

## 日本音響学会 2018 年春季研究 発表会に参加して

小林 祐介

Yusuke KOBAYASHI

情報メディア学専攻修士課程 2017 年度修了

### 1. はじめに

2018 年 3 月 13 日から 3 日間、日本工業大学で開催された日本音響学会 2018 年春季研究発表会に参加し、「マイクロホンアレイを用いた空間信号分布に基づく反復音響モデル推定」という題目で発表を行った。

### 2. 研究背景と目的

複数の雑音が存在する環境下において、目的とする音声のみを高品質に抽出する従来手法として「音の指向性に基づく空間 Wiener ポストフィルタ」が提案されているが、小規模のマイクロホンアレイを用いた場合、目的音の低周波数帯域成分が劣化する問題がある。この問題を解決するために空間信号分布を用いた反復音響モデル推定法を提案した。

### 3. 提案手法の Wiener ポストフィルタ推定

提案手法はビームフォーマによる指向性制御とポストフィルタによる雑音抑圧を併用し、空間情報を利用した目的音の強調を実現する。マイクロホンアレイの素子数を  $M$ 、各素子に対する入力信号と指向性制御フィルタを  $Z_M$ 、 $W_M$ 、ポストフィルタを  $H$  とすると、周波数領域での出力信号は以下で表される。

$$Y = H \sum_{m=1}^M W_m^* Z_m \quad (1)$$

空間内に有指向性信号（目的音と方向性雑音）と無指向性信号（拡散性雑音）が存在し、それぞれのパワースペクトルを  $\phi_{ss}$ 、 $\phi_{NN}$ 、 $\phi_{nn}$  と定義すると目的音を抽出するための Wiener ポストフィルタは以下の

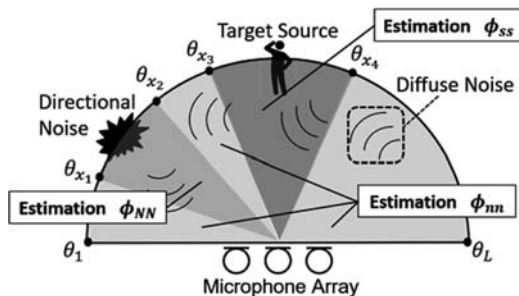


図 1 音響モデル推定に用いる空間情報の範囲

ように表される。

$$H = \frac{\phi_{ss}}{\phi_{zz}} = \frac{\phi_{ss}}{\phi_{ss} + \phi_{NN} + \phi_{nn}} \quad (2)$$

ここで、 $\phi_{zz}$  はマイクロホンアレイが観測した信号のパワースペクトルである。

#### 3.1 空間信号分布による情報の選択

空間信号分布は目的音もしくは方向性雑音がどの方向からどの程度のパワーを持って到来しているかを知ることを可能とし、空間コヒーレンス関数から計算される。これを用いて推定目標とする信号と相関値が高い空間スペクトル情報のみを選択し、各音響モデルの推定を行う。図 1 に有／無指向性信号の推定に用いる空間スペクトル情報のイメージ図を示す。ここで、 $\theta_1$  と  $\theta_L$  はビームフォーマの制御範囲の最小角と最大角を表している。また、 $\theta_{x_1} \dots \theta_{x_4}$  は用いる空間スペクトル情報の制限角度であり、空間信号分布から計算する。図 1 が示す  $\phi_{ss}$ 、 $\phi_{NN}$ 、 $\phi_{nn}$  は以下のように表される。

$$\phi_{ss} = \frac{1}{x_4 - x_3} \sum_{i=x_3}^{x_4} Y_{DS}(\theta_i) Y_{DS}^*(\theta_i) \quad (3)$$

$$\phi_{NN} = \frac{1}{x_2 - x_1} \sum_{i=x_1}^{x_2} Y_{DS}(\theta_i) Y_{DS}^*(\theta_i) \quad (4)$$

$$\phi_{nn} = \frac{1}{L'(L'-1)} \sum_{i'=1}^{L-1} \sum_{j=i'+1}^L \Re\{Y_{DS}(\theta_{i'}) Y_{DS}^*(\theta_j)\} \quad (5)$$

where  $L' = L - \{(x_2 - x_1) + (x_4 - x_3)\}$

subject to  $i' = j = \{n | (x_1 < n > x_2) \wedge (x_3 < n > x_4)\}$

ここで、 $Y_{DS}$  は遅延和ビームフォーマの出力を表している。

### 3.2 反復処理による音響モデル推定

有／無指向性信号を同時に推定することで目的音の低周波数帯域成分を維持する。また、目的音、方向性／拡散性雑音をそれぞれ強調する Wiener ポストフィルタをビームフォーマの出力に適応することで、推定目標とする信号と無相関な信号の抑圧を行い、各音響モデルの推定精度を向上させる。図2に有指向性信号の場合の反復音響モデル推定の構成図を示す。はじめに各方向の遅延和ビームフォーマの出力  $Y_{DS}(\theta_i)$  ( $i = 1, \dots, L$ ) と空間信号分布によって算出した制限角度  $\theta_{x_1} \dots \theta_{x_4}$  を用いて有指向性信号である目的音  $\phi_{ss}$  と方向性雑音  $\phi_{NN}$  を推定する。推定した有指向性信号を用いて拡散性雑音を強調する Wiener ポストフィルタ  $H_{dir}$  を設計し、無指向性信号  $\phi_{nn}$  を推定する。最後に推定した各音響モデルを用いて目的音と方向性雑音をそれぞれ強調するフィルタ Wiener ポストフィルタ  $H_{diff}^{ss}$ ,  $H_{diff}^{NN}$  を設計し、有指向性信号を推定する最初の処理に適応する。この一連の処理を反復することで有指向性信号の低周波数帯域成分を維持し、かつ高精度に推定ができる。図2が示す  $\phi_{ss}$ ,  $\phi_{NN}$ ,  $\phi_{nn}$  は以下のように表される。

$$H_{dir} = \frac{\phi_{zz} - (\phi_{ss} + \phi_{NN})}{\phi_{zz}} \quad (6)$$

$$H_{diff}^{ss} = \frac{\phi_{zz} - (\phi_{NN} + \phi_{nn})}{\phi_{zz}} \quad (7)$$

$$H_{diff}^{NN} = \frac{\phi_{zz} - (\phi_{ss} + \phi_{nn})}{\phi_{zz}} \quad (8)$$

無指向性信号の推定は図2の手順3から処理を行うことで可能となる。

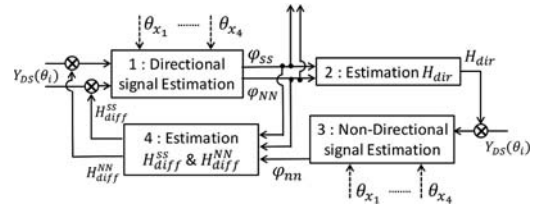
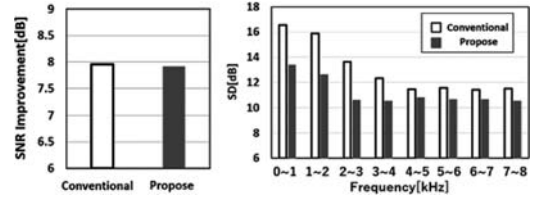


図2 反復音響モデル推定：有指向性信号の場合



(a) SNR 改善量 (b) SD  
図3 SNR 改善量と SD による性能評価

## 4. 性能評価

実環境において、素子数 16、素子間隔 2 [cm] のマイクロホンアレイを用いて收音した信号を対象に性能評価実験を行った。音場には、目的音と方向性／拡散性雑音を1つずつ配置し、アレイ入力 of SNR は 0 [dB] としている。従来手法と提案手法の SNR 改善量と SD を図3に示す。図より、提案手法と従来手法の SNR 改善量は同等であるが、SD では全周波数帯域において提案手法が従来手法より音声品質が優れていることがわかる。特に低周波数帯域においては、2~3 [dB] と大きく改善されていることがわかる。

## 5. おわりに

発表に参加し、多くの方々からご意見、ご質問を頂き、大変参考になりました。また、今回の発表を行うにあたり、片岡章俊教授に多大なご指導を頂きました。この場を借りて御礼申し上げます。