

516 聴覚障害者の皮膚振動覚による音の識別能

Discrimination ability of sound by skin vibration Satoru of hearing impaired

○ 増渕 裕一 (宇都宮大院) 正 酒井 直隆 (宇都宮大院) 正 嶋脇 聡 (宇都宮大院)

Yuichi MASUBUCHI, Naotaka SAKAI and Satoshi SHIMAWAKI

Dept of Machine intelligence engineering, Utsunomiya Univ., 7-1-2 Yoto, Utsunomiya, 321-8585

Key Words: hearing impaired, Perception of sound,

1. 緒言

厚生労働省の平成 18 年の身体障害児・身体障害者実態調査の報告によると、国内の聴覚言語障害児・聴覚言語障害者の総数は約 34 万 3000 人である。現在、高齢化社会を迎え、さらに加齢による聴覚障害者が増えている。その為、聴覚障害者のコミュニケーションを支援する技術が必要となるが、まだ発展途上であり研究の余地がある。本研究では、聴覚障害者のコミュニケーション支援の技術として、聴覚障害者が感覚代行により音楽を演奏できることに注目した。打楽器などの振動を体で感じられる音楽は聴覚障害者でも楽しみやすい音楽の一つである。現に、聴覚障害者でも体を感じる振動によって、音を聞き分け楽器を演奏できる人が存在する。1998 年の Levanen ら⁽¹⁾⁽²⁾の研究では、先天的な聴覚障害を有する成人に対して掌部と指部に与えられた振動刺激は、その人の脳の聴覚野を活動させたと報告されている。その報告では、先天的聴覚障害者において人間の聴覚に反応する皮質領域が、振動覚の情報を処理することが示唆された。以上のことから、聴覚障害者は振動覚で音色を知覚できるようになる可能性がある。

2. 実験方法

2.1 実験対象

被験者として手に既往歴のない成人健常者 10 名(21 歳～25 歳、男性)と聾者 7 名(30 歳～81 歳、男性 5 名、女性 2 名)に対して実験を行っている。実験の際に被験者には、事前に目的、実験方法を説明し同意を得るとともに、実験の途中で気分が悪くなった場合はすぐ申し出るように説明し、聾者に対する実験時には補聴器などの機器はすべて外していただき音が聞こえない状態で実験を行った。測定対象部位は利き手、示指末節指腹部とした。

2.2 振動覚の刺激閾の測定

被験者の示指末節指腹部を振動子の上面に押し付け、PC から任意の周波数を出力させる。振動子の振幅を指で感知できない振幅にして置き、振幅を連続的に徐々に大きくした。被験者に振動を感知できた時に合図してもらい、その時の振幅を計測した。実験は、100Hz から 1000Hz まで、100Hz 毎の正弦波を使用した。またすべての実験において、接触面積を一定にする必要がある為、接触角度を 15° 押しつけ力を 0.5kg とした。

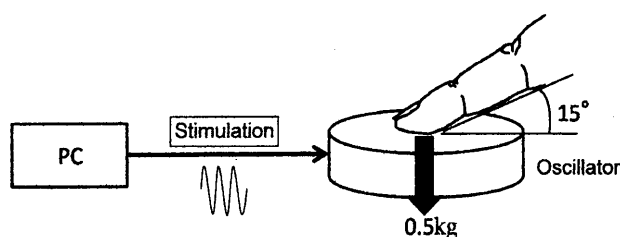


Fig.1 Experimental apparatus

接触角度を一定にする為、 15° の角度計で被験者に指の角度を記憶させ、実験中は角度計を外して実験した。押しつけ力は、振動子の下方に設置している秤で計測し、被験者に 0.5kg で指腹部を押しつけるように指示した。

2.3 周波数弁別実験

基準刺激を 5 秒間提示した後、1 秒の休みを挟み、異なる周波数の比較刺激を 5 秒間与えた。この 2 回の振動を「同じ」と感じたか、「異なる」と感じたかを二件法で聞き、基準刺激からどの程度の差があれば振動覚は異なる振動と弁別するかを調べた。本実験では基準刺激として 100～500Hz まで 100Hz 毎の正弦波を用い、比較刺激として[基準刺激 $\pm 20x$]Hz の刺激を用いた。ここで用いた x は比較した回数である。基準刺激と比較刺激の差を 20Hz ずつ徐々に離して実験を行い、初めて「異なる」と感じた周波数を周波数弁別閾値とした。

2.4 高周波成分カット実験

本実験は、作成した装置から、基準刺激を 5 秒間提示し、休みを 1 秒挟み、比較刺激を 5 秒間提示する極限法による測定である。被験者に提示された二つの合成周波数が「同じ」と感じたか、「異なる」と感じたかを二件法で答えさせた。まず、正弦波 100～1000Hz までの 100Hz 毎の周波数を加えた合成周波数を基準刺激とし、比較刺激として基準刺激の高周波成分を 100Hz 毎に徐々にカットした波形を用いた。どの程度の高周波成分がカットされると合成周波数の差が識別できるかを実験した。

2.5 エンベロープ識別実験

基準刺激と比較刺激を出力し、同じ振動と感じるか、異なる振動と感じるかを検査した。被験者には同じ振動と感じた場合は「同じ」、異なると感じた場合は「異なる」と二件法で答えさせた。基準刺激と比較刺激に使用したエンベロープは定常状態を 5 秒間おいた後減衰時間を 0.0(s)とした基準刺激と減衰時間を 0.2(s)ずつ 1.0(s)まで変化させたものを用いた。一人の被験者につき 5 通りの比較を行った。刺激は、基準刺激を出力したのち、休みを 1 秒挟み、比較刺激を出力した。

3. 結果および考察

実験結果を Fig.2～5 に示す。刺激閾値では、健常者、聾者ともに 200～500Hz での弁別能が非常に高く、 $1\mu m$ 前後の振幅を知覚することが可能である。標準偏差についても、200～400Hz では健常者の標準偏差が聾者よりも小さくなる結果となり、また 600Hz 以上での周波数では聾者と比較し健常者の弁別能が非常に高く、健常者は聾者の半分程度の振幅で振動を感知することが可能であった。

周波数弁別では、100Hz、200Hz において聾者と健常者の判別率に差はほとんど見られなが、300Hz 以降の周波数域では聾者の判別率が健常者より高い結果となった。聾者は 400Hz 以降、健常者は 300Hz 以降で判別に 20Hz 以上の

変化を必要とし、300Hz、400Hz においては、判別率に有意($p>0.05$)な差が見られた。

高周波成分カットでは、健常者は判別が困難だという結果となったが、聾者では、高周波成分の 10%(1000Hz)カットした段階で健常者の 60%(1000~500Hz)カットした段階での判別率と同程度の結果となり健常者よりも非常に高い判別率を示し、高周波成分の 40%(1000~700Hz)カットした段階で 100%の判別率を示した。合成周波数の高周波成分を 10%(1000Hz)カットした周波数から 60%(1000~500Hz)カットした周波数までの結果を比較すると、健常者と聾者の判別率において有意な差がある結果となった。特に、20%(1000~900Hz)カットした周波数から 40%(1000~700Hz)カットした周波数までの結果に大きな有意差が見られた。

エンベロープ変化では、減衰時間 0.2(s)~0.4(s)では健常者、聾者ともにほとんど識別ができず、減衰時間 0.8(s)以降で健常者、聾者ともに高い判別率を示したが、両者の判別率の間に差は見られず、ともにエンベロープ識別による有意差は得られない結果となった。

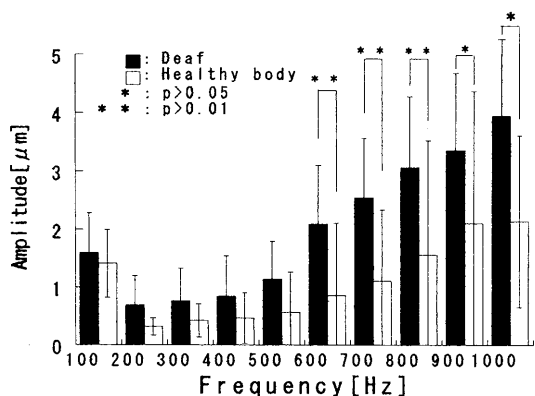


Fig.2 Stimulation threshold

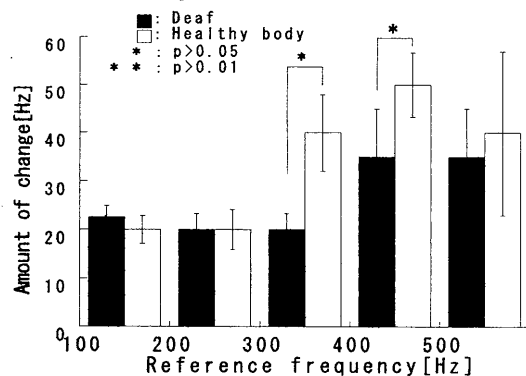


Fig.3 Frequency discrimination

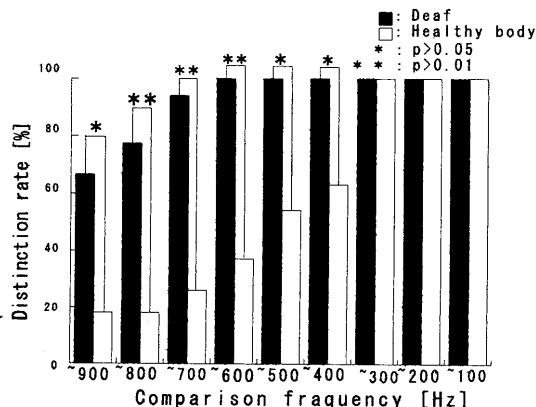


Fig.4 High frequency element cutting

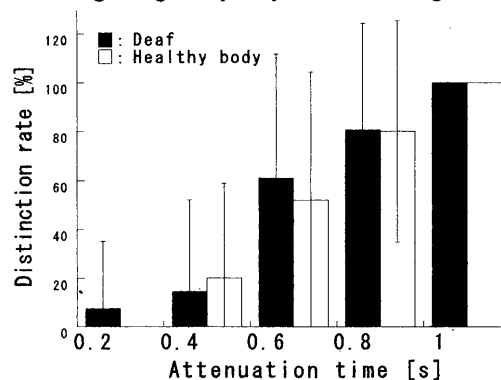


Fig.5 Envelope change

刺激閾値において、200Hz から 900Hz にかけて漸増する傾向が見られた。これは、前野ら⁽¹³⁾の研究にもあるように振動刺激に対する触覚受容器の閾値からも 200Hz 付近の皮膚振動覚閾値が低いことから、分解能が高いことが分かり、200Hz 以上の振動を感知する触覚受容器が主にパチニ小体しかなく、パチニ小体が一番感知しやすい 200Hz の周波数から徐々に離れたため、パチニ小体の振動検出力が弱くなったためであると考えられる。また、健常者が有意に判別が可能という結果になったが、これは被験者の年齢が高齢であったため、触覚の反応が鈍くなっていたなどの要因ではないかと考えられる。しかし、周波数弁別、高周波カットの結果では、聾者が有意に判別可能であり、このことから聾者は振動覚により周波数を識別する可能であると考えられる。

4. 結言

本研究では、振動覚による周波数の識別を聾者と健常者に対し行い、両者を比較した結果以下の結論を得た。

- 1) 周波数 200Hz の正弦波の振動において聾者、健常者ともに最小となり、200Hz から 900Hz にかけて刺激閾値は漸増した。また、すべての周波数において聾者よりも健常者が高い弁別能を示した。
- 2) 300Hz 以上の周波数弁別で聾者が健常者と比較し有意に判別可能であった。
- 3) 聾者は、高周波の 30%をカットした段階で異なる振動と知覚でき、健常者と比較し有意に判別可能であった。
- 4) 減衰時間に 1.0(s)の変化がなければ判別が出来きず、聾者と健常者の判別率には差が見られなかった。

参考文献

- [1] Sari Levanen, ・ Dorothea Hamdorf ; Feeling vibrations: enhanced tactile sensitivity in congenitally deaf humans.
- [2] S.Levanen, ・ V.Jousmaki ・ R.Hari ; Vibration-induced auditory-cortex activation in a congenitally deaf adult.
- [3] 前野 隆司 ; ヒトの触覚受容機構 - 力学・アナロジー・錯覚という視点から - 電気学会センサマイク ロマシン部門誌 Vol. 122-E No. 10 (2002) 469-473