

正中面内音源の距離知覚に及ぼす入射仰角の影響*

◎山崎大輔, △波多腰勇人, 飯田一博(千葉工大・工)

1 はじめに

前報[1]では水平面における入射方位角が距離知覚に影響を与えていることを示した。本報告では、正中面内に配置した等距離音源の距離感に関する主観評価実験を行い、入射仰角と距離知覚の関係について検討する。

2 実験方法

無響室内の正中面に配置した等距離音源の距離感に関する主観評価実験を行った。

音源信号は、ホワイトノイズ 1.2 秒(0.1 秒の立上がり, 立下りを含む)である。スピーカから頭部中心までの距離は 1 m である。再生系の音圧周波数特性は、中心周波数 63 Hz-10 kHz の 1/3 オクターブバンドで、バンドレベルの差が 1dB 以内になるようにイコライザーで調節した。提示音圧レベルは、頭部中心位置で 62dB(A)である。提示方向は Fig.1 のように正中面内 7 方向 (0°-180°, 30° 間隔) である。

被験者は正常な聴力を持つ 20 代の男性 10 名である。被験者は椅子に座り、正面を向き、頭部はできるだけ動かさないように指示した。

被験者には 2 つの刺激を対にして提示し、先に提示された刺激に対し、後に提示された刺激が近く感じるのか、遠く感じるのかを回答させた。非常に近い場合は「-2.0」、どちらでもない場合は「0.0」、非常に遠い場合は「2.0」とし、「-2.0」から「2.0」までを 0.1 刻みとした 41 段階の評価の数直線の回答用紙にペンで印をつけるよう被験者に指示した。

刺激対は 7×6 通りの計 42 対をランダムに並べたものを 1 試行とした。被験者ごとに 5 試行、計 50 試行の実験を行った。

無響室は消灯し、回答用に手元だけを照らす蛍光灯が点灯されている。

3 実験結果

3.1 全被験者の回答から求めた距離感

シェッフェの一対比較の浦の変法[2]を用いて回答を分析した。

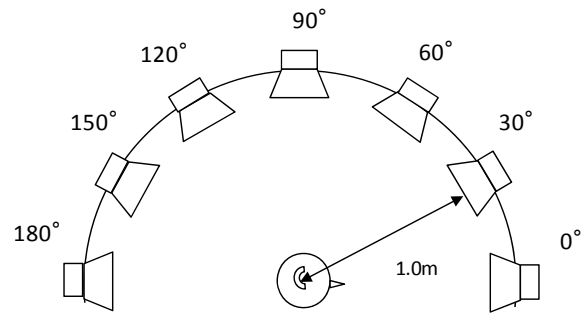


Fig. 1 Loudspeaker arrangement in the median plane.

全被験者の回答から求めた距離感の布置を Fig.2 に示す。最も近くに知覚しているのは 0° であり、次いで 30° を近くに知覚していた。最も遠くに知覚しているのは 120° であり、次いで 90°, 150° を遠くに知覚していた。

Figure.2 の有意水準 1% のヤードスティックに基づいてグループ化した結果を Fig.3 に示す。3 つのグループに分けられ、最も近くに知覚したグループは 0°, 30° で、最も遠くに知覚したグループは、90°, 120°, 150° であった。

これらの結果は正中面において全方向が同じ距離感ではなく、音源の入射仰角によって距離感に差があり、また、前方を近く、頭上後方を遠くに知覚していることを示している。

3.2 各被験者の距離感

各被験者の回答から求めた距離感の布置を Fig.4 に示す。0° を最も近くに知覚している被験者は 6/10 名(A,B,C,E,H,J)で、30° を最も近くに知覚した被験者は 3/10 名(D,F,G)であった。また、120° を最も遠くに知覚している被験者は 7/10 名(B,C,D,E,F,H,J)で、90° を最も遠くに知覚した被験者は 1/10 名(G)であった。150° を最も遠くに知覚した被験者は 2/10 名(A,I)であった。

各被験者の有意水準 1% のヤードスティックに基づいてグループ化したものを Fig. 5 に示す。最も近いと知覚したグループに正面 0°

* Effect of incident elevation on distance perception of sound source in the median plane - by YAMAZAKI,Daisuke, HATAKOSHI,Yuto, IIDA, Kazuhiro(Chiba Institute of Technology).

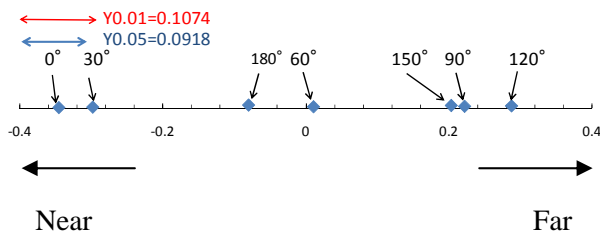


Fig. 2 Perceived distance of the stimuli in the median plane.

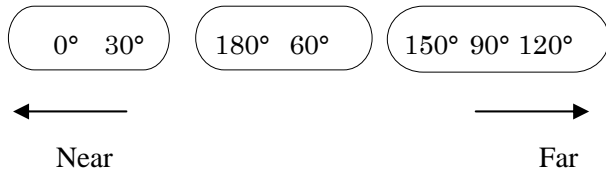


Fig. 3 Categorization of stimulus in which each stimulus distributes within the length of yardstick of significance level of 1%.

を含む被験者は 7/10 名(A,B,C,E,G,H,I)であった。最も遠いと知覚したグループに頭上後方 120° を含む被験者は 8/10 名(A,B,C,D,E,F,H,I)であった。この結果から、ほとんどの被験者が前方を近く、頭上後方を遠くに知覚していると言える。ただし、被験者 J はいずれの方向でも有意差は見られなかった。

3.3 分散分析

全試行の回答を用いて分散分析を行った (Table1)。「主効果」が有意水準 1% で有意であった。したがって、音源の入射仰角によって距離感に差があると言える。また、「主効果×試行」が有意水準 1% で、「順序×試行」が有意水準 5% で、それぞれ有意であった。

さらに、被験者ごとに分散分析を行うと主効果は 9/10 名に有意水準 1% で有意であった。「主効果×試行」が有意水準 1% で有意である被験者は 4/10 名(E,F,G,H)であった。「組み合わせ効果」が有意水準 1% で有意であるのは被験者 1/10 名(A)で、有意水準 5% で有意であるのは被験者 1/10 名(H)であった。順序効果が有意水準 1% で有意である被験者は 6/10 名(A,B,D,G,H,I)であり、有意水準 5% で有意である被験者は 1/10 名(E)であった。被験者 J は全ての要因が有意ではなかった。

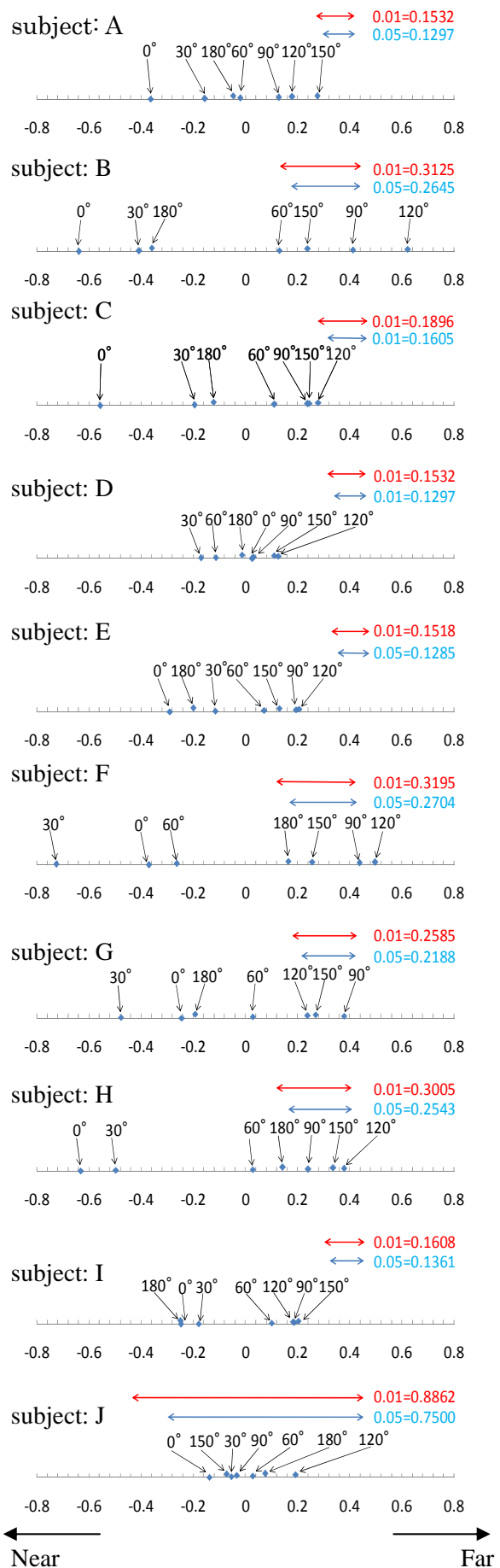


Fig. 4 Perceived distance of the stimuli in the median plane for each subject.

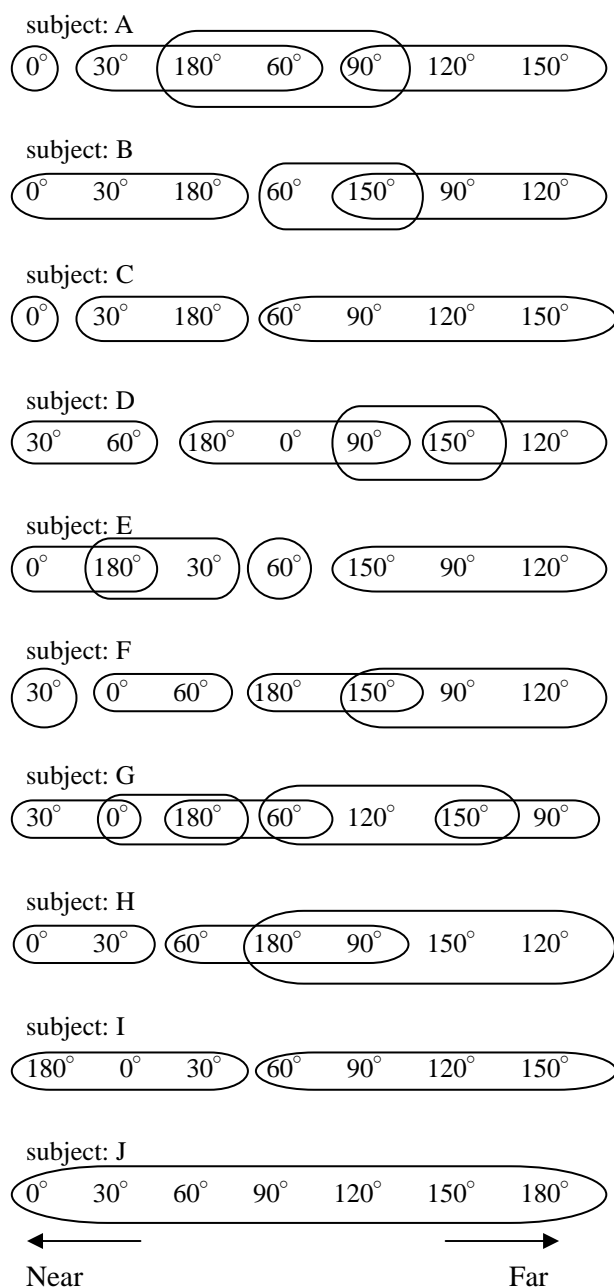


Fig.5 Categorization of stimulus in which each stimulus distributes within the length of yardstick of significance level of 1% for each subject.

factorial	sum of squares	degrees of freedom	unbiased variance	F
main effect	271.58	6.00	45.26	133.42**
main effect ×trial	201.58	294.00	0.68	2.02**
combinatorial effect	6.92	15.00	0.46	1.36
order effect	0.43	1.00	0.43	1.28
order effect ×trial	27.17	49.00	0.55	1.63*
error	588.62	1735.00	0.34	
total sum of squares	1095.96	2100.00		

** : p<0.01 * : p<0.05

4 考察

音源方向によって距離感に差がある理由の1つとして Binaural summation of Sound Pressure Level (BSPL) [3]が考えられる. BSPLは両耳の音圧レベルを合成した音の大きさを表し, 式(1)で定義される.

$$BSPL = 6 \log_2(2^{L_l} + 2^{L_r}) \quad (1)$$

ここで, L_l :左耳音圧レベル, L_r :右耳音圧レベルを表す.

被験者 10 名の HRIR(Head-Related Impulse Response) を用いて各方向における BSPL を求めた. 被験者ごとに正面方向の BSPL を 0dB とし各方向との差を求めた結果を Fig.6 に示す. いずれの被験者も正面方向の BSPL が大きく, 被験者 G と J を除く 8/10 名の被験者は頭上後方の BSPL が小さくなっており, BSPL と距離感に負の相関関係があることが示唆される.

BSPL と距離感の定量的関係を検討するために, BSPL を独立変数, 距離感を従属変数として回帰分析を行った. その結果を Fig.7 に示す. 一部の被験者は BSPL の増大とともに, 距離感が近くなる傾向が見られた.

Table2 に各被験者の相関係数, 無相関の検定を示す. 被験者 A, F, H は BSPL と距離感に強い負の相関が見られ, 有意水準 1% で無相関の検定が棄却された. しかし, 他の被験者については有意水準 5% でも棄却されなかった.

Table2 Correlation coefficient and results of t-test.

subject	correlation coefficient	t-test
A	-0.91	**
B	-0.71	
C	-0.74	
D	-0.65	
E	-0.61	
F	-0.96	**
G	0.11	
H	-0.89	**
I	-0.46	
J	-0.51	

** : p<0.01

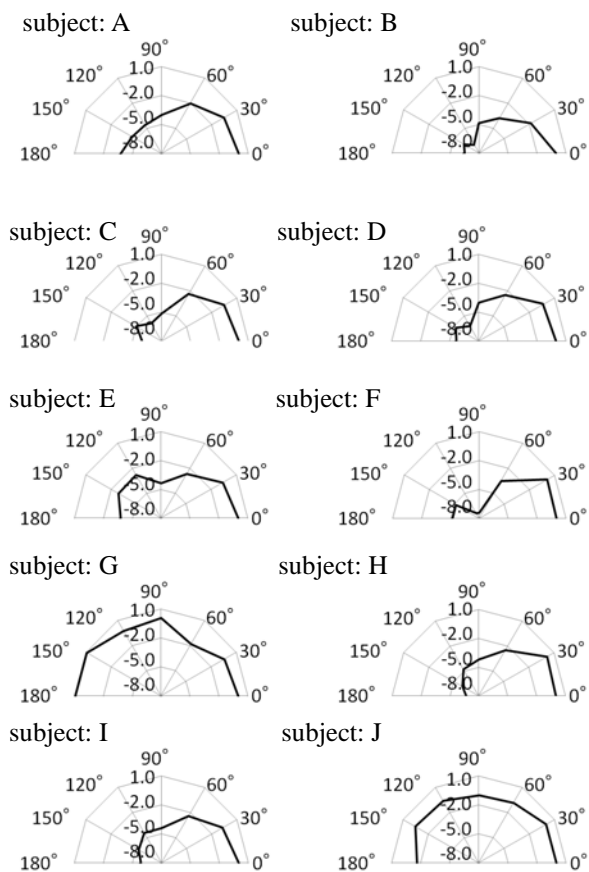


Fig.6 Measured BSPL as a function of incident elevation (dB).

5 おわりに

無響室内での正中面に配置した等距離音源における主観評価実験を行い、正中面における入射仰角と距離感の関係について検証した。その結果、前方の音源を近くに、頭上後方の音源を遠くに知覚していることがわかった。

謝辞

本研究の一部は文部科学省の学術フロンティア推進事業による私学助成を得て行われた。分析に協力を頂いた千葉工業大学 4 年生の安室徹平君、根本尚彦君に感謝する。

参考文献

- [1] 百合野他, 音講論(春), 1489-1492, 2009.
- [2] 日本科学技術連盟, “新版 官能検査ハンドブック,” 日科技連出版社, 1973.
- [3] D.W. Robinson and L. Whittle, Acoustica 10, pp.74-80, 1960.

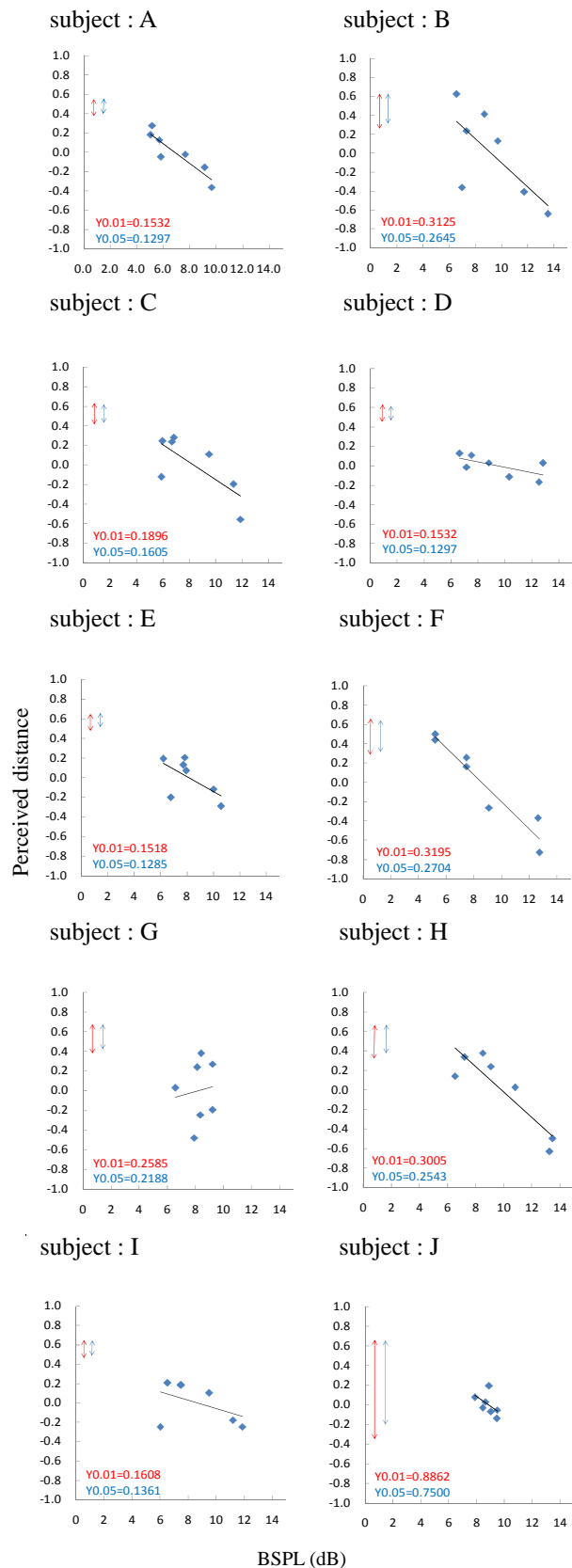


Fig.7 Relation between BSPL and perceived distance for each subject.