

赤外光ファイバ ATR プロブを用いた血中グルコース濃度測定

—多重反射 ATR プリズムによる感度向上—

Blood glucose measurement using infrared optical-fiber ATR probe

—Multiple reflection ATR prism for high sensitivity measurement—

東北大医工, °大森 優, 木野 彩子, 松浦 祐司

Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University

°Suguru Omori, Saiko Kino, Yuji Matsuura

E-mail: s.omori@ecei.tohoku.ac.jp

1. はじめに

減衰全反射(ATR)法は、プリズム内での全反射時のエバネッセント波を利用して吸収スペクトル測定を行う方法であり、生体試料などに広く用いられている。我々の研究グループでは、フレキシブルな中空光ファイバの先端に、屋根型の ATR プリズムを取り付けたプロブを用い、口腔粘膜などを対象に血中グルコースの定量測定を行った^[1]。しかし、グルコースの吸収は微弱なため高い SN 比を得ることが難しく、また接触時の圧力や接触面積の変化による変動が問題となった。そこで本研究では、反射回数を増加させ、接触面積も大きくとれる台形型の ATR プリズムを用いた測定についての検討を行ったので報告する。

2. 多重反射プリズムを用いた赤外分光測定

図 1 に従来の屋根型の ATR プリズムと今回用いた多重反射 ATR プリズムの構造を示す。プリズムの材料には測定対象であるグルコースの吸収帯である $10\ \mu\text{m}$ 付近でフラットな高透過特性を示す Ge (屈折率:4.0) を用いた。なお、フーリエ変換赤外分光器 (FTIR) と中空光ファイバ (内径 $2\ \text{mm}$) を用い、ファイバの先端にプリズムを取り付けることにより行った。プリズムは $2.4\ \text{mm} \times 2.4\ \text{mm}$ の角柱の両端を 45° に加工したものであり、下底の長さは $14.2\ \text{mm}$ である。なお図 1(b)の多重反射プリズムにおいては、入・出射の 2 本のファイバがプリズムに接続されている。

図 2 に二回反射プリズムを用いて測定したグルコース溶液の赤外吸収スペクトルを示す。なお、測定は濃度を 0~5 %まで 1 %おきに変化させながら、プリズムを液中に浸漬することにより行った。濃度の増加に伴い、グルコースの分子構造に由来する $1030\ \text{cm}^{-1}$ の吸収ピークが大きくなっているが、低濃度サンプルでは明確なピークは得られていない。そこで、図 1(b)に示す構造の三回反射プリズムを用いて、同様の条件でグルコース溶液の測定を行った結果を図 3 に示す。濃度 1 %においてもグルコースの分子構造に起因する $1030\ \text{cm}^{-1}$ 付近の吸収ピークが観察されるとともに、 $1080\ \text{cm}^{-1}$ 付近の吸収ピークもはっきりと確認できた。これは、反射回数の増加により、吸収量が増加し、SN が向上したためであると考えられる。また、 $1030\ \text{cm}^{-1}$ におけるグルコースの吸収強度を濃度に対してプロットしたものを図 4 に示す。この結果からも三回反射プリズムにおいて、より大きな吸収強度が得られ、測定誤差も低減していることがわかる。

3. まとめ

測定の誤差要因を低減するため、フラットな測定面をもつ台形型の多重反射プリズムを用いてグルコース溶液の測定を行った。その結果、接触面での全反射回数の増加により吸収強度が増加し、感度が向上した。今後はインビボでの測定に向けて、ファイバとプリズムの接着方法や測定部位について検討する予定である。

参考文献

[1] 田中雄樹ら, “赤外分光用中空光ファイバプロブを用いた非侵襲血糖測定の試み,” 第 73 回応物秋季予稿集 12a-F3-7(2012)

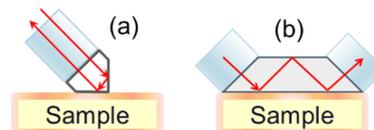


Fig. 1 Schematic of (a) roof top ATR prism and (b) multiple reflection ATR prism.

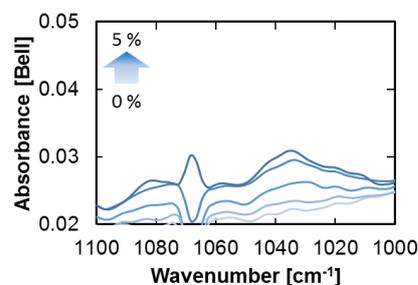


Fig. 2 Absorption spectra of glucose solution using double reflection ATR prism.

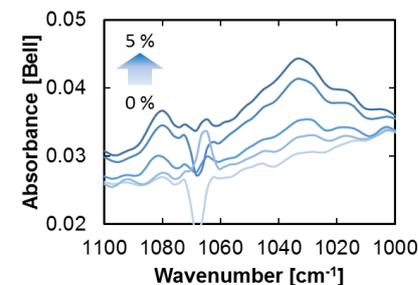


Fig. 3 Absorption spectra of glucose solution using triple reflection ATR prism.

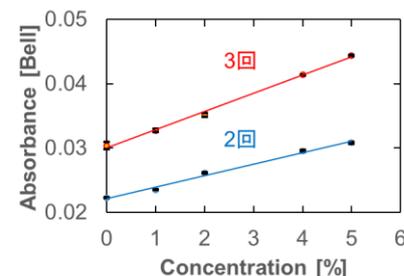


Fig. 4 Correlation between absorption and concentration of glucose solution.