

L-64

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

— 同一周波数を持つ 2 枚の振動板における検討 —

Aerial ultrasonic source used striped mode vibrating plate by jut driving point.

— Study of the two vibrating plates having same frequencies. —

○松本達也¹, 有馬進司², 平井佑典², 三浦光³
Tatsuya Matsumoto¹, Shinji Arima², Yusuke Hirai², Hikaru Miura³

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. The vibrating plate to drive the source in excellently stripes made was clear, but more vibrating plate may be needed for the purpose. In this study, the size of two vibrating plates to drive the source in excellently stripes mode was 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]や格子モード方形たわみ振動板^[2]を用いた超音波音源がある。これらの音源はたわみ振動の共振を利用していることから、電気音響変換効率が約 90 % と高いなどの利点がある。しかし、これらの音源の駆動点は板中心にあるため、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形状の縞モードたわみ振動板が考案された。これまでの検討では、1 枚の振動板で良好に駆動させるために、節線と平行な辺、及び節線と垂直な辺の長さの関係については明らかにされている^[3]。しかし、利用目的によっては複数枚の振動板が必要になる場合がある。ここでは、2 枚の振動板において音源を良好に駆動させる場合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による縞モードたわみ振動板(板厚 3 mm, ジュラルミン製) 2 枚をネジで固定したものである。

3. 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 1 枚の概略である。図中の破線は振動の節線を表している。

縞モード節間隔 d は式(1)より求めることができる^[1]。

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

ここで、 C_D は材料に固有な定数、 h は板厚、 f は共振時に縞モードが現われる周波数である。ここでは、 $C_D = 1509 \text{ Hz} \cdot \text{m}$ である。また節線に垂直な辺の長さ L 、節線に平行な辺の長さ W は次式のように表される^[1]。

$$L = (N_L - 0.5) d \quad (2)$$

$$W = N_W d \quad (3)$$

ここで N_L の値は自然数、 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^[3]。

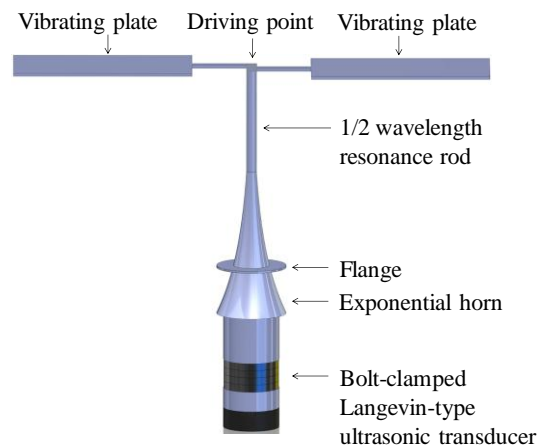


Fig.1 Outline of an ultrasonic source.

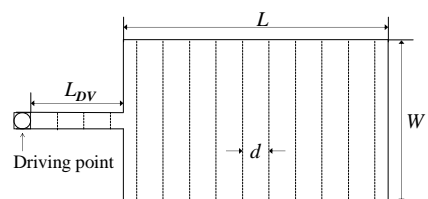


Fig.2 Outline of a vibrating plate ($N_L=10$).

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

また、駆動点端から振動板端までの長さ L_{DV} は式 (4) のようにすれば良いことがわかっている^[4].

$$L_{DV} = (N_i - 0.1) d \quad (4)$$

ただし、 N_i は自然数である。ここでの検討では N_w の値を 5.2、 N_i の値を 3 一定とし、 N_L の値を 1~10 まで 1 ずつ変えた振動板を用意した。この寸法を Table1 に示す。

4. 同一共振周波数を持つ 2 枚の振動板における検討

これまでの検討により、1 枚の振動板を縞モードで良好に駆動させるための大きさについては明らかにされている^[4]。そこで、2 枚の振動板を用いた場合について、 N_L の値を変化させた時の駆動について検討した。ここでは、共振周波数は約 19.8 kHz とし、Fig.3 に示すような振動板間の角度 θ を 180 deg. 一定とし、 N_L の値が 1~10 について、縞モードたわみ共振の有無、縞モード時の電気インピーダンス、尖鋭度を測定した。この結果を Table1 に示す。表より、 N_L の値が 1,7 以外の時に縞モード共振が出ており、尖鋭度は 1100 前後であることがわかる。

次に N_L の値が 1~10 までの振動板について、2 枚の振動板間の角度を 80~280 deg. まで 10 deg. ずつ変化させ、縞モードたわみ共振の有無、縞モード時の電気インピーダンス、尖鋭度を測定した。Fig.4 は角度と電気インピーダンスの関係、Fig.5 は角度と尖鋭度の関係を示す。両図より、 θ が 90 deg. 及び 270 deg. 付近では電気インピーダンスは高く、尖鋭度は低くなっており、 θ が 180 deg. 付近では電気インピーダンスは低く、尖鋭度は高くなっていることがわかる。また、 θ が 180 deg. を境にほぼ左右対称になっている。

5. おわりに

以上の結果、2 枚の凸端駆動による矩形たわみ振動板を縞モード共振で良好に駆動させるには、振動板間の角度を 180 deg. 付近にすれば良好に駆動できることがわかった。

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]梅澤弘充, 三浦光: 日本音響学会研究発表論文集, 1291-1292, (2010.3).
 [4]石川整, 三浦光: 日本音響学会研究発表論文集, 1363-1364, (2008.9).
 [5]梅澤弘充, 三浦光: 日本音響学会研究発表論文集, 1239-1240, (2010.9).

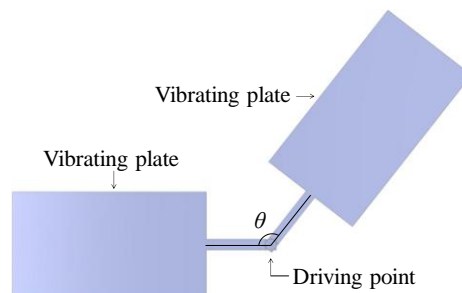


Fig.3 Angle of two vibrating plates.

Table1 Occurrence of striped mode at resonance, resonance Frequency, electric impedance and quality factor. ($N_w=5.2, W=98.1 \text{ mm}$)

N_L	L [mm]	stripd mode at resonance	resonance frequency [kHz]	electric impedance [Ω]	quality factor
1	9.4	×	—	—	—
2	28.3	○	19.827	28.5	1102
3	47.1	○	19.885	24.6	1105
4	66	○	19.854	36.8	1045
5	84.9	○	19.823	37.4	1101
6	103.7	○	19.864	30.6	1242
7	122.6	×	—	—	—
8	141.4	○	19.836	52.1	1240
9	160.3	○	19.843	55.5	1102
10	179.1	○	19.859	64.2	1241

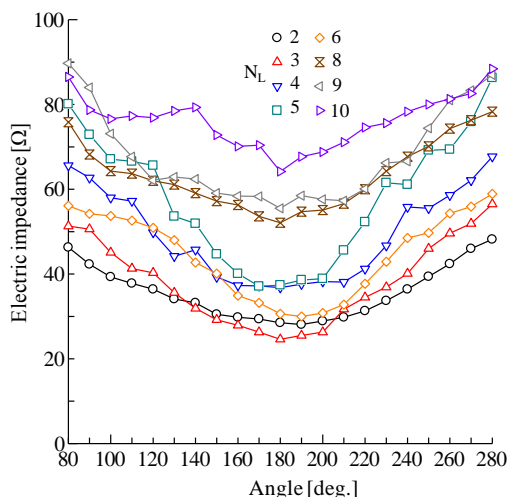


Fig.4 Relationship between angle and electric impedance.

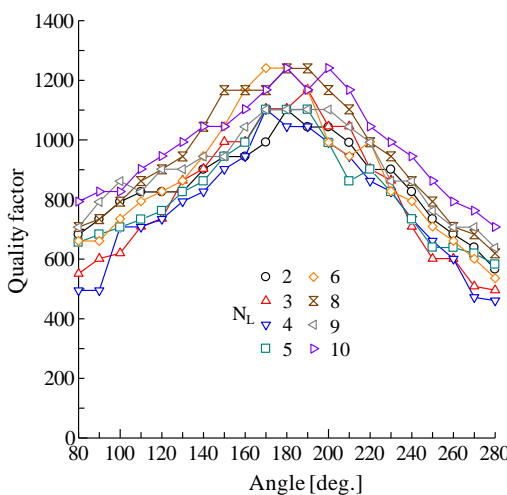


Fig.5 Relationship between angle and quality factor.