間質液を模擬した光学ファントムの中赤外分光分析

Mid-infrared spectroscopic analysis of optical phantoms simulating interstitial fluid

東北大学大学院 工学研究科[1]，ノルウェー科学技術大学[2]，東北大学大学院 医工学研究科[3]
○伊達 政滋[1]，Ine L. Jernelv[2]，木野 彩子[3]，松浦 祐司[3]
Tohoku Univ., Graduate School of Engineering[1], Norwegian University of Science and Technology[2] , Tohoku Univ., Graduate School of Biomedical Engineering[3]
○Masashige Date[1], Ine L. Jernelv[2], Saiko Kino[3], Yuji Matsuura[3]
E-mail: masashige.date.t6@dc.tohoku.ac.jp

1. はじめに

非侵襲な血糖測定法として，我々のグループでは中赤外光を用いた減衰全反射（ATR）法によって間質液の吸収スペクトルから血糖測定を行う手法について検討している[1]．しかし，血糖値推定のための較正を行うには採血による測定が必要であった．そこで本研究では間質液の成分を模擬したファントムを作成し，その吸収スペクトルからグルコース濃度を推定することが可能か検証を行った．

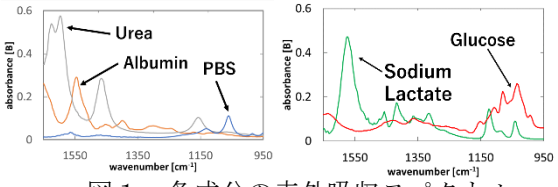

図１．各成分の赤外吸収スペクトル

2. 測定方法・結果

本研究では中赤外光を用いた減衰全反射（ATR）法によって吸収スペクトル測定を行った．今回使用した模擬間質液の構成物にはグルコースの他に，解糖系の産生物である乳酸ナトリウム，血中に多く存在する尿素，タンパク質の代表としてアルブミン，そして緩衝作用をもたらすリン酸緩衝液を選択した．図１は各成分の濃度 5 %水溶液の吸収スペクトルである．どの成分もグルコースの吸収領域である 950～1500 cm^{-1} 付近に吸収ピークが現れており，グルコース濃度推定の際の妨害物質となる可能性があることがわかる．さらにこれらの物質の濃度を 0～800 mg/dl の範囲で変化させながら，かつそれぞれの混合比を変化させた水溶液を 90 種類ほど調製し，それらの赤外吸収スペクトルに対して重回帰分析を用いてグルコース濃度の定量を行った．分析範囲は，グルコースの強大な吸収ピークの存在する 950～1200 cm^{-1} とした．図２はグルコース 415 mg/dl, 乳酸ナトリウム 0 mg/dl, 尿素 119mg/dl，アルブミン 4224 mg/dl，のファントムの吸収スペクトルと分析の結果得られたスペクトルの比較であり，両者がよく一致していることがわかる．図３は重回帰分析によるグルコース濃度推定の結果であり，R^2=0.92 と良好な結果が得られた．続いて同じスペクトルに対して PLSR（部分的最小二乗回帰）による分析を行った．PLSR では説明変数となる図１の基準スペクトルが必要ないため，ある程度未知の物質の混入にも対応が可能である．図４は PLSR による濃度推定結果であり，決定係数 R^2=0.85 とこちらの手法でも良好な結果が得られた．

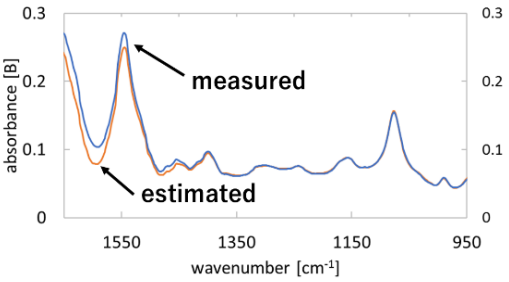

図２．重回帰分析の結果

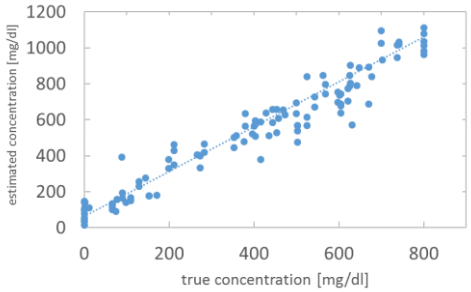

図３．重回帰分析による濃度推定

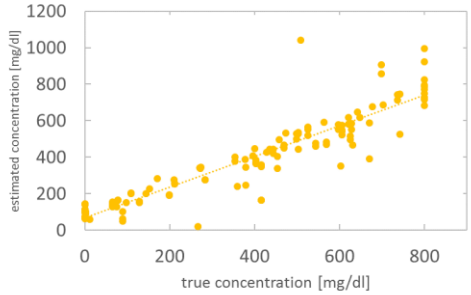

図４．PLSR による濃度推定

3. まとめ

間質液を構成する代表的な成分によって構成されたファントムの吸収スペクトルからグルコース濃度推定が可能なことが示された．今後はヒトの間質液に近い，より低濃度なファントムについて検討を行う．

参考文献 [1] S. Kino, S. Omori, Y. Matsuura, Biomed. Opt. Express, **7**, 701 (2016).

© 2019年 応用物理学会