

微小物体の超音波浮揚について*

日大生産工

大塚哲郎、中根偕夫、松原三人

1 はじめに

強力定在波音場内に微小物体を挿入すると、音圧分布の節に浮揚することが分かっている。また浮揚物体が液滴の時は、音圧の大きさにより液滴形状が変化することも分かっている。

本報告は、微小物体として円柱を使用し、音圧の大きさに対する円柱の浮揚状態や回転速度を検討した。さらに、円柱近傍の媒質をスモークワイヤ法と高速度カメラで測定することにより、流れがあることが分かったので報告する。

2 音圧分布と浮揚状態の確認

音源は、直径 84mm の 20kHz 用 2 節円モード段つき円形振動板を使用し、64mm 離して反射板を設置し定在波音場を構築した^[1]。Fig. 1 に実験装置全体を示す。

使用した円柱は、直径 D と高さ H が空中超音波の 1/2 波長以下とし、 $D > H$ 、 $D = H$ 、また $D < H$ の 3 種類を製作して使用した。Fig. 2 にその 3 種類の寸法を示す。ここで円柱に超音波浮揚実験はすでに筆者らが報告^[2]しているが、浮揚位置や回転数の測定を精度よく測定するため、再実験したものである。

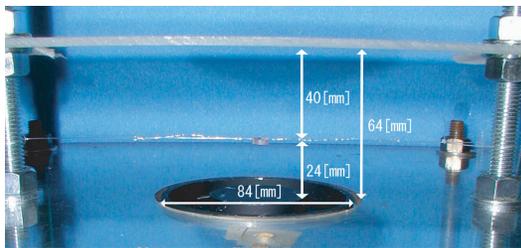


Fig. 1 Experimental setup of ultrasonic levitation for small plastic column.

次に、音圧分布と 3 種類の円柱が浮揚している様子を Fig. 3 に示す。図の左は音圧分布を相対値で示しており、図の下が音源側、上が反射板側である。浮揚物体は図中の X で示した音圧分布の節に浮揚する。図の右側には、円柱が浮揚する様子を示している。まず A は図中に描き加えた回転軸を中心に左回転し、回転軸の変動は殆どなく安定して浮揚している。B は、直径と高さがほぼ等しい形状の円柱であり、この回転軸は垂直方向から若干傾き、この軸を中心に

回転することが分かった。さらに、C では高さの方が長い場合であり、回転軸はほぼ水平にあり、この軸を中心として回転しながら浮揚していることが分かった。

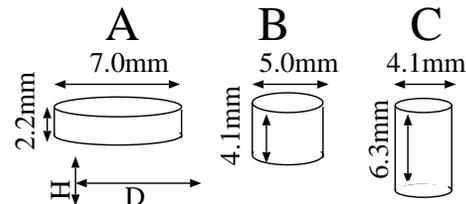


Fig. 2 Three types of small plastic columns.

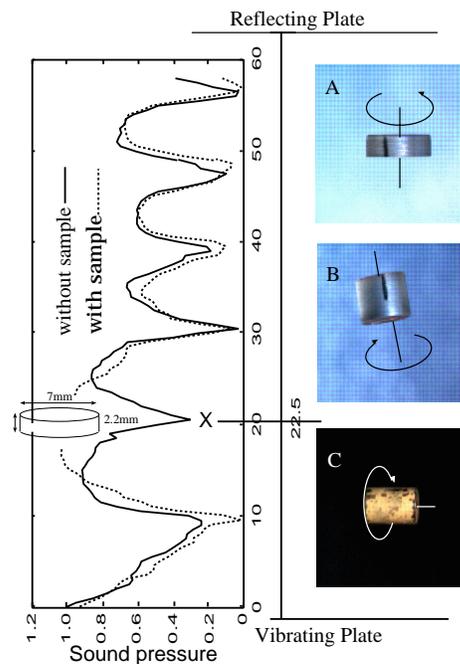


Fig. 3 The left figure shows relative sound pressure distribution. The pictures A, B, and C on the right were captured while levitated at the sound pressure node marked by X.

3 回転数と浮揚位置

浮揚している円柱を高速度カメラで撮影した結果、回転していることが分かり、安定して浮揚する円柱 A を使って回転速度を測定した結果、Fig. 4 を得た。図より入力増加により円柱の回転はばらつきはあるものの遅くなる傾向にあることが分かった。

この実験中、円柱の浮揚位置が音圧により変化することが分かり、詳細に検討した結果、

* Ultrasonic Levitation of Fine Particles. by Tetsuro OTSUKA, Tomoo NAKANE and Mitsuhiro MATSUBARA

Fig. 5 を得た。図中の上には、入力 34mV と 50mV の浮揚状態を示しており、校正スケールから浮揚位置を推定した結果、下の図を得た。図より音圧増加により押し上げられることが分かった。

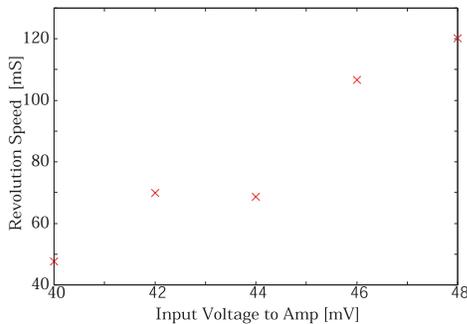


Fig. 4 Revolution speed varied with increasing sound pressure.

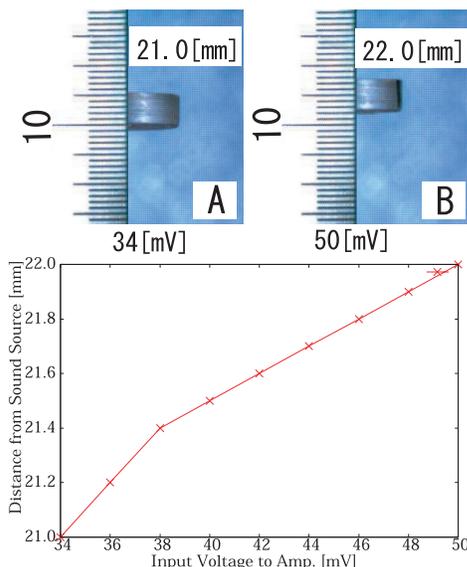


Fig. 5 Location of type A column used. Pictures in upper portion were captured by the high speed camera at 34 and 50 milli-Volt to the amplifier.

4 円柱近傍の媒質の流れ

円柱は安定して浮揚する A を使用し、流れの測定には、スモークワイヤ法^[3]と高速度カメラを用いて円柱近傍での媒質の流れについて実験した。ここで、前節で述べたように円柱は音圧の大きさにより浮揚位置が変化するため、実験では円柱 A を浮揚位置に固定して実験を行った。この実験は、液滴の浮揚実験^[4, 5]を行った際、液滴の表面に直流的な圧力が加わり、液滴が扁平することが予測^[1]されたため、液滴の扁平形状に近い円柱 A を使用し Fig. 6 のように配置し、液滴 (円柱 A) 近傍での流れを測定したものである。Fig. 7 は高速度カメラで円柱

近傍での流れを測定し、白煙発生から 30mS までを抜粋したものを示した。

図より、スモークワイヤから発生したパラフィンミストは、円柱の表面方向に引かれるように進み、約 20mS 後には表面から反射して来るような直流的な流れがあることが分かった。

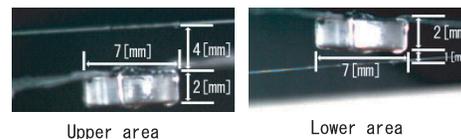


Fig. 6 Location of the smoke wire.

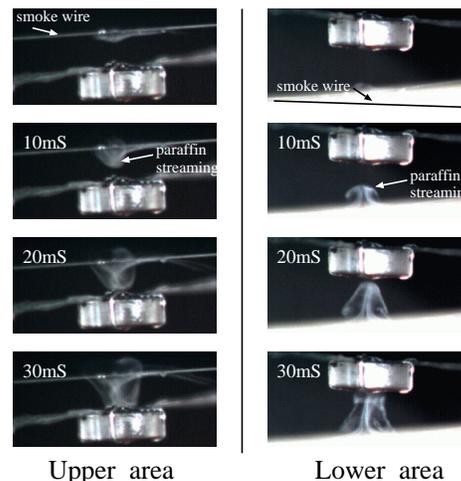


Fig. 7 Pictures showing the streaming close to the column.

5 おわりに

形状の異なる 3 種類の円柱を強力空中超音波音場内に挿入し、浮揚実験を行った結果、音圧を上げることにより回転スピードは遅くなることが分かった。また、浮揚している円柱に対し、直流的な流れがあることが確認された。これは、円柱の上下面が超音波の反射端となり、部分的に定在波が発生し、音圧分布の節から腹 (反射端) に向かう流れであると考えられる。従って、扁平した液滴に対しても同様な流れが働くと考えられる。

参考文献

- [1] 大塚, 中根, 音講論 (春), 1027-1028, 2005 .
- [2] Otsuka *et al.*, J.J.A.P. Suppl.29-1, Vol.29, 170-172, 1990 .
- [3] 浅沼, “流れの可視化ハンドブック,” 朝倉書店
- [4] 大塚, 中根, 日本大学生産工学部報告 A, Vol.38, No.1, 35-39, 2005
- [5] Otsuka *et al.*, J.J.A.P. Vol.41, 3259-3260, 2002 .