

AroNap：仮眠における香り提示手法を用いた 入眠・起床促進システムの提案

飯塚 万葉¹ 横窪 安奈^{1,a)} ロペズ ギヨーム^{1,b)}

概要：世界諸国と比較して日本人の睡眠時間は非常に短く、睡眠不足に起因する日中の眠気により、作業効率が低下する人が多い。その対策として仮眠が推奨されているものの、仮眠習慣を持つ日本人は少ない。本研究では、短い仮眠時間であっても、仮眠の効果を最大化するために、仮眠時の入眠と覚醒を促進するウェアラブル入眠・起床促進システム「AroNap」を開発し、その効果を検証した。AroNapは、コンピュータ制御可能な香り提示デバイスをネックピローに装着することで、仮眠時の入眠及び起床を適切なタイミングで促すシステムである。評価実験では、被験者5名に対し、AroNapの有無による睡眠状態の比較を脈拍間隔及びた OSA 睡眠調査票を用いて分析した。その結果、AroNapの有無では有意差は確認できなかったものの、提示する香りの好き嫌いによって使用感が異なることが確認できた。

MAYO IZUKA¹ ANNA YOKOKUBO^{1,a)} LOPEZ GUILLAUME^{1,b)}

1. はじめに

世界諸国と比較して日本人の睡眠時間は非常に短い。図 1 は、2018 年の経済協力開発機構 (OECD) の調査による各国の平均睡眠時間の比較 [1] である。本調査によると、日本の平均睡眠時間は 7 時間 22 分であった。最も平均睡眠時間が長い南アフリカと日本では 2 時間以上の差があり、日本に次いで平均睡眠時間が短い韓国との比較でも 20 分近くの差がある。そのため、日本は OECD 加盟国内で睡眠時間が最下位であり、世界中で最も睡眠時間が短い国であると言える。

また、2019 年の国民健康・栄養調査 [2] によると、男性の 37.5%、女性の 40.6% が 6 時間未満の睡眠であることが示されている。睡眠の質に関する質問では、男性は 32.3%、女性は 36.9% が「日中、眠気を感じた」と回答している。日中の眠気の対処法として、厚生労働省は「健康づくりのための睡眠指針 2014 [3]」にて、「午後の早い時刻に 30 分以内の短い昼寝をすることが、眠気による作業能率の改善に効果的である」と仮眠を推奨している。しかし、仮眠習慣を持つ日本人は少なく、睡眠不足による日中の眠気から作業効率が落ちている人が多いのが現状である。



図 1 OECD 加盟各国の 1 日の平均睡眠時間の比較 ([1] の調査データをもとに作成)

本研究では、短い仮眠時間であっても、仮眠の効果を最大化するために、仮眠時の入眠と覚醒を促進するウェアラブル入眠・起床促進システム「AroNap (アロナップ)」を開発を行い、その有用性を検証する。評価実験の結果から、実用時の課題についても明らかにする。

2. 関連研究

香りを用いた睡眠誘導に関する研究が数多く存在する。山本ら [4] は、シダーウッドなどの針葉樹の精油に含まれている香気成分セドロールの交感神経活動抑制効果を睡眠場面に応用した。山本らが行ったプラセボ条件とセドロール条件の比較実験では、総睡眠時間がセドロール条件で有意に延長、入眠潜時はセドロール条件で有意に短縮、睡眠効

¹ 青山学院大学大学院 理工学研究科
Aoyama Gakuinn University, Kanagawa, Japan
a) yokokubo@it.aoyama.ac.jp
b) guillaume@it.aoyama.ac.jp



図 2 AroNap で使用したネックピローとアロマストーン

率もセドロール条件で上昇する傾向があった。そして、セドロールの交感神経活動鎮静作用は睡眠前半において1分以上連続する明確な中途覚醒を減少させる傾向を示した。以上から、セドロールの交感神経活動抑制効果は、眠りに移行しやすい環境を創出可能である。

大野ら [5] は、紅茶の香りがストレス意識の高い女性の睡眠に及ぼす効果を検証した。大野らによるプラセボ液と紅茶の香りのアロマ液による比較実験では、主観的な睡眠の質の向上、入眠・睡眠維持、疲労回復、睡眠時間に対する満足感の向上及びストレス意識を低減する心理作用が見られた。これにより、紅茶の香りによってストレス意識が低減され睡眠が円滑になることが強く示唆された。

香り提示のインタラクティブ手法として、横窪ら [6] は、インタラクティブな香炉を用いた香道体験システムを提案している。また、VAQSO VR^{*1}や Aromastic^{*2}などの香り提示デバイスも商用化されているものの、香りとインタラクションの取り組みは未だ開拓の余地がある。

3. AroNap

3.1 AroNap の概要

AroNap は、香りの特性を用いて入眠と起床を促進させることで、短い時間の仮眠の質の向上を目的としたシステムである。AroNap の名称は、香りの「Aroma」と仮眠の「Nap」を組み合わせて命名した。

AroNap が対象とするユーザは、仮眠を必要としているがなかなか寝付けない人・快適な起床ができない人であり、椅子に座った状態での短時間の仮眠時に使用することを想定している。AroNap は2つの M5StickC^{*3}、スマートフォン (moto G、モトローラ、Android4.4.4)、図 2 に示す市販のネックピロー^{*4} とアロマストーン^{*5} から構成されている。

*1 VAQSO VR, VAQSO 社製, <https://vaqso.com/>

*2 Aromastic, ソニー社製, <https://scentents.jp/aromastic/>

*3 M5StickC, M5Stack 社製, <https://shop.m5stack.com/collections/m5-hat>

*4 ネッククッション, (株)良品計画社製, <https://www.muji.com/jp/ja/store/cmdty/detail/4550182576221>

*5 アロマストーン, (株)良品計画社製, <https://www.muji.com/jp/ja/store/cmdty/detail/4548718959112>

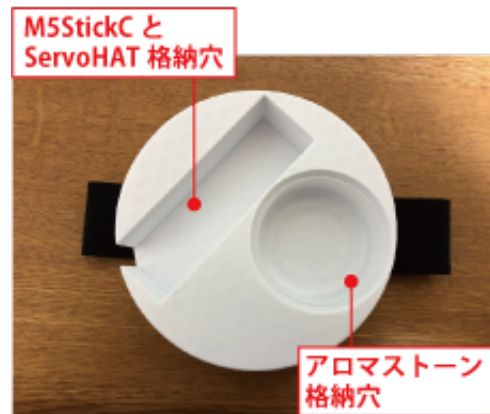


図 3 3D プリンタで制作した AroNap モジュール



図 4 M5StickC と ServoHAT を接続した様子



図 5 3D プリンタで制作した AroNap モジュール開閉用の蓋

3.2 AroNap の構成

AroNap のハードウェアは、M5StickC に ServoHAT^{*6}を装着したセンサ及びアロマストーンを格納する箱 (以下、AroNap モジュール) で構成した (図 3)。M5StickC は AroNap モジュールの蓋の開閉をコントロールしている (図 4)。また、ServoHAT は実際に蓋を開閉するためのサーボモータである。

今回制作した AroNap モジュールは、直径 10cm、高さ 2.5cm の円柱の箱を有し、蓋 (図 5) は 8cm 程度のしずく型である。AroNap モジュールは、直径 5cm、高さ 2cm の円形の穴と縦 8cm、横 2.5cm の長方形の穴がある。円形の穴にはアロマストーンを、長方形の穴には M5StickC 及び ServoHAT を設置する。AroNap モジュールにはゴムが付いており、このゴムでネックピローに装着する。

AroNap のソフトウェアは、スマートフォンで使用可能な AroNap アプリケーション (以下 AroNap アプリ) と

*6 ServoHat, M5Stack 社製, <https://shop.m5stack.com/collections/m5-hat>

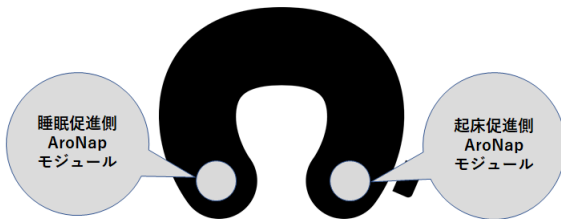


図 6 AroNap のシステム構成

して実装した。スマートフォンと AroNap モジュールは Bluetooth 接続しており、指定されたタイミングでスマートフォンから蓋の開閉の指示が出るようになっている。図 6 には、AroNap のシステム構成を示す。

AroNap アプリに仮眠時間を入力しスタートボタンを押下すると、入眠促進側の AroNap モジュールに蓋を開くよう命令が出される。仮眠時間の半分以上が過ぎると、入眠促進側の AroNap モジュールに蓋を閉じるように命令が出され、その 10 秒後に起床促進側の AroNap モジュールに蓋を開けるよう命令が出される。起床後はストップボタンを押すことで、現在開いている AroNap モジュールの蓋へ閉じるよう命令が出される。

3.3 AroNap の利用方法

AroNap は AroNap モジュールをネックピローに装着して使用する。また、スマートフォンに AroNap アプリケーションをダウンロードして、AroNap モジュールを操作する。

はじめに、AroNap モジュールの蓋を装着し、次に AroNap モジュールとスマートフォンを Bluetooth で接続する。AroNap モジュールとスマートフォンの接続が確認出来たら、AroNap モジュール内にアロマストーンを入れ、蓋を閉める(図 7)。この際、入眠促進側の AroNap モジュールには、入眠促進効果のある香り(シダーウッド・ラベンダー)を仕込んだアロマストーンが入っている。一方、起床促進側の AroNap モジュールには、起床促進効果のある香り(レモン)を仕込んだアロマストーンが入っている。また、蓋の初期位置がアロマストーンが入っている穴を閉じるように設定する。

図 8 に、ネックピローに AroNap モジュールを装着した様子を示す。次に、AroNap アプリに何分間の仮眠をするか入力し、「TIME INPUT」ボタンを押下する(図 9)。仮眠時間の初期設定値は 20 分間としている。最後に、真ん中の「START」ボタンを押下すると、AroNap が起動する。仮眠時間が終了したら「STOP」ボタンを押下すると、AroNap モジュールの蓋が閉まる。



図 7 各種センサ及びアロマストーンを内蔵した状態の AroNap モジュール



図 8 ネックピローに AroNap モジュールを装着した様子

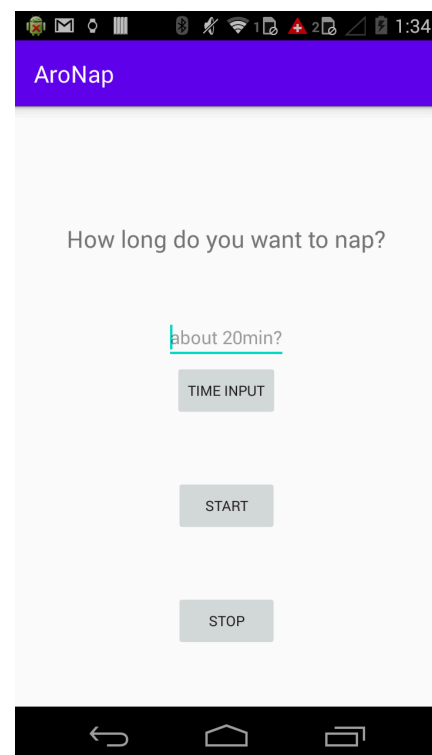


図 9 AroNap アプリの画面例

4. 評価実験

AroNap の有用性を検証するために、AroNap の有無による睡眠状態の比較をするための評価実験を実施した。

4.1 実験方法

本実験の実験方法を述べる。被験者は、10代から70代までの5名であり、香りを正常に認識できる人とした。香りを正常に認識できるかどうかは、事前に使用するアロマを嗅いでもらい、香りがするかどうかで確認した。実験条件は、静かであること・室内であり自然光が入る場所であること・椅子もしくはソファ等に座った状態であることとした。AroNapは着座状態での仮眠を対象としたシステムであるため、暗幕やカーテンは使用せず、日常生活で仮眠をする際の条件に近い環境で実施した。また、仮眠をする時間帯は、Hayashiらの午後半ばの20分間の昼寝が気分、パフォーマンス、脳波(EEG:Electroencephalography)活動に及ぼす影響を調べた論文[7]に基づき午後2時頃の20分間とした。

本実験は、AroNap無しとAroNap有りの2種類を被験者全員にそれぞれ別日に行った。今回使用したアロマは、入眠促進側にはシダーウッドの香り、起床促進側にはレモンの香りを使用した。AroNapの有無に関わらず、被験者には仮眠時にスマートウォッチを装着してもらった。スマートウォッチには脈拍間隔を測定するアプリが入っており、このアプリを使用して脈拍を用いた検証を行った。また、仮眠終了後にはOSA睡眠調査票[8]を用いたアンケートに回答してもらった。

4.2 分析方法

本実験では、OSA睡眠調査票による分析と、脈拍を用いた検証方法として周波数分析を用いた睡眠段階の推定とローレンツプロットを用いた睡眠段階の推定を利用した分析を行った。ローレンツプロットを用いた睡眠段階の推定とは、実験で得た心拍のRRIを、平面座標のx軸にRRI(n)の値、y軸にRRI(n+1)の値をとってプロットし、最終的な座標の分布の概要を観察する方法である[9]。周波数分析を用いた睡眠段階の推定では、亀山らの研究[10]をもとに、ローレンツプロットを用いた睡眠段階の推定では、谷田らの研究[11]をもとに分析した。

5. 実験結果

5.1 AroNapの有無による周波数解析を用いた睡眠段階の推定の結果

図10は各被験者のAroNap無しの周波数解析(フレームサイズ128,シフトサイズ1)の結果、図11は各被験者のAroNap有りの周波数解析(フレームサイズ128,シフトサイズ1)の結果である。

AroNapの有無で周波数解析の結果を比較したところ、AroNap無しの場合、グラフは全体を通して下降していくのに対し、AroNap有りは入眠促進効果のあるシダーウッドの香りをかいている0分から10分までに下降している傾向があった(図10,図11内の被験者A,被験者Eの赤

丸参照)。また、シダーウッドの香りをかいている0分から10分のLF/HF値は、香りを嗅いでいないAroNap無しの場合のLF/HF値より落ち着いている。下降している時刻がAroNap有りの方がAroNap無しより早いことから、各被験者はAroNapを使用した時の方が早く入眠できていると考えられる。

5.2 AroNapの有無によるローレンツプロットを用いた睡眠段階の推定の結果

図12は、各被験者のAroNap無しとAroNap有りのローレンツプロット分布の中心位置を比較したものである。ローレンツプロット分布の中心位置の比較においてT検定を行ったところ、8分から10分は有意差があり($p<0.05$)、18分から20分は有意傾向であり($0.05<p<0.10$)、それ以外には有意差がなかった($p>0.05$)。

また、図13は、各被験者のAroNap無しとAroNap有りのローレンツプロット分布のばらつきを比較したものである。16分から18分には有意差があったが($p<0.05$)、それ以外には有意差がなかった($p>0.05$)。

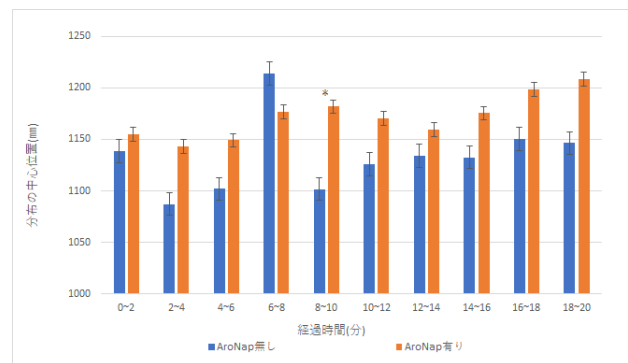


図12 AroNapの有無によるローレンツプロット分布の中心位置の比較

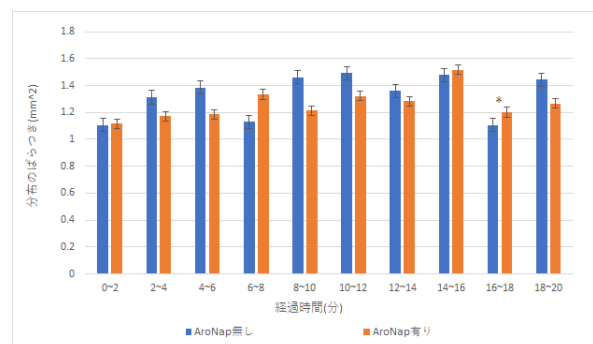


図13 AroNapの有無によるローレンツプロット分布のばらつきの比較

5.3 AroNapの有無によるOSA睡眠調査票の結果

表1はAroNap無しとAroNap有りのOSA睡眠調査票の結果の平均である。本研究では、仮眠時の主観評価に用

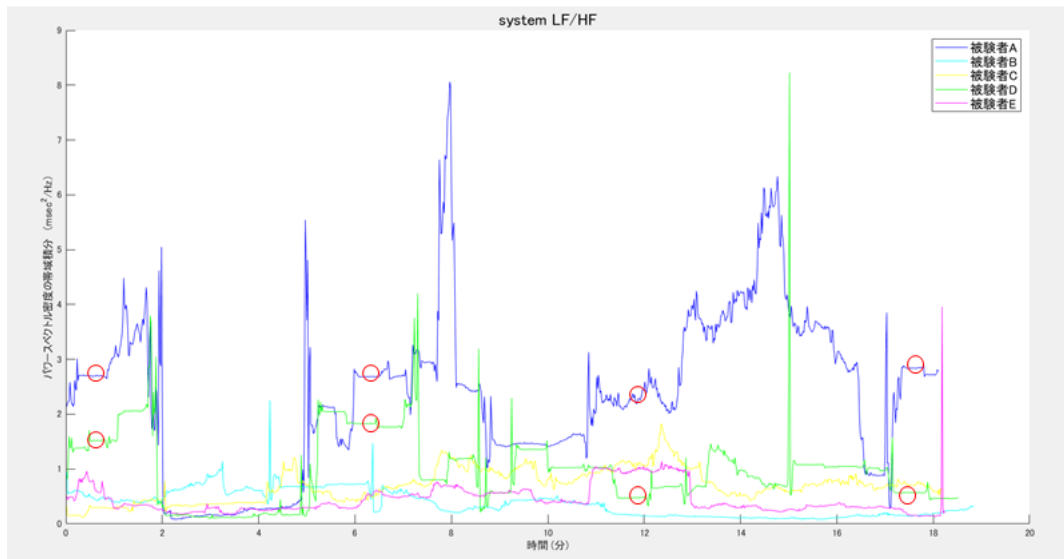


図 10 AroNap 無しの周波数解析の結果

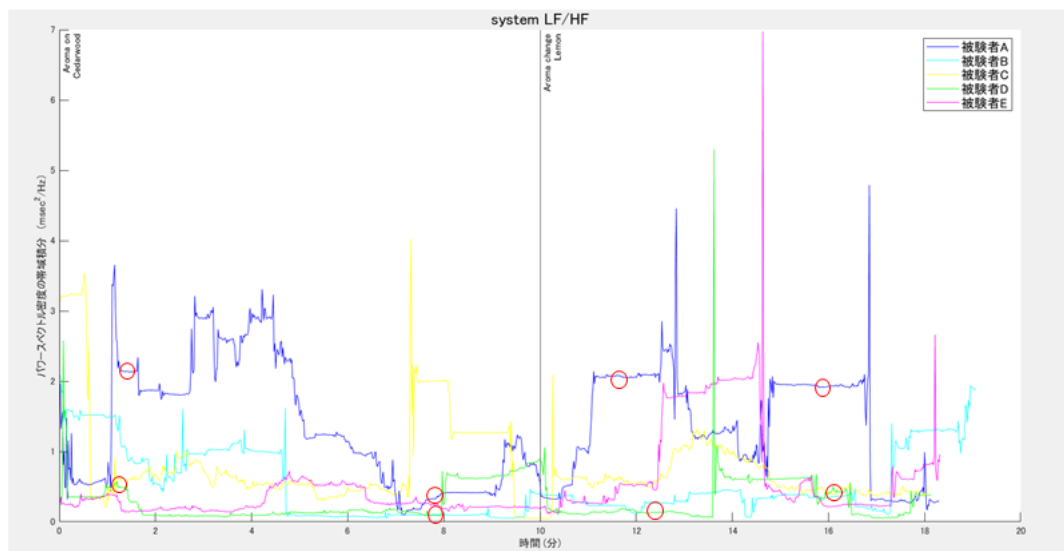


図 11 AroNap 有りの周波数解析の結果

表 1 AroNap の有無による OSA 睡眠調査票の結果の平均点数 (スコア)

	AroNap 無し	AroNap 有り
因子 1 (起床時眠気)	16.22	19.68
因子 2 (入眠と睡眠維持)	4.92	7.96
因子 4 (疲労回復)	18.4	20.68
因子 5 (睡眠時間)	12.6	10.2

いるため、夢見に関する因子 3 の値は除外した。

OSA 睡眠調査票の結果より、因子 1 の起床時眠気、因子 2 の入眠と睡眠維持、因子 4 の疲労回復では AroNap 無しより AroNap 有りの方が得点の平均が高くなり、因子 5 の睡眠時間では得点が低くなるのが分かった。しかし、AroNap 無しと AroNap 有りの OSA 睡眠調査票の結果に

は有意差は無かった ($p > 0.05$)。

6. 考察

評価実験では、ローレンツプロットと OSA 睡眠調査票の結果からは有意差が見られなかったが、周波数解析からは香りの有無による入眠時期の変化が見られた。ローレンツプロットの分布の中心位置が、AroNap 無しと AroNap 有りを比較した際、有りは時間が経過するにつれ中心位置が離れている、つまりグラフの右上へと移動しており、睡眠状態が深くなっていると考えられる。本来であれば、入眠促進のためのシダーウッドの香りの間は離れている 0 分から 10 分の間が睡眠状態が深くなると考えられるため、中心位置が離れるという結果が出るのは 10 分までである。

今回の結果は、10分以降も離れ続けているため、入眠促進のシダーウッドの香りの効果が起床促進のレモンの香りの効果を打ち消している可能性も考えられる。このことから、使用するアロマの香りの効力の差も考慮しなければならない可能性がある。

OSA 睡眠調査票の結果は有意差は見られなかったが、起床時眠気・入眠と睡眠維持・疲労回復の3つの因子の平均値はAroNap無しよりAroNap有りの方が高くなっている。因子の値は高い方が良好な睡眠であることを示しているため、AroNap有りの方が良好な睡眠ができていないかと考えられる。

被験者に使用感を口頭で質問したところ、「シダーウッドの香りが臭くて気になった」という回答と「シダーウッドの香りがとても良い」という対照的な回答が得られた。臭くて気になったということは、不快感があるということであるため、快適な仮眠状態を提供しているとは言えない。次回、実験を行う際は被験者に不快感を与える香りか否かを事前に確認する必要がある。また、香りが切り替わる際のモータの駆動音が気になったという回答が多かった。実際、実験中の様子を見ていた際、モータの駆動音が出たときに反応する人が多かく見られたため、脈拍の結果にモータの駆動音の影響が出ている可能性があると考えられる。

7. まとめと今後の展望

本稿では、素早い睡眠導入と快適な起床促進を目的としたデバイス「AroNap」の提案・開発を行い、AroNapの実用性を検証する評価実験と結果の分析を行った。ローレンツプロットとOSA睡眠調査票の結果から、AroNapの有無による有意差が見られなかったものの、被験者への口頭での質問結果から、香りの好みによる個人差やモータの駆動音に驚いた影響に起因した脈拍変動がある可能性が示唆された。

今後の展望として、AroNapはAroNapモジュールとスマートフォンとのBluetooth接続時の送受信確認用システムや画面表示のフィードバック・指定時間経過後のアラーム機能など様々な機能が不足しているため、機能追加及び改良が必要不可欠である。特に、香りが切り替わる際のモータの駆動音の影響が大きかったため、駆動音を低減するためのハードウェア改良を行いたい。また、被験者数を増やして評価実験を行い、個人に対する香りの好みや香りの強さを考慮した実験を通じて、AroNapに適切な香り提示量を検討していきたい。そして、リアルタイムでの睡眠状態の推定を可能にし、AroNapに組み込むことで、より快適な仮眠を支援するシステムに発展させていきたい。

参考文献

[1] プレジデントオンライン: 「週末は長めに寝てしまう人」の脳や体は危険な状態にある, <https://president.jp/>

- articles/-/33658?page=2 (参照日: 2021/1/9).
- [2] 厚生労働省: 国民健康・栄養調査, https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kenkou_eiyouchousa.html (参照日: 2021/1/10).
- [3] 厚生労働省: 睡眠対策, https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryouchou/kenkou/suimin/index.html (参照日: 2021/1/10).
- [4] 山本由華史, 白川修一郎, 永嶋義直, 大須弘之, 東條聡, 鈴木めぐみ, 矢田幸博, 鈴木敏幸: 香氣成分セドロールが睡眠に及ぼす影響, 日本生理人類学会誌, Vol. 8, No. 2, pp. 69-73 (2003).
- [5] 大野敦子, 佐久川千津子, 矢田幸博: 紅茶の香りがストレス意識の高い女性の睡眠に及ぼす効果, 日本生理人類学会誌, Vol. 25, No. 2, pp. 23-32 (2020).
- [6] Yokokubo, A., Chaichirawiwat, M., Lopez, G., Matoba, Y., Ohno, M. and Siiio, I.: EGenjiko: Scent Matching Game Using a Computer-Controlled Censer, *Extended Abstracts of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts, CHI PLAY '19 Extended Abstracts*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 789-795 (online), DOI: 10.1145/3341215.3356259 (2019).
- [7] Hayashi, M., Watanabe, M. and Hori, T.: The effects of a 20 min nap in the mid-afternoon on mood, performance and EEG activity, *Clinical Neurophysiology*, Vol. 110, No. 2, pp. 272-279 (1999).
- [8] 山本由華史, 田中秀樹, 高瀬美紀ほか: 中年・高齢者を対象としたOSA睡眠調査票(MA版)の開発と標準化, 脳と精神の医学, 10 (4), 401-409, 吉田和典, 水田敏郎, 竹島由記, 他 (2001): 香りを付加した足浴効果に関する生理心理学的検討主として脳波を指標とした事例検討, 福井医科大学研究雑誌, Vol. 2, No. 1, pp. 1-12 (1999).
- [9] ストレスと自律神経の科学: 心拍変動を利用した様々な自律神経機能指標, http://hclab.sakura.ne.jp/stress_nervous_oth_stress_idx.html (参照日: 2021/1/14).
- [10] 亀山研一, 鈴木琢治, 行谷まち子: 快眠のための睡眠判定と睡眠モニタシステム, 東芝レビュー, Vol. 61, No. 10, pp. 41-44 (2006).
- [11] 谷田陽介, 萩原啓: 心拍RRIのローレンツプロット情報に着目した入眠移行期の簡易推定法, 生体医工学, Vol. 44, No. 1, pp. 156-162 (2006).