

令和 2 年 7 月 10 日現在

機関番号：57701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12740

研究課題名（和文）眼底画像及び眼底動画解析による脳内血管の動脈硬化予測に関する研究

研究課題名（英文）Study on prediction of arteriosclerosis of brain blood vessels by analyzing eye fundus image and video

研究代表者

古川 翔大（Shota, FURUKAWA）

鹿児島工業高等専門学校・情報工学科・准教授

研究者番号：50794989

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000 円

研究成果の概要（和文）：眼底血管における血管交叉部からは、動脈硬化の指標となる静脈口径比を求めることができる。しかし、この静脈口径比は医師の主観により評価されており、定量的な評価は行われていない。この本研究では、動脈硬化予測スクリーニングシステムを実現するために、眼底画像から静脈口径比を自動算出することを目指す。

本報告では、このシステムを実現するために必要となる眼底画像からの血管抽出手法と交叉点検出手法について述べる。血管抽出手法では、血管交叉部のみに注目しノイズの影響を低減した手法とCNNを用いた手法を提案した。血管交叉点を検出する手法においても、このCNNを用いることで、血管交叉点の高精度な検出を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、眼底画像から自動で血管領域と血管交叉部を検出する手法を開発した。眼底検査では、医師が眼底画像を一枚ごとに診断する必要があるため、医師の負担が大きい。さらに、網膜の血管には微細な血管も存在するため、眼底画像から全ての交叉点を見つけることは熟練した医師であっても容易ではない。そのため、短時間での診断においては血管交叉点の検出漏れが発生する恐れがある。本研究で開発した手法は自動で眼底血管とその交叉部を検出することで、医師の負担を軽減する事が可能だと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The vein diameter ratio, an indicator of atherosclerosis, can be obtained from blood vessel intersections of the eye fundus vessels. However, this vein diameter ratio has been assessed subjectively by medical doctors and has not been quantitatively evaluated. In this study, in order to realize a screening system for predicting atherosclerosis, we present a method for extracting blood vessels from eye fundus images and their intersection points. In the blood vessels extraction method, we present two methods. One method is focused on only the blood vessel intersections to reduce the effect of noise. Another is based on the CNN method. To realize highly accurate detection of the blood vessel intersections point, we adopted the CNN, which was also used in the blood vessel extraction method.

研究分野：医用画像処理

キーワード：眼底画像 静脈口径比 血管交叉部 畳み込みニューラルネット 血管抽出

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19（共通）

#### 1. 研究開始当初の背景

心疾患、脳血管疾患は日本での主な死因である。また脳血管疾患は介護が必要となる原因の一つでもある。心疾患と脳血管疾患は自覚症状がなく進行するため、事前に検査を行うことが難しい。これらの疾病を予防するためには、危険因子である動脈硬化症の早期発見が重要である。現在行われている動脈硬化症の検査には、CAVI 検査と指尖容積脈波検査がある。しかし、これらの検査では脳内血管の動脈硬化症の重症度を推定することは難しい。なぜなら、CAVI 検査と指尖容積脈波検査はそれぞれ、心臓から足首までの動脈の平均的な硬さ、指先の抹消血管の硬さを測定しているのであり、脳内血管の動脈硬化度を推定しているわけではないからである。血管の構造は人体の臓器や部位により異なり、血管の構造が異なれば、動脈硬化の重症度も異なる。そのため、これらの検査から脳内血管の動脈硬化の重症度を推定することは困難である。脳と網膜は発生学的には同一器官である。網膜血管は脳内血管と同じく、Strain Vessel と呼ばれる血管群に属するため、これらの血管は同程度に動脈硬化が進行すると考えられる。また、網膜血管と脳細動脈血管の動脈硬化の関連性を統計的に解析し、網膜診断項目が脳細動脈血管における動脈硬化のスクリーニング指標として有用であることが示されている。そこで本研究では、眼底カメラを用いた網膜血管の動画画像解析システムの開発、および脳内血管の動脈硬化予測システムを開発する。眼底カメラにより撮影される眼底画像と眼底動画からは、それぞれ異なる特徴を観察できるため、画像と動画の両方から網膜血管の解析を行う。眼底画像からは動脈硬化症の所見である動静脈交叉部を解析し、動脈硬化度の定量化を行う。眼底動画からは網膜血管の脈波を観測できる。この脈波は、動脈硬化症の患者と健常者とは異なる特徴を持つ。動静脈交叉部と脈波の特徴から動脈硬化を予測するアルゴリズムの開発を目指す。

#### 2. 研究の目的

本研究では、脳内血管の動脈硬化早期発見のための眼底動画画像解析システムの開発をまず目指し、その後、眼底動画画像解析により得られた情報から脳内血管の動脈硬化を予測するシステムを開発する。具体的にはまず、眼底画像から網膜血管の動脈硬化度として動静脈交叉部における静脈口径比( $V2/V1$  比)を算出する。次に、眼底動画から網膜血管の拍動を解析し、その動脈硬化度として脈波を検出する。最終的に、眼底画像からの評価できる  $V2/V1$  比及び眼底動画からの評価である脈波の情報から脳内血管の動脈硬化の重症度を予測する。

#### 3. 研究の方法

本研究は、動脈硬化予測スクリーニングシステムを実現するため、大きく4つの工程に分けられる。まず、眼底画像を処理する上での要素技術となる網膜血管抽出の高精度化を行う。網膜血管領域の抽出は、後の解析処理に大きく影響する重要な前処理である。次に眼底画像から血管交叉部を高精度に抽出する。最終的には得られた網膜の動脈硬化度から脳内血管の動脈硬化度を推定し、動脈硬化予測スクリーニングシステムを実現する。

#### 4. 研究成果

##### (1) 血管交叉部におけるノイズロバストな網膜血管抽出

眼底画像を用いた医療診断支援システムの開発が活発に行われている。この診断では網膜血管の抽出精度が重要となる。従来の Black-Top-Hat(BTH)変換に基づく血管抽出法では、血管抽出の精度が低く、多くの誤抽出が生じる。また、眼底の網膜血管には血柱反射と呼ばれる動脈からの反射光が見られる。この血柱反射の影響を受けた状態で血管抽出を行うと、血管抽出の精度はさらに低下する。本研究では、血管抽出の精度向上を目的として、血柱反射が眼底画像に与える影響を考慮した新たな血管抽出法を提案する。提案手法では二色性反射モデルに基づき、画像中の鏡面反射成分を除去することで、血管交叉部において雑音に頑健な血管抽出を実現する。図1に眼底画像中の血管交叉部に対して、提案手法と従来手法を適用した結果を示す。従来手法では、血管の血柱反射により、検出できていない血管が目立つ。それに対して提案手法では、従来手法と比較して、血管の検出精度が高いことが分かる。一方で、提案手法では従来手法と比較して、血管以外の誤抽出が見られる。これは、二値化の手法として大津法を用いたためだと考えられる。

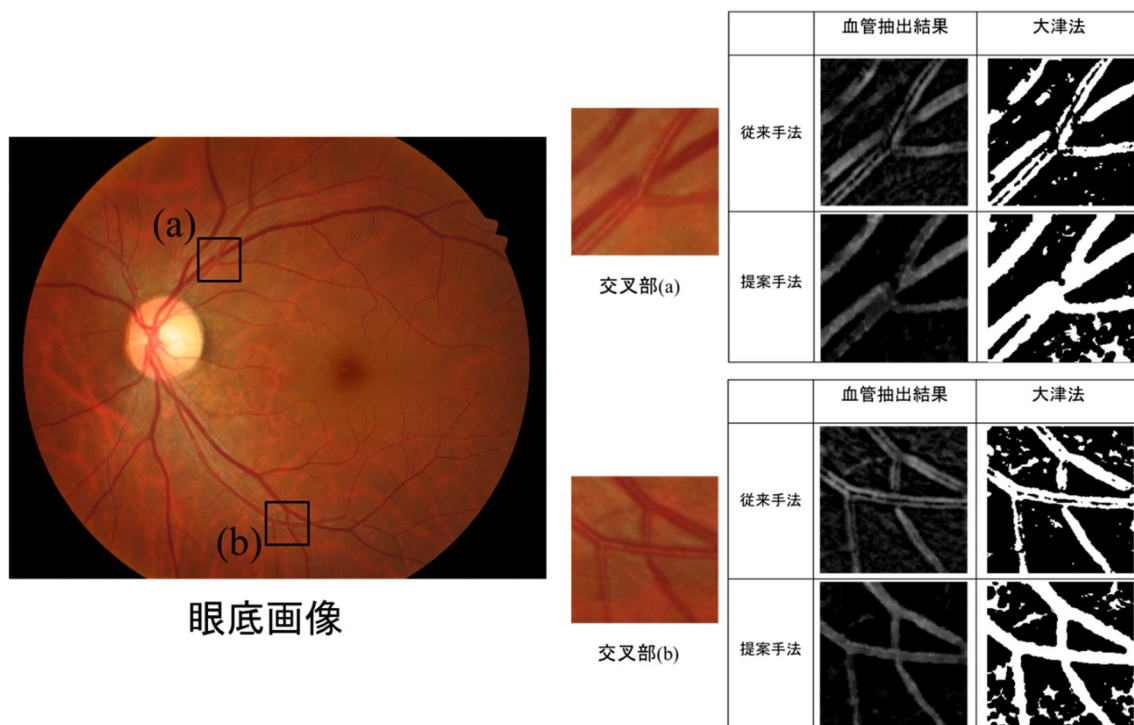


図 1 血管交叉部における提案手法の結果

( 2 ) CNN を用いた眼底画像中の網膜血管抽出

CNN(Convolutional Neural Network)とは、機械学習の一種であり、一般物体認識などの分野で幅広く応用されている。CNN のネットワーク構造はアーキテクチャと呼ばれ、「畳み込み層」や「プーリング層」など幾つもの特徴的な機能を持った層により構成される。CNN は、このアーキテクチャを変更することにより、様々な画像認識の分野で高い識別性能を示している。本研究ではこの CNN を用いて、眼底画像中の血管を抽出した。図 2 に眼底画像に対して提案手法を適用した結果を示す。ここで BTH 変換とは、Black-Top-Hat(BTH)変換に基づく手法である。各手法の結果は大津法により二値化されている。従来手法である BTH 変換に基づく手法では、眼底画像中の細い血管が抽出できていないことが分かる。また、視神経乳頭(眼底画像中の白い円形の領域)の外側を血管として誤抽出してしまっている。それに対して提案手法では、眼底画像の端に微小な誤抽出はあるものの、視神経乳頭の誤抽出も無く、高精度に血管領域を抽出できていることが分かる。

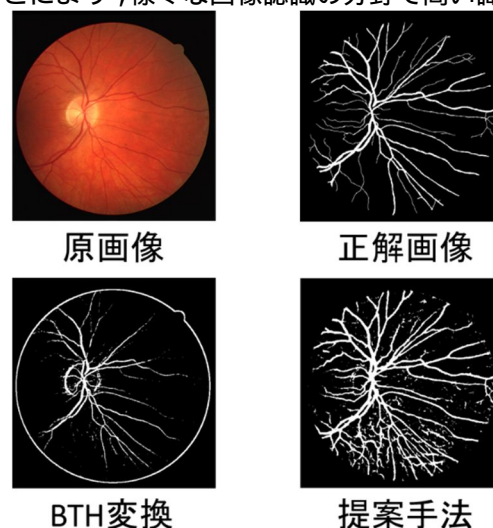
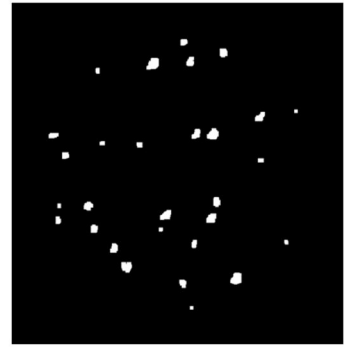
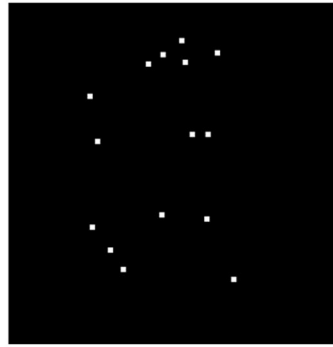
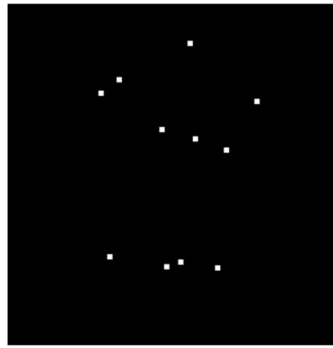


図 2 眼底画像に対する提案手法の結果

( 3 ) CNN を用いた眼底画像中の血管交叉点検出

眼底画像中の血管交叉点とは、動脈と静脈が交叉している箇所である。この血管交叉点では、通常、動脈が上、静脈が下になるように交叉している。動脈硬化が進行すると動脈が硬くなり、下を通っている静脈に影響を及ぼす。この影響の度合いから動脈硬化の進行度を予測することが出来る。しかし、網膜には微細な血管も存在するため、眼底画像上からこれらの交叉点を瞬時にを見つけるには多くの知識と経験が必要となる。また、網膜上の全ての交叉点を見つけることは熟練した医師であっても容易ではない。本研究では、この血管交叉点を上述の CNN を用いて抽出する手法を提案した。図 3 に眼底画像に対して提案手法を適用した結果を示す。入力画像と正解画像より、細い血管においても血管交叉点が存在するため、血管交叉点を検出することが困難であることが分かる。また、提案手法では、いくつかの検出漏れと誤検出はあるものの、血管交叉点を検出できていることが分かる。この誤検出は交叉点以外の血管の分岐点の影響を強く受けているためだと考えられる。



入力画像

正解画像

提案手法

図 3 眼底画像からの血管交叉部の抽出結果

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1 . 発表者名 S. Furukawa, N. Suetake and E. Uchino
2 . 発表標題 Blood Vessel Detection in Local Eye Fundus Image Considering Reflection from Artery
3 . 学会等名 2018 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 古川翔大, 末竹規哲, 内野英治
2 . 発表標題 眼底画像における血柱反射成分の低減によるノイズロバストな網膜血管抽出
3 . 学会等名 2018 電子情報通信学会総合大会
4 . 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6 . 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----