

強力超音波音場内での流れについて*

○大塚哲郎、中根偕夫 (日大生産工)

1 はじめに

段つき円形振動板音源から放射された音場により定在波を構築し、微小物体を浮揚すると、その物体は回転 [1] することが分かっている。今回は浮揚物体の周囲に発生する流れをスモークワイヤ法により測定し、回転の駆動力となる流れについて検討した。

2 音場

音源は 2 節円モード段つき円形振動板を使用し、19.98kHz で駆動した。また音源から 64mm 離して反射板を平行に設置し、定在波音場を構築した。音圧分布の測定は、B&K4138 を 0.25mm 間隔で音場内を走査して測定し、相対音圧分布で表示すると Fig. 1 を得た。図中の N は音圧分布の節であり、ほぼこの位置に微小物体が浮揚する。

3 音場中の媒質の流れ

流れの可視化は、スモークワイヤ法 [2] と高速度カメラを使用して行った。すなわち、直径 0.2mm のニクロム線に流動パラフィンを塗布し、瞬時電流を流すことにより白色微粒子が発生し、高速度カメラにより時系列で微粒子を測定した。使用した高速度カメラは、シャッタースピード 1/3000s、フレームレート 1000fps で使用した。

3.1 引き込み現象

液滴や発砲スチロール等微小物体は、Fig. 1 中の N にほぼ浮揚 (固定) され、これまでに浮揚物体近傍での媒質の流れを測定してきたが、音源近傍で白色ミストが音源方向に引き込まれる現象が見られた。Fig. 2 は、直径 3.5mm の発砲スチロールを音源から 21mm の中心軸上 (Fig. 1 中 N_1 付近) に浮揚し、smoke wire を中心軸から 4mm 外周側で音源から 10mm に設置して白色ミスト

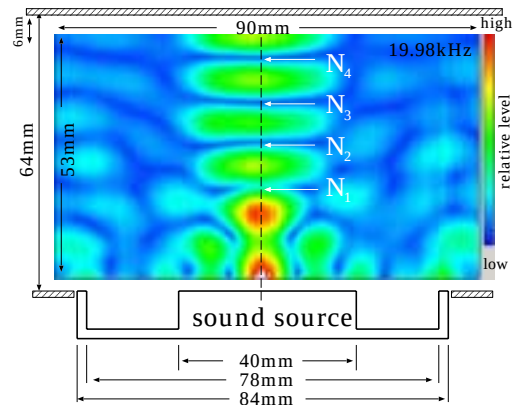


Fig. 1 Sound pressure distribution at the frequency of 19.98 kHz. Data was measured in the cross section of 90mm x 53mm.

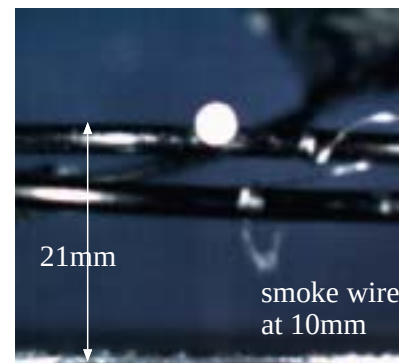


Fig. 2 Experimental setup of smoke wire.

の拡散過程を測定した結果、Fig. 3 が得られた。

図の左はミスト発生直後であり、右要項に 4ms 間隔で表示した。図より白色ミスト発生後、音源中心軸方向に引き寄せられ (330)、その後音源表面方向に渦巻き状に拡散する (304)。さらに白色ミストは音源表面で反射し (308)、竜巻状になりながら戻り波面内にリング状に拡散する様子が確認された。このリング状に拡散する位置は、音圧分布の腹の位置であることが推測 [3] 出来る。この音源近傍での竜巻状の流れは、線香の煙を連続的に供給した時 [4] にも確認された。

* Streaming of fine particles in high intensity ultrasound field. by T. OTSUKA and T. NAKANE

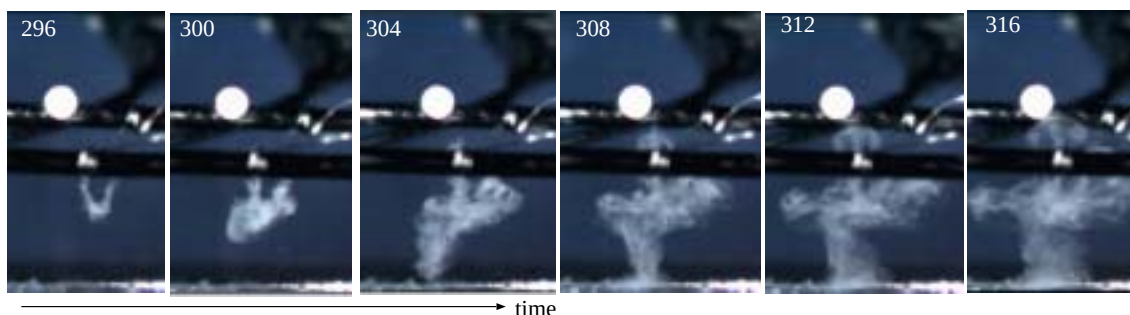


Fig. 3 Pictures showing the flow like a cyclone. Each frame is in time interval of 4 ms.

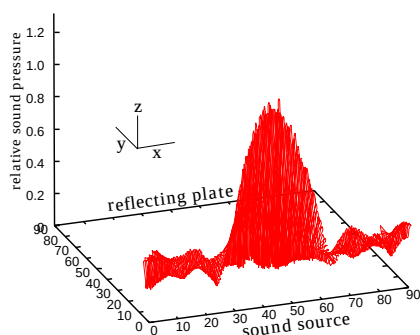


Fig. 4 Setup for measuring top and side view.

3.2 スモークワイヤ近傍の音圧分布

Fig. 4にスモークワイヤ近傍での音圧分布を示す。図のx軸は音源径方向、y軸は音源から反射板方向を示し、z軸は相対音圧を示している。図より音源径方向には段つき円形振動板による強力な超音波ビームが幅約3cmに発生していることが分かる。

3.3 スモークワイヤ近傍の流れ

Fig. 5はミスト発生から5ms間隔での流れを示した。図より中心軸とその外側に核が発生する。中心軸の核は、その後発砲スチロール側と音源側に分かれて拡散し、15ms後には発砲スチロール表面に当たることが分かる。ここで、中心軸の核から上下2方向に分離したミストの拡散速度は、発砲スチロール側に進む速度の方が音源側のそれに比べ約2倍あることが推測できる。

また、外側に発生した核は円周方向にゆっくりと拡散することが分かった。

4 おわりに

段つき円形振動板から放射された強力空中超音波により定在波音場を構築し、浮揚する微小物体周囲に発生する流れを測定した結果、浮揚物体に向かう流れと音源側に引き込



Fig. 5 Pictures showing the diffusion of fine paraffin particles. Each frame is in time interval of 5ms.

まれる流れの2方向あることが確認できた。さらに、音源側に進む流れは竜巻状に進むことも確認できた。これらの流れは浮揚物体が回転する要因となることが考えられ、今後詳細に検討する予定である。

参考文献

- [1] 大塚, 中根, 音講論(春), 1285-1286, 2003.
- [2] 浅沼強編, “流れの可視化ハンドブック”, p300, 朝倉書店, 昭和52年.
- [3] 大塚, 中根, 音講論(春), 1027-1028, 2005.
- [4] 大塚, 瀬谷, 音講論(春), 1129-1130, 1998.