

博士論文（要約）

携帯情報端末を用いた涙液評価法  
の開発とその応用に関する研究

東京大学大学院工学系研究科  
先端学際工学専攻

岡崎善朗

2018年3月

## 論文の内容の要旨

論文題名 携帯情報端末を用いた涙液評価法の開発とその応用に関する研究

氏名 岡崎 善朗

本研究は、「携帯情報端末を用いた涙液評価法の開発と応用に関する研究」と題し、従来の診察室での一時的な涙液の検査に着目し、日常生活下での涙液の量と質の測定を可能とする、従来原理に基づいた携帯情報端末による涙液評価法について論じたものである。

第1章では、研究の背景と目的、及び本論文の構成について述べている。本論文の背景として、近年パソコンやスマートフォンなどの普及に伴い、ドライアイの罹患者数が増加しており、その診断のためには涙液の評価が重要である事を述べている。従来法であるシルマー検査や涙液膜破壊時間検査は、刺激による涙液分泌が生じる可能性があることから、非侵襲的な測定方法であるメニスコメトリーやインターフェロメトリーが開発されている。しかし、これらの手法は使用が診察室内に限定されているために、日常生活の中で心身の状態や環境によって変化する涙液の状態を完全に把握することが出来ない事を示している。本論文の目的では、日常の環境下で涙液の評価を可能とするシステムの開発と、そのシステムを用いた涙液の日内変動の測定を行い、生活の諸条件がいかに関与しているかを明らかにする事を述べている。

第 2 章では、ドライアイの概略、涙液の機能、涙液の量および質の検査法、涙液評価に関する先行研究、及び、ヘルスケア機器の動向をレビューしている。それらを踏まえて、従来の診察室での一時的な測定に対する課題を明らかにし、日常生活の環境下で 1 日を通した涙液の状態の把握の必要性を議論している。そして、これを実現するための目標システムとして、従来の非侵襲評価手法であるメニスコメトリー法、及びインターフェロメトリー法の原理に基づいた、スマートフォンによる涙液測定システムを提案した上で、既存装置の仕様をベースに、そのシステムの実現可能性を議論している。

第 3 章では、涙液量を反映する涙液メニスカスの曲率半径を定量化するメニスコメトリーの原理を応用し、スマートフォン、及びタブレットパソコンを用いて涙液量を測定可能か否かについて検討している。まず、スマートフォンとタブレットパソコンを組み合わせた原理検証システムを構築し、ガラス細管の内面の曲率半径、及び、被験者の涙液メニスカスの曲率半径の測定を行い、システムの原理検証を行っている。次に、1 台のスマートフォンで涙液量を測定するシステムを構築し、従来のメニスコメーターとの比較を行った上で、スマートフォンによる被験者の涙液メニスカスの曲率半径を計測し、人への適用の可能性を検討している。これらの検討を通して、開発したシステムによって涙液量を反映する涙液メニスカスの曲率半径が測定できる可能性を示している。

第 4 章では、涙液油層の干渉像を観察する非侵襲評価法であるインターフェロメトリーの原理を応用し、スマートフォン、及びタブレットパソコンを用いて涙液油層の干渉像を評価可能か否かについて検討している。まず、スマートフォンとタブレットパソコンを組み合わせたシステムを構築し、角膜モデルの油層の評価、及び従来装置との比較検討を行なった上で、被験者の涙液油層の干渉像及び伸展 **Grade** の評価 や非侵襲涙液層破壊時間測定を通して、原理の検証を行っている。次に、1 台のスマートフォンで涙液油層の干渉像を観察するシステムを開発し、被験者の涙液油層の評価を行い、人への適用の可能性を検討している。これらの検討を通して、開発したシステムによって涙液油層の干渉像を評価できる可能性があることを示している。

第 5 章では、第 3 章と第 4 章で検討した評価手法を 1 台のスマートフォンに統合したシステムを開発し、正常群、ドライアイ群、コンタクトレンズ装用群に対して、1 日を通した日常生活下での涙液メニスカスの曲率半径、涙液油層の干渉像、最大開眼時間、自覚症状についての日内変動を評価している。その結

果、涙液量は、既報と同様に 9 時から 18 時まで有意に低下し、その後 21 時にかけて増加傾向となることを明らかにしている。また、涙液の質を反映する MBI や涙液油層の干渉像及び伸展 **Grade** については、1 日を通した有意な変化は見られなかった。1 日の全測定値の平均値を比べた場合、ドライアイ群の質は正常群に比べて有意に低下したことを示している。以上のことから、本システムを用いてドライアイのスクリーニングができる可能性があることを示している。

第 6 章では、第 5 章までに得られた結果を基に、開発した涙液評価システムに関する総合的な考察を行っている。まず、第 5 章とは異なる条件下での測定事例を通して、本システムの有用性を議論している。次に、本測定システムの課題である「位置決めの難しさ」を解決する新しい手法の提案を行なっている。その上で、その上で、位置決め及び **TMR** 算出の容易化および精度向上を目的として、スマートフォンの背面カメラと **LED** 照明を組み合わせ、**TMR** 自動算出アルゴリズムを搭載した実用化システムを開発した。このシステムで被験者を測定し、その妥当性を検討している。これらの検討を通して、実用化システムを用いることにより、簡便かつ高精度に涙液量の測定ができる可能性があることを示している。

第 7 章では、本論文で提案した手法の主たる成果についてまとめ、さらに今後の展望について議論し、本論文をまとめている。