

円板の回折係数と反射特性について*

○醍醐 徹, 金田 豊(東京電機大・工), 杉山 精(東京工芸大・工)

1 はじめに

音源方向探査を行う際、マイクロホンを取り付けた物体の形状により音が回折し、受信信号の特性が変化する。この回折現象は音の入射方向に依存するので、音源方向検出に利用できることが予想される。本報告では、その第一歩として、単純な形状である円板にマイクロホンを取り付け、その回折係数の理論値と実験値の対応を検討した。

2 円板の回折係数

2.1 回折係数の理論式

厚さを0とした円板の回折係数は扁平回転楕円体の回折係数[1]の極限の形である。その焦点距離と円板の直径は中心で等しくなるので、観測点を円板の中心とした時、 θ 方向からの平面波入射による円板の回折係数 D は

$$D = 2 \sum_{n=0}^{\infty} i^{n-1} \frac{S_{0n}(-ic, 1) S_{0n}(-ic, \cos \theta)}{c N_{0n} R_{0n}^{(4)}(-ic, i0)} \quad (1)$$

と求められる。ただし、 i : 虚数単位, N_{0n} : 正規化因子 (定数), $c = kd_0/2$, d_0 : 円板の直径, k : 波数 ($k = \omega/c_s$, c_s : 音速), $S_{0n}(-ic, \cos \theta)$: Anger関数, $R_{0n}^{(4)}(-ic, i0)$: 第4種radial関数である。

2.2 回折係数の実測

回折係数 (円板の有無による音圧比) の測定は無響室において、直径 34 cm 厚さ 1.5 cm のダンボール製の円板を用いて行った。測定写真を Fig. 1 に、測定条件を Fig.2 に示す。マイクロホンは無指向性マイクロホン Sony 社製 ECM-T145 を円板の中央に上向きに取り付けた。そして、円板を回転させることで Fig. 2 に示したスピーカからの入射角度 θ を、 0° から 30° 刻みに 180° まで変化させインパルス応答を測定した。

測定したインパルス応答には Fig. 3 に示すように、スピーカからの反射音成分が含まれるので、この影響 (短周期の山谷) を軽減す

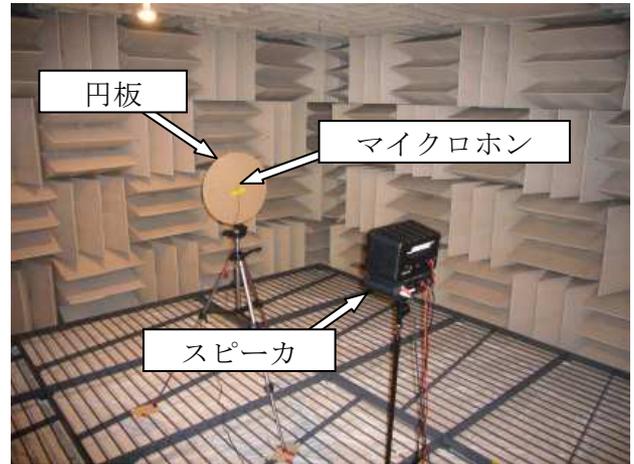


Fig. 1 測定写真

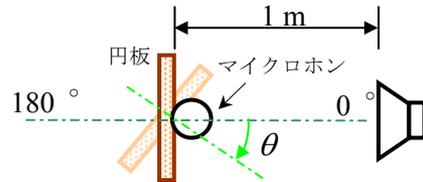


Fig. 2 測定条件 (平面図)

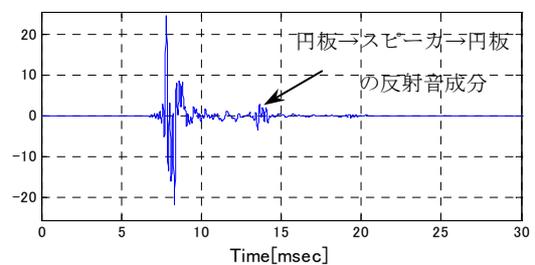


Fig. 3 入射角 0° のインパルス応答

るため 1/12 オクターブバンドで平均して、回折係数の周波数特性を得た。その後、スピーカ、マイクロホンの特性を取り除く為に、 $\theta = 90^\circ$ のデータを使い、正規化を行った。

2.3 実験結果

Fig. 4 に式 (1) で計算した方向別の回折係数の周波数特性 (理論値)、Fig. 5 にその実測値を示す。 0° の理論値を見ると、低域では 0 dB であるが 700 Hz 付近で +10 dB と上昇し、1500 Hz 付近まで上昇値を保つ。この後は 2000 Hz の周期で +10 dB ~ -5 dB の山谷が繰

* Diffraction coefficient and reflection characteristic of a disk, by DAIGO, Tôru, KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University) and SUGIYAMA, Kiyoshi (Tokyo Institute of Polytechnics).

り返されている。

一方、Fig. 5 の実測値においても 0° 方向の特性は、ほぼ同様の山谷が観測できた。また、その他の角度についても、一部を除けば、おおむね理論値と実測値の対応がとれている。これより理論値の正当性ならびに今回の測定法が、今後、様々な物体の回折効果を測定する上で有効であることが確かめられた。

2.4 入射方向が 0° の回折波の分析

入射方向が 0° の場合、円板の中心におけるインパルス応答は、直接波パルス (Fig. 6 (a)) と、円板のエッジで発生するとみなせる負パルス (回折波) が円板の半径分だけ遅れて到達したもの (Fig. 6 (b)) とからなると予想される。

しかし、実測した 0° のインパルス応答 Fig. 7 (a) は真のインパルス応答 h にスピーカのインパルス応答 h_s が畳み込まれたものであるため、回折波を明確に確認できない。そこで h_s の逆フィルタリングを行って真のインパルス応答を求めた結果を Fig. 7 (b) に示す。

Fig. 7 (b) より直接波から 0.52 ms 遅れた負パルスの存在が確認される。この 0.52 ms という時間は距離に変換すると 17.7 cm とほぼ円板の半径に相当し、Fig. 6 (b) の回折波が観測できたものと考えられる。そして、この負パルスによって回折係数における約 2000 Hz の山谷が発生している。

3 まとめ

本報告では円板の回折効果について理論値を求め、実験値によって検証した。その結果、

- 円板の回折係数の周波数特性には最大 15 dB 程度の山谷が存在する
- この山谷は音源からの直接波に、時間が遅れてエッジからの負パルスが加わったことが原因である

ことを示した。なお、反射特性については次回の報告とする。

謝辞

回折波に関して論議いただいた NTT 研究所の岡本学氏、羽田陽一氏に感謝します。

参考文献

- [1] 池谷, NTT 研実報, 7 巻, 2・3 号, pp.127-188, 1958.

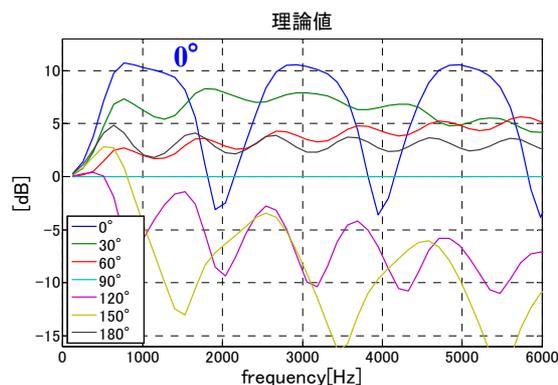


Fig. 4 回折係数 (理論値)

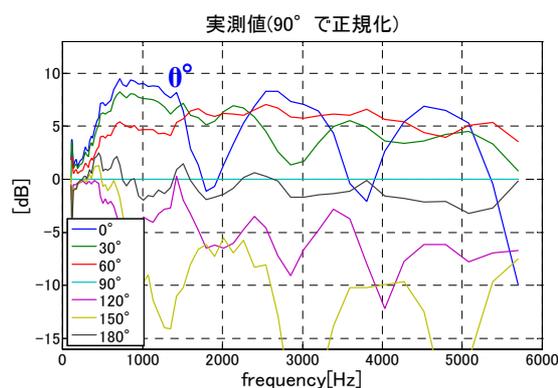


Fig. 5 回折係数 (実測値)

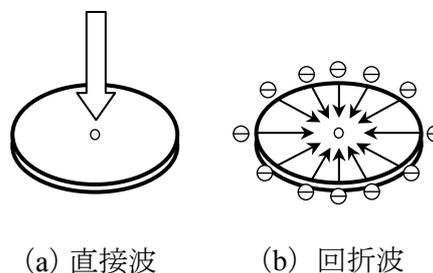


Fig. 6 円板中心で観測される入射角 0° のインパルス応答のモデル

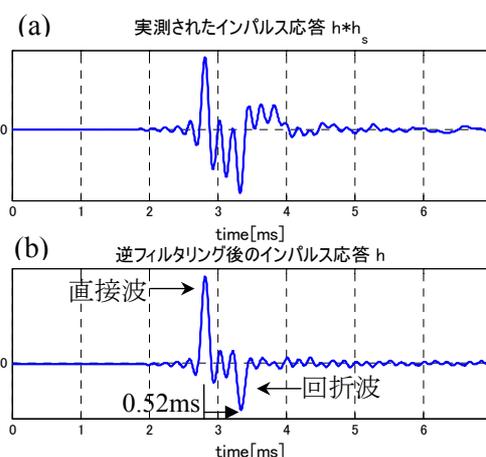


Fig. 7 インパルス応答の測定結果