

固定波長量子カスケードレーザを用いた無侵襲血糖値測定

Non-invasive Blood Glucose Measurement Using Quantum Cascade Lasers

東北大 医工¹, 東北大 工² ○(D)小山 卓耶¹, 吉岡 希利子², 木野 彩子¹, 松浦 祐司¹

Tohoku Univ., Graduate School of Biomedical Engineering¹, Graduate School of Engineering.²,

○Takuya Koyama¹, Kiriko Yoshioka², Saiko Kino¹, Yuji Matsuura¹

E-mail: takuya.koyama.r2@dc.tohoku.ac.jp

1. はじめに

無侵襲に血糖値を測定するために、中赤外領域のグルコース吸収スペクトルを検出する手法が注目され、我々のグループでは、フーリエ変換赤外分光装置 (FT-IR) と中空光ファイバを用いた全反射減衰分光法 (ATR 法) により、ヒトの口唇粘膜から精度良く血糖値を測定することに成功した[1]。システムの小型化には、最近急速に開発が進む量子カスケードレーザ (QCL) の利用が有効であるが、これまでは内部に可動グレーティングを備えた波長可変 QCL を用いてスペクトル取得の手法がとられていた。本研究では、さらに小型かつ安価なシステムの実現を目指し、複数の固定波長 QCL を用いたシステムを提案し、口唇粘膜を対象とした血糖値測定のための中赤外 ATR 測定を行った。

2. QCL の波長選択と測定システムの構築

本研究では、固定波長 QCL を用いるため、血糖の主成分であるグルコースの吸収を強く反映する波長を選択する必要がある。Fig. 1 は FT-IR で測定したグルコースの吸収域における口唇粘膜の吸収スペクトルである。1155 cm^{-1} 付近に、血糖値との高い相関が得られるとされる、グルコースを構成するピラノース環の構造に起因するピークが観測できる。ただし、プリズムを口唇で挟む際の圧力変化などの影響を取り除くために、グルコースの吸収が現れないことがわかっている 1190 cm^{-1} 付近の波長をバックグラウンドとして利用することができると考えられる。

Fig. 2 に、FT-IR で測定した 1152 cm^{-1} と 1186 cm^{-1} における吸光度の差分値と、同時刻に採血して得られた血糖値の相関を示す。これは一人の被検者に対して、14 日間にわたって測定した 128 点のデータをまとめたものである。吸光度と血糖値の相関係数は 0.51 となり、これらの 2 波長を利用することで血糖値測定が行える可能性が示された。そこでこれらの波長で発振する 2 つの QCL を用いて Fig. 3 に示すシステムを構築した。各レーザ光は、可動ミラーによって切り替えられ、中空光ファイバによってプリズムへと伝送される。プリズムからの出射光を、室温動作の InAsSb 検出器によって検出している。測定では口唇でプリズムの上下面をくわえることによって両波長における吸光度を測定し、その差分を測定値とした。

3. 実際の血糖値との比較

Fig. 4 に上述のシステムで測定した差分吸光度の食後 210 分までの変化を、指先からの採血による血糖値と比較して示した。血糖値が食後のピークから徐々に減少してゆくのと同様に、吸光度が低下している様子が見て取れる。また、血糖値と吸光度の相関係数は 0.55 となり、QCL を用いたシステムにおいても相関を確認できた。今後は、精度の向上のため各波長による吸光度の最適な処理方法を検討し、また被験者や食事内容の違い等による測定値のばらつきについて調査を行う。

<参考文献>

- [1] S. Kino, S. Omori, T. Katagiri, Y. Matsuura: Biomed. Opt. Express 7(2), 701-708 (2016).

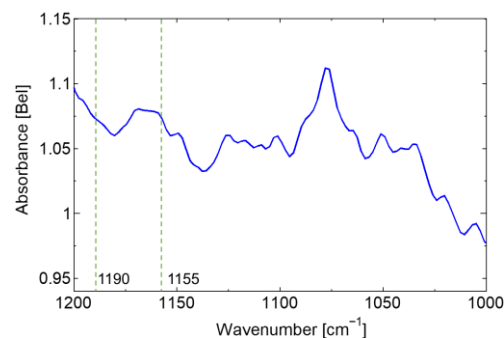


Fig. 1 MIR absorption spectrum of lip mucosa

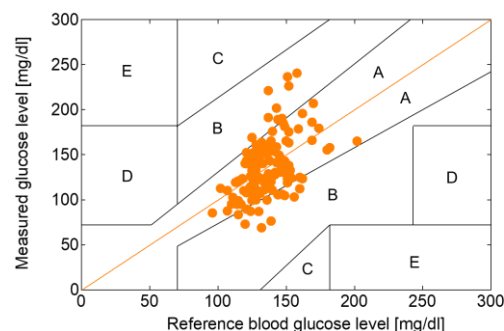


Fig. 2 Correlation between differential absorbance and blood glucose level

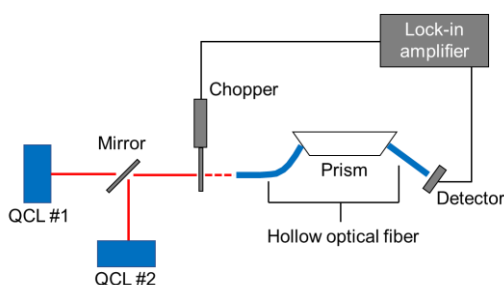


Fig. 3 Schematic of measurement system

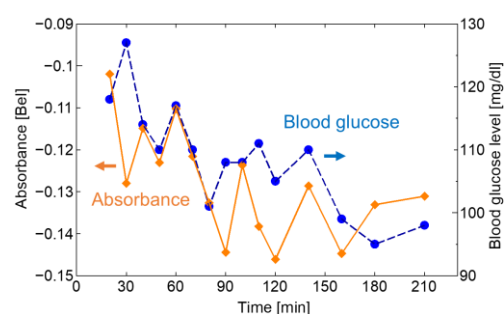


Fig. 4 Changes in the optical absorbance and blood glucose level after a meal