

耳栓の遮音量の測定方法*

○ 平原達也、小島大輝（富山県立大学）

1 はじめに

私たちは、片側の耳だけで音を聴くこと、即ちモノラル受聴することはあまりない。

イヤホンから刺激音を呈示する場合は、片側のイヤホンだけ動作させることによりモノラル受聴させることができる。イヤホンによっては音響的クロストークが-20dBしか確保できず、呈示音圧レベルによっては必ずしもモノラル受聴条件とはならない。

一方、ラウドスピーカから刺激音を呈示する場合は、モノラル受聴条件とするためには耳栓などを使用して片側の耳への入力音圧レベルを減じる必要がある。最近では、さまざまな発泡ウレタン製の耳栓が入手可能で、それらの遮音量は30～50 dBとされている。

本稿では、ラウドスピーカを用いる実験においてモノラル条件を確保するために、市販の耳栓の遮音量をいくつかの方法で測定した結果について述べる。

2 最小可聴閾値による遮音量の測定

耳栓の遮音量は、耳栓装着の有無による最小可聴閾値の違いから求められる。

20歳台の健聴な男性1名が、耳栓を装着しないときの最小可聴閾値を1回、耳栓を装着し直して最小可聴閾値を2回測定した。測定対象は発泡ウレタン製の耳栓4種類、イヤホンはHDA200^[2]、測定周波数は0.125～16 kHzの間の1 oct. 間隔、および12, 18 kHzである。

Fig.1 に得られた各耳栓の遮音量を示す。16 kHzと18 kHzでは、耳栓を装着するとテスト音を測定システムの最大呈示音圧レベルである90 dBで呈示しても聴こえず、遮音量は求められなかった。耳栓によって遮音量は異なったが、いずれも低域の遮音量は低く、4 kHzの遮音量が最大であった。また、耳栓によっては装着し直すことによって遮音量が大きく変化した。最小可聴閾値から求めた遮音量が大きく、装着による変化が少なかった耳栓はPura-Fit (MoleDEX)であった。

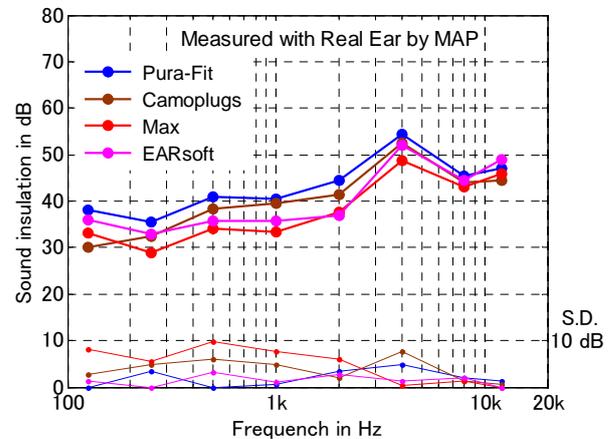


Fig.1 最小可聴閾値による耳栓の遮音特性

3 プロブマイクによる遮音量の測定

耳栓の遮音量は、耳栓装着の有無によって外耳道内に生じる音圧の違いをプロブマイクによって測定することからも求められる。

使用したプロブマイクはER7C (Etymotic Research)で、外径0.95 φのシリコン製のプロブチューブを耳栓中央部を通した。耳栓を外したときは、耳栓の長さだけプロブチューブを外耳道内に挿入した。測定耳の側方1 mに置いたラウドスピーカから80 dBの純音を放射し、耳栓を装着し直して外耳道内の音圧を3回ずつ測定した。測定周波数は100 Hz～20 kHzの間の1/6 oct. 間隔である。

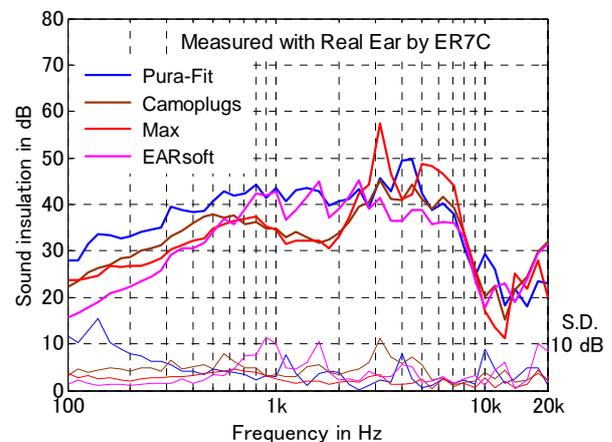


Fig.2 実耳で測定した4種の耳栓の遮音特性

* Methods for measuring sound insulation of earplugs,
by HIRAHARA Tatsuya, KOJIMA Daiki (Toyama Prefectural University)

Fig.2 に示ように、いずれの耳栓も 300 Hz から 1 kHz 以外の遮音量は、最小可聴閾値によって求めた値よりも低い。300 Hz 以下で遮音量が低いのは、測定系の暗騒音レベルが高いためである。耳栓によらず 12 kHz の遮音量は 20~30 dB しかなく、最小可聴閾値から求めた 12 kHz の遮音量 45~50 dB と大きく異なる。これは、ER7C 自身の遮音性能が不十分だからである。つまり、耳栓を通して外耳道内部に伝わる音より、ER7C のプローブや筐体を通してマイクロホンに伝わる音の方が高い音圧となっているからである。

Fig.3 はマイクロホン筐体のプローブチューブ刺しこみ口を閉塞した場合とプローブチューブの先端を閉塞した場合の ER7C 自身の遮音特性である。同図に示されるように、マイクロホン筐体のプローブチューブ刺しこみ口を閉塞した場合 ER7C 自身の遮音量は 100 Hz で約 50 dB、1 kHz では約 45 dB、20 kHz では約 15 dB しかない。先端を塞いだプローブチューブをつけると遮音量は約 10 dB 低下する。各耳栓は約 30 dB 以上の遮音量があるので、適切な補正を施さないと、ER7C を用いて測定した遮音量をそのまま利用できない。

4 人工耳による遮音量の測定

耳栓の遮音量は、耳栓装着の有無によって人工耳に生じる音圧の違いからも求められる。

HATS (B&K, 4128C) の側方 0.5 m に設置したラウドスピーカから 80 dB の純音を放射したときに内蔵される人工耳、すなわち IEC60711 カプラに生じる音圧を、Pura-Fit を装着し直して 5 回測定した。測定周波数は 100 Hz ~ 20 kHz の間の 1/24 oct. 間隔である。また、実耳と同じ方法で、プローブマイク ER7C を用いた遮音量の測定も行った。

Fig.4 に人工耳で測定した Pura-Fit の遮音量と標準偏差を示す。青色実線は IEC60711 カプラのマイクロホンで測定した遮音量、赤色破線はプローブマイクで測定した遮音量、赤色実線はそれを補正した遮音量である。

IEC60711 カプラの受音点は鼓膜前面で、プローブマイクの受音点は外耳道の途中と異なるが、400 Hz~1 kHz と 4 kHz~10 kHz 以外では、IEC60711 カプラで測定した遮音特性とプローブマイクで測定した遮音特性を補正したものは、ほぼ一致する。6.5 kHz の遮音特

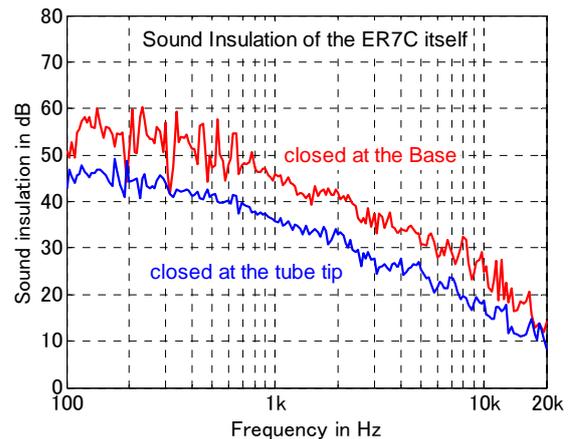


Fig.3 ER7C 自身の遮音特性

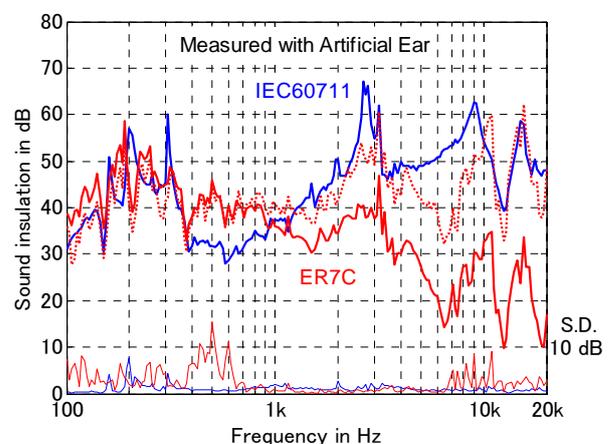


Fig.4 人工耳で測定した Pura-Fit の遮音特性

性のディップは、耳栓装着の有無による外耳道共鳴特性の違いに起因していると考えられる。プローブマイクを用いて実耳で測定した場合このディップは無いので、これは HATS 固有の問題と言える。人工耳の測定で 400 Hz ~ 1 kHz の遮音量が下がる原因は不明である。

5 まとめ

三種類の方法で耳栓の遮音量を測定した。その結果、いずれの方法も問題点があるが、三つの測定結果を総合すると、発泡ウレタン製の耳栓 Pura-fit の遮音量は 100 Hz~20 kHz で 35~50 dB 程度あることがわかった。また、プローブマイク ER7C は、マイク筐体やプローブから伝わる音があるために高域ほど遮音量が低く、耳栓装着時などの外耳道内の音圧を測る場合には注意が必要である。

謝辞

本研究の一部は科研費(25330203)の助成を受けた。