

伝搬遅延特性の低次数モデリングによる音源定位

Sound Source Localization by Low Order Modeling of Propagation Delay Characteristics

阿瀬 駿佑[†] 堀 智也[†] 陶山 健仁[†]

Shunsuke ASE[†] Tomoya HORI[†] Kenji SUYAMA[†]

[†] 東京電機大学 工学部 電気電子工学科

[†] Department of Electrical and Electronic Engineering, School of Engineering, Tokyo Denki University

1 はじめに

高空間解像度音源定位手法として GRODMIC が提案されている [1]。本手法は推定群遅延特性から音源方向を推定するため本質的な課題は群遅延特性の推定精度である。一方で、空間解像度向上のため [1] での想定以上にマイクロホン間隔を拡張した場合、到達時間増大に伴うモデル次数増加が起因し、群遅延特性に多重リプルが発生した。これは定位性能劣化の要因となる。そこで、高空間解像度を担保したまま低次数フィルタで推定可能であれば定位性能向上に直結するとの主張に至った。本研究では、受信信号に遅延を付加しモデル化対象の系の到達時間差を減少する手法を提案する。主張の妥当性を実環境実験結果で示す。

2 音源定位問題

方向 θ の音源信号を間隔 d で配置した 2 マイクロホンで受信するモデルを考える。各マイクロホンの受信信号 $x_1(n)$, $x_2(n)$ 間の到達時間差 τ は、音速 c 、サンプリング周波数 f_s を用いて $\tau = df_s \sin \theta / c$ で表される。音源定位問題は τ を推定する問題とみなせる。

3 低次数フィルタによる GRODMIC

GRODMIC による群遅延特性推定の流れは文献 [1] に従う。 P をフィルタ次数とすると、本手法は IIR フィルタによるモデル化に $P > \tau$ を要する。そのため P は、音源方向が正面から広角になると高次数を要する。また間隔 d の拡張に伴い、広角方向における P の高次数化が顕著になる。高次数フィルタは群遅延特性のリプルの発生を助長する。一方で音波が正面から到来する場合、間隔 d によらず τ は小さいため、モデル化に要する次数は小さい。そのため群遅延特性の多重リプルは生じない。図 1 に正面方向、及び広角方向の音源に対する近似群遅延特性を示す。

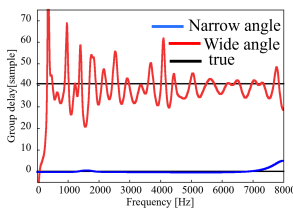


図 1: 近似群遅延特性

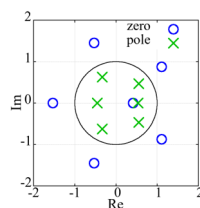


図 2: 極零点配置

高次数フィルタを要する広角方向の結果に対し、正面方向の結果は低次数フィルタによる近似のため平坦特性を示す。低次数フィルタを適用するためには、高空間解像度条件下において到来方向に関わらず、正面から到来するとみなせる受信モデルが実現できればよい。

図 2 に文献 [1] の手法で近似したフィルタの極零点配置を示す。近似フィルタの単位円外の零点は極と対になり、オールパス特性の遅延器として動作しているに過ぎない。そこで、提案法では整数サンプルの遅延を進み位相の受信信号に付加する。図 3 に提案法の流れを示す。step1 では、相互相関法を用いた整数の大きかな推定値 τ_{int} を利用し、遅延として付加する。そのため、step2 では正面方向に対する受信モデルとして GRODMIC を適用できる。提案法により、低次数フィルタを利用した近似が可能となる。

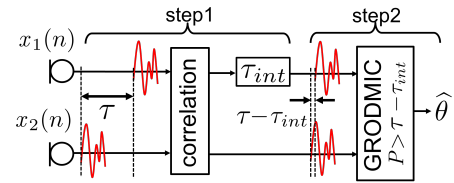


図 3: 提案法の流れ

4 実環境実験

実環境実験結果より主張の妥当性を示す。実験条件はマイクロホン間隔 1[m]、サンプリング周波数 16[kHz]、文献 [1] の手法のフィルタ次数 48、提案法のフィルタ次数 6 とした。用いた信号は残響時間 0.93[s]、騒音レベル 34.9[dB]、大きさ $9.3 \times 12.5 \times 2.96$ [m³] の室内で測定を行った。図 4 に真値 60° の音声に対し、文献 [1] の手法及び提案法により近似した群遅延特性を示す。

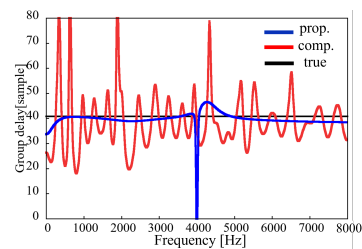


図 4: 近似群遅延特性

図 4 は、低次数フィルタによる多重リプルの低減を示している。また、高次数フィルタの音源方向推定値 50.5° に対し、提案法の推定値は 56.9° であった。提案法による低次数フィルタの近似で推定精度が向上したため、主張の妥当性が示された。

5 まとめ

本研究では、空間解像度向上時の問題点の解決を図った。主張の妥当性を実環境実験結果より示した。

文献

[1] 信学技報, Vol.122, No.165, SIP2022-78, pp.146-150, 2022.