

# 個人用音場再生システム用収録システムの音響インテンシティによる性能評価

○羽生史, 木村敏幸 (東北学院大学)

## 1. はじめに

木村研究室では、遠隔操作への応用を目的とした立体音場の再生技術として 8 個の超指向性マイクロホンを使用した個人用音場再生技術[1]を提案している。個人用音場再生システムは Fig. 1 に示すように、立方体の頂点の位置に配置した 8 個の超指向性マイクロホンで収録した音を、聴取者の頭部の周りに指向性マイクロホンと同じ形で配置した 8 個のスピーカで直接再生することで、制御領域内の三次元音場を聴取領域内に再現する技術である。

これまで構築したマイクロホンアレイによる収録性能を音響インテンシティによって検討してきたが[2], 音響インテンシティの算出の際にインパルス応答における部屋の反射波成分を除去していなかったため、算出した音響インテンシティに誤差が見られた。そこで、本研究ではインパルス応答における部屋の反射波成分を除去したうえで音響インテンシティによる性能評価を再度実施する。

## 2. 音響インテンシティによる評価

### 2.1. インパルス応答の測定

Fig. 2 に示すように 3 ヲ所にスピーカ(オーム電機 ASP-204-N-K)を配置し、スピーカから各マイクロホン(AZDEN SGM-1000)までのインパルス応答を測定した。測定は研究室で行い、暗騒音は 64.8 dB(A 特性), 音源から 1 m 地点での音圧レベルは 80.1 dB(A 特性)であった。

部屋の反射波成分を除去するため、音源の音が

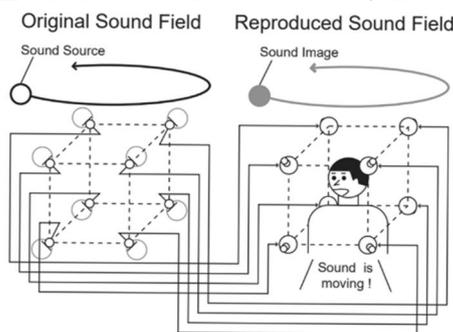


Fig. 1 個人用音場再生システムの構成

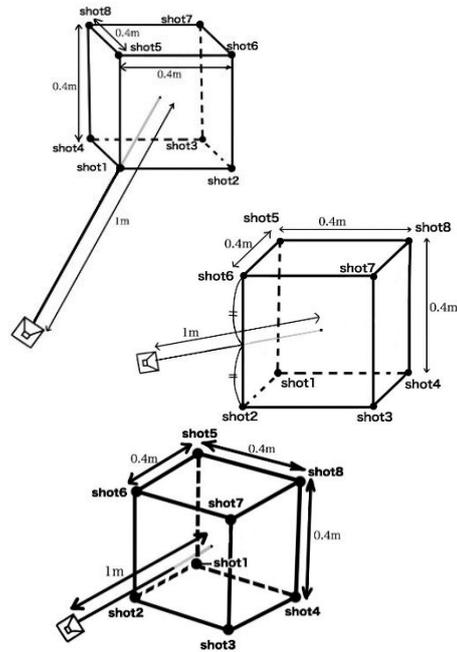


Fig. 2 スピーカ及びマイクロホンの配置 (上：頂点先, 中：辺先, 下：面先)

一番早く到達するチャンネルにおけるインパルス応答の時間波形の振幅値が一番高い時間を検出し、検出した時間より 2.416 ms (=116/48)以降の振幅を全てのチャンネルにおいて 0 に設定した。

### 2.2. 音響インテンシティの算出

再現音場側の聴取者の頭部中心における音源の到来方向を評価するため測定した音源からインパルス応答をもとに音響インテンシティを算出した。算出方法は先行研究[2]に従った。音響インテンシティの算出に使用したパラメータ条件を Table 1 に示す。

### 2.3. 算出結果

算出した音響インテンシティを Figs. 3-5 に示

Table 1 音響インテンシティの算出におけるパラメータ

中心周波数( $f_{cent}$ )	250 Hz
音源の最低周波数( $f_{low}$ )	$f_{cent} \div \sqrt{2}$
音源の最高周波数( $f_{high}$ )	$f_{cent} \times \sqrt{2}$
音速( $c$ )	340 m/s

す。灰色の線が理論値、黒い線が算出した音響インテンシティのベクトルを表す。ただし、ベクトルの長さは1に正規化しており、頂点先、辺先、面先の理論値はそれぞれ

$$(x, y, z) = \left( \frac{1}{\sqrt{3}}, \frac{1}{\sqrt{3}}, \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \quad (1)$$

$$(x, y, z) = \left( -\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}}, 0 \right) \quad (2)$$

$$(x, y, z) = (-1, 0, 0) \quad (3)$$

である。

理論値のベクトルと算出したベクトルの角度誤差を Table 2 に示す。角度誤差は以下の式によって算出した。

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{\mathbf{r} \cdot \mathbf{r}_0}{|\mathbf{r}| |\mathbf{r}_0|} \right) \quad (4)$$

ただし、 $\mathbf{r}$  及び  $\mathbf{r}_0$  は算出した音響インテンシティ及び理論値のベクトルを表す。インパルス応答の反射波成分の除去により角度誤差が小さくなっていることが分かる。さらに、全ての場合におい

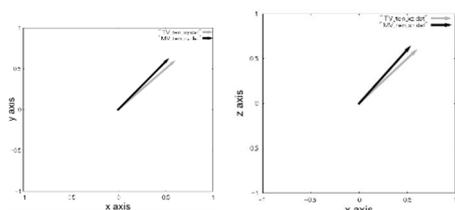


Fig.3 頂点先における音響インテンシティ (左: X-Y 図, 右: X-Z 図)

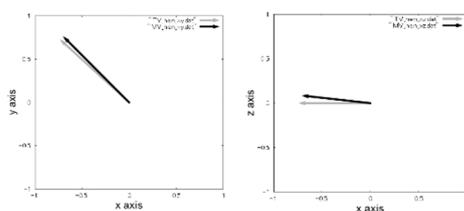


Fig.4 辺先における音響インテンシティ (左: X-Y 図, 右: X-Z 図)

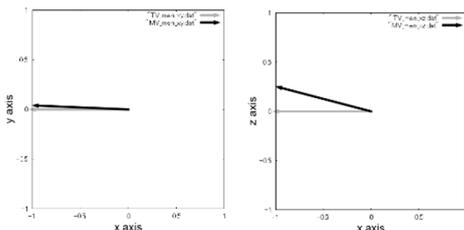


Fig.5 面先における音響インテンシティ (左: X-Y 図, 右: X-Z 図)

Table 2 理論値と計算値の角度誤差

	除去前	除去後
頂点先	15.923°	6.979°
辺先	19.616°	2.785°
面先	24.277°	10.960°

て誤差の値が熟練者の水平方向の腹話術効果の弁別角度(11°) [3]よりも小さいため、映像と音を同時に提示すれば音像を正しい方向に定位させることができると期待される。

### 3. まとめ

本研究では個人用音場再生システムのための収録システムとして構築したマイクロホンアレイの収録性能を評価するために、音源からショットガンマイクロホンまでのインパルス応答を測定し、反射波を除去したうえで収録したインパルス応答を基に聴取者の頭部中心における音響インテンシティを算出した。その結果、映像と音を同時に提示すれば構築した収録システムの定位性能が保持されると分かった。

今後は、観測点を増やして、音響インテンシティの算出による本システムの収録性能を検証していく必要がある。

### 参考文献

- [1] 木村敏幸, "8個の超指向性マイクロホンを用いた波面合成技術のコンセプトに基づいた個人用コンパクト三次元音場再生システム," 信学論(A), Vol. J97-A, No. 4, pp. 284-294 (2014).
- [2] 羽生史, 木村敏幸, "個人用音場再生システム用収録システムの構築及び性能の検証," 第2回東北地区音響学研究会発表資料, No. 2-16, pp. 1-4 (2019).
- [3] S. Komiyama, "Subjective Evaluation of Angular Displacement between Picture and Sound Directions for HDTV Sound Systems," J. Audio Eng. Soc., Vol. 37, No. 4, pp. 210-214 (1989).

#### 【連絡先】

氏名: 木村敏幸

所属: 東北学院大学工学部

所属地: 宮城県多賀城市中央 1-13-1

TEL: 022-368-7249, FAX: 022-368-7070

E-mail: t-kimura@m.ieice.org