

輪講 光学実験講座(4)

2013/05/07

M1 林建太

ガウス型ビームの特徴

$$I(r) = I_0 e^{-2r^2/r_1^2}$$

$$I(d) = I_0 e^{-2d^2/d_1^2}$$

- ここで r_1 , d_1 は放射光強度がビーム軸上の値の $1/e^2$ となるビームの半径および直径

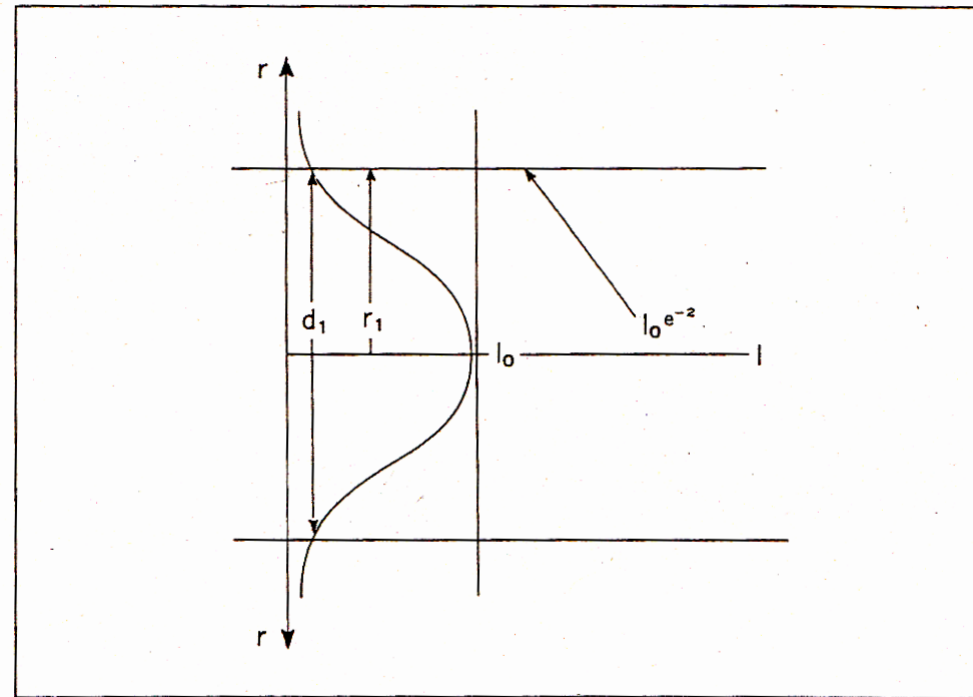


図0.27 ガウス形ビームの形状

ビームウェストとビーム拡がり角

- TEM₀₀モード光においてビームの最小値 d_0 は

$$d_0 = \frac{4\lambda}{\pi\theta}$$

- ビームウェスト近傍でのビーム直径の変化は

$$d^2 = d_0^2 + \theta^2 z^2$$

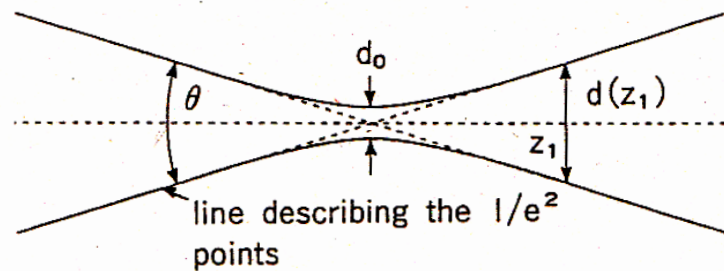
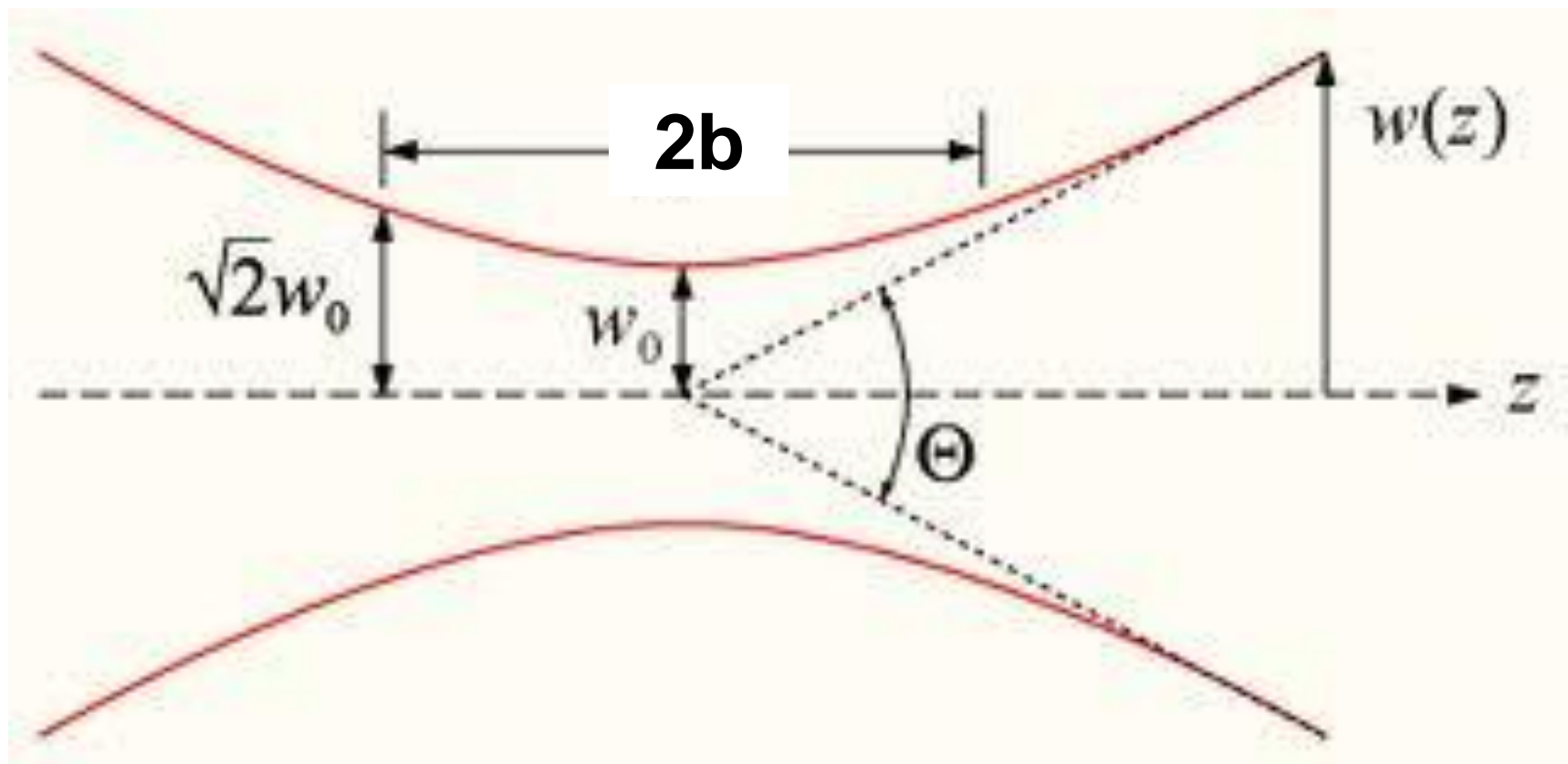


図0.28 ビームウェスト近傍のガウス形ビームの径変化

コンフォーカルパラメータ

- 焦点深度に相当する値で, $2b$ で表される.
- ビームウェストからビーム径が $\sqrt{2}$ 倍以内の距離



コンフォーカルパラメータ

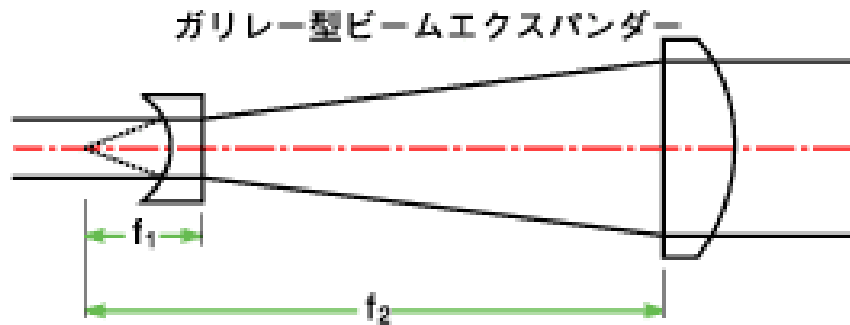
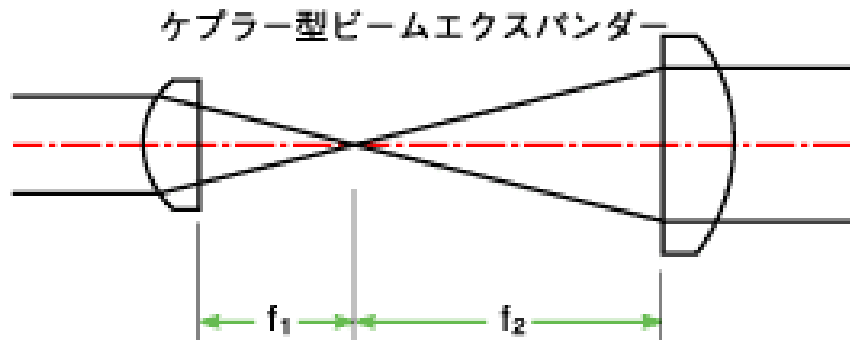
$$2b = \frac{2d_0}{\theta} = \frac{8\lambda}{\pi\theta^2} = \frac{\pi d_0^2}{2\lambda}$$

- ここで、HeNeレーザー($\lambda=633\text{nm}$)のビーム径が1mmとすると

$$\theta = \frac{4\lambda}{\pi d_0} = \frac{(1.27 \times 6.33 \times 10^{-7} \text{m})}{(1 \times 10^{-3} \text{m})} = 0.8 \text{mrad}$$

$$2b = \frac{2d_0}{\theta} = \frac{2(1 \times 10^{-3} \text{m})}{(0.8 \times 10^{-3} \text{rad})} = 2.5 \text{m}$$

レーザービームの平行光化



- 利点

レーザービームの整形
(空間でフィルターをかけること) ができる

- 利点

焦点を結ばないので、レンズなどの破損がない

レーザーの軸モード

$L = \frac{q\lambda}{2}$ (qは整数) より, レーザーが発振できる波長は

$$\lambda_q = \left(\frac{2L}{q} \right)$$

$\nu = c/\lambda$ より, 共振モード周波数は

$$\nu_q = q \left(\frac{c}{2L} \right)$$

- $$\begin{aligned} \Delta\nu &= \nu_{q+1} - \nu_q \\ &= \frac{(q+1)c}{2L} - \frac{qc}{2L} = \frac{c}{2L} \end{aligned}$$

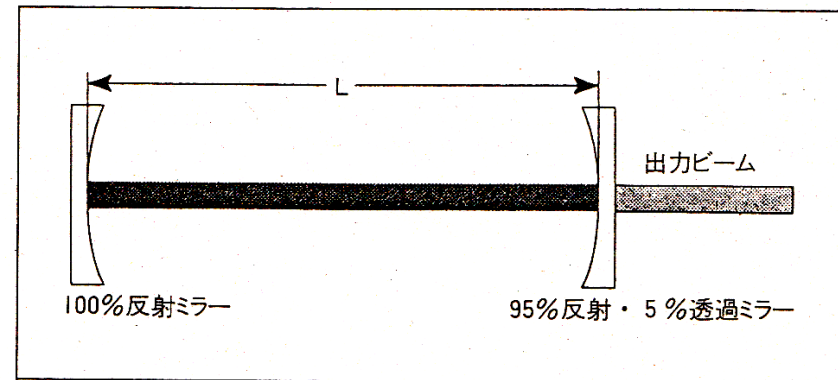


図0.31 レーザ共振器
ミラー間隔はレーザー出力の重要なパラメータである。

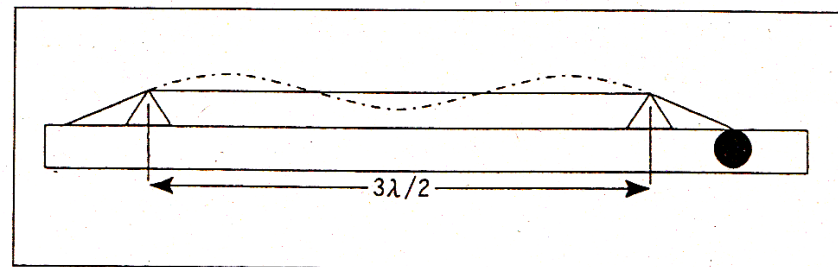


図0.32 定在波

レーザーの軸モード

- レーザーの隣接モード間の差は一定で，ミラー間隔にのみ依存する
- 実験で使用する低出力 HeNe レーザーでは数本の軸モードしか立たない

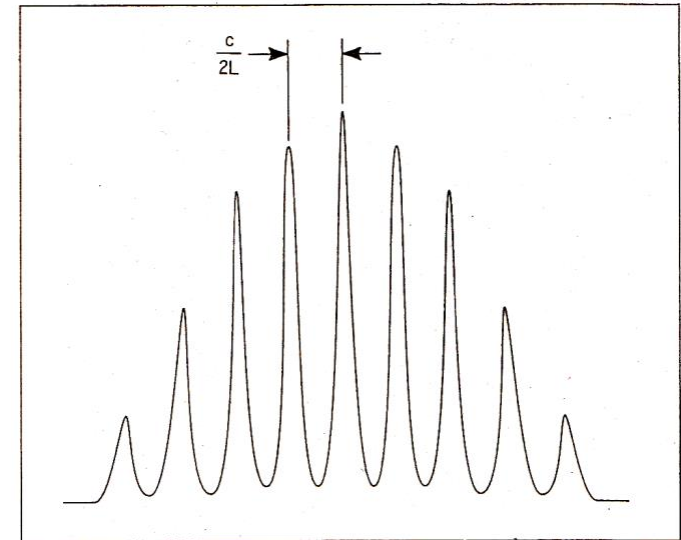


図0.33 レーザのモード分布
レーザー出力を周波数の関数としてプロット

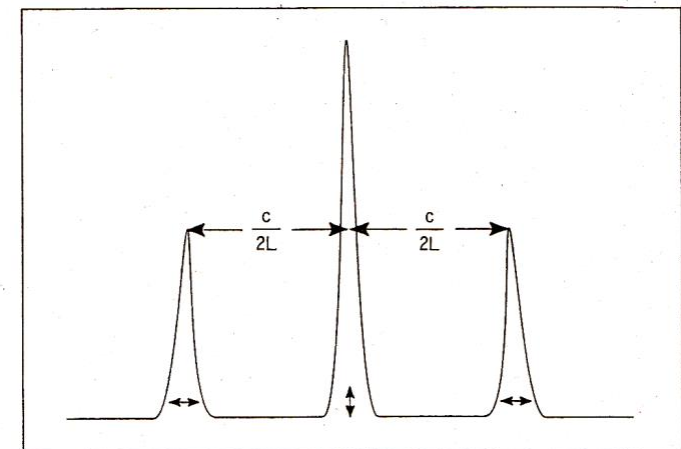


図0.34 内部鏡構成の3モード発振のレーザーの出力

レーザーのコヒーレンス

- コントラストCは

$$C = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

- 干渉縞が現れる光路長差を
コヒーレンス長 l_c

$$\Delta\nu = \frac{c}{l_c}$$

マイケルソン干渉計でコヒーレンス長を求めれば, その光源の帯域幅 (バンド幅) が分かる

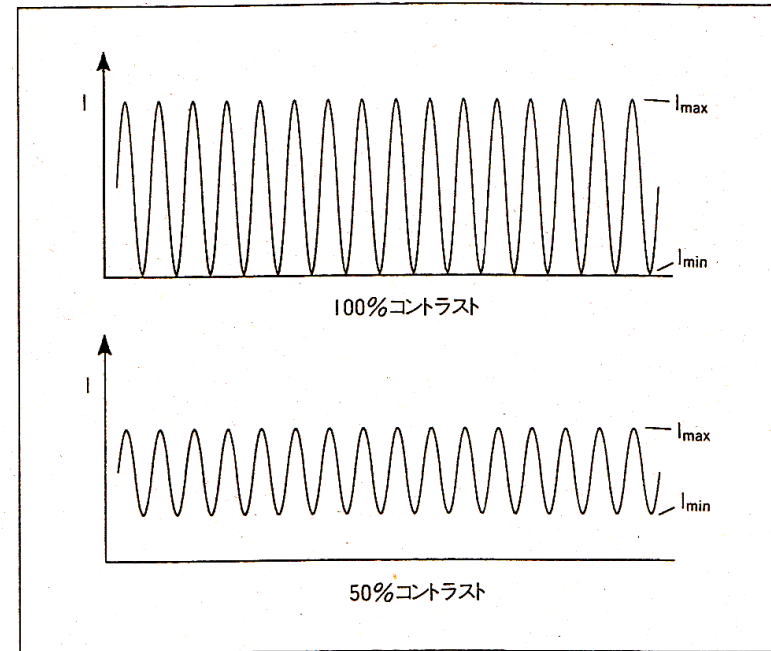


図0.35 コントラスト

レーザーのコヒーレンス

干渉が最大になる条件

- $L_1 - L_2 = \frac{m\lambda}{2}$ m は整数

干渉が最小になる条件

- $L_1 - L_2 = \frac{m\lambda}{4}$ m は奇数

レーザーのコヒーレンス

$$L_1 - L_2 = \frac{m\lambda_1}{2} \quad m \text{は整数}$$

$$L_1 - L_2 = \frac{m\lambda_3}{2} + \frac{\lambda_3}{4}$$

- 2つの式より

$$m\Delta\lambda = \frac{\lambda_3}{2}$$

波長間隔 $\Delta\lambda$ を周波数間隔 $\Delta\nu$ に置き換えて

$$\Delta\nu = \frac{\nu}{2m} = \frac{\lambda\nu}{4\Delta L} = \frac{c}{4\Delta L}$$

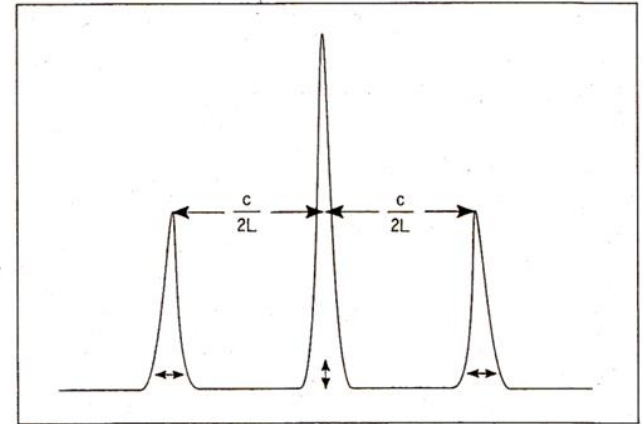


図0.34 内部鏡構成の3モード発振のレーザーの出力

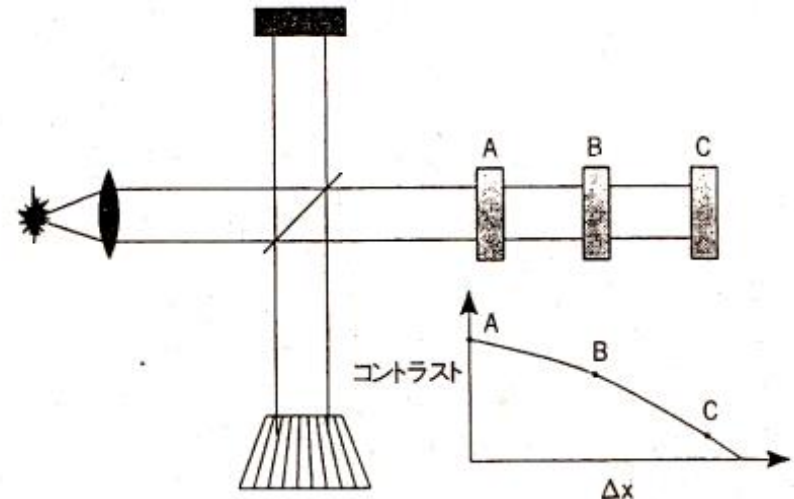


図0.36 明瞭度の関数