

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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		中島 将	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	三橋 俊文	特任教授	審査員	金子 寛彦	准教授
	審査員	内川 恵二	教授			
		佐藤 誠	教授			
		山口 雅浩	教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本研究は「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」と題し、正常眼と眼内レンズ眼の色収差と単色高次収差を測定した上で、これら収差が発生する眼球光学系の構造を検討し、さらに色収差と高次収差の視機能への影響を評価したものであり、以下の全 8 章から構成されている。

第 1 章では、過去に行われた眼の色収差研究を紹介し、本研究でハルトマンシャック波面センサーを用いて多数の測定を行う必要性を述べている。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収差に研究の焦点を当てている。

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、個々の角膜、水晶体から眼球光学系の光学構造について検討し、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、眼球全体での軸上色収差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述べている。

第 3 章では、ハルトマンシャック波面センサーの光学系の概要と測定原理の詳細を説明し、異なる 3 波長、840、690、561 nm の光源を連続的に用いることで 3 波長の波面収差を測定する原理を述べている。また、波面センサーの校正には、色収差と単色収差が原理的に存在しない放物面鏡を用いた模擬眼を用いている。

第 4 章では、筑波大学眼科において行った、3 波長ハルトマンシャック波面センサーを用いた 22 歳から 55 歳の被験者の正常右眼 45 眼の測定の具体的な方法、解析方法、結果を述べている。測定は散瞳剤や調節弛緩剤を使用せずに行い、測定光による調節の影響を軽減させるため 840、690、561 nm の順で測定光源を点灯させ、繰返し測定による確度が十分であったことを確認し、結果として 561nm と 840 nm 間の軸上色収差の測定眼全体に対する平均と標準偏差が 0.96 ± 0.06 D であったと述べている。眼内レンズ眼の被検者数は 36 人 43 眼であり、挿入した眼内レンズの屈折力の平均と標準偏差は 19.6 ± 4.6 D であったとしており、測定した 3 社で製造された眼内レンズ中で、A 社と B 社の眼内レンズの軸上色収差は眼内レンズの屈折力に依存したが、C 社は依存しなかったと述べている。

第 5 章では、A、B、C、3 社の、それぞれ +10、+20、+30 D の眼内レンズの、フィゾー干渉計を用いて形状を、分光反射率計を用いて屈折率を測定し、さらに眼内レンズ模擬眼に挿入した時の模擬眼の波長分散を測定したとしている。これらの測定結果から、人眼での眼内レンズの軸上色収差への影響度合いを、光学シミュレーションと比較することから得たとしている。

第 6 章では、軸上色収差と単色高次収差が視機能に与える影響について述べている。光学シミュレーションとして、周波数応答関数 (MTF) と Visual Strehl from Optical Transfer Function (VSOTF) を計算している。結果より、軸上色収差がある場合、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、軸上色収差に差のある眼内レンズ眼の間では MTF に差がなかったことから、MTF は主に高次収差に依存すると述べている。また VSOTF についても結果は軸上色収差に依存しなかったことから、正常眼では、MTF や VSOTF で評価可能な視機能は軸上色収差に依存しない、と結論付けている。

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している。生理学的データと軸上色収差との相関が小さかったこと、屈折率波長分散の加齢変化、高次収差と VSOTF の関係、について考察している。最後に、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ている。

第 8 章で、本研究のまとめと今後の研究の展望について述べている。

以上を要するに、本論文では、光学的手法によって正常眼と眼内レンズ眼の軸上色収差の特徴を実

測により明らかにし、また、眼内レンズ単体での測定結果を合わせて、まず眼内レンズを移植した人眼をモデル化し、この光学モデルと人眼の比較から、人眼の光学モデルの修正を提案したものである。これらは、視覚系のフロントエンドとして重要な眼の色収差を含む光学モデルの提案を含む、新たな知見を示すものであり、工学上ならびに医工学上に貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値があるものと認められる。