

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|--|
| 題目(和文) | 人眼と眼内レンズ眼の色収差構造とその視機能への影響 |
| Title(English) | |
| 著者(和文) | 中島将 |
| Author(English) | Masashi Nakajima |
| 出典(和文) | 学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10235号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:三橋 俊文,内川 恵二,金子 寛彦,山口 雅浩,佐藤 誠 |
| Citation(English) | Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10235号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,, |
| 学位種別(和文) | 博士論文 |
| Category(English) | Doctoral Thesis |
| 種別(和文) | 論文要旨 |
| Type(English) | Summary |

論文要旨

THESIS SUMMARY

| | | | | |
|-------------------------|----------|----|---|---------------------|
| 専攻： Department of | 物理情報システム | 専攻 | 申請学位（専攻分野）： 博士 Academic Degree Requested | （ 工学 ） Doctor of |
| 学生氏名： Student's Name | 中島 将 | | 指導教員（主）： Academic Advisor(main) | 三橋 俊文 特任教授 |
| | | | 指導教員（副）： Academic Advisor(sub) | 内川 恵二 教授 |

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

第 1 章では、先行研究で行われた色収差測定について包括的に説明し、本研究でハルトマンシャック波面センサー(HSWA)を用いて多数の色収差測定を行う必要性を述べる。本研究では、倍率色収差や高次の色収差よりも網膜像におよぼす影響が大きい軸上色収差(LCA)に研究の焦点を当てた。

第 2 章では、一般的な色収差について述べた上で、過去の研究で提案されてきた眼球光学系の波長分散モデルと、角膜、水晶体から眼球光学系の光学構造について検討し、また、眼球を構成する角膜などのアッペ数がすべて 50 前後であることから、眼球全体での LCA は補正されることは無く、可視域において 2.5 ディオプターを超えることを述べる。

第 3 章では、HSWA の説明と測定の実験原理、および本測定原理を色収差測定に用いた場合の利点について述べる。また、模擬眼を用いた装置の校正方法について述べる。本装置の特徴は、840、690、561 nm の光源を持ち、3 波長の波面収差測定が可能であることである。波面収差測定の実験原理は、マイクロレンズアレイと検出器から構成されるハルトマンシャック型である。マイクロレンズアレイが検出器上に作る点像の基準位置を、それぞれの波長ごとに校正することで、複数波長で精度の高い測定が可能である。校正には、原理的に色収差と単色収差が存在しない放物面鏡で構成される模擬眼を使用した。

第 4 章では、筑波大学眼科において行った臨床測定の方法と結果について述べる。測定対象は正常眼および眼内レンズ眼(IOL 眼)であり、正常眼の被検者数は 45 名 45 眼、IOL 眼の被検者数は 36 人 43 眼である。測定の際に散瞳剤や調節弛緩剤は使用せず、測定光による縮瞳等の影響を軽減させるため 840、690、561 nm の順番に測定した。また、繰り返し測定精度が十分であることを確認した。正常眼の結果は、561 と 840 nm 間の LCA ($LCA_{840-561}$ と記述する) が 0.96 ± 0.06 D であり、個人差は小さかった。IOL 眼に挿入された IOL の屈折力は 19.6 ± 4.6 D (+7~+26 D の範囲) であった。測定した 3 社の中で、A 社と B 社では LCA が IOL 屈折力に依存したが、C 社は依存しなかった。また、 $LCA_{840-561}$ は、A 社、B 社では正常眼に近い値であったが、C 社は有意に小さい結果であった。

第 5 章では、A 社、B 社、C 社の +10、+20、+30 D の屈折力を持つ IOL について、フィゾー干渉計を用いて形状を測定し、分光反射率計を用いて屈折率を測定し、HSWA を用いて IOL を挿入した模擬眼の屈折度数の波長分散を測定した結果を述べる。また、これらの結果を用いて人眼に挿入された IOL の形状等を推定する方法について述べる。

第 6 章では、LCA と単色高次収差が視機能に与える影響を評価するために行った、光学シミュレーションの方法と結果を述べる。光学シミュレーションには、周波数応答関数(MTF)と Visual Strehl from Optical Transfer Function(VSOTF)を用いた。結果より、LCA がある場合、回折限界条件よりも MTF は低下するが、高次収差量が小さい正常眼では MTF は高い値を示し、LCA に差のある IOL の間では MTF に差が無く、MTF は主に高次収差に依存した。VSOTF は同様に LCA への依存はなかった。人眼では、MTF や VSOTF で評価可能な視機能は LCA に依存しなかった。

第 7 章では、前章までに述べた人眼測定や光学シミュレーションについて考察する。正常眼の生理学的な測定データを既存の眼球モデルへ適用することで、生理学的データと LCA 測定値との対応関係を検証したが、対応は見られなかった。LCA が年齢に依存しなかった理由について、水晶体屈折率の波長分散の加齢変化が小さく、また、眼球の屈折力の加齢変化も小さいことによると考察した。VSOTF は高次収差に依存するが、高次収差が小さい場合は、低分散の IOL によって視機能が向上することを示した。最後に、正常眼の LCA 測定結果に合致するための、Le Grand 眼球モデルの水晶体のアッペ数を 45 に変更した眼球光学モデルを提案した。

第 8 章で、本研究のまとめと今後の展望を述べる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

| | | | | | |
|--------------------------|----------|----|--|------------|-----------|
| 専攻 : Department of | 物理情報システム | 専攻 | 申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested | 博士 (工学) | Doctor of |
| 学生氏名 : Student's Name | 中島 将 | | 指導教員 (主) : Academic Advisor(main) | 三橋 俊文 特任教授 | |
| | | | 指導教員 (副) : Academic Advisor(sub) | 内川 恵二 教授 | |

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In this study I measured longitudinal chromatic aberrations (LCA) and ocular monochromatic higher-order aberrations (HOA) using a Hartmann-Shack wavefront aberrometer with three distinct light sources. I investigated changes associated with aging and individual differences of LCA. In addition, I investigated the influence of LCA on optical performance by evaluating a modulation transfer function (MTF) and visual Strehl from the optical transfer function (VSOTF).

I measured the LCA of normal eyes from 45 subjects under no cycloplegia. All of the participants were emmetropic or myopic and their ages were 35.7 ± 11.5 years (range: 22-57). The resulting LCA between 561 and 840 nm for the normal eyes was 0.96 ± 0.06 D. The results show that individual differences in LCA are small and the LCA did not depend on aging.

I also measured wavefront aberrations of 43 eyes from 36 subjects implanted with intraocular lens (IOLs) under no cycloplegia. The IOLs of three manufacturers (A, B, and C corporations) were implanted in the subject's eyes. The powers of the IOLs were 19.6 ± 4.6 D (range: 7-26). The results of the LCA correlated to the power for IOLs from A corp. and B corp., but did not correlate for IOLs from C corp. Furthermore the LCA of the IOLs from C corp. was significantly smaller than those of the others.

From the results of the MTF and VSOTF evaluations from the measured LCA and HOA, it is shown that both results depended on HOA and did not depend on LCA. When HOA were small, VSOTF was slightly higher for IOLs from C corp., which had less chromatic dispersion than the others. When the HOA of the subject's eyes after surgery are able to be reduced with IOLs, the small chromatic dispersion becomes beneficial to the optical performance.

The Le Grand schematic eye has larger LCA than that of the average normal eye in this study. The Abbe number of the crystalline lens for the schematic eye should be 45 rather than 50, which is currently used for the schematic eye.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).