

低周波複合音の知覚に及ぼす閾下音の影響に関する実験的検討

埼玉大学大学院 正会員 ○松本 泰尚
 埼玉大学大学院 正会員 山口 宏樹
 埼玉大学大学院 学生員 佐々木 貴史
 埼玉大学 小山 啓太

1. 背景・目的

橋梁振動を含む各種発生源による低周波音に関わる環境問題の評価に関して、近年、特に実務上の観点からの研究が国内外で実施されており、それらの成果を反映させた基準や法規などの制定も進んでいる。日本では、環境省を中心に低周波音問題の防止・低減方法の確立を目的とした検討が行われており、低周波音の測定方法(2000)、防止対策事例集(2002)、問題対応の手引書(2004)が相次いで発表された¹⁾。これらの国内外の評価方法では、例えばドイツの評価法のように、低周波音に対する人の知覚閾値を評価基準に用いているものがある。低周波音の知覚閾値については、純音（単一の周波数）を用いた音響心理実験により、現在までに多くの知見が蓄積されている。しかし、複合音（複数の周波数成分）に対する知覚特性については、未解明な部分が多い。そこで本研究では、低周波複合音の知覚特性に対する知見の蓄積を目的として、知覚閾値より低い音圧レベルの周波数成分（閾下音）が低周波複合音の知覚に及ぼす影響に関して、実験的な検討を行った。

2. 知覚閾値測定実験

被験者を用いた知覚閾値測定実験は、暗騒音の影響が少ない時間帯に防音室内で実施した。測定対象とする低周波音は、12.5, 16, 20 Hz の純音、およびそれらのそれぞれと 25Hz の閾下音を同時に提示することによる複合音とした。閾下音の設定については、あらかじめ測定した 25 Hz の純音に対する被験者の知覚閾値から 3 および 6 dB 音圧レベルを低下させたものとした。すなわち、例えば 20 Hz の音と純音知覚閾値より 6 dB 低い音圧レベルの 25 Hz の音（閾下音）の組み合わせによる複合音の場合、閾値測定の際に音圧レベルを変化させる音は 20 Hz の成分のみとし、設定した音圧レベルの 25 Hz の成分をその 20 Hz の成分と同時に発生させ、複合音としての知覚閾値での 20 Hz の成分の音圧レベルに対する閾下音の影響を検討した。

実験で用いた試験音は、防音室内に設置した口径 46cm のスピーカー 2 台を同一信号で駆動することにより発生させた。被験者には、スピーカーの前方 1m の位置に設置した椅子に腰掛けさせ、その位置での音に対する判断を求めた。実験中の音圧は被験者の近傍に設置した低周波音レベル計により測定し、音圧の時系列波形を PC に集録した。図 1 に防音室内の概要を示す。

実験に参加した被験者は、実験前に実施した聴覚検査により聴覚に異常の無いことを確認した年齢 21～25 歳の男性 12 名とした。知覚閾値の心理物理的測定法としては、ISO 8253-1²⁾に規定されている Bracketing 法を用いた。

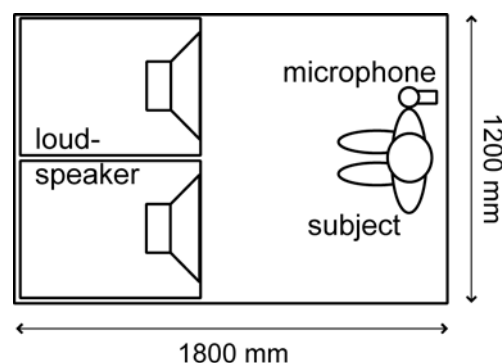


図 1 実験室（防音室）概要

3. 低周波純音の知覚閾値

図 2 に本実験で測定された 12.5～25Hz の純音に対する知覚閾値を、被験者 12 名の中央値と四分位範囲で示す。また、先行実験³⁾での 25～50Hz の純音に対する知覚閾値も合わせて示している。さらに、両実験の結果と ISO 389-7⁴⁾に規定された聴覚閾値の参照値とを比較している。図より、2 つの実験では被験者群が異なるもの

キーワード 低周波音、知覚閾値、複合音、音響心理実験

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学大学院理工学研究科 TEL/FAX: 048-858-3557

の、両実験で測定された 25Hz での知覚閾値が同程度の値を示していることがわかる。しかし、本実験の結果の方が先行実験より被験者間のばらつきが小さくなった。この理由としては、被験者の違いや閾値測定方法が異なること（先行実験では上昇法を使用）が考えられるが、現時点では明らかではない。また、ISO の参照値は 20Hz 以上の周波数範囲でしか与えられていないものの、本実験の結果がそれより低い値を示す傾向が見られた。

4. 閾下音が及ぼす知覚閾値への影響

図 3 に、音圧レベルを固定した 25 Hz の閾下音の、知覚閾値における他の周波数成分の音圧レベルへの影響を示す。図では、複合音の知覚閾値における対象周波数成分の音圧レベルから、その周波数の純音に対する知覚閾値を引いた値を示している。また、先行実験において得られた結果も合わせて示している。ただし、先行実験では 25Hz の閾下音の音圧レベルは、純音知覚閾値より 5 および 10dB 低下させたものとしている。

図より、閾値-3dB の 25Hz の成分により、複合音の知覚閾値における 12.5, 16, 20 Hz の周波数成分の音圧レベルが、純音知覚閾値に比べ全被験者の中央値でそれぞれ 3.6, 6.9, 7.6 dB 低下したことがわかる。これに比べ閾値-6dB の 25Hz の成分の影響は小さく 2~3 dB 程度の低下であった。

表 1 に、図 3 に見られる音圧レベルの低下の統計的有意性について示す。

有意水準を $p < 0.05$ とした場合、閾下音が閾値-3dB の場合は実験で用いたいずれの周波数においても有意、閾値-5dB あるいは-6dB の場合は

16~31.5Hz について有意、閾値-10dB の場合は用いたいずれの周波数においても有意でなかったと言える。

5. まとめ

低周波領域において、閾下音の存在により他の周波数成分の知覚過程が影響を受ける可能性があること、その影響は閾下音の音圧レベルが高いほど明確になることが、実験結果より示唆された。また、閾下音の周波数とそれと同時に発生する成分の周波数が近いほど、閾下音の影響が大きくなることを示す結果が得られ、閾下音の周波数に対し低い周波数領域と高い周波数領域とでその影響の度合いが異なることも示唆された。

参考文献

1) 環境省ホームページ：http://www.env.go.jp/air/teishuha/index.html 2) ISO 8253-1, 1989. 3) 佐々木他, 低周波複合音に対する人間の知覚特性の解明に関する実験的一検討, 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集, 7-188, pp375-376, 2005. 4) ISO 389-7, 1996.

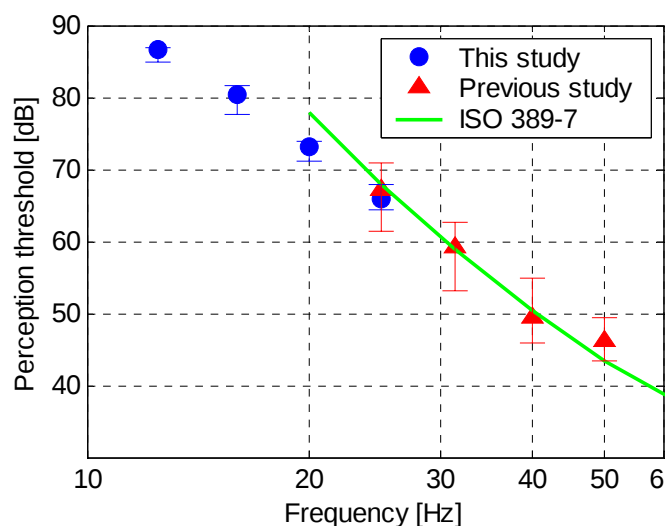


図 2 純音の知覚閾値（中央値と四分位範囲）

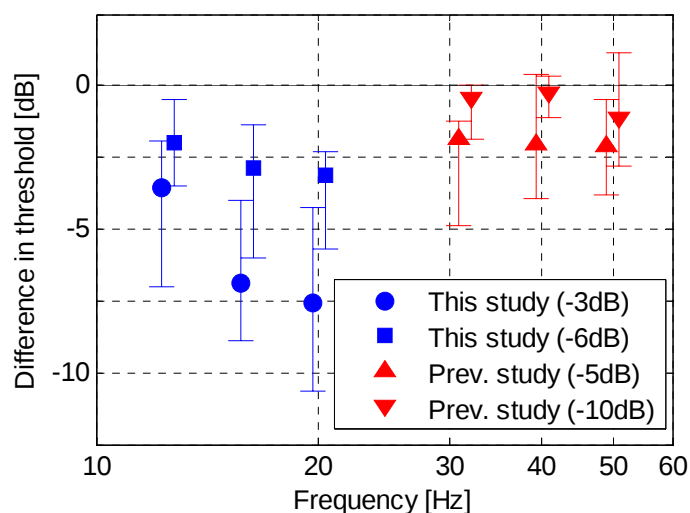


図 3 閾下音の影響（中央値と四分位範囲）

表 1 純音と複合音の知覚閾値の差の統計的有意性 (*: 0.05 未満の場合有意)

Subthreshold component	12.5 Hz	16 Hz	20 Hz	31.5 Hz	40 Hz	50 Hz
-3 dB	0.003*	0.005*	0.004*	---	---	---
-5/-6 dB	0.099	0.023*	0.012*	0.004*	0.158	0.060
-10 dB	---	---	---	0.099	0.388	0.433