

平面スピーカによる立体音響再生*

野口学 及川靖広 山崎芳男 (早大理工)

1, まえがき

立体音響再生は原音場の忠実な再生を目的としている。我々は2チャンネルの再生手法を拡張して、球面波を発する点音源を多数配置し、原音場の波面を合成する手法を提案している。¹⁾ 点音源を用いる方法は、その数が多く間隔が小さいほど原音場を忠実に再現できる。

本報告では、数を減らした平面スピーカによる立体音響再生を検討した。

2, 理論

面音源からの音の放射による音場を求めるには、その面を波長よりはるかに小さい微小音源の集合と考え、各微小音源によって生じる速度ポテンシャルの合成を求めればよい。

図-1のように方形振動面の各辺の長さ2aおよび2b、面の中心Oから空間内の任意の一点Pまでの距離をr、OとPを結ぶ線とOを通り2a辺に平行な直線とのなす角を α 、2b辺に平行な直線とのなす角を β とすれば、点Pの速度ポテンシャルは、次のようになる。

$$\dot{\phi} = \frac{\dot{V}_0}{2\pi r} e^{-ikr} 4ab \left| \frac{\sin(ka \cos \alpha)}{ka \cos \alpha} \cdot \frac{\sin(kb \cos \beta)}{kb \cos \beta} \right| \quad (1)$$

正面軸(z軸)上では $\alpha = \beta = 0$ で $\left| \frac{\sin x}{x} \right|$ 内は1になるから、軸上の速度ポテンシャル ϕ_0 は

$$\phi_0 = \frac{\dot{V}_0}{2\pi r} e^{-ikr} 4ab \quad (2)$$

これを用いれば、式(1)は次のように表される。

$$\phi = \phi_0 \left| \frac{\sin(ka \cos \alpha)}{ka \cos \alpha} \cdot \frac{\sin(kb \cos \beta)}{kb \cos \beta} \right| \quad (3)$$

一方、図-2のようなnチャンネルのスピーカを用いた音場再現空間を考える。点音源の強さを $A_0 e^{-i\omega t}$ とすると、n個のスピーカ S_n による点Bの速度ポテンシャルは

$$\dot{\phi}(B) \approx \left[\sum_{j=1}^{n-1} \frac{R}{r_{j0} r_{j0}} \right] \frac{A}{R} e^{ikR - i\omega t} \quad (4)$$

と近似することができる。nチャンネルスピーカは、スピーカ間の距離dを小さくした上でたくさんの音源を用いれば、図-3のように水平面における平面スピーカとみなすことができる。

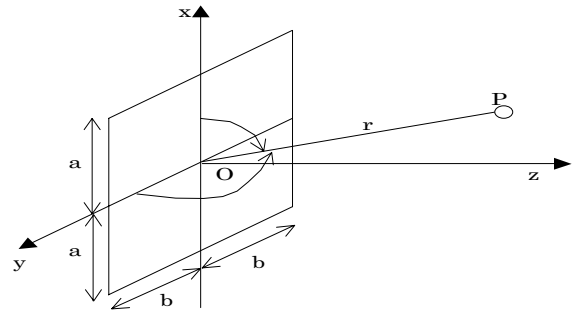


図-1 方形平面音源

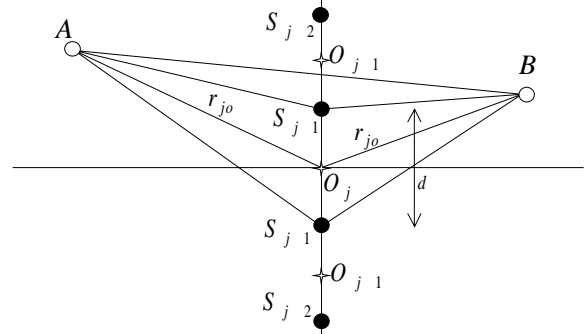


図-2 nチャンネルスピーカによる再現空間

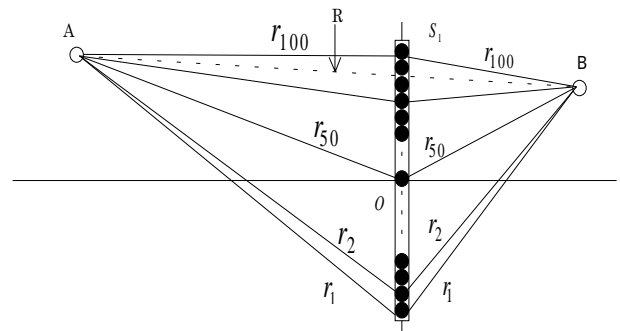


図-3 平面スピーカへの拡張

r_{j0} r_{j0} は図-2に示す通り本来は点音源間を結ぶ距離であるが、図-3の例では微小音源100個が集中している場合を考えており、ここでは直接点音源に達する距離として近似できる。100個の微小音源を独自に制御すればスピーカアレイとなって非常に良好な音場再現が期待できる。しかしここではあくまで平面スピーカを仮定しているので、微小音源100個を同じく制御する場合のみを考える。すなわち本来

$$\dot{\phi}(B) = \left(\frac{1}{r_1 r_1} + \frac{1}{r_2 r_2} + \dots + \frac{1}{r_{100} r_{100}} \right) A e^{ikR - i\omega t} \quad (5)$$

として考えるところを、平面スピーカの中心の微小音源を用いて

*Stereophonic sound reproduction using the flat panel speaker.

By Manabu Noguchi, Yasuhiro Oikawa and Yoshio Yamasaki (Waseda University).

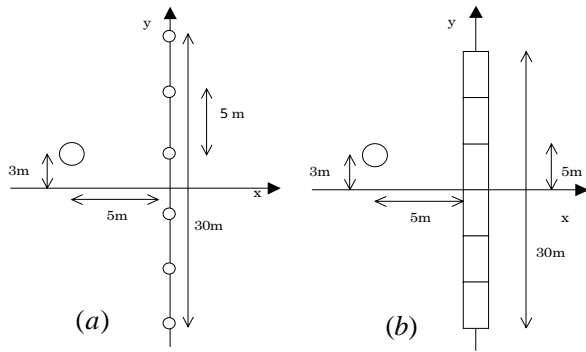


図 - 4 スピーカ及び仮想音源の配置

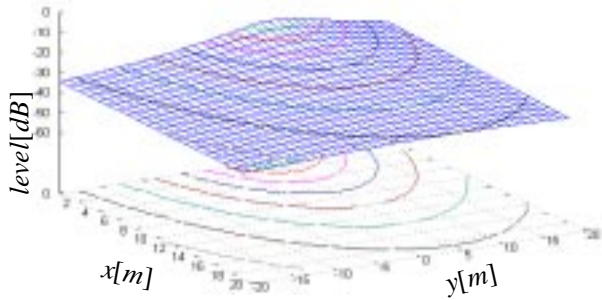


図 - 5 原音場の音圧分布

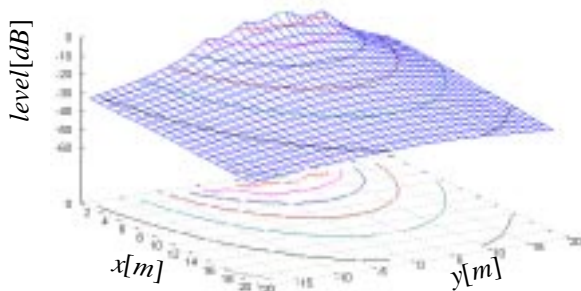


図 - 6 点音源による音圧分布

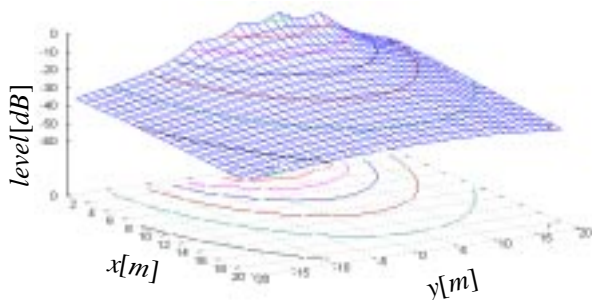


図 - 7 平面音源による音圧分布

$$\dot{\phi}(B) = \left(\frac{100}{r_{50} r_{50}} \right) A e^{ikR - i\omega t} \quad (6)$$

とする。この速度ポテンシャルを用いて以下において平面スピーカの制御を行う。

3, 平面スピーカを用いた場合と点音源を用いた場合のシミュレーション

y 軸上に 6 個の点音源を 5 m 間隔で配置した様子を図 - 4 (a) に, y 軸上に平面音源 6 個を 5 m 間隔で配置した様子を図 - 4 (b) に示す。再現に

試みた仮想音源は $x = -5, y = 3$ の位置に設定した。平面スピーカの大きさは 5 m とし, すべて y 軸に平行になるように設置した。

図 - 5 に原音場の音圧分布, 図 - 6 に(4)式を用いた点音源の音圧分布, 図 - 7 に(6)式を用いた平面スピーカによる音圧分布を示す。また図 - 8, 9, 10 にそれぞれの振幅一定面を示す。

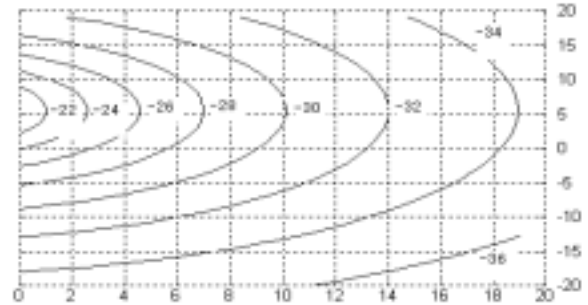


図 - 8 原音場の振幅一定面

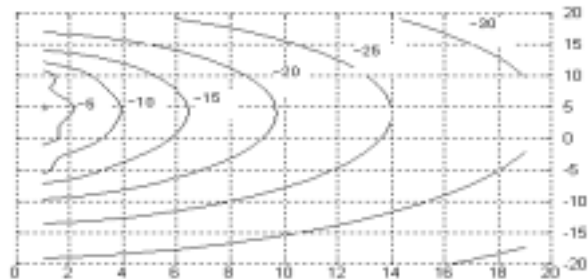


図 - 9 点音源による振幅一定面

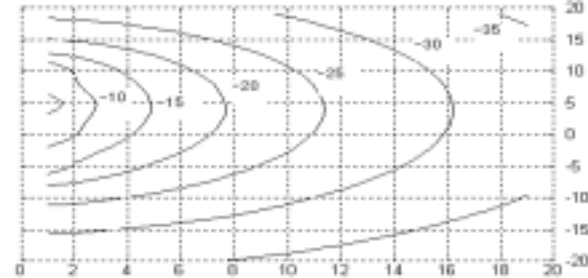


図 - 10 平面音源による振幅一定面

4, むすび

本報告では平面スピーカを用いた波面合成による立体音響再生を考察した。結果から, 平面スピーカを用いた再生手法は, 特に音源から離れるほど点音源を用いた手法よりも原音場に近づいていることがわかる。今回は特に指向性や聴感などを考慮していないので, これらを加味すると一層効果的な立体音響再生が実現できると思われる。

文献

- 1) 及川靖広, 馬場貞如, 山崎芳男, "人間の聴感を考慮した波面合成法による音場制御と音場再現," 日本パーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 5, No. 3, 2000
- 2) 伊藤 毅, 音響工学原論(上, 下)(コロナ社, 1955)
- 3) 西巻正郎, 電気音響振動学(コロナ社, 1957)