

低周波音に対する心理的反応

横島 潤紀（神奈川県環境科学センター） 森長 誠（大同大学）
牧野 康一 土肥 哲也 横山 栄 小林 知尋（小林理学研究所）
山崎 徹（神奈川大学）

低周波音を特徴付ける感覚として圧迫感・振動感の存在が報告されています。しかし既往研究では、身体の内側の部位で、人が圧迫感・振動感を知覚しているのかは明確にされていません。本研究では、圧迫感・振動感の知覚に着目した心理評価実験を行いました。その結果、耳の奥や頭部で知覚している人が多いことがわかりました。さらに、耳の奥または頭部において、音圧レベルにより圧迫感・振動感の知覚割合を推計できる式を周波数別に構築しました。

1. はじめに

低周波音に関する苦情は以前から一定数存在しており、近年では、家庭用ヒートポンプ給湯機などから生じる運転音・振動等による不眠等の症状も訴えられています。このように、周辺が静かな地域における低レベルの低周波音に関する苦情が増えているため、多くの地方公共団体はその対応に苦慮しています。令和4年度公害苦情調査結果報告書¹⁾によると、令和4年度に新規に受け付けた低周波音に係る苦情の件数は287件で、令和3年度に引き続き高水準でした。

低周波音が人に及ぼす影響及びそのメカニズムには不明な点も多く、さらなる研究が不可欠です。低周波音を特徴付ける感覚の一つに、圧迫感・振動感があります²⁾。圧迫感・振動感とは、低周波音により身体の一部が圧迫される、もしくは振動する感覚のことです。この先行研究において、うるささ等の他の印象と比べて圧迫感・振動感を優先して感じる領域が、周波数と音圧レベルの二次元グラフで示されています。しかし、この先行研究も含め既往研究では、圧迫感・振動感を知覚している身体の一部に関する議論は十分とはいえません。本研究は、低周波音による圧迫感・振動感による人への影響を定量的に評価する第一歩とし、圧迫感・振動感に着目した心理評価実験の結果を報告します。

2. 神奈川県環境科学センターでの対応状況

実験結果を報告する前に、当センターにおける低周波音に係る苦情対応について説明します。当センターでは、県内市町村の環境部局等からの依頼で、騒音・振動・低周波音に係る測定・評価に関する技術的支援を行っています。表1に示すとおり、平成30年度から令和4年度までの5年間における技術支援の件数から、全件数の約67%を低周波音が占めています。また、その発生源として、近隣施設が8件、発生源不明が5件あり、騒音や振動に対する苦情とは異なる特徴があります。これらの低周波音に対する苦情の申立て内容は、圧迫感・振動感も含む心理的影響に起因するものが大半でした。加えて、その心理的影響が引き金となり、不眠や体調不良を訴える事例も多く見られました。

表 1 環境科学センターでの技術支援の件数（平成 30 年度～令和 4 年度）

発生要因 \ 発生源	事業場	近隣施設	交通機関	不明	合計
騒音	5	0	4	0	9
振動	1	0	3	0	4
低周波音	11	8	2	5	26
合計	17	8	9	5	39

3. 心理評価実験

圧迫感・振動感を知覚する部位、また音圧レベルと知覚割合との関係を明らかにするために、当センター、大同大学、神奈川大学及び（一財）小林理学研究所の共同研究として心理評価実験（以下、「実験」と記す。）を実施しています。本実験は、2021 年 10 月から 12 月の期間に、図 1 に示す小林理学研究所内の低周波音実験室で実施しました。

（1）実験室

実験室の天井には、低周波音を発生させるために、直径 38 cm のスピーカー 16 個が取り付けられています。実験室のサイズは 2.8 m (L)×2.1 m (W)×2.2 m (H)です。

（2）刺激

本実験に用いた刺激は 20 秒間の純音(1つの周波数の成分だけで構成される音)です。周波数は 10、20、40、50、63、80 及び 160 Hz の 7 条件、音圧レベルは、周波数により異なりますが、40～100 dB の範囲の 7 条件とし、計 40 種類の刺激を実験に用いました。



図 1 低周波音実験室

（3）実験参加者

実験参加者は、20 代～50 代の成人 30 名で、音響に関する特別な知識は有していない方としました。性別は男女半々、年齢も 20 代・30 代と 40 代・50 代で半々としました。また、実験参加者の方々には、実験開始前に聴力検査を受けていただき、いずれの方も正常な聴力を有することを確認しました。

（4）実験の手順

実験は 1 名単位で実施しました。実験参加者は、実験室内の椅子に座り、ランダムに割り当てた 40 種類の刺激を順番に聴取しました。それぞれの刺激を聴取した直後に、実験室内のモニターに表示された質問に対し、マウスやキーボードを用いて、圧迫感・振動感について評価しました。具体的には、最初に、圧迫感・振動感に対する知覚の有無に関する評価を行いました。続いて「感じた」と回答した場合にのみ、それを知覚した人体の部位（耳の周り、耳の奥、頭部、胸部、腹部、その他）について、複数回答可で評価しました。

4. 結果及び考察

(1) 圧迫感・振動感を知覚する人体の部位

表 2 には、圧迫感・振動感を知覚した人体の部位に関して、それぞれの部位の組合わせで整理した回答数（上位 10 番目まで）を示しています。なお、実験全体での刺激の総数は 1200、そのうち圧迫感・振動感を知覚した刺激の総数は 830 でした。回答数が最も多かった組合わせとしては、「耳の奥」単独が 172 でした。続いて、「耳の奥」・「頭部」の組合わせが 104、「頭部」単独が 98、「耳の周り」単独が 67、「耳の周り」・「耳の奥」・「頭部」の組合わせが 58 でした。また、部位別に回答数を整理すると、「耳の奥」が 515 と最も多く、続いて「頭部」が 406 となりました。

表 2 圧迫感・振動感を知覚した人体の部位の組合わせ数

部位数	回答数
耳の奥	172
耳の奥・頭部	104
頭部	98
耳の周り	67
耳の周り・耳の奥・頭部	58
耳の周り・耳の奥	54
耳の周り・耳の奥・頭部・胸部	25
胸部	24
耳の奥・頭部・胸部	24
耳の周り・頭部	22

(2) 音圧レベルと圧迫感・振動感を感じる割合との関係

上記の結果から、回答数が多い「耳の奥」と「頭部」に着目し、音圧レベルと圧迫感・振動感の知覚割合との関係を周波数別（160 Hz を除く 10～80 Hz の 6 周波数）に整理したものを図 2 に示します。いずれの部位も、音圧レベルが増加すると、知覚割合が増加する傾向を確認できます。また、周波数別に知覚割合を比較すると、10 Hz 及び 20 Hz が低い反面、40 Hz 及び 50 Hz が高い傾向を示しています。また、63 Hz に関しては、「耳の奥」では 80 dB 以上、「頭部」では 90 dB では知覚割合が低下しています。これは、本稿には掲載していませんが、「胸部」や「腹部」において圧迫感・振動感の知覚割合が急増したために、「耳の奥」や「頭部」での知覚が抑制されたと解釈しています³⁾。

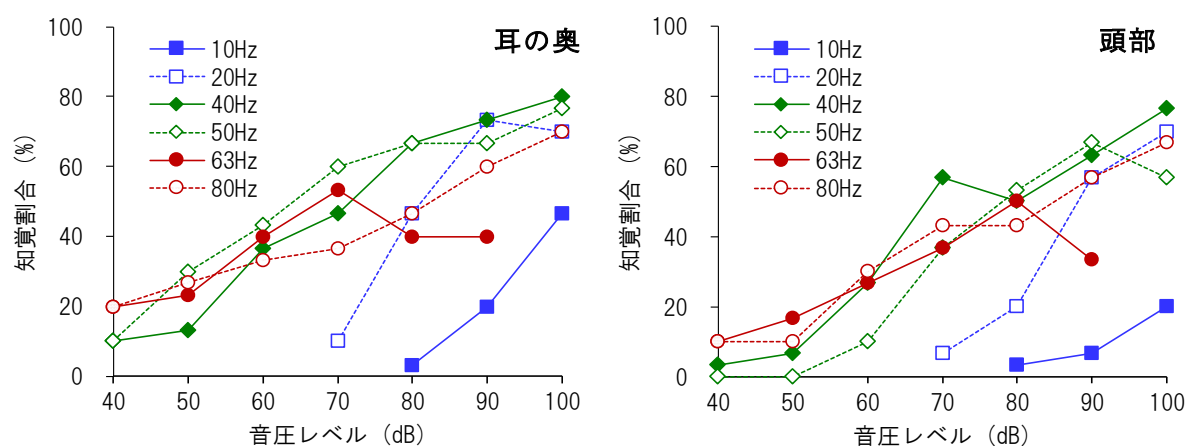


図 2 音圧レベルと圧迫感・振動感の知覚割合との関係

以上の結果を踏まえ、圧迫感・振動感が「耳の奥」または「頭部」のいずれかで知覚される可能性が高いことから、その知覚割合を音圧レベルの関数とした推定式を構築しました。圧迫感・振動感の有無を目的変数とし、音圧レベル、性別（2条件）、年齢（2条件）、騒音感受性（2条件）を説明変数として、多重ロジスティック回帰分析の手法を適用しました。図3に、圧迫感・振動感を知覚しやすいと考えられる周波数40 Hz及び50 Hzを対象に、音圧レベルによる知覚割合の推定結果を表示しています。なお、推定式の構築にあたり、性別、年齢などの個人属性の構成割合は、本実験参加者のものを当てはめました。

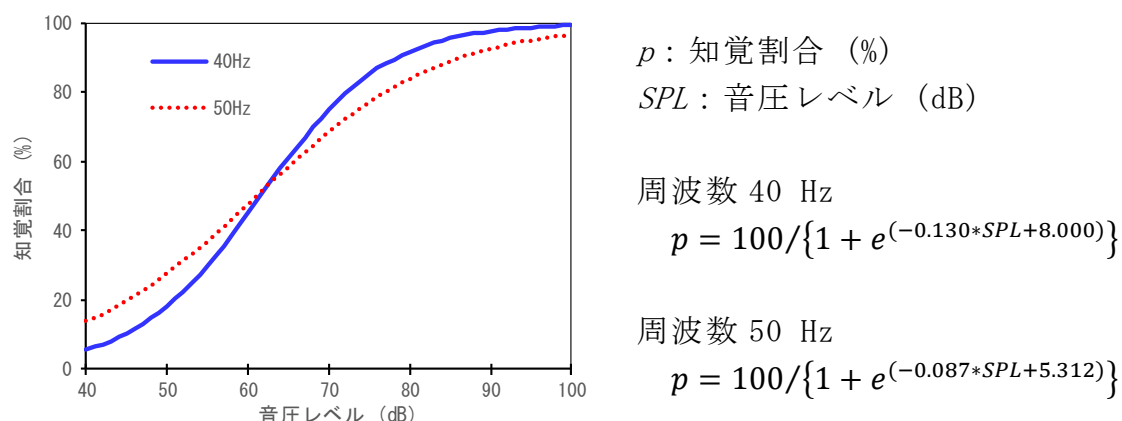


図3 音圧レベルによる圧迫感・振動感の知覚割合の推定結果

上記の推定式を用いることで、家屋内で測定される低周波音の卓越周波数が40 Hzまたは50 Hzの場合には、音圧レベルから圧迫感・振動感の知覚割合を推定できるようになります。その他の周波数においても、その精度は低下すると考えられますが、推定式の構築は可能です。これらの推定式は、苦情の状況を客観的に判断するための資料の一つとして活用できると考えています。

5. おわりに

本稿では、低周波音により生じる圧迫感・振動感に着目し、純音を刺激に用いた心理評価実験の結果を報告しました。現在は、新幹線鉄道騒音と自動車交通騒音、すなわち低周波数成分と可聴周波数成分のいずれも卓越する交通騒音を対象とし、騒音全体の評価に低周波数成分の音が及ぼす影響を検討しています。これらの研究成果も踏まえて、交通騒音などの移動音源も含めて、低周波数成分の音を十分に含む環境騒音の評価指標の構築を目指していきます。

参考文献

- 1) 公害等調整委員会事務局（2023）令和4年度公害苦情調査結果報告書。
- 2) 中村俊一、時田保夫、織田厚（1979）超低周波音の生理・心理的影響と評価に関する研究班報告書、昭和55年度文部省科学研究費「環境科学」特別研究。
- 3) 横島潤紀、森長誠、牧野康一、土肥哲也、横山栄、小林知尋、山崎徹（2022）低周波音による圧迫感・振動感に関する主観評価実験、神奈川県環境科学センター研究報告、No.45、p 17-23。