

# 脳血流量および心拍数を用いた 不快な音環境評価の可能性

智田 義隆<sup>1</sup>・須永 大介<sup>2</sup>・谷下 雅義<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 中央大学大学院 都市人間環境学専攻 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)  
a17.wthf@g.chuo-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 中央大学助教 理工学部都市環境学科 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)  
dsunaga.385@g.chuo-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 中央大学教授 理工学部都市環境学科 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)  
mtanishita.45e@g.chuo-u.ac.jp

本研究では、不快音の聴取が脳血流量および心拍数に及ぼす影響を計測し、これらの生理指標が評価指標として使えるか否か、また脳血流量と心拍数がどのような関係を示すのかについて検討した。15名の学生に3種類の異なる不快音を2回づつランダムに聴取してもらった結果、1)計90回の聴音において分析可能なデータは約3割であった。2)聴音の種類によって脳血流と心拍の反応が異なる可能性がある、そして3)心拍と脳血流の反応のタイミングは明確な関係は見られない、などを明らかにした。

**Key Words :** cerebral blood flow, heart rate, unpleasant soundscape

## 1. はじめに

近年、都市環境について生理指標を用いた評価がなされるようになった。例えば、心電図や血圧、唾液中コルチゾール濃度を用いて森林浴を(小崎ほか<sup>1)</sup>)、脳血流や心拍、眼球運動を用いて高速道路の植栽を(細野ほか<sup>2)</sup>)血圧や唾液アミラーゼを用いて都市公園の植栽を(岩崎ほか<sup>3)</sup>)、それぞれ評価し、これら緑のリラックス効果を明らかにしている。

一方、不快な環境についてもこれまで少なからず研究が行われてきた。例えば、三宅ら<sup>4)</sup>は、脳波を用いて4種類を音を比較し、騒音レベルが等しくても、不快さが異なることを明らかにしている。浅野ら<sup>5)</sup>は、脳血流を用いた快音と不快なスクラッチ音について、4人の被験者で行い、差があることを示している。

松本ら<sup>6)</sup>は脳血流を用いて20枚の画像を提示して景観評価を行っているが、快・不快の評価と脳血流の関係は明確にはなっていない。

しかしながら、音を対象とした研究はまだ途上であり、都市環境における複数の不快音に注目して脳血流と心拍を同時に計測し、かつそれら指標間の関係を示した研究は見当たらない。

そこで本研究では、不快な音環境を対象に脳血流量および心拍数を用いて評価を行い、これらの生理指標が評価指標として使えるか否か、また脳血流量と心拍数がどのような関係を示すのかについて明ら

かにすることを目的とする。仮説としては、岩崎ら<sup>3)</sup>、岩坂ら<sup>7)</sup>の研究結果をもとに、「不快な音を聞くことにより、心拍数は上昇し、脳血流は減少する」とする。岩崎らの研究は快環境の評価であり、不快環境では逆の結果になると考えた。

## 2. 本研究における生態計測

本研究では、脳血流量と心拍数という2つの生体情報を用いる。脳血流計測の手法は近赤外分光法(Near InfraRed Spectroscopy, 以下、NIRSと略す)を用いている。NIRSは波長の異なる2つの近赤外光を頭部に照射し、脳内のヘモグロビン濃度を計測する技術である。活発な神経活動を行う際は一般的に多くの酸素を必要とする。酸素は血液中のヘモグロビンによって運搬されるため、神経活動を行う際脳血流は上昇する。血中ヘモグロビンに吸収されやすい波長の光を照射すると光はその多くがヘモグロビンに吸収されるが一部は検出器まで戻ってくる。光を照射した部位の脳が賦活した場合、脳血流が増加し光の吸収が増加、検出される光の量は減少する。この検出光量によって脳血流の計測と脳の賦活の推定ができる(三原ほか<sup>8)</sup>)。本研究では、Hot-2000(NeU社製)を使用する。

一方、心拍の計測には、M430(Polar Japan社製)を使用する。左右脳血流量、体動(3軸回りの角速度)については0.1s単位で、心拍についてのデータを1s単位で記録される。

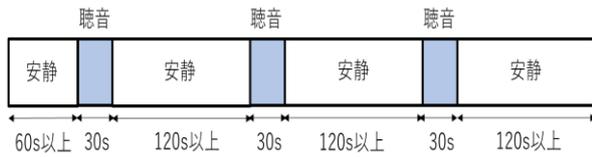


図-1 実験プロトコル

音の与え方については、カナル型イヤホンを使用する。型式は密閉ダイナミック型、再生周波数帯域は50~20000Hzである。

### 3. 方法・データ

#### (1) 被験者

被験者は19~24歳の健常な男女15人である。本実験に参加する被験者に事前に説明を行って参加の合意を受け実験を行う。

#### (2) 実験手順

被験者の頭部に脳血流計、左腕に心拍計を装着し、聴音を行った。聴音の内容は、「1. 鉄道の高架下の騒音」「2. 工事音」「3. 駅の喧騒音」の3種類とした。音の強さは騒音値の目安<sup>9)</sup>における「きわめてうるさい」、「うるさい」に該当する70~80dBに統一した。

複数実験による慣れを防ぐため、聴音の順番をランダムに設定した。座位で実験を行い、①実験中の体動は控えること。②実験中は閉眼であること、の条件を事前に教示する。

実験開始後60s以上、聴音30s、聴音間120s以上をあけて3回行う。

#### (3) 分析

本実験は2021年1月に実施した。1回の実験で3種類の聴音を被験者に対して行った。聴音前は40秒、聴音後は次の音が始まるまでの間を1つの音のデータとして処理する。

左右脳血流および心拍において、聴音前の安静時10秒間の平均をゼロとし、また聴音前40秒間の標準偏差 $\sigma$ を求め、 $\pm 2\sigma$ の範囲を安定区間とし、聴音開始後においてその区間から外れている部分を聴音によって有意に変化している区間とする(図-2)。

各指標において「(有意に)上昇」、「低下」、

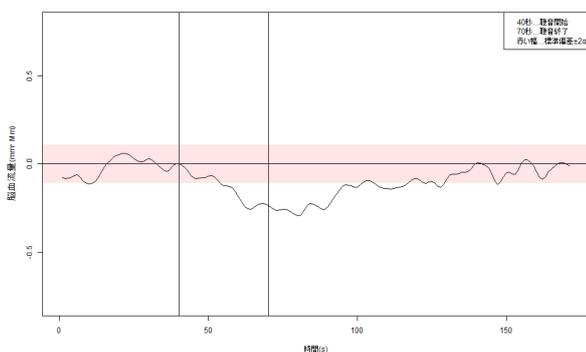


図-2 データの一例

表-1 スクリーニングの基準

①	聴音開始から40秒前までの間に心拍については5bpm以上、脳血流については0.5mm・Mm以上の変化がある(大きな変動がないこと)
②	聴音開始前から40秒前までの間に安定区間から外れている(大きな変動がないこと)
③	聴音開始40秒前から上昇あるいは減少している(トレンドがないこと)

「変化なし」の3つに分類し、該当項目の数によって指標を評価する。また聴音の種類別や回数別による違いや指標が変化する時間について検討する。

#### (4) データのスクリーニング

本研究では安静時と聴音時の変化を確認することを目的としているため、聴音前の安静時で心拍と脳血流が安定していないデータは除外する。

除外するデータの基準は、表-1の通りである。

### 4. 結果

#### (1) スクリーニング

取得したデータの数は、被験者15人×不快感3種類×2回の計90回で、条件①で18回、条件②で26回、条件③で15回のデータが除外され、分析が可能なデータは、喧騒音7回、工事音12回、鉄道高架下音12回の計31回となった。約2/3のデータが除外された。安定的に計測できるようにするために、さらに工夫が必要である。

#### (2) 聴音による変化

はじめに3つの騒音の種類、また左右の脳血流量・心拍数について、聴音前30秒、聴音30秒、聴音終了後30秒の各データの推移を図-3に示す。

まず左右の脳血流量については左右ともに同じような挙動を示すデータが少なからずみられた。一方、心拍数については、逆の傾向を示すものもあるが、多くが聴音開始後上昇していることがわかる。音の種類による違いは明確にはできていないが、工事音については、心拍数の変化が相対的に小さいといえる。

$\pm 2\sigma$ の範囲を超えているかいないかをもとに、聴音開始後の左右脳血流と心拍の変化の動向について示したものが図-4である。

スクリーニング後の31サンプルのうち、右脳については「上昇」が6、「低下」が17、左脳については「上昇」が4、「低下」が23、心拍については「上昇」が11、「低下」が5であった。

これらの結果から、脳血流は減少、心拍は上昇するといった傾向があるといえる。

#### (3) 音の種類による違い

図-5は、「駅の喧騒音」、「工事音」、「高架下音」それぞれの条件における左右脳血流と心拍の変化の動向を示したものである。

すべての条件において、脳血流は減少、心拍は上

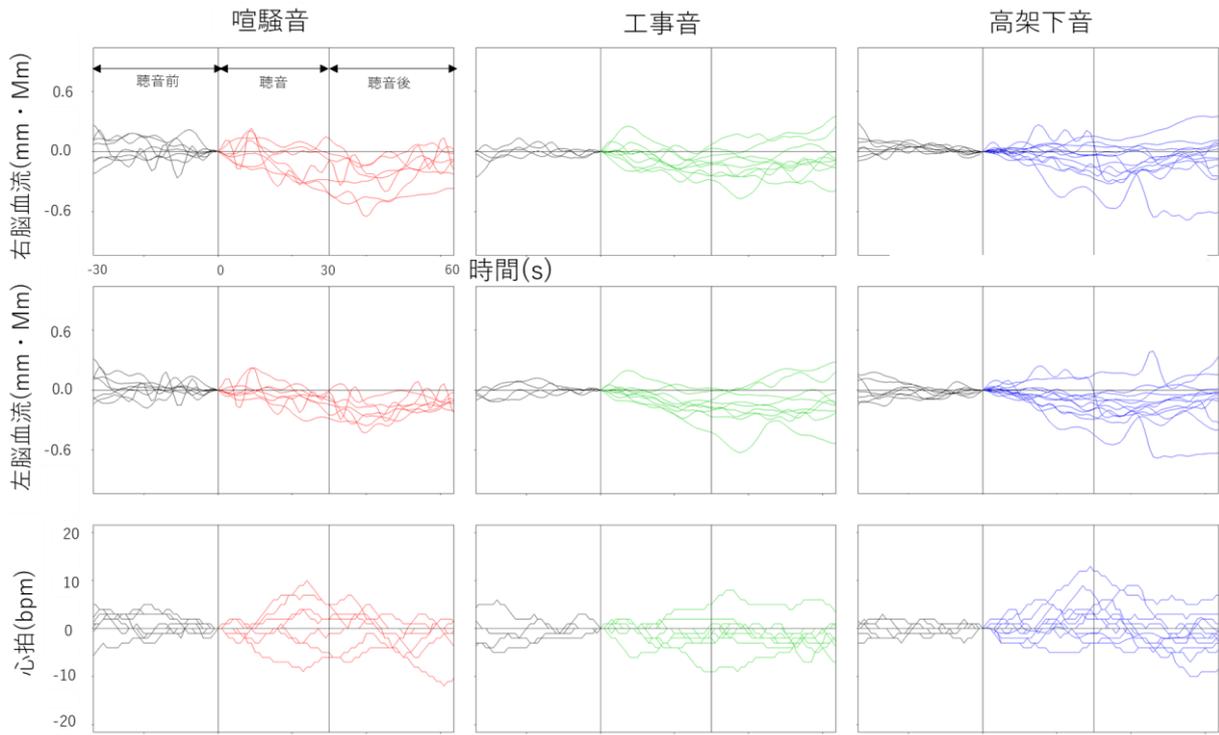


図-3 脳血流及び心拍数の測定結果

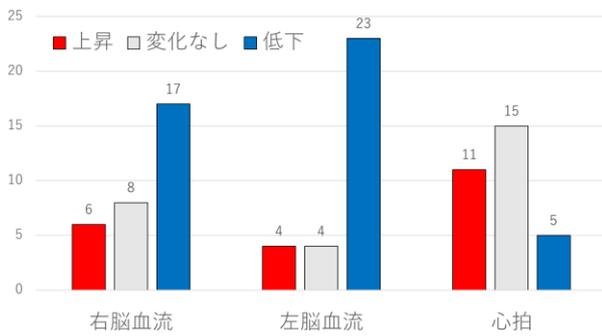


図-4 聴音による変化

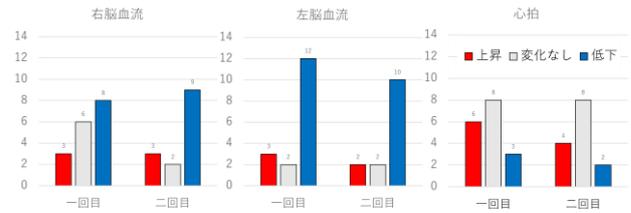


図-6 聴音の回数別の変化

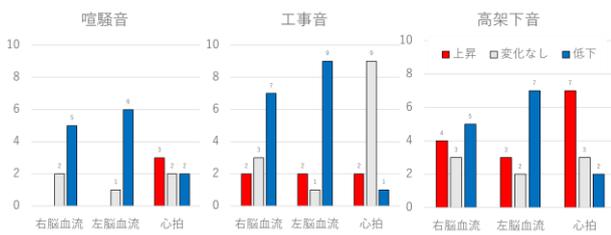


図-5 聴音の種類別の変化

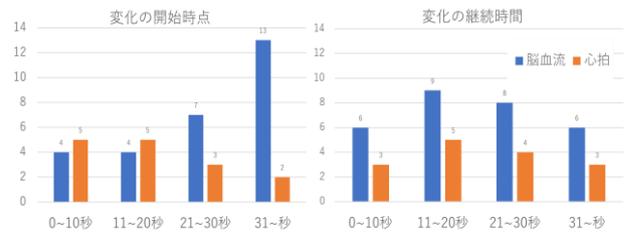


図-7 変化の開始時点と継続時間

昇といった傾向がみられた。加えて、喧騒音と工事音において脳血流の減少が、高架下音において心拍の上昇が顕著にみられた。

(4) 聴音の回数による違い

図-6に、聴音回数別による左右脳血流と心拍の変化の

動向を示す。聴音回数の違いによる変化の動向の違いは見られなかった。

(5) 変化の開始時間と継続時間

聴音開始後の変化の開始時間と継続時間を図-7に示す。脳血流は聴音開始後20秒以降に、心拍は20秒以内に多く変化することがわかった。また脳血流、心拍ともに20~30秒変化が継続する傾向がみられた。

(6) 左右脳血流と心拍の関係

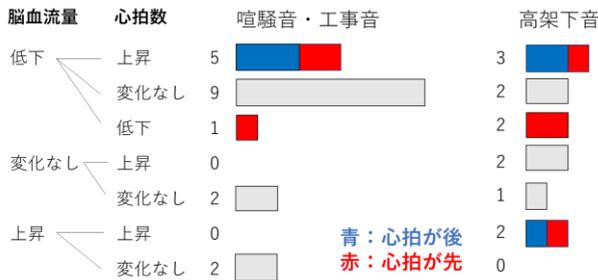


図-8 左右の血流量の変化と心拍数の変化の関係

図-8は、左右の脳血流と心拍の変化の関係について示す。なお、(2)において聴音の内容によって傾向の差異が見られたため、「騒音音・工事音」と「高架下音」に分類して示した。

騒音音・工事音においては脳血流のみ減少するケースが最も多く、高架下音においては心拍が上昇するとき、脳血流の低下しているわけではない。またいずれの聴音においても脳血流と心拍どちらが先に変化するかは傾向として現れなかった。

## 5. おわりに

本研究では脳血流と心拍を用いて不快な音環境の評価を行った。得られた知見は以下の通りである。

- ・実験で得たデータのうち分析可能と判断されたデータは3割程度であったため、本研究の実験方法では評価が困難であり、実験環境や被験者の生活リズムの統一などの改善の余地がある。
- ・分析可能なデータでは、聴音によって脳血流が減少している割合が高く、心拍においては上昇する傾向が見られた。緊張状態となったと考えられる。また「騒音音」および「工事音」では脳血流の減少が、「高架下音」では心拍が減少する傾向がみられた。音によって脳血流と心拍の反応が異なる可能性があると考えられる。
- ・脳血流と心拍の関係については特に見られなかった。また両者の時定数などの特性の違いから当然ではあるが、脳血流の方が変化の頻度が多くみられた。

約2/3のデータが除外された理由としては、計測時間の長さがあげられる。被験者が計測中に飽きや疲れを感じた可能性がある。また、脳血流についてはリアルタイムで計測結果が可能であるため安静時に安定したデータが取得できると考えたが、計測開始時のキャリブレーションによって計測結果に表示される脳血流の最低・最大の軸が大きくなってしまい、安定の確認が難しくなったと考える。

今後、より厳格な外部音の遮断、睡眠時間の統一、姿勢の見直しなどが挙げられる。また年代差や性差、アンケートによる印象評価も含めた検証を行う必要がある。また今回の結果では有意な差がみられたサンプルの数で評価を行ったが、実験条件ごとに差の大きさなどの有意な差が始まった時間などの差異の検討も必要である。

謝辞：本稿の執筆にあたり、大倉典子芝浦工業大学名誉教授および川上桃子氏（日建設計）から多くの貴重なコメントをいただいた。記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 小崎智照, 石橋圭太, 堀之内和彦, 野口朱里, 橋富加奈, 安河内朗: 森林浴が生理反応へ与える影響, 日本生気象学会雑誌, 44巻, 4号, pp105-110, 2007
- 2) 細野哲央, 佐藤将, 若林美之, 松本脩: 高速道路休憩施設におけるアプローチ広場の植栽がもつ生理・心理的効果, ランドスケープ研究 (オンライン論文集), 10巻, pp31-36, 2017.
- 3) 岩崎寛, 山本聡, 石井麻有子, 渡邊幹夫: 都市公園内の芝生地およびラベンダー畑が有する生理・心理的効果に関する研究, 日本緑化工学会誌, 33巻, 1号, pp116-121, 2007
- 4) 三宅晋司, 田中豪一, 斎藤和雄: 不快音の脳波に及ぼす影響, 日本衛生学雑誌, 39巻, 2号, pp523-534, 1984
- 5) 浅野裕俊, 井出英人, 広重暁: 機能的近赤外分光法を用いた快-不快音聴取時の脳活動評価, 電気学会論文誌C, 131巻, 1号, pp70-75, 2011
- 6) 松本純也, 山田圭二郎, 精山明敏, 吉村晶子, 川崎雅史, 久保田善明: 景観に対する情動反応及び評価に関するNIRSを用いた室内脳科学実験: 景観・デザイン研究講演集, no.8, pp156-166, 2012
- 7) 岩坂正和, 下茂円, 菅生恵子, 揚原祥子, 杉田克生, 石井琢郎: NIRS計測による脳血流パターンを指標とした音楽のリラクゼーション効果の評価, 千葉大学教育学部研究紀要, 56巻, pp343-348, 2008
- 8) 三原雅史, 畠中めぐみ, 宮井一郎: NIRSを用いた脳機能評価の現状, 脳循環代謝, 18巻, 4号, pp165-169, 2006
- 9) 日本騒音調査: 騒音値の基準と目安

## POSSIBILITY OF UNPLEASANT SOUNDSCAPE EVALUATION USING CEREBRAL BLOOD FLOW AND HEART RATE

Yoshitaka CHIDA, Daisuke SUNAGA and Masayoshi TANISHITA

In this paper, we measured the impacts of unpleasant sounds on cerebral blood flow and heart rate. 15 students randomly listened to 3 different types of unpleasant sounds twice. We examined whether these physiological indicators can be used as evaluation indexes, and also analyzed the relationship between cerebral blood flow and heart rate. As a result, we showed that 1) about 30% of the data could be analyzed; 2) cerebral blood flow and heartbeat response may differ depending on the type of unpleasant sound; 3) there is no clear relationship between heart rate and cerebral blood flow reactions.