

B F 講座

【工学系】

生体生理情報とその評価

一ノ瀬充行

岩手大学 工学部

生体情報（脳波や心拍など）の取得とその評価について、具体的実験例を交えながら解説を加えたい。生体情報を取り扱うに当たっての参考例として、3つの研究内容、①ヒバ精油足浴の効果、②シダーウッド精油の効果、③コーヒー摂取の効果について、生体情報の解析手法の解説と結果の解釈について述べてみたい。

生体計測に当たり、中枢神経活動を計測する最も簡便な方法は、脳波計測である。fMRI や PET など高額な測定装置を用いた方法もあるが、装置が大掛かりであり、設置場所の施設にも多大な費用を必要とする。NIRS など少額で、どこの実験室でも使えるものも普及してきたが、それでも脳波計に比べ高額であることに違いはない。更に、脳の神経活動の基本は、神経細胞の電気的興奮である。電気的活動を捉えているのは脳波計のみである。fMRI や NIRS は、神経活動に伴う血流変化を捉えている。NIRS は、測定装置の規模が小さいが、fMRI に比べ大脳皮質の表面のみの活動を測定するものである。一方、PET は放射性的代謝物を用いることにより、様々な生理活性物質の動態を知ることができるが、放射性物質を作る装置と人員まで必要になり、限られた研究施設における研究にとどまり、どこにでも持っていける測定装置ではない。脳波計は、デジタル技術の進歩により、ノイズの混入に注意を払えば、携帯可能なものや脳内深部の活性部位の推定も可能である。今後もすたれることのない技術と考えられる。この解説においては、脳波周波数解析による中枢神経系の活性と脳波事象関連電位の一つである随伴陰性変動（CNV）を用いた中枢神経系の活性評価について、実験例の解釈を交え解説したい。

自律神経活性の評価には、一般的に心拍・心拍ゆらぎ、呼吸活動、血流計測等の計測・解析があるが、ここでは

心拍とそのゆらぎからどのようなことが考えられるか述べてみたい。3つめの生体計測手法として、体表温の計測について、コーヒー摂取に伴う体表温の解析について述べてみたい。赤外線サーモグラフィーを用いることにより、非接触で体表温の2次元的な温度分布を計測できる。感情に伴い、自律神経活性が変化すると血管の収縮・弛緩を伴い皮膚温に反映される。更に、ヒトの生理指標を評価するにあたっては、心理学的主観的な評価は必ず実施しておかなければならないので、これについても述べておきたい。以下、3つの実験について、取得された生体生理情報とその解釈についてまとめた。

I. ヒバ足浴の効果

足浴は、全身浴ができない人や介護福祉現場の入浴に際して簡易入浴法として、疲労回復や体を温め入眠を促進するなど、入浴方法の一つとして価値がある。ヒバ入りのお湯を用いた足浴、ヒバ風呂の雰囲気向上させるために実験室環境にもヒバの芳香を漂わせ、生体への影響を調べた。ステンレスタンク（50 l）に40 lのお湯を張り、下腿の2/3が浸かるようにする。お湯の温度は、 $38.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ に設定した。お湯の温度を保持するために、タンクの下からアルコールランプで加温をした。タンクのお湯には、ヒバ精油を250 μl 入れた。脳波は、国際脳波学会10-20電極配置法による電極位置から記録した。脳波電極装着後10分の安静の後に、記録を開始して、初めの5分は対照脳波として安静時脳波、続いて足浴と芳香を開始して約20分間の脳波を刺激後の脳波として記録した。脳波の解析は、mFFT（平均化FFT）を用いた周波数解析により、 δ （1～4 Hz）、 θ （4～8 Hz）、

連絡先：〒020-8551 岩手県盛岡市上田4-3-5

岩手大学工学部

TEL：019-621-6310 FAX：019-621-6310

E-mail：michinos@iwate-u.ac.jp

受 理：2010年8月5日

α (8~13Hz), β (13~30 Hz), γ (30~50 Hz) の振幅強度の時間経過を解析した。脳波は、サンプリング 2 m 秒で、FFT は 2048 ポイントで行い、30 秒で 1 区画の平均化 FFT を算出して、30 秒ごとの FFT 値として約 25 分の時間経過をグラフ化した。心拍は、両手首に心電図用の電極を装着し、双極肢第 I 誘導に基づく心電図を記録した。心拍ゆらぎは、心電図 R-R 間隔のゆらぎを Markin2 (GMS) により解析した。脳波計測前後の主観的心理状態は、多面的感情状態尺度を用い、覚醒状態の解析には GACL (General Arousal Checklist) を用いて解析した。

被験者 Y.S. において、白湯では δ , θ , α 帯域で足浴後は緩やかに増加した (図 1)。一方、ヒバ湯足浴では、 δ 帯域は 2 分後に大きく増加した。 θ 帯域では 2 分後に増加し、 α 帯域ではやや遅れて増加し、8~10 分位からは増加したままの状態が持続した。ヒバ湯の増加量は、白湯に較べて大きい。ヒバ湯の足浴において、 δ と θ 波活性が 8~14 分後に大きくなっていることは、白湯に比べヒバ湯の足浴において眠気の増加や傾眠効果が示唆される。 α 帯域の増加も、白湯に較べヒバ湯で大きく、大脳皮質の活動低下 (リラックス) も大きいことが考えられる。他の被験者 R.Y. のにおいても、脳波 δ , θ , α 帯域で同様の結果が得られた。

自律神経活動の指標としてよく用いられるのが心拍である。被験者 Y.S. において、足浴前の心拍に較べ白湯足浴後に心拍減少傾向がみられ、15 分以後には有意に低下が観察された。ヒバ湯の足浴においては、心拍減少傾向が早くから観察され 9~14 分後には有意に減少した。ヒバ湯足浴の条件の方が心拍低下が早く大きい。更に、心拍ゆらぎについて解析した。心拍ゆらぎは、心拍 R-R 間隔変動を周波数解析によりスペクトル解析することに

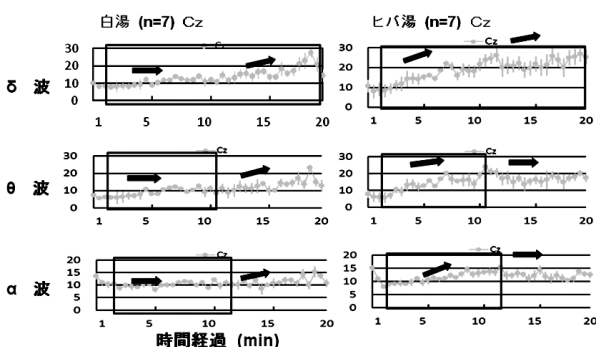


図 1. 足浴による脳波振幅強度の時間経過

被験者 Y.S. 22 歳, 電極位置: Cz

横軸は、足浴後の時間経過で単位は分、縦軸は振幅で単位は μV 。上から δ , θ , α 帯域、左の列は白湯の足浴、右はヒバ湯の足浴の場合の振幅強度時間経過を示す。白湯では、 δ , θ , α 帯域で足浴後は緩やかに増加した。ヒバ湯では、 δ 帯域は 2 分後大きく増加した。 θ 帯域、 α 帯域は 12 分まで大きく増加、続いて持続的に高い。

より、約 10 秒周期の低周波成分 (LF) と約 4 秒周期で呼吸活動と同程度の高周波成分 (HF) の 2 つのピークの存在が確認できる。LF は、安静仰臥位から起立負荷時に大きくなり、 β 遮断剤の存在下で、増加が抑えられる。一方、アトロピン (アセチルコリン拮抗薬) 存在下では、起立負荷に生じている LF は減少し、HF は消失する。これらのことから、LF は、交感神経と副交感神経活動を反映し、HF は副交感神経活動を反映することが示唆される。それ故、HF は副交感神経の活動性を、LF/HF (比) は交感神経の活動性を反映する指標として用いられている。

被験者 Y.S. において、心拍ゆらぎの HF が白湯において、足浴開始後徐々に増加した。一方、ヒバ湯の足浴では、2~14 分後に最大の増加がみられた。もう一人の被験者においてもヒバ足浴により、2~14 分の間に HF の増加がみられた。白湯の足浴では、副交感神経の活性上昇が穏やかであったのに比較して、ヒバ足浴の場合には足浴開始後 14 分後位に最大となる副交感神経刺激作用があったことがうかがえる。心拍が 9~14 分後に減少したことや、HF ゆらぎが 2~14 分後にヒバ足浴で増大したことから、この時間帯には白湯に較べヒバ湯において副交感神経が刺激され、循環器系の心臓活動が穏やかになったことが考えられる。

脳波計測前後に血圧を計測したが、白湯足浴とヒバ足浴で違いがみられた。被験者 Y.S. の血圧は、最高血圧 (P_S) 130 mmHg, 最低血圧 (P_D) 73 mmHg と同年代の被験者に較べやや高めである。白湯での足浴後には最高血圧が 13 mmHg 上昇するが、ヒバ湯の足浴では 10 mmHg 以下である。20 分の足浴による最高血圧の上昇が、ヒバ湯では抑えられたことを意味する。更に、最低血圧 (拡張期血圧) について、白湯足浴によって最低血圧が 10 mmHg 上昇するが、ヒバの場合には足浴後の上昇は 5 mmHg 以下と小さい。足浴による最低血圧の増加もヒバ湯で抑えられた。以上より、血圧が高めの被験者 Y.S. では、白湯に較べヒバ湯の足浴で、足浴後の P_S と P_D の増加が抑えられ、足浴が白湯に較べ穏やかであり、循環器系への負担が少ないことが示唆される。もう一人の被験者は、血圧が低め (113~67 mmHg) であった。この被験者の場合には、足浴により最高血圧 P_S が減少するが、ヒバ湯の足浴では、白湯に較べ減少率が小さくなった。最低血圧 P_D は白湯では変化は少ないが、ヒバ湯では 5 mmHg ほど増加した。この血圧低めの被験者では、ヒバ湯において足浴後の P_S の減少が抑えられ、 P_D が増加した。この被験者の場合には、ヒバ湯の足浴により、拡張期血圧 P_D が上昇し、血流循環が促進し、血行促進により体を温め、老廃物の排泄促進、疲労物質除去などのプラスの方向に働くことが期待される。以上、脳波測定前後の血圧変動の結果から血圧が高めの被験者にも、

血圧の低めの被験者にも、白湯に較べヒバ湯足浴はメリットのある入浴方法であることが示唆された。

生体生理情報の評価にあたって、主観的心理感情状態の把握は、必ず行っていないと判断できない。生理指標のみによって生体の感情までも判断できる技術が開発されるまで、あるいは都合により心理的評価が行えない場合を除いては、生体生理情報の取得と主観的心理感情状態の被験者による報告は、客観的実験データと共に把握しておかなければならない。人間が被験者の場合には、体調が日々異なりうるし、体調とまではいなくても精神的にも日々刻々と移り変わっている。季節変化によってもそもそも生理反応は異なってくる。気分の良い浮き浮きした日の生理反応とストレスがたまっていた憂鬱な日の生理反応が異なることは容易に納得できる。更に、被験者が異なれば、同じ刺激に対しても、感じ方、反応の仕方が異なることは日常茶飯事である。このようなことを考慮すれば、ヒトを被験者にした生理実験においては、主観的心理感情状態はアンケートによる報告を十分に把握してないと得られたデータの解釈を誤らせてしまうので注意が必要である。

感情の分類の仕方はいろいろありうる。最も簡単な分け方は、快と不快である。これは最低限聞いておかなければならない。続いて、日常の感情分類の喜怒哀楽(4感情)、更に中医学では五臓六腑の臓器に対応させた、7情(怒、喜、思、悲・憂、恐・驚)がある。本研究は、多面的感情状態尺度による8つの分類法を用いた。否定的感情状態の抑鬱／不安・敵意・倦怠、肯定的感情状態の活動的快・非活動的快・親和、そして比較的中性の感情状態の集中・驚愕の8つの感情分類に分ける。さらに、覚醒レベルの評価としてGACL (General Arousal Checklist) により、エネルギー性覚醒状態を強い眠気・倦怠感から強い活動性・活力感までの強弱、緊張性覚醒状態をゆったり・リラックスから極度の緊張までの強弱で状態把握を行う。心理学の分野で用いられている主観感情状態および覚醒状態の把握方法であり、本研究でも生体データの客観的生理評価と並行して行った。

被験者 Y.S. では、白湯足浴に較べ、ヒバ湯の足浴で敵意の減少と活動的快の増加がみられた。被験者 R.Y. では、ヒバ湯の足浴で倦怠の減少がみられた。両者の傾向から、倦怠の減少と活動的快の増加がうかがえる。覚醒状態については、白湯足浴に較べ、ヒバ湯の足浴で両被験者ともエネルギー性覚醒指標の全般的覚醒の増加、脱活性・睡眠の減少、緊張性の覚醒指標の高活性の減少がみられた。以上の結果より、白湯に較べヒバ湯で、足浴後には心理学的にはだるさが軽減し心地よさが増加し、元気の覚醒レベルが上昇し、緊張性の覚醒レベルが減少した。白湯に較べヒバ湯足浴において、スッキリ・シャキットすることが考えられる。脳波計測における足浴

開始後8～14分後の δ や θ 帯域の白湯に較べヒバ湯足浴での増加の大きなことを考えると、足浴中はヒバ湯で眠気や傾眠効果が大きく、足浴後には一転して疲労感や疲れが取れ元気回復する、そしてスッキリ・覚醒することが示唆される。

以上をまとめると、白湯に較べヒバ湯の足浴により、足浴中において副交感神経が促進され眠気が促進される。血圧の高い被験者では血圧上昇が抑え気味となり、血圧低めの被験者では最低血圧(拡張期血圧)の促進による血行促進効果が期待でき、主観的にも足浴後にはスッキリ元気が出てくることが期待される。

II. シダーウッド芳香の効果

シダーウッド芳香の効果を事象関連電位の一つである随伴陰性変動(CNV)を用いて解析した。随伴陰性変動は、一定間隔で第一刺激と第二刺激という一対の識別可能な感覚刺激を与え、第二刺激に対して一定の反応をさせて終了させる課題である。心理的要因としては、刺激に対する注意機能を反映し、相対的注意散乱や持続的注意散乱、内因性注意散乱などで振幅や面積が低下する。本研究では、第一刺激と第二刺激の間隔は、2～2.5秒を0.1秒の間隔でランダムに変えた。第二刺激と次の第一刺激の間隔は、4、6、8秒でランダムに変化させた。第一刺激は低音(500Hz, 0.1s)のプーで、第二刺激は高音(2000Hz, 0.1s)のピーとした。第一刺激と第二刺激の刺激ペアは40回としたが、被験者が反応すべき真の刺激プー・ピーの組み合わせは20回、答える必要のない偽の刺激プー・プーの組み合わせは20回として、ランダムに提示し作業課題の難易度を上げることにより、被験者に注意力を要求する課題とした。第一刺激後の400～700msの面積を初期CNVとし、1000～2000msの面積を後期CNVとし、350～2000msの面積を全CNVとし各電極位置について解析した。本研究においては、脳波計測の始めの5分は安静時コントロール脳波を記録し、続いて約10分間の第一回目のCNV計測を香りなしの対照CNVとして行う。続いてシダーウッドの香り刺激を開始して10分間匂いを嗅いだ後に、香りの最中の第二回目のCNV計測を約10分間行う。第二回目のCNV面積から第一回目のCNV面積を差し引いたものが、香り刺激によるCNV面積の変化分すなわち香り刺激による効果分の変化である。全体として脳波記録所用時間は、CNVの2回の計測と安静時脳波、匂いを嗅ぐ時間を入れて、30～35分間となる。

二人の被験者について報告する。定位反応に関係するとされる400～700msの初期CNV面積に関して、被験者Aでは、シダーウッド香りのないときのCNV変化分に較べシダーウッド香りがあると、脳波電極位置Czで

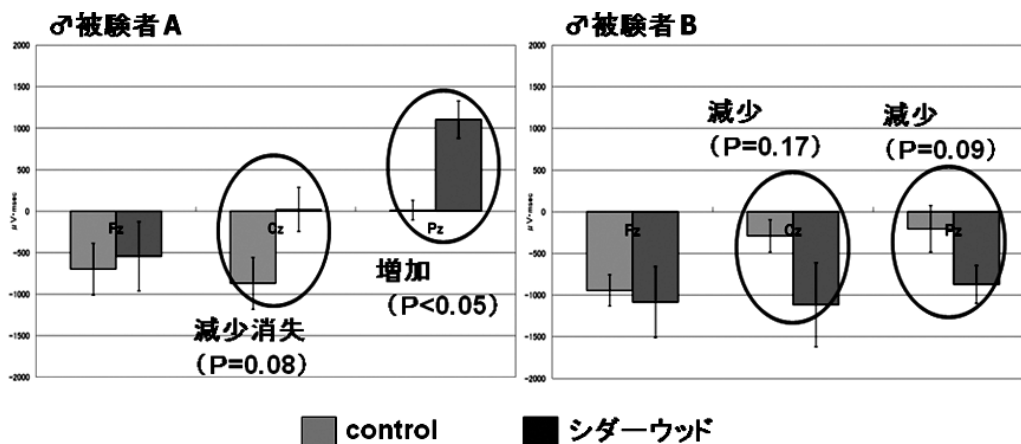


図 2. 初期 CNV (400–700ms) 被験者 A, B
脳波電極位置 Fz, Cz, Pz における対照実験の CNV 変化とシダーウッド芳香後の CNV 変化を示す。平均と標準誤差 (コントロール: n = 6, シダーウッド: n = 7) を示す。

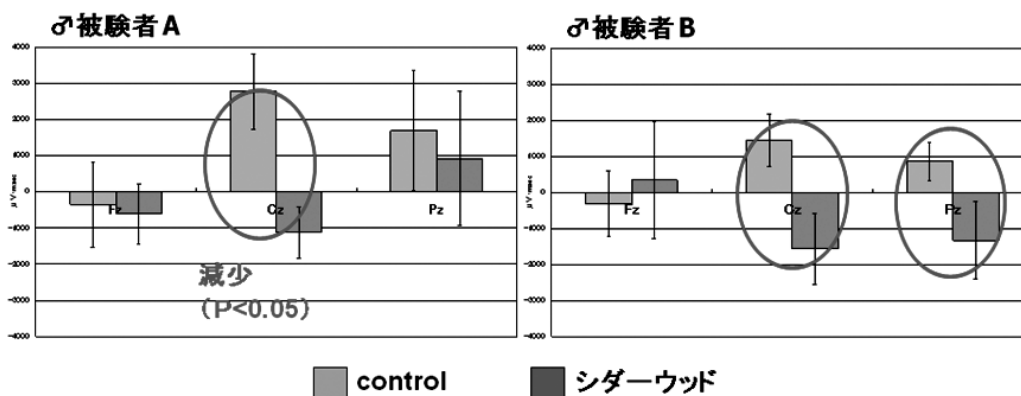


図 3. 後期 CNV (1000–2000ms) 被験者 A, B
脳波電極位置 Fz, Cz, Pz における対照実験の CNV 変化とシダーウッド芳香後の CNV 変化を示す。平均と標準誤差 (コントロール: n = 6, シダーウッド: n = 7) を示す。

CNV 面積の減少が消失傾向にあり、脳波電極位置 Pz で CNV 面積が増加した (図 2 左)。被験者 B では、シダーウッド香りのないときの CNV 変化分に較べシダーウッド香りがあると、脳波電極位置 Cz と Pz で CNV 面積の減少傾向にあった (図 2 右)。

集中力や期待感・意志持続力に関係するとされる 1000~2000ms の後期 CNV 面積に関して、被験者 A では、シダーウッド香りのないときの CNV 変化分に較べシダーウッド香りがあると、脳波電極位置 Cz で CNV 面積の減少した (図 3 左)。被験者 B では、シダーウッド香りのないときの CNV 変化分に較べシダーウッド香りがあると、脳波電極位置 Cz で減少し、Pz で減少傾向にあった (図 3 右)。初期 CNV について、被験者 A では増加傾向、被験者 B では逆に減少傾向であった。後期 CNV について、両被験者とも、減少傾向であった。後期 CNV は、集中力・期待感を反映するとされ、本研究で見られたシダーウッド芳香後の CNV 面積減少は、シダー

ウッドの香りをかぐことにより、第二刺激音に対する反応性について集中力・期待感が減少気味になっていたことが示唆される。

脳波の周波数解析において、パワースペクトルの傾き (PSD の傾き) を計算して、脳波スペクトル全体の挙動を縮約して評価する方法がある。横軸に周波数を取り、縦軸にパワーの指数を取り、 δ から γ 波の全域をまたいだ回帰直線の傾き (指数スペクトルの傾き) を求めて、 $\delta \sim \gamma$ 波の全域の相対的強度を判断するものである。睡眠中や麻酔などで脳機能の低下により $\beta \cdot \gamma$ 波に較べ $\delta \cdot \theta$ 波が強ければ、負の傾きが大きくなる。逆に、脳活動が活発で、 $\delta \cdot \theta$ 波に較べ $\beta \cdot \gamma$ 波が強ければ、負の傾きが小さくなる。本研究では、二人の被験者ともシダーウッドの香りをかぐことにより、PSD の傾きが負に大きくなった。シダーウッドの芳香により、脳の活性レベルが低下し、傾眠傾向を誘発したのと考えられる。

続いて、心電図計測より、心拍の時間経過をシダーウッ

ド芳香と対照実験としてのシダーウッドの代わりに水道水を用いた場合と比較した。二人の被験者とも、水とシダーウッドの間に違いが認められなかった。詳細に検討するために、心拍ゆらぎについて検討を加えた。被験者Aでは、シダーウッド芳香により、CNV検査中にLF/HFの変化は少ないが、HFの減少が顕著であった。LF/HFが交感神経活動を示し、HFの減少が副交感神経の活性低下を示しているとするれば、CNV課題中に相対的な交感神経の優位が考えられ、この被験者では初期CNVの増加が観察されており、交感神経活性優位と初期CNVの増加が対応していることが考えられる。他の被験者Bでは、CNV最中にLF/HFが減少した。LF/HFが交感神経活性を反映していれば交感神経の活性低下が考えられる。この被験者では、初期CNVの低下が観察されており、交感神経活性の低下と初期CNVの低下が対応することが考えられる。二人の被験者から、シダーウッドの芳香に対して、一人は交感神経活性優位と初期CNVの増加、二人目は交感神経活性の低下と初期CNVの低下が観察され、初期CNVの大きさは交感神経の活性を反映すること、更に被験者が異なると香りに対して逆の反応を誘導することが明らかとなった。

両被験者間に違いがみられた理由について検討を加えた。両者とも、シダーウッドの香りに対して「好きだ・いい香りだ」と実験後の質問に答えている。詳細に心理学的感情に対する影響を調べるために多面的感情状態尺度、また覚醒レベルに対してはGACLを用いてこの香りの効果について検討を加えた。被験者Aでは、コントロールに較べシダーウッド芳香により、多面的感情体尺度における3つの感情因子である「憂鬱・不安」の減少、「非活動的快」の増加、「集中」の減少がみられた。GACLを用いた覚醒レベルでは変化が見られなかった。被験者Bでは、コントロールでは「悲活動的快」の増加がみられたが、その増加がシダーウッド芳香により抑制された。コントロールでは「集中」の増加がみられたが、その増加がシダーウッド芳香により抑制された。コントロールでは「活動的快」の減少がみられたが、その減少がシダーウッド芳香により抑制された。GACLを用いた覚醒レベルの検討では、コントロールにおいて「全般的覚醒」の減少がみられたが、その減少がシダーウッド芳香により抑制された。コントロールにおいて「高活性」の減少がみられたが、その減少がシダーウッド芳香により抑制された。コントロールにおいて「全般的脱活性」の増加がみられたが、その減少がシダーウッド芳香により抑制された。

二人の脳波計測の前と後、すなわちシダーウッド芳香実験の前と後での違いをまとめると次のようになる。被験者Aでは、コントロールに較べシダーウッド芳香後に、抑鬱や不安、集中が減少し、非活動的快(のんびり・ゆっ

たり感)が増加した。被験者Bでは、非活動的快や集中の増加が抑えられ、活動的快(活気・気力・元気)の減少が抑えられた。エネルギーアラウザルの全般的覚醒の低下が抑えられた。高活性(いらいら・そわそわ)の低下が抑えられ、全般的脱活性の増加が抑えられた。これらの結果は、シダーウッドの香りは、非活動的快や活動的快などの「快」状態を相対的に増加させる作用のあることが考えられる。この香りによって、集中力が減退し、このことが二人の被験者における後期CNVの低下につながったことが示唆される。更に、シダーウッドの香りに対して二人の被験者が「快」の香りであると同じ報告をしてくれたが、心理学的感情状態や覚醒状態を詳細に検討してみると、細分化した感情状態や覚醒レベルにおいて、被験者ごとに異なることが明らかとなった。個々の香りに対する主観的好感や特異感情は、生得的な本能的感情、更には過去の経験や記憶に基づく学習結果など様々な要因によって形成されていると考えられる。良い経験と連合していれば、ポジティブな香りとなり、ネガティブな経験と結びついていけば、負のイメージを結び付けてしまう。匂いは他の感覚と異なり、視床や大脳皮質を経ずに、直接情動発現に関わる大脳辺縁系に情報が運ばれ、理性の発現前に感情・情動に結び付きやすい感覚とされている。大脳皮質で判断されるであろう匂いの認識あるいは物質としての生理作用とは別に、情動や本能に影響を与えやすい感覚刺激として特異な外部刺激と考えられている。におい物質の芳香療法は、主に物質としての生体に及ぼす生理作用に基づくものである。今後、芳香療法の研究に当たっては、感情や精神的作用に結び付いた生理作用という面からも検討が必要かもしれない。

Ⅲ. コーヒー摂取による顔面皮膚温の変化

コーヒーは、多くの人に好まれ日常的に飲まれている。コーヒー摂取により、リラックス効果や覚醒効果が期待される。生体への影響を明らかにするために、皮膚温の計測と自律神経系への影響について検討を加えた。皮膚温計測には、顔面皮膚の温度分布を明らかにするために、赤外線サーモグラフィーを用いて非接触性に計測した。自律神経活動は、心拍と心拍ゆらぎについて解析した。

皮膚温計測を行うに当たって、ヒトの皮膚温がいかなる生理調節機構によって制御されているか把握しておかなければならない。皮膚温は、3つの熱産熱系(基礎代謝による産熱、筋肉のふるえによる産熱、代謝促進による産熱)と3つの放熱系(皮膚血液循環調節による放熱、発汗による放熱、呼気による放熱)によって調節される。皮膚温計測に当たり、特に考慮しなければならない調節機構について整理しておく。

一つ目は、代謝調節・代謝亢進による体温調節である。

これには、生体の基礎体温の生成に関与する非調節性非ふるえ熱産生、主に褐色脂肪細胞による調節性非ふるえ熱産生、筋肉の等尺性収縮によるいわゆるふるえによる熱産生の3つがある。体深部温（核心温）の保持に働く。深部体温36°C以下で非ふるえ産熱が始まり、35.5°C以下でふるえ産熱が始まる。二つ目には、血管の収縮による、皮膚血流調節による皮膚温調節がある。体温（深部温）が上昇すると、交感神経活動が低下して動静脈吻合が開き、細動脈は拡張する。その結果、体表の皮膚血流は増加する。皮膚温が上昇することにより、放熱することによって、体深部温の低下に寄与する。逆に、冬に環境温が下がると深部温低下を少なくするために、交感神経活性が上昇し、動静脈吻合は閉鎖し、細動脈は収縮し、皮膚血流が減少する。その結果、体表温の低下が起こるが、深部核心温は保持されることになる。四肢末端の皮膚は、血管作動性の交感神経活動の亢進や抑制により、それぞれ皮膚血管の収縮・弛緩が起こる。環境温の温冷変化により、血流量の変化が激しい。血流量の調節は、体温維持の重要な調節機構である。血流量の調節による体表温の変化も著しい。三つ目には、発汗による体温調節がある。精神的な緊張による精神性発汗もあるが、熱放散のために進化の過程でヒトにのみ発達した体温調節機構である。コリン作動性交感神経系によるエクリン腺からの発汗によって、体表にでた水分が気化することによる気化熱による体表温を低下させることができる。外部気温が31°Cを超えた場合や内部温が上昇した場合、視床下部の視索前野の温ニューロンの活動が高まることによって発現する。前額・頸部・頬部の順で強い。つまり、この順序で発汗による蒸散性熱放散作用が大きいことになる。これらのさまざまな体温調節・皮膚温調節を考慮して、体表温の温度変化を考察しなければならない。

顔面皮膚温計測は、高さ2m・幅と奥行き1.8mのビニールで囲われた空間に被験者は椅子に腰かけてもらい行った。赤外線カメラ（INFRAEYE2000）のカメラ受光部と顔面の距離は約1.2mであった。両手首には心電図計測のための心電電極を装着した。1分ごとの熱画像を採取し、25～40分の経時変化を記録した。カメラの前に着席してもらい10～15分安静にしてもらった後に記録を開始し、5分後にコーヒーを飲んでもらう。2～3分で飲み終え、その後20～35分間体温変化を記録した。顔面の5ヵ所（鼻背上部、額、首、頬、唇）に観察領域の長方形を設定した。各設定領域内の平均温度は、熱画像から算出し、皮膚温の時間経過をグラフ化した。

コーヒーの効果を調べるために、白湯も同様に飲ませ、コーヒー摂取の場合と比較した。額・首・頬のいずれの場所においてもコーヒー摂取後に体温上昇がみられ、約15分をかけて元の体温に戻る。摂取後の体温上昇は、額で0.2°C、首で0.8°C、頬で0.8°Cの上昇があった。白湯を

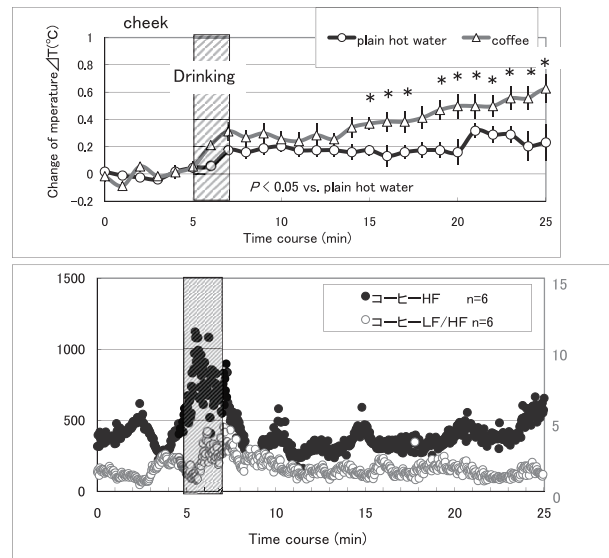


図4. 体温に設定したコーヒーを飲んだ時の顔面皮膚温の時間経過 被験者 A.T.

上段は白湯とコーヒーを飲んだ時の頬の皮膚温変化。横軸時間経過、縦軸開始時点に対する温度変化分。計測15分後位から頬部において、白湯に比べコーヒー摂取の方が、皮膚温上昇が大きくなった。下段は、コーヒーを飲んだ時の心拍ゆらぎの高周波成分（HF）と低周波成分/高周波成分（LF/HF）で、それぞれ副交感神経活性と交感神経活性の指標となる。計測15分後位から高周波ゆらぎ（HF）のパワーの上昇がみられた。

飲んだ場合にも同様の同程度の体温上昇が認められた。通常の50°C程度の温かな白湯やコーヒーを飲んだために、違いが見られなかった可能性がある。そこで、温度の影響をなくすために体温と同じ37°Cの白湯およびコーヒーを飲んだ時の違いを比較することにした。体温と同じ白湯またはコーヒーを飲んだ場合にも、摂取後に0.2°Cの体温上昇がみられた。しかし、白湯の場合には、その体温上昇は徐々に低下していく傾向にあった。一方、コーヒーを飲んだ場合には、摂取後の10分後位から再度ゆっくり上昇傾向がみられた。即ち、白湯では摂取より0.2°C程度の一過性の上昇の後、徐々に低下するが、コーヒー摂取の場合には一過性上昇の後に更に体温上昇が観察された。この10分後の見られる体温上昇は、コーヒー摂取による効果と考えられる（図4上）。

自律神経機能を計測する目的で、心拍の経時変化を解析したが、白湯とコーヒー摂取で大きな違いは認められなかった。しかし、心拍ゆらぎを解析したところ、コーヒー摂取の場合に副交感神経の活性を現わすとされる高周波 HF（約4秒周期）のゆらぎのパワーの増加が摂取後の10分後からみられた（図4下）。交感神経の活性の指標となる LF/HF に増加がみられない。このことは、コーヒー摂取により、10分後に副交感神経が刺激されて、

血管拡張が生じたために血流の促進が生じ、深部温が体表まで伝わり皮膚温の上昇につながった可能性がある。コーヒー摂取により、10分以降にその副交感神経系促進、そして血流促進・体表温の増加をもたらすことが示唆された。

IV. まとめ

ヒバ足浴の効果について、脳波周波数解析を用いて δ や θ 波の増加を観察することができた。また、心拍や心拍ゆらぎからヒバ湯足浴により、副交感神経の刺激作用が示唆された。これらの結果は、脳の活性化レベルの低下と副交感神経活動の促進により、ヒバ足浴により眠気や傾眠促進効果があることが考えられる。また、心理学的な主観的感情状態や覚醒状態の調査結果より、足浴後には被験者に覚醒作用が認められ、スッキリした気分になったことが明らかとなった。ヒバ湯足浴によって、血圧の高めの被験者には足浴による血圧上昇を抑制する効果があり、血圧の低め目の被験者には足浴により血流促進効果があり、生体正常化作用があることが示唆された。

シダーウッド芳香による生体作用を検討した。事象関連電位の一つである随伴陰性電位 (CNV) を用いることによって、シダーウッド芳香の集中力や期待感に対する作用について検討した。後期 CNV の面積が減少傾向にあり、香りの快適さ・心地良さが被験者の集中力を減退させることが分かった。脳波スペクトルの全体的挙動を縮約した PSD の傾きから、シダーウッド芳香により低周波成分 (δ や θ 波) の振幅増大が示唆され、鎮静・傾眠効果があることが明らかとなった。

コーヒー摂取による生体への影響を明らかにするために、顔面皮膚温を計測した。通常の温かなコーヒーを飲んだ場合には、白湯の場合に較べて特段の違いはなく、摂取直後の額・首・頬において、体温上昇がみられ、しだいに元に戻る時間経過をたどった。飲み物の温度の影響を最小限にとどめるために、体温と同じにした白湯とコーヒーを摂取し場合の比較を行った。コーヒー摂取によって、摂取後の10分後から白湯に較べ上昇し、違いを見出すことができた。心拍ゆらぎの解析からも副交感神経の刺激作用が認められ、副交感神経の活性化による血管拡張が体温増加につながったと考えられる。

最後に、生体計測に当たっての注意点を付け加えておきたい。被験者の反応は、体調や気分、サーカディアンリズム、四季の変化によって毎回必ずしも同じにはならない。また、被験者が異なれば、反応に違いがあることも多い。個々の被験者で、刺激や環境に対する主観的感情が多くの場合異なるのが常である。被験者の学習や記憶に基づく主観的感情が異なり、刺激に対する反応が違うこともありうる。これらの特殊性を除外して、生体と

しての恒常的な反応を得るためには、以下のような注意を払う必要があると考えられる。計測条件を左右する計測環境・実験条件・体調を出来るだけ均一にする。同じ被験者で何度も実験を繰り返す。異なる被験者で例数を多くする。被験者からは実験前後の主観的心理生理状態の報告を出来るだけ詳細にしてもらう。実験動物による生理実験の場合には、遺伝的にも統制がとれ、飼育環境が均一化され、実験条件が均一であればかなり信頼性のあるデータが取得できる。ヒトを被験者にする場合には、かなり異なる身体的精神的バックグラウンドがありうることを意識しておかなければならない。