

## ストレス緩和のための聴覚・嗅覚刺激が前頭前皮質に及ぼす影響

佐藤 苑子 (鶴岡工業高等専門学校 生産システム工学専攻, s150010@edu.tsuruoka-nct.ac.jp)

渡部 誠二 (鶴岡工業高等専門学校 創造工学科, watanabe@tsuruoka-nct.ac.jp)

柳本 憲作 (鶴岡工業高等専門学校 創造工学科, ken@tsuruoka-nct.ac.jp)

穴戸 道明 (鶴岡工業高等専門学校 創造工学科, m-shishido@tsuruoka-nct.ac.jp)

### Effect of auditory and olfactory stimulation on prefrontal cortex for stress alleviation

Sonoko Sato (Department of Advanced Engineering, National Institute of Technology, Tsuruoka College, Japan)

Seiji Watanabe (Department of Creative Engineering, National Institute of Technology, Tsuruoka College, Japan)

Kensaku Yanagimoto (Department of Creative Engineering, National Institute of Technology, Tsuruoka College, Japan)

Michiaki Shishido (Department of Creative Engineering, National Institute of Technology, Tsuruoka College, Japan)

#### 要約

現代社会において過度なストレスを抱え、心身に影響を及ぼす人が増加している。ストレスを緩和させる方法としては、音楽鑑賞やアロマセラピーが挙げられる。これらの方法は、手軽に行えることから、補完代替医療への応用が期待されている。しかし、その効果は官能評価に依存している。本研究では、近赤外線分光法によって、安静時およびストレス負荷時から聴覚・嗅覚刺激を生体に加え、前頭前皮質のOxy-Hb濃度を計測し、生体への影響の評価を行った。被験者10名(男性6名、女性4名)に対し、①安静と刺激を交互に与える実験、②ストレスと刺激を交互に与える実験を行った。安静時間は1から10の数を繰り返し数えることを求めた。刺激時間では、聴覚刺激は1/fゆらぎをもつ3種類の音楽を聴取させ、嗅覚刺激はリラックス効果を有するとされる3種類の精油を吸入させた。ストレス時間は百マス計算を行わせた。Oxy-Hb濃度変化は、実験①の聴覚刺激および実験②の全刺激において、時間の経過と共にその濃度が減少していた。さらに、各時間におけるOxy-Hb濃度の平均値を求め、その差を比較し各刺激の評価を行った。実験①では、聴覚刺激時は安静時よりもOxy-Hb濃度が減少した。実験②では、Oxy-Hb濃度はストレス時よりも全刺激において減少が確認された。また、両実験におけるOxy-Hb濃度差を、t検定を用いて比較した結果、全刺激における左前頭前皮質においてOxy-Hb濃度の有意差が確認された ( $p < 0.05$ )。よって、本実験で使用した刺激は、ストレス緩和において有効性があることが示唆される。

#### キーワード

ストレス緩和, NIRS計測, Oxy-Hb濃度, アロマセラピー, 音楽鑑賞

#### 1. 緒言

現代の日本はストレス社会と言われ、職場や家庭環境、人間関係などが原因となり、心身に疲弊している人は増加傾向にある。平成25年国民生活基礎調査によると、12歳以上における日本人の48.1%が「日常生活での悩みやストレスがある」と回答している(厚生労働省, 2014)。また、平成24年労働安全衛生特別調査においては、「現在の仕事や職業生活に関することで強い不安、悩み、ストレスとなっていると感じる事柄がある」と回答した労働者の割合は60.9%であり、ストレスを抱える労働者の割合は年々増加傾向にある(厚生労働省, 2013)。

ストレスとは、環境からの刺激によって生じた悩みや緊張、疲労などの状態を指し、ストレスの要因や原因をストレスサーと呼ぶ。ストレスサーには、物理的、科学的、生物的、心理的、社会的要因の5つが挙げられることから、日常生活を営むに当たり、就労者だけでなく学生や主婦など、ストレスは万人に共通する問題であるといえる。

日常生活において適度のストレスを受けることは生産性の上昇に寄与する一方、過度のストレスを抱えることは心身に悪影響を及ぼし、不眠やうつ病に繋がる可能性があることが

ら、適度にストレスを緩和する必要がある。ストレス緩和のためには様々なリラックス方法がある。特に音楽鑑賞やアロマセラピーは容易に行えることから、投薬による副作用などの現代の医療の問題点を軽減する補完代替医療としても用いられている。しかし、その効果は官能評価に依存している。このため、定量的評価に有効とされる生体計測を用いた検討が求められる。

生体計測機器には脳波計や血圧計などが挙げられるが、本研究では、近赤外線分光法(near-infrared spectroscopy: NIRS)により大脳表面の血中ヘモグロビン(Hb)濃度が計測可能である光トポグラフィを採用した。これによって得られる総ヘモグロビン濃度は精神集中課題において増加(尾形他, 2008)、酸素化ヘモグロビン(Oxy-Hb)濃度は能動・受動的な音楽聴取において減少(岩坂他, 2007)、匂い成分の刺激時では増加(草山他, 2013)など、生体に与える刺激によって変化する。

本研究ではNIRS計測により、前頭前皮質におけるOxy-Hb濃度変化を指標とし、安静時およびストレス負荷時から聴覚・嗅覚刺激を生体に与えた際に及ぼす影響についての評価を行った。安静時およびストレス負荷時から各刺激を与えることにより、それに伴った感情が大脳へと反映され、リラックス方法の有効性の検討が可能であると考えられる。本研究では、大脳の中でも感情や思考等を司る部位である前頭前皮質に着目し計測を行った。

## 2. 測定装置

本研究では、近赤外線分光法によって大脳表面のHb濃度が計測可能な光トポグラフィ (ETG-4000、日立製作所) を使用した。近赤外線分光法とは、測定対象に近赤外線を照射することで、その吸光度の変化から、測定対象における特定の成分量を算出する方法である。本装置は、695 nmおよび830 nmの異なる2波長の近赤外線を用いることで、大脳表面における酸素化ヘモグロビン (Oxy-Hb)、脱酸素化ヘモグロビン (Deoxy-Hb)、総ヘモグロビン (Total-Hb) の濃度を計測する。脳の活動は、直接的には神経細胞の活動電位によって示されるが、この神経活動の結果、エネルギー代謝が活発となり、グルコースや酸素を脳に供給する血液量が二次的に増加するため、Hb濃度変化も脳機能の重要な指標となっている (山下他, 1998)。本装置は3種類のHb濃度計測により、脳の活性化部分の観察が可能である。また、装着が容易であり非侵襲計測が行えるため、うつ病の診断やてんかん焦点位置測定など臨床分野において普及している装置である。

図1に光トポグラフィの計測原理を示す。この装置の計測部分は、光照射プローブと光検出プローブが30 mm間隔で交互に配置されており、被験者に装着するホルダを変更することで、前頭葉や側頭葉部分の計測が可能である。光照射プローブから近赤外線が照射され、頭皮上から約25 mmの深さにある大脳表面に届く。大脳表面のHbにより近赤外線が吸収され、吸収されなかった光は反射光として光検出プローブにより検出される。吸収量の差を利用することで、各Hb濃度の計測が可能となっている。また、計測したHb濃度より脳の活性化部分の画像化が図られる。本研究では、前頭前皮質の22chを測定可能な3×5ホルダを使用し、濃度変化が顕著に現れるOxy-Hb濃度を指標として、聴覚・嗅覚刺激について評価を行った。

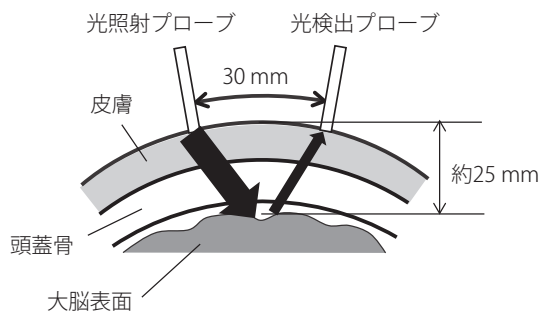


図1：光トポグラフィの計測原理

## 3. 使用刺激の選定

### 3.1 聴覚刺激

容易に行えるリラックス方法として、音楽鑑賞が挙げられる。生体に快感を与えるとされる1/fゆらぎをもつ楽曲が一般的に有効とされ、その関係性を調査した報告がなされている (菅井他, 2010; 渡邊他, 2013)。ゆらぎの性質は、パワースペクトル密度Pと周波数fが下記の関係で示される。

$$P = 1/f^\lambda$$

$\lambda = 1$ であればPがfに反比例することとなり、これを1/fゆらぎという。表1に選定楽曲・精油を示す。本実験では、ピアノ曲、管弦楽曲、自然音から3曲選択し、解析ソフトウェア (ゆらぎアナライザー、駒井) によって各楽曲を解析した。0.9 <  $\lambda$  < 1.1であるアラベスク第一番、カノン、Sacred Hanapepe Valleyの3曲を選択した。以下、楽曲A、楽曲C、楽曲Nとする。

### 3.2 嗅覚刺激

アロマセラピーとは、心身の健康の向上やストレス緩和、美容増進などを目的とした自然療法を指す。アロマセラピーには、植物の果皮や樹皮などから芳香成分・薬理成分を抽出した精油 (エッセンシャルオイル) が用いられる。この精油の経鼻吸入や皮膚への塗布などにより、リラックスや鎮静効果などが得られる。アロマセラピー検定の受験者数は年々増加しており (日本アロマ環境協会, 2016)、女性を中心に関心が高いリラックス方法といえる。本実験では、生活の木社製のラベンダー精油 (Lot No. 72)、オレンジスイート精油 (Lot No. 76)、サンダルウッド・インド精油 (Lot No. 76) を選択した。以下、精油L、精油O、精油Sとする。

## 4. 実験方法

### 4.1 安静-刺激実験

被験者10名 (男性6名、女性4名、平均年齢20.1歳) に対し、安静時から聴覚・嗅覚刺激を与えた実験を行い、前頭前皮質におけるOxy-Hb濃度値の計測を行った。図2に安静-刺激実験手順を示す。刺激時間と安静時間30秒を1セットとし、安静時間30秒の後に3セット設けた。安静時間では、被験者毎のぼらつきを防ぐため、閉眼座位で1~10を発声し繰り返し数えることを求めた。刺激時間では、表1に示す各刺激を被験者に与えた。聴覚刺激では、ヘッドホン (MDR-1A、SONY) を

表1：選定楽曲・精油

楽曲・精油名	(略称)	分類	$\lambda$	刺激時間(秒)	
				安静-刺激実験	ストレス-刺激実験
アラベスク第1番/ドビュッシー	(楽曲A)	ピアノ曲	1.097		270
カノン/パッヘルベル	(楽曲C)	管弦楽曲	1.057		310
Sacred Hanapepe Valley	(楽曲N)	自然音	1.040		240
ラベンダー精油	(精油L)	フローラル系	—	30	270
オレンジスイート精油	(精油O)	柑橘系	—		
サンダルウッド・インド精油	(精油S)	樹木系	—		

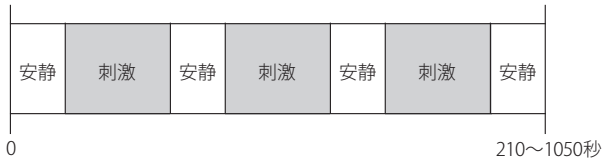


図2：安静－刺激実験手順

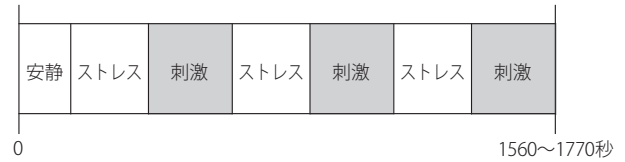


図3：ストレス－刺激実験手順

使用し、被験者に対し閉眼座位で聴取することを求めた。また、嗅覚刺激では、約0.15 mlの精油を滴下した脱脂綿をプラスチック容器に入れ、被験者の鼻孔5 cmの位置で吸入させた。各刺激時間については、聴覚刺激においては楽曲が再生し終わるまでとし、嗅覚刺激においては安静時間と同様とした。

#### 4.2 ストレス－刺激実験

被験者10名(男性6名、女性4名、平均年齢19.1歳)に対しストレス負荷および聴覚・嗅覚刺激を与え、前頭前皮質におけるOxy-Hb濃度値の計測を行った。図3にストレス－刺激実験手順を示す。ストレス負荷時間と刺激時間を1セットとし、安静時間30秒の後に3セット行った。安静時間は4.1と同様とした。ストレス負荷時間では、100マス計算を270秒間行

わせた。刺激時間では、被験者に対し閉眼座位を指示し、4.1と同様に聴覚・嗅覚刺激を行った。なお、本実験での嗅覚刺激は、ストレス負荷時間と同様の270秒とした。また、対照実験として、刺激時間を閉眼座位で1～10を繰り返し数える安静時間270秒に変更しての実験も行った。また、両実験において、被験者は健康かつ右利きである学生を無作為に抽出し、事前に実験方法を十分に説明した上で同意が得られた者を対象とし、実験を行った。

#### 5. 実験結果および考察

##### 5.1 安静－刺激の比較

図4に安静－刺激実験におけるOxy-Hb濃度変化を示す。灰色の部分

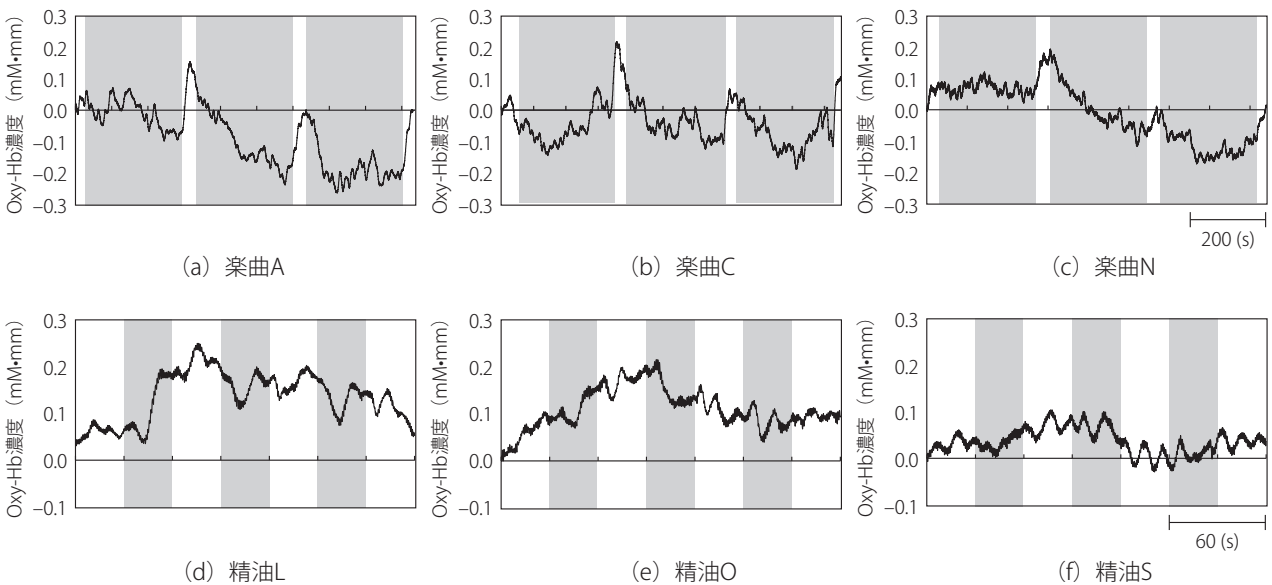


図4：安静－刺激実験におけるOxy-Hb濃度変化

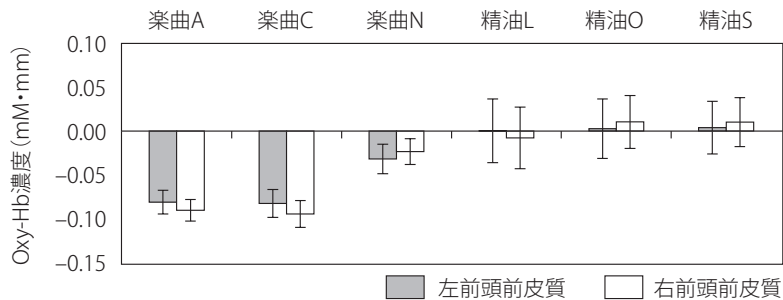


図5：安静－刺激実験におけるOxy-Hb濃度差

注：Mean ± S.E.

が増加し、聴覚刺激時間においてはその濃度が減少した。実験全体としては、時間の経過と共にOxy-Hb濃度が減少していることが確認された。また、嗅覚刺激においては実験開始から120秒までOxy-Hb濃度は増加傾向にあったが、実験後半では減少した。図5に、安静-刺激実験におけるOxy-Hb濃度差を示す。安静時間と各刺激時間におけるOxy-Hb濃度値の平均値を求め、その差を算出し、濃度の変化量を求めた。聴覚刺激においては、安静時からのOxy-Hb濃度は減少が確認されたが、嗅覚刺激においてその濃度はほとんど変化がなかった。

## 5.2 ストレス-刺激の比較

図6にストレス-刺激実験におけるOxy-Hb濃度変化を示す。本実験において、ストレス負荷時ではOxy-Hb濃度が増加し、聴覚刺激時ではOxy-Hb濃度が減少していたことが確

認された。また、全刺激で時間の経過と共にOxy-Hb濃度が減少していた。繰り返しストレス負荷と刺激を与えることで、実験全体として減少傾向が現れたことが考えられる。図7にストレス-刺激実験におけるOxy-Hb濃度差を示す。5.1と同様に、ストレス負荷時と各刺激時のOxy-Hb濃度の平均値を算出し、各刺激を与えた際にストレス負荷時からどの程度Oxy-Hb濃度が変化しているかを評価した。ストレス負荷を与えたことにより、各刺激によってOxy-Hb濃度が減少していた。また、対照実験として行ったストレス負荷-安静の実験と比較すると、楽曲A、楽曲C、精油Sにおいて、安静時よりもOxy-Hb濃度が減少したことが確認された。

## 5.3 両実験の比較

図8に両実験におけるOxy-Hb濃度差を示す。聴覚刺激におけるOxy-Hb濃度変化は、両実験で同傾向の減少を示した。

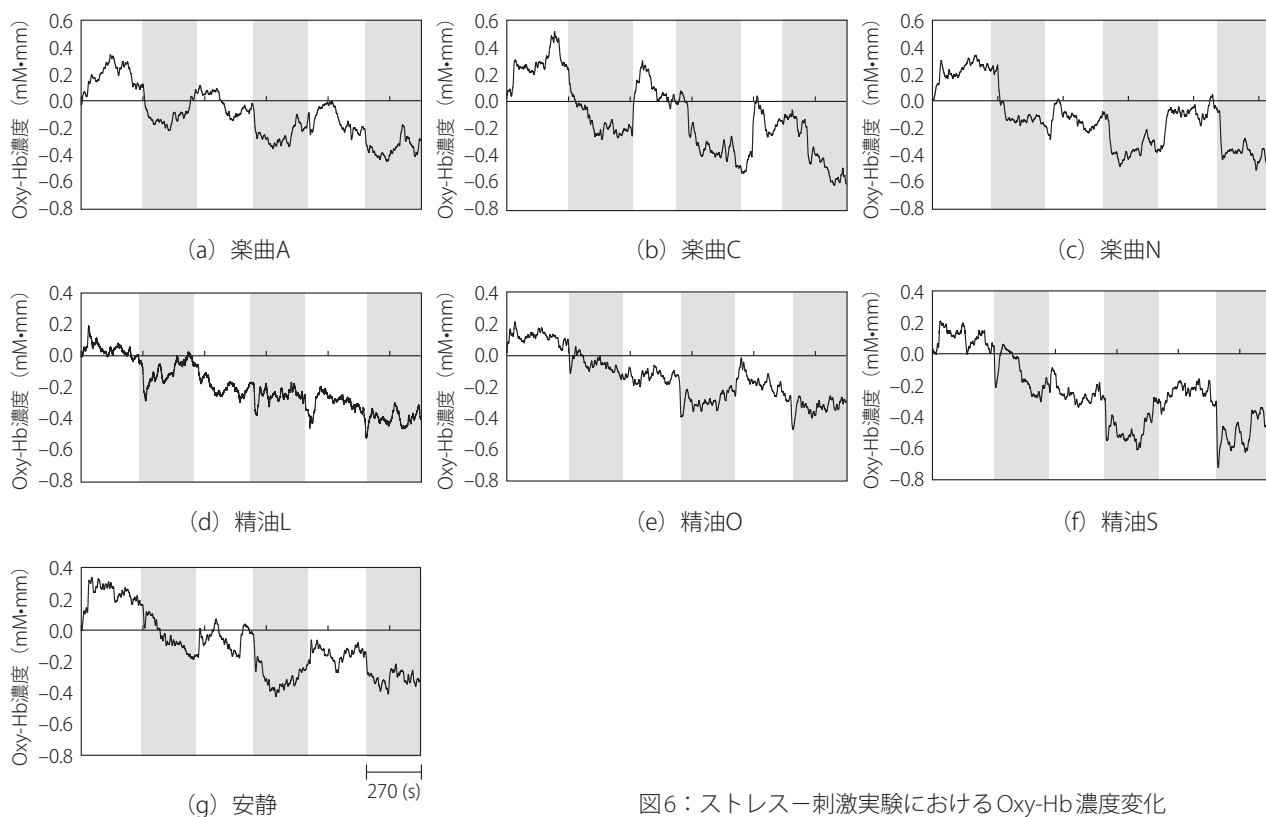


図6：ストレス-刺激実験におけるOxy-Hb濃度変化

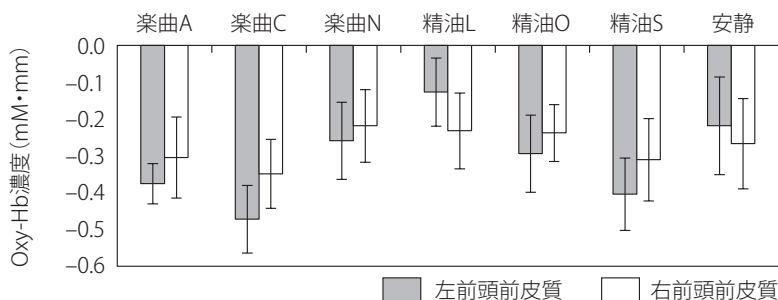


図7：ストレス-刺激実験におけるOxy-Hb濃度差

注：Mean ± S.E.

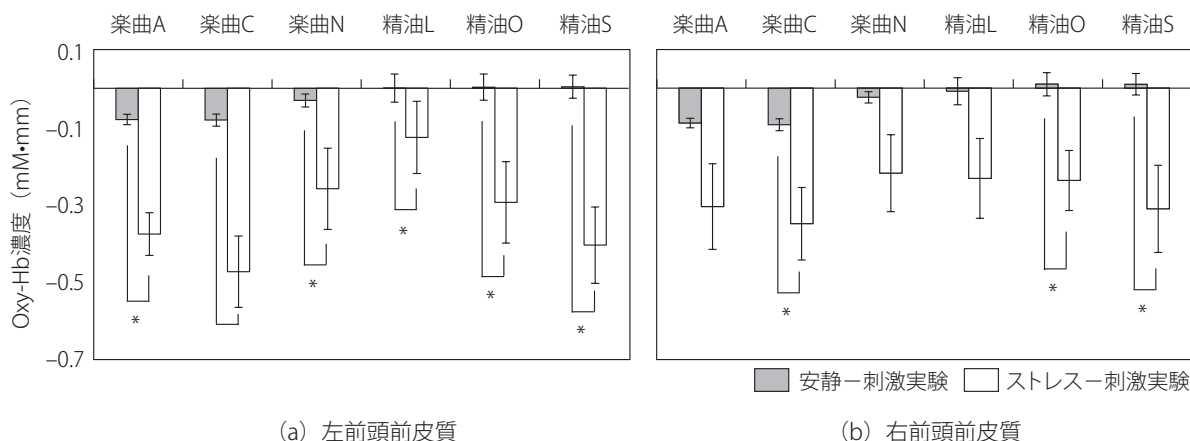


図8：両実験におけるOxy-Hb濃度差

注：Mean ± S.E., \*:  $p < .05$ 

また、ストレス負荷を与えた方が顕著にOxy-Hb濃度が減少していることが確認された。嗅覚刺激においては、安静時のOxy-Hb濃度はほとんど変化が見られなかったが、ストレス負荷時では大きく減少した。また、両実験におけるt検定を行ったところ、楽曲C、精油O、精油Sにおける右前頭前皮質と、全刺激における左前頭前皮質で有意差が確認された ( $p < 0.05$ )。リラックス課題や音楽聴取においてOxy-Hb濃度が減少することが報告されていることから、ストレス負荷に対し各刺激の有効性が示唆される。鎮静作用を持つとされる精油L、精油Sは、長時間のストレス負荷に対し覚醒度の低下が脳波によって確認されている(木村他, 2001)。精油Oについても、 $\alpha$ -アミラーゼ活性が嗅覚刺激後に有意な低下を示した報告がされている(長多他, 2013)。本実験においてもストレス負荷により前頭前皮質におけるOxy-Hb濃度が減少したため、これらの結果と一致したと考えられる。しかし、両実験において、嗅覚刺激のOxy-Hb濃度の個人差は大きい。匂いに関しては個人の経験などから好みが大きく左右されるため、補完代替医療などに応用する際は慎重に選択する必要がある。

## 6. 結言

本研究ではNIRS計測により、前頭前皮質におけるOxy-Hb濃度変化を指標とし、安静時およびストレス負荷時から聴覚・嗅覚刺激を生体にもたらした際に及ぼす影響について評価を行った。得られた結果の要約を以下に示す。

- (1) 安静時から聴覚刺激を与えた場合、前頭前皮質のOxy-Hb濃度は減少し、嗅覚刺激ではほとんど変化しなかった。
- (2) ストレス負荷時から各刺激を与えた場合、前頭前皮質のOxy-Hb濃度は減少した。
- (3) 両実験の比較では、安静時よりストレス負荷時の方がOxy-Hb濃度の変化量が大きく、左前頭前皮質においては全刺激で有意差が確認された。

## 引用文献

岩坂正和・菅生恵子・下茂円・石井琢郎・上原敬生・錦城明日香・揚原祥子・杉田克生(2007). 近赤外分光法による脳血流計

測を用いた能動・受動的な音楽聴取時の脳活動観察. 情報処理学会研究報告音楽情報科学, Vol. 2007, No. 15, 1-6.

Kimura, M., Mori, T., Suzuki, H., Endo, S. and Kawano, K. (2001). EEG changes in odor effects after the stress of long monotonous work. *Journal of International Society of Life Information Science*, Vol. 19, No. 2, 271-278.

公益社団法人 日本アロマ環境協会 (2016). アロマセラピーとAEAJの20年—日本アロマ環境協会—. <http://www.aromakankyo.or.jp/smile/wordpress/wp-content/themes/dbs01/img/common/aroma20th.pdf>. (閲覧日 2017/04/30)

厚生労働省 (2013). 平成24年「労働安全衛生特別調査(労働者健康状況調査)」の概況. [http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/h24-46-50\\_05.pdf](http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/h24-46-50_05.pdf). (閲覧日 2017/2/16)

厚生労働省 (2014). 平成25年—国民生活基礎調査の概況—. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa13/dl/16.pdf>. (閲覧日 2017/2/16)

草山聡子・小林今日子・浅野和仁 (2013). 前頭葉の酸素ヘモグロビン濃度変化に及ぼす匂い刺激の効果—光トポグラフィ装置を用いての検討—. 昭和学生会誌, Vol. 73, No. 3, 216-233.

長多好恵・宮下洋子・森満 (2013). 精油嗅覚刺激による唾液 $\alpha$ -アミラーゼ活性と状態不安に及ぼす影響. 日本補完代替医療学会誌, Vol. 10, No. 1, 39-43.

尾形元・八木透・石井良和・向井利春・大西秀憲 (2008). 精神集中課題時の各種生理学的指標に関する研究—近赤外分光法(NIRS)、脳波、脈波の比較—. 電子情報通信学会技術研究報告 NC、ニューロコンピューティング, Vol. 108, No. 264, 111-116.

菅井桂子・齋藤兆古・堀井清之 (2010). 音楽に伴う1/fゆらぎ周波数成分の抽出とその人間生理への応用. 法政大学情報メディア教育研究センター研究報告, Vol. 23, 103-107.

渡邊志・松本有二・富田雅史・森幸男 (2013). 1/fゆらぎ楽曲聴取時の心拍変動解析およびVisual Analog Scaleによる主観評価. バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, Vol. 15, No. 2, 1-10.

山下優一・渡辺英寿・川口文男・牧敦・小泉英明 (1998). 無

---

侵襲脳機能画像計測システムとしての光トポグラフィ開発. MEDIX, Vol. 29.

(受稿：2017年2月21日 受理：2017年5月8日)