

# 毛細血管の画像解析による血管状態の評価 (Evaluation of Blood Vessel State from Nailfold Micro-Capillary Image)

永山勝也<sup>1</sup>, 三浦一郎<sup>2</sup>, 河越景史<sup>3</sup>  
Katsuya Nagayama<sup>1</sup> Ichiro Miura<sup>2</sup> and Keiji Kawagoe<sup>2,3</sup>

1 九州工業大学・情報工学部 (日本、福岡)

2 順天堂大学・医学部 (日本、東京)

3 株) 徳 (日本、東京)

指先血管の画像処理による評価法についての研究を行った。指先毛細血管の臨床画像を用いて、特徴点抽出により指先血管の輪郭の抽出を試みた。また、臨床画像より指先血管の状態について数値化を行い、自動的にパラメータを算出するプログラムを作成したことで処理の簡易化を実現した。さらに、画像処理により血管形状のパラメータを測定しその測定結果をサプリメントの性能評価に役立てることができた。

**Keywords:** マイクロスコープ、指先血管、画像処理、レーダーチャート

## 1. はじめに

厚生労働省の平成 24 年人口動態統計によると、日本人の約 3 割の死因が心疾患、脳血管疾患といった血管病変であり、その病態に寄与するものの一つとして微小循環が挙げられる。生活習慣病における血流障害には血管周囲の毛細血管である vasa vasorum の関与が示唆されており、毛細血管構造の変化が血流障害の初期病変であると想定される。指先爪床部毛細血管観察は採血が不要という非侵襲的で簡便な方法であり、その血流障害は強皮症などの膠原病において関与が明らかであり<sup>(1)</sup>、そのほか高脂血症など、罹患数の多い疾患にも関与が明らかになりつつある。

毛細血管の観察は従来目視により健康状態を判定していたが、経験や感覚的な部分が大きく診断は専門家に依ることが多く、定量的な技術の開発が望まれていた<sup>(2)</sup>。また先行研究では、血管の形と症状の対応付けによるデータベース化を目的とし<sup>(3)</sup>、血管を定量的に評価するに至らなかった。そこで本研究では、マイクロスコープによって撮影された指先毛細血管画像の処理手法を考案し、毛細血管形状の長さ・幅・太さ・曲がり等について数値化を行うことで、診断結果の定量化を行い、予防医学に貢献することを目的とする。

## 2. 画像処理・数値化方法

これまでの臨床データや医師らの経験から、健常者の毛細血管は細く直線的なヘアピン形状であり、血流に問題がある場合、長さは短く血管径や幅は大きく、不鮮明で曲がりくねった形状になるとされている。これより、臨床画像から得られる情報の中で、特に長さ、血管径、幅、屈曲、鮮明度、真円度を数値化し、有用性について検討した。

血管径、鮮明度については臨床画像から、長さ、屈曲、幅については 2 クラスに分類した特徴点から計算を行った。幅は動静脈間の最大値、太さは動脈部、曲がり部、静脈部で測定した。鮮明度は画像における血管と背景の輝度差を測定した。流速は KK Research Technology 社の流速計測ソフト<sup>(5)</sup>を用いた。

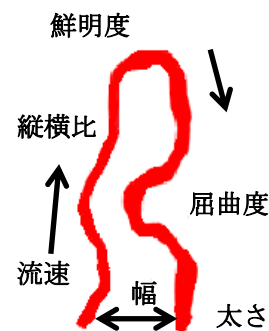
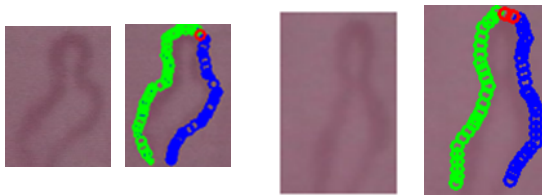


図 1 評価項目

### 3. 画像処理・数値化例

企業に委託された25名についてサプリメント摂取前後の爪床部毛細血管画像の変化を定量的に評価した。図.2にその一例として摂取前と摂取8週間後の血管画像例と画像処理および各項目を数値化した結果を表.1に示す。図.2では特徴点抽出によって血管の輪郭の抽出を行うことができた。計算結果に示した様に感覚的に肉眼観察による評価に近い数値を得ることができた。図.2より摂取前後で比較すると蛇行の改善傾向がみられるが、それは表.1の数値でも良く反映されており、屈曲頻度と真円度の値が減少し、長さ（流速）は大幅に改善されている。一方で鮮明度、太さ比、幅は変化が乏しかった。本研究では、直感的に血管の状態を把握するためレーダーチャートを用いて数値の表示を行った。画像処理により数値化したパラメータをレーダーチャートに換算した結果を図.3に示す。なお、レーダーチャートは領域が大きいほど血流状態が良いことを表す。真円度・屈曲度・幅は減算により換算を行い、レーダーチャート上では真円度を真直度、屈曲頻度をヘアピン度とする。チャート上でも真直度、ヘアピン度、流速より血流改善の傾向が見られ、鮮明度、太さ比、幅が不変であることも良く表現できている。



(a) 摂取前 (b) 摂取8週後

図.2 評価した指先血管画像の例

表.1 数値化結果

	摂取前	摂取8週後
真円度	0.42	0.22
屈曲頻度 [回転/mm]	4.44	3.17
鮮明度 (輝度差)	11.9	12.4
幅 [μm]	42.5	43.1
太さ [μm]	7.4	11.5
流速 [μm/s]	414	1195

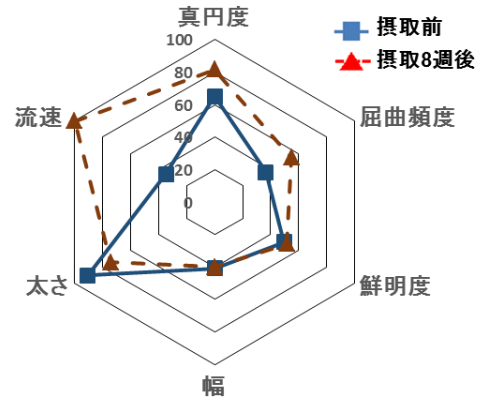


図.3 レーダーチャート

レーダーチャート上の数値で血流状態を把握するには、パラメータ同士の相関を評価する必要がある。そのため、形状パラメータ同士、形状と臨床検査項目との相関係数を求めた。それぞれ表2、表3に示す。形状パラメータ同士の相関では、レーダーチャートで表現する際に相関が高いものが隣あうように配置した。真円度と屈曲頻度は負の相関が見られるが、血管の曲がり具合を互いに補いながら表現していると考えた。正の相関を示す屈曲頻度と幅、幅と太さはいずれも脂肪代謝の関連が示唆される。また、鮮明度(血管の透見性)は相関や臨床情報から代謝・疲れ・浮腫などとの関連が示唆される。

表2 形状パラメータ同士の相関(n=25)

	屈曲頻度	真円度	幅	流速	鮮明度	太さ
屈曲頻度	-	-0.46	0.44	-0.36	-0.08	0.14
真円度	-0.46	-	-0.62	0.51	-0.09	0.09
幅	0.44	-0.62	-	-0.19	0.49	0.48
流速	-0.36	0.51	-0.19	-	0.30	0.28
鮮明度	-0.08	-0.09	0.49	0.30	-	0.27
太さ	0.14	0.09	0.48	0.28	0.27	-

表.3 形状と臨床パラメータの相関係数 (n=25)

	屈曲	丸み度	幅	流速	鮮明度	太さ
総蛋白	-0.16	-0.12	0.11	0.36	0.41	0.21
クレアチニン	0.24	-0.25	0.20	-0.49	0.07	0.07
尿酸	0.15	-0.04	0.06	-0.23	0.15	-0.01
γ-GTP	0.22	0.04	0.21	-0.13	-0.10	0.31
総コレステロール	-0.29	-0.13	0.33	0.33	0.46	0.22
中性脂肪	-0.15	-0.07	0.00	-0.17	0.11	0.10
LDLコレステロール	-0.19	-0.26	0.38	0.07	0.45	0.08
HDLコレステロール	-0.10	0.22	-0.08	0.45	-0.03	0.22
血糖値	0.34	-0.28	0.28	-0.27	0.02	-0.19
白血球数	-0.02	0.00	-0.16	-0.17	-0.24	-0.08
赤血球数	0.22	-0.02	0.02	-0.22	-0.19	0.08
ヘモグロビン	0.35	-0.33	0.32	-0.39	-0.01	0.28
ヘマトクリット	0.34	-0.29	0.28	-0.36	-0.03	0.31
収縮期血圧	-0.14	0.08	-0.35	-0.11	-0.18	-0.27
拡張期血圧	0.00	0.11	-0.28	-0.24	-0.08	-0.27
脈拍	0.04	-0.16	0.08	-0.02	0.11	-0.10

健康人の爪床部毛細血管は真直ぐの状態であるのに対し、様々な多様な像を示すことが知られており特に強皮症をはじめとする膠原病に関しては早期発見から病期の進行などに非常に有用であることが知られている。しかしながら、生活習慣病に関する研究においては現在に至るまで血管の太さや屈曲の程度とその原因となる酸化度、炎症などの所見とに明らかな相関が見いだせない。そこで本研究においては毛細血管における流速や画像所見についていくつかの指標を用いて客観化を試みた。経験的に流速や鮮明度は変化しやすいのに対し、屈曲や幅は数時間で変化するというのではなく、数週間の状態を反映すると考えられたため複数の指標を用いて客観化することが必要と考えられ、なおかつこれらを直感的に感じられる様にレーダーチャートを用いて表現した。例で示した様に血流や血管画像の変化が良く捉えられ、レーダーチャートにおいてはその変化が明瞭に理解できる。今後の課題として血管の曲がり度を客観化に関しては真円度と屈曲頻度の相関が低くこれから更なる検討の余地がある。

#### 4. まとめ・今後の展望

本研究では指先血管の画像処理による血流評価法についての研究を行った。爪床部毛細血管画像から、特徴点抽出により指先血管の輪郭の抽出を試みた。また、それらの毛細血管画像の数値化を行い、自動的にパラメータを算出するプログラムを作成したことで処理を簡易化した。さらに、画像処理により血管形状のパラメータを測定することでサプリメント機能評価に役立てることができた。今後の展望としては、血管の曲がり度をはじめとしたより高い精度での画像処理を目指し、健康状態判定システムとして汎用化されることを予定しており、今後、多くの臨床検査結果との比較、検証を重ねていくことで微小循環の関連した疾患群と指先血管変形との関連性を明確にできると確信している。

#### References

- [1] Atlas of capillaroscopy in rheumatic disease Maurizio Cutolo Elsevier, 2010 ISBN 8821432033, 9788821432033
- [2] 小川三郎 『毛細血管と臨床』, 鳥海書房, 1994
- [3] 鳥居大哉, 柴田義孝『毛細血管画像を用いた遠隔自動病名判断方法の研究』, 情報処理学会誌, p157-162, 1997
- [4] Support Vector Machines: SVM, <http://www.support-vector-machines.org/>
- [5] KK Technology Instrumentation for Microcirculation, <http://www.kktechnology.com/>