

帯域抑圧処理を用いた後方音像制御におけるスピーカ配置の影響*

☆江間睦暉（千葉工大院・工学研），△長谷川優，△藤田涼佑（千葉工大・工），長谷川知美，大出訓史，小野一穂（NHK 技研），飯田一博（千葉工大・工/NHK 技研）

1 はじめに

近年，音響システムの多チャンネル化が進み，テレビ放送においても 2018 年放送開始予定の 8K スーパーハイビジョン放送で前後左右上下方向に 24 個のスピーカを用いた 22.2 ch 方式[1]が採用される。しかし，一般の家庭への普及を考えると，より少ないスピーカでの再生が望まれ，特に後方スピーカが不要になることのメリットは大きい。

長谷川他[2]は，後方の頭部伝達関数の N1N2[3]を再現すること，および前方と上方の方向決定帯域[4]を抑圧することに着目し，側方($\pm 90^\circ$)スピーカ配置において，ホワイトノイズに 1/3 oct. band を最大 10 バンドまで連続した帯域抑圧フィルタをかけた刺激を提示する主観評価実験を行った。その結果，10 人の被験者に共通して，5 kHz から 8 kHz の 3 つの 1/3 oct. band を連続して抑圧することで，後方知覚の割合が 69%となることを示した。さらに，被験者ごとに最適な帯域抑圧フィルタを用いれば後方知覚の割合は 95%になることを示した。しかし，側方ではなく前方のスピーカで後方の音像を再現できれば，一般家庭への配置がより容易になると考えられる。

そこで本研究では，水平面 $\pm 90^\circ$ に加えて $\pm 30^\circ$ ， $\pm 60^\circ$ からも帯域抑圧処理を施した刺激を提示し，スピーカ配置が後方音像制御に及ぼす影響を検証した。

2 実験方法

1/3oct の中心周波数 1.6 kHz から 12.5 kHz までの様々なバンド幅で抑圧した広帯域白色雑音を水平面 $\pm 30^\circ$ ， $\pm 60^\circ$ ， $\pm 90^\circ$ に設置したスピーカから提示し，知覚した方向を回答させる主観評価実験を行った。

2.1 音源と帯域抑圧フィルタ

音源は 200 Hz-17 kHz の広帯域白色雑音である。帯域抑圧フィルタは，1.6 kHz-12.5 kHz の 1/3 oct. band を 1~10 バンドまで連続して抑圧した 55 種類である。帯域抑圧フィルタの抑圧量は 96 dB とした。フィルタ処理なしを含めて 56 種類の刺激を作成した。刺激の時間長は 1.2 秒とし，定常状態を 1 秒，ハミング窓を使用してフェードイン，フェードアウトを 0.1 秒ずつ設けた。

2.2 実験条件

実験は消灯した無響室内で行った。実験システムは，スピーカ，パワーアンプ，イコライザー，オーディオインターフェイスで構成した。スピーカ配置は図 1 に示すように，水平面内の方位角 $\pm 30^\circ$ ， $\pm 60^\circ$ ， $\pm 90^\circ$ に設置したスピーカから同相で刺激を提示し，スピーカから頭部中心位置までの距離は 1.2 m とした。提示音圧レベルは，頭部中心位置で 60 dB (A 特性)である。なお，中心周波数が 200 Hz-16 kHz の 1/3 oct. band レベルが ± 1 dB になるようスピーカをイコライジングした。被験者には，音像の上昇角をマッピング法で回答させた。回答時間は 6 秒とした。1 試行で全 56 刺激を 1 回ずつランダムに提示し，これをスピーカ配置ごとに 10 試行ずつ行った。被験者は 20 代学生 6 名である。

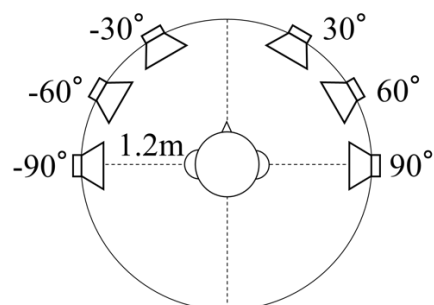


図 1. スピーカ配置

* The effects of loudspeakers arrangement on control of a sound image to the rearward direction using band-stop filters, by EMA Mutsuki, HASEGAWA Yu, FUJITA Ryosuke (Chiba Institute of Technology), HASEGAWA Tomomi, OODE Satoshi, ONO Kazuho (NHK STRL), and IIDA Kazuhiro (Chiba Institute of Technology/NHK STRL).

3 実験結果

3.1 全被験者の結果

回答した上昇角 θ が、 $-45^\circ \leq \theta < 45^\circ$ を前方、 $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ を上方、 $135^\circ < \theta \leq 225^\circ$ を後方として分析した。

全被験者の後方知覚率を抑圧バンド数ごとに図2に示す。パラメータはスピーカ配置である。

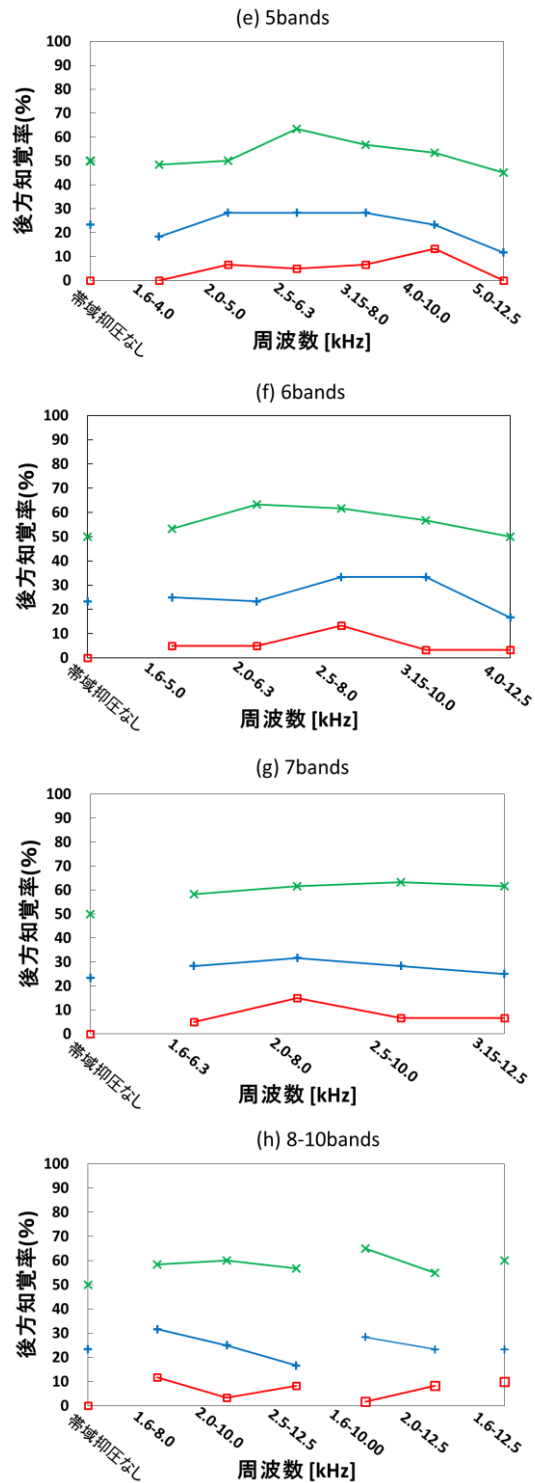
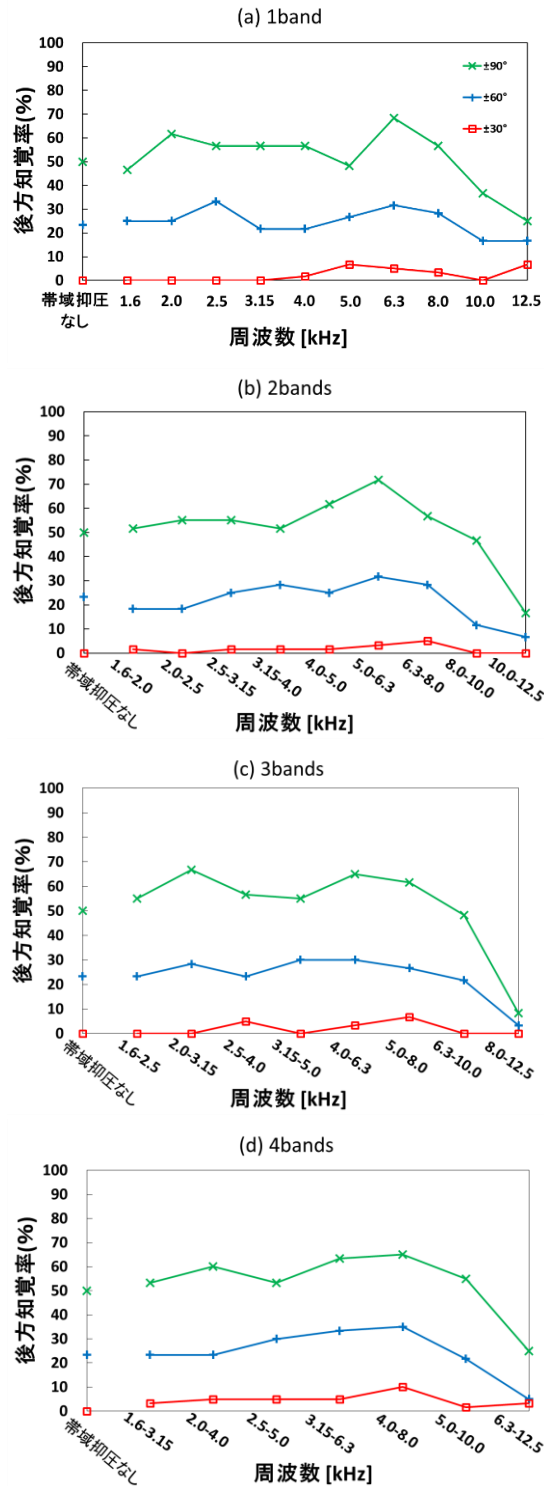


図2 抑圧帯域数ごとの全被験者の後方知覚率 (赤:±30°配置, 青:±60°配置, 緑:±90°配置)

まず、帯域抑圧なしの場合の後方知覚率は、スピーカ配置が±90°では50%、±60°配置では23%、±30°配置では0%となり、スピーカ配置が側方から前方になるにつれて低くなった。

帯域抑圧を施すと後方知覚率が増加する場合があります、特に5.0および6.3 kHzを含む帯域を抑圧した場合に後方知覚率は増加する傾向

にある。また、スピーカ配置については側方から前方になるにつれて、帯域抑圧処理による後方知覚率の増加量は小さくなり、 $\pm 30^\circ$ 配置では帯域抑圧の効果はほとんどみられない。例えば、(b)2bandsの5.0-6.3 kHzについては、 $\pm 90^\circ$ 配置では後方知覚率の増加量は22%であったが、 $\pm 60^\circ$ 配置では9%、 $\pm 30^\circ$ 配置では3%であった。

後方知覚率が高くなった抑圧帯域を図3に示す。後方知覚率の最大値は、スピーカ配置 $\pm 90^\circ$ では72%(増加量22%)、 $\pm 60^\circ$ では35%(増加量12%)、 $\pm 30^\circ$ では15%(増加量15%)であった。また、スピーカ配置に共通して5 kHzと6.3 kHzを抑圧した場合の後方知覚率が高かった。これは長谷川他[1]の結果と同様の傾向である。



図3. 各スピーカ配置において後方に知覚した割合が高い抑圧帯域

3.2 各被験者の結果

各スピーカ配置で、後方知覚率が最大になった帯域抑圧および帯域抑圧なしの場合の被験者毎の後方知覚率を図4に示す。

$\pm 90^\circ$ 配置(a)では帯域抑圧なしの場合の後

方知覚率は0%から100%と個人差が大きい。そのうち3名の被験者については、帯域抑圧処理による後方知覚率の増加量は10%から80%であった。 $\pm 60^\circ$ 配置(b)では、帯域抑圧なしの場合の後方知覚率は0%から90%であり、後方知覚率が0%の被験者が3名いた。そのうち4名の被験者については、帯域抑圧処理による後方知覚率の増加量は10%から40%であった。 $\pm 30^\circ$ 配置(c)では、帯域抑圧なしの場合の後方知覚率は全被験者で0%であった。帯域抑圧処理により後方知覚率が増加した被験者は2名であった(20%と70%)。

以上より、帯域抑圧なしの場合の後方知覚率は、スピーカ配置の影響を受けるとともに個人差も大きいと言える。また、帯域抑圧の効果についても個人差がある。

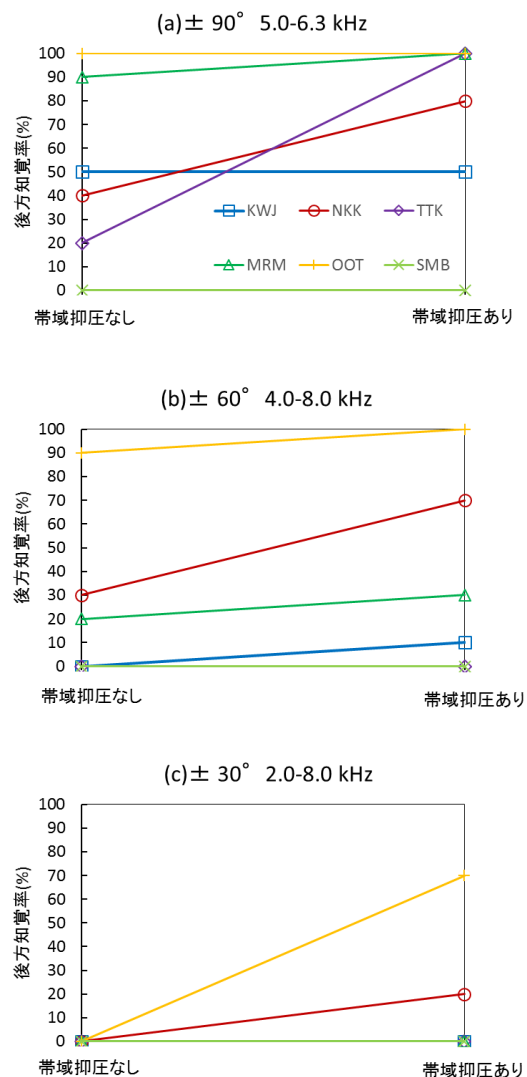


図4 各スピーカ配置において全被験者平均の後方知覚率が最も高い帯域抑圧による被験者毎の後方知覚率。

4 おわりに

水平面 $\pm 30^\circ$, $\pm 60^\circ$, $\pm 90^\circ$ から帯域抑圧処理を施した刺激を提示し, スピーカ配置が後方音像制御に及ぼす影響を検証した。

スピーカ配置が側方から前方へなるにつれ後方に知覚する割合が低くなる結果となった。各スピーカ配置における全被験者平均の後方知覚率の最大値は, $\pm 90^\circ$ では 72%, $\pm 60^\circ$ では 35%, $\pm 30^\circ$ では 15%であった。スピーカ配置に共通して 5 kHz と 6.3 kHz を抑圧した場合の後方知覚率が高くなった。

今後スピーカ配置 $\pm 30^\circ$, $\pm 60^\circ$ で後方知覚率が低下した理由を分析し, その対策を検討する必要がある。

参考文献

- [1] Rec. ITU-R BS.2051, 2014.
- [2] 長谷川他, 音講論 (秋), pp.397-400, 2016.
- [3] K.Iida et al, Applied Acoustics, 68, pp.835-850, 2007.
- [4] Blauert, Acustica, 22, pp.205-213, 1969/1970