

電子情報通信学会
応用音響研究会に参加して

吉水 琢人

Takuto YOSHIMIZU

情報メディア学専攻修士課程 2016 年度修了

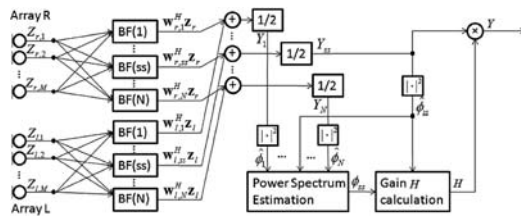


図 1 Block diagram of proposed system

1. はじめに

私は 2016 年 11 月 17 日から 2 日間、大分県のコンパルホールにて開催された電子情報通信学会応用音響研究会に参加し、「音源位置情報を用いた特定領域内音声強調」という題目で発表を行った。

2. 研究背景

様々な雑音環境下で所望の音声のみを抽出する技術として、マイクロホンアレイによる雑音抑圧手法が研究されている。マイクロホンアレイによる一般的な手法として任意の方向から到来する信号に対して有効なビームフォーマが知られている。しかし、雑音源が目的音源と同一の方向に存在する場合、雑音抑圧性能が大きく低下する。そこで本稿では、音源の位置情報に基づいたビームフォーマとビームパターンによる Wiener ポストフィルタを用いた音声強調手法を提案する。

3. 提案手法

3.1 音源情報を用いた特定領域内音声強調

本稿では、異なる位置にマイクロホンアレイを 2 つ配置することにより、目的音源を強調する手法を提案する。提案手法の流れ図を図 1 に示す。各マイクロホンアレイで全ての音源位置に対してビームフォーマを行い、同じ音源に対して行ったビームフォーマ出力を式 (1) にて加算する。加算したビームフォーマ出力を用いて各音源のパワースペクトルを推定する。推定したパワースペクトルの内、目的音源のパワースペクトルを音響モデルとして Wiener ポストフィルタを設計する。ポストフィルタは式 (2) で表される。設計したポストフィルタを、目的

音源を強調したビームフォーマ出力 Y_{ss} に乗算することにより、目的音源を強調する (式 (3))。

$$Y_n = \frac{1}{2} (w_{l,n}^H z_{l,i} + w_{r,n}^H z_{r,i}) \quad (1)$$

$$H = \frac{\Phi_{ss}}{\hat{\Phi}_{ss}} \quad (2)$$

$$Y = HY_{ss} \quad (3)$$

ここで、 l, r は 2 つのマイクロホンアレイ Array L および Array R の添え字、 Φ_{ss} は推定した目的音源の、 $\hat{\Phi}_{ss}$ は目的音源を強調したビームフォーマ出力のパワースペクトルである。

3.2 ビームパターンを用いた音響モデル推定

目的音源位置に対して、音源 k に対して式 (1) で表されるビームフォーマを行ったときの出力 Y_k は式 (4) と表すことができる。

$$Y_k = \sum_{n=1}^N \frac{1}{2} (\Psi_{l,k,n} S_n + \Psi_{r,k,n} S_n) = \sum_{n=1}^N \frac{1}{2} \Psi_{k,n} S_n \quad (4)$$

ここで、 $\Psi_{k,n}$ は式 (5) で示される音源 k を強調するビームフォーマに対する音源 n の位置のビームパターンであり、 S_n は音源 n の信号、 N は音源の数である。異なる 2 つの音源が互いに独立であるならば、2 つの音源の相関は 0 になるため、全ての音源に対してそれぞれビームフォーマを行ったときの入力と出力のパワースペクトルの関係は式 (6) となる。ここで、 Φ_n および $\hat{\Phi}_n$ は推定した音源および加算したビームフォーマのパワースペクトルである。

$$\Psi_{k,n} = w_k a_n \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} \hat{\phi}_1 \\ \vdots \\ \hat{\phi}_{ss} \\ \vdots \\ \hat{\phi}_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \psi_{1,1}^2 & \cdots & \psi_{1,ss}^2 & \cdots & \psi_{1,N}^2 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \psi_{ss,1}^2 & \cdots & \psi_{ss,ss}^2 & \cdots & \psi_{ss,N}^2 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \psi_{N,1}^2 & \cdots & \psi_{N,ss}^2 & \cdots & \psi_{N,N}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \vdots \\ \phi_{ss} \\ \vdots \\ \phi_N \end{bmatrix} \quad (6)$$

式 (2) で示される Wiener ポストフィルタを求めるには, ϕ_{ss} を求める必要がある. そこで, 式 (6) で示される N 次の連立方程式を解くことで ϕ_{ss} を求める. 式 (6) の各ベクトル, 行列をそれぞれ式 (7), 式 (8), 式 (9) とすると, 式 (5) は式 (9) と置き換えることができる.

$$\hat{\Phi} = [\hat{\phi}_1 \dots \hat{\phi}_N]^T \quad (7)$$

$$\Psi = \begin{bmatrix} \psi_{1,1}^2 & \dots & \psi_{1,N}^2 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \psi_{N,1}^2 & \dots & \psi_{N,N}^2 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\Phi = [\phi_1 \dots \phi_N]^T \quad (9)$$

いま, $\hat{\Phi}$ および Ψ は式 (1) および式 (5) で求めることができるため, 既知である. また, Ψ は N 次の正方行列であるため, Ψ の逆行列が存在するならば, Φ は式 (10) で求めることができる.

$$\Phi = \Psi^{-1} \hat{\Phi} \quad (10)$$

4. 評価実験

4.1 実験条件

提案手法の有効性を確認するために実環境による実験を行った. 実験は残響時間が約 700 [ms] の実験室で行った. マイクロホンアレイと音源の配置を図 2 に示す. 目的音源を図 2 の C に, それ以外の位置に雑音源を配置した. マイクロホンアレイの長さは 40 [cm], 素子数は 8, 入力信号の SNR は 0 [dB] とした. また, 今回は提案手法の性能を試すため, 音源の位置は既知とした.

4.2 実験結果

雑音源の位置ごとの SNR 改善量の結果を図 3 に示す. 実験は AR に配置したマイクロホンアレイで行った MVDR, 2つのマイクロホンアレイの MVDR の出力を式 3 で加算した信号 (MVDR_ADD) と提案手法を比較した.

図 3 より, MVDR では雑音が BL の位置, つまり目的信号と同一方向から到来している場合, 雑音の抑圧ができていないことがわかる. しかし,

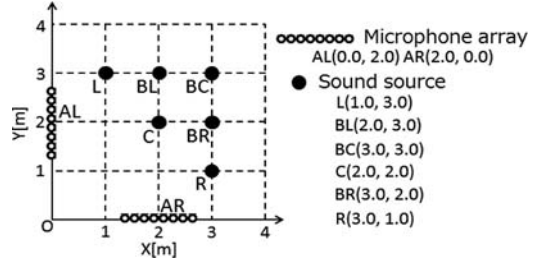


図 2 実験環境

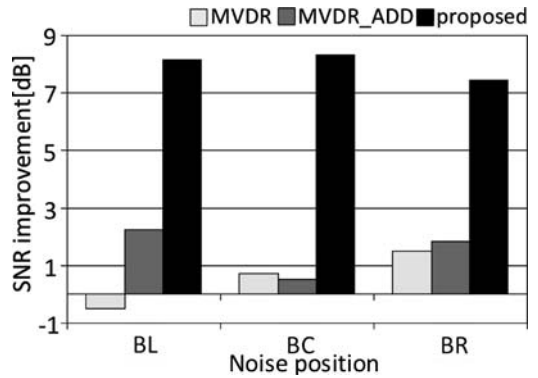


図 3 雑音位置ごとの SNR 改善量

MVDR_ADD の結果から, 2つのマイクロホンアレイのビームフォーマ出力を加算することにより, 雑音を抑圧することができたことが確認できる. 一方, 提案手法は雑音源がいずれの位置であっても約 8 [dB] 程度と, MVDR_ADD よりも抑圧性能が大幅に向上している.

以上より, 提案手法は雑音源の位置に関わらず, 1つのマイクロホンアレイを用いるよりも高い抑圧性能が得られることが確認できた.

5. おわりに

本研究会に参加し, 信号処理や周辺分野に関する知識を広げ, 多くの方から質問や意見を頂くことで自らの研究における様々な発見や課題を見つめ直すことができました. 最後に, 研究や発表に関し多大なご指導を頂いた片岡章俊教授ならびに片岡研究室の皆様へ深く感謝いたします.