

平成 2 6 年 6 月 1 0 日現在

機関番号 : 1 5 5 0 1

研究種目 : 基盤研究(C)

研究期間 : 2010 ~ 2013

課題番号 : 2 2 5 6 0 4 2 0

研究課題名 (和文) 脳波の時空動特性を用いたストレス計測システムの研究

研究課題名 (英文) Stress-sensing system using spatiotemporal response of electroencephalogram

研究代表者

西藤 聖二 (Nishifuji, Seiji)

山口大学・理工学研究科・准教授

研究者番号 : 6 0 2 5 3 1 6 8

交付決定額 (研究期間全体) : (直接経費) 2,900,000 円、(間接経費) 870,000 円

研究成果の概要 (和文) : 脳波によるストレス計測を目的として、ストレス負荷時、運動または休憩時の脳波を調べ、次の成果を得た。(1) ストレスの影響 : 精神的ストレス (暗算)、物理ストレス (音) を与えた時に、低域 α 波 (8 ~ 10Hz) の振幅が安静時よりも20%以上減少した。物理ストレス (匂い) であるペパーミントには、高域 α 波 (10 ~ 13Hz) の増進効果が認められた。(2) 運動・休憩の効果 : ストレス後30分の休憩または運動により、低域 α 波の振幅が安静時よりも20%以上増加した。運動と休憩の効果には統計的な差は見られなかったが、振幅増加率は運動の方が高かった。このように、脳波によりストレス状態を把握できる可能性が示された。

研究成果の概要 (英文) : The present study investigated responses of electroencephalogram to exposure of stresses, performing aerobic exercise and resting without task. The observations obtained include the following. (1) The alpha wave in the lower-frequency band (8-10Hz; low-alpha wave) was significantly reduced by 20 % in amplitude during performing a mental arithmetic and listening to unpleasant sound. The odor of peppermint elicited the alpha wave in the higher-frequency band (10-13Hz). (2) The amplitude of the lower-alpha wave was increased by 20 % with reference to the pre-stressed alpha wave by performing aerobic exercise or resting for 30 min after the tasks of the mental arithmetic and unpleasant sound. Statistical significance between the exercise and resting was not found, but the amplitude-increasing rate of the low-alpha wave was larger in the exercise. The results suggests the possibility of understanding human stressed states by means of the electroencephalogram such as the alpha wave.

研究分野 : 工学

科研費の分科・細目 : 電気電子工学・計測工学

キーワード : 計測システム ストレス計測 脳波 アルファ波 運動の効果 匂いの脳波への影響 精神作業

1. 研究開始当初の背景

(1) 社会的背景

近年、所得格差の拡大やリストラの進行に伴い、人が感じるストレスはいっそう強まっており、1年間の自殺者は1998年から3万人を超え続けている。精神的ストレスはPTSDやうつ病を始めとする精神疾患の要因でもある。したがって、自殺や精神疾患の予防の観点からも、ストレスを定量的に計測し、その強さに応じて、勤務内容の調整や投薬治療等の適切な措置をとることが、極めて重要になっている。

(2) 着想に至った経緯

ストレス応答のメカニズムについては、ストレス情報（神経活動、ホルモン）が視床→大脳皮質・扁桃体→視床下部を通った後、ホルモン系統、自律神経系統の2系統を介して、血糖値、心拍数や血圧の変化として表れる^{1,2)}。これらのストレスに関連する諸量の測定によるストレス計測の研究が行われている³⁻⁵⁾。ただし、これらの量はストレス以外の原因によっても変化するため、誤判定の危険性がある。

一方、脳で生まれるストレス応答は情動（喜怒哀楽）となり、これを計測する脳イメージングの技術としては、ポジトロン断層法(PET)、機能的MRI(fMRI)、光トポグラフィ=近赤外線スペクトロスコピー(NIRS)、脳磁波(MEG)、脳波(EEG)などがあり、種々の研究が行われているが、次の点が課題である。

大脳皮質の神経活動におけるストレス応答の動態が明らかでない。

PETやfMRIでは実験環境の制約により、設定可能なストレスが限定される。

高コスト機器は臨床現場に普及しておらず、手軽にストレスを計測できない。

以上の観点から、本研究では、高い時間分解能を有し、計器の携帯が可能で実験環境の制約が少なく、計器が広く普及している「脳波」に注目した。すなわち、ストレス印加時の脳波の動特性を解明することにより、ストレス計測システムを開発することを着想した。

脳波のストレス応答については、従来幾つかの報告があるが、論争的である^{6,7)}。研究代表者は、最近、快音と不快音に対する α 波の応答が異なることを見出した。この結果から、脳波応答の解明により、ストレス計測（強さ・ストレス）が実現可能と確信し、本研究課題を提案するに至った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、脳波の動特性（時間変化）を解析することにより、ストレスを計測するシステムの開発である。ストレスの計測は、現代社会における精神疾患の予防と治療のためには極めて重要であるが、未だ確立されていない。そこで、ストレス処理に伴う脳の活動を、脳波を中心にして以下の3つの観点

で検討・解明することにより、ストレス計測システムを構築する。

(1) ストレス印加時の脳波振幅および位相の静特性変化を、安静時を基準に、主に振幅を用いた指標によって定量評価する。特に、精神ストレス課題（計算や単純作業）を課したとき、作業環境の影響を調べるため、雑音や光などの物理的なストレスを与えたとき、および、これらが複合的に印加されたときの脳波指標の評価を行う。

(2) 脳波のストレス応答の動態（時空ダイナミクス）を、カオス力学の見地から明らかにする。ストレス印加前後における脳波の振幅・位相の時空ダイナミクスを、フラクタル次元を用いて明らかにする。合わせて、ストレス反応の大脳皮質上における空間的な伝播の様子についても定量的に解明する。

(3) 脳波による知見に、他のイメージング技術による知見を有機的に結合する。

3. 研究の方法

図1に本研究で実施した項目を時系列で示す。本研究の中心はストレス応答の脳波計測であり、この立場から当初計画よりも測定項目を増やしたり（匂いの影響を追加）、ストレス軽減効果の検証を追加したり（運動・休憩の効果）したため、上記2の(2)(3)の理論的な検討までには至らなかった。すなわち、平成22～23年度に精神的ストレス・音ストレス、平成23～24年度に匂いの脳波への影響をそれぞれ調査した。これらと並行して、平成23～24年度には、ストレス負荷後に運動・休憩を行った時の脳波の変化を調べた。平成25年度には研究の総括を行うとともに、研究の展開を狙って新たな精神的ストレスを考案し、試験的に測定・解析した。

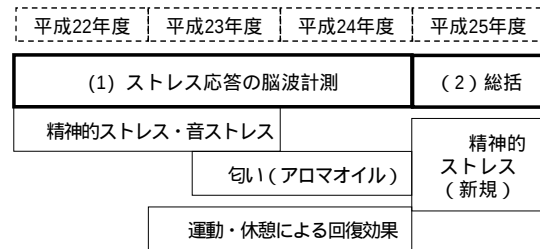


図1 実施内容

(1) ストレス応答の脳波計測

精神的ストレス・音ストレスの影響
精神的ストレスとして暗算・暗記を、物理ストレスとして音（5kHz音、クラシック）を選び、各ストレス課題単独および両者を組合せた課題を被験者に課し、閉眼脳波を測定・解析した。解析方法はフーリエ解析と複素復調法による解析を採用し、 α 波（8～13Hz）、 β 波（13～30Hz）、 γ 波（30Hz～）の振幅変化を調べた。なお、 α 波に関しては、リラクセス度を表すとされる低域 α 波（8～10Hz）と覚醒度の高さを表すとされる高域 α 波（10～13Hz）のそれぞれで振幅変化等を調査した。

匂いの影響

匂いにはアロマテラピーに代表されるようにリラックスを促進する効果がある半面、癖のある匂いや腐敗臭のような匂いは負のストレスとなることがある。従来、匂いの脳波への影響に関してはいくつかの報告が行われているが、一致を見ない点も多い⁸⁻¹⁰⁾。

そこで、本研究では、市販されている匂いの中で、刺激臭として比較的広く受け入れられているペパーミントの精油とグレープの匂いを模した合成香の2種の匂いの脳波への影響を調べた。それぞれの匂いへの曝露時、匂い曝露中の暗算課題遂行時の閉眼脳波を測定し、と同様に解析して匂いのない場合と比較した。

運動・休憩による回復効果

適度の運動や休息は、ストレスを軽減するための手軽な方法として知られている。運動が脳波に与える影響については、従来いくつかの報告があり¹¹⁻¹³⁾、 α 波の高周波域成分の増加やその原因・媒体としての前頭前野の活性化等との関連が指摘されている¹⁴⁾。ただし、これらの研究はストレスを負荷せず運動させたものであり、運動によるストレスの軽減については論じられていない。

そこで、本研究では、上記のストレス負荷を行った後、30分の有酸素運動(エアロバイク)または休憩した後の脳波を測定し、各脳波リズムについてストレス負荷前、ストレス負荷中のそれぞれと比較し、運動や休憩による影響を検討した。

精神的ストレス(新規)

上記では精神的ストレスとして、暗算や暗記による精神作業を用いたが、一般に理解されている精神的ストレスとは質・強度共に異なる。本研究では、実験室環境において実現可能な精神的ストレス課題を考案し、課題遂行時の閉眼脳波を測定・解析した。

4. 研究成果

(1) ストレス応答の脳波計測

精神的ストレス・音ストレスの影響

[1] 測定と解析

健康者12名(21~24歳、女性2名、男性10名)の協力を得て、山口大学イノベーション機構の電磁シールドルーム内で、覚醒閉眼時の脳波を、両耳朵を連結して基準電極とした単極導出法により導出した。電極装着位置は国際10-20電極配置法に従って、頭部全体の15部位とした(図2)。

導出した脳波は脳波計(日本光電製 EEG-5532、ゲイン 86dB)で増幅した後、パソコン(NEC PC9821Xc16)で200 Hz/ch、分解能12ビットで離散値化・記録した。実験に際しては、ヘルシンキ宣言の主旨に則って事前に被験者に実験の内容を説明し、実験に参加することへの同意を得た。なお、電極配置と測定機器については、以下、同様である。

測定は以下の手順と条件で行った(図3)。

・安静(40s、2試行): 静寂・無負荷状態

・音聴取および精神作業課題:

(a) 音聴取(100s)

<1> 不快音(5 kHz 単音)

<2> 快音(Pachelbel の Canon)

(b) 暗算課題(100s)

割算;(3桁の整数)/(2桁の整数)を小数点第3位まで計算

静寂、不快音、快音の各環境下で順次実施

(c) 暗記課題(40s)

円周率 π の小数点以下の数やランダムに発生した整数15桁分を暗記

静寂、不快音、快音の各環境下で順次実施

以上の各条件の下で閉眼脳波を測定したが、40~60sには眠気防止のため開眼させた。

[2] 結果

図4に、それぞれのストレス負荷条件下における右後頭部 O2 の低域 α 波、高域 α 波の【安静時の振幅に対する振幅比 R_p 】について、各ストレス条件で80s分の平均を求め、被験者にわたって平均したものを示す($\bar{R}_p$ と表す)。図4ではすべての条件で $\bar{R}_p$ が1を下回っている。特に、低域 α 波の減少量が高域 α 波の減少量よりも大きく、すべての条件で安静時よりも15%以上も減少する(最大減少率は、不快音聴取中の暗算課題で26%)。

1標本のt検定によれば、低域 α 波の場合、快音聴取中の記憶課題以外で有意差が($p < 0.001$)認められた。一方、高域 α 波では8条件中3条件で有意差が認められず、全体的に安静時との差が明確とは言い難かった。以上のことから、ストレス負荷による影響は、低域 α 波により強く現れることが分かった。

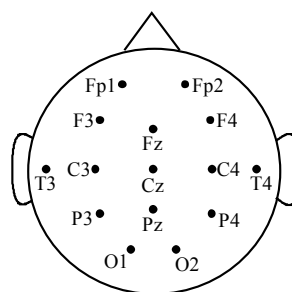


図2 電極配置(国際10-20法、上面図)

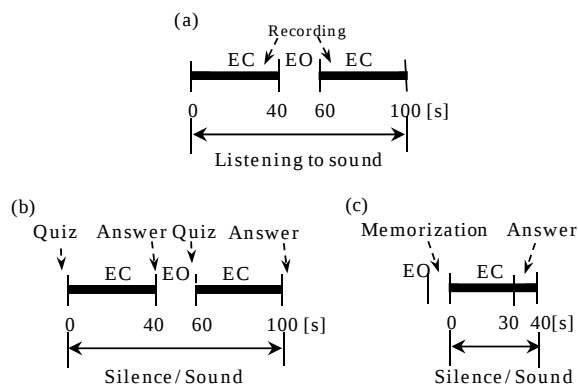


図3 測定手順(EC: 閉眼、EO: 開眼)(a) 不快音聴取、(b) 暗算(静寂/不快音聴取環境下)、(c) 暗記

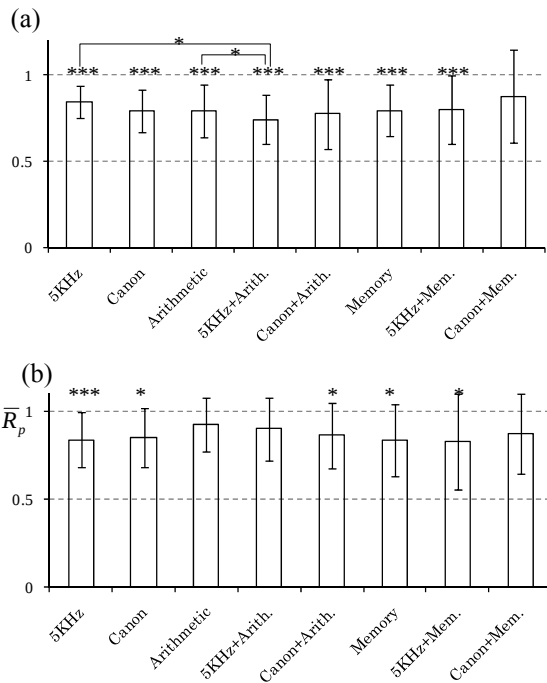


図4 振幅比の被験者平均($n = 12$) (a) 低域 α 波、(b) 高域 α 波 5 kHz: 単音 (不快音) Canon: クラシック音楽 (快音) Arithmetic: 暗算、Memory: 暗記 エラーバーは標準偏差、*, **, ***: $p < 0.05$, < 0.01 , < 0.001

特に暗算課題中の不快音の影響に関しては、低域 α 波では、「静寂環境下の暗算」と「不快音聴取中の暗算」の間に有意差が認められた (対応のある t 検定、 $p < 0.05$)。さらに、「不快音聴取」と「不快音聴取中の暗算」の2条件の間でも有意差が認められ ($p < 0.05$)、ストレスの多重化による影響が見られた。

以上のようなストレス負荷による影響は、 β 波、 γ 波ではほとんど見られなかった。(快音聴取時のみ安静時との有意差あり、 $p < 0.001$)。また、 θ 波ではすべての条件で安静時との有意差が認められなかった。

以上より、音聴取と暗算課題および両者の組合せによって、特に低域 α 波がストレスに大きく影響されることが分かった。また、不快音と暗算の組合せにより、各ストレスを単独で与えるよりも、有意に振幅が低下した。これらの変化は、 β 波や γ 波では観測されなかったことから、低域 α 波がストレスによる影響を最も反映しており、脳波におけるストレス指標となる可能性が示された。

匂いの影響

[1] 測定と解析

健康者 7 名 (21 ~ 24 歳、すべて男性) の協力を得て、と同じ電極配置・測定装置により覚醒閉眼時の脳波を次の条件で測定した。

(a) 安静 (40s): 静寂・無負荷

(b) 暗算 (100s): 2 桁の整数同士の割算

(c) 匂い曝露 (100s)

(d) 匂い曝露中の暗算 (100s)

上記の 4 条件での測定をペパーミント、グループのそれぞれの匂いについて 2 回ずつ繰り返した。解析方法は と同様である。

[2] 結果

図 5 に低域と高域の α 波について、安静時との振幅比 R_p の被験者平均 $\bar{R}_p$ を示す (右後頭部 O2、匂いはペパーミント、呈示順は測定順と異なる)。 (a) の低域 α 波では $\bar{R}_p$ は暗算時に 1 を下回っているが (A-1, A-2)、1 標本の t 検定では安静時との有意差は見られなかった。これは の結果と異なるが、では被験者数がより少なく、さらに個人差 (標準誤差) が大きかったため、A-1 で有意傾向が表れる程度に留まったと考えられる。

次にペパーミントに曝露した場合、 $\bar{R}_p$ は安静時とほぼ同レベルである。匂いと暗算の組合せでは、暗算単独時よりも $\bar{R}_p$ が減少し、安静時との有意差が認められた ($p < 0.05$)。ただし、暗算、匂い、暗算と匂いの組合せのそれぞれの第一試行 (A-1, P-1, A+P-1) に関する一元配置分散分析より、測定条件による主効果は見られなかった。 ($F(2,6) = 2.62$, $p > 0.1$)。匂い単独では $\bar{R}_p$ の変化が小さいことから、匂いの低域 α 波への影響は小さく、上記の有意差は、暗算の影響が大きいと考えられる。

一方、高域 α 波 (図 5(b)) は全課題で振幅増加傾向が見られる。特にペパーミントの曝露 (暗算なし) 条件では、P-1, P-2 の 2 試行共に安静時と有意差が認められた ($p < 0.05$)。また、暗算と匂いの組合せでは A+P-2 で有意差が認められた。また、低域 α 波の場合と同様に、一元配置分散分析の結果からは、測定条件による主効果は認められなかったが、有意傾向がみられた ($F(2,6) = 3.13$, $p = 0.08$)。

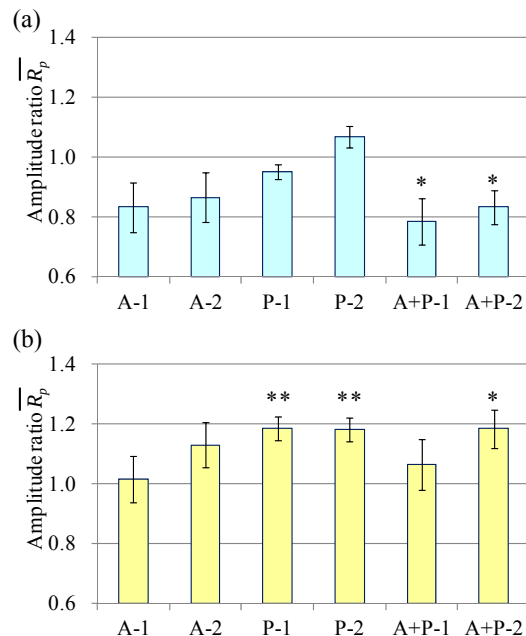


図5 振幅比の被験者平均($n = 7$) (a) 低域 α 波、(b) 高域 α 波 A-1, -2: 暗算 1, 2 回目、P-1, -2: ペパーミント曝露、A+P-1, -2: ペパーミント曝露中の暗算、エラーバーは標準誤差、*, **: $p < 0.05$, < 0.01

グレープ香については、低域 α 波の場合はペパーミントの場合とほぼ同様の応答がみられ、暗算による抑制効果が表れていると判断される。分散分析では主効果について有意傾向が見られたが ($F(2,6) = 3.66, p = 0.06$)、暗算と匂いの組合せによる影響が要因と思われる。高域 α 波の場合は $\bar{R}_p$ の変化が殆どみられず、ペパーミントの場合と異なる。

なお、 β 波に関しては、ペパーミントに対して有意な振幅変化が表れず、グレープに対しては第一試行で 8 %程度の振幅減少ながら有意差が見られた ($p < 0.01$)。 θ 波ではペパーミントに対しては低域 α 波と同様に暗算と匂いの組合せで有意差が表れ、グレープに対しては匂い第二試行以外の条件で有意差が表れた (いずれも振幅は減少、 $p < 0.05$)。

以上より、高域 α 波がペパーミントによって増加する結果が得られた。他のリズムでは振幅が減少しても暗算の影響が大きく、ましてや増加することはない。この点で、ペパーミントが高域 α 波に与える効果は特異的と言える。高域 α 波には注意能力の関連が指摘されており、ペパーミントが「頭がすっきりして集中力が高まる」といわれていることが、高域 α 波の増加と対応する可能性がある。

運動・休憩による回復効果

[1] 測定と解析

健康者 19 名 (21 ~ 44 歳、男性) の協力を得た。脳波測定 (閉眼) は条件 (運動・休憩) によって、2 日間にわたって実施した (図 6)。

A. 1 日目 (運動あり)

(a) 安静: 静寂・無負荷状態

(b) ストレス負荷中

<1> 不快音 (5 KHz 単音)

<2> 暗算 (2 桁の整数同士の掛け算)

<3> 不快音 + 暗算 (<1>を聴きながら暗算)

(c) 運動後: エアロバイク (Combi Wellness ai) を用いた 20 min の自転車こぎ後に測定

B. 2 日目 (運動なし)

(a)(b) 1 日目と同じ実験条件

(d) 休憩: 安静 30 min の休憩後に測定。

運動強度は軽めの最大心拍数 100 を目標値として、耳朶装着の光電脈波センサにより心拍数を検出して負荷を自動調節した。

[2] 結果

図 7 に、右後頭部 O2 における (a)低域 α 波、(b)高域 α 波のそれぞれについて、80 s 分の振幅比の全被験者 (19 名) にわたる総平均 $\bar{R}_p$ を、標準偏差とあわせて実験条件ごとに示す。

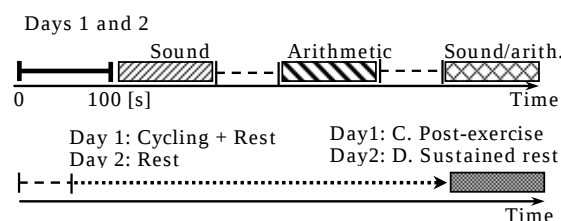


図 6 測定手順 (Sound: 不快音、Arithmetic (arith.): 暗算、Cycling: 自転車こぎ運動)

(a)の低域 α 波では、 $\bar{R}_p$ は図 4(a)と同様に、<1>~<3>のストレス負荷時に 1 を下回り、特に、低域 α 波では<3>音 + 暗算で $\bar{R}_p$ が 0.8 程度に抑制されている。対して運動後では振幅比が 1.2 以上、休憩後では約 1.15 と、安静状態をも上回っていることがわかる。

Friedman 検定の結果は $\chi^2(4) = 39.2, p < 10^{-7}$ となり、主効果が認められた。Wilcoxon の符号付き順位和検定によれば、<1>~<3>の各々と(c)運動の 3 つ、および <3>と(d)休憩の計 4 つの組合せで有意差 ($p < 0.01$) が見られた。運動後と休憩後の間には有意差は見られないものの、 $\bar{R}_p$ は運動後の方が約 0.1 大きい。

一方、(b)高域 α 波では、振幅比の被験者平均はいずれも 1 付近に留まり (0.94 ~ 1.1)、振幅変化は低域 α 波よりも小さい。Friedman 検定や一元配置分散分析のいずれも主効果は観測されなかった ($\chi^2(4) = 5.3, p = 0.25$)。

なお、実験 2 日目のストレス負荷時の低域 α 波・高域 α 波からも、実験 1 日目と同様の結果が得られた (図略)。また、他の脳波リズムについては、 θ 波が低域 α 波と同様、 β 波は高域 α 波と同様の結果が得られた。

以上示したように、ストレス負荷後に運動や休憩した結果、特に比較的低い周波数帯域の脳波 (低域 α 波、 θ 波) で、運動や休憩後に脳波の振幅が有意に増加した。運動後と休憩後の振幅比について両者の間に有意差は認められなかったが、運動の効果が休憩のそれよりも大きい可能性が考えられる。

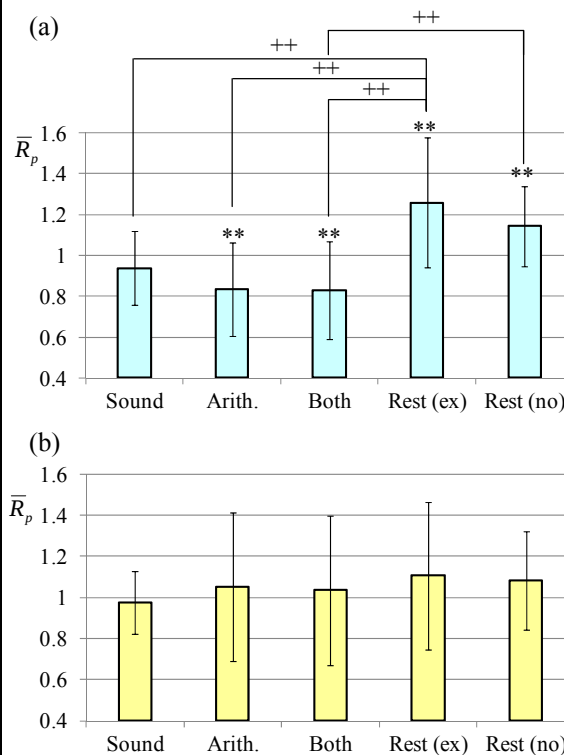


図 7 振幅比の被験者平均 ($n = 19$) (a)低域 α 波、(b)高域 α 波 左より不快音、暗算、不快音 + 暗算、運動後、休憩後、**、++: $p < 0.01$ (1 標本の t 検定、Wilcoxon の符号付き順位和検定)

精神的ストレス（新規）

「キーボードの配列に従って入力した文字と異なる文字が表示される課題」を考案し、1 回目の実行時、その後 20 分の運動または休憩後に再実行した時の開眼脳波の増減を調べた（健康男子大学生 6 名、21～24 歳）。

その結果、1 回目は低域、高域 α 波の振幅が共に安静時から大幅に減少する一方で β 波の振幅が増加し、精神状態への影響が窺われた。2 回目では、運動・休憩に関わらず低域、高域 α 波は安静時と同レベルまで回復したが、 β 波は安静時よりも高レベルを保った。この結果は、課題のストレスと運動・休憩の効果を示している可能性があるが、課題への慣れの影響もあり、今後の検討課題となった。

参考文献

- 1) 尾仲達史，脳神経：二木鋭雄，ストレスの科学と健康．東京：共立出版、pp. 60-65、2008．
- 2) 吉野公三，生理：同上、pp. 74-79．
- 3) K. Yoshino and K. Matsuoka, Biol. Psych., Vol. 69, No. 2, pp.217-227, 2005.
- 4) N. Hjortskov et al., Eur.J. Appl. Physiol., Vol. 92, No. 1-2, pp. 84-89, 2004.
- 5) M. Yamaguchi et al., Biosens.Bioelec., Vol. 21, No. 7, pp. 1007-1014, 2006.
- 6) 尾谷正夫，尾崎久記，安久正紘，脳と精神の医学、Vol. 8, No. 2, pp. 175-182, 1997．
- 7) 堀井昭男，山村千草，勝保智道，内山明彦，J. Int. Soc. Life Inf. Sci., Vol. 22, No. 2, pp. 536-544, 2004.
- 8) W.R. Klemm et. al, Chem. Sens., Vol. 17, pp. 347-361, 1992.
- 9) M. A. Diego et. al., Int. J. Neurosci., Vol 96, pp. 217-224, 1998.
- 10) A. H. Kempa, J. M. Piersonam, R. D. Helmea, Arch. Gerontol. Geriatr., Vol. 33, pp. 95-107, 2001.
- 11) H. C. Beh, S. Mathers, J. Holden, Int. J. Psychophysiol., Vol. 23, pp. 121-128, 1996.
- 12) 佐々木浩子，人間福祉研究、No.6, pp. 161-169, 2003.
- 13) K. Kamijo et al., Clin. Neurophysiol., Vol. 115, pp. 2693-2698, 2004.
- 14) M.Fumoto et al, Behav.l Brain Res., vol.213, pp. 1-9, 2010.

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 8 件)

“Response of EEG rhythms to exposure to aromatic odor”, S.Nishifuji, Proceedings of SICE Annual Conference 2013, 査読有、pp. 1647-1648 (2013).

“Impact of aromatic odor on EEG rhythms with and without mental arithmetic”, S.Nishifuji, Transactions of Japanese Society for Medical and Biological Engineering, 査読有、Vol. 51, p. R-194, 2013.

“軽い運動や休憩が高音聴取・暗算課題遂行後の脳波リズムの振幅に与える影響”，西藤聖二、宇山 宏、田中正吾、第 29 回センシングフォーラム、査読無、pp. 293-297, 2012.

“EEG recovery enhanced by acute aerobic exercise after performing mental task with listening to unpleasant sound”，S. Nishifuji, Proceedings of 33rd Annual International

Conference of the IEEE EMBS, 査読有、pp. 3837-3840, 2011.

“Effect of acute aerobic exercise on EEG rhythms stressed from sound and mental task”，S. Nishifuji, D. Maino and S. Tanaka, Proceedings of SICE Annual Conference 2011, 査読有、pp. 1610-1614, 2011.

“音環境が精神作業時の脳波に与える影響について”，西藤聖二、佐藤政宏、舞野大輔、田中正吾、ライフサポート、査読有、第 22 巻、3 号、pp. 96-104, 2010.

“Effect of acoustic environment on amplitude and stability of EEG rhythms during performing mental tasks”，S. Nishifuji, M. Sato and T. Kunitake, Clinical Neurophysiology, 査読有、Vol. 121, Suppl.1, p. S244 (2010).

“Effect of acoustic stimuli and mental task on alpha, beta and gamma rhythms in brain wave”，S. Nishifuji, M. Sato, D. Maino and S. Tanaka, SICE Annual Conference 2010, 査読有、pp. 1548-1555, 2010.

〔学会発表〕(計 6 件)

西澤聡紘、西藤聖二、松原 篤、“運動や休息がストレス負荷後の脳波に与える効果に関する研究”、第 22 回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集、pp. 104-105, 2013.11.30, 山口大学工学部（宇部市）。

宇山 宏、西藤聖二、田中正吾、“脳波を用いた軽い運動または休養によるストレス軽減効果の計測について”、第 21 回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集、pp. 64-65 2012.11.24, 広島工業大学（広島市）。

“脳波を用いたストレス軽減効果の計測について”，宇山 宏、西藤聖二、田中正吾、第 20 回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集、p. 48-49, 2011.11.26, 岡山大学（岡山市）。

國武尊貴、西藤聖二、田中正吾、“香りが安静時及び精神作業時の脳波に与える影響について”、第 20 回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集、p. 66-67, 2011.11.26, 岡山大学（岡山市）。

舞野大輔、西藤聖二、田中正吾、“軽い運動が脳波にもたらす効果について”、第 19 回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集、pp.140-141, 2010.11.27, 島根大学（松江市）。

國武尊貴、佐藤政宏、西藤聖二、田中正吾、“音環境が精神作業時の脳波に与える影響”、第 19 回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集、pp. 142-143, 2010.11.27, 島根大学（松江市）。

6．研究組織

(1) 研究代表者

西藤 聖二（NISHIFUJI, Seiji）

山口大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：60253168