

博士論文の内容の要旨

氏名	玉置 明野
学位名	博士（学術）
学位授与年月日	2020年3月20日
論文題目	眼内レンズ挿入眼の術後屈折誤差を低減させるための生体計測に関する研究

(博士論文の内容の要旨)

白内障手術による視機能回復は、高齢化社会においても、また外傷やアトピーなど若年での発症による症例においてもその後の生活に大きく影響を与える。眼科臨床において白内障は手術治療の対象となる最もポピュラーな疾患であり、手術装置の開発や手術手技の洗練、術前検査装置の開発を含め、予測精度の高い眼内レンズ (IOL) 度数計算式を用いることで、術後の裸眼視力に影響する予測屈折誤差は徐々に低減され、角膜屈折矯正手術後の症例においても「2D surprise!」といった予定屈折値との差が 2 diopter を超える大きな予測誤差は解決されつつある。しかし、白内障以外に疾患のない症例群においても、術後の屈折誤差が $\pm 0.5D$ 以内となる割合は 80% 程度であり、依然として低減を目指す必要がある。近年、先進医療として老視矯正可能な多焦点 IOL や、角膜の乱視矯正が可能な Toric IOL といった付加価値のある IOL が普及し、より良い裸眼視力獲得への要望は高まっており、患者満足度を左右する予測屈折誤差の低減は、重要な課題である。水晶体の代わりとして眼内に挿入される IOL は、眼鏡やコンタクトレンズと同様に個々の眼の屈折に応じて術前の生体計測値を用いて計算される。眼球の屈折値は、無限遠からの平行光線が網膜（中心窩）に結像するために必要なレンズ度数として扱われる。本研究では、白内障治療のための水晶体再建術による IOL 挿入眼の術後屈折誤差に関与する因子を明らかにし、生体計測の観点から術後屈折誤差低減のため、術後の IOL 固定位置予測の精度向上を目指す。

まず第 1 章では、現在の IOL 度数計算につながる従来の IOL 度数計算式の概略を示し、現在一般に使用されている計算式での問題点を確認する。

第 2 章では、眼球光学系について概説する。カメラに例えられることのある人眼は、角膜前・後面、水晶体前・後面の 4 つの屈折面を持ち、網膜中心窩に結像する光学系でありながら、それぞれの屈折面の中心は同軸上にない非共軸光学系となっている。全眼球、角膜、水晶体及び網膜の解剖と硝子体の加齢変化を説明し、水晶体が混濁することで視機能が低下する白内障という疾患と、その治療である水晶体再建術において挿入される IOL の度数計算に関与する眼球組織について概説する。

第 3 章では、眼球の生体計測に関し、まず従来の超音波計測法について概説する。眼球組織の音速、Immersion 法、Contact 法それぞれの特徴と、区分音速と等価音速による測定値の評価誤差について説明する。次に光干渉法による眼内寸法測定に関して、Time domain 装置と Fourier domain 装置についての違いを概説し、波長と屈折率の関係、眼球組織の屈折率、区分屈折率と等価屈折率による評価誤差の問題を説明し、更に超音波と光干渉法による眼軸長の各装置での測定値について、臨床データを示し比較する。また、本研究において明らかとなった区分屈折率を用いた光学式眼軸長測定値による術後屈折誤差について、従来の等価屈折率による眼軸長測定値での術後屈折誤差との関係を示す。

第 4 章では、眼内レンズ度数計算の重要な要素である角膜屈折力について、角膜曲率半径と屈折力の関係、正常症例の角膜前面と後面の曲率半径比の分布、角膜前面と後面の関係が正常と異なる後部円錐角膜の眼内レンズ度数計算について、角膜後面の形状評価の重要性を明らかにし、臨床データに基づく結果を説明する。

第 5 章では、眼内レンズ度数計算のための眼球生体計測値について、眼軸長、角膜屈折力、前房深度、水晶体厚の 4 つのパラメータの関係性を臨床データにより明らかにする。また、手術前後の眼軸長計測値について、従来の等価屈折率を用いた場合と区分屈折率を用いた場合の違いを比較し、IOL による違いについても確認する。また、IOL 度数計算の誤差の要因として重視されている術後の IOL 固定位置予測について、重回帰分析 (stepwise multiple regression analysis; SMR) を用いた場合と多目的進化計算 (multi-objective evolutionary algorithm; MOEA) を用い

た場合を比較し、多様性に富んだ人眼において、誤差のばらつきを抑えることは重要であることから、平均値と標準偏差の両方を最小化することを目的とした MOEA の有用性について検証する。最後に、第 6 章では本研究の成果をまとめ、残された課題と今後の展望について述べる。