

休憩時間の過ごし方が 作業パフォーマンスに及ぼす影響の調査

三木隆裕¹ 寺田 努^{1,2} 前田俊幸³ 唐澤鵬翔³ 安達 淳³ 塚本昌彦¹

概要: オフィスワーカーにとって、適切なタイミングで効果的な休憩をとることは作業効率上望ましい。しかし、個人差や作業環境により個人ごとの適切な休憩時間の過ごし方は異なる。ここで、休憩状態を定量的に評価できれば、個人ごとの適切な休憩時間の過ごし方を知ることができると考えられる。また、作業中の些細な行動によって効果的な休憩ができていることを認識できると考えられる。その結果、オフィスワーカーは正しい休憩をとることができ、高いパフォーマンスを維持しながら作業を行い、より質の高い結果を出すことに繋がる。そこで本研究では、休憩状態を定量的に評価する手法を検討するために、休憩時間の過ごし方の違いが作業パフォーマンスに与える影響についてストレス状態の指標である LF/HF 値と瞬きの回数に着目して調査した。その結果、LF/HF 値により推定されたストレス状態である時、作業パフォーマンスが高いことがわかった。また、「寝る」、「スマートフォンを見る」、「タバコを吸う」の3種類の休憩時間の過ごし方で作業パフォーマンスの向上がみられた。

1. はじめに

近年、情報処理を中心とした技術革新により、オフィスにおける IT(情報技術) 化が急速に進み、多くのオフィスワーカーが VDT(Visual Display Terminals) を使用した作業を行っており、この作業は 1 日に行うデスクワークの大半を占めている。そのため、オフィスワーカーにとってオフィスは単に仕事を行う場であるだけでなく、健康で快適に作業を行える場であることが重要となってきた。厚生労働省は 2002 年 4 月にオフィスワーカーの VDT 作業における労働衛生管理のためのガイドラインとして、「一連続作業時間が 1 時間を越えないようにする」、「連続作業の間に 10~15 分の休憩を設ける」と定めている [1]。このことからオフィスワーカーにとって作業の合間に休憩をとることは大切なことであるため、多くの会社が社内では定められた休憩時間を設けている。ゆえに、オフィスワーカーはその限られた時間で効果的な休憩をとることを求められる。休憩に関する研究として、東川らは疲労状態や集中状態の変化から休憩をとるために適切なタイミングを提示する手法を提案している [2]。しかし、個人差や作業環境により個人ごとの休憩時間の過ごし方は異なるため、適切なタイミングで

休憩したとしても休憩時間の過ごし方が適切でなければ休憩としての効果がない場合もある。そこで、堀江らは計算問題を用いた VDT(Visual Display Terminals) 作業において休憩時間中に運動をすることは休憩前の作業と比べて休憩後の作業の効率が向上したと述べている [3]。この調査では心拍数、フリッカー値、計算問題の結果などから VDT 作業における適切な休憩の過ごし方を明らかにした。しかし、提案した休憩時間の過ごし方が 3 種類であったことおよび休憩状態を定量的に評価して得た結果ではない。

そこで、本研究ではオフィスワーカーが働いている時の心拍データや瞬きなどの生体情報を常時計測し、得られたデータから休憩状態を定量的に評価することを目的とする。休憩状態を定量的に評価できれば、個人ごとの適切な休憩時間の過ごし方を知ることができると考えられる。さらに、休憩時だけでなく、仕事上の些細な行動によって休憩効果があることを認識できると考えられる。その結果、オフィスワーカーは正しい休憩をとることができ、高いパフォーマンスを維持しながら作業を行い、より質の高い結果を出すことに繋がる。まず休憩状態を定量的に評価する手法を検討するために、休憩時間の過ごし方の違いが作業パフォーマンスに与える影響について調査した。仕事上にとる休憩時間の過ごし方を調査し、6 種類の休憩時間の過ごし方を選定した。次にオフィスにおけるデスクワーク作業を想定した計算課題と選定した 6 種類の休憩時間の過ごし方を用いて実験を行った。被験者にウェアラブル心拍

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

³ 株式会社ビービット
beBit, Inc.

センサと眼電位センサ搭載のメガネを装着してもらい、心拍データから得られるストレス指標である LF/HF (Low Frequency/High Frequency) 値、眼電位センサより瞬きの回数を計測した。LF/HF 値とは、心拍データからスペクトル解析によって得られる周波数領域から求めることができる交感神経活動度である [4], [5]。また、作業として行った計算問題の解答時間を作業パフォーマンスの指標として考察を行った。

本稿は以下のように構成される。2 章で関連研究について述べ、3 章ではデータの収集手法と収集したデータについての考察を述べる。最後に 4 章でまとめを行う。

2. 関連研究

本章では生体情報に基づいたストレス評価に関する研究およびデスクワーク中における休憩に関する研究を紹介する。

生体情報に基づいたストレス評価に関する研究

ストレス評価は主観による評価では評価基準が個人によって異なるので、評価の精度向上と普遍性をもたせるために一般的には血液や唾液などを用いる内分泌系による解析や、心拍や鼻部皮膚表面温度などを用いる自律神経系による解析などを用いて行われる。

内分泌系による解析は精度の高い分析ができる反面、微小な含有物を分析するために高価な機器が必要となる [6]。そのため、手軽な評価機器としての実現は困難であったが、最近では家庭や医療機関で手軽に評価できる手法として実用化された機器がある。中野らは緊張時に唾液アミラーゼ活性が上昇する性質に着目し、それを迅速に計測するための機器を「唾液アミラーゼモニター©」という名称で医療機器として販売をしている [7]。唾液アミラーゼモニター©は、使い捨て式のテストストリップと本体で構成されている。利用方法としては、唾液採取紙を口に 30 秒ほど挿入し、テストストリップを本体にセットすると計測結果がディスプレイに表示されるという計 1 分ほどの手順である。当機は使用方法・解析に専門知識を要せず、サンプル採取によるユーザへのストレスが少ないため日常で容易に使用できるが、オフィスにおいて生体情報を常時計測する本研究では使用できない。

一方、自律神経系による解析は非侵襲に計測ができる利点があり、解析のための生体情報の計測は比較的低コストで実現可能な利点もある。安福らはストレスの感受によって鼻部皮膚温度が低下することに着目し、メガネに取り付けた接触型温度センサを用いて鼻部皮膚温度を常時計測することでユーザのストレス状態を計測するシステムを作成した [8]。また、心拍を用いたストレス評価は以前から多くされてきた。近年、心拍装置のウェアラブル化や実時間で利用可能な簡易推定法の提案から心拍を用いたストレス評

価が簡単に利用できるようになってきた。ユニオンツール社のウェアラブル心拍センサ WHS-1[9] は身体にセンサを取り付けるだけで、心拍、体表面温度、3 軸加速度を同時に測定し、PC 用アプリケーションで LF/HF 値を基にしたストレス状態を提示する。Sandulescu らはウェアラブル心拍センサを用いた機械学習によるストレス評価手法を提案している。結果よりストレス状態であるかどうかをリアルタイムで評価できる可能性を示した [10]。以上より本研究では自律神経系による解析を用いてストレス評価を行う。その中でも信頼性の高い心拍を用いた評価手法を用いる。

デスクワーク中における休憩に関する研究

デスクワーク中における休憩に関する研究は以前から数多く行われている。堀江らは VDT 作業における作業者の適切な一連続時間と休憩時間の配分についての指標を得るための調査を行った [11]。VDT 作業を想定した作業として複数の一桁の数字から指定の数字を見つけ、加算するという負荷作業を行った。その結果、一連続作業時間 60 分に対して休憩時間 10 分の組み合わせが作業者にとって最も良いということと 1 日 2 時間以上の VDT 作業をする時には、作業 60 分ごとに 15 分以上の休憩をとることが望ましいことがわかった。米山らは VDT 作業において作業間における休憩が作業者に対してどのような影響をもたらしたかを作業パフォーマンスの変化と主観的に疲労感等を評価するために多く用いられている自覚症調べ [12] の結果から考察を行った [13]。休憩時間の過ごし方として何もしない、音楽を聴く、ビデオを見る、読書をする、会話をするの 5 種類を用いた。結果より、全ての休憩時間の過ごし方においても休憩後の作業において疲労が改善されていた。しかし、この調査では自覚症調べによる主観的な指標に基づいており、疲労状態やストレス状態を評価するために使用される生理的評価指標を用いてはいない。単調作業を課す実験では、主観的な指標と生理的な評価指標の両方を用いることは有効とされている [14]。本研究では、主観的な指標と生理的な評価指標の両方を用いることとする。

これらの先行研究より、デスクワークを想定した作業として VDT 作業を用いた計算課題を用い、自覚症調べによる主観的評価軸と心拍を用いた生理的評価軸を用いることで休憩状態を定量的に評価できると考えられる。

3. データ収集

本研究では、休憩状態を定量的に評価することを目的としている。定量的に休憩状態を評価できれば、個人ごとに適した休憩時間の過ごし方を知ることができたり、常時計測することにより休憩をとるために最適なタイミングを知ることができると考えられる。さらに、既存の研究であげられるようなウェアラブルデバイスを用いた光による提示 [15] や環境設置型のデバイスを用いた音楽や香りによる

提示 [16] によってオフィスワークにさりげなく休憩のタイミングなどを伝えることを考えている。そのためにまず、休憩状態を定量的に評価する手法を検討するにあたり、休憩時間の過ごし方の違いが作業パフォーマンスにどのような影響を与えるのかを調査する。オフィスにおけるデスクワークを想定した環境にて心拍や瞬きの回数といった生体データ、自覚症調べおよびアンケートによる主観的なデータ、計算問題の解答時間などの作業パフォーマンスに関するデータの収集を行い、得られたデータについて考察を行った。

休憩時間の過ごし方の選定

まず、データ収集を行う前にデータ収集にて使用する休憩時間の過ごし方を選定した。選定方法は 20 代から 70 代のオフィスワーカー 646 人と 20 代の学生 20 人に「仕事（または勉強）で疲れた時や休憩時間にする気分転換方法を教えてください」という質問を行い、回答を形態素解析にかけて、単語の出現頻度から休憩時間の過ごし方として多いものを抽出した。回答方法は自由記述とした。形態素解析にはフリーソフトの EKWords[17] を用いた。オフィスワーカーの回答結果を表 1、学生の回答結果を表 2 に示す。結果より、オフィスワーカーでは「コーヒー」の出現数が最も多かった。学生では「スマホ」の出現数が多かった。オフィスワーカー群の中では 2 番目に「飲む」が出現しているため、コーヒーを飲むという行為を休憩時間に取り入る人が多いことがわかる。しかし、学生群ではコーヒーという単語は多く出現していない。学生は飲み物を飲みながら作業ができるので、休憩時間にあえてコーヒーを飲んで過ごすことがあまりないためだと考えられる。反対に、学生群では「スマホ」、「携帯」が上位に出現しているのに対して、オフィスワーカー群では出現していない。これはオフィスによっては自身の携帯の持ち込みができない環境にあるため、休憩時間に見ることがないのだと考えられる。以上の結果より、データ収集の時の休憩時間の過ごし方はオフィスワーカーの回答の上位である「コーヒーを飲む」、「運動をする」、「タバコを吸う」、「お菓子を食べる」、「寝る」と学生の回答で上位であった「スマートフォンを見る」の 6 種類とした。

データ収集環境

データを収集した環境を図 1 に示す。研究室の約 40m² の部屋に机と作業用 PC を設置し、データ収集時の室内は被験者と筆者のみとした。センサから得られたデータと被験者の行動を比較するために、作業中および休憩中の様子はビデオカメラで撮影した。加えて、温度計で室内の温度を常時確認し、一定に保った。また、被験者に RRI を計測できるユニオンツールのウェアラブル心拍センサ、My Beat と 3 軸加速度・瞬きの回数などが計測できる JINS 社のアイウェア、JINS MEME[18] を装着させた。心拍セン

表 1 オフィスワーカーの回答の形態素解析結果

キーワード	出現数
コーヒー	263
飲む	83
ストレッチ	68
タバコ	68
甘い	52
お菓子	49
食べる	40
チョコレート	31
飲ん	31
飲みます	24
気分転換	23
トイレ	21
チョコ	20
一服	20
昼寝	20
寝る	19
飲んだり	18
お茶	17

表 2 学生の回答の形態素解析結果

キーワード	出現数
スマホ	5
携帯	4
飲む	4
喫煙	3
触る	2
ボート	2
ネットサーフィン	2
twitter	1
歩く	1
食べ	1
コーヒー飲む	1
食べる	1
歩き回る	1
寝る	1
走る	1
チェック	1
動画コンテンツ	1
ゲーム	1



図 1 データを収集した環境

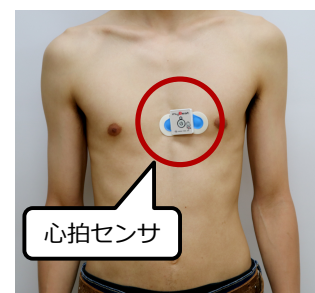


図 2 心拍センサ装着箇所

サの装着箇所を図 2 に示す。心拍センサから心臓が 1 回脈打つ時に発生する電気信号の最も大きな信号である R 波の間隔の時間、心拍間隔（RRI）を取得した。心拍センサのサンプリング周波数は 1000Hz で、データの取得は R 波が発生したタイミングである。実験手順は 5 分間の閉眼安静の後、15 分作業を行い、5 分休憩をはさんで、再度 15 分作業を行って、5 分間の閉眼安静をとった。一連の手順を図 4 に示す。主観的なストレス状態を評価するために被験

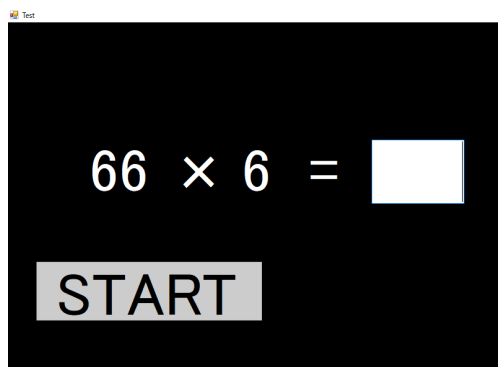


図 3 作業時の PC 画面



図 4 実験手順

者はデータ収集開始直前、休憩前、休憩後、データ収集終了直後に自覚症調べに回答した。加えて、各試行後にデータ収集日の起床時間、データ収集日前日の睡眠時間等のアンケートに回答した。作業内容は 2 桁と 1 桁の乗算を行うこととした。計算の難易度のばらつきを減らすために、1 桁の数字は 0~2 を除いた数字のみとした。図 3 に作業時の PC 画面を示す。休憩時間の過ごし方は前節で述べた「コーヒーを飲む」、「運動をする」、「タバコを吸う」、「お菓子を食べる」、「寝る」、「スマートフォンを見る」の 6 種類とした。なお、「タバコを吸う」は喫煙者に対してのみとし、「コーヒーを飲む」において、コーヒーを飲めない被験者はカフェインの含まれる紅茶を使用した。また、「お菓子を食べる」で使用するお菓子は前節よりチョコレートとした。「スマートフォンを見る」では、ニュースアプリの記事を読むという動作とした。「運動をする」では、ある程度の運動効果を与えるため、トレッドミルを用いてジョギングすることとした。収集期間は休憩時間の過ごし方 1 種類あたり 1 日として合計 6 日間行った。ただし、非喫煙者を対象とする場合は「タバコを吸う」休憩を行わないので合計 5 日間と行った。被験者は 21 歳~24 歳の男性 7 人、女性 2 人の計 9 人（うち喫煙者は 2 人）である。また、人には一般的にサーカディアンリズムと言われている 24 時間周期で変動する睡眠、覚醒などの生理的リズムが存在する [19]。心拍はこのリズムが影響すると言われている [20]。そこでデータ収集の時間帯を生理的リズムと同じタイミングにするために被験者ごとにデータを収集する時間帯を固定した。

心拍変動解析

まず、RRI と自律神経の関係について述べる。RRI は常に一定ではなく変動している。RRI の時系列データの変動を心拍変動という。心拍変動は自律神経を構成する交感神経と副交感神経のバランスに影響を受けている。自律神経を構成する 2 つの神経である交感神経は興奮、緊張といったストレス状態、副交感神経はリラックス状態を表す。次に RRI からストレス指標である LF/HF 値を抽出する解析方法について述べる。まず、RRI は不等間隔の離散的なデータであるため、2 つの神経バランスを測定するために RRI を等間隔の時系列データとなるようにデータを補間する。次に高速フーリエ変換 (FFT: Fast Fourier Transform) によってパワースペクトル密度 (PSD: Power Spectral Density) を求める。PSD のうち、高周波 (HF) 成分 0.15~0.5Hz の総和は副交感神経、低周波 (LF) 成分 0.04~0.15Hz の総和は副交感神経と交感神経の両方の活性度を表している。このため、LF/HF の値によって交感神経の活性度を調べることでユーザのストレス状態を測定できる。本稿では、取得した RRI に対してスプライン補間を用いて 250ms ごとの時系列データにリサンプリングした。リサンプリングしたデータを 1 サンプル (250ms) ずつスライドしながら直近 240 サンプル (60s) ごとに FFT を行うことによって PSD を求めた。

結果と考察

センシングした 9 人の被験者のうち 4 人が RRI および瞬きの回数の計測に失敗した。RRI の計測についての原因は心拍センサの適切な装着位置は個人差があるため、その適切な位置を見つけることができなかったためである。瞬きの回数の計測についての原因は JINSMEME の眼電位センサが眉間にしっかりと接触していなかったことが原因であると考えられる。そのため、残りの 5 人分のデータを用いて解析した。まず、瞬きの回数を計算問題の解答時間、RRI、LF/HF 値と照らし合わせたが相関関係がみられなかった。そのため、指標として用いないこととした。次に一般的に LF/HF 値は 2 以上の時、人はストレス状態であり、LF/HF 値は 2 未満の時はリラックス状態である [21], [22]。しかし LF/HF 値は 2 以上の時、必ずしも心的負荷がかかっているとは限らず、集中力が高い状態であるときも同様の数値を示す [23]。すなわち LF/HF 値は 2 未満の時、集中力が低い状態であると考えられる。そこで、作業として課した計算問題の解答時間が早いと集中力が高い状態、解答時間が遅いと集中力が低い状態であるという仮説をたて、LF/HF 値が 2 以上と 2 未満の区間ごとに被験者全員の解答時間を抽出した。これにより、LF/HF 値と作業パフォーマンスとの関係がわかるのではないかと考えられる。さらに抽出したデータを休憩時間の過ごし方および休憩前の作業もしくは休憩後の作業の状況に振り分

表 3 解答時間の抽出結果

休憩時間の 過ごし方	作業 No.	LF/HF	データ数	平均値	標準偏差
寝る	1	≥ 2	458	5656.9	2922.3
		< 2	381	4971.3	3007.6
	2	≥ 2	500	5032.3	2586.3
		< 2	427	4446.6	2346.5
スマートフォンを 見る	1	≥ 2	762	4419.4	2074.5
		< 2	287	3899	2194.8
	2	≥ 2	775	4184.1	2023.1
		< 2	336	3694.1	1698.5
運動をする	1	≥ 2	790	3803.3	2000
		< 2	377	3939.3	2206.5
	2	≥ 2	581	4226.7	2497.5
		< 2	550	3688.4	2067
食べ物を食べる	1	≥ 2	728	3849.1	1818.4
		< 2	463	3643.2	1701.2
	2	≥ 2	488	3817.8	2082.1
		< 2	678	3854.6	2042.6
コーヒーを飲む	1	≥ 2	637	3994.8	1962.5
		< 2	581	3347.8	1505
	2	≥ 2	602	3985	2094.2
		< 2	616	3389.1	1703.8
タバコを吸う	1	≥ 2	269	4478.7	2061
		< 2	150	3939.5	1819.3
	2	≥ 2	222	4316.1	1973.8
		< 2	229	3663.7	1772.3

表 4 分散分析に用いた要因

要因	ID	項目
休憩時間の過ごし方	A1	寝る
	A2	スマートフォンを見る
	A3	運動をする
	A4	食べ物を食べる
	A5	コーヒーを飲む
	A6	タバコを吸う
休憩前後の作業	B1	休憩前
	B2	休憩後
LF/HF 値	C1	LF/HF < 2
	C2	LF/HF ≥ 2

表 5 主効果ごとの結果

要因	データ数	平均値	標準偏差
A1	1766	5039.5	2750.2
A2	2160	4153	2033.9
A3	2298	3905.2	2192.8
A4	2357	3803.7	1920.7
A5	2436	3684.9	1859.5
A6	870	4129.7	1949.9
B1	5883	4119.6	2189.7
B2	6004	4021.2	2151.2
C1	6812	4249.8	2226.4
C2	5075	3828.5	2069.7

けた。その結果、作業前後での解答時間の変化から休憩効果が高い休憩時間の過ごし方がわかると考えられる。表 3 に抽出した結果を示す。各条件の平均値に差がみられたので、表 4 に示す 3 要因について分散分析にかけた。分散分析に Unweighted-Mean ANOVA (Analysis of Variance)、多重比較検定に Bonferroni-Holm 補正と Mann-Whitney U test を用いた。検定の標本は、各条件の解答時間としており、例えば休憩時間の過ごし方が「寝る」時の作業 1 において LF/HF が 2 未満の標本数は 458 試行分となる。3 要

表 6 休憩時間の過ごし方と休憩前後の作業の交互作用の結果

休憩時間の過ごし方	休憩前後の作業	データ数	平均値	標準偏差
A1	B1	839	5345.6	2979.2
	B2	927	4762.5	2494.5
A2	B1	1049	4277	2119.8
	B2	1111	4035.9	1943
A3	B1	1167	3847.2	2069
	B2	1131	3964.9	2312.9
A4	B1	1191	3769.1	1775.9
	B2	1166	3839.2	2058.4
A5	B1	1218	3686.2	1788
	B2	1218	3683.6	1929.2
A6	B1	419	4285.7	1992.5
	B2	451	3984.8	1900.3

表 7 休憩時間の過ごし方と LF/HF 値の交互作用の結果

休憩時間の過ごし方	LF/HF 値	データ数	平均値	標準偏差
A1	C1	958	5330.9	2768.3
	C2	808	4694	2689.7
A2	C1	1537	4300.8	2051.5
	C2	623	3788.5	1944.1
A3	C1	1371	3982.7	2233.4
	C2	927	3790.4	2127.2
A4	C1	1216	3836.5	1927.8
	C2	1141	3768.8	1913.5
A5	C1	1239	3990	2026.8
	C2	1197	3369.1	1609.9
A6	C1	491	4405.2	2021.6
	C2	379	3772.9	1793.7

因の主効果、休憩時間の過ごし方と休憩前後の作業の交互作用、休憩時間の過ごし方と LF/HF 値の交互作用の平均値と標準偏差を表 5、表 6、表 7 に示す。

まず、休憩時間の過ごし方について述べる。表 5 より、「寝る」、「スマートフォンを見る」、「タバコを吸う」、「運動をする」、「食べ物を食べる」、「コーヒーを飲む」の順番で平均解答時間が早くなっている。分散分析の結果より、主効果において有意差がみられた ($F(5, 11863) = 86, p < 0.01$)。そこで、休憩時間の過ごし方と休憩前後の作業の交互作用と休憩時間の過ごし方と LF/HF 値の交互作用において多重比較を行った。結果を表 8 に示す。休憩時間の過ごし方において、平均解答時間について「寝る」>「スマートフォンを見る」>「タバコを吸う」>「運動をする」>「食べ物を食べる」>「コーヒーを飲む」が成り立つように有意差があった。さらに 3 要因全ての交互作用において単純・単純主効果検定を行った。結果を表 9 に示す。休憩時間の過ごし方と休憩前後の作業の交互作用と休憩時間の過ごし方と LF/HF 値の交互作用において多重比較と同様の傾向で有意差があった。以上より、「寝る」、「スマートフォンを見る」、「タバコを吸う」、「運動をする」、「食べ物を食べる」、「コーヒーを飲む」の順番で解答時間が早いと考えられる。しかし、今回のデータ収集において被験者全員が休憩時間の過ごし方の順番を「寝る」、「スマートフォンを見る」、「タバコを吸う」、「運動をする」、「食べ物を食べる」、「コーヒーを飲む」で行なった。そのため、計算問題への慣れが生じ、あとに行った休憩時間の過ごし方にな

表 8 休憩時間の過ごし方と休憩前後の作業
および LF/HF 値の多重比較の結果 (p 値)

要因 1 2	水準			
	B1	B2	C1	C2
A1	A2	0**	0**	0**
	A3	0**	0**	0**
	A4	0**	0**	0**
	A5	0**	0**	0**
	A6	0**	0**	0**
A2	A3	0**	0.495 ns	0.0002**
	A4	0**	0.0454*	0**
	A5	0**	0.0002**	0.0003**
	A6	0.9438 ns	0.7144 ns	0.3802 ns
A3	A4	0.3973 ns	0.2131 ns	0.1017 ns
	A5	0.0798 ↑	0.0029**	0.9322 ns
	A6	0.0004**	0.8664 ns	0.0003**
A4	A5	0.3896 ns	0.111 ns	0.1009 ns
	A6	0**	0.2706 ns	0**
A5	A6	0**	0.019*	0.0005**

表 9 3 要因全ての多重比較の結果 (p 値)

要因 1 2	水準			
	C1		C2	
A1	B1	B2	B1	B2
	A2	0**	0**	0**
	A3	0**	0**	0**
	A4	0**	0**	0**
	A5	0**	0**	0**
	A6	0**	0.0002**	0**
A2	A3	0**	0.7279 ns	0.9081 ns
	A4	0**	0.0097**	0.1419 ns
	A5	0.0003**	0.1368ns	0.0006**
	A6	0.6932 ns	0.5044 ns	0.9081ns
A3	A4	0.6932 ns	0.0071 ns	0.0624*
	A5	0.1121 ns	0.0936*	0.0001**
	A6	0**	0.6554 ns	0.9992 ns
A4	A5	0.2367 ns	0.2732 ns	0.0394*
	A6	0.0001**	0.0109*	0.1651 ns
A5	A6	0.0023**	0.0936 ↑	0.0039**

るほど解答時間が早くなったと考えられる。したがって、休憩前後での解答時間の変化量から効果的な休憩時間の過ごし方を順位付けできない。今後の実験では、休憩時間の過ごし方の順番は被験者ごとにランダムに割り当てなければならない。

次に、休憩前後の作業について述べる。表 3 より多くの条件で休憩前の作業の平均解答時間と比べて、休憩後の作業の平均解答時間は早くなっていた。分散分析の結果より、主効果において有意差がみられた ($F(1, 11863) = 10.36, p < 0.01$)。そこで、休憩時間の過ごし方と休憩前後の作業の交互作用の単純主効果検定を行った。すると、「寝る」における休憩前後の作業 ($F(1, 1764) = 20.01, p < 0.01$)、「スマートフォンを見る」における休憩前後の作業 ($F(1, 2158) = 7.60, p < 0.01$)、「タバコを吸う」における休憩前後の作業 ($F(1, 868) = 5.19, p < 0.05$) で有意であった。さらに 3 要因全ての交互作用において単純・単純主効果検定を行った。その結果、「寝る」においてリラックス状態である時 ($F(1, 956) = 12.31, p < 0.01$) とストレス状態である時 ($F(1, 806) = 7.73, p < 0.01$)、「スマートフォンを見

る」においてリラックス状態である時 ($F(1, 1535) = 5.07, p < 0.05$)、「運動をする」においてストレス状態である時 ($F(1, 925) = 3.12, p < 0.1$) で有意であった。以上より、「寝る」、「スマートフォンを見る」、「タバコを吸う」、「運動をする」が効果のある休憩時間の過ごし方として考えられる。しかし、「スマートフォンを見る」という行為は目の疲れなどを引き起こすと言われているが、そのような効果は見られなかった。これは作業時間および休憩時間が短かったため、それによる影響がなかったのではないかと考えられ、5 分間計算問題から離れたという休憩に近かったのではないかと考えられる。そこで「スマートフォンを見る」は今後着座したまま何もしないという休憩との比較もしくは長時間の作業環境における調査を行い、効果のある休憩時間の過ごし方であるかを調査する。「寝る」という行為は頭と身体両方を休めることができるため、休憩前の結果に比べて作業パフォーマンスが向上したと考えられる。「タバコを吸う」という行為は喫煙者にとって気分転換になるため、作業パフォーマンスの向上に繋がったと考えられる。「運動をする」はリラックス状態である時、休憩前の作業の平均解答時間と比べて、休憩後の作業の平均解答時間が有意に遅くなった ($F(1, 1369) = 12.13, p < 0.01$)。これは身体的な負荷がかかるため、リラックス状態である時のパフォーマンスが下がったと考えられる。しかし、先行研究でもあげられたように、身体を動かし筋肉を伸ばすことで気分転換になり休憩としては十分に効果がある。今回のデータ収集ではジョギングという身体的な負荷がかかりやすい運動であったので、短い距離の散歩など身体的な負荷が少ない運動で再調査を行い、作業パフォーマンスに影響のない運動を調査する必要がある。以上より、効果のある休憩時間の過ごし方として「寝る」、「タバコを吸う」、「運動をする」があげられる。

最後に、LF/HF 値について述べる。表 3 より多くの条件でリラックス状態の平均解答時間と比べて、ストレス状態の平均解答時間は早くなっていた。分散分析の結果より、主効果において有意差がみられた ($F(1, 11863) = 107.21, p < 0.01$)。そこで、休憩時間の過ごし方と LF/HF 値の単純主効果検定を行った。すると、「寝る」における LF / HF 値 ($F(1, 1764) = 23.82, p < 0.01$)、「スマートフォンを見る」における LF/HF 値 ($F(1, 2158) = 28.48, p < 0.01$)、「運動をする」における LF/HF 値 ($F(1, 2296) = 4.26, p < 0.05$)、「コーヒーを飲む」における LF/HF 値 ($F(1, 2434) = 69.80, p < 0.01$)、「タバコを吸う」における LF/HF 値 ($F(1, 868) = 23.06, p < 0.01$) で有意であった。さらに 3 要因全ての交互作用において単純・単純主効果検定を行った。「寝る」において休憩前の作業時 ($F(1, 837) = 11.15, p < 0.01$) と休憩後の作業時 ($F(1, 925) = 12.86, p < 0.01$)、「スマートフォンを見る」において休憩前の作業時 ($F(1, 1047) = 12.71, p < 0.01$) と休憩後の作業時 ($F(1,$

1109) = 15.10, $p < 0.01$), 「運動をする」において休憩後の作業時 ($F(1, 1129) = 15.50, p < 0.01$), 「食べ物を食べる」において休憩前の作業時 ($F(1, 1189) = 3.82, p < 0.1$), 「コーヒーを飲む」において休憩前の作業時 ($F(1, 1216) = 41.09, p < 0.01$) と休憩後の作業時 ($F(1, 1216) = 29.73, p < 0.01$), 「タバコを吸う」において休憩前の作業時 ($F(1, 417) = 7.16, p < 0.01$) とにおいて休憩後の作業時 ($F(1, 449) = 13.66, p < 0.01$) で有意であった。以上より, 「寝る」, 「スマートフォンを見る」, 「運動をする」, 「食べ物を食べる」, 「飲み物を飲む」, 「タバコを吸う」の状況において, ストレス状態である LF/HF 値が 2 以上の時は集中力が高い状態つまり, 作業パフォーマンスが高いと考えられる。しかし, 「食べ物を食べる」は休憩後の作業時では有意ではなかった。そのため, 「食べ物を食べる」という行為もしくは「チョコレートを食べる」という行為が作業に何らかの影響を与えたと考えられる。今後, 食べ物をチョコレート以外のものに変えて調査するとともに, 食べる行為による人への影響について調査する必要がある。以上より, 「食べ物を食べる」以外の休憩時間の過ごし方において, LF/HF 値が 2 以上の時は集中力が高い状態であると考えられ, LF/HF 値が 2 未満の状態を集中力が低い状態であると仮定して休憩状態の定量評価の指標の 1 つにできると考えられる。

データ収集のまとめ

休憩時間の過ごし方の比較より, 被験者全員が休憩時間の過ごし方の順番を同じ順番にしたことによる計算問題への慣れにより, 実験の順番が後であった休憩時間の過ごし方ほど有意に解答時間が早かった。これにより, 休憩前後での変化量でどの休憩時間の過ごし方が効果的だったかを評価できなかった。今後の実験では, 休憩時間の過ごし方の順番は被験者ごとにランダムに割り当てなければならない。次に休憩前後の作業の比較より, 「寝る」, 「運動をする」, 「タバコを吸う」では, 休憩前の作業の解答時間と比べて休憩後の作業の解答時間が有意に早かったため, 作業パフォーマンスを向上させたといえる。ただし, 「運動をする」は身体的な負荷を下げた運動で再検証を行う必要がある。また, その他の過ごし方についても有意でなかったが, 平均解答時間を休憩前後で比較すると±約 100ms の誤差で休憩後は休憩前と変わらない解答時間であった。これより, 6 種類の休憩時間の過ごし方で作業パフォーマンスの回復効果がみられたといえる。最後に LF/HF 値の閾値による作業パフォーマンスの比較より, 「食べ物を食べる」休憩後の作業以外では LF/HF 値が 2 未満の時の平均解答時間と比べて LF/HF 値が 2 以上の時の平均解答時間が有意に早かった。これより, LF/HF 値が 2 以上の時は集中力が高い状態であり, LF/HF 値が 2 未満の状態を集中力が低い状態であると考えられ, 休憩状態の定量評価の指標

の 1 つにできると考えられる。また, 「食べ物を食べる」という行為もしくは「チョコレートを食べる」という行為が生体情報に何らかの影響を与えていると考えられ, LF/HF 値のみで集中力が高い状態であるといえなかった。これについてはチョコレート以外の食べ物を用いた調査等を行う必要がある。

4. まとめ

本研究では, オフィスワークにおける休憩状態を定量的に評価するために, 作業中の休憩時間の過ごし方の違いが作業パフォーマンスに与える影響について生体情報を用いて調査した。結果より, 休憩前後の作業パフォーマンスの比較により, 「寝る」, 「運動をする」, 「喫煙をする」の 3 種類の休憩時間の過ごし方で作業パフォーマンスの向上がみられた。また, LF/HF 値の閾値による作業パフォーマンスの比較により, 「食べ物を食べる」休憩以外では LF/HF 値が 2 未満の時の平均解答時間と比べて LF/HF 値が 2 以上の時の平均解答時間が有意に早かったことから, LF/HF 値が 2 以上であれば集中力が高い状態, 2 未満であれば集中力が低い状態として, 休憩状態の定量評価の指標の 1 つにできる可能性があることがわかった。今後の課題として, 休憩状態を定量的に評価するための判定方法を提案および, 実際のオフィス環境にて提案手法を用いて休憩状態を認識できるかを評価する予定である。

参考文献

- [1] VDT 作業における労働衛生管理のためのガイドライン: <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11200000-Roudoukijunkyouku/0000184703.pdf>
- [2] 東川知生, 山本景子, 倉本至, 辻野嘉宏: デスクワーク時における瞬目に基づく疲労蓄積の検出と適切な休憩タイミングの提示, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2012, No. 1, pp. 1-6 (Jan. 2012).
- [3] 堀江良典: VDT 作業の休憩時間の過ごし方に関する一考察, 日本経営工学会誌, Vol. 46, No. 3, pp. 225-231 (Aug. 1995).
- [4] M. Malik: Heart Rate Variability, *Circulation*, Vol. 93, No. 5, pp. 1043-1065 (Apr. 1996).
- [5] B. Pomeranz et al.: Assessment of Autonomic Function in Humans by Heart Rate Spectral Analysis, *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, Vol. 248, No. 1, pp. H151-H153 (Jan. 1985).
- [6] D. SK and G. CK: The use of salivary biomarkers in occupational and environmental medicine, *Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 64, No. 3, pp. 202-210 (Mar. 2007).
- [7] 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会, Vol. 38, No. 1, pp. 3-9 (Apr. 2011).
- [8] H. Yasufuku, T. Terada, and M. Tsukamoto: A Lifelog System for Detecting Psychological Stress with Glass-equipped Temperature Sensors, *Proc. of the 7th Augmented Human International Conference 2016 (AH 2016)*, pp. 8:1-8:8 (Mar. 2016).

- [9] ユニオンツール社, WHS-1:
<http://www.uniontool-mybeat.com/SHOP/8600012.html>
- [10] V. Sandulescu, S. Andrews, N. Bellotto, O. M. Mozos: Stress Detection Using Wearable Physiological Sensors, *International Work-Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation*, pp. 526–532 (Jun. 2015).
- [11] 堀江良典: VDT 作業における一連続作業時間と休憩に関する研究, 人間工学, Vol. 23, No. 6, pp. 373–383 (Apr. 1987).
- [12] 自覚症調べ: <http://square.umin.ac.jp/of/service.html>
- [13] 米山巧一, 駒井浩臣, 岡村俊彦, 西口宏美, 横溝克己: オフィスワークにおける休憩効果に関する研究:VDT 作業者を例に, 人間工学, Vol. 26, pp. 190–191 (Jun. 1990).
- [14] 阪本清美, 浅原重夫, 山下久仁子, 岡田明: TV 視聴時のユーザーの感情状態が生理心理計測に及ぼす影響, ヒューマン情報処理研究会 (HIP), Vol. 111, No. 60, pp. 1–5 (May 2011).
- [15] 三木隆裕, 寺田努, 塚本昌彦: ユーザと他者へ光の明滅による情報提示可能なメガネ型デバイスの設計と実装, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2016 論文集, pp. 223–231 (Nov. 2016).
- [16] 中瀬純哉, 栗原聡, 森山甲一, 石原靖哲, 大下福仁, 角川裕次, 清川清, 畠中理央, 細田一史: カフェ・ド・ナイター〜アンビエント環境における最適インタラクション推定機構の提案〜, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2011 論文集, 2211L, pp.459–468 (Sep. 2011).
- [17] DJSOFT, EKWords:
<http://www.djssoft.co.jp/products/ekwords.html>
- [18] JINS 社, JINS MEME: <https://jins-meme.com/ja/>
- [19] C A. Czeisler et al. : Stability, Precision, and Near-24-Hour Period of the Human Circadian Pacemaker, *Science*, pp.2177–2181 (Jan. 1999).
- [20] 大塚邦明, 中島茂子, 菊池長徳: 心拍リズムのサーカディアン変動と $1/f$ ゆらぎ, BME, Vol. 8, No. 10, pp.17–21 (1994).
- [21] D. Kuratsune et al. : Changes in Reaction Time, Coefficient of Variance of Reaction Time, and Autonomic Nerve Function in the Mental Fatigue State Caused by Long-term Computerized Kraepelin Test Workload in Healthy Volunteers, *World Journal of Neuroscience*, Vol. 2, No. 2, pp. 113–118 (Feb. 2012).
- [22] 株式会社疲労科学研究所, VM302: <http://www.fatigue.co.jp/kenshin2.htm>
- [23] 中川千鶴: 特集人間工学のための計測手法 第4部: 生体電気現象その他の計測と解析 (5) —自律神経系指標の計測と解析—, 人間工学, Vol. 52, No. 1, pp.6–12 (Jan. 2016).