

《様式B》

研究テーマ	「血管内皮機能評価に特化したフランク徴候定量計測」		
研究責任者	所属機関名	静岡大学	
	官職又は役職	助教	
	氏名	平野 陽豊	メールアドレス Hirano.harutoyo@shizuoka.ac.jp
共同研究者	所属機関名	広島大学	
	官職又は役職	教授	
	氏名	東 幸仁	

(平成 27 年度募集) 第 28 回 助成研究 完了報告書

1. 実施内容および成果ならびに今後予想される効果の概要

近年、心疾患や脳血管障害などの循環器疾患は、我が国の死因の約 25% に及んでおり、その主原因は動脈硬化であることが知られている。今後到来する高齢化社会に伴い、動脈硬化患者は増加すると考えられる。ただし、動脈硬化は自覚症状がない難治性の疾患であるため、動脈硬化を早期発見および診断することは早期治療開始のために非常に重要である。これまでに、動脈硬化の初期症状は血管内皮機能低下であることが報告されている。そのため、血管内皮機能を簡便に評価可能な装置が求められている。

本研究では、血管内非機能の評価するために、耳朶の写真からフランク徴候と呼ばれる耳朶を後下方に走る深い皺の本数、長さを定量計測する方法を提案し、計測されたフランク徴候の長さ、本数から血管内皮機能を推定評価する方法について検討を行った。この方法は装置を体に装着することなく動脈硬化進行度の定量計測を行う試みであり、耳朶の写真撮影間のみ不動となるだけで検査が終わるため、患者の負担は極めて少ない方法であると考えられる。もし実現した場合は、耳朶の写真を撮影するだけで動脈硬化の進行が判断できる可能性があるためインパクトは極めて大きい。また、動脈硬化は加齢などで増加するため、上述の通り高齢化が加速するわが国では、動脈硬化患者は増加すると予想される。本システムが実用化されると、集団検診で簡便に動脈硬化を計測できる可能性がある。

2. 実施内容および成果の説明

A. 提案システム

提案する ELC 抽出法の概略を Fig. 1 に示す。本システムでは ELC が含まれた耳朶画像を取得する計測部，撮影された耳朶画像に対して ELC 特徴を抽出して指標化する解析部，抽出された指標から動脈硬化を評価する評価部の三段構成としている。

計測部ではカメラを用いて被験者の両耳の耳朶画像を撮影する。室内照明の環境などを考慮して耳朶表面の皮膚形状を精度良く撮影するため，F 値，シャッタースピード，ISO 感度は適宜調整されるものとする。毛髪やピアスなどの ELC の外乱となるものは，あらかじめ撮影領域外へ除外するものとする。

解析部では撮影された耳画像から画像解析によって ELC 特徴を抽出する。本論文では特徴量として ELC の長さ，数を対象とする。画像解析の概略を Fig. 2 に示す。まず原画像から耳朶領域以外をトリミングして除去する。取得する耳朶領域は珠間切痕より下の領域で，Fig. 2 の赤枠で示される長方形領域としている。次に，耳朶領域画像に対して輪郭検出を行う。本研究では一般的な室内環境での耳朶撮影を想定しているため，光源は理想的な点光源ではない。そのため，ELC の輪郭近辺において境界がぼやけ，局所的な鏡面反射や拡散反射が生じる可能性がある。ELC 特徴量抽出のためにはこれらノイズの影響を低減しつつ，細かな階調変化に対しても対応できるような ELC の輪郭検出をする必要がある。そのため，本研究では Canny 法を用いて，耳朶領域カラー画像における R（赤），G（緑），B（青）の 3 原色それぞれに対して輪郭検出を行う。Canny 法では，Gaussian filter によるノイズ平滑化，Sobel filter を用いた空間 1 次微分による輪郭検出，非最大エッジ抑制（Non maximum Suppression）による細線化，そして 2 つの閾値による 2 値化を組み合わせることで細線化された 2 値の輪郭画像が得られる。その後，抽出された ELC 輪郭画像から，ELC の長さ指

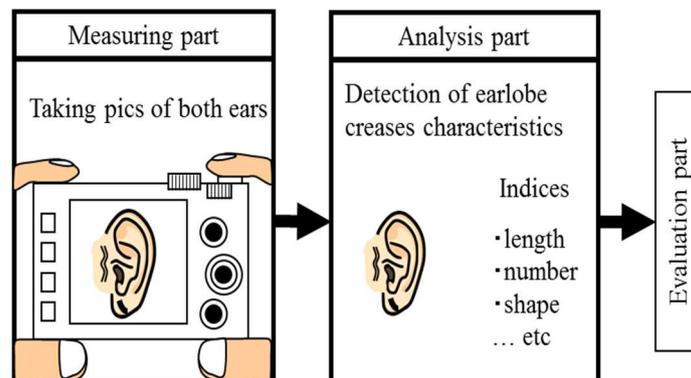


Fig. 1 Overview of the proposed system

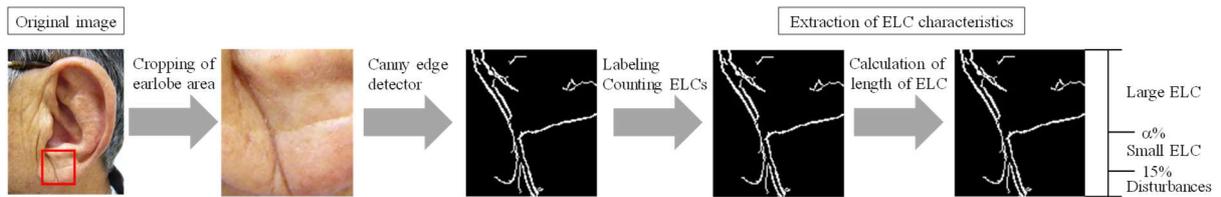


Fig.2 Overview of the extraction algorithm of ELC characteristics

標である $\max\%lELC$ ，および数の指標である $nELC_L$ を求める。

最後に評価部では，抽出された指標 $\max\%lELC$ ，および $nELC_L$ を用いて動脈硬化の定量化を行う。

以上が提案する ELC 特徴検出システムである。本システムを用いて ELC の特徴量検出，および動脈硬化診断支援を行う。

B. 実験

被験者は成人 88 名を対象とした。両耳耳朶の撮影は，医師が一眼レフカメラ（EOS kiss X4, Canon）で行い，耳朶画像は SD カード（Transcend）を介して PC に保存された。耳朶画像から提案システムを用いて $\max\%lELC$ ，および $nELC_L$ を抽出した。抽出された結果を用いて被験者を両耳 ELC 有群・機械，片耳 ELC 有群・機械，両耳 ELC 無群・機械の 3 群へ分別した。各群の定義は，両耳ともに ELC を 1 本以上有する者を両耳 ELC 有群・機械，片耳のみ ELC を 1 本以上有する者を片耳 ELC 有群・機械，両耳共に ELC が 0 本の者を両耳 ELC 無群・機械とした。なお，画像解析には Open Source Computer Vision Library（OpenCV）を用いた。

提案する ELC 抽出法の精度を検証するために目視による ELC の有無判定との比較を行った。提案システムを用いて被験者を両耳 ELC 有群・機械，片耳 ELC 有群・機械，両耳 ELC 無群・機械の 3 群へ分別した。その一方，同被験者を対象に医師が目視で ELC の有無を判定し，両耳 ELC 有群・医師: 32 名（年齢：74.2 ± 7.3 歳），片耳 ELC 有群・医師: 12 名（年齢：72.0 ± 5.7 歳），両耳 ELC 無群・医師: 44 名（年齢：61.5 ± 13.5 歳）の 3 群へ分類した。各群の定義は，両耳ともに ELC が確認された者を両耳 ELC 有群・医師，片耳のみ ELC が確認された者を片耳 ELC 有群・医師，両耳共に ELC が確認されなかった者を両耳 ELC 無群・医師とした。提案システムの妥当性を検証するため，両耳 ELC 有群・機械，両耳 ELC 無群・機械，両耳 ELC 有群・医師，両耳 ELC 無群・医師を用いて感度・特異度解析を行った。次に，算出された $\max\%lELC$ ，および $nELC_L$ を対象に両耳 ELC 有群・医師と両耳 ELC 無群・医師の 2 群間の比較を行った。2 群間の比較は有意水準 5 [%]のもとで Welch の t 検

Table 1 Performance of classified ability between subjects with ELC and those without ELC by the proposed system compared with differential diagnosis results by medical doctors

	Diagnostic results by medical doctors		
	Subjects with ELC	Subjects without ELC	
Analysed results of the proposed system			
Subjects with ELC	31	2	PPV = 93.9%
Subjects without ELC	0	25	NPV = 100%
	Sensitivity = 100%		Specificity = 92.6%

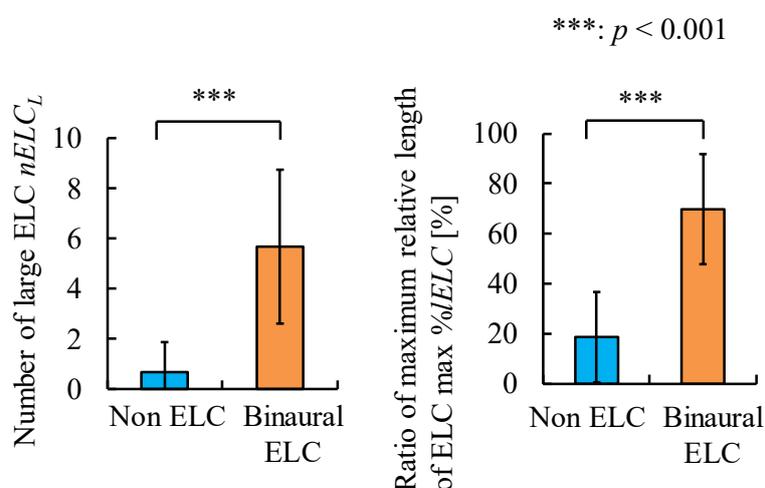


Fig. 3 Comparison results for the extracted proposed indices

定を両側検定で行った。

なお、すべての実験はヘルシンキ宣言に則り、被験者のインフォームド・コンセントを得るとともに、広島大学医の倫理委員会の承認を得たうえで計測を実施した。

C. 結果

Table 1 に感度・特異度解析結果を示す。結果より、感度(sensitivity), 特異度(specificity), 陽性的中率(positive predictive value :PPV), 陰性的中率(negative predictive value :NPV), カッパ係数(kappa coefficient)はそれぞれ 100%, 85.3%, 84.8%, 100%, 0.84 であった。

Fig. 3 に医師によって分類された両耳 ELC 有無のそれぞれの群に対する ELC 本数 $nELC_L$, ELC の長さ指標 $\max\%lELC$ の平均値を示す。結果より、長さ指標および本数共に両耳 ELC 無群が両耳 ELC 有群と比較して有意に低い値となった ($nELC_L: p = 1.0 \times 10^{-21}$, $\max\%lELC : p = 4.1 \times 10^{-35}$)。

D. まとめ

本研究では ELC 特徴量を用いた動脈硬化簡易スクリーニングの実現のために、カメラから取得された耳朶の画像に対して画像解析を行い、ELC の長さや数を定量抽出するシステムを提案した。また、本システムを用いて行った両耳の ELC 有無判定の妥当性を検証するために医師の目視による診断結果と比較し、高い精度で ELC を判別できることを確認した。今後は本システムを改良して ELC 検出精度を向上させるとともに、しわの形状や深さなどの特徴量を抽出するシステムを作成していく予定である。また、被験者数を増やし、提案システムを用いて抽出した ELC 特徴量と動脈硬化の関連指標との関連性についての検討を引き続き行っていく予定である。