

光ピンセット装置の開発



要旨

- 光は粒子であり物体に当たると力を及ぼす。ただし、その力は、一般的な光では非常に小さい、この光をレンズで集めることで分子・微粒子・バクテリアなどの小さなものには、無視できるものではなく、その光によってその小さなものをトラップすることができ、これを利用してバイオエンジニアリングや、材料科学などの幅広い分野で使えたとされている。



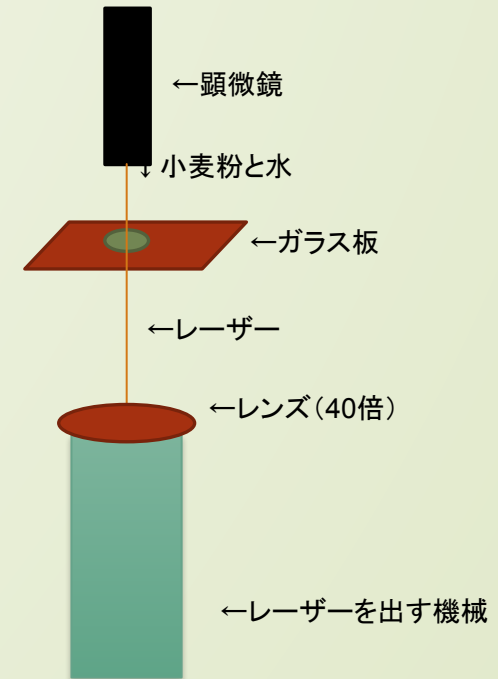


基本知識

- 2018年ノーベル物理学でアーサー・アシュキン博士が受賞した実験が光ピンセットの実験の中の光ピンセットに着目した。
- 光ピンセットは光トラップとも言われていて、高い開口数の対物レンズを用いてレーザー光を集光すると、マイクロメートル程度の大きさの粒子をトラップする力が生じるこれを利用したものを光ピンセットされている。

実験道具

□ ガスレーザー 顕微鏡 カメラ PC ライト
スポット 水 小麦粉レンズ プレパレート 板ガラス



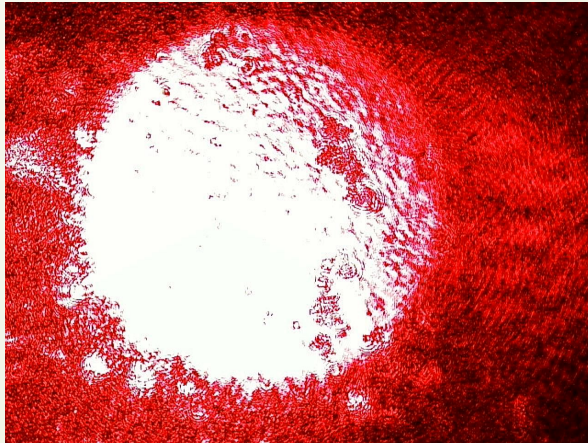
実験方法

- 顕微鏡の上のスライドガラスに極少量の小麦粉と水をのせて、カバーガラスを置く。
- レーザーの電源を入れ顕微鏡のレンズにレーザーの位置を合わせる、カメラで再度調整しピントを合わせる。レーザーを動かし水に浮いた小麦粉が動いたか反応を見るこの際動いた場合成功となる。
- レンズは100倍のレーザーはガスレーザー、カメラはJCAMを使用した。下に沈んでいる小麦粉があるため見間違えないようにする。
- 今回の実験は水中に浮遊する小麦粉を光ピンセットでキャッチする実験である。

実験結果①

- ピントが合っていないく状態がよくわからなかった。
- 小麦粉は動いているようには見えなかった。
- 今回の実験でレンズの焦点とレーザーの力に問題があると考えた。

実験映像



改善後

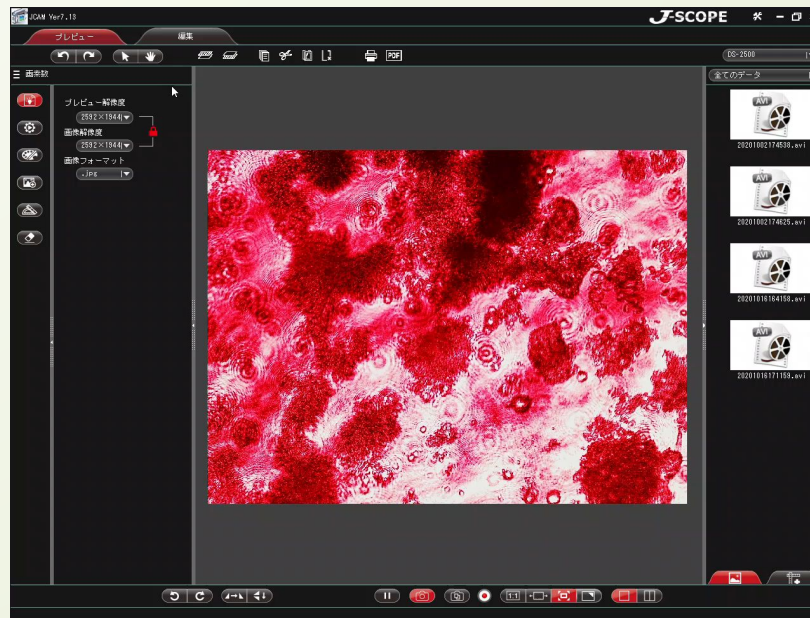
- レーザーと顕微鏡距離を近づけることでレーザーの出力を下げないようにした。
- レンズを変えて週高率をあげた
- 台を作って安定させた



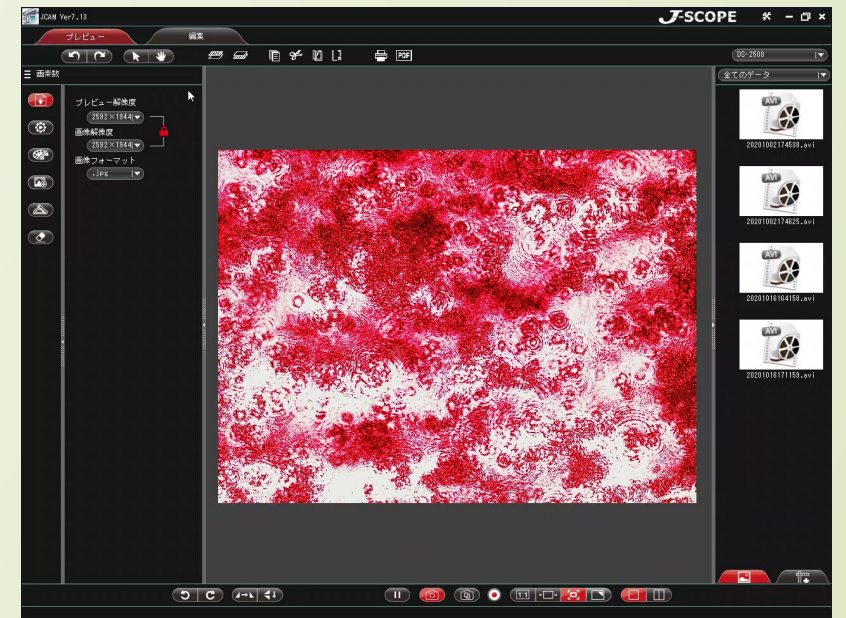
実験結果②

- 新しいレンズ古いレンズレーザーなしで比較実験をした。
- 水面に浮いている小麦粉に注目してみると流れていたものがレーザーによって止まっているように見える。そしてレーザーの無い映像の小麦粉は流れを変えることなく進んでいることがわかる。このことから光ピンセットが完成した。

古いレンズ 100倍



新しいレンズ 100倍



この時の光ピンセットの物を動かす計算

$$\text{距離} \div \text{時間} = (\text{速度}) 0.06\text{m} \div 1.36\text{s} = 0.44\text{m/s}$$

$$(\text{速度} - \text{開始速度}) \div \text{時間} = \text{加速度}$$

$$(0.044\text{m/s} - 0.0\text{m/s}) \div 1.36 = 0.032\text{m/s}^2$$

$$Ma = F$$

$$0.00000000084\text{kg} \times 0.032\text{m/s}^2 = 0.0000000002688 \doteq 0.00000000027\text{N} = 0.2 \times 10^{-8}$$

- 一般の光ピンセットと比べると10億分の1～100億分の1ニュートン つまり 0.1×10^{-8} となり一般の光ピンセットとほとんど誤差がないため我々作成した光ピンセットのトラップ力は足りていると判断した。
- 今回作成した光ピンセットは水中で浮かぶ小麦粉程度の物をトラップ出来ていると分かった。

結果

- 今回開発した光ピンセットはレーザーの有無の比較実験と計算による一般の光ピンセットの比較の結果

光ピンセットは 0.2×10^{-8} の力で物をトラップする力がある事が分かった。