

平成 22 年 8 月 31 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19700201
 研究課題名（和文）ヒトにやすらぎを与える心地よい音が示す心身効果の本能的脳機能メカニズムの解明
 研究課題名（英文） A Research of pleasant sounds those bring human relaxation, based on the neural mechanism of instinct.
 研究代表者
 首藤 文洋 （SHUTOH FUMIHIRO）
 筑波大学・大学院人間総合科学研究科・講師
 研究者番号：10326837

研究成果の概要（和文）：ヒトに心地よさを感じさせる音を被験者に提示すると、被験者の前頭葉酸素ヘモグロビン量の変動が相対的に小さくなる。被験者はその音を「気分がよい」と評価したと考えられる。これらの音のうち、川のせせらぎの音をマウスに提示すると、情動に深く関与するセロトニンやノルアドレナリンの脳内濃度が変動していた。これらのことは音刺激には本能システムにはたらくことで心地よさを感じさせる脳機能メカニズムに作用するモノがあることを示唆しており、これらの音を使うことで多くの人が安らぎを感じられる音環境が設計できる可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：I explored the attractive sounds for human, and physical effects of those attractive auditory stimulations were examined in both of the human and the mouse. Human examinees were exposed a sequence of auditory stimulation which are composed of several kinds of sound (ex. watch, wavelets, music) and white noise. Some of these sounds were judged as attractive by the examinees in an interview study. A near infrared spectroscopic study revealed that the activity of the frontal cortex were stable during the attractive sound stimulation. I kept mice in a box that controlled sound and light condition. The mice were exposed twelve hours (20:00-8:00) of the attractive sound stimulation for a week. After the sound exposing period, the mice were sacrificed and monoamine concentration in their brain was measured by high performance liquid chromatography. Concentration of serotonin in the frontal brain region of the sound exposed mice was higher than the mice kept in silent. These results suggest that serotonergic system can be involved in the attractive physical effects of sounds.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2007年度 | 1,600,000 | 0 | 1,600,000 |
| 2008年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 2009年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,200,000 | 480,000 | 3,680,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトウェアコンピューティング

キーワード：感性脳科学・感性官能評価・脳機能・聴覚・本能・情動・近赤外光

1. 研究開始当初の背景

これまでに音環境がヒトの精神や身体に与える好ましい生理的効果の研究では刺激として音楽を呈示する方法に学術的先行研究がある。特に被験者に一定時間モーツァルトの曲を聴かせた後で生体機能を計測した時に、空間認識や空間的作業効率が向上するモーツァルト効果が知られているほか、心拍数や血圧が低下するなど人体に対する好ましい神経作用が報告されている。さらに最近ではモデル動物であるラットやマウスについても一定時間の音楽刺激が学習課題に対する処理能力の向上や記憶や情動に関わる脳部位である海馬での神経細胞新生など脳機能にポジティブな効果があることが報告されている。

2. 研究の目的

はじめに「心地よい音」の標本として音楽を使い、ヒトとモデル動物を使った音刺激の脳機能に対する効果の評価システムを確立する。具体的には、ヒトが呈示された音刺激を受けている時の脳活動のダイナミクスをヒトの前頭葉活動での光トポグラフィ計測と自律神経活動のモニタリングとして皮膚コンダクタンス計測によるリアルタイム解析を行い、音刺激が本能的脳活動と高次脳機能に与える作用を明らかにする。次にヒトでの自律神経活動解析結果に基づいて同様の音楽刺激が本能システムに与える効果についてモデル動物を使った生化学的・形態学的実験で多角的に調べる。音刺激を呈示した直後のモデル動物において、神経活動の変化を捉えることが可能な遺伝子やタンパク質の発現を調べ、音刺激の受容によって活性化する脳の領域を神経解剖学的に探索し、本能に与える音刺激の影響を分析する。また、本能システムと強く関連して大脳皮質などの高次脳機能に調節的作用をもつドーパミン、ノルアドレナリンおよびセロトニンなどの脳内モノアミンの分泌量変化を高速液体クロマトグラフィー分析で測定して、音刺激呈示による脳の活性化についての物質的基盤を明らかにする。音楽呈示による基礎データを取得した後、呈示する音刺激を川のせせらぎ、風にそよぐ木々の音や小鳥のさえずりといった自然環境の音に移し、音楽呈示実験の結果と比較検討を行いながらヒトに心地よさを感じさせる音の特徴を解析して、「心地よい音」がもたらす心身効果の脳機能メカニズムを明らかにする。

3. 研究の方法

(1) ヒトを対象とした音刺激の提示実験

① 研究倫理審査

研究倫理審査申請書を筑波大学大学院人間総合科学研究科研究倫理委員会に提出し、承認を得た。被験者に研究の目的、倫理的配慮等の具体的内容を十分に説明し、被験者協力する旨の同意書を提出してもらった。

② 音刺激の選定と音刺激提示条件の設定

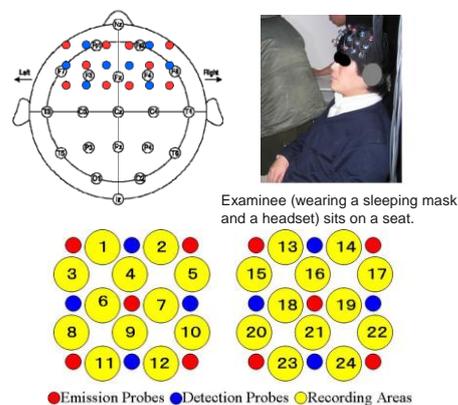
音刺激に使用する一次音源は、音楽を含む市販のCDから選定し、その中で周波数分布、音圧増減の周期、音圧変化の緩急、また、音楽については情動に効果があると先行研究で報告されていることを勘案して次の7種類の音源を選定した。全ての可聴域周波数の音を偏りなく含むホワイトノイズはコントロール刺激としてPCソフトウェアを使って作成して選定した音源に加え、実験に使う音刺激を次に示す8種類とした。

ホワイトノイズ、川のせせらぎ、時計の音(1 Hz)、のこぎりで木を切る音、時計の音(10 Hz)、さざ波の音、モーツァルトのピアノソナタ K448、打ち上げ花火の音。

③ 予備実験

1) 音の心地よさに対する主観的印象評価の検討：2007年度に専門的な音楽教育を受けていない健康な成人を被験者としてボランティアまたはアルバイトにより募集し、選定した8種類の音刺激呈示実験を行い、提示直後に項目(心地よい-不快な)を用いて5段階評価してもらい、その結果を重回帰分析から検討した。

2) ポリグラフと光トポグラフィ計測：専門的な音楽教育を受けていない健康な21-29歳の男女6名を対象とした。視覚刺激を遮断するために被験者にはアイマスクをしてもらい、皮膚コンダクタンス(左手中指と薬指の中節)、心拍(示指基節から動脈の脈波)及び呼吸(胸部伸張センサー)をポリグラフ装置(日本光電)で記録した。同時に、光トポグ



ラフィ装置（日立メディコ、ETG-4000、24チャンネル）で前頭部酸素化ヘモグロビン量の変化を記録した。左右前頭部に各近赤外光プローブを前ページ右下図のとおり国際10-20法に基づいて装着し、左右12チャンネルずつ、計24チャンネルで前頭皮質脳活動を計測した。

音刺激提示タスクとして、8種類の音刺激を通常の会話と同程度の強さとされる65dB前後の強さで①ホワイトノイズ提示（20秒）②無音状態（30秒）③音刺激提示（60秒）④無音状態（30秒）の順に③の音刺激を変更して8試行繰り返して、全試行シーケンスの音源をCD-Rに記録し、CDプレーヤーで被験者に提示した。

3)自律神経及び前頭葉活動の計測と解析：アイマスクをした安静状態の被験者の左手から心拍数と呼吸数のデータをリアルタイムに取得した。また、音刺激提示実験で無音期間のうち最後の10秒間の平均値を開始時点の基準値とした。音刺激提示後の無音期間のうち最初の10秒間の平均値を終了時の基準値とした。光トポグラフィ記録では、これらの基準値をベースラインとして音刺激を提示した60秒間の酸素化ヘモグロビン量を各音刺激ごとに加算平均して解析した。

④本実験

2008年度および2009年度に健康な成人を被験者として予備的実験で得られたデータをもとに次の点を変更して本実験を行った。1)ポリグラフと光トポグラフィ計測：音刺激提示タスクに使う試行シーケンスの音源をwavファイルとしてPCに保管し、PCのサウンド出力デバイスから被験者に提示した。これにより、生理計測機器と提示音刺激が同期され、CDプレーヤーと計測機器でのクロックの違いによる時間的なずれが生じなくなった。

2)自律神経及び前頭葉活動の計測と解析：2008年度の解析で、音刺激提示中の脳活動の基準値をどの時点でとるかによって解析結果が異なることが明らかになった。これを受けて、波形を経時的に検討したところ、音刺激の前後ではなく、各試行の間にあるホワイトノイズ提示後10秒間の部分から基準値をとることとした。また、音刺激提示60秒間のうち後半30秒間の脳活動を解析に使うこととした。

(2)動物を用いた音刺激の提示実験

①音刺激の提示方法

音刺激提示実験システムの構成：2007年度に、マウスに対して音刺激を提示する装置を開発した。この装置を使って、マウスを防音箱（ニューロサイエンス、東京）中に入れ、多機能CDプレーヤー（JVC、東京）から音刺激を小型スピーカー（SONY、東京）を使っ

て提示した。

②マウス実験

2008年度と2009年度は音刺激の快さを調べるために成熟雄マウス（日本クレア）を使用した実験を行った。通常飼育ケージの環境に2週間馴化したJcl:ICR系8週齢の雄マウス6頭（3頭/ケージ）を小動物用防音中に入れた。飼育環境は8:00から20:00を明期、20:00から8:00を暗期とした。音刺激は防音箱中に設置したスピーカーからマウスの活動が活発となる暗期のために65dB前後の強さで提示した。音刺激を提示していない状態での防音箱中の環境音は50db前後であった。12時間の音刺激を7日間提示した後、マウスから速やかに脳組織を摘出して主要脳部位を分けて採取し、脳ホモジェナイズ標本を作製した。この標本から遠心分離して得た組織抽出液を高速液体クロマトグラフィー装置（東ソー、東京）で分析し、単位組織重量あたりのドーパミン・ノルアドレナリンおよびセロトニンとそれらの代謝物の含有量を分析した。

4.研究成果

(1)ヒトを対象とした音刺激提示実験

①予備的実験

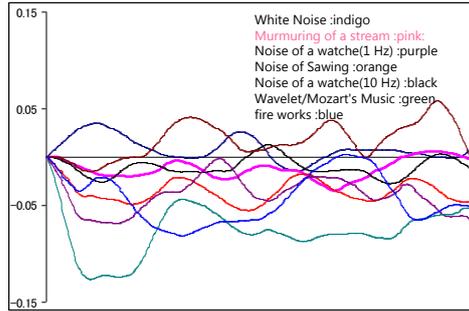
1)音の心地よさに対する主観的印象評価：選定した8種類の音刺激提示実験を行い、提示直後に項目（心地よい-不快な）を用いて5段階評価してもらい、その結果を重回帰分析したところ、モーツァルトK448、さざ波の音、川のせせらぎが心地よい音として評価された（下表）。

気分の良し悪しの多重比較結果
(同じ文字でつながっていない水準は有意に異なる)

| モーツァルト K448 | A | |
|-------------|---|---|
| 波 | A | B |
| 川 | A | B |
| 花火 | B | C |
| のこぎり | B | C |
| 無音 | B | C |
| WN | B | C |
| clock | B | C |
| watch | | C |

2)前頭葉光トポグラフィ計測：ヒト被験者を対象とした光トポグラフィ計測では、川のせせらぎ、磯の波の音、モーツァルトのピアノソナタ K448 で他の音と比較して音刺激提示中の前頭葉酸素化ヘモグロビン量の変動幅が小さい傾向が見られた。主観的評価と匂い受容が自律神経や前頭葉の活動を変化させ、この変化を光トポグラフィで検出できることを示す（次ページ左上図）。

前頭部光トポグラフィーチャンネルで計測された脳内ヘモグロビン濃度の変化



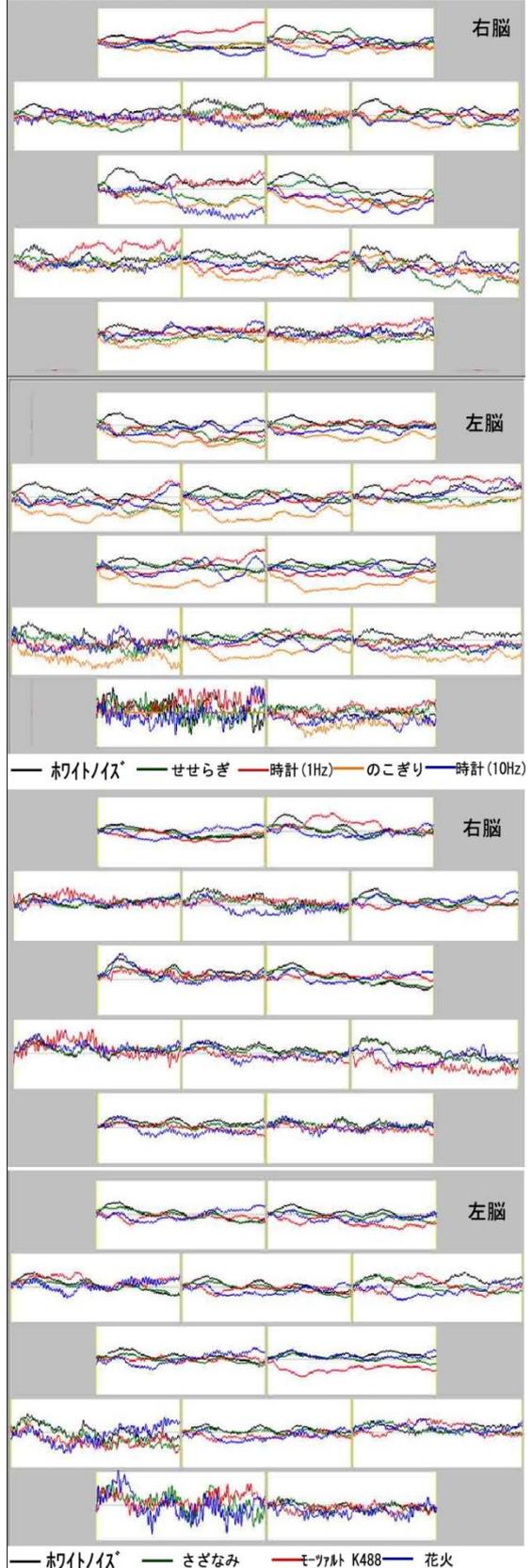
3) 方法の問題点: 生理計測機器と提示音刺激が CD プレーヤーと計測機器でのクロックの違いから時間的なずれが起り正確に同期しなかった。また、光トポグラフィー計測で音刺激の前後に基準値を設置したところ、その時点では波形変動が大きいため、積極的な脳活動の安定を図り、脳活動が安定した時点から基準値をとる必要があることが明らかになった。

2009年度は、試行シーケンスの音源を wav ファイルとして PC に保管して、音刺激を生理計測機器と同期させて PC のサウンド出力デバイスから被験者に提示した。各試行の間にあるホワイトノイズ提示後 10 秒間の部分から基準値をとることとした。また、音刺激提示 60 秒間のうち後半 30 秒間の脳活動を解析に用いることとし、これらの問題点を解決して 24 チャンネルからのデータ取得に成功した。取得したデータを解析したところ、ホワイトノイズ、川のせせらぎ、波の音で特に前頭部吻側で葉酸素ヘモグロビン量の変動幅が小さい傾向が確認された。また、主観的評価で心地よいとされていたモーツァルトのピアノソナタ K448 ではこの傾向は見られなかった (右列図)。

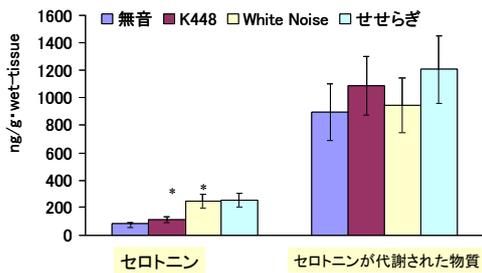
(2) 動物を用いた音刺激の提示実験

マウスに対する音刺激提示実験では、音刺激を呈示しなかった群と比べて川のせせらぎを呈示した群で、大脳皮質前部と大脳基底核でセロトニン量が、脳幹ではノルアドレナリン量が増加しているなど、呈示音源により単位組織重量あたりの脳内モノアミン含有量の差異が認められた (次ページ左上図)。

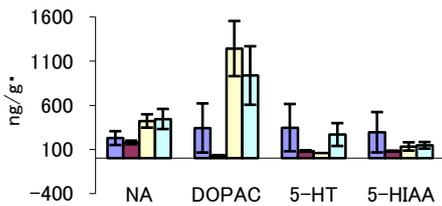
60秒間の音刺激中の全頭皮質中酸化ヘモグロビン量変化



音刺激提示(1週間)後のマウス脳内モノアミン量



前頭部皮質



ノルアドレナリンと代謝物 セロトニンと代謝物

脳幹

(3) 結語

「心地よい音」を被験者が感じた時に現れる前頭葉脳活動の特徴をとらえるための光トポグラフィ解析方法を確立した。また、これらの「心地よい音刺激」を聞かせたときに、マウスでは提示した音刺激の種類によって脳内モノアミン濃度、特に精神の安定や情動に深く関わるセロトニンやノルアドレナリンの濃度が変動することを高速液体クロマトグラフィ解析から見出した。特に、川のせせらぎの音ではヒトとマウスで共に鎮静作用を示す結果が出た。一方で、モーツァルトの K448 ではヒトは心地よいと感じたがマウスでは興奮傾向が見られたことやホワイトノイズではヒトは「心地良い音ではない」と感じたものの、マウスでは鎮静作用を示す結果が出た。これらの結果は「心地よい」と感じる音には、本能的に心地よい音とさらに高次の脳活動から「心地よい」と感じる音があることを示している。

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)

[学会発表] (計 5 件)

- 1) 首藤文洋. 「本能」をベースに醸し出される感性の脳機能—被験者実験と動物実験の相関から見えてくるもの. (An inspection of Kansei, which is formed

through the brain mechanism of “Instinct”) 第 11 回日本感性工学会大会、芝浦工業大学、2009 年 9 月 10 日.

- 2) Shutoh Fumihiro, Okubo Marie, Mizutani Nanami, Nakamori Shiho, Ohshima Naoki, Uchiyama Toshiaki, Yamanaka Toshimasa and Hisano Setuji. Environmental Auditory Stimulation Affects Brain Activity in the Human Cerebral Cortex and the Mouse Brain. The 36th International Congress of Physiological Sciences. Kyoto, Japan, July 31st, 2009.
- 3) Fumihiro Shutoh, Brain function to measure Kansei. Kansei engineering and emotion research international seminar 2008 in NCKU, National Chen-Kun University, Tainan, Republic of China, October 3rd, 2008.
- 4) Fumihiro Shutoh, For designing, do you need the users' Kansei information based on brain science? Kansei engineering and emotion research international seminar 2008 in Taipei, Taiwan Design Center, Taipei, Republic of China, October 2nd, 2008.
- 5) 首藤文洋, 水谷奈那美, 中森志穂, 大久保まり絵, 大島直樹, 内山俊朗, 山中敏正, 久野節二. 音刺激がヒトとマウスの脳活動に与える効果. 第 11 回日本感性工学会大会、大妻女子大学、2008 年 9 月 8 日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

首藤 文洋 (SHUTOH FUMIHIRO)

筑波大学・大学院人間総合科学研究科・講師
研究者番号：10326837