中赤外光を用いた光熱偏向分光測定による生体分析
—皮膚表面の吸収スペクトル経時変化についての検討—

Analysis of biological tissue by photothermal deflection spectroscopy using mid-infrared light

— Consideration of skin absorption spectrum changing over time —

東北大学大学院医工学研究科 [1]　○(M2)三上のどか [1]，木野彩子 [1]，松浦祐司 [1]

Tohoku Univ., Graduate School of Biomedical Engineering[1],

°Nodoka Mikami[1], Saiko Kino[1], Yuji Matsuura[1]

E-mail: nodoka.mikami.t4@dc.tohoku.ac.jp

1. 目的

光熱偏向(Photothermal deflection: PTD)分光法は，試料における光吸収に伴って発生する熱に起因するプリズムの屈折率変化を利用する．生体構成分子の指紋領域である中赤外領域の光を用いた場合でも，生体試料表面から数十 μm 程度の深さまで光が到達するため，経皮的に光を照射することにより非侵襲な生体組織分析が可能となる．

そのため本手法は，健康管理上有用なさまざまな生体パラメータの日内変動の取得にも有効であるが，その際には，代謝により皮膚表面に滲出する皮脂膜などの影響を考慮する必要がある．そこで PTD 分光法によって得られた人の皮膚の吸収スペクトルについて，その時間変動について調査を行ったので報告する．

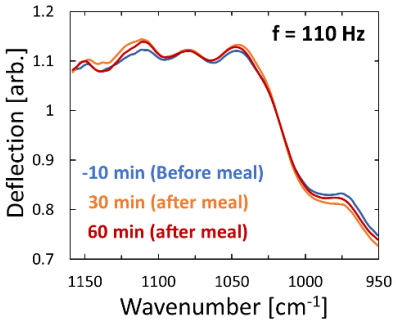

Figure 1. PTD spectra of wrist before and after meal

2. 方法・結果

PTD 分光スペクトルの測定において，波長可変量子カスケードレーザ（QCL）光をプリズム下部から試料（手首掌側の皮膚）に照射し，赤外光の吸収により発生した熱に起因するプリズムの屈折率変動を，近赤外プローブ光により出射プローブ光の位置変動として検出する [1)]．

PTD 分光法において，測定可能な深さは熱拡散長で与えられ，励起光の変調周波数 f に反比例する．本測定では 1 回の測定で周波数を 30 -110 Hz まで変化させ，測定深さが 15-25 μm と異なるスペクトルを測定した．

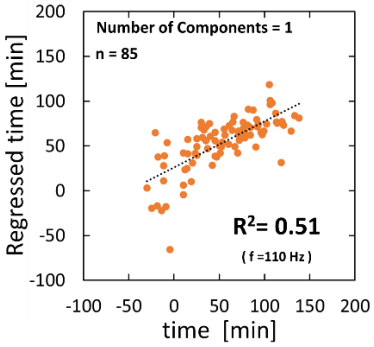

Figure 2. Correlation between measured and regressed time

実験では摂食前後 120 分間にわたり 5-10 分おきに測定を行い，波長 950-1160 cm^{-1} の領域の吸収スペクトルを得た．図 1 に周波数 110 Hz で測定した，異なる 3 時点のスペクトルを示す．なお食事開始時刻をゼロ分としている．摂食前後でスペクトル形状に変化が表れていることが確認できた．また，同様の測定を計 4 日間行い取得したスペクトル 85 点について，経過時間に対する PLS 回帰分析を行った結果を図 2 に示す．経過時間に対する相関性が認められ，決定係数は 0.51 となった．

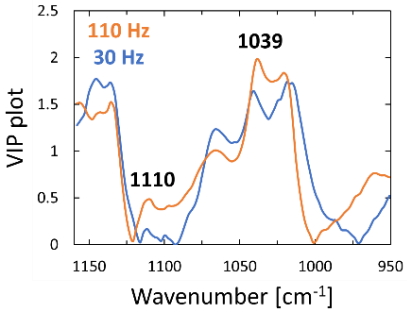

Figure 3. Loading plot for PLS analysis

この回帰分析における各波長の重要度をローディングプロットとして図 3 に示す．1110, 1039 cm^{-1} 付近の重要度が，変調周波数が高い，つまり皮膚表面に近い場合に高くなっていることが確認できた．この波数はグリセロール等脂質由来の吸収ピークと考えられ，角質上層の細胞間脂質の影響が大きいと推測できる．今後は角質層より深部の代謝情報を取得するためのスペクトル測定および分析方法について検討する予定である．

参考文献 1) 三上 他，日本光学会学術講演会(2020), 16pD3