

圧電トランスデューサを用いた中赤外光音響分光法による生体分析

— 光音響信号の位相反転についての検討 —

Mid-infrared photoacoustic spectroscopy using piezoelectric transducer for the analysis of biomedical tissue

— Consideration of phase shift of photoacoustic signal —

東北大院 医工¹ ○(M1)佐々木 亮太¹, 木野 彩子¹, 松浦 祐司¹

Tohoku Univ., Graduate School of Biomedical Engineering¹,

°Ryota Sasaki¹, Saiko Kino¹, Yuji Matsuura¹

E-mail: ryota.sasaki.r7@dc.tohoku.ac.jp

1. 目的

数百 kHz 程度でパルス変調した中赤外光を試料に照射すると、光吸収に伴う熱弾性変形によって試料内部で超音波が発生し、これを検出することにより非侵襲に生体組織の分光特性の測定が可能になる。超音波を検出する本手法では、光音響セルを必要とせず、試料に接触させた圧電トランスデューサで音響波を検出するため、より簡易なシステムを構成することができる。しかし、本手法では試料の吸収係数と光音響信号の強度が線形に対応しない場合があり、理論解析が難しいという欠点もある¹⁾。今回は生体模擬試料として超音波ジェルの測定を行い、得られた信号の位相変化について調査をしたので報告する。

2. 測定方法・結果

波長可変外部共振器量子カスケードレーザ(EC-QCL;波長 8.3-10.8 μm)の光を試料下部から照射し、発生した超音波を試料表面に配置した圧電トランスデューサにより検出することで分光特性を得た²⁾。試料としてはパッド形超音波ジェル(タキロン SONAGEL)を用いた。

レーザ光パワーで正規化した、光音響波強度の分光特性(図中 PAS)を図 1 に示す。比較として FT-IR による減衰全反射(ATR)スペクトルも併せて示した。双方のスペクトルを比較すると、ほぼ反転しており、光音響波の強度が試料の吸収係数に反比例していることが分かる。これは試料の吸収係数が大きい場合には、試料膨張時の湾曲・伸長効果により、光照射点近傍では光強度に比例した膨張が生じる一方、遠方では収縮が生じる¹⁾ことが原因と思われる。その場合、光音響信号の位相が吸収係数 α と観測点-照射点距離 l の積 αl に依存することが分かっている。そこで、厚さの異なる試料に対して測定を行った。その結果、スペクトルを図 2 に示すように、1120 cm^{-1} の吸収ピーク付近では、試料の厚さがおおよそ 3 mm より小さい場合は、吸収係数に比例した光音響波信号が得られていることが分かる。図 3 には音響波信号の位相と試料厚さとの関係を示す。厚さ 2.5 mm 付近で位相変化の傾きが反転していることが分かり、上述の現象を確認した。なお ATR による吸光度の測定結果から、例えば 1120 cm^{-1} -1020 cm^{-1} の範囲で反転が起きないように測定を行うには、照射点と観測点の距離を 300 μm 程度にする必要があることが分かり、これは生体の測定を考えた際には非現実的である。よって、今後は遠方で得られた反転スペクトルをもとに生体試料成分の解析を行っていく。

参考文献

- 1) 御子柴 他: 超音波スペクトロスコピー応用編. 培風館, 東京, 1990
- 2) 佐々木 他: 日本光学会学術講演会(2021) 28aD9

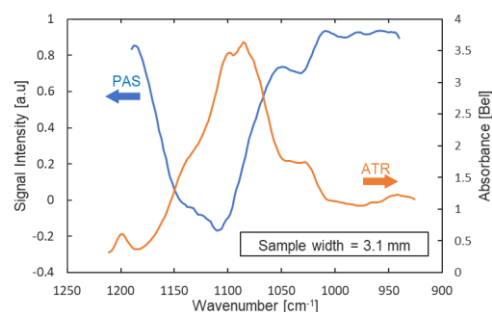


Figure 1. Comparison of the spectra from PAS and ATR for ultrasonic gel

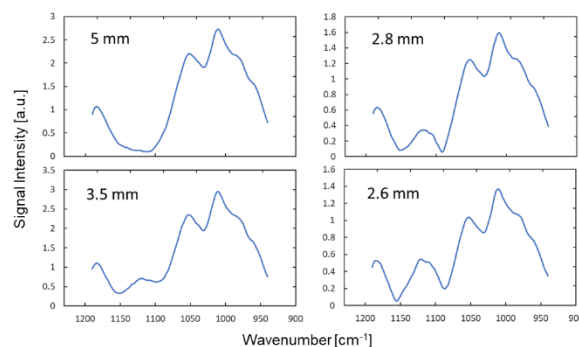


Figure 2. PAS spectra from ultrasonic gels with different thickness

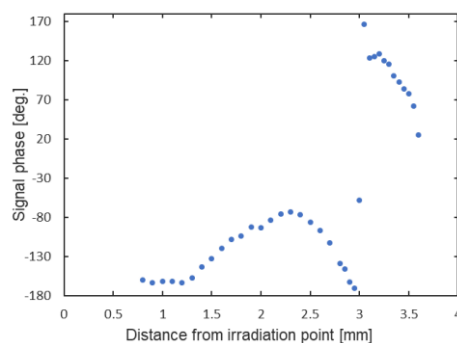


Figure 3. Phase of photoacoustic signal vs sample width