

サイン音の最適聴取レベル，最大レベル，最小レベルとその男女差*

◎濱村真理子，青野まなみ（九州大学大学院芸術工学府），
岩宮眞一郎（九州大学大学院芸術工学研究院）

1. はじめに

これまで，著者らは様々な音のちょうどよいと感じられる音量（最適聴取レベル）における男女差の検討を行い，男性の方が女性よりも音楽再生音の最適聴取レベルを高く設定する傾向にあることを明らかにした [1]。さらに，音楽再生音の最適聴取レベルにおいて男女差が生じる要因として，音の大きさの評価にも男女差が存在し，男性の方が女性よりも同一音圧レベルをより「小さい」と評価することを示している [2]。女性がちょうどよいと評価する音量を，男性は「小さい」と感じるために，最適聴取レベルを女性よりも高く設定する必要が生じるものと考えられる。

サイン音は我々の生活において，物事の開始や終了，ときには危険を知らせるのに役立つ [3]。サイン音の音量について，家電製品などの報知音ではその基準が ISO 24501 によって定められており，屋外で鳴動するものについては永幡ら [4] や山内ら [5] が誘導鈴に求められる聴取レベルを，視覚障害者を対象として検討を行なっている。しかし，屋外で鳴動するサイン音に望まれる音量については検討が少なく，その最適音量における男女差の有無についても十分な知見が得られていない。そこで，本論文では電車の発車サイン音とアナウンスの最適聴取レベル，許容最大レベル，許容最小レベルを求めるとともに，それぞれの聴取レベルに男女差が生じるか検討を行った。

2. サイン音の最適聴取レベル，許容最大レベル，許容最小レベル測定

2.1 実験環境

実験は九州大学大橋キャンパスの多次元デザイン実験棟の簡易無響室で行った。被験者は 21 歳から 31 歳の九州大学の学生 14 名（男性 7 名，女性 7 名）である。事前に聴力検査を実施し，被験者全員が正常な聴力を有することを確認している。なお，各検査周波数における男女の聴力レベルに対してマンホイットニーの U 検定を行ったところ，250 Hz，500 Hz，6 kHz で有意確率 1 % もしくは 5 % で有意差が認められ，男性の方が女性よりも優れた聴力を有していた（250 Hz : $U = 50.5, p < 0.05$; 500 Hz : $U = 39.5, p < 0.01$; 6 kHz : $U = 52.5, p < 0.05$ ）。

2.2 実験刺激

市販の CD に収録された電車の発車サイン音，発車メロディ，到着アナウンス（男声，女声）を実験刺激とした。各刺激の情報を表-1 に示す。発車サイン音は 700 Hz と 900 Hz 純音の繰り返し音で，発車メロディは短いメロディの後に警笛を模した音が含まれる。いずれの刺激音も継続時間が短いため，3 秒の間隔をあけて 2 回繰り返すように編集した。刺激全体の長さは 30 秒程度であった。

2.3 実験方法

刺激はパーソナルコンピュータ（lenovo ThinkPad）にオーディオインターフェース（RME Hammerfall DSP Multiface II）を接続し，アンプ（YAMAHA XM4180）を通して被験者の前方 2 m の位置に設置したスピーカ（JBL Studio monitor 4412A）からモノフォニックで呈示した。刺激の呈示順序は被験者毎にランダムとした。被験者には各刺激の呈示前にこれから再生されるサイン音やア

*The optimum listening levels, acceptable maximum listening levels and acceptable minimum listening levels of sign sounds and those difference between men and women By Mariko HAMAMURA, Manami AONO and Shin-ichiro IWAMIYA (Kyushu University).

表-1 最適聴取レベル測定実験に用いた刺激

刺激番号	タイトル	刺激内容
1	大阪モノレール 駅サイン音/発車	発車サイン音
2	阪急電鉄 駅サイン音/梅田駅京都線発車	発車メロディ
3	大阪モノレール 駅サイン音・放送/上り到着	電車到着アナウンス (男声)
4	大阪モノレール 駅サイン音・放送/下り到着	電車到着アナウンス (女声)

ナウンスについて説明を行った。実験者が刺激を再生後、被験者は刺激の再生音が聴こえない状態から、再生されるサイン音やアナウンスが聞こえる場所において各刺激が「ちょうどいいと感じられる大きさ (最適聴取レベル)」「これ以上大きくなると耐えられない大きさ (許容最大レベル)」「これ以上小さくなるとサイン音やアナウンスとして小さすぎると感じられる大きさ (許容最小レベル)」になるようマウスを左右にドラッグして音量の調整を行った。このとき、被験者にはパーソナルコンピュータの画面やオーディオプレイヤーの音量操作画面を見せていない。音量の調整は各被験者の納得がいくまで上げたり下げたりすることを許可した。聴取レベルの調整操作終了後、騒音計 (RION NL-32) を用いて被験者の頭部中央位置で各刺激の等価騒音レベルを測定し、その値を最適聴取レベル、許容最大レベル、許容最小レベルとした。

2.4 実験結果

各刺激に対する男女別の最適聴取レベル、許容最大レベル、許容最小レベルの平均値を図-1 に示す。許容最小レベルはおよそ 43 dB から 53 dB、最適聴取レベルはおよそ 60 dB から 70 dB、許容最大レベルはおよそ 75 dB から 90 dB となった。図-1 から、最適聴取レベルの場合には音楽再生音の場合 [1] と同様にすべての刺激において男性の方が最適聴取レベルを女性よりも高く設定していることが分かる。なお、許容最大レベルと許容最小レベルでは刺激によっては女性の方が聴取レベルを高く設定している場合も見られる。

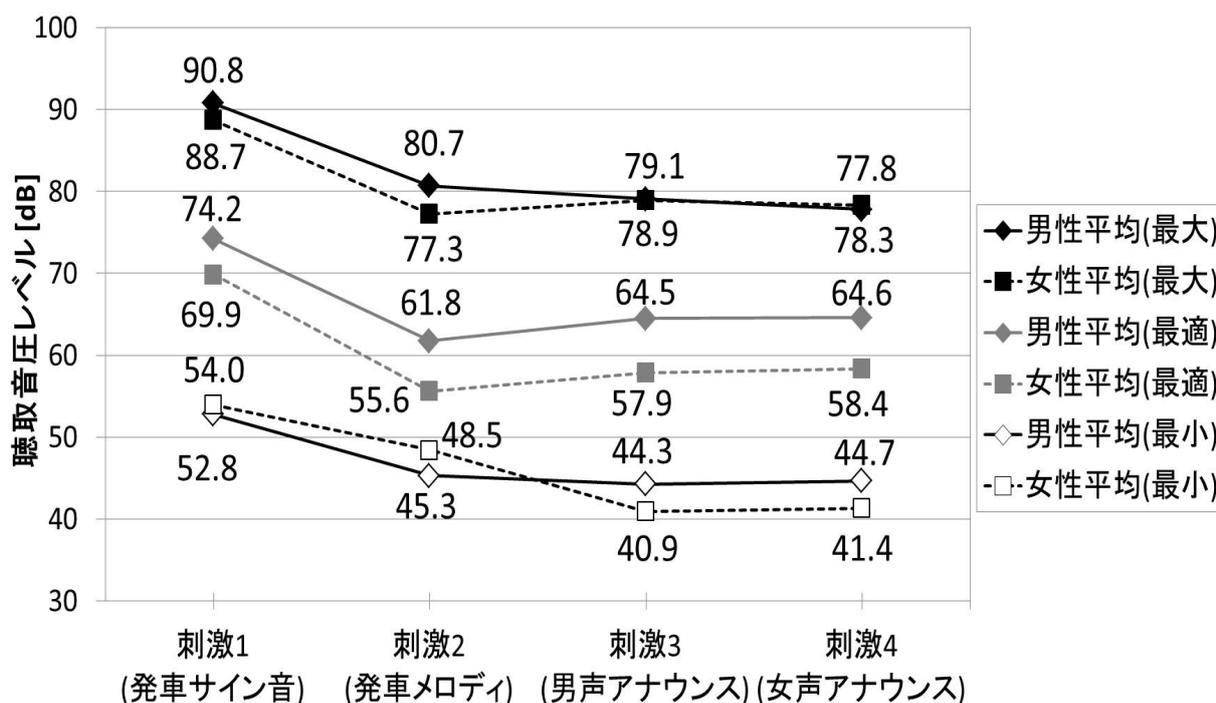


図-1 男女別の最適聴取レベル、許容最大レベル、許容最小レベルの各平均値

2.5 統計解析と考察：最適聴取レベル

サイン音とアナウンスの最適聴取レベルにおける男女差を統計的に検討するために、刺激と性別を変量とした二元配置の分散分析を行った。その結果、刺激と性別の交互作用は認められず、刺激の主効果と性別の主効果がそれぞれ有意確率 1% で認められた (刺激 : $F(3,48) = 21.578, p < 0.01$; 性別 : $F(1,48) = 20.796, p < 0.01$)。

刺激の主効果は刺激によって最適聴取レベルに差が生じたことを意味する。そこで、どの刺激間において最適聴取レベルに差が生じたかを検討するために Tukey の多重比較を行った。その結果、刺激 1 (発車サイン音) と刺激 2, 3, 4 (発車メロディ, アナウンス) の間にそれぞれ有意確率 1% で有意差が認められた。断続音を用いた発車サイン音の場合、発車メロディやアナウンスに比べて高い音圧レベルが必要とされていることが分かる。電車の発車音として望ましい音に関する調査 [6] では、音楽を望む回答が最も多かった (回答者の 59.4%) と報告されていることから、聴取者の意向に沿って電車の発車音を設定するのであれば、高い提示音圧レベルを必要としないメロディを用いた方が望ましいと考えられる。

性別の主効果は男女によって最適聴取レベルに差が生じたことを意味する。そこで、どの刺激において最適聴取レベルに男女差が生じたかを検討するために各刺激の男女の最適聴取レベルに対して t 検定を行った。その結果、刺激 2 では有意確率 1% で、刺激 3 では有意確率 5% でそれぞれ有意差が認められ (刺激 2 : $t(12) = 3.65, p < 0.01$; 刺激 3 : $t(12) = 2.61, p < 0.05$)、刺激 1, 4 では有意確率 10% で有意な傾向が認められた (刺激 1 : $t(12) = 2.12, p < 0.1$; 刺激 4 : $t(12) = 1.83, p < 0.1$)。このことから、サイン音やアナウンスに対しても男性は女性よりも高い音圧レベルを望んでいることが分かる。実験後の内観報告では男女とも「ちょうどよい大きさよりも少し大きいと感じる音量に設定した」と回答している。著者らの先行研究 [2] で示されている音の大きさの評価における男女差の存在によって、「ちょうどよい」と感じる大きさ、「少し大きめ」と感じる大きさが男女で異なるために最適聴取レベルに男女差が生じたと考えられる。

2.6 統計解析と考察：許容最大レベル

サイン音とアナウンスの許容最大レベルにおける男女差を統計的に検討するために、データの正規性を確認したところ、正規性が認められなかった。そこで正規性が認められなかった場合に用いられるノンパラメトリック検定である Friedman 検定 [7] を用いて検討を行った。その結果、性別の主効果は認められず、刺激の主効果が有意確率 1% で認められた ($\chi^2 = 25.543, p < 0.01$)。

刺激の主効果は刺激によって許容最大レベルに差が生じたことを意味する。そこで、どの刺激間において許容最大レベルに差が生じたかを検討するために、ノンパラメトリック検定である Wilcoxon の符号付き順位検定を行い、Bonferroni の不等式による修正を行った。その結果、刺激 1 (発車サイン音) と刺激 2, 3, 4 (発車メロディ, アナウンス) の間に有意確率 1% で有意差が認められた。発車サイン音は最適聴取レベルにも高い音圧レベルが望まれる分、その許容最大レベルも高くなったと考えられる。実験後の内観報告では、「耐えられる、我慢できる限界まで音量を上げた」という報告が男女から得られている。音圧レベルが高くなるほど、音の大きさの評価値には男女差が認められなくなる [2] ことから、耐えられる限界となる許容最大レベルではその音圧レベルが高いために男女差が生じなかったと考えられる。

2.7 統計解析と考察：許容最小レベル

図-1によると、刺激によっては女性の方が許容最小レベルを男性よりも高く設定している場合もある。そこで、サイン音とアナウンスの許容最小レベルにおける男女差を統計的に検討するために、

2.5 節と同様に刺激と性別を変量とした二元配置の分散分析を行った。その結果、刺激と性別の交互作用と性別の主効果は認められず、刺激の主効果が有意確率 1 % で認められた ($F(3,48) = 4.623, p < 0.01$)。

刺激の主効果は刺激によって許容最小レベルに差が生じたことを意味する。そこで、どの刺激間において許容最小レベルに差が生じたかを検討するために、Tukey の多重比較を行った。その結果、刺激 1 (発車サイン音) と刺激 3,4 (アナウンス) の間にそれぞれ有意確率 5 % で有意差が認められた。このことから、アナウンスに比べ発車サイン音は許容最小レベルにおいても高い音圧レベルが望まれることが分かる。実験後の内観報告から許容最小レベルを「騒音下でも気づける」「内容が聞き取れる」程度に設定したという意見が男女の被験者から得られた。音の聴こえる小ささの限界には男女で差が無いために許容最小レベルには男女差が認められなかったと考えられる。

3. おわりに

サイン音やアナウンスの許容最小レベルはおよそ 43 dB から 53 dB、最適聴取レベルはおよそ 60 dB から 70 dB、許容最大レベルはおよそ 75 dB から 90 dB となった。いずれの刺激においても最適聴取レベルには男女差が認められ、男性の方が女性よりも最適聴取レベルを高く設定していた。これは、音の大きさの評価における男女差の存在が影響したためであると考えられる。なお、許容最大レベル、許容最小レベルには男女差が認められなかった。許容最大レベルでは、耐えられる限界と感じられる高い音圧レベルにおいては音の大きさの評価値に男女で差が無いために男女差が認められなかったと考えられる。許容最小レベルでは、音の聴こえる小ささの限界には男女差が無いためにそのレベルに男女差が認められなかったのであろう。

実験で用いた刺激のうち、発車サイン音はその最適聴取レベル、許容最大レベル、許容最小レベルのいずれも最も高く設定されていた。断続音を用いたサイン音とメロディ式のサイン音では要求される音圧レベルが異なるのかもしれない。聴取者の意向に沿って電車の発車音を設定するのであれば、高い提示音圧レベルを必要としないメロディを用いた方が望ましいと言えよう。

参考文献

- [1] 濱村真理子, 岸上直樹, 岩宮眞一郎, “音楽再生音の聴取レベルにおける男女差とその要因に関する検討,” 日本音楽知覚認知学会 平成 24 年度春季研究発表会資料, pp.7-12 (2012).
- [2] 濱村真理子, 青野まなみ, 岸上直樹, 岩宮眞一郎, “最適聴取レベルと音の大きさ知覚における男女差,” 日本音響学会聴覚研究会資料, 42 (9), H-2012-126, pp. 695-700 (2012).
- [3] 岩宮眞一郎, サイン音の科学—メッセージを伝える音のデザイン論— (コロナ社, 東京, 2012), pp. 1-7.
- [4] 永幡幸司, 山内勝也, 上田麻里, 岩宮眞一郎, “視覚障害者が音響信号及び盲導鈴に求める音量について,” 日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集, pp. 237-240 (2005).
- [5] 山内勝也, 永幡幸司, 上田麻里, 岩宮眞一郎, “店舗の BGM が視覚障害者の音情報取得に与える影響—視覚障害者が音響信号及び盲導鈴に求める音量について (2),” 日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集, pp. 241-244 (2005).
- [6] 新保有紀, 福田忠彦, “ベル音楽の構造とその心理的効果に関する考察,” 人間工学, 33 (5), pp. 281-288 (1997).
- [7] 肥田野直, 瀬谷正敏, 大川信明, 心理教育 統計学 (培風館, 東京, 1988), pp. 98-100.