

研究題名	ビジュアルフィードバックを用いた超音波マイクロマニピュレータに関する研究	報告書作成者	竹内 正男
研究従事者			
研究目的	<p>最近、バイオテクノロジーなどの分野において、細胞のような壊れやすく微小な物体の非接触・遠隔操作による移送・捕捉・融合・分類などのアクチュエーション技術の開発が望まれている。このような微小物体を操作する技術は、マイクロマシン（微小機械）の分野における次世代の重要な要素技術としても期待されている。</p> <p>このような状況を踏まえ、最近、我々は微小物体の非接触・遠隔的な個別操作の可能な駆動力として、周波数の高いVHF帯(数10MHzから数100MHz)超音波の放射圧による力(radiation force)に着目し、これを用いて種々のアクチュエーションを行う新しいマニピュレーション技術を提案している。そして、このような技術を超音波マイクロマニピュレーション(Ultrasonic micromanipulation:UMM)と呼ぶことを提唱している。</p> <p>ところで、音の放射力を利用して液体中の微小な物体の個別的・選択的操作を行う場合、周波数が高く波長の短い超音波を用いると種々の点で有利である。すなわち、物体と同程度の波長の音波を用いれば大きな放射力が得られること、微小な領域に超音波ビームを集中させやすいこと、などの利点がある。</p> <p>本研究は、微量液体中に効率よくVHF帯超音波を発生させることの出来る新しい漏洩波トランスジューサを開発すると共に、ロボット工学等で用いられている、目標物の相対的な位置の変化を視覚情報として計測し、この情報をフィードバックすることにより目標物の運動を制御する新しいサーボ技術『ビジュアルフィードバック』を導入した全く新しいマニピュレータの開発を目的として行なったものである。</p>		

## 研究内容

図1は、ビジュアルフィードバックを用いた超音波マイクロマニピュレータの構成を示したもので、顕微鏡ステージのスライドガラスの上には微小物体を含む微量の液体があり、その中に漏洩波トランスジューサが斜めに挿入されている。漏洩波トランスジューサとは、弾性表面波が伝搬している導波路の一部を液体に接触させると、弾性表面波が漏洩波になって液体中の縦波にモード変換することを利用した進行波型超音波トランスジューサで、微量液体中にビーム幅が狭く、パワー密度の高い音波を高効率で発生させることができる。マニピュレーションの様子は、生物顕微鏡の上部のテレビカメラを通してVTRに録画できるような構成になっている。マニピュレーションは $\pm X$ 、 $\pm Y$ 方向に対応する4個の漏洩波トランスジューサへのRF印加信号をコントローラでon-off制御することにより行う。コントローラの制御はCCDカメラの画像信号をパソコンに取り込み、適当に動画像処理した結果をフィードバックすることにより行われる。

本研究では、処理速度の高速なコンピュータを用い、マニピュレータの高性能化を行った。また、マニピュレーションに有効な、波動ビームを放射する漏洩波トランスジューサを新たに開発した。その結果、以下のような成果が得られた。

1. 漏洩波トランスジューサと視覚制御技術を用いたマニピュレータを試作し、微小球の移送や捕捉を行った。そして、直径がおよそ $50\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$ ガラス球及びポリスチレン球を、図2のように任意の図形や文字パターンに沿って二次元移送させることや、図3のように複数個の微粒子のうちから特定の微粒子を一点に捕捉させることにも成功した。
2. 図4のようなピンセットの動きを模した波動ビームを放射する漏洩波トランスジューサの開発を目的とし、微量液体中にビーム幅が狭く、音圧分布に谷のある進行波ビームを高いパワー密度で発生可能なマルチストリップカプラを用いた漏洩波トランスジューサを新たに開発した。そして、 $\text{LiNbO}_3$ 圧電板上に、動作中心周波数 $97.5\text{MHz}$ の漏洩波トランスジューサを試作し、 $11.1\text{dB}$ の最小変換損失を得た。
3. 微小球の運動は、その弾性的性質を反映した運動を呈することが視覚制御を用いたマニピュレータの実験より明らかになり、本マニピュレータの微小物体のスペクトロスコピーへの新たな応用の可能性が見出された。これらの成果の一部は、電子情報通信学会誌、JJAP誌、超音波医学会などに発表した。

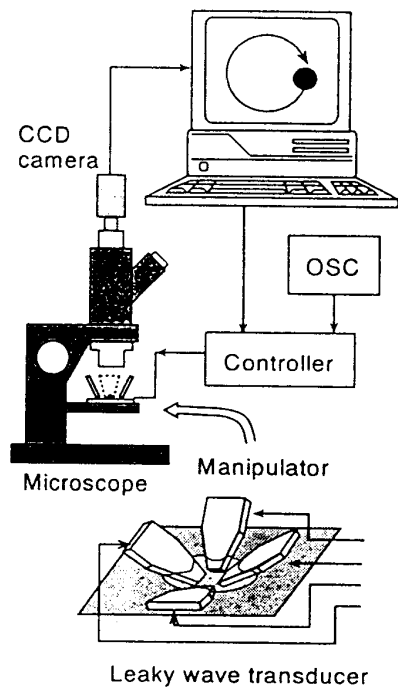


図1 ビジュアルフィードバックを用いた  
超音波マイクロマニピュレータ

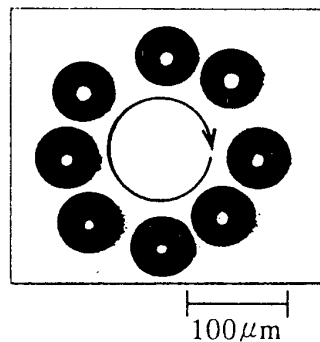


図2 円形の図形パターンに沿って移送した例

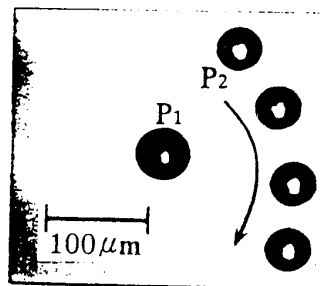


図3 2個の微粒子 (P1, P2) のうち、  
P1 のみを捕捉した例

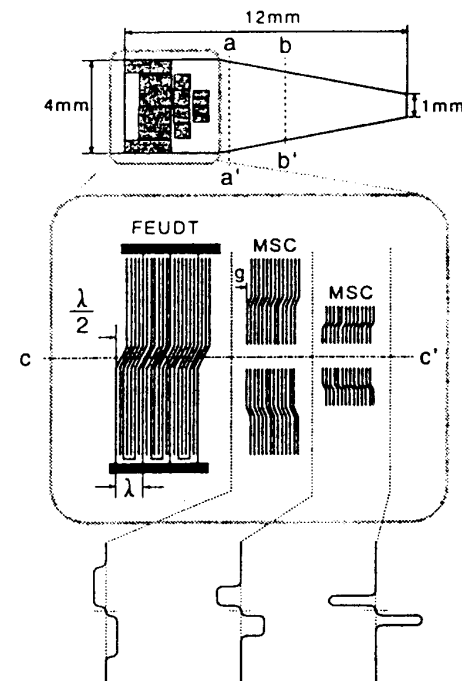


図4 試作した音圧分布に谷のある進行波  
ビームを発生させる漏洩波トランス  
ジューサの構造

(注： フローチャート図，ブロック図，構成図，写真，データ表，グラフ等 研究内容の補足説明に御使用下さい)

様式-10