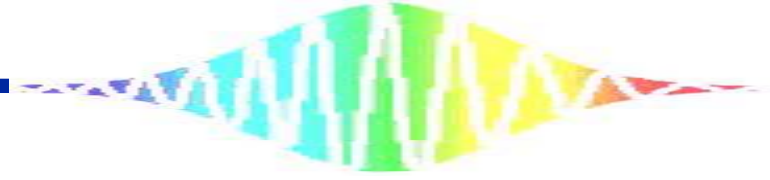


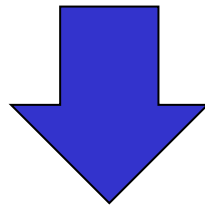
# イントロダクション



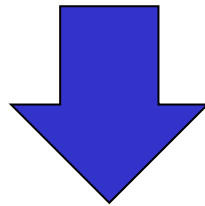
- 声帯癒痕化に関連
- 癒痕化とは声帯粘膜が硬く変質し、元に戻らなくなること
  - 音声障害の主要な原因
- 肝細胞増殖因子(HGF)の注入場所の正確で効率的な位置が分からない



1552nmで表皮下の傷ついた組織の位置を  
特定、声帯中の高分解イメージング



- アウトオブフォーカスの3光子吸収の減少
- 長励起波長の散乱の減少
- サンプル上にエネルギーが堆積しない



濃密な組織において最大イメージング深さを  
著しく改善

# サンプル(豚の声帯)の消衰特性

光学特性を調べるために励起波長(776nmと1552nm)で3つの異なった深さ(72,90,108 $\mu$ m)の表面粘膜固有層の切片を測定

$$F_{th} = \frac{E_{th,surface}}{\pi w^2} \exp\left(\frac{-z_{ep}}{l_{ext,ep}}\right) \exp\left[-\left(\frac{z_{ab}-z_{ep}}{l_{ext,LP}}\right)\right], (1)$$

$$F_{th} = \frac{E_{th,surface}}{\pi w^2} \exp\left[-\left(\frac{z_{ep}}{l_{ext,ep}} + \frac{z_{ab}-z_{ep}}{l_{ext,LP}}\right)\right] = \frac{E_{th,surface}}{\pi w^2} \exp\left(\frac{-z_{ab}}{l_{ext}}\right), (2)$$

$F_{th}$  : SLPの切片しきい流量

$E_{th,surface}$  : 組織表面パルスエネルギー

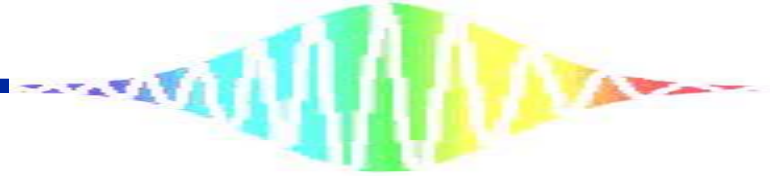
$w$  : 焦点面のレーザービームの半径 $\frac{1}{e^2}$

$z_{ab}$  : それぞれの切片深さ

$z_{ep}$  : 表皮厚さ

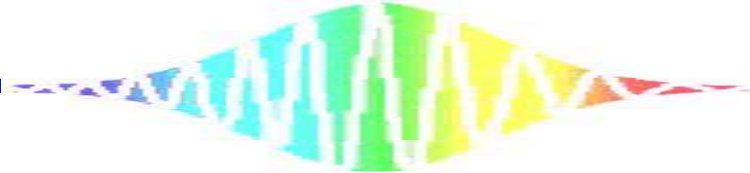
$l_{ext,ep}$  : 表皮消衰長さ

$l_{ext,LP}$  : SLP消衰長さ

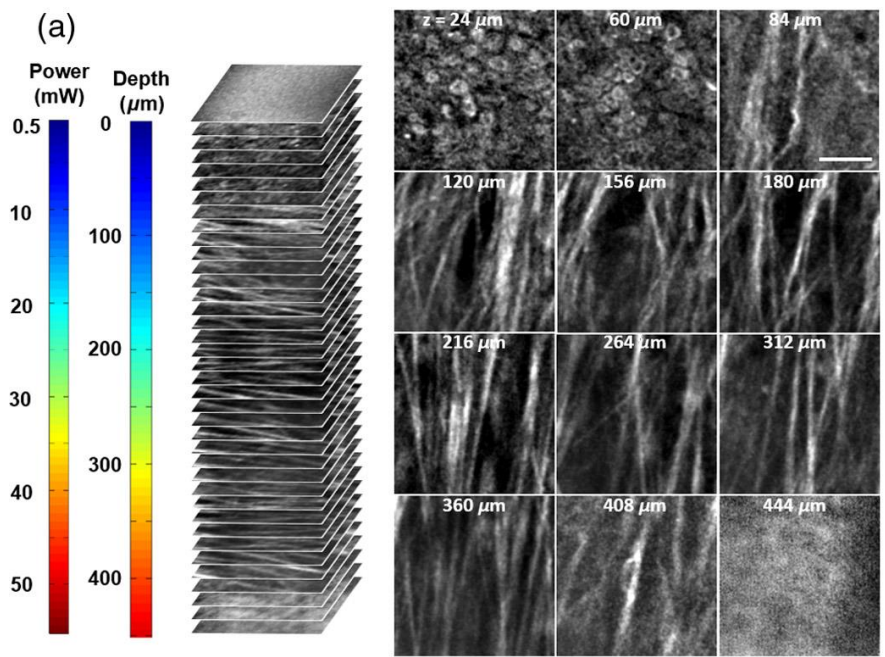


それぞれの切片深さに当てはまる3つの等式を解くと  
未知数 $l_{ext,ep}$ ,  $l_{ext,LP}$ ,  $F_{th}$ が決定  
最大イメージング深さ $z_m$ において、消衰長さ $l_{ext}$ は式  
(2)から $z_{ab}$ を $z_m$ に置き換えることで(3)のように推論  
できる

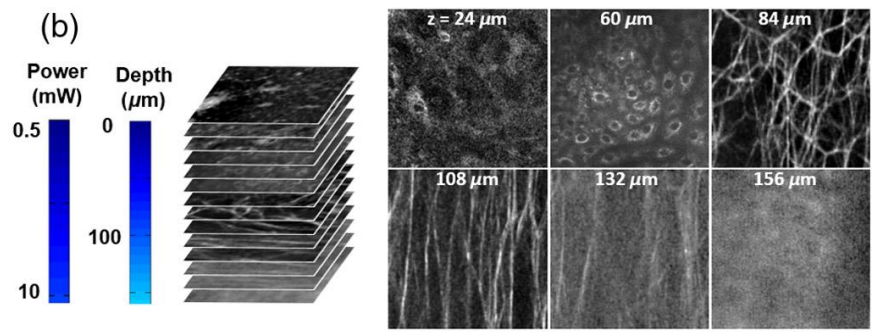
$$\text{消衰長さ } l_{ext} = \frac{z_m * l_{ext,ep} * l_{ext,LP}}{z_{ep} * l_{ext,LP} + (z_m - z_{ep}) * l_{ext,ep}}, \quad (3)$$



# 最大イメージング深度



(a)THGイメージ



(b)TPMとSHGの統合イメージ

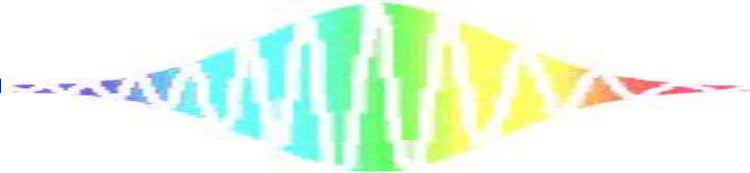
THG : 上皮細胞とECM線維

TPM : ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリン酸  
と上皮のフラビンとコラーゲン線維とエラスチン線維

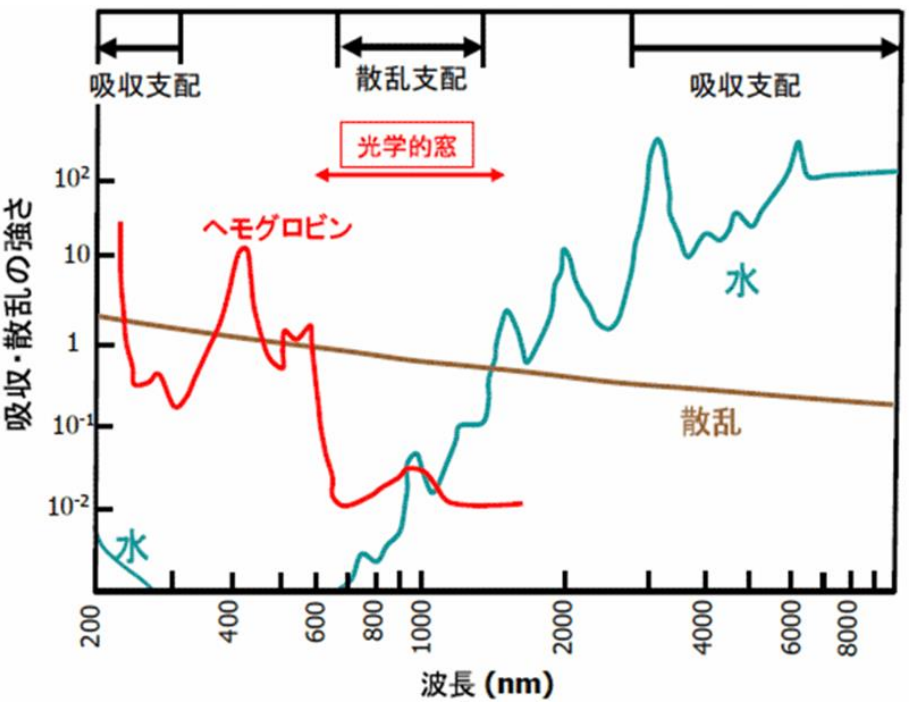


THGとTPM信号は異なった組織成分から検出される

なぜ水の影響を受けずに深く見えるのか？

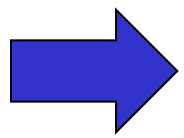


- 776nm  
組織吸収は無視できる  
→消衰長さは散乱長さと等しい
- 1552nm  
吸収も考慮に入れる  
→散乱と吸収成分の認識が必要



$$l_{sca,\lambda_2} = l_{sca,\lambda_1} \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^{1.627 \pm 0.115}, (4)$$

1552nm波長において  
散乱長さ=108±8μm  
吸収長さ=135±15μm



純水での吸収長さは200~250μm

声帯組織において長波長側の吸収による影響は比較的小さい