

凸端駆動縞モードたわみ振動板型空中超音波音源と
平行及び垂直反射板を用いた定在波音場の形成

Formation of aerial standing wave field using an ultrasonic source by striped mode
vibrating plate with jut driving point and parallel and vertical reflectors.

内藤広基¹, 梅澤信介², 浅見拓哉³, 三浦 光³
Koki Naito¹, Shinsuke Umezawa², Takuya Asami³, Hikaru Miura³

Abstract: There are ultrasonic sources used a vibrating plate as the source that radiates intense sound wave in the air. But, the driving point obstruct sound waves which radiate in the air. For the reason, the vibrating plate of the shape of the outside driving point was considered. In this study, the new sound source of the structure to produce intense sound wave using this ultrasonic source was investigated. To structure the standing wave field, one parallel reflector and two vertical reflectors were used. As a result, the intense standing wave field could get by using these reflectors.

1. はじめに

空气中に強力な音波を放射する音源である縞モード矩形たわみ振動板や格子モードたわみ振動板を用いた音源により、閉じた空間内に強力な定在波音場を形成することができる^[1]。筆者らは、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型音源^[2]を用いて強力な超音波を発生させるため、振動板を複数枚用いた構造の新型音源の開発を行っている。これまで、その予備的な検討として、1枚の縞モードたわみ振動板に1枚の平行な反射板と2枚の垂直反射板を設置して強力な定在波音場を形成できることを明らかにしている^[3]。本稿では、平行な反射板を振動板の音波放射の鉛直成分の2波長の位置に設置し、さらに2枚の垂直反射板を用いて形成する定在波音場と音場内の音圧分布について検討を行った。

2. 超音波音源と定在波音場の形成方法

Fig. 1 は定在波音場を形成する部分とそのための超音波音源の概略である。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(振幅拡大比 7.0)を接続し、その先端に縦共振棒(直径 10 mm、長さ 107 mm)を取り付け、凸端駆動縞モードたわみ振動板をネジで結合したものである。振動板(厚さ 3 mm)の寸法は短辺 122.6 mm、長辺 173.5 mm に、短辺 10 mm、長辺 64.7 mm の凸端部が付いているものである。定在波音場を形成するため、振動板と平行に反射板を設置し、さらに、振動板と垂直に2枚の反射板を設置した。平行反射板(厚さ 8 mm)の寸法は振動板と同一である。垂直反射板(厚さ 8 mm)は駆動点から離れている反射板を A とし、駆動点に近い反射板を B とし、その寸法は短辺 50 mm、長辺 173.5 mm である。なお、座標軸は図に示すように駆動点の中心を原点とし、振動板の短辺方向を X 軸、長辺方向を Y 軸、板面

に垂直な方向を Z 軸とした。

3. 平行反射板位置の検討

始めに、平行反射板のみを設置した場合の音場の形成について検討するため、図 1 の赤矢印で示すように振動板と平行反射板との距離を変えたときの電気インピー

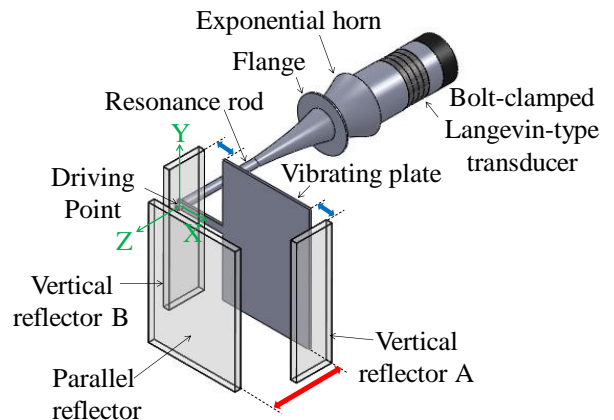


Fig.1 Outline of the ultrasonic source.

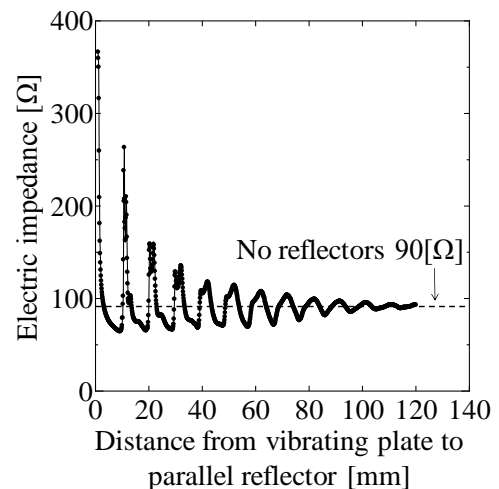


Fig.2 Relationship between the position of parallel reflector and electric impedance.

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

ーダンスを測定した。測定条件は共振周波数 19.8 kHz, 入力端子電圧 5 V 一定とした。Fig. 2は測定結果を示す。図は横軸に振動板から平行反射板までの距離、縦軸に電気インピーダンスをとっている。図中の点線は反射板を設置しない場合の電気インピーダンスである。図より電気インピーダンスの極大値は約 10 mm 間隔で現れていることがわかる。これより、平行反射板は電気インピーダンスが極大の位置に設置すれば良いことがわかる。また、この位置は音波の Z 軸方向にできる音波の波長の 1/2 の間隔であり、この時に極大が得られている。

4. 垂直反射板位置の検討

次に、垂直反射板の設置位置について検討するため、平行反射板を電気インピーダンスの極大値の位置の 1 つである 42.0 mm に固定し、図 1 の青矢印で示すように垂直反射板 A, B をいずれか一方だけを設置、または両方とも設置し位置を変化させた場合について、電気インピーダンスの測定を行った。測定条件は 3 節と同様である。Fig.3は測定結果を示す。図は横軸に振動板の端から垂直反射板面までの距離、縦軸に電気インピーダンスをとっている。図中の点線は平行反射板のみを設置した場合の電気インピーダンスを示している。図より、電気インピーダンスの極大値はいずれの場合も振動板端と垂直反射板の距離が 1mm, 14mm で得られていることがわかる。この位置は音波の X 軸方向にできる音波の波長のほぼ 1/2 間隔で得られている。

5. XZ 平面の音圧分布

反射板を設置した場合に形成される定在波音場の音圧分布について検討するため、プローブ付きコンデンサマイクロホンにより、XZ 平面における音圧分布を測定した。なお、この振動板は X 軸方向にたわみ振動しているため、Y 軸方向の音圧は一樣である。2 枚の垂直反射板の設置位置は電気インピーダンスが最も高く得られた、振動板端から垂直反射板までの距離が 1 mm とした。測定は入力電力 0.5 W 一定で、Y=0 mm の位置で行った。Fig.4(a)~(c)は測定結果である。図(a)は反射板なしの場合、(b)は平行反射板のみの場合、(c)は平行反射板と 2 枚の垂直反射板ありの場合である。図は

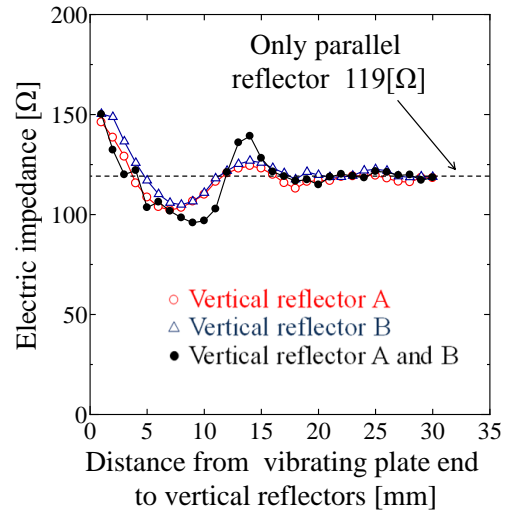


Fig.3 Relationship between the position of vertical reflector and electric impedance.

いずれも横軸に X 軸方向の距離、縦軸に Z 軸方向の距離をとっており、全てのマイクロホン出力電圧の最大値で規格化した値を色の濃淡で示している。図(a)は X 軸方向のみに定在波音場が形成され、その間隔は約 19 mm で、音圧は Z 方向に一樣になっている。図(b), (c)は X 軸および、Z 軸方向に定在波音場が形成され、音圧が高くなっている間隔は X 軸方向が約 19 mm, Z 軸方向が約 10 mm である。また、音圧は平行反射板を設置することによって、反射板を設置しない場合に比べて高くなり、さらに 2 枚の垂直反射板を設置することによって、さらに高くなることがわかる。

6. おわりに

凸端駆動縞モードたわみ振動板型超音波音源に平行反射板と垂直反射板を設置した場合について、音場の検討を行った。その結果、これらの反射板を設置することによって、より強力な定在波音場が得られることがわかった。

参考文献

- [1] 伊藤洋一, 日本音響学会誌, 41, pp.144-148, 1985.03.
- [2] H. Miura, 他 1 名, J. J. Appl. Phys., 48, 07GM10, 2009.
- [3] 内藤広基, 浅見拓哉, 三浦 光, 音学講論(秋季), pp.1209-1210, 2013.9.

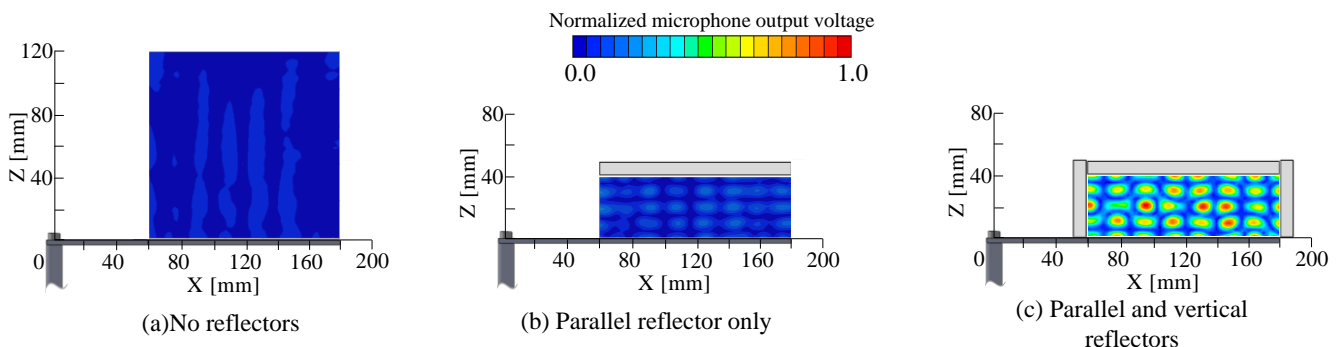


Fig. 4 Sound pressure distribution in the XZ plane.