

マイクروسコープを用いた皮膚画像からの血行計測 The Measurement of Blood Circulation Using Skin Images Captured by Microscope

村上 知子[†] 山下 照美[‡] 近藤 浩一[†]
Tomoko Murakami Terumi Yamashita Koichi Kondo

1. はじめに

高齢化社会の到来による健康志向の高まりから、健康的な生活を維持するための行動やそれを支援する機器・サービスへの期待が増している。健康的な生活の維持には、健康状態の把握が重要である。近年、計測機器やセンサデバイスの小型化、画像処理技術や無線技術の発展により、携帯可能なデバイスに高度な処理技術を持つセンサを組み込み、生体の状態に関する情報を非侵襲かつ簡便に収集することが可能になった[1]。センサ情報から生体状態を見える化技術は、収集されたデータを活用した早期異常検知などの健康管理支援サービスの基礎となる。

本研究では、携帯型の撮影デバイスを用いて撮影された皮膚画像から血行状態を推定することを目的とする。撮影画像から推定されるメラニン量とヘモグロビン量を分離することによって、ヘモグロビン量に基づく血行指数を計算できることを確認した。

2. 提案システム

生体情報収集のためのセンサデバイスには、情報量と操作の複雑性の間のトレードオフが存在する。高精細な計測機器を用いれば微細な生体状態を把握できるが、より細かな状態を観測しようとすればするほど、操作が可能な利用者が限られる。例えば、医療現場で用いられるPerimed社製PeriCam PSIを用いれば皮膚深部の血流量を把握できるが、操作や計測結果の解釈には専門的な知識が必要であるため家庭での利用には適していない。また、香粧品の効能評価に利用されるCourage+Khazaka社製Mexameter[®] MX18を用いれば、簡便にメラニン量やヘモグロビン量を把握できるが精密機械は家庭での利用には適していない。専門的知識をもたなくても誰もが日常生活で利用するためには、小型で簡単に操作可能であることが望ましい。

本研究では、図1に示すハンディタイプのセンサデバイ

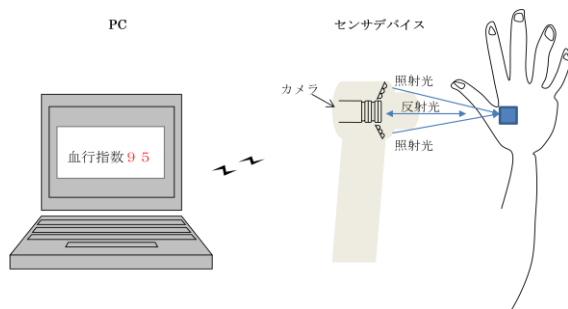


図1. システム

[†]株式会社東芝研究開発センター, R&D Center Toshiba Corporation

[‡]東芝ホームアプライアンス株式会社, Toshiba Home Appliances Corporation

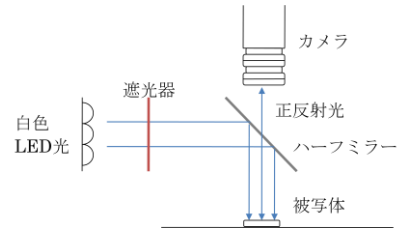


図2. センサデバイスの内部構造

スとしてマイクروسコープを用いる。マイクروسコープは、簡便に皮膚の拡大画像を取得できるという特長がある[2]。本装置は、マイクروسコープを身体の任意の部位に接着し、撮影ボタンを押下することによって皮膚の画像を接写、無線通信機能を利用して画像をパーソナルコンピュータ(PC)に送信することができる。

マイクروسコープ内部の撮影構造を図2に示す。白色LED光を遮光器を通した偏光として被写体に照射、その反射光をカメラで撮影する。遮光によって表面の反射を抑える効果があるため、復屈折性を持つ被写体の観察に適し、比較的内部の状態の観測に適している。本マイクروسコープでは27万画素1/3インチCCDカメラを撮影素子として利用した。

3. 血行計測システム

センサデバイスで撮影された画像から、画像処理によって血行状態を推定する。皮膚画像からメラニン量とヘモグロビン量を分離してシミ解析へ応用する手法[3]が提案されているが、本研究は血行を対象とするため Takiwaki[4]等の研究を参照し、メラニンの影響を最小限に抑えたヘモグロビン量に比例する紅斑指数 EI (Erythema Index) を血行の良さを表す指標とした。提案システムは、皮膚画像の色情報から紅斑指数を算出することによって血行状態を定量化する。紅斑指数算出のためのアルゴリズムを以下に述べ、処理フローを図3に示す。

【アルゴリズム】

1. 画像を読み込み、 i 番目のピクセルのRとGチャンネルごとに輝度値 $S_{r,i}$, $S_{g,i}$ を算出
 - 1.1. i 番目のピクセルの反射率 $R_{r,i}$, $R_{g,i}$ を算出

$$R_{r,i} = S_{r,i} / 255$$

$$R_{g,i} = S_{g,i} / 255$$
 - 1.2. i 番目のピクセルの吸光率 $A_{r,i}$, $A_{g,i}$ を算出

$$A_{r,i} = -\log_{10} R_{r,i}$$

$$A_{g,i} = -\log_{10} R_{g,i}$$
 - 1.3. i 番目のピクセルの紅斑指数 EI_i を算出

$$EI_i = A_{g,i} - \alpha A_{r,i}$$

$$\alpha: \text{係数}$$
2. 総紅斑指数 EI を以下の式で算出

$$EI = \sum_{i=1}^N EI_i / N$$

N : ピクセル総数

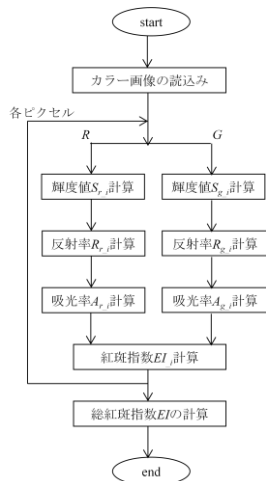


図 3. 処理の流れ

なお、補正係数 α はメラニン量による影響を差し引くための係数で、本実験では日本人の皮膚に合わせて $\alpha=0.14$ とした。

4. 実験

4.1 方法

システムの性能を評価するため、血行状態を改善させる活動の前後で本システムにより画像撮影、血行状態を算出し、得られた結果を比較する実験を実施した。

実験では、30代女性1名を被験者として、(1)入浴前後および(2)マッサージ施術前後の血行を求めた。計測部位や時期、タイミングなどの実験の詳細に関しては文献[5]を参照した。

(1) 入浴

日常生活時と40度の湯に5分全身入浴後に、被験者の頬、手の甲、腹部、足の甲の計4か所同一部位をマイクロSCOPEを用いて撮影し、血行状態を算出した。

(2) マッサージ

日常生活時と3分間のマッサージ施術後に、被験者の手の甲、足の甲の計2か所同一部位をマイクロSCOPEを用いて撮影し、血行状態を算出した。

4.2 結果と考察

入浴前後で撮影された画像を撮影画像の一例として図4に示す。入浴前の画像(左図)に対して入浴後の画像(右図)がわずかに赤みを増している様子が目視で確認できる。

表1に入浴前後の紅斑指数 EI の値を示す。頬、手の甲、腹部、足の甲すべての部位において、入浴前の紅斑指数に対して入浴後の紅斑指数が上昇していることが分かる。本



図 4. 撮影画像の一例
(左が入浴前、右が入浴後の頬の画像)

表 1. 入浴前後の紅斑指数 EI

	入浴前	入浴後
頬	0.254	0.267
手の甲	0.221	0.227
腹部	0.216	0.219
足の甲	0.199	0.232

表 2. マッサージ前後の紅斑指数 EI

	マッサージ前	マッサージ後
手の甲	0.221	0.222
足の甲	0.199	0.223

結果から、入浴によって血行状態が改善されたとすれば、紅斑指数に基づいて血行状態を推定する本手法が有用であることが確認された。

表2にマッサージ前後の紅斑指数 EI の値を示す。手の甲、足の甲において、マッサージ前の紅斑指数に対してマッサージ後の紅斑指数が上昇していることが分かる。本結果から、マッサージによって血行状態が改善されたとすれば、紅斑指数に基づいて血行状態を推定する本手法が有用であると考えられる。

本結果から、入浴やマッサージなどの活動による血行状態の改善を本手法によって捉えられる可能性が示唆された。

5. 終わりに

本論文では、マイクロSCOPEによる画像から皮膚の血行状態を計測する方法とそれを用いた生体計測実験に関して報告した。近年の皮膚計測機器の開発は目覚ましく、今まで測定不可能であったことが可能になってきているが、その反面操作技術は難しく、得られたデータの解釈も物理学や情報工学の知識が要求されるようになりつつある。本論文に述べたような日常生活で利用可能なセンサデバイスの活用を継続して考えていきたい。

参考文献

- [1] 高橋元次, "最近の皮膚計測工学の進歩と有用性評価への導入", *Fragrance Journal*, (2002).
- [2] 荒川尚美, "ビデオマイクロSCOPEを用いた皮膚の表面形態解析法の開発とキメ・毛穴の実態調査", *日本化粧品技術者会誌*, *J. Soc. Cosmet. Chem. Japan*, Vol.41, No.3, pp.173-180, (2007).
- [3] 小島伸俊, "独立成分分析による肌色の画像解析とそのシミ解析への応用", *日本化粧品技術者会誌*, *J. Soc. Cosmet. Chem. Japan*, Vol.41, No.3, pp.159-166, (2007).
- [4] Takiwaki H, et al., "Quantification of erythema and pigmentation using a video-microscope and a computer", *British Journal of Dermatol*, Vol.131, No.1, pp.85-92, (1994).
- [5] Joachim W. Fluhr (Editor), "Practical Aspects of Cosmetic Testing: How to Set up a Scientific Study in Skin Physiology", Springer, (2011).