

中赤外光誘起超音波分光法による生体組織分析

— 角質ファントムの作成と深さ方向解析 —

Blood Analysis by Ultrasound-Detected Mid-Infrared Photoacoustic Spectroscopy

— Corneum Phantoms and Depth Analysis —

東北大学大学院工学研究科 ○(M2) 相場 希衣子, 木野彩子, 松浦祐司

Tohoku Univ., Graduate School of Engineering

°Kiiko Aiba, Saiko Kino, Yuji Matsuura

E-mail: kiiko.aiba.p3@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生体試料に照射すると、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する。これを検出することにより試料表面から中赤外光が侵入する数十 μm 程度の深さまで測定可能となり、角質が存在する部位における非侵襲な血中成分分析への応用が期待される。本報告では、光学ファントムを作成し、試料の深さ方向分析を試みた結果について報告する。

2. 測定方法・結果

測定系の概要を図 1 に示す。波長可変外部共振器型量子カスケードレーザ (EC-QCL: 発振波長 940–1192 cm^{-1}) からの光を試料に集光照射し、誘起された超音波を照射点の背面に設置した圧電トランスデューサにて検出した。

角質層の光学ファントムとしては、細胞培養用コラーゲン液 (Cellmatrix type I-P) を 18 時間程度乾燥させ、角質層と同程度の吸収係数を示す数 μm 程度の薄膜を生成した。さらに、皮膚の層構造を再現するためには他の物質と膜を接触させる必要があるが、作成した膜は吸水性を有するため、中赤外域で光学吸収が少ないポリエチレン (PE: 厚さ 10 μm) を、コラーゲン膜とグルコースゲルの間に挿入した。図 2 に FTIR により測定した、コラーゲン薄膜 (厚さ 2 μm) と PE 膜を積層したものの吸収スペクトルを示す。1030 cm^{-1} や 1075 cm^{-1} 付近でアミノ酸由来のピークを観測し、作成したファントムが角質を模擬する物質として適切であることを確認した。ここで 990 cm^{-1} における角質の吸収係数を 135 cm^{-1} 、厚さを 10 μm と仮定すると 0.11 Bel 程度と計算でき、作成したファントムが角質の吸光度を模擬できることを確認した。

次に濃度 10% のグルコースゲルを作成したファントム上 (PE 側) に配置して測定を行った。なお比較のため、グルコースゲルのみの測定も行った。得られたスペクトルを図 3 に示す。角質ファントムを介して測定したスペクトル上で 1110 cm^{-1} および 990 cm^{-1} のグルコース由来のディップが得られ、作成した角質ファントム越しにグルコースを検出できることを確認した。さらにコラーゲン膜の吸収と重複しない 990 cm^{-1} のピーク面積から、角質ファントムを介した場合のグルコースゲルへの侵入長を概算すると約 8 μm となった。この値は表皮中の間質液を測定できる長さであることから、光学ファントムにおいて角質層下のグルコースを測定可能であることが示された。今後は作成した層状ファントムを用いて、グルコースの検出濃度限界について調査する予定である。

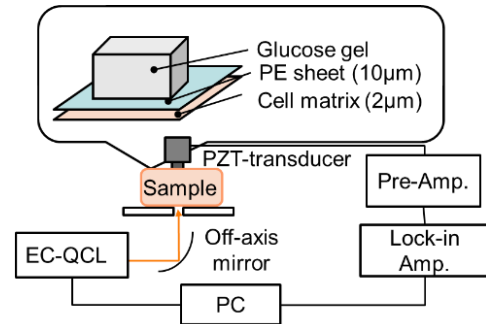


Fig1. Experimental setup.

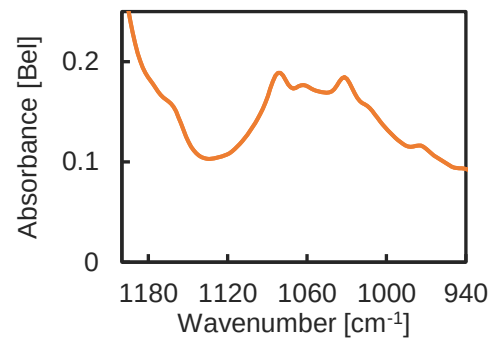


Fig2. Spectrum of Cellmatrix with PE.

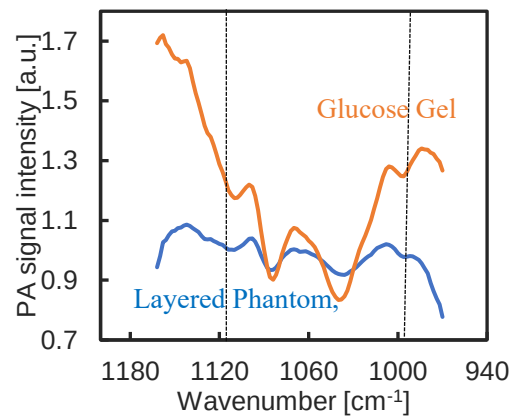


Fig3. PAS spectra of Glucose gel and Layered phantom.