

40kHz 用 4 節円モード段つき円型振動板の設計*

日大生産工 中根偕夫 日大生産工 大塚哲郎
日大生産工(学部) 仲瀬正樹 日大生産工 松原三人

1 はじめに

強力でかつ鋭い指向性をもつ音源として段つき円型振動を用いた音源がある。これはランジュバン型振動子を振動させ、エクスポネンシャルホーンで微小振幅を拡大し中心駆動させた音源であり、ピストン音源に似た性質を持つ。

本報告では、より強力な超音波の放射と鋭い指向性を兼ね備えた音源を開発するという目的とし、設計周波数 40kHz、厚さ 2mm の平面振動板を基本として 4 節円モードの段つき円形振動板^[1]を設計した。その結果、外径 50mm、指向性 5 度を持つ段つき振動板を設計することができたので報告する。

まで 40kHz を中心に +5kHz、-11kHz の変化あることを示している。これらにより共振周波数が高くなると、駆動点側の node の位置が大きく変化することを示している。

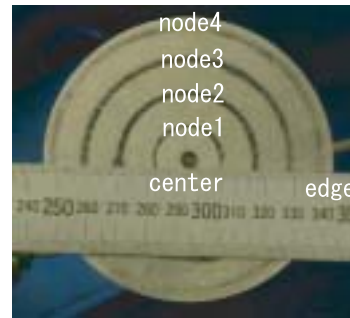


Fig. 1 クラドニ砂図による振幅分布の確認

2 平面円形振動板の特性

段つき円形振動板の設計は、平面円形振動板の振動状態を基本とするため、その一例を Fig.1 示す。

図は半径 50mm、厚さ 2mm のジュラルミン (JIS2017) 円板を中心駆動し、クラドニ砂図により節円 (振幅分布の節) を確認したものである。図より、節円は中心側から順に node1 から node4 まであり、4 節モードの平面円形振動板であることがわかる。

次に 4 節モード段つき円形振動板を設計するためのデータとして、半径 36mm ~ 51mm の平面円形振動板を中心駆動し、節円の変化、共振周波数の変化を測定した結果、Fig.2 を得た。図より、節円の発生位置は、半径増加に伴い外側に移動するが、node1 ~ node4 の比例係数はそれぞれ 0.70、0.74、0.84、0.90 となり、測定半径内では、半径が小さいほど、駆動点側の node の位置が大きく変化することを示している。また、同図中の共振周波数より、45kHz ~ 29kHz

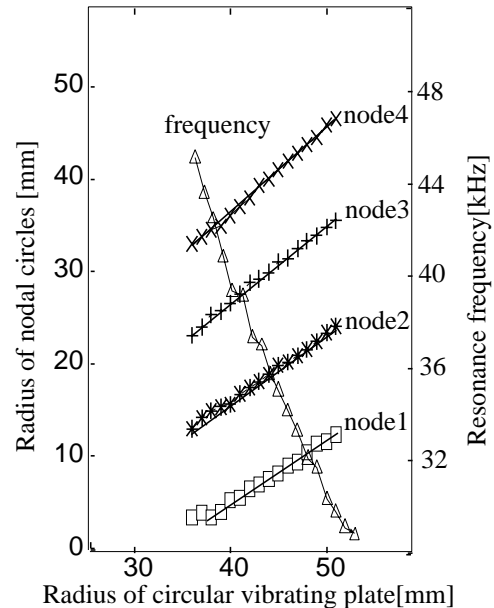


Fig. 2 外径に対する node の位置と共振周波数特性

* Design of stepped circular vibrating Plate with 4 nodal circle mode for 40kHz. by Tetsuro OTSUKA, Masaki NAKASE, Tomoo NAKANE and Mitsuhiro MATSUBARA

3 段つき円形振動板の特性

(1) 振動姿態の検討 Fig.2 のデータを基本として、40kHz の 4 節円モード段つき円形振動板を設計するため、半径 50mm の平面円形振動板を基本とし、Fig.3 に示す形状の段つき円形振動板を試作し、振幅姿態の検討を行った。

まず、設計した段つき円形振動板の形状を基に、工学解析ソフト (ANSYS) [2] を用いて振動姿態のシミュレーションを行った。段つき円形振動板の節点の位置は、平面円形振動板の節点の位置に比べ、わずかに内側へ発生する傾向があるため、それらを考慮し $r1 \sim r4$ を最適な位置へ設計した結果、Fig.3 中実線の分布が得られた。計算は、メッシュの分割単位を 0.5mm としてモード解析した結果より、厚み方向成分で示したものである。図より、4 節円モードで振動することが確認できた。

次にこの段つき円形振動板を旋盤加工で切り出して中心駆動し、フォトニックセンサを用いて振幅分布を測定した結果、図中の点線が得られた。図より最大振幅は、中心から 22mm の点で $7\mu\text{m}$ (片振幅) が得られた。また振幅分布の節に着目すると実験値と計算値はほぼ一致している。

(2) 音源としての検討 試作した 4 節円モード段つき振動板を中心駆動し、音源としての特性を検討した。まず、指向特性の測定は、1/4 コンデンサマイクロホンを半径 50cm の円周上で回転し、中心軸上で規格化した結果、Fig.4 を得た。これよりビーム幅 5 度の指向特性が得られている。これは、20kHz、28kHz のそれと比較すると、約 1/2 となり 40kHz にすることで指向特性の改善が可能となったことを示している。

次に中心軸上音圧分布を、振動板から 550mm まで測定した結果、Fig5 を得た。図より中心から 76mm で最大音圧が得られることがわかる。

4 おわりに

40kHz 用 4 節円モード段つき円形振動板を設計した結果、半径 50mm の平面円形振動板を基本として設計することができ、指向性 5 度の音場を構築できた。今後は音源形状の小型化

として 40kHz で 2 節円モード段つき円形振動板を設計する予定である。又、工学解析ソフトは大学の生産工学研究所所有のものを利用させていただいたので謝意を表す。

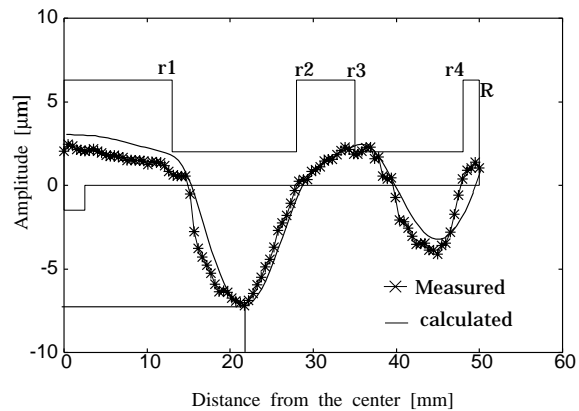


Fig. 3 段つき円形振動板の振動振幅分布

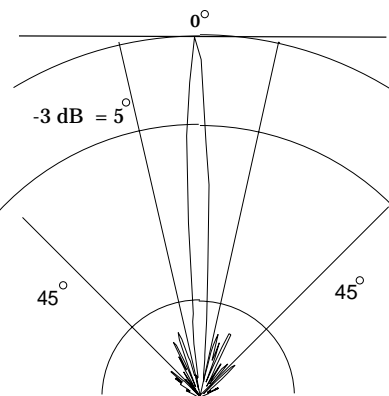


Fig. 4 指向特性

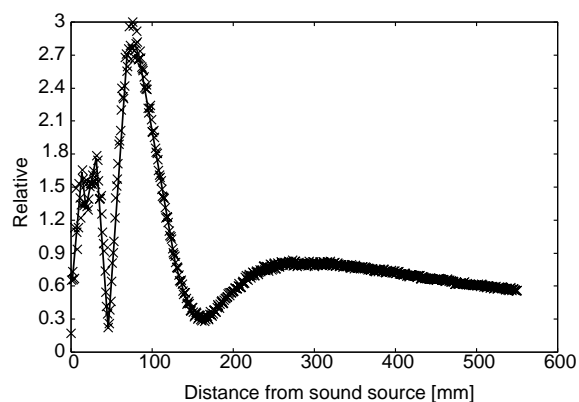


Fig. 5 中心軸上音圧分布

参考文献

- [1] 大塚・丸岡・瀬谷、4 節円モード段つき円形振動板について、電気電子通信学会 (1991)US91-54 p p 7-9,
- [2] 理工学社、ANSYS 工学解析入門