

コンピューターによる皮膚温バイオフィードバック
システムの試作

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2015-04-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 弓野, 憲一, 上西, 健治 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00008349

コンピューターによる皮膚温 バイオフィードバックシステムの試作

Devising a Skin-temperature Biofeedback System Using by a Computer

弓野憲一・上西健治*

Kenichi YUMINO and Kenji KAMINISHI

(平成6年10月11日受理)

Abstract

A new biofeedback system for skin temperature was devised at the Psychology Division of Shizuoka University. The system consisted of temperature measuring circuit (including 2 sensors of thermistor), a multiplexer, an A/D converter, a personal computer, and 2 monitor displays. The first three parts of the system was built in a small box. Total cost of the parts and the box was very low. They all are controlled by a computer program that was developed by the authors. On the system, the changes of skin temperature feed back to a subject every one-hundredth °C using by four digits and a time-series graphics.

1. はじめに

1960年代頃までは、古典的条件づけには自律神経系が関わり、道具的条件づけには中枢神経系が関わるというのが定説であった。このような中で、道具的条件づけの一技法である「バイオフィードバック」を用いて、皮膚温、脳波、心電、GSR、等の自律神経系についての道具的条件づけの成功が報告されてきた (Freedman & Ianni, 1983; Keefe, 1978; シュワルツ・平井・渡辺, 1975; Schwarz & Beatty, 1977)。そのような研究の積み重ねによって、完全に異なる二つの条件づけが存在するとする主張は次第に影をひそめていった。しかし、バイオフィードバックの研究によって、喜びや悲しみ、不安や緊張などの情動に密接に関連している自律神経系のコントロールが可能であるとの指摘がなされたことによって、何らかの形で精神や情動に障害や問題をもつ人の自己コントロールの可能性が生まれた。このようなことから、臨床的な応用領域において、バイオフィードバックの研究は、現在でも盛んに行われている。ストレスの強い現代社会において、いかにして心身の健康を保つかということは現代人に課せられた重要な課題であろう。それゆえ、バイオフィードバックの研究は、今後においてますます展開の必要な領域となると思われる。

*静岡大学大学院教育学研究科

2. 問題と目的

弓野(1978)は15年程前に、既に皮膚温バイオフィードバック装置を試作した。市販のサーミスターや抵抗、ICなどを組み合わせて、心理・生理学的な実験に耐えるシステムを開発した。そのシステムは次の特徴を持っていた。①4/100°C単位の皮膚温の変化を発光ダイオードによってフィードバックできる。②装置には、3つのセンサーがあり、2つは皮膚温、1つは室温の測定ができる。③装置は小型・軽量で安価である。

ところが、この装置は当時はまだパソコンが普及していないこともあって、計測データを脳波計のペン書きオシロスコープ上にアナログ形式で出力するものであった。このような方式は、データを正しく読みとる時に誤差が生じるし、ペン書きオシロスコープを通すことでデータの精度が低くなる。さらにデータの読みとりやサーミスター・抵抗などの温度ドリフトの補正のために相当の時間を必要とした。

最近になって、パソコンが安価・高性能になり、さらにアナログデータをデジタルデータに変換するための精度の高いA/D変換用ICが容易に手にはいるようになった。さらに、温度測定用のサーミスターに温度補償のついたものが市場に出回るようになった。本研究は、パソコンと特性の改良された最近のパーツやICを組み合わせ、15年前に制作した装置の欠点を補った新たな皮膚温バイオフィードバックシステムの開発を目的とする。

3. 使用パーツ・ICおよび制御・表示プログラム

サーミスターや各種パーツ、種々のIC、A/Dコンバーターおよびプリント基板等は、CQ出版社製の「トラ技スーパーキット」を用いた。サーミスターは高精度であって、補正なしでも-10°C~+10°C間で±0.5°Cの精度を持っていた。制御プログラムに関しては、A/D変換器等の回路制御のプログラムは、キットに付属していたBASICプログラムを参考にして作った。そして被験者に皮膚温情報を提示するためのBASICプログラムは新たに開発した。

4. システムの構造と皮膚温情報の流れ

本システムの全体的構造をブロックダイアグラムで表すと、Fig.1のようになる。皮膚温を測定する2つのセンサー(サーミスター)からの出力は、マルチプレクサーによって電氣的に切り替えられ、A/D変換回路に入る。ここでアナログ信号からデジタル信号に変換され、RS232C回路を通じてコンピューターに読み込まれ、適切な処理を施されて、被験者の前にあるディスプレイに視覚的に提示される。

5. システムの動作原理

Fig. 1 温度測定回路において、抵抗 R_{REF} の上端にかけた電圧を V_{REF} 、サーミスター上部の電圧を V_{TH} 、サーミスターの抵抗値を R_{TH} 、サーミスターに流れる電流を I とすると、オームの法則から (1)、(2) 式が成立する。

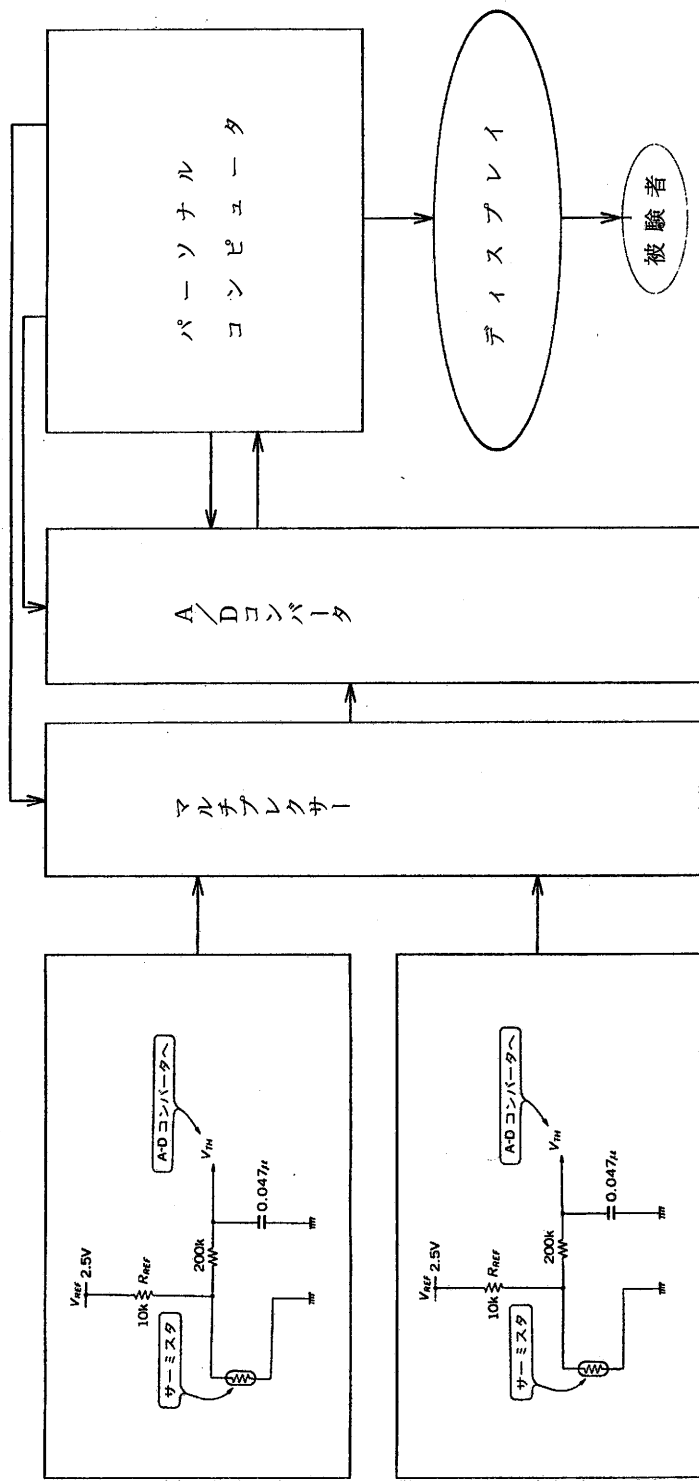


Fig. 1. 皮膚温バイオフィードバックシステムのブロックダイヤグラム

$$(R_{REF} + R_{TH}) I = V_{REF} \quad (1)$$

$$(R_{TH}) \cdot I = V_{TH} \quad (2)$$

これらの式より I を消去すると、(3) 式が得られる。

$$R_{TH} = (R_{REF} \cdot V_{TH}) / (V_{REF} - V_{TH}) \quad (3)$$

したがってサーミスターの抵抗値 R_{TH} は、回路にかけられている電圧 V_{REF} と V_{TH} ならびに R_{REF} がわかれば、決まる事になる。さらにサーミスターの温度 T は、式 (4) によって補正計算のできることが知られている。

$$T = \left(\frac{1}{T_s + 273.15} - \frac{\ln \left(\frac{R_s}{R_{TH}} \right)}{B} \right)^{-1} - 273.15 [^{\circ}\text{C}] \quad (4)$$

T_s : R_s (Ω) の点でサーミスタ温度 [$^{\circ}\text{C}$] T : 測定温度 B : B 定数
 R_s : T_s ($^{\circ}\text{C}$) の点での抵抗値 (Ω) R_{TH} : 測定点のサーミスタ抵抗値

(3) 式の R_{TH} および個々のサーミスターに付属しているデータ・シートから T_s 、 R_s や B の定数を読みとり、補間法を使って計算すれば、正確に T を計算できる。このシステムでは、このような補正は、補正ファイルの数値を調整することで、解決している。

サーミスター上部の電圧 V_{TH} は、コンピューターからの制御を受けたマルチプレクサーによって切り替えられ、A/D変換部に導かれる。そしてデジタル信号に変換されて、コンピューターに取り入れられ、適当な間隔で平均され、被験者の前に置かれたディスプレイ上に経過時間に沿って表示され、また $1/100^{\circ}\text{C}$ の精度で数字による表示もなされる。被験者はこれを見て、皮膚温の上昇・下降への自分の努力が有効に働いているかどうか直ちにわかる仕組みになっている。また、一定時間毎にサンプリングされたデータは、ディスクに落とされ、集計用ソフトを使って、容易に処理されるようになっている。

6. モニター画面

被験者に皮膚温をフィードバックするディスプレイ画面を Fig. 2 に示す。

7. システムの使用例

本システムを用いて、指先温のバイオフィードバックを訓練をした結果、それに成功した被験者のデータを Fig. 3-7 に示している。グラフは、X軸に時間を取り、Y軸に皮膚温を取った。Y軸の皮膚温変化の幅は、 5°C である。

バイオフィードバック訓練を重ねるほど、皮膚温度受容器に対する感受性が高まり、最終的にはフィードバック装置無しでも皮膚温の自己コントロールが可能になると予想されるので、このことを検証するために連続的なバイオフィードバック訓練を行った。

Fig. 3~7 にデータを載せた被験者 O は、1日おきに合計 5 回の連続的なバイオフィードバック

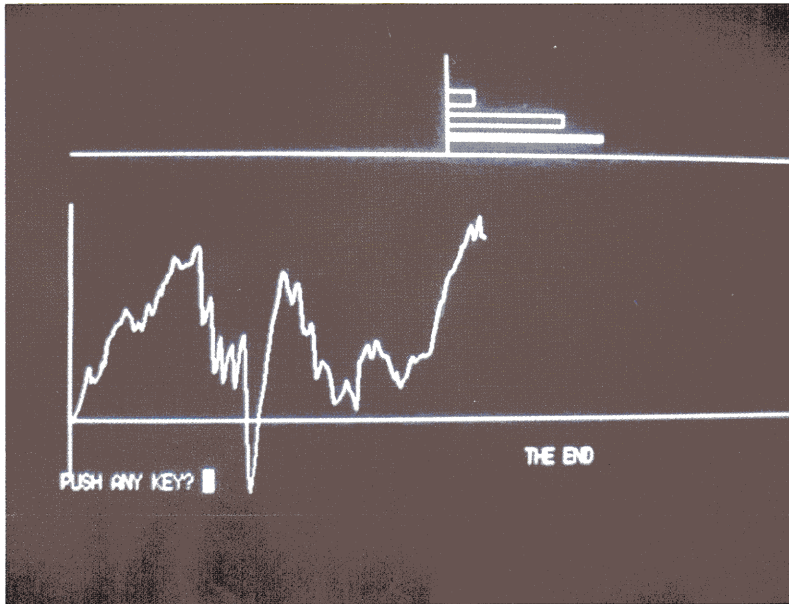


Fig. 2. ディスプレイ画面上の皮膚温の提示例

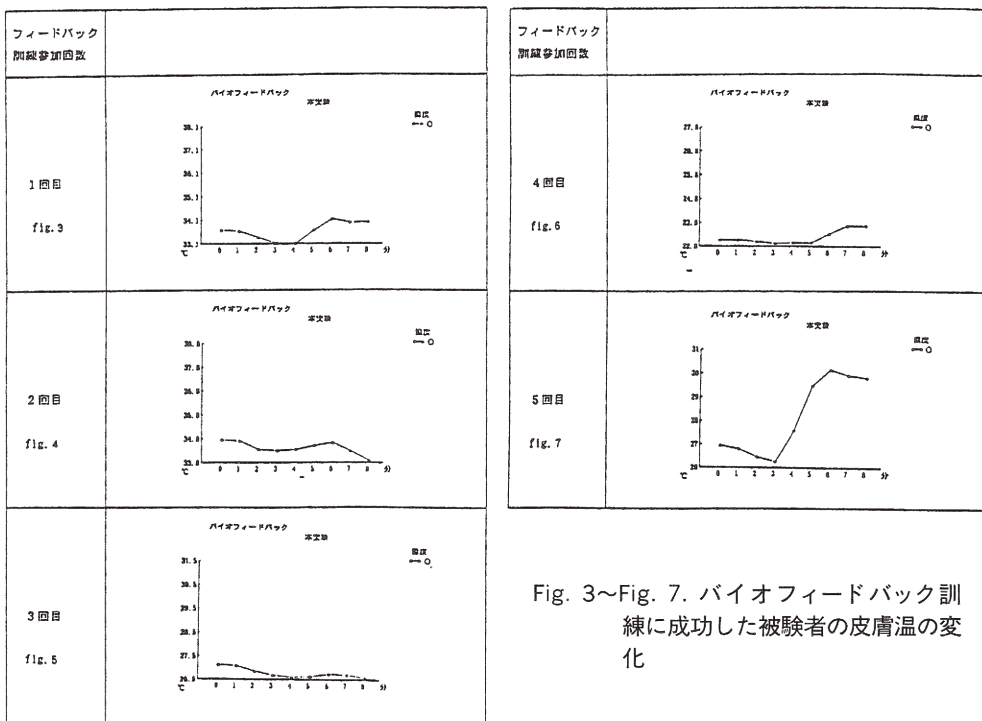


Fig. 3~Fig. 7. バイオフィードバック訓練に成功した被験者の皮膚温の変化

ク訓練に参加した。1回目から4回目までは、大きな皮膚温の変化は見られなかったが、5回目の訓練時に3°C近く皮膚温を上昇させた。

8. システムの評価と今後の課題

本システムは、温度測定部に精度の高いパーツを用い、かつ単純な回路構成であり、さらに回路に僅かな電流を流すのみでサーミスターの抵抗値を測定することができたので、抵抗やサーミスターの熱ドリフトを最小限に押さえることができた。また高速情報処理の可能なコンピュータを用いたことで、多チャンネル（実際に作成した温度測定回路は2チャンネルのみである）の入力が可能となった。複数の測定回路を設ければ、同時に数人の皮膚温の測定も十分可能である（ただしその場合は、温度変化を音でフィードバックするような回路を加える必要がある。）

さらに、モニター画面上に現在および過去の皮膚温がどのように変化してきたかもカラーを使って示すことができた。さらにコンピュータのbeep音を利用した、フィードバックも可能であった。そして、測定データをディスクに落とすことでデータ処理にかかる時間を大幅に短縮できた。このようなことから、バイオフィードバックの研究に使うシステムとしては、十分である。

しかし、モニター画面へのグラフィックスを更に見やすくしたり、皮膚音の変化に応じて、純音などの音によるフィードバックを可能にする回路をつけ加えると、より充実したシステムとなるであろう。

9. 引用文献

- (1) Freedman, R.R., & Ianni, P. 1983 Self-control of digital temperature: Physiological factors and transfer effects. *Psychophysiology*, 20, Pp. 682-689.
- (2) Keefe, F.J. 1978 Biofeedback vs. instructional control of skin temperature. *Journal of Behavioral Medicine*, 1, Pp. 383-390.
- (3) シュワルツ, G.E., 平井久, 渡辺尊巳(編訳) 1975 バイオフィードバック 上巻 誠信書房
- (4) Schwartz, G.E., & Beatty, J. 1977 *BIOFEEDBACK*, Theory and Research. Academic Press.
- (5) 弓野憲一 1978 皮膚温バイオフィードバック装置の試作 九州大学教育学部紀要 第23巻2号 Pp. 41~44.