

自然環境の発する音（超高周波数音）が人に与える影響

環境科学研究所¹・工業技術センター²

石田光男¹・齋藤順子¹・永井正則¹・岩間貴司²・山田博之¹

Psychophysiological Studies on the Effects of Ultrasonic Sounds in Natural Environments

Institute of Environmental Sciences¹, Industrial Technology Center²

Mitsuo ISHIDA¹, Junko SAITOH¹, Masanori NAGAI¹, Takashi IWAMA², and Hiroyuki YAMADA²

要 約

20kHz以上の超高周波数音は、人には認識されないが聴覚中枢を活性化することが近年示された。本研究では、どのような自然環境中で超高周波数音が発生するかを検索し、さらに超高周波数音が人の生理機能に与える影響を明らかにすることを目的とした。さらに、超高周波数音の木質材透過性についても分析を行った。その結果、超高周波数音は、主に森林中や流水から発生することを明らかにした。人への生理作用としては、超高周波数音が後頭葉及び側頭葉において脳波の α 帯の周波数パワーを増加させることがわかった。超高周波数音の木質透過性は、ガラス材より優れていたが、和紙や布よりも劣っていた。しかし、木質材中に50mm以上の間隙があれば、阻害されることなく透過することがわかった。これらの結果から、保健休養の目的で森林や流水を利用する人に、超高周波数音が好ましい影響を与えることが明らかとなった。

Abstract

Ultrasonic sounds with frequencies higher than 20,000 Hz are not actually recognized by humans. However, activation of the auditory cortex by ultrasonic sounds has been recently shown in humans. The present study aimed to identify the source of ultrasonic sounds in natural environment and the effect of ultrasonic sounds on physiological functions of humans. Furthermore, investigation on permeation properties of ultrasonic sounds through wooden materials was carried out. In natural environment, ultrasonic sounds have been shown to generated intensively from the forests, streams and waterfalls. Exposure of humans to ultrasonic sounds increased the alpha-band power of EEG in occipital and temporal cortices. Wooden materials declined the energy of ultrasonic sounds greater than paper and cloth materials but less than glass materials. A slit of 5 mm and more in wooden materials did not disturb the permeation of ultrasonic sounds. Results showed that ultrasonic sounds are one of the components those bring about health promoting effects of natural resources.

1. 緒 言

森林は「森林浴により心身のリフレッシュをする」目的で利用されてきており¹⁾、その健康維持効果が期待されている。県土の78%を森林で占める本県は、このように健康維持機能を目的とした森林利用に適した環境である。環境科学研究所では樹木の香りや森林での散策や座観が生理的鎮静状態や免疫活性を促すことを報告してきた²⁾。今回は、森林環境における音響特性および聴覚的要因が人に及ぼす影響に着目した。

自然環境から発生する音には、超高周波音（20kHz以上）が含まれている。超高周波数音は人に意識（知覚）されることはないが、骨伝導によって人に与えると、脳

の聴覚処理活動に好ましい影響を与えることが報告されている³⁾。

森林環境には、葉擦れ、流水、小動物など、通常の居住環境には見られない音源が存在する。これらの音源には20kHz超高周波数音が含まれ、このような音響特性がリラクゼーション効果をもたらしている可能性がある。そこで、森林の音響特性を把握し、音響要因によってもたらされる健康維持機能について検討した。さらに、森林中や流水の近傍の家屋に居住する場合を想定し、超高周波数音の木質材透過性についても実験を行った。これらの研究成果は、保健・休養を目的とした森林の新たな利用価値を発掘し、「森林文化県やまなし」の実現に貢献することが期待される。

2. 実験方法

2-1 調査地と測定状況

調査地には、森林環境と非森林環境をそれぞれ複数箇所の選定をした(表1)。森林環境については、音源になりやすい降雨、水流、葉擦れの有無によって測定状況を選んだ。一方、非森林環境については、室内と野外それぞれ2カ所ずつを選定した。これらの調査地の測定状況については、騒音レベルと共に表1に記載した。

2-2 音響データの記録

20kHz以上の高周波数音を測定するため、広帯域(10~100kHz)の計測用コンデンサーマイクロホン(M-1531;小野測器製)とプリアンプ(MI-3140;小野測器製)を用いた。得られた音響信号は増幅器(AU-2200;小野測器製)を介して増幅された。このとき増幅器の感度を90dBに設定した。増幅された音響信号は、オンラインにてデジタル変換し、データレコーダー(HD-P2;TEAC製)に記録された。なおデジタル変換は、分解能16bit、サンプリング周波数192kHz、記録形式はWindows標準音声ファイルのWAVE形式とした。マイクロホンの設置は、三脚を用いて地上から1.5mの高さに固定した。デジタル騒音計(SM-325;アズワン製)を用いて、可聴域レベルの騒音レベルを測定した。また風切り音の影響を避けるため、風速1.0m以下の条件で録音した。

2-3 音響データの周波数解析

収録した音響データの周波数特性を分析するため、音響信号に高速フーリエ変換(FFT)を施した。FFTはデータ長を16384点、周波数分解能を11.7Hzとして96kHzまでの振幅スペクトルを求めた。

2-4 音響聴取中の脳波の記録と解析

工業技術センター内の音響実験室で、被験者に超高周波成分を含む自然音と、自然音から20kHzの超高周波成分をフィルターにより除去した音をそれぞれ2分間聴かせ、頭皮上から誘導した脳波に及ぼす影響を解析した(写真1)。記録した脳波は、高速フーリエ解析により α 1帯(8-10Hz)、 α 2帯(10-13Hz)、 β 帯(13-30Hz)に分けて、それぞれのパワー値を評価した。脳波は8カ所から誘導し、スプライン補完を行った後、各周波数帯の頭皮上での2次元マッピングを行った。

2-5 超高周波数音の透過特性の解析

工業技術センター内の音響実験室で、内径82mm、全長536mmの金属管の一端から超高周波成分を含む自然音を伝導させ、453mmの位置にスクリーン(網)、布、和紙、木板、ガラスを遮蔽物として置き、その後の音の減衰量を精密騒音計を用いて測定した。また、木板については、10-200mmの間隙を設け、間隙の大きさと透過



写真1 脳波の記録風景

表1 調査地と測定状況の一覧

調査地		測定状況	騒音レベル (dB)	高周波成分
森 林	環境科学研究所	晴天 小鳥のさえずりを含む	65	
		降雨 小雨程度	64	+
	高遠青少年自然の家 (長野県伊那市)	青葉の葉擦れ(微風)	60	
		枯葉の葉擦れ(歩行)	65	+
		静観	65	
森 林 +水流	鹿留川(都留市)	川辺から3m付近	70	+
	本谷川(増富町)	川辺から3m付近	71	+
	昇仙峡 仙娥滝	滝から40m付近	69	
	板敷溪谷 大滝	滝から10m付近	72	+
非森林	環境科学研究所(室内)	道路	57	
		ホール	60	
	富士パインズパーク	芝生 静観	68	
	富士吉田合同庁舎	駐車場 自動車走行	70	

特性についても分析した。

3. 結果

3-1 自然環境中での超高周波数音の発生

収録した音響中に超高周波数成分が含まれていた地点を、表1中に+マークで示した。超高周波数音は、降雨時の森林や枯葉が風で擦れる時、枯葉の上を人が歩行する際に検出された(図1)。また、流水の近くでは強い強度で検出された(図2)。一方、森林外の芝生上や駐車場、コンクリート造りの建造物内で収録した音には、20kHz以上の超高周波数音はほとんど含まれていなかった(図3)。

3-2 超高周波数音が脳波に及ぼす影響

超高周波成分を含む自然音と自然音から20kHz以上の成分を除去した音を被験者に聴かせた場合に、頭皮上の脳波成分のパワー値に現れる差を、2次元マッピングした。その結果、超高周波数成分を含む自然音を聴取した

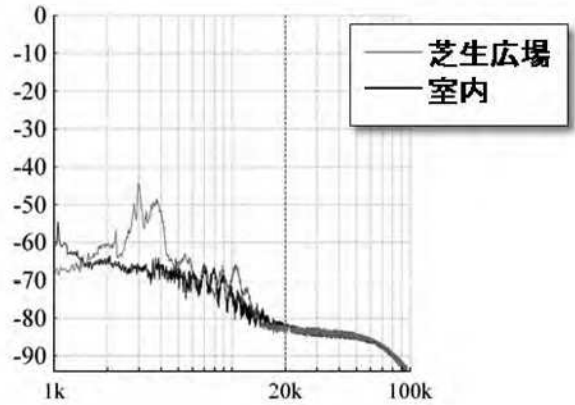


図3 非森林環境

場合の方が、 $\alpha 1$ 帯の周波数パワーがより大きいことがわかった。 $\alpha 1$ 帯の周波数パワーが大きくなる領域は、後頭葉と側頭葉であった(図4の色の濃い部分)。 $\alpha 2$ 帯のパワーには差は見られなかった。 β 帯のパワーは、超高周波数成分を含む音により前頭葉から頭頂葉にかけて減少していた。

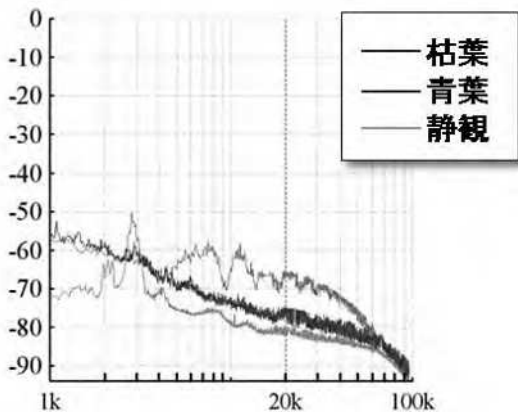


図1 葉擦れ音

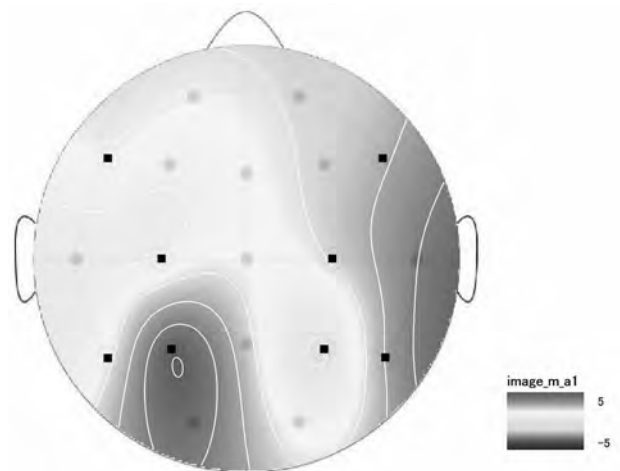


図4 超高周波数音によるアルファ1成分(8-10Hz)増加作用

頭部を上から見たところ、色の濃い部位がアルファ1成分のパワーが増加したことを示す。

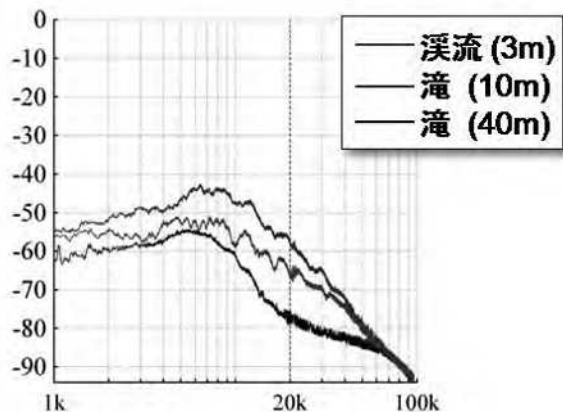


図2 水流

3-3 超高周波数音の透過特性

超高周波数音の透過量は、スクリーン(網状) > 布 > 和紙 > 木板 > ガラスの順で小さかった(図5)。木板で遮断された場合、超高周波数音は25-35dBの損失であった。木板に間隙を設けた場合、20mmの間隙では、間隙無しの場合と比べ超高周波数音の透過強度に10-20dBの利得が見られた(図6)。間隙が50mm以上では、遮断なしと同様の透過強度であった。

5. 結 言

森林中や流水から発生する音には、20kHz以上の超高周波数音が含まれることがわかった。超高周波数音は、人には認知されないが、脳波の α 成分を増大させることがわかった。このことから、森林や流水の近傍で休んだり散策したりすることで、リラックス効果が得られることを示している。森林中や流水の近傍の木造家屋内にも、超高周波数音が伝導することもわかった。従来、樹木の香りや散策による軽い運動が、ストレス軽減作用を持つことが報告されていたが、今回の実験により自然環境から発生する音にもストレス軽減効果が期待できることが示された。保健休養を目的とした自然資源の新たな活用法につながることを期待できる。

参考文献

- 1) 内閣府 森林と生活に関する世論調査 世論調査報告書 (2003)
- 2) 永井正則 石田光男 齋藤順子：森林が人に与える快適性に関する研究 山梨県環境科学研究所報告書 第22号 (2008)
- 3) Nakagawa S, et al Development of a bone-conducted ultrasonic hearing aid for the profoundly sensorineural deaf. Trans Jpn Soc Med Biol Eng, 44, 184-189, 2006.

4. 考 察

森林中や流水から発生する自然音には、20kHz以上の超高周波数音が含まれることがわかった。これらの自然音と自然音から超高周波数成分を除去した音を被験者に聴かせ脳波の変化を比較した実験の結果、超高周波成分を含む自然音は、脳波の α 1帯成分(8-10Hz)のパワー値を増大させることがわかった。 α 1帯成分の増大は、後頭葉と側頭葉で顕著であった。脳波の α 成分は、人がリラックスした時によく出現するとされている。従って、超高周波成分を含む自然音にはリラックス効果があると考えられる。

近年、木造家屋への嗜好が高まっている。コンクリート造りの建物の中では、超高周波数音は採取できなかったことから、超高周波数音はコンクリートを透過しないことがわかった。一方、超高周波数音の木質透過性は、ガラス材より優れていることが今回の実験によって明らかとなった。さらに、木質材に50mmの間隙があれば、超高周波数音の伝導がほとんど阻害されず、20mmの間隙でも間隙なしと比べ10倍程度のエネルギー強度で超高周波数音が伝わるということがわかった。これらのことは、森林中や流水の近傍の木造家屋中にいる人にも、窓を開けたり網戸を使っていれば、超高周波数音が届くことを示している。

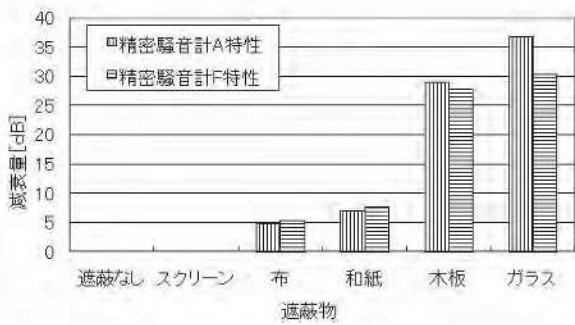


図5 超高周波数音の透過特性

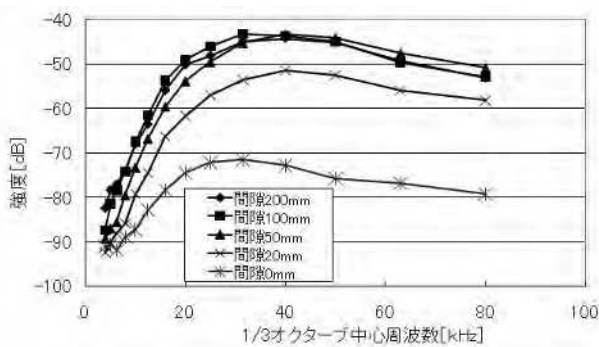


図6 超高周波数音の木質透過特性に及ぼす間隙の効果