

聴覚刺激に対する生体反応評価の基礎的研究
Assessment of biological response to auditory stimulus

牧野 一起¹⁾ 沖田 義光²⁾ 高橋 勲²⁾ 平田 寿³⁾ 杉浦 敏文³⁾
Kazuki Makino Yoshimitu Okita Isao Takahashi Hisashi Hirata Toshihumi Sugiura

1. はじめに

私たちは様々な音に囲まれて生活しており、最近では音楽により精神的緊張を和らげて治療効果を得る音楽療法が医療の現場で取り入れられる一方で、騒音によるストレスは自律神経等のバランスを崩し、身体機能にまで影響する事が指摘されているなど、音が身体や精神状態に何らかの影響を与えることが理解され始めている。

音に対する生体反応に関しては多くの報告があるが、音への関心が高まっている現在においてそれらの聴覚刺激に対する反応にはまだ不明な点が多い。音に対する快・不快と、何らかの生理的反応との間に一定の関係が成立すれば、その反応は音の快・不快を評価し得る尺度となると考えられる。また、基本的感情次元として吉田による覚醒感(興奮-鎮静)と気分の良し悪し(快-不快)が快適感を評価する上で役立つようである。^[1]

本研究では心拍数と脳波を測定することによって、聴覚刺激に対する自律神経反応と快適度評価の基礎的な検討を行った。

2. 対象と方法

2.1 対象と実験内容

健康な男子学生 4 名に対して、聴覚刺激を与えたときの脳波、心電図を測定した。脳波は、国際式 10-20 電極法に基づき 19 箇所電極を配置し、心電図は両手首間の第 I 誘導となるように電極を取り付け測定した。電極装着後 15 分程度の安静期間を経た後、刺激前安静 5 分-聴覚刺激 5 分-刺激後安静 5 分の計 15 分間の測定を行った。サンプリング周波数は 1 kHz とした。被験者は、実験中座位閉眼状態とし、目をなるべく動かさないように注意してもらい、部屋は暗室とした。使用した音は、ホワイトノイズと、クラシック音楽(バッハ無伴奏チェロ協奏曲第一番)の二種類である。

2.2 解析方法

自律神経活動の評価法として心拍変動解析を用いた。心電図の R 波と R 波の間の時間を算出し、RR 間隔時系列データを周波数解析して得られるスペクトルの低周波成分(0.04-0.15Hz)を LF、高周波成分(0.15-0.4Hz)を HF、全体の成分(0.04-0.4Hz)を TO とした。本研究では、自律神経の活動として、LF/HF を交感神経指標として興奮・緊張の目安に、HF/TO を副交感神経指標として安静・リラックスの目安に用いた。

脳波は、前頭部の電極(Fp1、Fp2)より計測した原脳波をフィルタリングしてα波(8-13Hz)を抽出し、振幅が

立ち上がりでゼロクロスする点を求める。その時系列からゼロクロス点間の時間を計測する。クロス点の発生時刻を 50 ミリ秒で標準化して各α波サイクル周期を瞬間周波数に変換する。得られたデータを 20 秒を 1 区間とし周波数解析を行い、α波ゆらぎスペクトルとした。ゆらぎ周波数とゆらぎ量を常用対数で対数変換し、さらにゆらぎスペクトルの傾斜が顕著に変化し始める周波数を検出して二分し、変曲点前の低周波領域のゆらぎ周波数の傾斜度を推量する。

快適感の程度と方向を左右前頭部での周波数ゆらぎスペクトルの傾斜で決めることにし、これにより脳波という客観的指標で快適感を操作的に数値化することができ、計算式は以下の通りである。

$$\text{角度} = \text{ATAN} \left[\frac{\text{Fp1 slope} - 0.5}{0.5 - \text{Fp2 slope}} \right] \times \frac{180}{\pi}$$

$$\text{快適度} = \sqrt{\frac{(\text{Fp1 slope})^2 + (\text{Fp2 slope})^2}{2}} \times 100 [\%]$$

この式で、Fp1slope は左前頭部、Fp2slope は右前頭部のα波の周波数ゆらぎの傾斜度(絶対値)を表している。

3. 結果

最初にホワイトノイズとクラシック音楽を聴かせた時の被験者の心拍数を平均し 1 分間ごとの変化を表したものを Fig.1 に示す。縦の線は標準偏差を表している。ホワイトノイズ聴取時では、安静時に比べ、それほど主だった増減を示さないのに対して、クラシック音楽を聴いている時は、徐々に心拍数の増加傾向が見られた。

次に、自律神経活動の変化を示す。交感神経活動と副交感神経活動の変化を安静-刺激-安静の 3 つの状態それぞれ 5 分間で平均した。

ホワイトノイズ聴取においては、4 名のうち 2 名はホワ

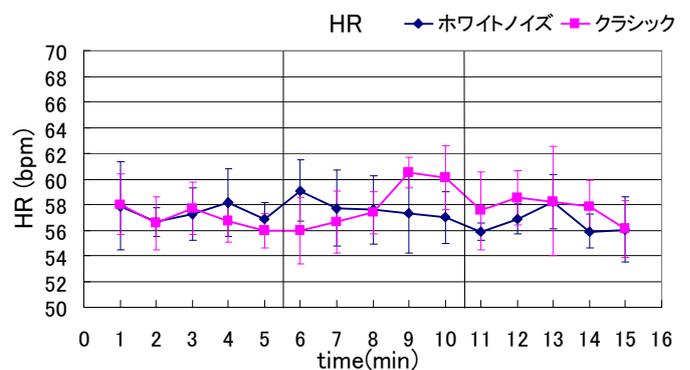


Fig.1 聴覚刺激時の心拍数

- 1) 静岡大学 大学院 工学研究科
- 2) 静岡大学 創造科学技術大学院
- 3) 静岡大学 電子工学研究所

イトノイズを聴くことによって、交感神経活動が上がり、副交感神経活動が下がる。対照的に、他2名はホワイトノイズを聴くことによって交感神経が下がり、副交感神経が優位になる傾向を示した。また、クラシック音楽聴取時ではホワイトノイズ時と異なり、被験者4名とも安静時に比べ、交感神経活動が抑制され、副交感神経活動が優位になる傾向が見られた。

次に快適度評価について示す。安静、または聴覚刺激時における快適度と角度を算出し、興奮-鎮静と快-不快の2つの軸を基本とした感情モデルにおいて、快適感を評価する。角度が基本感情の質を、快適度が量を表している。被験者一人のクラシック音楽聴取時の快適度分布を Fig.2 に示す。刺激前の安静時では、リラックスして快適な状態を表す第3象限に位置しているが、クラシック音楽聴取において、快と興奮の軸で表される第1象限に感情の質が移行している様子が見られる。刺激後の安静においては、落ち着かず感情の質が様々に変化している傾向にあり、クラシック音楽はゆったりさせるといっても、わくわくした快適さを与えるかもしれないことを示している。

4. 考察とまとめ

最近には音に関する関心が高まってきており、ストレス軽減効果を謳った音楽 CD が支持されているとともに、医療現場でも音楽療法が用いられるようになってきている。特にモーツァルトの音楽に注目が集まっており (Mozart 効果)、IQ が高まる、胎児教育に有効などと言われているが、これらの主張には科学的根拠はないと言ってよい。^[2]しかしながら一方ではモーツァルトのピアノソナタ (K.448) を聴いて一定の課題を行った結果、短期記憶能力が向上するという報告がなされている。いずれにしても音が生体に及ぼす影響は古くて新しい問題であり、その詳細は未だ不明な部分が多い。

本研究ではホワイトノイズとクラシック音楽を聴いた時の心拍数と脳波を測定し、心拍数・自律神経活動・快適度をそれぞれ評価した。

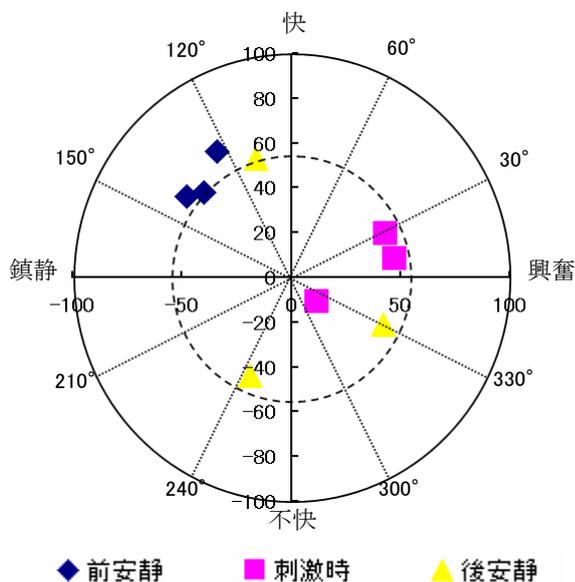


Fig.2 クラシック音楽聴取時の快適度分布

心拍数においては、ホワイトノイズ聴取では顕著な増減を示さなかったのに対し、クラシック音楽を聴いている時は徐々に心拍数の増加傾向が見られた。単調な雑音を聴くよりも、音楽のような曲調や盛り上がりの変化する刺激のほうが身体の反応としては徐々に興奮してくるのではないかと考えられる。つまり、クラシック音楽聴取は心拍数の変化に大きな影響を及ぼし心理的な効果が大きいことを示す結果となった。刺激への慣れや心拍数変化の持続性などは実験プロトコルの変更などによってさらに検討していく必要があると思われる。

心拍変動解析における自律神経活動については、クラシック音楽を聴くことにより、被験者4名とも安静時よりも交感神経活動が抑制され、副交感神経活動が優位になる傾向を示した。心拍数は徐々に増加傾向であることを考えると、音楽を聴くことで安らぐというより、わくわくした気分になっているように思われる。また、ホワイトノイズ聴取においては、交感神経優位になる人と対照的に副交感神経活動が優位になる人がいた。一般的に雑音として意識され不快になると思われるホワイトノイズにおいても、人によって自律神経活動による反応には個人差があり、安静・リラックスの指標である副交感神経活動が増加する可能性があることが示された。RRI から評価した自律神経の活動バランスをもとに異なる音源下で起こる生体反応を定量的に示すことを試みた研究は他にも多々報告されていて、聴覚刺激による自律神経系の活動というのは、研究ごとに様々であるように思われる。^{[3][4]}

α 波のゆらぎを用いた快適度評価によると、安静時の快適感としては快と鎮静の枠に収まり、リラックスしていると見なすことができた。ある被験者ではクラシック音楽聴取時には興奮状態に、聴取後安静時には快、不快、興奮といった感情が混在していた。ホワイトノイズ聴取時には一部快の感情もみられたが、全体としては程度は弱いものの興奮と不快が、聴取後安静においてもほぼ同様な気分が混在していた。これらの反応は当然個々によって異なると思われるが、変化の早い脳波から一定の気分状態を推定できたことは、心理的反応と自律神経活動の変化を併せて評価する有力なツールとして使えるのではないかと考えられた。

本研究では、聴覚刺激の生体の反応を心拍などの自律神経系の活動と、脳波という中枢神経系の活動によって観測してきたが、これら二つの指標の関連性をより深く検討していくことが今後の課題としてあげられる。

参考文献

- [1] 吉田倫幸 (2002) 脳波の周期リズムによる快適度評価モデル、Japanese Psychological Review、Vol.45、No.1、38-56
- [2] Norbert Jausovec (2004) The influence of auditory background stimulation (Mozart's sonata K.448) on visual brain activity、International Journal of Psychophysiology、Vol.51、261-271
- [3] Makoto Iwanaga (2005) Heart rate variability with repetitive exposure to music Biological Psychology、Vol.70、61-66
- [4] 伊賀富栄 (1997) 音楽と自律神経の反応について、東海大学スポーツ医科学雑誌、Vol.9、50-58