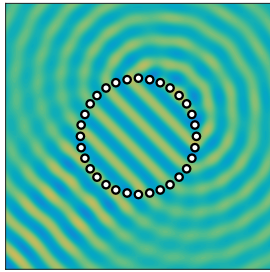


モードマッチングに基づく円形二重アレイを用いた音場制御

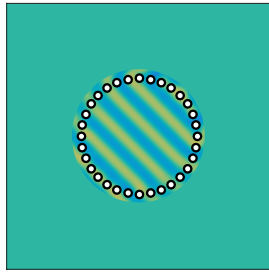
○岡本拓磨 (情報通信研究機構)

1. 研究背景と目的

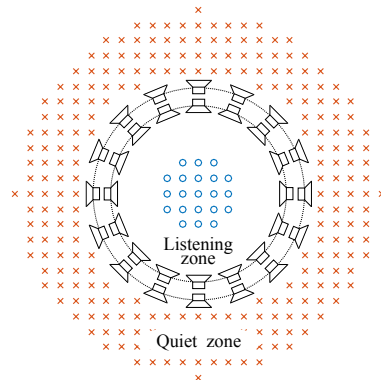
■ 外部放射のない音場制御の実現



通常の音場制御



外部放射のない音場制御



■ 従来法：円形二重スピーカアレイを用いた外内同時音場制御

■ 多点制御に基づく方式

(Chang et al., JASA, 2012)

■ 伝達関数行列が悪条件→正則化の必要性

■ 提案法：解析解に基づく駆動信号の導出(Okamoto, ICASSP 2017)

■ 三重アレイ等への一般化→モードマッチングに基づく方式の提案

2. 解析解

■ 2次元平面音圧のフーリエ級数展開

■ 内部音場： $S(r, \phi) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \dot{A}_m J_m(kr) e^{jm\phi}$

■ 外部音場： $S(r, \phi) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \dot{B}_m H_m(kr) e^{jm\phi}$

■ 円形二重アレイを用いた外内平面音場制御

■ 円形二重アレイによる音圧

$$S(r, \theta, \phi) = \int_0^{2\pi} D_1(\phi_0) T_1(\mathbf{r}, \mathbf{r}_1) + D_2(\phi_0) T_2(\mathbf{r}, \mathbf{r}_2) d\phi_0$$

■ フーリエ級数展開による表現

$$\dot{S}_m(r_i) = 2\pi \left\{ \dot{D}_{m,1} \dot{T}_{m,1}(r_{i<}, r_1) + \dot{D}_{m,2} \dot{T}_{m,2}(r_{i<}, r_2) \right\} = \dot{A}_m J_m(kr_i)$$

$$\dot{S}_m(r_o) = 2\pi \left\{ \dot{D}_{m,1} \dot{T}_{m,1}(r_{o>}, r_1) + \dot{D}_{m,2} \dot{T}_{m,2}(r_{o>}, r_2) \right\} = \dot{B}_m H_m(kr_o) = 0$$

■ 駆動関数

$$\dot{D}_{m,1} = \frac{\dot{T}_{m,2}(r_{o>}, r_2) \dot{A}_m J_m(kr_i)}{2\pi \dot{T}_{m,1}(r_1, r_2, r_i, r_o)} \quad \dot{D}_{m,2} = -\frac{\dot{T}_{m,1}(r_{o>}, r_1) \dot{A}_m J_m(kr_i)}{2\pi \dot{T}_{m,1}(r_1, r_2, r_i, r_o)}$$

$$\dot{T}_m(r_1, r_2, r_i, r_o) = \dot{T}_{m,1}(r_{i<}, r_1) \dot{T}_{m,2}(r_{o>}, r_2) - \dot{T}_{m,2}(r_{i<}, r_2) \dot{T}_{m,1}(r_{o>}, r_1)$$

3. 一般化モードマッチング解

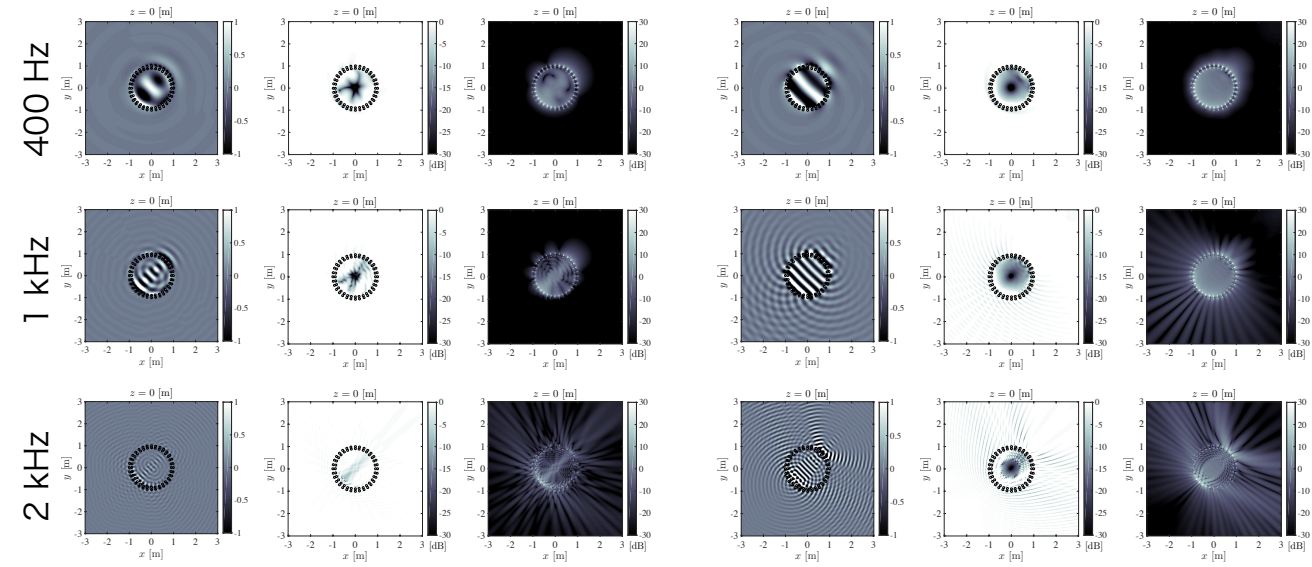
■ 制御円数の増加→一般化

$$2\pi \underbrace{\begin{bmatrix} \dot{T}'_{m,1}(r_{i<}, r_1) & \dot{T}'_{m,2}(r_{i<}, r_2) \\ \dot{T}_{m,1}(r_{o,1>}, r_1) & \dot{T}_{m,2}(r_{o,1>}, r_2) \\ \vdots & \vdots \\ \dot{T}_{m,1}(r_{o,O>}, r_1) & \dot{T}_{m,2}(r_{o,O>}, r_2) \end{bmatrix}}_T \begin{bmatrix} \dot{D}_{m,1} \\ \dot{D}_{m,2} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \dot{A}_m C_m \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}}_A \quad \begin{bmatrix} \dot{D}_{m,1} \\ \dot{D}_{m,2} \end{bmatrix} = T^+ A$$

4. 計算機シミュレーション

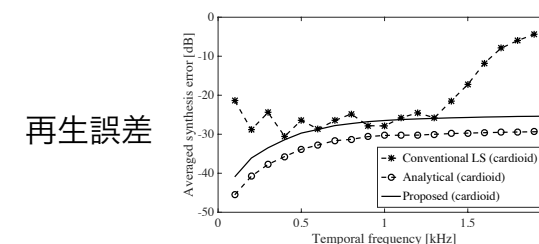
■ 実験条件： $r_1 = 0.9 \text{ m}$, $r_2 = 1.0 \text{ m}$, $r_i = 0 \text{ m}$, $r_o = 2.5 \text{ m}$, $r_b = 0.2 \text{ m}$, $r_q = 2.0 \text{ m}$, $\Delta r = 1.0 \text{ m}$, $O = 11$ スピーカ放射特性：カージオイド

■ シミュレーション結果

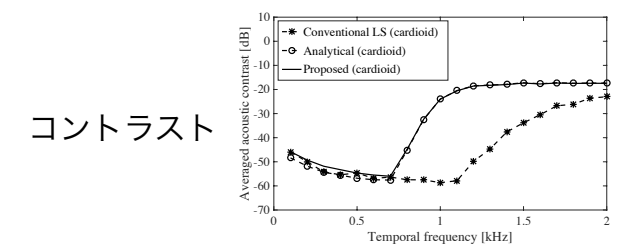


再生音場 再生誤差 コントラスト
従来法：多点制御方式

再生音場 再生誤差 コントラスト
提案法：解析解



$$E(\mathbf{r}) = 10 \log_{10} \frac{|S_{\text{des}}(\mathbf{r}) - S_{\text{syn}}(\mathbf{r})|^2}{|S_{\text{des}}(\mathbf{r})|^2}$$



$$C(\mathbf{r}) = 10 \log_{10} \frac{|S_{\text{syn}}(\mathbf{r})|^2}{|S_{\text{syn}}(\mathbf{r} = 0)|^2}$$

本研究の一部はJSPS科研費15K21674の助成を受けたものである