

円形たわみ振動板と剛壁が一体構造の空中超音波音源の開発

—入力電力と振動変位の関係—

Development of Ultrasonic Source combined with Circular Vibrating Plate and Cylindrical Rigid Wall
- Relationship between Input Power and Vibration Amplitude -○倉富涼¹, 浅見拓哉², 三浦 光²*Ryo Kuratomi¹, Takuya Asami², Hikaru Miura²

Abstract: Ultrasonic sound sources in the air have been composed of many elements such as vibrating plates and reflective plates to form powerful standing wave acoustic fields. The aim of this research is to simplify a sound source by developing vibrating plate combined with rigid wall. In this report, we investigate the relationship between input power and vibration amplitude. Our results show that vibration amplitude of transverse vibration increases with increasing input power.

1. はじめに

空中超音波音源から放射された音波を利用する装置は、一般に音場を形成するために音源と複数の反射板(壁面)を用いることが多く、装置の構成要素が多くなることが問題であった^[1]。

筆者らはこの問題を解決するため、剛壁と振動板を一体構造とした音源を考案した。この音源は、縦振動源の先端に中心を駆動点とした円形たわみ振動板を取り付け、更にその円周に円筒剛壁(固定器具)を取り付け一体構造にしたものである。この音源の利点は振動板と円筒剛壁が一体になっているため、装置が簡略化できることである。

これまで、この音源を用いた集束音場の形成について検討し、円形振動板の中心軸上に音波を集束できることを明らかにしている^{[2][3]}。

ここでは、この音源の振動特性を明らかにするために、入力電力を変化させた場合の円形振動板と剛壁上の振動変位の関係について検討を行った。

2. 空中超音波音源

図 1 は検討に用いた円筒剛壁一体構造の空中超音波音源の概略である。図に示すように、超音波音源は 28 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 5.0, 太端面直径 42 mm, 細端面直径 8 mm, ジュラルミン製)、及び縦振動共振周波数調整用の伝送棒(長さ 70 mm, 直径 8 mm) をネジで結合し、その先端に円筒剛壁一体構造型円形たわみ振動板をネジで固定したものである。

図 2 は円筒剛壁一体構造型円形たわみ振動板部分の断面図である。本検討では円筒剛壁と一体構造となった振動板の特性を検討するために、振動板の円周部を固定端とする固定器具を用いた。構造は円形たわみ振動板(内径 72mm, 厚さ 1 mm)の外周をジ

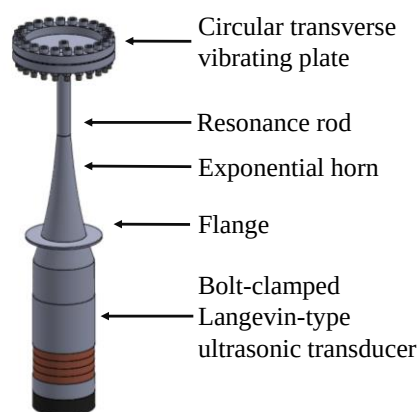


Figure 1. Outline of an ultrasonic source.

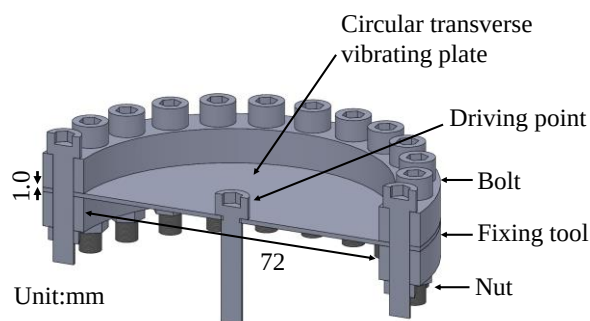


Figure 2. Profile of sound source integrated with a vibrating plate and a rigid wall.

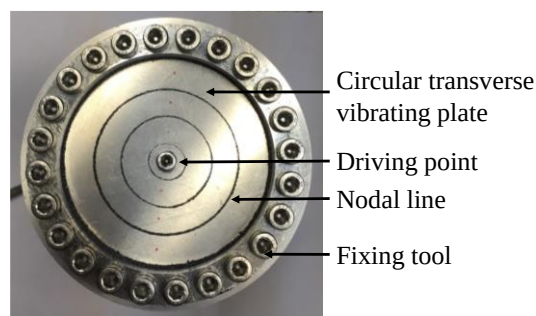


Figure 3. Vibrating plate with a fixing tool.

アルミニウム製のリング(幅 10 mm, 厚さ 8mm)で挟み, それらをボルトとナットで固定し, 固定端としたものである. ボルトとナットはトルク 21 N/m で締め付けた.

図 3 は, 音源を共振周波数 28.2 kHz で駆動させたときの円筒剛壁一体構造型円形たわみ振動板のクラドニの砂図である. 砂図から, 円形振動板の円周部を含めて 4 つの同心節円が振動板上に形成されていることがわかる.

3. 共振周波数における振動分布

音源を共振周波数で駆動させたときの振動分布を知るために, 振動板の半径部分のたわみ振動変位と固定器具上の振動変位を測定した. 測定は, 音源を電力 1.0 W, 周波数 28.2 kHz で駆動し, レーザードップラー振動計を用いて行った. 図 4 はその結果である. 図は, 横軸に駆動点からの距離を, 縦軸に振動変位の実効値を示している. また, たわみ振動の振動変位を黒丸, 固定器具上の振動変位を赤丸で示している. 図より, たわみ振動は振動の腹と節が交互に現れており, 節円数が 4 の節円モードが形成されていることがわかる. これは図 3 で示したクラドニの砂図と一致している. たわみ振動の振動変位の極大値は $3.7 \mu\text{m}$ から $2.3 \mu\text{m}$ であった. 一方, 固定器具上の振動変位は $0.05 \mu\text{m}$ から $0.01 \mu\text{m}$ の範囲であり, 駆動点から離れるほど小さくなった.

これらの結果から, 固定器具上の振動変位はたわみ振動の振動変位の 46 分の 1 以下であり, ほとんど振動していないことがわかった.

4. 入力電力と振動変位の関係

入力電力を変化させたときのたわみ振動変位と円筒剛壁上の振動変位の関係について検討した. 音源を共振周波数(約 28 kHz) で駆動し, 入力電力を 1 W から 60 W まで変化させたときの振動変位についてレーザードップラー振動計を用いて測定した. 測定位置は, たわみ振動については図 4 で示した振動分布で振動が最大となっている位置(円形たわみ振動板の中心から 10.5 mm)であり, 円筒剛壁についてはリングの中央位置(同 41.0mm)とした.

図 5 はその結果である. 図は, 横軸に入力電力, 縦軸にたわみ振動及び円筒剛壁上の振動変位を示している. 図より, たわみ振動の振動変位は入力電力のほぼ 1/2 乗に比例して増加しているのに対し, 固定器具上の振動変位にはほとんど変化がないことがわかった.

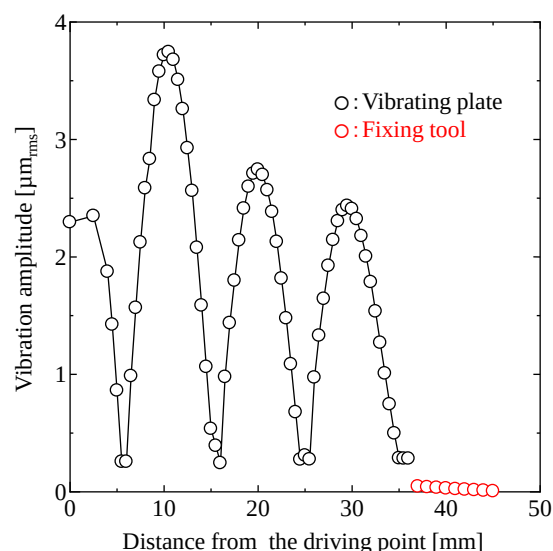


Figure 4. Relationship between vibration amplitude and distance from the driving point.

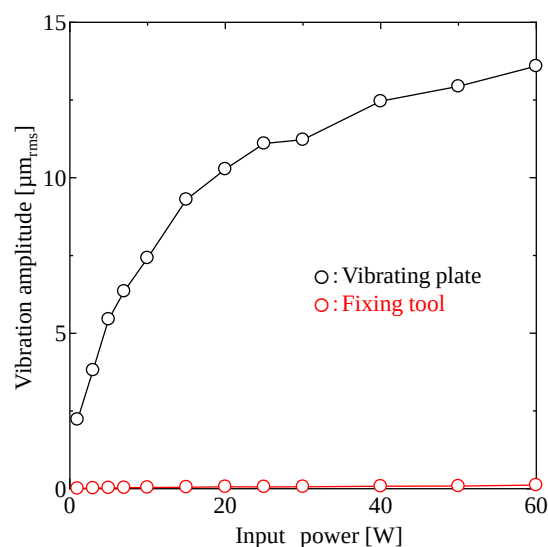


Figure 5. Relationship between input power and vibration amplitude.

5. おわりに

円筒剛壁一体型超音波音源について, 振動分布と入力電力を変化させた場合の振動変位について検討を行った. その結果, 入力電力を変化させた場合においても円筒剛壁はほとんど振動しないことがわかった.

本研究の一部は JSPS 科研費 15K05875 の助成を受けたものである.

6. 参考文献

- [1] T.Nakai, T.Asami, and H.Miura : Jpn. J. Appl. phys. vol55, 07KE09, 2016.
- [2] 柴内湧太, 浅見拓哉, 三浦 光, 音講論集, pp.1133-1134, 2015.3.
- [3] 倉富 涼, 浅見拓哉, 三浦 光, 音講論集, pp.1033-1034, 2016.9.