

低周波音による圧迫感・振動感の知覚評価

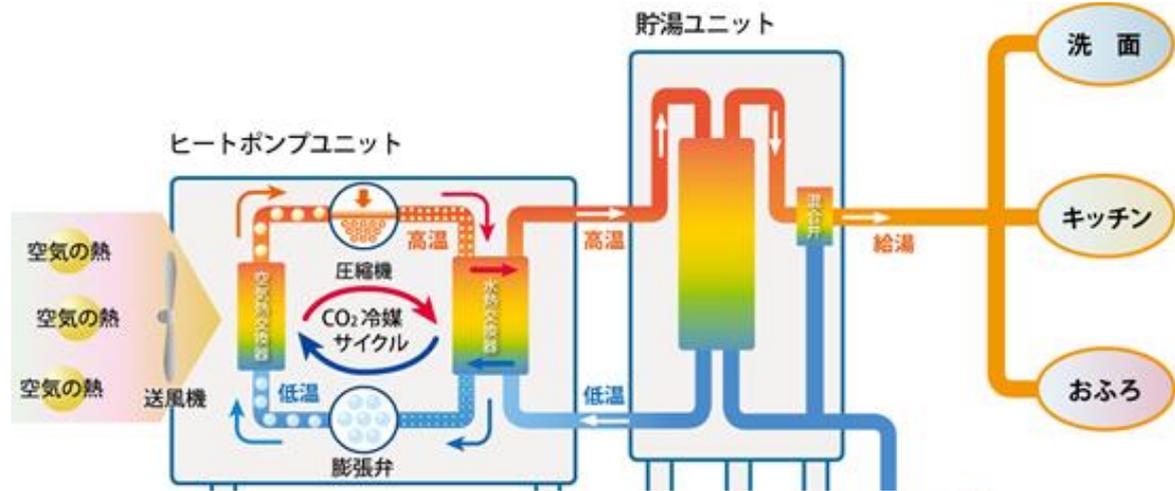
横島潤紀	神奈川県環境科学センター/神奈川大学
森長 誠	神奈川大学
牧野康一	小林理学研究所
横山 栄	小林理学研究所
小林知尋	小林理学研究所
土肥哲也	小林理学研究所
山崎 徹	神奈川大学

低周波音の問題



低レベルの低周波音に関する苦情の増加

消費者安全法第23条第1項に基づく
 事故等原因調査報告書【概要】
 ー 家庭用ヒートポンプ給湯機から生じる運転音・振動により不眠等の健康症状が発生したとの申出事案 ー
 (消費者安全調査委員会)



出典:よくわかる低周波音:環境省大気生活環境室

当センターで対応したことがある技術支援

➤ 施設からの低周波音

工場（電気部品，鋼材加工，飲料品，リネンサプライetc.）

文化施設 変電所 畜舎 飲食店 ホテル 商業ビル

マンション（機械室）

➤ 近隣住宅からの低周波音

室外機 換気システム 家庭用コージェネレーションシステム

家庭用ヒートポンプ給湯器 乾燥室 低周波音発生装置？

➤ 高架道路からの低周波音

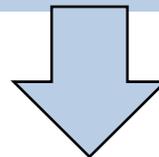
継ぎ目通過に伴う床板からの衝撃音

➤ 発生源不明の低周波音

低周波音の問題環境省の低周波音への対応状況

- 低周波音の測定方法に関するマニュアル（H12. 10）
- 低周波音防止対策事例集（H14. 3）
- 低周波音問題対応の手引書（H16. 6）
- 低周波音対応事例集（H20. 12）
- 地方公共団体担当者のための省エネ型温水器等から発生する騒音対応に関するガイドブック（R2. 3）
- よくわかる低周波音パンフレット

規制基準はなく「参照値」が設定されている



当該苦情が低周波音によるものか判断するための目安

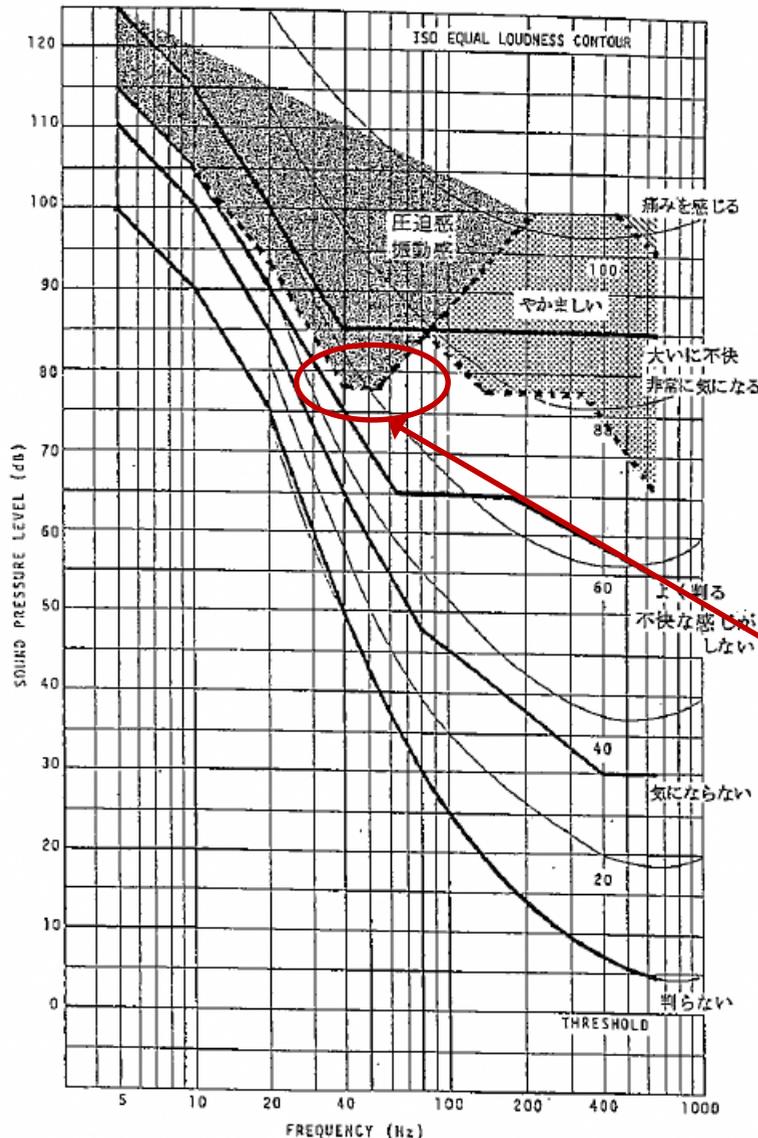
消費者安全法第23条第項の規定に基づく事故等原因調査報告書

- 家庭用ヒートポンプ給湯機から生じる運転音・振動により不眠等の健康症状が発生したとの申出事案（H26. 10）
 - ヒートポンプ給湯機の運転音が申出者の健康症状の発生に関与していると考えられる
 - 運転音に含まれる低周波音については、申出者の健康症状の発生に関与している可能性があると考えられる
- 家庭用コージェネレーションシステムから生じる運転音により不眠等の症状が発生したとされる事案（H29. 10）

既往研究

低周波音による人体への影響やメカニズムは不明な点多いが...

中村, 時田, 織田,
昭和55年度 文部省科学研究費
「環境科学」特別研究
“超低周波音の生理・心理的影響と評価に関する研究報告書”



- ▶ 圧迫感・振動感は40~50Hzで優勢
- ▶ その後の追実験も同じ結果

圧迫感・振動感を、
身体の中のどの部位で知覚？

本稿での報告内容

① 圧迫感・振動感を知覚する人体部位の探索

② 周波数別、知覚部位別の音圧レベルと圧迫感・振動感の知覚割合との関係

③ 周波数別、知覚部位別の音圧レベルと圧迫感・振動感の強さとの関係

2019年度の主観評価実験

【研究倫理】

- 公益財団法人防衛基盤整備協会にて研究倫理審査
- 実験参加者には、同意書を用いて協力者からの承諾を得た

【主観評価実験】

協力者：神奈川県庁の職員

刺激：160Hz以下の1/3オクターブバンドノイズ（36種類）

時間：20秒/1刺激・・・ランダムに提示

備考：実験前に聴力検査＋性別・年齢・騒音感受性も調査

年齢	20代	30代	40代	50代	60代	合計
女性	2名	2名	1名	4名	0名	9名
男性	0名	8名	6名	4名	3名	21名

2021年度の主観評価実験

【研究倫理】

- 神奈川大学で研究倫理審査
- 実験参加者には、同意書を用いて協力者からの承諾を得た

【主観評価実験】

協力者：30名（当センターの職員＋一般の人々）

刺激：160Hz以下の純音（40種類）

時間：20秒/1刺激・・・ランダムに提示

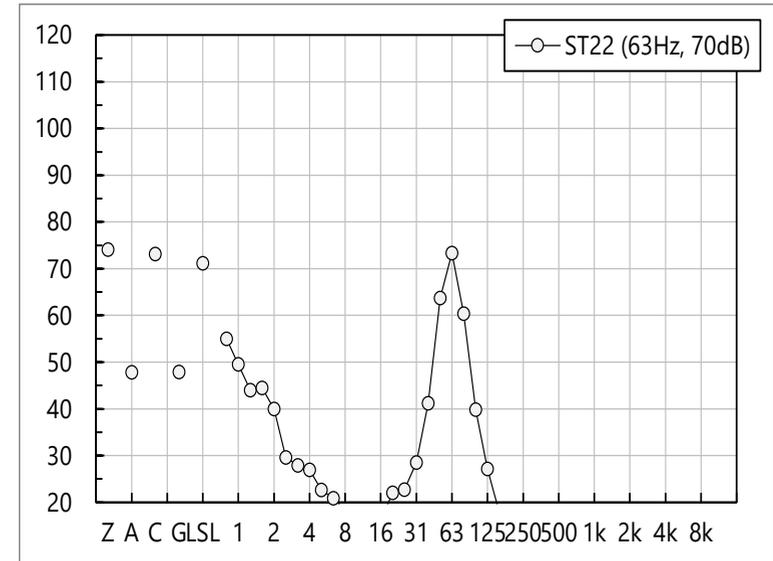
備考：実験前に聴力検査＋性別・年齢・騒音感受性も調査

年齢	20代	30代	40代	50代	合計
女性	4名	3名	4名	4名	15名
男性	3名	4名	3名	5名	15名

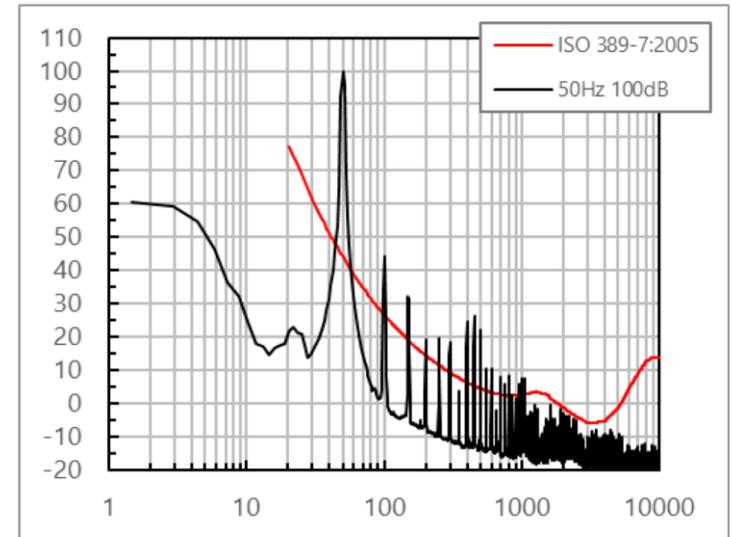
低周波音実験室@小林理学研究所



1/3oct
63Hz
70dB



純音
50Hz
100dB



刺激の提示条件

音圧 レベル	40 dB	50 dB	60 dB	70 dB	80 dB	90 dB	100 dB
10 Hz					◎	◎	◎
20 Hz				◎	◎	◎	◎
40 Hz	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
50 Hz	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
63 Hz	○	◎	◎	◎	◎	◎	
80 Hz	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
160 Hz		◎	◎	◎	◎	◎	◎

◎2019年度と2021年度に共通の刺激 ○2021年度の刺激

実験の回答フォーム

Q1 (音による)圧迫感または振動感を体のどこかで感じましたか。

1. 感じなかった 2. 感じた

Q2 (Q1で「2. 感じた」と回答した場合)圧迫感または振動感を体のどこで感じましたか。(複数回答可)

1. 耳の周り 2. 耳の奥 3. 頭部 4. 胸部 5. 腹部 6. その他

Q3 (Q1で「2. 感じた」と回答した場合)圧迫感または振動感はどの程度でしたか。

-
- 非常に弱い 非常に強い

Q4 提示された音は聞こえた、または耳元で何かを感じたでしょうか。

1. 聞こえなかった、または
耳元で何も感じなかった 2. 聞こえた、または
耳元で何かを感じた

Q5 (Q4で「2. 聞こえたまたは耳元で感じた」と回答した場合)提示された音は不快でしたか。

-
- 全く不快でない 非常に不快

OK

圧迫感と振動感を区別せずに評価

1/3OCT vs 純音：圧迫感・振動感の知覚割合の比較 (Fisher)

	40 dB	50 dB	60 dB	70 dB	80 dB	90 dB	100 dB
10 Hz							
20 Hz							d
40 Hz	—						
50 Hz	—						
63 Hz	—						
80 Hz	—						
160 Hz			a				

5%水準で有意差【a: 耳の周り/b: 耳の奥/c: 頭部/d: 胸部/e: 腹部】

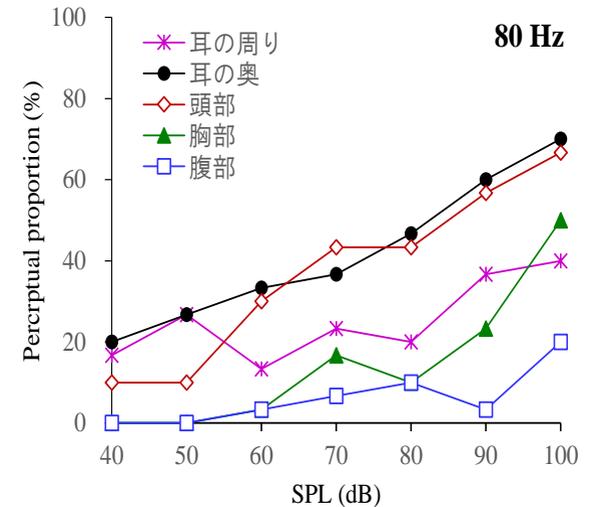
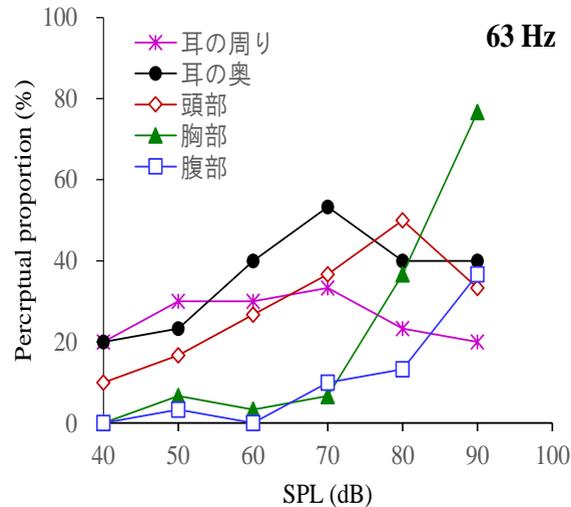
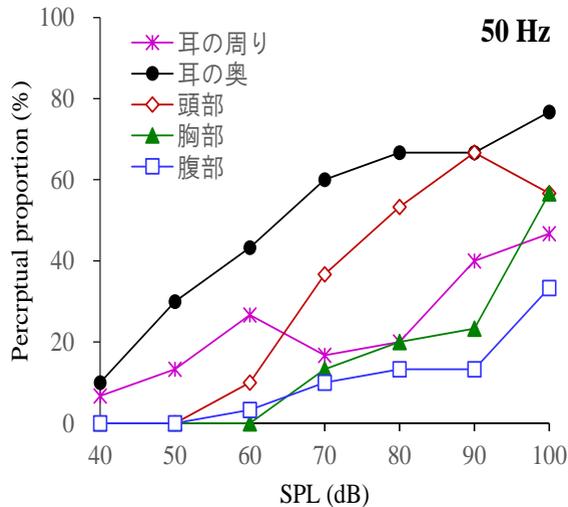
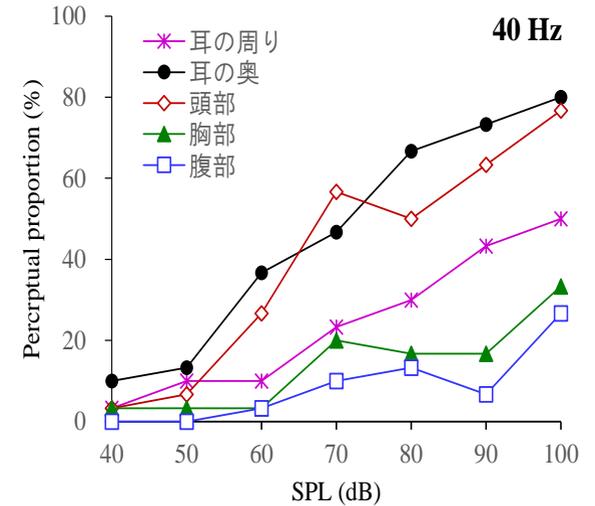
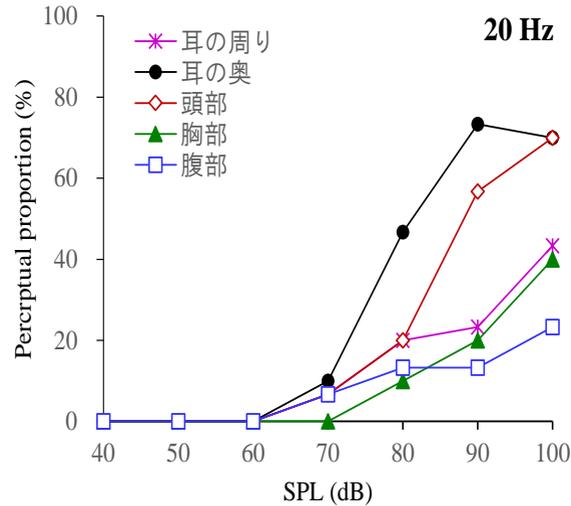
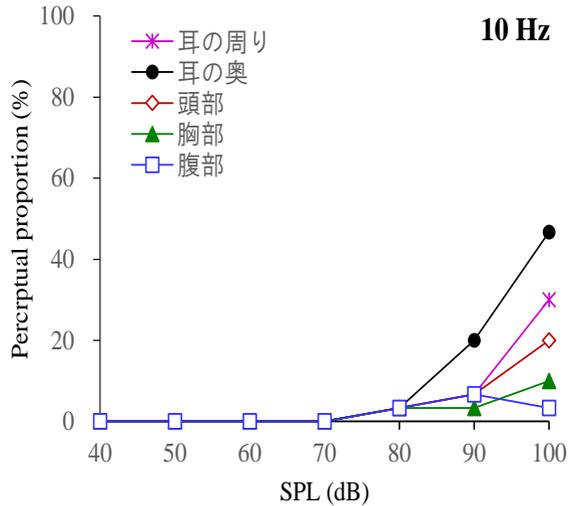
2021年度の実験結果を用いて分析

圧迫感・振動感を知覚する部位

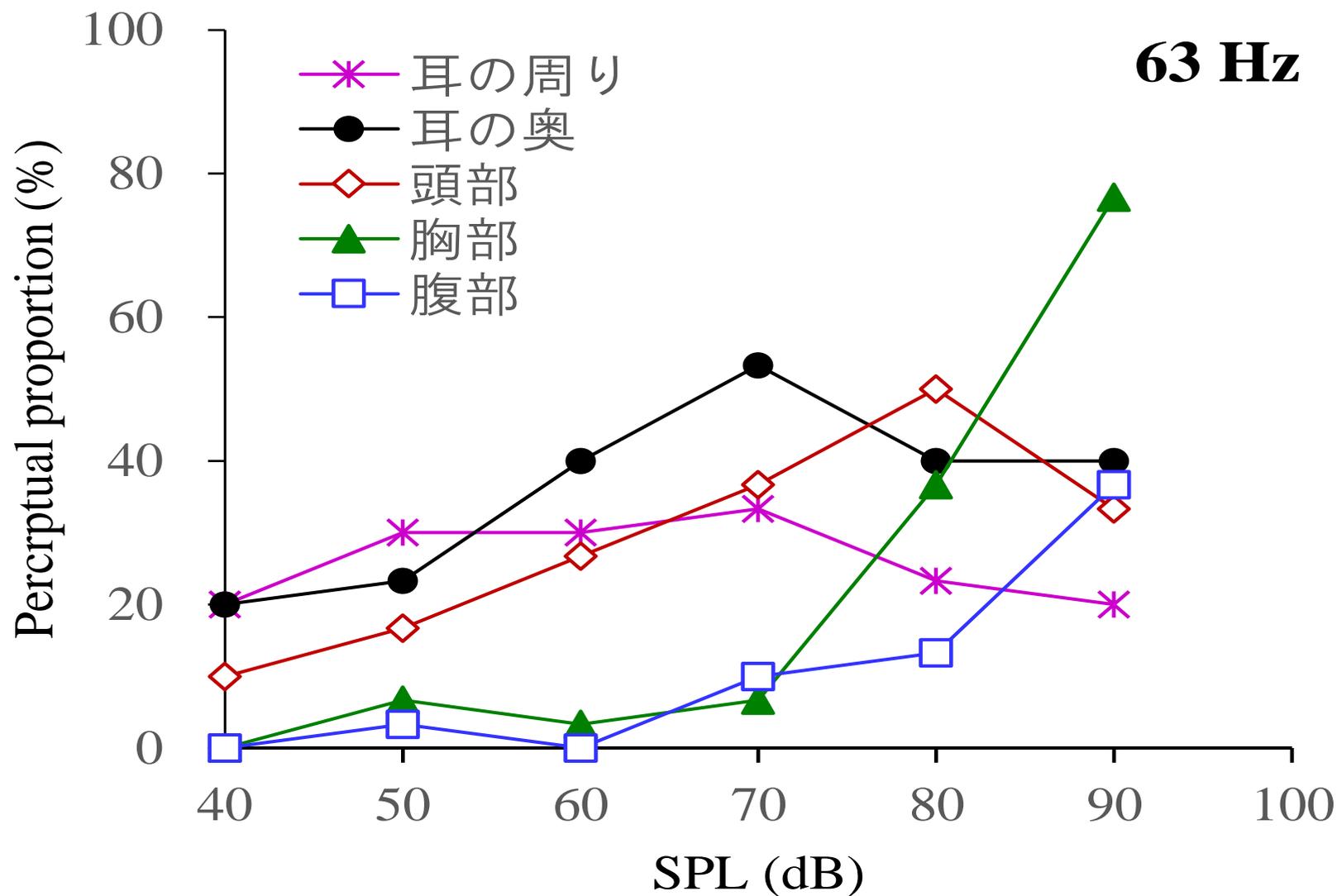
耳の周り	耳の奥	頭部	胸部	腹部	その他	部位数	回答数	順位
							370	
	●					1	172	1
	●	●				2	104	2
		●				1	98	3
●						1	67	4
●	●	●				3	58	5
●	●					2	54	6
●	●	●	●			4	25	7
			●			1	24	8
	●	●	●			3	24	8
●		●				2	22	10

5%水準で有意差【a: 耳の周り/b: 耳の奥/c: 頭部/d: 胸部/e: 腹部】

各周波数での知覚部位別の音圧レベルと知覚割合との関係



63 Hzでの知覚部位別の音圧レベルと知覚割合との関係



各知覚部位での周波数別の音圧レベルと知覚割合との関係 (n=30)

耳の周り	40	50	60	70	80	90	100
10	—	—	—	—	3.3	6.7	30.0
20	—	—	—	6.7	20.0	23.3	43.3
40	3.3	10.0	10.0	23.3	30.0	43.3	50.0
50	6.7	13.3	26.7	16.7	20.0	40.0	46.7
63	20.0	30.0	30.0	33.3	23.3	20.0	—
80	16.7	26.7	13.3	23.3	20.0	36.7	40.0
160	—	13.3	13.3	16.7	33.3	23.3	43.3

耳の奥	40	50	60	70	80	90	100
10	—	—	—	—	3.3	20.0	46.7
20	—	—	—	10.0	46.7	73.3	70.0
40	10.0	13.3	36.7	46.7	66.7	73.3	80.0
50	10.0	30.0	43.3	60.0	66.7	66.7	76.7
63	20.0	23.3	40.0	53.3	40.0	40.0	—
80	20.0	26.7	33.3	36.7	46.7	60.0	70.0
160	—	33.3	20.0	30.0	43.3	56.7	73.3

頭部	40	50	60	70	80	90	100
10	—	—	—	—	3.3	6.7	20.0
20	—	—	—	6.7	20.0	56.7	70.0
40	3.3	6.7	26.7	56.7	50.0	63.3	76.7
50	0.0	0.0	10.0	36.7	53.3	66.7	56.7
63	10.0	16.7	26.7	36.7	50.0	33.3	—
80	10.0	10.0	30.0	43.3	43.3	56.7	66.7
160	—	10.0	13.3	43.3	53.3	56.7	53.3

胸部	40	50	60	70	80	90	100
10	—	—	—	—	3.3	3.3	10.0
20	—	—	—	0.0	10.0	20.0	40.0
40	3.3	3.3	3.3	20.0	16.7	16.7	33.3
50	0.0	0.0	0.0	13.3	20.0	23.3	56.7
63	0.0	6.7	3.3	6.7	36.7	76.7	—
80	0.0	0.0	3.3	16.7	10.0	23.3	50.0
160	—	0.0	0.0	10.0	16.7	10.0	40.0

腹部	40	50	60	70	80	90	100
10	—	—	—	—	3.3	6.7	3.3
20	—	—	—	6.7	13.3	13.3	23.3
40	0.0	0.0	3.3	10.0	13.3	6.7	26.7
50	0.0	0.0	3.3	10.0	13.3	13.3	33.3
63	0.0	3.3	0.0	10.0	13.3	36.7	—
80	0.0	0.0	3.3	6.7	10.0	3.3	20.0
160	—	0.0	0.0	3.3	0.0	6.7	13.3

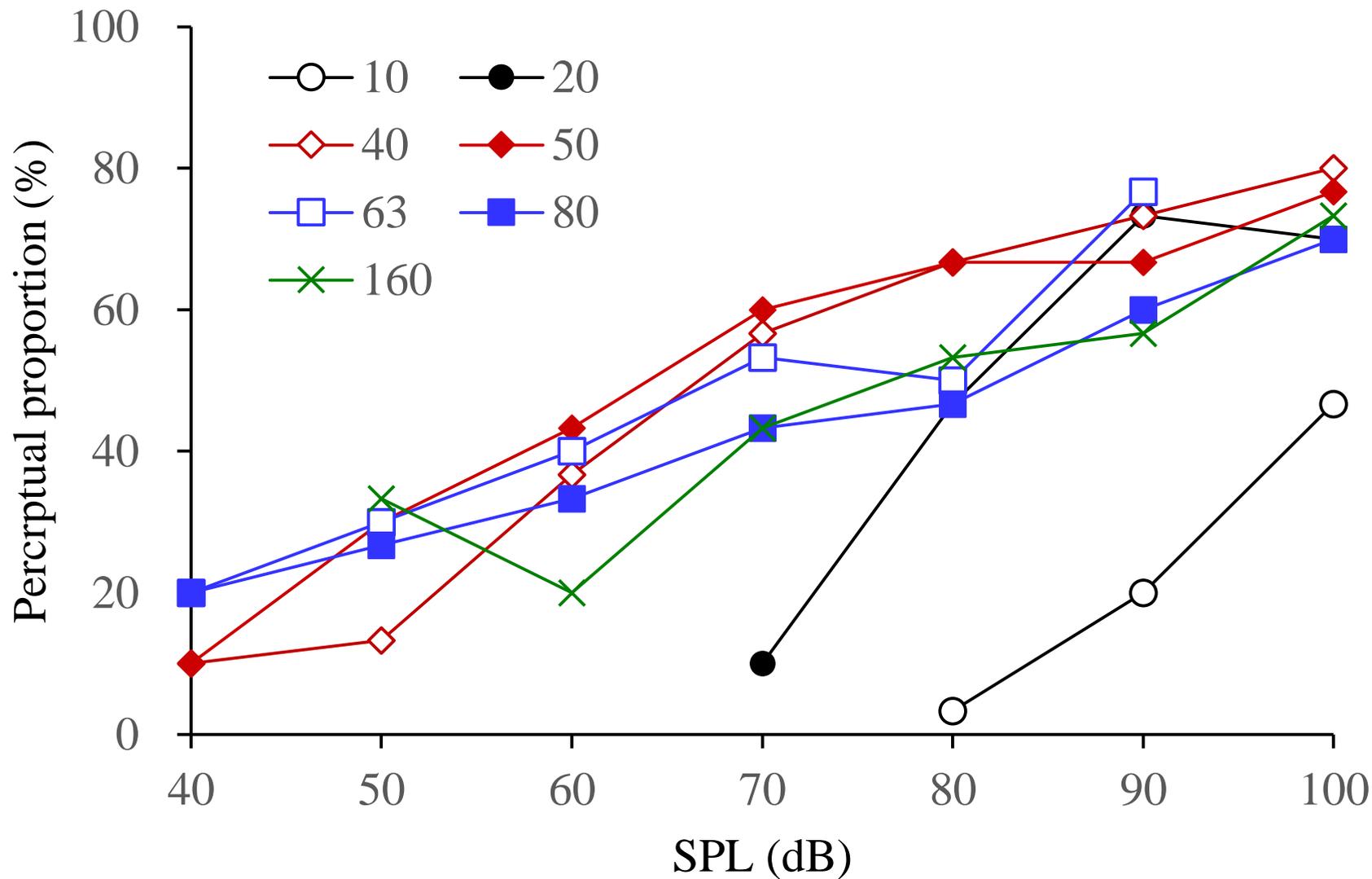
最大値	40	50	60	70	80	90	100
10	—	—	—	—	3.3	20.0	46.7
20	—	—	—	10.0	46.7	73.3	70.0
40	10.0	13.3	36.7	56.7	66.7	73.3	80.0
50	10.0	30.0	43.3	60.0	66.7	66.7	76.7
63	20.0	30.0	40.0	53.3	50.0	76.7	—
80	20.0	26.7	33.3	43.3	46.7	60.0	70.0
160	—	33.3	20.0	43.3	53.3	56.7	73.3

周波数別の音圧レベルと圧迫感・振動感の知覚割合との関係

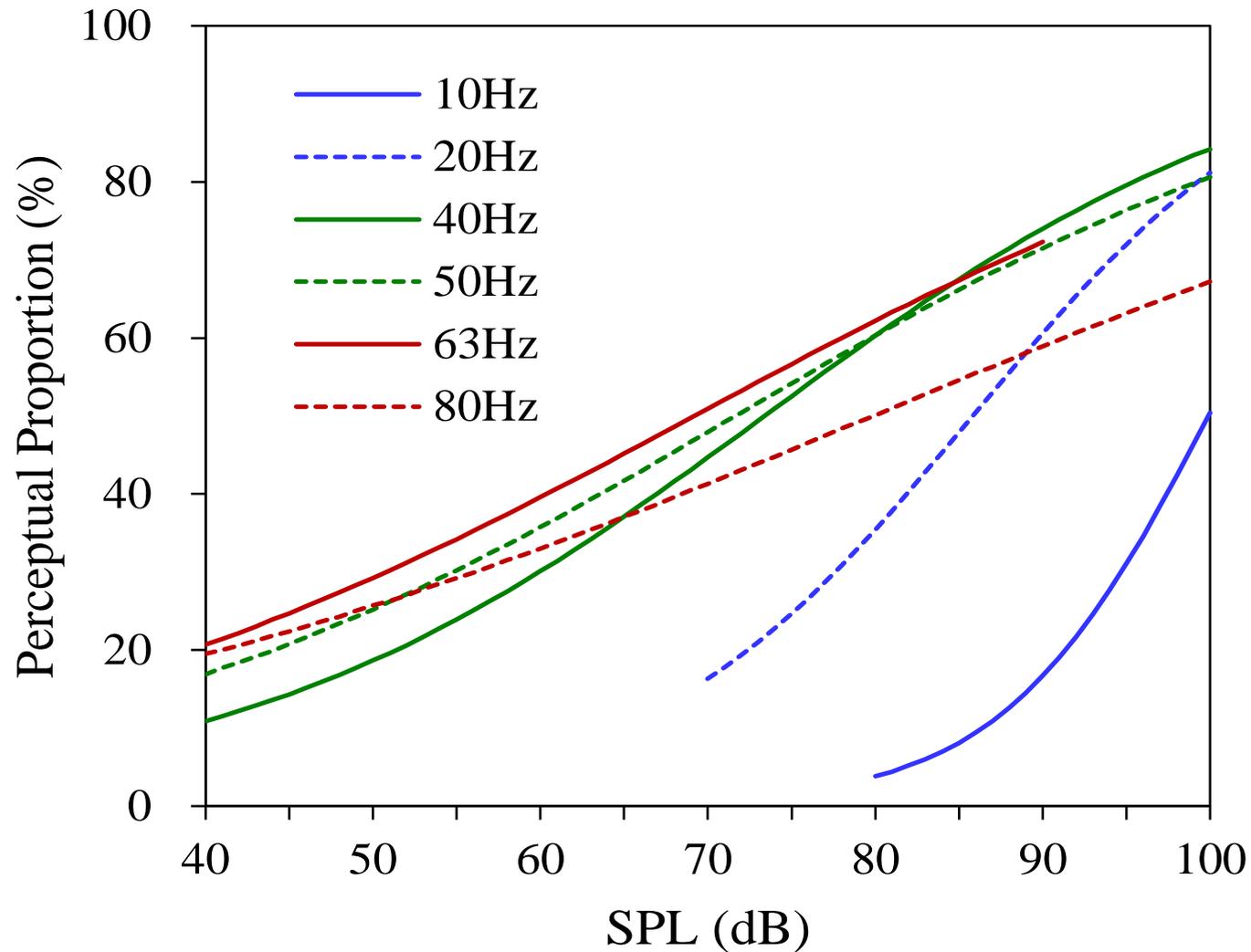
FRQ (Hz) \ SPL (dB)	SPL (dB)						
	40	50	60	70	80	90	100
10	—	—	—	—	3.3% [abcde]	20.0% [b]	46.7% [b]
20	—	—	—	10.0% [b]	46.7% [b]	73.3% [b]	70.0% [bc]
40	10.0% [b]	13.3% [b]	36.7% [b]	56.7% [c]	66.7% [b]	73.3% [b]	80.0% [b]
50	10.0% [b]	30.0% [b]	43.3% [b]	60.0% [b]	66.7% [b]	66.7% [bc]	76.7% [b]
63	20.0% [ab]	30.0% [a]	40.0% [b]	53.3% [b]	50.0% [c]	76.7% [d]	—
80	20.0% [b]	26.7% [ab]	33.3% [b]	43.3% [c]	46.7% [b]	60.0% [b]	70.0% [b]
160	—	33.3% [b]	20.0% [b]	43.3% [c]	53.3% [c]	56.7% [bc]	73.3% [b]

【a: 耳の周り/b: 耳の奥/c: 頭部/d: 胸部/e: 腹部】

周波数別の音圧レベルと圧迫感・振動感の知覚割合との関係



ロジスティック回帰モデルによる 音圧レベルと圧迫感・振動感の知覚割合の関係



人体の各部位における周波数別・音圧レベル別の強さ評価

耳の周り	60	70	80	90
20				
40				61.5
50				58.3
63		10.0		
80				63.6

耳の奥	60	70	80	90
20			14.3	31.8
40	9.1	14.3	40.0	50.0
50	7.7	11.1	30.0	45.0
63	8.3	12.5	50.0	75.0
80	0.0	18.2	35.7	55.6

頭部	60	70	80	90
20				23.5
40		17.6	40.0	52.6
50		18.2	37.5	60.0
63		27.3	60.0	90.0
80		23.1	23.1	52.9

胸部	60	70	80	90
20				
40				
50				
63			36.4	82.6
80				

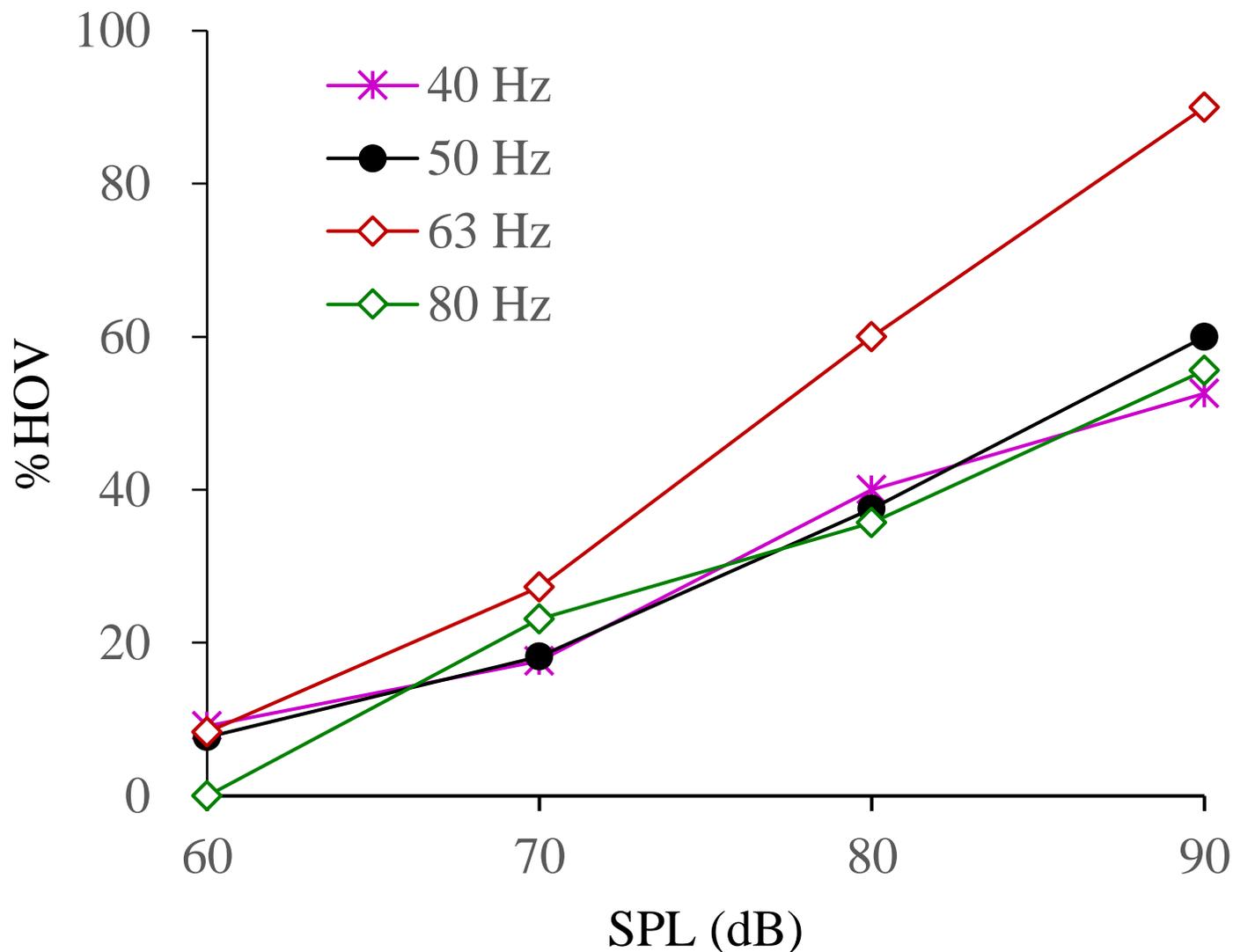
腹部	60	70	80	90
20				
40				
50				
63				72.7
80				

強さ評価: 圧迫感・振動感の強さの5段階のうち上位2段階の回答割合

回答割合: 当該条件で知覚している人数を基準として算出

空白セル: サンプル数が10未満

周波数別の音圧レベルと圧迫感・振動感の強さとの関係



%HOV : 圧迫感・振動感の強さ (5段階の上位2段階の回答割合)

得られた結果

- 刺激種別（1/3オクターブバンドノイズと純音）による知覚割合の差は小さい
- 圧迫感・振動感は，主に「耳の奥」と「頭部」で知覚されているが，限定的に「胸部」でも知覚される
- 圧迫感・振動感の知覚割合は，音圧レベルにより異なる
 - 40 Hz・50 Hz・63 Hz……知覚割合は高い
 - 10 Hz・20 Hz・80 Hz……知覚割合は低い
- 63 Hzの音により生じる圧迫感・振動感は，頭部と胸部で知覚されることにより，他の周波数に比べて強く感じる

- 低周波音に対する心理的影響
 - 実音源を用いた検討
 - 交通機関から発生する低周波音
- ➔ 低周波数成分を含む環境騒音の評価指標の確立
(R4~R6)

ご清聴有難うございました