超音波領域の音が人間に与える影響について

日大生産工（院）○伊藤　隆道　　日大・理工（院）　山崎　　恵
日大・理工　　堀田　健治　　日大生産工　　山崎　　憲

1.はじめに

一般にヒトの可聴周波数帯域は、20[Hz]から 20k[Hz]と言われている。これに基づきオーディオ用コンパクトディスク(CD)やデジタルオーディオテープ(DAT)の標準フォーマットではサンプリング周波数が 44,100[Hz]あるいは 48,000[Hz]に定められている。しかし近年、人工音であるガムラン民族楽器の音や自然音である波の音に含まれている可聴域外である 20k[Hz]以上の超音波領域の音が、人間の脳波（α波）を活性化させるという報告がある[1) 2)]。

そこで、本報では超音波領域の音が生理面に与える影響の基礎的な資料を得ることを目的として、脳波測定のみならず、手掌部発汗測定、顔面皮膚温測定から分析を行い、超音波領域の音を付加した時と非付加時の比較を行った。

2.実験の概要

2-1.被験者

学生 15 名（男性 13 名、女性 2 名、年齢 21～23 歳）である。

2-2.実験環境

実験は、呈示音以外の音による影響を避けるために無響室を使用した。

被験者にはリラックスした姿勢で椅子に座らせた。

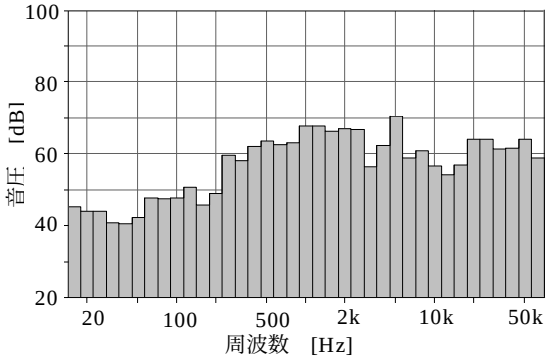
2-3.呈示音

実験に使用した音は、可聴音に渓流の音、超音波領域の音にピンクノイズを用いて、可聴音のみと可聴音＋超音波領域の音の 2 種類の音を被験者に呈示した。

可聴音は渓流の音をハイスピードディジタルデータレコーダ（SONY）で録音したデータをあらかじめ CD に記録して用いた。

超音波領域の音はピンクノイズをハイスピードディジタルデータレコーダで録音したものを用いた。

呈示音を無響室内で再生し 1/3 オクターブ分析した周波数特性を図 1 に示す。なお、測定は 1/4 インチコンデンサマイクロホン（B&K）を用いて被験者の耳の位置で行った。



渓流の音（可聴音）+ピンクノイズ（超音波）

図 1　1/3 オクターブ分析した周波数特性

On the Effects by the Ultrasonic Waves

By Takamichi ITOH , Megumi YAMAZAKI , Kenji HOTTA and Ken YAMAZAKI

2-4.機器の構成

可聴音は CD レコーダで再生してスピーカから発生させた。また、超音波領域の音はハイスピードディジタルデータレコーダの出力をフィルタに通して可聴音をカットし、ツィータから発生させて被験者に呈示した。機器の構成を図 2 に示す。

2-5.音の呈示方法

音の呈示方法として 30 秒間の安静時間を設け、その後被験者に音を 2 分 30 秒間呈示した。被験者に前の呈示音による影響が残らないよう 1 回の実験ごとに 20 分間の休憩時間を設けた。また、可聴音のみと可聴音+超音波領域の音を呈示する順序はランダムとし、被験者に音の順序がわからないようにした。実験のタイムチャートを図 3 に示す。

2-6.生理測定

実験は、脳波測定と手掌部発汗測定、顔面皮膚温測定を同時に行った。

2-6-1.脳波の測定

(a)脳波測定機器：

被験者が感じる束縛感をなるべく軽減するために、被験者に装着した電極からの信号を電波で送信し、離れた場所で受信して測定をすることができる WEE-6124 テレメトリシステム（日本光電）を使用した。受信したデータはパーソナルコンピュータで記録した。

また、電極は国際標準 10-20 電極配置法に基づき 12 ヶ所（Fp_1,Fp_2,F_7,F_8,F_z,C_3,C_4,T_5,T_6,P_z,O_1,O_2）に配置した。頭部の脳波電極測定位置を図 4 に示す。

(b)脳波の評価方法：

脳波はδ波（4[Hz]未満）、θ波（4[Hz]以上、8[Hz]未満）、α波（8[Hz]以上、13[Hz]未満）、β波（13[Hz]以上、13[Hz]は含まない）の周波数帯域ごとに分類される。本解析ではα波の含有量に着目し、音に対しての生理的評価を行った。

2-6-2.手掌部発汗測定

(a)手掌部発汗測定機器：

発汗の測定にはペアセンサ差分方式 2ch デジタル発汗計 SKD-2000（スキノス製）を使用した。発汗計を無響室内に置き、パーソナルコンピュータで記録した。発汗計の測定位置は両手の拇指の第一間接より先の位置とした。手掌部発汗の測定位置を図 5 に示す。

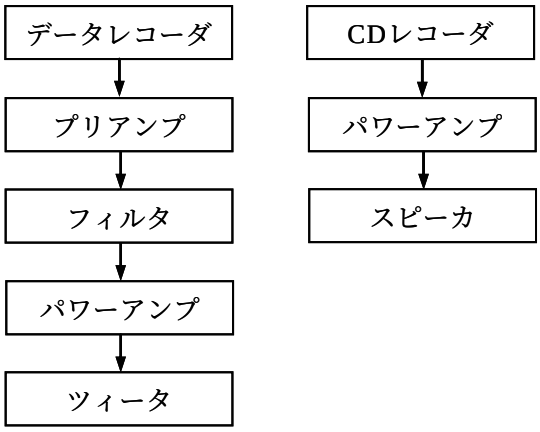


図.2 音の呈示機器の構成

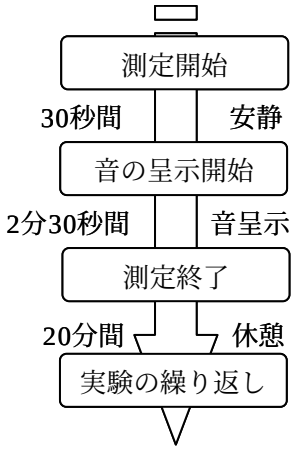


図.3 実験のタイムチャート

(b)手掌部発汗の評価方法：

精神性の発汗が引き起こされる両手拇指の発汗量を測定し、音に対しての生理的評価を行った。

被験者の緊張による発汗を除くために発汗量が落ち着いてから実験を行った。

2-6-3.顔面皮膚温測定

(a)顔面皮膚温測定機器：

顔面皮膚温の測定には赤外線サーモグラフィ TVS-700（日本アビオニクス製）を使用した。サーモグラフィを無響室内に置き、パーソナルコンピュータで記録した。得られたサーモグラフィの画像データを図 6 に示す

(b) 顔面皮膚温の評価方法：

サーモグラフィより得られた画像データから鼻と額の皮膚温度差の変化より被験者の情動ストレスの影響を調べ、音に対しての生理的評価を行った。

3.実験結果

3-1.脳波測定の結果

頭部に装着した 12 電極の含有量の平均を求め、α波含有量から検討を行った。また、それぞれの結果より t 検定を行った。図 7 に 0[sec]を基準とした時の、被験者全員のα波含有量の平均の変化量を示す。

図 7 より可聴音のみと可聴音+超音波領域の音を比較すると、可聴音+超音波領域の音を呈示した場合にα波含有量を増加させる傾向が見られた。検定結果では有意水準 P が 0.01 未満であった。

3-2.手掌部発汗の結果

図 8 に 0[sec]を基準とした時の、被験者全員の手掌部発汗量の平均の変化を示す。

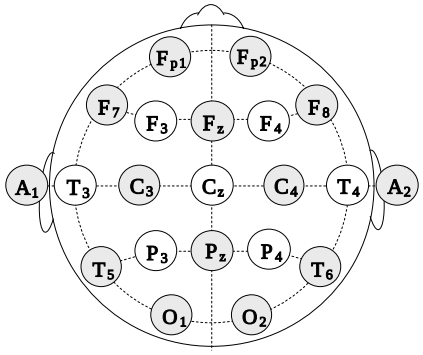


図 4. 頭部の脳波電極測定位置

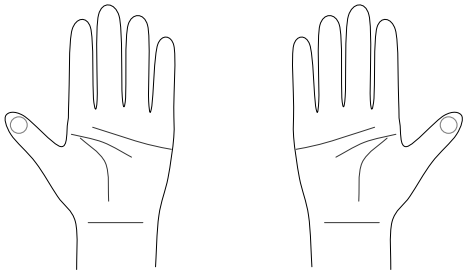


図 5. 手掌部発汗の測定位置

図 6. サーモグラフィの画像

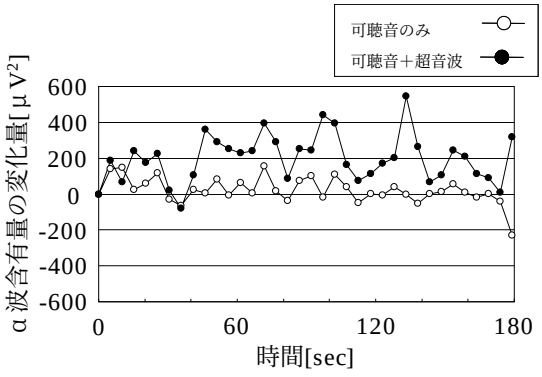


図 7. α波含有量の変化

図 8 より可聴音のみと可聴音+超音波領域の音を比較すると、30 秒付近に見られる発汗量の上昇は音呈示直後における動揺であると考えられる。2 種類の呈示音のどちらにおいても発汗量は減少する傾向にあるが、可聴音のみと比較し、可聴音+超音波領域の音の方がより発汗量が減少する傾向がみられた。検定結果では有意水準 P が 0.01 未満であった。

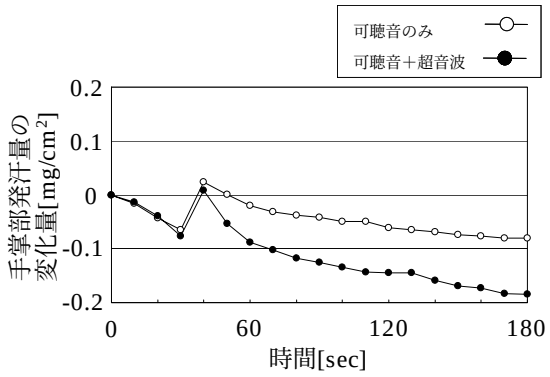


図 8. 手掌部発汗量の変化

3-3.顔面皮膚音の結果

サーモグラフィから得られた画像データより、額部と鼻部の皮膚温の差による被験者の情動ストレスの影響を調べ、音に対しての生理的評価を行った。

図 9 に 0[sec]を基準とした時の被験者全員の額部と鼻部の皮膚温度差の平均の変化量を示す。図 9 より可聴音のみと可聴音+超音波領域の音を比較すると、可聴音+超音波領域の音の方が皮膚温度の変化が増加する傾向がみられた。検定結果では有意水準 P が 0.01 未満であった。

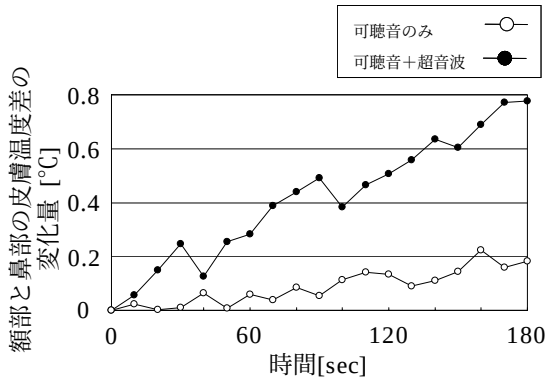


図 9. 額部と鼻部の皮膚温度差の変化

4.おわりに

今回の実験では、自然環境音である渓流の音の可聴音にピンクノイズの超音波領域の音を含んだ音、及び、渓流の音の可聴音のみの 2 種類の音を被験者に呈示し、超音波領域の音が人間に及ぼす影響について検討した。

その結果、脳波測定ではα波の活性化、手掌部発汗測定では発汗量の抑制、顔面皮膚温測定では皮膚温の上昇する傾向がみられた。

この結果より、脳波測定以外である手掌部発汗測定、顔面皮膚温測定からも、可聴音に超音波領域の音を加えた音を呈示した場合、人間にリラックス効果を与えることが確認された。

参考文献

1) 仁科エミ,大橋力,河合徳枝,不波本義孝,当麻昭子：「ガムラン音高周波成分の生理的影響について(ハイパーソニック・エフェクトに関する研究　その 1)」日本音響学会講演論文集、pp.395-396（1992）

2) 崔鍾仁,堀田健治,山崎憲:「超音波を含む波音の再生音が人間の生理・心理に及ぼす影響に関する研究-聴覚誘導電位の挙動・心理・性格検査を用いて その 1-」日本建築学会計画計論文集第 563 号 pp327-333（2003）

3）小林正義,牛山美和,牛山喜久,千島亮,大橋俊夫:「気分状態の精神性発汗現象に及ぼす影響」発汗学 Vol.4,No.1,pp16-18 (1997.04)

4) 善住秀行,野澤昭雄,田中久弥, 井出英人：「鼻部皮膚温度変化による快－不快状態の推定」電気学会論文誌 vol.124pp213-214(2004)