

# Skin Potential Tracker : 皮膚電位を用いた マンマシンコミュニケーションツールの提案

津田 一成<sup>†1</sup> 越水 重臣<sup>†1</sup>

**概要 :** 人と機械間においてコミュニケーションを図る際の手段として、皮膚電位を用いる皮膚電位軌跡(skin potential tracker: SPT)の提案を行う。皮膚電位の指標である皮膚電位水準(skin potential level: SPL)をY軸に、皮膚電位反射(skin potential reflex: SPR)をX軸にとり、その時間変化の軌跡をプロットする。その軌跡のことを皮膚電位軌跡(skin potential tracker: SPT)と名付けた。実験の結果、SPTがプロットされた領域によって被験者の心身状態の判別を簡易かつ視覚的に行うことができることがわかった。さらに、このSPTを利用したゲームの試作を行い、人と機械のインタラクションの実現を試みた。

## Skin Potential Tracker: Proposal of a Man-Machine Communication Tool Using Skin Potential Activity

TSUDA KAZUNARI<sup>†1</sup> KOSHIMIZU SHIGEOMI<sup>†1</sup>

**Abstract:** We propose the Skin Potential Tracker (SPT), which uses skin potential activity as a method of achieving man-machine communication. We track and plot changes over time, on the Y axis of Skin Potential Level (SPL), and on the X axis of Skin Potential Reflex (SPR). We have termed the combined tracking of SPL and SPR as Skin Potential Tracker (SPT). Experimental results have shown that depending on the area where SPT is plotted, it can be easily and visually distinguished whether the subject is experiencing physical or emotional stimulus. Further, a prototype of computer game using this SPT phenomenon was made, applying the technology to man-machine interaction.

### 1. はじめに

近年、ウェアラブルデバイスの普及により機器と人との距離がより密接となった。また、ソフトバンクのパーソナルロボット「Pepper」やシャープの掃除ロボット「ココロボ」など、コミュニケーションを重視した製品が登場している。今後は人と機械間のコミュニケーションのあり方について考える機会が多くなることが予想される。例えば、最良のパフォーマンスを行うためには高い覚醒度を維持し、よく集中できているという心身ともに良好な状態であることが望ましい[1]。しかし、疲労などから覚醒度、集中力が低下すると事故の要因となる。この時、例えば重機の操縦を想定すると、操縦者の覚醒度などを計測し機械側から操縦者に休憩を促すことができれば事故を未然に防ぐことができる。このような機械が人を気遣うことができるようになることが望ましく、このことは生活の質の向上(quality of life : QOL)の向上に繋がる。そのためには、人と機械間のコミュニケーション手段が必要となる。この分野では、音声によって感性情報を取得する感性制御[2]や、介護ロボットに皮膚電位センサを実装し、遠隔操作を行う際に要介護者の痛みなど検知する研究[3]などが報告されている。

本稿では、そうした人と機械間でコミュニケーションを図る際の手段に皮膚電位を用いる提案を行う。

### 2. 皮膚電位活動

皮膚電位活動(skin potential activity: SPA)は生理学や心理学の分野において覚醒度や情動の指標として利用されている[4]。このSPAには直流成分である皮膚電位水準(skin potential level: SPL)と交流成分である皮膚電位反射(skin potential reflex: SPR)がある。一般的にSPLは覚醒度を表しており、SPRは刺激の強さを表しているとされている。

身体のセンシングには心電図や脳波、筋電位などの手段もあるが、電極を胸に貼り付けたり、専用の装置を装着したりする必要がある。精度が重視される場合では心電図などは有用である。しかし、皮膚電位であれば日常的にほぼ露出している掌を使用するため、拘束が少なく簡易に測定することが可能である。

### 3. 皮膚電位軌跡による心身状態の判別

従来では、皮膚電位を用いる際、SPLとSPRの二つの波形を表示させ、比較することで評価を行っている。しかし、それでは知識を持った人でしか波形を読み取ることができず、アプリケーションに実装することや、一般のユーザーが自身の心身状態を把握することなども困難である。

そこで、SPLとSPRをそれぞれ縦軸と横軸にとりマッピングを行うことによる評価を提案する。

SPLとSPRの元の波形をそれぞれFig.1とFig.2に、マッピ

<sup>†1</sup> 産業技術大学院大学  
Advanced Institute of Industrial Technology

ングした図を Fig.3 に示す。なお、生理学では慣用的に座標上方を負としている。それに倣いグラフでは上方を負電位としている。Fig.3 のマッピングされた図には渦のような線が表示されている。これは SPL と SPR の値によってプロットされた点が動き回った軌跡である。リアルタイムで測定を行うと、プロットされた点が被験者の状態に合わせて動きまわる様子が確認できる。この軌跡を皮膚電位軌跡 (skin potential tracker : SPT) と呼ぶことにする。この際、SPR が出現した時のプロットされた座標から被験者の心身状態を視覚的、直感的に読み取ることができるのではないかと推察し、検証するため実験を行った。

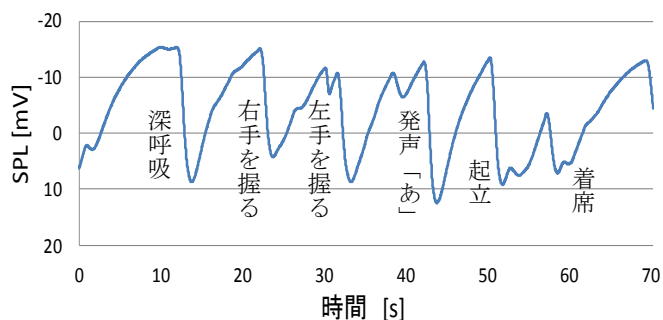


Fig. 1 皮膚電位水準 (skin potential level: SPL)

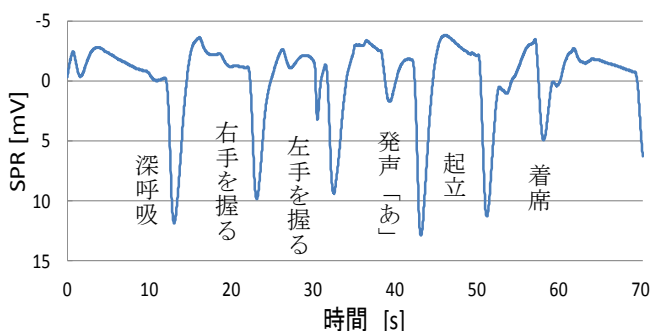


Fig. 2 皮膚電位反応 (skin potential reflex: SPR)

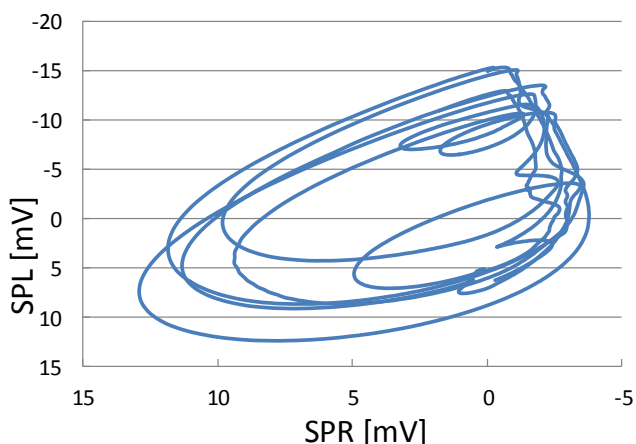


Fig. 3 SPL と SPR のマッピング結果

### 3.1 検証実験

実験では 20 歳前後の 10 人の男女の学生を対象に安静状態で静止画を 1 枚ずつ、計 12 枚視認した時と深呼吸や起立など簡単な動作した時の皮膚電位を計測し、それぞれの波形をマッピングし比較を行った。皮膚電位の測定には、西澤電機計器製作所の SPN-01 を用いた。今回の実験では Fig.4 のように電極を貼り付け、安静した状態から測定を行った。その結果、測定した 10 人のデータは 2 つのパターンに分類することができた。

まず 1 つ目のパターンを Fig.5 に示す。実験では 5 人の被験者がこのパターンに当てはまった。このパターンでは動作時と静止画視認時の軌跡が区別されて見て取れる。動作時には SPL, SPR ともに大きく変動するため大きな楕円を描く。また、SPR は負の方向に大きく出現していることも特徴的である。対して静止画視認時には、ほぼ安静状態にあることから SPR が発生していない、あるいは微弱である状態が長く、大きな変動がなく SPL が下降する様子が見て取れる。時折 SPR が正の方向に出現していることも特徴的である。また、静止画視認時において 2 [mV] を越す SPR が出現した時というのは、恐怖感や不安感といった情動の変化を煽る画像が表示されているタイミングと一致した。続いて、2 つ目のパターンを Fig.6 に示す。このパターンでは動作時と静止画視認時の軌跡では 2 つを区別することは困難である。後の聞き取りにより、こちらのパターンに分類された被験者は少し緊張気味であったことが分かった。静止画視認時に安静状態でなかったことが起因していると



Fig. 4 皮膚電位計を装着した様子

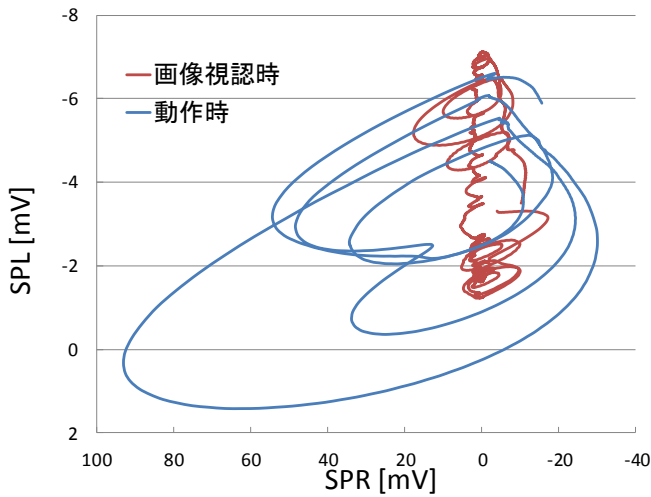


Fig. 5 画像視認時と動作時との比較 1

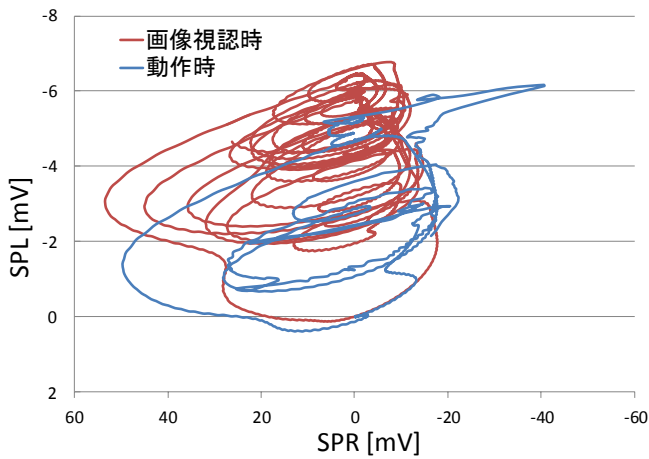


Fig. 6 画像視認時と動作時との比較 2

思われる。安静状態にも関わらず動作時と同程度の SPR が出現したことから、体の強張りなどは体を動かした際と同程度の刺激であることがこのことから推察される。

### 3.2 SPT の利用方法

この検証実験の結果から、3 つのことが分かった。①正しく測定を行うためには被験者は安静状態でなければならないこと。②恐怖感や不安感といったネガティブな感情は検出しやすいこと、③動作による SPR と視覚刺激による SPR は区別することが容易であることである。

このマッピング評価が有用である点は、SPL と SPR の特徴を視覚的に判断できることである。SPL である縦軸は覚醒度、SPR である横軸は刺激の強さ、そしてその時の心身状態として読み取れる。従ってアプリケーションとして皮膚電位を用いる際に、容易に実装することができる。まず、マップ上に体動領域、感性領域、安静領域をそれぞれ設定した。領域の範囲は検証実験の際に特徴を捉える事の出来た 5 人の結果の平均を基に設定した。どの領域に SPR が出現したかによって、動いたのか、情動的な変化があったのか、安静状態にあるのかを判別することが可能である。

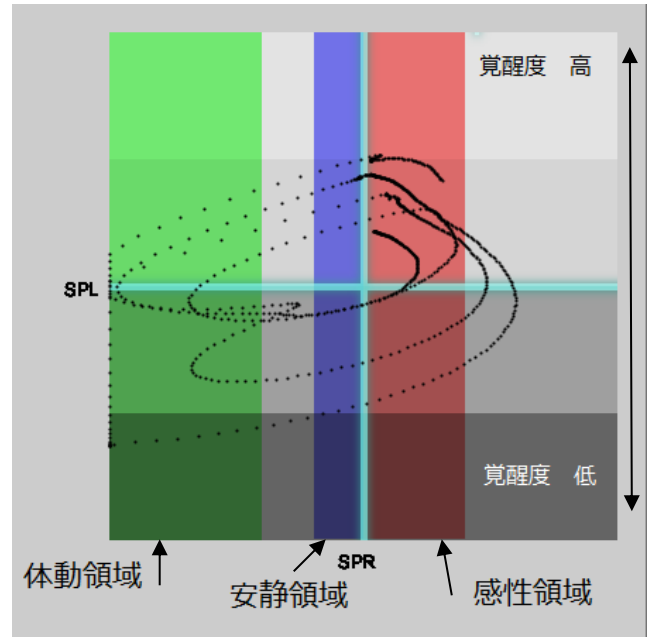


Fig. 7 体動時の SPT

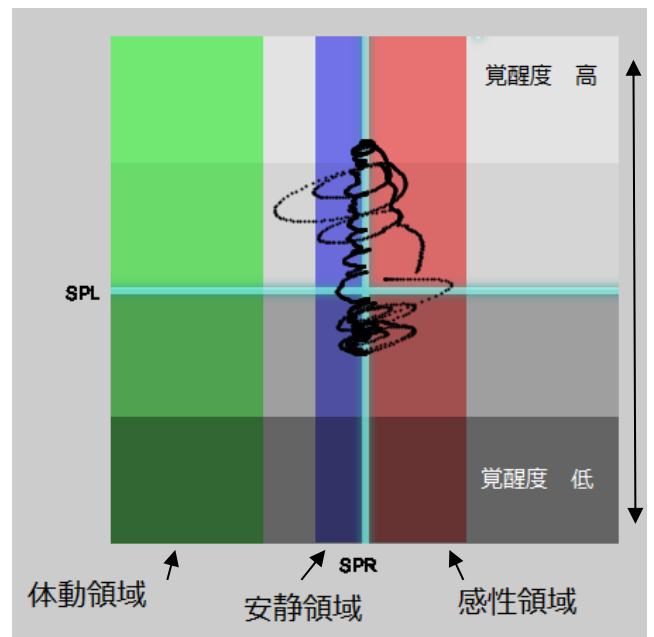


Fig. 8 画像視認時の SPT

Fig.7 は実際に深呼吸など軽い動作を行った時の様子を SPT で表したものである。正負が反転するポイントが体動領域内にあることがわかる。しかし、正負の反転が感性領域側へはみ出している。これは、体動時の SPR の値が大きいため、すぐに安静時の値には戻れずオーバーシュートしてしまうためであると思われる。したがって、領域を判別する際に、直前に体動領域側へ大きな SPR があった場合、次の感性領域側への SPR は無視すればよい。Fig.8 は画像視認時の様子を SPT で表したものである。画像視認時では安静した状態でモニターを見ているため、安静領域に留ま

っていることが多く、感性領域内に恐怖感、不安感による反応が見られる。SPTを用いることで、このように心身状態と覚醒度を一度に判別することが可能である。

#### 4. シューティングゲームへの応用

実際のアプリケーションへの実装例として、シューティングゲームを制作した。Webでソースが公開されているシューティングゲーム[5]を基に、外部入力として皮膚電位計を繋げたものである。プレイヤーはゲームに熱中すると体が思わず動いたり、呼吸が変化したりする。また、危機的な状況になると焦りや緊張などが生じる。慣れ、あるいは何事にも動じていなければ安静状態と変わらない。こうしたプレイヤーの情報をゲームに反映させるものである。SPTを用いれば、領域内にプロットされた点があるかないかというシンプルな記述でこの心身状態の判別ができる。例として体動領域の判別の記述を Fig.9 に示す。変数 mx, my が SPT による皮膚電位のプロットされた座標である。

ゲーム内のプレイヤーのアバターにプレイヤー自身の心身状態の情報をフィードバックすることで、ゲームへの没入感、感情移入を促進することができる。

Fig.10 にゲームのスクリーンショットを示す。左側がメインとなるゲーム部分で、右上が SPT 画面、右下には現在

```

192:
193: //体動領域の判別
194: if((mx > 600)&&(mx < 700)){
195:     if((my > 0)&&(my<90)){ //1 段目、最も覚醒度が高い
196:         potential_g = 20;
197:         text("Calm down!!", xp, yp);
198:     }else if((my>90)&&(my<180)){ //2 段目
199:         potential_g = 15;
200:     }else if((my>180)&&(my<270)){ //3 段目
201:         potential_g = 10;
202:     }else {
203:         potential_g = 5; //4 段目、最も覚醒度が低い
204:     }
205: }else{
206:     potential_g = 0; //体動領域内にいない
207: }
208: //open pad

```

Fig.9 シンプルな判別の記述

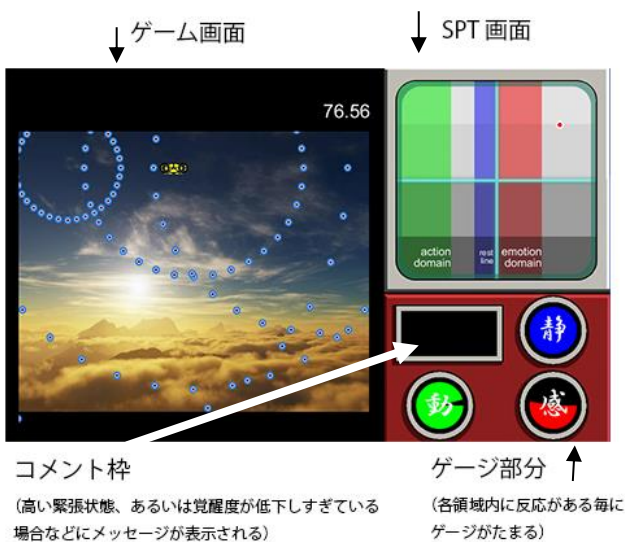


Fig. 10 ゲーム画面のスクリーンショット

のプレイヤーの心身状態をわかりやすく表示するためのゲージ、コメント枠を設けた。今回のゲームでは、体動領域に反応が出るたびにゲージが増え、そのゲージがある一定量溜まると別の攻撃手段が増える。また、安静状態をある一定時間維持するとまた別の攻撃手段が増え、緊張や焦りなどから感性領域に反応があると、攻撃の威力が弱まる設定にしてある。また、各領域では覚醒度によって分けられており、領域ごとにコメント枠に「cheer up」や「calm down」といったその際の心身状態に合わせたメッセージが表示され、ゲームとプレイヤー間でのコミュニケーションを図っている。

#### 5. おわりに

皮膚電位を用いた人と機械間のコミュニケーションツールの提案を行った。皮膚電位軌跡(skin potential tracker: SPT)を用いることにより動作時、安静時、情動変化時を視覚的に判別することが可能であることが検証実験から分かった。

また、SPTのアプリケーションへの実装例として、シューティングゲームの試作を行った。プレイヤーの心身状態の変化をゲームに反映させるとともに、その心身状態に合わせたメッセージを表示させることでプレイヤーとゲーム間におけるコミュニケーションを図った。

心身状態を簡易的に知ることができるという点で、介護ロボットやインタラクティブアート、ヒューマンエラーの防止など様々な利用に期待ができる。

#### 参考文献

[1] 大林 史明, 富田 和宏, 服部 瑤子, 河内 美佐, 下田 宏, 石井 裕剛, 寺野 真明, 吉川 榮和: オフィスワークの生産性改善のための環境制御法の研究 - 照明制御法の開発と実験的評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006, Vol.1, Paper No.1322, pp.151-156, 2006.

[2] 柴崎晃一, 光吉俊二: 抑揚からの感情認識の評価 - 感性制御技術(ST)の評価と、人間の感情の評価方法について -, 信学技報, pp.45-50(2005).

[3] 則次俊郎, 井上浩行: 皮膚電気反射を利用したマスタ支援型ロボットによる人体に対する安全接触做い作業, 日本機械学会論文集, 67 巻, 659 号, pp.148-153(2001).

[4] Kiyoko Shirai, Yoshitake Yamamoto, Hiroshi Okuda: Consideration of Formative Mechanism of Electrodermal Activity-Skin Potential Activity and Skin Impedance Change-, ISLIS, Vol.21, No.1, pp.231-239(2003).

[5] Wise9, <http://www.wise9.jp>