

応用（電気）音響研究会
に参加して

新城 大輔
Daisuke SHINJO

情報メディア学専攻修士課程 2018 年度修了

1. はじめに

私は 2018 年 12 月 13 日, 14 日に九州大学大橋サテライトで開催された, 応用（電気）音響研究会に参加した. そこで私は「多点制御法を用いた複数エリア再生における遺伝的アルゴリズムを活用した制御点配置の決定方法」というタイトルで口頭発表を行った.

2. 研究内容

2.1 背景

多点制御法を用いた複数エリア再生において, 再生エリアと抑圧エリアを同時に形成する場合, 再生制御点と抑圧制御点の配置はその両エリアの音圧差を決定する重要な要素である. しかし, その多くは経験則による配置決定であり, 十分な検討はなされていない. また, 重みつき最小二乗法を用いることで, さらなる性能の向上が期待できるが, 制御点ごとに設定される重み係数の推定は困難である. そこで, 本研究では制御点と重み係数を遺伝子表現とする遺伝的アルゴリズムにより, 適切な制御点配置と重み係数の決定について検討を行った. 実験の結果, 遺伝的アルゴリズムによって決定された制御点配置と重み係数は, 従来の制御点配置と比べて抑圧エリアでの音の漏えいの減少を確認した.

2.2 多点制御法による複数エリア再生

図 1 に多点制御法による複数エリア再生の概要を示す. それぞれのエリアに再生するフィルタを設計し, それらを重ね合わせることで複数エリア再生を実現している. 本研究では, 目的の音を再生するエリアを再生エリア, 目的の音の漏えいを防ぐために音

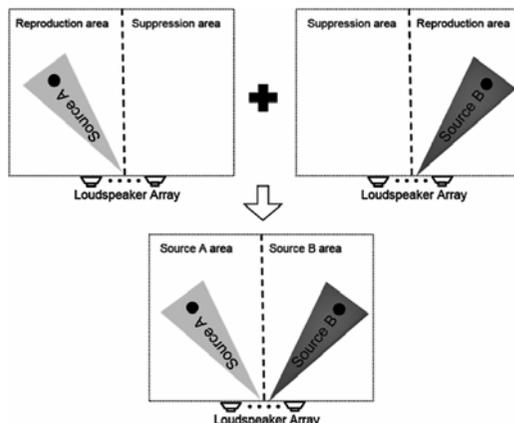


図 1 多点制御法を用いた複数エリア再生の概要

を抑圧するエリアを抑圧エリアと呼ぶ.

2.3 重みつき最小二乗法を用いた多点制御法

多点制御法は, スピーカアレーとデジタルフィルタから, 任意の方向に対する指向特性を実現する. 音を再生する位置に応答制御点, 音を抑圧する位置に抑圧制御点を配置する. スピーカ m からある制御点 n までの伝達関数を $G_{mn}(\omega)$ として, 各スピーカのフィルタ特性 $W_m(\omega)$ を式 (1) を満たす特性として求める. 右辺 D_n は各制御点における制御量を表し, 応答制御点で $D_n = 1$, 抑圧制御点で $D_n = 0$ となる.

$$\begin{matrix} G_{11}(\omega) & G_{21}(\omega) & \dots & G_{M1}(\omega) & W_1(\omega) & P_1 \\ G_{12}(\omega) & G_{22}(\omega) & \dots & G_{M2}(\omega) & W_2(\omega) & P_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ G_{1N}(\omega) & G_{2N}(\omega) & \dots & G_{MN}(\omega) & W_M(\omega) & P_N \end{matrix} = \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix} \quad (1)$$

本研究では, スピーカ数 m より制御点数 n のほうが多いため, フィルタ特性を式 (2) の重みつき最小二乗法の最小二乗解として求める.

$$W = (G^H A G + \delta I)^{-1} G^H A P \quad (2)$$

ここで H は共役複素転置, $\delta(\omega)$ は不安定性を緩和するための正則化パラメータ ($\delta(\omega) > 0$) である. $A(\omega)$ は $m \times m$ の対角行列であり, 各制御点へ

の重み係数となる。

2.4 遺伝的アルゴリズムによる制御点配置決定

本研究では制御点配置を組み合わせ問題と考え、比較的短時間で近似解を求めることができる遺伝的アルゴリズムを利用し、再生エリアと抑圧エリアでの音圧差が最大となるような制御点配置を探索する。

制御点配置の遺伝子表現の行列 V を式 (3) に示す。

$$V = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_N \\ y_1 & y_2 & \dots & y_N \\ a_1 & a_2 & \dots & a_N \end{pmatrix} \quad (3)$$

ここで N は制御点数、 x_1 は制御点 1 の x 座標、 y_1 は制御点 1 の y 座標、 a_1 は制御点 1 に対する重み係数である。制御点数は遺伝子長と同等であり、各列はそれぞれ指定された xy 座標での重み a の制御点を表している。

図 3 に各個体の適合度を算出するための評価点の配置を示す。設定された評価点での再生エリアと抑圧エリアの音圧差を適合度とする。

以下に遺伝的アルゴリズムの流れを示す。

0. 初期個体集団生成

個体集団 $P_{(t)}$ をランダムに生成し、世代 $t = 0$ とする。

1. 適合度計算

$P_{(t)}$ 内の各個体の適応度を計算する。

2. 終了判定

個体の最大値の更新が 15 世代以上なければ終了。

3. 選択

$P_{(t)}$ からルーレット法により、親集団 $C_{(t)}$ を選択

4. 交叉・突然変異

交叉確率、突然変異確率に基づいて $C_{(t)}$ から次世代集団 $P_{(t+1)}$ を生成する。

1 へ戻る。

2.5 実験結果

遺伝的アルゴリズムによって決定された制御点配

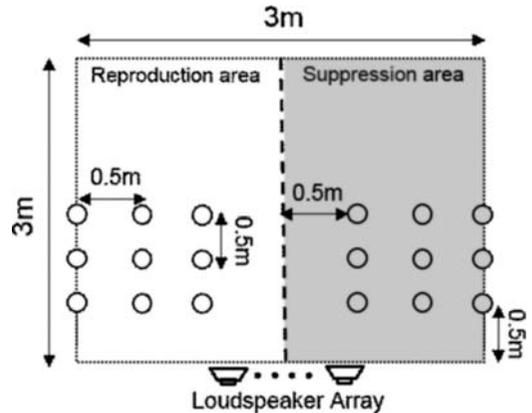
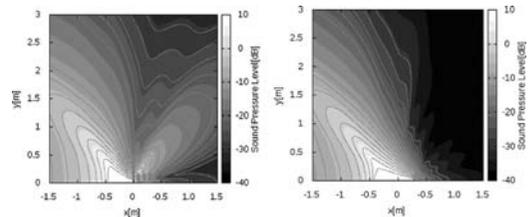


図 2 適合度算出のための評価点配置



(a) 従来法 (b) 遺伝的アルゴリズム

図 3 相対音圧マップ

置の有効性を確かめるため、シミュレーションにより、相対音圧マップを算出した。スピーカ数 16、制御点数 32、周波数帯域は 300 Hz-3.4 kHz である。図 3 に従来我々が用いてきた制御点配置での相対音圧マップと遺伝的アルゴリズムによって決定された制御点配置での相対音圧マップをそれぞれ示す。図から、遺伝的アルゴリズムで求めた配置は抑圧エリアにおいて音が抑圧されていることがわかる。

3. おわりに

今回の発表を通して、多くのご指摘やご意見を頂いた。この経験を踏まえてさらなる、研究の発展へ繋げていきたい。最後に発表にあたって終始ご指導頂いた、片岡章俊教授、片岡研究室の皆様へ深く感謝いたします。