

IoT 機器連携システムを利用した ストレス改善に関する基礎的検証

池内 紀貴^{1,a)} 酒井 恵梨香^{1,b)} 鈴木 秀和^{1,c)}

概要: 新型コロナウイルス感染症の影響により、外出自粛や在宅勤務といった生活様式の変化が強いられている。そのため、自粛疲れなどによる精神的ストレスが懸念されており、急性および慢性的なストレス状態はうつ病などの精神疾患を引き起こす可能性に繋がるため、社会的に問題視されている。本研究では居住空間における温度や湿度、香りなどの環境変化がヒトの精神的ストレスに与える影響に着目し、スマート家電や IoT 機器を有機的に連携させることにより居住環境の快適化を行い、定期的なストレス改善と良好なストレス状態の維持を目指す。様々な規格の IoT デバイスの連携動作を実現するために、筆者らが提案してきた iHAC Hub を活用し、スマートミラーを通じてユーザーに健康的居住環境の改善のための機器制御レコメンドを提供する。本稿では、IoT 機器の制御によってもたらされる居住空間における香りの変化に伴うユーザーのストレス変動について、市販のスマートウォッチで検知することが可能か検証する。

A Basic Examination of Stress Improvement Using IoT Device Cooperation System

NORIKI IKEUCHI^{1,a)} ERIKA SAKAI^{1,b)} HIDEKAZU SUZUKI^{1,c)}

1. はじめに

仕事や職業生活に関して日常的にストレスを抱える人が多く、メンタルヘルス対策などの健康促進支援が注目されている。慢性的なストレスを抑えるには十分な睡眠や QOL (Quality of Life) の向上が望ましいが、そもそもストレス下においては睡眠障害や自己管理に影響が生じるといった課題が存在する。さらに、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の蔓延に伴う精神的ストレス負荷により、ストレス状態が悪化し、深刻な精神疾患に繋がる危険性がある。WHO (World Health Organization) の報告によると、代表的な精神疾患の一つであるうつ病を発症した患者は年々増加傾向にあり、2015 年時点で世界中の精神疾患患者の数は 3 億 2200 万人に達していると推定している [1]。

そのため、新型コロナウイルスの影響を受けてより一層メンタルヘルス不調者や精神疾患患者の増加が想定され、社会的な問題となっている。

このようなメンタルヘルス不調者を減らすためには良好なストレス状態の維持が必要であるため、日常的にストレスの推定および改善が求められる。これまでも精神的ストレスの研究は多く行われており、心電図や脳波計といった専門的な医療機器から計測した心拍や脳波の変動解析によるストレス推定手法などが提案されてきた [2, 3]。しかし、これらの医療機器は長時間にわたり身体に電極を取り付ける必要があるため、ユーザーに肉体的および精神的負担を与える可能性がある。また、計測中は日常生活の行動が拘束されるという課題が存在する。この課題に対し、身体に負担を与えない非侵襲的なストレス推定手法が提案されており、唾液アミラーゼやカメラ映像における人間行動を利用したストレス推定の有効性が報告されている [3, 4]。

これらの手法では飲食後の推定が不可能であったり、カメラ下にユーザーが存在する場合でないとストレスの推定を

¹ 名城大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Meijo University

a) noriki.ikeuchi@ucl.meijo-u.ac.jp
b) erika.sakai@ucl.meijo-u.ac.jp
c) hsuzuki@meijo-u.ac.jp

行えないなどの制限がかかるため、従来の提案手法では日常生活において常時ストレスの推定を行うことは困難とされてきた。しかし、近年センシング技術の発展により、小型の心拍センサーやリストバンド型のウェアラブルデバイスなどが登場したことにより、従来手法に比べて日常生活におけるストレスの推定が容易となった。文献 [5] では心拍の拍動間隔、加速度、皮膚電気活動、皮膚温度の4つのデータを取得するウェアラブルデバイスを利用し、また、文献 [6] では心拍センサー付きのベルトを胸部に巻き、その心拍変動データからストレスの推定を行っている。しかし、これらの研究で使用されているウェアラブルデバイスは値段が高価なものであったり、不慣れた装着方法が必要であるため、多くの一般ユーザーにとって実用的なサービスであるとは言い難い。

ストレスの推定ではなく、ストレスそのものを改善する研究も多く行われている。文献 [7,8] では、呼吸法や低強度の運動によるストレス改善効果が報告されている。これらの方法は場所に制限されることなく短時間でストレスの改善が可能であるが、ストレスを感じるたびにを行う必要があるため、仕事で忙しいユーザーや幼児や高齢者の世話をしているユーザーにとっては効果的であるとは言えない。文献 [9,10] ではアロマの香りやリラックス効果のある音楽などを利用した室内環境の変化によるストレス改善効果が報告されている。一方で、文献 [11,12] では湿度や温度の上昇による精神的ストレスや精神的疾患の促進を実証した報告がされており、ユーザーの周辺環境変化が与える精神的影響は様々である。したがって、快適でない室内環境はストレス状態を悪化させる可能性があり、快適な室内環境やリラックス効果をもたらす室内環境によってストレスの改善が見込まれる。これらの方法はユーザー自身が行動する必要がなくストレスの改善を行えるが、嗜好の違いにより改善効果に差が生じたり、室外ではこれらの方法が使えないといった課題が存在する。以上から、室内外に応じてストレスの改善方法を使い分ける必要があると考えられる。

本研究では室内環境における生活時間の長期化が進んでいくことを踏まえ、居住空間におけるコンシューマデバイスを有機的に連携させることにより、ユーザーのストレスを改善することを目的とする。そのため、居住空間における温度や湿度のほか、香りなどの環境変化がヒトの精神的ストレスに与える影響に着目し、スマート家電やIoT機器を連携させることにより、居住環境の快適化を図り、定期的なユーザーのストレス改善および良好なストレス状態の維持を目指す。そこで、筆者らがこれまでに提案してきたスマートミラーと生体情報を活用したIoT機器連携システムとiHAC Hub [13,14] にストレスの推定機能を追加し、室内環境の快適化によりストレスの改善を行う。本研究の特色は、ウェアラブルデバイスとスマート家電、IoTデバイスといった異種規格のコンシューマデバイスを有機的に連携

させることにより、居住空間の快適化を通じてユーザーのストレス改善を図る点である。

以下、2章で関連研究を示し、3章でIoT機器連携システムについて述べる。4章でストレス推定のアルゴリズムの説明を行い、5章でストレス改善に関する検証を行う。最後に6章で考察し、7章でまとめる。

2. 関連研究

2.1 Fit4Work

職場環境における身体的、精神的、環境的ストレスの監視と管理を行うFit4Workシステムが提案されている [15]。図1にシステムの概要を示す。Fit4workは身体的ストレスを監視する身体活動モジュール、精神的ストレスを監視するストレスモニタリングモジュール、環境的ストレスを監視する環境品質モジュールから構成される。身体的活動モジュールはスマートフォンなどに搭載されている加速度センサーなどから歩行や着座などの身体活動を認識し、活動の消費エネルギーの推定を行う。消費エネルギーの量に応じて、毎日および毎週の身体活動の記録を表示し、不足されていると思われる身体活動のレコメンドを提示する。ストレスモニタリングモジュールはウェアラブルデバイスから取得する血液量、心拍数、拍動間隔、皮膚温度、電気皮膚活動などのデータと活動の消費エネルギーを利用して機械学習により推定を行う。ストレス下である場合、呼吸法や筋弛緩法による簡易的なエクササイズのレコメンドを行い、ユーザーにストレス改善を促す。環境品質モジュールはIoT機器により温度、湿度、CO₂、騒音、光などのデータを取得し、そのデータを解析することにより環境の質を推定する。環境の質に応じて窓の開閉や加湿などの環境を改善するレコメンドを行う。

このシステムでは一般ユーザー向けのウェアラブルデバイスを採用しているが、精神的ストレス負荷に対するレコメンドが簡易なエクササイズであり、ユーザーによっては効果

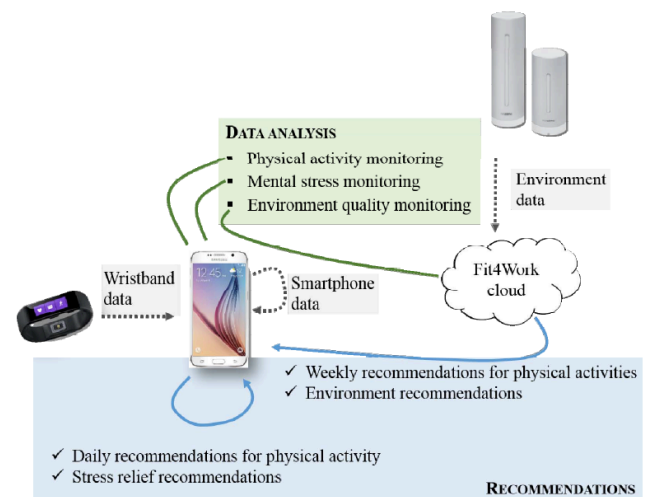


図1 Fit4Workの概要

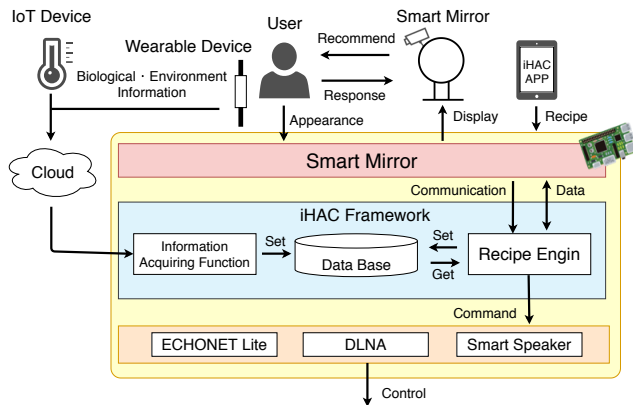


図 2 IoT 機器連携システムの構成

的なストレス改善の Recommend でない可能性がある。また、Recommend の提示までしかサポートしていないため、ストレス推定の検証はされているが、Recommend によるストレス改善行動後のユーザーのストレス変動は検証されていない。

2.2 NIRS を用いたストレス測定によるユーザーへの負担を軽減するシステム

携帯型脳波活動計測装置を用いて日常的にストレス測定を行い、ユーザーのストレス管理とストレス発散をリアルタイムに支援するシステムが提案されている [16]。このシステムはストレスの検出とストレス対処を行う二つの機能を有する。ストレスの検出機能は、まずユーザーがストレスを受けたと認識したストレスに対して、ユーザーの気分やその時の状況に応じて自発的にユーザー自身がフィードバックを行う。このフィードバックによって、システム内で「身体活動を行っておらず脳血液量が上昇した場合ストレスである」などのルールが作成される。作成されたルールは無作為に選ばれた他のユーザーによって正しいか否かの評価が行われる。この評価を何回か繰り返し、ある評価基準を超えると確定ルールとして採用される。また、ストレス対処機能に関してもユーザー自身が対処に講じた際にフィードバックを行い、そのフィードバックに従って対処法のルールが作成され、ストレス検出機能と同様の方法でルールが評価される。これらのルールはクラウドで管理されるため、ユーザー自身で気づくことのできないストレスを他のユーザーのフィードバックから気づくことができるようになる。

このシステムで使用されている携帯型脳波計測装置ではユーザーへの負担なく日常的にストレスの推定を行うことは可能だが、装置を頭に装着する必要があるため、一般ユーザーにとっては抵抗感が大きい装着法であると考えられる。また、ユーザー自身でフィードバックしなければルールが作成されないため、ユーザーの負担が大きいという課題がある。

3. IoT 機器連携システムの拡張

3.1 システム概要

筆者らはこれまでに通信プロトコルで制御可能な IoT デバイスの自動連携動作を実現する iHAC Hub [14] を提案してきたが、iHAC Hub は湿度や温度などの環境情報や電源の On や Off などの機器状態に基づいた自動機器連携のみしか実現しておらず、人間の生体情報に基づく機器連携には対応していないという課題が存在した。また生体情報に基づいた自動機器連携はユーザーの意に介さない制御が行われた場合、ユーザーを不快にする可能性があった。そのため、生体情報に基づく機器連携を行う際はユーザーに制御内容の Recommend を行い、ユーザーの望まない制御が行われないように配慮する必要がある。

そこで筆者らはこれらの課題を解決するために、iHAC Hub を拡張し、制御内容の Recommend 機能を有した IoT 機器連携システムを提案してきた [13]。図 2 に筆者らが提案してきた IoT 機器連携システムの概要を示す。従来の iHAC Hub で使用されていた iHAC フレームワークと通信処理部に加え、スマートミラーの機能を有したスマートミラー部によって構成される。

3.1.1 iHAC フレームワーク

iHAC フレームワークは通信プロトコルの違いを吸収するモジュールであり、データベース、レシピエンジン、生体情報・環境情報取得部から構成されている。

生体情報・環境情報取得部は IoT デバイスやウェアラブルデバイスから取得した各種情報をクラウドから常時取得し、データベースに蓄積する。

レシピエンジンは機器連携の動作条件や制御内容などが記述されたレシピと呼ばれるスクリプトの解析を行い、解析結果に基づきスマートミラー部および通信処理部と通信を行う。レシピ解析によって機器連携の動作条件や制御を行う機器などのレシピ内容を取得し、動作条件に必要な情報をデータベースから必要な情報の値がレシピ実行の条件を満たすか否かの確認を行う。また、スマートミラー部との通信を行う際に表示する Recommend の作成を行い、Recommend 内容を送信する。その後、ユーザーのレスポンス結果に応じて通信処理部を呼び出すか確認を行う。

3.1.2 スマートミラー部

スマートミラー部はユーザーとのインタラクションを実現するモジュールである。ユーザーが鏡の前に姿を現した場合、鏡に設置されたカメラからユーザーの情報の受信と iHAC Hub への通知を行う。また、iHAC Hub からの Recommend の受信・Recommend に対するレスポンス内容の送信とユーザーへの Recommend の提示・レスポンスの受付を行う。

3.1.3 通信処理部

通信処理部は通信を行い機器に制御命令を送信するモ

ジュールであり、現在では ECHONET Lite 通信処理部、DLNA 通信処理部、スマートスピーカ通信処理部の3つの通信処理部が存在する。ECHONET Lite 通信処理部は ECHONET Lite 規格の家電との通信を行い、DLNA 通信処理部は DLNA 規格の家電との通信を行い機器を制御する。また、スマートスピーカ通信処理部はスマートスピーカに向けて“Alexa, turn on the light”などと発話させることにより、スマートスピーカを介して機器を制御する [17].

3.2 追加実装

iHAC フレームワークを拡張し、クラウドから生体情報を取得した際に生体情報からストレスの推定を行い、その情報をデータベースに蓄積する機能を実装した。また、ユーザーのストレスを改善するにはそのストレスを特定し、ストレス自体を改善する必要がある。そのため、推定したストレスがある閾値を超えると環境情報を確認し、快適でない環境が存在する場合はその環境を改善する機器連携のレコメンドを行い、環境が快適な状態である場合は精神的なストレスによる要因が大きいと判断し、リラックス効果を与える機器連携のレコメンドを行う機能を実装した。

4. ストレス推定

4.1 ストレス指標

本稿では心拍変動に反映される自律神経活動の解析を行うことによりストレスを推定する。自律神経活動は緊張状態の際に活性化する交感神経とリラックス状態の際に活性化する副交感神経が拮抗的に作用しあい、そのバランスが心拍間隔である RRI (R-R Interval) に揺らぎとして反映される。この心拍間隔の揺らぎを周波数解析することにより、交感神経と副交感神経の活動を推定することが可能である。心拍変動の低周波数成分である LF (Low Frequency) は 10 秒程度の周期を持つ血圧変動成分であり、交感神経活動と副交感神経活動の両方が反映される。また、高周波数成分である HF (High Frequency) は 4 秒程度の周期を持つ呼吸性変動成分であり、副交感神経のみが反映される。そのため、これらの成分の比である LF/HF が自律神経活動解析におけるストレス指標とされている。したがって、本稿におけるストレスとは交感神経と副交感神経のバランスであり、交感神経活動が有意な場合は高いストレス状態であり、副交感神経活動が有意な場合は低いストレス状態であると定義づけることができる。

しかし、ストレス指標に用いる心拍変動の測定には、心電図や高価なウェアラブルデバイスが使用されており、一般ユーザー向けのウェアラブルデバイスでは心拍変動の測定が困難であるという課題が存在した。そこで、筆者らは心拍間隔の代わりに脈拍数を利用した LF/HF の算出を行っている文献 [18] の手法を参考にし、ストレスの推定を行

う。文献 [18] では 1 秒間に直近 1 分間の脈拍数を示す瞬時脈拍数を利用し、脈拍間隔を算出している。ここで算出した脈拍間隔を周波数解析し、LF/HF の算出を行うことによりストレスを推定している。また、脈拍数と心拍数は測定方法は異なるが、不整脈などの影響を受けない限り測定される値は同じになるためほぼ同義と捉えられているため、脈拍を利用した自律神経活動の解析は問題ないと考えられる。

4.2 LF/HF の算出

本稿では心拍変動の代わりに瞬時心拍数である IHR (Instantaneous Heart Rate) から算出される心拍間隔を利用し、LF/HF の算出を行った。また、一般ユーザー向けのウェアラブルデバイスである Fitbit Charge3 から瞬時心拍数の取得を行った。図 3 にストレス指標である LF/HF 比を算出するアルゴリズムを示す。まず、Fitbit 社が提供する API を使用し、Fitbit Cloud から時系列心拍数データを取得する。Fitbit は 5~15 秒間隔で不均一に直近 1 分間の瞬時心拍数を測定するため、取得した時系列データを 5 秒間隔にリサンプリングする。

次に、瞬時心拍数 IHR から RRI 時系列データ RRI を式 (1) により算出する。

$$RRI = \frac{60}{IHR} \quad (1)$$

ここで瞬時心拍数の逆数を 60 倍する理由は、心拍数は 60 秒間の拍動間隔数で表されるためである。算出した RRI 時系列データにスプライン補間を適用し、1 秒間隔にリサンプリングする。最後に、リサンプリングした RRI 時系列データに対して高速フーリエ変換を行い、パワースペクトルを推定する。推定したパワースペクトルから LF、HF および LF/HF を算出する。

5. 室内環境変化におけるストレス変動の検証

5.1 実験概要

IoT 機器連携システムによるストレス改善を促す室内環境下に対して、本稿のアルゴリズムにより推定したストレス変動の有効性を検証するために実験を行った。また、香りによるリラックス効果を与える機器連携が行われたことを想定したものとする。そこで本実験は、香りの導入と単純作業が与える生理的・心理的要因を評価した文献 [6] における実験方法を参考にした。

5.2 実験環境

図 4 に実験環境を示す。大学構内にアロマ利用に適切な広さの実験環境を確保できなかったため、研究室内に個室テントを設営して実験を行った。個室テント内において香りを与えるアロマディフューザーとして、Oittm のスマートアロマディフューザー (SD01) を使用し、アロマの香

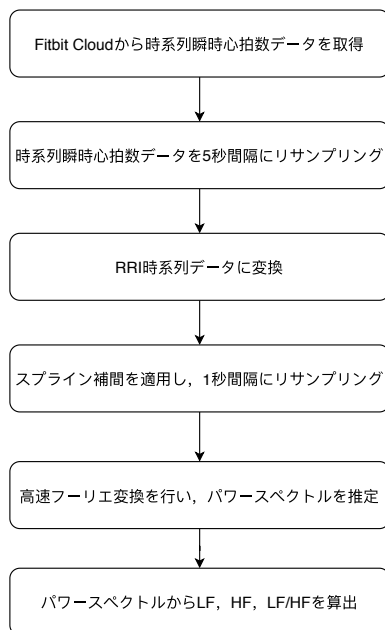


図 3 LF/HF 算出のアルゴリズム

りとしてスギの香りを採用した。実験で使用したアロマディフューザは Amazon Alexa 対応の IoT デバイスであり、iHAC Hub より音声で制御することが可能である。

実験は筆者らの研究室所属の学生 4 名（男性：3，女性：1）を対象に実施し，1 人の被験者に対して香りのない環境下とスギの香りが充満された環境下の 2 日間行った。1 日目に香りのない環境下における実験を行い，2 日目にスギの香りが充満された環境下における実験を行った。また，香りが充満した環境下では実験中もアロマディフューザを作動させておいた。



図 4 実験環境

5.3 実験手順

実験前に被験者に実験内容の説明を行い，被験者の承諾を受けた後，利き手でない腕に Fitbit Charge3 を装着してもらった。装着後，実験環境に入室し，以下の手順で実験を行った。

- (1) 15 分間の閉眼安静状態
- (2) 15 分間の単純作業によるストレス負荷
- (3) 15 分間の開眼安静状態

単純作業には内田クレペリン検査を採用した。内田クレペリン検査とは隣り合う数字を加算し，その下一桁の記述を次々に行っていくものである。さらに，1 分毎に記入する行を変えていき，その作業を 15 分間連続で行う。また，閉眼安静状態と開眼安静状態中はリラックスした姿勢で，できるだけ動かないように指示した。そして 2 日目の実験終了後，実験における自身の主観的なストレス評価アンケートに回答してもらった。

なお，今回の実験の目的は，居住空間に香りによる変化を与えることにより，ウェアラブルデバイスからユーザのストレス変動を捉えることが可能かを検証することである。そのため，室内温度を 24 °C 前後の快適な状態とし，iHAC Hub からの IoT デバイス制御およびスマートミラーへのレコメンド表示については省略して実験を行った。

5.4 主観的アンケート内容

実験後の主観的なストレス評価アンケートの内容として，下記の 4 つの質問を行った。

- Q1. 香りなし実験環境下において最もストレスを感じていたと思う時間帯を選択肢の中から選んでください。
- Q2. 香りあり実験環境下において最もストレスを感じていたと思う時間帯を選択肢の中から選んでください。
- Q3. 本実験で使用されたアロマの香りは好きな香りでしたか？
- Q4. 本実験で使用されたアロマによってリラックス効果を感じたと思いますか？

Q1 と Q2 については「作業前」，「作業中」，「作業後」の 3 択で，Q3 と Q4 については「1：まったくそう思わない」，「2：あまりそう思わない」，「3：どちらでもない」，「4：ややそう思う」，「5：そう思う」の 5 段階で回答してもらった。

5.5 実験結果

5.5.1 主観的アンケート結果

表 1 に実験終了後のストレスに関する主観的アンケートの被験者ごとの結果を示す。アンケート結果から，被験者 1 と 3 は実験前にストレスを感じており，被験者 2 と 4 は実験中にストレスを感じているという主観的評価を得た。また，本実験で使用したスギの香りに対して，どの被験者も抵抗感がなく，さらに 4 名中 3 名がリラックス効果を感じているという主観的評価を得た。

表 1 ストレスに関する主観的アンケート結果

質問内容	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4
Q1	作業前	作業中	作業前	作業中
Q2	作業後	作業中	作業前	作業中
Q3	3	4	4	4
Q4	3	5	4	4

5.5.2 ストレス指標結果

図 5 に心拍変動の HF 成分に対する 5 分間隔の時間変化を示し、図 6 に LF/HF に対する 5 分間隔の時間変動を示す。5~15 分に閉眼安静状態、20~30 分に単純作業によるストレス負荷、35~45 分に開眼安静状態時の各ストレス指標が示されている。香りなし環境と香りあり環境における時系列変動に対して、有意差があるか確認するため、有意水準を 5% として Welch の t 検定により統計解析を行った。その結果、HF 成分に関して、香りなし環境とスギの香りあり環境の間には有意差が認められた ($p = 0.042$)。スギの香りあり環境下では 5~15 分の間における閉眼安静状態と 35~45 分の間における開眼安静状態時に値は上昇したが、単純作業によるストレス負荷時に値は低下した。LF/HF に関して、香りなし環境とスギの香りあり環境の間には有意差が認められなかった ($p = 0.053$)。しかし、スギの香りあり環境下では閉眼および開眼安静状態時に値は低下した。

また、ストレスを感じた時間帯に関して作業前と作業中の 2 つのグループに分け、各グループの主観的評価結果とストレス指標の結果を比較した。図 7 にグループごとの LF/HF に対する実験時間帯の平均 LF/HF を示す。グループ 1 は単純作業前にストレスを感じていたと回答した 2 名であり、グループ 2 は単純作業中にストレスを感じていたと回答した 2 名の平均 ± 標準偏差である。その結果、グループ 1 では香りなし環境、香りあり環境の両方に対して、作業前の LF/HF の値が最も低かったため、主観的アンケート結果と異なっていた。また、グループ 2 では香りなし環境に対しては作業中の LF/HF の値が最も低かったが、香りあり環境に対しては LF/HF の値が最も高かったため、香りあり環境に対しては主観的アンケート結果と一致した。

6. 考察

本稿では、香りなし環境下と香りあり環境下における HF 成分の変動に対して有意差が認められた。そのため、本稿におけるストレスの定義に従うと、被験者は香りの影響によりリラックス効果を感じ副交感神経が有意に働いていたというストレス変動を観測できたため、市販のウェアラブルデバイスによりストレス変動を捉えることが可能であると実証された。

しかし、本実験では LF/HF における有意差が認められ

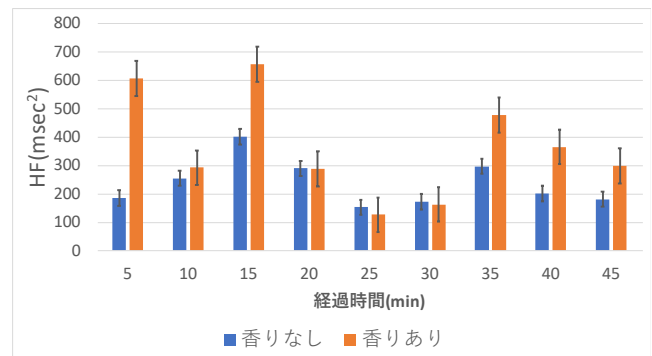


図 5 HF 成分の時間変化 (平均値 ± 標準誤差, $N = 4$)

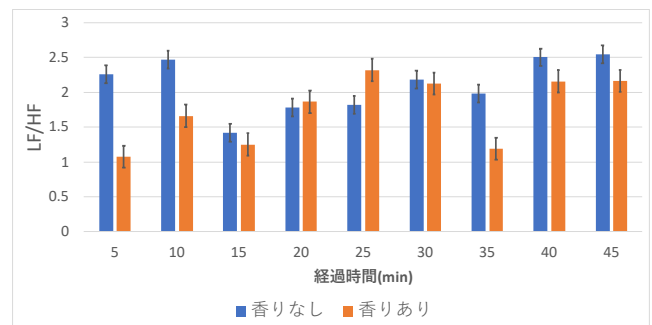


図 6 LF/HF の時間変化 (平均値 ± 標準誤差, $N = 4$)

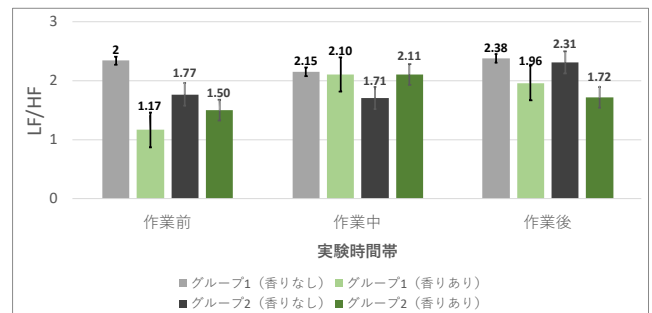


図 7 グループ別 LF/HF の時間変化 (平均値 ± 標準誤差, $N = 2$)

なかったことから、LF/HF の値の妥当性は検証できなかった。これは LF が血圧変動成分であり、HF が呼吸性変動成分であることを踏まえると、本実験において香りの影響以外に血圧変動に影響を与えた要因が存在したと考えられる。さらに、実験の 3 つのセッションの内、15 分間の開眼安静状態 (作業後) における平均 LF/HF が高い要因として、実験中でもアロマディフューザを稼働させていたことが要因として挙げられる。文献 [19] では VDT (Visual Display Terminals) 作業時における香りの影響に関して、鎮静作用のある香りは濃度が高くなるにつれてその効果を増大するが、興奮作用のある香りは濃度が高くなるにつれてネガティブな影響へと変化していくと示している。本実験で使用したスギの香りは興奮作用を及ぼすため、実験中に常時稼働していたアロマディフューザにより香りの濃度が高くなり、ストレスに影響を与えたと考えられるため、作業内容は異なるが本稿でも同様の結果が示された。

以上から、LF/HF の値の妥当性を検証するには、血圧成分に影響を与える要因の特定を行い、その要因のみの環境下で心拍変動のみならず、血圧変動の周波数解析も行う必要がある。また、機器連携などでリラクセス効果のある環境を与える際に、リラクセス効果の有効時間や有効範囲を考慮して、適切な機器連携を行う必要がある。

7. まとめ

本稿では、IoT 機器の制御によってもたらされる室内環境下におけるユーザのストレス変動について、市販のスマートウォッチにより検知が可能か検証を行った。その結果、香りなし環境下と香りあり環境下におけるストレス変動に有意差が認められたことから、ストレス変動を適切に捉えることが可能であると実証した。これにより、ユーザ生体情報のセンシング、異種規格 IoT デバイスの制御、居住空間の快適化の三要素が連動することが可能となり、ユーザの健康状態を改善および良好状態の維持を達成する新たなヘルスケアサービスの実現が期待される。

今後は IoT 機器連携システムによる快適環境を与える機器連携内容の妥当性に関して検証を行っていく予定である。

参考文献

- [1] WHO: Depression and Other Common Mental Disorders: Global Health Estimates, (online), available from (<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254610/WHO-MSD-MER-2017.2-eng.pdf>) (2017).
- [2] SHIMONO, F., OHSUGA, M. and TERASHITA, H.: Method for assessment of mental stress during high-tension and monotonous tasks using heart rate, respiration and blood pressure, *The Japanese journal of ergonomics*, Vol. 34, No. 3, pp. 107–115 (1998).
- [3] Vanitha, V. and Krishnan, P.: Real time stress detection system based on EEG signals, *Biomedical Research*, Vol. 2016, pp. S271–S275 (2016).
- [4] 中野敦行, 山口昌樹: 唾液アミラーゼによるストレスの評価, バイオフィードバック研究, Vol. 38, No. 1, pp. 3–9 (2011).
- [5] Can, Y., Chalabianloo, N., Ekiz, D. and Ersoy, C.: Continuous Stress Detection Using Wearable Sensors in Real Life: Algorithmic Programming Contest Case Study, *Sensors*, Vol. 19 (2019).
- [6] 島 啓志, 前田 啓, 恒次祐子: におい導入と単純作業が人に与える生理的・心理的影響: 実生活に近い複合的ストレスのモデル実験, 日本生理人類学会誌, Vol. 25, No. 4, pp. 89–99 (2020).
- [7] Sakakibara M, H. J.: Effect of Slowed Respiration on Cardiac Parasympathetic Response to Threat, *Psychosomatic Medicine*, Vol. 58, pp. 32–37 (1996).
- [8] 永松俊哉, 北畠義典, 泉水宏臣: 低強度・短時間のストレッチ運動が深部体温, ストレス反応, および気分および影響, 体力研究, Vol. 110, pp. 1–7 (2012).
- [9] Dayawansa, S., Umeno, K., Takakura, H., Hori, E., Tabuchi, E., Nagashima, Y., Oosu, H., Yada, Y., Suzuki, T., Ono, T. and Nishijo, H.: Autonomic responses during inhalation of natural fragrance of "Cedrol" in humans, *Autonomic neuroscience : basic clinical*, Vol. 108, pp. 79–86 (2003).
- [10] Knight, W. and Rickard, N.: Relaxing Music Prevents Stress-Induced Increases in Subjective Anxiety, Systolic Blood Pressure, and Heart Rate in Healthy Males and Females, *Journal of music therapy*, Vol. 38, pp. 254–72 (2001).
- [11] Hansen, A., Bi, P., Nitschke, M., Ryan, P., Pisaniello, D. and Tucker, G.: The Effect of Heat Waves on Mental Health in a Temperate Australian City, *Environmental health perspectives*, Vol. 116, pp. 1369–75 (2008).
- [12] Ding, N., Berry, H. L. and Bennett, C. M.: The Importance of Humidity in the Relationship between Heat and Population Mental Health: Evidence from Australia, *PLOS ONE*, Vol. 11, No. 10, pp. 1–15 (online), available from (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164190>) (2016).
- [13] Ikeuchi, N., Sakai, E. and Suzuki, H.: A Proposal of IoT Device Cooperation System Using Smart Mirror and Biological Information, *2020 IEEE The 9th IEEE Global Conference on Consumer Electronics*, pp. 310–311 (2020).
- [14] 林 宏輔, 鈴木秀和: 環境情報に基づいて異種規格の IoT デバイス連携をサポートする iHAC Hub, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム (CDS), Vol. 10, No. 1, pp. 40–49 (2020).
- [15] Cvetković, B., Gjoreski, M., Šorn, J., Frešer, M., Bogdański, M., Jackowska, K., Kosiedowski, M., Stroinski, A. and Luštrek, M.: Management of Physical, Mental and Environmental Stress at the Workplace, *2017 International Conference on Intelligent Environments (IE)*, pp. 76–83 (2017).
- [16] 長嶋海里, 田野俊一, 橋山智訓, 市野順子: NIRS を用いたストレス測定によるユーザーへの負担を軽減するシステムの提案と実装, 日本知能情報ファジィ学会ファジィシステムシンポジウム講演論文集, Vol. 34, pp. 235–240 (2018).
- [17] Hayashi, K. and Suzuki, H.: M2M Device Cooperation Method Using iHAC Hub and Smart Speaker, *2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, pp. 1–3 (2020).
- [18] Akiyama, S. and Kato, Y.: A Method for Estimating a Stress State Using a Pulse Sensor for QOL Visualization, *2015 18th International Conference on Network-Based Information Systems*, pp. 232–237 (2015).
- [19] 川上満幸, 青木真一: VDT 作業における作業環境特性としての香りの影響に関する研究, 日本経営工学会論文誌, Vol. 48, No. 6, pp. 378–384 (1998).