

暗算とスピーチ時の生体信号を用いた心理社会的ストレスの検出

加賀翔太郎[†] 増尾明^{†‡} 加藤昇平^{†‡}

[†]名古屋工業大学 大学院工学研究科情報工学専攻

[‡]名古屋工業大学 情報科学フロンティア研究院

1. 背景・目的

近年の日本はストレス社会と呼ばれ、人々は家庭や職場など様々な場所においてストレスに曝されている。また、ストレスによるメンタルヘルス不調は精神だけでなく身体にも悪影響を及ぼし、多くの病気の間接的な原因になるといわれている [1]。最近では、ストレスを原因とする精神障害の労災認定件数が増加していることを受け、2015年12月より厚生労働省が労働安全衛生法を改正するなど、メンタルヘルスケアは社会的な課題となっている。

こうした背景から、様々なストレス計測の研究が行われている [2,3,4]。その中でも特に生体信号を利用した生理学的評価法は、他の手法と異なり簡便かつ非侵襲な計測が可能であり、定量化が可能なため、ストレス評価法として有用である。しかし、これらの取組みの多くは単一の評価法を用いており、複数の生体信号を同時計測し、どの特徴がストレス状態の検出に貢献しているかを調べた研究は少ない。

そこで本稿ではストレス負荷の有無の2条件で心電心拍・脳血流・鼻部皮膚温度の計3種を同時計測し、得られた生体信号を分析することでストレス検出に有用な特徴を算出した。そして、選択された特徴を用いた予測モデルでストレス検出を行った。

2. 生体信号測定

2.1. 生体信号の選定

人が計算や車の運転などの作業による精神負荷や、騒音や暑さ・寒さなどの不快感による精神的ストレスを受けるとき、自律神経系活動の乱れに起因して生体信号に変化が生じることが先行研究により実証されている [3,4]。しかし、ストレスによる生体信号変化を適切に計測するためには計測がストレッサーとならないように

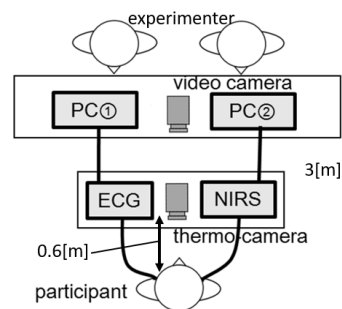


図1: 測定配置図



図2: 実験デザイン

細心の注意を払う必要がある。そのためには被験者への測定負荷が少ない生体信号を用いることが必要である。また、実用を考慮するとリアルタイム性に優れた生体信号であることが望ましい。本研究ではこれらの条件を満たす生体信号の中から心電図（ECG）、鼻部皮膚温度変化（NST）、近赤外線分光法（NIRS）による前頭前野の血流変化の計3種の生体信号について同時計測を行った。

2.2. 測定対象

16名の健常者（男性12名、20.2 ± 0.8歳）が測定に参加した。参加者が意識的にストレスを感じてしまわないよう、ストレス負荷実験であることを初めには説明せずに実験を行った。

2.3. 測定環境

外光が入り空調を25 [°C]に設定した静かな部屋にて測定を実施した。測定中、参加者には一般的なオフィスチェアに腰掛けさせ、食事とカフェインの摂取を2時間前から控えさせた。図1に本研究における測定配置図を示す。参加者にECG計測用の心電心拍モニターを装着し、その後NIRS測定器を前頭前野に装着した。サーモカメラは参加者の顔の正面になるよう設置した。

Psychosocial Stress Detection Using Biosignals during Mental Arithmetic and Speech

Shotaro KAGA[†], Akira MASUO^{†‡} and Shohei KATO^{†‡}

[†]Dept. of Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

[‡]Frontier Research Institute for Information Science, Nagoya Institute of Technology

^{†‡}Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya 466-8555, Japan
{kaga, masuo, shohey}@katolab.nitech.ac.jp

表 1: 各生体信号における特徴

計測部位	特徴名	特徴数
ECG	RRI, HR, HF, LF, LF/HF, CVRR, ccvHF, ccvLF	8
NIRS	・ 0.1-0.4 [Hz] の BPF を適用, 前頭前野の右側, 中央, 左側を加算平均 (Fr・Fc・Fl) ・ Right laterality ratio score : RLS を算出	4
NST	鼻背部における平均温度	1

2.4. 測定方法

本研究ではストレス負荷として心理社会的ストレス反応が実証されている Trier Social Stress Test [2]を一部改変して実施した. 図 2 に本研究における実験デザインを示す. 課題①と課題②中はビデオ撮影と実験者 2 名による評価のもと実験を行い, 実験者は参加者に意図的にプレッシャーを与えるため, 共感やうなずきと受け取ることができる動作を制限した.

3. ストレス検出モデルの構築

3.1. 特徴抽出

各測定区間においてストレス負荷に対する生体信号の遅れを考慮し初めの 10 [sec]を除外し, 残りのデータについて 15・30・45・60 [sec] の窓を均等にスライドしそれぞれを 1 サンプル長とした. サンプルの被り率はサンプル長によらず一定とし, それらの区間で表 1 の特徴を算出した. また, それらに対してさらに以下の 6 特徴を算出したため, 総特徴数は 78 となった.

- 平均, 最大, 最小, 範囲, 分散, 回帰直線の傾き

3.2. 特徴選択

本研究では Boruta [5]を用いた. この手法は偽の特徴を元の特徴と同数用意し, これらを合わせて Random Forest で訓練する. そして, 全ての偽の特徴より高い重要度を持つ特徴を訓練数分カウントし, そのカウントを検定統計量 T , 訓練数を n , $p=0.5$ とした時の二項分布を用いて検定を行い, 有意差がある特徴を採用する. 評価には, 学習に 15 名の参加者のデータを使用し, テストには学習データに含まれていない参加者 1 名のデータを使用する方法 (Leave One Subject Out Cross Validation : LOSOCV) を採用した.

3.3. ストレス検出

ストレス検出, 即ち各測定区間のサンプルの判別には機械学習の教師あり学習のうちの 1 つである Support Vector Machine (SVM) を用いた. 本研究における SVM は RBF カーネルを用い, ハイパーパラメータ $C \cdot \gamma$ は $2^{-5} \sim 2^5$ の範囲でグッドサーチにより決定した. 各特徴は参加者毎

表 2: 各モデルの 2 値判別結果 (F1score)

Model(All)	15[sec]	30[sec]	45[sec]	60[sec]
安静-暗算	0.662	0.642	0.649	0.638
安静-スピーチ	0.673	0.759	0.772	0.743
暗唱-暗算	0.568	0.626	0.706	0.652
暗唱-スピーチ	0.739	0.727	0.773	0.731
Model(Boruta)	15[sec]	30[sec]	45[sec]	60[sec]
安静-暗算	0.670	0.702	0.759	0.660
安静-スピーチ	0.681	0.783	0.784	0.750
暗唱-暗算	0.652	0.690	0.771	0.656
暗唱-スピーチ	0.740	0.757	0.794	0.743

に標準化し, 全ての特徴を用いたモデル (All), 選択された特徴を用いたモデル (Boruta) をそれぞれの測定区間の組み合わせとサンプル長毎に実装した. 各モデルについて LOSOCV を実施し, その平均を評価値とした.

4. 結果と考察

表 2 にストレス検出の結果を示す. 全モデルについて, 特徴選択によりスコアが向上することを確認した. 1 サンプル長が 45 [sec]のとき最も高い検出精度の F1score 0.794 となった. また, 全モデルかつ参加者全員について選択された特徴は鼻部皮膚温度の回帰直線の傾きであった. これは, 単調な暗算課題により生じるストレスの検出にも有用であることが先行研究 [6]でも示唆されており, ストレスの検出に有用な特徴であることがより強調される結果となった.

今後は追加の測定を行い, より実用的なストレス検出モデル構築を目指す.

参考文献

- [1] 厚生労働省. ストレスチェック制度について, <https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzen/eisei12/pdf/150422-1.pdf>, (2019/10/23).
- [2] Kirschbaum C, Pirke KM, Hellhammer DH. The 'Trier Social Stress Test' - A Tool for Investigating Psychobiological Stress Responses in a Laboratory Setting, Neuropsychobiology, Volume 28, pp.76-81, 1993.
- [3] F.Shimono, M.Ohsuga, H.Terashita. Method for assessment of mental stress during high-tension and monotonous tasks using heart rate, respiration and blood pressure, The Japanese Journal of Ergonomics, Volume 34, Issue 3, pp.107-115, 1998.
- [4] 隈元美貴子, 柳田元継, 保富貞宏ほか. 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-, 小児歯科学雑誌, vol.46, no.5, pp.578-584, 2008.
- [5] Kursa, M. B., Rudnicki, W. R. et al. Feature selection with the Boruta package, J Stat Softw, Vol. 36, No. 11, pp. 1-13, 2010.
- [6] Shotaro Kaga, Shohei Kato. Extraction of useful features for stress detection using various biosignals doing mental arithmetic. IEEE Life Tech 2019, Vol.1, pp.153-154, 2019.