

L-47

凸端駆動による縞モードたわみ振動板型空中超音波音源の開発
—凸端部を中央以外にした場合の振動分布の検討—

Aerial ultrasonic source used striped mode vibrating plate by jut driving point.
—Study of vibrating distribution of jut driving point out of center—

○松本達也¹, 内藤広基², 三浦光³

*Tatsuya Matsumoto¹, Koki Naito², Hikaru Miura³

Abstract: There are ultrasonic sources that used a vibrating plate as the source that radiates intense sound wave in the air. 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 previous studies, the position for making the vibrating plate which jut driving point until now in addition to the center of a width direction drive is examined, even when jut driving point is center of a width direction, it is shown clearly that striped mode resonance is obtained. But, it was not clarified about flexure distribution of this vibrating plate at this time. In this study about vibration amplitude distribution of this vibrating plate examined experimentally.

1. はじめに

空気中に強力な音波を放射する音源として縞モード矩形たわみ振動板^[1]や格子モードたわみ振動板^[2]を用いた超音波音源がある。しかし、これらの音源の駆動点は板の中心にあるため、空中に音波を放射する際に駆動点が妨げとなり、音源として利用するときに制限を受ける。そこで、音源の利便性を高めるために駆動点位置を外部にした凸端部を持つ矩形縞モードたわみ振動板が考案された。この振動板を複数枚用いて音場を形成する場合、凸端部が幅方向の中央にあるため、音源の構成に支障が生じることが考えられる。そのため、これまで凸端部を幅方向の中央以外にした振動板を駆動させるための位置については検討され、凸端部を中央以外にした場合でも縞モード共振が得られることを明らかにしている^[3]。しかし、この時の振動板のたわみ分布については明らかにされていなかった。そこで本検討では、この振動板の振動振幅分布について実験的に検討を行った。

2. 音源

Fig.1 は凸端駆動による縞モードたわみ振動板型空中超音波音源の概略である。図に示すように、音源は 20 kHz 用ボルト締めランジュバン型振動子に、振幅拡大用のエキスポネンシャルホーン(太端面の直径 70 mm, 細端面の直径 10 mm, 振幅拡大比 7.0, ジュラルミン製)をネジで結合し、その先端に凸端駆動部を幅方向の中央以外にした縞モードたわみ振動板(板厚 3 mm, ジュラルミン製)をネジで固定したものである。

3. たわみ振動板の設計

Fig.2 は凸端駆動による縞モードたわみ振動板の概略

である。図中の破線は振動の節線を表している。これまでの検討により、振動板を縞モード共振で良好に駆動させるための縞モード節間隔 d 、節線に垂直な辺の長さ L 、節線に平行な辺の長さ W 、駆動点から振動板長さ L 、節線に平行な辺の長さ W 、駆動点から振動板端までの長さ L_{DV} の関係は明らかにされている^[4]。この内、 W は式(1)のように表せる。

$$W = N_W d \tag{1}$$

ここで、 N_W の値は 9 以下の奇数値に 0.2 を加えた値にすれば良いことがわかっている。また、 W_1 を Fig.2 に示すように板端から凸端部中央までの長さとし、 W_2 を

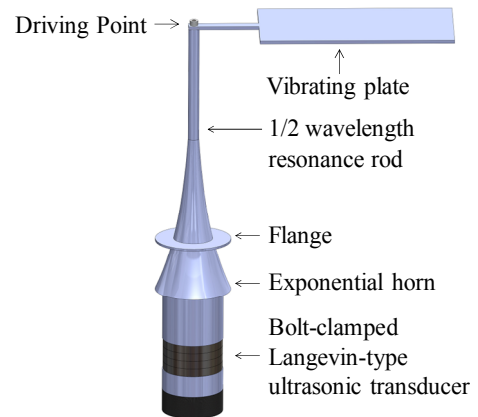


Fig.1 Outline of an ultrasonic source.

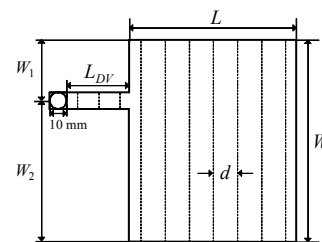


Fig.2 Outline of a vibrating plate.

1 : 日大理工・院・電気 2 : 日大理工・学部・電気 3 : 日大理工・教員・電気

W から W_1 を引いた値とすると、これらの関係は式(2)のように表せる。

$$W = W_1 + W_2 = (N_{W1} + N_{W2})d \quad (2)$$

ここで、 N_{W1} 、 N_{W2} は小数值であり、 $N_W = N_{W1} + N_{W2}$ である。本検討では $d=18.9$ mm、 $N_W=9.2$ 、 $W=173.5$ mm、 $L=122.6$ mm、 $L_{D1}=54.7$ mm 一定とし、 $N_{W1}=0.3\sim 4.6$ ($W_1=5.7\sim 86.8$ mm)、 $N_{W2}=8.9\sim 4.6$ ($W_2=167.8\sim 86.8$ mm)まで 0.1 ずつ変化させた振動板を用いた。

4. 凸端部を中央以外にした場合の電気インピーダンスの測定

上述の振動板を用いて音源を駆動した場合について、縞モード共振の有無、及び電気インピーダンスの測定を行った結果、全ての凸端部の位置で縞モード共振が得られることがわかっている。また、この時の各振動板における N_{W1} と音源の共振時の電気インピーダンスの関係を図.3 に示す。図は横軸に N_{W1} 、縦軸に音源の共振時の電気インピーダンスをとっている。図より電気インピーダンスの大きさは N_{W1} が 0.7~0.9、2.4~2.9、4.3~4.6 で小さく、1.3~1.6、3.5~3.7 で大きくなる傾向にあることがわかる。

5. 凸端部を中央以外にした場合の振動分布

上述の電気インピーダンスが高い $N_{W1}=1.5$ 、3.7 または低い $N_{W1}=0.7$ 、2.7、4.6 の振動板において、レーザードップラ振動計を用いて振動分布の測定を行った。各振動板における測定条件を Table 1 に示す。Fig.4(a)~(e)は各振動板の振動分布の測定結果であり、各振動板の最大値で規格化している。(a)は凸端部が中央の場合であり、凸端部が中央以外の(b)~(e)の各図において、振動分布を比較してみると、 W_1 より W_2 の方向が大きな振幅が得られていることがわかる。これは、辺の長さが長い方が振動しやすく、振幅が大きくなったと考えられる。また、振動板全体の平均振幅、及び単位入力あたりの平均振幅を Table 2 に示す。表より、単位入力あたりの振幅を比べてみると、電気インピーダンスの高い $N_{W1}=1.5$ 、3.7 の振動板が大きくなっていることがわかる。これより、 $N_{W1}=1.5$ 、3.7 の振動板が良好に駆動できることがわかった。しかし、それ以外の寸法でも十分良好に駆動できることがわかった。

6. おわりに

凸端部を幅方向の中央以外にした縞モードたわみ振動板は、凸端部から端辺までの長さが長い方が大きな振幅が得られることがわかった。また、単位入力あたりの平均振幅は電気インピーダンスが高い $N_{W1}=1.5$ 、3.7 の振動板の場合に大きくなるが、それ以外の寸法でも十分良好に駆動できることもわかった。

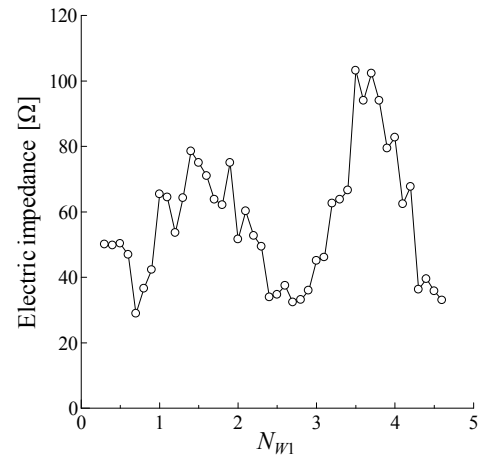


Fig.3 Relationship between N_{W1} and electric impedance.

Table 1 Measurement Conditions.

N_{W1}	4.6	3.7	2.7	1.5	0.7
Input voltage [V]	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Current [mA]	126.4	43.3	113.7	53.8	145.0
Electric power [W]	0.511	0.174	0.458	0.208	0.586
Frequency [kHz]	19.83	19.82	19.82	19.89	19.85
Electric impedance [Ω]	31.6	92.4	35.2	74.3	27.6

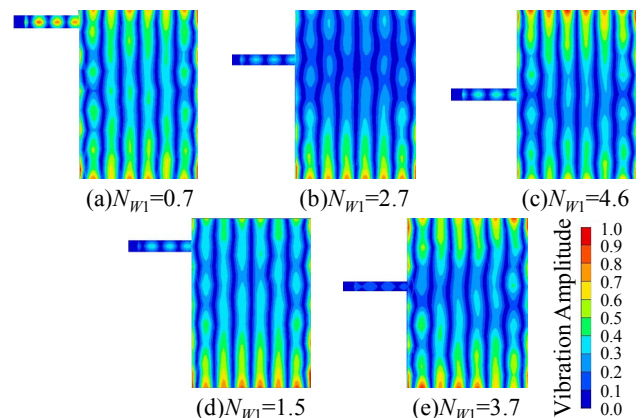


Fig.4 Vibrating amplitude distribution of vibrating plates.

Table 2 Average amplitude and Average amplitude per unit input for N_{W1} .

N_{W1}	Average amplitude [μm]	Average amplitude per unit input [$\mu\text{m}/\text{W}$]
4.6	0.105	0.206
3.7	0.073	0.420
2.7	0.097	0.212
1.5	0.076	0.366
0.7	0.082	0.140

7. 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] 三浦 光, 日本音響学会誌, 50, 677-684, (1994).
- [3] 松本達也, 三浦 光, 日本音響学会誌, 1329-1330(2012).
- [4] 梅澤弘充, 三浦 光, 日本音響学会研究発表論文集, 1291-1292(2010.3).