

氏 名	坂 本 篤
学位(専攻分野)	博 士 (医 学)
学 位 記 番 号	医 博 第 3220 号
学位授与の日付	平 成 20 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	医 学 研 究 科 外 科 系 専 攻
学 位 論 文 題 目	Spectral-Domain Optical Coherence Tomography with Multiple B-Scan Averaging for Enhanced Imaging of Retinal Diseases (スペクトラルドメイン光干渉断層計による網膜疾患画像の複数画像加算平均処理による画質改善)
論文調査委員	(主 査) 教 授 富 樫 かおり 教 授 福 山 秀 直 教 授 吉 原 博 幸

論 文 内 容 の 要 旨

【目的】光干渉断層計（OCT）は低コヒーレント光を光源とした干渉計をその原理とする撮像装置である。近年、眼科臨床の場において欠かすことのできない装置となっており OCT の画質改善による眼科学への寄与は大きいものがある。OCT の画質に影響を与える因子としてスペckルノイズの存在が指摘されており、これを低減する方法として従来デジタルフィルター（メジアンフィルター・ガウシアンフィルターなど）が用いられて来た。しかしこれらの方法ではコントラストを向上させる一方で解像度の低下は避けられない。複数画像の平均化を用いた手法は他分野では一般的な方法であるが、従来の OCT はスキャン速度が遅いため眼球微動の影響が非常に大きく、そのため OCT 画像への応用は困難とされていた。近年開発されたスペクトラルドメイン OCT（SD-OCT）は、走査速度が従来の OCT の数十倍に向上しており、眼球微動の影響を最小限に抑えつつ同一部位を連続スキャンすることが可能になると期待される。そのため SD-OCT 画像改善にこの手法を取り入れることを試みた。

【方法】装置は倫理委員会承認の元、京大病院眼科外来に設置されていた SD-OCT のプロトタイプを使用した。この装置は中心波長 830 マイクロメートル、波長幅 50 マイクロメートルのダイオード光源を使用し、空気中での光軸方向の解像度 6.1 マイクロメートル、コントラスト 98 デシベルで毎秒 18700 回の A スキャンを行うことが可能である。制御プログラム（LabVIEW7.1）を改変し連続撮影モードを付加、さらに画像のアライメントと平均化を行うプログラムも作成した。プログラムの評価として、まず画質改善効果の評価を行い有効な重ね合わせの枚数を決定し、後に実際の臨床症例において有効な重ね合わせ枚数を撮影できた症例の割合を求め、実用性を評価した。さらに画質改善により明瞭となる病変部を症例で検討し有用性を評価した。正常眼底像（1 コマあたり 1024 A スキャンで構成）16 コマを用いて、2、4、8、12、16 枚の平均化を行った画像を作成し、画質改善に必要なコマ数を求めた。画質は一対比較（シェフェの方法中屋変法）による主観的評価と、コントラストノイズ比（CNR）による客観的評価を用いて行った。

【結果】正常眼底像を用いた一対比較法による主観的評価、CNR による客観的評価共に 4 枚以上の重ね合わせを行うことで統計学的に有意な画質の向上を得た。また症例においては 84% のセッションで 4 枚以上の重ね合わせが可能であった。画質改善により網膜の層構造が明瞭になるだけでなく、従来はノイズで識別困難であった低輝度領域の微細構造もより明瞭に認識できた。

【考察】今回の検討で特に明瞭になった層構造として外境界膜や視細胞内節外節接合部が挙げられる。これらの膜様構造と視力との関連が最近報告されており、今回の手法により網膜外層の評価が容易になることで今後眼疾患における視力予後推定が容易になると思われる。また、網膜色素上皮（RPE）、ブルッフ膜、脈絡膜毛細血管床などは、通常の OCT 画像では合体した一つの層として描出され、加齢黄斑変性症、ポリープ状脈絡膜血管症、中心性漿液性網脈絡膜症などの病態においてこれらの層が変化を来した場合にブルッフ膜が描出されることが超高解像 OCT など特殊な OCT でのみ報告されていたが、今回我々の装置はこれを容易に描出しうる事が確認された。

【結論】複数画像の平均化は SD-OCT の画質改善に実用的かつ有用な方法である。

論文審査の結果の要旨

光干渉断層計（OCT）は低コヒーレント光を光源としたマイケルソン千秒針を原理とする撮像装置であり、その画質を劣化させる因子としてスペックルノイズがある。従来の OCT はスキャン速度が遅くノイズ低減に複数画像の加算平均化を用いた手法を適用することが困難であったが、近年開発されたスペクトラルドメイン OCT（SD-OCT）は、走査速度が従来の OCT の数十倍に向上しており、短時間の同一部位連続スキャンが可能となり複数画像の加算平均化が効果的に行える可能性が出てきた。そこで本論文では SD-OCT 画質改善にこの手法を取り入れることを試みた。装置は倫理委員会承認の元、京大病院眼科外来に設置されていた SD-OCT のプロトタイプを使用した。連続撮影された正常眼底像から作成した 6 種類のサンプル画像を使用し、シェフエの一対比較による定性的評価と、コントラストノイズ比による定量的評価を用いて画質評価を行った。その結果定性的評価、定量的評価共に 4 枚以上の画像平均化で統計学的に有意な画質の向上を得ることが示され、さらに臨床症例 101 例で検討したところ平均 84% のセッションで 4 枚以上の重ね合わせが可能であることが示された。以上から申請者は複数画像の平均化が SD-OCT 画質改善に有効かつ実用的であることを示した。

以上の研究は眼科疾患の解明に貢献し眼科学の発展に寄与するところが多い。

したがって、本論文は博士（医学）の学位論文として価値あるものとみとめる。

なお、本学位授与申請者は、平成 20 年 2 月 12 日実施の論文内容とそれに関連した試問を受け、合格と認められたものである。