

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500254

研究課題名(和文)安らぎを感じる心象的空間イメージを作り出す環境音による聴覚刺激効果の脳機能的解明

研究課題名(英文)Analyses of brain function in formation of special image that induced by auditory stimulation

研究代表者

首藤 文洋 (Shutoh, Fumihiro)

筑波大学・医学医療系・講師

研究者番号：10326837

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：これまでの感性評価法では、個人差がある主観評価に頼らざるを得なかった事とその脳機能の物質的背景の解明に必要な動物実験では個人差を作り出す後天的経験による情動反応を調べる方法が殆ど無いことが要因であった。そこで、音刺激によるヒトの視覚イメージの評価をメインタスクとして、主観的な感性評価と客観的な生体反応計測による情動反応との関連について調べる新たな感性評価方法を確立すると共に、後天的な要因により体験に関連して誘導された情動反応の脳機能を解析できる動物実験モデルを開発した。

研究成果の概要(英文)：Participants were exposed several kinds of sounds. Some schematic picture of landscape was projected in front of them. Participants controlled a slider to change angular field of the landscape picture by zooming until they felt the angular have fit to their evoked spatial image induced by some kind of sound stimulation. In the experiment, we found some obvious changes after participant's decision making. Then, we exposed mice to sound stimulation under each of the pleasant and the unpleasant housing conditions. After mice were spent in each of the two conditions for several days, we analyzed some physiological parameters of mice while exposing to a sequence of sound stimulations. Among the parameters, presenting a sound coupled to the pleasant housing condition significantly decreased heart beat rate. In these studies established useful experimental model to understand neuronal mechanisms of emotion in both of human participant study and animal model study of emotional effects.

研究分野：情報学、神経科学

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：聴覚 音 音楽 本能 経験 空間イメージ 生理計測 主観評価

## 様式C - 19、F - 19、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 音とは空気の振動であり、聴覚はその音を受容する感覚機構である。一方ヒトは発達した視覚機能を使って周辺の空間を的確に把握できる。しかし、その空間把握は視覚以外の感覚、とりわけ危険を察知する本能と密接に結びついた聴覚機能が形成する空間イメージを無意識下で統合することで成り立っている。聴覚の情報伝達については、左右の耳から受容した音が音圧と周波数の情報として大脳の情報処理で、音色や音源の空間位置(音源の方角)として概算されることが知られている。また、発達したヒトの空間イメージ構成能力は現実にはない心象空間をもイメージとして形成することができる。心象空間イメージ形成において聴覚刺激は、過去の情動体験に基づいた視覚的経験とリンクして、記憶の中の視覚的経験をもとに心象空間を形成させる鍵となる刺激としてはたらく。

ヒトは寄せては返すさざ波の音を聞いては果てしなく広がる大海原を、流れる小川のせせらぎやそよぐ風が木の枝を揺らす音からは森林の奥深い緑に木漏れ日が差し込むといった日常とは異なる情景を思い浮べるであろう。一方で、個人差はあるものの電子機器の作動音、空調や時計の音や他人の会話といった生活音もまたそれぞれにヒトの心の中でより現実に近い空間イメージを形成させる。このことは、聴覚が無意識下でヒトの情動機能にはたらい形成する空間イメージの性質を解明することで、人々の生活の中により心地よく感じる聴覚刺激を提案できることを示している。しかし、ヒトの気分に及ぼす音環境の影響は研究されておらず、気分ポジティブ効果をもつ音環境の設計に有効適用できる客観的感性官能評価法は皆無であった。それには、これまでの感性評価法では、個人差がある主観評価に頼らざるを得なかった事が挙げられる。

本研究ではこれを音刺激が情動の脳機能に作用してヒトの気分に影響する内部メカニズムとして、情動体験に基づく心象空間イメージ形成に着目して、音環境がヒトの気分に影響する脳内メカニズムを解明するとともに、気分を感性工学的技術で調節可能とする音の特徴、聴取時の生理指標の特徴との相関性を明確にし、日常生活を豊かにする音環境の設計に有効な感性脳科学的学術基盤の形成を目指し、次の2項目を主なテーマとして実験を計画した。

被験者実験では、動物実験では不可能な、アンケートや評価選択などの主観的評価法を用いることができるが、その結果には客観性が乏しく、また評価する際の被験者の思考という当然結果に影響すると思われる要因

が考慮できないという致命的な欠陥をもつ。そこで、音刺激と空間イメージ形成をモデルタスクとして、被験者の主観的評価を補完する客観的要因のデータを同時取得できる評価方法を確立する。

脳機能の解明には、実際の脳における物質動態を解明することが不可欠である。しかし、これまでの動物実験では本能、則ち先天的な情動反応の計測に留まっていた。そこで、生活環境空間の違いと聴覚刺激の違いとを組み合わせることをモデルとして、後天的、則ち経験による情動反応の違いがマウスで計測できることを証明すると共に、その動物実験モデルを確立する。

### 2. 研究の目的

(1) 音を聞いたときに被験者が受ける主観的な印象とその時に脳内で展開される空間イメージとの相関を明らかにする。これらの事項は情動記憶の本体に直結する重要な要素だが、客観的に表現することが難しい。そこで、これらの事項を表現しやすい実験的プラットフォームとして、音を聞いたときに感じた心象空間の広がりを数値化する、心象空間評価法を確立する。この評価法では、被験者が表現した結果の妥当性を生理学的な指標を使って検証するという主観評価を客観的指標で検証するという新しい方法論を確立する。この方法論の中核をなすのは主観的評価を下すための試行をしている時の被験者から得られた脳活動や自律神経活動などの生理指標である。しかし、これらの反応は音刺激により引き起こされた反応と非特異的な反応との弁別が難しく、誤った結果を導く可能性が高い。

この危険を回避するためには音により引き起こされる情動反応がターゲットとする情動反応が脳のどの部位で起こっているかが特定しなければならない。そこで、申請者らがこれまでに、情動や自律神経の活動に深く関わる本能システムが哺乳類で共通の基盤に立っていることから、感性に関わる脳機能システムの本能的側面の理解にモデル動物実験が有効であることを示してきた脳神経科学的手法を使ったモデル動物実験を行い、本実験での情動反応に関わる脳部位を特定する。

また、これらの生物学的基盤の上に確立された客観的な検証法に基づいた、気分を安定させる音を聴いた時の主観的な印象評価と空間イメージ表現と、その音を聴いたときの脳活動や自律神経反応の生理学的計測から得られる反応の特徴を有効な指標としてまとめることで、気分を安定させる音環境の設計を可能にする感性官能評価法を確立する。

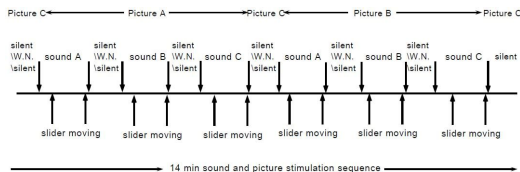
### 3. 研究の方法

(1) 音刺激により惹起される主観的空間イメージの数値化実験による被験者の主観的評価の妥当性を検証する客観的生理指標の解析

健康な成人男女を被験者とし、光トポグラフィ装置・皮膚コンダクタンス反応・心拍数・呼吸数の記録用プローブを装着した被験者を広さおよそ3畳、高さおよそ200cmの22~25に空調された室内に着座させた。右図に示したように、音刺激装置（パーソナルコンピュータとオーディオ機器で構成）を使い、被験者の位置で通常会話と同じ強度とされる65dB程度の音圧で室内に設置したスピーカーを通して環境音を、座席前方に設置した40インチディスプレイで風景画像を提示した。また座席の前に設置した卓上にはスライダーを左右に動かして風景画面の画角を変更させる装置を設置した。音及び画像はSound (A: 小鳥のさえずり B: さざ波 C: 楽曲)、Picture (A: 海原 B: 高原 C: ノイズ画像)を組み合わせたものを、



下図に示したタスクシーケンスで被験者に提示し、図中でslider movingと指定された時間に提示された音に対してスライダーを動かして合致したと感じる風景の画角になるまで自由に調整させた。この間の生体反応およびスライダーの位置



情報をリアルタイムに記録し、それぞれのタスクについて画角決定前後のスライダーの動きと情動反応との相関を解析した。

(2) 音刺激により惹起される情動反応の脳機能システムの解明



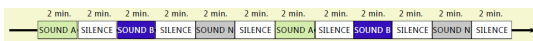
Comfortable Environment (CE: 上図左) と

Uncomfortable Environment (UE: 上図右) のそれぞれに成熟 ICR 系雄マウスを入れ、動物用防音箱中で平均 65dB 程度で音楽刺激を提示した。

マウスは下に示した実験スケジュールのとおりに、実験群 (GROUP A) では CE 中に 16 時間 sound A を聴かせ、UE 中に 8 時間 sound B を聴かせる試行を 9 日間繰り返した。対照群 (GROUP B) では通常マウスケージに音刺激なしで 9 日間飼育した。

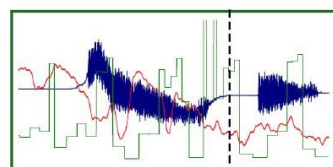
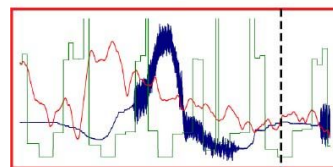
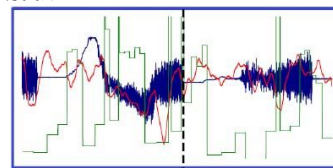


刺激終了後、GROUP A, B それぞれのマウスに対して、円筒に補綴した情態で尾に脈拍計測プローブを装着し、全群のマウスがこれまでに聞いたことのない別の音刺激 (Sound N) をネガティブコントロールとして、CE、UE それぞれの生活環境と組み合わせた Sound A と Sound B を、次の図に示すシーケンスで提示し、その間の脈拍数の変化を記録した。



### 4. 研究成果

(1) 音刺激により惹起される主観的空間イメージの数値化実験による被験者の主観的評価の妥当性を検証する客観的生理指標の解析



左図では、それぞれのタスクにおいて被験者が音を聞いてからスライダーを動かしてから30秒間の計測データの典型例を示す。上段は音と風景が適合した場合 (さざ波と海原等) 中段は音と風景が適合しない場合 (さざ波と高原等) 下段は楽曲と風景の組み合わせを示す。

図中の青線はスライダーの位置、緑線は脈拍数、赤線は皮膚電気抵抗値、破線はスライダ

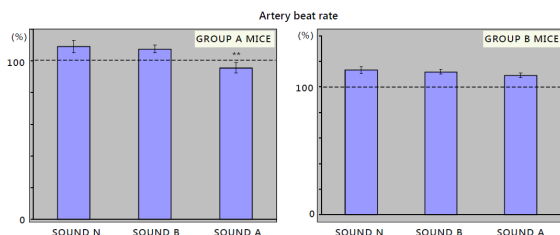
一の停止位置（心象空間イメージに合致したと判断した画角）を示す。

心象空間イメージの画角を反映するスライダの停止位置に有意な傾向は認められなかった。しかし、スライダーが停止するまでにかかる時間は「音と風景が適合」が最も少なく、以下「楽曲と風景」「音と風景が非適合」の順であった。また生体反応計測では、「楽曲と風景」「音と風景が非適合」の場合にスライダー停止後に皮膚電気抵抗が高くなる傾向が見られた（図中円内）。

この実験結果は、提示した音と画像が一般的に適合している場合では、両者の適合が曖昧な場合と比較して画角決定操作による空間イメージのアウトプットが速やかな事、また後者では画角決定後に交感神経活動が高まる事が示唆された。これは生体反応計測で被験者が主観的評価を行う際の情動の細部を客観的指標で明らかにできる事を示している。だが、音により形成される心象空間イメージの計測については実験方法の改良が必要である。

(2) 音刺激により惹起される情動反応の脳機能システムの解明

Comfortable Environment (CE) と Uncomfortable Environment (UE) との各条件の下で人工的な音の刺激をマウスに提示して、皮膚表面の温度変化と心拍数を計測した。これらのパラメータのうち、被検群でのみ CE と組み合わせ刺激をした音刺激を提示したときに心拍数が有意に減少することを見出した。被検群でその他の音刺激を提示したときには心拍数は有意に増加していた。対照群では何れの音刺激でも心拍数は有意に増加した（下図）。



マウスにとって音刺激は、危険の察知にはたらくため、音刺激は一般的に心拍数の増加を引き起こすものである。この結果は、本来起こり得ない音刺激による心拍数の減少効果が、生活空間における経験という後天的な経験要因によって起こされることを示しており、本能的に逆の効果を持つはずの音に対してリラックス効果が附与されたことを示している。従って感覚によって体験に関連して誘導された反応の情動に対する脳機能メカニズムの物質的背景を研究する上で有用な、動物実験モデルの開発に成功したという点で画期的な成果といえる。

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計7件)

首藤文洋、環境音提示が与える心象的空間イメージの広さに対する主観的評価およびその評価データに対する生体反応計測による客観的評価、2014-03-23、第9回日本感性工学会春期大会、北海道大学、北海道札幌市

Fumihiro Shutoh、An experimental model of an emotional response that induced by auditory stimulation, which are linked to the experience-stimulation coupling、2014-03-18、鹿児島大学、鹿児島県鹿児島市

Fumihiro Shutoh、Environmental images of sound stimulation induce stable cortical neuronal activity in the human and increase serotonin concentration in the mice、The 43<sup>rd</sup> Annual Meeting of Society for Neuroscience、2013-11-12、San Diego Convention Center、カリフォルニア州サンディエゴ市、アメリカ合衆国

Fumihiro Shutoh、Physiological responses that induced by making fit selection in subjective evaluation using sound stimulation evoked spatial size image、第36回日本神経科学大会、2013-06-22、京都国際会館、京都府京都市

Fumihiro Shutoh、Analyses of neuronal responses that induced by sound surrounding where ever have been, a mice model study、第35回日本神経科学大会、2012-09-19、名古屋国際会議場愛知県名古屋市

首藤文洋、生活体験に重なる音楽が惹起する情動反応機構を調べるマウスモデル実験法の検討、第14回日本感性工学会大会、2012-08-30、東京電機大学東京千住キャンパス、東京都足立区

Fumihiro Shutoh、Physiological indicator responses induced by paired environmental sound stimulation with living condition in the rodents、第89回日本生理学大会、2012-03-31、信州大学、長野県松本市

[その他] (計1件)

招待講演

[国際]

Fumihiro Shutoh、Brain function to measure Kansei、The 3rd Leading Graduate Schools International Conference、2012-11-01、つくば国際会

議場、茨城県つくば市

6 . 研究組織

(1)研究代表者

首藤 文洋 (SHUTOH, FUMIHIRO)

筑波大学・医学医療系・講師

研究者番号：10326837