

**縦振動の十字型方向変換を利用した空中超音波音源の検討(4)**  
**Examination on a high power Aerial Ultrasonic Generator using a Cross type**  
**Direction Changer for Longitudinal Vibration(4)**

○田上広顕<sup>1</sup>, 細川賢治<sup>2</sup>, 大隅歩<sup>3</sup>, 伊藤洋一<sup>3</sup>  
 \* Hiroaki Tanoue<sup>1</sup>, Kenji<sup>2</sup>, Ayumu Osumi<sup>3</sup>, Youichi Ito<sup>3</sup>

Abstract: This report proposes the method of driving multiple vibrating plates by using the cross type vibration transmission rod assembly to increase the output from an ultrasonic sound source. To establish the design method for forming the multistage of cross type vibration transmission rod assembly, we made vibration simulations and trial-manufactured the multistage of cross type vibration transmission rod assembly. As a result, we found that multiple vibrating plates could be excited by using the multistage of cross vibration transmission rod assembly.

**1. はじめに**

大容量の空中超音波エネルギーを発生させる音源としては、超音波振動子に振幅拡大ホーンを取り付け、その先端に振動伝送棒を介して縞モードたわみ振動板を取り付ける構造のものが最も実用的である。<sup>[1][2]</sup>この音源の出力増強を目的に、振動伝送棒を十字型の形状にして複数の振動板を駆動する方法を提案した。<sup>[3]</sup>

ここでは、十字型伝送棒を多段に拡張する場合の設計方法を確立するため、振動シミュレーションと試作による検討を行い、4 段式の高出力音源を実現している。

**2. 十字型伝送棒の構造と寸法**

Fig. 1 は使用した十字型伝送棒の構造と、それを 4 段接続した超音波音源の概略である。

定格 19.5kHz のボルト締めランジェバン振動子 (B.L.T.) に振動振幅拡大のためエキスポネンシャルホーンをネジで取り付け、その先に十字型伝送棒を取り付けている。

Fig.1 (a) のように、1/2 波長共振の長さの伝送棒 C1 の径方向の応力が最大となる中央に切り込みを設け、その部分に 1/4 波長共振の長さの伝送棒 SL1, SR1 を垂直に両側から挟みこむようにネジで連結している。各十字型伝送棒の間には、1/2 波長共振の長さの伝送棒 C2, C4, C6 を介して 4 段接続している。また横伝送棒 SL1, SR1 の端にはそれぞれ振動板を取り付けるためのネジ(ステンレス製)とスペーサを付けてある。

**3. 実験**

**3.1 伝送棒の長さの検討**

**3.1.1 縦伝送棒の長さの検討**

まず、所望の共振周波数を得るために縦伝送棒の長さ検討をする。前回までの検討を基に、縦伝送棒 C1, C3, C5, C7 の長さを 100mm, 縦伝送棒 C2, C4, C6 の長さ

を 126mm, 横伝送棒の長さ S1, S2, S3 の長さは振動板を取り付けるためのネジを含めて 120mm とした。なお、使用した伝送棒は全て直径 12mm のジェラルミン製である。

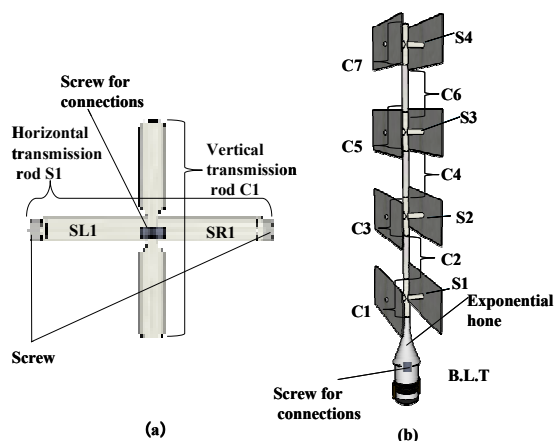


Fig.1 Experimental device

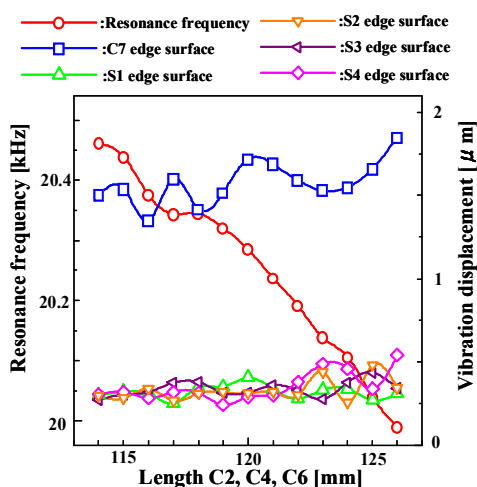


Fig.2 Vibration amplitude VS. length C2, C4, C6

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

まず、縦伝送棒 C2, C4, C6 の長さを 114mm から 126mm まで変化させて、調節を行った。

Fig. 2 はその結果である。横軸に縦伝送棒の長さ、縦軸に音源全体の共振周波数と振動振幅をとった。縦伝送棒(C7), 及び横伝送棒(S2, S3, S4)の先端での振動振幅はあまり変化していないことがわかる。また、一方、音源の共振周波数は、縦伝送棒の長さにおいてほぼ直線的に変化し、長さが 115mm (縦伝送棒全長が 745mm) のとき、所望の周波数である 20.40kHz 付近になった。

次に、振動解析ソフト ANSYS を用いて十字型伝送棒が良好な振動を得られているか確認を行った。Fig. 3 はその結果であり、全ての横伝送棒にたわみ振動が発生しているのがわかる。そこで、横伝送棒の接続位置を調節した結果、Fig. 4 に示すように良好な振動が得られることがわかった。

### 3.1.2 横伝送棒の長さ検討

上記の結果を基に横伝送棒の長さ検討を行う。縦伝送棒の全長を 745mm 一定として、横伝送棒 S1, S2, S3, S4 の長さを 114mm から 120mm まで変化させたときの各端面の共振周波数と振動振幅を測定した。Fig. 5 がその結果である。横伝送棒の長さが 116mm のとき、各伝送棒の端面に良好な縦振動が発生することがわかった。

### 3.2 振動板を取り付けた時の音源の供給電力特性

上記の結果を基に、横伝送棒の各端面に特性のほぼ揃った縞モードたわみ板 8 枚(ジェラルミン製、共振周波数 20.40kHz, 137.8×359×2mm)を取り付け、供給電力に対する各端面の振動振幅特性を測定した。Fig. 6 はその結果である。図より、全ての端面において供給電力に対して 1/2 乗に比例した振動振幅が得られていることを確認した。また、振動振幅が 10 $\mu$ m のとき、300W の電力を供給することができた。

## 4. まとめ

空中超音波音源の大容量化を目指し 4 段式十字型伝送棒の音源の各種振動特性について検討した。

その結果、伝送棒の各端面 (9 端面) において良好な縦振動を確認できた。また、8 枚の縞モード振動板を取り付けた場合でも良好な駆動が行え、十字型伝送棒の段数を増加することで音源への供給電力をより増強することができた。

## 5. 参考文献

- [1] 山根,伊藤,川村:日本音響学会誌,396 号,pp.380-387 (1983)
- [2] 井出,伊藤:音講論(秋), pp. 1279-1280, 2007.9
- [3] 金田,伊藤:日本音響学会春季研究発表会講演論文集, p152 (2010.3)

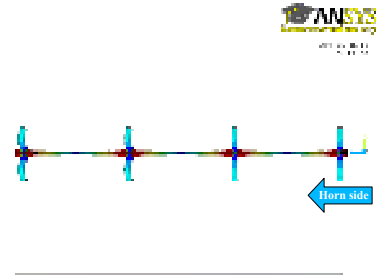


Fig. 3 Vibration analysis of longitudinal vibration equipment with two cross type transmission rod

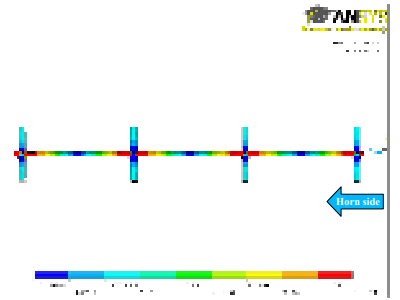


Fig. 4 Vibration analysis of longitudinal vibration equipment with two cross type transmission rod (After improvement)

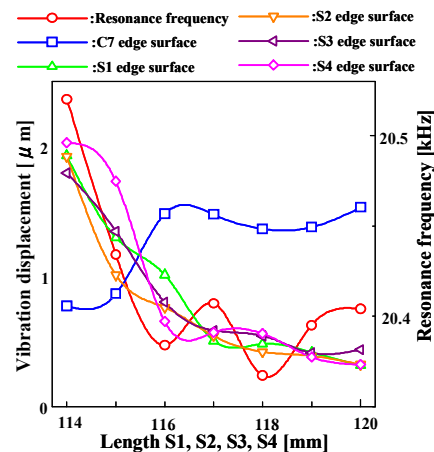


Fig. 5 Vibration amplitude VS. length S1 ,S2, S3 ,S4

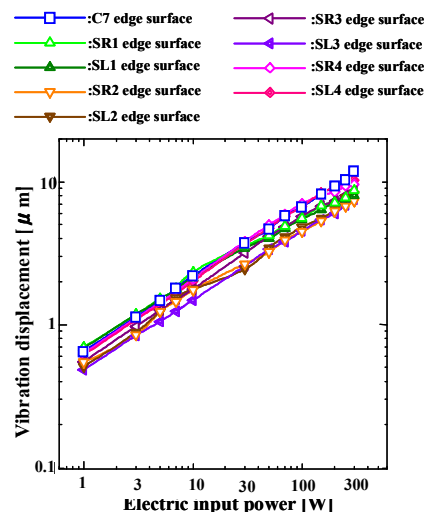


Fig.6 Relationship between longitudinal vibration amplitude and Electric input power