

凸端駆動たわみ振動板から放射された音波の短冊形反射板による集束音場

Convergence of intense sound wave radiated by rectangular transverse vibrating plate

○中井智貴¹, 浅見拓哉², 三浦 光²*Tomoki Nakai¹, Takuya Asami², Hikaru Miura²

Abstract: There is the ultrasonic source used a vibrating plate with a jut driving point, and that radiates intense sound wave in the air. The ultrasonic source can forms the strong standing wave field using reflective plates. In this study, we have examined the sound pressure distribution in the case of the line converging sound wave field at any setting positions.

1. はじめに

空気中での超音波の利用のために、強力な超音波を放射する音源として、振動板を凸型形状として、その凸端部を駆動点とした凸端駆動縞モード矩形たわみ振動板^[1]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。縞モードたわみ振動板を用いて強力な線集束音場を形成するために、これまで振動板の振動の節線と平行な方向に音波を線集束させる検討が行われている^[2]。凸端駆動縞モードたわみ振動板は駆動点が板の中心にないことが特徴であり、この特徴を生かして音波を集束させるには、振動板の節線に対して垂直な方向に音波を集束させることが重要である。

筆者らは凸端駆動縞モード矩形たわみ振動板を用い、従来とは異なる方向である振動板の節線に対して垂直な方向に音波を集束させるための新しい方法について検討を行っている^[3]。ここでは、振動板近傍に短冊形の反射板を複数枚設置し、振動板端から離れた任意の位置に音波を線集束させる場合について、音圧分布の検討を行った。

2. 超音波音源

Fig. 1 は使用し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、20 kHz 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(振幅拡大比 7.0)、及び縦振動共振周波数調整用の半波長共振棒(長さ 124.5 mm)をネジで結合し、その先端に凸端駆動縞モードたわみ振動板をネジで固定したものである。

Fig. 2 は凸端駆動縞モードたわみ振動板の概略であ

る。振動板には板厚 3 mm のジュラルミンを使用し、縞モードの節間隔 d は 18.9 mm 節線の本数は 7 本とした。寸法は長辺を 173.5 mm, 短辺を 122.6 mm, 凸端部は長辺の中心に長さ 64.7 mm, 幅を 10 mm とした。この振動板は 19.8 kHz で共振となり、縞モードが現れ

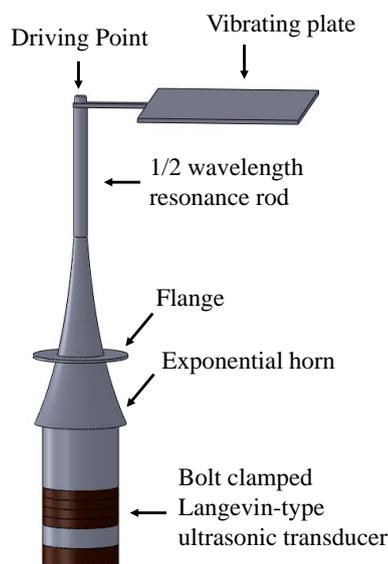


Fig. 1 Outline of an ultrasonic source.

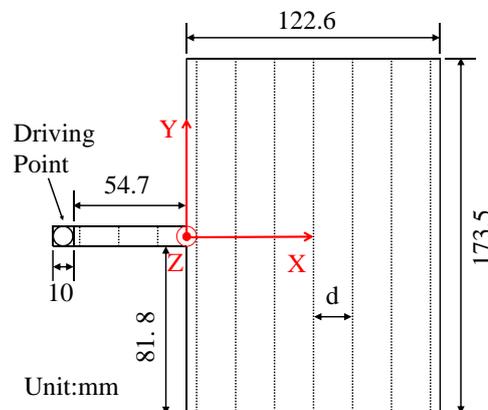


Fig. 2 Outline of a vibrating plate.

る。また、図中に示した位置に X, Y, Z 軸を定めた。

3. 振動板近傍の音圧分布

振動板から放射された音波の音圧分布を知るために、反射板を設置しない状態での振動板近傍の音圧分布について検討する。入力端子電圧を 5 V 一定とし、Y 軸が 40 mm の X-Z 面上において、プローブ付きマイクロホン (ACO, TYPE-7017) を用いて音圧を測定した。また、ロックインアンプにて出力された音波と音源に入力された波形との位相差を検出した。Fig.3 はその結果である。図の横軸、縦軸はそれぞれ X 軸、Z 軸を示している。また、音圧は検出した位相が進みの場合の音圧値を正、位相が遅れの場合の音圧値を負とし、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。

図より、反射板がない場合の音圧分布は振動板の楕円モード振動の腹及び節にそって放射された音波が振動板の垂直 (Z 軸) 方向に正負交互に分布していることがわかる。

4. 反射板の設置による線集束音場

4.1 反射板の設置位置

ここでは集束位置を振動板端から 50 mm 離れた X 軸が 173 mm, Z 軸が 0 mm とした。Fig.4 は振動板近傍に 10 枚の反射板(A~J)を設置した様子を示す。1 枚の反射板の形状は短冊形とし、厚さ 10 mm のアクリル板を用いた。寸法は短辺を節間隔である 18.9 mm とし、長辺を振動板の長辺である 173.5 mm より長くした。各反射板の設置位置は、図に示すように X 軸方向には振動板の節線間隔である 18.9 mm とし、Z 軸方向には、集束点に設置したマイクロホンの音圧が最大となる位置とした。

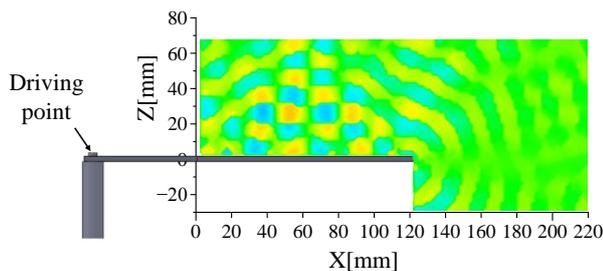


Fig. 3 Sound pressure distribution without reflective plates.

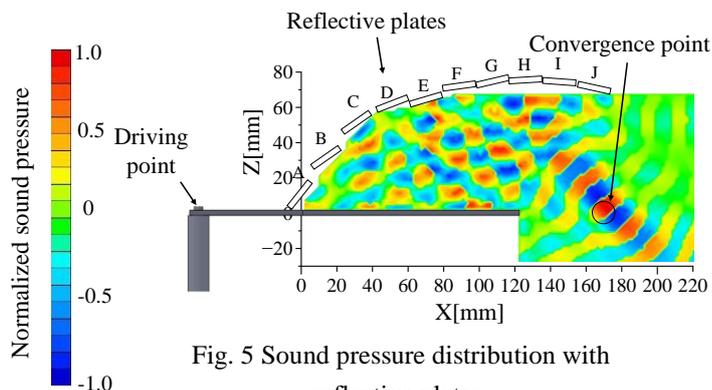


Fig. 5 Sound pressure distribution with reflective plates.

4.2 振動板近傍の音圧分布の測定

反射板を設置した場合の音圧分布の測定を Fig. 3 に示した結果と同様の測定を同じ方法で行った。その結果を Fig. 5 に示す。図より、10 枚の反射板を設置した場合の音圧分布は、振動板から放射された音波が反射板により反射され、集束点(X=173 mm, Z=0 mm)付近に集束していることがわかる。

なお、有限要素法を用いたシミュレーションでも同様の結果が得られた。

5. おわりに

凸端駆動楕円モードたわみ振動板型超音波音源に短冊形反射板を複数枚設置した場合の集束音場について検討を行った。その結果、音波を意図した点に線集束させることが出来た。今後は反射板の設置位置を波長や位相を考慮し、詳しく検討する予定である。

参考文献

- [1] H.Miura and H.Ishikawa, J. J. Appl.Phys.,48, 07GM10, 2009.
- [2] 伊藤洋一：音響学会誌,vol.42,pp.612- 629,1986.
- [3] 中井智貴,浅見拓哉,三浦 光,音講論集,pp.1399-1400,2014.9.

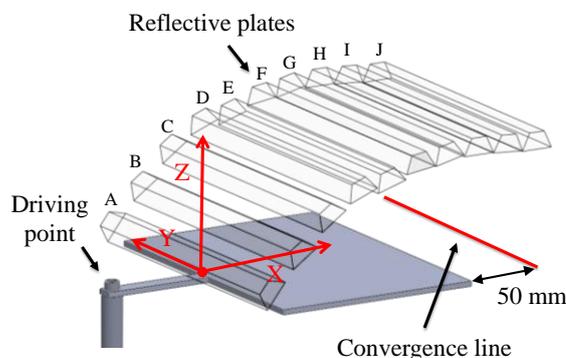


Fig. 4 Position of reflective plates.