

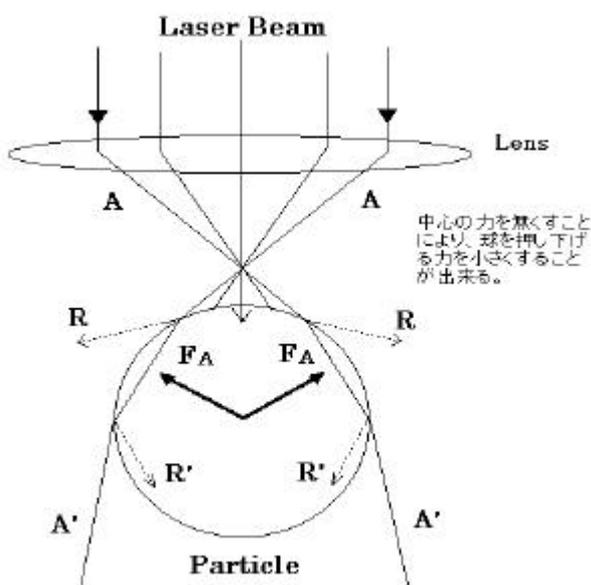
# ラゲールガウスビーム生成

清水和子研究室 9714049 貞宗志穂

## 1. 目的

本研究室では、レーザー光を対物レンズで集光させ、光の放射圧によってサブミクロンから数十 $\mu\text{m}$ の大きさの粒子を捕らえ、自由に動かすことの出来る、光ピンセットの開発を行なっている。今回は粒子を効率よく捕捉するために、ビームの中心の力をなくす中空ビームであるラゲールガウスビームを生成することを目的とした。また、本実験ではエルミートガウスビームとの干渉縞の観察も行った。

## 2. 背景



< 図 1 >

通常、光ピンセットは1本のレーザー光で粒子の捕捉を行っており、そのために粒子を光軸方向に移動させる時と光軸に垂直な方向に移動させる時とは粒子に発生する力の大きさが異なり、特に粒子を光源側に引き上げる方向の力が弱い。これは光の進行方向とは逆向きに力を働かせなければならないからで、そのような場合には粒子を光源側に引き上げる力を増強させる必要がある。この場合、粒子の捕捉が可能かどうかは粒子を光源側に引き上げる力の大きさにより決まる。光源側に引き上げる力は、光軸となす角が大きいほど大きくなり、小さくなると粒子を押し下げる力に転じてしまう。(図1)そこで、小さな角の入射光成分を少なくすることができれば、光の強度が同じでも光源側に引き上げる効率が高くなる。よって、中空分布のラゲールガウスビームを用いる手法が考案された。

### 3 . ラゲールガウスビームの生成

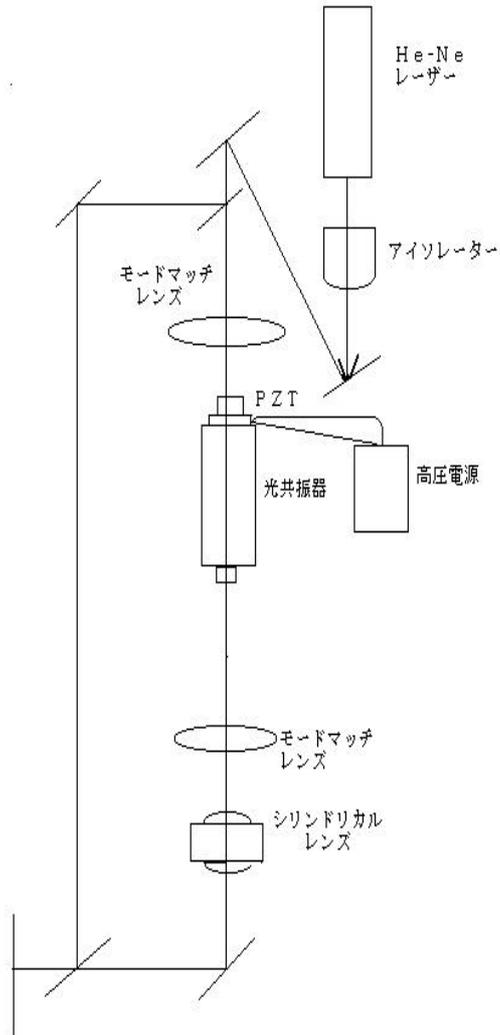


図2に示すように光学系を配置する。今回の実験において、He-Ne レーザーと、高次エルミートガウスビームを発生させるためファブリ ペロー光共振器を使用した。光源からのレーザー光を2つのミラーを用いて光共振器への入射角度を調整し、レンズを用いてモードマッチさせる。光共振器には piezo素子をつけ、電圧をかけることにより共振器長を変えることで TEM<sub>00</sub>、10、20 など、TEM<sub>n0</sub> 波をそれぞれに任意に生成できるようにする。ラゲールガウスビームはエルミートガウスモードで展開可能であり、同次数のエルミートガウスモードの組の組み合わせであらわすことが出来(図3) かつその隣接項間に位相差  $\pi/2$  があることが知られている。実際に位相差  $\pi/2$  を導入するために、モード変換器としてシリンドリカルレンズを用いた方法とホログラムを用いた方法があるが、ホログラムは熱に弱く、レーザーパワーに制限があるため、今回は2枚のシリンドリカルレンズの組を用いたモード変換器を構成し、ラゲールガウスビームを発生させた。その様子を

< 図 2 >

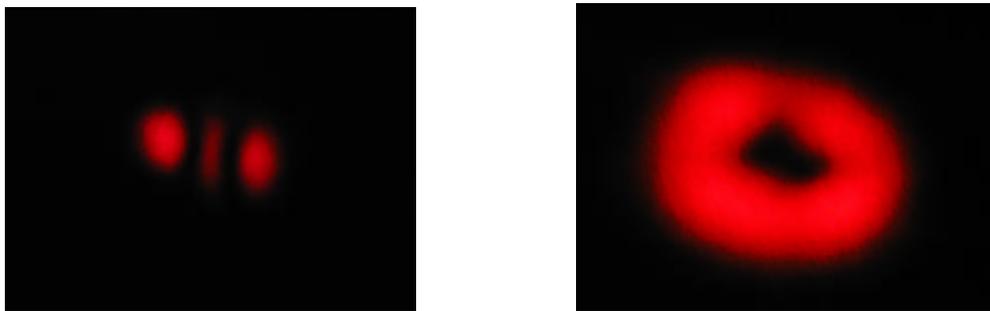
図4, 5に示す。ここで、シリンドリカルレンズとは円柱を軸方向に2つに割った形をしており、一方向にだけ光を曲げることのできるレンズである。このレンズを向かい合わせにある距離をおいて組み合わせることにより、位相をずらすことができる。

$$O = 1/2 \begin{matrix} \bullet \\ \bullet \\ \bullet \end{matrix} + i/\sqrt{2} \begin{matrix} \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet \end{matrix} - 1/2 \begin{matrix} \bullet & \bullet & \bullet \end{matrix}$$

< 図 3 TEM<sub>02</sub> モードで >

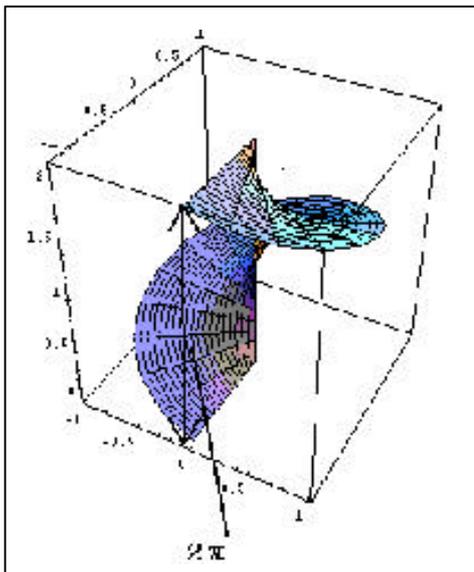


< 図4 TEM10モードでのHGビーム(左)とLGビーム(右) >



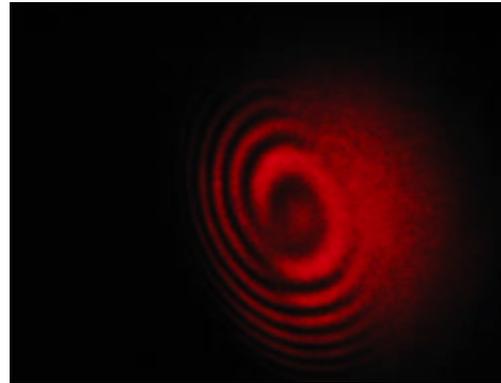
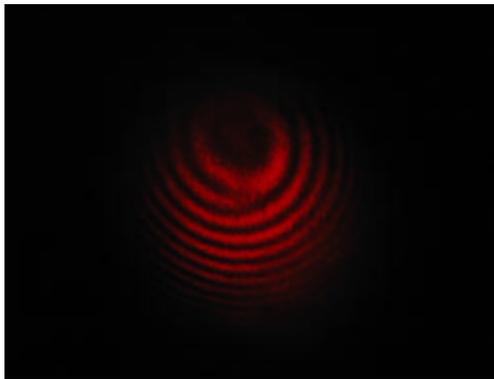
< 図5 TEM20モードでのHGビーム(左)とLGビーム(右) >

#### 4 . ラゲールガウスビームの位相



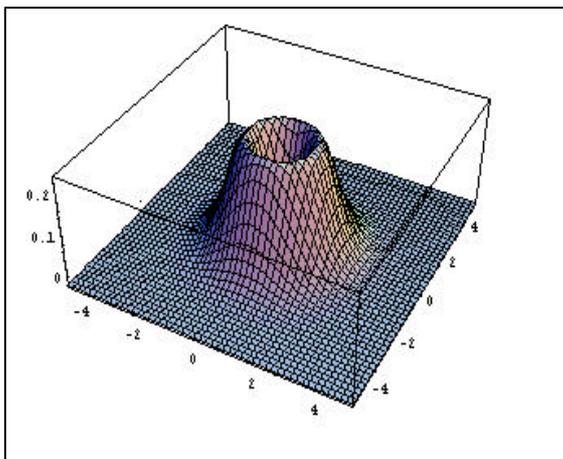
ラゲールガウスビームは図6に示すようにらせん状の位相をもっていて、光線ベクトルが輪にそって渦を巻いており、一周すると位相差が $2\pi$ になる。そして輪の中心が位相場の特異点となっている。ここで実際に図2に示す干渉計を組み、干渉縞を観測した。その様子を図7に示す。TEM10モードでは特異点のところで干渉縞は2つに分岐していて、そのために、特異点の右と左では縞の数が1本、位相にして $2\pi$ だけ異なっているのがわかる。

< 図6 LGビームの位相 >



<図7 TEM10モード(左)とTEM20モード(右)の干渉縞>

## 5. まとめと今後の展望



<図8 理想的なLGビームの強度分布>

図8に理想的なラゲールガウスビームの強度分布を示す。今回の実験ではラゲールガウスビームを生成することは出来たが、図8のような一様なドーナツ型の強度分布ではなくいびつな形だった。これは、まず、各装置の配置時に多少のずれが生じたため、また、高次エルミートガウスモードを生成した時にモードの光の強度が左右対称でなかったこと、そして、2枚のシリンドリカルレンズの組を用いて位相をずらし、ラゲールガウスビームを生成したが、そ

のシリンドリカルレンズの組が少しずれていた、ということが考えられる。よって、今後はもう一度装置の配置の計算をし直しきちんと配置すること、光の強度が対称になるように高次エルミートガウスモードを生成すること、シリンドリカルレンズの設定をもう一度見直すことが必要である。

また、光ピンセットの開発の方でレーザーの出力が小さくともトラップすることが可能なことがわかったため、現在 Ar レーザーを使用しているが、今後色素レーザーでも実験を行なう予定なので、それにあわすような装置の改良、調整をしていくことが今後の課題である。