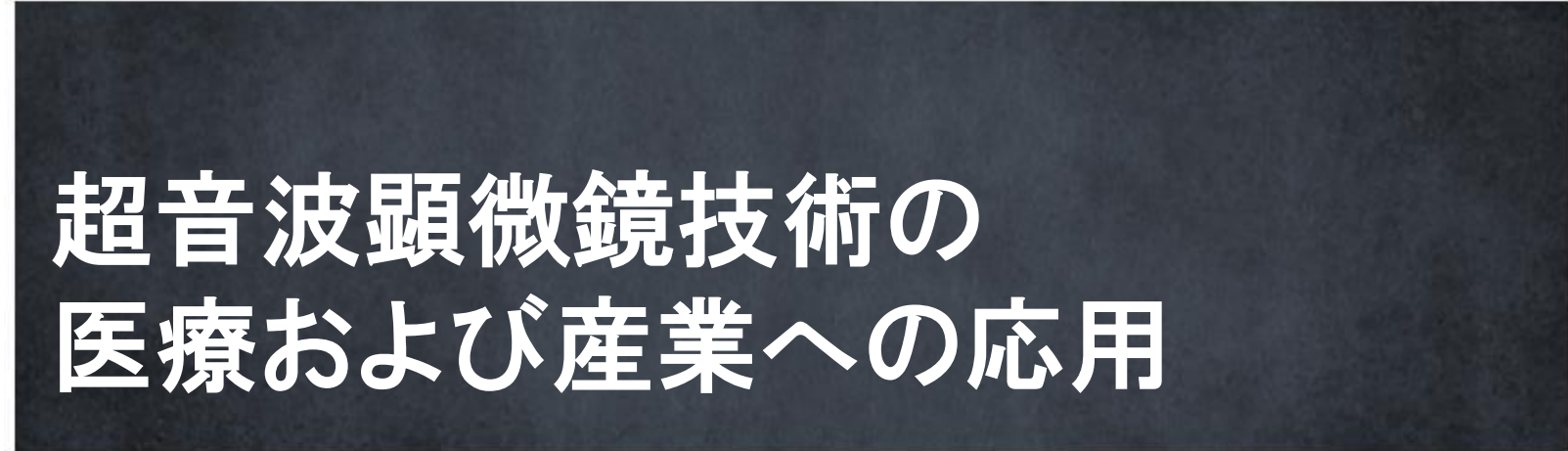




東北大学大学院医工学研究科・医学系研究科
医用イメージング研究分野
東北大学加齢医学研究所
スマートエイジング国際共同研究センター
西條 芳文



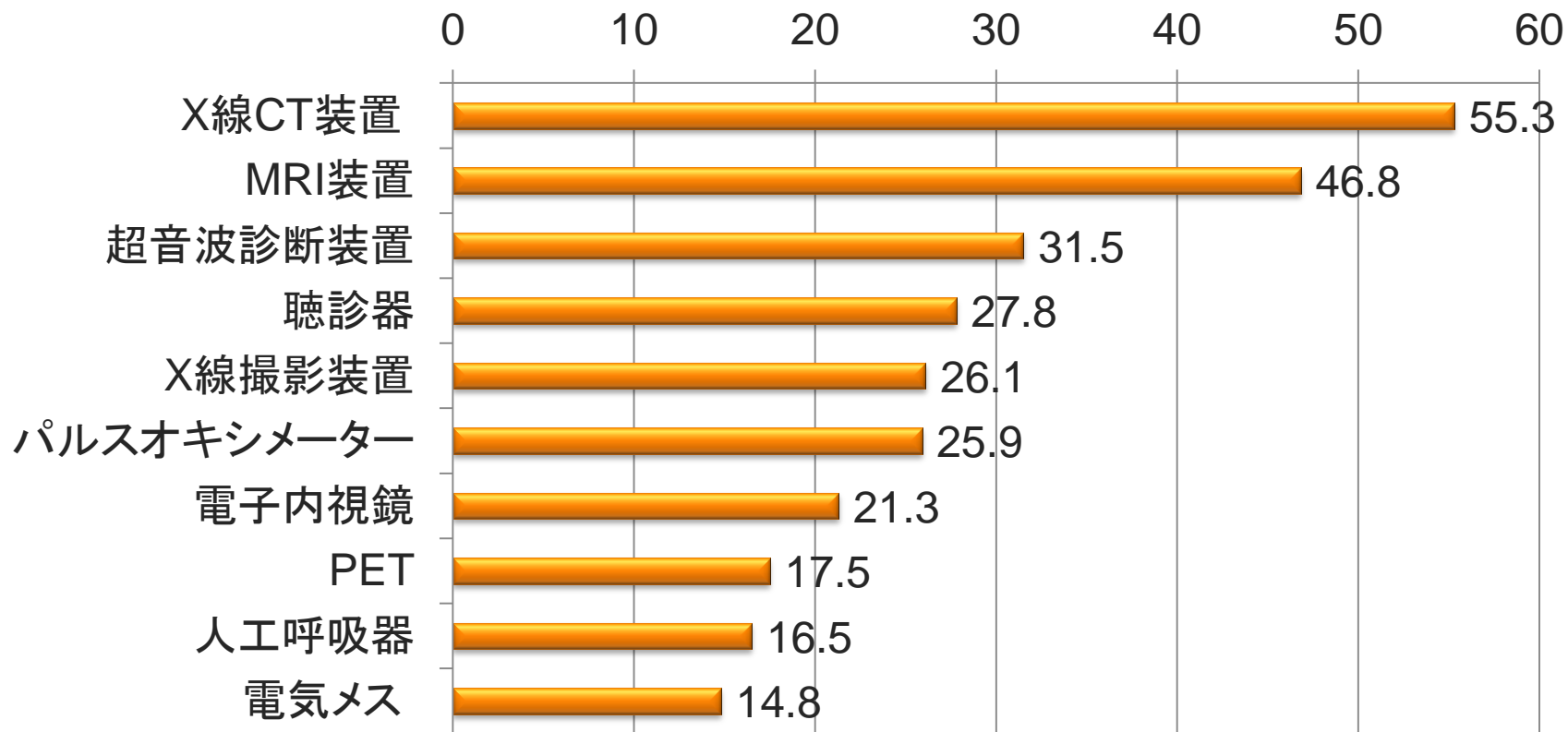
超音波顕微鏡技術の 医療および産業への応用



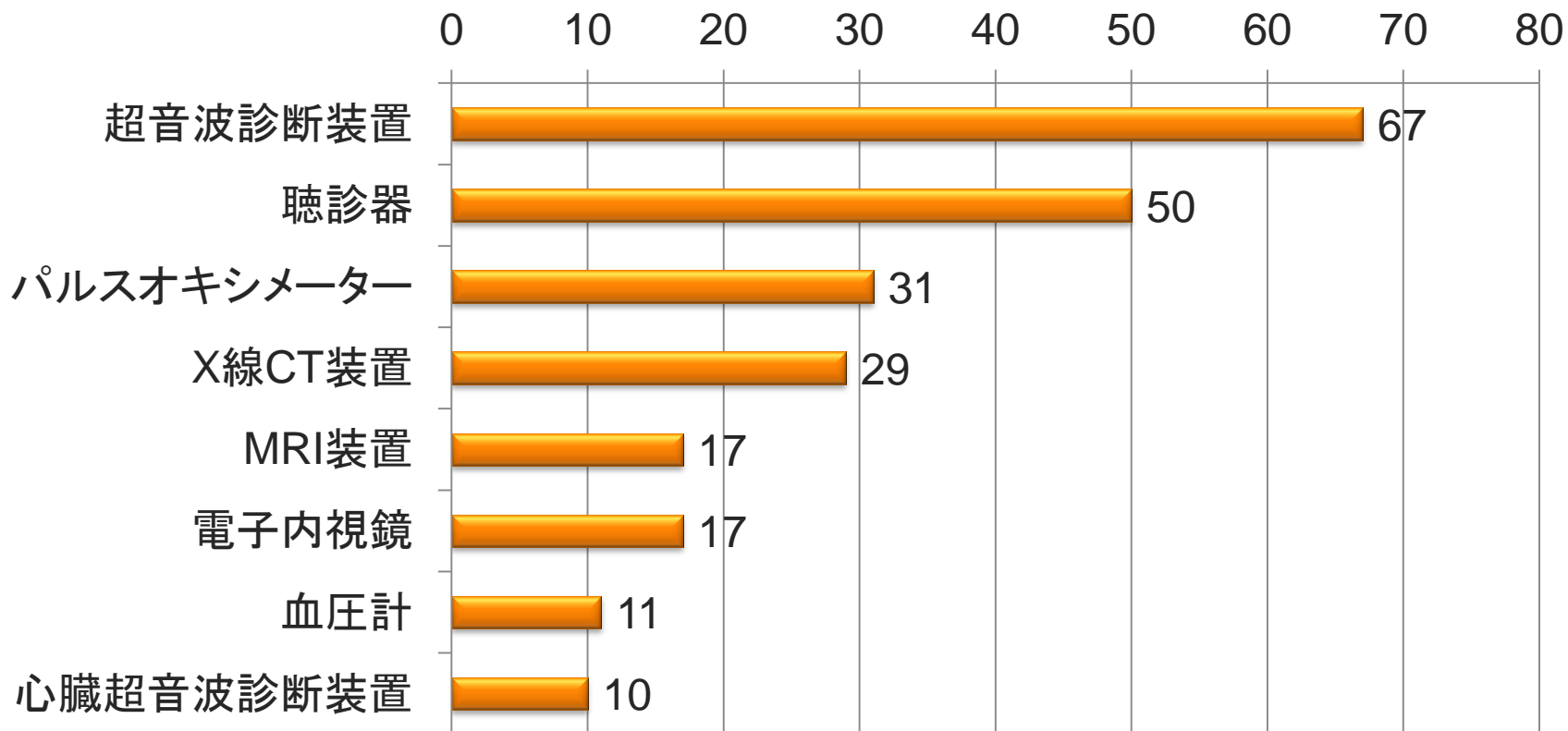


超音波の医療応用

「医療を大きく進歩させた」と思う革新的な医療機器は？



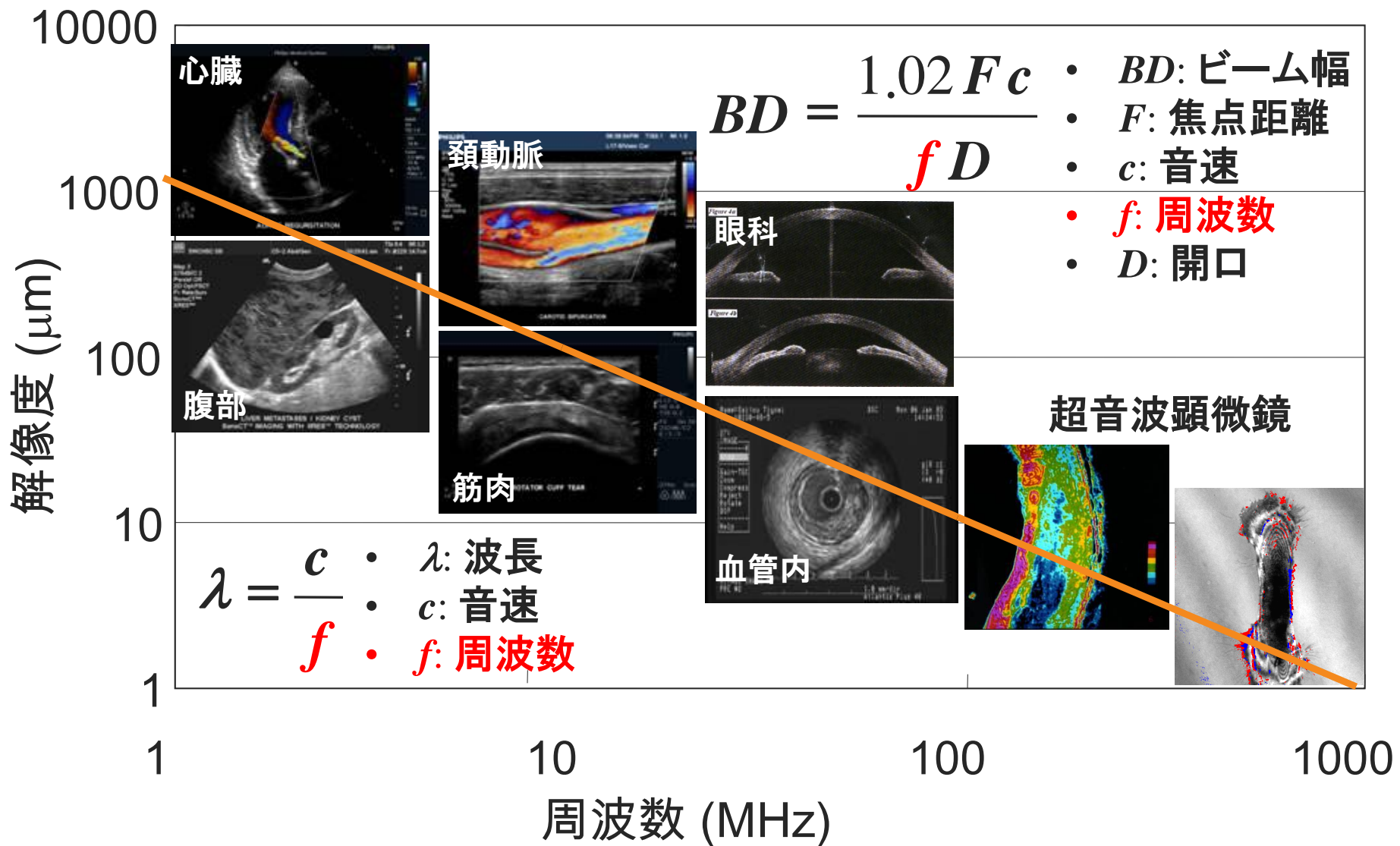
日常診療で特に愛用している医療機器は？



国内での各種画像診断装置の実情

- 2008年度の各種画像診断装置販売数
 - 医用X線CT装置:1,380台(稼働8,000台)
 - MRI:470台(稼働4,400台)
 - 血管造影装置:253台
 - PET:50台
 - 超音波診断装置:11,595台(稼働数え切れない)
 - 東北大学病院では147台

超音波の周波数と解像度





超音波顕微鏡の医学・生物学 への応用

各種顕微鏡の比較

	光学	電子	原子間力	超音波
外観				
解像度	500 nm	1 nm	0.1 nm	800 nm
何を可視化するか	化学特性	形態	形態 物理的特性	形態 機械的特性
試料の準備	固定 染色	固定 コーティング	特になし	薄切 特になし
特徴	最も普及	大型	接触計測	非接触計測

超音波顕微鏡の医学・生物学への応用

- 術中迅速病理診断
 - 無染色、非摘出
- 臨床超音波画像の輝度・パターンの成因

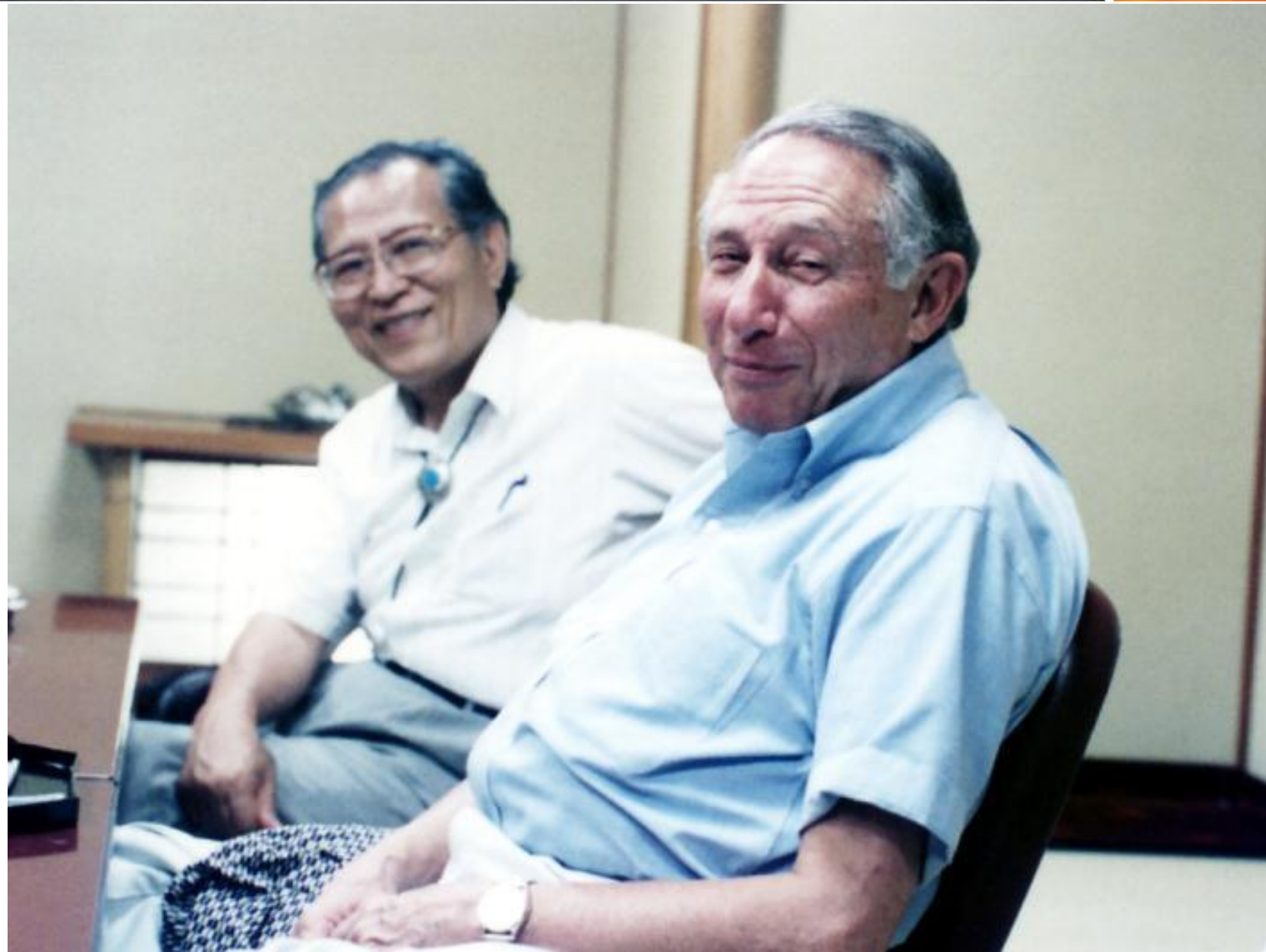
$$Z = \rho c \quad R = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$

- バイオメカニクス計測への応用

$$E = \frac{(1 - \sigma)\rho c^2}{(1 + \sigma)(1 - 2\sigma)}$$

- c : 音速
- ρ : 密度
- Z : 音響インピーダンス
- R : 反射率
- E : ヤング率
- σ : ポアソン比

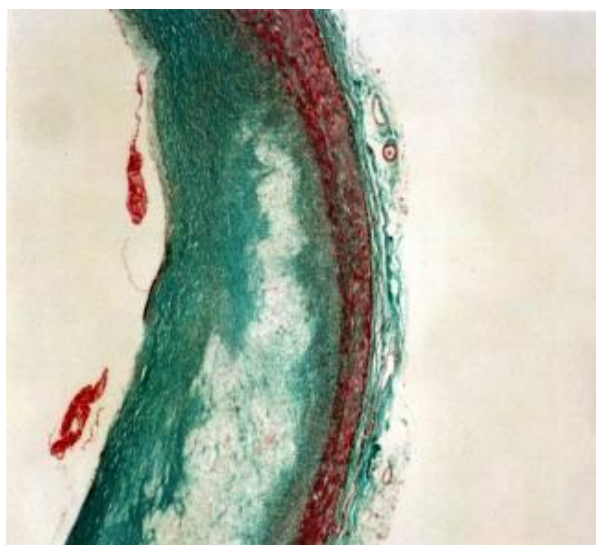
Floyd Dunn先生



超音波顯微鏡

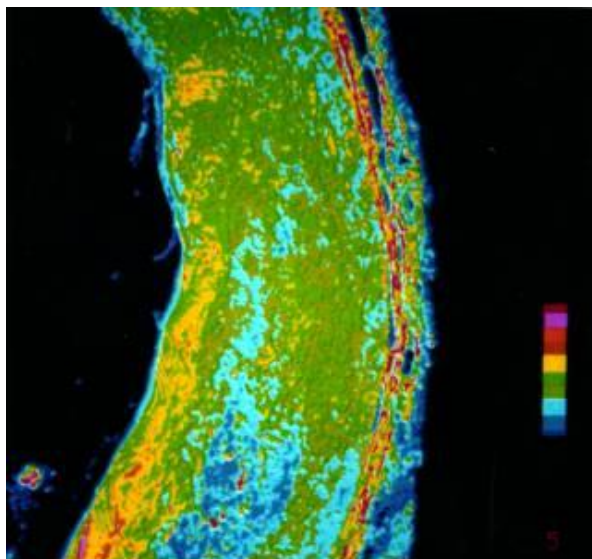


動脈硬化(200MHz)

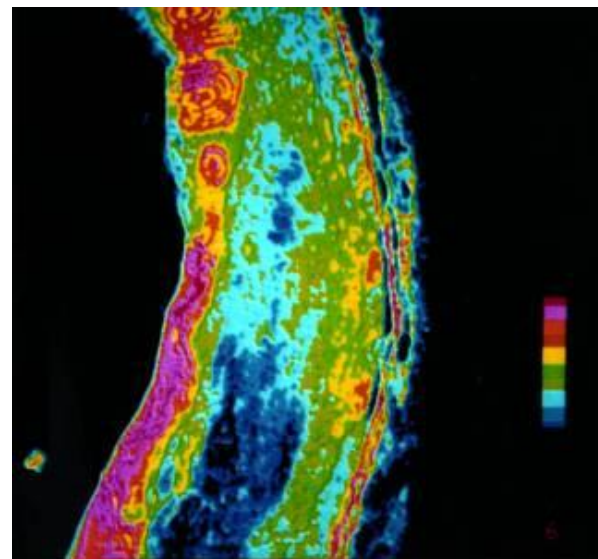


0.5mm

光学顕微鏡像



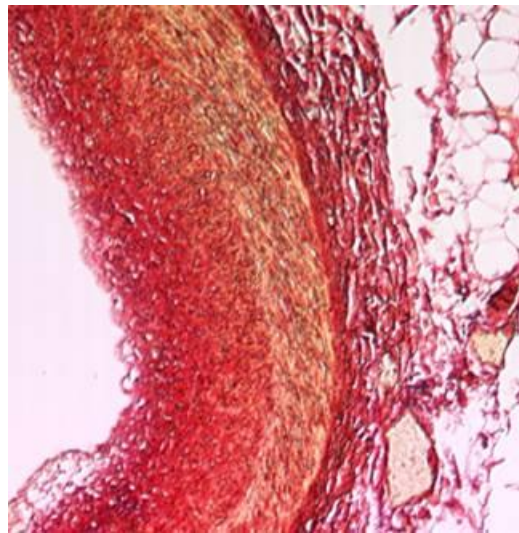
減衰像



音速像

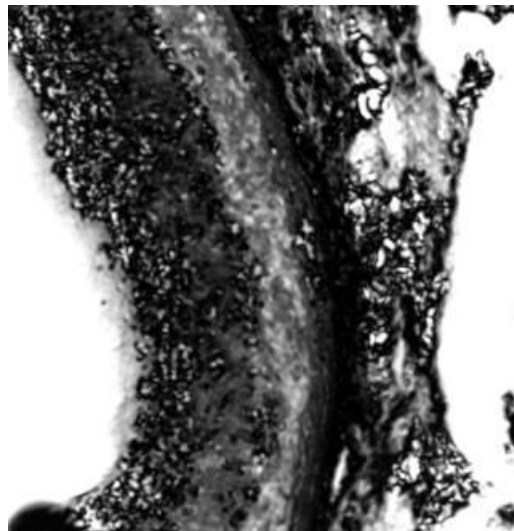
超音波顕微鏡像

周波数による解像度の違い



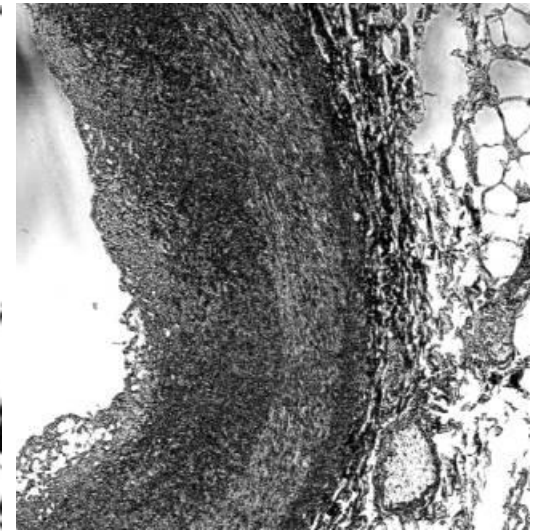
0.2mm

光学顕微鏡像



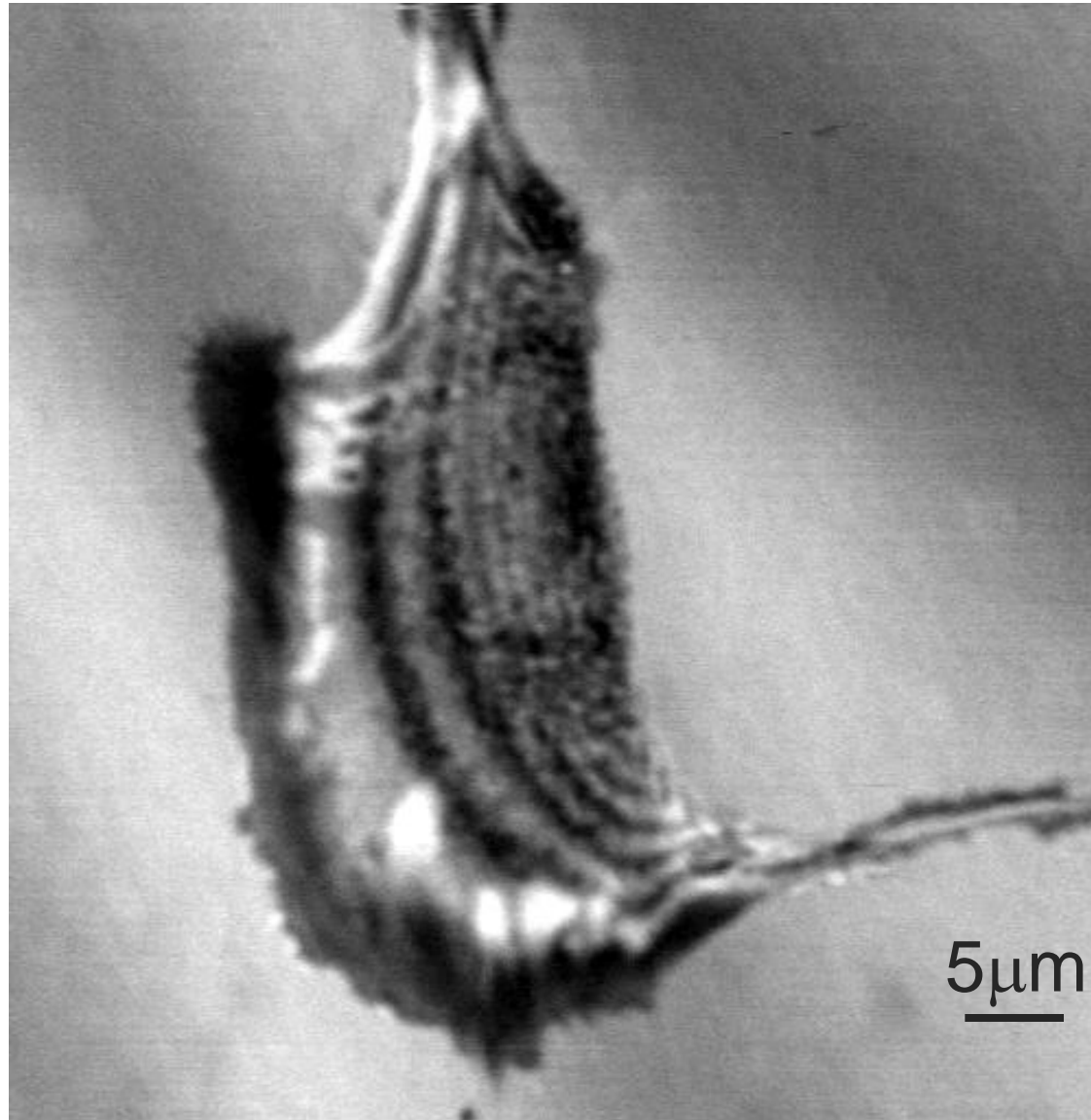
200 MHz

超音波顕微鏡像



1.1 GHz

腎動脈血管平滑筋細胞(1.2GHz)

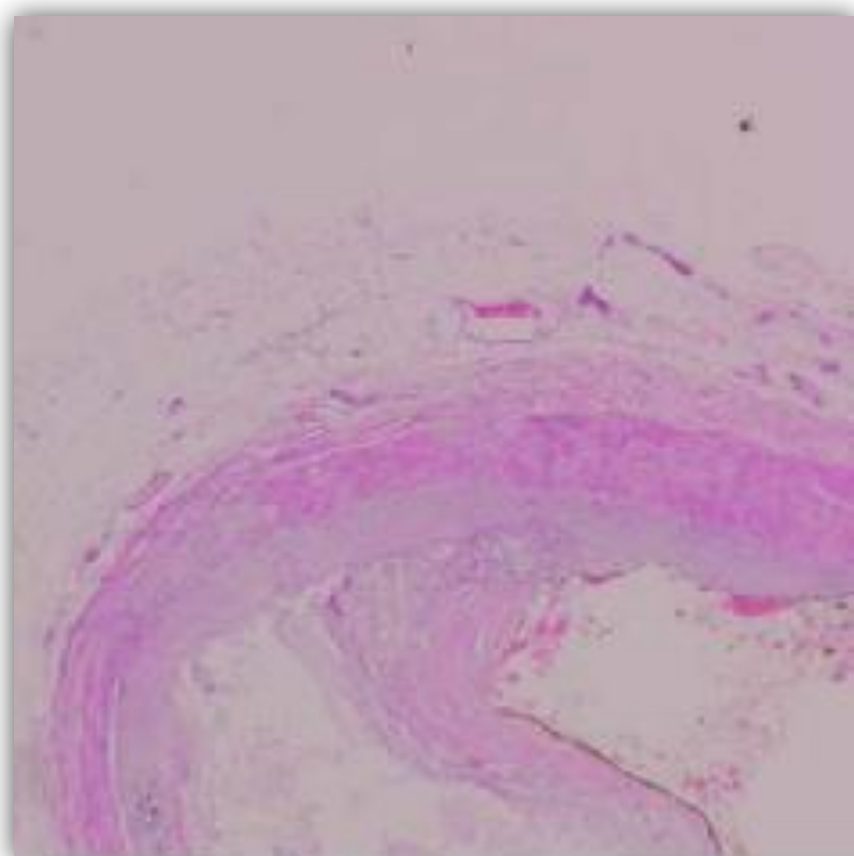


超音波音速/インピーダンス顕微鏡



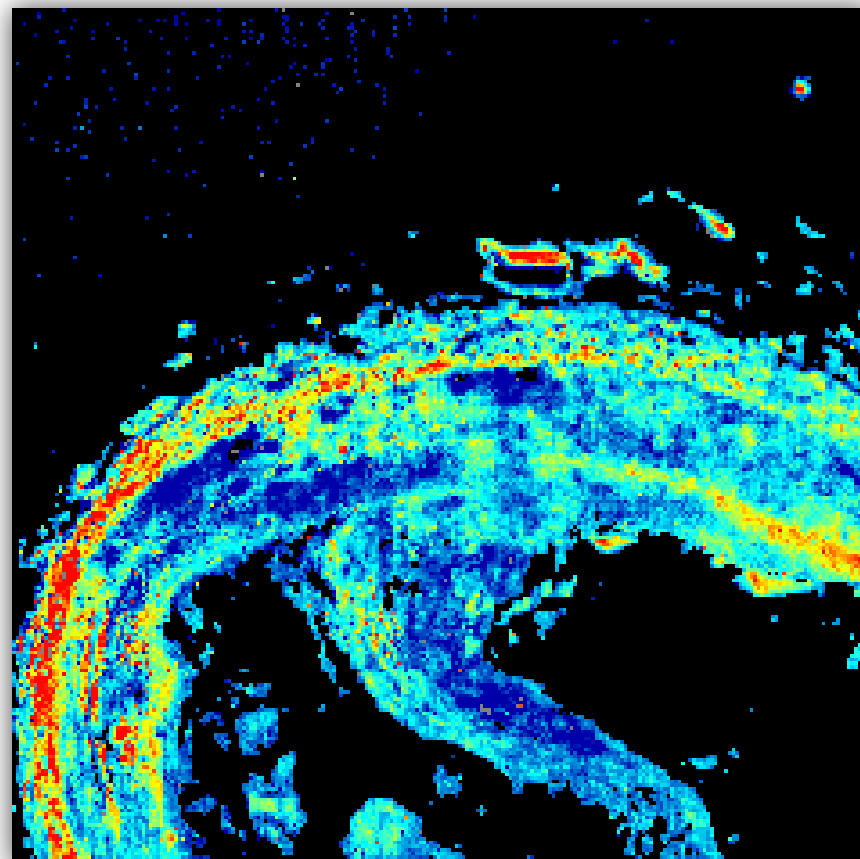
2002年 中部経済産業局 地域新生コンソーシアム事業
プロジェクトリーダー 本多電子 小林和人
共同研究 東北大学 西條芳文
豊橋技術科学大学 穂積直裕

線維性被膜の脆弱化



← 1.0mm →

光学顕微鏡(HE)



超音波顕微鏡(音速)

Rotterdam



Bochum
Kompetenzzentrum
Medizintechnik
Ruhr



MEDICA2004



Nijmegen



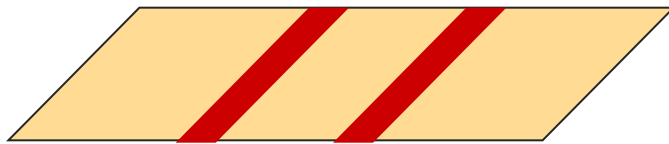
Turin



Rome



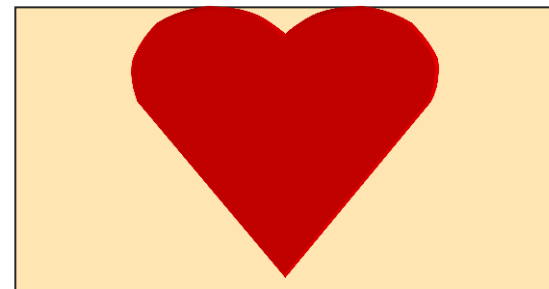
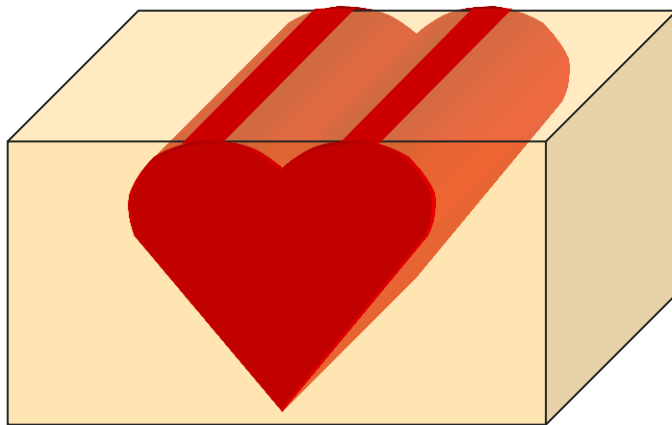
生体内イメージングの実現



超音波インピーダンス顕微鏡
(組織表面のCモード法)

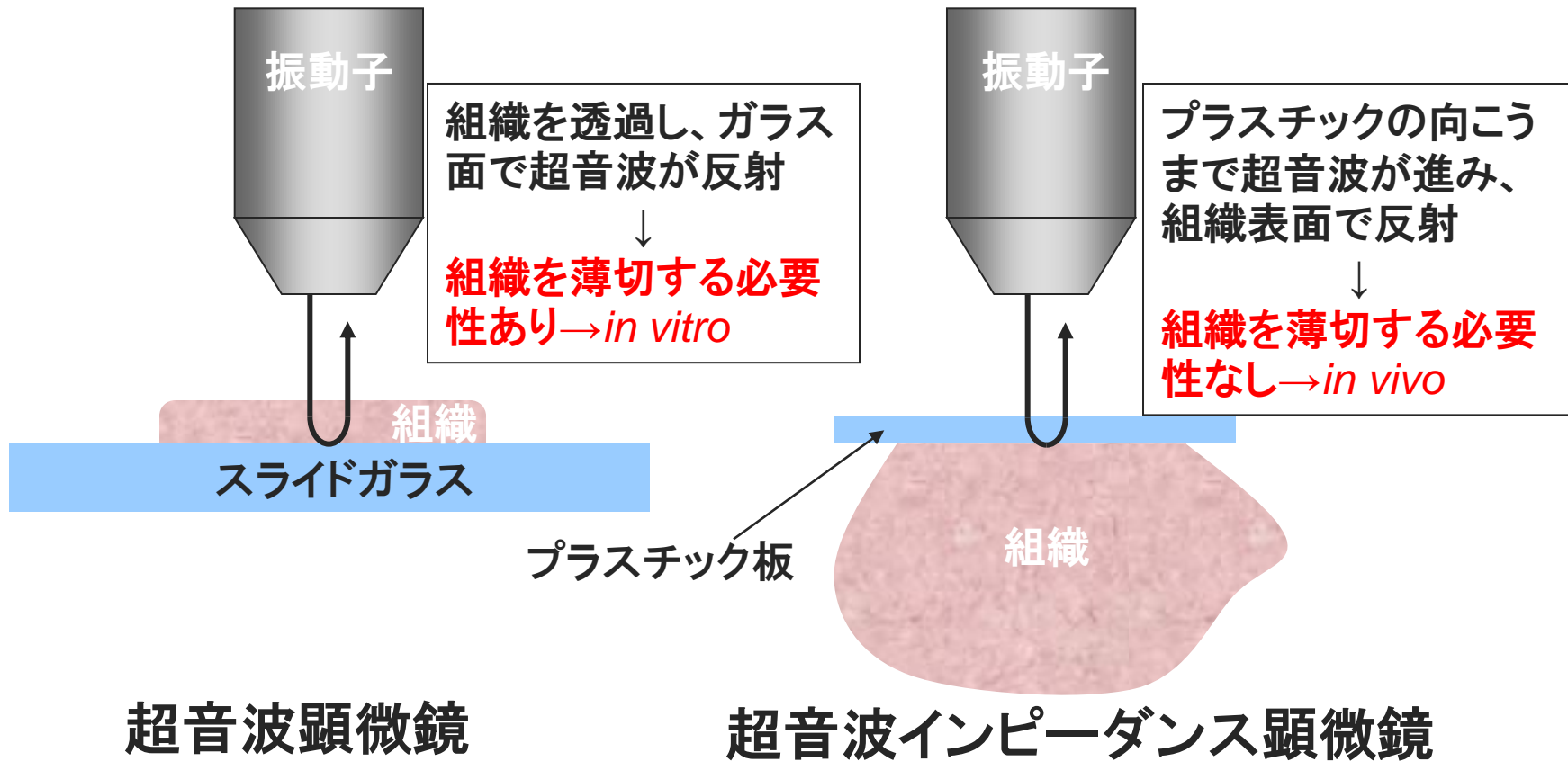


三次元超音波顕微鏡
(組織の3Dイメージング)



超音波顕微鏡
(薄切組織、細胞などのCモード法)

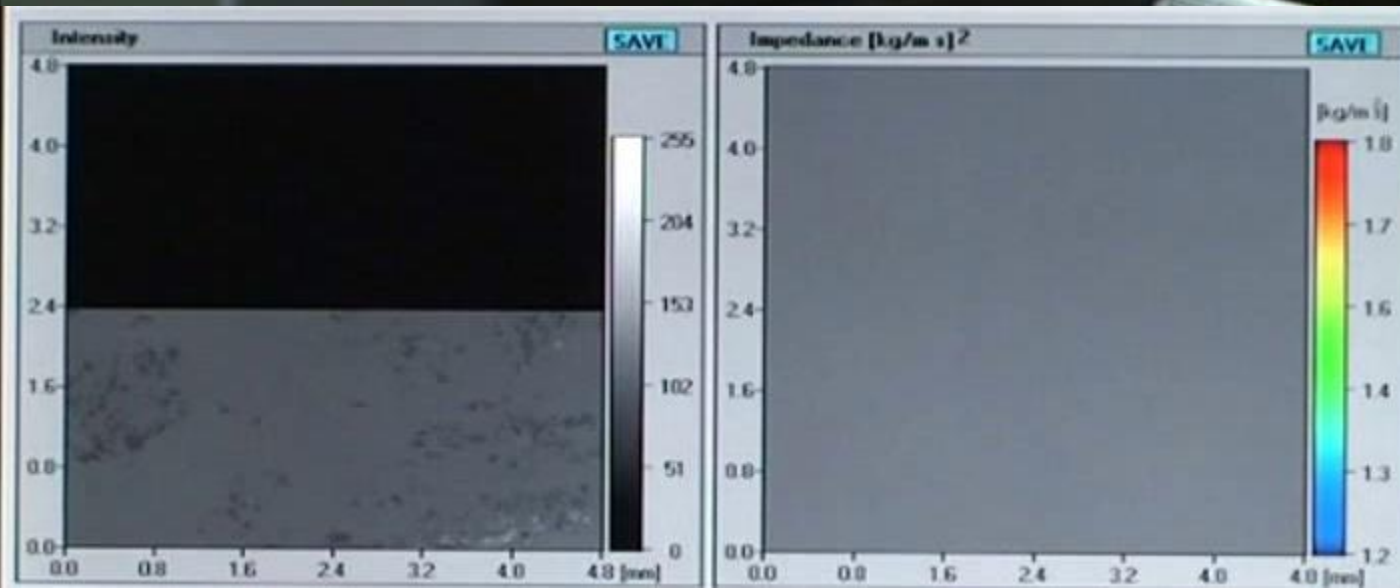
超音波インピーダンス顕微鏡



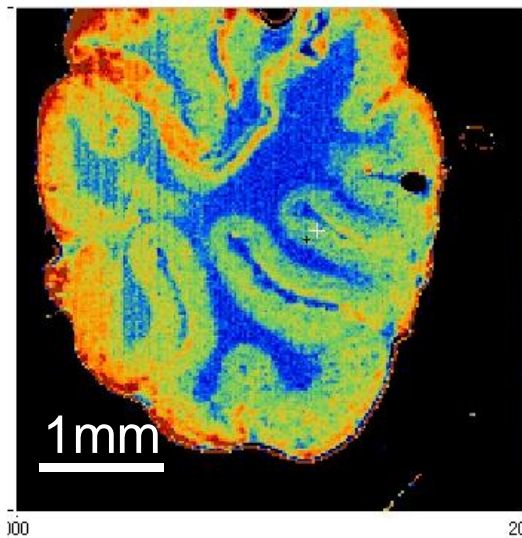
超音波インピーダンス顕微鏡



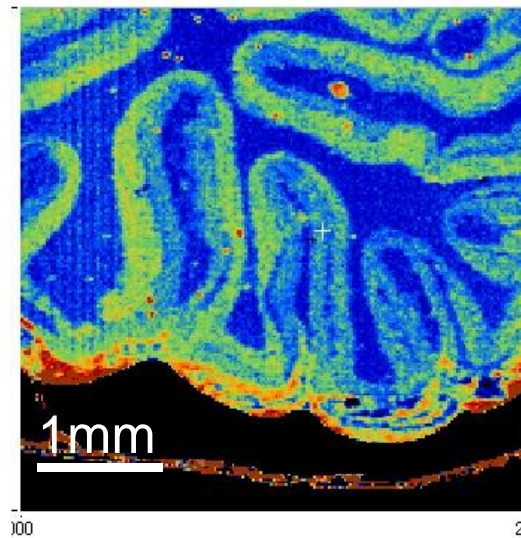
測定の実際



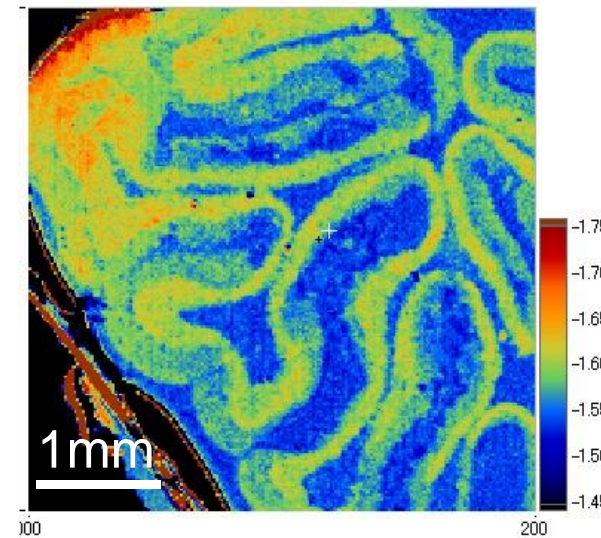
ラットの脳の発達



生後7日



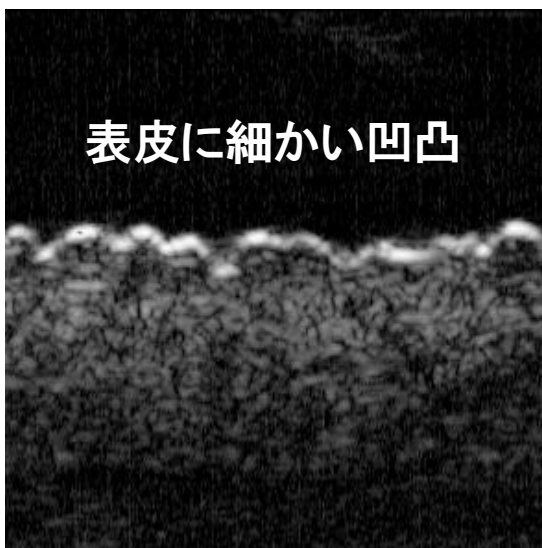
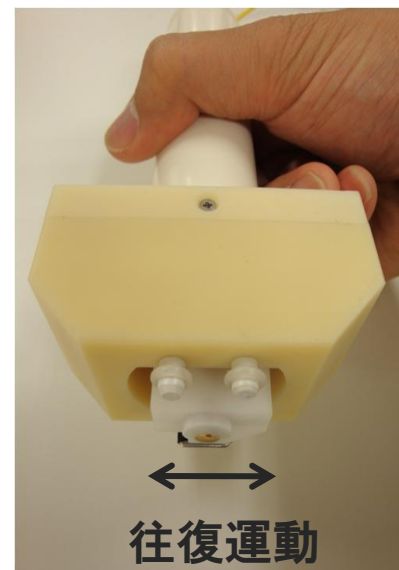
生後14日



生後21日

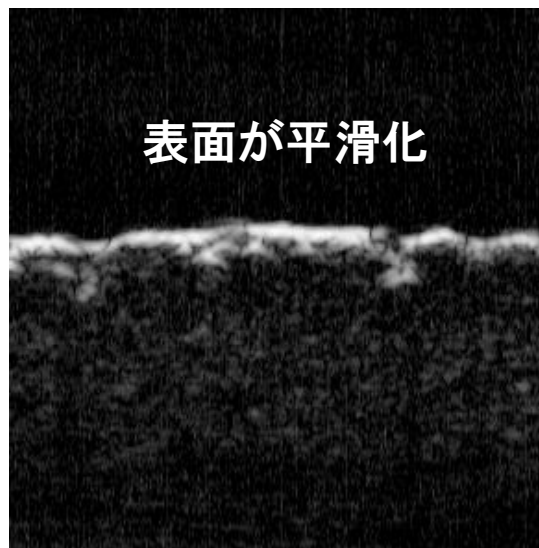
化粧品効果判定

- 使用周波数120MHz
- 身体に非侵襲的にミクロレベルの画像が得られる
- プローブを当てるだけで撮像できる
- OCTで観察困難な真皮の最奥層まで観察できる
- 機械走査型のため操作性が悪い
 - フォーカスが固定



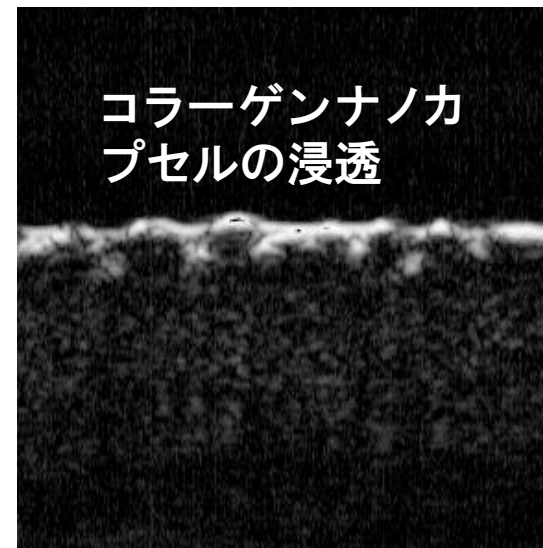
表皮に細かい凹凸

S社化粧品使用前



表面が平滑化

S社化粧品使用直後



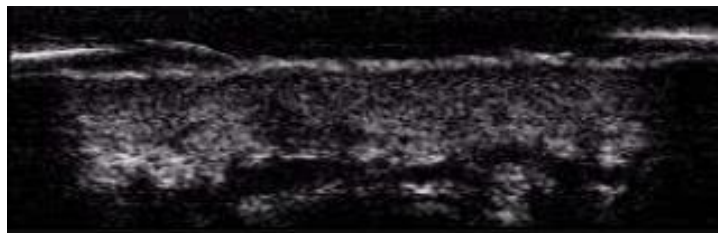
コラーゲンナノカ
プセルの浸透

S社化粧品使用後30分

三次元超音波顕微鏡による頬の観察結果

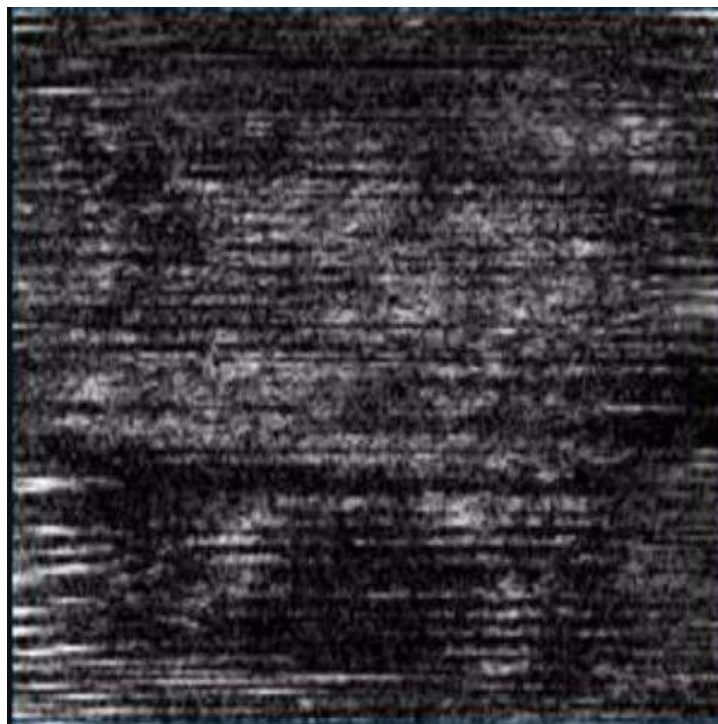
(21 歳男性)

Bモード画像
(垂直断面)

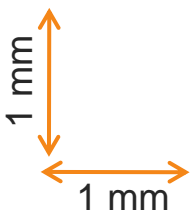


◀ MPR画像との対応

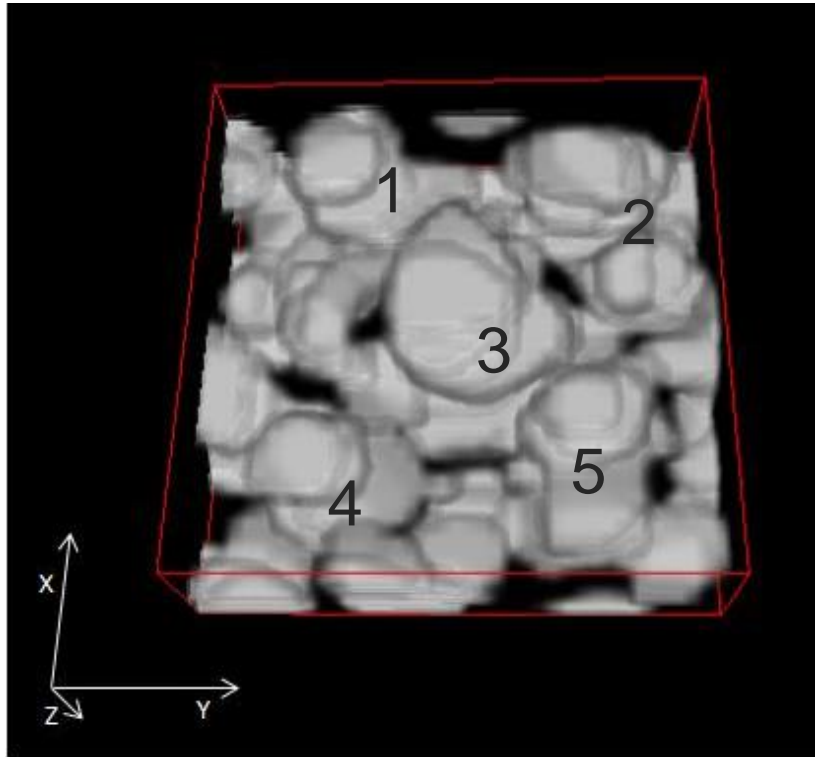
MPR画像
(水平断面)



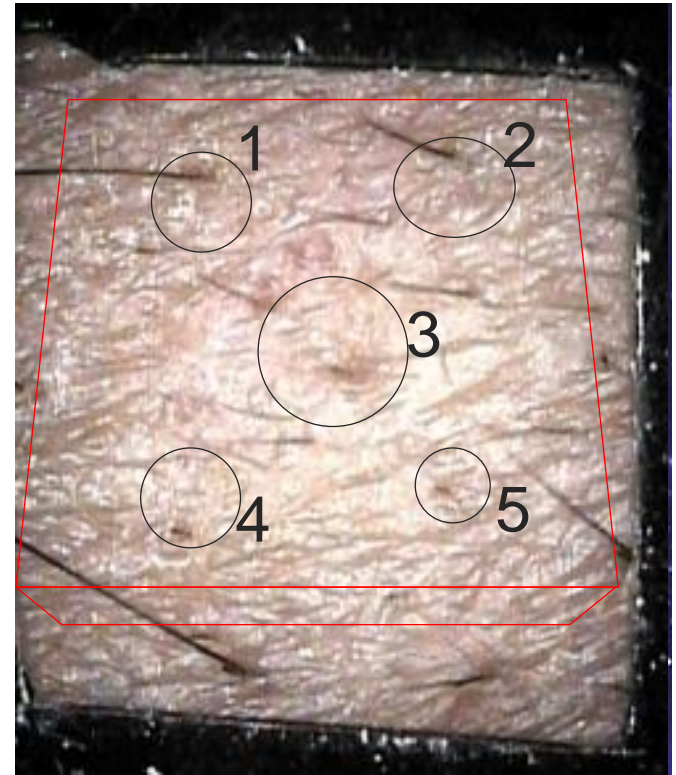
◀ Bモード画像との対応



CCDカメラ画像との対応



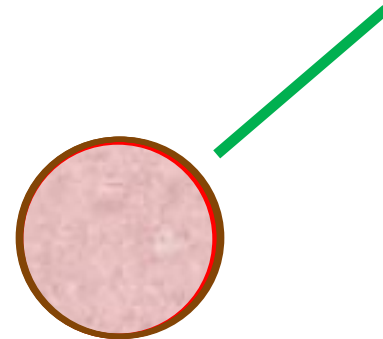
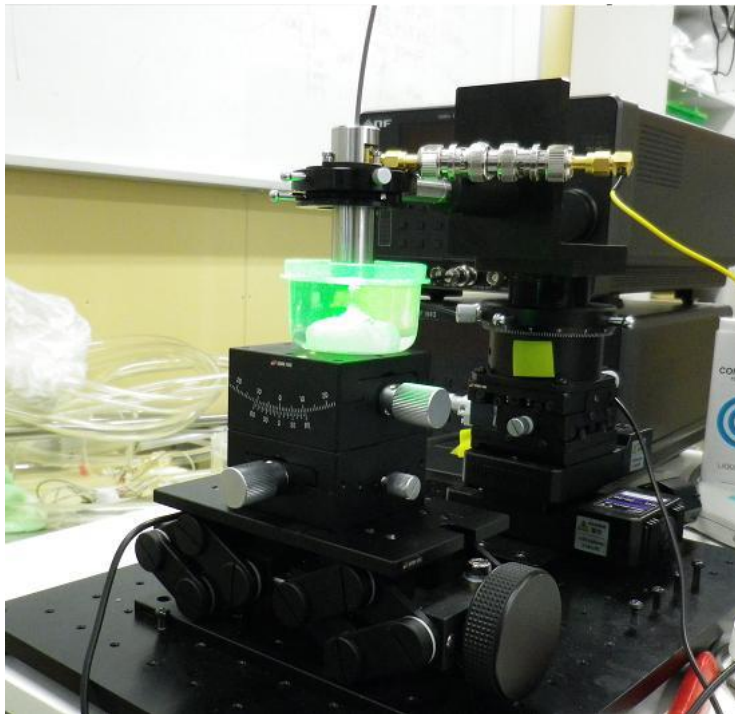
頬の3Dボリュームレンダリング画像



CCDカメラ画像

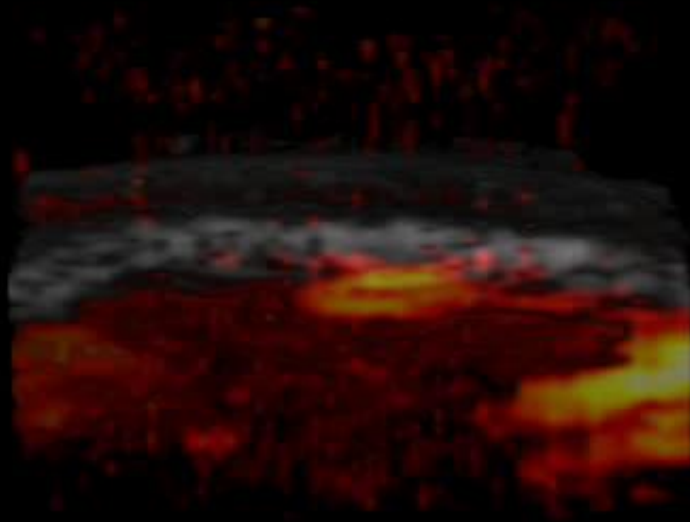
光音響イメージング

- ナノ秒レベルの短パルスレーザー光照射により、組織が短時間熱膨張し、音波が発生する
- 波長532 nmのレーザー光を用いると、赤色の組織から特異的に超音波が発生する → 血流分布の診断

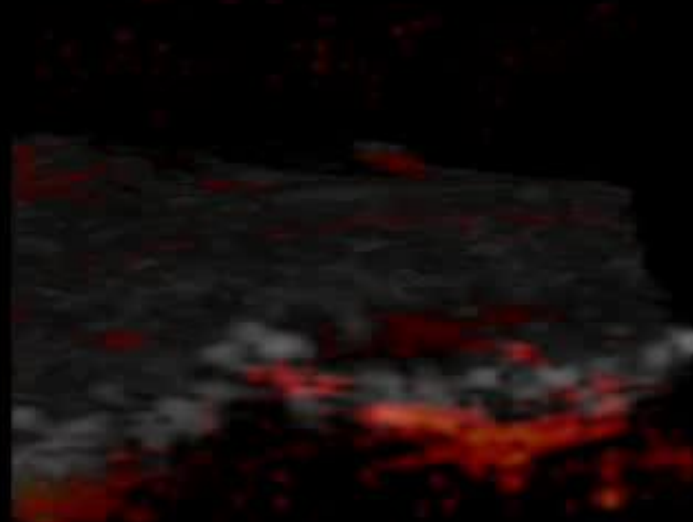


ラット膝関節の3次元光音響イメージング

- 半導体レーザー: 532 nm, 3.2 ns, 200 μ J, 100 Hz
- 超音波: 50 MHz
- 超音波信号をモノクロで、光音響信号をオレンジ色で表示



正常

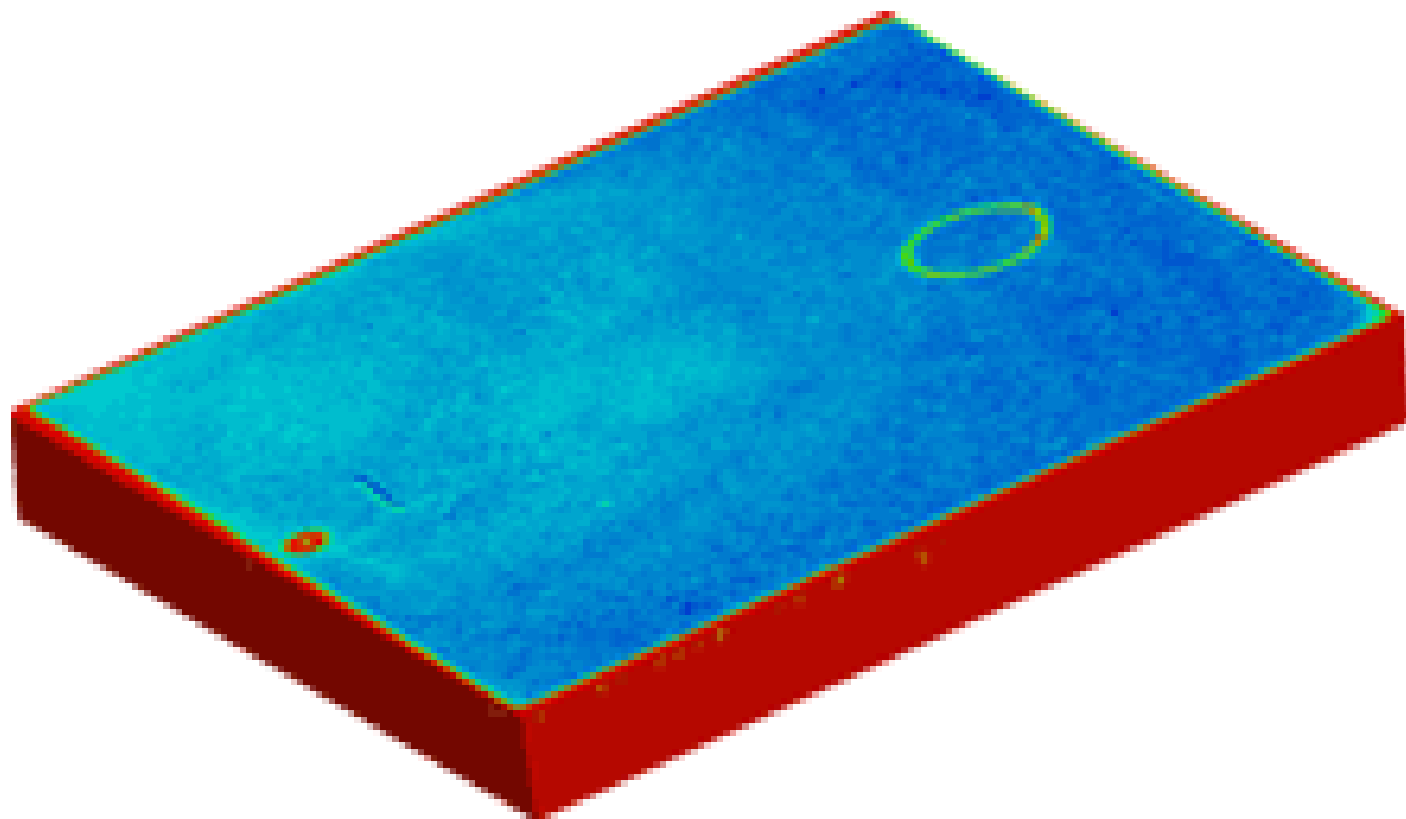


変形性膝関節症



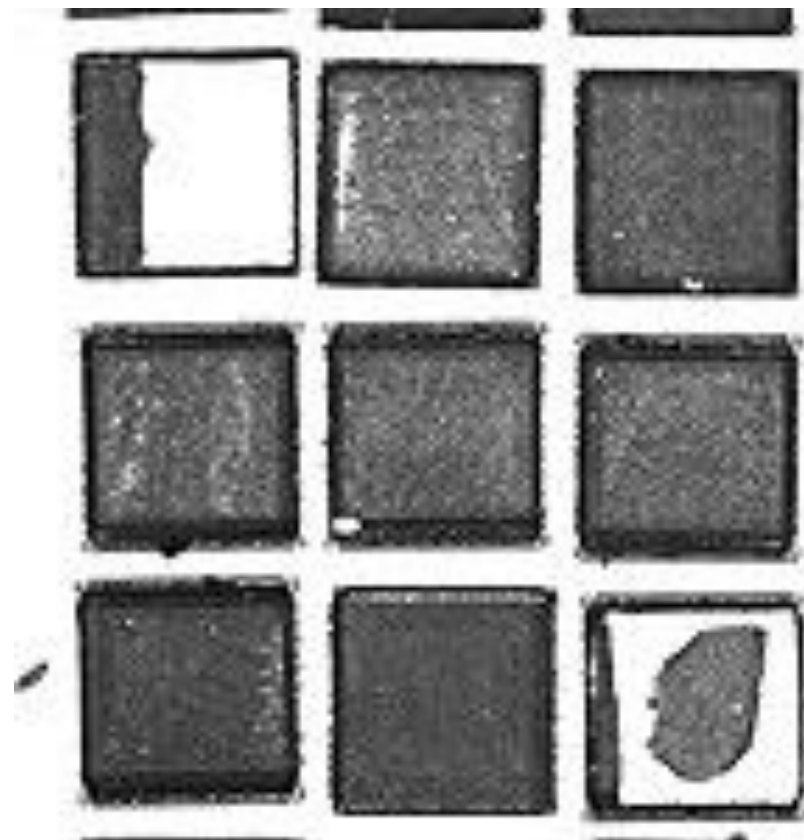
半導体・自動車産業への応用

超音波顕微鏡による非破壊検査

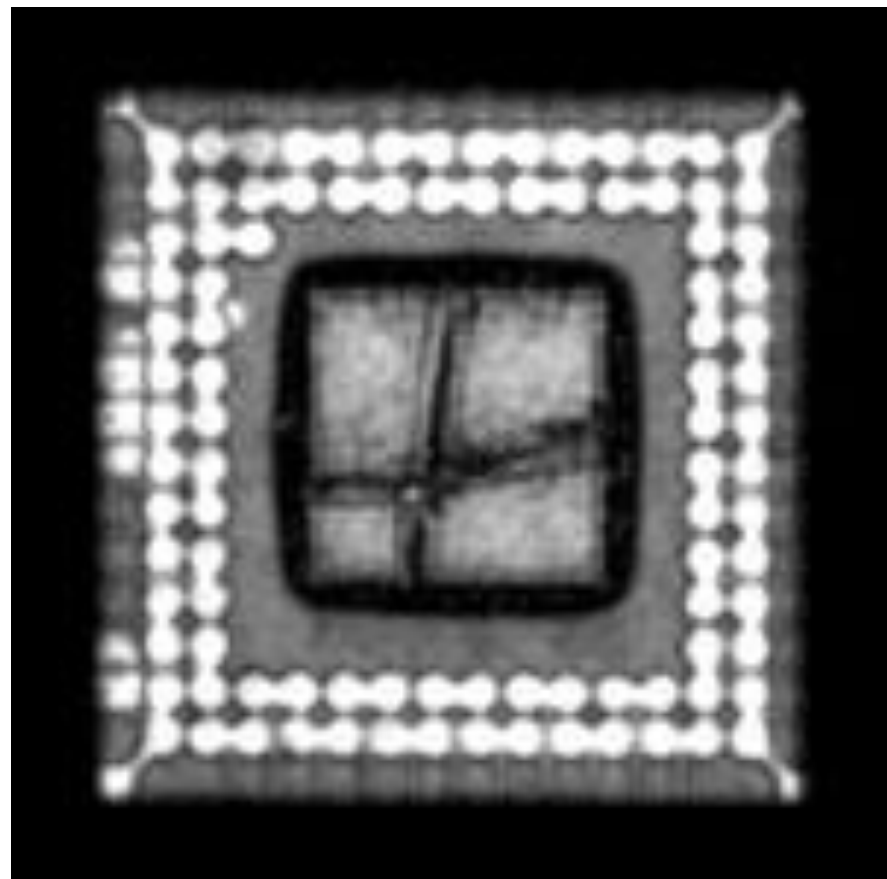
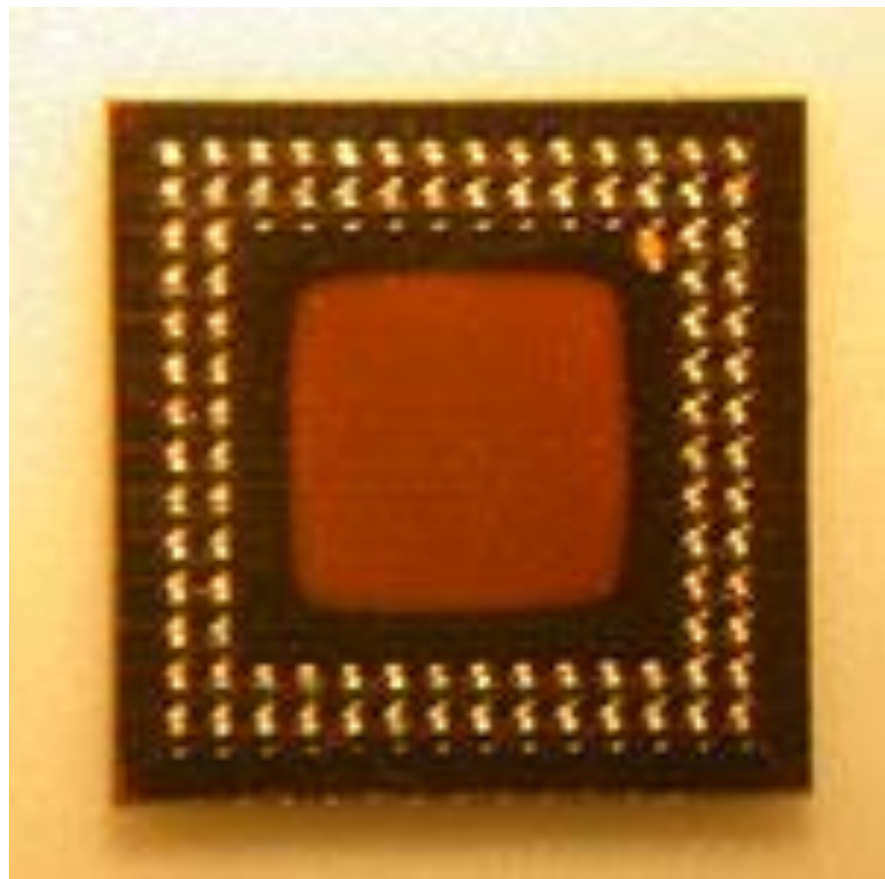


非破壊検査の一手法として確立している

素子内部の構造



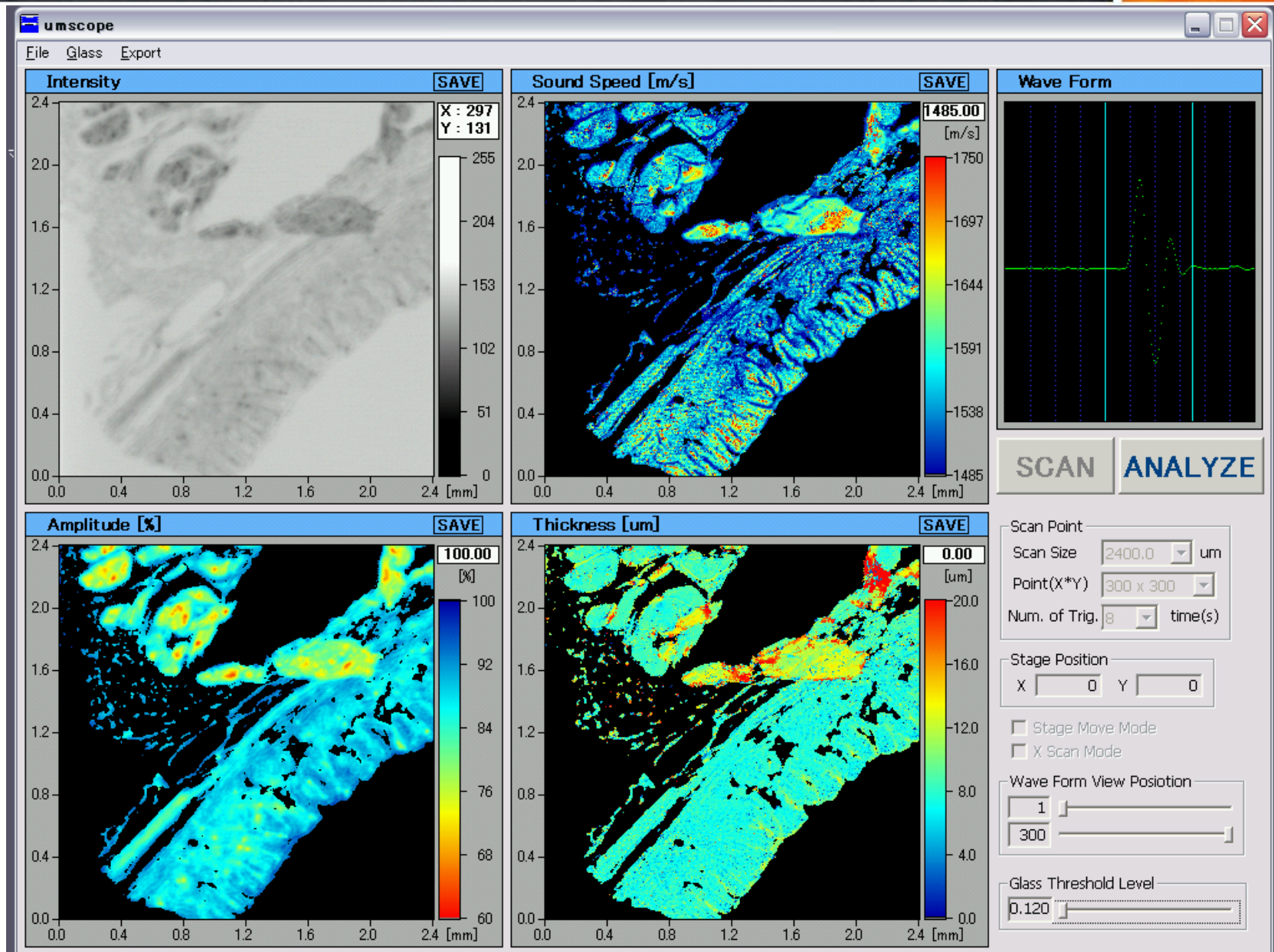
半導体チップ内の亀裂



超音波顕微鏡による透明膜の厚み測定

- 透明膜の場合、光学的手法による厚み測定は難しい
- 医学生物学用超音波顕微鏡における組織の厚み計測技術が応用可能
 - 100 MHzを使用した場合、0.1ミクロンの精度で測定可能
- 過去、国際コンサルタントより何回か問い合わせあり
 - 大学として対応が難しいため放置

超音波音速顕微鏡のスクリーンショット



まとめ

- 超音波診断は安全で広く用いられているため、医療機器産業進出の第一歩にしているメーカーも多い
- 超音波顕微鏡により従来のイメージングで得られなかった組織の機械的特性に関する情報が得られる
- 超音波顕微鏡の様々なモードへの対応や、光との組み合わせにより、さらに発展しつつある