

感性評価への応用を目指した皮膚代謝情報の分光学的計測

| | |
|-----|---|
| 著者 | 相津 佳永, 小笠原 太一, 内山 雄介, 湯浅 友典, 三品 博達 |
| 雑誌名 | サテライト・ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー年報 |
| 巻 | 6 |
| ページ | 70-71 |
| 発行年 | 2004 |
| URL | http://hdl.handle.net/10258/338 |

感性評価への応用を目指した皮膚代謝情報の分光学的計測

機械システム工学科 相津佳永、小笠原太一、内山雄介、湯浅友典、三品博達

1. はじめに

ヒトの体内血液状態は、さまざまな身体および精神活動により時々刻々変化しており、皮膚組織表面は生理活性状況を外部に伝える表示部位と考えられる。昔から顔色で体調や感情を推し量ってきたように、反射光の波長依存性は特に光の吸収源である組織内血液量と密接に関係している。そこで組織血液量や酸素化状態を分光計測すれば、医学応用に加え、種々の精神状態を捉える感性評価への応用が期待できる。本研究では、皮膚組織の特定波長分光反射率画像を利用して、組織メラニン・ヘモグロビン量と酸素飽和度の分布を推定する手法を検討した。

2. 測定原理

Fig.1 に計測システムの概要を示す。ハロゲン光源からの白色光を狭帯域干渉フィルター（中心波長 500, 585, 600nm）を順次介して皮膚表面へ照射し、反射画像を 16-bit 冷却 CCD カメラにより撮影する。

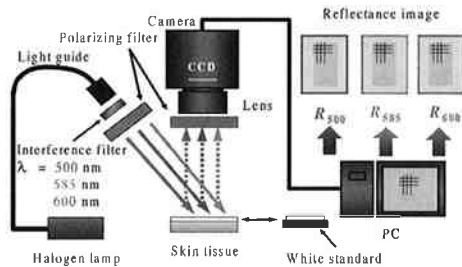


Fig.1 Experimental setup.

事前に各条件での標準白色板に対する反射画像を取得しておき、これを基準とすることで3波長分の反射率画像 $R(\lambda)$ が得られる。これを

$$OD = -\log_{10} R(\lambda) \quad (1)$$

の関係により吸光度スペクトル OD に変換する。3波長分の OD を下記の式 (2), (3), (4) に代入することで、メラニン濃度 C_m 、ヘモグロビン濃度 C_b 、酸素飽和度 SO_2 を推定することができる。

$$C_m = \alpha_1 OD_{500} + \alpha_2 OD_{585} + \alpha_3 OD_{600} + \alpha_0 \quad (2)$$

$$C_b = \beta_1 OD_{500} + \beta_2 OD_{585} + \beta_3 OD_{600} + \beta_0 \quad (3)$$

$$SO_2 = \gamma_1 OD_{500} + \gamma_2 OD_{585} + \gamma_3 OD_{600} + \gamma_0 \quad (4)$$

上式は C_m, C_b, O_2 を目的変数、3つの吸光度スペクトルを説明変数とした重回帰式であり、各回帰係数 α, β, γ は多数のデータセットの重回帰分析により事前に求めておくことができる。実際には式(2), (3), (4)を拡張し、3次項までを採用した¹⁾。今回、多数のデータセットは、皮膚構造をメラニン色素が含まれる表皮層と、酸化・還元ヘモグロビンが含まれる真皮層の単純二層からなると仮定したモンテカルロシミュレーションにより生成した。表皮層と真皮層の各厚さは0.06 mm, 4.94 mm, 屈折率はともに $n=1.4$ とし、2層の散乱係数 $\mu_s \text{ cm}^{-1}$ 、非等方性パラメータ g 、メラニンおよびヘモグロビンの各吸収係数 $\mu_a \text{ cm}^{-1}$ はヒトの文献値を利用した。

3. 積分球法との比較

本提案の実験の前に、求めた回帰係数が正しく適用できるかを確認するため、すでに確立済みの積分球と分光光度計による方式²⁾で分光反射率測定を行い、メラニン、ヘモグロビン、酸素飽和度を算出した。この結果を、同じデータの500, 585, 600nmのみを用いて今回提案する方式で算出した結果と比較した。結果はTable 1であり、酸素飽和度はやや誤差が大きいが全体的に従来法と近い値を得ることができ、算出した回帰係数が良好に使えと判断した。

Table 1 Comparison of the proposed method with the conventional method using an integrating sphere.

| Technique | $C_m(\%)$ | $C_b(\%)$ | $SO_2(\%)$ |
|--------------------|-----------|-----------|------------|
| Proposed method | 3.59 | 0.391 | 22.2 |
| Integrating sphere | 3.68 | 0.382 | 29.7 |

4. 実験結果と考察

4. 1 ヒト平常時の計測

ここでは平常時のヒト前腕部内側の画像を撮影し、そこから C_m, C_b, SO_2 を測定した。Fig.2 にヘモグ

ロビン濃度分布の測定例を示す。丸く写っている領域内部が結果である。領域内全画素の濃度平均値と、積分球/分光光度計により同一部位を測定した値の比較を Table 2 に示す。A, B, C はサンプルの違いを表す。この結果より、サンプル B と C で酸素飽和度が負値となっている。この原因については現在調査中であるが、算出した回帰係数がまだ十分適切ではないためと考えている。また、メラニン濃度とヘモグロビン濃度に関しても、積分球による結果より高い値となっている。これは、Fig.2 の円形領域内右側近辺で高濃度値になっている影響がでたものと思われる。この部分は腕が湾曲しているため、斜方向の照明・反射により反射率が低減し、結果として吸収濃度の高い方に誤差が生じたものと考えられる。この問題への対応は今後の課題である。

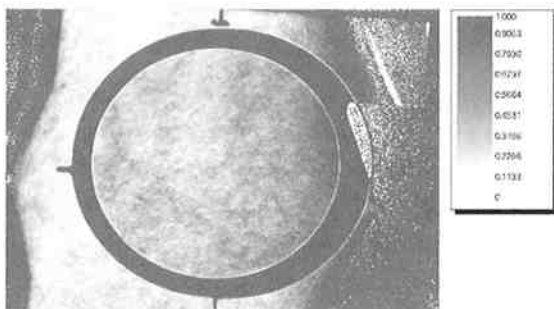


Fig.2 Measured result of hemoglobin concentration.

Table 2 Comparison between results of the proposed and integrating-sphere methods.

| | | $C_m(\%)$ | $C_b(\%)$ | $SO_2(\%)$ |
|---|--------------------|-----------|-----------|------------|
| A | Proposed method | 8.39 | 0.359 | 57.6 |
| | Integrating sphere | 7.15 | 0.310 | 32.2 |
| B | Proposed method | 4.13 | 0.535 | -7.31 |
| | Integrating sphere | 3.32 | 0.344 | 26.5 |
| C | Proposed method | 4.13 | 0.535 | -7.82 |
| | Integrating sphere | 3.85 | 0.299 | 30.4 |

4. 2 閉塞実験

次に、ヒト上腕部を血圧計を利用して締め付け、前腕部における3つの値 C_m , C_b , SO_2 がどのように変化するかを実験により調べた。本手法のカメラで

の計測はPC制御システムが未完成のため、フィルターを交換しながら3枚の画像を撮るため作業時間がかかる。そこで平常時、閉塞から4分後、解放直後、解放から1分後の4回で測定した。結果を Fig.3 に示す。閉塞からしばらく経つと酸素飽和度は有意に減少し、ヘモグロビン濃度はやや上昇しているのがわかる。さらに、解放直後には酸素飽和度・ヘモグロビン濃度共に明らかに上昇するような傾向が出ていた。これは従来法²⁾による実験結果と同じ傾向であり、全体として本手法の基本的可能性を確認できた。酸素飽和度が一部で負値となる問題が生じており、改善が必要である。

5. おわりに

特定3波長で撮影した3枚の反射率画像からメラニン濃度 C_m 、ヘモグロビン濃度 C_b 、酸素飽和度 SO_2 の分布を計測する手法を提案し、基本的可能性を確認した。酸素飽和度の算出に問題点を残したが、回帰係数の算出方式を修正するなどにより対応可能と考えており、今後の課題としたい。

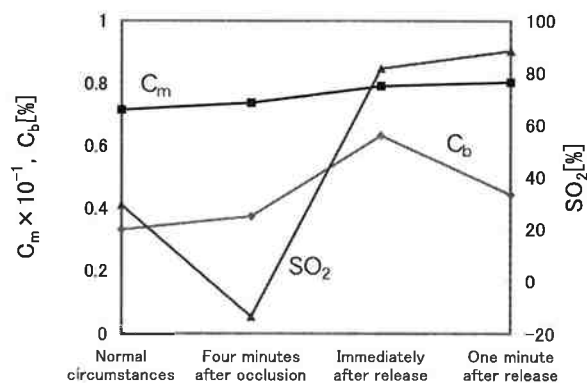


Fig.3 Result of cuff occlusion experiment.

参考文献

- 1) 西館 泉, 相津佳永, 三品博達: 等吸収点波長を利用した皮膚モデル内血液層の深さ画像計測, 第 39 回応用物理学会北海道支部学術講演会講演予稿集 p.31. (2004).
- 2) 小笠原太一, 西館 泉, 相津佳永, 三品博達: 重回帰分析を用いたヒト皮膚組織における吸収成分量の推定, 第 40 回応用物理学会北海道支部学術講演会講演予稿集 p.64. (2004).