

# 青木研究室紹介

—超音波から音響まで—

金沢工業大学工学部  
情報通信工学科

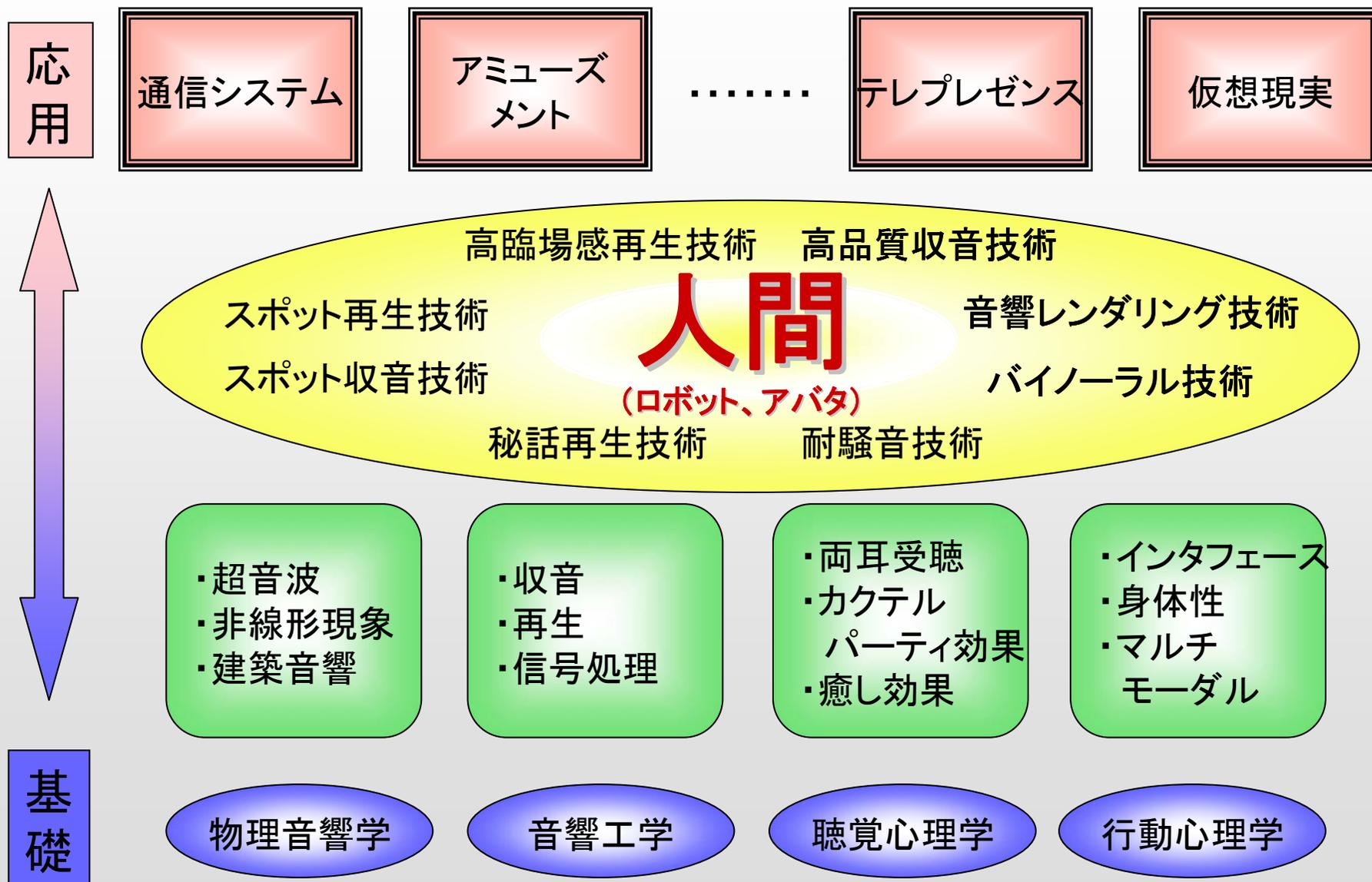
青木茂明

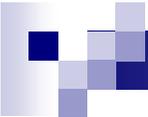


# 研究室のあゆみ

- 2007年4月：NTTから着任
- 2008年4月：卒研究生8名
- 2009年4月：大学院生2名  
卒研究生11名
- 2010年4月：大学院生5名  
卒研究生8名

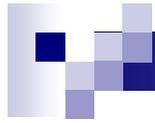
# 音響研究のスキーム(基礎から応用まで)





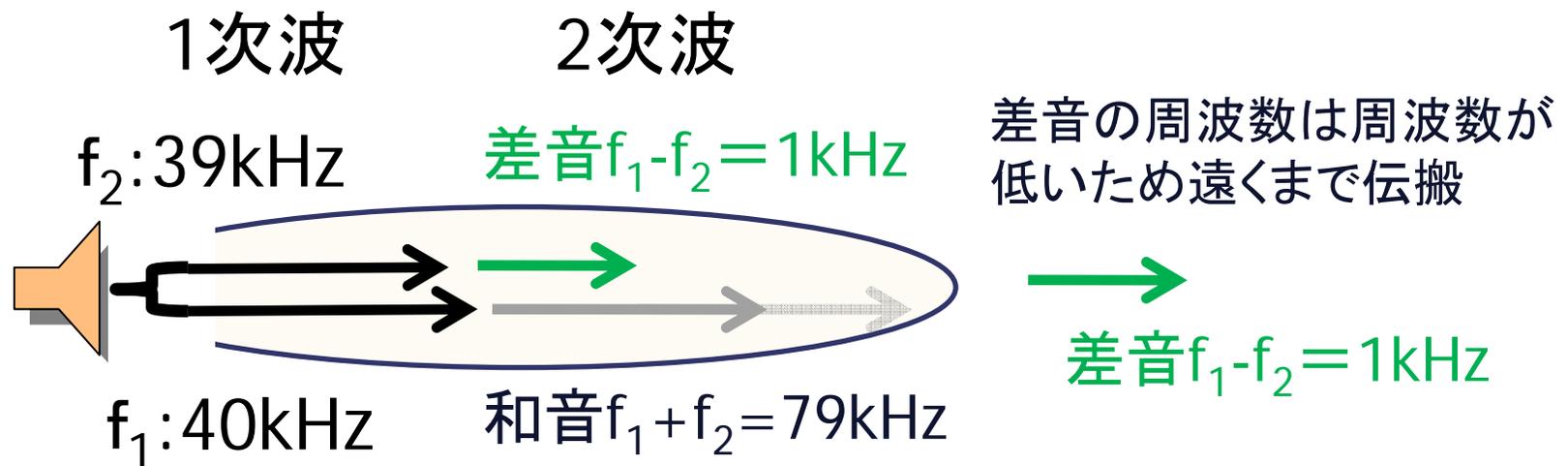
# 研究テーマ

- 超指向性スピーカ
- 先行音効果
- 高臨場感音響システム
- 耐騒音性收音
- 音像レンダリング
- 耳介の音響効果
- 、等

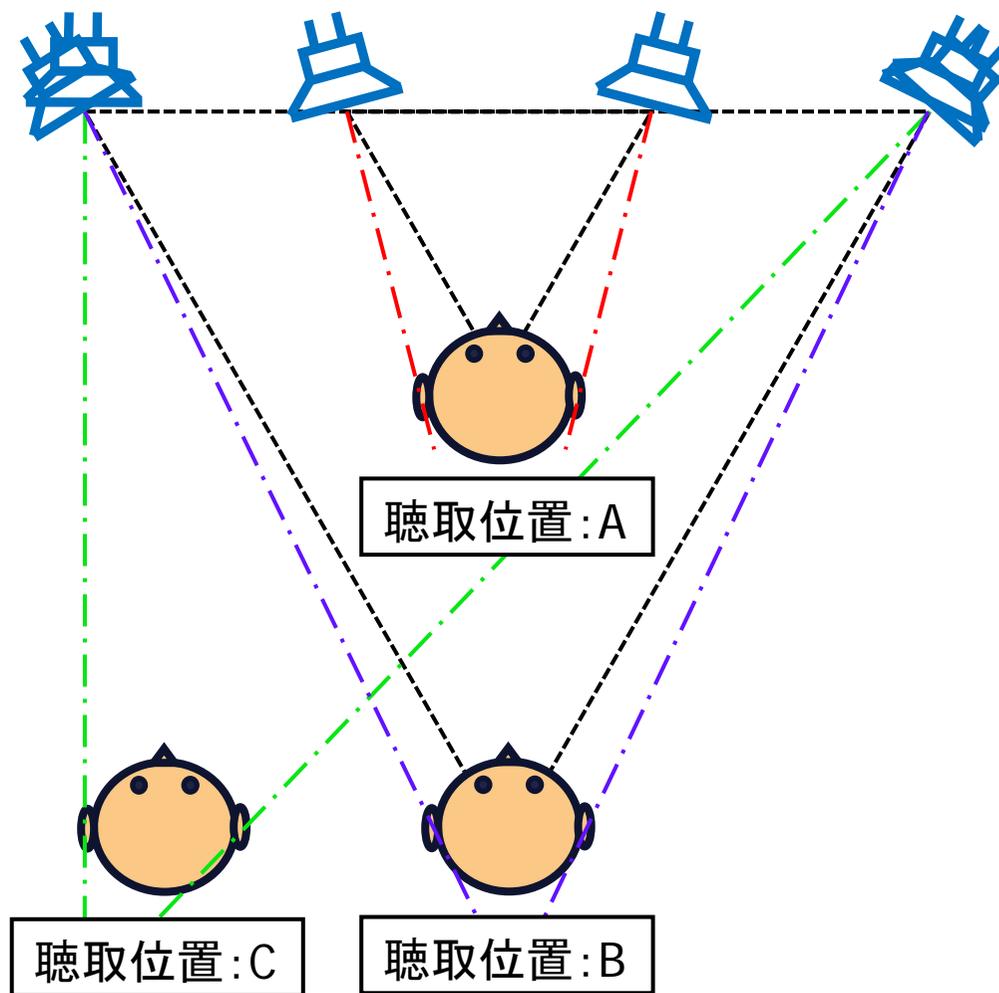


# 超指向性スピーカ

# パラメトリックスピーカの原理



# 試験方法



試験場所:無響室

聴取位置A:

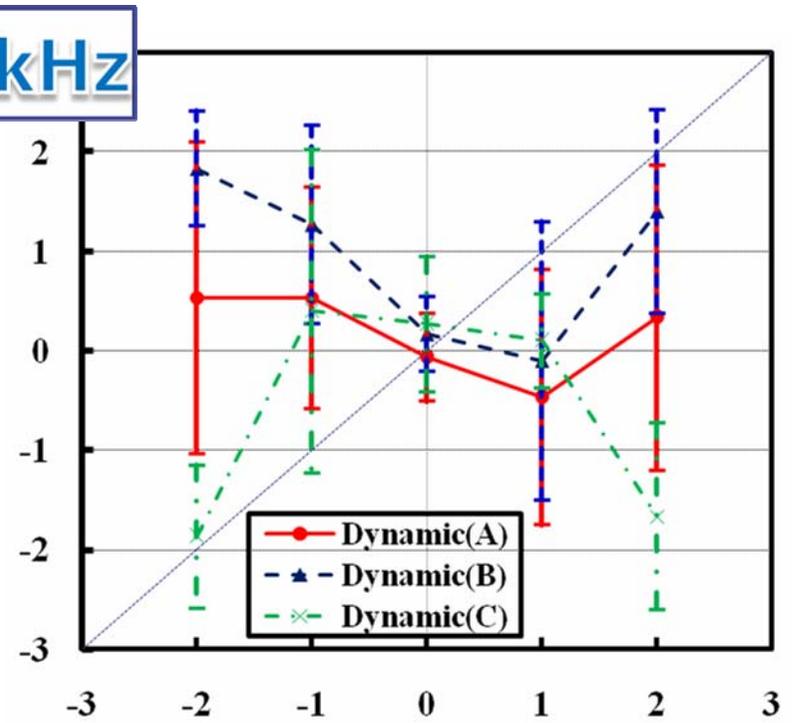
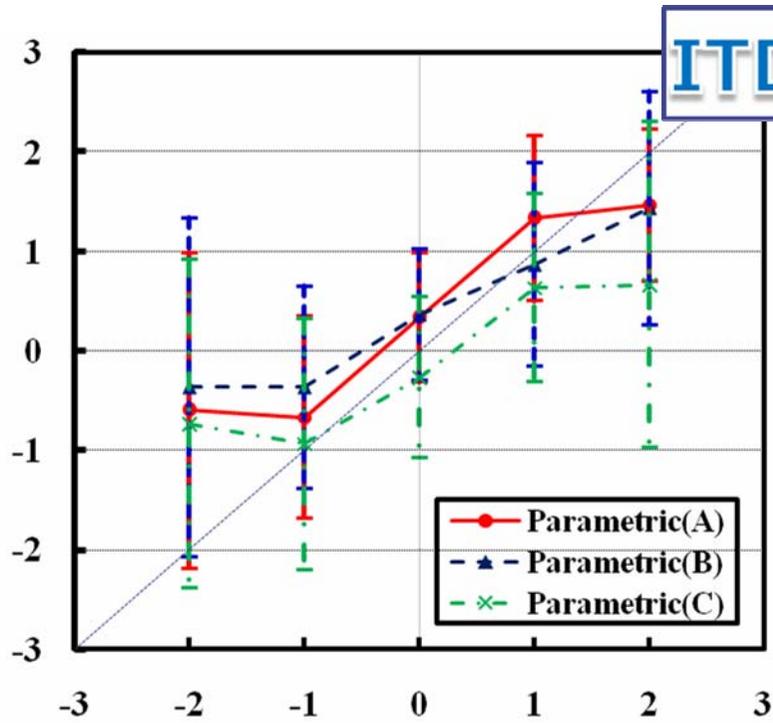
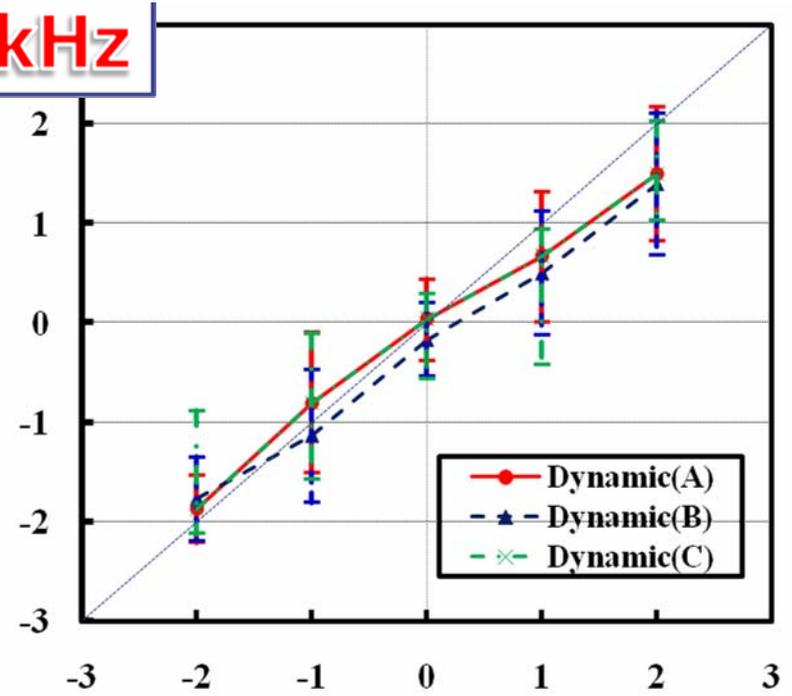
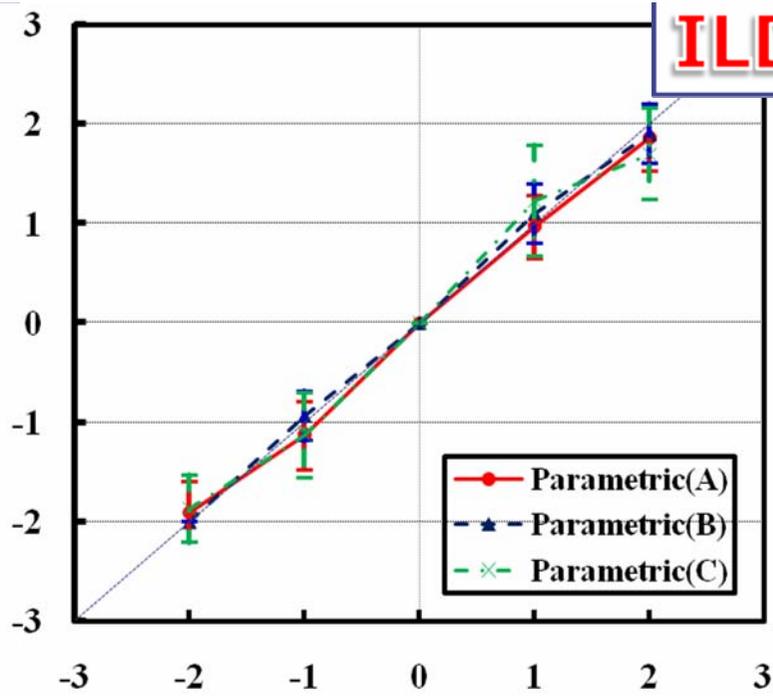
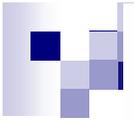
2つのスピーカと聴取者を結ぶと正三角形となり、一辺は60cm

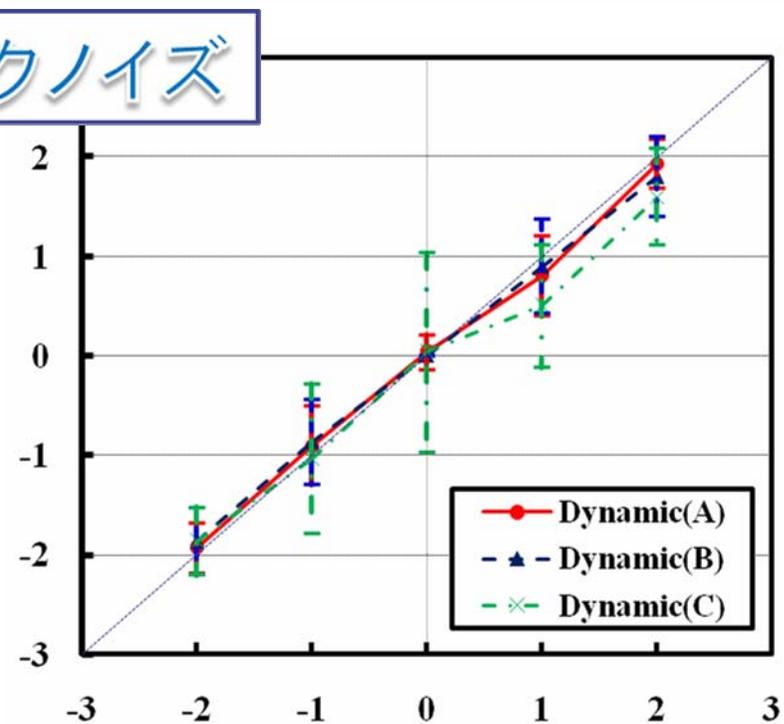
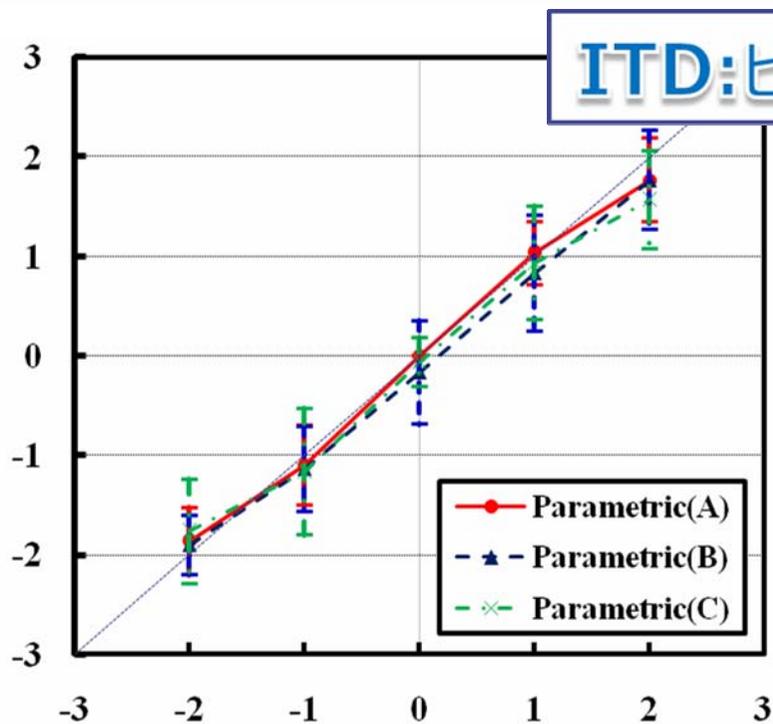
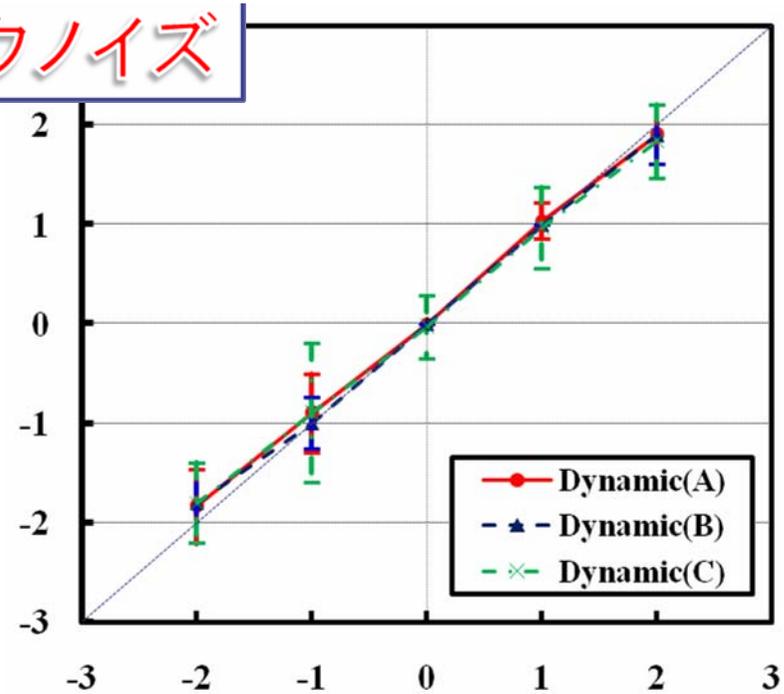
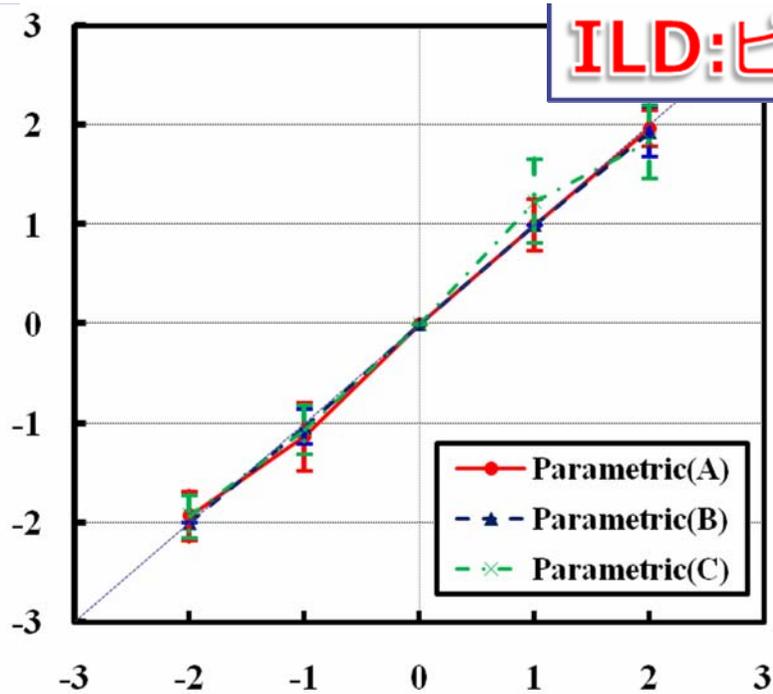
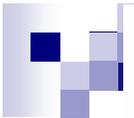
聴取位置B:

2つのスピーカと聴取者を結ぶと正三角形となり、一辺は180cm

聴取位置C:

聴取位置Bの位置から左方向に平行移動し、左スピーカの指向軸と左耳が重なる場所

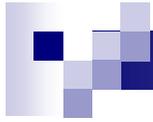






## まとめ

- スピーカから聴取者の距離が近くても、遠くても、片側に寄っていても正しい定位感を判断できる
- パラメトリックスピーカを用いたレベル差の試験結果より、どの信号音でも良好な定位感を得られる
- パラメトリックスピーカは指向性が鋭くクロストークによる問題が生じない



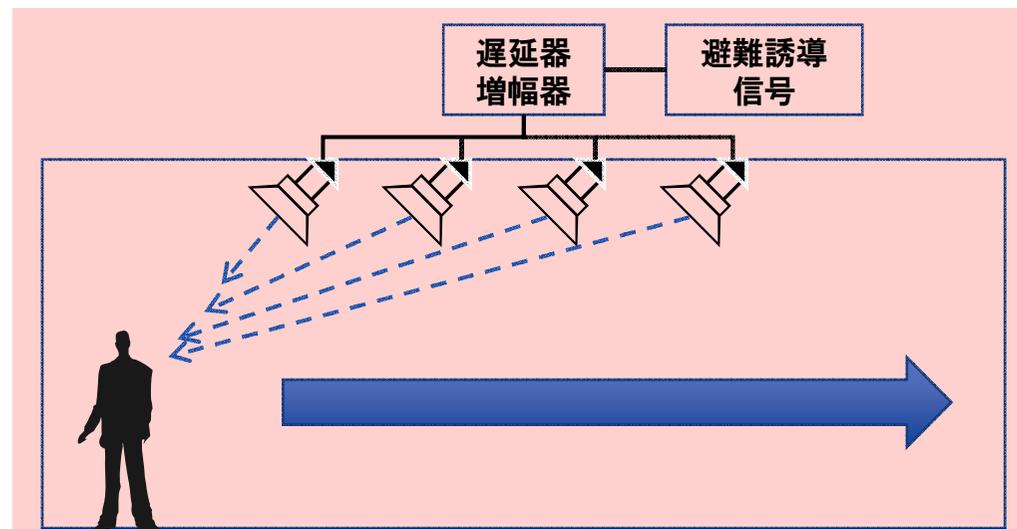
# 先行音効果

# 先行音効果を利用した避難誘導システム

## ■ 避難誘導システム

- 視覚的情報 →ピクトグラムや光走査による誘導  
煙が充満している場合や心理的動揺がある場合に避難することが困難
- 聴覚的情報 →先行音効果を利用したスピーカアレイ  
視覚的な避難誘導システムの問題点をクリア、聴覚に障害のある方は活用できない

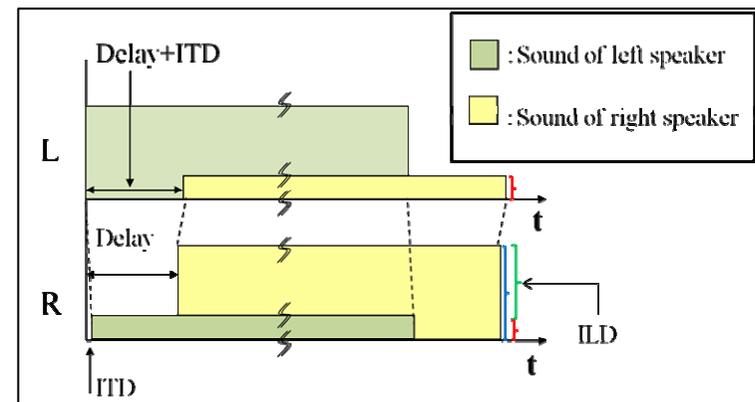
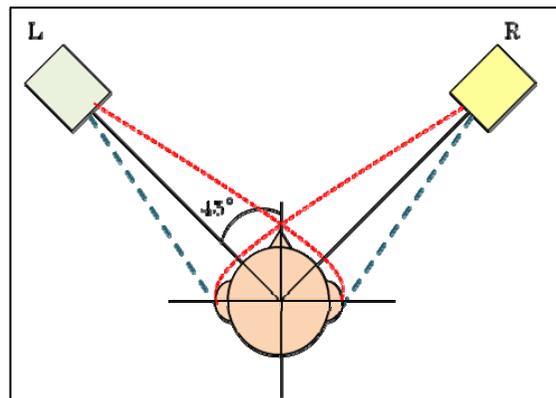
## 複合的な避難誘導システムの構築



# ヘッドホンによる聴取試験 -聴取信号-

## ■ 試験方法

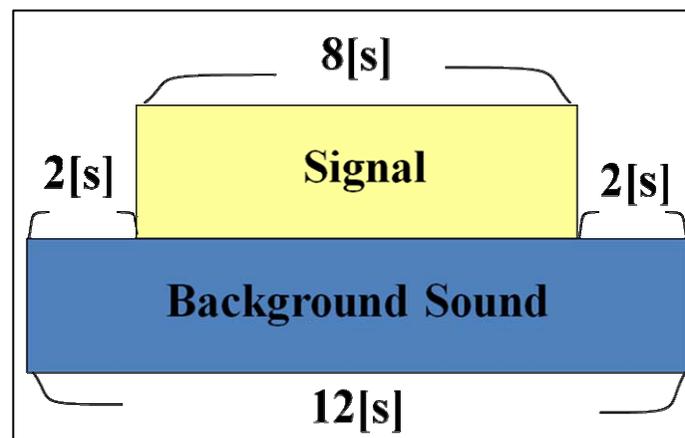
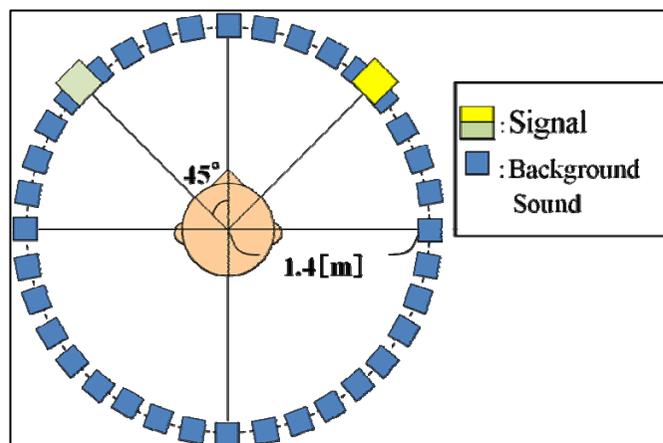
- 両耳間時間差 (ITD) や両耳間強度差 (ILD) などの両耳情報は頭部伝達関数 (HRTF) にて計算
- 聴取者の正中面から左右  $45^\circ$  に信号発信源を配置したと仮定
- 左側の信号発信源からの信号音を先行音とする
- 右側の信号発信源は初期反射音として  $0.2 \sim 80\text{ms}$  の遅延時間を付与



# ヘッドホンによる聴取試験 - 背景音 -

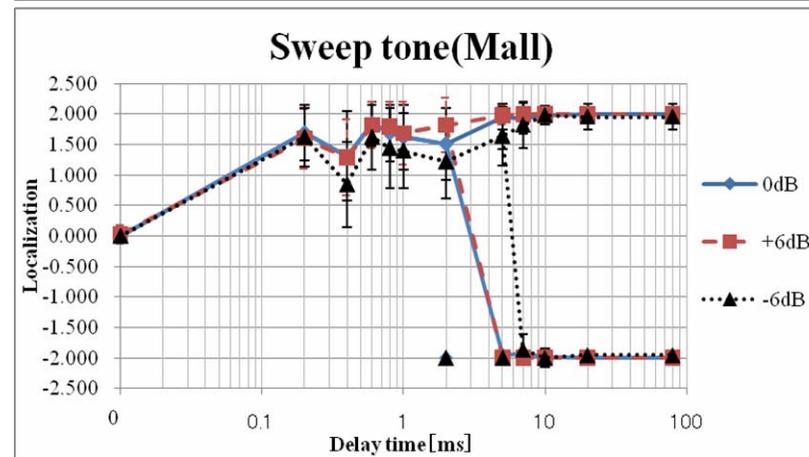
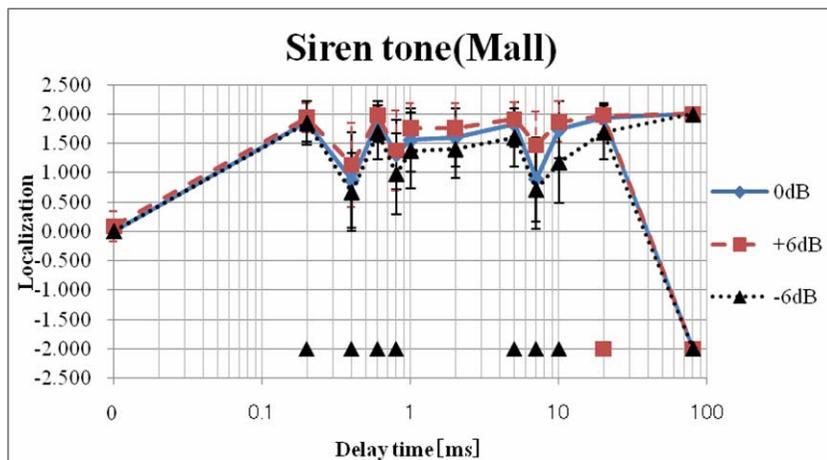
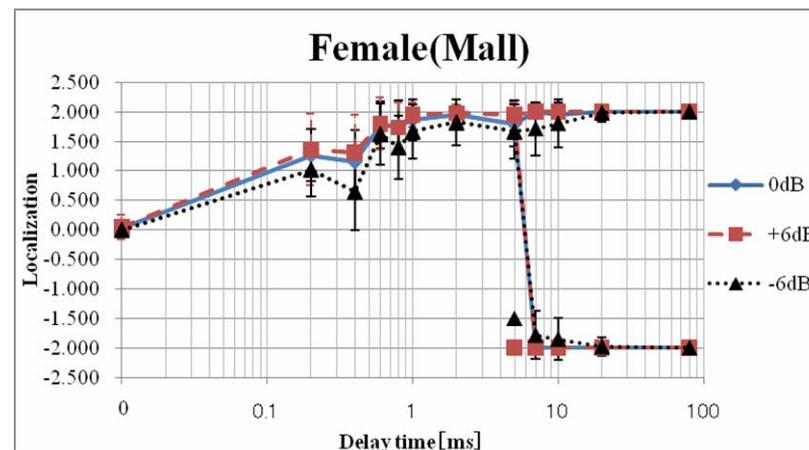
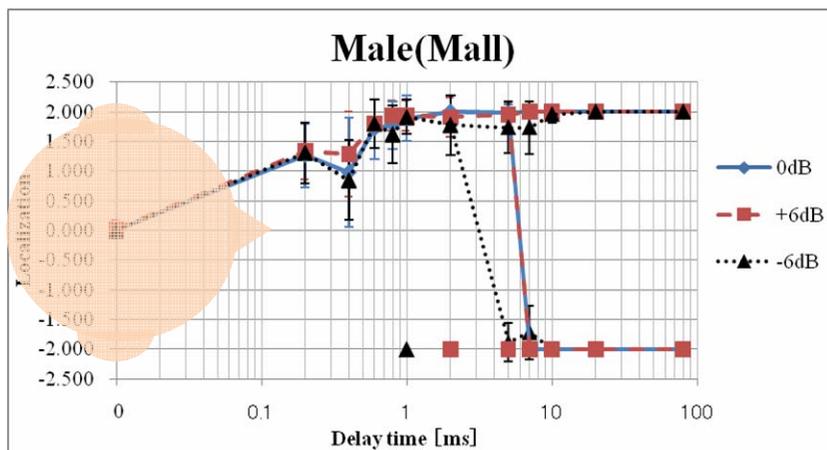
## ■ 想定聴取環境

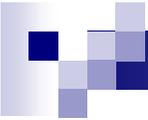
- 聴取者を中心とした半径1.4mの円上に等間隔に36個の想定背景音発信源から背景音を放射すると仮定
- 信号音の強度は背景音と等しい(各遅延時間含む)
- それぞれの背景音の強度も等しい
- 背景音の呈示時間は信号音に対して前後2秒長くしている



# ヘッドホンによる聴取試験 - 試験結果 -

## ■ 背景音と信号音の相対強度差





## ヘッドホンによる聴取試験 -まとめ-

- 背景音に対する信号音の相対強度差は定位の方向感に影響
- 音声と非音声では、音声の方が各遅延時間での定位に優れる
- 背景音の有無及び種類は信号音の定位にほとんど影響を及ぼさない

# スピーカを用いた定位試験 -試験信号-

## ■ 試験方法

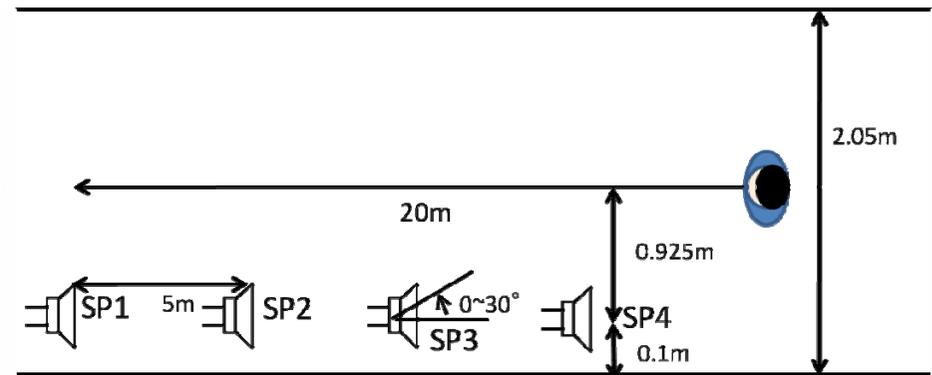
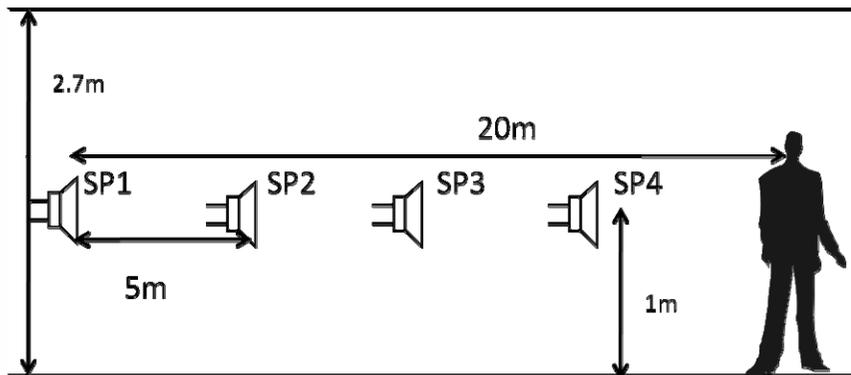
- 定位感については各スピーカに時間差のみを与えた場合と強度差のみを与えた場合について検討

- 時間差:  $T_{dn} = (n-1)(5/340 + D_{elay})$  ( $n=2, \dots, 4$ )

$$D_{elay}: 0, 1, 2\text{ms}$$

- 強度差:  $I_{dn} = 75 - L_{evel}(n-1)$  ( $n=2, \dots, 4$ )

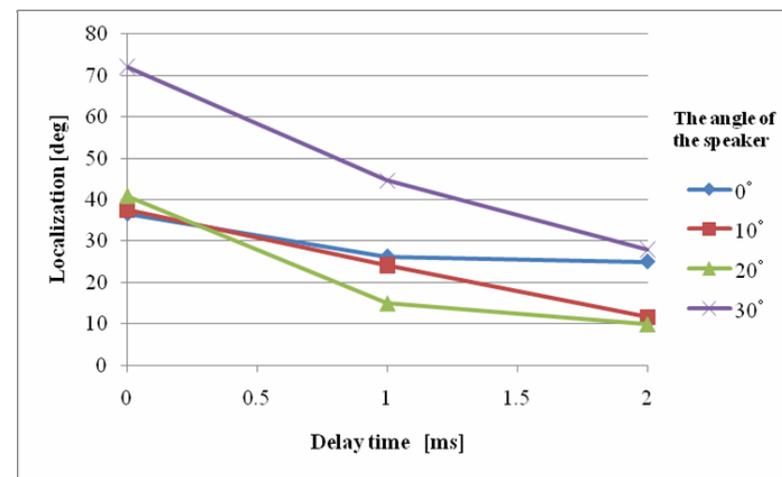
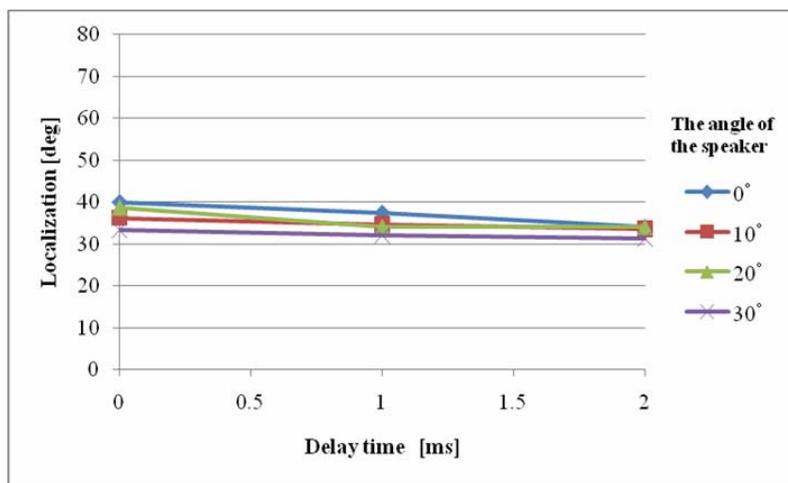
$$L_{evel}: 0, 3, 6\text{dB}$$



# スピーカを用いた定位試験 -試験結果-

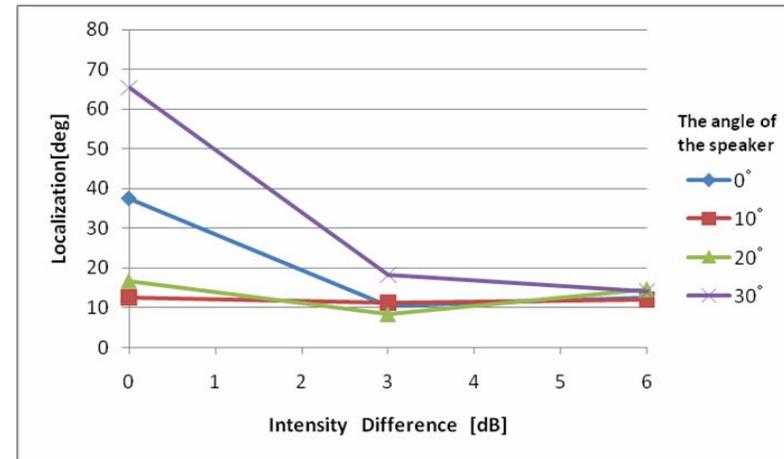
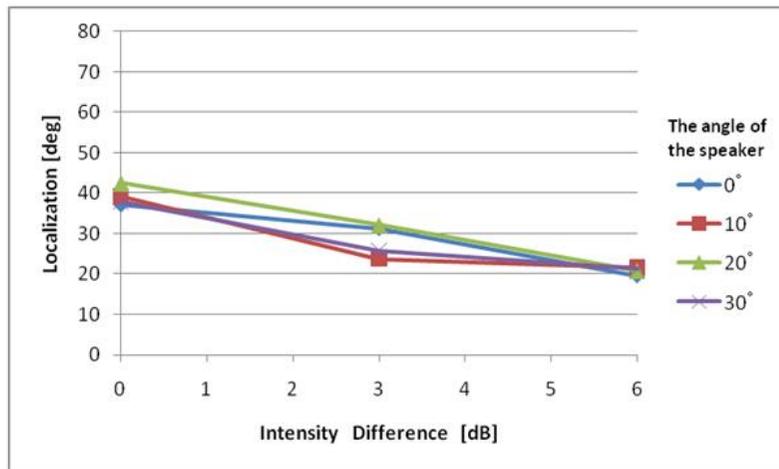
## 定位感と時間差の関係

- 音像の定位感の変動に周期性がある
- 5m、10m付近の山の平均をとり、定位感の特徴を抽出



# スピーカを用いた定位試験 -試験結果-

## 定位感と強度差の関係



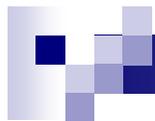
# スピーカを用いた定位試験-まとめ-

## ■時間差と定位感の関係

- 時間差のみを与えた場合の試験では聴取者が安定して前方に方向感を感じるためにはスピーカの設置角度が重要な要因となる
- スピーカの設置角度が $10^\circ$  と $20^\circ$  の設定では遅延時間を付加することによりスピーカ近傍でも聴取者の前方に良好な定位感を得ることができる

## ■強度差と定位感の関係

- スピーカ間に強度差を与えた場合の試験では、スピーカの設置位置に関わらず強度差を設けることにより定位が前方になる傾向がある
- 指向性が鋭いスピーカを使用することによりスピーカの真横にいる場合でも、音像が前方に定位する可能性があることが示唆できる



# 高臨場感音響システム

# 高臨場感音響システム

通信会議において、相手方の話者の位置が知覚できると、話者の識別が容易になる



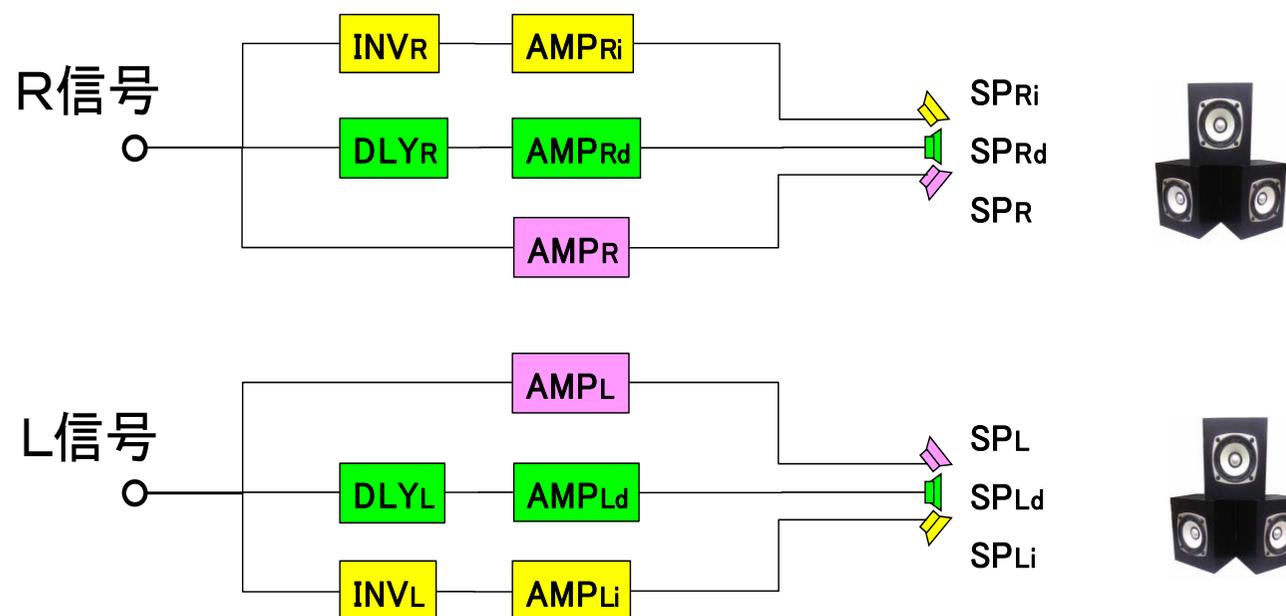
自然なコミュニケーションが実現できる

音響システムに求められる課題：  
広い聴取範囲で良好な定位感を実現



ステレオ再生法が提案されている

# 高臨場感音響システムの構成



内側のスピーカ (SP<sub>R</sub>とSPL) → 主信号

中間のスピーカ (SP<sub>Rd</sub>とSPL<sub>d</sub>) → 遅延信号

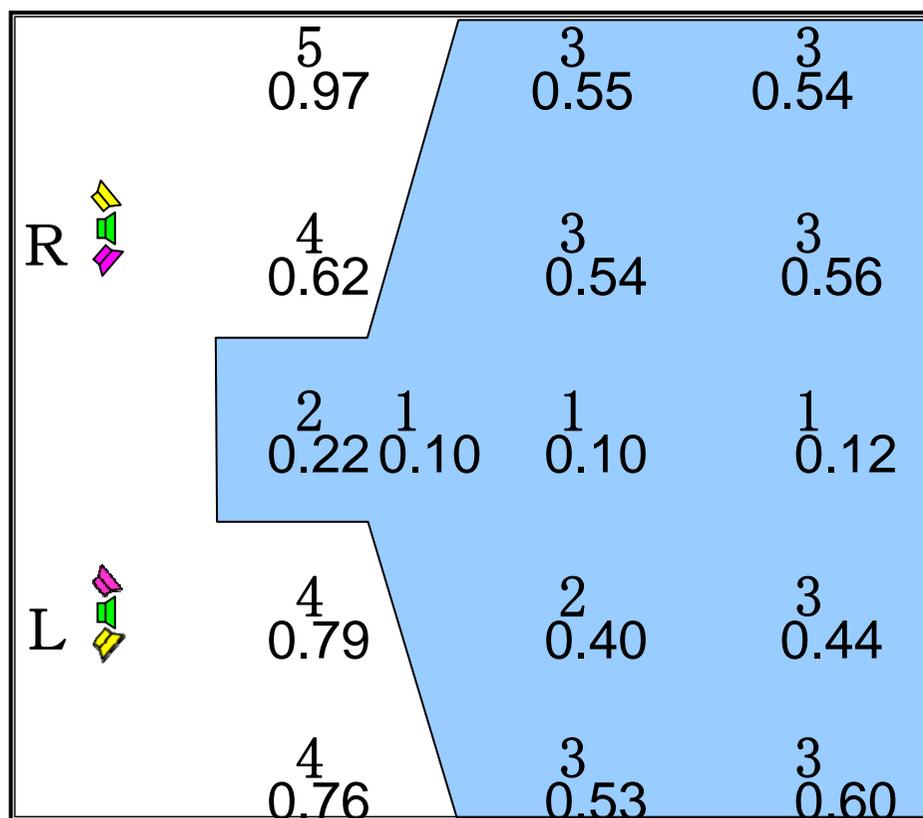
外側のスピーカ (SP<sub>Ri</sub>とSPL<sub>i</sub>) → 主信号の逆相信号

※主信号と逆相信号を放射するスピーカは対となりダブレット音源を構成している

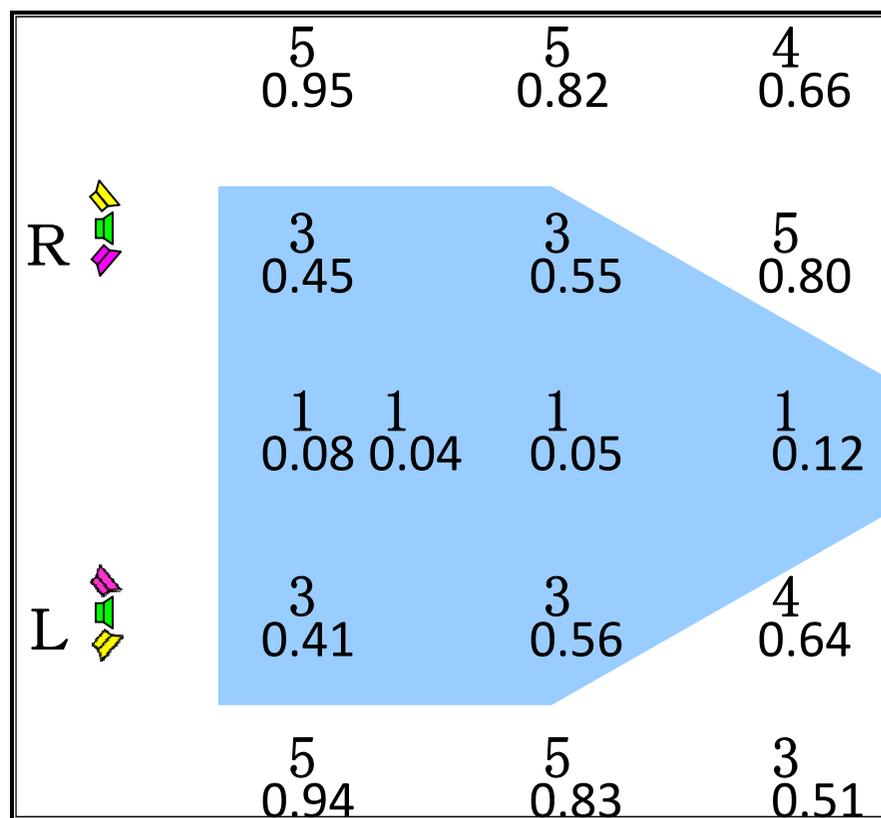
# 定位感の比較(時間差)

- 設定1: 左右スピーカ中央から放射状に良好な聴取範囲が拡大
- 設定2: 左右スピーカの前では定位感は向上したが、  
聴取位置が後ろに行くにつれて、良好な聴取範囲が狭くなる

設定1(中距離)



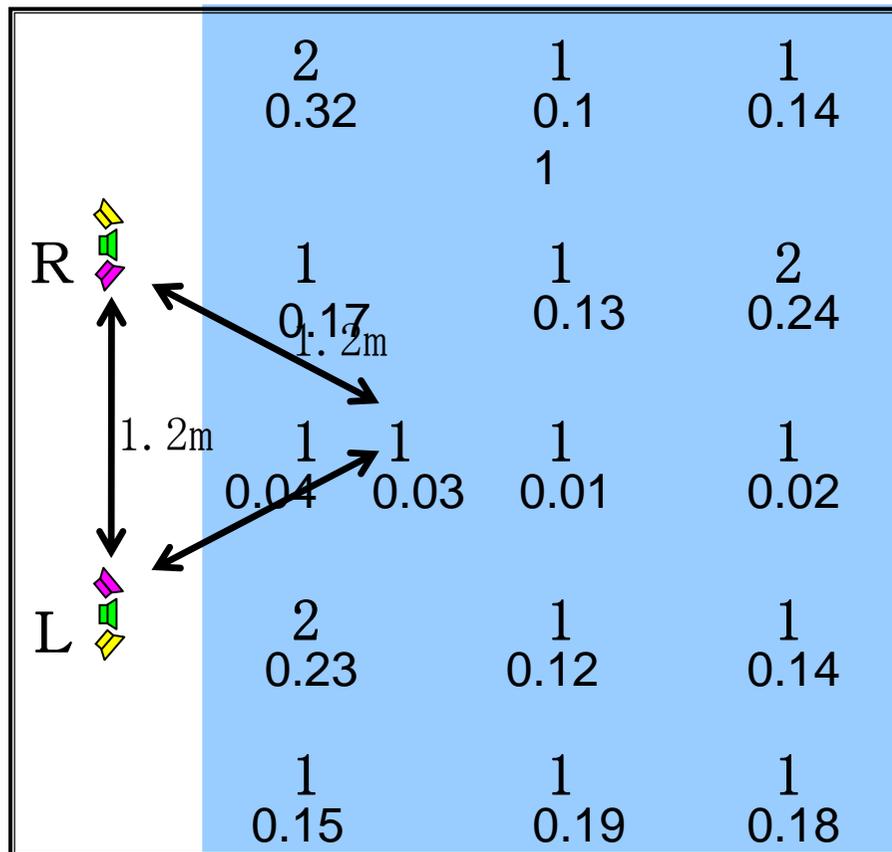
設定2(近距離)



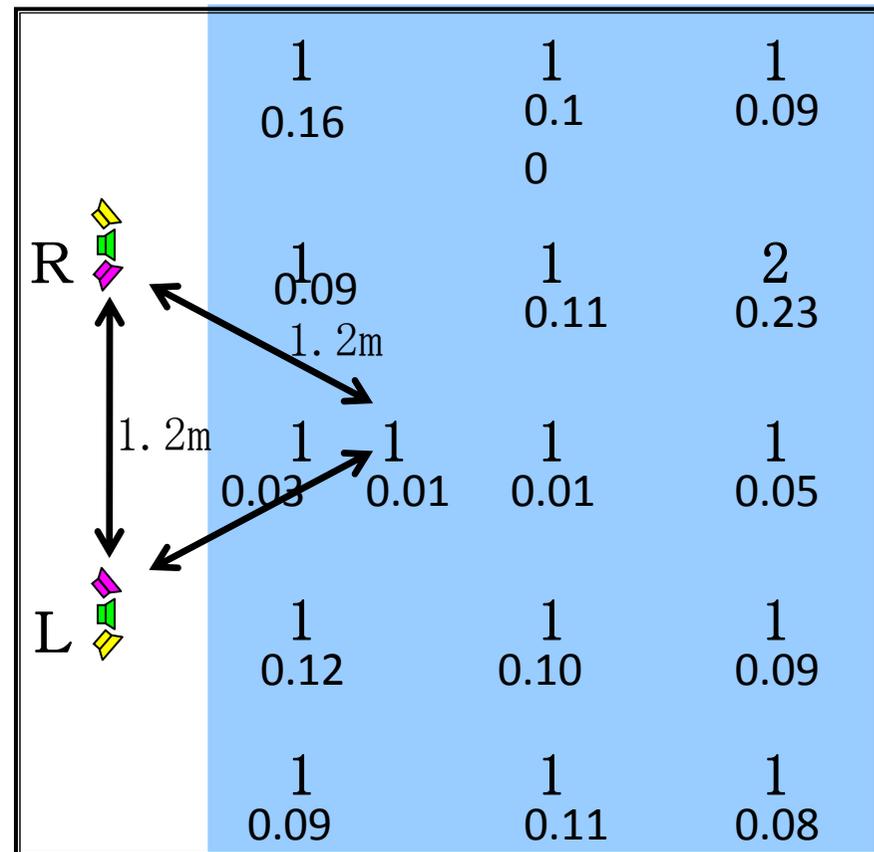
# 定位感の比較(レベル差)

- どちらも全ての範囲で良好な定位感を得られている
- 設定2の方がスピーカ前方の定位感が若干向上している
- スピーカ中央の聴取位置の定位感はどちらの設定も良い

設定1(中距離)



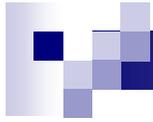
設定2(近距離)



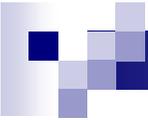
# まとめ

- 強度差では近距離・中距離の設定でも良好な定位感が得られた
- 時間差ではどちらの設定でも広い聴取範囲で良好な定位感を得ることは難しい
- 女声と男声の聴取結果は、ほぼ同様な傾向
- 強度差の方が時間差より広範囲な聴取位置で定位感が良い

**強度差信号の方が  
本システムに適している**



# 耐騷音性收音



# 骨導マイクロホンの利用

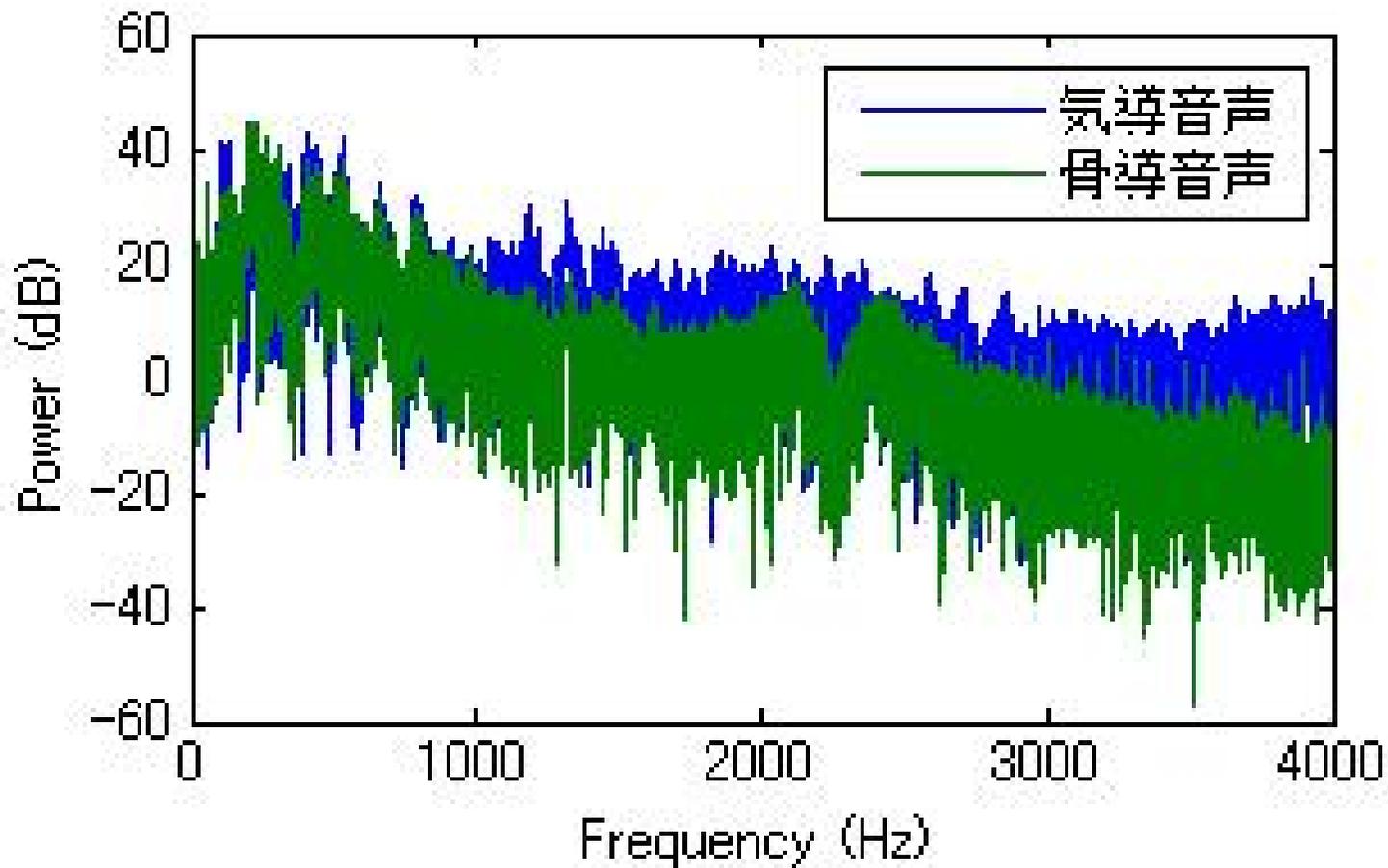
携帯電話の普及により、様々な騒音環境下でも通話する場面が急増

気導マイクロホンは騒音に弱い！

骨導マイクロホン： 耐騒音性がある！

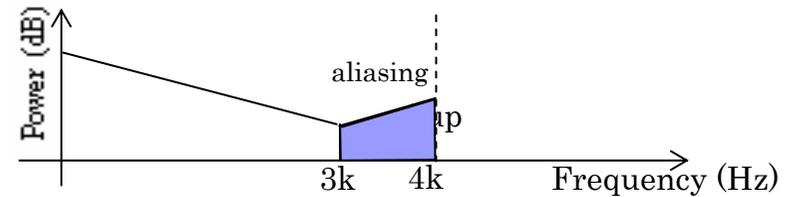
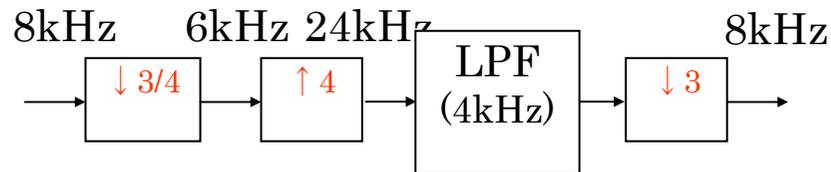
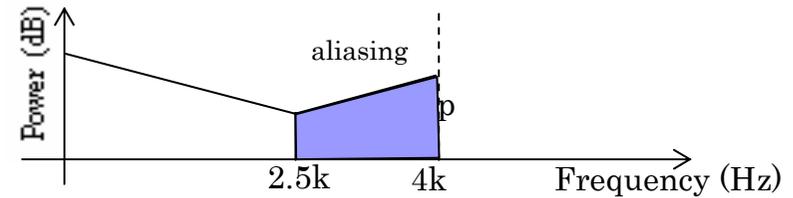
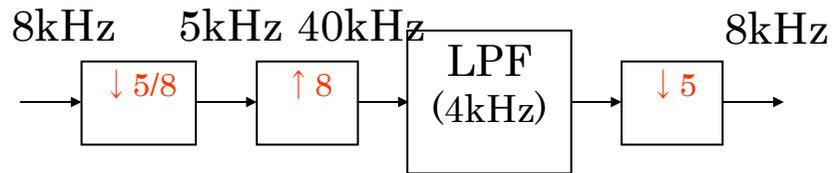
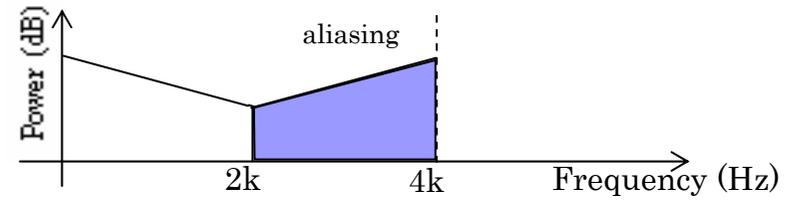
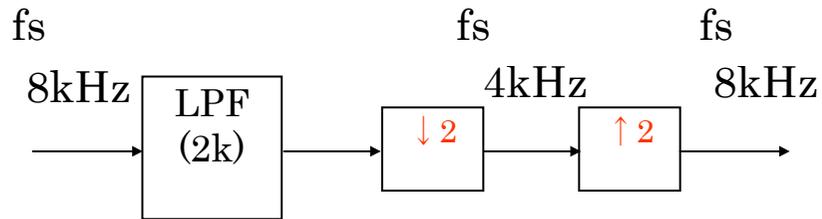
欠点：  
頭骨を伝わる振動を收音するため、  
高域の成分が減衰し明瞭度が低い

# 骨導音と気導音の周波数特性



# 擬似高帯域化法

再標本化時の折り返しスペクトルを利用



# 評価試験・結果

- ・一対比較試験:「どちらの音質が良いか?」
- ・文章の種類: 3
- ・発話者: 成人男性2名
- ・被験者: 3名
- ・聴取回数: 10回/条件

表 総当たり戦の結果

	A	B	C	D
A		0.61	0.04	0.05
B	0.39		0.09	0.19
C	0.96	0.91		0.67
D	0.95	0.81	0.33	

A:骨導音声

B:骨導音声(2kHzでの折り返し)

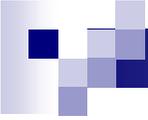
C:骨導音声(2.5kHzでの折り返し)

D:骨導音声(3kHzでの折り返し)



## まとめ

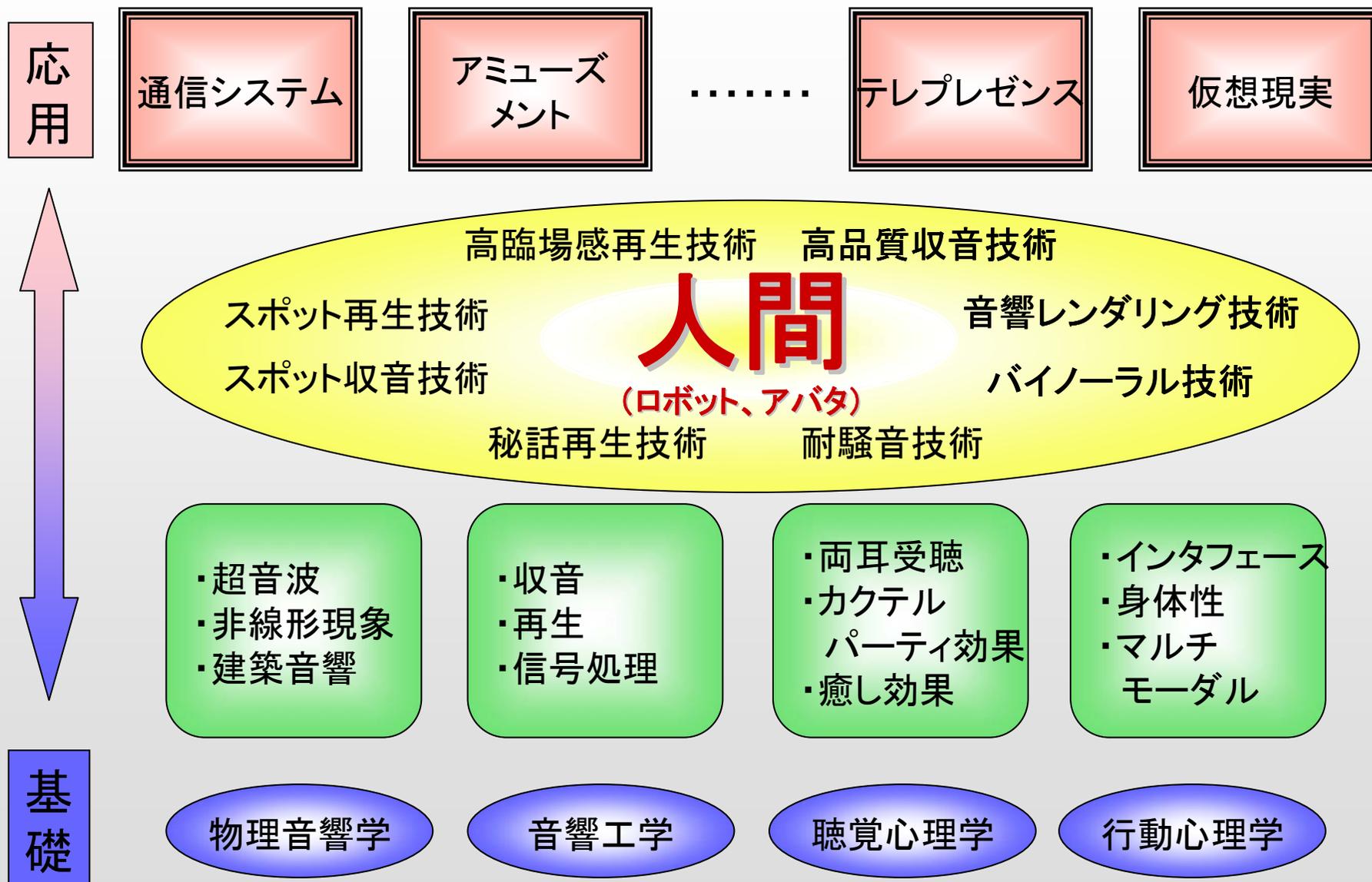
- 再標本化時の折り返しスペクトルを利用してことによる骨導音声の品質改善を検討
- その結果、本提案方式による音質改善の有効性が確認できた。
- 特に2.5kHzでの折り返し処理が最も効果が大きいことが分かった。

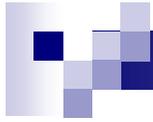


# おわりに

- 超指向性スピーカ
- 先行音効果
- 高臨場感音響システム
- 耐騒音性收音
- 音像レンダリング
- 耳介の音響効果
- 、 、 等

# 音響研究のスキーム(基礎から応用まで)





ご清聴、ありがとうございました。