



KAST Co., Ltd. 3-10 Nanpeidai Miyamae-ku Kawasaki City
Kanagawa 216-0024 Japan
TEL 044-979-1070 FAX 044-979-1071
<http://www.kast.co.jp>

2017年4月21日



カスト・ファイバービームの安全性について

株式会社 カスト

〒216-0006 神奈川県川崎市宮前区南平台3-10 TEL044-979-1070

カスタファイバービームシステムについて、

カストのレーザーディスプレイは、安全性を確保するためにR.G.B 3色のレーザー光を同一の光ファイバーに入射し、通過した光を面光源に変換して、レンズにより集光し、再度ビームを作っています。

この加工により、入射したレーザー光は、LEDなどの光と同様の性質を持つ自然光に変わり、より安全なものとなっています。しかしながら、とてもパワーの強いビームを実現していますから、至近距離では物を焦がすほどのパワーなので、細心の注意を払い取り扱っています。

安全光に変わるメカニズム(理論的根拠に基づく仕組み)

レーザー光は、LEDの光に比べて極めて低い強度で網膜にダメージを与えます。LEDの光には、必ず光源の面積(面光源)があります。それに対し、レーザー光は光源に面積がない点光源です。従って、光源を直視した場合、LEDの光は網膜上に面積を持つ光源の映像として映し出されますが、レーザー光源は面積がないので、理論的には点像になります。ただし、それではレーザー光の網膜上のエネルギー密度は無敵大となってしまいますが、物理的に言えば回折限界があり $\phi 0.4 \sim 0.6 \mu\text{m}$ 程の面積に集光されますので、無敵大ではありません。また、LEDの光と比較した理由は、LD(レーザーダイオード)とLEDが発光の原理と単波長という事が同じで、LEDは、自然光とされているからです。

ここで、 M^2 値について少し説明をいたします。

ビームは、必ず拡がり角を持ちます。ビームの一番細い部分をビーム径として、そのビームの拡がり角との関係に一定の値があります。その値を M^2 値といいます。これは、ビームの質を表すもので、レンズなどで拡がり角や、太さなどを変化させても、この値は変化しません。

$$\text{式 1} \quad M^2 = \frac{\pi D_0 \theta}{4\lambda}$$

この M^2 値により、網膜上に集光されるビームスポット径が決まります。

理想のレーザーの M^2 値は、 $M^2 = 1$

とされています。よって、 M^2 値が大きいほど、集光されるスポット径は大きくなります。

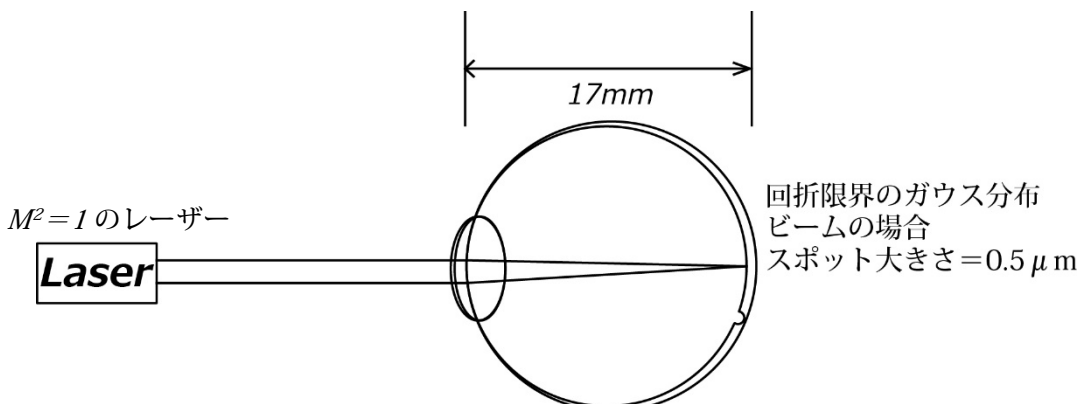
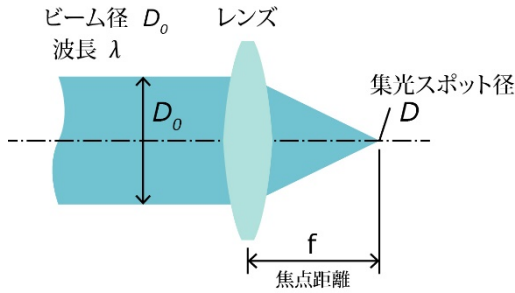


図 1

ここで、集光スポット径を導きだす式が下記の通りです。

式 2
$$D = \frac{4M^2\lambda f}{\pi D_0}$$



文字に代入される数値のディメンション

- D : 集光スポット径
- D_0 : ビーム径
- f : 焦点距離
- θ : ビーム拡がり角(rad.)
- M^2 : ビームの質
- λ : 波長
- π : 円周率

図 2

前記の式から $M^2=1$ のレーザー光の網膜上のスポット径は、光の色によりますが、 $\phi 0.4 \sim 0.6 \mu\text{m}$ となります。

では、カストのファイバービームについては、どうでしょう。

光ファイバーにはいくつかの種類がありますが、ファイバービームシステムには、SI (ステップインデックス) タイプを使用します。

SIファイバーの入光構造図

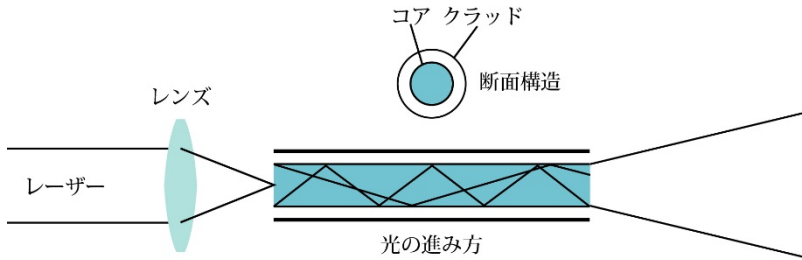


図 3

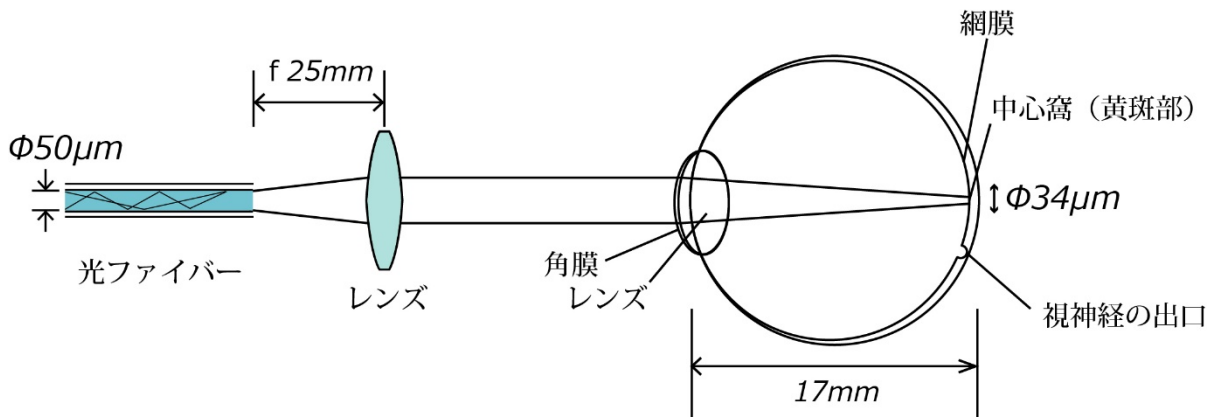


図 4

説明

以上のようにSIファイバーを通過したレーザー光は、光出口コア径($\phi 50\mu\text{m}$)の面光源となります。また、光の位相もバラバラに混ざりますので回折限界も大きくなります。

光ファイバーには、NA値といって種類、材質、構造などでコアの入射限界角度があります。これは、出口側にも同様に射出角度が決まります。

カスト社のファイバービームは、出口側(レンズ後側)レンズ直後のビーム径(これをビームウエストとする) $7\sim 10\text{mm}$ 拡がり角(全角) 0.002rad . (計算値と実測値が一致している)です。

この数値を、 M^2 を求める式1に代入して、

$$M^2 = 22$$

この数値を、式2に代入すると

$$D = 34\mu\text{m}$$

これが、ファイバービームの網膜上で、理論上一番小さく集光したスポット径となります。上記に示した回折限界、面光源を考慮していないので、実際には、 $\phi 50\mu\text{m}$ を超えます。

$M^2=1$ レーザーのそれと面積比は、3200~7200 倍となります。

この数値をレーザーの MPE に置き換えると 0.25 秒以内に 3.2W 以下であれば、安全となります。

カスト社のファイバービーム光源のパワー合計が 12W これは、3.2W の 3.75 倍です。

人の瞳の口径は $\phi 7\text{mm}$ 、この面積の 3.75 倍のビーム径は $\phi 13.6\text{mm}$ となります。

このビーム径は、ビーム拡がり角 0.002rad . にて計算するとビーム出口から 6.8m でこの口径になります。

この結果は、ビーム出口から 6.8m 以上距離を置けば、ファイバービームをレーザーと考えたとしても、安全である事を示します。

レーザーの集光ポイントの大きさの比較



網膜上のレーザーの集光ポイント

$$M^2 = 1 \quad 0.5 \mu m$$

網膜上のカストレーザーファイバーを使用した時の
ビームスポット

$$M^2 = 22 \quad 34 \mu m$$