

## ICA 2019 に参加して

安 枝 和 哉

Kazuya YASUEDA

情報メディア学専攻博士課程 4 年

### 1. はじめに

私は、2019 年 9 月 9 日から 13 日に Eurogress Aachen で開催された、ICA 2019 (23rd International Congress on Acoustics) に参加し、「Determination of Optimal Parameters Using Metaheuristics for the Sound Zone Generation by the Least-Squares」というタイトルで発表を行った。

### 2. 研究背景と目的

ある空間の音場を複数のスピーカを用いて制御する技術を音場制御という。音場制御の手法の 1 つに空間上の任意の点での音圧を制御する多点制御法がある。本研究では多点制御法を用いて、複数のエリアに異なる音声を再生することを目的とし、その制御点配置を遺伝的アルゴリズムによって求める手法を提案した。

### 3. 多点制御法によるエリア再生

多点制御法は各スピーカから空間内に設定した任意の制御点までの伝達関数に基づいて制御点での音圧特性を満たすようなフィルタを設計する。伝達関数  $G$  と制御特性  $D$  は以下ようになる。

$$G = \begin{bmatrix} G_{11}(\omega) & \dots & G_{M1}(\omega) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{1N}(\omega) & \dots & G_{MN}(\omega) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$D = [d_1(\omega), d_2(\omega), \dots, d_N(\omega)]^T \quad (2)$$

$$d_n(\omega) = \begin{cases} 1 & \text{reproduction point} \\ 0 & \text{suppression point} \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 $M$  はスピーカ数、 $N$  は制御点数、 $\omega$  は

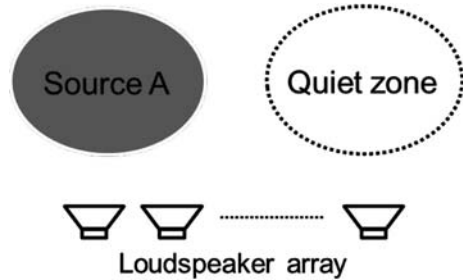


図1 エリア再生のイメージ図

周波数である。したがって、フィルタ特性  $W$  は以下の式で求められる。

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

本研究ではスピーカ数より制御点が多いため、重み付き最小二乗法を用いてフィルタ係数を求める。

$$W = (G^H A G + \delta(\omega)I)^{-1} G^H A D \quad (5)$$

ここで、 $(\cdot)^H$  は複素共役転置、 $\delta(\omega)$  は正則化パラメータ、 $I$  は単位行列、 $A$  は重み係数である。

多点制御法を用いて複数のエリアに異なる音声を再生するためには、それぞれの領域に再生するフィルタを別々に設計し、出力を加算することで実現できる。本研究では図1のようにスピーカアレーの左側の領域に再生、右側を抑圧するような制御点の配置を検討する。

### 4. 遺伝的アルゴリズムによる制御点配置の決定法

多点制御法の制御点配置はそれぞれの制御点の組み合わせとみなし、組合せ最適化問題として制御点の最適化を行う。本研究では、組合せ最適化問題を解く手法として一般的に用いられる遺伝的アルゴリズム (GA) を適用する。各制御点の  $x$ - $y$  座標と重み係数  $a$  を遺伝子と定義し、その集合を染色体とする。図2に遺伝的アルゴリズムの流れを示す。

初めに、ランダムな配置で 50 個体を生成する。

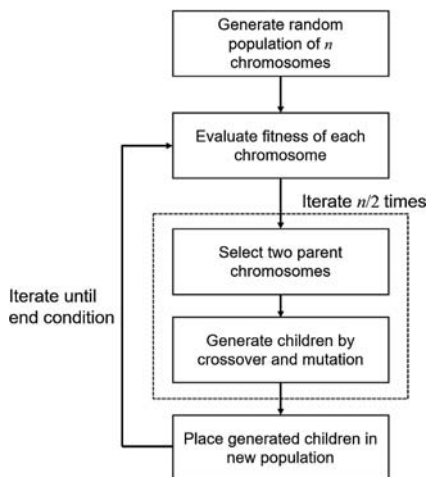


図2 遺伝的アルゴリズムによる配置決定の流れ

これを初期集団とし、適合度の評価を行う。適合度は次式に基づいて各個体について計算する。

$$F = \log_{10} \frac{\sum_{e \in j} P_j}{\sum_{e \in k} P_k} \quad (6)$$

ここで、 $P$  は制御点での音圧、 $j, k$  は再生エリアと抑圧エリアでの測定点である。測定点は各エリアを  $0.25 \text{ m}$  の格子状に設定し、各エリア 36 点である。

次に、適合度に基づき集団から親となる 2 個体を選択し、交叉と突然変異を行うことで子の 2 個体を生成する。これらの操作を繰り返すことで、個体集団が進化し、最適解に近づく。

## 5. 計算機シミュレーションの結果と考察

提案手法の性能を確認するため、計算機シミュレーションによる評価実験を行った。シミュレーションは自由空間を仮定し、伝達関数には自由空間のグリーン関数を使用した。

図3に制御点数が32点の場合の、抑圧エリアの境界に抑圧点を配置する制御点配置と遺伝的アルゴ

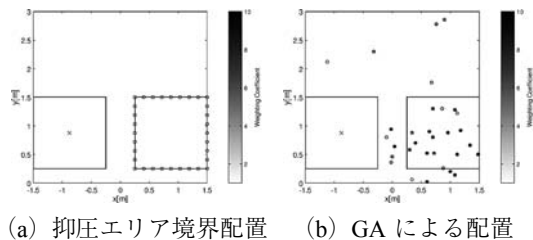


図3 制御点の配置

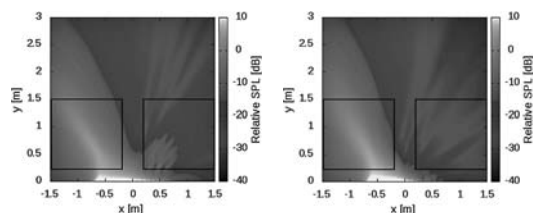


図4 相対音圧レベル

リズムによって得られた配置を示す。また、図4に再生点を基準とした相対音圧レベルの分布図を示す。

図4より、抑圧エリアの境界を囲うような配置では、抑圧エリア内への音声の漏えいが見られるが、遺伝的アルゴリズムによる配置では漏えいが少なくなっていることがわかる。制御点数を増加させた場合でも同様の結果が見られたが、特に制御点数が少ないときに遺伝的アルゴリズムによって得られる効果が大きい結果となった。また、PESQを用いた音質評価実験を行い、再生エリアでの聞き取りに問題がないことも確認した。今後は制御点配置以外のパラメータへの遺伝的アルゴリズムの適用を検討する。

## 6. おわりに

今回の発表では、多くの方に質問や意見を頂き、大変参考になりました。最後に、研究や発表の指導を頂いた片岡章俊教授、研究室諸氏に深く御礼申し上げます。