

サブバンドピークホールド音源方向推定における 雑音耐性向上の検討*

☆山下健太郎, 佐藤耕平, 金田豊 (東京電機大・工)

1 はじめに

一般の室内で音源方向推定を行う際, 推定精度を低下させる反射音と雑音の問題がある. 筆者らは反射音の問題に対して, サブバンドピークホールド(SBPH)法を提案し, 従来の代表的な手法である PHAT 法[1]と比較した結果, 反射音耐性を確認した[2]. しかし図1のように雑音が大きくなって SN 比が低下すると SBPH 法が劣る場合がある. そこで SBPH 法の雑音耐性向上を図る為のファーストステップとして, 雑音による SBPH 音源方向推定への影響を調査したので報告する.

2 時間差に基づく音源方向推定

本報告では 2ch マイクロホンによる音源方向推定を考える. θ_s 方向から音波が到来する時, 受信信号 $x_1(t)$, $x_2(t)$ は τ_s の時間差が生じる. この τ_s は, $x_1(t)$ と $x_2(t)$ の相互相関関数 $\phi_{12}(\tau)$ が最大値を得る τ の値として求められるが, 反射音の多い環境下においては良好な推定結果を得ることができない.

3 SBPH 法の基本原理

3.1 ピークホールド処理

反射音対策であるピークホールド処理を説明する. 図2(a)に, パルス音に単一反射音が付加された受信波形 $x_1(t)$, $x_2(t)$ の例を示す. これらから相互相関関数を計算すると, 直接音の時間差 τ_s 以外に直接音と反射音, 反射音同士の時間差に起因する複数のピークを持ち, 誤推定の原因になる.

図2(b)に, 受信波形にピークホールドをかけた波形を示す. このように, ピークホールドは直接音の大きさを保持するので, 後続する低振幅の反射音はマスクされ, 直接音の時間差 τ_s が明確となる.

3.2 サブバンド処理

音声は周波数成分毎に立ち上がり時刻が異なるという性質に着目し, SBPH 法は 3.1 項で述べたピークホールド処理を, サブバンドに

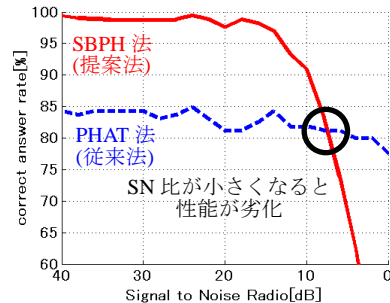


Fig. 1 反射音+雑音の環境下における SBPH 法と PHAT 法の方向推定正答率比較例

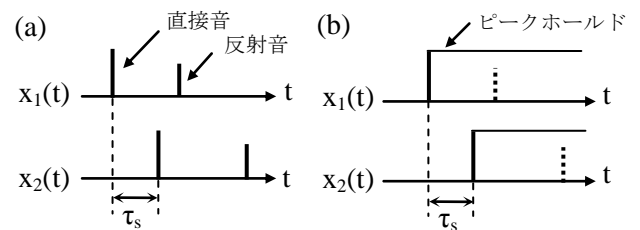


Fig. 2 ピークホールド処理の原理図

分割しそれぞれの帯域において処理している.

4 雑音の影響評価のための実験条件

SBPH 法に及ぼす雑音の影響を検討するために, 方向推定実験を行った. まず, 音声を表1及び図3に示す条件で録音した. 次に明確な方向性を持たない雑音(拡散性雑音)を得る為に, 同室でスピーカ4個から雑音を壁面に向けて発生させたものを録音した. なお雑音としては, 周波数によって, 音声信号の SN 比の差が明確になるように白色雑音を用いた.

5 実験結果

図4に SN 比を 15dB とした場合の音声及び雑音の平均スペクトルを示す. 横軸は周波数バンド(0-12kHz), 縦軸は各周波数バンドのパワーである. 図より, 高周波数バンドでは雑音スペクトルが音声スペクトルをマスクして SN 比が大幅に低下している.

雑音を付加していない時の方向推定正答率は 100%であるのに対し(許容誤差 $\pm 5^\circ$), 雑

* A study of noise tolerance improvement in DOA estimation using Sub-band Peak Hold processing, by YAMASHITA, Kentaro and SATO, Kouhei and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

音を SN 比 15dB で付加すると正答率が 82% に低下した. 次に, この雑音による推定精度の低下の要因を検討した.

6 誤推定の要因分析

図 5 は, 各帯域毎の相関関数の大きさを表す図で, 横軸は角度, 縦軸は周波数バンド, 色の濃淡は相関値の大きさ, 正しい音源方向は -60 度である. 図の④は正推定単語, ⑤は誤推定単語であり, 上段は雑音なし, 下段は雑音付加の結果である.

図より, 雑音を付加すると SN 比の低い高周波数バンドの相関値は大変小さくなった. これより, 低 SN 比バンドの不確かな推定値が誤推定の直接的原因でないということが分かった. また, 図 5⑤に示される誤推定は, SN 比の高い低周波数バンドの相関関数値の低下に起因していた. この原因を探る為, 相関値の大きさと時刻の関係を調べた.

図 6 の上段はピークホールドしたサブバンド信号のパワー変化, 下段は各時刻における相関値を表している. 図より, 誤推定の場合⑤は信号パワーの小さい箇所で相関値が高くなっている事が分かる. この相関値は低いレベルの雑音にも影響を受けて誤推定となる. 一方, 正推定の場合④は信号パワーの大きな箇所での相関値が大きく, 雑音の影響を受けにくかったと考えられる.

7 むすび

実験結果を検討した所, 次の二つのことが判明した. 「①SN 比の低い周波数バンドの相関値が小さくなる.」「②SN 比の高い周波数バンドにおいても信号パワーの低い個所での相関値を推定に利用すると誤推定に繋がる」

以上の事から, パワーの大きい部分での相関を有効に使える手法を構築することが出来れば雑音耐性向上を図れると考える.

参考文献

- [1] C.H.Kapp and G.C.carter, IEEE Trans .ASSP-24 pp.320-327 1976.
- [2] 鈴木, 金田, 信学技報, EA2008-113, pp.71-76, 2008-12.

Table1 実験条件

基本周波数	24000[Hz]	音源	男性 1 名
マイク間距離	0.3[m]	音声	駅名 16 単語
残響時間	350[ms]	音源距離 r	1[m]
周波数バンド	17	音源方向 θ	-60,-30,0,30,60 [deg.]

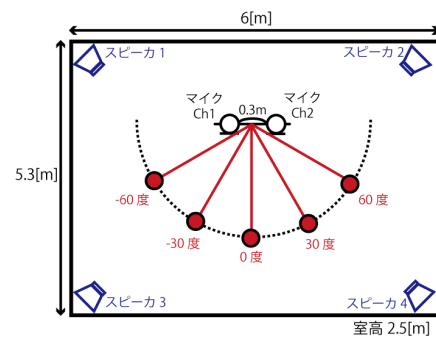


Fig.3 実験配置図

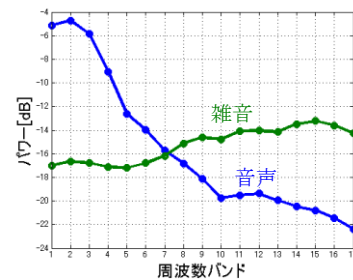


Fig.4 音声とノイズのバンド毎のパワー

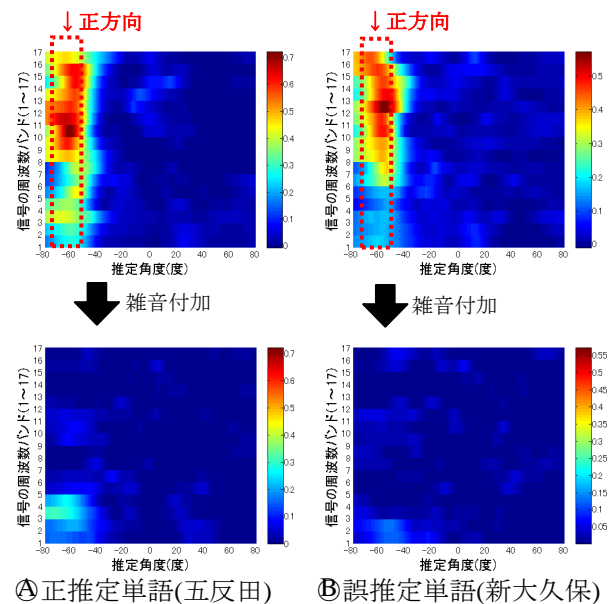


Fig.5 各周波数バンドの相関値

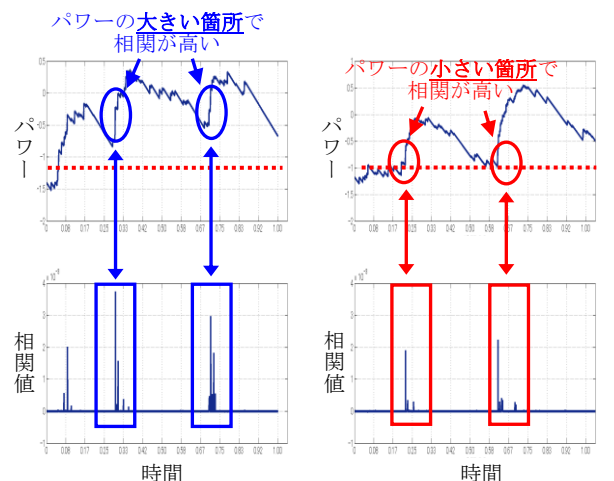


Fig.6 サブバンド信号パワーと相関値の関係