

ストレス負荷時における加速度脈波の計測光波長依存性

Estimation of Measurement Light Wavelength in Acceleration Plethysmography under the Stress

○ 佐々木 邦恭, 前田 祐佳, 水谷 孝一, 若槻 尚斗 (筑波大)

Kunichika SASAKI, Yuka MAEDA, Koichi MIZUTANI and Naoto WAKATSUKI, University of Tsukuba

Abstract: Acceleration plethysmography (APG) is one of the important indexes for daily health monitoring. APG has been to evaluate the arteriosclerosis. In addition, there is possibility that psychological stress is measured by APG. Ten subjects were recruited to participate in the experiment. They attached photoplethysmography (PPG) sensor with the Near-infrared and green lights on the fingertip. Measurement time is 23 minutes. Firstly, the green and Near-infrared PPG were measured for 10 min with the subjects resting. Secondly, the subjects were asked to do addition on PC. Then the subjects returned to a rest position. In order to estimate the stress, Higher-order Local AutoCorrelation was applied to APG. In seven subjects, we could detect the stress by the green PPG. Thus there is possibility that APG can be used to estimate stress.

Key Words: Acceleration plethysmography, Stress estimation, Higher-order Local AutoCorrelation

1. 背景

近年、職場や家庭での人間関係によるストレスなどが問題となっている。ストレスが改善されない状態が続くとイライラや不安感を抱くようになる。さらに慢性化すればうつ病などの精神疾患や胃潰瘍などの心身症、最悪の場合自殺に至る場合もある。これらを防ぐためにも、ストレスを計測し、適度に解消することは健康管理の観点から重要であるといえる。

これまで唾液などによってストレスの計測が行われてきたが、この手法は一般家庭での日々の計測には難しい⁽¹⁾。そこで近年注目されているのが脈波や加速度脈波である。脈波とは血管の容積変化を波形としてとらえたもの、加速度脈波は脈波を2階微分したものである⁽²⁾。従来、脈波や加速度脈波は動脈硬化度の指標としてのみに注目されていたが、近年ではストレスの影響の可能性も考えられており、脈波とストレスに関する研究も行われている⁽³⁾。脈波は光を用いて簡便かつ非観血的に計測できるという利点があり、測定に特別な技術を要さず誰でも簡便に計測が可能であるため、家庭でも日常的に計測を行える。これまで研究されてきた動脈硬化度に加えストレスに関する情報も提示されれば、ストレス性の症状などの早期発見が可能になることも期待される。

本研究では加速度脈波でストレスを測定する手法を考案する前段階として、加速度脈波を用いたストレス検出の検証を行った。また、計測光の波長によって計測領域は異なることから⁽⁴⁾、計測領域の違いが計測結果に与える影響についても合わせて検証した。

2. 実験

2-1 実験手法

Fig. 1 に実験系を示す。本実験では健康若年成人 10 名 (22.5 ± 0.53 歳, 身長 175.2 ± 5.71 cm, 体重 65.5 ± 7.32 kg) に対して安静状態とストレス負荷状態で脈波計測を行った。脈波計は反射形を用い、計測光には近赤外光 (SFH412, OSROM, ピーク波長 880 nm) と緑色光 (NSCG100A, Nichia Corp, ピーク波長 525 nm) を使用した。座位にて開眼・安静状態を保った後に 10 分間の脈波計測を行った。その後数値計算 (1 桁の足し算) によるストレスタスクを 3 分間試行し、再び安静状態にて 10 分間計測を行った。総計測時間は 23 分間、すべての

信号は A/D 変換ボード (NI USB-6211, National Instruments) を用いてサンプリング周波数は 1024 Hz にて PC に記録した。計測部位は左手の第 2 指指尖部とした。計算式はコンピュータに表示し、コンピュータにて答えを右手でキー入力した。なお本研究は当該倫理委員会の承認を受け、すべての被験者からインフォームドコンセントを得て実施した。

2-2 HLAC を用いたストレス負荷識別の手法

本実験では得られた加速度脈波に対し、高次局所自己相関特徴 (Higher-order Local AutoCorrelation = HLAC) を適用してストレス負荷時の識別を試みた。

HLAC とは次数を N 、画像の座標ベクトルを \mathbf{R} 、位置 \mathbf{r} における輝度 $f(\mathbf{r})$ 、 \mathbf{r} からの N 個の変位を $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \dots, \mathbf{a}_N$ とすると HLAC 特徴量は

$$x_f^N(\mathbf{R}) = \sum_{\mathbf{r} \in \mathbf{R}} f(\mathbf{r})f(\mathbf{r} + \mathbf{a}_1) \cdots f(\mathbf{r} + \mathbf{a}_N)$$

と表される。実際には次数は 2 次まで、変位も 3×3 で利用される。この場合変位のパターンは等価なものを除くと Fig. 2 に示すような 25 パターンとなり、これらの積を画像全体で足し合わせることで特徴量が得られる。あらかじめ通常時の特徴量を学習させることで、その特徴量との距離が大きい特徴量が得られた場合には、異常時の特徴量として検出することができる。本実験では加速度脈波を時間・周波数領域に変換して Fig. 2 に示す変位のパターンを計測データ全体での積を足し合わせて HLAC 特徴量を算出した。 $f(\mathbf{r})$ はその時のパワースペクトルのパターンを表す。また、計測開始 8 分までの加速

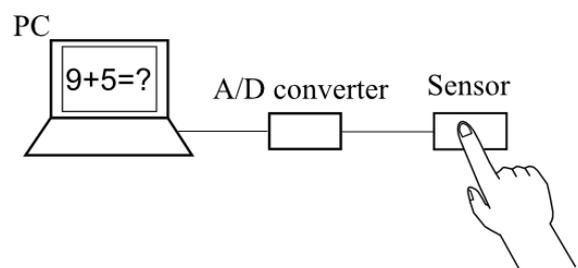


Fig. 1 Situation of experiment

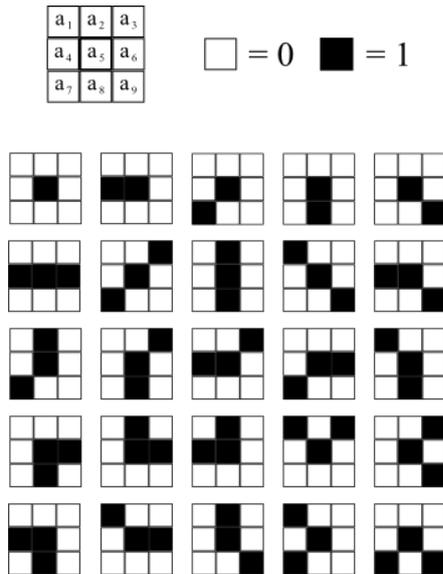


Fig. 2 Displacements of second order HLAC⁽⁵⁾

度脈波のデータを通常の加速度脈波とし、25個の変位のパターンに対応するHLAC特徴量を求めた。それらの特徴量の平均値を求め、加速度脈波全体から得られる特徴量との距離を計算した。この距離が遠い場合、その特徴量が得られた部分は通常の加速度脈波ではないと判定される。このような方法でストレス負荷の検出を行った。

ストレスと判定するしきい値は(計測開始8分までのHALC特徴量の距離の平均値) + (標準偏差) × 2と設定した。

3. 結果および考察

Fig. 3に典型例を示す。被験者10人中ストレスを検出できたのは近赤外光で6人、緑色光で7人であった。また、近赤外光でストレスが検出できた6人中5人で、緑色光でストレスが検出できた7人中4人で偽陽性の誤検出があった。これらの誤検出は主にストレスを負荷した後の安静状態で現れた。

実験結果より、従来脈波計測に用いられてきた近赤外光と、近年研究されている緑色光ともに同程度ストレスが検出可能であることが明らかとなり、Fig. 3(b)に示すように緑色光の方が検出精度に優れている例も見られた。これは近赤外光と緑色光の加速度脈波の振幅によるものだと考えられる。近赤外光での加速度脈波の振幅はFig. 3(a)に示すように振幅の変動が大きい傾向にあった。それに対して、緑色光の場合はFig. 3(b)より安定していることがわかる。この特徴の差が検出精度に関係しているのではないかと考えられる。

2回目の安静状態で偽陽性の誤検出が多く見られたのは、1回目の安静状態の時の加速度脈波と特徴量が異なりストレス状態だと判定されたためであり、負荷したストレスの影響が継続したためと考えられる。

4. まとめ

近赤外光と緑色光で加速度脈波を同時測定し、加速度脈波を用いてのストレス検出を行った。被験者10人中近赤外光で6人、緑色光で7人がストレスを検出できた。これらより、加速度脈波のストレス検出への応用の可能性が示唆された。

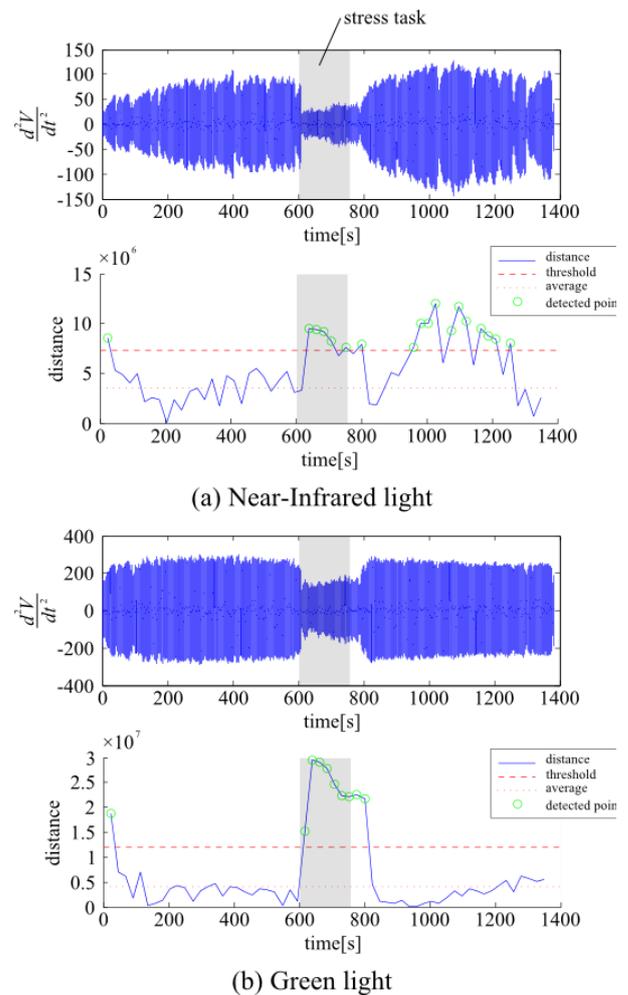


Fig. 3 Typical example of APG and distance from HLAC feature of normal APG about (a) Near-infrared light and (b) Green light

参考文献

- (1) 中根英雄, 浅見修, 山田幸生ら, “精神的ストレスマーカーとしての唾液中クロモグラニンA,” 臨床検査, vol. 45, pp.284-287, 2001.
- (2) 佐野裕司, 片岡幸雄, 生山匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺剛, 西田明子, 小山内博, “加速度脈波による血液循環の評価とその応用,” 労働科学, 61 巻, 3 号, pp.129-143, 1985.
- (3) 保坂栄弘, “光電式指尖容積脈波を用いた心理的ストレス度計測法の開発とその応用,” 総合研究所年報, vol. 28, pp133-136, 2008.
- (4) Yuka Maeda, Masaki Sekine, Toshiyo Tamura, “Relationship Between Measurement Site and Motion Artifacts in Wearable Reflected Photoplethysmography,” Journal of Medical Systems, vol. 35, issue. 5, pp. 969-976, 2008.
- (5) Akira Sasou, “ACOUSTIC SURVEILLANCE BASED ON HIGHER-ORDER LOCAL AUTO-CORRELATION,” IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing, 2011.