

3次元音場における接近音による パーソナルスペースの侵害

小林まおり^{†1,2} 上野佳奈子^{†1,2}

3次元音場再現システムを用い、音情報のみによるパーソナルスペースの侵害について検討した。音声刺激の性別（男・女）および空間再現性（再現・非再現）を操作し、接近する音声刺激に対して「不快」と感じる距離を測定した。その結果、ほとんどの被験者が音声刺激の提示中に不快感を報告した。空間再現条件と非再現条件ではパーソナルスペースのサイズに違いは見られなかったが、空間が再現された条件でのみ実空間と同様に性別による差異が認められた。またラウドネスや知覚される距離については性別による差異は認められなかった。これらの結果から、音情報のみでも空間情報が再現されている場合には実空間と同様にパーソナルスペースが侵害されることが示唆された。

Personal space intrusion by looming sounds in the 3-dimensional reproduction sounds fields

MAORI KOBAYASHI^{†1} KANAKO UENO^{†2}

We examined the effects of the looming sounds on personal space intrusion by using a 3-D reproduction sounds fields system. We set the sex of voices (male/female) and the spatial reproduction (spatialized/non-spatialized) as experimental conditions, and measured the size of personal space under these conditions. As results, there was no difference of personal space size between the two spatialized conditions. However, we found that the size of personal space to the male voice was larger than the one to the female voice in the spatialized condition. Moreover, there was no difference of loudness and distance perception between voice-sex conditions. These results suggest that the same personal space intrusion occur by spatialized sounds as a real world.

1. はじめに

他者の接近によって不快感を感じる距離をパーソナルスペースと呼ぶ[1-2]。従来の研究では主に実空間において検討されており、接近する他者の性別や既知性など社会的要因に強く影響されることが報告されているが、各感覚モダリティ情報の寄与については不明な点が多い。本研究では特に聴覚情報の影響に焦点を絞り、まずは音情報のみでも他者の接近によってパーソナルスペースの侵害が生じるか、3次元音場再現システムを用いて検討した。

2. 実験 1

2.1 目的

音情報のみによってパーソナルスペースの侵害が生じるのか、音声刺激を用いて検討した。

2.2 方法

(1) 被験者

聴覚健全な成人男女 12 名（うち女性 4 名、平均年齢 23.3 歳）が参加した。

(2) 装置

聴覚刺激提示装置として境界音場制御の原理 [3]に基づいた 3次元音場再現システム（以下、音響樽）[4]を用いた（図 1）。

(3) 刺激

男性および女性の音声と白色雑音を用いた。音声刺激は SMILE 2004 [5]に収録された日本語音声を用いた。音刺激の時間長は 20 s であり、被験者正面方向 3 m 地点から 0.3 m 地点まで移動するように、音響伝達関数を 1 cm ごとに切り替え重畳した。20 s あたりの等価騒音レベルが 60 dB L_{Aeq} になるよう音圧レベルを調整した。

(4) 条件

全ての音刺激に逆システムを重畳するが、空間情報が再現されるように逆システムを適応する条件(valid 条件)と、再現されないように逆システムを適用する条件 (invalid 条件) を設定した

(5) 方法

ストップ・ディスタンス法[1]によって PS のサイズを測定した。被験者は音響樽内の椅子に座し、音刺激を試聴した。被験者は音刺激提示中に「わずかに不快」と感じたら直ちにボタンを押し (Distance 1, 以下 D1), 次にはっきりと「不快」と感じたら、ボタンを押すよう (Distance 2, 以下 D2), 教示した。

2.3 結果と考察

被験者 12 名のうち 11 名が音の呈示中に不快感を報告した。不快感を報告しなかった 1 名は実際に他者が近付いた場合にも不快感を報告しなかった。そのため、この 1 名を分析から除外した。

被験者 11 名の D1, D2 の平均と標準誤差を図 2 に示す。

†1 明治大学
Meiji University
†2 CREST・JST

Valid 条件では男性音声の方が女性音声に比べてパーソナルスペースのサイズが有意に大きかった (D1: $t(10) = 10.1$, $p < 0.05$; D2: $t(10) = 5.98$, $p < 0.05$)。これは実空間におけるパーソナルスペースの特徴と一致する。一方、空間情報が再現されない invalid 条件ではパーソナルスペースに音声の性別による違いは認められなかった (D1: $t(10) = 0.41$, *n.s.*; D2: $t(10) = 0.21$, *n.s.*)。invalid 条件では音量の増大によって不快感を感じるものの音源までの距離情報が安定して再現されないため、パーソナルスペースのサイズには性差が生じなかったものと考えられる。内観においても不快感の理由として valid 条件では「何らかの圧迫感」「迫ってくるかんじ」などを挙げる人が多いのに対して、invalid 条件では「音の増大」を挙げる人が多く、要因が異なることが示された。これらの結果から音の空間情報を精密に再現することで、音情報のみでも実空間と同様のパーソナルスペースの侵害が生じることが示唆された。

ただし、空間情報が再現されている場合には音声の性別によってラウドネスや音源までの知覚された距離自体が異なっていた可能性もある。そこで実験 2 では音声の性別によるラウドネスの違いについて、実験 3 では性別による距離知覚の違いについて検討した。



図 1 実験に用いた 3 次元音場再現システム (音響樽)
 Figure 1 The 3-D reproduction sound field system (the Sound Cask)

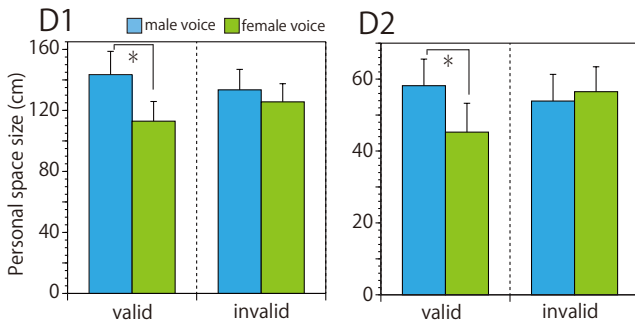


図 2 実験 1 の結果
 Figure 2 Results of Experiment 1.

3. 実験 2

3.1 目的

音声の性別によるラウドネスの違いについて、主観的同値点 (PSE) を測定し検討した。

3.2 方法

(6) 被験者

聴覚健常な成人男女 8 名 (うち女性 3 名, 平均年齢 23.6 歳) であった。

(7) 装置

実験 1 と同様であった。

(8) 刺激

男女の音声刺激とノイズを用いた。音声刺激は実験 1 で用いた刺激と同じ男女の日本語音声であった。全ての刺激にインパルス応答を重畳し 3 次元空間上で被験者正面の 1m の地点で提示した。音声刺激の時間長はおよそ 1 s であり、音圧レベルは頭部中心位置で 50 dB とし、ノイズは 42 ~ 58 dB の間で操作した。

(9) 手続き

単純上下法 (1-up 1-down) で、ノイズの音圧レベルを操作しながら PSE を測定した。続けて提示される音声とノイズのうちどちらが大きき聞こえたかを被験者は回答した。被験者の判断が切り替わる地点 (リバーサルポイント, RP) でのノイズの音圧レベルを求め、8 回目の RP でその系列を打ち切った。系列の初回を除いた 7 回の RP の平均値をその試行での平均とした。音声の各性別につき 2 系列を行ない、2 系列の平均をその被験者の PSE とした。ステップサイズは 2 dB とした。

3.3 結果と考察

実験 2 の結果を図 3 に示す。被験者全員の PSE の平均は男性音声 が 45.8 dB (s.e. = 1.06), 女性音声 が 46.3 dB (s.e. = 0.78) となり、性別の有意差は認められなかった ($t(7) = 9.29$, *n.s.*)。この結果から、実験 1 の結果が音声のラウドネスの違いによるものと考えられる。

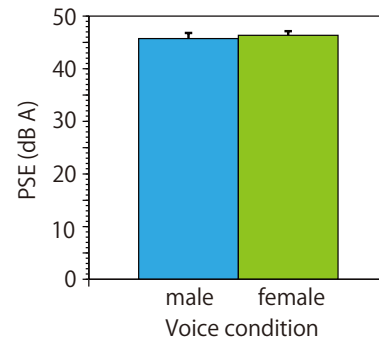


図 3 実験 2 の結果
 Figure 2 Results of Experiment 2.

4. 実験 3

4.1 目的

音声の性別による距離知覚の違いについて検討した。

4.2 方法

(1) 被験者

聴覚正常な成人男女 6 名が実験に参加した（うち女性 2 名）。

(2) 装置および刺激

実験 2 と同様であった。ただし、各音声刺激に 30, 65, 100, 135, 170 cm の音響伝達関数を、ノイズは 100 cm の音響伝達関数をそれぞれ重畳した。

(3) 手続き

マグニチュード推定法を用いて知覚された距離を測定した。被験者にはノイズまでの距離を 100 としたとき音声刺激までの距離がどの程度か数値を当てはめ回答するよう求めた。各距離条件につき 8 試行を行い、その幾何平均をその被験者の回答とした。

4.3 結果と考察

Fig. 2 に各音声刺激の知覚された距離を示す。音声の性別による知覚された距離の違いは認められなかった

($F(1,6) = 2.98, n.s.$) ことから、実験 1 で示されたパーソナルスペースにおける性別の差異は知覚された距離の差異によるものではないと考えられる。

また、先行研究では自由空間における距離知覚は式 (1) に示すような心理物理関数に表されることが試みられている[6]。

$$r' = kr^a \quad (1)$$

r' : 推定される知覚された距離

r : 物理的距離

k , および a : 係数

得られた 5 点のデータからフィッティングを行い、 k および a の値を推定した。その結果、 a は 0.2~0.7 をとり、 k は 1~2 であった。実空間での距離知覚においてもそれぞれの係数は同様の数値をとることから[6]、今回用いた 3 次元音場再現システムでの距離知覚は実空間での知覚と大きく異なってはいないものと考えられる。このフィッティング関数をもとに、実験 1 で推測されたパーソナルスペース相当の距離を求めると、D1 (120 cm) では実際の距離より近い 100 cm 程度に、50 cm (D2 相当の距離) では実際よりも遠い 60 cm 程度に知覚されていることがわかった (図 4)。これらの結果を考慮すると、実空間に比べて音情報のみでのパーソナルスペースのサイズは 30~50 cm 前後大きいと推測できる。

5. まとめ

実験の結果、空間情報を精密に再現した場合には被験者

は主に音声の圧迫感によって不快感を感じており、また実空間と同様に音声の性別によってパーソナルスペースのサイズに影響されることがわかった。この差異は音声の性別によるラウドネスや知覚距離の違いによるものではないことが示された。これらのことから音情報のみでも他者の接近によるパーソナルスペースの侵害が生じるものと考えられる。今後はさらに音の接近と圧迫感や不快感との関連性について検討する必要がある。

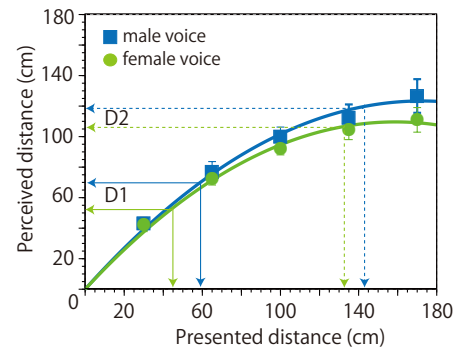


図 3 実験 3 の結果

Figure 3 Results of Experiment 3.

参考文献

- 1) Kait, M., Bar-Haim, Y., Lehrer, M., and Grossman, R: Adult attachment style and interpersonal distance, *Attach Hum Dev.*, vol., 6, pp. 285-304 (2004).
- 2) Hayduk, L.A: Personal space: where we now stand, *Psycholl. Bull.*, 94: pp. 293-335 (1983)
- 3) 伊勢史郎: キルヒホッファーヘルムホルツ積分方程式と逆システム理論に基づく音場制御の理論, *音響学会誌*, vol. 53, No. 9, pp. 703-713 (1997)
- 4) Ikeda, Y., and Ise, S: Sound Cask-Anew dimension of the sound reproduction based on the boundary surface control-. *Proc. AES Japan conference*, 2012.
- 5) 日本建築学会編, DVD 版 建築と環境のサウンドライブラリ, 技報堂出版, 2004.
- 6) Zahorik, P., Brungart, D. D., and Bronkhorst, A. W: Auditory distance perception in humans: A summary of past and present research, *Acta Acustica*, 91, pp.409-420, (2005).