

## スピーカアレイによる反射の低減\*

○森川大輔, 栗田隼平, 平原達也 (富山県立大)

## 1 はじめに

スピーカアレイは音響計測や立体音の再生、音場の制御等、幅広い用途で利用されている。スピーカアレイを用いる場合、各スピーカの配置によってはスピーカ自身が別のスピーカから出力した音の反射物になる。スピーカを測定点・受聴点を囲むように配置したスピーカアレイは、反射が生じやすいため特に注意が必要である。頭部伝達関数の計測など、スピーカに囲まれた測定点に反射物が配置される場合には、反射波成分が直接音より大きくなることもある<sup>1)</sup>。これは、ラウドスピーカのエンクロージャに直方形がよく用いられ、振動板のある平面が広がっているからと考えられる。

そこで本報告では、スピーカアレイ自身の反射を低減するために、球形エンクロージャのラウドスピーカを用いてスピーカアレイを構築し、インパルス応答を計測した結果について述べる。

## 2 実験方法

## 2.1 実験システム

構築したスピーカアレイは、高さ 1.1 m の中心点から半径 1 m の水平面円周上に 30 度間隔で 12 個、半径 1 m の正中面円周上の上半面に 30 度間隔で 5 個の球形エンクロージャの密閉型ラウドスピーカ (Anthony Gallo, Micro satellite) を配置している (Fig.1)。

計測音は、D/A 変換器 (RME, Fireface UFX) から信号を出力し、パワーアンプ (ONKYO, CR-N755) でラウドスピーカを駆動し、再生した。収録は、マイクロホン (Sony, ECM-77B) をダミーヘッド左耳の外耳道入口位置を閉塞して取り付け、マイクアンプ (RME, QUADMIC) を通して、A/D 変換器に入力して行った。ダミーヘッドはマイクロホンの高さ 1.1 m、頭部中心位置をスピーカアレイの中心点として設置した。なお、ラウドスピーカは、

ダミーヘッドの正面を  $0^\circ$  として、水平面を時計回りに  $90^\circ$  の位置 (真右) に配置したものである。実験システムを Fig. 2 に示す。



Fig. 1 球形ラウドスピーカのアレイ

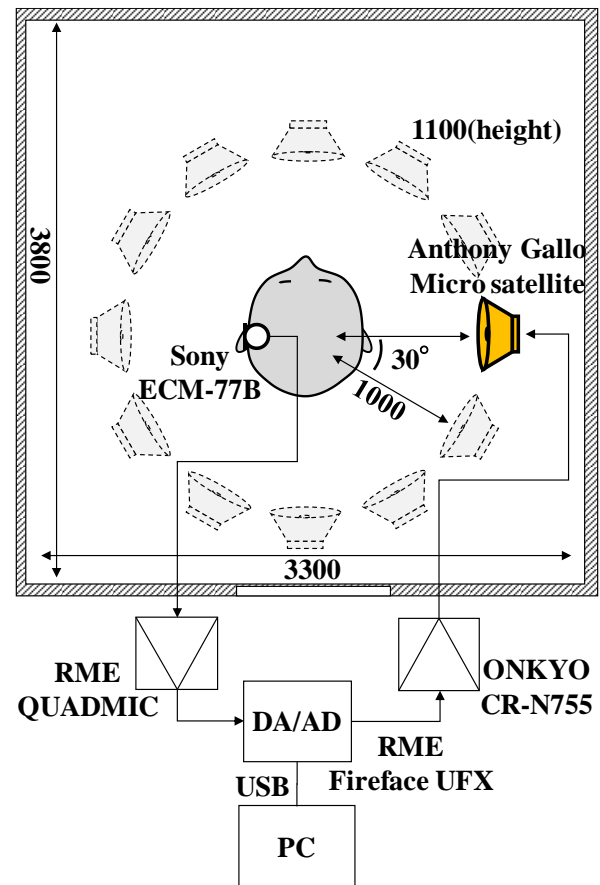


Fig. 2 実験システム

\* Reduction of reflections from loudspeakers, by MORIKAWA, Daisuke, AWATA, Shunpei, and HIRAHARA, Tatsuya (Toyama Prefectural University).

インパルス応答の計測は 65536 点の Log-TSP 信号を用いて行った<sup>[2]</sup>。音圧レベルは、Log-TSP 信号と同振幅の 1 kHz の正弦波が 65 dB になるよう調節した。TSP 信号と D/A 変換器のサンプリング周波数は 48 kHz である。

### 3 結果

計測結果を Fig. 3 に示す。振幅は直接音の最大値で正規化を行っている。5 ms 付近に直接音の 1/3 程度の反射波成分が見られた。90° のラウドスピーカからマイクロホンまでの経路と、90° のラウドスピーカから 240°、300° のラウドスピーカまでと、それぞれのラウドスピーカからマイクロホンまでとを加えた経路、の経路差を音が伝達する時間はおおよそ 5 ms である。

エンクロージャが直方形であるラウドスピーカ (Vifa, MG10SD-09-08) を用いたスピーカアレイで、収録耳と対側のラウドスピーカのインパルス応答を計測した結果を Fig. 4 に示す<sup>[3]</sup>。また、このスピーカアレイを Fig. 5 に示す。直方形ラウドスピーカのインパルス応答は、球形ラウドスピーカと同じ 5 ms 付近に反射波成分が見られ、その振幅は直接音の 2 倍程度であった。

直方形ラウドスピーカの反射波成分が大きくなったのは、振動板のある平面が広く、反射面になったためである。一方、球形ラウドスピーカでは、振動板のある平面にほぼエンクロージャがなく、反射板が小さいため、反射波成分が小さくなった。つまり、球形ラウドスピーカを用いてスピーカアレイを構築することで、反射波成分を低減できた。ただし、本実験に用いた球形ラウドスピーカのユニットは 3 インチ、直方形ラウドスピーカのユニットは 4 インチであり、ユニットの大きさによる影響も含まれている可能性がある。

### 4 結論

スピーカアレイを球形のラウドスピーカで構築し、インパルス応答を計測した。その結果、再生するラウドスピーカ以外のラウドスピーカからの反射は、直方形のラウドスピーカを用いたスピーカアレイに比べ低減された。

### 謝辞

本研究の一部は科研費 (17K00244, 16H01736) の助成を受けた。

### 参考文献

- [1] 森川, 平原, “スピーカアレイの反射が音響計測に与える影響,” 音講論 (秋), 691-692, 2017.
- [2] 金田, “解説: インパルス応答測定信号と測定誤差,” 日本音響学会誌, 69(10), 549-554, 2013.

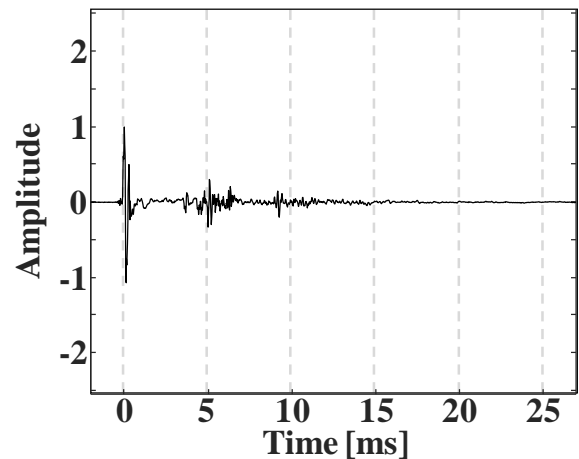


Fig. 3 球形ラウドスピーカのインパルス応答

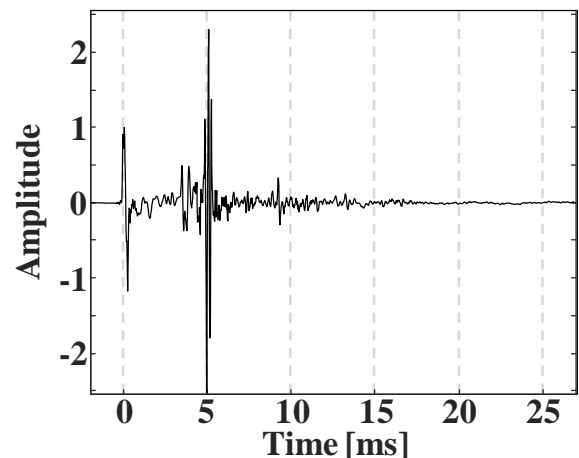


Fig. 4 直方形ラウドスピーカのインパルス応答



Fig. 5 直法形スピーカアレイ