

P-18 波面合成法による立体音響においてチャンネル数が音場知覚に及ぼす影響

木村敏幸(名古屋大), 寛一彦(中京大), 武田一哉(名古屋大), 板倉文忠(名城大)

1. はじめに

波面合成法

- Huygensの原理に従って波面を再生領域内に合成
- 非常に多くのチャンネル信号が必要
- ⇒ **チャンネル数による影響を検討することは非常に重要**

チャンネル数による影響の検討

- 従来の見解
 - 波面を忠実に合成するにはスピーカ間の間隔を波長の1/2以下に

システムの実現は困難

音場知覚(方向感, 距離感, 空間印象)への影響

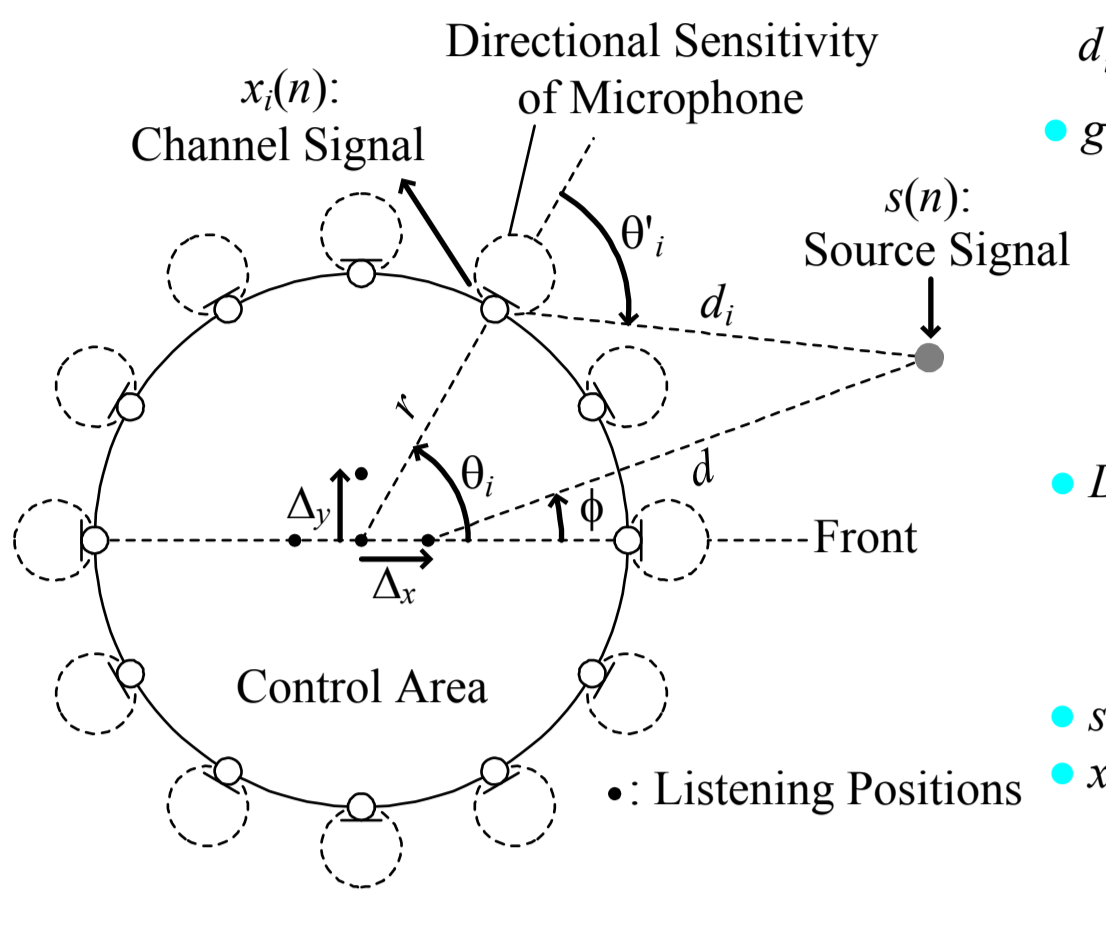
- 今までにあまり検討されていない

2種類の主観評価実験によって方向感及び空間印象への影響を検討

2. 主観評価実験1—方向感への影響—

2.1. チャンネル信号の作成

- 原音場は自由空間, 制御領域は半径2mの円



$$d_i = \sqrt{(d \cos \phi + \Delta_x - r \cos \theta_i)^2 + (d \sin \phi + \Delta_y - r \sin \theta_i)^2}$$

$$g_i(n) = \frac{D(\theta_i)}{d_i} \delta[n - \text{round}(\frac{d_i F_s}{c})]$$

$$x_i(n) = g_i(n) * s(n) = \frac{D(\theta_i)}{d_i} s[n - \text{round}(\frac{d_i F_s}{c})]$$

2.3. 実験計画

- 被験者...12名の学生(男性10名, 女性2名)
- 1箇所あたり3名ずつ

Subjective Assessment	
Session 1 Order...Randomized (White Noise or Speech)	Session 2
Practice (21 trials)	Main (308 trials) (77) (77) (77) (77)
Trial (Procedure)	
Stimulus (1 s)	Answer (4 s)

試行条件	要因	備考
練習試行 (21)	提示方向(7) × [チャンネル数(1) × 距離(2) + 統制条件]	条件(e) 3 & 4 m 条件(f)
本試行 (308)	提示方向(7) × [チャンネル数(5) × 距離(2) + 統制条件] × 繰り返し(4)	条件(a)~(e) 3 & 4 m 条件(f)

手順

- 音の聞こえた方向を手持の回答用紙に記入
- 回答方法...被験者の正面に配置した目盛りの番号で目盛り...-25°から25°まで2.5°間隔でマーキング

2.4. 実験結果及び考察

- チャンネル数24, 36...回答方向は提示方向とほぼ同じ
- チャンネル数8, 12, 18...回答方向が提示方向と異なる条件が存在
- ⇒ **チャンネル信号の数が少なすぎると所望の方向に音像が定位置しない**

平均二乗誤差による評価

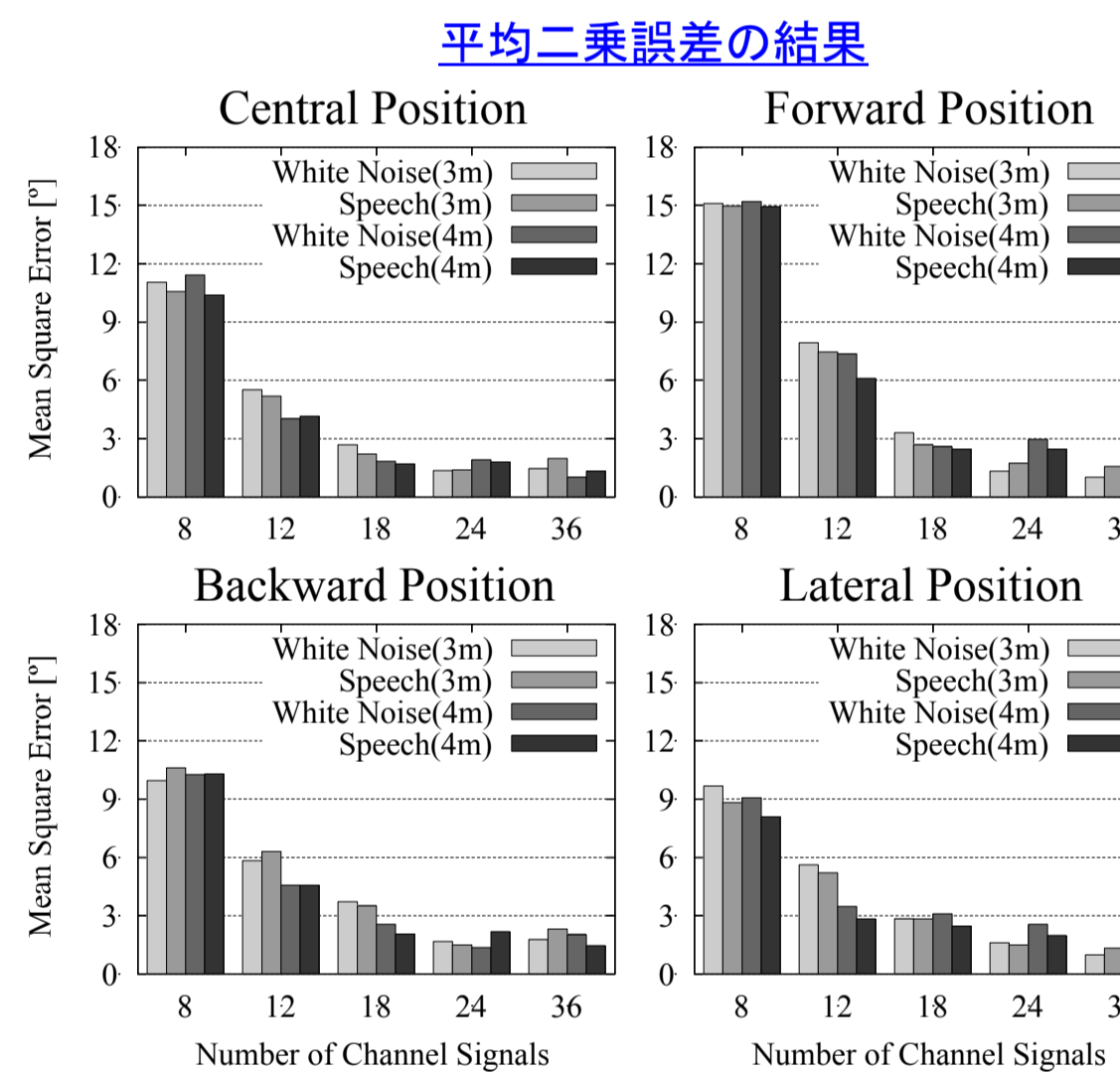
$$MSE[\phi] = \frac{1}{7} \sum_{\phi} (\psi(\phi) - \psi_{\text{control}}(\phi))^2$$

- ϕ : 提示方向
- $\psi_{\text{control}}(\phi)$: 統制条件での回答方向
- $\psi(\phi)$: その他の条件での回答方向

チャンネル数24, 36

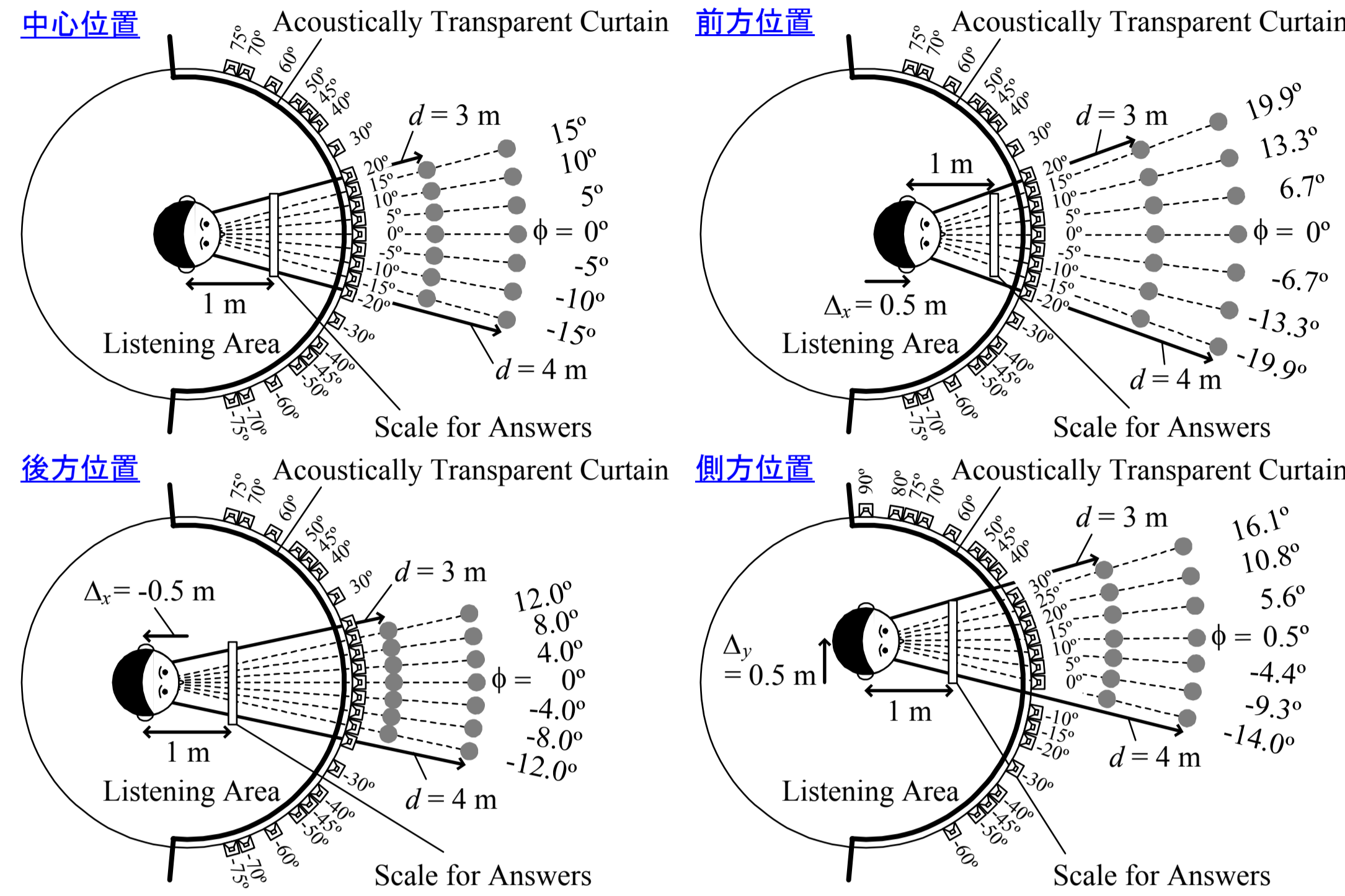
- 全ての聴取位置で3°以下
- 正面の方向弁別限より小さい値

約300~400 Hzでしか波面が忠実に合成されていなくても方向感には十分に再現される



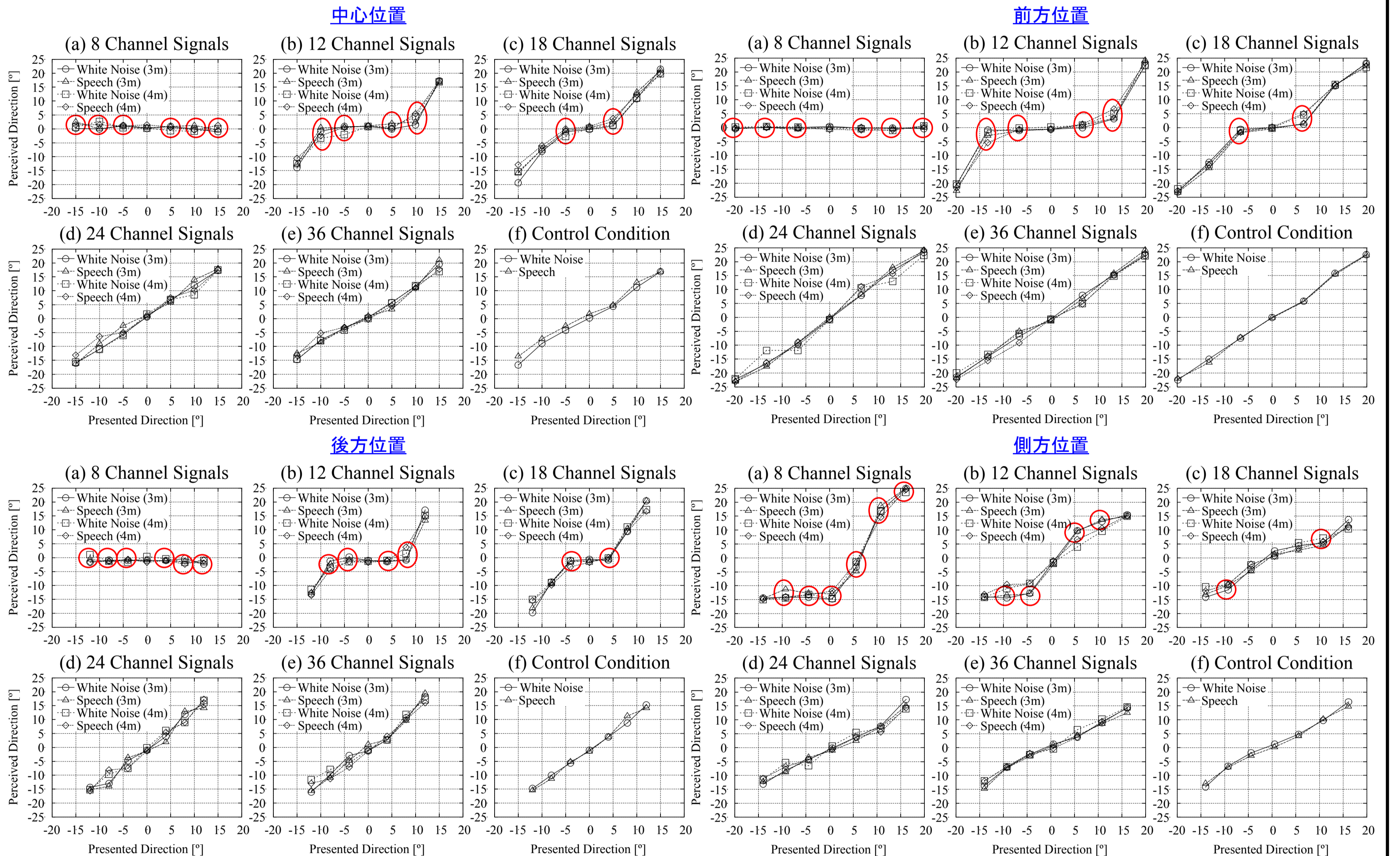
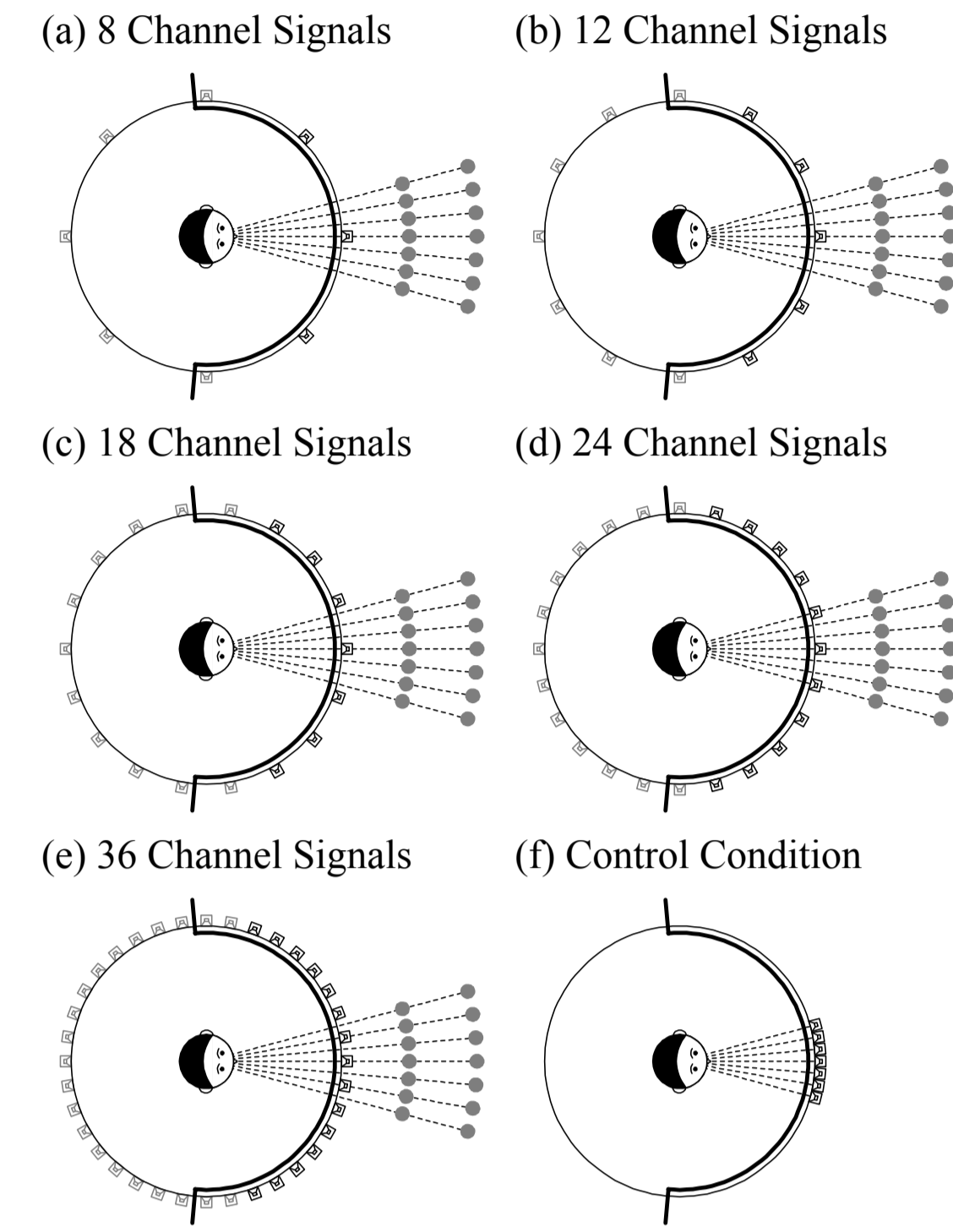
2.2. 実験環境

- 聴取領域は半径2mの円, 4箇所の聴取位置
- 部屋の残響時間...約80 ms
- 暗騒音レベル...25.0 dB(A)
- 音圧レベル...中心位置で約70 dB(A)
- 音響カーテン...視覚による影響を排除



実験条件

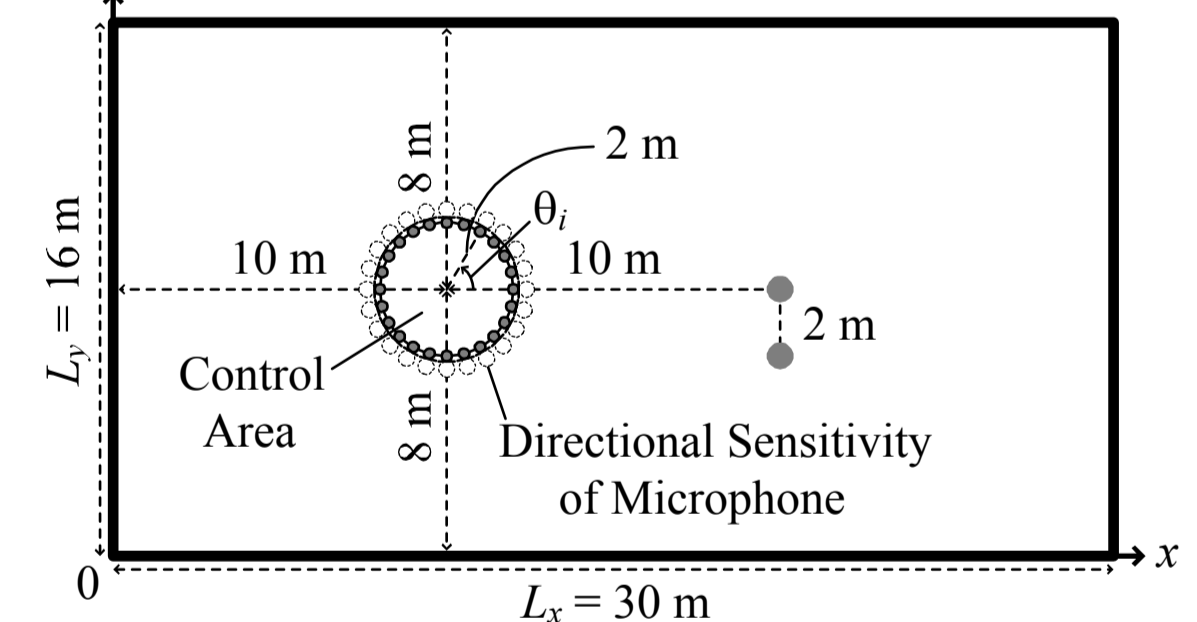
- 条件(a)~(e)の結果を条件(f)と比較



3. 主観評価実験2—空間印象への影響—

3.1. チャンネル信号の作成

- 原音場は残響空間, 制御領域は半径2mの円
- 虚像法で室内インパルス応答を算出



作成条件	
壁面反射係数	0.75
最大壁面反射回数	50
マイクロホンの指向性	超指向性
残響時間	1.3 s
ドライソースの種類	音声&フルート
サンプリング周波数	48 kHz
ドライソースの長さ	4 s

3.3. 実験計画

- 被験者...16名の学生(男性12名, 女性4名)
- 1箇所あたり3名ずつ
- 手法...Schefféの対比較法

Subjective Assessment					
Auditory Source Width	Listener Envelopment				
Session 1 Order...Randomized (Speech or Flute)	Session 2				
Practice (6 trials)	Main (42 trials)				
Trial (Procedure)					
Signal (0.1 s)	Break (0.9 s)	Stimulus A (4 s)	Break (2 s)	Stimulus B (4 s)	Answer (4 s)

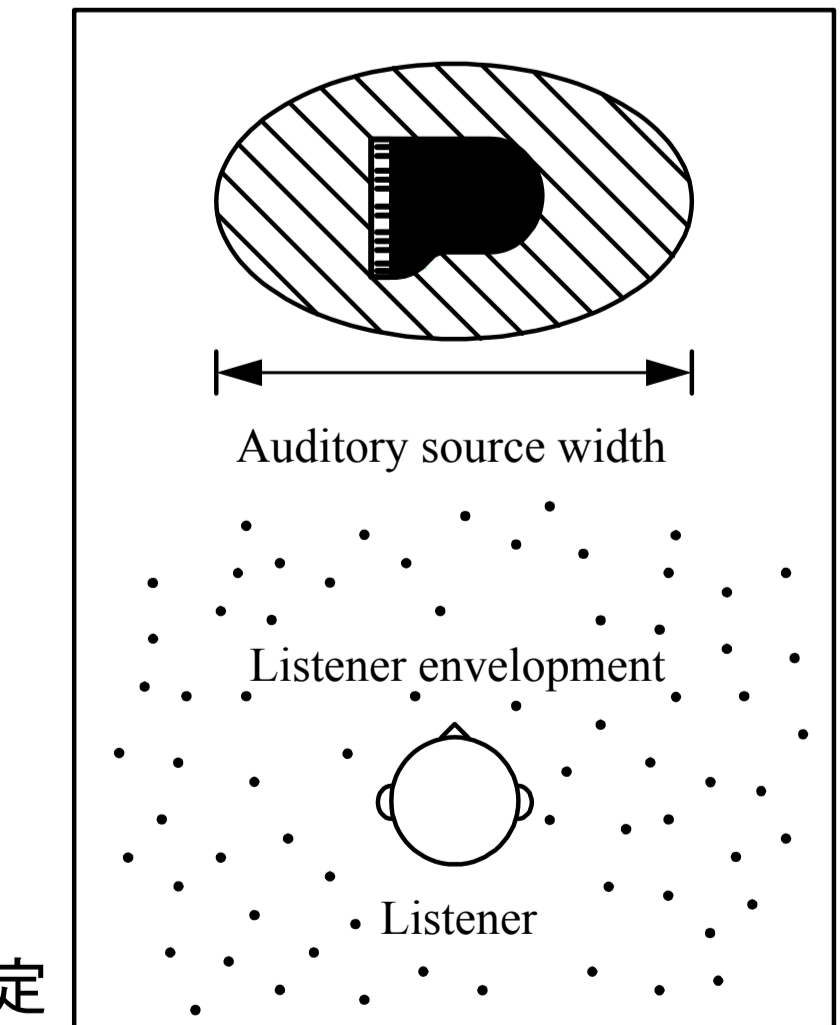
刺激対の組み合わせ

- 練習試行...条件(a), (b), (g)の順列 (3×2=6)
- 本試行...条件(a)~(g)の順列 (7×6=42)

手順

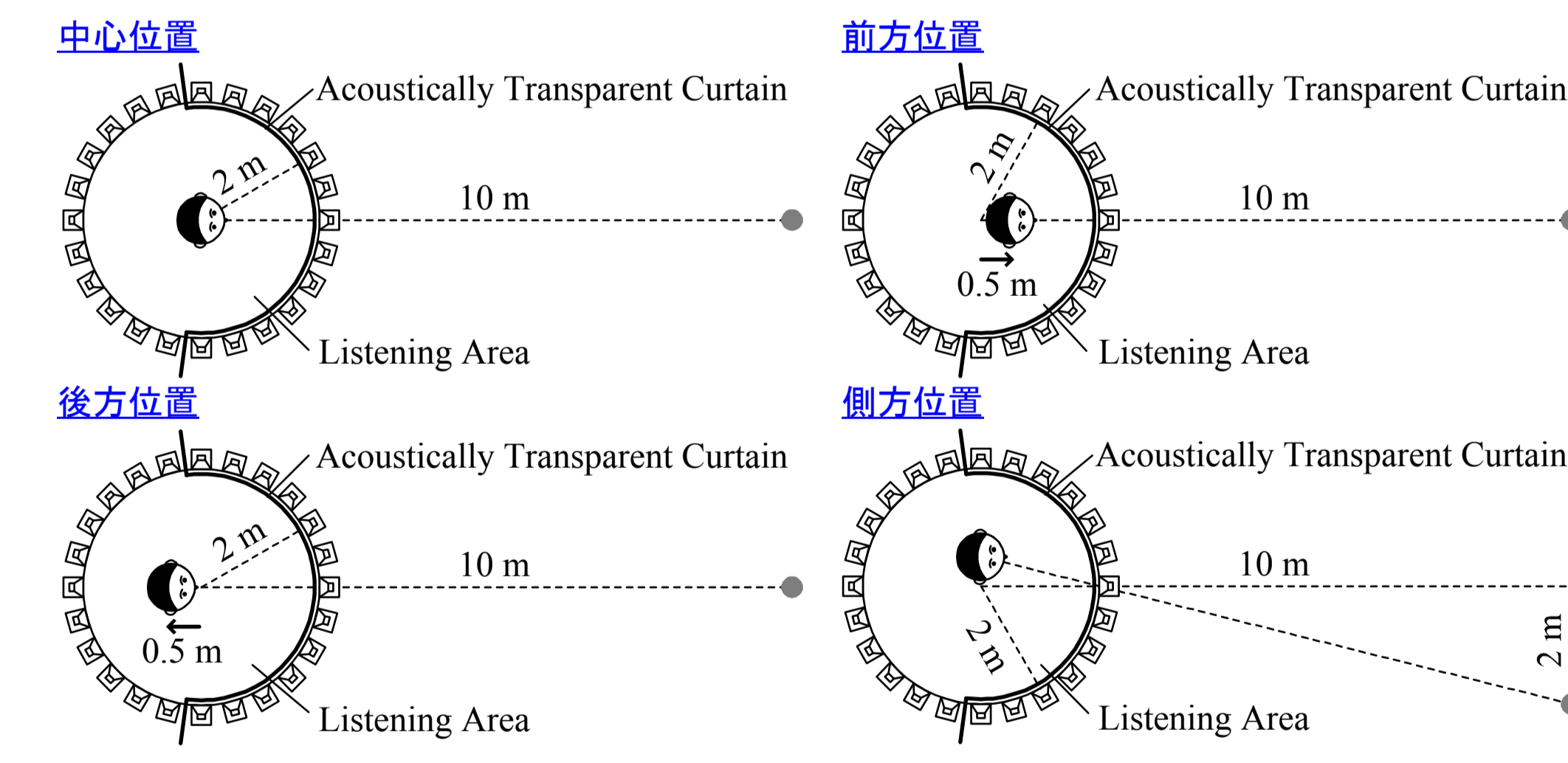
- 刺激BのASW及びLEVを刺激Aと比較して評定

評定	ASW	LEV
3	非常に広い	非常に包まれる
2	かなり広い	かなり包まれる
1	少し広い	少し包まれる
0	同じ	同じ
-1	少し狭い	少し包まれない
-2	かなり狭い	かなり包まれない
-3	非常に狭い	非常に包まれない

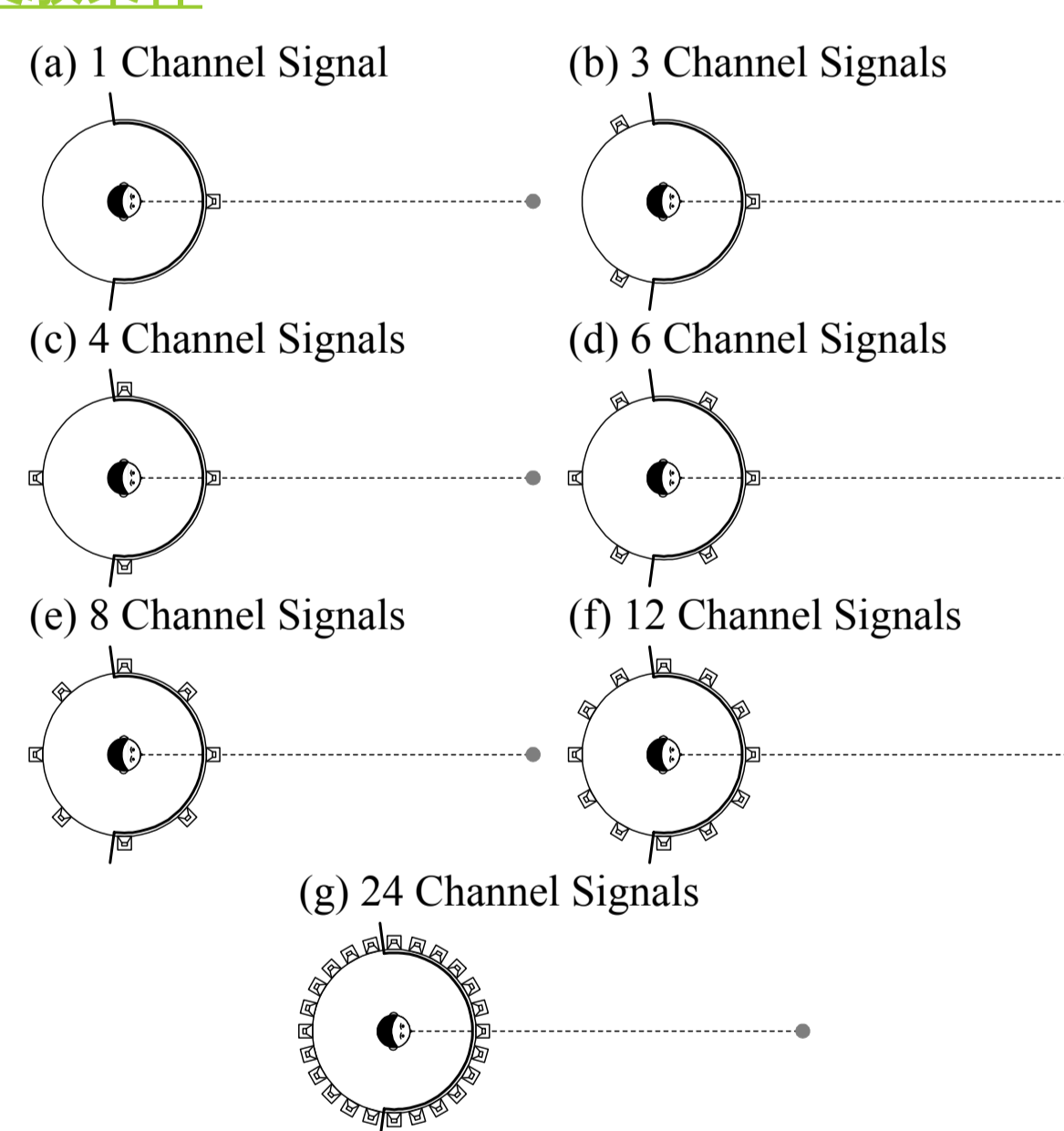


3.2. 実験環境

- 聴取領域は半径2mの円, 4箇所の聴取位置
- 部屋の残響時間...約80 ms
- 暗騒音レベル...25.0 dB(A)
- 音圧レベル...中心位置で約70 dB(A)
- 音響カーテン...視覚による影響を排除



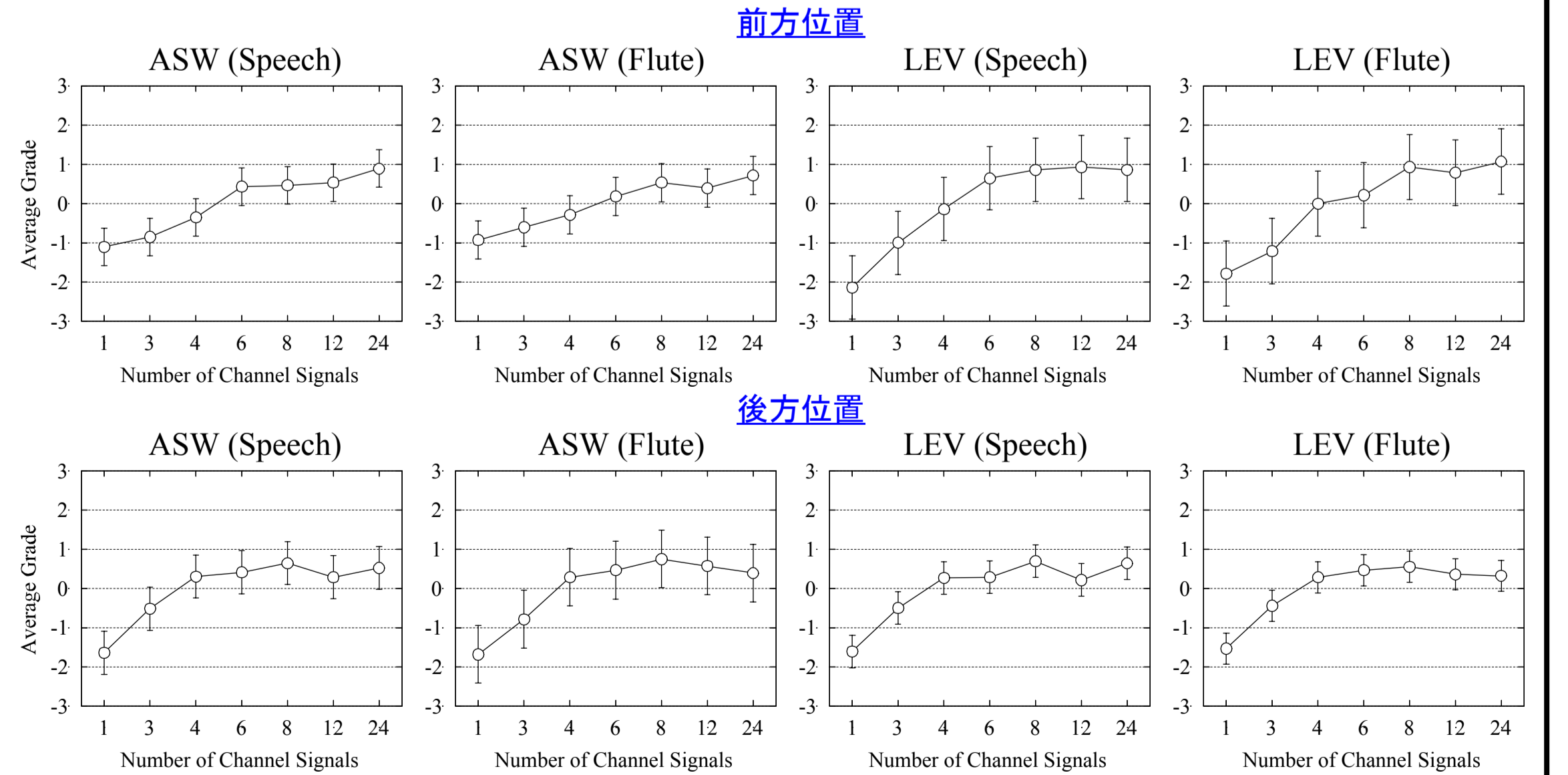
実験条件



3.4. 実験結果及び考察

- チャンネル数1, 3, 4
 - チャンネル数24よりも平均評定値が低い
- チャンネル数6, 8, 12
 - チャンネル数24と平均評定値が同じ
 - ⇒ **チャンネル数が6以上ならばチャンネル数による影響はない**

約100 Hz以下でしか波面が忠実に合成されていなくても空間印象は十分に再現される



4. まとめ

非常に低い周波数帯域でしか波面が再現されていなくても方向感や空間印象は十分に再現される

