

近赤外吸収分光法による眼球表面水分量の非接触測定

Non-contact moisture measurement of eye surface using near-infrared absorption spectroscopy

東北大 医工¹, (株)ニデック² ◯菅原 慎太郎¹, 大嶽 太知², 足立 宗之², 松浦 祐司¹

Tohoku Univ., Graduate School of Biomedical Engineering¹, NIDEK CO., LTD.²

◯Shintaro Sugawara¹, Daichi Odake², Muneyuki Adachi², Yuji Matsuura¹

E-mail: shintaro.sugawara.p4@dc.tohoku.ac.jp

1. はじめに

近年, 慢性的な眼の不快感や視機能異常を伴うドライアイの患者数が増加傾向にある. これまでドライアイの診断には, まばたき直後から涙液層が破壊するまでの時間を測定する方法や, 専用の濾紙をまぶたに挟んだ状態で, 吸水が視認される長さをもとに涙の分泌量を測定するシルマー試験などが用いられてきた. しかし, これらの手法は定量性に欠けることが多い. 後者では濾紙を直接眼に接触させる必要があるため, 衛生的な問題や眼球表面に傷がつく可能性があるという問題があった. そこで本研究では, 近赤外吸収分光法により, 眼球表面の水分量を非接触で測定するための手法について検討した.

2. 測定方法・結果

図1に測定系の概略を示す. 光ファイバプローブを用いてサンプル表面にハロゲンランプ光を照射し, サンプルからの拡散反射光を検出する. スペキュラー反射光を除去するために, 入射角を 30° と設定した. 用いた光ファイバプローブは7本のステップインデックスマルチモードファイバ (コア径 $200\ \mu\text{m}$, NA 0.22) で構成されており, 中心のファイバが光照射, その周囲の6本のファイバが検出用として用いられる. 検出光はファイバ入力型分光器により, そのパワースペクトルを測定する.

はじめに本測定系の有効性を確認するため, ゼラチンで構成した生体ファントム中の水分の定量分析を試みた. 図2は含水率が異なる3つの試料の吸収損失スペクトルである. なお, これらのスペクトルはベースライン変動の影響を抑えるために, 含水率の変化にほとんど影響を受けない $1270\ \text{nm}$ における値で正規化してある. この結果, 含水率の増大に伴い, 波長 $1450\ \text{nm}$ 付近の吸収損失が増加していることが確認された.

図3は, 水の吸収ピーク $1450\ \text{nm}$ と上記波長 $1270\ \text{nm}$ における損失差を用いて含水率に対して作成した検量線である. 含水率と吸収損失差との間に良好な線形性を確認したため, サンプル表面の水分の定量分析が可能であることが示された.

続いて, 摘出豚眼を用いた眼球表面水分の *in vitro* 測定を行った. 眼球表面に人工涙液を滴下した後に, 4分ごとに測定した正規化スペクトルの $1450\ \text{nm}$ 付近の拡大図を図4に示す. 吸収ピークは時間経過に伴ってわずかに減少しているのが確認でき, 粘膜が測定中に空気にさらされて乾燥することによる水分量の減少が検出されていると考えられる. この結果から, 生体の粘膜においても本システムによる水分測定が有用であることが確認でき, ドライアイの非接触診断の可能性が示された.

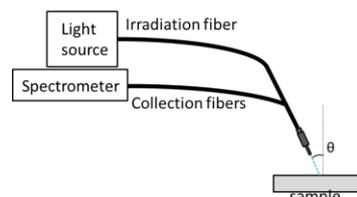


Fig 1. Measurement system

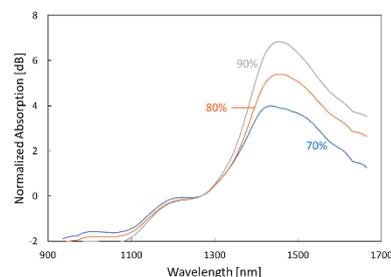


Fig 2. Absorption spectra of phantom

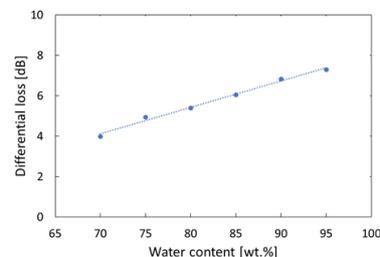


Fig 3. Calibration plot of the peak height to the water content

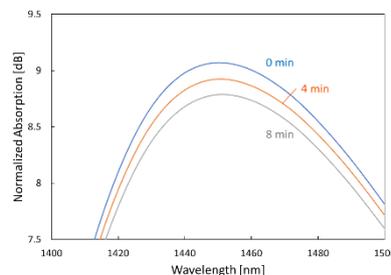


Fig 4. Absorption spectra of pig eye