

自然環境の発する音（超高周波数音）が人に与える影響

¹環境科学研究所・²工業技術センター

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

Health Promoting Effects of Natural Resources

Psychophysiological Studies on the Effects of Ultrasonic Sounds in Natural Environments

¹Institute of Environmental Sciences, ²Industrial Technology Center

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

要 約

本研究の目的は、自然環境音に含まれる超音波成分が人に及ぼす生理的・心理的影響を明らかにすることである。本年度は、さまざまな環境下で採取した音に含まれる超高周波数成分（20kHz以上）を分析した。コンデンサーマイクロホン（MI-1531, 小野測器製）を用いて、森林環境音（溪流、葉擦れ音、鳥のさえずり等）と非森林環境音（市街地、室内等）を記録し、サンプリング周波数192kHzにて音響信号をデジタル変換した。高周波数音帯域の振幅スペクトルを評価するため、音響信号にFFTを施した。その結果、溪流、滝、枯葉の葉擦れ音に含まれる20～30kHzの周波数帯域スペクトルが、非森林環境よりも10dB以上大きいことがわかった。音源との距離が長くなると超高周波数音は減衰した。青葉の葉擦れや小鳥のさえずりなどのその他の森林環境音には高周波成分がほとんど含まれていなかった。今回の結果から、水流の周辺に滞在したり枯葉の上を散策したりする時に、人が超高周波数音に接していることがわかった。

Abstract

The aim of the study is to clarify the effects of ultrasonic sounds in natural environments on physiological and psychological functions in humans. We have identified the frequencies and intensities of the ultrasonic components, over 20 kHz, within acoustic data recorded at various environments. Environmental sounds in forests (streams, waterfalls, leaves fractioning, warbling of birds, etc.) and outside forests (urban area, office room, etc.) were collected by means of condenser microphones (MI-1531, Ono Sokki) and digitized at 192 kHz sampling rate. Fast Fourier transform (FFT) analysis showed that the spectral power of 20 to 30 kHz in the sounds of streams, waterfalls, and fractioning of fallen leaves was greater than that of non-forest environments by 10 dB. The power of ultrasonic components decreased as the distance from the sound sources increased. In the forest environments, however, warbling of birds and fractioning of green leaves did not contain any detectable components of ultrasonic range. The present study revealed that humans are exposed to ultrasonic sounds as they are standing by water streams and walking on fallen leaves.

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。本研究室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。

音響要因として、超高周波音（20kHz以上）の聴取はリラクゼーション作用をもたらすことが示唆されてき

た。例えば可聴域音に超高周波音を加えて呈示すると、 α 波の出現頻度が増加することが報告されている³⁾。このような超高周波数音は人に意識（知覚）されることはないが、骨伝導技術による呈示は、脳における聴覚処理活動に影響を与えることも報告されている⁴⁾。

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希である音源が存在する。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。そこで本サブテーマでは、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する。本年度は「森林環境中で発生する超高周波数成分を

測定・分析」を中心に実施する。

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。

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)	データ記号	
森林	環境科学研究所 晴天 小鳥のさえずりを含む	65	F1	
	環境科学研究所 降雨 小雨程度	64	F2	
	高遠青少年自然の家 (長野県伊那市)	青葉の葉擦れ (微風)	60	F3
		枯葉の葉擦れ (歩行)	65	F4
		静観	65	F5
森林 + 水流	鹿留川 (都留市) 川辺から3m付近	70	W1	
	本谷川 (増富町) 川辺から3m付近	71	W2	
	昇仙峡 仙娥滝 滝から40m付近	69	W3	
	板敷溪谷 大滝 滝から10m付近	72	W4	
非森林	環境科学研究所 通路 (室内)	57	I1	
	環境科学研究所 ホール (室内)	60	I2	
	富士パインズパーク 芝生	68	O1	
富士吉田合同庁舎 駐車場	70	O2		



写真1 調査地の風景。上段がF4、下段がW2の風景である(表1参照)

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(小野測器, AU-2200)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(写真2)。デジタル騒音計(アズワン製: SM-325)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、



写真2 測定機器の設置

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。

3. 結果

3-1 森林環境における周波数特性

調査地における音響データの周波数特性について検討するため、1k~96kHzまでの帯域の振幅スペクトルを図示した。なお縦軸は最大値を0 dBとしたときの相対値を表記した。横軸の周波数は対数表記である。そして20kHz以上の超高周波成分の振幅スペクトルについて要因ごとに比較した。

3-1 (1) 晴天と雨天

同じ森林環境であっても、天候によって音環境は大きく変化する。図1に調査データF1とF2の振幅スペクトルを示した。小雨では、10kHz以上の周波数帯域が晴天時に比べて高い振幅を示している。20kHz以上の帯域では、晴天時に比べ10~15dBほど強い。降雨時には、水が地面に接地するときに衝撃音が発せられる。F1には小鳥のさえずり等も含んでいるが、超高周波成分は検出されなかった。

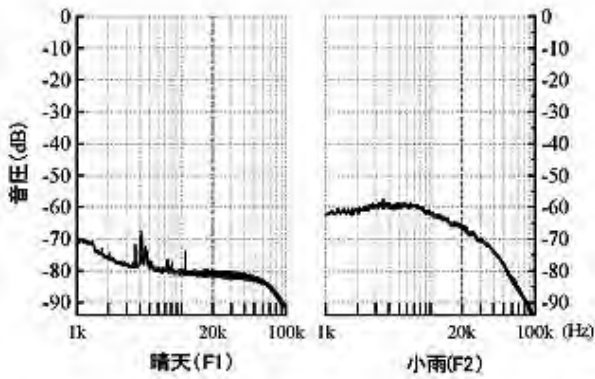


図1 天候による周波数特性の違い

3-1 (2) 葉擦れ

森林散策中に存在する音源として、微風による青葉の葉擦れや歩行時の枯葉の葉擦れなどがある。図2に調査データF3, F4, F5の振幅スペクトルを図示し、静観と葉擦れ音の高周波帯域の周波数特性と比較した。静観と青葉の葉擦れ音は、-80dB前後を示していることに対し、歩行時に発する枯葉の葉擦れ音では、-66dBの程度の振幅が観測できる。

3-1 (3) 水流

森林内は傾斜があるため、滝・溪流の水流音は平地の緩流くらべ音圧が大きくなる。図3に調査データW1, W2, W3, W4の振幅スペクトル密度を示し、森林環境における水流音について比較した。概ね-60dB~-75dB程度の振幅が確認できる。溪流と滝を比べると騒音レベルの差は小さいが、高周波帯域では滝の方が大きい振幅

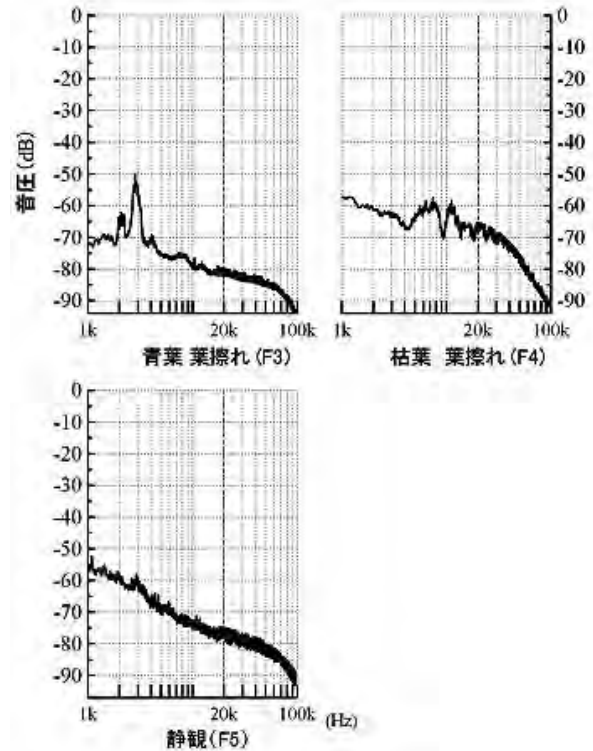


図2 葉擦れ音の周波数特性

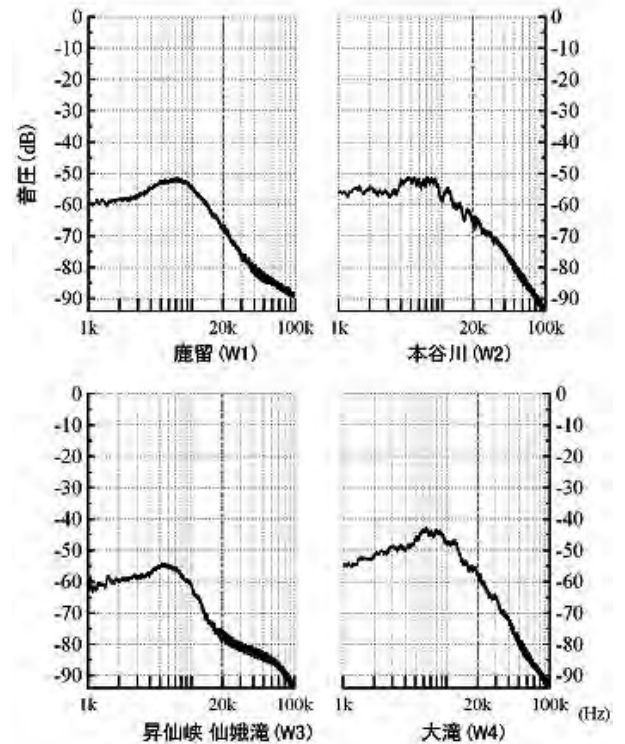


図3 水流による周波数特性

を示している。しかし音源から距離が離れている音響サンプル (W3) は、騒音レベルでは違いがないが、高周波成分では-80dB程度であった。後述するが、これは非

森林環境の高周波成分と同程度の振幅である。

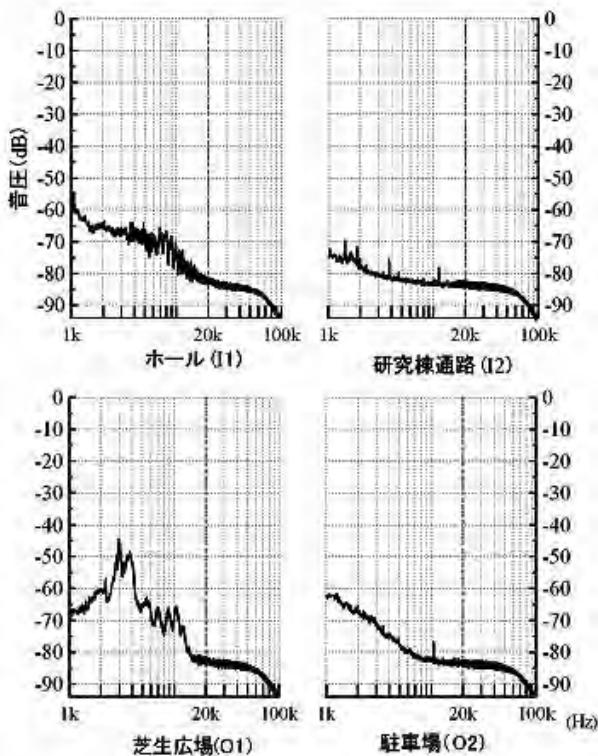


図4 非森林環境の周波数特性

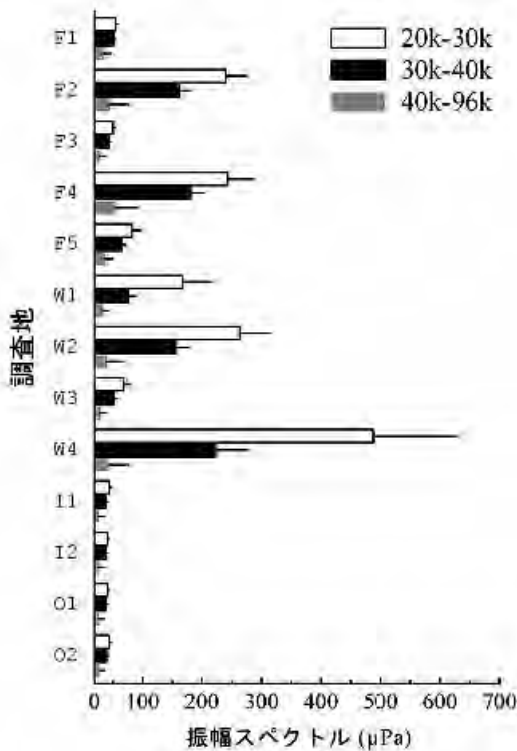


図5 超高周波音帯域の振幅スペクトルの比較。調査地記号の割り当ては表1参照のこと。

3-1 (4) 非森林環境

調査データI1, I2, O1, O2から、非森林環境における周波数特性を示した。高周波帯域においては概ね-85dB~-83dB程度の振幅が確認できる。この振幅は森林環境での超高周波成分の振幅に比べ低いといえる。

3-2 高周波成分の振幅スペクトル

超高周波数音の含有量を比較するため、20k以上30kHz未満(帯域1)、30k以上40kHz未満(帯域2)、および40kHz以上(帯域3)に分類し、各帯域の振幅スペクトルを平均した(図5)。その結果、帯域1と帯域2では調査地による振幅の違いが認められた。

帯域1において、森林の小雨(F2)、森林の歩行(F4)、溪流(W1, W2)に200 μ Pa前後の振幅が認められた。さらに滝(W4)では最も大きく400 μ Pa程度の振幅が確認できた。その他の調査地では、100 μ Pa以下であった。帯域2でも帯域1と同様の傾向にあるが、全体的に平均振幅は減少している。また帯域3については、全ての音響データに共通して振幅が小さく、調査地による差も殆どない。

4. 考察

超高周波数音は、歩行時の葉擦れ音、小雨、溪流、滝で多く観測され、その帯域は20k~40kHzの範囲であった。40kHz以上の超高周波数音は観測できなかった。溪流、滝周辺の音源は主に水流であるが、これらの音には超高周波数音を多く含んでいる。それに対して、非森林環境では超高周波数音を多く含む音は観測されなかった。すなわち森林環境における一部の音には、超高周波数音を含んでいることが特徴である。

可聴域音の騒音レベルが同程度であっても、高周波成分の振幅は条件によって増減する。例えば溪流よりも滝の方が高い振幅を示していた。これは滝の方が、着水する時の落下速度が速く衝撃も大きいことに由来すると予測できる。また同じ滝であっても、音源からの距離が離れることによって高周波成分は減衰してしまう。従って、水の落下速度や音源との距離の要因は、水流に含まれる超高周波数音の振幅に影響する。

森林歩行中の枯葉を踏みしめる葉擦れ音には、高周波成分が含まれていたが、風による青葉の葉擦れ音には含まれていない。枯葉の場合、地面とマイクロホンまでの測定距離が約1.5mとほぼ一定である。一方、青葉の場合、樹木の高さや枝の長さによって音源とマイクロホンとの測定距離が変わるため一定でない。そのため青葉は、枯葉に比べ高周波成分の距離減衰の影響を受けやすい。また青葉と枯葉では硬さも異なるため、硬さの違いが葉擦れ音の周波数特性にも影響する可能性がある。

5. 結 言

以前より森林を利用することによる健康維持効果が期待されており、現在その効果を支持する科学的データが提供されつつある。しかしながら、森林の音響環境に注目した研究は未だ行なわれていない。本研究では森林の音響・聴覚的要因の健康維持効果を検討することを目的とした。本年度は森林環境の音響特性を捉えるため、森林環境内の超高周波数音の有無について調査した。その結果、枯葉の葉擦れ、滝などいくつかの音に超高周波成分が含まれることが分かった。超高周波数音にはリラクゼーション作用があることが期待されており、今後は超高周波数音を含む森林環境音の心身の健康維持効果について検証をする予定である。

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) Oohashi T, et al. The role of biological system other than auditory air-conduction in the emergence of the hypersonic effect. *Brain Res.* 1073-1074, 339-347, 2006.
- 4) 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.