

# 理工学研究科附属医用システム創造フロンティア 研究内容 2023

## 1. 応力解析, 生体材料

生体内外の力計測 (笹川), 組織の力学特性計測 (藤崎),  
押し込み試験による関節軟骨の粘弾性特性評価 (三浦)

## 2. 熱・流体解析

手術室火災リスク管理 (鳥飼), 血液粘度 (城田), 生体の熱計測 (岡部),  
消化器内の食物の流動解析 (宮川)

## 3. 計測・制御

非侵襲計測・殺菌装置 (齊藤),  
生体信号のモード分解による可視化と解釈 (紅林)

## 4. 医用システム

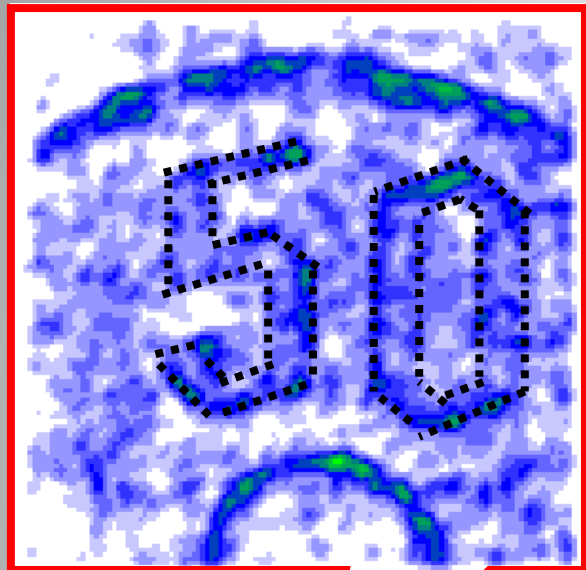
動作計測・医用ロボット (佐川), レーザー装置・応用 (花田),  
フェムト秒レーザーを用いたコラーゲンゲル加工 (山田),  
血球解析 (矢野), 生体軟組織と医療機器の力学計測 (森脇),  
偏光計測 (岡), 手術支援システム (陳)

## 5. 画像処理

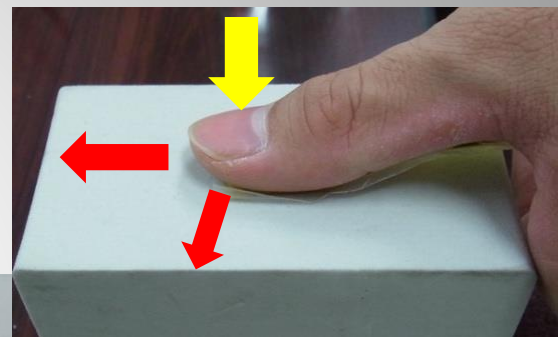
医用画像工学 (銭谷), 深層学習を用いたCTの画質改善 (尾崎)

# 1. 応用解析、生体材料

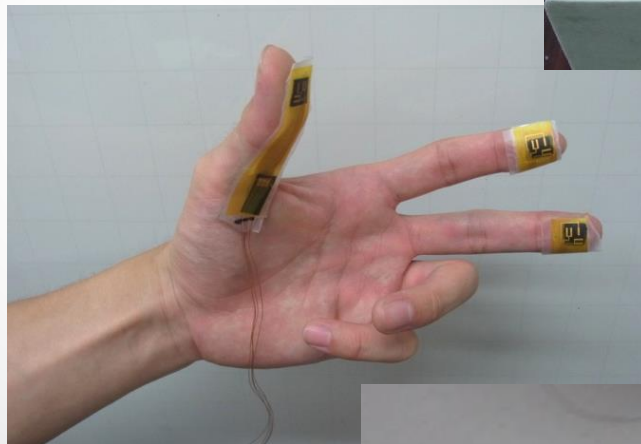
# 薄くてしなやかな接触圧力・触覚センサ でヒトにかかる力を計る(笹川研究室)



接触圧力(圧覚)



曲面に接着

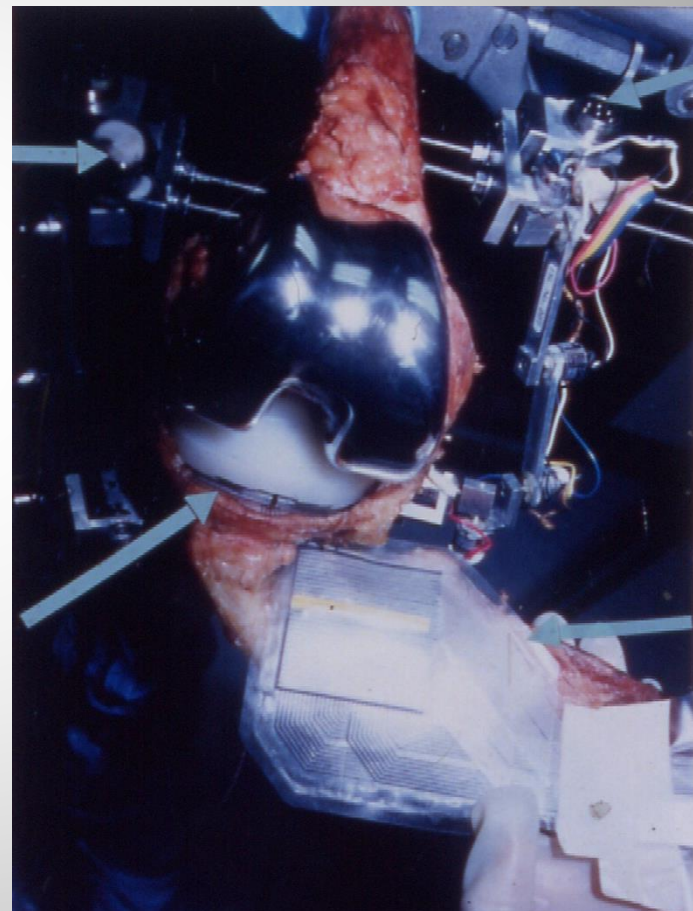
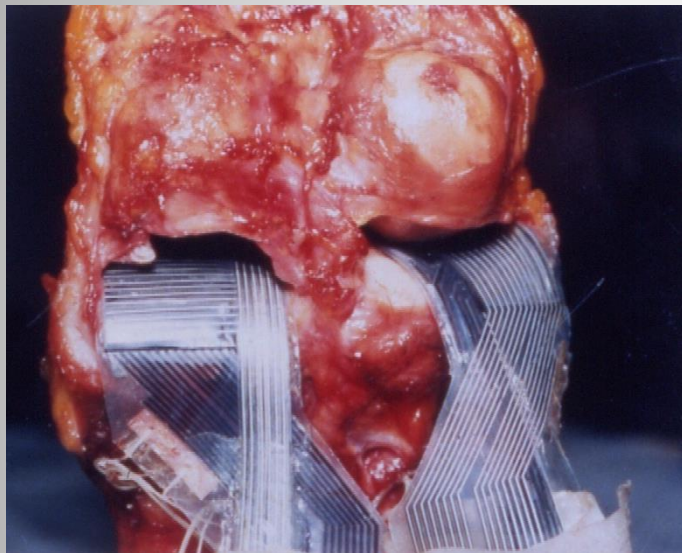


せん断応力  
(すべり覚)



# センサシステムの適用

関節など生体硬組織に作用する接触応力

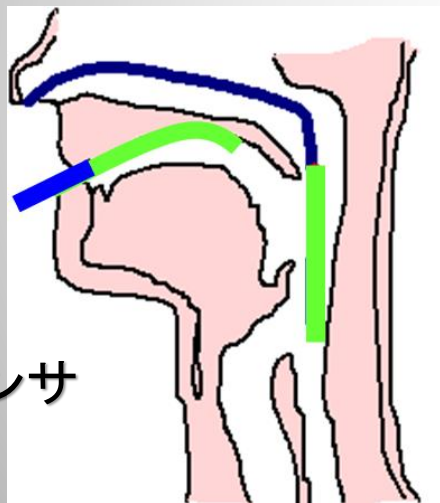
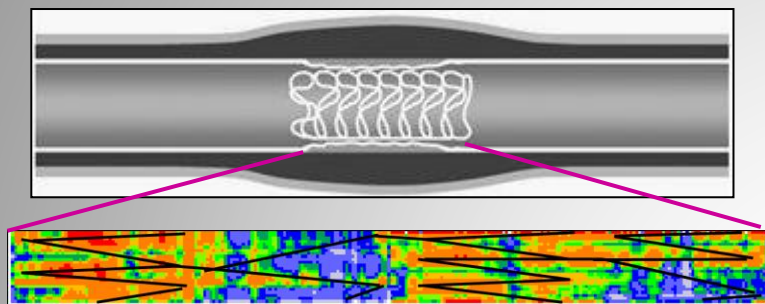


疾患の力学的病因解明  
や人工関節等医療デバ  
イスの機能評価と開発



# センサシステムの適用

皮膚など生体軟組織に作用する接触応力



嚥下センサ




義足，ステント等医療福祉機器とヒトとのインターフェイスの機能評価・開発／手触り(熟練技)の可視化

# 生体組織の力学特性計測～藤崎研究室～

元々の専門は骨折予防に関する技術開発

## 試料作製と観察

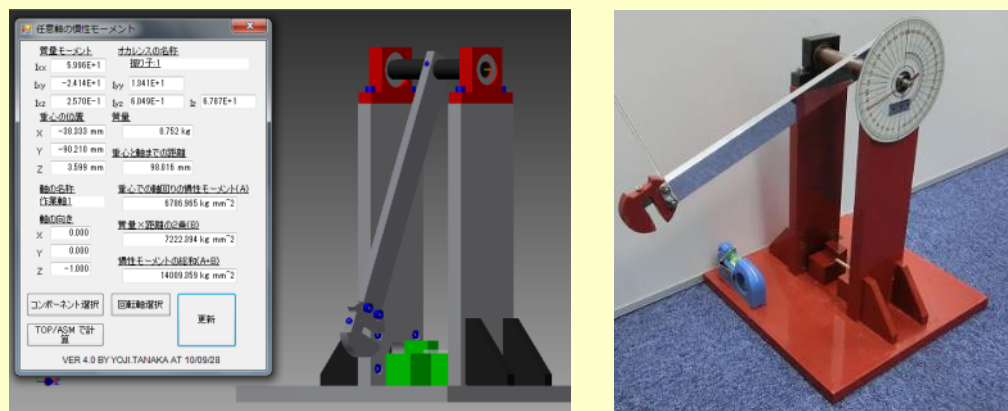
**顕微鏡観察**



**骨試験片加工**



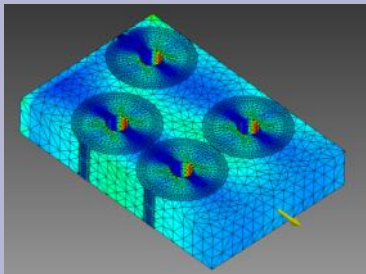
## 試験装置の設計・開発



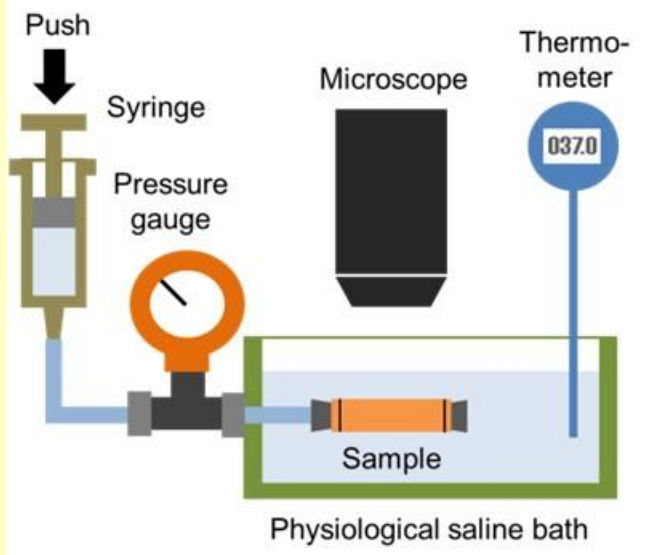
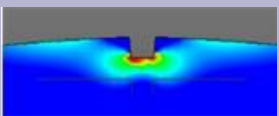
3DCADによる設計と工作機械による機器製作



## 力学解析

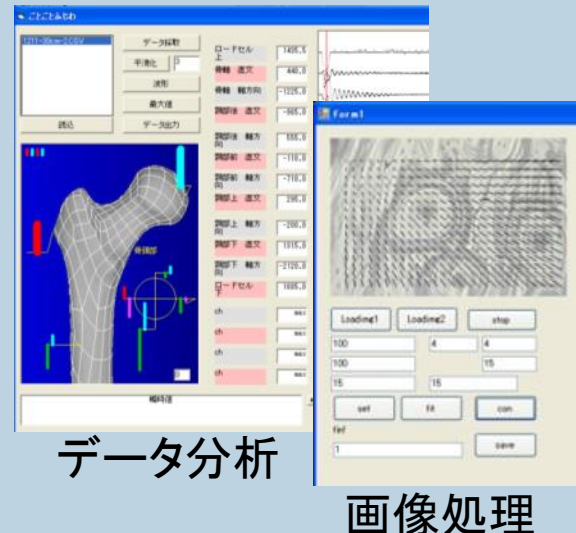


**応力集中部の特定**



軟組織評価用実験装置の開発

## ソフトウェア開発

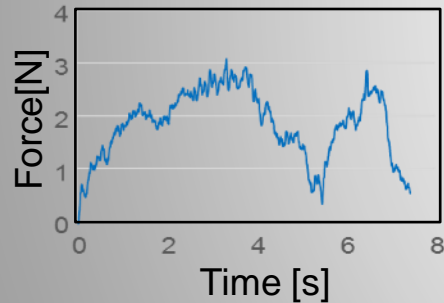
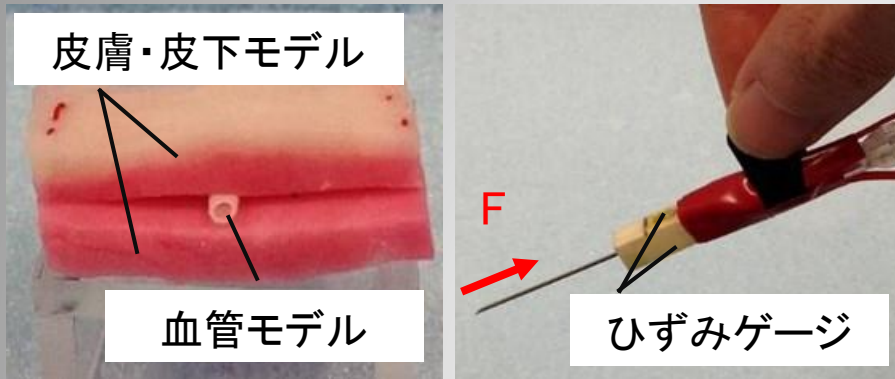


**データ分析**

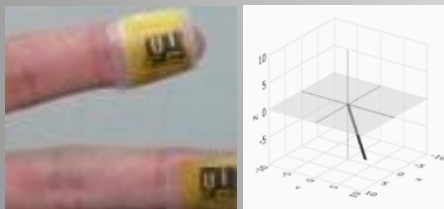
**画像処理**

# 力加減の可視化技術

## 穿刺力の計測: ひずみセンサ活用



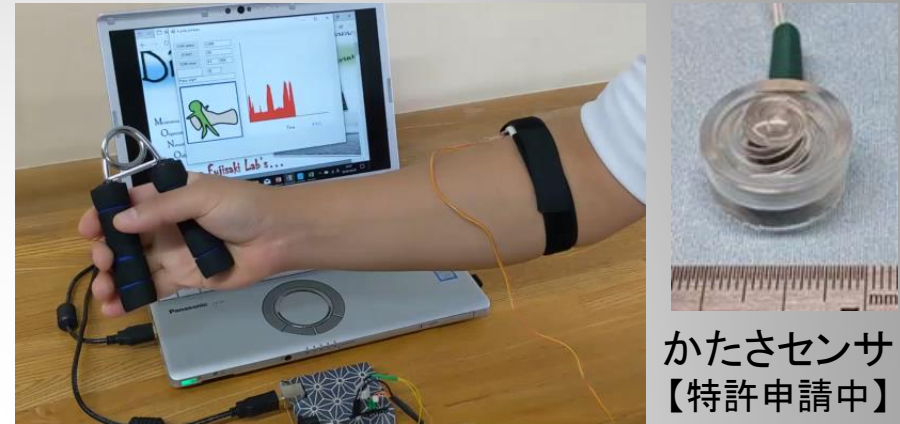
針把持部の変形量計測に基づき穿刺力を評価する



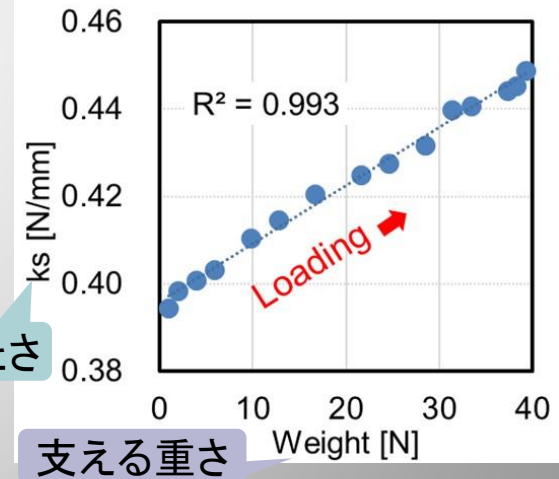
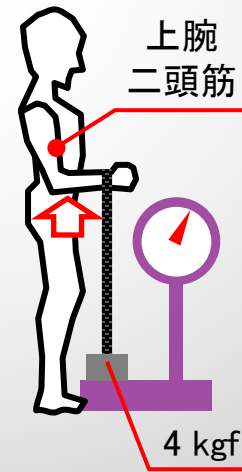
- ▶ 指先の力覚検出
- ▶ 熟練技術者の力加減の評価

笹川研の薄型3軸応力センサとの連携  
: 力覚による機器制御にも応用可能

## 筋活動可視化: かたさセンサ開発



かたさセンサ  
【特許申請中】



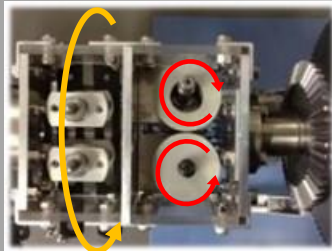
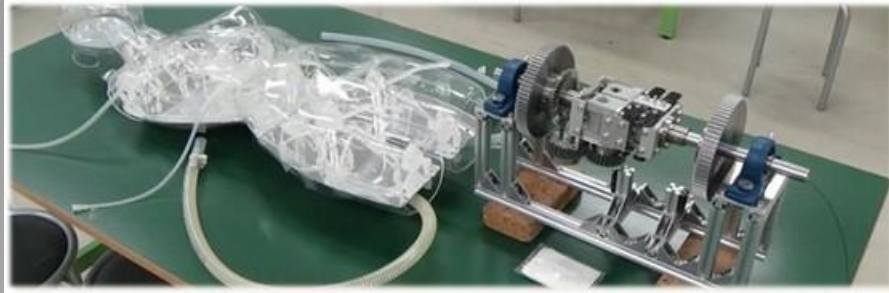
## 筋発揮力と筋かたさの関係

- ▶ 筋活動計測への応用: みえない労力を測る



# 応用事例：医用機器への実装

## カテーテル送り装置の開発



- ▶ ワイヤの送り出しとねじりを実現する機構の設計・製作
- ▶ 力覚による送り制御

Master

Slave

力覚検出・提示

装置：力計測

計測用PC

制御装置

専用ソフトウェア

遠隔通信

小型・高精度化へ ▶



## 熟練動作の特徴抽出とVR/AR



Force-myographyによる筋活動パターンの取得と動作解析

前腕FMGによる「じゃんけん」の手指動作同定

教師データ(熟練者)との筋活動パターン比較

スコア表示



トレーニングシステムへの実装

動作, 力覚, 筋活動のリアルタイム可視化



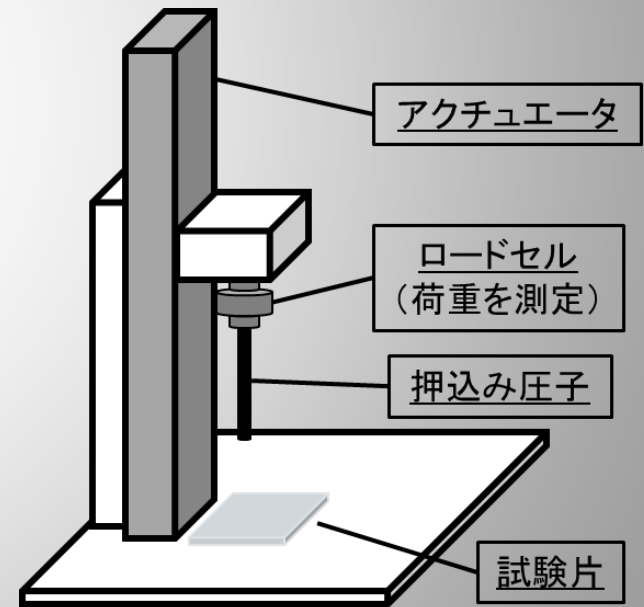
(笹川三浦研 助教 三浦 鴻太郎)

## -押し込み試験による関節軟骨の粘弾性特性評価-

- これまでの研究では、材料試験の一種であるインデンテーション (押し込み) 試験の基礎理論の構築を主に行ってきた。

### インデンテーション試験

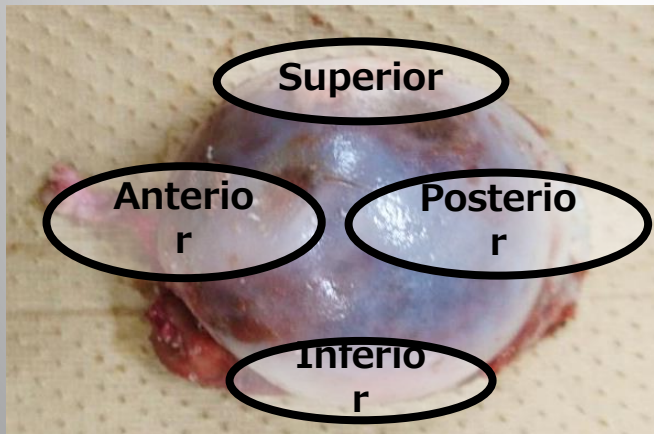
- 材料を厳密な試験片形状に加工することなく行うことができる。
- インデンテーション試験の基礎理論は、弾性論における**接触問題の解析解**によって構築されている。



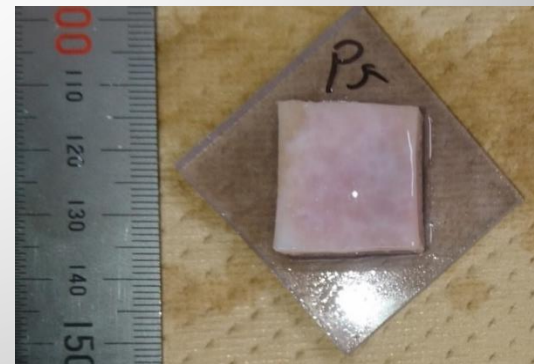
インデンテーション試験の概観図

(笹川三浦研 助教 三浦 鴻太郎)  
-押し込み試験による関節軟骨の粘弾性特性評価-

- 試料 : ウシ大腿骨頭軟骨  
(骨頭軟骨から4個の試料を作製.  $\Rightarrow N = 4 \times 2 = 8$ )
- 形状 : ブロック形状 (20×20×10~15 mm)
- 軟骨厚さ : Image J (NIH)を用いて, スケールと共に撮影した試料  
側面の画像より測定.



大腿骨頭

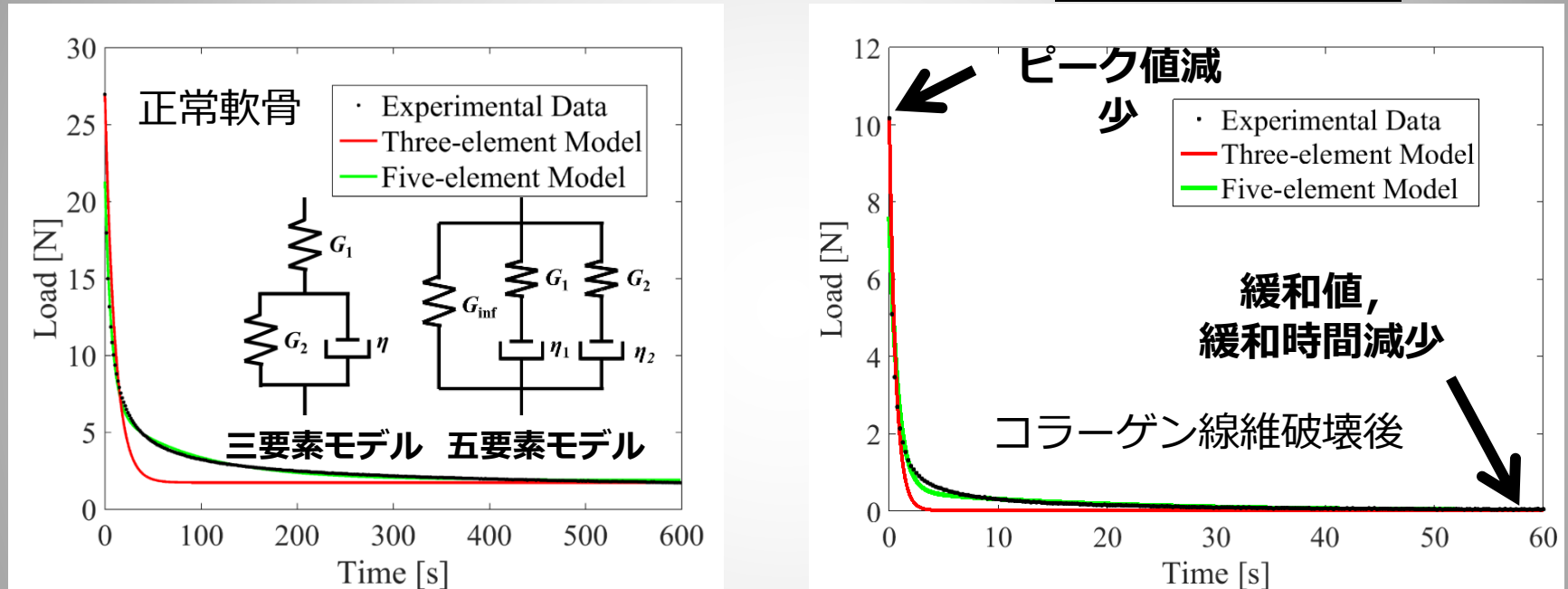


加工後

(笹川三浦研 助教 三浦 鴻太郎)

-押し込み試験による関節軟骨の粘弾性特性評価-

実験結果 (押し込変位を保持したときの荷重の時間応答)



五要素モデルのパラメータ同定結果

	$G_{inf}$ [kPa]	$G_1$ [kPa]	$G_2$ [kPa]	$\eta_1$ [kPa*s]	$\eta_2$ [kPa*s]	RMSE
Normal	$20 \pm 20$	$95 \pm 45$	$200 \pm 140$	$4800 \pm 6100$	$1300 \pm 1200$	$0.23 \pm 0.12$
Treated	$0.28 \pm 0.3$	$30 \pm 27$	$56 \pm 63$	$84 \pm 130$	$35 \pm 18$	$0.024 \pm 0.019$

✓ 粘弾性特性によって、変性状態を定量評価できることが示唆された。

## 2. 熱・流体解析





## 研究コンセプト：人体の“熱”を精確に測り，医療技術に応用

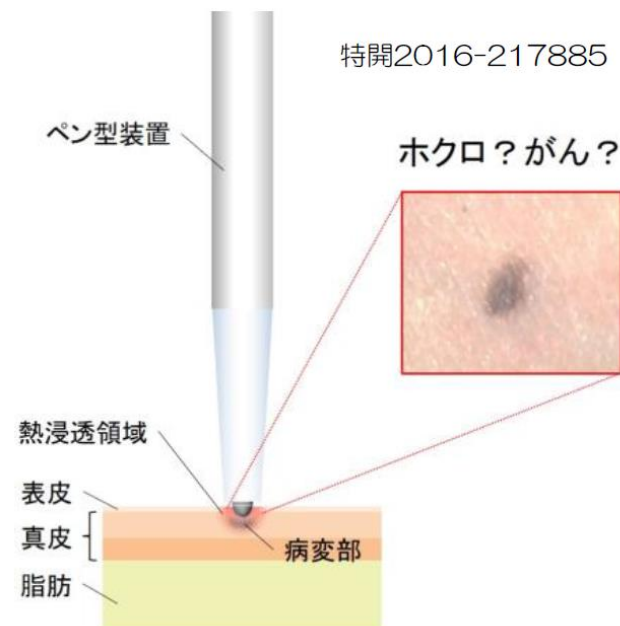
- 私たちは生体の熱計測手法の開発と医療技術への応用を研究しています。
- 皮膚の表面温度や熱伝導率を簡便・精確・高速に計測する手法を新たに開発しました。
- 医療・健康・美容診断に応用可能！



熱計測の様子

## 計測・応用例：ホクロか？皮膚がんか？ “熱” で診断

- 皮膚温度精度： $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$  オーダ
  - 皮膚熱伝導率： $\pm 3\%$  以下
  - ✓ 部位や水分量などの微小な違いを検出可能
- 皮膚がんの特異な熱特性の検出に成功  
世界初・熱物性計測による皮膚がん診断



皮膚がん診断へ応用

- [1] Okabe et al., *Crit Rev Biomed Eng*, Vol. 48, (2020).  
 [2] Okabe et al., *Scientific Reports*, 9 (1), (2019).  
 [3] Fujimura & Okabe et al., *Exp Dermatol*, Vol. 28, (2019).  
 [4] Okabe et al., *Int J Heat Mass Transf*, Vol. 126, (2018).  
 [5] Okabe et al., *Int J Heat Mass Transf*, Vol. 108, (2017). など



## 展開：新型“熱”センサーの開発と実用化

- さらなる高速・高精度化を実現  
(旧型：20秒 → 新型：**0.3秒**)

触れた瞬間に精確な皮膚表面温度が分かる！

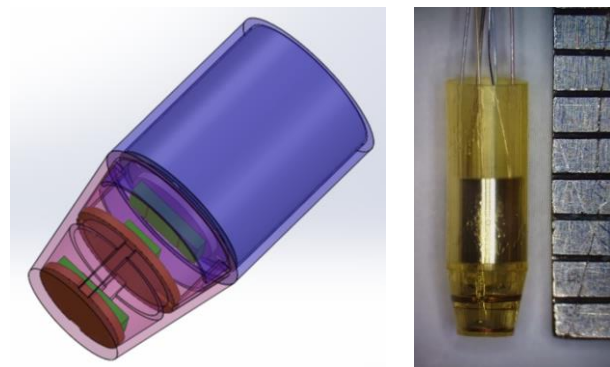
・特願2021-006457, 特願2020-107686, 特願2021-086036

### メディア報道

「組織切除せず皮膚がん診断 八戸高専など、熱パルスレーダー開発」, 日刊工業新聞, 2021年5月25日朝刊23面.

「温度計測 医療機器へ応用期待 弘大と八高専などセンサー開発 皮膚がん早期診断可能」, 陸奥新報, 2021年6月4日朝刊2面.

「超精密・高速を実現 皮膚がん診断, 臨床段階へ 八高専, 弘大など研究の温度センサ」, 東奥日報, 2021年6月4日朝刊25面.  
その他4誌掲載



新型センサを新たに開発



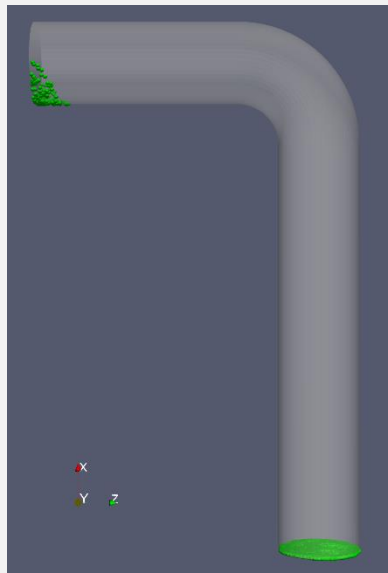
# 生体内流れの数値計算

城田研究室 助教 宮川泰明

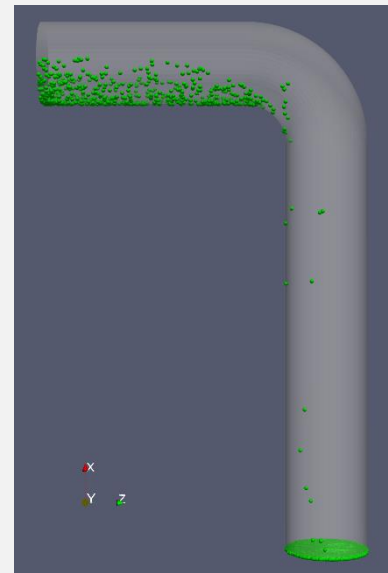


# 呼吸器内の液滴付着解析

蒸発あり



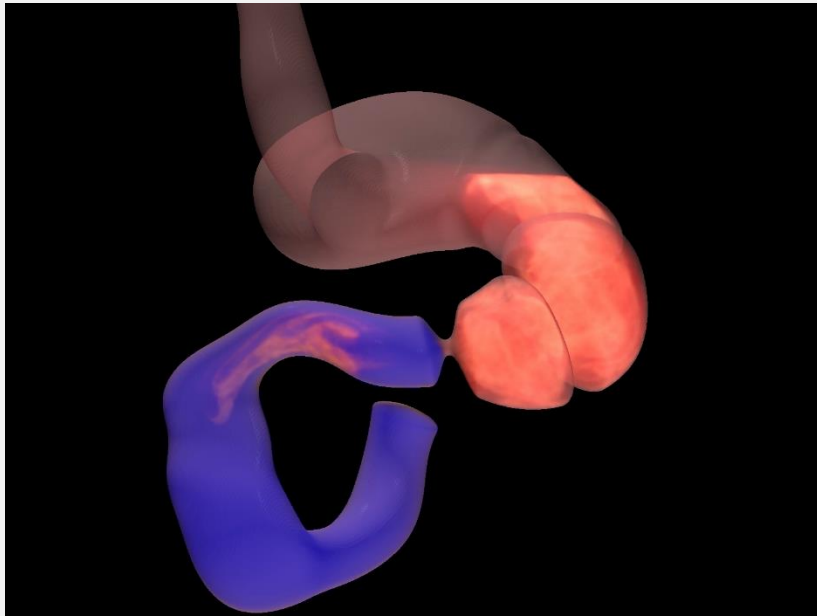
蒸発なし



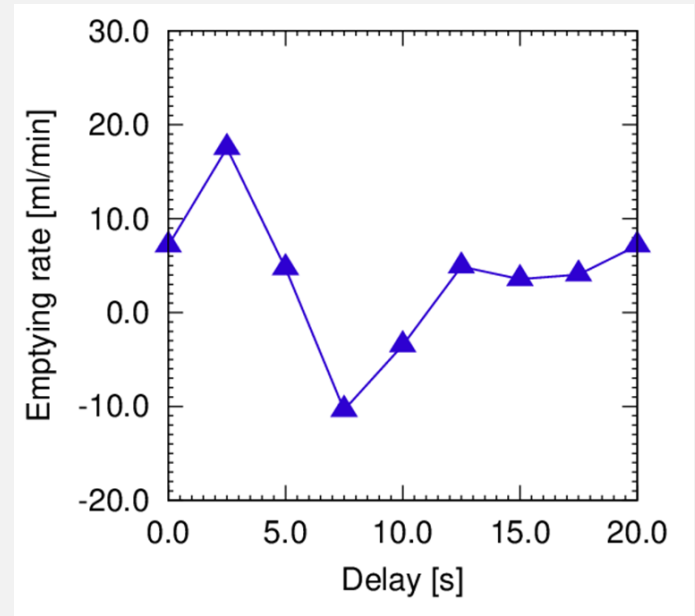
呼吸器内でのエアロゾルや粒子の付着を予測可能

# 消化器内の食物の流動解析

胃から腸への食物排出解析



幽門開閉時間遅れと排出量の関係



消化器内での食物の流動を予測可能

# 手術室火災への対策と消火法の検討

理工学部機械科学科 教授・鳥飼 宏之

## ○手術室火災 (Operating Room Fire)

- ①気道火災, ②術野火災, ③設備・備品火災



手術室の配電盤  
から出火

ピンク色はABC粉末消火剤



引用元:上農 喜朗,  
手術室で火災が起きたら:手術室設備・備品火災の経験,  
火災学会誌 Vol.66 No.2  
(2016.4), pp. 8-13

手術室にある設備・備品から生じる火災は発生頻度は少ないが、ゼロではない。そして、手術室で火災が生じた場合、そして、それを消火した場合でも、**医療機器への被害は甚大**

# 手術室火災の問題点

## ○ほとんどの医療機関で粉末消火剤の消火器のみ設置

おそらく、弘前大学病院も、手術室で火災が生じた場合、粉末消火剤の消火器を使う以外、消火の方法がない

## ○粉末消火剤によって金属は腐食する

## ○消火後の手術室の復旧には半月近くの時間とお金がかかる

機器入れ替え、清掃、室内の高度清掃、粉塵検査、落下細菌検査

(検体採取後3日間の培養が必要) , etc

## ○今まさに、存在する手術室火災リスクへの具体的な対応策

- ・ CO<sub>2</sub>のガス消火器の自主設置を行う  
(同時に、地元消防への相談を行うことも望ましい)
- ・ ただし、CO<sub>2</sub>は中毒性ガスであるため、使用には注意が必要

特に、手術室のよみか特殊閉鎖空間では



# ○研究テーマの提案

## ○短期的な目標

- (1) CO<sub>2</sub>消火器の手術室内での自主設置を検討・実施
- (2) 手術室火災への対応のガイドラインを作成する

(米国では、各医療機関で作成されている)

## ○長期的な目標

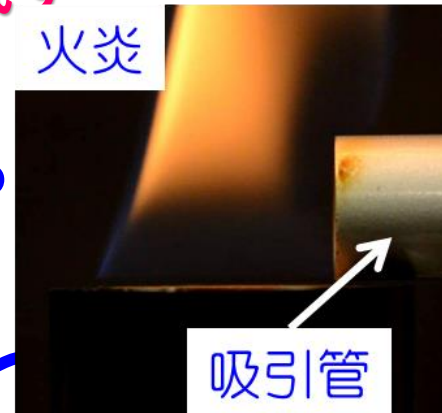
手術室で使用可能な新しい消火法の開発

### (1) 吸引消火法

掃除機のようなもので火炎を吸い込んで消火

### (2) カプセル消火法

カプセル（ゴム風船など）にCO<sub>2</sub>ガスを充填し、火炎に接触・破裂させて消火



# 3. 計測・制御

# 超音波のガイド波による骨密度の非侵襲 定量測定技術の開発(齊藤研究室)

## 本研究の目的

超音波の**ガイド波**を**アレイ計測**し、骨粗鬆症の初期状態を**高感度**に**検出**するための骨密度並びに骨強度の定量測定技術の開発を行う。

### ガイド波

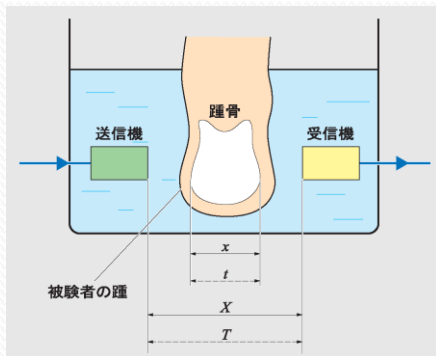
導波路を伝播する表面波で、試料深さ1波長程度までの力学的特性を反映。

### アレイ計測

検出器をアレイ状に配置し、アレイ信号処理で超音波速度を高精度に推定。測定部位は**脛骨(すね)**。

## 従来の超音波骨密度測定法

超音波を**踵骨(かかと)**に透過させ、**骨内音速(SOS)**と**減衰率(BUA)**を測定し、骨密度を求める。



実体波は高密度の部位を選択的に透過する

送受信機の配置が一通り

速度推定の信頼性が低い

## 本研究の準備状況(試行実験と解析例)



図. ウシ大腿骨を用いたガイド波計測実験の様子

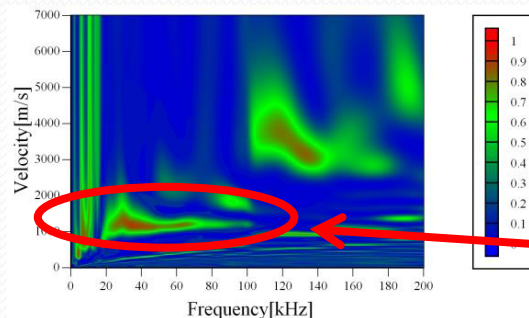


図. フィルタバンク法による周波数センプランス解析の結果

フレクシュラルモードの速度分散を検出

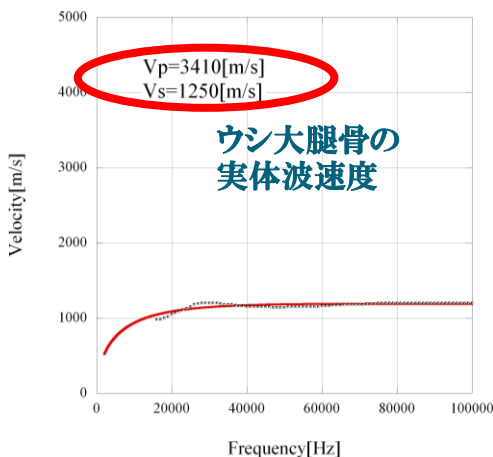


図. フレクシュラルモードの速度分散の測定値と理論分散曲線のフィッティング

実体波速度の推定

骨密度と骨強度の推定へ

# 留置尿道カテーテル用紫外線殺菌装置の開発

## ●最近の医療現場における問題点の例

医療関連感染（院内感染）による過剰な医療費  
 全国の病床数を150万床として試算すると  
**約1兆7000万円**  
 このうち、**尿路感染症**が占める金額は**3,786億円**

## ●尿路感染症

- 尿中に**細菌（微生物）**が存在し、泌尿生殖器のいずれかの部位が**感染**
- 敗血症、菌血症性ショックを起こし、**死亡の原因**になりうる
- 病院に長期療養型施設などを加えると、年間の症例数は**100万件超**
- 院内で発生する尿路感染症の**80%以上が尿道カテーテルの留置により発生**

**カテーテルメーカーが銀イオンコーティングなどの感染症対策を施しているが、効果は不明**

## ●本研究の目的

- 尿路感染症予防用の紫外線殺菌装置の開発する  
 （このような装置は市販されていない）

殺菌対象部：

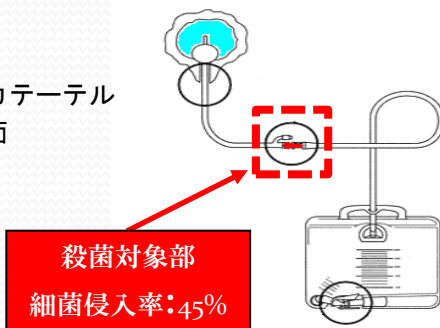
菌の侵入率が高い尿道カテーテル  
 接続部の外周と内腔表面

ワンタッチ装着：

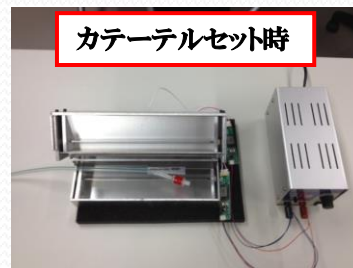
寝たきりでも使用可

保護具不要：

安全設計



## ●試作機



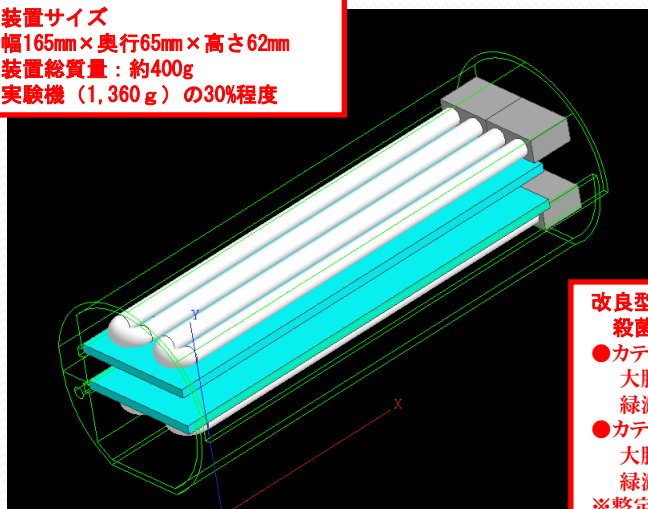
- アルミ外装仕様
- 外形（カバー閉）  
 230mm（幅）×65mm（奥行き）×80mm（高さ）
- 重量：1,360g

課題（問題点）

- 殺菌所要時間短縮
- 紫外線漏れ対策
- 安全装置
- 装置の重量

## ●改良後の殺菌装置の概観予定図

装置サイズ  
 幅165mm×奥行65mm×高さ62mm  
 装置総質量：約400g  
 実験機（1,360g）の30%程度



丸みをつけた人に優しいユニバーサルデザイン

改良型装置の  
 殺菌所用時間

- カテーテル外周  
 大腸菌：1分50秒  
 緑濃菌：1分51秒
  - カテーテル内腔  
 大腸菌：3分06秒  
 緑濃菌：4分19秒
- ※整定時間は実験値と同等(1分49秒)

# 紫外線殺菌装置の現況



図 装置外観(閉)

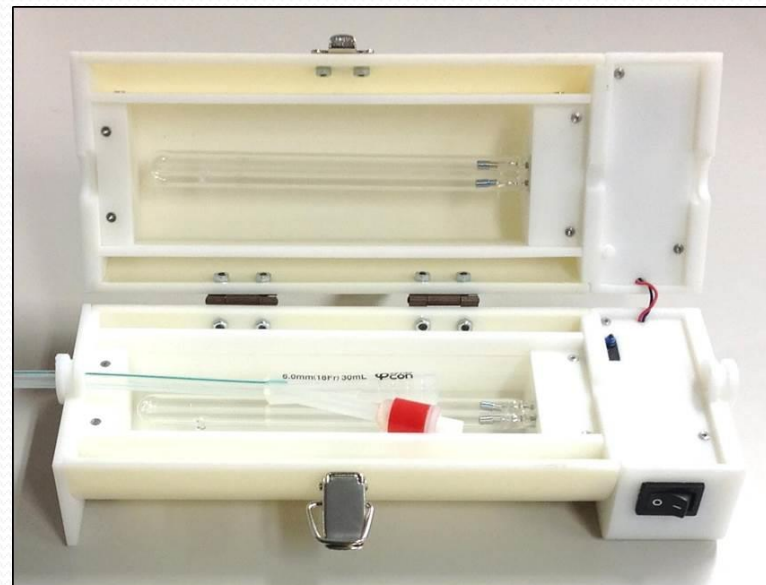


図 装置外観(開)

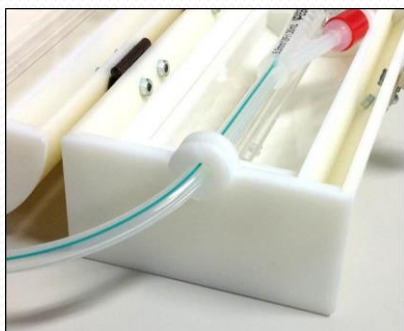


図 異径対応アダプタ

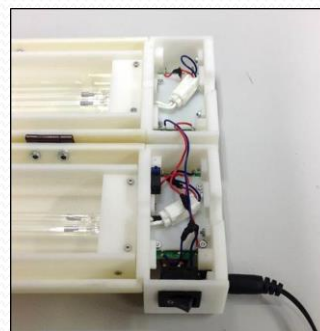


図 開閉センサと回路部

表 装置の仕様

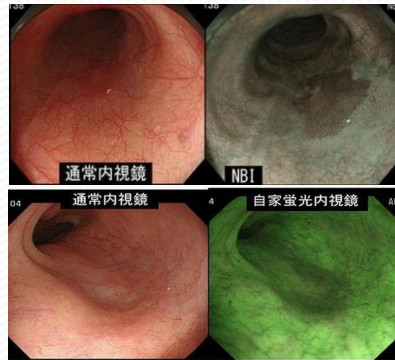
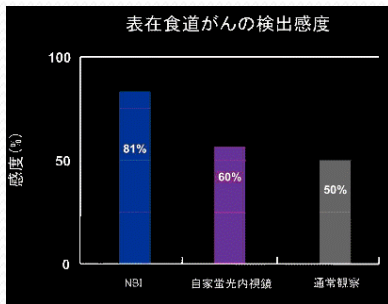
寸法[mm]	W225 × D84.2 × H84.2
重量[g]	647
UVランプ	U字型冷陰極 低圧水銀ランプ
紫外線波長 [nm]	254
紫外線強度 [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ]	6124
形状	円筒
外装材料	ABS樹脂
殺菌時間 [sec]*	60
安全対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>開閉検知センサ</li> <li>開閉金具</li> <li>内部に仕切り設置</li> </ul>
改良した点	<ul style="list-style-type: none"> <li>内部にインバータ回路</li> <li>カテーテルのアダプタ</li> <li>ACアダプタとスイッチで簡単に使用可能</li> </ul>



# 内視用比抵抗イメージングプローブの開発

**背景:** 現在、医療現場での非侵襲的な食道観察方法は内視鏡やX線撮影、超音波エコー等による映像取得が主流

- 食道の情報: 映像から取得できるものに限定
- 病変の発見率: 自家蛍光内視鏡(60%)やNBI内視鏡(81%)により向上したが、浸潤の程度によって見落としの可能性がある

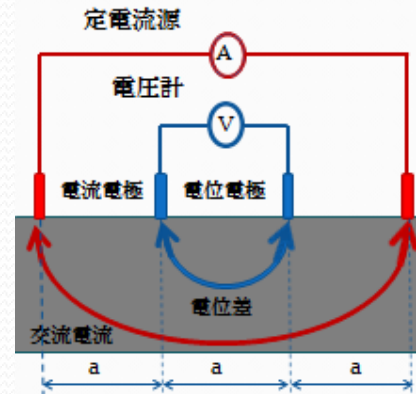


◀ 表在食道癌検出感度と自家蛍光、NBI内視鏡による食道癌検出画像(大阪府立成人病センター) ▶

## 「食道壁と病変の比抵抗測定による判別の可能性に着目」

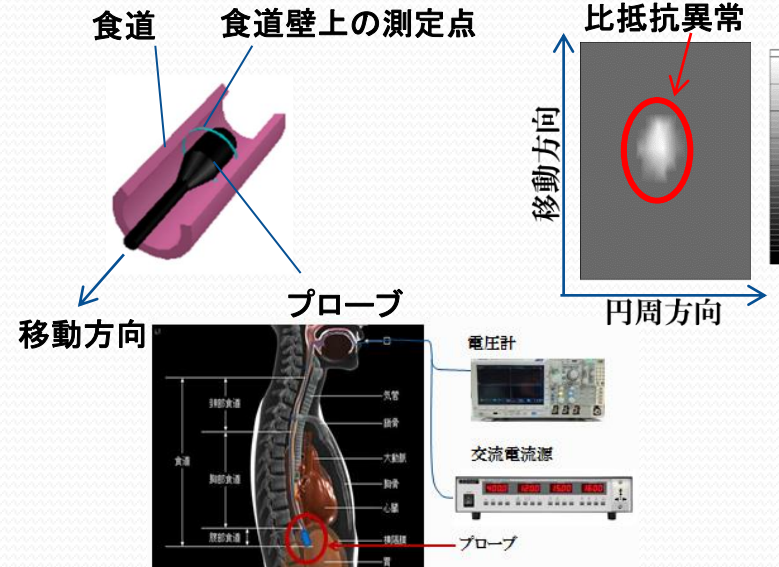
- 比抵抗を診断・観察の要素に加えることで、得られる情報量と議論の領域を拡大
- 内視鏡検査における病変・異物の見落としを、食道壁組織と病変・異物の比抵抗の違いから予防

## 測定原理: 4極法



$$\rho = 2\pi a \frac{V}{I}$$

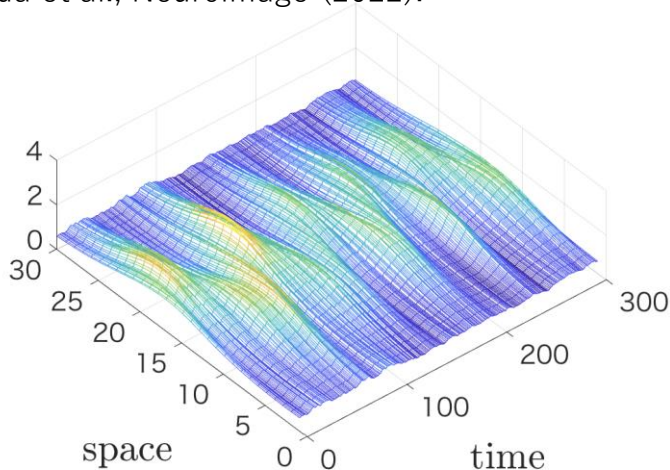
$\rho$ : 見掛け比抵抗 [ $\Omega\text{m}$ ]  
 $a$ : 電極間距離 [m]



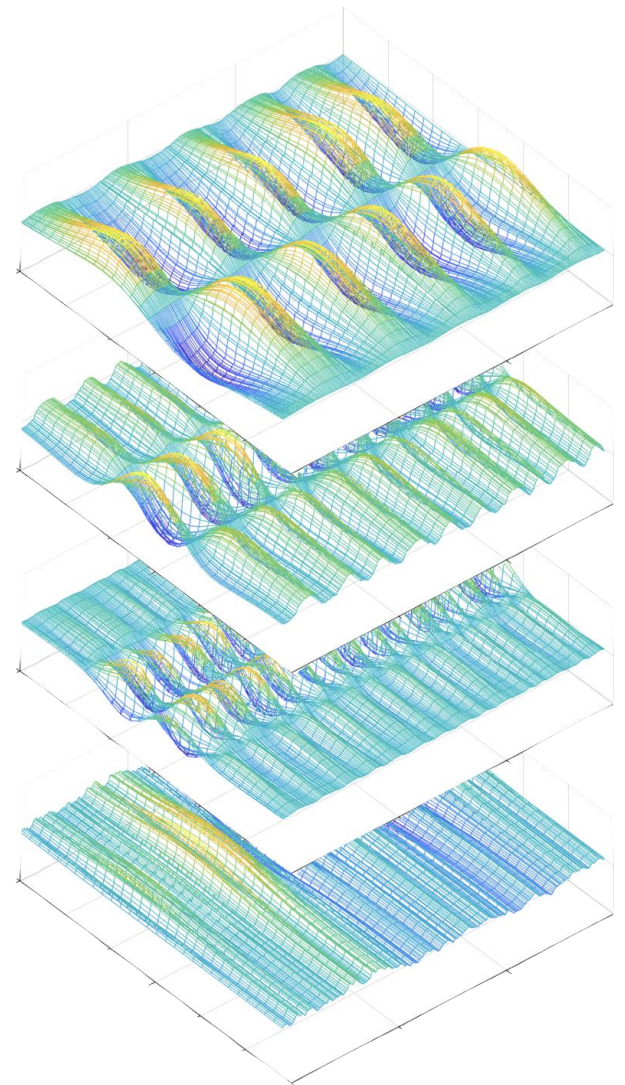
# 生体信号のモード分解による可視化と解釈

- 🌀 PODなどの従来法とは異なり、動的モード分解(DMD)<sup>1,2</sup>では各モードが力学的に解釈できる
- 🌀 複雑なデータの解釈に有効
- 🌀 fMRIなどの生体信号のデータに適用されている<sup>3,4</sup>

[1]. Schmidt, J. Fluid Mech. (2010). [2] Kurebayashi et al., Proc. NOLTA (2017). [3] Brunton et al., J. Neurosci. Methods (2017). [4] Ikeda et al., Neuroimage (2022).



分解



## 4. 医用システム

# 研究内容(佐川研究室)

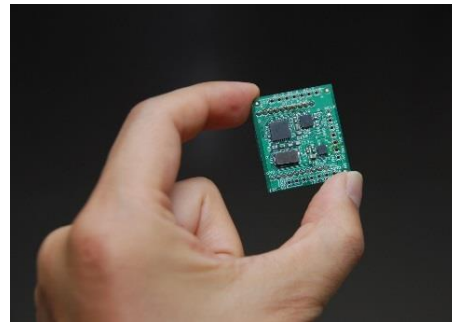
- 身体装着型慣性センサによる動作解析
  - 歩行時の足の3次元軌道、認知症早期発見、転倒予測
  - 農作業の3次元動作計測
  - 作業負担評価
  - 高所作業の危険性評価
- 自動穿刺ロボットの開発
  - 自動採血ロボット
  - ワクチンロボット
  - 超音波を利用したカテーテルロボット
- 医用現場のニーズを計測制御技術で解決



# 身体装着型慣性センサによる動作解析



世界初  
階段昇降を判別する  
カロリーカウンタ  
(ニプロ Welsupport)



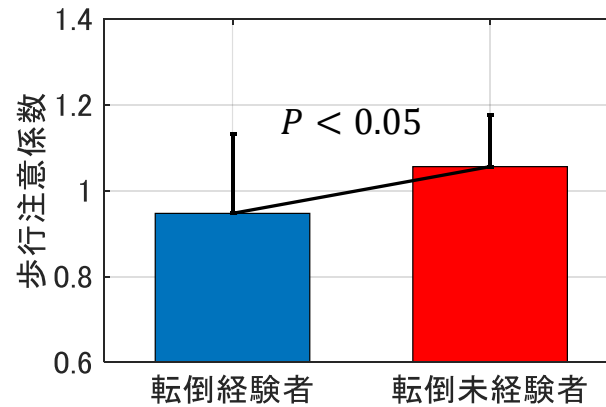
3次元動作計測装置  
(9軸慣性センサ)



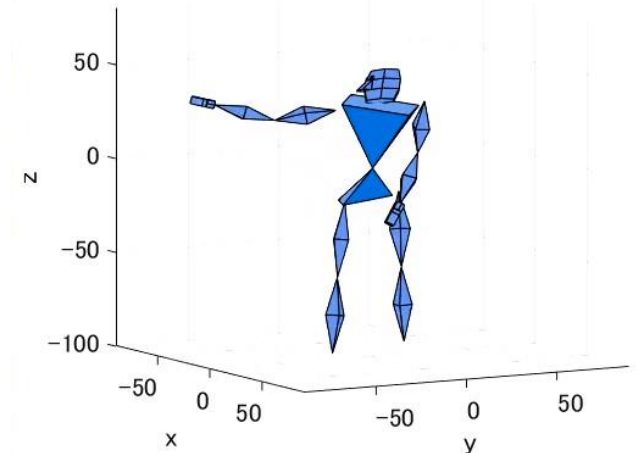
3D Anime



岩木プロジェクトでの  
歩行計測



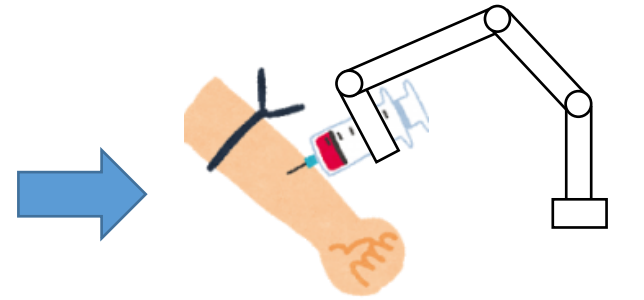
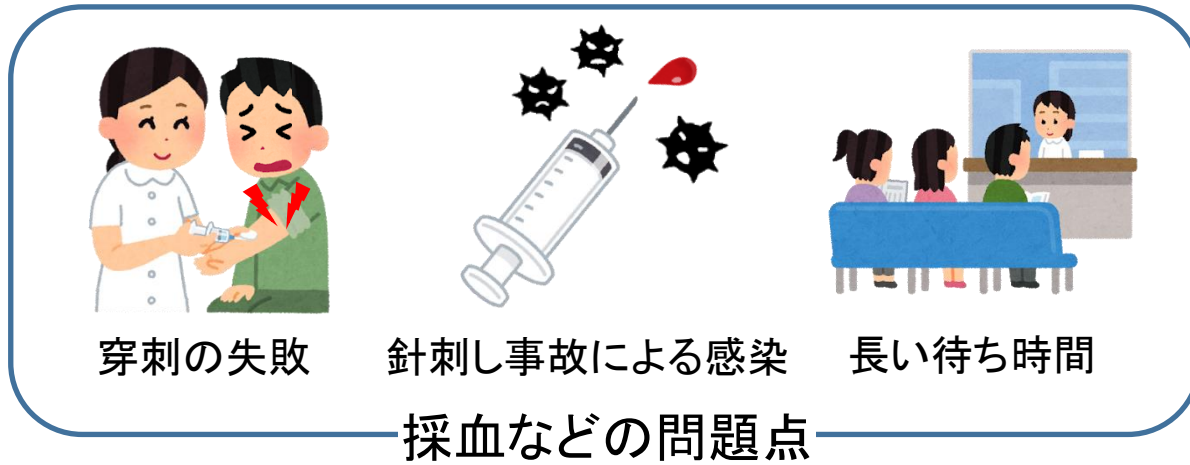
歩行能力評価による  
転倒経験の判別



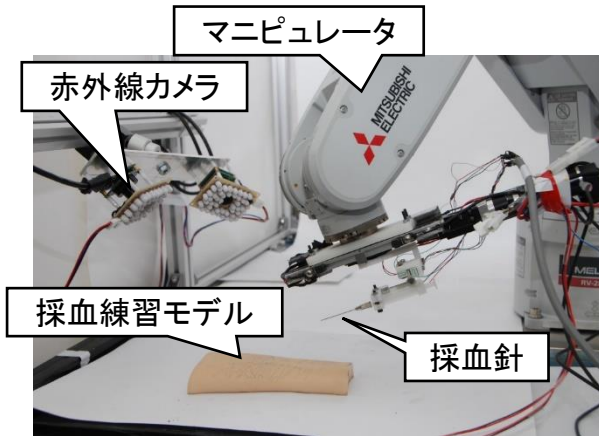
リンゴ収穫作業中の動作計測



# 自動穿刺ロボットの開発

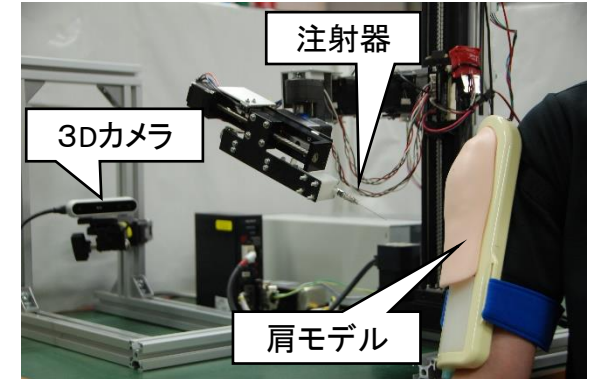
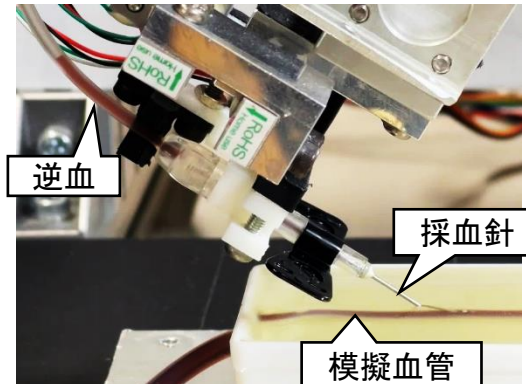


ロボットによる自動化



自動採血ロボット

1. 赤外線ステレオカメラで模擬血管の3次元位置計測
2. 血管に対して決められた角度で穿刺
3. 血管穿刺または逆血を検出したら穿刺停止



ワクチンロボット

1. 3Dカメラで肩の形状を測定して穿刺位置を決定
2. 皮膚から決められた深さまで針を刺して停止

# フェムト秒レーザーを用いたマイクロ・ナノ加工技術

## 理工・花田修賢

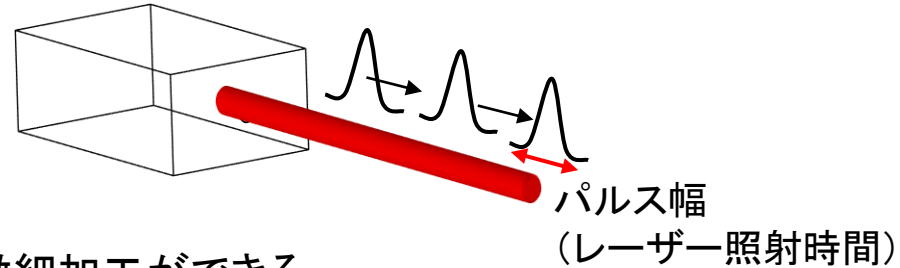
★フェムト秒レーザーは熱影響が少なく、高品質かつ高効率な透明材料（例えばガラスやポリマー、細胞など）の3次元マイクロ・ナノ加工が可能である。

### フェムト秒レーザーで出来る事

1. 従来レーザーに比べ非熱的加工
2. マイクロ・ナノ加工
3. 透明材料を用いた3次元マイクロ・ナノ加工

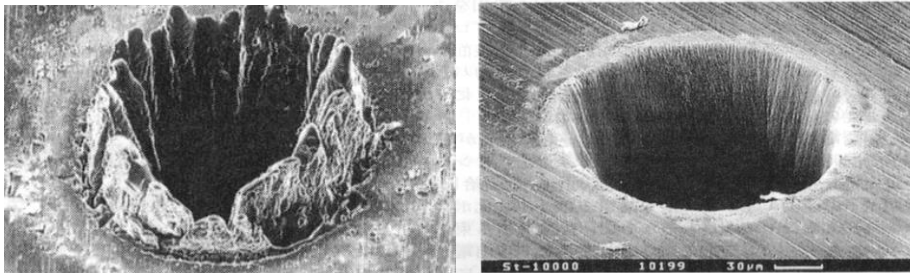
\* フェムト秒レーザーとは、パルス幅（レーザー照射時間）がフェムト秒のレーザーのこと。（波長は775～1000 nm）

フェムト秒レーザー



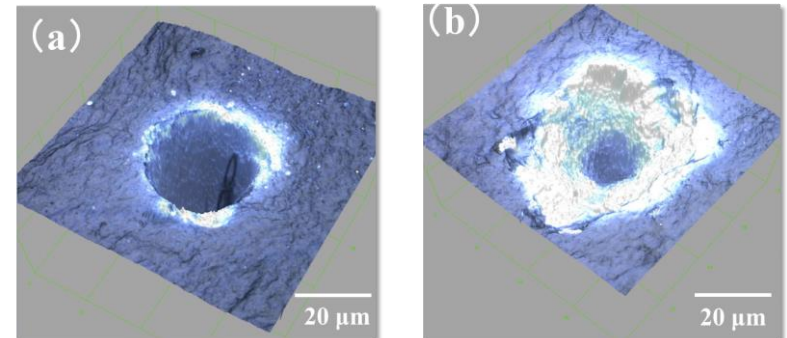
特徴1. 材料によらず、従来レーザーに比べ綺麗な微細加工ができる。

金属



(左)従来レーザー (右)フェムト秒レーザー

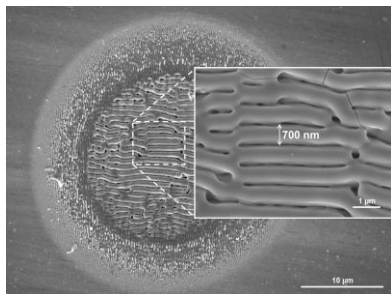
豚の表皮



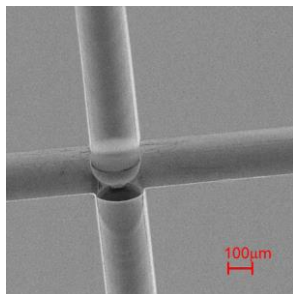
(a)フェムト秒レーザー (b)従来レーザー

## 特徴2. マイクロ・ナノ表面加工が可能

金属や半導体、ガラス等の絶縁体を用いたマイクロ・ナノ加工が可能。

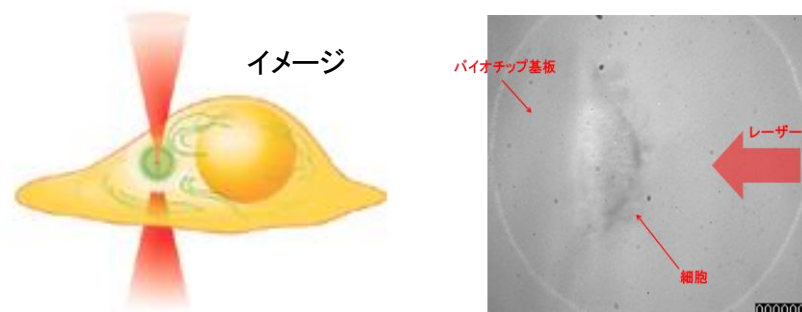


半導体Siのナノ加工



ガラスのマイクロ加工

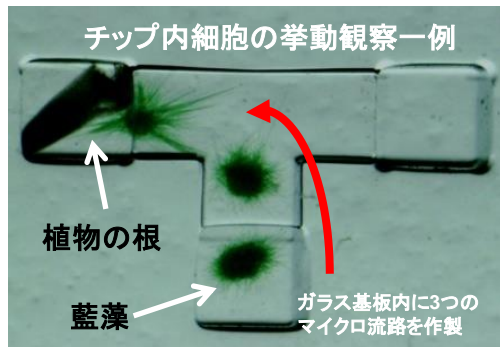
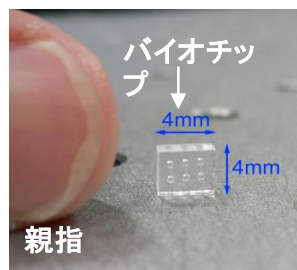
単一細胞のマイクロ・ナノ加工が可能  
⇒ 遺伝子や薬剤導入などへの応用



フェムト秒レーザーは熱を伴わない綺麗な穴あけを細胞の表面(および内部)に実現する。

## 特徴3. ガラスやポリマーなどの透明材料3次元加工(バイオチップ作製)

ガラスやポリマーなどの透明材料基板表面および内部に微小な流体構造や光ファイバーを作製(集積化)することができる。⇒細胞観察用バイオチップや試薬混合用バイオチップ作製などが可能。



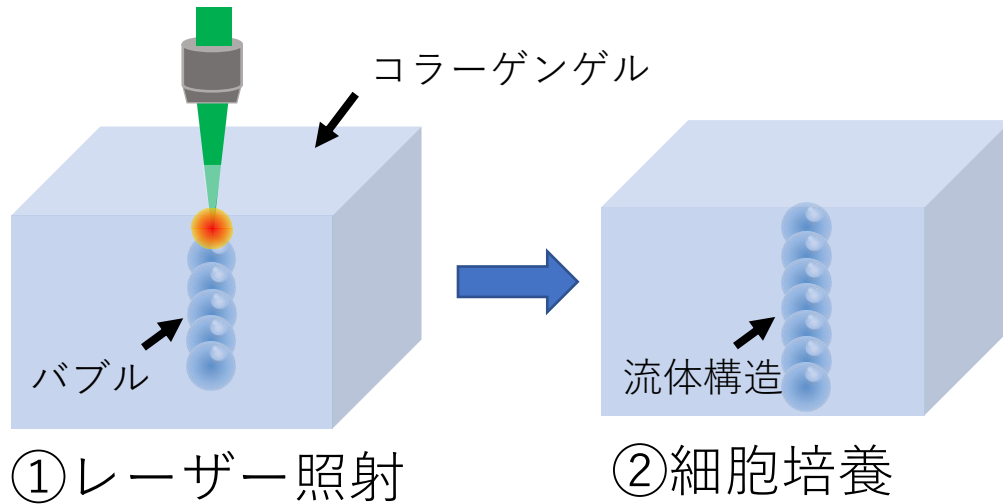
**フェムト秒以外の所有するレーザー**

波長: 256、532、1064nmのYAGレーザーや  
633nmのHe-Neレーザーを所有(主に基礎実験、  
評価用)

## その他技術:

レーザーを用いたマイクロ・ナノ加工以外にも、顕微鏡下での細胞操作などレーザー関連技術が可能。

# 花田・山田研究室 助教・山田 壮平

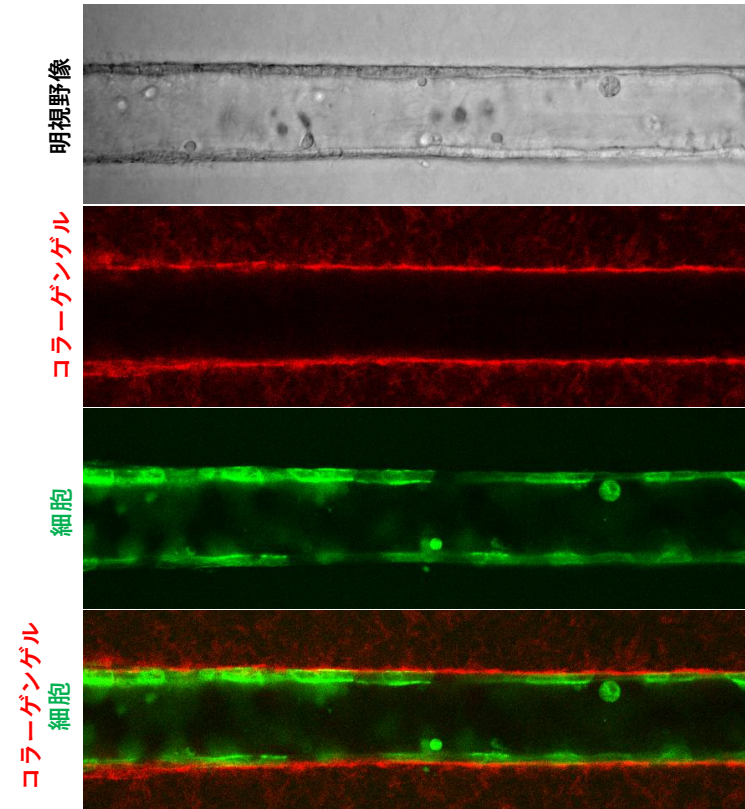


## 【研究概要】

汎用レーザー(YAGレーザー等)を用いたコラーゲンゲルの3次元加工技術開発を行い、細胞培養系を確立した

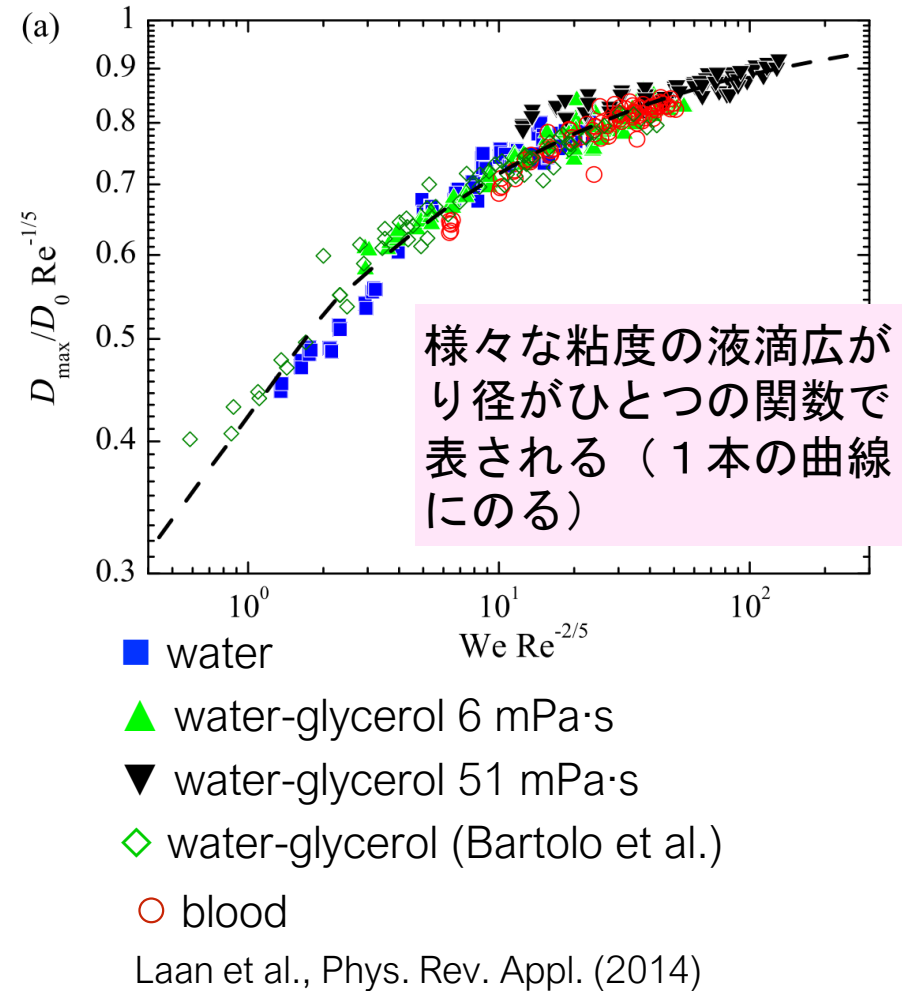
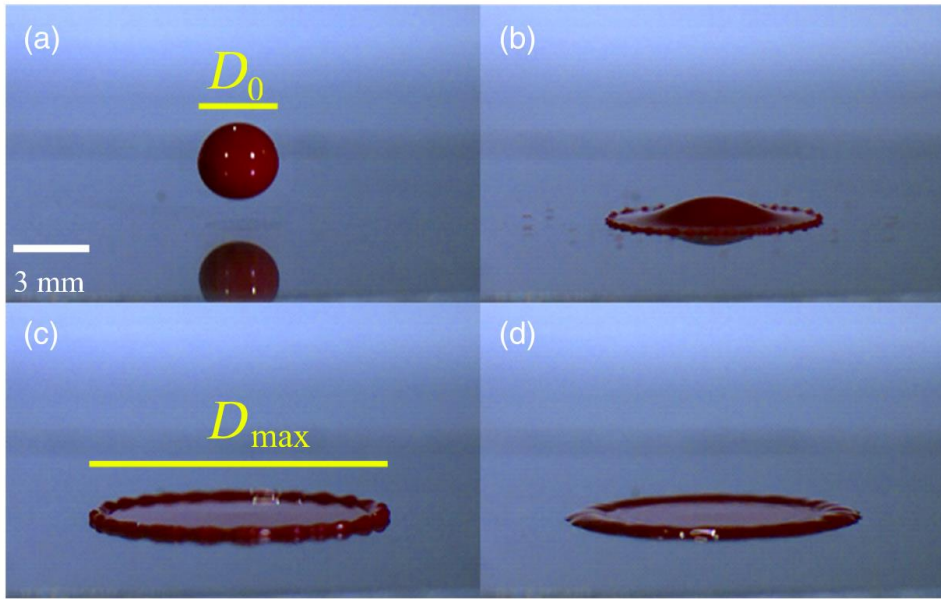
主な作製方法：

- ①汎用レーザーを用いてコラーゲンゲル中に**流体構造を形成**する。
- ②流体構造内部で上皮細胞を培養し、管腔上皮を誘導する。





# 血液滴の壁面への衝突 (城田研究室)



$$Re = \frac{\rho U D_0}{\mu} \quad \frac{\text{慣性力}}{\text{粘性力}}$$

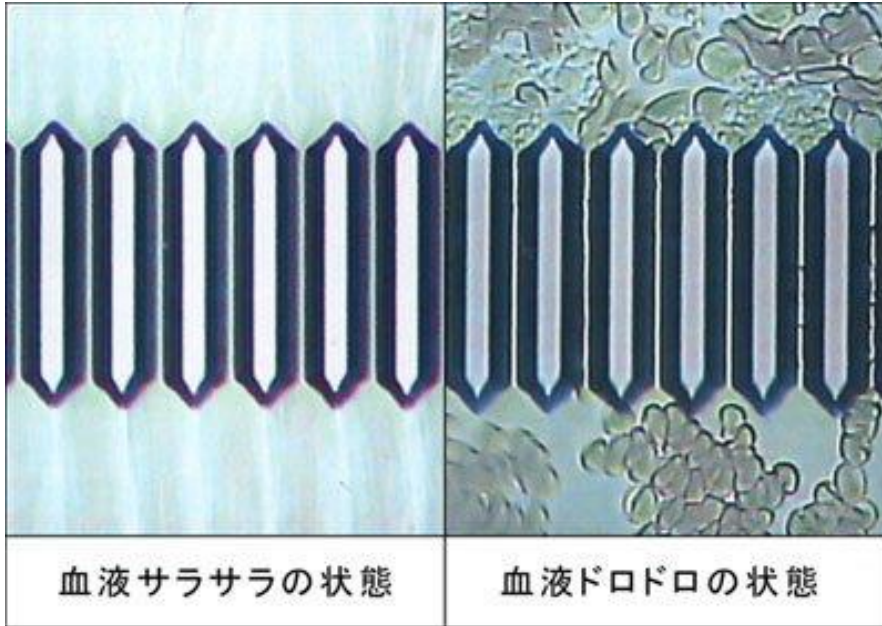
$$We = \frac{\rho U^2 D_0}{\sigma} \quad \frac{\text{慣性力}}{\text{表面張力}}$$

最大広がり径  $D_{max}$  から血液の粘度を計算できる



# 血液サラサラ？ドロドロ

??



抗凝固剤が添加されている  
・ 赤血球の変形能のみ評価

この検査ではわからないこと  
・ 血小板の凝集能  
・ 白血球の粘着能

※中竹俊彦,「流れる臓器」血液の科学 血球たちの姿と働き, 講談社ブルーバックス(2014).

## 液滴衝突法の利点

- ・ 採血したその場で簡単に計測 | 抗凝固剤が不要
- ・ 少量サンプル | 1ccで100滴程度計測可能

# 血液ポンプの開発

## 数値流体解析に基づく溶血量・血栓形成好発部位の予測

### 体内埋込型人工心臓血液ポンプ(連続流ポンプ)の開発

連続流血液ポンプ内の血流をコンピュータ上で計算



赤血球に負荷されるせん断応力の大きさ及び負荷時間を算出し, 溶血量(血球損傷の程度)を推定

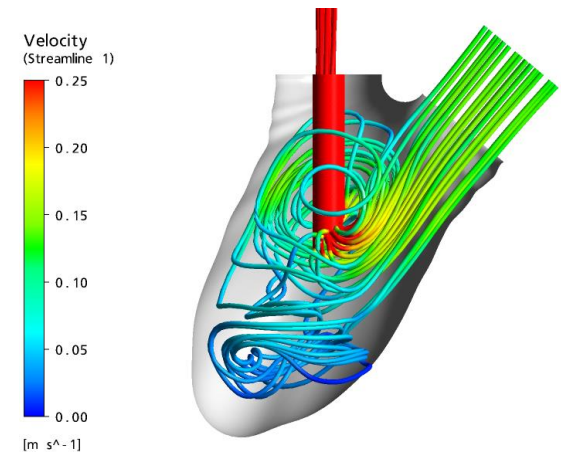
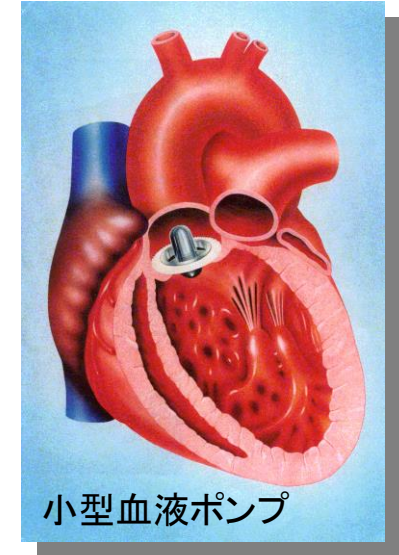


ポンプ形状の最適化

連続流型補助人工心臓血液ポンプによる拍出補助下の心室内血流を数値計算



脱血カニューレの形状, 挿入角度, 深度及び血液ポンプの循環系への接続方式(心尖部脱血・上行大動脈送血, 大動脈弁位置接続ほか)が心室内血流動態に与える影響を調べ, 血栓形成好発部位を予測



補助循環中の左室内血流動態(数値計算)

# 迅速・簡便な血球損傷度評価法の開発

## 光学的手法による血球脆弱性評価

### 【原理】

試料血球分散液を低張曝露



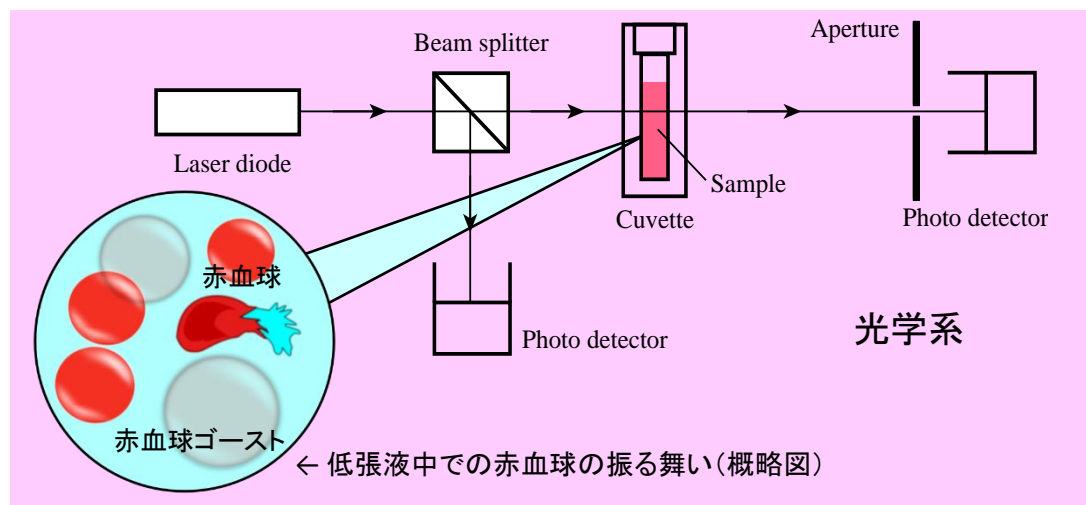
血球膨潤，崩壊



血球分散液の光学特性変化



透過光強度の時間変化を測定



## 血球の力学特性を評価 (光学特性の変化速度に基づき)

特徴: 迅速・簡便 (簡単な光学系, 簡単な操作, 短時間評価)

応用: 血液接触型医療機器の溶血試験の改善

問題点① 試験用血液の性状のばらつき

⇒ 本手法により迅速な試験前スクリーニングが可能に

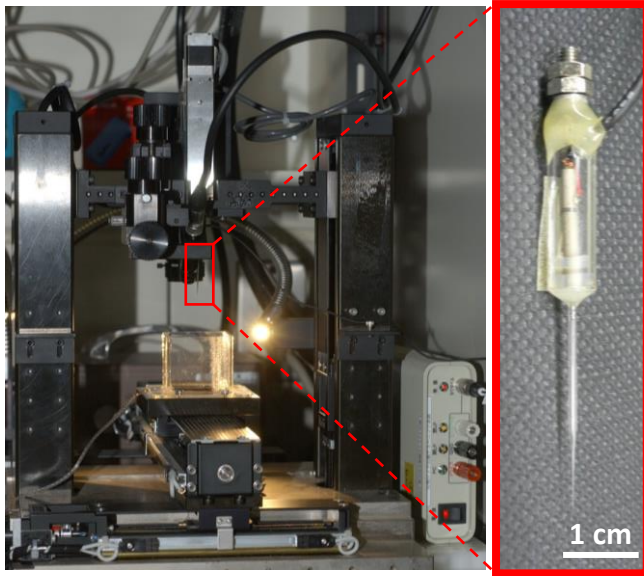
問題点② 漏出ヘモグロビン量に基づく評価

⇒ 血球性状変化に注目 ⇒ 高性能機器の評価に対応可能に

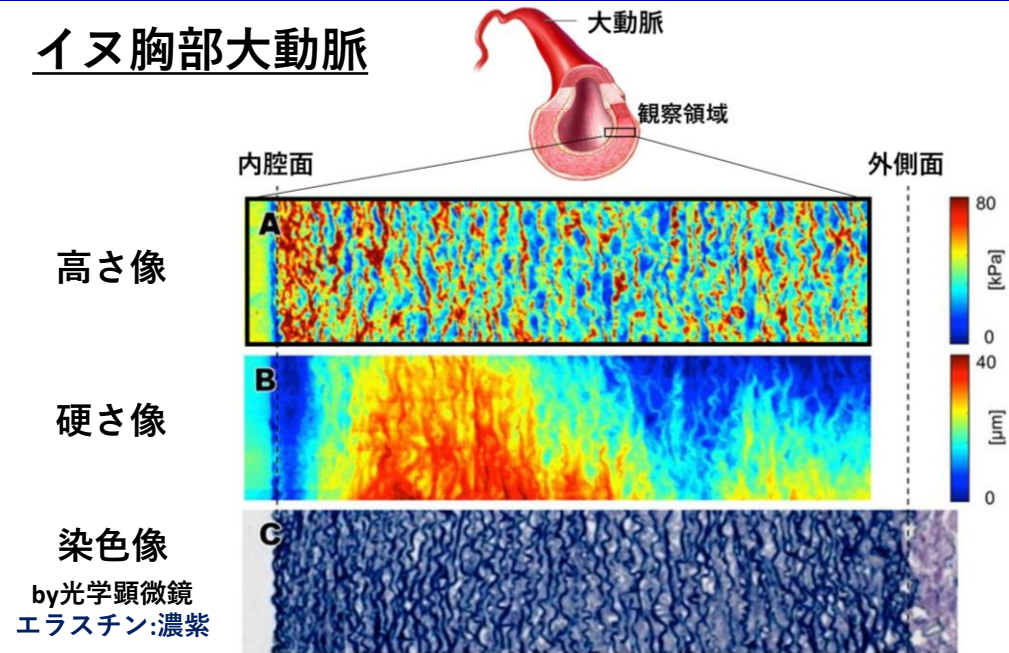


# 弾性率をマイクロレベルでマッピングする 走査型触覚顕微鏡の開発

振動プローブで、試料表面をスキャン



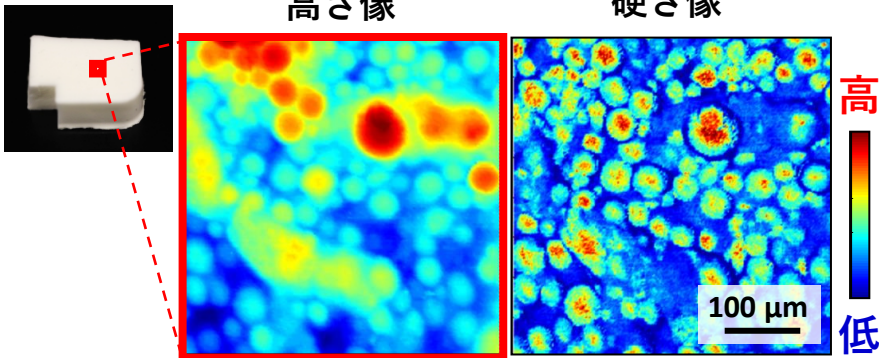
## イヌ胸部大動脈



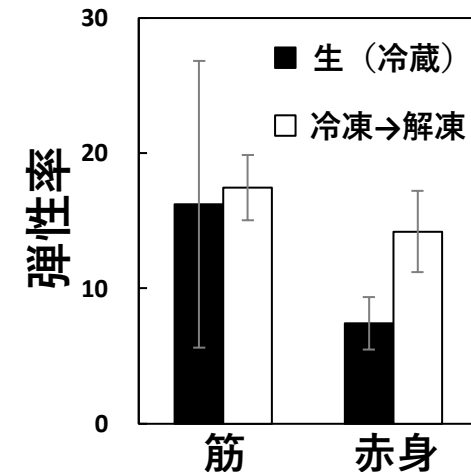
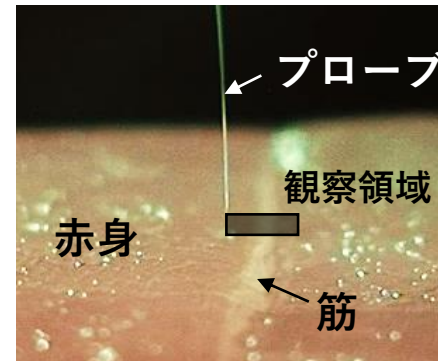
## シリコンゲル

高さ像

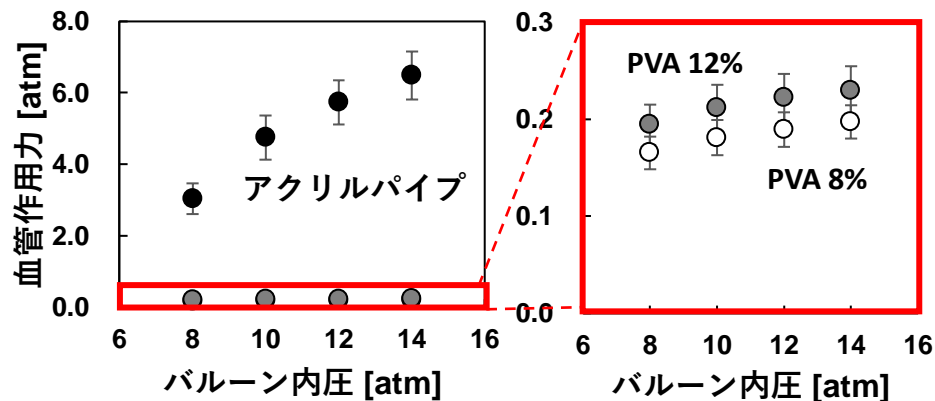
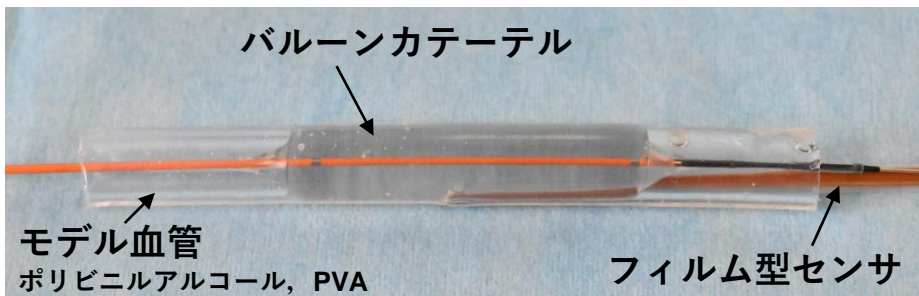
硬さ像



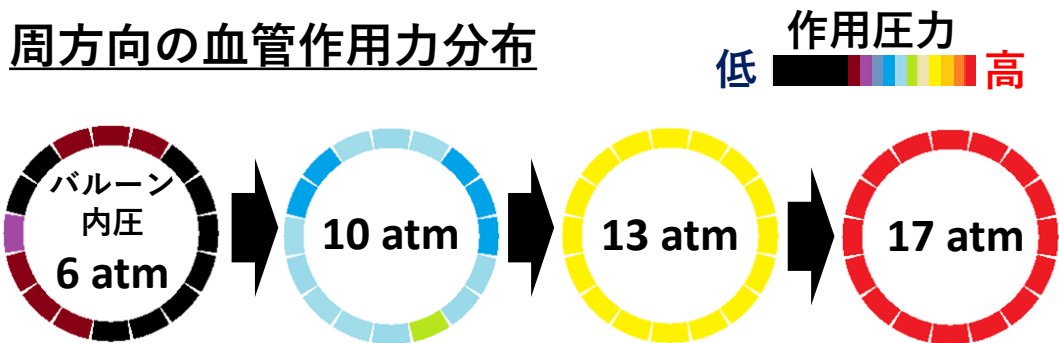
## マグロの切り身



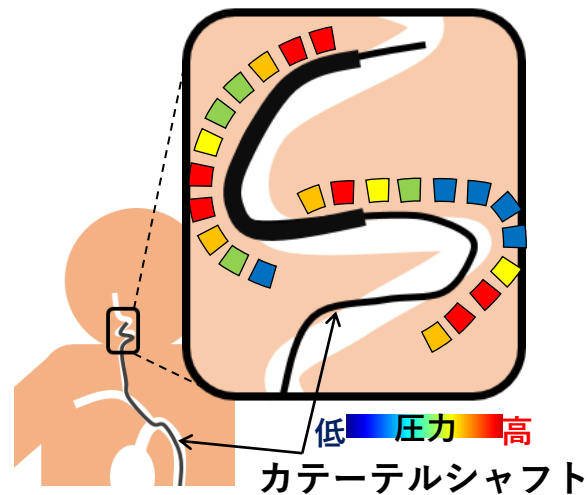
# フレキシブルなフィルム型センサによる カテーテル使用時に血管壁に作用する力の計測



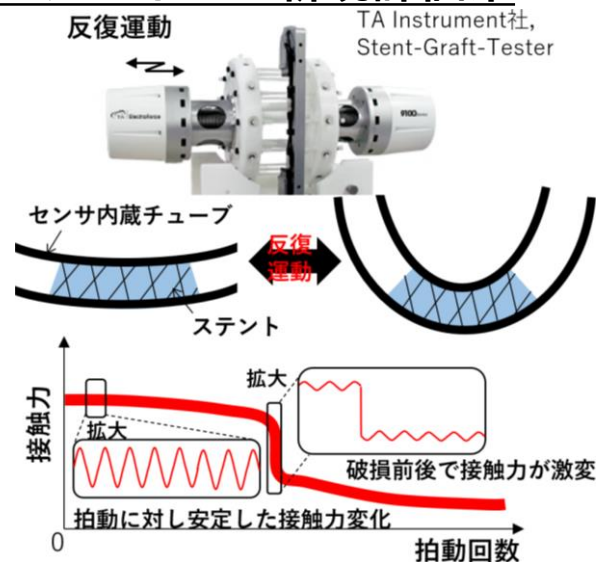
## 周方向の血管作用力分布



## 応用例①：医師用トレーニングキット



## 応用例②：デバイスの新規評価系



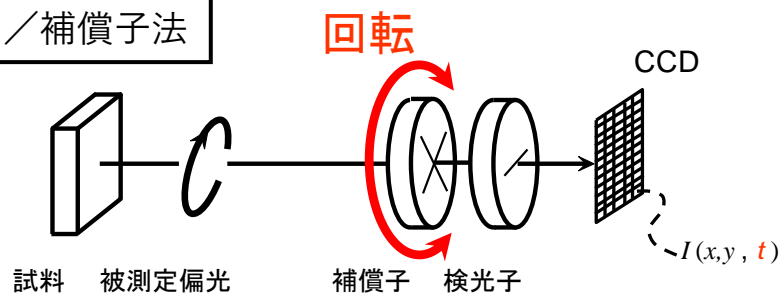


# 新しい偏光計測原理の開拓とその応用展開

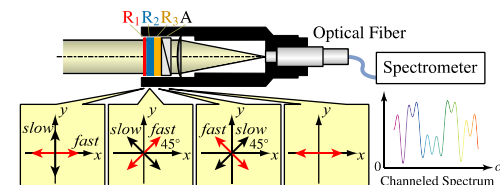
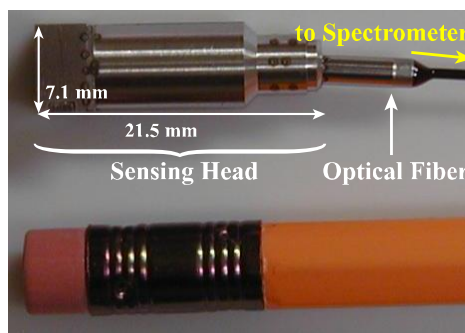
理工学研究科 岡 和彦

従来法：偏光板の回転が必要

回転検光子  
／補償子法



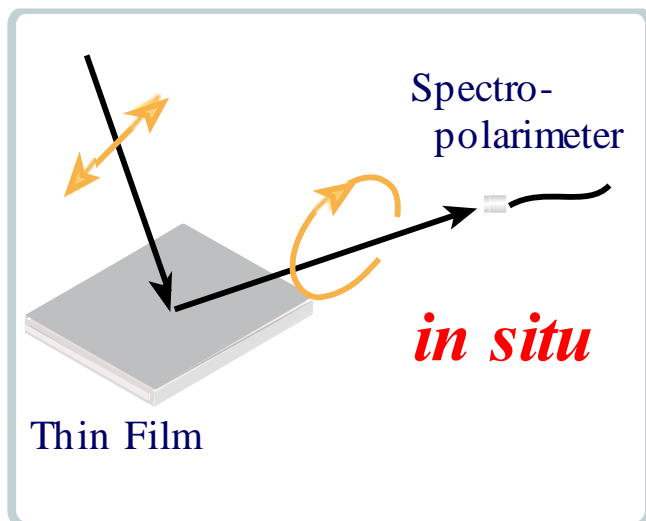
新原理：（チャネルド偏光計測法）  
偏光素子を回すモーターや  
電氣的な変調器などが一切不要



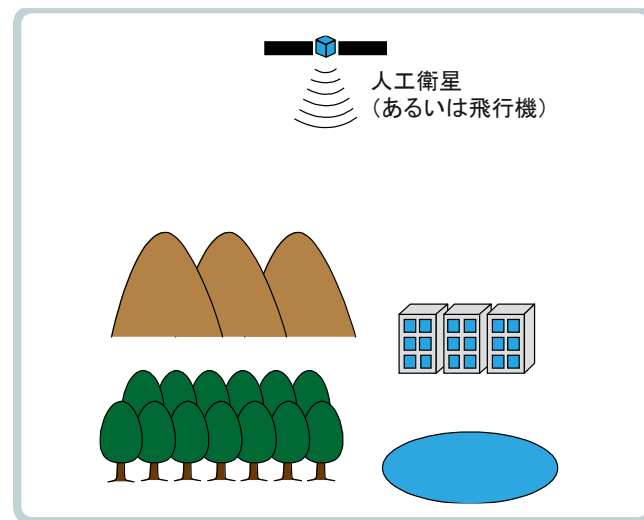
- モーターも駆動電源（の電線）も不要
- 鉛筆サイズ（埋め込みも可能）
- 高速応答（～10ms）

偏光分布の「画像」や「分光特性も」  
短時間で取得可能

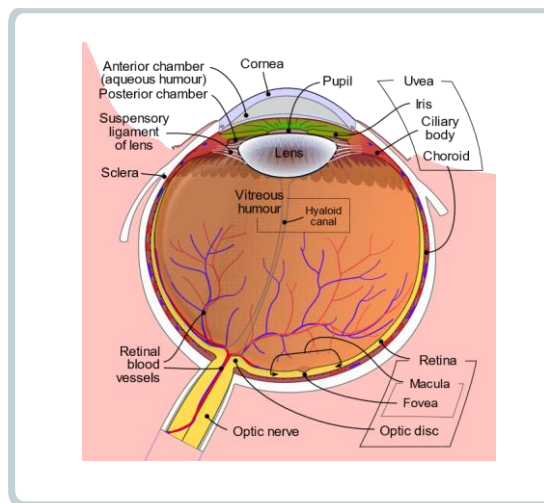
# 偏光を使うと、見えないものが見えてくる



半導体検査  
液晶検査  
光学薄膜検査



コンピュータビジョン  
(ロボット等の「眼」)  
リモートセンシング  
(人工衛星)



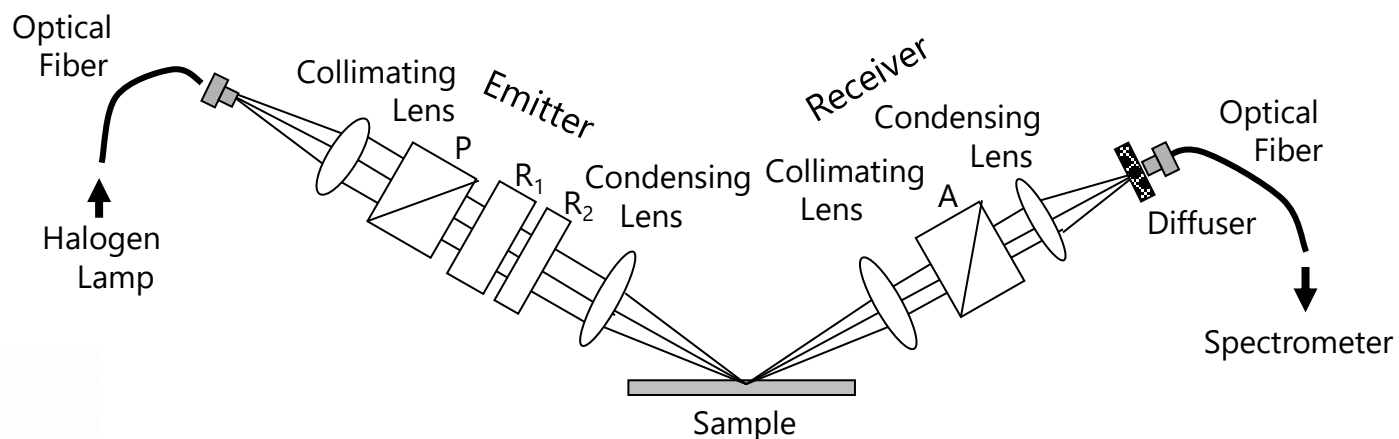
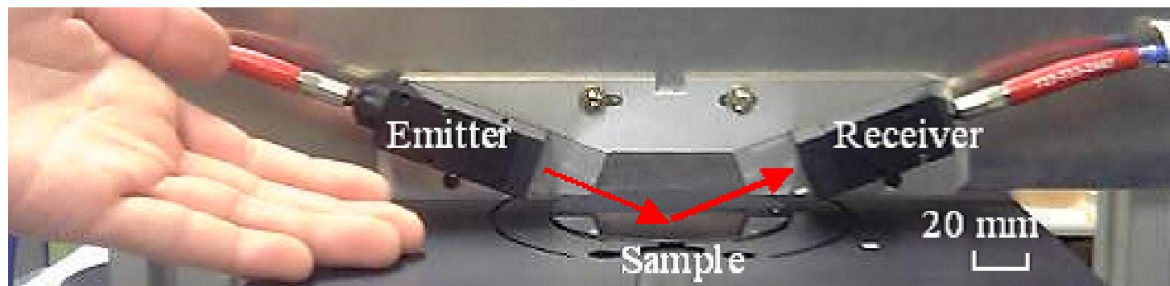
<https://en.wikipedia.org/wiki/Eye>

医学応用：診断

(神経・コラーゲン・筋肉などの繊維構造をもつ組織について、偏光特性を使って異常を検知できる)

# 工業応用：分光エリプソメータ（半導体検査装置）

## Channeled Spectroscopic Ellipsometry (CSE) with Palm-Size Sensing Head



事業化



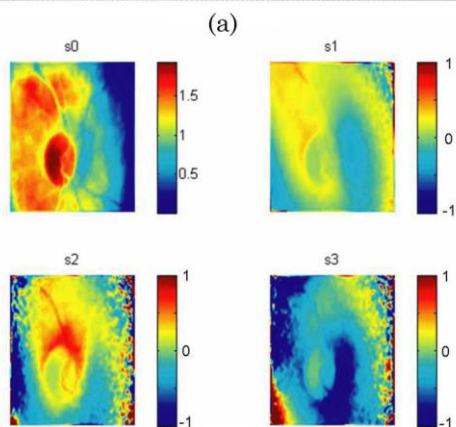
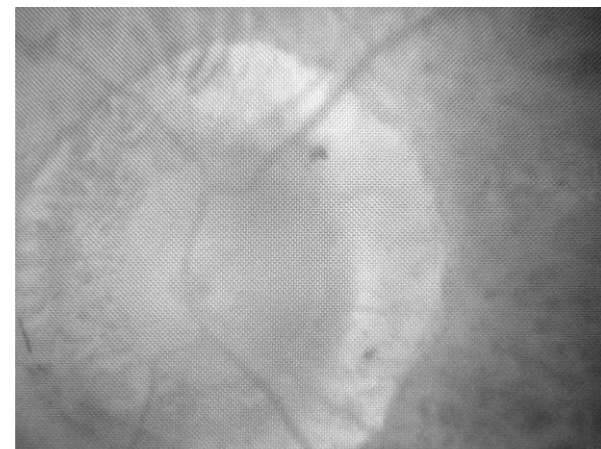
ULVAC UNECS-3000A

**Response Time: 20ms**

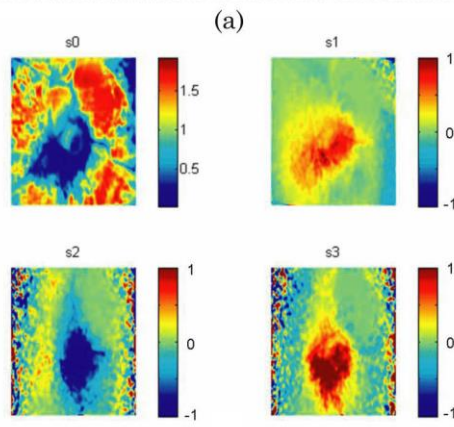
- No Moving Elements**
- Capable of Snapshot Measurement**

H. Okabe *et. al.*  
ICSE-4 (2007)  
Rev. Sci. Instrum. (2009)

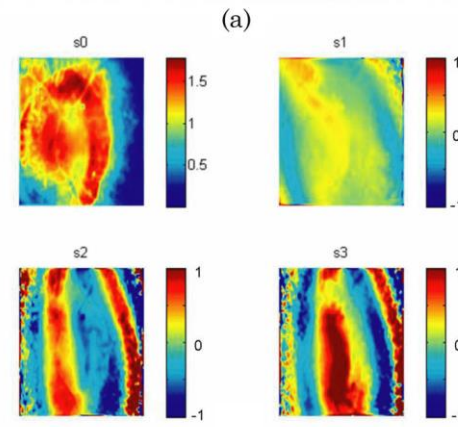
# 眼底偏光カメラへの応用： アリゾナ大学で臨床研究



健常者



朝顔症候群



緑内障

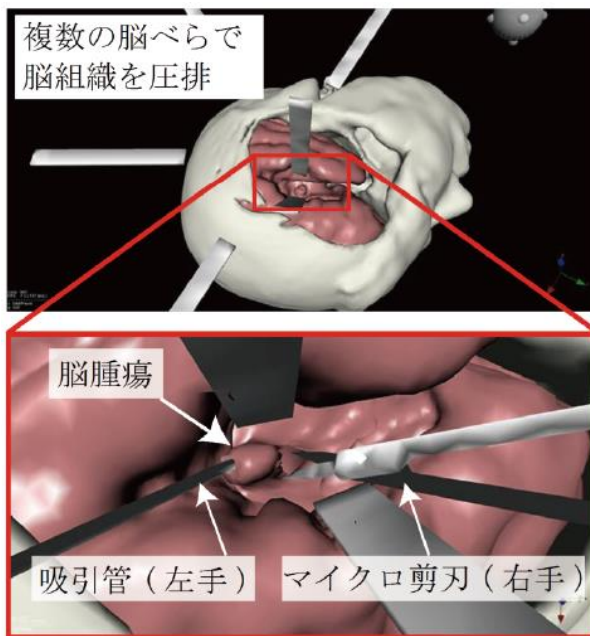


# 岡・陳研究室 助教・陳 暁帥

専門分野

生体計算力学・XR技術

手術支援  
システムの開発





# 手術にVR技術を加えると

**VR : Virtual Reality**

**和訳 : 仮想現実**

100%  
仮想世界

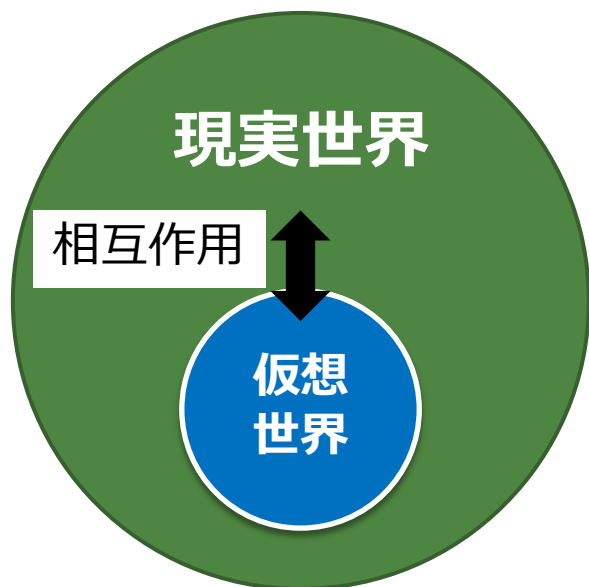


患者固有なモデルを使用することで、術技トレーニングや難手術の手術計画立案・確認ができる。

# 手術にMR技術を加えると

**MR : Mixed Reality**

**和訳: 複合現実**



臓器モデルの変形を計算し，患者と重畳表示することで，術中ナビゲーションの精度を上げる。

# 5. 画像処理

# 銭谷研究室の研究内容

## 医用画像工学

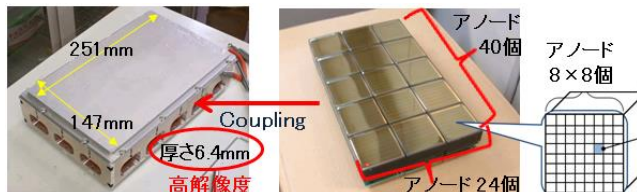
生体機能イメージング装置の開発およびそれに関する画像再構成、画像処理に関する研究

1. 高解像度SPECT装置の開発
2. 蛍光X線CT装置の開発
3. コンプトンカメラの画質改善
4. 臨床SPECT画像の画質改善

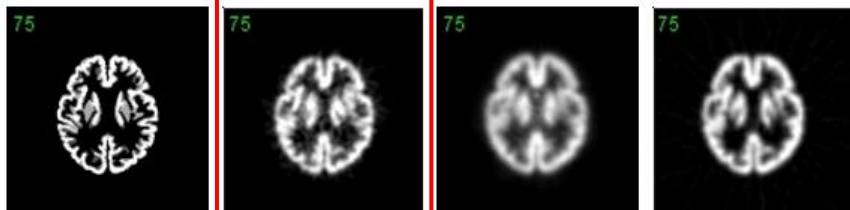
# SPECT画像の高解像度化

## 頭部用高解像度SPECT装置の開発

高精細マルチアノード光電子像倍管を用いたフルデジタル高解像度検出器



脳模擬  
ファントム

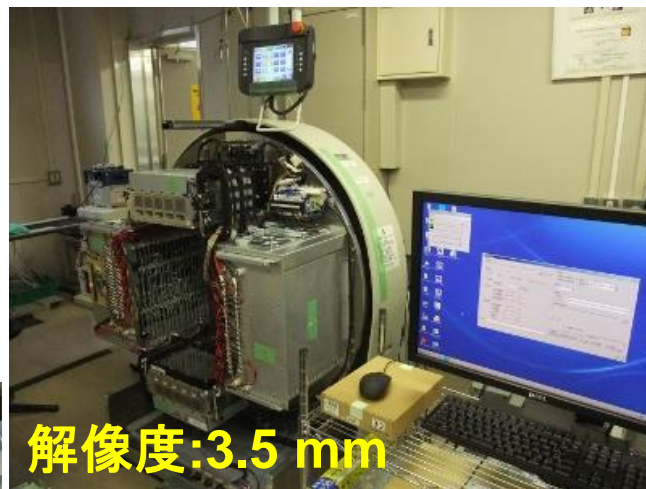


Digital image

ProSPECT

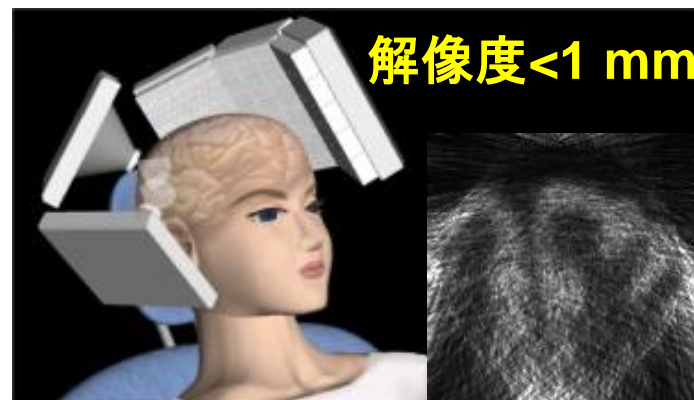
SPECT  
Toshiba  
GCA7200A

PET  
Siemens  
mCT Biograph



アイトープ総合実験室

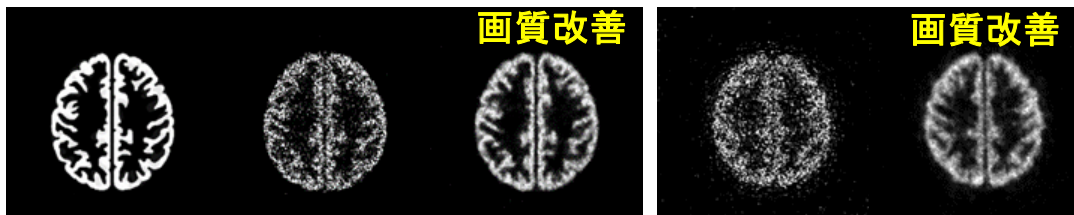
## 局所超高解像度SPECT



## AI技術(Deep Image Prior)画像再構成

シミュレーション

実測データ



原画像

従来法

DIP

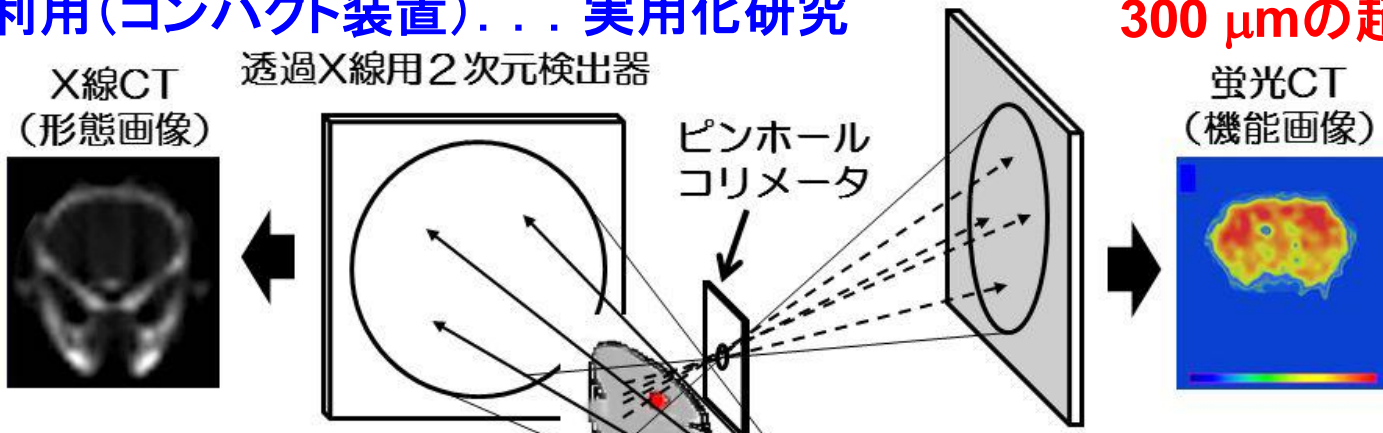
従来法

DIP

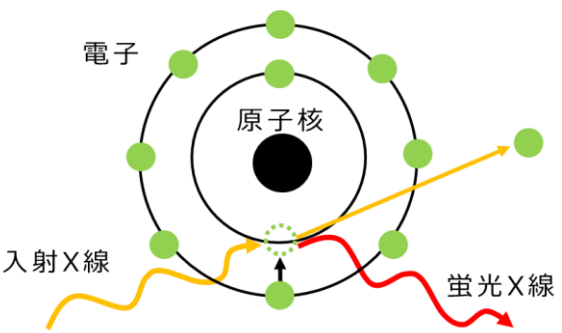


# 蛍光X線CT (形態/機能画像ハイブリッド)

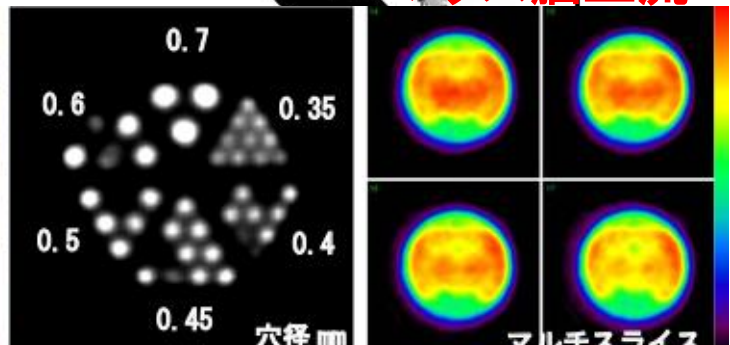
- 放射光X線利用 (高画質) . . . 最先端研究
- 管球X線利用 (コンパクト装置) . . . 実用化研究



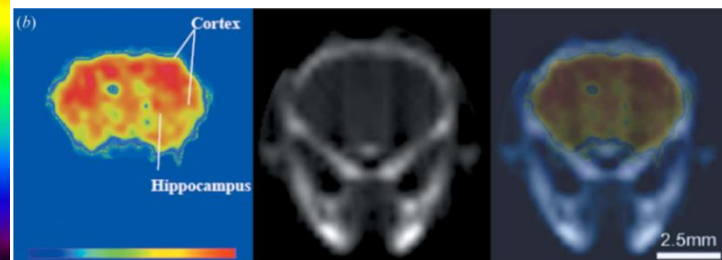
## 光電効果による蛍光X線



## マウス脳血流



## 重ね合わせ画像



# 骨SPECT撮像時間の短縮

## ■ トータルバリエーションを用いた画像再構成法(EM-TV)

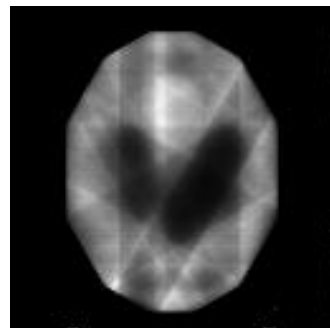
### 投影数削減シミュレーション



原画像



72投影 従来法



12投影 従来法



劣化無し

12投影 EM-TV

### 撮像時間削減

ML-EM(従来法)

EM-TV

transverse coronal sagittal

transverse coronal sagittal

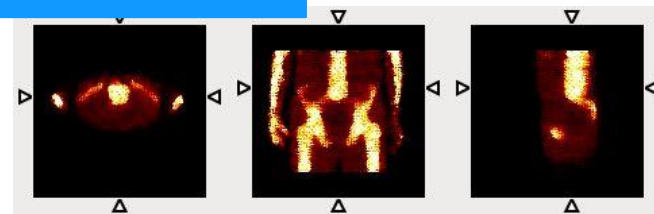
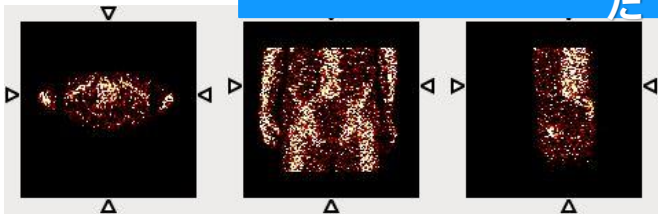
短縮無し



S/N比が改善し、形状の判別が明瞭となった

撮像時間

1/9

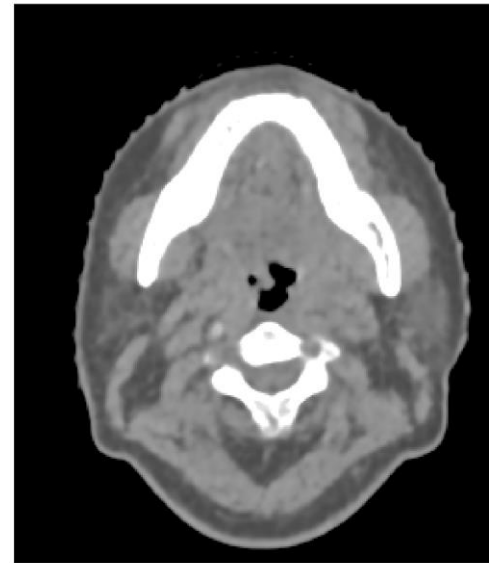


# 深層学習を用いたCTの画質改善

低画質画像

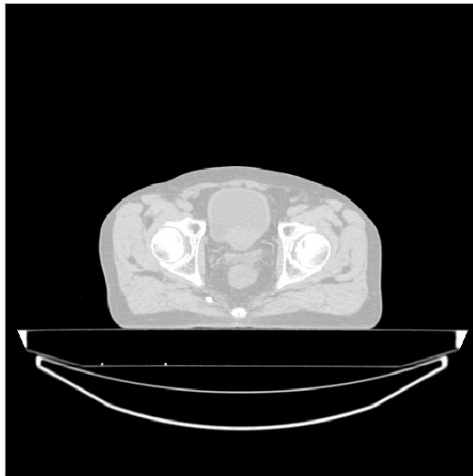


深層学習による  
画質改善画像

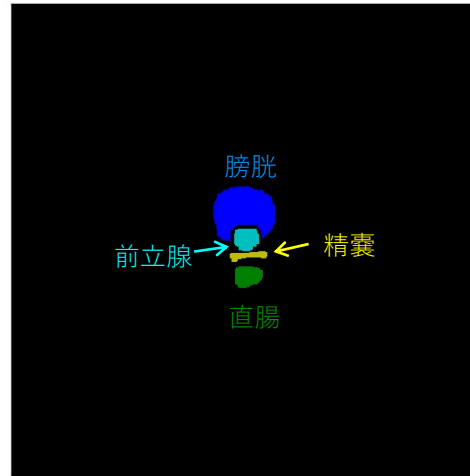


# 深層学習を用いた組織のオートセグメンテーション

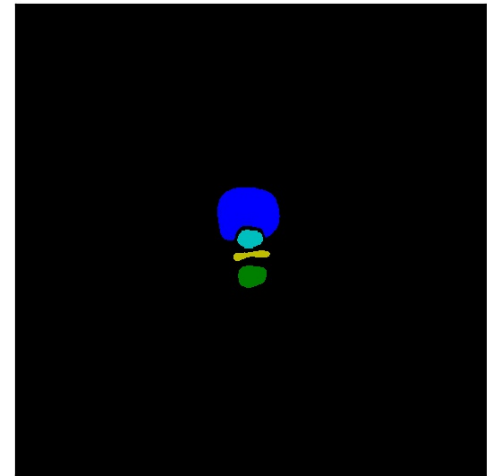
入力CT画像



Ground Truth

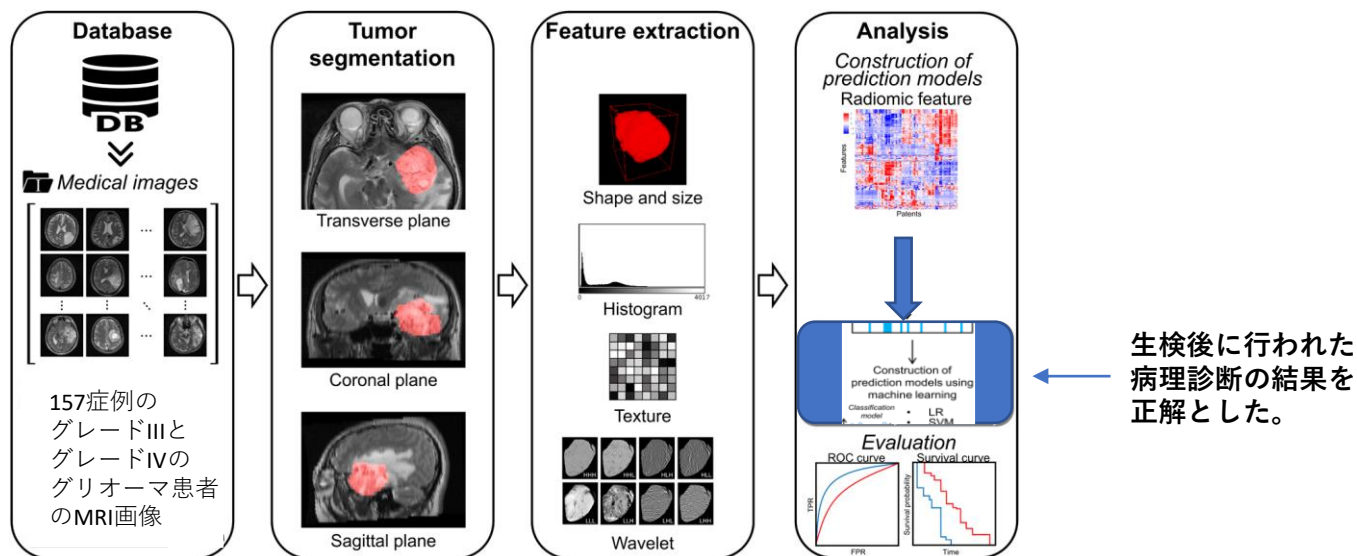


深層学習による予測



# 機械学習を用いた脳腫瘍の悪性度の推定

脳のMRI画像から、脳腫瘍（グリオーマ）の悪性度（グレード）推定をRadiomicsと呼ばれる手法を用いて行った。



Machine learning algorithm	Accuracy	Sensitivity	Specificity	AUC
LR	0.746	0.756	0.727	0.755
SVM	0.746	0.844	0.545	0.731
SNN	0.716	0.867	0.409	0.707
RF	0.806	0.822	0.773	0.800
NB	0.776	0.822	0.682	0.743
Mean ± SD	0.758 ± 0.034	0.822 ± 0.042	0.627 ± 0.149	0.747 ± 0.034
95% CI	0.716–0.800	0.771–0.874	0.443–0.812	0.705–0.790



# 進行度推定システムの検証

東大病院、富士通と共同でレセプト情報を用いた大腸がんの自動進行度推定システムを開発した。

富士通健康保険組合の2014年度レセプトデータにおいて、大腸がんと新たに同定され、かつ、大腸がん以外のがん病名も持つ30例を対象に、

- 1 大腸外科医師及び放射線医師の判断
- 2 我々が開発した進行度推定システムによる推定

により **No cancer (がんなし)** / **Local (局所的ながん)** / **Distant (転移あり)** の3群に分類した結果を比較。

## 結果

医師の判断と開発した進行度推定システムの一致度は 30/30 であった。

問い合わせ先：

理工学研究科附属医用システム創造フロンティア  
センター長 笹川 和彦

[sasagawa@hirosaki-u.ac.jp](mailto:sasagawa@hirosaki-u.ac.jp)

0172-39-3675