

氏 名	セツ ショウチュウ XUE XIAOZHONG
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 1 1 9 0 号
学位授与の日付	令和 7 年 3 月 21 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	工芸科学研究科 設計工学専攻
学 位 論 文 題 目	A Study on Segmentation of Disease-Related Structures in Multi-modal Ophthalmological Medical Images (マルチモーダル眼科医学画像における疾患関連構造のセグメンテーションに関する研究)
審 査 委 員	(主査)准教授 杜 偉薇 教授 水野 修 教授 梅原 大祐 京都大学大学院医学研究科特定講師 三宅 正裕

論文内容の要旨

In clinical ophthalmology, three major imaging modalities are commonly employed: fundus imaging, Optical Coherence Tomography (OCT), and OCT Angiography (OCTA). Fundus images capture the surface of the retina, from which doctors segment the Optic Disc (OD) and Optic Cup (OC), structures closely associated with glaucoma. OCT provides cross-sectional imaging of the retina, enabling segmentation of fluid regions linked to diseases such as diabetic retinopathy; the size of these regions clinically correlates with both drug dosage and visual acuity. OCTA offers a detailed view of retinal vasculature, facilitating segmentation of the Foveal Avascular Zone (FAZ), whose morphology and area indicate conditions like age-related macular degeneration. Therefore, accurately segmenting these disease-related structures is crucial for developing highly precise automated computer-aided diagnostic systems.

However, accurately segmenting these disease-relevant structures remains highly challenging due to factors such as occlusion by other tissues, internal heterogeneity, morphological variability, and low contrast. To address these challenges, this study proposes and implements several deep learning models, including Swin-Unet, multi-dimensional loss-driven Fluid-SegNet, Edge-Enhanced ConvNeXt-Unet, and Language-Prompted NAT-Unet. These models achieve competitive performance: an average Dice of 86.94% and Intersection over Union (IoU) of 77.76% in OC segmentation, 87.25% Dice and 78.70% IoU in fluid region segmentation; and 90.41% Dice and 83.73% IoU in FAZ segmentation.

These experimental results demonstrate that these approaches outperform existing baselines in segmentation accuracy and robustness. This contributions of this study facilitate the development of clinically interpretable, high-performance, and generalizable segmentation frameworks, thereby advancing more reliable and efficient AI-assisted diagnosis in ophthalmology.

論文審査の結果の要旨

眼に関する診断には、眼底画像、光干渉断層撮影(OCT)、および光干渉断層血管撮影(OCTA)といった非侵襲的な手段が用いられている。眼底画像とは網膜の表面を示し、視神経乳頭(OD)と視神経乳頭陥凹(OC)の面積比は緑内障の診断における重要な指標となっている。OCT は網膜の断面画像を提供し、網膜下液の面積から糖尿病性網膜症の進行度を予測したり、投与する薬剤量の決定に寄与する。OCTA は網膜の毛細血管を可視化し、加齢黄斑変性症(AMD)等の進行状態を評価するために用いられる。従って、これらの画像から眼疾患に関する構造を高精度に分割することができれば、より質の高い診断が可能となる。しかし、これらの画像における血管等の組織の遮蔽、不均一性、形状の多様性、低コントラストなどの要因により、分割制度が十分に得られない場合がある。

このような課題を踏まえ、本研究では眼底画像における OD および OC の分割、ならびに OCT 画 像における網膜下液領域の分割のために、Swin-Unet 法(1)を提案した。さらに、OCTA 画像における 中心窩無血管域(FAZ)の分割に対しては、Edge-Enhanced ConvNeXt-Unet(2)法を提案した。提案法の有効性については、Intersection over Union (IoU)や、DICE 係数などの評価指標を用いて確認を行った。

本学位論文は、申請者を筆頭著者とする査読を経た以下に示す 2 編の論文((1)は国際会議プロシーディング論文、(2)は雑誌論文)を基礎としている。

(1)Retinal Fluid Segmentation from OCT B-scan using Swin-Unet, Xiaozhong Xue and Weiwei Du, 2024 2nd International Conference on Computer Graphics and Image Processing (CGIP-2024), Page(s): 12-17, 2024.

(2)Edge-Enhanced ConvNeXt-Unet for Foveal Avascular Zone Segmentation from Optical Coherence Tomography Angiography, Xiaozhong Xue, Weiwei Du, Masahiro Miyake and Keina Sado, Big Data and Data Science Engineering, Vol. 759, Page(s): 111-124, 2025.