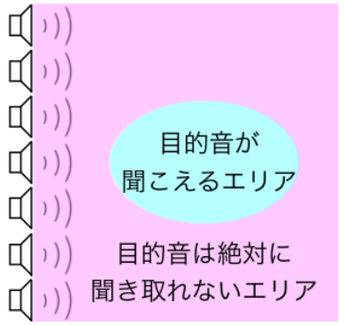
平行直線アレイを用いたスポット再生

○岡本拓磨 (情報通信研究機構)

1. 研究背景と目的

- 多チャネルスピーカによるサウンドスポットシステム
  - ある場所でのみ目的の音が聞こえる
    - スピーチプライバシー(医療など)
    - エンターテインメント．．



- 加算型スポット秘話再生：岡本ら(2011，2012)
  - (スポット位置で同相となる目的音) + (無相関信号)
  - スポットでのみSN比が逆転
  - マスカを逆位相対にするとスポット拡大
    - 問題点1：マスカがノイズなどの無相関信号 ← 実際の応用には不向き
    - 問題点2：スポットは点でしか拡大できない

- 平行直線アレイを用いたスポット再生システムの提案
  - 無相関でない任意の信号をマスカとする
  - 目的音のスポットエリアを拡大する

2. 基本方針

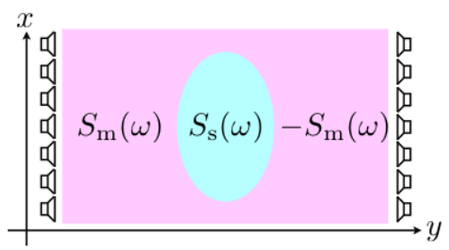
- 任意マスカのための信号のモデル化
  - 直線スピーカアレイによる音場 $p(\boldsymbol{x},\omega)$

$$p(\boldsymbol{x},\omega)=\int_{-\infty}^{\infty}D(\boldsymbol{x}_0,\omega)G(\boldsymbol{x}-\boldsymbol{x}_0,\omega)dx_0 \qquad (1)$$

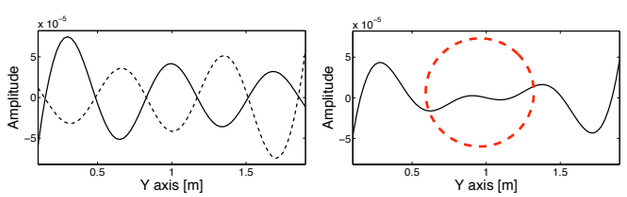
  - 各スピーカの駆動信号 $D(\boldsymbol{x}_0,\omega)$
    - 目的音 $S_{\mathrm{s}}(\omega)$，マスカ $S_{\mathrm{m}}(\omega)$

$$D(\boldsymbol{x}_0,\omega)=\alpha S_{\mathrm{s}}(\omega)F_{\mathrm{s}}(\boldsymbol{x}_0,\omega)+S_{\mathrm{m}}(\omega)F_{\mathrm{m}}(\boldsymbol{x}_0,\omega) \qquad (3)$$

目的音フィルタ　マスカフィルタ　←これらを如何に求めるか



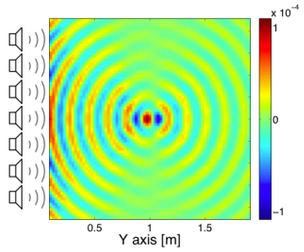
- スポットエリア拡大の原理
  - 直線アレイを向かい合わせて…
    (ANC的に)マスカを逆位相対で再生
    - スポット位置において
      山と谷にするのがポイント!!
      →スポット位置拡大



3. 目的音フィルタとマスカフィルタの導出

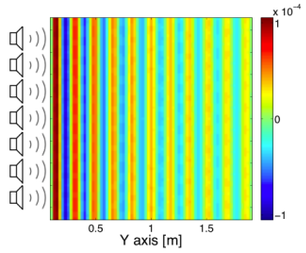
- 目的音フィルタ
  - 波面合成法で用いられる時間反転焦点音源
    - スピーカアレイ前方に焦点音源を形成

$$F_{\mathrm{s}}(\boldsymbol{x}_0,\omega)=\frac{\pi j k y_0^2}{|\boldsymbol{x}_0-\boldsymbol{x}_{\mathrm{s}}|}H_1^{(1)}(k|\boldsymbol{x}_0-\boldsymbol{x}_{\mathrm{s}}|) \qquad (5)$$



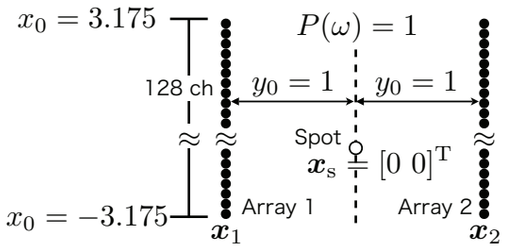
- マスカフィルタ
  - スポット位置と平行するラインで1になる平面波
    - 式(1)の空間フーリエ変換から算出

$$F_{\mathrm{m}}(\boldsymbol{x}_1,\omega)=\frac{4j}{H_0^{(2)}(ky_0)}=-F_{\mathrm{m}}(\boldsymbol{x}_2,\omega) \qquad (15)$$



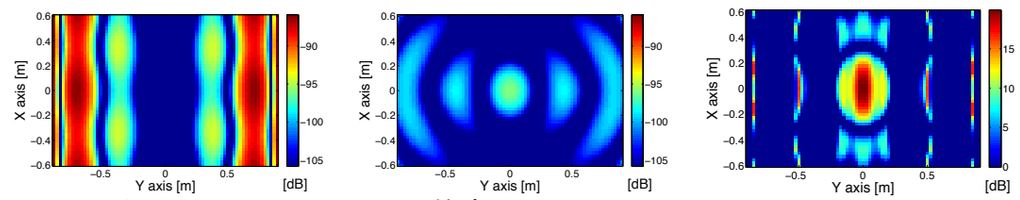
4. 計算機シミュレーション

- 条件

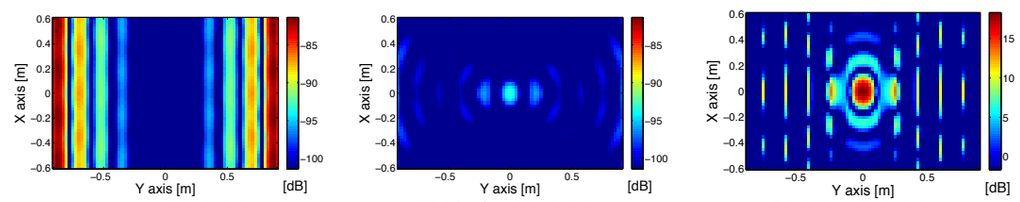


Frequencies f	0.5 to 4 kHz
Speed of sound c	343.26 m/s
Space of loudspeakers Δx	0.05 m
Spot position	$[0\ 0]^{\mathrm{T}}$
Height of loudspeakers y_0	1 m
Number of loudspeakerss	$128\times 2=256$ ch
Constant number α	0.5

- 結果



マスカ (500 Hz)　目的音 (500 Hz)　SNR (500 Hz)



マスカ (1 kHz)　目的音 (1 kHz)　SNR (1 kHz)

任意のマスカを用いたサウンドスポット方式を実現

本研究の一部は日本学術振興会科学研費究若手研究B(No. 25871208)の助成による