

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 14 日現在

機関番号：16201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650265

研究課題名(和文)脳機能解析に基づく癒し感の定量化と疾患の痛み緩和効果の検証

研究課題名(英文)Quantification of mental healing and verification of the pain relaxation effect of a disease based on cerebral function analysis

研究代表者

鈴木 桂輔 (Suzuki, Keisuke)

香川大学・工学部・准教授

研究者番号：80373067

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)：脳内の酸素濃度および自律神経系の生体信号を計測し、音楽療法および香り供給時の生体への影響について分析した。音楽提示の効果分析では、酸素濃度の絶対値と微分値を基に、脳機能の活性化レベルを定量化できる分析手法を提案し、音楽療法の効果を検証した(論文集(査読つき)への掲載が確定)。香り供給時による効果分析では、自律神経の活性化レベルを定量化できる生体信号を用いて、生体の状態を4種類に分類することにより、芳香供給による心理状態の遷移を説明できる手法を提案し、芳香供給の効果进行分析した。これらは、大学内での実験のほか、特別養護老人施設の協力を得た臨床での調査も実施した。

研究成果の概要(英文)：We investigated the level of cerebral-oxygen concentration and the living body signals that reflect the activation level of autonomic-nervous system, and analyzed the effectiveness of musical therapy and supplying aroma on the mental state of human body. In the analysis of music presentation, we proposed a methodology that can quantify the activation level of a cerebral function based on the absolute value and the fluctuation of oxygen concentration, and we verified the effect of musical therapy. In the analysis of aroma therapy, we proposed a methodology that can analyze changes of the mental state, based on the living body signal which can quantify the activation level of autonomic nerves, and analyzed the effect of perfume supply. In these investigations, we conducted the experiment in the elderly-nursing home in Kagawa Prefecture besides the experiment in a laboratory of Kagawa university.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学

キーワード：老年学 脳機能解析 生体情報・計測

1. 研究開始当初の背景

脳機能解析の観点で、音楽提示および芳香提示による効果分析を実施した先行研究例が極めて少なく、実験オペレータの主観評価（観察）による分析が多いのが現状である。しかしながら、例えば、近赤外分光法による酸素化ヘモグロビン濃度や自律神経系の生体信号を用いた、定量的な効果分析を行うことができれば、脳機能賦活の観点での効果分析や、疾患の痛み緩和などの心理面での癒しを目的とする、音楽療法および芳香供給によるセラピーの最適化は極めて困難である。

2. 研究の目的

音楽提示による、脳機能賦活の観点での効果分析について、脳内の酸素化ヘモグロビン濃度およびその変化量から、音楽療法のシーケンス（歌唱、聴取）の組み合わせ別での効果の度合いを定量化できる評価手法を提案すると同時に、そのシーケンスの最適化手法を示す。また、芳香供給時の心理面での癒し効果を定量化することを目的として、自律神経系の生体信号である、心電や脈波のゆらぎ量を分析し、心理状態の推移を視覚的に示すことができる分析手法を提案する。この手法を用いて、芳香提示による心理的な癒し効果の程度を定量的に示すと同時に、芳香供給パターンの最適化について考察する。

3. 研究の方法

(1) 音楽提示が脳機能の賦活に与える効果

近赤外分光法（f-NIRS、図1）を用いて、音楽療法のシーケンスごとの前頭前野の酸素化ヘモグロビン濃度（oxyHb）を計測した。計測されたoxyHbの波形は、離散ウェーブレット変換による多重解像度解析を行い、計測機や呼吸によるアーティファクト成分（周期20.5[sec]以内の高周波成分）を除去した。また、得られた信号は実験結果ごとに(1)式に示すzスコア変換を行い、標準得点化した。これを基に、以下の図2に示すように、脳内の酸素化ヘモグロビン濃度（oxyHb）の絶対値（横軸）と単位時間あたりの変化量（縦軸）から、音楽提示時の脳機能の活動レベルを定量化できる手法を新たに提案し、インフォームドコンセントを得た学内の被験者10名による妥当性の検証実験のほか、香川県内の老人介護施設および香川大学医学部での、妥当性評価を実施した。この定量化手法では、シーケンスごとにプロットした軌跡の重心点からの距離が大きいほど、賦活の程度が高いことを意味している。なお、実験に使用した曲は、以下の条件に合致するものを参加者の主観で選択してもらった。

- ・嗜好に合う曲
- ・疾走感、高揚感を感じる曲
- ・容易に歌唱可能である曲

$$z\text{スコア値} = \frac{\text{素得点} - \text{標本平均}}{\text{標準偏差}} \dots (1)$$

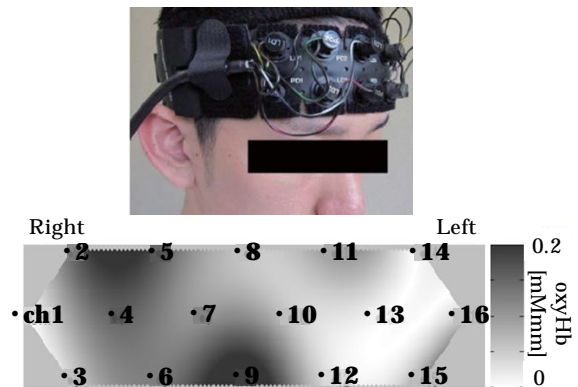
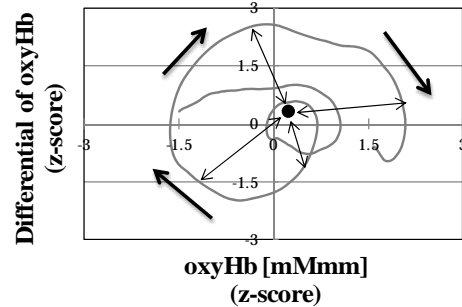


図1 . f-NIRSによる前頭前野の酸素化ヘモグロビン濃度（oxyHb）の計測

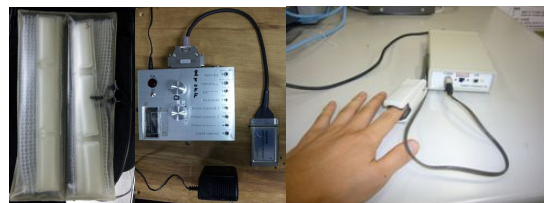


↔ : Distance from a center-of-gravity point "L"
 ● : Gravity point (G_x, G_y)

図2 . 新たに提案した酸素化ヘモグロビン濃度の変化量による賦活レベルの定量化手法時系列データとしてプロットした軌跡の重心点からの距離が大きいほど、賦活の程度が高いことを意味する。

(2) 芳香供給が心理状態に与える効果

図3に示すように、エアパックセンサを用いて背部の圧力変動から心電のゆらぎを計測すると同時に、指尖脈波のゆらぎを計測した。インフォームドコンセントを得た被験者9名を対象に計測した。



(a) エアパックセンサ (b) 指尖脈波センサ
 図3 . 自律神経の活動レベルの計測

以下の図4に示すように、心電および指尖脈波のゆらぎ量から、心理状態を四種類のフェーズに分類する手法（状態遷移四期仮説）を提案した。この状態平面の縦軸は自律神経の活性に関連する交感神経活動及び副交感

神経活動を示している。横軸は恒常性維持機能を示している。この恒常性維持機能が亢進している場合、疲労が回復しやすい状態にあり、低下している場合には、疲労が溜まりやすい状態にある。以上の二つの軸によって、四つの状態に分類することができる。第一象限は疲労が大きく、眠気やマイクロスリープを発生しやすい状態にある為、“共存期”を示している。第二象限は疲労が小さく、集中力が亢進している状態にあるため、“興奮期”を示している。第三象限は疲労が小さく、リラックス状態にあるので、“回復期”を示している。第四象限は疲労が大きく、漫然状態であるため、“減衰期”を示している。

具体的なプロット方法は、以下とした。縦軸は自律神経系の活動レベルを反映していることから、自律神経系の変化に関係がある心電間隔の周波数分析から得られる LF/HF を利用した。また、横軸方向は恒常性維持機能を反映しており、恒常性維持機能は疲労の蓄積が早いと働きが弱くなっていると考えられるため、疲労の変化と関係のある、指尖容積脈波から得た周波数変動を利用した。この心電間隔の LF/HF および、指尖容積脈波の周波数変動について Zスコワ変換を用いて標準化した。標準化を行ったデータを用いて、実験開始地点から5分間の平均値を縦軸と横軸でそれぞれ算出し、状態遷移四期仮説平面上へプロットする。次に3分ずつ解析区間を移動させて5分間の平均値を算出したうえで、プロットした。

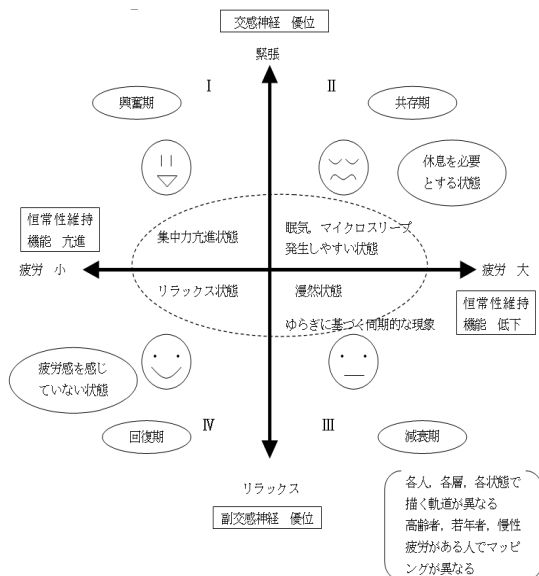


図4．新たに提案した「状態遷移四期仮説」に基づく芳香供給による心理状態の分析手法

4. 研究成果

(1) 音楽提示が脳機能の賦活に与える効果

参加者 10 人中 7 人において、歌唱時に oxyHb の値が減少する傾向が確認された。一例を図 5 に示す。これと同時に、交感神経が優位になる傾向が確認された。その後、音楽

を聴取すると oxyHb が増加し、副交感神経が優位になることを確認した。また、常に歌唱して交感神経を優位にしている状態よりも、歌唱により交感神経を優位にした後に、聴取により副交感神経が優位な状態に誘導するプロトコルのほうが、図 2 に示した状態平面における軌跡については、重心点からの距離が大きくなり、賦活の程度が高い傾向にあることが分かった。

また、これらの傾向については、被験者の曲に対する嗜好性（好み）が影響している傾向が、統計的に確認された。総括すると、被験者が好みの曲を歌唱した後に、その曲を聴取するというシーケンスが、oxyHb の変化量が大きく、脳機能賦活の観点で有効である傾向を確認した。

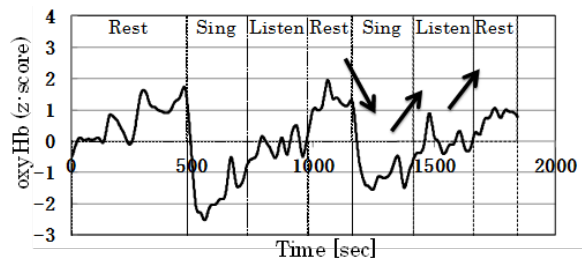


図5．歌唱時および聴取時の酸素化ヘモグロビン濃度の変化の一例

歌唱により OxyHb が減少し、聴取・レストにおいて OxyHb は増加している。

本研究では前頭前野での oxyHb を計測した。今後は聴覚野にあたる側頭葉や、頭頂葉での oxyHb の変化の調査も行う。また、提案した脳機能の賦活の程度の評価方法については、音楽作業の条件を追加し、より多くの実験参加者を対象とした定量的な評価を行い、妥当性を検証する予定である。

音楽が生体の心理状態に作用する要素は、本研究で着目した高揚感や疾走感以外にも多く存在する。例えば、安心感や不安、焦燥感なども音楽から得られる感覚であり、それらは音楽のテンポや歌詞、リズムによって異なる。これらの要素もそれぞれ生体に何らかの影響を与えられられる。これらについては、継続して分析を行う予定である。

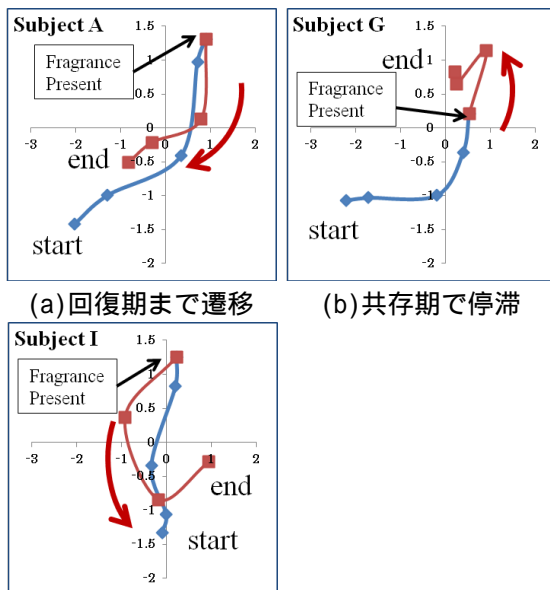
(2) 芳香供給が心理状態に与える効果

状態遷移四期仮説の提案

生体指標解析結果を複合的に考察することで心身状態変化の推定を行い、状態遷移四期仮説平面上での推移を示すことを可能とした。状態遷移四期仮説を用いた心身状態推定により、推移のリズムをつかむことはもちろん、心身状態の分類も可能となる。生体指標解析結果を複合的に考察することで得た状態遷移四期仮説上での推移は、状態変化の傾向を得ることを可能とした。

芳香供給による心理状態の変化

図6には、心理的なストレスが高くなるようなタスクを開始した状態(Start)から、芳香を供給し(Fragrance Present)た後の推移を示している。図6(a)の例では、芳香供給により、初期状態(第三象限;疲労が小さく、リラックス状態)まで戻っている。被験者9名のうち、芳香の供給により、初期状態の疲労が蓄積されていない状態“回復期”まで誘導された被験者は、5名確認されたが、その他の被験者については、異なる傾向を示した(図6(b)、(c))。これらの傾向の差は、芳香の嗜好性の違いが起因していることが示唆された。今回の実験では、鎮静効果および疲労軽減効果のある森林系の芳香成分である、モノテルペン族のピネンを用いている。薬理効果のほかに、芳香に対する嗜好性が、その効果に影響していることが示唆される結果となった。回復期まで誘導できなかった被験者の全てが、芳香(ピネン)に対する嗜好性が低かったことが分かった。



(a)回復期まで遷移

(b)共存期で停滞

(c)減衰期で停滞

図6.状態遷移四期仮説平面での芳香の供給による心理状態の推移

縦軸-自律神経系の解析結果では、安静測定の結果を考慮した適応アルゴリズムで推移の傾向が得られることを確認した。横軸-恒常性維持機能の解析結果では安静測定の結果を考慮にいれずとも傾向が得られることを確認した。

以上の研究成果は、研究の実施の過程において構築した脳機能コンソーシアム(事務局香川大学鈴木研究室)の枠組みの中で、地域の医療機関(香川大学医学部病院)や、老人介護施設(丸亀市紅山荘)に公開している。今後(H26年度)は、本研究成果に基づいて、音楽療法による疾患の痛み軽減を目的とする、音楽療法と芳香提示を組み合わせたセラピーを提案し、試行する予定である。

4.3 脳機能分析コンソーシアムの運営

以上の分析を実施するにあたり、香川大学工学部を事務局とする脳機能分析コンソーシアムを組織し、約4ヶ月に一度程度の頻度で、医工連携体制の基での分析結果の報告および意見交換を行った。得られた成果については、学術講演会(IEEE、人間工学会、計測自動制御学会ほか)での学科発表し、より多くの臨床の現場での課題と対策について考察した。このコンソーシアムの運営にあたっては、学術的な観点での新規性のある知見の獲得のみでなく、介護の現場での有用な知見を得ることを重要視した。つまり、前述のように、心理面でのQOLを向上し、癒された心理的環境を実現するための具体的な方策を、特に医療看護の立場からの意見を重要視して進める配慮を心がけた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計5件)

- (1) 田所克俊、鈴木桂輔; 音楽の歌唱や聴取の繰り返しパターンが脳機能の活性に与える影響、ライフサポート学会論文集、2014年5月掲載予定
- (2) S. Tachiwana, S. Harada, K. Suzuki and S. Doi; Research on the Psychosomatic State Transition of a Driver Based on a Changing State Hypothesis, Proceedings of IEEE, ICMA2013, pp.890-895, 2013 (国際会議プロシーディングス査読有)
- (3) K.Tadokoro, Y.Abe, K.Suzuki; Analyzing the Effect of Music Therapy based on Cerebral Function Analysis, Proceedings of Japan Ergonomics Society & Ergonomics Society of Korea, 15th Japan-Korea Joint Symposium on Ergonomics, 2013 (国際会議プロシーディングス査読有)
- (4) K.Imai, S.Hong, K.Suzuki, S. Doi; Estimation of psychosomatic condition and evaluation regarding fatigue of vehicle driver, Proceedings of Japan Ergonomics Society & Ergonomics Society of Korea, 15th Japan-Korea Joint Symposium on Ergonomics, 2013 (国際会議プロシーディングス査読有)
- (5) S. Tachiwana, K. Imai, K. Suzuki, S. Doi; Research on the Validity of the Psychosomatic State Estimation Based on the Changing State Hypothesis, Proceedings of 1st Asian Conference on Ergonomics and Design (ACED), 2014, 2014年5月掲載予定(国際会議プロシーディングス査読有)

〔学会発表〕(計1件)

- (1) 今井宏輔, 鈴木桂輔; 心拍と脈波のゆらぎ解析による心身状態推定法の開発, 平成25年度計測自動制御学会四国支部学術講演会, 2013
優秀講演論文賞受賞

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 桂輔 (Keisuke Suzuki)、香川大学工学部准教授

研究者番号：80373067

(2) 研究分担者

丸茂 喜高 (Yoshitaka Marumo)、日本大学生産工学部講師

研究者番号：00409088