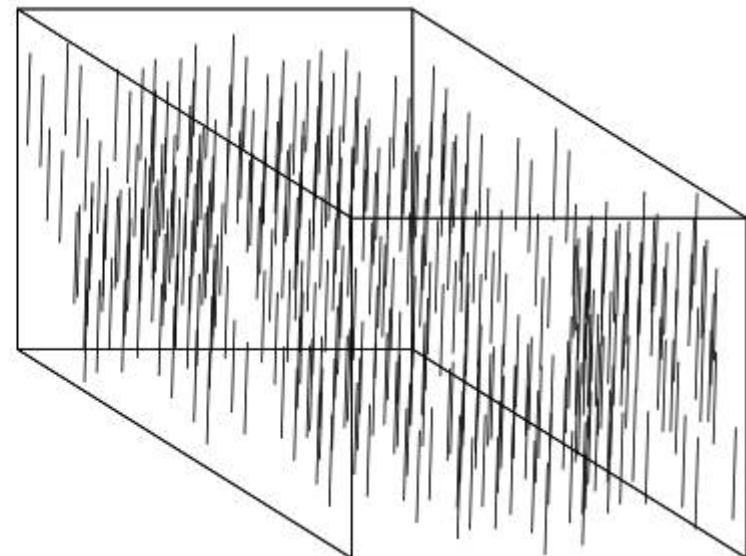
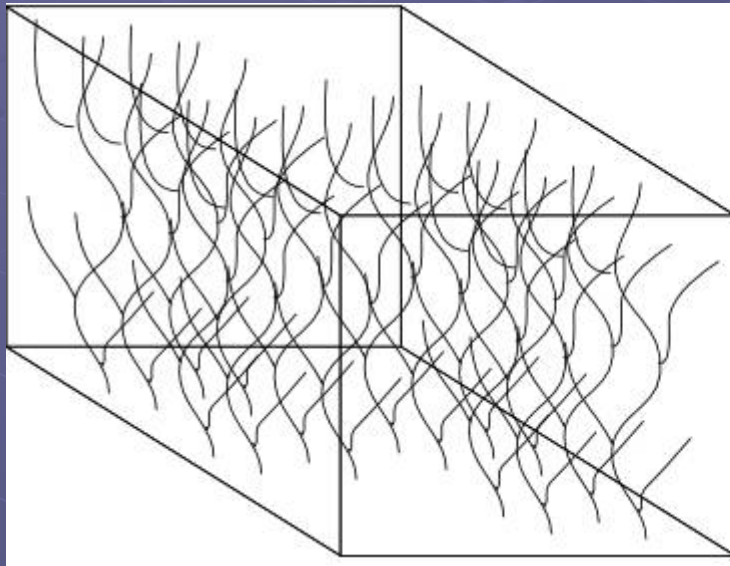


平行磁場下硬化, × 100倍

# いろいろな磁気クラスタの形状

ネットワーク状

針状



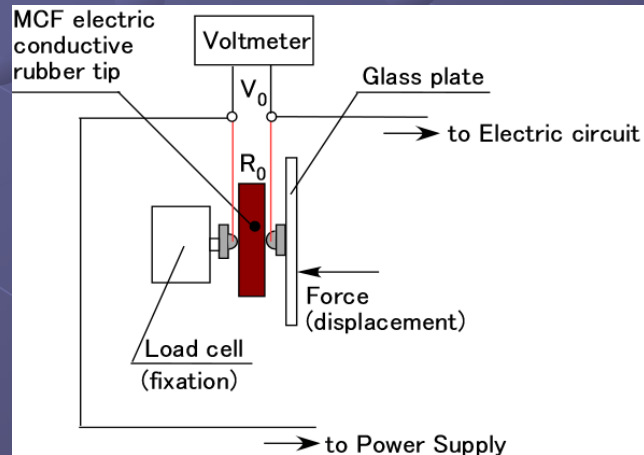
Cu+Ni+MFを用いた場合

Cu+HQ+MFを用いた場合

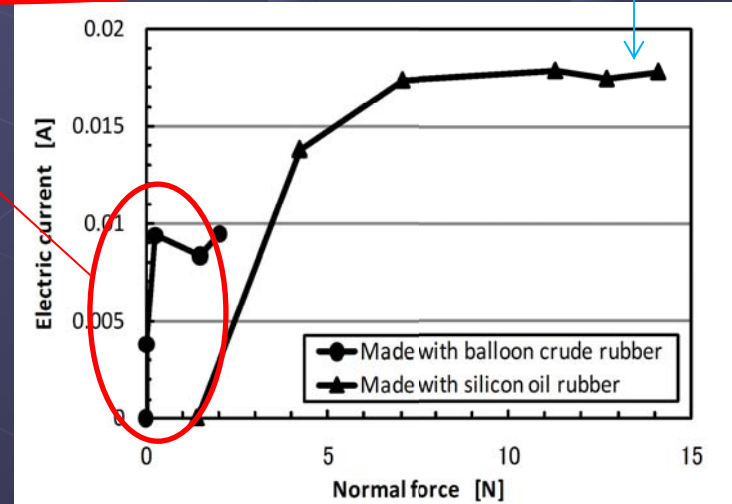
# 従来の導電性ゴムとの比較(その1)

	感圧し始めるゴムへの接触力[N]	そのときの電気抵抗 [ $\Omega$ ]
市販の感圧導電性ゴム1	75.5	4700
市販の感圧導電性ゴム2	6.53	52.5
市販の感圧導電性ゴム3	38.1	11200
シリコンオイルゴムによる MCF ゴム	0.294	335
天然ゴムによる本案件の MCF ゴム	0.0149	3491

力 [N]	印加電圧 [V]	流れた電流 [A]	その時の抵抗 [ $\Omega$ ]
0.0149	20.05	0.00380	3491



超高感度



圧縮した時の導通試験装置

# 実験目的

ザラザラ感・ツルツル感などの触覚を感知する

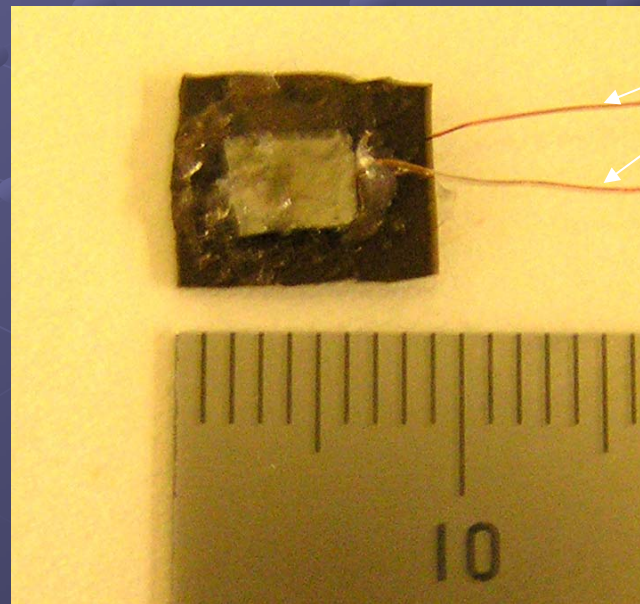
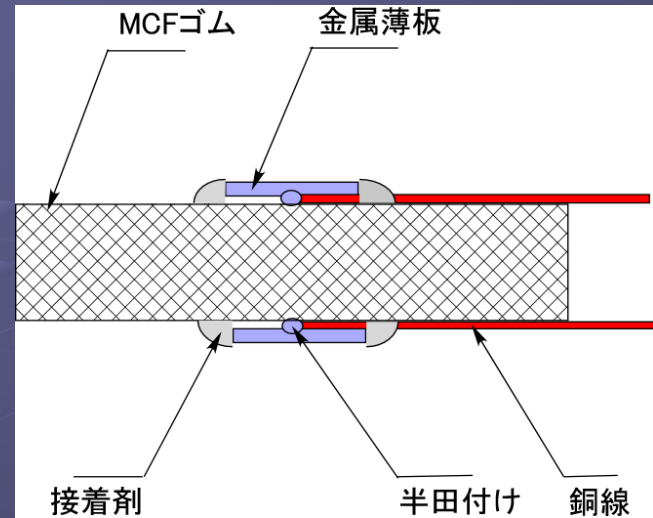
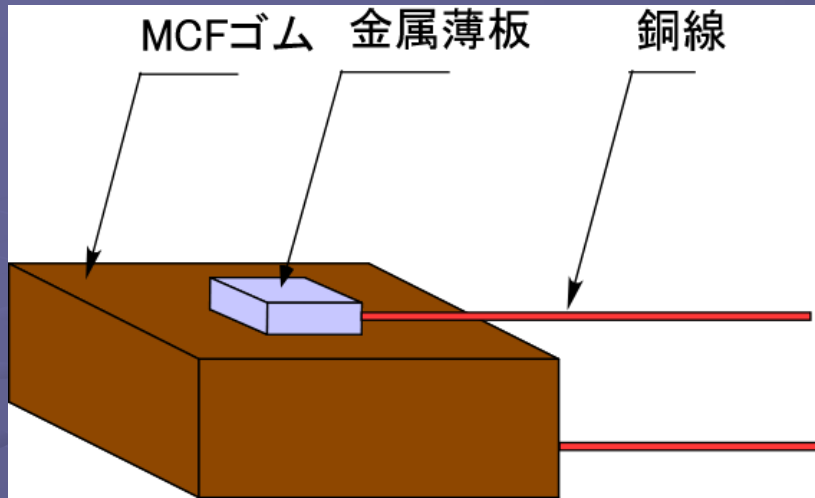


二つの面で違う反応を求める



MCFゴムに電気を流しているとき、二つの面で  
圧力やずり応力を加えることによる電圧の上  
下・乱れ等の変化を捉える

# 従来の触覚センサー試作例……垂直力のみ感知



電気導電用導線



# 原理

ゴムの伸縮によりゴム中を流れる電流が変化

伸びる

縮む



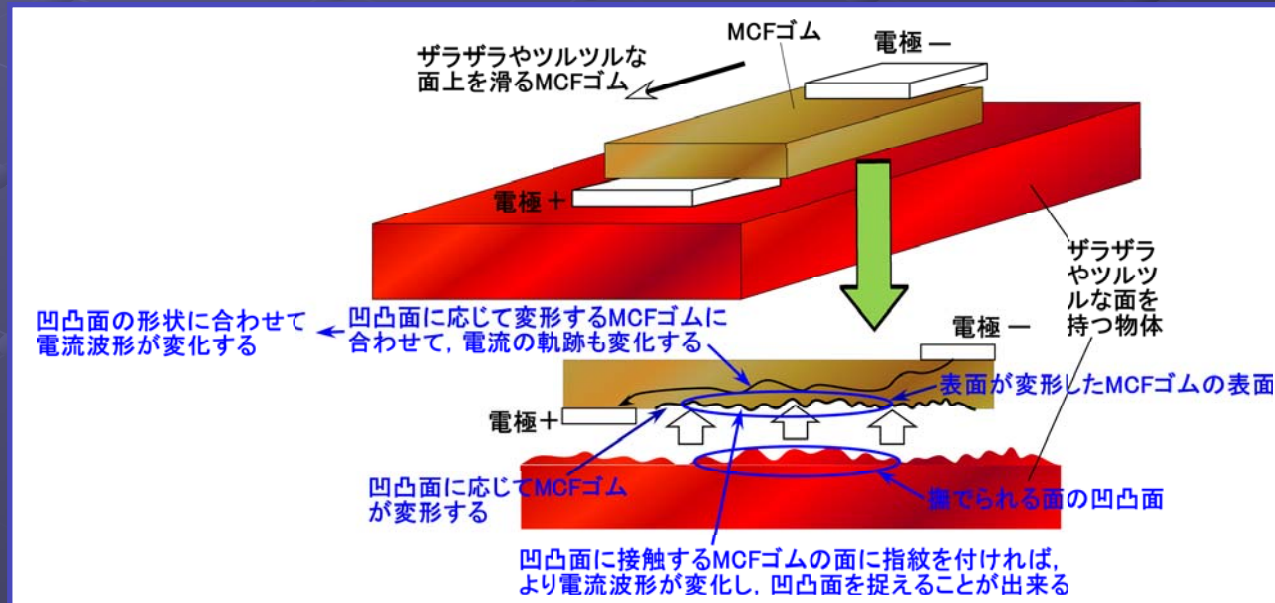
金属粉間距離がnmオーダーとなる時の、トンネル効果により電気が流れる(→島田により証明)

電流増加

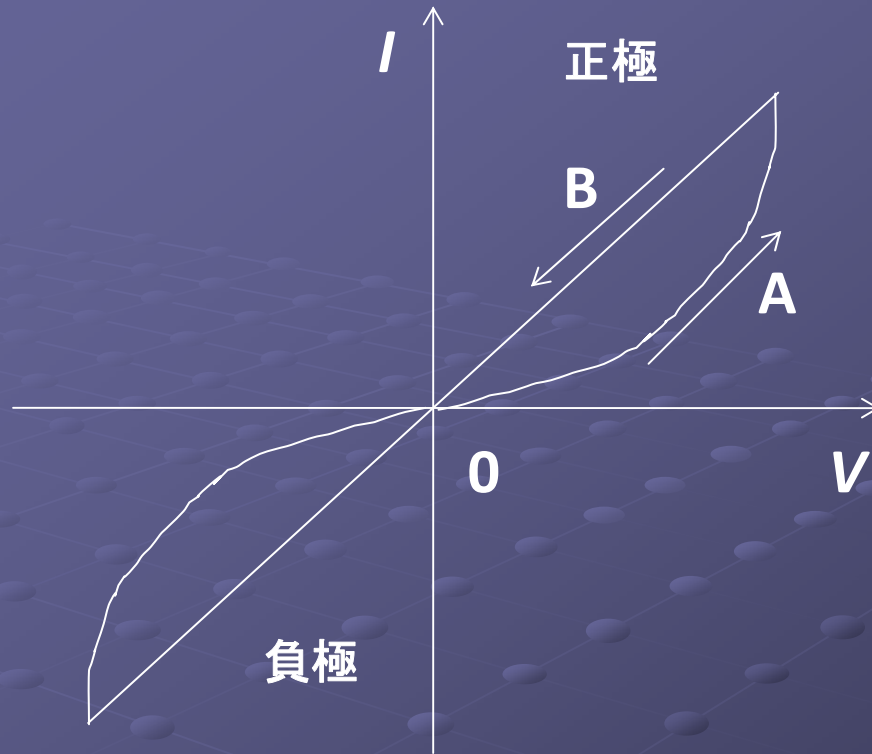
電流減少



この変化を触覚として得る



# MCFゴムの場合



A : 電気抵抗が大きい → 金属微粒子の間のゴムに、空乏層ができるため

B : 電気抵抗が小さい → 電子が透過し易い

↓  
np型半導体と同じ現象

拘束された電子が障壁を越えて電流が透過する場合をシュレディンガーの方程式で考える。

一般には,

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + V_o(x) \Psi(x) = \varepsilon \Psi(x) \quad (1)$$

$k$  の領域では,

$$\Psi(x) = A e^{ikx} + B e^{-ikx} \quad (2)$$

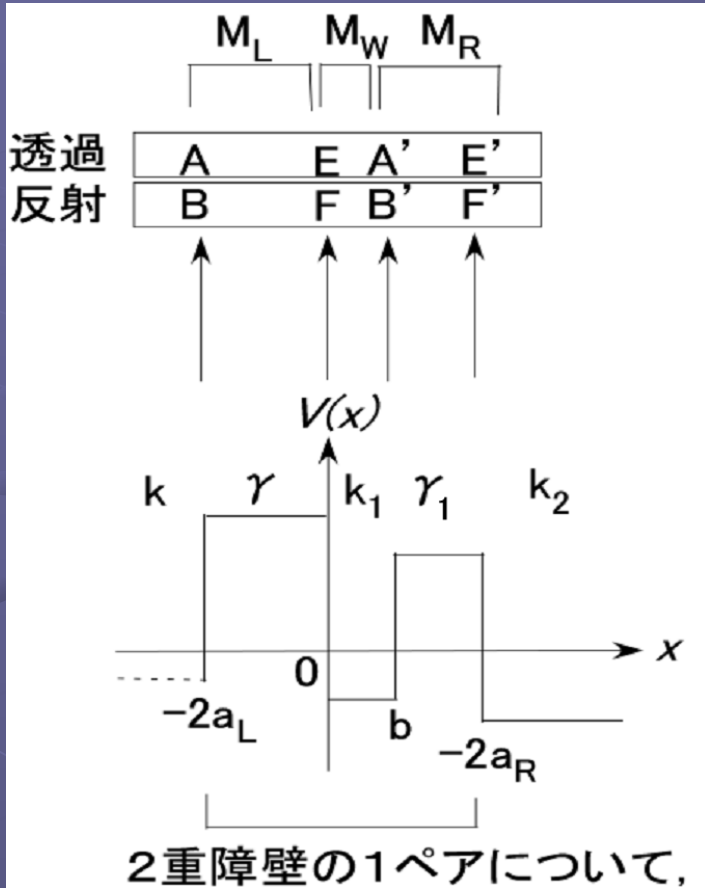
$\gamma$  の領域では,

$$\Psi(x) = C e^{\gamma x} + D e^{-\gamma x}$$

ただし,

$$k = \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} \varepsilon}, \gamma = \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} (V_o - \varepsilon)} \quad (3)$$

今の場合,



$$\begin{Bmatrix} A \\ B \end{Bmatrix} = M_L M_W M_R \begin{Bmatrix} E' \\ F' \end{Bmatrix}, \quad (4)$$

$$M_T = M_L M_W M_R$$

ここで,

$$M_L = \begin{bmatrix} m_{L11} e^{i\theta_{L11}} & m_{L12} e^{i\theta_{L12}} \\ m_{L12} e^{-i\theta_{L12}} & m_{L11} e^{-i\theta_{L11}} \end{bmatrix},$$

$$M_W = \begin{bmatrix} e^{-ik_1 b} & 0 \\ 0 & e^{ik_1 b} \end{bmatrix},$$

$$M_R = \begin{bmatrix} m_{R11} e^{i\theta_{R11}} & m_{R21} e^{-i\theta_{R21}} \\ m_{R21} e^{i\theta_{L21}} & m_{R11} e^{-i\theta_{L11}} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

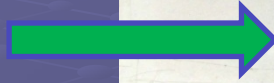
また,

# 実験結果

アクリル板

紙やすり

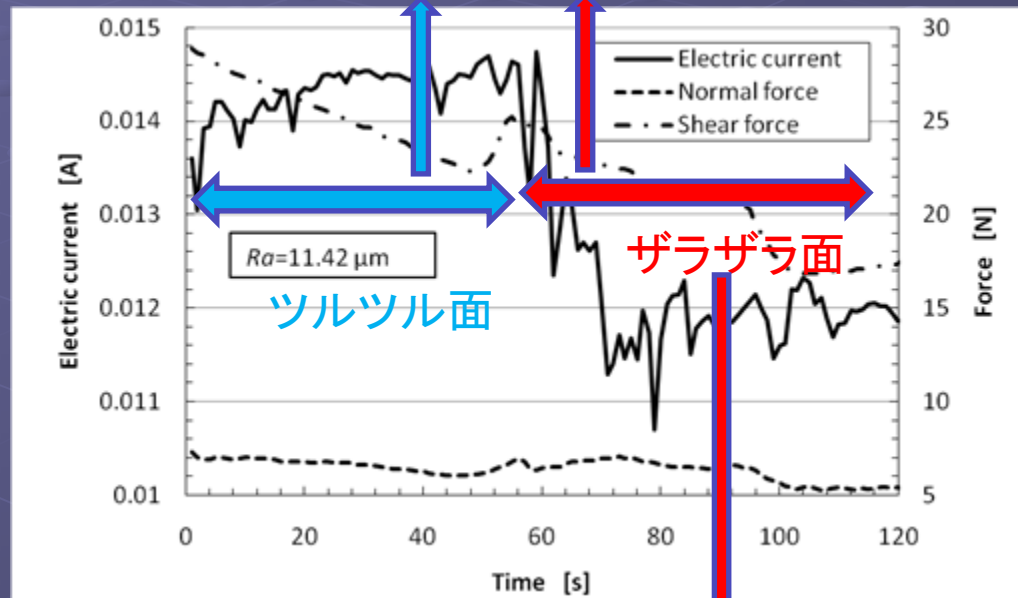
掃引方向



掃引速度  $v$  : 1.7 mm/s

初期の押し付け力  $N$  : 0.33N

印加電圧 : 33V



表面粗さ計  
(SJ-401, ミト  
ヨ(株)製)  
により計測



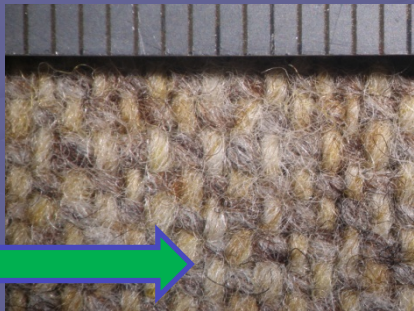
# パラメータは何か？

- 初期の押し付け垂直力  $N$
- 掃引速度  $v$
- 撫でられる物体の表面粗さ  $R_a, R_y, R_q$
- (初期の押しつけ力によるせん断力  $S$   
→  $N$  の代わりと出来る)

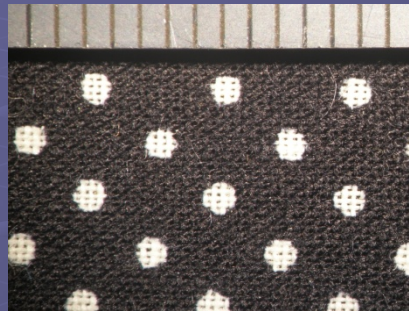
# 色んな物体表面を感知できるか？

## (1) 布における測定

布A



布E



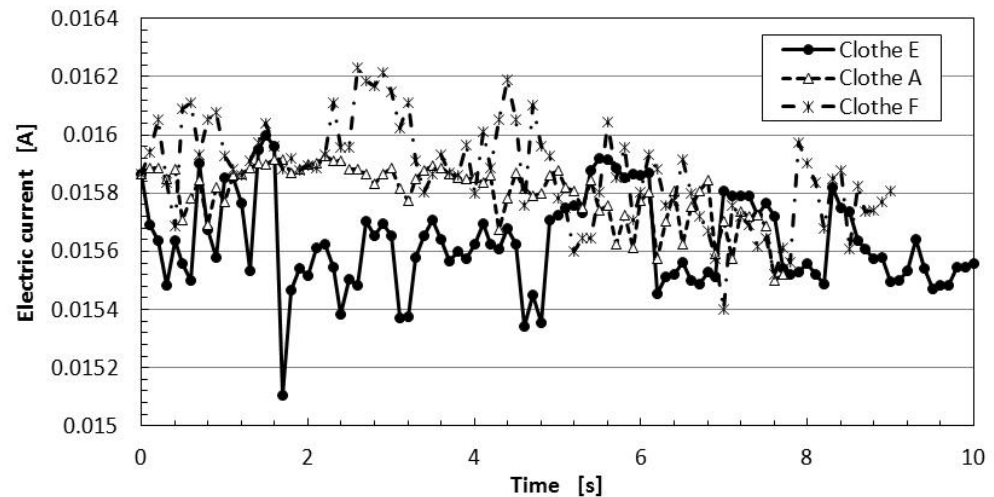
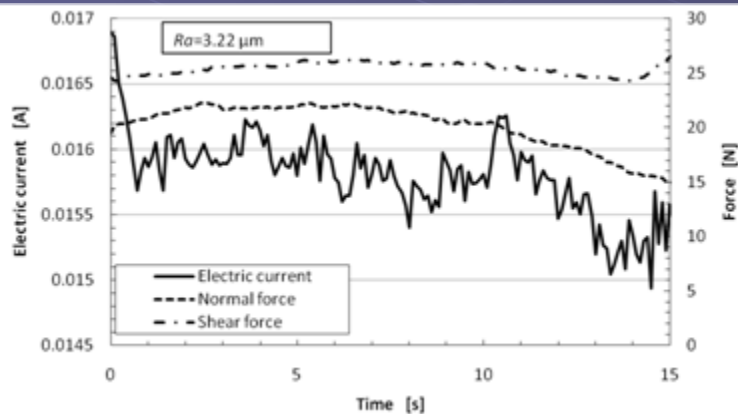
布F



1mm

布のみ掃引

掃引速度  $v$  : 1.7 mm/s  
初期の押し付け力  $N$  : 0.33N  
印加電圧 : 33V

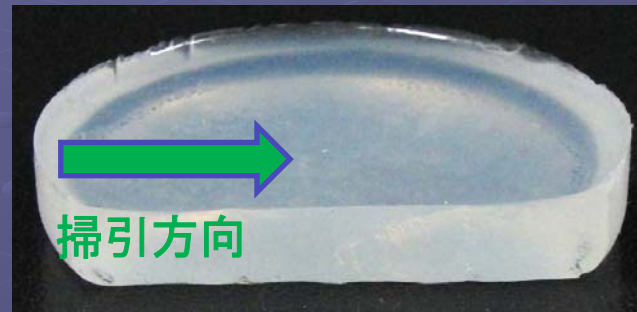


布Fの測定結果

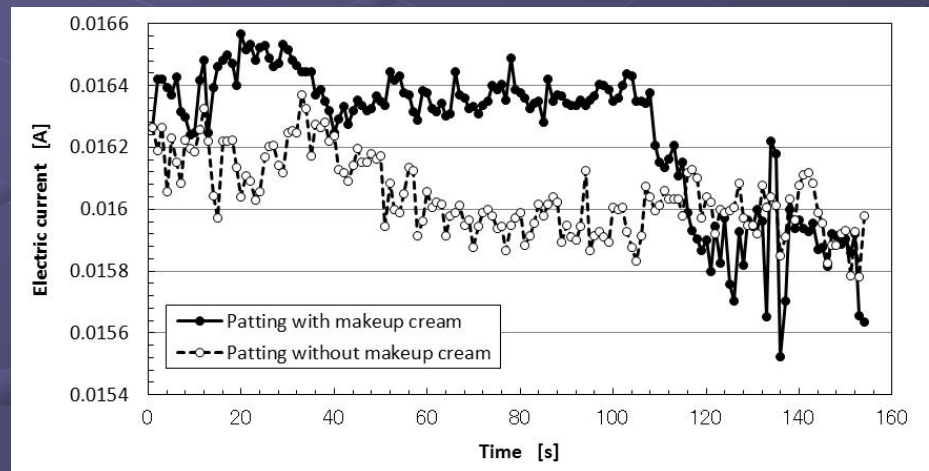
電流波形の比較

## (2) 弾力性(柔らかさ)における測定

柔らかさの違うシリコンオイルジェルにおいて測定



シリコンオイルジェルの上にクリームを塗った場合と塗らない場合の比較

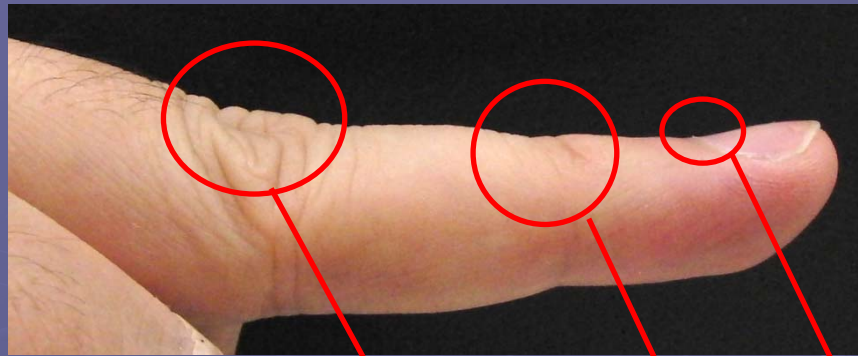






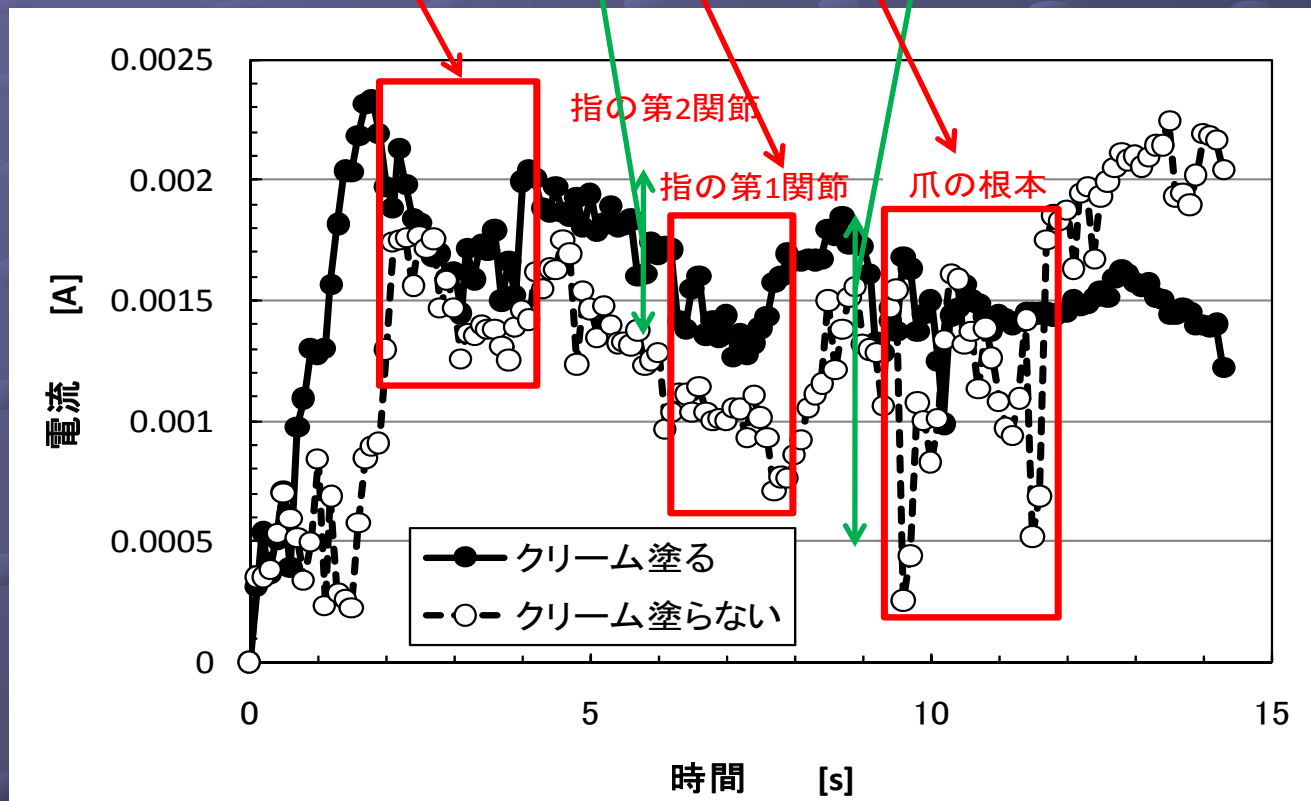
MCFゴムは、粗さだけでなく、柔らかさも捉えることができる

### (3) 人の指の表面を撫でた時の測定



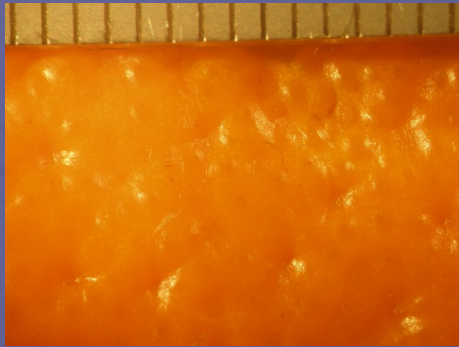
クリームを塗った時, 変化小さい

クリームを塗らない時, 変化大きい



# (4) 果実の表面を撫でた時の測定

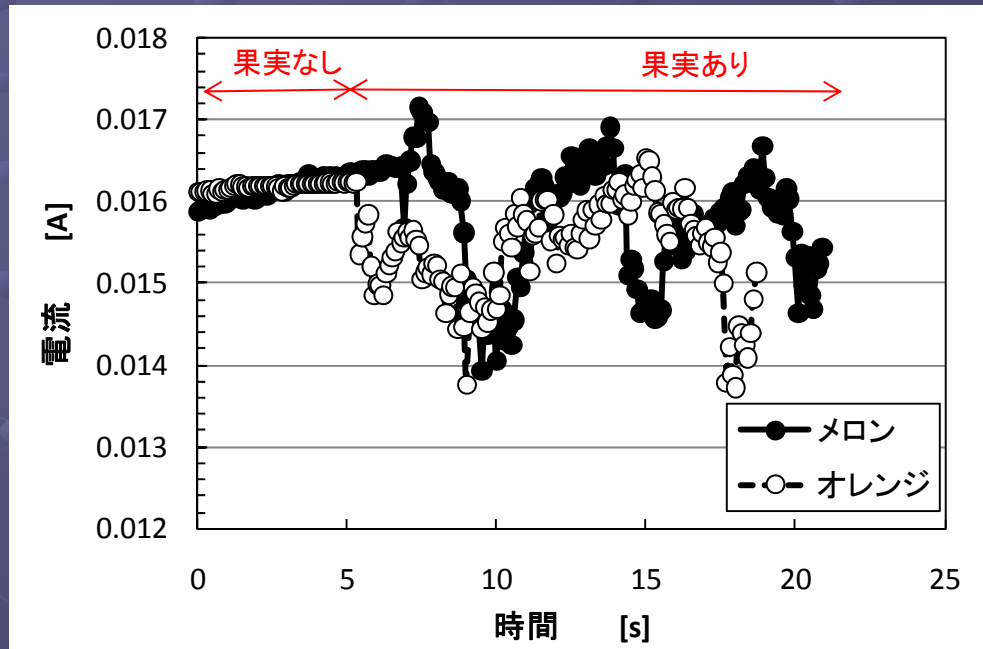
アメリカ産オレンジ



メキシコ産アンデスメロン



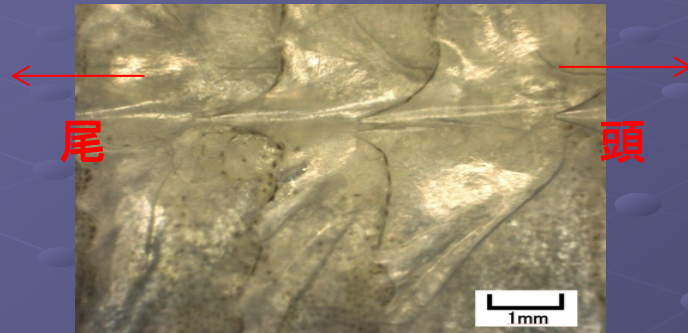
1mm



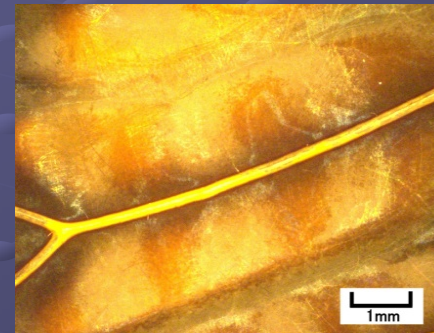
凹凸の形状をMCFゴムで捉えることが出来る

## (5) 生物の表面を撫でた時の測定

アジの鱗表面



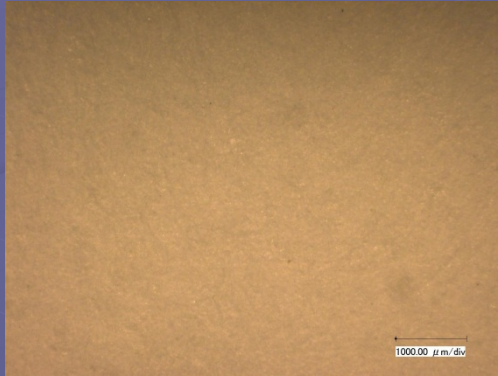
セミの羽根の表面



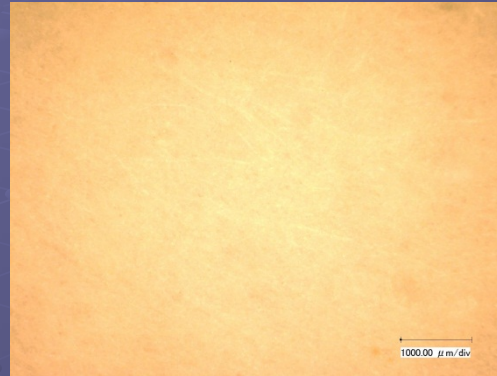
生物の肌をMCFゴムで捉えることができる

# (5) 紙の表面を撫でた時の測定

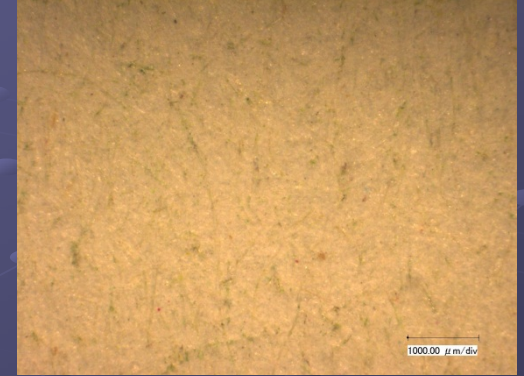
a: コピー用紙



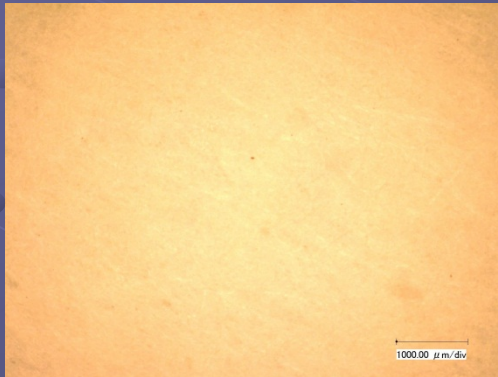
b: 和紙(表)



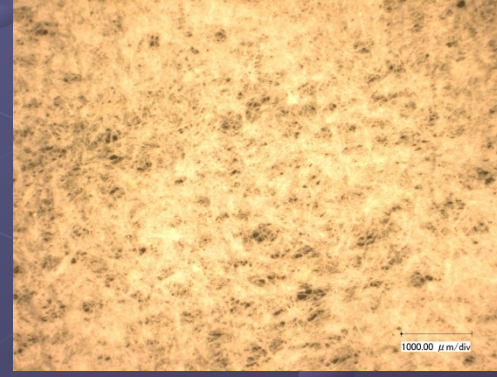
c: 新聞紙



d: 和紙(裏)



e: トイレtpーパー(硬い)



f: トイレtpーパー(柔らかい)



紙質をMCFゴムで捉えることができる