



安全なレーザー実験のために

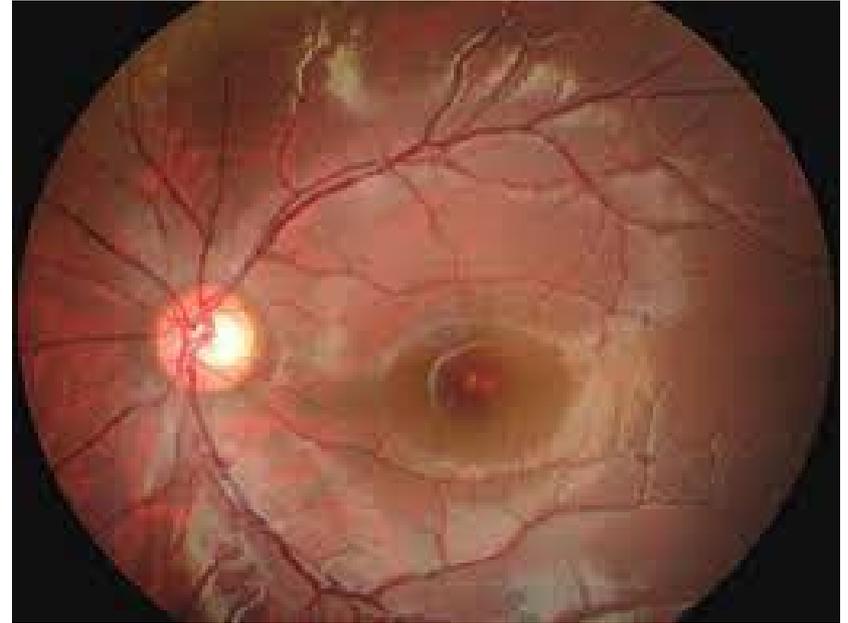
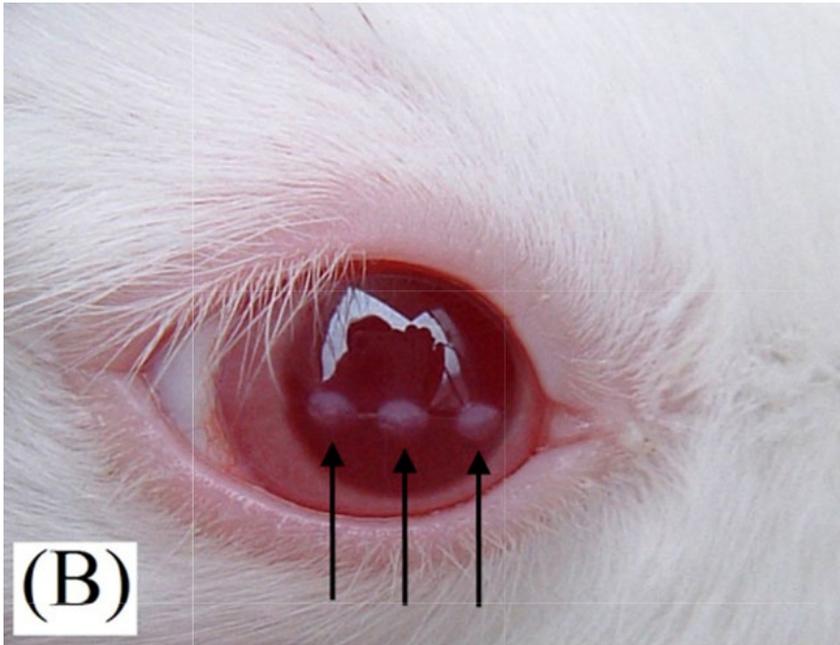
生物物理学講座 講師

西沢 望

事故事例として多少グロテスクな
写真などが出ます。
注意して閲覧して下さい

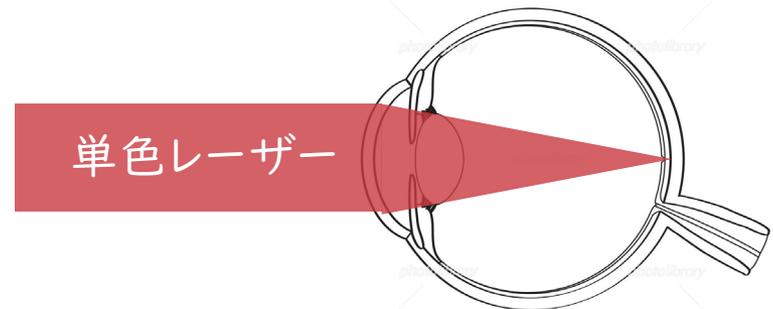
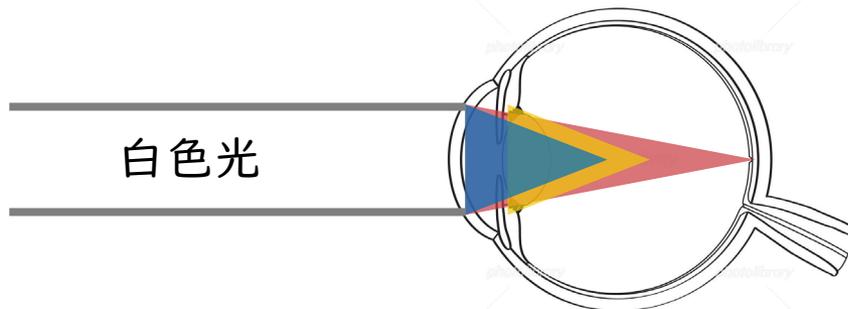


レーザーによる視力障害は治らない

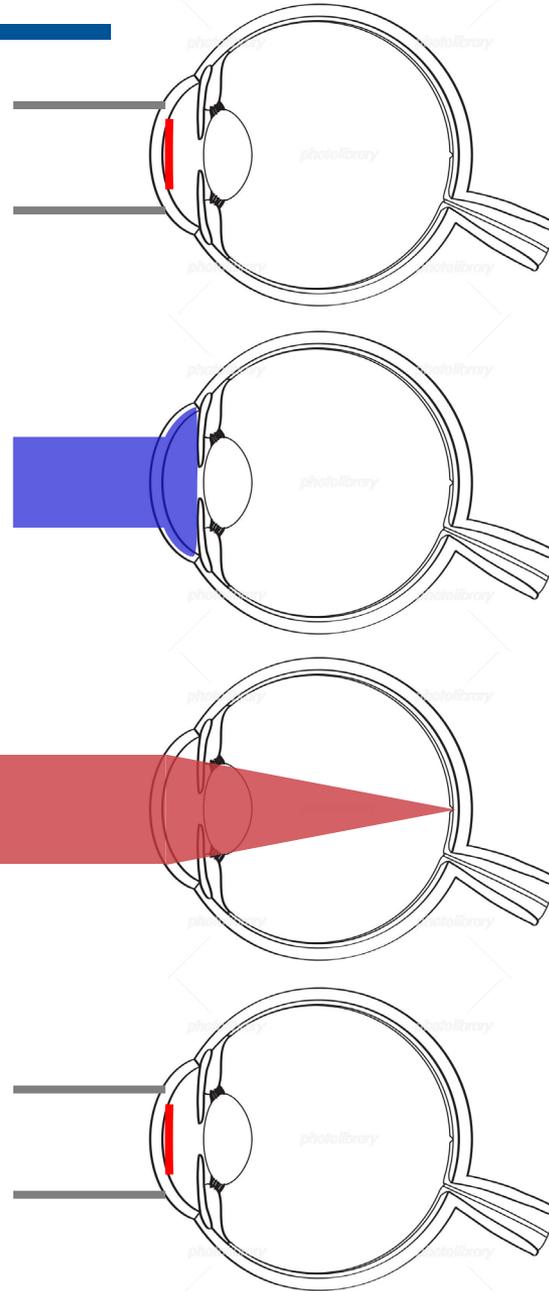
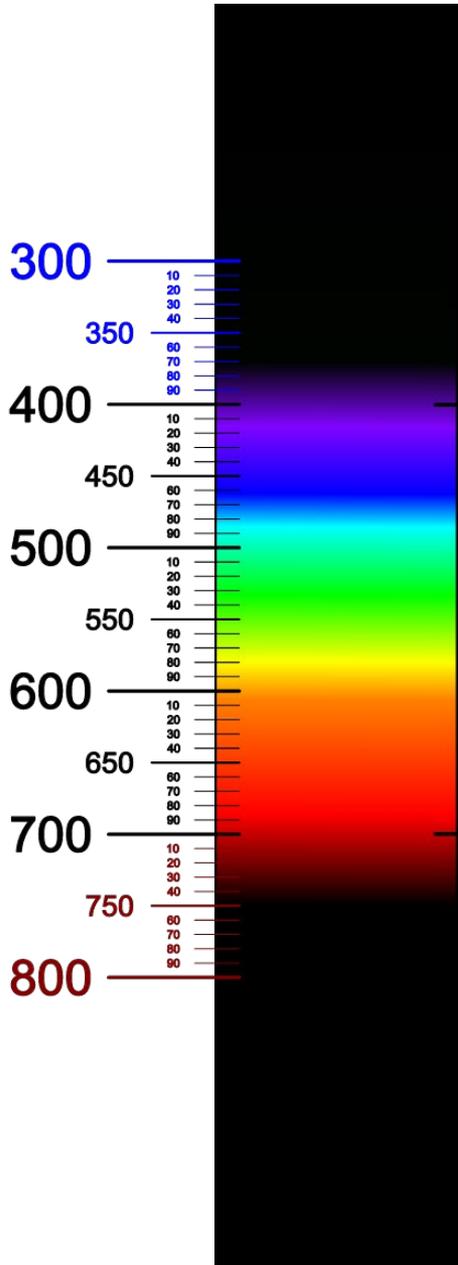


レーザーの危険性

- ・ 高輝度
 - 局所にエネルギーが集中する
(目や皮膚障害、火災を引き起こす)
- ・ 指向性(平行性)
 - 遠く離れてもビームが拡がらない
(離れていても危険)
- ・ 単色性
 - 一点で焦点を結ぶ



目の損傷



紫外線領域 **防御反応なし**
光化学作用、熱作用による
角膜、結膜の激痛を伴う炎症
(角膜損傷)

近紫外～可視光領域
熱作用による水晶体の混濁
(水晶体損傷)

**瞬きによる防御反応
(0.25s)**

赤～近赤外領域
光化学作用、熱作用、衝撃波
による**網膜損傷**

防御反応なし

赤外領域
熱作用による
角膜火傷、白内障

レーザー事故例

症例	年齢	レーザー	年	状況	最終視力
大学講師	34	ルビー	1965	ガラス板反射	0.9
研究員	35	Nd:YAG	1975	直接	0.06
大学院生	23	Nd:YAG SHG	1982	直接	0.2~0.4
大学生	22	Nd:YAG	1984	実験見学中反射	0.1~0.6
研究員	43	Nd:YAG pulse	1987	直接	0.04
大学院生	29	Nd:YAG SHG	1992	IRカードで反射	0.02~0.7
大学講師	34	Nd:YAG	1995	プリズム反射	0.9
研究員	31	Nd:YAG	1996	実験中、ミラー回転	0.06
大学院生	23	Nd:YAG	1998	実習	0.3
研究員	30	Ti:Sapphire	1999	偏光板操作中	0.7
大学生	21	Ti:Sapphire	2004	実験見学中反射	0.1以下

色分解できる黄斑部を失うと視力があっても色を失う

(見ようとしたときの結像位置は黄斑部であるため、損傷の殆どは黄斑部)

網膜損傷の場合、メガネでは矯正不可能(再生医療技術の発展に期待するのみ)

レーザーによる目の損傷を防ぐために

- ・ 使用しているレーザーの種類と危険性を知る
- ・ 危険性が高いレーザーの場合は、
適合するレーザーゴーグルを使う
- ・ レーザー光が想定外のところに行かないように、
実験系（光学系）の組み立てを行う
- ・ 反射しやすいもの（腕時計や指輪など）は
身につけない
- ・ 光軸調整の間は部屋を暗くしない
（瞳孔の大きさが7倍、網膜到達光量は50倍）
- ・ レーザー光と同じ高さで作業しない、頭を下げない
- ・ レーザー光のないときに調整しない
- ・ 実験室入室の際のルールを厳守する

レーザーのクラス分け

クラス	放射安全基準
1	人体に障害を与えない低出力のもの（例：He-Ne レーザーで 0.39mW 以下）
1M	光学機器を用いてレーザー光を集光し観察すると危険であるが、裸眼での観察はクラス1と同じく安全
2	可視光レーザー（波長 400～700nm）で、 <u>人体の防御反応（目の瞬き、頭の回避行動）により障害を回避しうる程度</u> の出力（可視光出力で CW 1 mW 以下）
2M	可視光レーザーに適用され、人体の防御反応（目の瞬き、頭の回避行動）により普通に使えば安全。光学機器（双眼鏡又はルーペなど）を用いて観察すると危険
3R	直接のビーム内観察は潜在的に危険。可視光（400～700nm）のレーザーはクラス2の5倍の出力。それ以外の波長のレーザーは、クラス1の5倍の出力
3B	直接又は鏡面反射によるレーザー光線の暴露により、目の傷害を生じる可能性があるが、拡散反射によるレーザー光線に暴露しても目の傷害を生じる可能性のない出力（おおむね CW で 0.5W 以下）
4	拡散反射によるレーザー光線の暴露でも、目や皮膚に損傷を与える可能性のある出力（おおむね CW で 0.5W を超える）のもの

マウス
(レーザー)

レーザー
ポインター

注意

厳注意

安全
 少し危険
 かなり危険
 とても危険

起動にカギが必要なものは要注意

適合するゴーグル

レーザーゴーグル(保護メガネ)の指標

$$OD = \log_{10} \left(\frac{1}{T} \right), \quad T = 10^{-OD}$$

T :透過率

OD が大きければ T が小さくなる

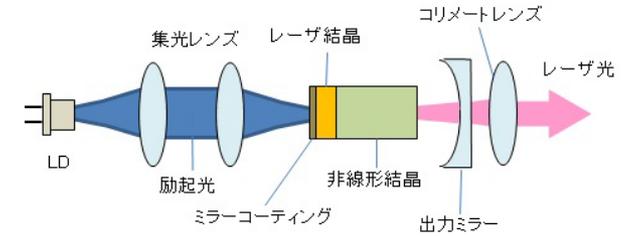
写真	数	波長域におけるOD値	適用
	1	190 – 390 nm OD5+ ; 625 – 860 nm OD3+ ; 670 – 835 nm OD5+	紫外、赤外用
	1	200 – 524 nm OD6 ; 525 – 537 nm OD5 ; 860 – 1090 nm OD6	可視光用
	2	190 – 400 nm OD5+ ; 808 – 840 nm OD4+ ; 840 – 950 nm OD5+ ; 950 – 1080 nm OD7+ ; 1080 – 1090 nm OD5+	赤外用
	1	532 nm OD2	532nm (簡易レーザー用)

使用レーザーと対応ゴーグル

使用中のレーザー



DPSS Laser: Diode Pumped Solid State Laser



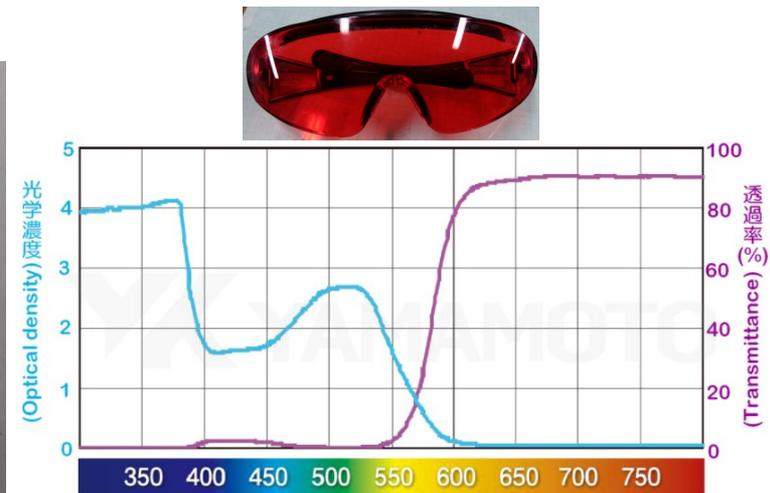
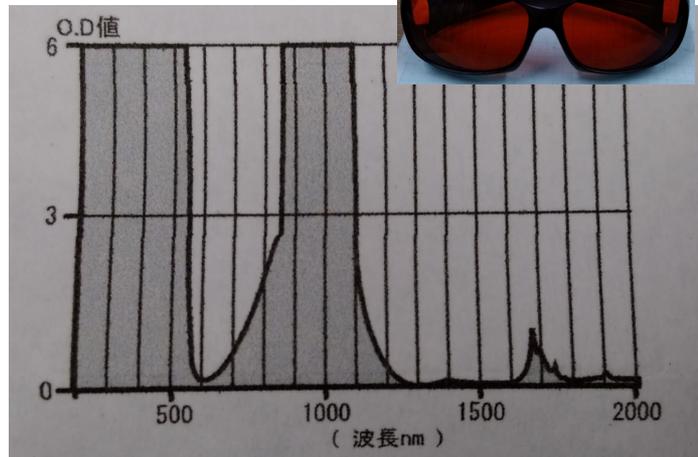
DPSS Laser

$$\lambda = 532 \text{ nm}$$

$$P = 0.9 \text{ mW}$$

クラス2

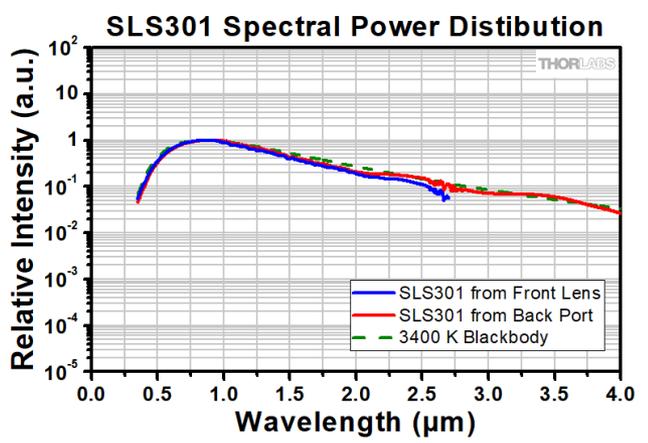
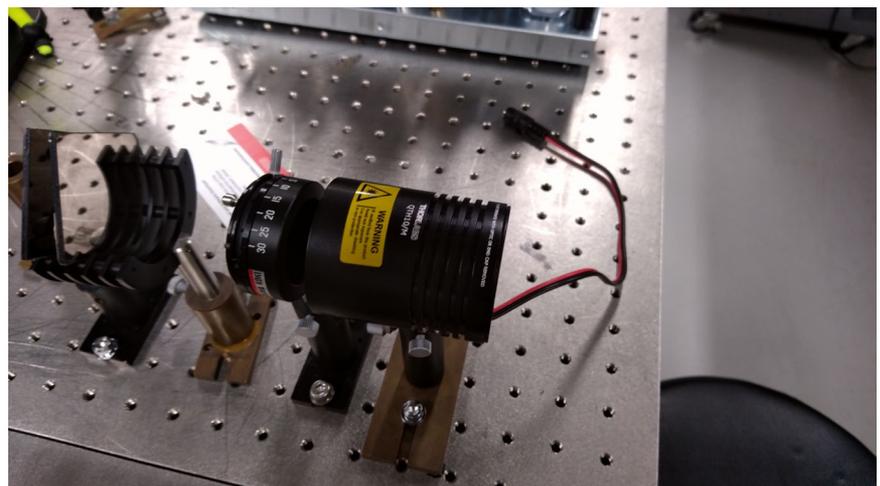
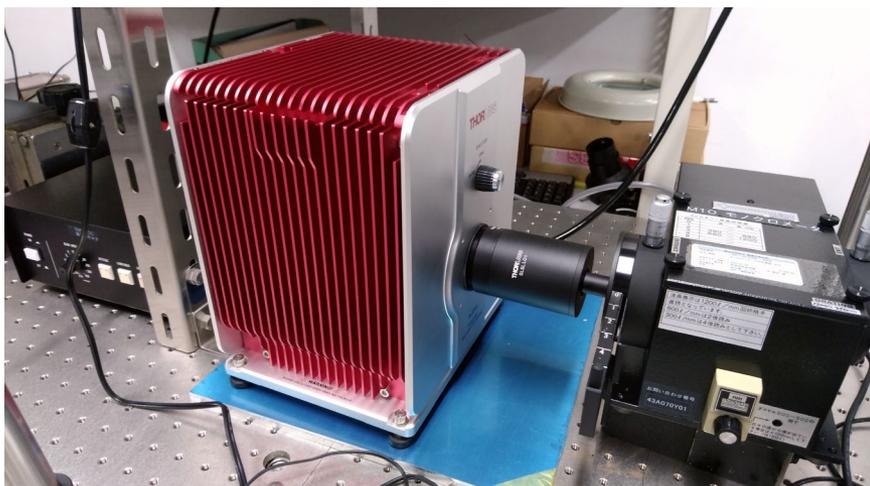
対応ゴーグル



使用光源と対応ゴーグル

タングステンハロゲンランプ
 $P > 1.6 \text{ W}$

タングステンハロゲンランプ
 $P = 50 \text{ mW}$



対応ゴーグル



レーザーではないが
直視しないこと

保有レーザーのリストと対応ゴーグル

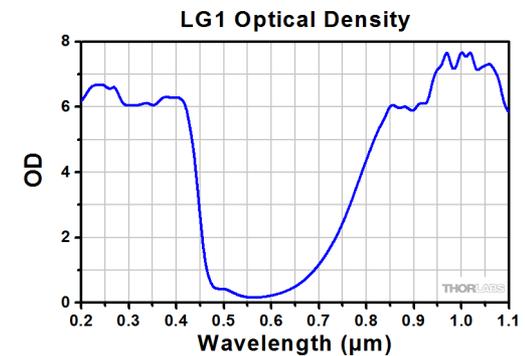
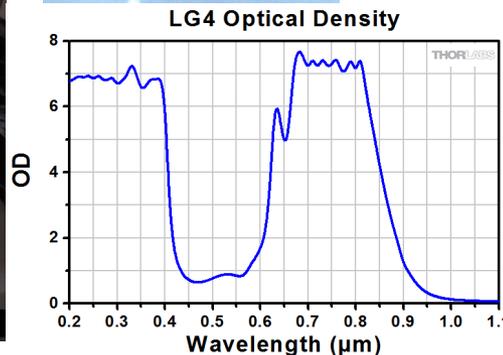
Nd:YVO₄ Laser
($\lambda = 532 \text{ nm}$, $P = 165 \text{ mW}$)



DPSS Laser
($\lambda = 914 \text{ nm}$, $P = 100 \text{ mW}$)



半導体レーザー
($\lambda = 785 \text{ nm}$, $P = 50 \text{ mW}$)



レーザーによる目の損傷を防ぐために

- ・ 使用しているレーザーの種類と危険性を知ること
- ・ 危険性が高いレーザーの場合は、
適合するレーザーゴーグルを使う
- ・ レーザー光が想定外のところに行かないように、
実験系（光学系）の組み立てを行う
- ・ 反射しやすいもの（腕時計や指輪など）は
身につけない
- ・ 光軸調整の間は部屋を暗くしない
（瞳孔の大きさが7倍、網膜到達光量は50倍）
- ・ レーザー光と同じ高さで作業しない、頭を下げない
- ・ レーザー光のないときに調整しない
- ・ 実験室入室の際のルールを厳守する

Fool proof

- ・ 反射しやすいものの持ち込み防止とゴーグル使用
危険性が高いレーザーの場合、レーザーのカギを借りるときに腕時計や指輪を外したか、ゴーグルの装着を確認する
- ・ 想定外のところにレーザーが飛ばないように
光を閉じ込める(ダンパーの使用)、水平方向にのみ飛ばす
反射防止の黒い工具を使う



Fail safe

- ・ 想定外のところにレーザーが飛んだ場合
ゴーグルを必ず装着する 調整時は低パワーで入室時にはロックをするなどルールを厳守する
- ・ つけっぱなしでの作業防止
低パワーレーザーの場合、ダイヤルタイマーにより一定時間経過後に自動でレーザーが切れるようにする



事故が起きた場合

- 周囲の人に助けを求める
- 指定病院に電話連絡する
- 職員へ事故の様子を通報する
- 病院で直ちに診察を受ける
(健康管理センターに
電話(042(778)7607)をかけて判断を仰ぐ)

