

プログラム名：バイオニックヒューマノイドが拓く新産業革命

PM名：原田 香奈子

プロジェクト名：1-C センサ

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 27 年 度

研究開発課題名：

バイオニックヒューマノイドのための
光学式力分布センサ搭載網膜モデルの開発

研究開発機関名：

国立大学法人名古屋大学

研究開発責任者

丸山 央峰

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

H27 年度においては、担当研究開発課題である”光学式力分布センサを組み込んだ網膜モデルの作製と力計測”において、網膜モデルに組み込み可能な力分布センサの要求使用を明らかにするため、医師にヒアリングを行い、網膜モデルへくみ要求仕様を明らかにする。また、光弾性及用いた力計測の予備実験を行い、光学式力分布センサの基礎検討を行う。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

プロジェクト3の相原先生、戸塚先生らへのヒアリングにより、網膜部位における力センサの要求仕様を明らかにした。また、光弾性体を用いた力計測の予備実験を行った。

2-2 成果

① - 1 : 調査

プロジェクト3の相原先生、戸塚先生らへのヒアリングにより、網膜部位における力センサの要求仕様を明らかにした。本課題が対象とする内境界膜 (ILM) 剥離手術において、力計測範囲は中心窩を中心に半径 3 mm, 圧縮とともに引張を両方検出できること、印加応力 (ひずみ) をリアルタイムに呈示できること、要求されることを明らかにした。加えて、リアルタイム力計測以外に、力印加時の網膜内部に印加された力の履歴情報の計測に対しても需要があることが明らかになった。

① - 2 : 光弾性式網膜表面力分布センサの構築・評価・改良

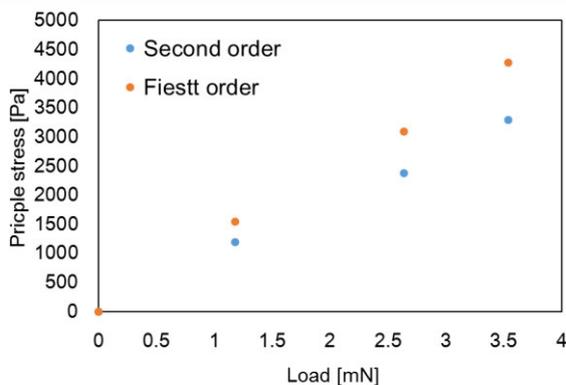
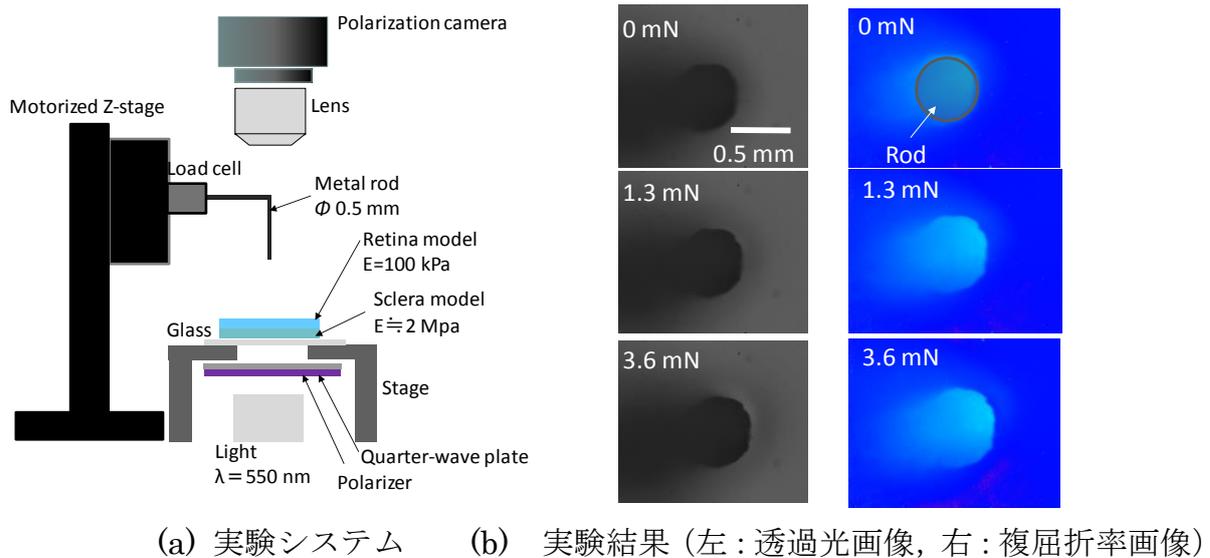
光弾性体を用いた力計測の予備実験を行った。ILM 剥離手術時における印加荷重は熟練者で約 0.7 mN であることが明らかになっており、ILM 剥離手術に用いる鉗子先端の形状 (500 μm \times 100 μm) から、0.1 mN の印加荷重において網膜に印加される応力は約 2000 Pa となる。2000 Pa の計測分解能を得るためには、光弾性の印加応力と複屈折量の関係式 (1) から光弾性体に求められる光弾性係数が求められる。

$$\delta \cdot \frac{\lambda}{2\pi} = \alpha \cdot (\sigma_1 - \sigma_2) \cdot t \quad (1)$$

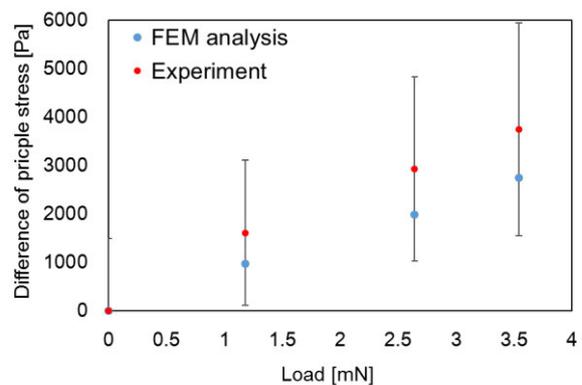
δ が複屈折量[rad], λ は光源の波長[nm], α が光弾性係数[10^{-12} /Pa], $\sigma_1 - \sigma_2$ は主応力差[10^5 Pa], t は光弾性体の厚み[cm]である。波長を 390 nm, 厚みが網膜の厚みと考えられている 200 μm , 複屈折量の計測分解能を 1 mrad とすると、2000 Pa の計測分解能を得るには光弾性係数が 150×10^{-12} /Pa であることが必要となる。

光弾性体としては、ポリウレタンは 3500×10^{-12} /Pa, ゼラチンは 120×10^{-12} /Pa, ポリジメチルシロキサン (PDMS) は 52×10^{-12} /Pa (いずれも文献値) がある。今年度

はヤング率 500 kPa のポリウレタンの膜厚 500 μm を、網膜の外側にある強膜を模擬した PDMS(ヤング率 : 2 Mpa)の 500 μm の上にセットしたサンプルを用い、偏光カメラで複屈折率量を計測し主応力差を算出し、同様の条件で行った FEM 解析結果と比較した。比較の結果、印加荷重と計測される主応力差の関係で実験結果と解析結果で同様の結果が得られることが分かった。この結果から、網膜を模擬したモデルを用いた光弾性により印加力の計測が実現できることが確認できたが、計測の分散が 2000 Pa と大きく、計測精度を向上させる必要がある。また、この計測では 30 秒で 1 回の複屈折を算出しており、高速化が必要であることが確認された。



(c) FEM での主応力解析結果



(d) 実験と FEM 解析の比較

図 1 光弾性力計測の予備実験結果

2-3 新たな課題など

- ・網膜部位の力学的特性模擬と高光弾性係数材料の選択及び合成
- ・光弾性計測の高精度化・高速化

3. アウトリーチ活動報告

該当無し