

超音波によって誘起される生体組織の電気分極

Electric polarization of biomedical tissues induced by ultrasound waves

農工大院工¹, ○(B)熊本 貴司¹, (B)伊藤 賢四郎¹, 生嶋 健司¹

Tokyo Univ. of A & T¹, °Takashi Kumamoto¹, Kenshiro Ito¹, Kenji Ikushima¹

E-mail: ikushima@cc.tuat.ac.jp

生体組織における圧電性は、大腿骨の乾燥皮質骨において最初に報告され、その起源は部分的に配向したコラーゲン線維の圧電性であると考えられている。その後、生体組織の圧電性は、アキレス腱、大動脈、気管、腸など多くの生体組織において観測されている。これらの組織は、主にコラーゲンやエラスティンのような線維状たんぱく質で構成され、その圧電係数の大きさは $10^{-12} - 10^{-15}$ C/N 程度である。引張試験機による巨視的な生体組織の圧電評価のみならず、原子間力顕微鏡を利用したナノスケールの圧電評価も実施されてきたが、多くの場合、その対象は乾燥した生体組織に限定されてきた。湿潤状態における生体組織の圧電性を評価・画像化することは、生体機能との関連性や医療応用にとってより重要であろう。そこで、我々は、超音波誘起される電荷の検出・解析方法を提案し、湿潤状態における生体組織の圧電評価を実施した。

実験セットアップを Fig.1 に示す。パルス超音波は 10MHz-PVDF 振動子によって発生され、水槽内のサンプル表面で直径約 1.5 mm のスポット内に集束される。この超音波集束スポットにおいて誘起される電荷は、水槽の外部に設置した平面金属アンテナによって検出される。アキレス腱の信号振幅に対して、誘起された電荷（超音波集束スポット位置に相当）とアンテナ間の距離 d に関する関数形は、簡単な電荷検出モデルを用いて説明できる (Fig. 2)。計算式からアンテナからの距離 $d \rightarrow 0$ において音響誘起される電荷量は $q \sim 10^{-16}$ C と見積られる。電荷中性条件を考えると、検出信号は、本来、超音波の半波長程度の長さ $\lambda/2$ 程度で $\pm q_{\text{dip}}$ に分極したモーメントに起因しているはずである。これを考慮すると、分極電荷 $q_{\text{dip}} \cong \left(\frac{2d}{\lambda}\right) q \sim 10^2 \times q$ となり、アキレス腱の圧電係数は 10^{-12} C/N 程度と見積られた。この値は先行研究で報告されている圧電係数と同程度である。講演では、別途、音圧一分極の線形性から見積もった圧電係数との比較について議論し、骨、大動脈、心筋、脂肪等、他の生体組織における圧電性についても紹介したい。

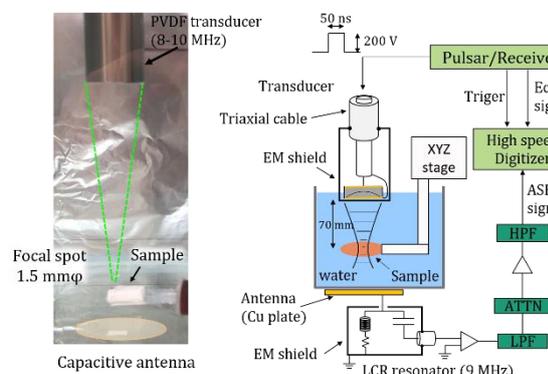


Fig. 1 Measurement setup.

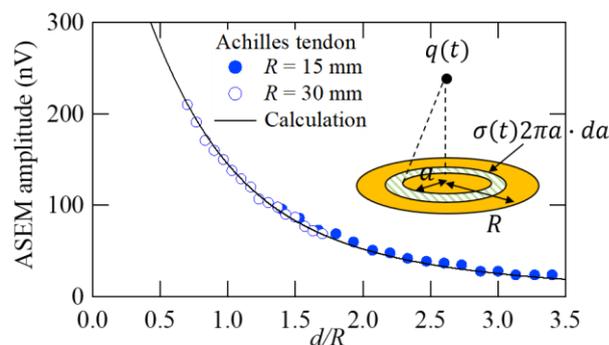


Fig. 2 Signal amplitude of ASEM response as a function of d/R , where d and R are the charge-antenna distance and the radius of antenna, respectively.