

## たわみ振動板から放射された音波による集束強力音場形成

## —反射板の設置による音圧分布の基礎検討—

## Convergence of Intense Acoustic Field Radiated Sound Wave by Vibrating Plate

## -Basic Study of Sound Pressure Distribution using Reflective Plate-

○中井智貴<sup>1</sup>, 浅見拓哉<sup>2</sup>, 三浦 光<sup>2</sup>Tomoki Nakai<sup>1</sup>, Takuya Asami<sup>2</sup>, Hikaru Miura<sup>2</sup>

Abstract: There are ultrasonic sources that used a vibrating plate as the source that radiates intense sound wave in the air. The Conventional aerial ultrasonic source used a striped mode rectangular vibrating plate has a drive point in the plate center, but the point is obstruction when sonic waves radiate in the air. For the reason, the shape of the vibrating plate made the outside driving-point position was considered. In this study, sound pressure distribution using a reflective plate was investigated.

## 1. はじめに

空気中での超音波の利用のために、空気中へ強力な超音波を放射する音源として縞モード矩形たわみ振動板<sup>[1]</sup>を用いた音源がある。この音源は、反射板を用いて、強力な定在波音場を形成できる等の特徴がある。しかし、この音源は振動板の駆動点が中央にあるため、反射板の設置が困難となっていた。そこで、反射板の設置を容易とするため、振動板を凸型形状として、その凸端を駆動点とした凸端駆動縞モードたわみ振動板型超音波音源が開発された<sup>[2]</sup>。本研究では、開発した音源に複数の反射板を用いて、強力な音場を形成することを目的としている。本稿では、その基礎的な検討として、音源に1枚の反射板を設置した場合の音圧分布の検討を行った。

## 2. 音源及び振動板の設計

## 2.1 超音波音源

図1は検討に用いた凸端駆動縞モードたわみ振動板型超音波音源の概略である。超音波音源は図に示すように、20kHz用ボルト締めランジュバン型振動子、振幅拡大用エキスポネンシャルホーン、及び縦振動共振周波数調整用の半波長共振棒をネジで結合し、その先端に凸端駆動による縞モードたわみ振動板をネジで固定したものである。

## 2.2 振動板の設計

図2は凸端駆動縞モードたわみ振動板の概略である。図に示した縞モードの節間隔  $d$  は次式により求められる。

$$d = \sqrt{\frac{\pi C_D h}{2f}} \quad (1)$$

ここで、 $C_D$  は材料に固有な定数(1509Hz・m)、 $h$  は板

厚(3mm)、 $f$  は共振時に縞モードが現れる周波数(20kHz)である。これより縞モードの節間隔  $d$  は18.86mmである。また、図中の  $L_{DV}$  は駆動点端から振動板端までの長さであり、次式のようにすればいいことが明らかにされている。

$$L_{DV} = (N_i - 0.1)d \quad (2)$$

ただし、 $N_i$  は自然数である。

次に接線と垂直な辺の長さ  $L$ 、及び接線と並行な辺の長さ  $W$  は、次式で求められる。

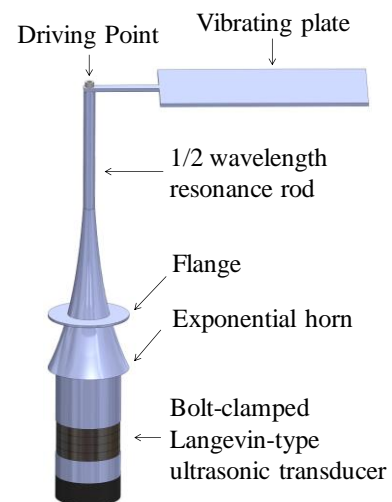


Figure 1. Outline of an ultrasonic source.

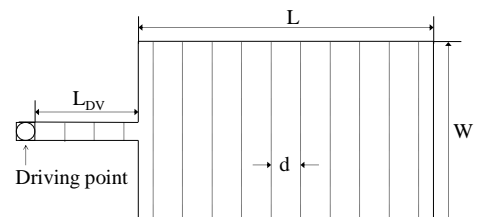


Figure 2. Outline of a vibrating plate.

$$L = (N_L - 0.5) \quad (3)$$

$$W = N_W d \quad (4)$$

ただし、 $N_L$  は  $L$  を決定する定数で 3 以上の整数値、 $N_W$  は  $W$  を決定する定数で実数値である。今回使用した振動板は  $N_L=7$ ,  $N_W=9.2$ ,  $N_f=3.0$  の値で作成し、 $L=122.6\text{mm}$ ,  $W=173.5\text{mm}$ ,  $L_{DV}=54.7\text{mm}$  とした。

### 3. 反射板の設置位置

図 3 は振動板面上に、反射板を角度  $\theta$  で設置した様子である。反射板には厚さ 8 mm のアクリル板を用い、寸法は振動板から垂直方向に放射された音波を全て反射することが出来る大きさとした。 $\theta$  は、音波を反射板と振動板の開口端に対して振動板と平行に放射させることを考え、45 度の場合、及び音波の主極の角度を考慮した 60 度の場合とした。なお、振動板上の凸端部付け根に原点 O 点を取り、並びに x, y 軸を図に示すように設定した。

### 4. 振動板面上の音圧分布の測定

反射板と振動板の間の音圧分布は、O 点を含む X-Y 面上において、プローブ付きマイクロフォン (ACO, TYPE-7017) を用いて測定し、分布を求めた。計測は、比較のための反射板なし、反射板の角度 45 度、及び 60 度の 3 つの場合について行った。図 4 は、その結果である。いずれの図においても横軸、縦軸は x 軸、y 軸を示している。また、音圧は全ての結果の最大値で規格化したカラーマップで表示している。

まず、同図(a)より、反射板がない場合の音圧分布は振動板から放射された音波が振動板垂直方向に分布している。次に、同図(b)より、反射板を 45 度に設置した場合の音圧分布は、y 方向の音波が反射板によって反射され x 方向に放射されている。また、同図(c)より、反射板を 60 度に設置した場合の音圧分布は、主極方向の音波が反射板に反射され x 方向のやや上向きに放射されている。これらの結果から、音波の

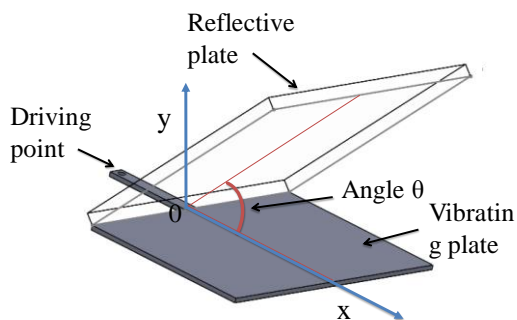


Figure 3. Outline of a vibrating plate with a reflective plate.

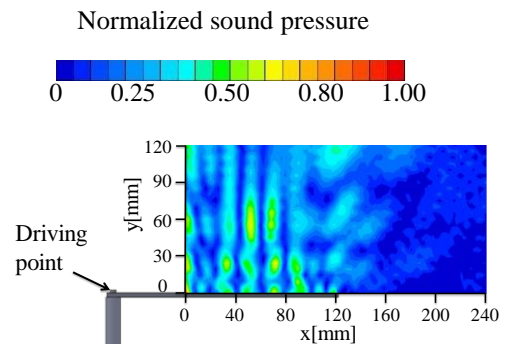
放射面上に反射板を設置することにより音波の向きを変えられることが分かった。

### 5. おわりに

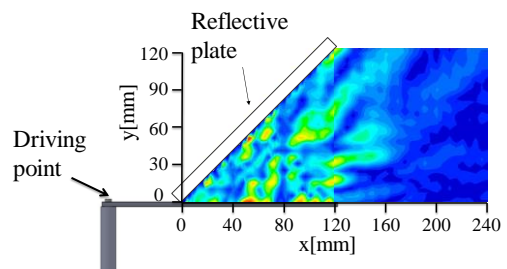
凸端駆動縞モードたわみ振動板型超音波音源に 1 枚の反射板を 45 度、60 度の角度に設置した場合の音圧分布について検討を行った。その結果、音波が反射板で反射され、空中に放射されていることが分かった。今後は反射板と振動板の距離を変えた場合の音圧分布の検討を行う。

### 参考文献

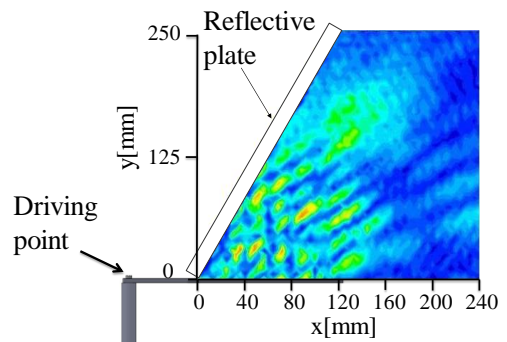
- [1]山根宏之, 川村雅恭: 日本音響学会誌32, 83-91, 1976.
- [2]H.Miura and H.Ishikawa J. J. Appl. Phys., 48, 07GM10, 2009.



(a) Without the reflection plate



(b) With the reflection plate ( $\theta$  of 45 degrees).



(c) With the reflection plate ( $\theta$  of 60 degrees).

Figure 4. Sound pressure distribution.