

TD-OCT を用いたコンタクトレンズ・モデル眼の 曲面形状・曲率計測

呼延 德才, 佐伯 謙太郎, 椎名 達雄

千葉大学 大学院融合理工学府 (〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33)

Curved surface and curvature radius measurements of contact lens and model eye using TD-OCT

Decai HUYAN, Kentaro SAEKI, and Tatsuo SHIINA

Graduate School of Science and Engineering, Chiba Univ., 1-33 Yayoicho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba 263-8522 Japan

Abstract: Specialized portable TD-OCT was developed to measure curved surface and curvature radius of contact lenses. and a model eye which was made to simulate the human eye. Both of their measurements are very close to the design value. Next, we will put the contact lens on the model eye to measure how these two changes.

Key Words: OCT, contact lens, model eye, curved surface, curvature radius

1. はじめに

近年、コンタクトレンズの処方現場において、コンタクトレンズを眼に装着した状態の複合屈折力、およびコンタクトレンズの眼に対するフィット具合の計測を、その場で簡易的に行うことへのニーズが高まっている。現在、医療現場で実用化されているのは高速・高ダイナミックレンジの Fourier-Domain- Optical coherence tomography (FD-OCT)であるが、計測光が眼球に対して平行に入射しているために角膜等での計測光の屈折が生じ、得られた断層像は正確な角膜・水晶体形状を表せていない。そのため、瞳の屈折力ならびにコンタクトレンズを装着した状態での眼の複合屈折力計測を、その場で簡易的に行うことに適していない。

本研究では、コンタクトレンズの曲率に沿ってプローブ光を入射させる OCT システムを開発し、眼球上のコンタクトレンズの曲面形状およびその形状変化の測定を目的としている。本報告では、まずコンタクトレンズの形状計測の精度を確認し、モデル眼の作成とその曲率解析について報告する。

2. 実験の構成

OCT は光源と参照光学系、計測光学系、受光系の主に 3 つの部分から構成される。低コヒーレンス光である Super Luminescent Diode(SLD) から出た光は参照光学系、計測光学系に入る。また、光源には中心波長 856nm のコヒーレンス長 10.1 μ mの光を照射する。それぞれの反射光から得られた干渉波形から深度方向の情報を取得し、さらに 1 もしくは 2 次元にスキャンすることで断層像を再現する。Micro-Electro-Mechanical Systems(MEMS)ミラーの振れ角

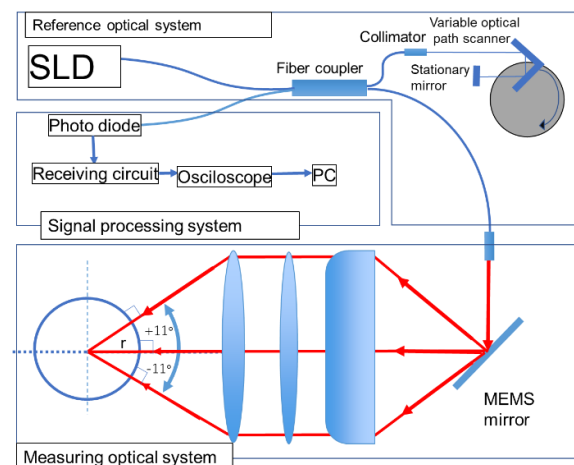


Figure 1: Portable OCT system composition specialized for eye.

度は最大 $\pm 15^\circ$ である。今回実験の振れ角度は $\pm 11^\circ$ で使用している。また、ポータブル OCT は深度方向走査のため、回転リフレクターと固定ミラーからなる回転可変光路機構を利用することで小型化を実現している¹⁾。

3. 結果と考察

3.1 コンタクトレンズの OCT 計測結果

サンプルコンタクトレンズを設計した時の理論値により、レンズの曲面幅が 5.77mm 以内の部分でレンズの表面と裏面の曲率は 6.684 mm と 6.670 mm であった。本実験では、レンズの中心直径が 4mm の部分を計測し、Figure2 に示す結果を得た。表面と裏面のばらつきは 27.6 μ m と 27.9 μ m と小さいため、

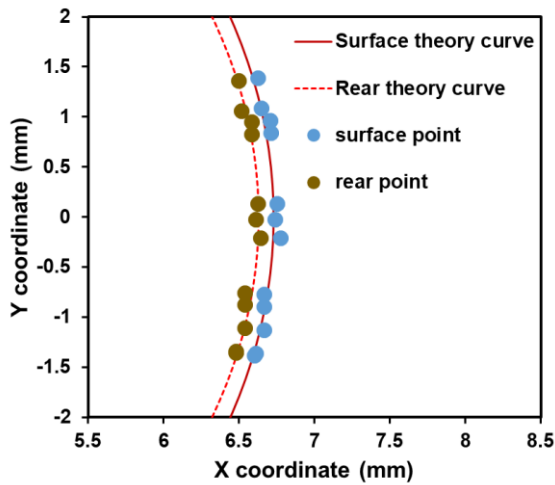


Figure 2: Reconstructed contact lens shape (front and rear surface).

レンズ計測に影響を与えない。計測値はコンタクトレンズ理論曲線(実線)に重なり、表面と裏面曲率の平均値はそれぞれ 6.75mm と 6.63mm となった。この結果は、設計値とよく一致した。

3.2 曲率可変のモデル眼の制作と結果

コンタクトレンズは眼球上の曲率がどのように変化するかを知るため、人眼のモデルを作成した。Figure3の(a)はモデル眼で使われるパーツである。上部パーツと下部パーツは 3D printer で作成し、ゴムと組み合わせた。チューブの先端は下部パーツに挿入し、末端は注射器と連続して、両方を水で満たす。実際の構成を Figure3 の(b)に示し、水を満たすモデル眼は Figure3 の(c)に示す²⁾。

Figure4 はモデル眼の計測図である。モデル眼の曲率半径は 7.8 mmとなるように、シリンダによって水を注入した。OCT によって得られたデータ点から計算された曲率半径の平均値は 7.89 mmであった。実際に計測した結果のばらつきは 27.68 μ m、誤差の可能範囲内であり、設計に一致する曲面形状・曲率を得ることができた。

4. まとめ

コンタクトレンズの曲率が眼球上でどのように変化するかを調べるため、コンタクトレンズを測定し、人眼と同じ曲率半径のモデル眼を作成した。通常の条件下でコンタクトレンズとモデル眼の曲率半径と曲面形状を測定するため TD-OCT を使用し、実験結果は理論に基づいて再現された。

今後はモデル眼の上にコンタクトレンズを付けて、コンタクトレンズの曲率と形状はどのように変化するかの実験を行う。

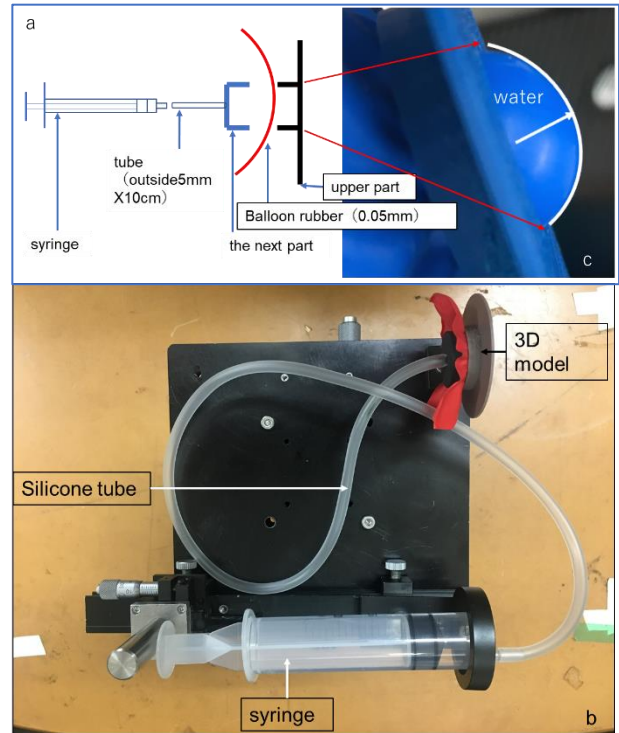


Figure 3(a): Reconstructed of model eye. (b): Model eye (c): model eye with water.

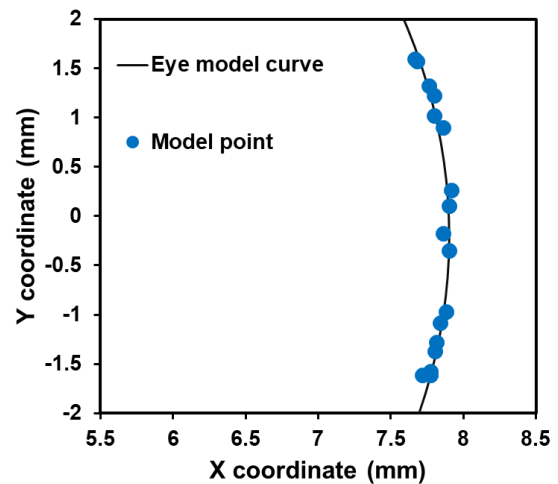


Figure 4: model eye shape using portable oct.

参考文献

- 1) Akihiro Sato, Tatsuo Shiina : "The portable OCT scanner specialized for contact lenses measurement", 1st TDU-CU Joint Meeting on Imaging Science and Technology, pp.43-44, Mar.2016
- 2) Hongwen Ren, David Fox, P. Andrew Anderson, "Tunable-focus liquid lens controlled using a servo motor", Optics Express, Vol. 14, Issue 18, 2006