

浮揚物体近傍の音圧分布に関する研究*

日大生産工 (学部) 岡部 絢哉 日大生産工 大塚 哲郎

1 はじめに

強力定在波音場内に微小物体を挿入すると、音響エネルギーにより微小物体を空中に浮揚させる力が働き、物体を音圧分布の節に保持することができる。この時物体は、その形状、重心位置などによる複雑な回転をする。

本研究は、浮揚物体が回転する原因を解明するための一方法として、浮揚物体近傍の音圧分布を実験的、解析的に検討したので報告する。

2 音源

使用した音源は、ANSYS Mecanical APDL を用いて、外径 64.3mm、共振周波数 28.145kHz のジェラルミン製 2 節円モード段つき円形振動板とした。

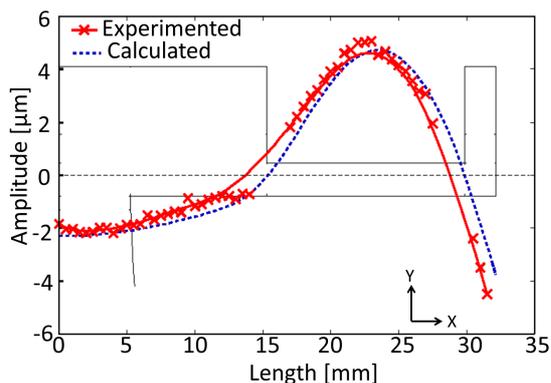


Fig. 1 Vibration distribution

Fig.1 に振幅分布を示す。測定値は Fotonic Sensor を用いて振動板表面の Y 方向変位を示している。また前述の ANSYS を用いてモーダル解析し、振動板表面の Y 方向変位を図中点線で示した。この時の大きさは、実測値の最大点で規格化し表示した。

図より振幅分布はほぼ一致しており、節の位置も振動板の凹部両隅にあり、2 節円モードの段つき円形振動板が設計できていることわかる。

3 音圧分布

Fig.2(a) に振動系全体の構成を示す。段つき円形振動板は、28kHz 用 BLT にエクスポネンシャルホーンを接続して中心駆動した。次に強力定在波音場は、Fig.2(b) の様に振動板上部 46.5mm に厚さ 5mm のアクリル製反射板を設置し、振動板、パフル、反射板を平行に調整し音場を構築した。

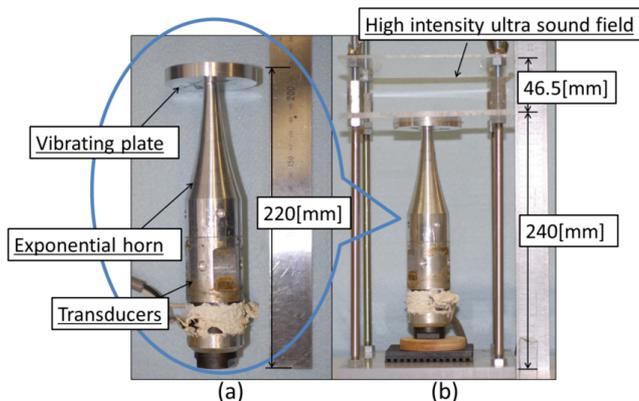


Fig. 2 Creating a sound field

Fig.3(a), (b) に実測値とシミュレート例の音圧分布を示す。実験は 1/4 インチコンデンサマイクロフォンの先端にジェラルミン製プローブチューブを貼り付け、音場内を 0.25mm 間隔で走査し、音圧分布を測定した。シミュレート結果は実験結果と一致しており、実際の音圧分布が計算できていると考える。

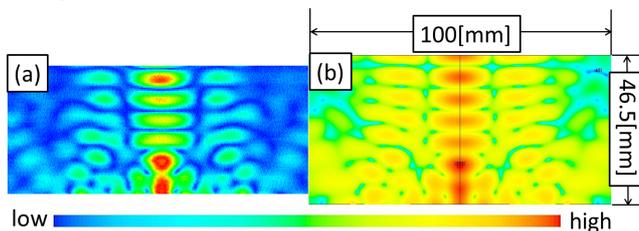


Fig. 3 Sound pressure distribution

また、Fig.4 に音圧分布のシミュレート法を示す。シミュレートでは振動-音響連成解析を行った。

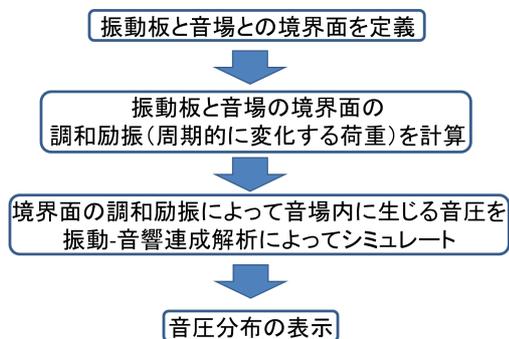


Fig. 4 Vibration-Sound coupling analysis

*Sound pressure distribution close to the levitated particles.

4 超音波浮揚

4.1 浮揚物体近傍音圧分布

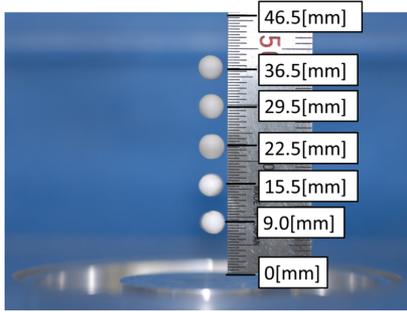


Fig. 5 Small particles levitated in high intensity ultrasound field

Fig.5 に製作した強力定在波音場に直径 4mm の球形発泡スチロールを浮揚させたものを示す。これより浮揚位置を決定し、前述で示した手順を用いて、強力定在波音場内に浮揚物体がある場合のシミュレートを行った。

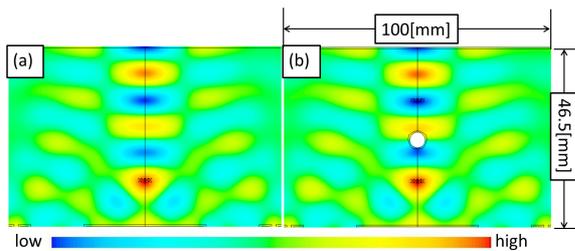


Fig. 6 Sound pressure distribution

Fig.6(a) は浮揚物体なし、(b) は浮揚物体ありのシミュレート結果である。この時、浮揚物体は音場内固定で、音場内の音圧分布変化をはっきりするために、浮揚物体表面の吸音率は 0.0(完全反射)とした。

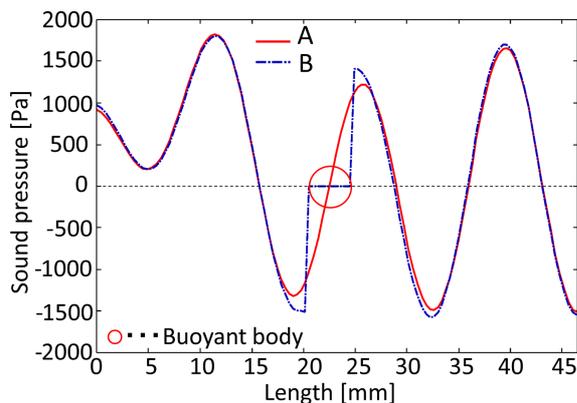


Fig. 7 Sound pressure distribution on the central axis

Fig.7 に Fig.6(a)、(b) のシミュレート結果より、振動板から反射板までの中心軸上音圧分布を抜き出し、比較した結果を示す。Fig.7 の A は浮揚物体な

し、B は浮揚物体がある場合のシミュレート結果である。

4.2 浮揚物体表面の吸音率

浮揚物体表面の吸音率を変化させた場合のシミュレートを行った。

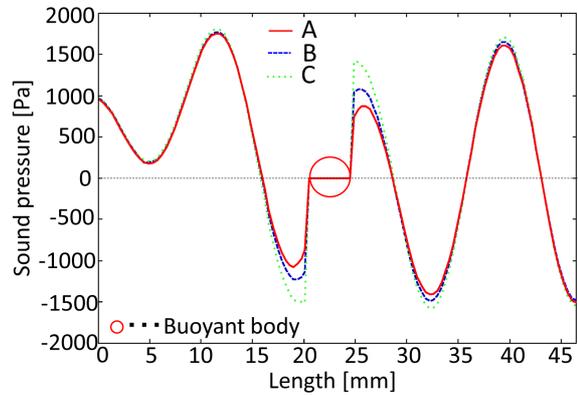


Fig. 8 Sound pressure distribution on the central axis

Fig.8 に浮揚物体表面の吸音率を 0.0、0.5、1.0 と変化させ、振動板から反射板までの中心軸上音圧分布を比較した結果を示す。吸音率は 0.0 ~ 1.0 の範囲で、0.0 が完全反射、1.0 が完全吸音を示している。Fig.8 より、吸音率により浮揚物体近傍の音圧分布が変化することがわかる。

5 まとめ

段つき円形振動板の音響特性を ANSYS Mechanical APDL でシミュレートし、浮揚物体近傍の音圧分布を検討した。振動板の振幅分布の実測値とシミュレート値はほぼ一致した。このデータを基に振動-音響連成解析し、定在波音場内の音圧分布を計算した。その結果、実測値とシミュレート値はほぼ一致したので、計算過程は正しいと言える。

次に浮揚物体の吸音率を変え、浮揚物近傍の音圧分布を計算した結果、吸音率により超音波エネルギーが吸音され、音圧が変化することがわかった。従って浮揚させる物体の物理定数が変わると音圧分布も変化し、浮揚物体近傍の変動(振動)、回転、あるいは発熱による形状変化が発生すると見られる。今後これらを詳細に検討する必要がある。

参考文献

- [1] ANSYS13.0 版 ANSYS Mechanical APDL 連成場解析ガイド P4-5
- [2] 理科年表 平成 18 年度 P416-421
- [3] ANSYS サポートセンター PDF 資料 音響 構造連成周波数応答解析 P1-14