

B 基礎光学

08A17091 佐藤 光

実験実施日

2019 年 5 月 13 日(月) 晴れ

2019 年 5 月 17 日(金) 晴れ

2019 年 5 月 20 日(月) 曇り

2019 年 5 月 24 日(金) 晴れ

2019 年 5 月 27 日(月) 晴れ

2019 年 5 月 31 日(金) 曇り

共同実験者

08A17097 芝野 佑哉

08A17101 生野 圭一郎

08A17117 田中 孝弥

08A17228 団野 宏亮

提出日

6 月 7 日(金)

再提出日

6 月 21 日(金)

・実験テーマの目的

レーザーの拡大、回折、干渉、偏光そしてホログラフィーなどの現象を実験を通して光学の基本的な性質を理解する。

・1日目

・実験課題

レーザーと測定位置の距離を変えながらレーザーの直径を測定すること、そして、ケプラー型ビームエキスパンダーとガリレオ型ビームエキスパンダーのそれぞれの倍率を測定すること。

・実験目的

レーザービームの直径の最小値 d_0 と最大の発散角 θ を決定すること、ケプラー型ビームエキスパンダーとガリレオ型ビームエキスパンダーの倍率の測定値と理論値を比較すること、そしてそれぞれのビームエキスパンダーの距離－倍率比を比較すること。

・使用器具

ヘリウム－ネオンレーザー

方眼紙

凸レンズ(焦点距離 50mm)

凸レンズ(焦点距離 200mm)

凹レンズ(焦点距離-40mm)

・実験内容

(i) ビームの直径の最小値 d_0 と発散角 θ の決定

レーザーを方眼紙に向けて放射して、映し出された円の直径を 50cm の位置から 50cm ずつ遠ざけていってそれぞれ記録した。なお、レーザーと方眼紙の間の距離が 0cm の時はレーザーの発射口に方眼紙を付けて測定した。

(ii) ケプラー型ビームエキスパンダー

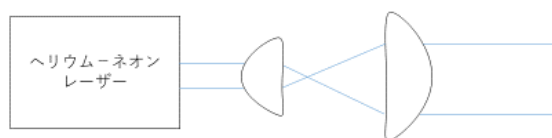


図 1-1 ケプラー型ビームエキスパンダー

まず、図 1-1 の右側の凸レンズを置き、凸レンズの平行面が反射する光と凸面が反射する光がレーザー口に来るように配置した。同様の操作を左側の凸レンズにも行った。そして、その時の凸レンズ間の距離と平行光の直径を測定した。また、(i)の実験の時の 0cm の時のレーザーの直径から倍率を測定した。

(iii) ガリレオ型ビームエキスパンダー

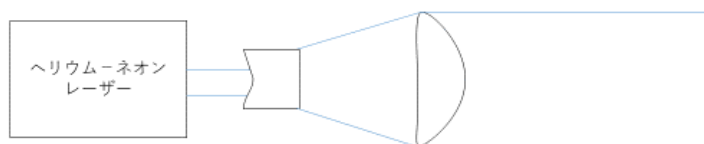


図 1-2 ガリレオ型ビームエキスパンダー

(ii)の実験と同様にまず、右側の凸レンズの位置を決定して、その次に左側の凹レンズにも同様の操作を行った。そして、2つのレンズ間の距離と平行光の直径を測定して、倍率を求めた。

・実験結果

(i)ビームの直径の最小値 d_0 と発散角 θ の決定

測定値は以下の表のようになった。

表 1-1 距離とビームの直径の測定値

距離 $z(\text{mm})$	ビームの直径 $d(\text{mm})$
5000	7.0
4500	6.1
4000	5.9
3500	5.6
3000	5.1
2500	4.9
2000	4.0
1500	3.5
1000	3.2
500	2.5
0	1.7

距離 z とビームの直径 d 、そしてレーザービームの直径の最小値 d_0 と最大の発散角 θ の間には

$$d^2 = d_0^2 + \theta^2 z^2 \quad \text{---(a1)}$$

の関係式が成立しており、 $z=5000\text{mm}$ と $z=4000\text{mm}$ の時の値を用いて、

$$\theta = 1.26 \times 10^{-3}, \quad d_0 = 3.05(\text{mm})$$

$z=4000\text{mm}$ と $z=3000\text{mm}$ の時の値を用いて、

$$\theta = 1.12 \times 10^{-3}, \quad d_0 = 3.84(\text{mm})$$

$z=3000\text{mm}$ と $z=2000\text{mm}$ の時の値を用いて、

$$\theta = 1.41 \times 10^{-3}, \quad d_0 = 2.85(\text{mm})$$

$z=2000\text{mm}$ と $z=1000\text{mm}$ の時の値を用いて、

$$\theta = 1.39 \times 10^{-3}, \quad d_0 = 2.88(\text{mm}) \text{ となった。}$$

(ii)ケプラー型ビームエキスパンダー

2つの凸レンズ間の距離が 25.4cm の時に図 1-1 の焦点距離が 200mm の凸レンズのすぐ右側でレーザーの直径を測定すると 0.58cm 、そこから 5m 離れた所では 0.65cm となっており、平行光になっていると考えた。倍率は、 $0.65(\text{cm})/0.17(\text{cm}) \sim 3.82$ となった。また、2つのレンズ間距離を大きくしたり、小さくしたりするとレーザーの倍率は小さくなった。

(iii) ガリレオ型ビームエキスパンダー

凹レンズと凸レンズ間の距離が 17.0cm の時に、図 1-2 の凸レンズのすぐ右側でレーザーの直径を測定すると 0.69cm、そこから 5m 離れた所では 0.71cm となっていた為、平行光になっていると判断した。倍率は、 $0.71(\text{cm})/0.17(\text{cm}) \sim 4.12$ となった。また、2 つのレンズ間距離を大きくしたり、小さくしたりするとレーザーの倍率は(ii)と同様に小さくなった。

・考察

(i) ビームの直径の最小値 d_0 と発散角 θ の決定

今回の実験では目視にてビームの直径を測定した。よって誤差も大きくなったと考えられる。より、正確な値を出すには、精密なカメラなどを用いてレンズの直径を測定する。それが不可能ならば、複数人の観測者による測定によって誤差が小さくなるのではないかと考えた。実験結果からは、それぞれの d_0 と θ の値の差が大きいくどの距離での測定が 1 番正確に行えたかを判断するのは困難である。

(ii) ケプラー型ビームエキスパンダー

レンズ間距離の理論値は図 1-1 から $50(\text{mm})+200(\text{mm})=250(\text{mm})=25.0(\text{cm})$ 、倍率の理論値は $200(\text{mm})/50(\text{mm})=4.0$ 倍である。レンズ間距離の測定値は 25.4cm であり、倍率の測定値は 3.82 倍であった。距離の測定誤差は $\frac{25.4-25}{25} \times 100=1.6\%$ 、倍率の誤差は $\frac{4-3.82}{4} \times 100=4.5\%$ となるので、おおよそ正確な実験結果が得られたと考えられる。

(iii) ガリレオ型ビームエキスパンダー

レンズ間距離の理論値は図 1-2 から $200(\text{mm})-40(\text{mm})=160(\text{mm})=16(\text{cm})$ 、倍率の理論値は $200(\text{mm})/|-40(\text{mm})|=5.0$ 倍である。レンズ間距離の測定値は 17.0cm であり、倍率の測定値は 4.12 倍であった。距離の測定誤差は $\frac{17-16}{16} \times 100=6.25\%$ 、倍率の誤差は $\frac{5-4.12}{5} \times 100=17.6\%$ となるので、距離についてはおおよそ正確に測定できたと考えられるが、倍率については誤差が大きかったと判断した。そうなった原因は、平行光を実際よりも小さく測定してしまった事が考えられる。または、倍率は拡大角(入射時の拡大角を θ_i 、放射時の拡大角を θ_o とする)を用いて、 $\frac{\theta_i}{\theta_o}$ としても表すことが出来て、 θ_i が小さかった、或いは θ_o

が大きくなってしまった事が原因として考えられる。また(ii)(iii)の距離と倍率を考えると、ガリレオ型ビームエキスパンダーの方がレンズ間距離を小さくして、大きな倍率の平行光を放射させる事が出来る点でガリレオ型ビームエキスパンダーの方がビームの拡大に向いていると考えられる。