

マートル精油の揮発成分に誘導される心理生理機能 および認知的脳活動の網羅的変動解析

中島, 大輔
九州大学大学院農学研究院森林圏環境資源科学分野

岸田, 文
九州大学大学院農学研究院森林圏環境資源科学分野

徐, 燕麗
九州大学大学院農学研究院森林圏環境資源科学分野

谷, 和樹
琉球大学農学部亜熱帯生物資源科学科

他

<https://hdl.handle.net/2324/7432661>

出版情報 : Japan Journal of Aromatherapy. 26 (3), pp.72-83, 2025-12-24. 日本アロマ環境協会
バージョン :
権利関係 : © 2025 Aroma Environment Association of Japan



原著論文

マートル精油の揮発成分に誘導される心理生理機能および
認知的脳活動の網羅的変動解析中島大輔^{1,†}, 岸田 文^{1,2,†}, 徐 燕麗¹, 谷 和樹³, 王 端陽¹,
松本雅子¹, 永田真紀¹, 伊佐亜希子¹, 清水邦義^{*1}Comprehensive analysis of variability in psychophysiologic
and cognitive brain activity induced by volatile compounds
emitted from *Myrtus communis* essential oil

Abstract

In this study, we evaluated the sex-dependent effects of essential oil prepared from myrtle (*Myrtus communis*) inhalation on Fmθ, which reflects activity related to working memory, negative emotions, and stress. Before and after myrtle essential oil inhalation, short version of profile of mood states 2 (POMS2) was used to assess participants and salivary cortisol concentrations were measured. In addition, Fmθ, β wave content, and ECG LF/HF were measured during, before, and after the visual search task using electroencephalography. Quantitative analysis of the myrtle essential oil presented to the participants was performed using gas chromatography-mass spectrometry. Inhalation of myrtle essential oil reduced negative emotions, especially increasing vigor-activity scores in females and decreasing fatigue-inertia scores in males. Salivary cortisol levels were also decreased following myrtle essential oil exposure. By gas chromatography-mass spectrometry, air containing myrtle essential oil presented to the participants contained 94.6 μg/m³ α-pinene, 10.3 μg/m³ 1,8-cineole, and 37.5 μg/m³ D-limonene. Future studies should examine the sex-dependent differences in the effects of myrtle essential oil and its constituents on olfactory receptors and brain metabolite levels.

Key words: *Myrtus communis*, psychophysiologic activity, Fmθ, volatile compound

1. はじめに

アロマセラピーにおいては、揮発性が高いモノテルペン類が持つ効果がこれまで特に注目されてきた。特にモノテルペンであるα-pineneにはストレス低減や抗不安作用が知られている^{1)~3)}。また、マートル *Myrtus communis* はα-pineneを多く含むと言われている⁴⁾。

これまでの研究では、マートルは抗酸化作用による天然毒および化学毒からの保護作用があることが検証されており、天然抗炎症作用や抗菌特性を有する可能性が指摘されている⁵⁾。マウスおよびラットを用いた薬理学的研究では、*M. communis* 葉の80%エタノール抽出液を腹腔に投与した際、有意な催眠効果、抗け

いれん作用、合計睡眠時間およびノンレム睡眠時間の延長が確認されている。著者らはこの効果はGABAα2受容体アゴニストの効果との一致を指摘している⁶⁾。

一方、ストレス低減作用のみならず、植物そのものから芳香する揮発成分を吸引することによりヒトに与える生理学的効果や脳機能への影響が近年注目を集めている。たとえばSunら(2020)は、スギ材から揮発するセスキテルペン類は個人の好みにかかわらず、血圧を低下させる効果を明らかにしている⁷⁾。Nakashimaら(2023)は、同様にスギ材から揮発するセスキテルペン類がヒトの脳内の視覚的検出を高めることを明らかにしている⁸⁾。このことから、近年、植物から揮発する香りの効果として、心理生理学的に心身のストレスを

Taisuke NAKASHIMA^{1,†}, Fumi KISHIDA^{1,2,†}, Yanli XU¹, Kazuki TANI³, Duanyang WANG¹, Masako MATSUMOTO¹, Maki NAGATA¹, Akiko ISA¹, Kuniyoshi SHIMIZU^{*1}

1. 九州大学大学院農学研究院森林圏環境資源科学分野/Faculty of Agriculture, Kyushu University

2. 純真学園大学保健医療学部検査科学科/Faculty of Health Sciences, Junshin Gakuen University

3. 琉球大学農学部亜熱帯生物資源科学科/Department of Subtropical Biochemistry and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

[†] 本論文は両著者が同等に貢献した共同第一著者である

受付日: 2024年4月8日, 受理日: 2025年9月25日

低減させるだけではなく、ヒトの認知機能を直接亢進させる可能性が注目されている。

しかしながら、モノテルペン類を主要成分とするマートル精油が認知機能亢進作用等を有するかどうか未だ報告されていない。特に日本では人口における高齢者の割合が急速に増加しており⁹⁾、このような状況においては、生活において香りが持つ、幸福感を向上させる効果、および認知機能への効果を解明することは生活科学・環境学的に極めて重要な課題である。たとえば、マートルの葉の96%エタノール抽出物を投与された高血圧ラットではモリス水迷路の所用時間が短縮したことから、認知機能の改善の可能性が示されている¹⁰⁾。しかしながら、マートル精油のヒトに及ぼす心理生理的変動と脳内認知機能に及ぼす効果についてのヒトにおける心理生理学的研究は著者らの知る限り存在しない。

そこで、本研究ではマートル精油のストレス低減効果と感情変化にもたらす作用を心理生理学的に再確認し、さらに実行機能課題中の脳波 $Fm\theta^{(11), (12)}$ を測定することにより、認知機能への効果を脳科学的に検討する。また、マートル精油の揮発性成分をガスクロマトグラフィー/質量分析計 GC-MS 分析により定量する。さらに、マートル精油の揮発成分が人にどのような効果をもたらすかを男女別の網羅的解析とそれらの網羅的指標の相関解析を通して、マートル精油が持つ心理生理的亢進効果を探索し、その変動の関係を解析することで、マートル精油が認知機能および心理生理的効果の作用機序を明らかにするために注目すべき指標や今後の研究における作業仮説を生成することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 実験参加者

健常な若年男性10名(平均年齢 22.7 ± 1.9 歳)、女性10名(平均年齢 22.1 ± 1.75 歳)を参加者としてリクルートした。実験の目的を十分に説明し、自由意志による参加にあたってはすべての参加者から書面によるインフォームド・コンセントを得た。すべての実験はヘルシンキ宣言に則り実施された。九州大学大学院農学研究院等倫理委員会が本研究の実施を承認した(申請番号21-005; 承認番号84)。

2.2 感情変化に基づく生理学的測定時の呈示濃度の決定

本研究では、一般社団法人緑の機能性研究所・合楽園から供試されたマートル (*M. communis*) 精油(日本産)を使用した。

生理学的測定時に呈示するマートル精油の濃度を決定する目的で Profile of Mood States2 (POMS2) 短縮版を使用し、マートル精油吸引前後の感情状態の変化を測定した。日常生活におけるルームフレッシュナーの調製として、マートル精油を水とエタノールで1% (マートル精油 50 μ L, エタノール 950 μ L, 水 4 mL) および5% (マートル精油 250 μ L, エタノール 750 μ L, 水 4 mL) に希釈した。その後、希釈したマートル精油を試香紙に 50 μ L 滴下し、実験者がエタノール臭を感じなくなったことを確認した上で参加者に2分間嗅いでもらい、その前後で POMS2 短縮版への記入を依頼した。採点は POMS2 日本語版マニュアルに従い、各質問項目の素点から下位項目「怒り-敵意」「混乱-当惑」「抑うつ-落込み」「疲労-無気力」「緊張-不安」「活気-活力」「友好」7尺度およびネガティブな気分状態を総合的に表す「Total Mood Disturbance (TMD)」の標準得点(T得点)を算出した。

2.3 生理学的測定手続き

生理学的測定でも同様の参加者に対して、一般社団法人緑の機能性研究所・合楽園から供試されたマートル精油を呈示した。生理学的測定は POMS2 による感情評価とは別日にて測定を行った。

マートル精油をスクアランにて希釈し、事前に同じ参加者に対して行った POMS2 による感情変化の調査結果に基づき濃度を5%に調製した。調製したマートル精油と無臭コントロールであるスクアランのみをそれぞれ2回の実験にて、本研究室にて作成した匂い呈示装置を用い、流量 1.0 L/min にて参加者に呈示した。(図1上段)。

参加者を無作為に2群に分け、半数の参加者にはマートル精油を先行呈示し、残りの半数の参加者にはスクアランのみを先行呈示するランダム化クロスオーバー試験を行った。各試験は24時間以上あけて実施した。各試験の実施間隔は、Maharjan ら (2022)¹³⁾ の先行研究に基づき香りの影響を受けない程度の十分な間隔を設けた。呈示されたマートル精油と無臭コントロールの匂い以外の外部の匂いと視聴覚的影響を最小限にするため、参加者には防音室内にて匂い刺激を呈示した。実行機能課題として、防音室内で参加者に正弦波グレーティングパターン視覚刺激の傾きを検出する視覚探索課題を3セッション行わせた。参加者には、図1中段に示した5種類の正弦波グレーティング視覚刺激の縞模様の傾きが垂直 90° で呈示されたターゲット刺激出現時のみ、可能な限り早く正確に手元のボタンを押してもらった。視覚刺激の呈示時間は 200 ms とし、刺激間隔は 850-1100 ms のランダムとし、ターゲット

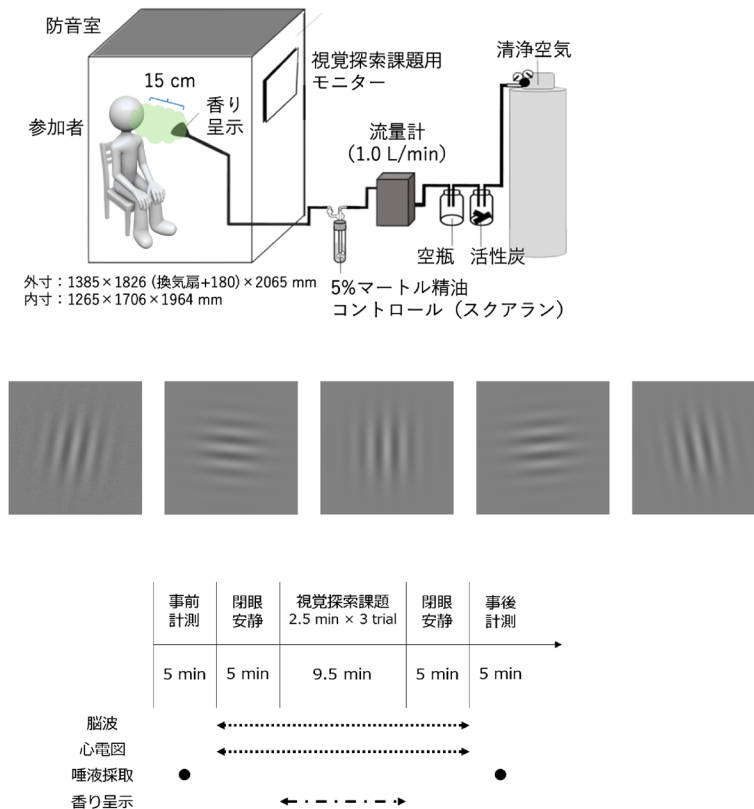


図1. 実験室模式図と視覚探索課題に用いた視覚刺激および実験の流れ

ボンベから空気を送り出し、活性炭にて清浄化したのち、流量を一定にコントロールして、サンプルとバブリングにて混合させたのち、マートル精油の香りを防音室内の参加者に呈示した。また視覚探索課題では、5種類の傾きが異なる正弦波グレーティング視覚刺激を参加者眼前114 cmに設置したモニターの左右にランダムに1つずつ呈示し、縞の模様が90°の視覚刺激（ターゲット刺激：図中央）が出現した時に早く正確に手元のボタンを押してもらった。

ト刺激の出現率は15%とした。この視覚探索課題中および作業事前事後後の脳波・心電図を記録した（図1下段）。脳波・心電図の記録はポリメイトV（ミユキ技研，東京）を使用した。脳波優位律動の変動による覚醒度と、実行機能処理やワーキングメモリ課題によって増大することが知られている前頭部正中 θ 波（Frontal-midline theta: Fm θ ）を測定するため、国際10-20法¹⁴⁾に基づき後頭部正中Ozと前頭部正中Fzにアンプ入りの生体用アクティブ電極を装着した。脳波測定は両耳朶を基準とした基準電極導出法により記録した。さらに眼球運動をモニターするために、左目の上下および左目の左側と右目の右側に電極を装着した。加えて心電図R波測定のため、左右の手首に電極を装着した。脳波・眼電図・心電図におけるサンプリング周波数は8000 Hzとした。活性電極を使用したため、すべての電極の電気抵抗は20 k Ω 以下になるように装着した。さらに、視覚探索課題の事前計測と事後計測時の参加者の唾液を採取し、視床下部-下垂体-副腎系（hypothalamic-pituitary-adrenal axis: HPA系）の生化学的ストレス指標であるコルチゾール濃度をELISA法により定量分析した（図1下段）。

2.4 心電図解析

心電図解析はR-R interval pro CDM analysis（のるぷろライトシステムズ，東京）を使用した。個々のR波を検出しその間隔（R-R interval: RRI）を測定した。測定したRRIの変動をComplex demodulation（CDM）法による周波数解析にて低周波成分LF，高周波成分HFおよびその比LF/HF成分をそれぞれ算出し、自律神経系ストレス変動を定量化した。

2.5 唾液中コルチゾール定量分析

実験参加者から採取した唾液は分析を実施するまで-80℃にて保管した。唾液中コルチゾールの定量はExpanded Range High Sensitivity Salivary Cortisol Enzyme Immunoassay Kit（Salimetrics, State College, PA, USA）を使用した。測定開始前に試薬を室温に戻し、標準液、標識体溶液および洗浄液をプロトコルに従って調製した。室温に戻した唾液サンプルは1500 $\times$ gにて15分遠心した。標準液、コントロールまたは唾液サンプルをキット付属の96ウェルプレートの各ウェルへ入れ、希釈した標識体溶液を加えた。室温で1時間静置後、洗浄液で洗ったプレートに酵素基質溶液を加えた。その後、

遮光し室温で30分間反応させた後、反応停止液を加え、450 nmの吸光度を測定した。唾液中コルチゾール濃度は、得られた吸光度の値をもとにプロトコルに従って算出した。この吸光度の測定は、Bio Tek社のSynergy HTXマイクロプレートリーダーを使用して実施した。

2.6 脳波解析

視覚探索課題中および課題後の脳波波形の脳波周波数解析をFFT analyzer (のるぶろライトシステムズ, 東京) にて行った。脳波電極は脳波周波数解析では、実験室内の商用電源ノイズを抑制するために60 Hzノッチフィルタを適用し、0.5–100 Hzのバンドパスフィルタを適用した。フィルタ後の脳波波形を高速フーリエ変換し、 α 波 (8–13 Hz)、 β 波 (14–30 Hz)、 θ 波 (4–7 Hz)、 δ 波 (0.5–3 Hz) および γ 波 (>31 Hz)のパワー値を算出した。算出した脳波パワー値から、それぞれの周波数帯域の含有率を算出した。さらに、匂い呈示前事前測定との差分による変化量 Δ を算出することで、課題中および課題後におけるマートル精油に特異的な脳波周波数変動を検討した。特に本研究では認知機能へのマートル精油の効果を確認するために、集中や記憶活動によって増大することが知られている正中前頭部Fz電極におけるFm θ パワー含有量の変化量(Δ Fm θ)に着目した。

2.7 香り成分分析

マートル精油の呈示により捕集された成分を同定するため、参加者に対する生理学的測定試験と同様の呈示方法で、エアポンプ (SIBATA, Tokyo) に装着したTenax TA捕集管にマートル精油の香り成分を吸着させた (図2)。エアポンプの流速は0.15 L/分、捕集時間はヒト試験と同じく10分間とし、合計1.5 Lの空気を捕集した。捕集したTenax TA捕集管に、分析感度の確認のため、100 ppmに調製した内部標準物質 (IS) としてBenzaldehyde (FUJIFILM Wako Pure Chemical Corporation, Osaka) をTenax TA捕集管の先端にマイクロシリンジを用いて1 μ L添加し、加熱脱着ユニット (TDU; GERSTEL, Germany) で加熱遊離させた後に、昇温気化型GC注入口 (CIS; GERSTEL, Germany) からガスクロマトグラフィー/質量分析装置 (GC-MS; Agilent Technologies, USA) に注入した。分析は、加熱脱着付きAgilent 7890A/5975Cを用いて表1の条件で実施した。成分の同定は、データベース (NIST11.0 Mass Spectral Library) およびWileyソフトウェア (Aroma office, Nishikawa Keisoku Co., Ltd., Tokyo) を用いて成分の検索を行った。



図2. GC-MS分析に供するために収集中のマートル香気成分
生理学的測定試験と同様にマートル精油を呈示し、エアポンプ (SIBATA) に装着したTenax TA捕集管にマートル精油の香気成分を吸着させた。

表1. TDU-GC-MS分析条件

Procedure	Condition
TDU	40°C (0.1 min)–720°C/min–Final temperature 220°C (3 min) Transfer line to GC 220°C
CIS	100°C (0.05 min)–12°C/s–Final temperature 220°C (10 min)
Carrier gas	He, Flow 1.5 mL/min
Column	DB-WAX: (Agilent Technologies, 60 m $\times$ 0.25 mm i.d., 0.25 μ m)
Oven	60°C (3 min)–20°C/min–150°C (0 min) –5°C/min–240°C (5 min)
Carrier gas	He, Flow 1.5 mL/min
Ion source	250°C
Inonization	Electron impact 70 eV

定量分析は、標準物質とISを用いて検量線を作成し、内部標準法により算出した。検量線は、成分同定にて含有率が高かった α -pinene (TCI, Tokyo), 1,8-cineole (TCI, Tokyo), D-limonene (TCI, Tokyo) の標準品を用いて、0–100 ppmの濃度範囲で作成した。各標準物質およびISを所定の濃度に調製し、吸着管の先端のガラスウールにマイクロシリンジを用いて1 μ L添加した後、表1と同じ条件で分析を行った。定量分析は、マートル精油の呈示により捕集された空気とマートル精油を用いて実施した。マートル精油の呈示により捕集したTenax TA捕集管には、100 ppmに調製したIS溶液をTenax TA捕集管の先端にマイクロシリンジを用いて1 μ L添加した。マートル精油の定量は、マートル精油をAcetone (FUJIFILM Wako Pure Chemical Corporation, Osaka) で1万倍希釈し、ISを100 ppmの濃度になるように調製した溶液を吸着管の先端のガラスウールにマイクロシリンジを用いて1 μ L添加した後、表1と同じ条件で分析を行った。

2.8 統計解析

POMSにおけるT得点是对应のあるt検定にて平均値を比較した。脳波各周波数の含有率の変化量と心電RRI・LF・HF・LF/HFの変化量および唾液コルチゾール濃度はウィルコクソンの符号付き順位検定にて中央値を比較した。さらにマートル精油の呈示が、生体および影響と、認知機能を亢進させる生理的機序を検討するため、全参加者および男女別で、マートル精油呈示とスクラン呈示の条件で、心電HF、心電LF/HF、コルチゾール濃度、後頭部 β 含有率およびFm θ 含有率

の相関解析をピアソンの積率相関係数を用いて行った。すべての統計解析にはJASP 0.18.3¹⁵⁾を使用した。

3. 実験結果

3.1 感情変化と生理学的測定時の呈示濃度の決定

図3に全参加者および男性参加者と女性参加者における1%マートル精油と5%マートル精油呈示前後の感情状態の変化をそれぞれ示す。

全参加者においては、1%濃度呈示後のみ「緊張-不安」の低下が認められ、5%濃度呈示後のみ「怒り-敵意」

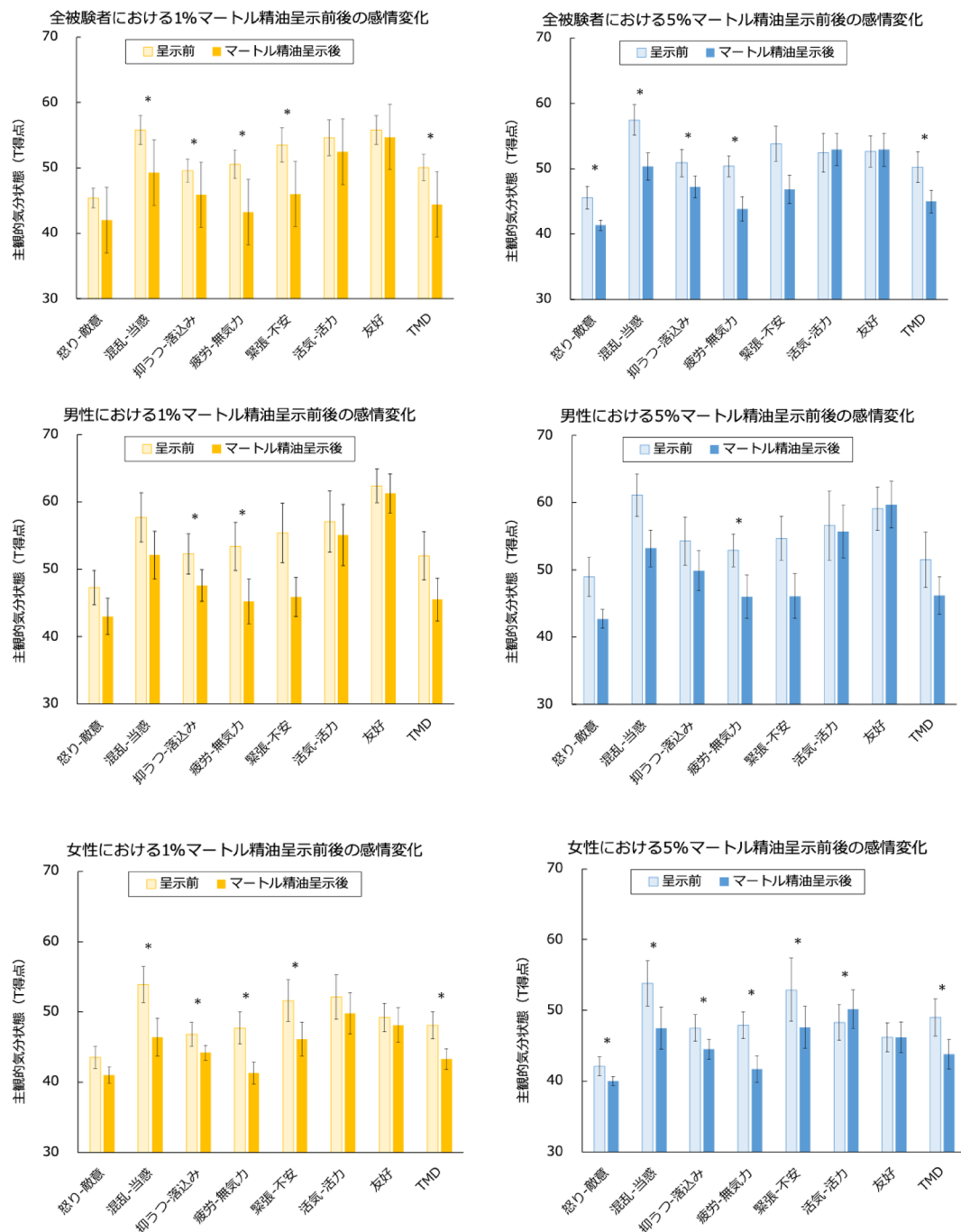


図3. 全参加者および性別ごとのマートル精油呈示前後の感情状態の濃度別変化 (* $p < 0.05$)
全被験者において5%濃度のみで敵意-怒りが軽減した。男性においては濃度にかかわらず疲労感の軽減作用を示し、女性においては5%濃度でネガティブ感情の低下に加えポジティブ感情の亢進作用が確認された。

意」の低下が認められた。

1%濃度呈示後、女性においてはすべてのネガティブ感情とTMD得点が有意に低下した ($p<0.05$)。1%濃度呈示後、男性においては「抑うつ-落ち込み」と「疲労-無気力」が有意に低下した ($p<0.05$)。

一方5%濃度では、男性では、マートル精油呈示後「疲労-無気力」のみ有意に低下した ($p<0.05$)。一方、女性では、マートル精油呈示後、すべてのネガティブ感情が低下するとともに、「活気-活力」が上昇することが確認された ($p<0.05$)。

このことから、マートル精油は男性においては疲労感の軽減作用を示し、女性においてはネガティブな感情の低下に加えポジティブな感情の亢進作用が示すことが確認され、男女に感情面での異なる効果を有することが示された。また、5%濃度では女性においてポジティブ感情である「活気-活力」が上昇したため、認知機能の変化を確認する目的から以後の生理学的測定では5%濃度マートルを呈示することが適当と考えられた。

3.2 心電図による自律神経活動

図4にRRI, LF/HF, HFにおける課題中および課題後の事前安静時との変化量を示す。全参加者、男女別いずれにおいても課題中および課題後（事前安静時

との変化量）において、匂い条件による有意な差異は認められなかった ($p>0.05$)。

3.3 コルチゾール濃度

図5に唾液中コルチゾール濃度の条件ごとの吸引前後の変化を示す。全参加者において、マートル精油の香りを吸引した場合のみ、吸引後に唾液中コルチゾール濃度は有意な低下傾向を示した ($w=128.5, z=1.873, p=0.064$)。男女別の解析においては明らかな有意な前後変化は認められなかった。

3.4 脳機能活動

図6に課題中Fm θ 波含有率と課題後 β 波含有率の事前安静時との変化量 $\Delta Fm\theta$ と $\Delta\beta$ を示す。全参加者および女性では、課題中に記憶活動とかかわるFm θ の含有率に変化はなかったが、コントロール条件に比べてマートル精油条件において課題後の後頭部 β 成分含有率が有意に低下した（それぞれ $w=160, z=2.053, p=0.040$; $w=48, z=2.090, p=0.037$ ）。一方、男性では、課題後の後頭部 β 波含有率に変化は見られなかったが、コントロール条件に比べマートル精油条件で、課題中Fm θ 含有率が有意に上昇した ($w=8, z=1.988, p=0.049$)。

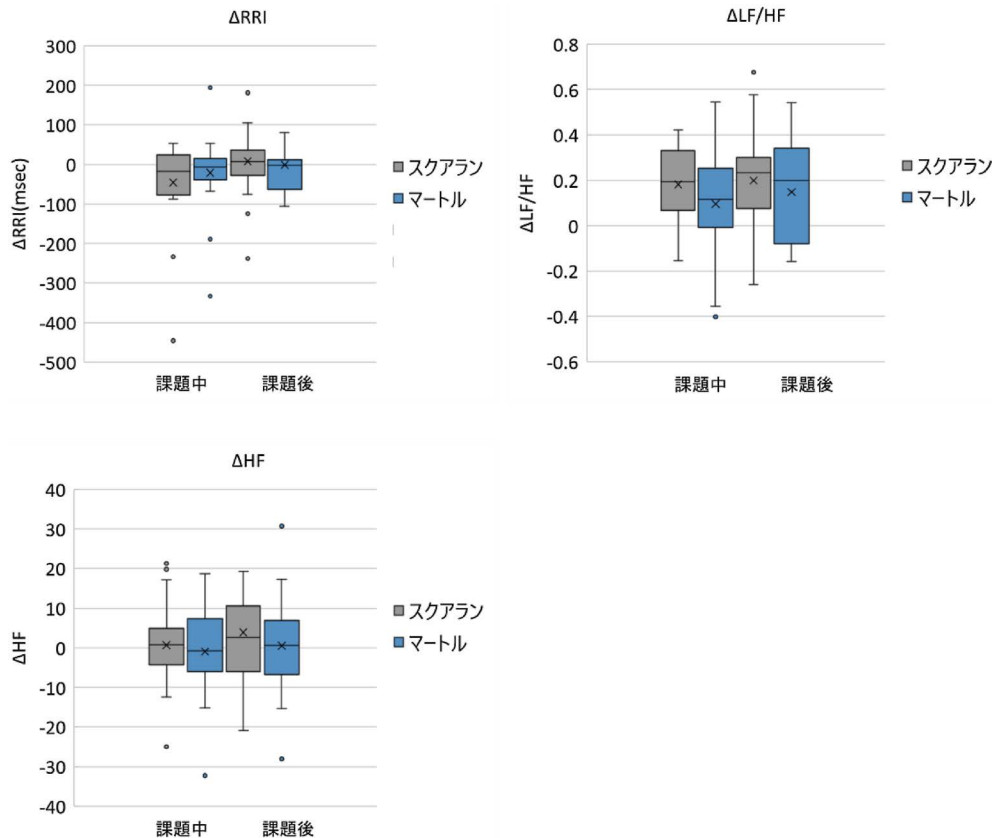


図4. 全参加者におけるRRI, LF/HF, HFにおける課題中および課題後の事前安静時との変化量。マートル精油の呈示による変化は認められなかった。

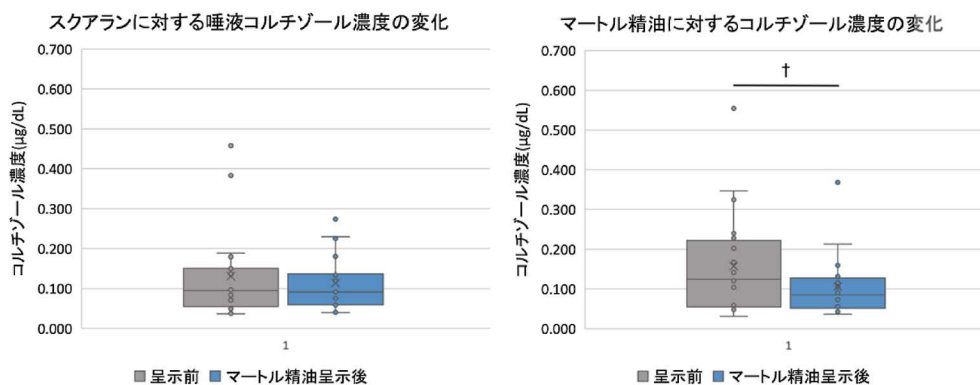


図5. 全参加者における唾液コルチゾールの濃度変化 († $p < 0.10$)
マートル精油の香りの吸引により唾液中コルチゾール濃度の有意な低下傾向を認めた。

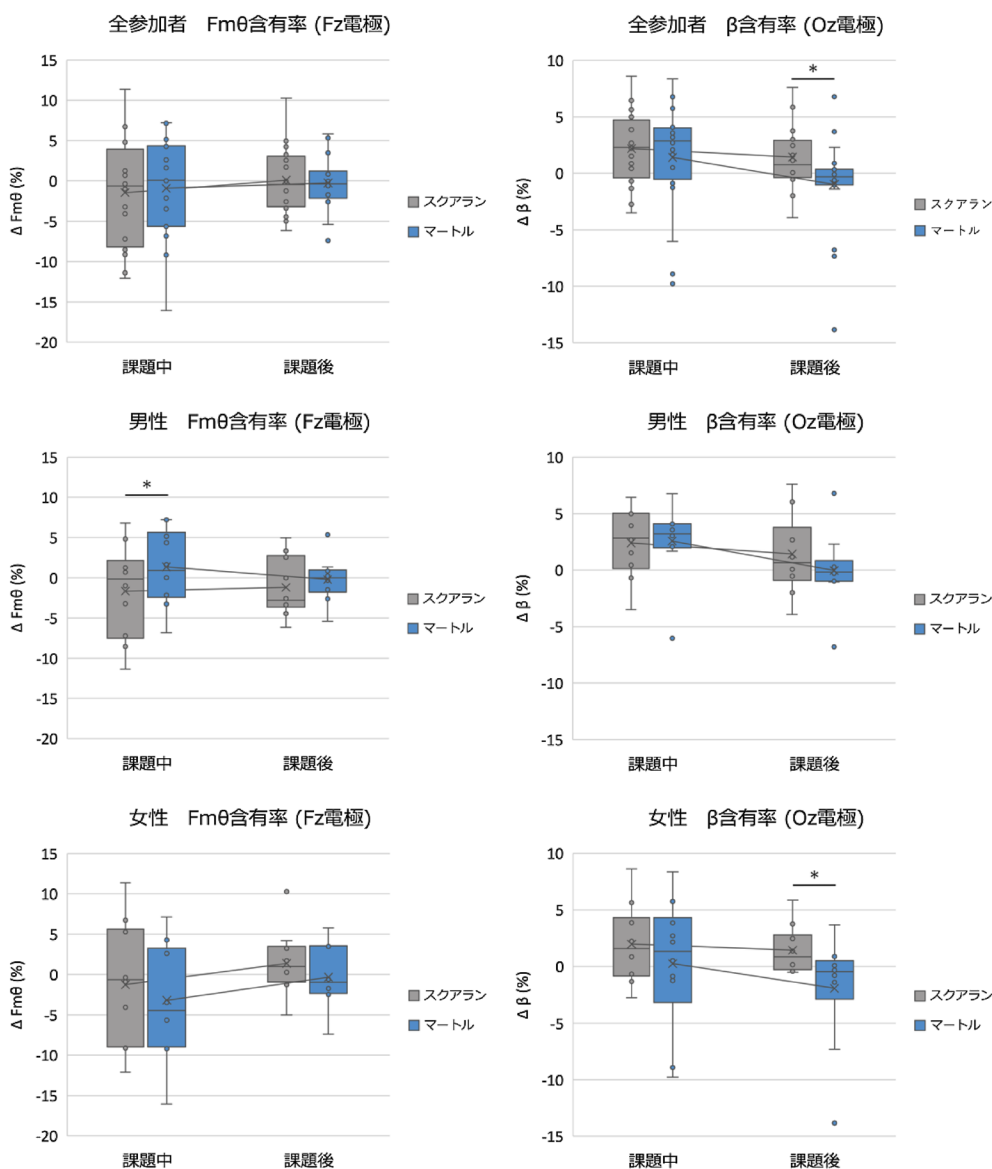


図6. 全参加者と性別ごとのFmθ波および課題中と課題後のβ波の含有率(%)変化量 (* $p < 0.05$)
マートル精油の呈示により全被験者および女性では、課題後に後頭部正中Oz電極におけるβ波含有率の低下が認められた。対照的に、男性では課題中において前頭部正中Fz電極におけるFmθ波成分含有率の上昇が認められた。

3.5 香り成分分析

マートル精油の呈示により捕集された成分のクロマトグラムを図7に示す。定性分析の結果、データベース

から推定された成分のうち含有量が高い香り成分は、 α -pinene, 1,8-cineole, D-limoneneの3成分であった。この3成分の総量は、ピーク面積から換算した結果、香

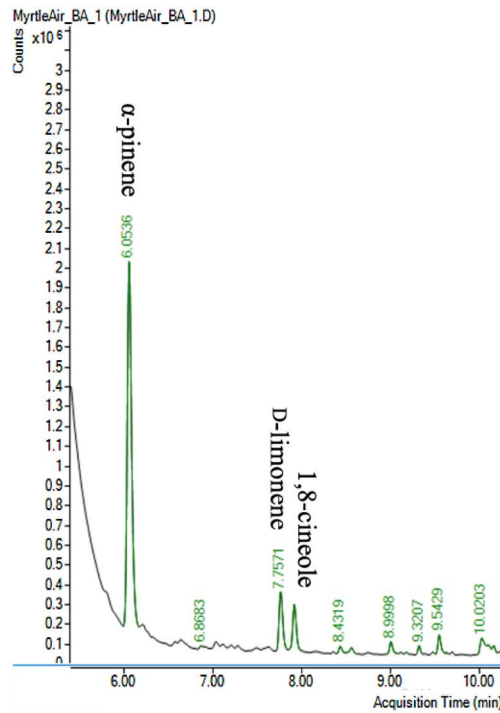


図7. マートル精油の呈示により捕集された成分のクロマトグラム

表2. マートル精油香りとマートル精油に含まれる主要成分の定量分析結果

	Compounds	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Air with myrtle oil	α -pinene	94.6
	1,8-cineole	10.3
	D-limonene	37.5
	Compounds	Concentration ($\mu\text{g}/\text{mL}$)
Myrtle oil	α -pinene	278.5
	1,8-cineole	58.6
	D-limonene	154.1

り成分全体の80%以上を占めていることがわかった。

マートル精油の呈示により捕集された空気とマートル精油に含まれる成分のうち、定性分析で含有率が高いことが確認できた3成分(α -pinene, 1,8-cineole, D-limonene)の定量分析結果を表2に示す。定量のため作成した3成分の検量線は、それぞれ、相関係数0.996以上、原点付近を通る良好な直線関係が得られた。この検量線を用いて算出したマートル精油の呈示により捕集された3成分の濃度は、 α -pinene $94.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,8-cineole $10.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, D-limonene $37.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。この値は、IFRA (International Fragrance Association) の基準値15 ppmと比較して150分の1以下であり、呈示濃度の安全性については問題ない範囲である。表2に示した通り、捕集空気とマートル精油に含まれる3成分の濃度は、 α -pineneが最も高く、次いで、D-limonene, 1,8-cineoleであることがわかった。

3.6 生理学的指標による相関解析

全参加者、男性、女性におけるマートル精油呈示時および水呈示時の生理指標相関を表3から表8にそれぞれ示す。

全参加者において、マートル精油呈示時は、課題中LF/HFと課題後コルチゾールの間に有意な強い正の相関が認められた。また、課題中Fm θ と課題中HFの間に有意な中程度の負の相関が認められた。さらに、課題中Fm θ と課題後後頭部 β の間には有意な中程度の正の相関が認められた(表3)。男性においては、課題中LF/HFと課題後コルチゾールの間に有意な強い正

表3. 全参加者におけるマートル精油呈示条件の生理指標相関

Pearson's Correlations

変数		課題中 LF/HF	課題中 HF	課題後 コルチゾール	課題中 Fm θ	課題後 後頭部 β
1. 課題中 LF/HF	Pearson's r	—				
2. 課題中 HF	Pearson's r	0.037	—			
3. 課題後 コルチゾール	Pearson's r	0.825***	-0.163	—		
4. 課題中 Fm θ	Pearson's r	0.289	-0.495*	0.238	—	
5. 課題後後頭部 β	Pearson's r	0.105	-0.684***	0.358	0.459*	—

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

表4. 全参加者におけるスクワラン呈示条件の生理指標相関

Pearson's Correlations

変数		課題中 LF/HF	課題中 HF	課題後 コルチゾール	課題中 Fm θ	課題後 後頭部 β
1. 課題中 LF/HF	Pearson's r	—				
2. 課題中 HF	Pearson's r	0.044	—			
3. 課題後 コルチゾール	Pearson's r	-0.048	-0.219	—		
4. 課題中 Fm θ	Pearson's r	0.152	0.265	-0.027	—	
5. 課題後後頭部 β	Pearson's r	0.015	-0.243	0.250	0.166	—

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

表5. 男性におけるマートル精油呈示条件の生理指標相関

Pearson's Correlations

変数		課題中 LF/HF	課題中 HF	課題後 コルチゾール	課題中 Fmθ	課題後 後頭部β
1. 課題中 LF/HF	Pearson's r	—				
2. 課題中 HF	Pearson's r	0.307	—			
3. 課題後コルチゾール	Pearson's r	0.901***	0.189	—		
4. 課題中 Fmθ	Pearson's r	0.442	0.071	0.392	—	
5. 課題後後頭部β	Pearson's r	0.039	0.059	0.140	0.010	—

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

表6. 男性におけるスクワラン呈示条件の生理指標相関

Pearson's Correlations

変数		課題中 LF/HF	課題中 HF	課題後 コルチゾール	課題中 Fmθ	課題後 後頭部β
1. 課題中 LF/HF	Pearson's r	—				
2. 課題中 HF	Pearson's r	0.056	—			
3. 課題後コルチゾール	Pearson's r	-0.558	-0.198	—		
4. 課題中 Fmθ	Pearson's r	0.096	0.022	-0.269	—	
5. 課題後後頭部β	Pearson's r	-0.064	-0.388	0.348	0.090	—

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

表7. 女性におけるマートル精油呈示条件の生理指標相関

Pearson's Correlations

変数		課題中 LF/HF	課題中 HF	課題後 コルチゾール	課題中 Fmθ	課題後 後頭部β
1. 課題中 LF/HF	Pearson's r	—				
2. 課題中 HF	Pearson's r	-0.319	—			
3. 課題後コルチゾール	Pearson's r	0.691*	-0.379	—		
4. 課題中 Fmθ	Pearson's r	-0.260	-0.610	-0.097	—	
5. 課題後後頭部β	Pearson's r	0.412	-0.899***	0.601	0.588	—

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

表8. 女性におけるスクワラン呈示条件の生理指標相関

Pearson's Correlations

変数		課題中 LF/HF	課題中 HF	課題後 コルチゾール	課題中 Fmθ	課題後 後頭部β
1. 課題中 LF/HF	Pearson's r	—				
2. 課題中 HF	Pearson's r	0.161	—			
3. 課題後コルチゾール	Pearson's r	0.262	-0.183	—		
4. 課題中 Fmθ	Pearson's r	0.193	0.425	0.205	—	
5. 課題後後頭部β	Pearson's r	0.099	-0.136	0.069	0.294	—

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

の相関のみが認められた(表5)。女性においては、課題中 LF/HF と課題後コルチゾールの間に有意な中程度の正の相関が認められ、課題後後頭部βと課題中 HF の間に有意な強い負の相関が認められた(表7)。

対照的に、スクワラン呈示時は全参加者、男性、女性のいずれにおいても生理指標の有意な相関は認められなかった(表4, 6, 8)。

4. 考 察

本研究では、マートル精油吸引中の、① POMS によ

る感情変化、②心電図による自律神経系変化、③唾液中コルチゾール濃度による視床-副腎系のストレス変化、④脳波測定による認知機能への影響について検討した。その結果、マートル精油による① POMS による女性における総合的なネガティブ気分の低下および活気-活力の上昇と男性における疲労感の軽減が確認され、②唾液中コルチゾール測定による視床-副腎系の生化学的ストレスの減少の傾向が示された。さらに③男性における記憶にかかわる脳機能活動 Fmθ の亢進と女性における視覚作業後の脳の鎮静作用が新たに示唆された。

また、④GC-MSにより、参加者に呈示されたマートル精油の香り中には、 α -pinene, 1,8-cineole, D-limonene が含有し、それぞれの濃度は $94.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $10.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $37.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、 α -pinene が最も含有量が多く、今回の研究で確認されたヒトへの心理生理的变化への寄与が示唆されたが、1,8-cineole と D-limonene の関与とその複合的な作用による可能性が示唆された。⑤さらに生理指標間の相関解析により、マートル精油呈示時のみ生理指標間の有意な中程度から強い相関が得られたことから、マートル精油からの揮発性成分により今回の心理生理学的変化が誘導されたことが確認できた。

α -pinene は、主にヒノキ、スギなどの針葉樹に含まれる香り成分であり、副交感神経系の活性化を促し、疲労感を軽減させる効果や心理的なストレスの緩和に繋がると報告されている^{1)~4)}。1,8-cineole は、樟脳やハッカに似た爽やかな香り成分であり、注意力の向上や幸福感をもたらす効果がある¹⁶⁾。D-limonene は柑橘類系の香り成分であり、情報処理能力を一時的に向上させることや集中力低下の抑制や記憶力保持能力の向上に繋がることが報告されている^{17), 18)}。これらのことから、今回示された女性における総合的なネガティブ気分の低下と活気・活力の上昇は、マートル精油に含有する α -pinene, 1,8-cineole, D-limonene の複合的な作用であることが考えられる。さらに男性における疲労感の低減は α -pinene による作用であることが推察される。

生体のストレス反応は、自律神経系、内分泌系、免疫系の3つの生体調節系が相互作用している。自律神経系は、交感神経と副交感神経で構成されており、ストレス状態時には副腎髄質よりカテコールアミンが分泌され交感神経活動が増加し副交感神経活動が低下する。逆に、鎮静状態時には交感神経活動が低下し、副交感神経活動が増加する。本研究では、交感神経活動指標となる LF/HF、副交感神経活動指標となる HF によって自律神経活動の変化を評価し、さらに副腎皮質から放出されるステロイドホルモンであり、低侵襲かつ簡易採取可能である唾液中コルチゾールの採取によって、対象者のストレスを評価した。

今回の結果では、心電図 R-R 間隔による自律神経系ストレス指標である LF/HF はマートル精油の吸引によって影響を受けなかった。一方、唾液コルチゾール濃度はマートル精油の吸引によって有意に低下する傾向が見られた。Tsunetsugu ら (2010) は α -pinene による嗅覚刺激が収縮期血圧を低下させることを報告している¹⁹⁾。Ikei ら (2016) は α -pinene の吸引が、心電図 HF パワーの増加と心拍数の減少を惹起することを明らかにしているが、LF/HF に関しては有意な変化を見

いだしていない²⁰⁾。これらのことから、今回のマートル精油は自律神経系のストレスには影響を与えなかったことが考えられる。一方、オレンジ (*Citrus sinensis*) の天然エッセンシャルオイル (主成分 limonene 92%, myrcene 3%, その他の5%は α -pinene, β -pinene, *p*-cymene, linalool と geraniol) は唾液中コルチゾールを減少させることが報告されている²¹⁾。このことから、今回得られたマートル精油による唾液コルチゾールの低下に反映される内分泌系ストレスの減少は D-limonene によって引き起こされた可能性が考えられる。なお、ストレス反応における免疫系は、神経系、内分泌系の影響を強く受ける。ストレスは視床下部-下垂体-副腎皮質系 (hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis: HPA 系) を活性化し、副腎皮質からグルココルチコイドの分泌を促進する²²⁾。ストレスが生じた場合、グルココルチコイドはネガティブフィードバック機構により分泌が制御され、ストレスに対して過剰反応が起こらないように調節される²³⁾。免疫細胞のなかでも、特に免疫グロブリンやNK細胞がストレスとの関連性が研究されている。今回、免疫系ストレス指標は計測していないが、今後はストレスの影響を検証する上でこれらの指標も含めて検討する必要があると考える。

脳波に関しては、Fm θ 含有率はワーキングメモリ活動とかかわることがこれまでに示唆されており、今回は男性において Fm θ が亢進することが示された。本研究のマートル精油の GC-MS 分析の結果、主要成分であるモノテルペンである α -pinene, 1,8-cineole もしくは D-limonene が、少なくとも一部、脳内認知活動の亢進に寄与した可能性が示唆された。 α -pinene に関しては、マウスおよびラットの実験から、GABA α 2 受容体へのアゴニストとして振る舞う可能性が指摘されているため²⁰⁾、今回のマートル精油の成分として認知機能を直接亢進させた可能性よりも、1,8-cineole もしくは D-limonene が Fm θ 波の増大に寄与している可能性が高い。さらに、近年の報告で、高齢者介護施設でユーカリ精油を使用した場合、認知症行動障害スケール (DBD) のスコアが改善した例があり 1,8-cineole の寄与が考えられている^{24)~26)}。よって、今回のマートル精油による Fm θ 波含有率の亢進には、少なくとも一部 1,8-cineole の寄与が考えられる。一方女性における β 波含有率の低下には、 α -pinene が作用した可能性がある。今後は α -pinene, 1,8-cineole, D-limonene 単体での、Fm θ 波変動への寄与を検討する必要がある。

生理指標間の相関解析の結果、男性においては、課題中 LF/HF と課題後コルチゾールの間に有意な強い正の相関のみが認められ、女性においては、加えて、

課題後後頭部 β と課題中HFの間に有意な強い負の相関が認められた(表7)。このことから、男性においては、マートル精油が課題中から課題後にかけた自律神経系への変動を誘導する可能性があり、女性においてはマートル精油は課題中の自律神経系と課題後の中枢神経系の変動に作用する可能性が示唆された。さらに男性で認められたFm θ によるマートル精油の脳機能亢進作用は、いずれの指標とも相関しなかったことから、自律神経系への作用とは異なる機序の存在が示唆された。以上の結果より、マートル精油が性別によって、自律神経系と中枢神経系に異なる機序で作用する可能性を今後詳細に検討する必要がある。

今回の研究では、マートル精油香り成分の吸引により、感情と脳波の変化に対し、男女間の差異を確認した。POMSにおける感情的変化では、女性において総合的なネガティブ気分が低下し活気-活力が上昇した一方で、男性では疲労感の低下が示された。また、脳波においては、ワーキングメモリ活動を反映するFm θ 含有率は男性のみで亢進し、女性では β 波含有率の低下によるストレスの減少が示唆された。これらの結果から、マートル精油は女性においては主にストレスの緩和に寄与し、男性においては作業中の脳機能賦活やその作業後の疲労感の減少に作用していることが推察される。生物学的性別に対して相補的生理学的効果を誘導する可能性が示された。今後は、マートル精油および α -pinene, 1,8-cineole, D-limoneneそれぞれの成分が性差に与える影響について嗅覚受容体および脳内代謝および自律神経系への作用といった異なるそれぞれの系への効果を検証することで、ヒトに与えるマートル精油の効果を性差への要因を含めながらさらに明らかにできると考える。

5. 結 論

マートル精油の吸引により、女性における総合的なネガティブ気分の低下と男性における疲労感の軽減、男性における記憶にかかわる脳機能活動Fm θ の亢進と女性における課題後の脳の鎮静、唾液中コルチゾール測定による視床-副腎系の生化学的ストレスの減少が示唆された。GC-MS分析により参加者に呈示された香氣成分には α -pinene 94.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,8-cineole 10.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, D-limonene 37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が含有することが示された。

マートル精油に含有する α -pineneおよび α -pinene, 1,8-cineole, D-limoneneの複合的な効果によりネガティブ感情の減少、活気-活力の上昇および疲労感の軽減が誘導された。また、D-limoneneはコルチゾール濃度の低下を促し、生理学的ストレスを低下させたと考えられる。脳内記憶活動の亢進によるFm θ 波含

有率の増大は1,8-cineoleによって増強された可能性があり、マートル精油は脳内認知機能を亢進させる可能性が示された。またマートル精油の吸引は、女性にはストレス低減作用を持ち、男性に対しては作業時の脳機能の賦活を示しさらに相関解析では性別ごとに異なる作用機序が示唆されたことから、マートル精油は性別に対して異なる作用機序を持つことが示唆された。今後は、マートル精油および α -pinene, 1,8-cineole, D-limoneneのそれぞれが性差に与える影響について、嗅覚受容体および脳内代謝および自律神経系それぞれのレベルでの検証を詳細に行うことで、ヒトに与えるマートル精油の影響をさらに明らかにできると考える。

謝 辞

心理生理実験を実施いただいた九州大学大学院農学研究院森林圏環境資源科学研究室テクニカルスタッフ・土山真未氏、技術補佐員・高野優子氏に深謝いたします。また申請にあたり書類作成を補助いただいた九州大学大学院農学研究院森林圏環境資源科学研究室テクニカルスタッフ・高橋美貴氏に深謝いたします。本研究は、公益社団法人日本アロマ環境協会・2022年度研究費助成制度による研究助成を受け、実施いたしました。

●引用文献

- 1) 谷田貝光克：森林が放出する生物活性物質，環動昆，5(2)，83-89 (1993)。
- 2) 鈴木桂輔，五藤 光，原田茂樹，田中 尚： α -ピネンがドライバの疲労感軽減に及ぼす効果，日本機械学会論文集C編，73(734)，2788-2795 (2007)。
- 3) 鈴木桂輔，五藤 光，田中 尚：ドライバへの α -ピネン供給による心理的ストレスの低減効果，自動車技術会論文集，40(1)，193-198 (2008)。
- 4) Pezhmanmehr M., Dastan D., Ebrahimi S. N., Hadian J.: Essential oil constituents of leaves and fruits of *Myrtus communis* L. from Iran, *Planta Medica* 75 (09), PJ164 (2009)。
- 5) Dabbaghi M. M., Fadaei M. S., Roudi H. S., Rahimi V. B., et al: A Review of the biological effects of *Myrtus communis*, *Physiol. Rep.*, 11, e15770 (2023)。
- 6) Hajiaghvae R., Faizi M., Shahmohammadi Z., Adbollahnejad F., et al: Hydroalcoholic extract of *Myrtus communis* can alter anxiety and sleep parameters: A behavioural and EEG sleep pattern study in mice and rats, *Pharm. Biol.*, 54, 2141-2148 (2016)。
- 7) Sun M., Nakashima T., Yoshimura Y., Honden A., et al: Effects and interaction of different interior material treatment and personal preference on psychological and physiological responses in living environment, *J. Wood Sci.*, 66, 63 (2020)。
- 8) Nakashima T., Sun M., Honden A., Yoshimura Y., et al: Effects of volatile sesquiterpenes from Japanese cedar-wood on visual processing in the human brain: an event-related potential study, *J. Wood Sci.*, 69, 15 (2023)。

- 9) 内閣府, 令和5年版高齢社会白書(全体版), <<https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2023/html/zenbun/index.html>>, 2025年4月7日アクセス
- 10) Cevikelli-Yakut Z.-A., Etras B., Sen A., Koyuncuoglu T., et al: *Myrtus communis* improves cognitive impairment in renovascular hypertensive rats, *J. Physiol. Pharmacol.*, **71** (2020).
- 11) Mizuki Y., Takii O., Tanaka T., Tanaka M., et al: Periodic appearance of frontal midline theta activity during performance of a sensory-motor task, *Psychiatry Clin. Neurosci.*, **36**, 375–382 (1982).
- 12) Onton J., Delorme A., Makeig S.: Frontal midline EEG dynamics during working memory, *NeuroImage*, **27**, 341–356 (2005).
- 13) Maharjan A., Khwaounjoo P., Peng M., Cakmak Y. O.: Non-contact neuromodulation of the human autonomic nervous system function via different odors: Sex, menstrual cycle, and odor dose-and duration-specific effects, *Front. Neurosci.*, **16**, 950282 (2022).
- 14) Jasper H. H.: Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography, *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **10**, 370–371 (1958).
- 15) JASP Team (2024), JASP (ver. 0.18.3) [computer software]
- 16) Heuberger E., Ilmberger J., Hartter E., Buchbauer G.: Physiological and behavioral effects of 1,8-cineol and (±)-linalool: A comparison of inhalation and massage aromatherapy, *Nat. Prod. Commun.*, **3**(7), 1103–1110 (2008).
- 17) 大野洋美, 斎藤順子, 和田万紀: グレープフルーツの香りの吸入が課題遂行に伴う集中力低下を防ぐ, *Aroma Research*, **8**(2), 168–171 (2007).
- 18) 井上なつか, 後藤広太郎: リモネンは情報処理・集中力に影響を及ぼすか, 北海道心理学研究, **40**, 23 (2018).
- 19) Tsunetsugu Y., Park B.-J., Miyazaki Y.: Trends in research related to “Shinrin-yoku” (taking in the forest atmosphere or forest bathing) in Japan, *Environ. Heal. Prev. Med.*, **15**, 27–37 (2010).
- 20) Ikei H., Song C., Miyazaki Y.: Effects of olfactory stimulation by α -pinene on autonomic nervous activity, *J. Wood Sci.*, **62**, 568–572 (2016).
- 21) Jafarzadeh M., Arman S., Pour F. F.: Effect of aromatherapy with orange essential oil on salivary cortisol and pulse rate in children during dental treatment: A randomized controlled clinical trial, *Adv. Biomed. Res.*, **2**, 10 (2013).
- 22) 北岡志保, 古屋敷智之: ストレスによる情動変容の誘導における炎症の役割, 心身医学, **57**(9), 922–928 (2017).
- 23) 小嶋英史: ストレスと免疫系, *Dokkyo Journal of Medical Sciences*, **33**(3), 193–199 (2006).
- 24) Goto S., Suzuki H., Nakagawa T., Shimizu, K.: The effect of eucalyptol on nursing home residents, *Sci. Rep.*, **10**, 3996 (2020).
- 25) Ambrosch S., Duliban C., Heger H., Moser E., et al: Effects of 1,8-cineole and (–)-linalool on functional brain activation in a working memory task, *Flavour Fragr. J.*, **33**(3), 235–244 (2018).
- 26) Moss M., Oliver L.: Plasma 1,8-cineole correlates with cognitive performance following exposure to rosemary essential oil aroma, *Ther. Adv. Psychopharmacol.*, **2**(3), 103–113 (2012).

【要 旨】

本研究では、マートル精油の吸引がProfile of Mood States2 (POMS2) による感情変化とストレスおよび脳内ワーキングメモリ活動を反映するFm θ に与える影響を網羅的に探索した。また、その影響の性差を検討した。マートル精油の吸引前後で、POMS2短縮版と唾液コルチゾール濃度を測定した。さらに、視覚探索課題中とその前後の脳波Fm θ 波・ β 波含有率と心電図LF/HFを測定した。GC-MSにより参加者に呈示したマートル精油の定量分析を行った。マートル精油の吸引により女性ではPOMS得点の低下と活気・活力の上昇が、男性では疲労感の軽減が観察された。また、唾液コルチゾール濃度が低下する傾向が示された。さらに、男性ではFm θ が亢進し、女性では課題後の β 波の低下が認められたことからワーキングメモリの賦活と鎮静作用が示された。GC-MS分析の結果、参加者に呈示されたマートル精油を含む空気から α -pinene 94.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,8-cineole 10.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, D-limonene 37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が検出された。さらに、指標間の変動を用いた相関解析により、マートル精油のみで生理的変動の相関が認められた。男性では課題中LF/HFと課題後コルチゾールの間に有意な強い正の相関のみが認められ、女性においては、課題中LF/HFと課題後コルチゾールの間に有意な中程度の正の相関と課題後後頭部 β と課題中HFの間に有意な強い負の相関が認められた。Fm θ の変動と他の生理指標との相関は認められなかったことから、マートル精油の亢進作用は自律神経系の賦活とは異なる機序の存在が示唆された。今後の研究では、嗅覚受容体や脳内代謝および自律神経系それぞれの系に対してで、マートル精油に含まれる α -pinene, 1,8-cineole, D-limoneneが性別ごとにどのような機序で心理生理的効果をもたらすかを詳細に検証する必要がある。

キーワード: マートル, 心理生理的変動, Fm θ , 揮発性成分

連絡先: 清水邦義

九州大学大学院農学研究院森林圏環境資源科学分野

〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744 ウェスト5号館8階857室

TEL/FAX: 092-802-4675

E-mail: shimizu.kuniyoshi.381@m.kyushu-u.ac.jp