

第3章: 皮膚電気活動

推奨図書

Biofeedback Tutor CD

- Core: History
- Anatomy: Electrodermal
- Hardware: Electrodermal
- Clinical: Autonomic

Articles

- Toomim, M.K. & Toomim, H. (1975). GRS biofeedback in psychotherapy: Some clinical observations. *Psychotherapy: Theory, research and practice*. 12(1), 33-38.
- Peper, E. and Schmid, A. (1983/84). The use of electrodermal biofeedback for peak performance training. *Somatics*, IV (3), 16-18.

はじめに

皮膚電気現象は、皮膚の電気的性質を測定した2人の研究者（フランス人神経学者 Fere、1888年・ロシア人生理学者 Tarchanoff、1889年）によって発見されました。この発見により精神生理学的事象の研究に新たな領域が切り開かれることになりました。¹ この研究に関するより詳しい経緯の紹介および皮膚コンダクタンス測定値の臨床的応用については Boucsein (1992)、Hugdahl (2001)の文献を参照して下さい。

皮膚の電気的性質は、汗腺の活動、中でも手の汗腺の活動に対応しています。汗は電気的信号を伝導する塩分を含んだ水分で構成されているので、汗の量が増えると電気流量も増大します。汗腺活動に対応する皮膚表面の電気伝導性および抵抗率の変化を**皮膚電気活動(EDA)**といいます。EDA センサーは、発汗に対応する皮膚の電気的变化を測定します。EDAの方が一般的な用語ですが、皮膚電気活動に類似する用語も多く使用されています。従来は、皮膚の抵抗率の測定は Luigi Galvani 博士（イタリア人物理学者、筋肉と神経細胞の電気的信号の発生を発見）の名をとって皮膚電気反応(*Galvanic Skin Response :GSR*)と呼ばれていました。より一般的には精神電流反応(*psycho-galvanic response :PGR*)として知られています。皮膚電気活動はコンダクタンスという言葉を用いて表現されており、現在、皮膚コンダクタンス反応(SCR)が、皮膚電気活動の測定に最もよく一般的に使用されています。コンダクタンスは電気抵抗の逆数（コンダクタンス = 1/電気抵抗）です。皮膚の抵抗値はオーム(Ω)で測定され、皮膚コンダクタンスはオーム(Ohm)の逆のスペリングであるモー(Mho)で測定します。最近では、 μ Mho（マイクロ・モー）ではなく国際単位系(SI)に基づく μ S（マイクロ・ジーメン）を使用しています。ジーメン(SI)は電気

¹ 詳細は Boucsein, W. (1992)著 *Electrodermal Activity*. New York: Plenum を参照。

的現象を研究した 20 世紀を代表する電気技師、Ernst Werner von Siemens に敬意を表して使われています。皮膚コンダクタンス および電気抵抗は、外部で発生する電氣的信号を皮膚表面に取り付けて測定する方法ですから、外的な電氣的信号を利用して皮膚表面上の電極により測定される通電法による方法です。

EDA に代わる尺度は皮膚電位 (SP) です。これは 2 箇所 of 皮膚（一般的には手掌と前腕）の電位差を測定するものです。この方法は身体内部から発生する電気信号を測定する電位法と呼ばれる手法です。SP に基づいて多くの研究が行われていますが、臨床的 BF の場では現在ほとんど使われていませんので、本書では SP に関する手順については述べていません。

皮膚電気信号の背景と生理学的根拠

皮膚コンダクタンスの生理学的根拠とセンサーの配置

皮膚コンダクタンスの測定値は交感神経系の節後コリン作動性線維の活動によって起こる汗腺活動の変化を表します。線維は皮膚の汗腺に分布し、神経支配しています。汗腺の自律神経支配が交感神経線維によって行われることを考えると、神経伝達物質はアドレナリン作動性の物質、つまりノルアドレナリンであるはずですが、実は違います。このシナプス伝達物質は通常、副交感神経の活性化を伴うアセチルコリンです。つまり、アセチルコリンは副交感神経のシナプス神経伝達物質ですが、交感神経の活性化は汗腺の神経伝達物質アセチルコリンによって調節されています。交感神経の活性化が起こると、汗腺からの汗の分泌に伴い、電氣的コンダクタンスの増加が SC センサーによって測定されます。

皮膚コンダクタンスは身体のあらゆる部位で記録が可能です。（足の裏、手のひら、腋窩、鼠径部などの領域に汗腺が集中している）センサーは指や手のひらに装着するのが最も一般的ですが、場合によっては他の部位も使う場合があります。例えば、額からの記録データにより、乗り物酔いの重症度などの生理的反応をよく把握することができる場合があります。（Golding, 1992）。

精神生理学的要因

皮膚コンダクタンスは自律神経系の覚醒の指標として使用できるため、(Sabatinelli, Bradley, & Lang, 2001) ストレス、覚醒レベル、感情の状態を表す生理的指標として今後、有望であることが証明されています。一般的に、覚醒レベルが高くなると、汗腺活動とそれに対応する皮膚コンダクタンス反応がより多く出現します。皮膚コンダクタンス反応は認知的・感情的反応が生じたことを示すことができますが、どのような活動が発生しているかを特定することはできません。ただ何らかの活動が発生していることを表すだけです。感情的刺激によって起こる SC 反応の変化の測定研究も、すでに行われています。（cf. Andreassi, 1989; Bouscein, 1992）. 例えば、Radin 教授 (1997a,b), らによる最近の研究 (Bierman 教授および Radin 教授 (1997, 1998)、Bierman 教授 (2000)) では、皮膚コンダクタンス反応が、ある特定の感情的刺激によって影響を受けたことが明らかになっています。実験では、トレーニーが示した SC 反応の

ピーク値は、暴力的イメージに対しては期待されるより3秒速く、性的イメージに対してはその直前に認められました。研究者らは、SC反応は目の前にある一連のイメージを期待する無意識のプロセスを表している場合があり、さらには、SC反応が今から起こる特定の感情的事象を予期することができる、ある種の能力を示している可能性もあるという結論を得ました。以上のことから、皮膚電気反応は、認知的・感情的覚醒レベルのわずかな変化を反映している皮膚の分泌腺活動を示しています。(Andreassi, 1989; Bouscein, 1992)

一般的に皮膚電気反応の測定は、以下のような等張レベル (*tonic level*) と相動的反応 (*phasic response*) に2種類に分類されています。

活動の等張レベルとは、任意の時点での皮膚コンダクタンスの絶対値です。図3.1に示すように、通常はベースライン期および静止時の値を表します。一般的に、活動の等張レベルを**皮膚コンダクタンスレベル (SCL)**と言います。

活動の相動的反応とは、発現までの時間が非常に短い急速な変化のことです。通常は何らかの刺激に対する反応を表します。一般的に、活動の相動的反応を**皮膚コンダクタンス反応 (SCR)**と言います。

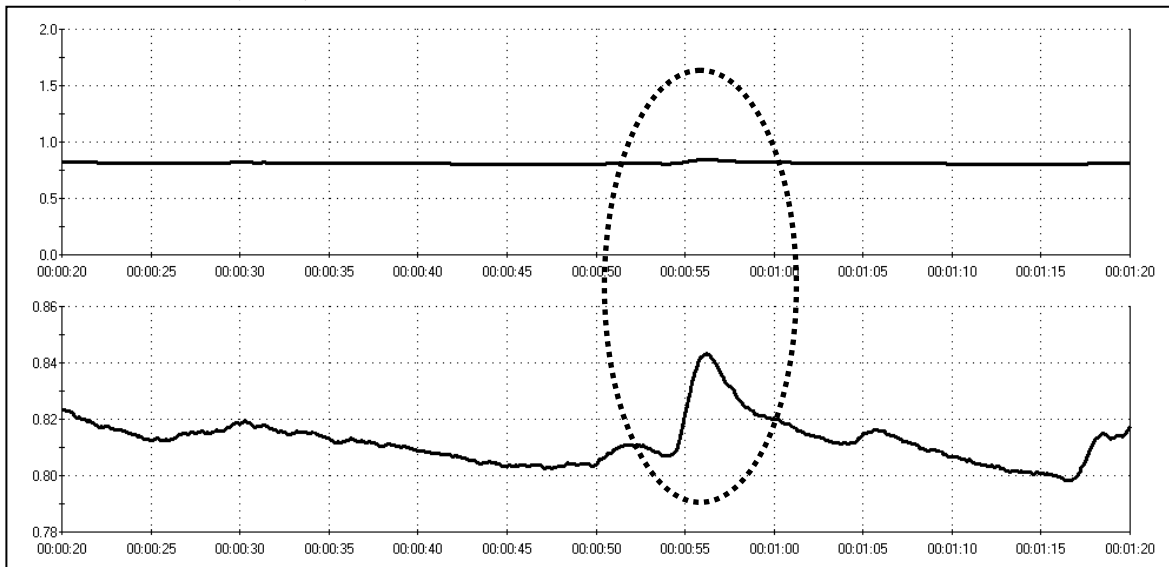


図. 3.1 ほとんど SCR が表れていない等張 SCL が上の線グラフである。信号を増幅させることによってグラフの下側に見られるような相動的 SCR が観察できる。

等張的活動は相動的活動と異なり、反応時間および回復時間から成り立っています。「**反応時間**」は安静ベースライン期から相動的活動のピークまでの経過時間であり、「**回復時間**」は相動的反応のピーク時から安静ベースライン期に戻るまでの経過時間のことを言います。わずかな刺激でも受けると、その後ベースライン期に回復しにくい人は、慢性的に覚醒過剰な状態、またはある感情的事象に縛られ、忘れることができない状態にある可能性があります。

等張レベルと、相動的反応を同時に測定使用する場合に付随するこれまでの主要な問題は、検出感度が等張的反応と等張的反応とでは異なることです。例えば、検出感度を等張レベル測定に設定している場合、相動的反応の測定が困難になります。

(図 3.1 を参照) しかし、コンピュータ画面上での表示方法として、等張レベル用と相動的反应用のふたつの画面を同時に異なるスケールで表示することで解決できます。

皮膚コンダクタンス(SC) 電極

一般的に、SC活動を測定するには、2つの電極を使用します。（電極ゲルを使用するタイプと使用しないタイプがあります。）片方の手の、隣接していない2本の指の手掌側に装着します。電極同士の接触による信号の干渉を防ぐために、通常、間に指を1本空けた状態で装着します。もう1つの方法としては、手掌に2つの接着テープがついている銀-塩化銀電極を装着することです。通常1つの電極を親指の付け根付近の筋肉上に装着し、もう片方の電極を尺骨付近の小指の下方あたりに装着します。手掌の汗腺は特に情動刺激によく反応するため、この場所に装着します。さらに、足の裏、腋窩、胸骨等の、発汗反応が起きる部位へ電極を装着する場合があります。

センサーの配置部位は脊髄神経の中心的活動を反映しています。脊髄神経はそれぞれ、異なる皮膚表面領域を神経支配しています。皮膚表面の脊髄神経分布図は皮膚知覚帯（図3.2.を参照）と呼ばれています。

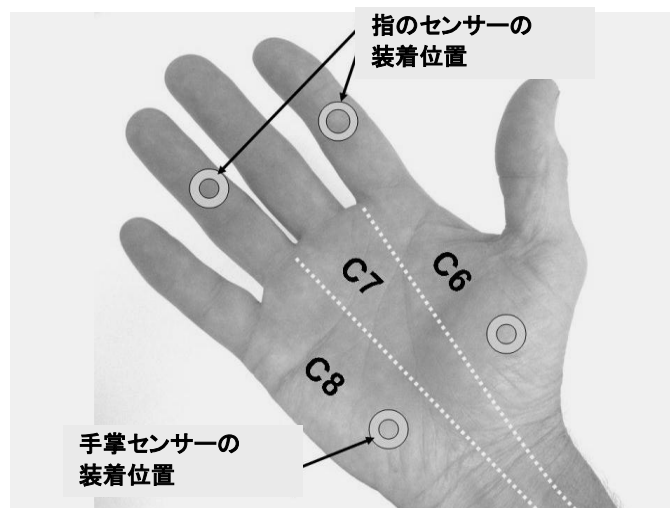


図 3.2. D 手のひらの皮膚知覚帯分布。ほとんどの場合 SC センサーを 2箇所
の皮膚知覚帯に装着する。

例えば、頸椎 (C6) の正中神経は親指（第1指）と関連し、頸椎 (C7) 橈骨神経は人差し指（第2指）・中指（第3指）と関連し、頸椎 (C8) 尺骨神経は薬指（第4指）・小指（第5指）と関連している。一般的に、SC電極の装着部位が異なった皮膚知覚帯上に装着する。

皮膚知覚帯は、図3-3に示すように、それぞれ対応するレベルの脊髄神経分布に関連する自律神経の機能を表しています。乗り物酔いの測定に額部位のSCがよく用いられるのは、額の皮膚知覚帯に神経分布している三叉神経の活動と関連がある可能性があります。SCセンサーを額に装着してSCRを抑制するバイオフィードバック訓練を行うと、おそらく乗り物酔いの治療として効果が期待できるでしょう。

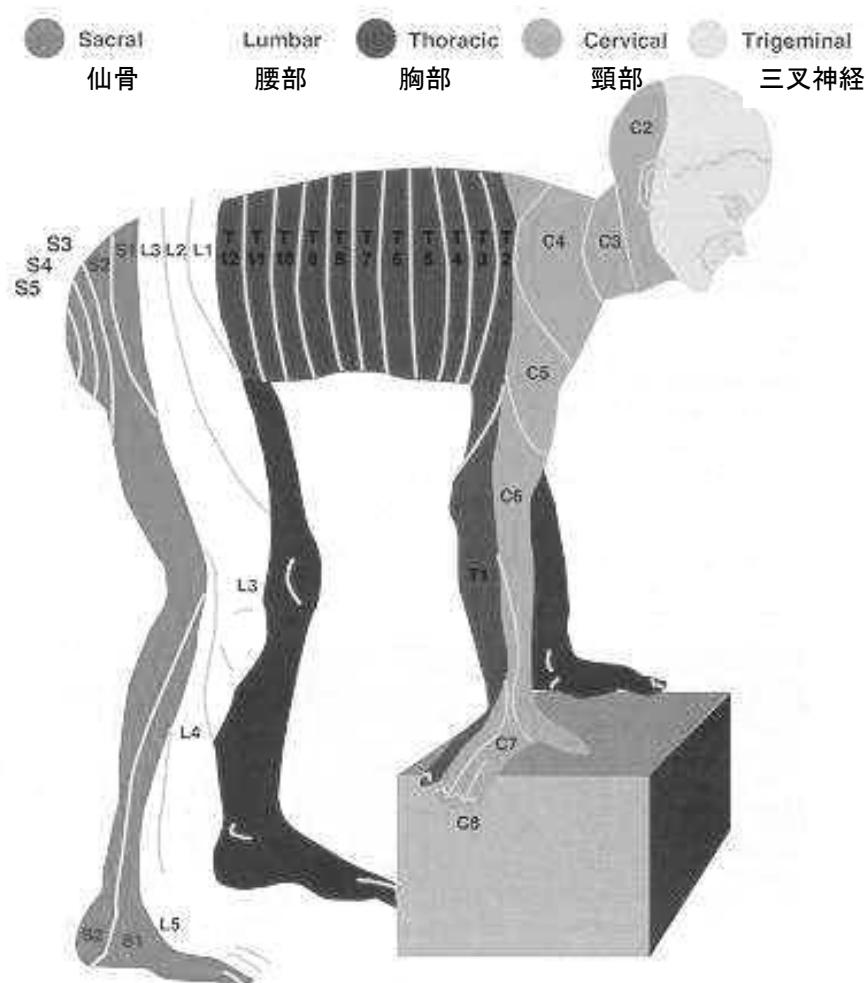


図 3.3. 様々なSC 反応を示す皮膚知覚帯の分布
(<http://portfolio.med.up.pt/aisabel/dermatomes.jpg> より)

応用および研究

バイオフィードバックのツールとして SC 法を使用する応用研究が数多く行われています。以下にその応用例について紹介します。

- 皮膚コンダクタンスの変化を伴う体内の変化を認識するための、身体感覚への気づきを促す練習としての応用。
- 嘘発見器で用いられるポリグラフを使った情動反応測定。嘘をいっていることを証明するものではなく、人を欺こうと意図することによる交感神経活動の活性化状態を示す。(Gale, 1988).
- 更年期障害によるほてり感をともなう発汗反応の測定 (Freedman & Woodward, 1992).
- 危険性のない刺激 (不安場面など) に対する覚醒レベルおよび反応性の軽減トレーニング(脱感作) .
- 心理療法中の情動反応性の測定
- 交感神経活動の抑制を目的としたリラクゼーション法の練習に SC バイオフィードバックを用いる。

- SC のレベルやその反応性を下げる訓練を行うことで、本態性高血圧やその他のストレス関連疾患を改善する。
- 皮膚コンダクタンスレベルを下げる訓練による多汗症の軽減 (Duller & Gentry, 1980; Singh & Singh, 1993).
- 注意欠陥障害の児童に、皮膚コンダクタンス 反応の左右差が無くなるように指導 (Mangina & Beuzeron-Mangina, 1992).
- 乗り物酔い、吐き気の軽減トレーニングのための額部位での SC 測定といった、他の身体部位における SC 測定研究
- 様々な部位から測定した皮膚コンダクタンス 反応と、心理的・身体的正常および異常反応（機能障害）との相関関係に関する研究

終わりに

本章では、皮膚電気活動バイオフィードバックを理解するために必要な SC 測定の基本について概説しました。ここで述べている内容は本テキストの実習に必要な予備知識として選択しました。そのため、皮膚電気活動の理論についてさらに理解を深めるためには、以下の参考図書をご参照下さい。

参考文献

- Andreassi, J. L. (1989). *Psychophysiology: Human Behavior and Psychological Response*. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.
- Bierman, D. J. (2000). Anomalous baseline effects in mainstream emotion research using psychophysiological variables. Paper presented at the 43rd Annual Convention of the Parapsychological Association, Freiburg Breslau; Germany, August 17–20 (pp. 34–47).
- Bierman, D. J., & Radin, D. I. (1997). Anomalous anticipatory response on randomized future conditions. *Perceptual and Motor Skills*, 84, 689–690.
- Bierman, D. J., & Radin, D. I. (1998). Conscious and anomalous non-conscious emotional processes: A reversal of the arrow of time? In Hameroff, S.R., Kaszniak, A.W., & Chalmers, D.J. (Eds). *Toward a Science of Consciousness III: The Third Tucson Discussions and Debates*. Cambridge, MA: MIT Press, 367–386.
- Bouscein, W. (1992). *Electrodermal Activity* New York: Plenum Press.
- Duller, P & Gentry, W.D. (1980). Use of biofeedback in treating chronic hyperhidrosis: a preliminary report. *British Journal of Dermatology*, 103(2), 143–146.
- Freedman, R.R., & Woodward, S. (1992). Behavioral treatment of menopausal hot flashes: Evaluation by ambulatory monitoring. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 167(2), 436-439.
- Gale, A. (Ed). *The polygraph test: Lies, truth and science*. London: Sage Publications.
- Golding, J.F. (1992). Phasic Skin Conductance activity and motion sickness. *Aviation, space, and Environmental Medicine*, 63(3165-31171).
- Hugdahl, K. (2001). *Psychophysiology-The mind-body perspective*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Mangina, C.A. & Benzeron-Mangina, J.H. (1992). Identification and standardization of bilateral electrodermal parameters of learning abilities and disabilities. *International Journal of Psychophysiology*, 12(1), 63-69.

- Mitani, H., Ishivama, Y., & Hasimoto, I. (2003). Equivalent current dipole estimated from SSR potential distribution over the human hand. sympathetic skin response. *Clin Neurophysiol*, 114(2), 233-238.
- Radin, D. I. (1997a). *The Conscious Universe*. New York: Harper Edge, Harper Collins.
- Radin, D. I. (1997b). Unconscious perception of future emotions: An experiment in presentiment. *Journal of Scientific Exploration*, 11, 163-180.
- Sabatinelli, D., Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2001). Affective startle modulation in anticipation and perception. *Psychophysiology*, 38, 719-722.
- Singh G, Singh G. (1993). Biofeedback assisted relaxation (bar) in management of hyperhidrosis : A preliminary study. *Indian J Dermatol Venereol Leprol*, 59,187-189.
- Wan, H., Hu., s., & Wang, J. (2003). Correlation of phasic and tonic skin-conductance response with severity of motion sickness induced by viewing an optokinetic rotating drum. *Percept Mot Skills*, 97(3 Pt 2), 1051-1057.