

日本音響学会 2021 年 秋季研究発表会に参加して

周 桐

Tong ZHOU

情報メディア学専攻修士課程 2年

1. はじめに

私は、2021年9月7日から9日にオンラインで開催された日本音響学会2021年秋季研究発表会に参加し、「多点制御法を用いた非再生領域の生成におけるスピーカ配置の検討」という題目で発表を行った。

2. 研究背景と目的



図1 オープンスペースでの非再生領域

近年、音を限られたエリアに再生する、音のエリア再生技術が進められている。この技術は、音を再生したい場所で再生でき、抑圧したい場所で抑圧することができる。音のエリア再生手法の一つとして、多点制御法という手法が提案されている。多点制御法の性能は制御点とスピーカの位置関係によって大きく変化する。

本研究では、多点制御法を用いて図1のような小空間内でマスキング音を再生しながら、静かな非再生領域を生成することを目的とし、抑圧点とスピーカの位置を遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic algorithm) で決定する方法を検討した。

3. 提案手法

3.1 多点制御法

多点制御法は空間上に制御点を複数配置し、制御点に与えた応答や抑圧特性によって音の再生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 G 、フィルタ係数 W 、制御点における所望の音圧特性 D の関係は式 (1) で示される。

$$GW = D \quad \dots (1)$$

$$W = (G^H AG + \delta(\omega)I)^{-1} G^H AD \quad \dots (2)$$

D は再生を行う応答点を 1、抑圧を行う抑圧点を 0 とする。本研究ではスピーカの数は制御点より少ないため、フィルタ係数 W は式 (2) の最小二乗法により求める。ここで、 $(\cdot)^H$ は共役複素転置、 $\delta(\omega)$ は正則化パラメータ ($\delta(\omega) > 0$) である。

3.2 遺伝的アルゴリズムによる決定法

生物進化の原理をモデル化した遺伝的アルゴリズムは、求めたい解を遺伝子とし、問題に対しての最適解を得るように進む。著者らは2020年に非再生領域を生成するため、GAを用いた制御点配置法を提案している。この手法は目的領域である程度の非再生領域が生成できるが、非再生領域内で一様に抑圧できなかった。提案手法では、目的領域の抑圧性能を改善するため、制御点に加えてスピーカもGAで配置する。

本手法で使用するGAの流れは以下とする。

- ① スピーカと抑圧点それぞれの初期集団を生成
- ② ランダムな抑圧点個体を選択し、スピーカ集団を適合度 F による初評価
- ③ 評価による適合度を用いて、スピーカ個体に対するルーレット選択、交叉と突然変異
- ④ 交叉変異による新たなスピーカ集団を再評価
- ⑤ スピーカの座標を固定し、抑圧点集団を評価
- ⑥ 評価による適合度を用い、抑圧点個体に対するルーレット選択、交叉と突然変異
- ⑦ 交叉変異による新たな抑圧点集団を再評価
- ⑧ 抑圧点の座標を固定し、スピーカ集団を評価

終了条件が満たされるまでに、スピーカと抑圧点に対する③～⑧の処理を繰り返す。

4. 計算機シミュレーション

提案手法の性能を確認するため、抑圧点のみをGAで決定する手法を従来手法とし、計算機シミュレーションによる評価実験で比較した。

対象領域 $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ 、スピーカ (Δ) 32 個、従来手法はスピーカを上下に 16 個ずつ、0.1 m 間隔で配置し、提案手法のスピーカは対象領域の四辺にGAで配置する。重み係数の範囲は 1~10、応答点 (\times) 4 個、抑圧点 (\circ) 36 個、目的の非再生領域内にGAで配置する。正則化パラメータは 0.1 とした。各手法の性能を再生領域と抑圧領域の相対音圧比によって評価する。この音圧比を適合度 F とし、式 (3) に示す。音圧比が大きくなるほど、性能が高い。

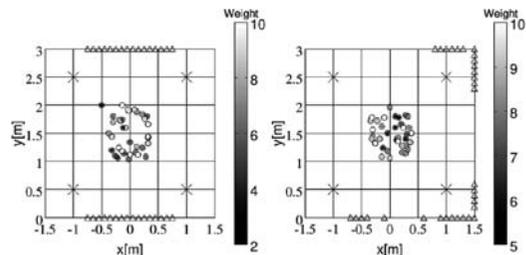
$$F = 10 \log_{10} \frac{\sum_{e,j} P_j}{\sum_{e,k} P_k} \quad \dots (3)$$

P は各評価点での音圧、 j は再生評価点、 k は抑圧評価点である。

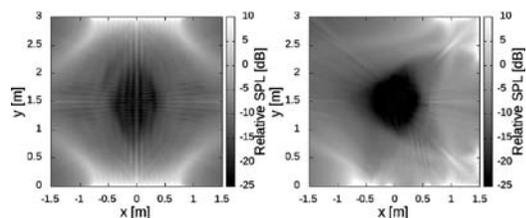
4.1 実験結果

各手法の制御点、スピーカ配置と重みを図 2、音圧マップを図 3 に示す。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。音圧マップから、従来手法、提案手法ともに目的領域で抑圧できるが、提案手法の方が目的領域でより抑圧できていることが分かった。

図 4 に $x=0$ と $y=1.5$ のところの相対音圧を示す。図より、提案手法は従来手法と比べ、より中心部で一様に抑圧していることが分かった。以上の結果から、提案したGAを用いて抑圧点とスピーカを同時に配置する手法は、従来の抑圧点のみGAで配置する手法と比べ、性能が向上したことを確認した。



(a) 従来手法 (b) 提案手法
図 2 各手法の制御点、スピーカ配置と重み



(a) 従来手法 (b) 提案手法
図 3 各手法の相対音圧マップ

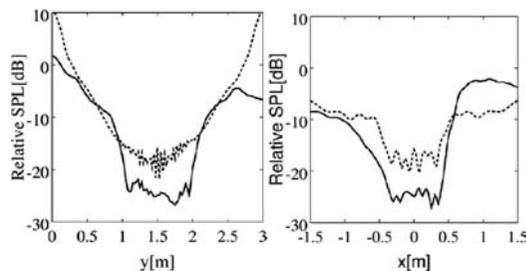


図 4 $x=0$ と $y=1.5$ での相対音圧
(破線：従来手法、実線：提案手法)

5. まとめ

多点制御法による非再生領域の生成において、GAを用いて抑圧点とスピーカ配置を提案した。シミュレーションでの評価実験から、提案手法はより目的領域で非再生領域が生成できることを確認した。

6. おわりに

発表に参加し、多くの方々から意見を頂き、大変参考になった。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。