

## FIR-IIR フィルタ構造による全方位音源定位

## Omni-Directional Sound Source Localization Using FIR-IIR Filter Structure

波多野 舜<sup>†</sup> 堀 智也<sup>†</sup> 陶山健仁<sup>†</sup>Shun HATANO<sup>†</sup> Tomoya HORI<sup>†</sup> Kenji SUYAMA<sup>†</sup><sup>†</sup> 東京電機大学 工学部 電気電子工学科<sup>†</sup> Department of Electrical and Electronic Engineering, School of Engineering, Tokyo Denki University

## 1 はじめに

正方形マイクロホンアレイによる全方位音源定位手法が提案されている [1]. この手法の推定精度向上には、マイクロホン対の空間解像度向上が必須のため、マイクロホン間の群遅延特性に基づく GRODMIC[2] の適用を考える. しかし、GRODMIC の問題点としてモデル次数増加に伴う群遅延リプルによる到達時間差の推定精度低下があげられる. これを回避するために、推定すべき到達時間差を中心にリプルが生じていると仮定すると、推定に先立ちリプルによる脈動範囲をあらかじめ限定することが有効であるとの主張に至った. そのため、FIR フィルタによる大まかな到達時間差の推定後に、従来の IIR フィルタによる GRODMIC の群遅延サンプルの取捨選択方法を検討する. 手法の妥当性を実環境実験結果で示す.

## 2 FIR-IIR フィルタを用いた全方位音源定位

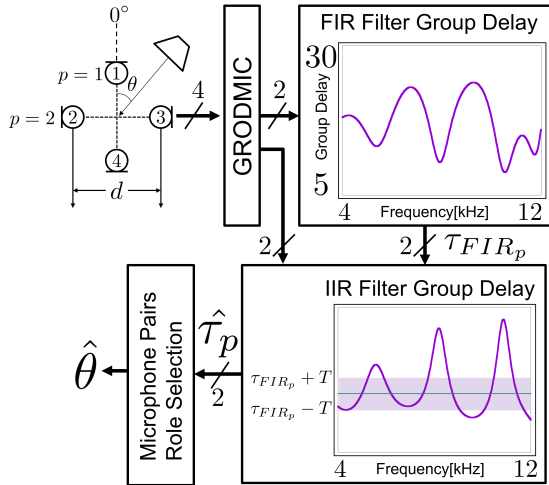


図 1: 提案法の流れ

図 1 に示すように、対角長が  $d$  の正方形の頂点に配置した直交 2 マイクロホン対で  $\theta$  方向から到来する単一音源を受音するモデルを考える. 音源方向  $\theta$  は、各マイクロホン対の音波の到達時間差  $\tau_p$  を用いて、次式で表される.

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{c\tau_p}{d}\right) - (p-1)\frac{\pi}{2} \quad (1)$$

ここで  $c$  は音速、 $p$  はマイクロホン対番号である. 全方位音源定位問題は、到達時間差  $\tau_p$  を推定する問題である.

提案法では、群遅延に発生するリプルの影響低減のために IIR フィルタを用いた GRODMIC の群遅延サンプルの抽出範囲を決める. そのため、FIR フィルタでの伝達系近

似により抽出範囲を決め、IIR フィルタで推定した伝達系の群遅延を抽出する.

FIR フィルタはインパルス応答を直接近似可能なため、IIR フィルタのように過剰次数によるリプルを抑えることができる. そのため、高次数 FIR フィルタの群遅延特性の平均値を大まかな推定値として利用可能である. そこで、図 1 に示すように、GRODMIC を用いて、FIR フィルタと IIR フィルタの各群遅延特性を算出する. そして、FIR フィルタの群遅延特性の平均値  $\tau_{FIR_p}$  を基準に  $T$  を閾値に決定する. その範囲を基に、IIR フィルタの群遅延特性のサンプルの抽出を行い、抽出した推定値の平均値で到達時間差  $\tau_p$  を決定する. 最終的に、文献 [1] の手法を用いて、各マイクロホン対の到達時間差より  $\hat{\theta}$  を決定する.

## 3 実環境実験

提案法の有効性を示すため実環境実験を行った. 実験条件は、サンプリング周波数 48[kHz]、対角長 0.08[m] で行う. 実験環境は、残響時間 0.93[s]、騒音レベル 38.3[dB]、 $9.3 \times 12.5 \times 2.96[\text{m}^3]$  の室内であった. 事前実験により、 $T = L/3$  と決定した. 実験は 3 つの音源方向パターンで行った. 音源定位の性能評価には、絶対値誤差を用いる. 比較手法として、正方形 4 マイクロホンアレイを用いた MUSIC と従来法である文献 [2] との比較を行う.

表 1: 実環境実験結果

方向 [°]	30	40	60
提案手法	2.40	0.19	2.30
比較手法 [2]	2.34	6.70	9.21
MUSIC	14.0	6.0	15.0

表 1 より MUSIC と比べ、文献 [2] では、大幅な推定精度向上が見られる. これは、文献 [2] では、高周波数帯域を使用可能であり、暗騒音の影響を低減したためである. そして、文献 [2] と比べ、提案手法では、3 パターンのうち 2 パターンでの性能向上が見られ、平均 4.45° 向上した. 実環境実験結果より主張の有効性を示した.

## 4 まとめ

本研究では、FIR-IIR フィルタ構造を用いた群遅延サンプルの取捨選択による全方位音源定位性能向上手法を提案した. 実環境実験により提案手法の有効性を示した.

## 文献

- [1] 信学技法, Vol.122, No.165, SIP2022-77, pp.140-145, 2022.8.
- [2] 信学技法, Vol.122, No.165, SIP2022-78, pp.146-150, 2022.8.