

非接触で3次元中を自由自在

超音波を用いたマイクロマニピュレーション

近年、マイクロマシンをはじめ、バイオテクノロジーにおける生体微粒子の操作、無機系融合材料における原料微粉体の精製など、様々な分野において微小物体を非接触で操作する技術が求められている。現在、レーザー光の放射圧を用いるものや、静電力を用いる手法などが数多く研究されているが、それぞれ光学的、電気的な特徴があるため、状況に応じて使い分ける必要がある。流体媒質中における微小物体の操作には、超音波を用いることも可能である。流体中を進む超音波の進路に物体を置くと、その物体を音の進行方向に押す力が現れる。この力は音響放射圧と呼ばれ、非接触で物体に力を作用させることが可能である。また、この力は微弱であるが、超音波を集束したり定在波を生成することにより、微小領域への力の集中が可能である。このため、微小物体を対象とするマイクロマシン技術において、クリーンな非接触マイクロマニピュレーションとしての応用が期待される。

当研究部門超音波プロセス研究グループでは、超音波を用いた微小物体の非接触操作に関する研究を行っている。音源と反射板を向かい合わせに設置して超音波を放射すると、定在波音場が生成される。定在波音場中では、音波の伝搬方向に1/4波長間隔で音圧の節と腹

が交互に存在する。超音波の波長に比べて十分に小さな微小物体を音場中に投入すると、その物体は音圧の腹から節に向かう力を受け、音圧の節に捕捉される。

定在波は異なる方向から同一周波数の音波が干渉することで生成されるため、複数の音波を用い、その音軸を交差させることでも、定在波を生成することができる。図1は、正三角形の各頂点に音源を配置し、三角形の中心で音軸を交差させて生成される定在波の音圧分布を計算した結果である。六角形の蜂の巣状の分布になり、六角形の辺の部分が音圧の節である。この音場中に微粒子を投入すると、いずれかの音圧の節の交点に捕捉される。そして、この状態で各音波の位相を変化させると、音場は各音軸に沿った方向に平行移動する。また、二つの音源の位相を同時に変化させることで、2次元上を自由な方向に移動させることができ、これに伴い捕捉された物体も移動する。すなわち、図2に示すように2次元上の非接触マイクロマニピュレーションが実現できる。さらに、音源の数を追加して4音源を正三角錐の各頂点に配置すると、三次元的に広がりを持った音場が生成でき、3音源の場合と同様に各音源の位相を制御することで3次元マニピュレーションも可能である。

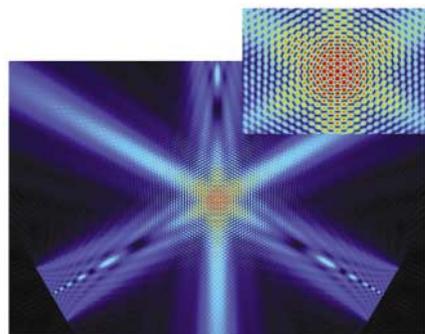


図1 音圧分布のシミュレーション結果
右上は中心部の拡大図

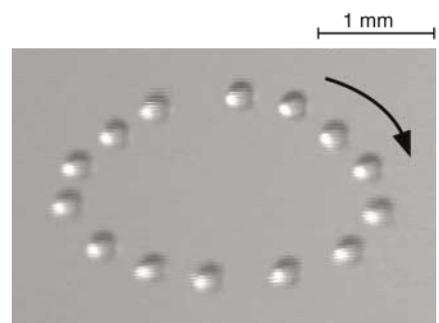
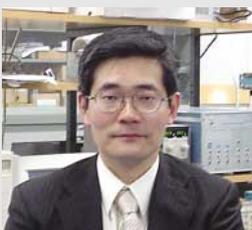


図2 微粒子の2次元マニピュレーション
多重露光写真、二つの音源の位相を \sin と \cos で与えて 90° の位相差で振動。微粒子は矢印の方向に移動。



こづか てるゆき
小塚 晃透
kozuka-t@aist.go.jp
セラミックス研究部門

関連情報

- 小塚, 辻内, 三留, 新井, 福田: 日本機化学会論文誌C編 Vol.67, No.657, 1269-1275 (2001).
- 特許 第2990273号 (出願日1998.11.20).
- <http://unit.aist.go.jp/ceramics/japanese/ultrasonics/ultrasonics.html>