

たわみ振動板と剛壁が一体構造の超音波音源の開発 -密閉空間内定在波音場の形成-

Development of ultrasonic source combined with vibrating plate and rigid wall -Formation of standing wave sound field in enclosed space-

○柴内湧太¹, 佐藤 諒², 浅見拓哉³, 三浦 光³

*Yuta Sibana¹, Ryo Sato², Takuya Asami³, Hikaru Miura³

Abstract: To use a powerful aerial ultrasonic is one of the aggregation method. Performing aggregation by creating the standing wave sound field in the space, the enclosed space in the apparatus was difficult. We attempt the development of the sound source can make the enclosed space. In this study, the characteristics of the sound source is measured.

1. はじめに

ガス中の微粒子を凝集方法の一つに強力空中超音波を用いたものがある。この方法は、空間内に強力空中超音波による定在波音場を形成し、音場内にガスなどを通すことでガス中の微粒子を励振させ、微粒子同士を衝突させることで凝集させているものである。

これまで、この凝集法に用いられてきた装置は、超音波を発生させる音源とその周りを囲う複数の壁面から構成されており、壁面に囲まれた空間に定在波音場を生じさせていた。しかし、この方法では壁面と音源との間にわずかな隙間が生じるため密閉性が悪く、微粒子の凝集装置などに適していなかった。また、音源と複数の壁面を用いるため、装置を構成する要素が多く、複雑化していた。

本研究では、これらの問題を解決するために、壁面と振動板を一体化させた音源を考えた。具体的には、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と、その円周に剛壁とみなした円筒を一体構造で形成した形状である。この音源の利点は、振動板と円筒が一体化しているため、密閉空間の構築が簡便で、装置が簡略化できる点である。

ここではこの音源の基礎的な特性を検討するため、振動板の振動分布、及び音源内部の音圧分布の測定を行った。

2. 空中超音波音源

Fig. 1 は検討に用いた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、エキスポネンシャルホーン(振幅拡大比 0.03, ジュラルミン製), 及び縦振動共振周波数調整用の伝送棒 (直径 8 mm, 長さ 70 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(ジュラルミン製)をネジで固定したものである。

Fig. 2 は円筒剛壁一体構造型音源の断面の概略である。各部の寸法は図中に示す通りである。

3. 振動板振動特性の検討

円筒剛壁一体構造型音源の振動特性を検討するため、底面振動板の振動モードの観察を行った。Fig. 3 は円筒

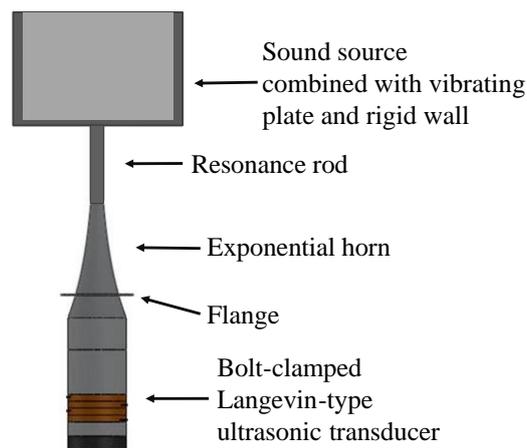


Fig. 1 Outline of an ultrasonic source.

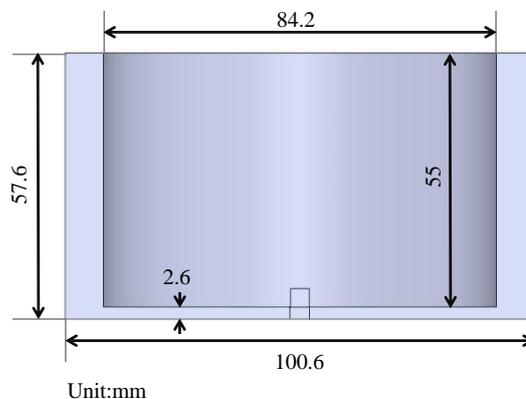


Fig. 2 The profile of sound source combined with vibrating plate and rigid wall.

剛壁一体型音源を 27.8 kHz で駆動させた場合の振動板上に形成されたクラドニの砂図である。これは振動面に細かい粒子を散布することによって、たわみ振動のモードを見るものである。図の同心円状の黒色部分に粒子が集まっていることから、振動の節であることが分かる。図より節円を 2 つ持った振動モードであることが分かる。

次に、この音源の底面振動板のたわみ振動分布を測定した。測定は入力電力を 5 W 一定、共振周波数を 27.8 kHz とし、レーザドップラ振動計を用いて行った。Fig. 4 は測定結果である。図は横軸に振動板中央からの距離、縦軸に振動変位をとっている。図より振動の節が 10 mm と 24 mm にあり、振動変位の極大は中心から遠ざかる程小さくなっていくことが分かる。

4. 円筒剛壁一体構造型音源内部音圧の検討

円筒剛壁一体構造型音源内部の音圧分布を検討するため、プローブ付きマイクロフォン(ACO, TYPE-7017)を用いて音圧を測定した。測定範囲は直径方向の音源内部直径 80 mm, 軸方向の音源内部 50 mm の円筒中心を通る断面範囲である。測定は 1 mm 間隔で行った。

Fig. 5 はその結果である。図は Fig. 2 に示した断面と同じ範囲の分布を示しており、横軸、縦軸は直径方向、軸方向を示している。また、音圧の強さを最大値で規格化したカラーバーで示している。横軸、縦軸は直径方向、軸方向を示している。図より音圧分布は中心付近が最も大きくなっていることがわかる。また半径方向に節が 2 つ見られるため、Fig. 4 で示された振動モードによる音圧分布と一致していることが分かる。

また、比較のため Fig. 6 に有限要素法によるシミュレーションの結果を示す。図より中心付近の音圧が高く、また節も 2 つ見られるため Fig. 4 の振動モードによる音圧分布と一致していることが分かる。このことから測定とシミュレーションで同じ音圧分布が得られることが分かった。

5. おわりに

円筒剛壁一体型超音波音源のたわみ振動板の振動変位、及び内部音圧分布について検討を行った。その結果、内部に強力な音圧分布が得られることが分かった。

今後は音源内部に円盤型の反射板を設置し、定在波音場形成の検討を行っていく予定である。

参考文献

[1] 松本圭亮, 功刀秀光, 三浦 光, 電子情報通信学会技術研究報告 US, 110(234), pp.1-6, 2010.10.



Fig. 3 Sand figure of Chladni on the vibrating plate.

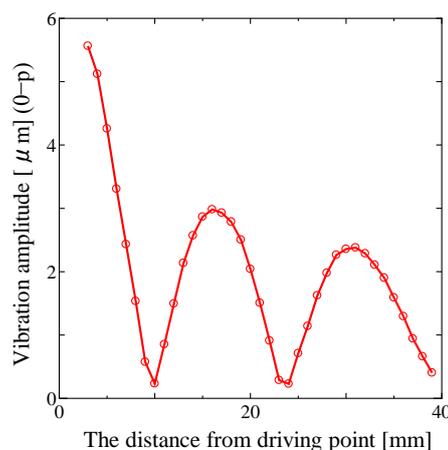


Fig. 4 Relationship of vibration amplitude and the distance from driving point

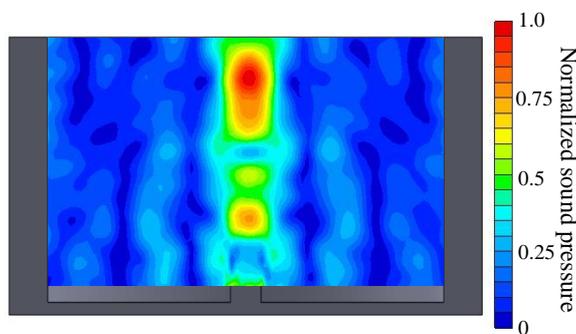


Fig. 5 Measurement result of the internal sound pressure distribution.

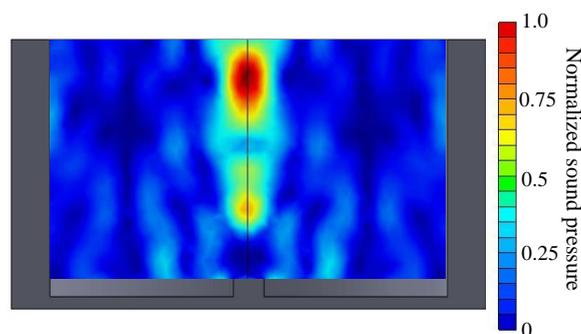


Fig. 6 Simulation result of the internal sound pressure distribution.