…平成21年度助成研究より…

高周波騒音の測定と高周波音の聞こえに関する研究

独立行政法人　産業技術総合研究所
人間福祉医工学研究部門
主任研究員　学術博士　　蘆原　　郁

1．はじめに

一般に人の可聴域は、20Hzから20kHzと言われており、20kHzをこえる高周波音は、しばしば超音波と呼ばれ、可聴音と区別されている。しかし、音圧が充分に高ければ20kHzをこえる高周波音でも知覚できる場合があること[1),2)]、骨導では一部の重度難聴者でも超音波を知覚できること[3)]が知られている。一般的な生活環境において、現代人は、このような高周波音にどのくらい暴露しているのだろうか、また、高周波音への暴露は、生体にどのような影響を及ぼすのだろうか。

2．高周波音暴露の実態

15kHzをこえる高周波音は多くの高齢者にとって聞こえないレベルであっても多くの若者には聞こえる。このことを利用した一種の“若者撃退機”とも呼べる装置が販売されている。この若者撃退機は、イギリスで、“街中や店先を長時間占拠する迷惑な”若者を追い払うために開発されたものだが、東京都足立区でも、公園内での夜間の迷惑行為防止を目的として、2009年５月から試験的に導入されている。

防音室内でこの装置を作動させ、１m離れた位置にて広帯域マイクロホン（SCHOEPS MK-5）を介して録音した。観測されたパワースペクトルを図１に示す。18kHz付近に100dB SPLをこえるスペクトルピークが観察される。

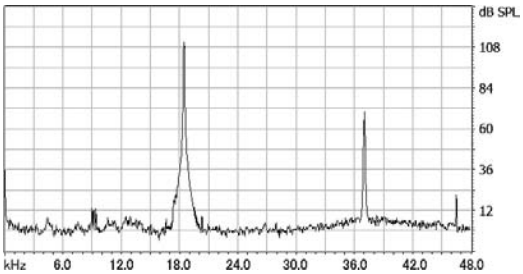

図１　若者撃退機から放射される音のパワースペクトル

図２　超音波ねずみ撃退機の外観

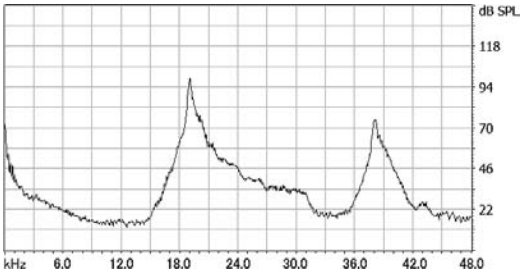

図３　超音波ねずみ撃退機が発する音のパワースペクトル

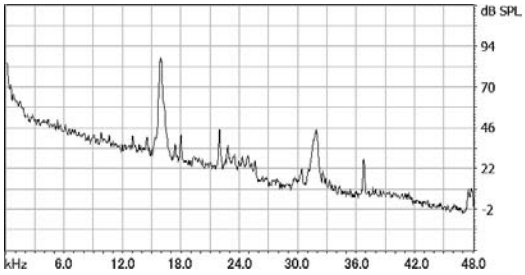

図４　秋葉原駅前で観測された高周波音のパワースペクトル例

また、都会のビルの入り口や搬入口、駐車場入り口などに、しばしば図２に示すような超音波ねずみ撃退機が設置されている。図３は、このネズミ撃退機のほぼ真下、地上1.5mで観測されたパワースペクトルである。最大のピークは、19kHz付近で、音圧のピーク値は100dB SPLをこえていた。この出入り口は一般に開放されており、通行する人は例外なくこのような音波を浴びていることになる。

ネズミ撃退機が放射している音と若者撃退機の音の周波数はそれほど変わらない。実際に、ねずみ撃退機の音を検知できる人も決して少なくない。

都市環境騒音に見られる高周波成分の例を図４に示す。秋葉原駅前にて平日の昼間に収録されたものである。この例では16kHz付近に80dB SPLをこえるピークが認められる。15kHzをこえる帯域におけるこのような顕著なスペクトルピークは、一瞬で消える場合もあれば10秒以上連続的に観測される場合もある[5)]。

人が日常的に高周波音に曝される代表的な場所として、超音波自体を研究している研究室がある。日本大学理工学部応用音響・環境工学研究室で制作され使用されている点集束型空中超音波音源は、音源前方140㎜で音波が一度集束した後拡散するように設計されている[4)]。集束点付近の音圧は160dB SPLをこえる。集束点以外でも、100dB SPLをはるかにこえる超音波が発生しており、研究員は日常的にこのような音波に曝されている[5)]。

３．高周波音計測の問題

通常、音の強さを比較するには音圧レベルが用いられる。20Hzから20kHzにおいては、すでに音響標準が確立されているので、校正済みの計測用マイクロホン、あるいは計測用マイクロホンを基準にして比較校正された録音用マイクロホンを用いて音圧を測定できる。しかし、20kHzをこえる帯域において音響標準は確立されていない。

騒音を評価する場合には、音圧レベルにA特性の補正をかけた騒音レベルが用いられる。A特性はもともと等ラウドネス曲線に基づくものだが、等ラウドネス曲線は20kHzをこえる帯域まで測定されていない。このため騒音レベルには、20 kHzをこえる音は殆ど関与しない。

図５は、図１や図３、図４に示す音を録音したマイクロホン（SCHOEPS MK-5）の周波数特性を、計測用マイクロホン（Brüel & Kjær type 4133）の特性を基準とし、基準からの差として表示したものである。周波数による感度のばらつきは、100Hzから40kHz付近まで、±

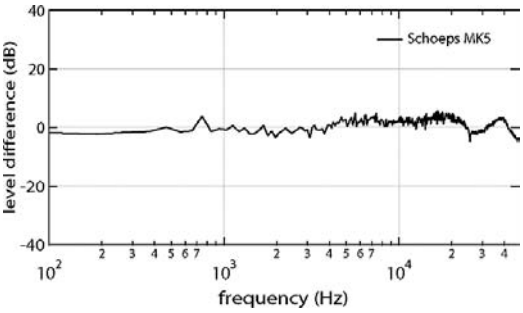

図５　広帯域マイクロホンMK-5の周波数レスポンス

数dBに収まっている。しかし、基準としたBrüel & Kjær type 4133に関しても20kHz以上の帯域の特性については保証されていない。標準が確立されていないから保証できないのである。

超音波帯域の音響標準が確立したとしても、空気中で20kHzの音の波長は約1.7㎝と非常に短い。また直進性が高く指向性が鋭いため、マイクロホン周囲の物体の状態によって音圧が変動する。耳元の音圧を測定する場合、頭部や耳介の形状､向きによって音圧が大きく影響される。このため同じ実験環境でも聴取者によって耳元の音圧は大きく異なる[1)]。

聴覚閾値などの測定では、実験装置、特にスピーカの非線形性による混変調歪や低調波歪が問題となる[2),6)]。また超音波領域でのノイズの混入や機器の発振が生じた場合、耳では聞き分けられないのでスペクトル分析による確認が重要となる。

４．高周波音の影響

高周波音の生体への影響についての実験データは乏しい。聴覚閾値については、音響心理学的手法による定量的な実験データが報告されている[1),2)]。しかし、現時点では音響標準とリンクしていない。また前述のとおり、音場での測定では耳元の音圧が容易に変動する。そこで、閾値の測定データにどの程度の不確かさが含まれているのかが重要となる。さらに個人差や加齢による閾値変化に関する研究も求められる。

電気生理学的手法による閾値測定の試みも報告されている[7),8)]。超音波の利用における安全性を検討する上で乳幼児や児童の高周波聴覚閾値のデータは重要なものとなるが、それには、他覚的な手法による閾値測定が不可欠である。また、空中超音波だけではなく、水中超音波や骨導超音波も含めた議論を展開していく必要がある。

５．まとめ

本稿では、超音波利用における安全面について検討していくためのいくつかの課題について述べた。

超音波ネズミ撃退機や、若者撃退機が発する音は、人によっては、かなり不快な音として検知されるが、聞こえない人にはまったく検知できない。

都会の環境騒音には、しばしば、15kHzをこえるような高周波成分が、80dB SPLをこえるような高いレベルで観察される。また、空中超音波を研究対象とする研究施設では、日常的に100dB SPLをこえるような超音波に研究者が曝されている。

20kHzをこえるような騒音は、A特性の補正をかけた時点で測定できなくなってしまう。こ

のため、騒音レベルとしては捉えることができない。また、20kHz以上の帯域では、標準マイクロホンが存在しないため、音響機器の厳密な校正は行えない。

超音波を含めた高周波音への暴露が、生体にどのような影響を及ぼすのかについての系統的な研究は少なく、今後の課題である。外耳道内での音圧の高精度な測定技術の確立も求められる。

参考文献

1）蘆原郁：16kHzから30kHzの聴覚閾値，聴覚研資，H－2005－32，2005.

2）K. Ashihara：Hearing thresholds for pure tones above 16kHz, J. Acoust. Soc. Am., 122, EL52－EL57, 2007.

3）中川誠司：骨導超音波知覚の解明 －重度難聴者のための新型補聴器の開発に向けて－，日本音響学会誌，65, 46－51, 2009.

4）伊藤洋一：空中用線集束超音波音源と楕円筒を組み合わせた容器内強力音場の形成，日本音響学会誌，49, 615－621, 1993.

5）蘆原郁：身のまわりにある超高周波音の実態調査，日本音響学会誌，65, 23－28, 2009.

6）K. Ashihara and S. Kiryu：Audibility of components above 22kHz in a complex tone, Acustica united with acta acustica, 89, 540－546, 2003.

7）京相雅樹，細川和雅，小俣瑞季，蘆原郁，石島正之，桐生昭吾：高周波音の最小可聴値の心理音響的測定と脳波測定の比較，音講論集，85, 2008. 3.

8）桐生昭吾：超高周波域における聴覚閾値の心理学的・生理学的測定，日本音響学会誌，65, 29－33, 2009.

9）高橋弘宜：空中超音波帯域における音響標準の開発，日本音響学会誌，65，34－39, 2009.