

# 音の可視化を利用した バスレフ型スピーカの周波数特性の検討\*

◎高澤誠 醍醐徹 金田豊 (東京電機大・工)

## 1 はじめに

音の可視化技術は音響現象の物理的理解や音場制御結果の評価など、さまざまな目的で利用されてきた[1,2]。本研究では、バスレフ型スピーカ周辺の音場を可視化することでその動作を確認することができたので以下に報告する。

## 2 バスレフ型スピーカ

### 2.1 Bose 101MM の周波数特性

バスレフ型スピーカとは、図1に示すように、スピーカユニットの他にユニットの背面の振動を利用して低域を強調するためのポート（穴）が付いたスピーカである。このバスレフ型スピーカは低域の特性が改善される反面、周波数特性の一部が劣化することが知られている。

図2の黒実線は図1のバスレフ型スピーカ(Bose 101MM)の周波数特性の測定結果であ

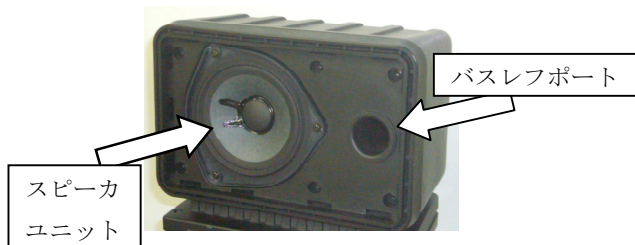


図1 バスレフ型スピーカ(Bose 101MM)

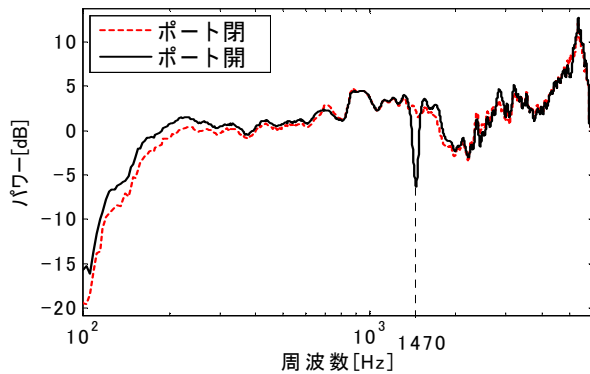


図2 ポートを開けた状態と閉じた状態の  
スピーカの周波数特性

る。図より、このバスレフ型スピーカには1470 Hz 付近に深いディップを持つ。しかし、ポートを粘土でふさいで測定を行うと、同図に赤破線で示したようにディップがなくなっていることがわかる。これより、このディップはバスレフポートの影響であることが考えられた。

### 2.2 ディップの原因検討

このスピーカはポートの内部に長さ約 10 cm の円筒状の筒(ダクト)が設けられている。この 10 cm という長さは 1470 Hz の波の半波長より少し短いぐらいであり、開口端補正を考慮すれば 1470 Hz 付近の成分がこの管で共鳴して強調されていることが考えられる。一方、スピーカユニットの中心とバスレフポートの中心の距離は約 11 cm で、ユニットから出た音がバスレフポートの前で位相がほぼ反転する。その結果、ユニットから到達した逆位相の音が、ダクトに入力されて共振し、ポートから再放射されることで、正負二重音源となり、ユニットとポートを結ぶ線の垂直二等分面で、1470 Hz 付近の音が低下する、と考えられる。次に、この仮定を確かめるために、音場の可視化を行った。

## 3 スピーカ周辺の音場の可視化

### 3.1 音場の可視化の方法

対象とする可視化範囲全体にマイクロホンを配置することができれば、各時刻における各地点の音圧を得ることができ、可視化が可能となる。しかし、範囲が広い場合にはマイクロホンの数が膨大となる。そこで本研究では、装置の制約数である 15 個の無指向性マイクロホンを直線上等間隔 (3.5 cm) に配置してアレーを作成した。そして図3に示すように、それを 6 cm 刻みで手動により移動させながら、スピーカから各マイクロホンまでのインパルス応答を測定した。測定は同期をとって行ったので、可視化音場範

\* A study of frequency characteristics of a bassreflex loudspeaker using visualization of sound, by Makoto TAKAZAWA, Toru DAIGO, and Yutaka KANEDA (Tokyo Denki University).

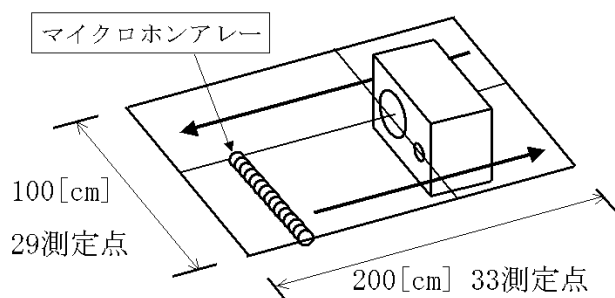


図3 可視化のための測定配置図

囲内の 941 地点(スピーカと重なる部分は除いた)における同期のとれたインパルス応答を得ることができた。

このインパルス応答と任意の入力信号をたたみ込むことで、任意の入力に対する各時刻の二次元平面上の音圧を得ることができる。ただし、音圧平面図をなめらかにするために、各時刻の測定点の音圧を 4 倍の二次元スプライン補間を行った後、カラー画像表示を行った。なお、マイクロホンは SONY ECM-C115 を用い、測定は無響室で行った。

### 3.2 測定結果

2.2 項で述べた仮説を検証するために 1470 Hz 付近のふるまいに注目し、求めたインパルス応答に 1470 Hz の正弦波をたたみ込んだ。可視化結果の一部を図 4 に示す。図 4 の中の四角枠はスピーカを表していて左を向いている。ユニットから正音圧(赤)、バスレフから負音圧(青)が放射されており、正面方向で音の干渉により音が弱く(白く)なっている。この結果が図 2 の周波数特性でディップとして表れたと考えられる。一方、図 5 はポートをふさいだ場合の測定結果である。音の干渉もなくディップが発生しないことが理解できる。

次にポート放射音の成長を見るために、中心周波数 1470 Hz の帯域通過フィルタを通したインパルス応答を可視化した。結果を図 6(a)~(f)に示す。図(a)~(c)で示す音の立ち上がりではスピーカユニットのみから音が発生していることがわかる。また、図(b)(c)よりユニットから出る音と、ポート前の音圧は正負(赤青)逆となっていることがわかる。図(d)~(f)からポートダクトの共振の結果、次第にポート放射音圧が大きくなり、最終的に正負二重音圧のような動作(図(f))となっていることがわかる。

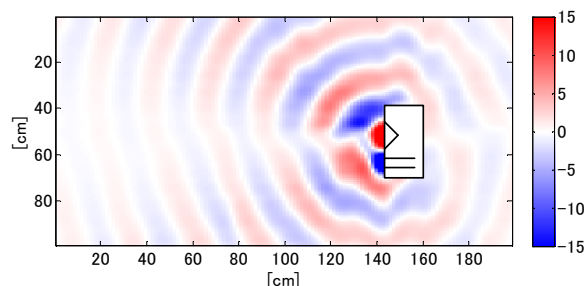


図4 1470 Hz 正弦波発生時の音圧分布(ポート開)

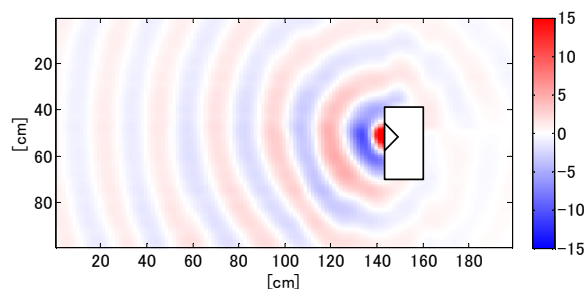


図5 1470 Hz 正弦波発生時の音圧分布(ポート閉)

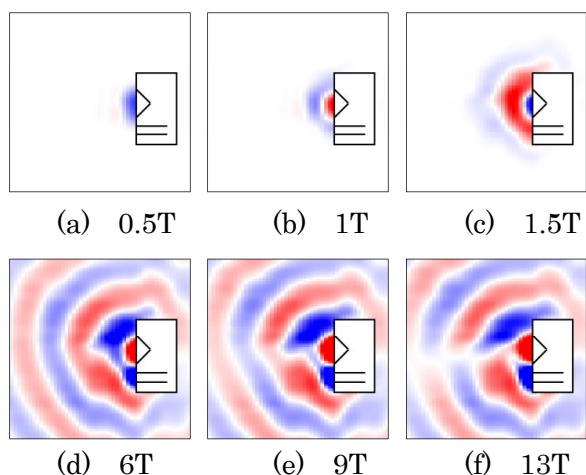


図6 ポート放射音の成長過程  
( $T=1/1470=0.68$  [ms])

## 4 まとめ

可視化を用いてスピーカ周りの音波の動きを観察することにより、特定の周波数でバスレフポートが音源として働き、逆位相の 2 音源による音の干渉が起こる様子を確認できた。

### 参考文献

- [1] 森勢将雅、河原英紀、音響学会春季講演論文、3-P-19、pp.633-634、2004.
- [2] 小特集-音を絵にする:アコースティック・イメージング小特集-、音響学会誌 VOL.56 No.7、497-527、2000.