

ストレス計測のための鼻部皮膚温度計測デバイス

安福寛貴¹ 寺田 努^{1,2} 塚本昌彦¹

概要: 日常生活におけるストレスは自身では気づきにくいにも関わらず健康被害をもたらす。ストレスの要因が分かればその要因に対する対策を講じることができるので、ストレスを生体情報から自動的に検出することは健康管理における有力なツールとなる。ストレス評価は一般に脈波、脳活動、呼吸などの生理指標を用いて行われるが、計測装置が高額で、操作に専門知識を要するため、日常生活で使用することは難しい。そこで本研究では、鼻部皮膚温度がストレスによって低下する性質を利用してストレス計測が可能となるプロトタイプデバイスを作成した。センサをメガネに搭載できるアタッチメントを作成したので、メガネをかけるだけで提案デバイスを利用可能である。さらに、計測されたデータを基にストレスを感じた時間を算出することで、日常生活においてどの場面でストレスを感じたのかを把握するシステムを目指す。

A Wearable Sensor Measuring the Nasal Temperature for Stress Detection

YASUFUKU HIROKI¹ TERADA TSUTOMU^{1,2} TSUKAMOTO MASAHIKO¹

Abstract: Although the stress gives harm to one's health, it is hard to notice feeling it in everyday life. It is a powerful tool in health management to automatically detect the stress from biological information, because it is possible to take corrective action for that event, scenes in which stress is applied. Stress evaluation is generally carried out using a physiological index pulse, brain activity, and breathing in order to have universality and accuracy. However, it is hard to use the analyzers for measuring the index of these in everyday life, because these require expertise for operation and are expensive. In this study, we created a prototype device that makes it possible to measure stress by using the nature of nose skin temperature that decreases by feeling stress. The device is available by simply wearing the glasses. Furthermore, our goal is to create a system that tells us causes of stress by calculating the time in which we felt stress.

1. 研究の背景と目的

現代社会において、人々は様々な精神的負荷によりストレスを受けており、我々はそれらを避けて生活することはできない。ストレスは自律神経失調症などのメンタルヘルスを阻害する要因となっているばかりでなく、免疫機能に悪影響を及ぼしたり、様々な生活習慣病の遠因とも言われている。このため、家庭等において手軽に日々のストレスが計測できる装置への期待が高まりつつある。

そこで本研究では、ストレスを感じた瞬間を検知する機構の実装を目指す。

2. 提案システム

提案システムでは、ストレスなどの心理的要因によって鼻部皮膚温度が変化しやすいことに着目している。実際に、暗算、騒音下における作業、車の運転などのストレスによって鼻の皮膚表層部毛細血管の血流量を支配する自律神経系が活動して血管の縮小が起これば血流量は減少し、鼻部皮膚温度が低下することが実証されている。鼻部皮膚温度を用いたストレスの評価法に関する研究は多く行われており [1],[2],[3],[4]、その有用性が実証されてきた。しかし、既存の研究内容は鼻部皮膚温度の性質の調査に留まるものであり、実生活への応用や貢献については述べられていない。本研究では、簡易に利用できる提案システムを用いて日常生活におけるストレスの要因を特定し、今後の生活におけ

¹ 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University

² 科学技術振興機構さきがけ
PRESTO, Japan Science and Technology Agency

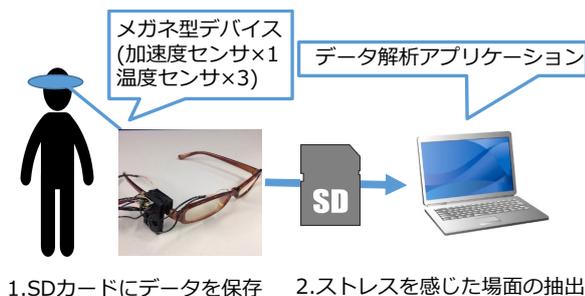


図 1 システム構成

るストレスを軽減することによって心の健康状態を保つことを想定している。

システム構成を図 1 に示す。鼻部皮膚温度を低下させる要因には「運動」、「環境温度への順応」、「ストレス感取」の 3 つがあり、それぞれ以下の仕組みで鼻部皮膚温度が低下する。

(1) 運動: 運動をした場合、自律神経系は筋肉の栄養補給のために皮膚表層部毛細血管を収縮させて筋肉への血流を優先するため、鼻部皮膚温度が低下する [5]。

(2) 環境温度への順応: 外界が寒くなると体の深部体温も低下するので、自律神経系は熱を逃がさないために皮膚表層部毛細血管の血管を収縮し、体内（内蔵など）の血圧を優先的に昇圧させるので、鼻部皮膚温度が低下する [6]。

(3) ストレス感受: 心理的变化に伴った自律神経系の活動は血管を拡張・収縮させ、このことによる末梢循環系の血流変化が鼻部皮膚温度の変化として反映される [2],[4]。

これらを区別するために加速度センサと 3 つの温度センサをメガネに搭載し、それらとデータを処理するためのマイコン、データ保存用の SD カードにより構成される。3 つの温度センサは鼻部、体幹部、周囲の温度を計測するためにそれぞれメガネの鼻あて、こめかみに接触するアタッチメント内側、アタッチメントの外側に配置する。提案システムは温度、加速度のデータを SD カードに csv 形式で記録し、記録したデータを PC に読みこませると以降で述べる認識手法によってストレスを感じた可能性がある時間を抽出する。

鼻部皮膚温度を用いるメリットとしては、メガネの鼻あての部分に温度センサを搭載するだけでシステムが利用可能であり、従来の生体ロギングと比較して装着コストが低く、長時間継続してデータを記録し続けてもユーザに負担を与えないことが挙げられる。

3. 認識手法

鼻部皮膚・環境温度低下の認識は、ローパスフィルタを適応してノイズを除去した鼻部皮膚・環境温度の 10 秒間ずつの平均値をとり、時系列順に隣り合う平均値を比較する処理を行う。平均値をとる区間を 1 秒ずつずらしてこの

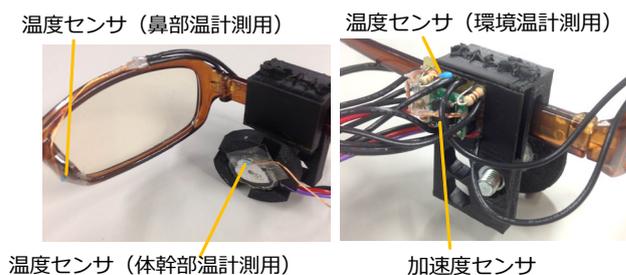


図 2 アタッチメント: 内側 (左) と外側 (右)

作業を繰り返し、この平均値が低下する箇所が 5 つ続いた場合、1 つ目を鼻部皮膚・環境温度低下の開始時間と認識する。運動の認識にはメガネに搭載された加速度センサの 10 秒間の計測値の分散値を算出し、その値を 3 軸について平均して時系列順に隣り合う値の大きさを比較する処理を行う。分散値を算出する区間を 1 秒ずつずらしてこの作業を繰り返し、分散値が増加する箇所が 5 つ続いた場合、1 つ目を運動の開始時間と認識して、分散値が低下する箇所が 5 つ続いた場合、1 つ目を運動の終了時間と認識する。

4. 予備実験

認識手法の精度を調べるために鼻部皮膚温度を低下させる 3 つの要因を与えた際の温度変化を調査した。実験の手順は、実験開始時から 5 分間は被験者を安静な状態に保たせ、次に、以下の 3 通りの要因を 5 分間与え、その後、15 分間再び安静を保たせた。実験はそれぞれ全て同じ部屋で実施され、室温はおよそ 25 °C に保たれていた。

(1) ストレスを与える: 英語の問題をできるだけ速く正確に回答するように伝え、解答開始と同時に平均 90dB の騒音をスピーカーから流した。

(2) 運動させる: 被験者それぞれのペースで 5kg のダンベルを用いて運動を継続させた。

(3) 環境温度が変化する: 室内から気温がおよそ 10 °C の室外へ移動させ、安静な状態を保たせた。

被験者は 20 代の男性 3 名で、(1) は全員、(2)、(3) はその内の 2 名に対して行った。(1)、(2)、(3) はそれぞれ独立して不連続に行われ、実験中部屋への人の出入りは無い。計測されたデータに認識手法を適応し、要因が起きた時間をそれぞれ出力する。この時間が、実際に要因を与えた時間に含まれる場合は要因を識別したと見なす。それぞれの実験について、認識すべき要因は 1 回ずつなので正解数を 1 とし、それぞれの実験結果から適合率、再現率、それらの調和平均である F 値を算出した結果、全ての要因を 100% の再現率で取りこぼし無く認識し、運動、環境温度の変化については平均 87.5% の適合率で正確に認識した。このことより、3 つの要因を区別できることがわかった。



図 3 デバイスを装着した様子



図 4 提案アプリケーション

5. 実装

3D プリンタを用いて様々なメガネに容易にセンサを着脱できるアタッチメントを作成した。これにより、外観を損なわず、自分の普段使っているメガネを用いてシステムを利用できる。温度センサは村田製作所の NXFT15XH103FA2B、加速度センサは Kionix 社の KXR94-2050 を使用し、それらを制御するマイコンは Arduino nano である。温度センサのサイズは計測部分で直径 1.2mm であり、メガネの裏に十分隠れるサイズである。アタッチメントを図 2、デバイスを装着した様子を図 3 に示す。

アプリケーションとしては、保存された温度データと加速度データからストレスを感じた時間を抽出するシステムを実装した。開発は Windows 7 上で Microsoft Visual C# 2013 を使用して行った。本アプリケーションは、ライフログにおいてウェアラブルカメラなどによって動画撮影されていることを想定し、算出されたストレス感取時間の部分の動画を切り出し、振り返りを容易にする機能をもつ。アプリケーションのスクリーンショットを図 4 に示す。アプリケーションの使用手順は次の通りである。温度、加速度データが記録された csv ファイルを読み込み、3 章で述べた認識手法で温度低下の開始時間を算出する。これらの処理が完了したら動画データを読み込み、ストレスを感じた可能性がある場面を抽出し、「次の場面・前の場面」ボタンを使ってそれらの場面を移動して動画を視聴する。ストレスを感じた場面ではないと判断した場合は、その場面をストレスを感じた可能性がある場面の候補から削除できる。画面右側には温度、変化点スコアデータの時系列グラフが表示されており、csv 形式で出力可能である。なお、ストレスを感じた場面を抽出するための変化点スコアの閾値は、検出場面数を確認しながら変更できるようになっている。提案アプリケーションを用いて、ユーザが日常生活におけるどのような場面でストレスを感じているのかを把握し、自身でそのような場面に対する対策を考えることによって心の健康状態を保つことを想定している。

6. まとめと今後の課題

本研究ではストレスと鼻部皮膚温度の関係に着目し、ストレスを感じた場面をログするライフログシステムを設計、実装した。提案システムを用いて、鼻部皮膚温度を低下させる 3 つの要因を十分な精度で区別できることが分かった。今後はより多くの被験者に対して予備実験を行い、ストレス評価の指標として信頼性の高い心拍 RR 間隔 [7] と鼻部皮膚温度の変化を比較して算出された温度データの変化点を検出する適切な閾値を用いて日常生活での評価実験を行う。

参考文献

- [1] 平間雅博: 歯科における行動科学-ストレス認知が鼻部皮膚表面温度に及ぼす影響-, 小児歯科学雑誌, Vol. 38, No. 1, pp. 84-92 (Jan. 2000).
- [2] 隈元美貴子: ストレスおよびその回復の評価法に関する研究-鼻部皮膚温度と知覚レベルおよび心理状態-, 山陽論業, Vol. 16, pp. 39-48 (Dec. 2009).
- [3] T. Yamakoshi, K. Matsumura, H. Kobayashi, Y. Gotoh, and H. Hajime: Feasibility Study on Assessment of Driver's Stress from Differential Skin Temperature Measurement under Simulated Monotonous Driving, *Transactions of Japanese Society for Medical and Biological Engineering*, Vol. 48, No. 2, pp. 163-174 (Jan. 2010).
- [4] 坂田晶子: 顔と掌の温度分布変化による生活行動理解, 東京大学大学院工学研究科修士論文 (Feb. 2002).
- [5] 樫村修生, 中井誠一: サーモグラフからみた運動初期の皮膚温変動, 日本体育大学紀要, Vol. 11, pp. 55-60 (Mar. 1982).
- [6] 入来正躬: 体温調節と自律神経系, 東京女子医科大学雑誌, Vol. 63, No. 1, pp. 48-55 (Aug. 1993).
- [7] 福島卓司, 畦崎泰男, 井上 宏: 歯科診療刺激が自律神経活動に及ぼす影響-心拍数変動の周波数分析-, 歯科医学, Vol. 67, No. 2, pp. 195-200 (June 2004).