

## サブバンドピークホールド処理を用いた 多チャンネル音源方向推定法の検討\*

☆加藤慶一郎, 金田豊 (東京電機大・工)

### 1 はじめに

音源方向推定法は、多チャンネル信号を用いる MUSIC 法[1]をはじめ多数の手法が提案されている。しかし、一般的な室内で音源方向推定を行う際、反射音が誤推定要因となる。鈴木らは、反射音の対策として、サブバンドピークホールド (SBPH) 処理を MUSIC 法に適用した SBPH-MUSIC 法を提案し、反射音耐性の向上を確認した[2]。本報告では、SBPH 処理の適用において演算コストの低減を実現したので報告する。

### 2 MUSIC 法による音源方向推定

多チャンネルで方向推定する場合、各マイククロホンで観測される信号には音源方向  $\theta$  に依存した時間差  $\tau$  が生じる。第 1 チャンネルを基準として、これらの受信信号を周波数領域で表すと

$$\begin{aligned} \mathbf{X}(\omega) &= X_1(\omega) [1, e^{-j\omega\tau_2}, e^{-j\omega\tau_3}, \dots]^H \\ &= X_1(\omega) \mathbf{d}(\omega, \theta) \quad \dots(1) \end{aligned}$$

となる。ここで、 $X_1(\omega)$  は第 1 チャンネルの信号スペクトル、 $\omega$  は角周波数、 $\mathbf{d}(\omega, \theta)$  は方向制御ベクトル (steering vector) を表す。

MUSIC 法では、受信信号から算出した雑音部分空間の相関行列  $\mathbf{R}_n(\omega)$  と  $\mathbf{d}(\omega, \theta)$  を用いて、次式により方向スペクトル  $P_{MUSIC}(\omega, \theta)$  を求める。

$$P_{MUSIC}(\omega, \theta) = \frac{1}{\mathbf{d}^H(\omega, \theta) \mathbf{R}_n(\omega) \mathbf{d}(\omega, \theta)} \quad \dots(2)$$

### 3 サブバンドピークホールド (SBPH) 処理

SBPH 処理は、信号を短時間フーリエ変換するサブバンド処理と、帯域毎に先行する振幅値を保持することで後続する反射音をマスクするピークホールド処理から成る。

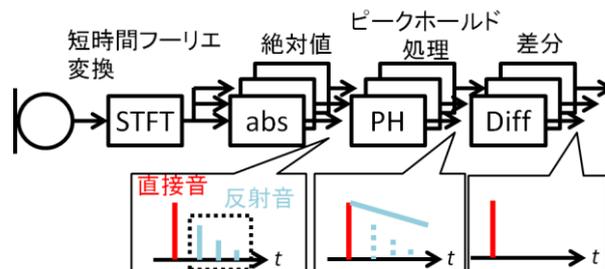


図 1 SBPH 処理のブロック図

処理の流れを図 1 に従って説明する。まず短時間フーリエ変換 (STFT) によって信号をサブバンド化する。次に各サブバンド信号の振幅成分を取り出し (abs)、ピークホールド処理 (PH) を行い、時間差分 (Diff) をとる (以下、この 3 つの処理をまとめて PH 処理と呼ぶ)。その結果、帯域毎に反射音の影響を抑圧した信号を取り出すことができる。

### 4 MUSIC 法への SBPH 処理の適用

#### 4.1 MUSIC 法

MUSIC 法のブロック図を図 2(a) に示す。MUSIC 法では、短時間フーリエ変換処理により信号を周波数領域で表してから式(2)の MUSIC 処理を行う。その後、複数の周波数に対して方向スペクトルの平均を行って音源方向を推定する。

#### 4.2 SBPH-MUSIC 法 (従来法)

SBPH-MUSIC 法 (従来法) のブロック図を図 2(b) に示す。MUSIC 処理を行うサブバンド信号は、式(1)のように位相情報  $e^{-j\omega\tau}$  を持っていないが、PH 処理後の信号は絶対値処理によって位相情報が欠落してしまっている。そこで、従来法では、PH 処理後の信号に対して再度短時間フーリエ変換処理を行うことで位相情報を回復しているが、その結果演算コストが増加する。

#### 4.3 SBPH-MUSIC 法 (提案法)

提案法では、図 2(c) に示すように PH 処理

\* A study of multi-channel sound source direction estimation using Sub-Band Peak Hold processing, by KATO, Kei-ichiro and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

前の信号の持つ位相情報を PH 処理後の信号に付加することで、2 回目の短時間フーリエ変換を行うことなく MUSIC 処理への適用を可能とした。ただし、SBPH 処理した信号を再度サブバンド化して位相情報を得る従来法とは、処理結果（性能）は異なる。

## 5 評価実験

表 1 に示す条件で、MUSIC 法と従来法、提案法の 3 手法について比較実験を行った。

### 5.1 誤推定率

音源は人間（男性 1 名）が  $\pm 30^\circ$  の方向から 6 単語を各 3 回ずつ発声し、合計 36 の条件で測定した。また、反射音の影響が大きい環境を実現するために、マイクロホンアレーを部屋の角に近接するように配置した。

3 手法の誤推定率を図 3 に示す。まず、許容誤差を  $\pm 5^\circ$  とした場合、MUSIC 法と比較して従来法の誤推定率が 58 % から 3% と大幅に減少しており、反射音耐性の向上が確認できる。提案法の誤推定率は従来法よりは増加しているが、MUSIC 法と比べると約 1/3 となっている。

一方、許容誤差を  $\pm 10^\circ$  とした場合、MUSIC 法は 11 % の誤推定率となったのに対し、提案法は従来法と同様に誤推定率は 0 % となった。

### 5.2 演算コスト

各手法の演算時間を測定した。プログラムは、MATLAB を用い、同一の音声に対して 3 回の方向推定計算を行い、その演算時間を平均した。その結果、MUSIC 法は 0.06 秒、従来法は 0.92 秒に対して、提案法は 0.12 秒となった。提案法は、MUSIC 法に比べて約 2 倍の演算量を必要とするが、従来法と比べて約 1/8 となっていた。

今回の比較は各手法の処理パラメータを、性能を優先して定めているため、同一条件の比較とみなすことはできないが、従来法に対して演算量の低減が実現できたと考える。

## 6 むすび

本報告では、MUSIC 法に対して反射音耐性を向上する SBPHP-MUSIC 法を提案した。この方法は、SBPH-MUSIC 法（従来法）と比べて、 $\pm 10^\circ$  の許容誤差範囲ではほぼ同等の性能を保ちながら演算量を約 1/8 に低減した。

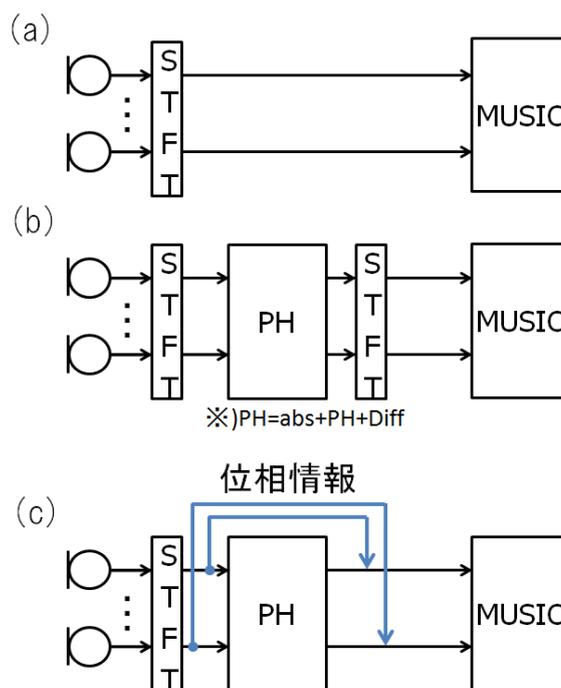


図 2 3 手法のブロック図. (a) MUSIC法 (b) SBPH-MUSIC法, (c) SBPHP-MUSIC法

表 1 実験条件

部屋の寸法	6.5[W] × 7.5[D] × 2.8[H] m
残響時間	0.4 s
アレーの高さ	1.5 m
マイクロホン数	4 (直線配置)
マイクロホン間隔	0.05 m
音源距離	1.0 m

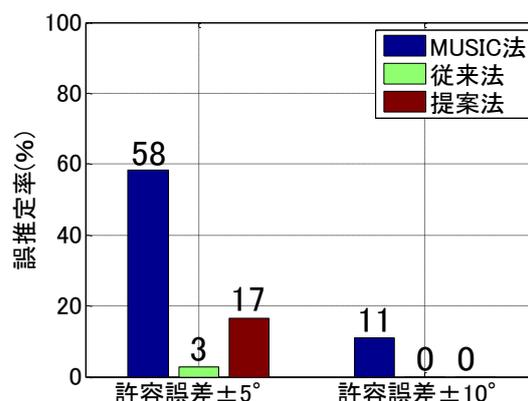


図 3 各手法の誤推定率

## 参考文献

- [1] 浅野, “音のアレイ信号処理 -音源の定位・追跡と分離-,” 日本音響学会, 2011.
- [2] 鈴木、金田、音講論(春), 757-758, 2009.