

皮膚の水分量計測システムの開発

Study on Measurement System of Skin Moisture Content

○ 平野裕己 (芝浦工大) 長島拓人 (芝浦工大)
 小山浩幸 (芝浦工大) 山本紳一郎 (芝浦工大) 米田隆志 (芝浦工大)

Hiroki HIRANO, Shibaura Institute of Technology Takuto NAGASHIMA, Shibaura Institute of Technology
 Hiroyuki KOYAMA, Shibaura Institute of Technology Shinichiro YAMAMOTO, Shibaura Institute of Technology
 Takashi KOMEDA, Shibaura Institute of Technology

Abstract: I have developed a sensor for measuring skin impedance using the moisture content of the skin surface. So far, it has been developed a device that uses the principle that changes in capacitance and conductivity of the high-frequency current vary in proportion to the amount of skin moisture, to measure the moisture content of the skin non-invasively and quantitatively. Even if measurements of the skin moisture content have been successfully realized, the quantitative evaluation of the amount of water that specialize in the stratum corneum of the skin has not been carried out yet. Therefore, we have investigated the stability of the value measured by the impact and measure the frequency of measurement depth due to the shape of the electrode.

Key Words: Skin Moisture Content, Sensor, Measurement,

1. はじめに

人間にとって外界との接点である皮膚は皮膚呼吸や体温調節のための発汗、放熱等の様々な機能を持っており、生体恒常性(ホメオスタシス)を保つ機能など、生命活動の維持において重要な臓器である。近年では、衣食住の生活環境の変化による皮膚ガンやアトピー性皮膚炎といった皮膚疾患の増加が目立ち、それらの予防や治療に関する研究が盛んである。しかし、そうした科学的知見に基づく基礎研究が多く見られる中、工学の観点からの研究では実績が少ない。以前は皮膚医学では肉眼での診断が重視され、再現性の低い観察での評価法に頼っていた。一見、同一と思われる皮膚の状態でも、工学的機器を用いて水分量やpH、硬さ、油分量といった指標で計測すると、個体や部位によって大きな違いがある。したがって、主観が入りにくい工学機器による計測方法の導入⁽¹⁾で、肉眼では捉えることが困難な皮膚の変化を評価することが求められている。

2. 研究目的

皮膚の水分量の測定手法は確立されているが、角質層に特化した定量的評価はいまだ行われていない。角質層は皮膚の最外殻に位置することから、角質層の水分量を把握することが皮膚の健康状態を把握する上で重要であると考えられる。本研究では角質層の水分量を測定する装置として、角質層の抵抗値を測定するセンサを開発し、電極の形状による測定深度の影響及び測定周波数による計測値の安定性について検討することを目的とする。

3. 皮膚水分量計測システム

3-1 水分量測定センサ

皮膚表面の水分量変化に伴い角質層の抵抗値が変化することから、測定部位の抵抗値の変化を測定する電気伝導度の測定を基礎にしている。センサの電極は Fig1 に示したようにくし型をしており、電極間に電流を流すことで皮膚の抵抗値を取得する。

また Fig2 に示したように測定対象物中を流れる電流は周波数に依存し、高周波になるとより測定対象物の表面を測定し、低周波であれば深部を測定することが考えられる。

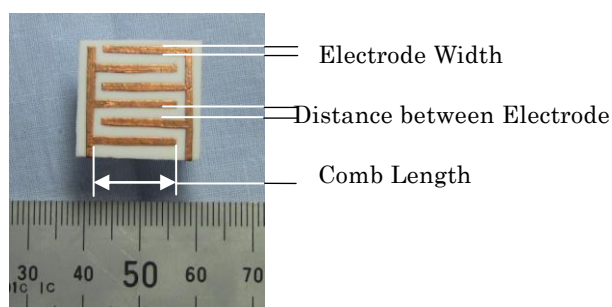


Fig 1 The shape of Sensor electrode base

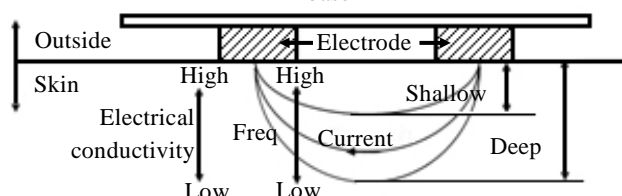


Fig 2 The current flow in the object to be measured

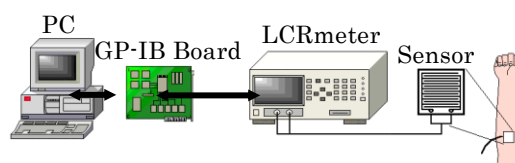


Fig 3 Measurement system

3-2 計測システム構成

計測システムは水分量測定センサ、測定用機器、GP-IB(General Purpose Interface Bus)ボード、PCから構成されている。抵抗値変化をLCRメータ(HEWLETT PACKARD社製)で計測し、PC上で解析するシステムである(Fig3)。

3-3 評価方法

一般に、抵抗値とは交流電流の流れ難さを示す物理量である。本研究で使用するセンサでは、皮膚における抵抗値を計測対象としている。計測対象である皮膚は抵抗成分とコンデンサ成分を含んでいるので周波数依存性を示し、周波数により抵抗値は変化するとされている⁽²⁾。

これまでの皮膚水分量計測は、マイクロセンサを用いて、コンデンサ成分由来の静電容量(Cp)と抵抗成分由来のコンダクタンス(1/Rp)を別々に計測してきた。以後は、LCRメータ自動計測システムで計測した静電容量とコンダクタンスを、Fig 4の Cp, Rp にそれぞれ代入して算出された抵抗値を皮膚インピーダンスとし、皮膚中の水分量の指標とする。

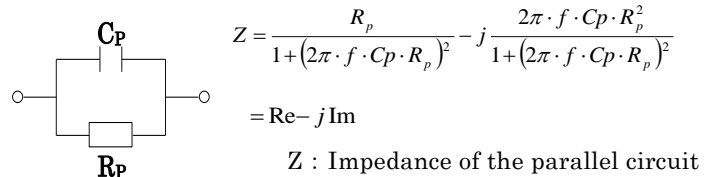


Fig 4 Skin moisture sensor equivalent circuit

4. センサの評価実験

4-1 実験目的

電極間電流の周波数を 0.1~1.05[MHz]の間で 0.05[MHz]毎に変化させ、角層の抵抗値を自動かつ連続的に取得することで、センサがどのような周波数特性を持っているか評価することを目的とした。今実験では抵抗値とリアクタンス値の関係図によって水分量の計測が可能となるよう、水分量変化に対する感度の高いセンサ構造を求めめるため、電極面積、電極幅、電極間幅をパラメータとして Table1 に示す A~F の 6 種類のセンサを作成して比較した。

4-2 実験方法

- (a) 測定環境 : 恒温恒湿室(室温 23°C, 湿度 30%RH)
- (b) 使用装置 : LCRメータ(周波数 : 0.1~1.05[MHz]), センサ(60[mm²], 120[mm²](Table 1))
- (c) 測定対象 : 健常肌の 20 代男性(1 名) 左前腕部肘下 7[cm]付近
- (d) 測定内容 : 平常時およびウォーターパッチ(以降:WP)後の測定をそれぞれのセンサで各 3 回
- (e) 測定方法 :

- 平常時の測定
 - 各測定装置を用意し、セットしたら安静にする。恒温恒湿室において安静にする時間は 15 分とする。
- WP 試験後の測定
 - 測定装置を準備した上で水分を付加する。この際、脱脂綿に 20[ml]の純水を滴下したものを測定患部に 600[s]当て、脱脂綿剥離後に皮膚を軽く拭き取った後、測定を行う (Fig 5)。

Table 1 The shape of sensors

	60 [mm²]			120 [mm²]		
	A	B	C	D	E	F
Width [mm]	1	1	1.5	1	1.5	3
Bet-Width[mm]	1	2	1	2	2	2
Length [mm]	6	9	5	14	13	10
Comb number	6	4	4	6	4	2



Fig 5 Water patched test

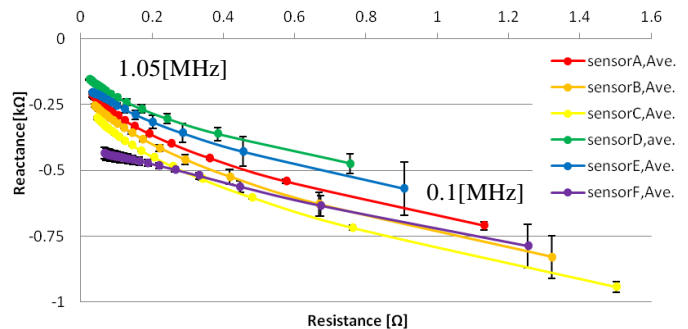


Fig 6 Output of after Water Patch test

4-3 実験結果および考察

Fig 6 に水分付加後のグラフ, Table2 に 0.1[MHz]の測定結果を示す。結果から周波数を上げていくことでグラフの原点に近づく様子が確認できた。これは高周波数帯における抵抗の特性が影響していると考えられる。交流回路でのコンデンサの電圧と電流の関係式として、

$$V = V_0 \sin \omega t \tag{1}$$

$$I = CV_0 \omega \sin(\omega t + \pi/2) \tag{2}$$

を立てることができ、

$$V_0 = 1/\omega C \times I_0 \tag{3}$$

となる。この時の 1/ωC はコンデンサのリアクタンス値となる。(3)式から ω が大きい、すなわち周波数 f が高いほど抵抗は小さくなり、リアクタンスは 0 に収束することとなる。実験結果においても同様の傾向を示しており、皮膚に含まれる抵抗成分とコンデンサ成分を測定が出来ると考えられる。

0.1[MHz]での測定結果から比較すると水分を付加することでいずれのセンサにおいても抵抗値が約 90%減少していることがわかった。WP 実験では角質層が水分を吸収したため、測定値に相違が出たと考えられる。今実験によりセンサの面積を広げることで抵抗値が減少することがわかった。角質層測定に特化したセンサ開発を今後の課題とした。

Table 2 Measurements of each sensor(0.1[MHz])

	A	B	C	D	E	F
Normal [Ω]	12.3	13.3	14.5	8.8	9.4	10.5
WP [Ω]	1.2	1.3	1.5	0.8	0.9	1.3
comparison (Normal/WP)[%]	10.85	10.08	9.63	11.69	10.37	8.41

5. まとめ

本研究では皮膚の水分量を測定する装置として、皮膚の電気的特性に注目した装置を考えた。現段階では角質層を捉える測定ができたこと示唆される。今後の研究において定量的に皮膚角質層水分量を計測する装置の開発を目指す。

参考文献

- (1) 田上 一郎. 皮膚科学の研究における生体計測工学, ファルマシア vol.34 : No.8. 1998, p788-792
- (2) 伊藤 まどか. 皮膚水分量計測システムの開発. 芝浦工業大学大学院機械工学研究科修士論文. 2004, p.20