

# ストレスを“測る”から“感じる”へ： 膨張型インターフェースによる主観的体験の観察法

古川 耕太郎<sup>†1</sup>, 秋田 純一<sup>†1</sup>

概要: 本研究は、ストレスを「不安」と意味づける人もいれば、「挑戦」と捉える人もいる。本研究は、その“意味づけの多様性”を直感的に観察可能にするため、触覚・視覚的な外在化を行うフグ型インターフェースを提案する。ストレスを測ることではなく、“意味づけの違い”を浮かび上がらせることを目的とする。これにより、主観的体験の多様性を科学的に扱うための新たな枠組みを提示する。

## 1. はじめに

ストレス研究は心理学・認知科学・生理学・神経科学など多分野にまたがる。生理的反応の測定や質問紙を用いた行動変容など、分野ごとに研究は蓄積されてきたが、生理反応から解釈（意味づけ）、さらに行動変容までを連続的に扱う研究は少ない。またストレス自体に関しても、同一の生理指標であっても、「不安」「挑戦」「安心」などまったく異なる情動として解釈されることが知られている。しかし、その意味づけがどの段階で分岐し、どのように成立するかを観察可能にする手法は確立していない。

そこで本研究では、HRVなどの生理反応を膨張という視覚・触覚的变化として外在化することで、触覚と膨張・収縮は、数値指標とは異なる知覚経路を提供し、その可視化が意味づけの差異や立ち上がりの過程を観察できるようにする。この身体的フィードバックを通じて、主観的体験や意味づけの違いがどのように生じるかを捉えるシステムを構築することを目的とする。

## 2 関連研究

### 2.1 ストレスと意味づけの定義

本研究では、「ストレス」を外的刺激に対する生理的反応ではなく、その反応がどのように評価・意味づけられるかという認知的プロセスとして捉える[1]。

ここで扱う「意味づけ」とは、Park & Folkman[6]によれば、ストレス状況における出来事の解釈や意味の再構築を指す概念であり、出来事に対して個人がどのような価値・意味を見出すかという主観的プロセスとして位置づける。

HRV（心拍変動）などの生理指標はストレスの兆候として広く利用されてきたが[3]、本研究はそれらを数値のまま扱うのではなく、膨張・収縮という触覚的变化として外在化し、意味づけの差異を観察可能とすることを目的とする。

### 2.2 ストレス研究の潮流

ストレス研究は心理学・認知科学・生理学・神経科学・HCIなど多分野にまたがる心理学では、認知的評価モデルが「出来事をどう意味づけるか」がストレス体験を形づくる要因とされ[1]、健康科学ではCohenら[2]による自己報告尺度が長く中心的手法となってきた。生理学ではHRVが自律神経変化の代表的指標とされ[4]、皮膚電気活動などの生体信号整理も進む[5]。さらにPark & Sundar[6]は触覚フィードバックが社会的肯定感に影響しうると示し、Takashimaら[7]はぬいぐるみ型デバイス Hugvie を用い、接触が情動伝達を変化させることを報告している。これらは、ストレス理解が生理測定だけでなく身体的感覚を媒介として拡張しうる可能性を示している。

### 2.3 本研究の位置づけ

HCIでは、主観的体験を可視化するだけでなく再構成するインターフェースが注目されている。これは効率だけでなく、ウェルビーイングや意味構築まで含めた体験設計の潮流とも重なる。しかし、同じ生理反応であっても「挑戦」「不安」「安心」など異なる情動として立ち上がる意味づけの分岐自体を扱う研究は多くない。私は、同一の生理変化から異なる情動が立ち上がる経験を複数回持つが、それは個人の主観にとどまり、その差異がどのように生まれるかを観察する枠組みは十分に整っていない。そこで本研究では、心拍変動を膨張・収縮という触覚・視覚的变化へと外在化し、数値の前段階で立ち上がる意味の差異を観察可能とするシステムを構築する。次節では、そのシステム設計とインターフェース構成について述べる。

<sup>†1</sup> 金沢大学融合学域  
kotaro0530@stu.kanazawa-u.ac.jp

### 3 システム設計

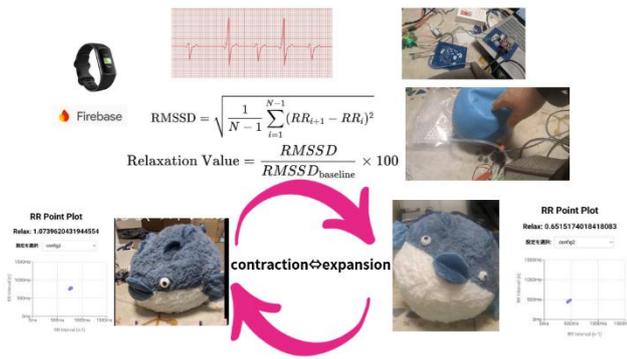


Figure 1. システム構成

本研究で構築したシステムの設計について述べる。本システムは以下の5つの要素からなる (Fig.1)。

1. センシング (Fitbit→Firebase)
2. RR 取得と RMSSD 算出
3. 相対誤差ベースのリラックス指標生成
4. ポンプ+バルブ制御
5. 膨張/収縮による身体フィードバック呈示

まず1.では、Fitbit Charge 5 を用いて心拍データを取得する。なお Fitbit の仕様上、実際には約 30 秒程度の遅延が生じ、完全なリアルタイム性は今回のプロトタイプでは実現していない。Polar H10 などのリアルタイム取得が可能なデバイスも存在するが、本稿では入手性・利便性の観点から Fitbit を用いる。Fitbit から取得した心拍系列 (beat-to-beat series) を Firebase にサーバに転送し、そこから RR 間隔 (いわゆる心拍周期) を算出する。さらにこのデータから副交感神経系の指標として広く用いられている RMSSD を計算し、ユーザごとの ベースライン値を算出する。なお本研究ではベースライン値を Fitbit 心拍データから RMSSD を算出し、この RMSSD の 3 分間移動平均をベースライン値として設定した。対する相対値として「リラックス値」を求める。なお、RMSSD は次式で算出する。ここで  $RR_i$  は、心拍系列から得られる  $i$  番目の拍動間隔 (R-R 間隔) である。また  $N$  は、RMSSD を算出する対象区間に含まれる拍動間隔 (R-R 間隔) の総数である。

$$RMSSD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (RR_{i+1} - RR_i)^2}$$

本研究では、さらに、リラックス値を「現在の RMSSD からベースライン値 (RMSSD の 3 分間移動平均) をひいた時系列の相対変動量」として算出した。このリラックス値は Bluetooth LE 経由で ESP32 に送信される。ESP32 はリレー回路を介して真空ポンプとソレノイドバルブを制御した。相対変動量が正方向に大きい場合には、ピラティスヨガボール (直径 20 cm) に空気を送り込んで膨張させ、逆に 負方向に大きい場合にはボールから空気を排出して収

縮させる。このピラティスヨガボールの外装としてフグのぬいぐるみを装着し、ストレスに応じて膨らんだり縮んだりするフグ型デバイスとして実装した。本システムでは、リラックス値の数値そのものに高い精度を求めるわけではなく、「値の変化どう体験として立ち上がるか」に焦点を置いている。特に「この膨らみは何を意味しているのか?」「なぜ今小さくなるのか?」といった、因果ではなく構造としての意味づけの立ち上がりを観察することを通じ、同一の生理指標がどのような経路で異なる解釈へ分岐しうるのか、また膨張・収縮がどのように意味づけへと変換されるかという構造に着目する。観察を通じて、同一の生理指標がどのような認知的経路を経て「緊張」「不安」「違和感」など異なる解釈へ分岐するのかを明らかにすることを目的とする。

ここでいう「意味」とは、膨張という生理現象を被験者が何と理解し、どの価値・情動に対応づけるかという解釈内容そのものを指す。つまり、センシングから情報抽出、触覚提示、そしてそれに伴う行動変容という一連の過程の中で、「意味」がどう生成し、どう変容し、どう他者と共有されるのかを明らかにすることを目的としている。

### 4 評価実験と考察

本システムで実装した、膨張・収縮による触覚フィードバックがどのように解釈されるかを探索的に観察するため、被験者 5 名 (いずれも成人男性・平均年齢 21.2 歳) を対象に予備的な試行を行った。被験者は一人ずつ、Fitbit を装着した状態で PC 上の簡単な Web クイズ課題に取り組みながら、机上のフグ型デバイスの膨張・収縮の様子を約 10 分間自由に観察した。セッション終了後、半構造化インタビューを行い、膨張の印象や「何を表していると感じたか」について口頭で回答を得た。なお、実施場所や時間帯などの環境条件は参加者間で完全には統一されていない。

インタビューからは、以下のような応答が得られた。

- 「挑戦前の緊張に近い感じ」
- 「なんとなく落ち着かない」
- 「正直、何を示しているのか分からない」
- 「膨らむこととストレスが直感的に結びつかない」

これらから、ストレス値が高いほど膨張するという設計意図に対して、おおむね納得する者もいれば、違和感を覚える者、意味づけ自体が困難だと感じる者もあり、同一のフィードバックに対して解釈が分岐しうる事が確認された。また、本実装では Fitbit による心拍取得に約 30 秒の遅延があり、参加者が「今こう感じている」ときの状態と、デバイスの膨張タイミングが必ずしも一致していない可能性がある。さらに、被験者ごとの環境条件 (場所・時間帯・周囲の状況など) が完全には揃っておらず、これらの違いも解釈に影響している可能性がある。本実験は、被験者数が少なく、また主観的報告に基づいており、今後の仮説生

成のための手がかりにはなりうるものの、一般化可能な知見や効果の証明として扱うことはできない。しかし、小規模ながら、膨張という単一の身体的フィードバックに対して複数の意味づけが立ち上がりうる点が観察された点は、「同じ生理指標から異なる意味が生成される構造」に着目するという本研究の問題意識に沿う初期的な示唆といえる。

## 5 まとめと今後の展望

本稿では、心拍変動を膨張・収縮という触覚的变化へと外在化するインタフェースを構築し、同一の生理指標から異なる意味づけが立ち上がりうる可能性を探索的試行について述べた。小規模な予備試行では、膨張に対して「緊張」「不安」「意味が分からない」など解釈が分岐する様子が得られ、触覚フィードバックが数値表示とは異なる知覚経路を生じさせる可能性も示唆された。一方で、評価実験から得られた所見は一般化可能な知見や因果的效果を論じる段階には至っていない。

今後は、Polar H10 などを用いたリアルタイム計測環境への移行や、実施環境とタスク条件を統一した実験計画の構築、光や数値表示など他のフィードバック手法との比較実験を行うことで、意味づけの生成過程とその分岐条件を検証していきたい。また非浸食的な生理的な反応の取得、リアルタイム計測環境の整備、実施条件を統一した実験計画の構築、光・温度・数値表示など複数のフィードバックとの比較など、仮説検証を段階的に進めることで、意味づけがどの段階で分岐し、どのような条件で共有可能となるのかを精緻に検証したい。

## 参考文献

- [1]Lazarus, R. S. and Folkman, S.: Stress, Appraisal, and Coping, Springer, 1984.
- [2]Cohen, S., Kessler, R. C. and Gordon, L. U.: A Global Measure of Perceived Stress, journal of Health and Social Behavior, Vol.24, No.4, pp.385–396, 1995.
- [3]Kim, H. G., Cheon, E. J., Bai, D. S., Lee, Y. H. and Koo, B. H.: Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature, Psychiatry Investigation, Vol.15, No.3, pp.235–245, 2018.
- [4]Boucsein, W.: Electrodermal Activity, Springer, 2012.
- [5]Park, Y. and Sundar, S. S.: Touching Technology: Exploring the Role of Haptic Feedback in Shaping Social Presence, Computers in Human Behavior, Vol.50, pp.349–357, 2015.
- [6]Takashima, K., Sugiura, Y. and Inami, M.: Hugvie: A Haptic Communication Device to Enhance Emotional Communication, Personal and Ubiquitous Computing, Vol.23, No.1, pp.67–81, 2019.