

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 blood glucose measurement by using wavelength-swept quantum cascade laser

東北大医工¹, 浜松ホトニクス (株)²

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

Tohoku University Graduate School of Biomedical Engineering¹, Hamamatsu Photonics²

○Naoto Shibata¹, Saiko Kino¹, Atsushi Sugiyama², Naota Akikusa², Yuji Matsuura¹

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

1. はじめに

中赤外で発振する量子カスケードレーザ(QCL)を用いれば小型かつ低コストな血糖値測定システムの実現が可能となる。我々は複数の単一波長 DFB-QCL を用いた ATR 法による手法を提案した[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 $1000\sim1200\text{ cm}^{-1}$ 付近で出力が得られるパルス QCL であり、 45° に傾けて配置した。内径 1 mm の中空光ファイバを介し台形 ATR プリズム(長さ 24 mm, 幅 2.4 mm)に光を入射し、その出射光を HgCdTe ディテクタにより検出した。

はじめに測定時間を短縮するために、波長掃引時にデータ取得を行う波数ステップを 1.5 cm^{-1} 程度として、1024 回の波長掃引によるスペクトルを平均化することにより口唇の吸収スペクトルを測定した。測定に要する時間は 15 秒程度であった。その結果を図 2 上側に示すが、 1080 cm^{-1} のグルコース吸収ピークは確認できるものの、SN 比が低いために他のピークは確認できなかった。そこでデータ収集を高速化し、波数ステップを 0.33 cm^{-1} , 平均化回数を同じく 1024 回として測定を行った。測定時間はデータ処理の高速化により 10 秒程度となった。その結果、図 2 下側に示すスペクトルのように従来観察できなかった複数のグルコースの吸収ピークを確認することができた。特に 1155 cm^{-1} の吸収ピークは、グルコースのピラノース環状構造に起因するもので、FTIR を用いた血糖測定実験において血糖値との高い相関が得られているものである。

図 3 は採血により測定した血糖値と、口唇で得られた 1155 cm^{-1} の吸収ピーク面積の食後の時間変化を示したものである。口唇の測定時には、連続して 3 回測定を行い、その平均を得ることにより、プリズムへの接触具合による測定値のばらつきの低減を図った。光学的に得られた測定値は、採血による血糖値の変化に追従していることを確認でき、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)

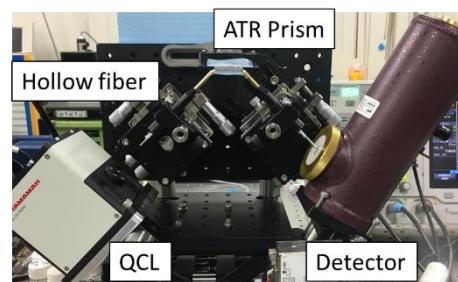


図 1 実験系の概略

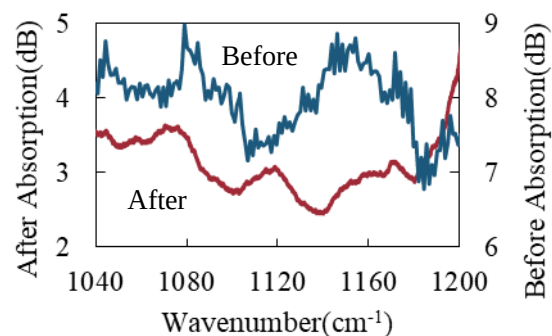


図 2 口唇の吸収スペクトル

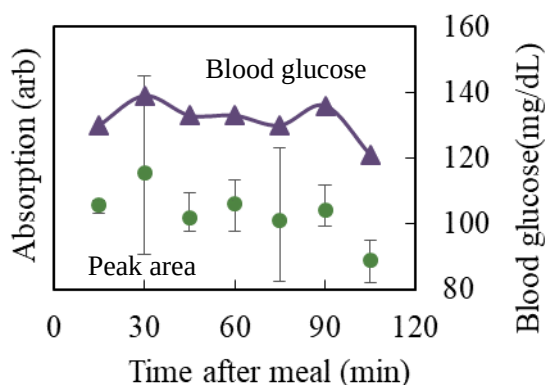


図 3 吸収値と血糖値の食後変化