

日本音響学会 2018 年秋季研究 発表会に参加して

安 枝 和 哉

Kazuuya YASUEDA

情報メディア学専攻博士後期課程 3年

1. はじめに

私は、2017年9月12日から15日に大分大学で開催された日本音響学会2018年秋季研究発表会に参加し、「スピーチプライバシー保護のための境界音場制御を用いた環境音再生手法の検討」という題目で発表を行った。

2. 研究背景と目的

近年、銀行や病院の窓口、オープンな会議スペースなどで会話中の個人情報を外部に漏えいさせないというスピーチプライバシー保護の研究が進められている。本研究では境界音場制御による指向性制御手法を用いて、向かい合わせた2つの直線スピーカアレーで制御を行い、音が再生されない抑圧エリアを形成する手法を提案する。

3. 境界音場制御を用いた環境音の再生手法

3.1. 境界音場制御

境界音場制御は空間内の点における音圧と粒子速度を制御することによって、空間の音場を制御する手法である。

各スピーカから各制御点までの伝達関数を G 、制御点での音圧特性を P_n とすると、各制御点での音圧 P_n は次式で表される。

$$P_n = GW \quad (1)$$

抑圧エリアの境界に制御点を設置し、その点での音圧特性 $P_n=0$ となるフィルタ係数 W を求めることで、特定のエリアのみ抑圧を行うことができる。ここで、 $W=0$ となることを防ぐため、制御を行わないスピーカを用意し、フィルタ係数を $W_0=1$ とする。したがって、制御を行わないスピーカから各

制御点までの伝達関数を $G_0 = [G_{0,1}, G_{0,2}, \dots, G_{0,n}]$ とすると、式 (1) は式 (2) となり、式 (3) によってフィルタ係数を求めることができる。

$$G_0 + GW = 0 \quad (2)$$

$$W = -G^{-1}G_0 \quad (3)$$

式 (3) はスピーカ数 M と制御点数 N が等しく G が正則の場合に解が存在する。本研究では、スピーカ数より制御点数が多い場合 ($M < N$) を扱うため、式 (4) の最小二乗法により近似解を求める。

$$W = -(G^H G)^{-1} G^H G_0 \quad (4)$$

ここで、 H は複素共役転置である。

3.2. スピーカアレーと制御点の配置

図1にスピーカアレーと制御点の配置を示す。本研究では、15 ch スピーカアレーを向かい合わせて設置し、その中央に再生されない抑圧エリアを形成する。上下のスピーカアレーそれぞれの中央のスピーカは式 (4) における制御しないスピーカとし、上下のスピーカアレーを合わせて 30 ch としてフィルタ係数を求める。

図2に制御点配置を示す。制御点は図のように、領域を囲むような円状に設定した。円の半径を r 、制御点間隔を θ とする。

4. 計算機シミュレーションによる評価実験

提案手法の性能を評価するため、計算機シミュレーションによる評価実験を行った。評価は、抑圧エリアが生成できているかを確認するため相対音圧レベルによる音圧分布と、環境音の再生精度として周波数特性を用いる。相対音圧レベルは、下方のスピーカアレーの中心を $x=0, y=0$ としたときの、 $x=1.0, y=0.5$ の点を基準点 (0 dB) として算出する。

制御対象とするエリアは 3×3 m とし、スピーカ間隔は 0.05 m とした。環境音にはホワイトノイズを使用した。本稿では、制御点間隔 $\theta=10$ deg (制御点数 36) とし、半径 r の変化による結果について述べる。

4.1. 実験結果

図3, 4に制御点の半径 r を 0.2, 0.6 m としたとき

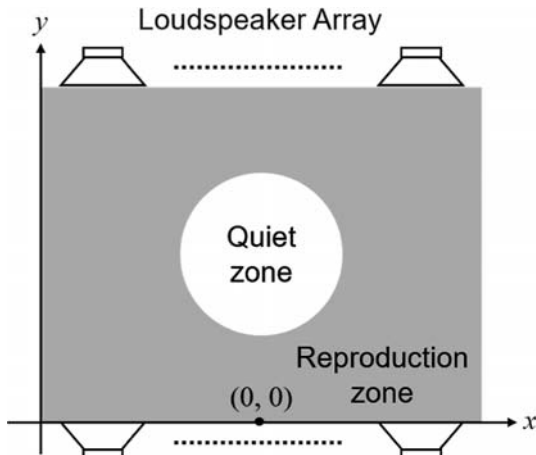


図1 スピーカアレーと再生エリアの配置

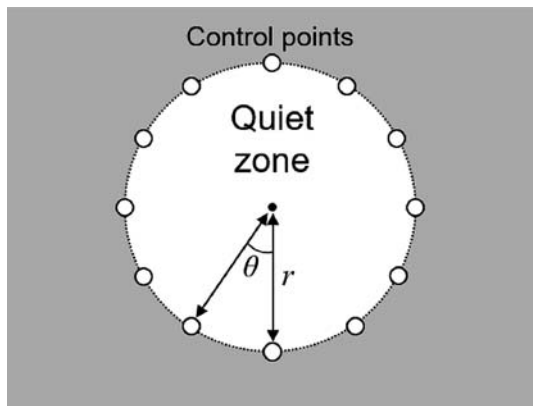


図2 抑圧エリア境界の制御点配置

の音圧分布の結果を示す。音圧分布は色が明るいほど音が大きく、暗いほど音が小さいことを表している。

図から、特に $r=0.2\text{ m}$ において対象とするエリアの中央で音が抑圧されている領域が形成できていることがわかる。また、制御半径が大きい 0.6 m では、抑圧エリア内の音圧が高くなっていることが確認できる。また、図5に $r=0.2\text{ m}$ のときの $x=1.0, y=0.5$ の地点での周波数特性を示す。図5から、低域部分でゲインが低下しているが、 $2\text{ k}\sim 5\text{ kHz}$ はフラットな特性になっていることがわかる。これは他の地点でも同様の傾向が見られた。また、抑圧エリアに近づくにつれて低域部分で減衰する帯域が上昇

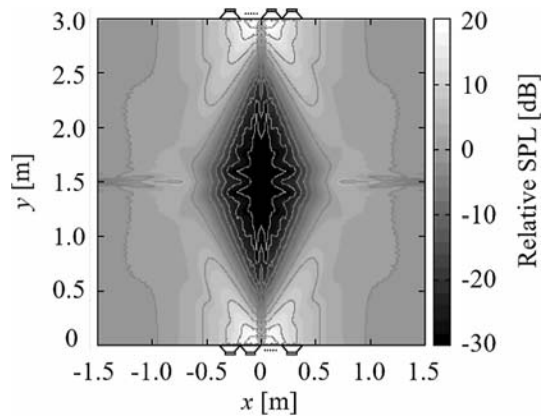


図3 $r=0.2\text{ m}$ のときの相対音圧レベル

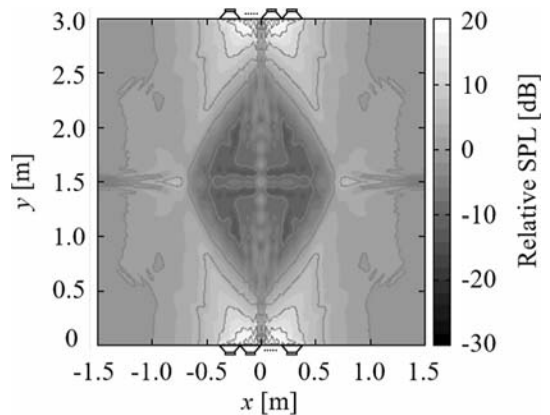


図4 $r=0.6\text{ m}$ のときの相対音圧レベル

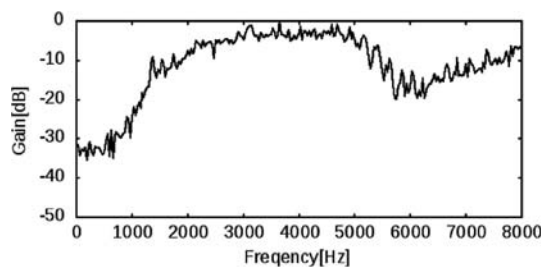


図5 $r=0.2\text{ m}$ の $x=1.0, y=0.5$ での周波数特性

することを確認した。

5. おわりに

発表に参加し、多くの方々から意見を頂き、大変参考になりました。研究や発表に対して多大なご指導を頂いた片岡章俊教授に深く感謝いたします。