

妨害音の到来方向が作業のしにくさに及ぼす影響*

☆熊谷直登, 坂口慎治 (千葉工大院・工学研), △森谷崇史 (千葉工大・工),
竹林健一, 矢入幹記 (鹿島技研), 飯田一博 (千葉工大・工)

1 はじめに

近年, オフィスや教室の音環境と知的生産性や学習効率の関係について研究が行われ, 妨害音の種類やレベル, SN 比の影響が報告されている[1,2]. 我々は空間的特性に着目し, 前報では広がり感に関連する両耳間相関度(ICC)が作業のしにくさに及ぼす影響を報告した[3].

本稿では音の到来方向に着目し, 音声の到来方向, 音声およびノイズのレベルをパラメータとして被験者実験を行い, これらと作業のしにくさの関係を検討した.

2 実験方法

実験は無響室で行った. 妨害音として音声およびノイズを同時に提示した. 音声は直接音と 2 本の反射音(直接音 $\pm 45^\circ$) で構成した(Fig. 1). 反射音にはそれぞれ 25 および 45 ms の遅延を加えた. 直接音に対する反射音の相対レベルは等しく, ICC(DICC[4])が正面で 0.9 となるよう -12 dB とした. 直接音は正面(0°), 左右($\pm 90^\circ$), 背面(180°)のいずれかの方向から提示した(Fig. 2). 呈示音圧レベルは被験者の頭部中心位置で 50, 60 dBA の 2 種類である. 音声には「ハリ・ポッターと賢者の石」の朗読に実測したオフィスのインパルス応答を畳み込んだものを用いた.

さらに, 互いにインコヒーレントな Hoth ノイズ[5]を被験者正面から $\pm 135^\circ$ まで 45° 間隔で設置した 7 つのスピーカから提示した(Fig. 2). 呈示音圧レベルは頭部中心位置で 40, 50 dBA の 2 種類で, ICC は 0.2 とした.

これらのパラメータを組み合わせて, 無音状態を含む 18 種類の音場を設定した(Table 1). なお, SN 比は 0, +10(50/40, 60/50), +20 dB の 3 種類である.

被験者は, タスクとして N-back 課題[6](アルファベット, 3-back, 提示間隔 2.5 秒, 1 試

行 50 回答)を行ない, その後に「作業のしにくさ」を Table 2 に示す 4 段階で評価した. ただし, 被験者が音声とノイズに過度に注目することを避けるため, 音声とノイズの存在については一切教示しなかった.

各被験者は 18 種類の音場についてランダムな順に 1 回ずつ試行を行った. 被験者は成人男子学生 14 名(21~26 歳)である.

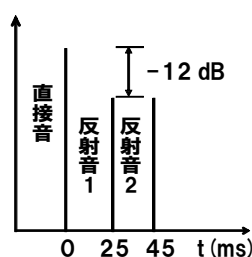


Fig. 1 音声の時間構造

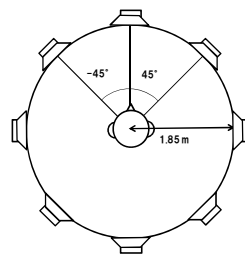


Fig. 2 スピーカ配置

Table 1 実験に用いた音場

音場	音声の到来方向 ($^\circ$)	音声レベル (dBA)	ノイズレベル (dBA)
1			40
2		50	50
3	0		40
4		60	50
5			40
6		50	50
7	+90		40
8		60	50
9			40
10		50	50
11	-90		40
12		60	50
13			40
14		50	50
15	180		40
16		60	50
17	-	-	50
18	-	-	-

Table 2 作業のしにくさのスケール

- | |
|----------------|
| 1. 作業がしにくい |
| 2. 少し 作業がしにくい |
| 3. かなり 作業がしにくい |
| 4. 非常に 作業がしにくい |

3 実験結果

3.1 作業のしにくさ

各音場において, 作業のしにくさの全被験者の平均値を算出した(Fig.3). 作業のしにくさの平均値は, 音場 18(無音)および音場 17(ノイズのみ)を除くと音場 2 で最小(1.36), 音場 3 で最大(2.43)であり, その差は 1.07 であった.

* Effects of the arriving direction of interferer on working difficulty, by KUMAGAI, Naoto, SAKAGUCHI, Shinji, MORIYA, Takafumi (Chiba Institute of Technology), TAKEBAYASHI, Kenichi, YAIRI, Motoki (Kajima Tech. Res. Inst.), and IIDA, Kazuhiro (Chiba Institute of Technology).

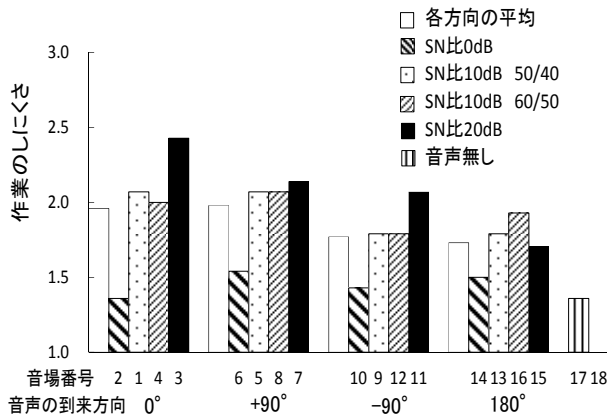


Fig. 3 各方向における作業のしにくさ

音場 2 は音声レベルが 50 dBA, ノイズレベルが 50 dBA, 到来方向が正面(0°)の音場である。音場 3 は音声レベルが 60 dBA, ノイズレベルが 40 dBA, 到来方向が正面(0°)の音場である。なお, 最大値 2.43 は「少し作業がしにくい」と「かなり作業がしにくい」の中間である。

到来方向についてみると, 180°および-90°に比べ, 0°および+90°の場合は作業のしにくさが高い傾向がある。

SN 比についてみると, SN 比が大きい場合は作業のしにくさが高い傾向がある。これはノイズによる音声のマスクングが少ないためと推測される。

次に, 音場 18,17 を除く 16 種類の音場を対象として, 音声レベル, ノイズレベル, 音声の到来方向を要因とした 3 元配置の分散分析を行った。その結果, 音声レベルおよびノイズレベルが有意水準 1% で, 音声の到来方向が 5% で, それぞれ主効果が認められた。要因間の交互作用は認められなかった。

また, 同じ 16 種類の音場を対象として, SN 比および音声の到来方向を要因とした 2 元配置の分散分析を行った。その結果, SN 比が有意水準 1% で, 音声の到来方向が 5% で, それぞれ主効果が認められた。要因間の交互作用は認められなかった。さらに, SN 比 20 dB の音場について Tukey の多重比較検定を行った結果, 180°は他の 3 方向と比べて有意水準 1% で作業のしにくさが低いとみなせた。また, -90°は 0°と比べて有意水準 1% で低いとみなせた。他の SN 比においては, 方向間に有意な差は認められなかった。

3.2 作業のしにくさの割合

各音場において作業のしにくさの割合を算出した(Fig.4)。ここで作業のしにくさの割合

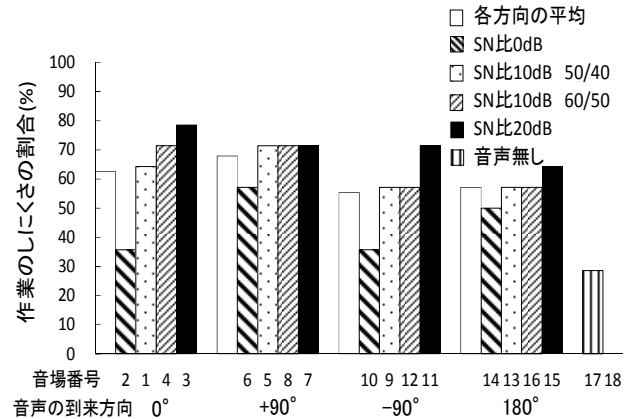


Fig. 4 各方向における作業のしにくさの割合

は, Table 2 に示した作業のしにくさ 2~4 の回答数の合計の割合である。

作業のしにくさの割合は, 音場 18(無音)および音場 17(ノイズのみ)を除くと音場 2 で最小(35.7%), 音場 3 で最大(78.6%)であった。

前述の作業のしにくさの平均値とほぼ同様の傾向があり, 両者の相関係数は $R=0.94$ であった。

4 おわりに

音声の到来方向, 音声およびノイズのレベルをパラメータとして被験者実験を行い, 以下の結論を得た。

- 1) これら 3 つの要因はいずれも作業のしにくさに影響を及ぼす。
- 2) SN 比 20 dB の音場においては, 180°は他の 3 方向と比べて有意水準 1% で作業のしにくさが低いとみなせる。また, -90°は 0°と比べて有意水準 1% で低いとみなせる。
- 3) 音声レベルが高くなると作業のしにくさは高くなる。
- 4) 音声が存在する場合は, ノイズレベルが高くなると作業のしにくさは低くなる。

参考文献

- [1] 佐久間, 上猶, 建築音響研究会資料, AA2009-38, 2009
- [2] 辻村, 上野, 日本建築学会環境系論文集, vol. 75, No.653, 561-568, 2010
- [3] 坂口他, 日本音響学会研究発表会講演論文集, 1165-1166, 2013
- [4] 飯田, 森本, 空間音響学, コロナ社, 2010
- [5] D.F. Hoth, *J. Acoust. Soc. Am.*, 12, 499-504, 1941
- [6] 鈴木他, 日本建築学会学術講演梗概集 D-1, 2008, pp11-12