

L-4

## ステップホーン一体構造の 40 kHz 用小型ボルト締めランジュバン型振動子の解析

## Analysis of a miniaturized 40 kHz bolt-clamped Langevin transducer with an integrated step-horn

○西川博基<sup>1</sup>, 三浦 光<sup>2</sup>, 浅見拓哉<sup>2</sup>\*Hiroki Nishikawa<sup>1</sup>, Hikaru Miura<sup>2</sup>, Takuya Asami<sup>2</sup>

Abstract: In ultrasonic nondestructive testing, the use of phased array technology using airborne ultrasonic sources has been considered. However, conventional airborne ultrasonic sources generate grating lobes in addition to the main lobe. To solve this problem, the authors are developing a small airborne ultrasonic source that does not generate grating lobes. In this paper, we investigated the vibration displacement amplification structure of the airborne ultrasonic source. As a result, the examined structure achieved a large amplification ratio, but mode superposition was a concern.

## 1. はじめに

超音波非破壊検査においては、複数個の空中超音波源を使用した超音波フェーズドアレイを用いることが検討されている<sup>[1]</sup>。しかし、従来の空中超音波源では、メインローブに加えてグレーティングローブが発生し、意図しない方向へ音波が放射される問題がある。

本課題を解決するため、筆者らは放射音波の半波長以下となる 4 mm 角の放射面を有し、グレーティングローブが発生しない 40 kHz 用ボルト締めランジュバン型振動子（以下、振動子）の開発を行なっている<sup>[2]</sup>。

本稿では、振動子の振動変位拡大構造について、有限要素法 (FEM) である COMSOL を用いた解析による検討結果を報告する。

## 2. 振動子の設計

Figure 1 は本研究で検討した振動子の概略図である。同図(a)および(b)は振動子、同図(c)は M3×0.5 で先端部がテーパ形状のネジを示す。振動子はステンレス製ブロックから構成され、放射面が円形となるステップホーン構造を備える。振動面からステップ部の長さは  $L2/4 + 9.5$  mm である。ブロック中央に設けた空間に圧電素子および銅電極を挿入し、右側からネジで固定する構造とした。ネジと電極はステンレス製ブロックを介して接触応力を分散させている。

この振動子の最適寸法を決定するため、COMSOL6.3 を用いたモーダル解析を実施した。条件は、ネジの全

長を  $L1$ 、振動子の全長を  $L2$  と定義し、これらの値を変化させ、40 kHz 付近で縦振動の半波長共振を生じる振動モードを求めた。そして、得られた振動モードの放射面の振動変位からネジ側端面の振動変位を割った拡大比を算出し、拡大比が最大となる寸法を求めた。

結果として、 $L1 = 25.0$  mm,  $L2 = 64$  mm の時、拡大比が 3.0393 となったが、たわみ振動モードと縦振動モードの共振周波数が近接していた。

## 3. おわりに

本研究では、ステップホーン一体構造の 40 kHz 用小型ボルト締めランジュバン型振動子を有限要素法解析による検討を行った。

結果として、検討した振動子では最大拡大比が約 3 を達成したものの、たわみ振動モードと縦振動モードの共振周波数が近接しており、モードの重畳が懸念される。

なお、本研究の一部は日本特殊陶業(株)との受託研究により実施されたものである。

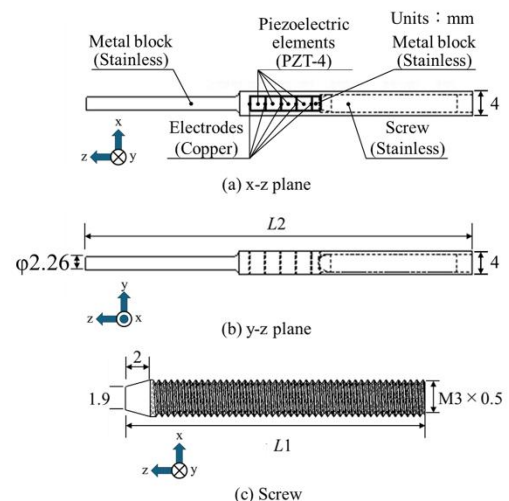


Figure 1. Schematic of bolt-clamped Langevin type transducer<sup>[3]</sup>

## 参考文献

- [1] 清水 他, 信学技報, 120(377), US2020-68, pp. 10-13, 2021.  
 [2] 塚本 他, 音講論 (春), pp. 57-58, 2025.  
 [3] 西川 他, 音講論 (秋), pp. 135-136, 2025.