



KEEP ON CHALLENGING, KEEP ON GROWING

音情報処理研究室

Acoustics & Signal Processing Labs

極小領域オーディオスポット

～3次元空間の“点”(極小領域)にのみ可聴音を再現する音響再生方式～

立命館大学 情報理工学部 教授

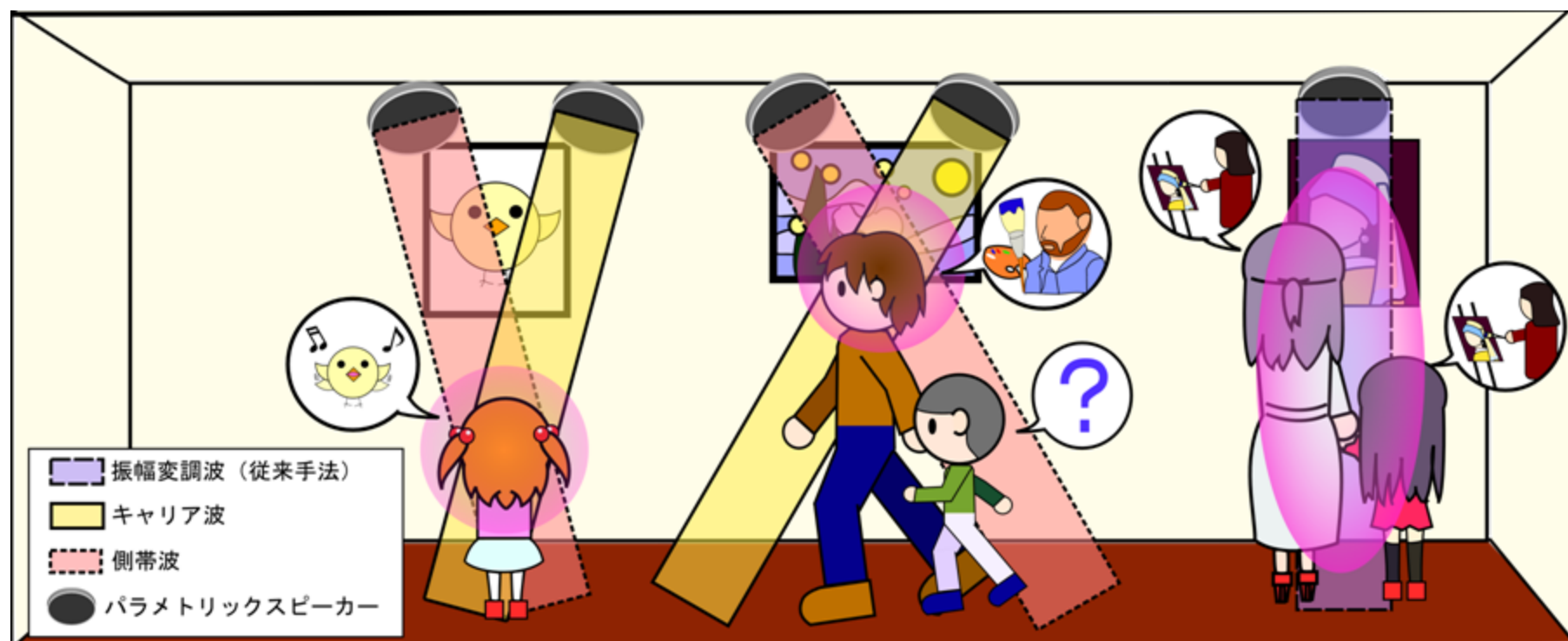
西浦 敬信

nishiura@is.ritsumeai.ac.jp

2014. 6. 2

• オーディオスポット

- ある場所にだけ音を伝えて、それ以外の場所には音を伝えない技術
- 超音波技術を応用
 - 従来は、直線状のオーディオスポット
 - 本発表は点(極小領域)におけるオーディオスポット



● 応用例

- リビングにおける**テレビ用スピーカー**
 - テレビを見ている人へのみ音声を提示
(周辺で勉強している子供には聞こえず)
- 公共施設における**デジタルサイネージ用スピーカー**
 - 広告の前に立つ人へのみ情報を提示(音の広告分野を創出)
- スポーツ分野等における**情報提示デバイス**
 - 投手の頭部を狙って音を放射することで、指示を的確に伝達可能



リビング



デジタルサイネージ

(日経コンピュータ: デジタルサイネージ最前線より抜粋)



投手

(日刊スポーツ: 立命投手特集より抜粋) 3

デモンストレーション

一般的なスピーカー VS 超音波スピーカー



聞き比べてください！

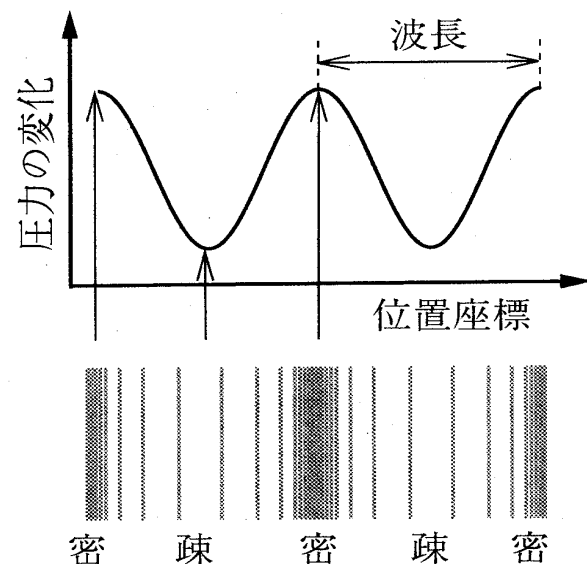


一般的なスピーカー 広い放射特性

超音波スピーカー 鋭い放射特性

● 音とは

- 空気の振動(圧力と密度の変化)により波として伝えられるもの
- 振動が緩やかな波(低周波)は音が広がり、振動が細かい波(高周波)は音がまっすぐ進む性質を持つ



● 可聴音とは

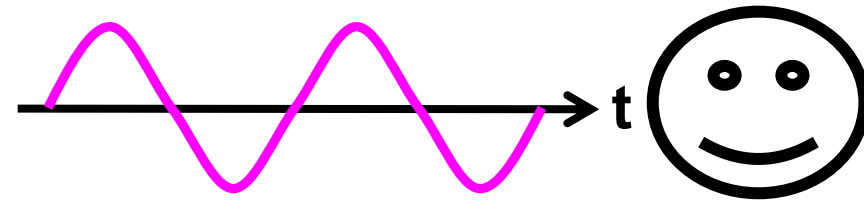
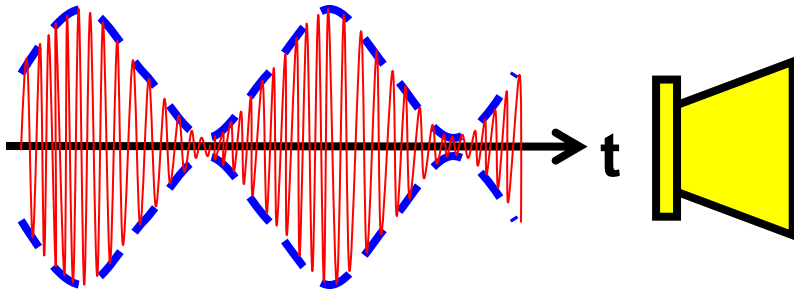
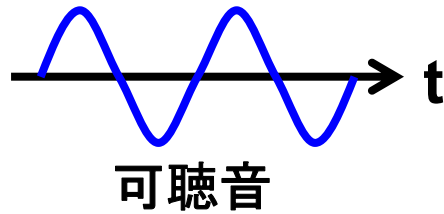
- 耳に聞こえる振動の波で、およそ20Hz~20kHz(1秒間に20回~20,000回振動)の周期を持つ信号

● 超音波とは

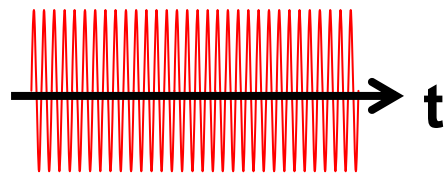
- 耳に聞こえない振動の波で、およそ24kHz以上の周期を持つ信号をさす。超音波は振動が細かい波であるため、まっすぐ進む性質を持つ

本発表はまっすぐ進む超音波の性質を積極的に利用して極小領域オーディオスポットの構築を目指す

超音波スピーカーの基礎原理 (概要: 時間表現)



可聴音が復調

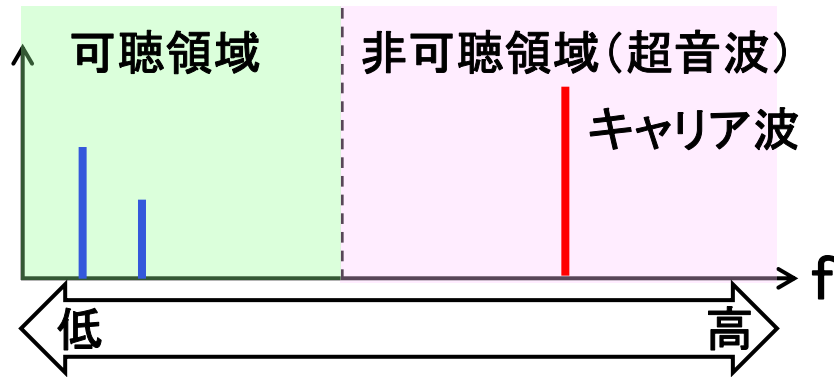


キャリア波
(超音波)

鋭い指向性

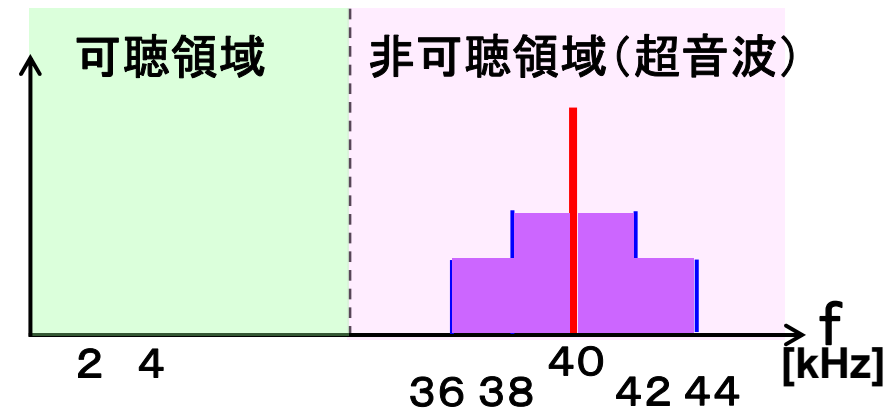
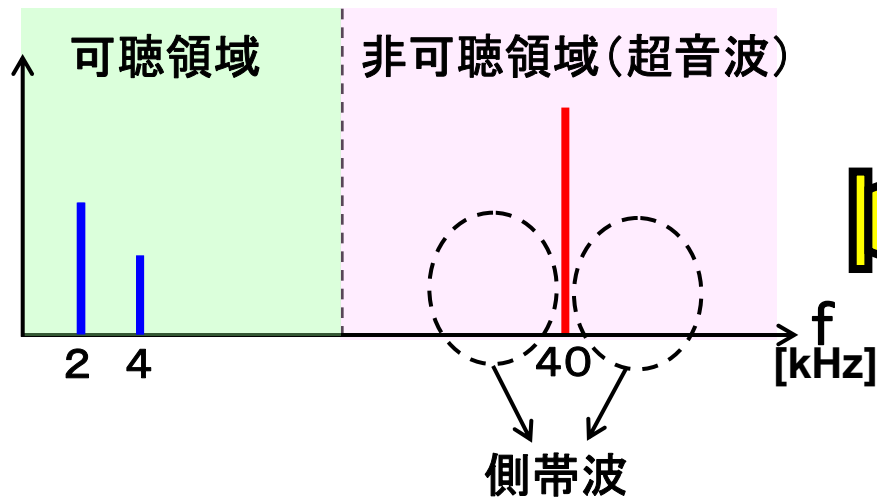
- 超音波をキャリアとして、音を伝播
- 可聴域の音波と比べて高周波数帯を使用するので直進性が非常に高い
- 超音波はツイータ板を用いて音を放射するため小型の振動板を使用(筐体を小さくできる)

超音波スピーカーの基礎原理 (詳細:周波数表現)



- 超音波をキャリアとして音を伝播
- 可聴域の音波と比べて高周波数帯を使用するので直進性が非常に高い
- 超音波はツイータ板を用いて音を放射するため小型の振動板を使用(筐体を小さくできる)

可聴音を超音波に加工
(振幅変調)

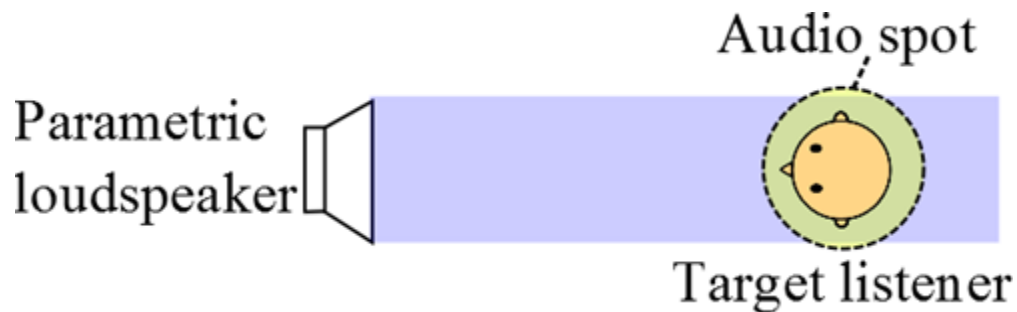


● 特徴

- **鋭い放射特性** (音がまっすぐ進む)
- **小型** (ツイータ板を複数個並べているため、1つ1つは小さい)

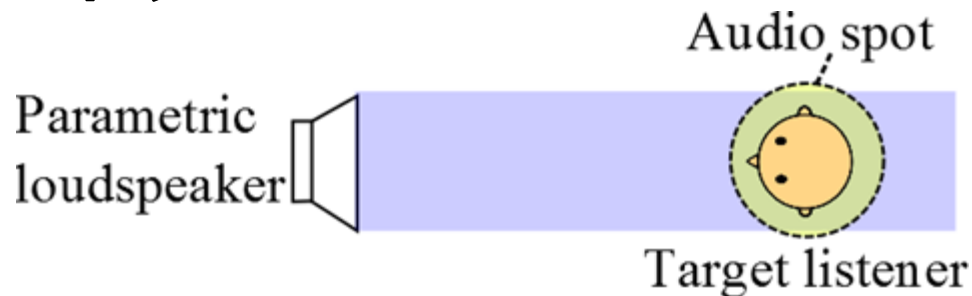
● 原理

- 超音波をキャリア波として利用するため、**信号がまっすぐ進む** (波の性質上、細かい周期を持つ波は直進する)
- 超音波のみ放射するため**放射板を小型化**できる



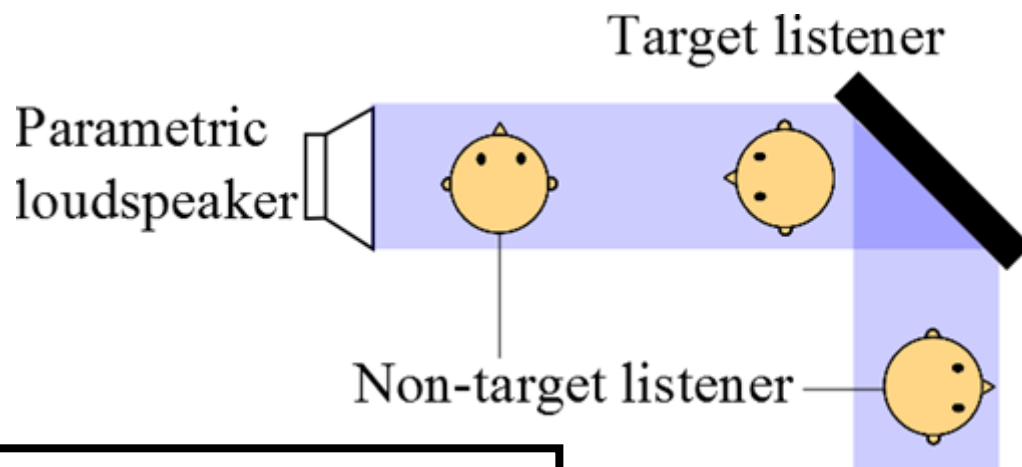
• 従来のオーディオスポット

– 直線的なスポット



– 問題点

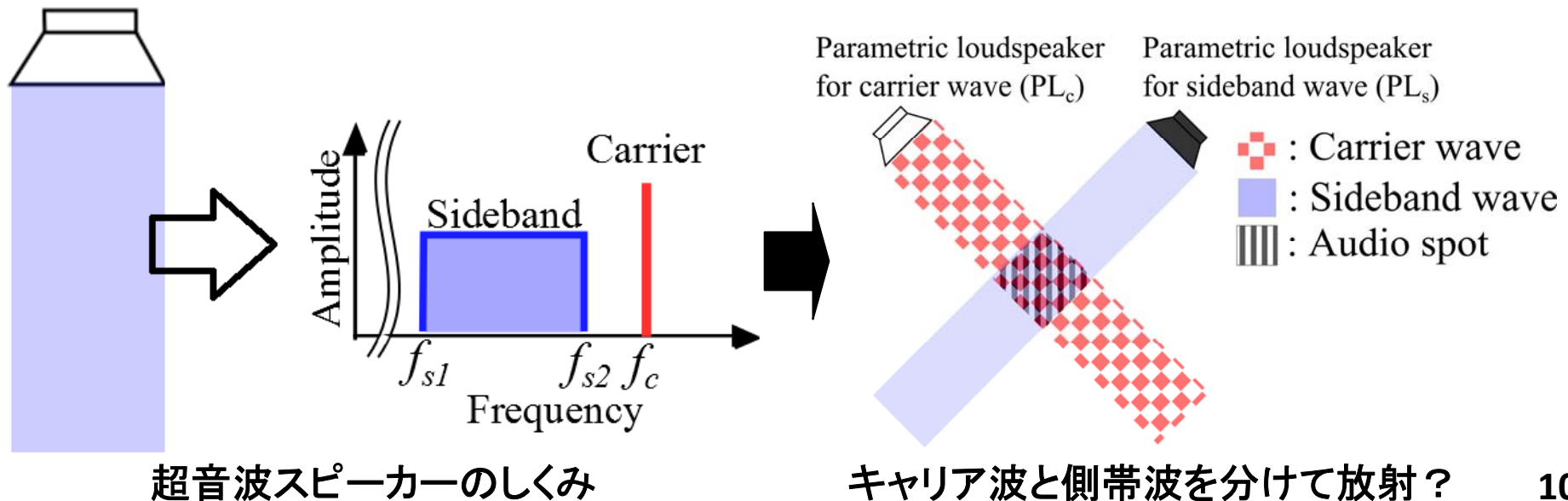
- 対象ユーザの**前後の人**でも音が聞こえる
- 反射すると、**対象ユーザ以外の人**にも音が聞こえる



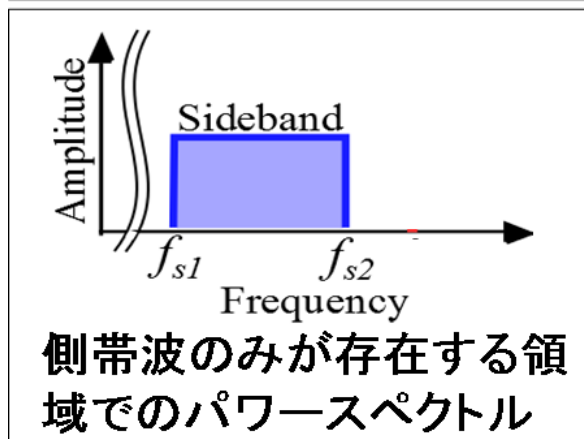
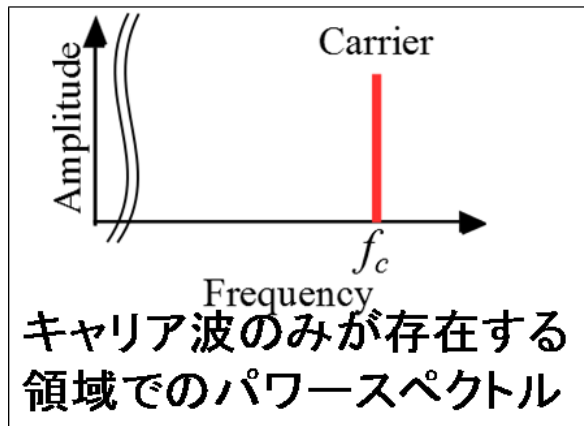
極小領域オーディオスポットの提案

• 超音波スピーカーの原理

- キャリア波と側帯波を1台のスピーカーから放射することで鋭い放射特性を実現
- キャリア波と側帯波が空気中にて干渉し、聞こえる音を復調
- キャリア波と側帯波を分けて別々のスピーカーから放射すれば、交わったところのみで復調が生じ、聞こえる音を再現可能？

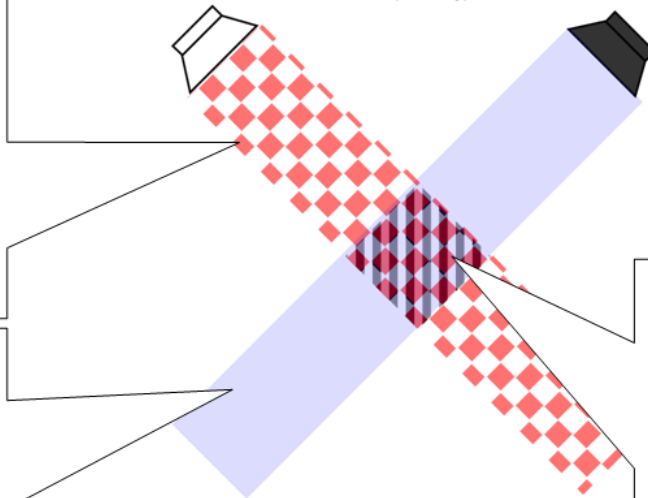


極小領域オーディオスポットの概要



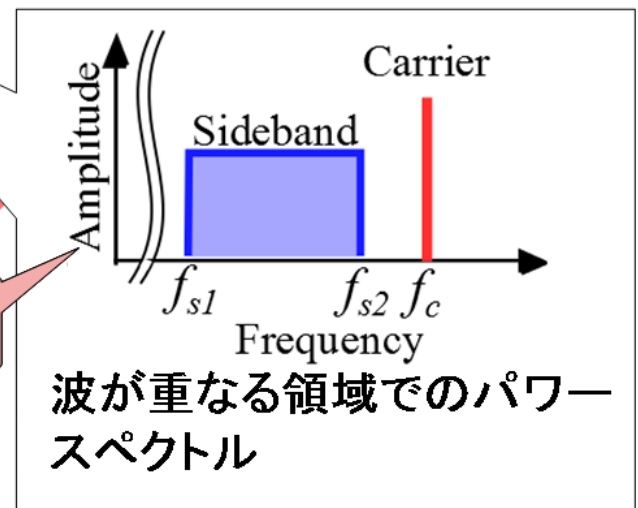
Parametric loudspeaker for carrier wave (PL_c)

Parametric loudspeaker for sideband wave (PL_s)



Carrier wave
Sideband wave
Audio spot

振幅変調波と等しい

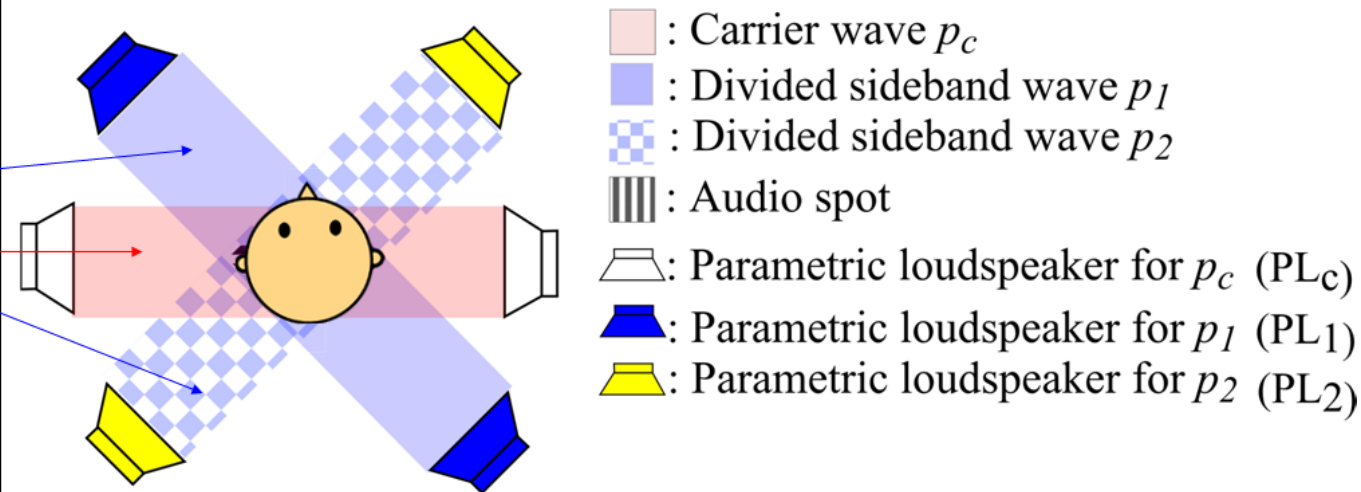
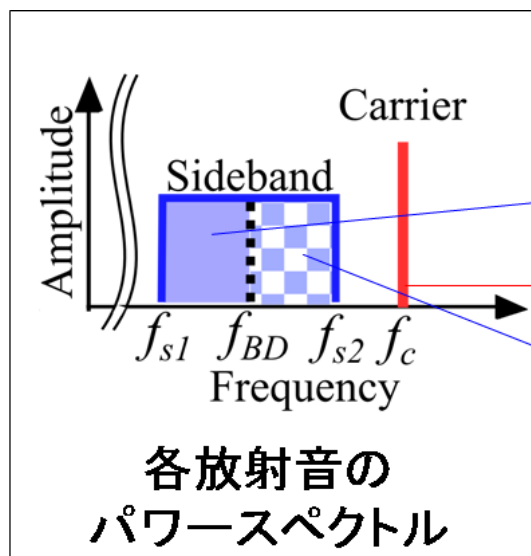


問題点

- 側帯波は複数の周波数を含むため、側帯波だけでも復調が生じる可能性がある。よって、**重なる領域以外でも音が若干聞こえる**

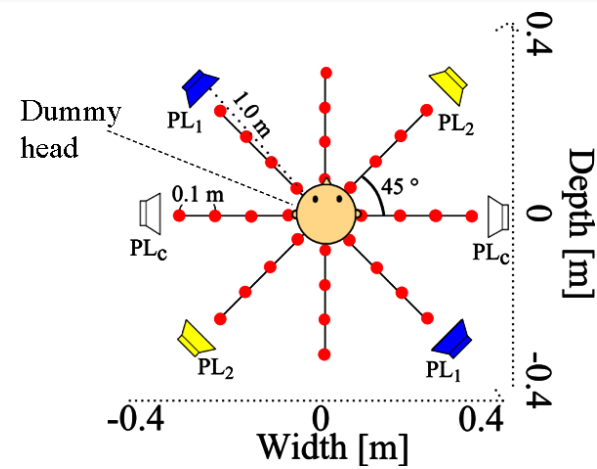
• 具体的アイデア

- キャリア波と側帯波を分離して別々のスピーカーにて放射
- その上で、側帯波をさらに複数に分割して、別々のスピーカーで放射することで、極小領域以外はできる限り音が聞こえない工夫を施す

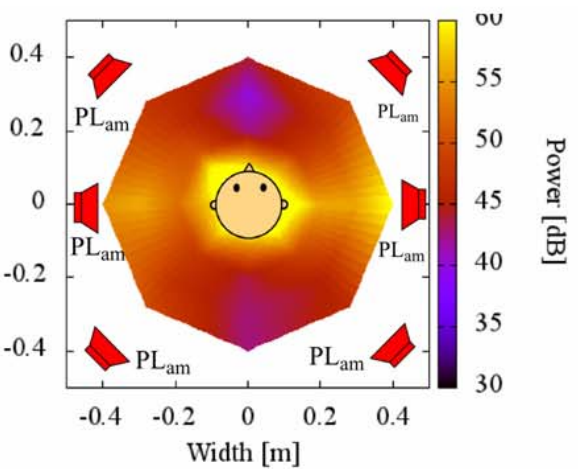


● 性能評価実験

- 実際に極小領域にオーディオスポットを構築できるのか確認
- 結果、**耳元周辺にのみ強いエネルギーを再現可能なオーディオスポットを実現**

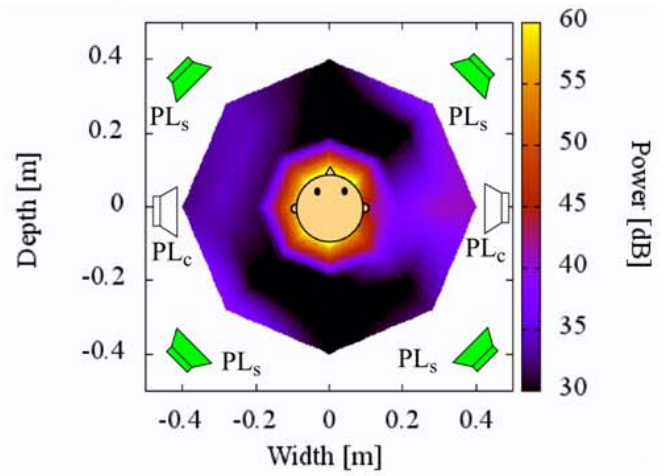


実験環境



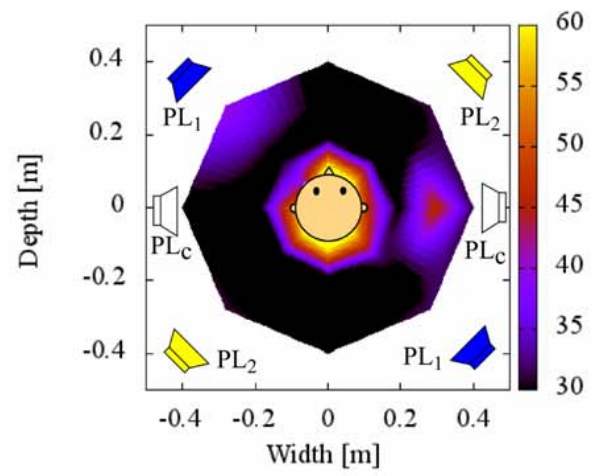
従来法

(一般的な超音波スピーカーを使用)



提案法

(キャリアと側帯波を分離放射)



提案法

(キャリアと分割した側帯波を分離放射)

極小領域オーディオスポット のイメージビデオ

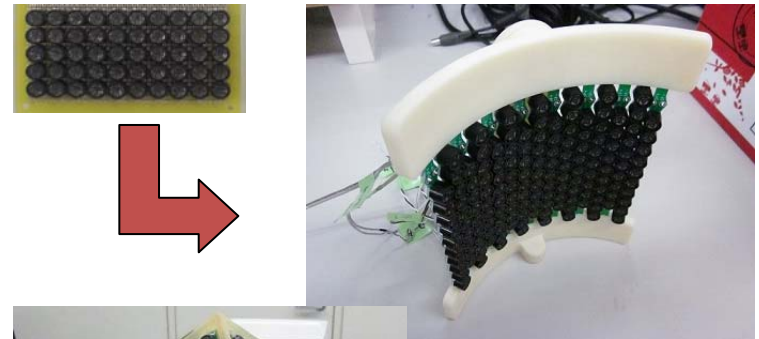
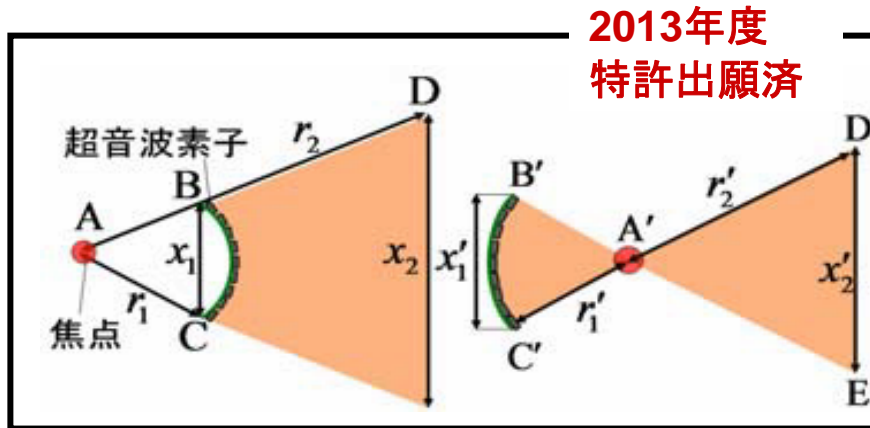


KEEP ON CHALLENGING, KEEP ON GROWING
音情報処理研究室
Acoustics & Signal Processing Labs



オーディオスポット領域の自動制御

- 極小領域オーディオスポットの構築に成功
- 素子の配置形状を工夫して、**オーディオスポットの大きさの自動制御**を目指す！
 - 1人から複数人の体験まで自由に制御



形状を加工して
放射特性を制御

音像ホログラムの実現

- 放射特性をさらに工夫して、**あたかも空間上の1点から聞こえる3D音像ホログラムの構築を目指す!**

