

波長掃引型パルス量子カスケードレーザを用いた非侵襲血糖値測定 Non-invasive measurement of blood glucose by using wavelength swept quantum cascade laser

東北大工¹, 東北大医工², 浜松ホトニクス (株)³

○柴田 尚登¹, 木野 彩子², 杉山 厚志³, 秋草 直大³, 松浦 祐司²

Tohoku University, School of Engineering¹, Graduate School of Biomedical Engineering²
Hamamatsu Photonics³

○Naoto Shibata¹, Saiko Kino², Atsushi Sugiyama³, Naota Akikusa³, Yuji Matsuura²

E-mail: naoto.shibata.q3@dc.tohoku.ac.jp

1. はじめに

我々のグループは小型かつ低コストな血糖値測定システムの実現を目指して量子カスケードレーザ(QCL)を用いた ATR 法による手法を提案し、複数の単一波長 DFB-QCL を用いた測定を検討している[1]。一方、波長掃引が可能な QCL を用いればより多くの波長における吸収値が得られ、高精度の測定が期待できる。そこで MEMS でグレーティングを駆動することにより波長を高速掃引する小型のパルス QCL を光源として血糖値測定を試みたので報告する。

2. 測定方法・結果

図 1 に用いた測定系の概略を示す。用いた QCL はグルコース吸収域である $1000\sim 1200\text{ cm}^{-1}$ 付近で出力が得られるパルス QCL であり、その出力光を内径 2 mm の中空光ファイバを介して台形 ATR プリズム(長さ 24 mm , 幅 2.4 mm)へ入射し、プリズムからの出射光を HgCdTe デテクタにより検出した。

まず始めにグルコース水溶液の吸収スペクトルを測定した。プリズムの上に水溶液を乗せた際の透過スペクトルと純水を乗せた際のそれから吸収スペクトルを算出した。図 2 は得られた吸収スペクトルであり、参考のため FT-IR を用いた測定系によるグルコース水溶液 10% のものをあわせて示した。なお両者の間の吸収の差は使用したプリズムの形状の違いによるものである。QCL を用いた測定ではノイズが見られるものの、FT-IR によるものとよく一致するスペクトルが得られ、特に 1080 cm^{-1} に明瞭な吸収ピークが観察された。濃度 3% の溶液についても 1080 cm^{-1} 付近の吸収ピークが観察され、そのピーク高さで濃度の間に高い相関が見られた。

次に、唇を対象として吸収スペクトルを測定した。プリズムの両面を唇で挟んだ際の透過スペクトルとプリズムに何も接触させないときのスペクトルからそれから吸収を計算した。測定は 15 秒にわたって行い、その間得られた 1024 個のスペクトルを平均化している。図 3 は、得られた食前後のスペクトルであり、食後に 1080 cm^{-1} の吸収ピークが増大していることが確認できる。

図 4 は食後の吸収ピーク値の変化と、採血により測定した血糖値の変化を比較したものである。吸収値としては、グルコースの吸収領域である $1035\sim 1080\text{ cm}^{-1}$ における積分値を用いている。日毎のベースライン変化によるバイアス値は異なるものの、食後の上昇傾向は良く一致していることがわかり、本測定による血糖値の非侵襲測定の可能性が示された。

参考文献

[1] K. Yoshioka, S. Kino and Y. Matsuura, Proc. SPIE **10251**, 102511U(2017)

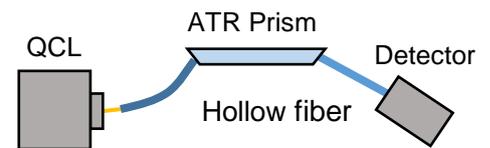


図 1 測定系の概略

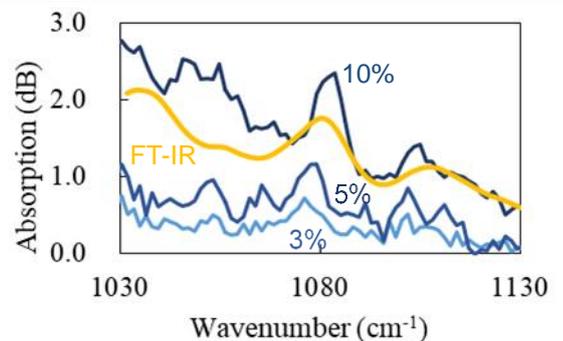


図 2 グルコース水溶液の吸収スペクトル

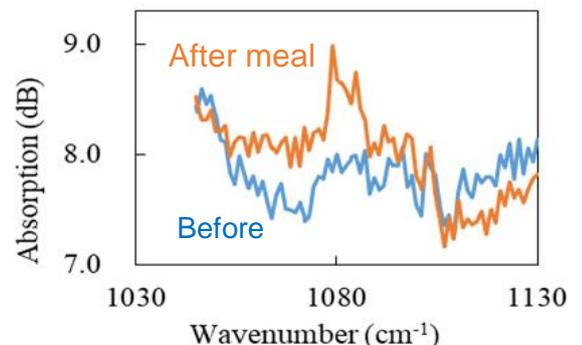


図 3 食前後における唇の吸収スペクトル

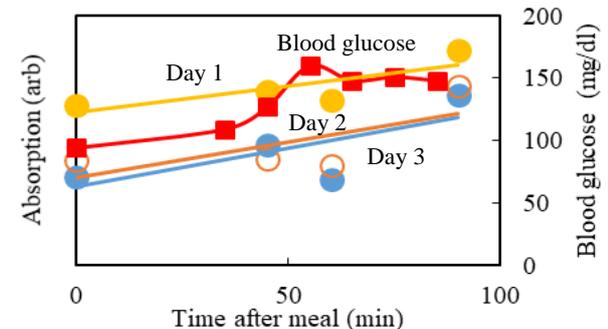


図 4 吸収値と血糖値の食後変化