

ファイバービーム
F I B E R B E A M 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限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、無限大ではありません。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。

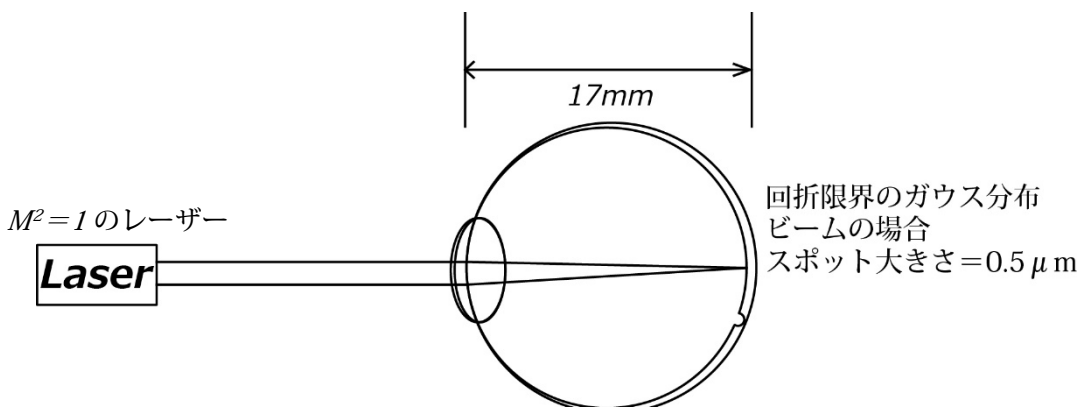
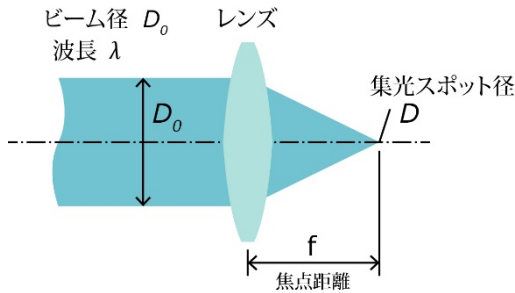


図 1

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、 $\phi 0.4 \sim 0.6 \mu m$ 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

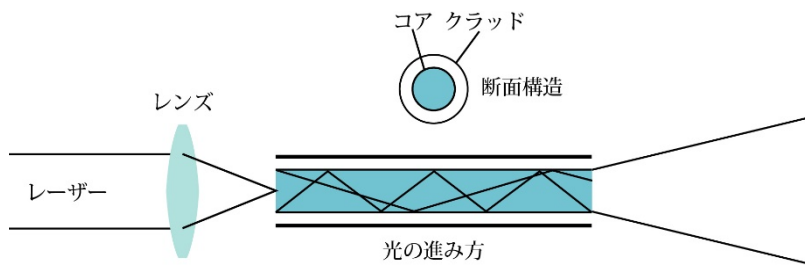


図 3

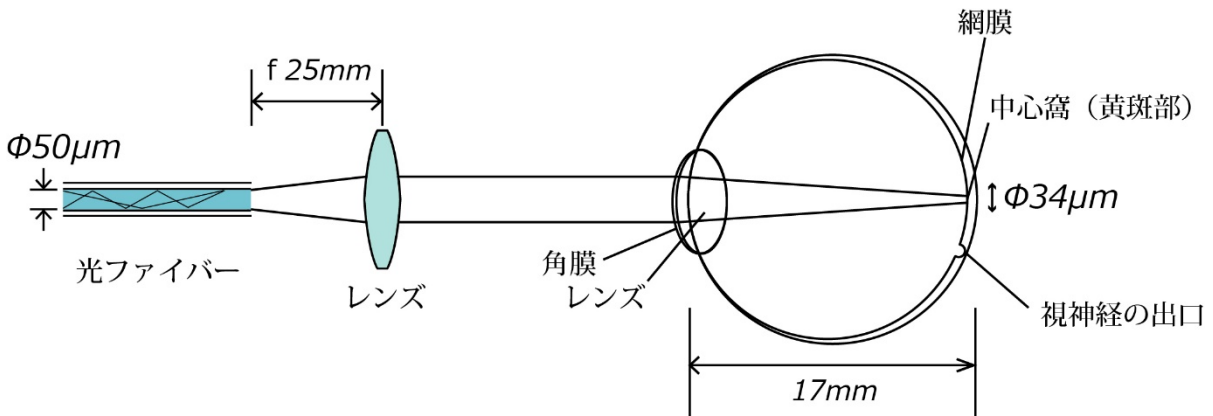


図 4

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)**7~10mm** 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

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



KAST Co., Ltd.

2-1 Ibukino Midori-ku Yokohama-City
Kanagawa-Pref. 226-0028 Japan
TEL 045-985-9481 FAX 045-985-9482
<http://www.kast.co.jp>

安全性について追加説明

株式会社カスト

代表取締役社長 児玉 博之

カストファイバービームの規格について

光ファイバーにはいくつかの種類がありますが、カスト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)タイプを使用しています。

その規格は次ページに抜粋しました日本工業規格の中で、材料加工用又は医療用の規格と同じです。

よって安全であるという記述が読み取れます。

下記のページに

<http://kikakurui.com/c6/C6803-2013-01.html>



この規格は、主に材料加工用又は医療用として光パワーを送るために設計した光ファイバシステムには適用しない。

という部分があります。

日本工業規格

JIS C6803 : 2013(IEC 60825-2 : 2010)

レーザー製品の安全－光ファイバー通信システムの安全

Safety of laser products-Safety of optical fiber communication systems



KAST Co., Ltd.

2-1 Ibukino Midori-ku Yokohama-City
Kanagawa-Pref. 226-0028 Japan
TEL 045-985-9481 FAX 045-985-9482
<http://www.kast.co.jp>

日本工業規格（抜粋）※(株)カスト Fiber Beam 規格について

JIS C6803 : 2013(IEC 60825-2 : 2010)レーザ製品の安全－光ファイバー通信システムの安全
Safety of laser products-Safety of optical fiber communication systems

序文 この規格は、2010年に第3.2版として発行されたIEC 60825-2を基に、技術的内容及び構成を変更することなく作成した日本工業規格である。なお、この規格で点線の下線を施してある参考事項は、対応国際規格にはない事項である。1 適用範囲 この規格は、光ファイバー通信システム（以下、OFCS という。）の安全な運転及び保守のための要求事項及び具体的な指針について規定する。このシステムにおいては、送信装置の囲いの外で、又は光源から遠いところで、光パワーに被ばくする可能性がある。この規格は、JIS C 6802 に規定するクラス分けに代わるものとして、被ばくする可能性がある場所でのハザードレベルの評価を規定している。この規格は、光放射を発生又は増幅するコンポーネント及びサブアセンブリを含めて、完全に据え付けられたエンドツーエンド OFCS に適用する。最終的なエンドツーエンド OFCS が、この規格の適用を受けるため、OFCS に組み込まれ、かつ、OEM 業者だけに販売されている個々のコンポーネント及びサブアセンブリについては、この規格は適用しない。

注記 1 この記述は、コンポーネント又はサブアセンブリの製造業者がこの規格の適用を希望する場合、又は契約でこの規格の適用を要求する場合、この規格の適用を妨げることを意図するものではない。

この規格は、主に材料加工用又は医療用として光パワーを送るために設計した光ファイバシステムには適用しない。

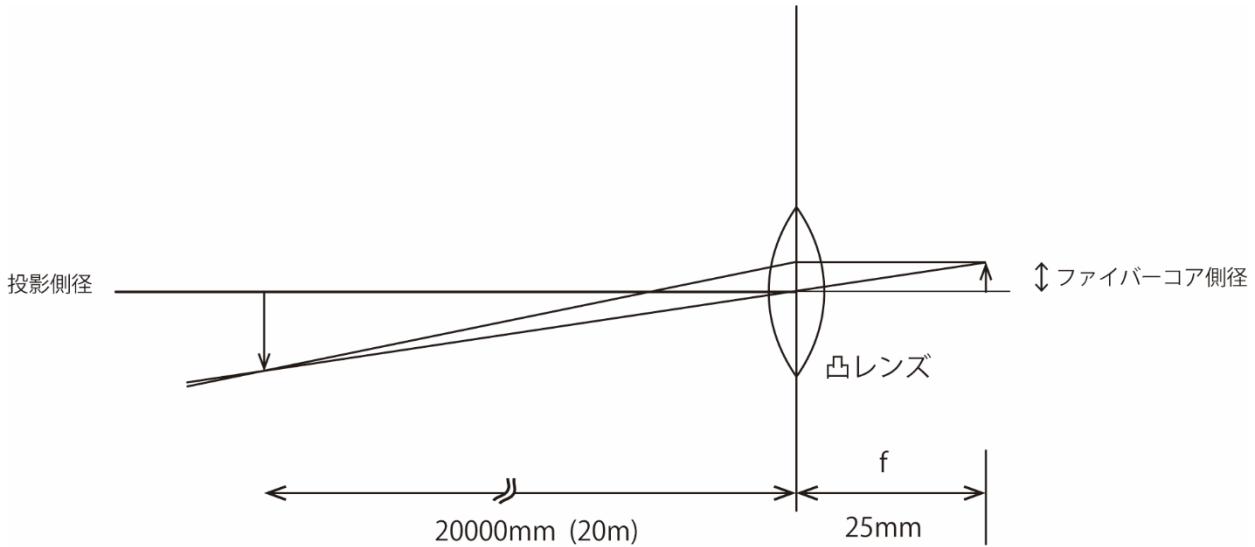
OFCS は、レーザ放射によって生じる危険があるほか、その他の危険（例えば、火災）を起すことがある。この規格は、爆発性環境に配置された OFCS による爆発又は火災に関する安全問題は取り扱わない。この規格では、用語レーザには、発光ダイオード（LED）及び光増幅器も含める。注記 2 光ファイバーから放射される光によるハザードは、放射される光の波長、パワー及び光ファイバーの光学的な特性によって定まる（附属書 A 参照）。この規格の目的は、次のとおりである。－ OFCS から生じる光放射から人々を保護する。－ 適切な予防措置を講じることができるように、手順を確立し、情報を提供するために、製造業者、設置業者、サービス組織及び運用組織に対する要求事項を規定する。－ OFCS に付随した潜在的危険に関して、標識、ラベル及び指示書を用いて、個人に対して適切な警告を行う。

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。

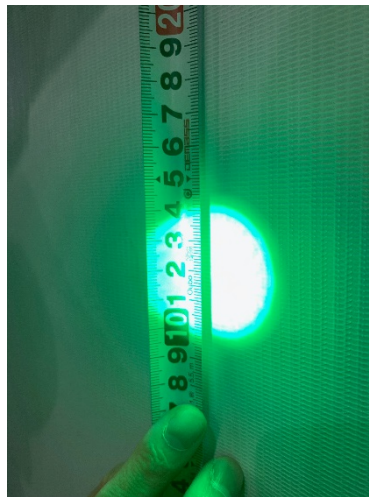
実測値は写真のように直径 40mm の画像が投影されました。



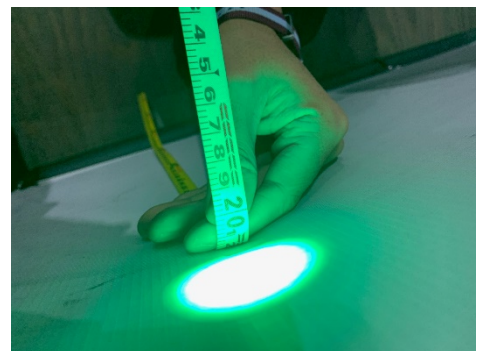
ファイバーコア側



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。



K O D A M A A R T S C I E N C E T E C H N O L O G Y

KAST Co., Ltd. 045-985-9481



ファイバービーム
F I B E R B E A M