

ファイバービーム
FIBER BEAM の安全性について

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。

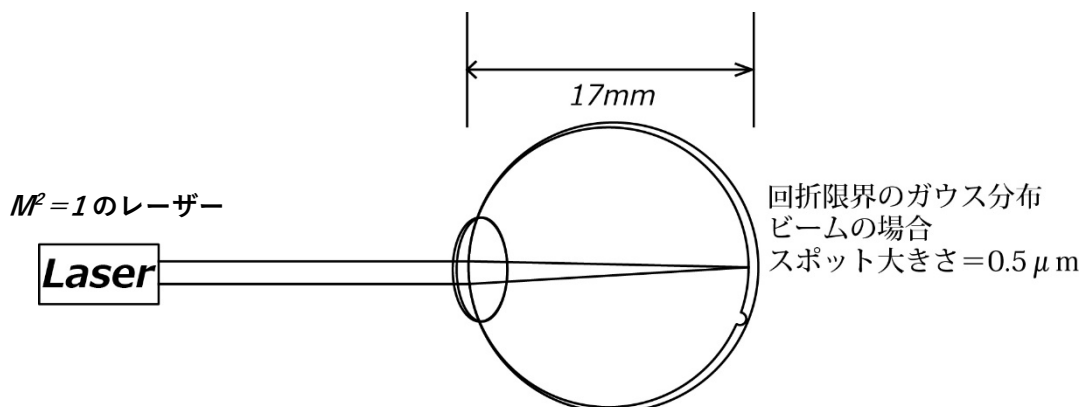
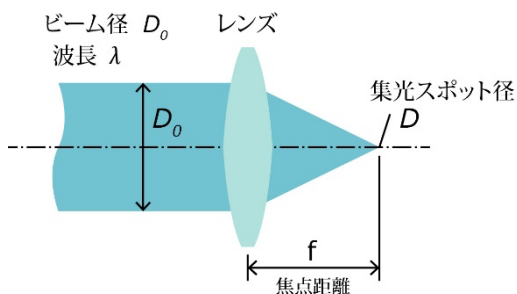


図 1

ここで、集光スポット径を導き出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、 $\phi 0.4 \sim 0.6 \mu m$ 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

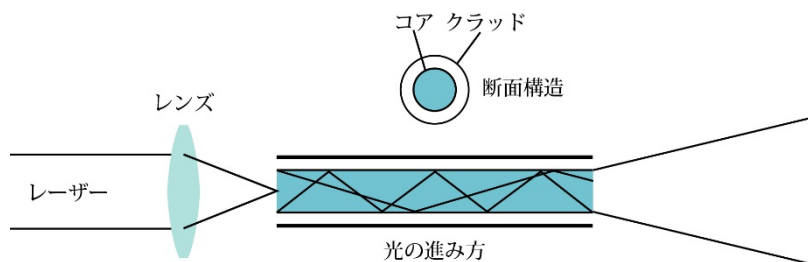


図 3

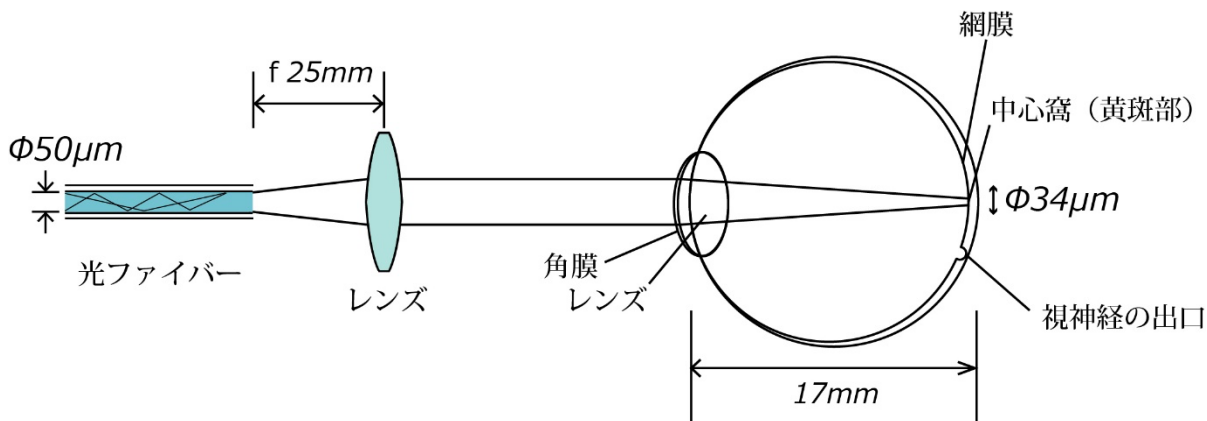


図 4

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。

以上、これらよりファイバービームは面光源であり、波長の位相が揃っていないことからレーザーの2原則を満たさないためレーザーではありません。

$M^2=1$ 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。

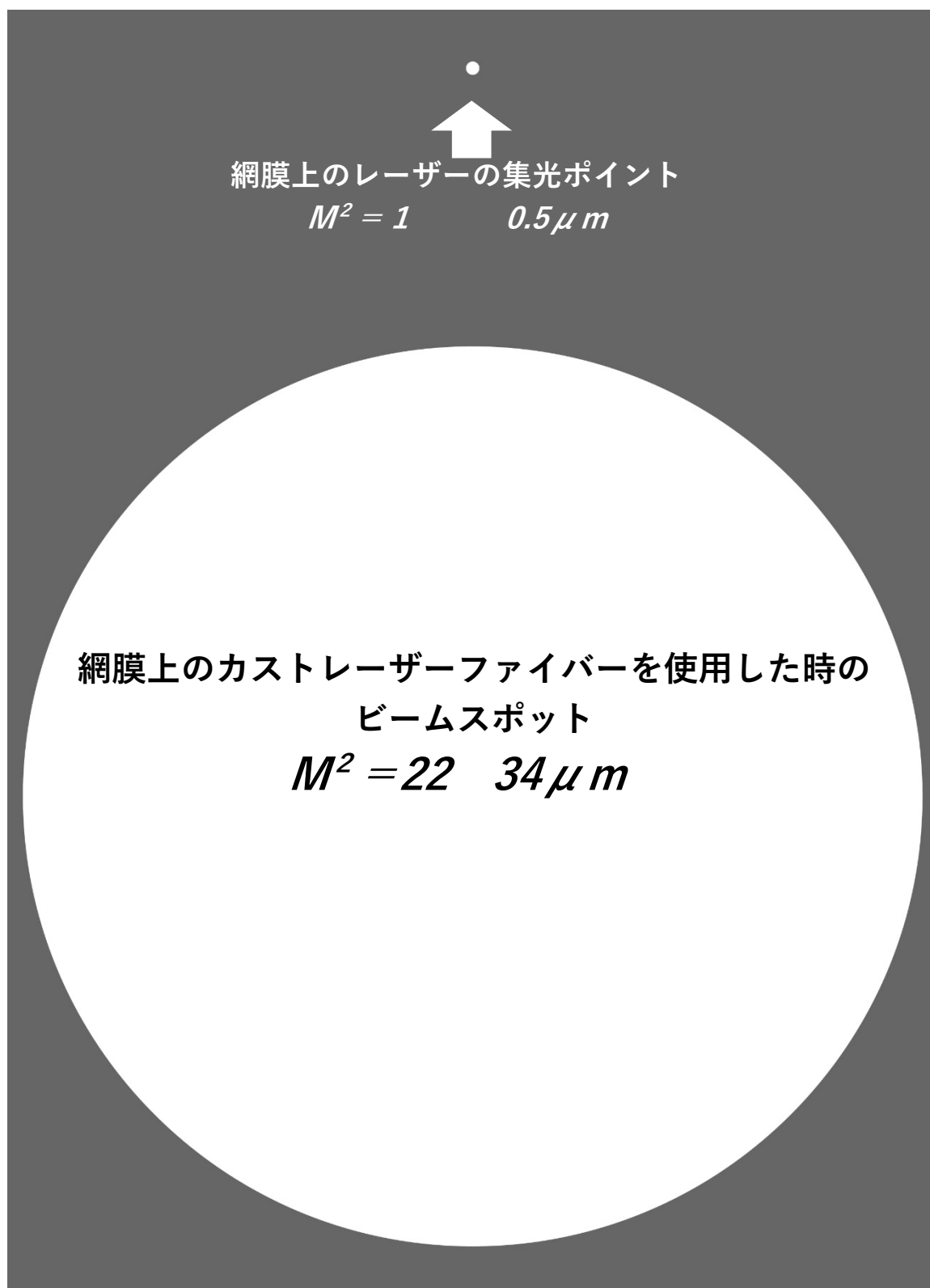
カスト社のファイバービーム光源のパワー合計が12Wこれは、3.2Wの3.75倍です。

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、ファイバービームはレーザーの厳しい基準に照らしても、安全であることを示します。

レーザーの集光ポイントの大きさの比較

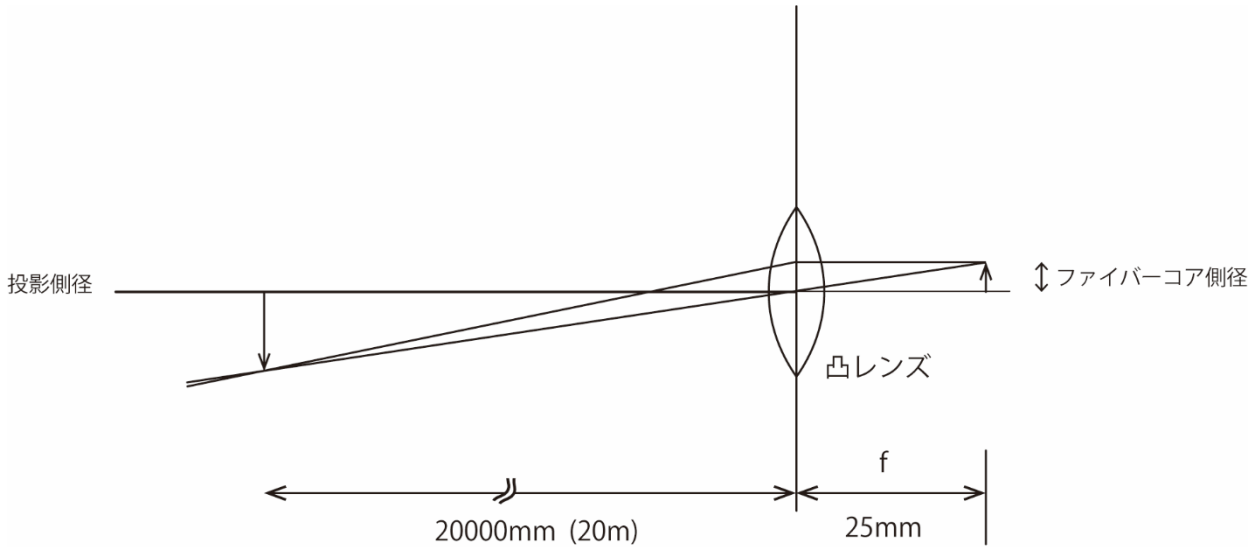


理論値と計測値の比較

理論値と計測値の比較

$\phi 50 \mu\text{m}$ の光ファイバーコアを $f25\text{mm}$ の凸レンズにより 20m 先のスクリーンへ投影した計測値と理論値をしめすと理論値は 20m 対 25mm となり倍率で言うと 800 倍となり
 投影された $\phi 50 \mu\text{m}$ のコア画像は $\phi 50 \mu\text{m} \times 800 = 40000 \mu\text{m} = \phi 40\text{mm}$ となります。

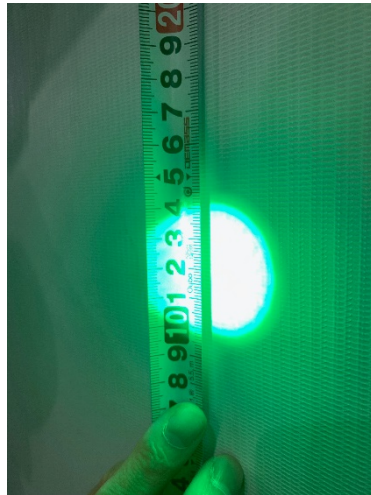
実測値は写真のように
 直径 40mm の画像が投影されました。



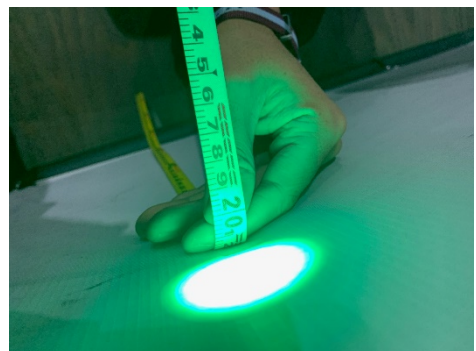
ファイバーコア側



投影側 ($\phi 40\text{mm}$)



距離 20m



以上の事から当社仕様のレンズ、光ファイバーは実測値と計算値が一致しており他の計算式に対しても一致すると考えられます。



KAST Co., Ltd.