

非接触型ストレス測定法の開発に向けた基礎的研究

源城かほり*, 蒲原大季*

Basic Research for Development of Non-contact Stress Measurement Method

by

Kahori GENJO*, Daiki KAMOHARA*

A subject experiment was conducted with the aim of developing a method for measuring stress using speech as non-contact information among human physiological responses. Compared to contact-type physiological reaction measurement methods such as salivary amylase activity, non-contact-type stress measurement methods can measure stress state in a short time without interfering with work because the measurement stress on the subject is small. Since the pitch and level of speech may be different between normal and stressed states depending on the behavior of the vocal cords, this study aims to develop a non-contact stress measurement method using speech. As a result of the subject experiment, regular changes were confirmed between the salivary amylase activity value, which is the contact physiological index of the subject before and after the task, and the formant value, F2-F1, which is the voice index and is the non-contact physiological index, with the exception of a few subjects.

Key words : stress, voice, salivary amylase activity, formant, non-contact method

1. はじめに

近年,WHO は身体的健康だけでなくメンタルヘルスの重要性和緊急性を喚起している¹⁾。日本においても,2015年12月から厚生労働省がストレスチェック制度を義務付けるなど,職場におけるメンタルケアの重要性が高まっている。このようなストレス社会において,オフィスワーカーのメンタルヘルスケアの確保とオフィス環境の改善は喫緊の課題であり,ワーカーのストレス状態を把握することが重要となっている。本研究では,人間の生理反応のうち,音声という非接触型の情報を用いてストレスを測定する方法を開発することを目的として被験者実験を実施した。非接触型ストレス測定法は,唾液アミラーゼ活性値のような接触型の生理反応測定法と比べて,被験者への測定ストレスが小さいため,業務を妨害することなく短時間でストレス状態を測定できるという利点がある。ストレス状態では発声器官である声帯に関係する筋肉の動き

や気道液の粘性が影響を受けるといわれている²⁾。したがって,声帯の挙動に依存する音声のピッチとレベルも,通常状態とストレス状態では異なることが考えられる。本研究ではこのことを利用して,音声による非接触型ストレス測定法の開発を目指す。

2. 音声データの解析方法に関する検討

音声データの解析方法について検討するために,学生1名の疲労が溜まっていない通常の状態と,労働後の疲労状態においてUSBマイクを用いて音声を集録した。集録した音声をフーリエ変換し,以下に示す式を用いて音圧レベルの分散を求めることによって疲労状態を推測する²⁾。

$$\text{レベルの分散} = \frac{\sum(\text{各分析区間のレベル} - \text{レベルの平均})^2}{\text{分析区間数}}$$

Fig.1 に通常の状態と労働後の疲労状態における音声のスペクトルを示す。図の横軸に示す周波数が音の

平成**年**月**日受理

* 長崎大学大学院工学研究科 (Graduate School of Engineering, Nagasaki University)

高さを表し、図の縦軸が音圧レベル、つまり音の強さを示している。これより通常状態に比べて疲労状態では、声帯の振動によって生じる山谷が大きいいため、疲労は声帯の挙動に影響を与えている様子が読み取れる。

また、Fig. 1 で用いた音声データをフォルマント^{注1)}ごとに第 1~4 群と分別し、各群の音圧レベルの分散状態を Fig. 2 の箱ひげ図に示す。図より疲労状態では、通常状態に比べて偏差が小さくなっている。つまり音圧レベルの分散が小さく、ピッチや音圧レベルの変動に示す周波数幅が小さい疲労状態では声帯の挙動が小さくなることがわかった。

3. 被験者実験

3.1 実験対象室

本学工学部 1 号館 5 階の学生実験室 1 室にて実験を実施した。被験者用の机と椅子以外の室内の什器は白色の模造紙で覆った状態で実験する。室内は Fig. 3 に

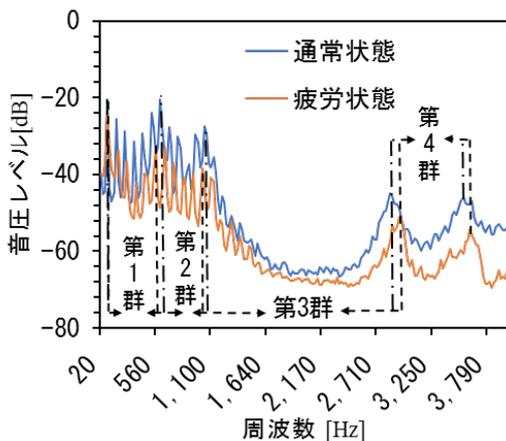


Fig. 1 学生 1 名の音声のスペクトルの通常状態と疲労状態の比較

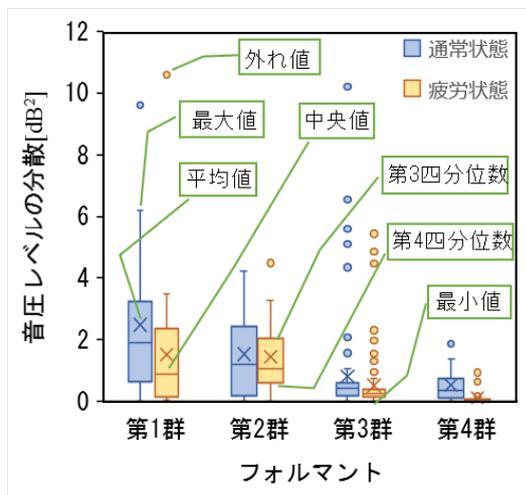


Fig. 2 音声のフォルマント別分散状態

示すようにパーティションにより 2 つのスペースに区切られている。スペース 1 では被験者に対して、実験概要の説明、フリッカー値と唾液アミラーゼ活性値の測定を行う。スペース 2 は後述のように植物とブラインドの開閉に関する実験条件を変えて実験を行うスペースである。ここで被験者は、アンケートと自覚症しらべに回答し、音声の測定の他に、1 条件につき 10 分間のタイピングテストを負荷として実施する。空調条件について温度は 26°C で湿度は成り行きとした。

3.2 被験者属性

被験者は本学の 21~23 歳の男子学生 10 名である。喫煙者は 5 名、非喫煙者は 5 名で、平均年齢は 22.2 歳である。被験者の着衣は自由とした。実験開始前 24 時間の飲酒がないことと、実験開始前 3 時間は喫煙がないことを各被験者に確認した上で実験を実施した。

3.3 実験方法

2018 年 12 月 11 日から 2019 年 1 月 11 日までの 10:00~16:00 の間、被験者ごとに同じ曜日と時間で実験条件を変更しながら実験する。1 条件 1 時間程度の実験を 2 度に分けて行う。実験のフローを Fig. 4 に示す。

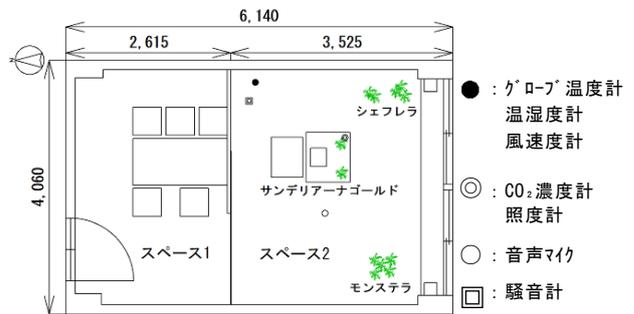


Fig. 3 実験室平面図

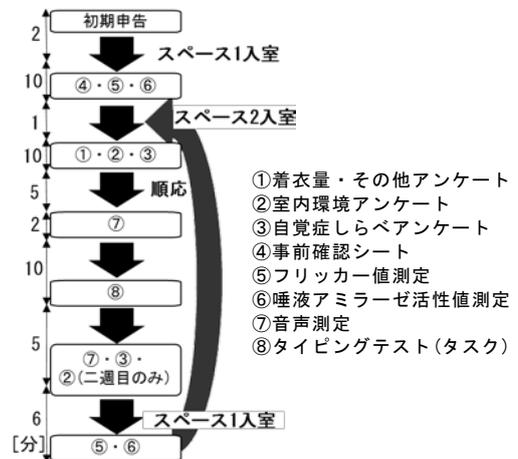


Fig. 4 実験フロー

Table 1 に調査項目・調査方法を示す。調査項目は大きく分けて、室内物理環境と被験者の生理量、心理量、知的生産性の4種類に分類される。生理量の一つの指標として非接触型生理指標である音声を測定しており、実験室入出後とタスク終了後、実験条件変更後の3度にわたって、被験者に「先生おはようございます」という短文を続けて3回発声させステレオマイクに録音した。この短文は日本語の基本5母音を全て含んでいることに加え、学生が日常生活で頻繁に用いることから選択した。

得られた音声データは、音声の物理的な特徴量を元に喜怒哀楽や気分の浮き沈みといった感情を判定するAIであるEmpath³⁾を用いて解析しEmpathから得られるjoy, calm, anger, sorrow, energyの5種類の数値を算出し、ストレス予測のために用いることができるかについても検討する。

3.4 実験条件

Table 2 に示すとおり、実験条件は植物の有無とブラインドの開閉をパラメータとする4条件である。実験に用いた植物は、既往研究⁴⁾においてグリーンメンタルヘルスケア効果の高かった観葉植物であるモンステラ、サンデリアナゴールド、シェフレラの3品種である。Photo 1(c), (d)に示すとおり、サンデリアナゴールドはスペース2の机上面前方両側に小鉢を1個ずつ設置し、他の2品種は窓面下の両側の床に設置した。

3.5 実験結果

(1) Empathによるenergyレベル

Empathから得られた5つの数値のうち、energyがストレスの指標になり得るのではないかと考え、タスク前後でこの値を比較した。Fig. 5にタスク前後のenergyの比較を被験者aから被験者jまで被験者別に示す。

Table 1 調査項目・調査方法

調査内容	調査項目	調査方法	調査頻度
室内物理環境	温湿度	エスベミック製 RS-14	常に測定
	騒音	FUSO製マルチ環境測定器LM-8102	
	照度		
	風速	アイ電子技研製 V-01-AND2	
	緑視率	デジタルカメラ (D3300LKBK) 魚眼レンズ (AF DX Fisheye-Nikkor 10.5mm f/2.8G ED)	
	二酸化炭素濃度	FUSO製MCH-383SDJ	
生理量	唾液アミラーゼ活性値	唾液アミラーゼモニター(NIPRO製DM-3.1)	タスク前後に測定
	フリッカー値	フリッカー値測定器II型 (竹井機器工業自動型I.K.K.501c)	
	音声	高音質ステレオマイク (OLYMPUS製 LINEAR PCM RECORDER LS-10)	
		音声編集ソフト (Audacity 2.3.0) 音声感情解析AI (Empath) 音声分析ソフト (WaveSurfer)	
心理量	アンケート	SAPIに基づくWebアンケート ※自覚症しるべを含む	タスク前後に測定
知的生産性	誤入力率		実験条件ごと一回ずつ測定
	打鍵スピード	タイピングテスト(タイピスト)	

Table 2 実験条件別緑視率^{注2)}

実験条件	植物	ブラインド	緑視率(%)
Cycle 1	無し	開	1.5
Cycle 2	無し	閉	0
Cycle 3	有り	開	6.7
Cycle 4	有り	閉	5.1

(a) Cycle 1



(b) Cycle 2



(c) Cycle 3



(d) Cycle 4



Photo 1 実験条件

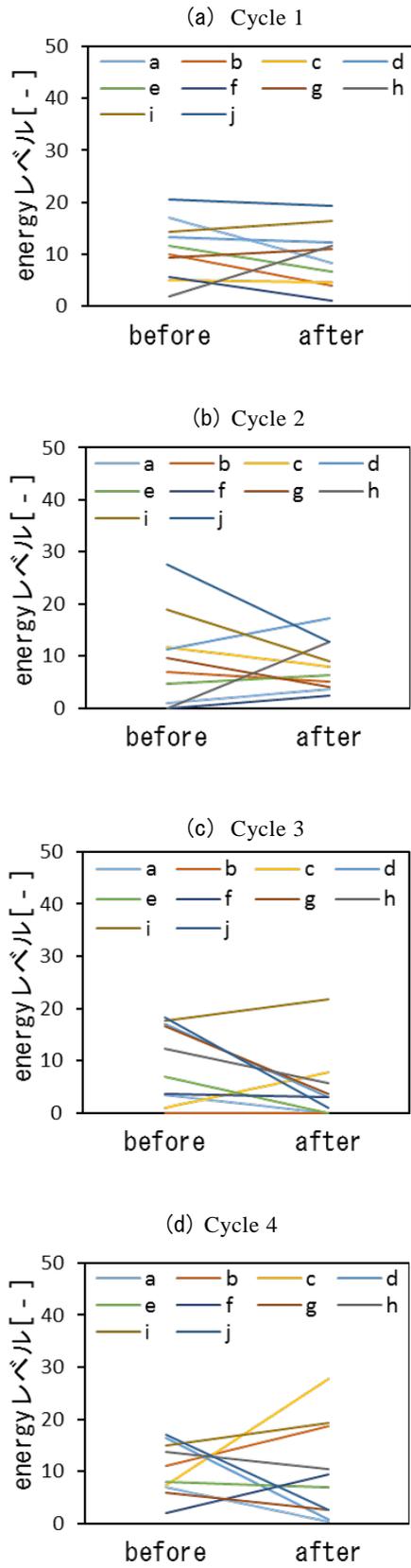


Fig. 5 タスク前後における被験者の energy レベル

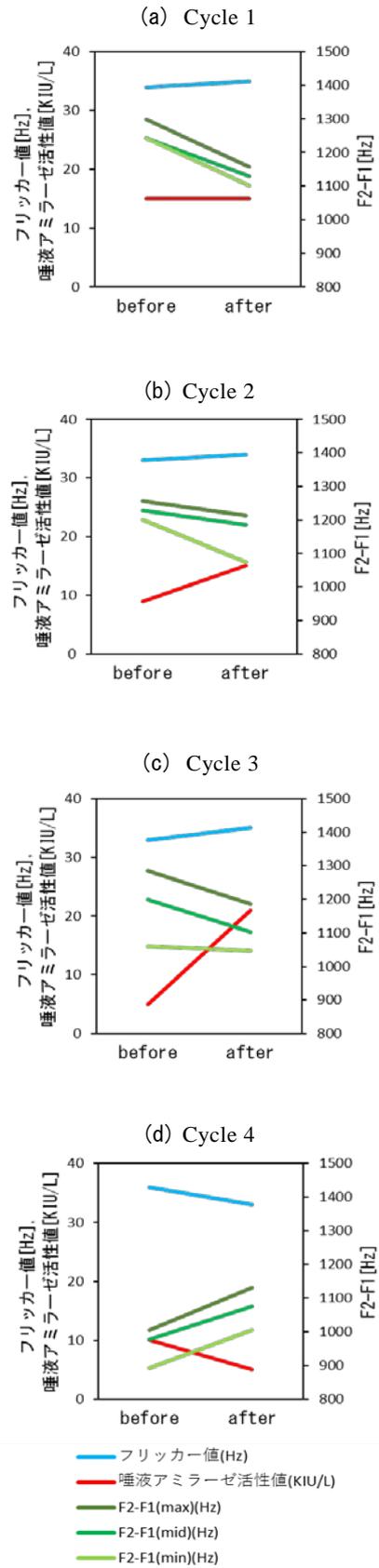


Fig. 6 被験者 a のタスク前後における F2-F1, フリッカー値, 唾液アミラーゼ活性値の比較

図よりタスク前後の energy 値の変動は不規則であり、一定の傾向は見出せなかった。他の指標についても検討したが、同様であった。このことから、Empath から算出される値から直接的にストレス状態を予測することは難しいと考えられる。

(2) WaveSurfer によるフォルマント分析

音声波形を表示し分析するフリーソフトである WaveSurfer を用いて音声データをスペクトル化し、LPC スペクトル (スペクトル包絡)^{注3)}として波形表示する。表示されたスペクトル包絡の極大点はフォルマント^{注4)}に相当する⁵⁾ため低い周波数から順に第1フォルマント(F1), 第2フォルマント(F2)として各フォルマント周波数とその優勢さを計測し、さらに、被験者ごとに F2-F1 を求め、タスク前後の各生理量と比較する。被験者 a を代表として比較した結果を Fig. 6 に示す。図より F2-F1 と唾液アミラーゼ活性値との間に実験の前後で負の相関があることが確認できた。またこのことがサイクルによっては確認出来なかった被験者が3名見られたが、理由としてはいずれも音圧レベル (音の大きさ) が他の被験者に比べて小さかったことが挙げられる。

4. まとめ

人間の生理反応のうち、音声という非接触型の情報を用いてストレスを測定する方法を開発することを目的として被験者実験を実施した。その結果、タスク前後における被験者の接触型生理指標である唾液アミラーゼ活性値と、非接触型生理指標である音声の指標であるフォルマントの値である F2-F1 の間に、数名の被験者を除けば規則的な変動が確認できた。被験者実験でストレスの変動が当初の想定に反して確認できなかった原因としては、タスクの負荷量がタイピングに慣れている学生にとっては小さく不十分であったことや、一度の実験時間が1時間程度であり各実験条件への曝露時間が各30分程度ずつと短く環境条件の変化の影響をすぐには測定できなかったことが考えられる。今後はもう少し長い曝露時間を設定し、ストレス評価に用いることができ得ると考えらえる接触及び非接触

の生理指標の経時変化をもっと細かく測定し、評価する必要がある。また、F2, F2-F1 と唾液アミラーゼ活性値との間に実験の前後で負の相関を確認できたことから、人間はストレスを感じると舌が口腔内で奥へ行くことが考えられる。今後は、適切な負荷量を与えるなど、実験条件を整えた上で改めて被験者実験を行い、音声を用いた非接触型ストレス測定法について検討する予定である。

謝辞: 実験に協力いただいた被験者の皆様に謝意を表す。なお、本研究の解析には元長崎大学工学部工学科構造工学コース4年高橋智弥君の労を多とした。

参考文献

- 1) WHO, メンタルヘルスケアアクションプラン 2013-2020, 第66回WHO総会資料, 2012.
- 2) 松本直司, 早川昭二, 原田将治: 音声からのストレス状態検出技術, FUJITSU.65,4pp.46-52, 2014.
- 3) Web Empath API, <https://webempath.net/lp-jpn/>
- 4) 源城かほり, 松本博, 緒方伸昭, 中野卓立: オフィス空間への植物設置によるメンタルヘルスケア効果に関する実証研究, 日本建築学会環境系論文集, Vol.83, No.743, pp.1-10, 2018.
- 5) 石井直樹: フリーソフトを用いた音声処理の実際, pp.133-142, コロナ社, 2018.

注

- 1) 音声の主成分周波数及びその共振成分のピーク部分のこと。
- 2) 被験者がデスクに着座し、パソコンに向かって作業している状態での視野全体に占める植物など自然の緑が占める割合を、魚眼レンズ付きデジタルカメラで撮影した画像全体のピクセル数における自然の緑のピクセル数の割合として算出している。
- 3) 音声信号から線形予測法 (liner prediction coding, LPC) という数学的方法により推定された声道 (口腔) の周波数特性である。
- 4) 第1フォルマントは口腔の開口度に関係しており、口が開くほどF1は高くなる。一方、第2フォルマントは口腔内での舌の位置に関係しており、舌が奥のほうにあるとF2は低くなる。