

自律神経活動の時間的振る舞いを参照することによる聴覚心理実験の評価

岩城 護 木竜 徹

新潟大学大学院自然科学研究科情報理工学専攻

Evaluation of Psychoacoustical Experiments Based on Autonomic Nervous Activity

Mamoru IWAKI Tohru KIRYU

Graduate School of Science and Technology, Niigata University

1. まえがき

聴覚特性に関する研究は、聴覚機能障害の診断・治療や工業製品開発などに応用されている。聴覚心理物理実験は聴覚特性を無侵襲で計測するための一手法である。被験者は実験を通して多くの音刺激に曝されかつ判断を求められるので、実験の進行の程度や課題の困難さに応じて疲労する。通常、実験者は被験者からの報告や自らの経験に基づいて実験を調節しているが、被験者の主観や実験者の経験によらない客観的な疲労やストレス評価に基づいた被験者のモニタリングと実験の計画が求められる。

我々は、聴覚作業の負荷は中枢神経系と自律神経系にストレスとして影響しそれが生体信号の変化として観測される[1, 2]、という考えに基づき、聴覚作業時の被験者から指尖脈波と呼吸を計測し、その変化と課題の困難さや進行の程度との関連を調査した。その結果、生体信号から抽出された指標には、聴覚作業の困難さに応じた変化が観測された。

2. 実験

2.1. 音探索課題とプロトコル

音探索課題[3]は、ある特定の純音が複数の純音からなる複合音の中にあるか否かを判断するという作業である。複合音中の純音数や提示順序の組み合わせによって、課題の困難さを制御できる。

使用した純音は、125 から 4024 [Hz]の間を octave 間隔で 20 等分割した周波数のいずれか一つをもつ。複合音は、これらの音の中から $1/5[\text{octave}]$ 以上離れたものを選択して、2 音、5 音、8 音からなるものをそれぞれ用意した。純音と複合音はそれぞれ 1.5[s]、3.0[s]の間、0.7[s]間の無音区間を置いて提示された。各音には、10[ms]間の遷移区間を持つ台形窓をかけた。各刺激音の標準化周波数は 20[kHz]であり、16[bit]で線形量子化した。純音が複合音に先行して提示される場合を条件 A、その逆順を条件 B とした。

刺激音の提示と判断を連続して 15 回、150[s]で行い一つの作業とした。一回の試行は 6 つの作業と 4 つの休息からなっており 25[min]間で行った。一回の実験は音数の順序も考慮して 6 つの試行からなる。

2.2. 評価指標の抽出法と分析法

生体信号として指尖脈波と呼吸を計測した。遮断周波数 1[kHz]の高域通過フィルタを通した後に 4[Hz]に再標準化した信号から、作業や休息の区間毎の中心部において指尖脈波のピーク振幅、ピーク時間間隔を抽出した。これらと呼吸波形をあわせて生理指標とした。相関行列を用いた主成分分析と重心法を用

いたクラスタリングにより主成分ベクトルをグループ化し、得られたグループを課題達成の程度と関連付けることにより、特徴付けた。

3. 結果

平均正答率は、複合音を構成する純音数の増加とともに減少し、また条件 A よりも条件 B では低かった。平均回答時間は、2B と 5A の場合を除いて、複合音を構成する純音数の増加にともなって増加した。

第 1, 2 主成分の寄与率はそれぞれ約 45%、約 35%であった。第 1 主成分ベクトルは作業によらずある領域に局在したのに対して、第 2 主成分ベクトルは複数に偏在した。第 2 主成分ベクトルを重心法によってクラスタリングした結果、大きな集団(含まれる作業数が全体の 10%以上)を成す 2 つのグループを得た。

4. 考察

作業は条件 B の方が、また複合音の中の純音数が多い方が、困難であった。作業が困難であるほど被験者にかかる負荷は大きく精神的ストレスも大きいと考えられる。その結果、グループ 1 は軽負荷でストレスがほとんどないという特徴を持ち、グループ 2 は重負荷でストレスがあるという特徴をもっていると考えられる。

一方、生理指標においては、グループ 2 のピーク時間間隔が正、ピーク振幅が小さな正、呼吸が大きく負であった。この傾向は、疲労時の血圧ピークは増加しピーク時間間隔と呼吸は減少すると報告されている[4]ことと類似しており、ストレスを受けている状態であると考えられる。

また、各実験の前半と後半では回答の傾向が変化することがわかった。実験時間中にも生体信号の変化として生体影響が観測できる可能性がある。

5. むすび

聴覚作業時の生体情報の無侵襲計測として、音探索課題下における指尖脈波と呼吸を計測し、血圧ピーク、ピーク時間間隔、呼吸を用いた主成分分析を行った。その結果、課題の困難さに応じて特徴的な成分が観測できることがわかった。聴覚心理物理実験時に被験者への負荷やストレスの程度を客観的に推定できる可能性が示された。

謝辞 本研究の一部は、豊田理化学研究所の研究嘱託を受けて行われた。

参考文献

- [1] 小林 他, 信学論 D-II, Vol.84-D-II, No.1, pp.203-210, Jan. 2001. [2] 岩城 他, 第18回生体・生理工学シンポジウム, 3P16, Oct. 2003. [3] 柏野他, 音講論, Vol.1, pp.441-442, Mar. 1998. [4] 南谷, バイオメカニズム学会誌, Vol.21, No.2, pp.58-64, May 1997.