

6/5(水) 16:00～17:00

干渉計セミナー

教科書（レクチャー全体）

* レーザー物理入門(霜田光一, 岩波書店)

* 重力波物理の最前線(川村静児, 共立出版)

他におすすめの教科書

* Gravitational-Wave Physics and Astronomy: An Introduction to Theory, Experiment and Data

Analysis(Jolien D. E. Creighton)

(重力波探索手法のことも詳しい)

* 安東さんの修士論文 https://granite.phys.s.u-tokyo.ac.jp/theses/ando_m.pdf (干渉計制御について

詳しい)

■ 今年度の干渉計セミナー

https://gwwiki.icrr.u-tokyo.ac.jp/JGWwiki/KAGRA/IFOBasicLec/2024Basic_lecture

■ 過去の干渉計セミナー

https://gwwiki.icrr.u-tokyo.ac.jp/JGWwiki/KAGRA/IFOBasicLec/2022Basic_lecture

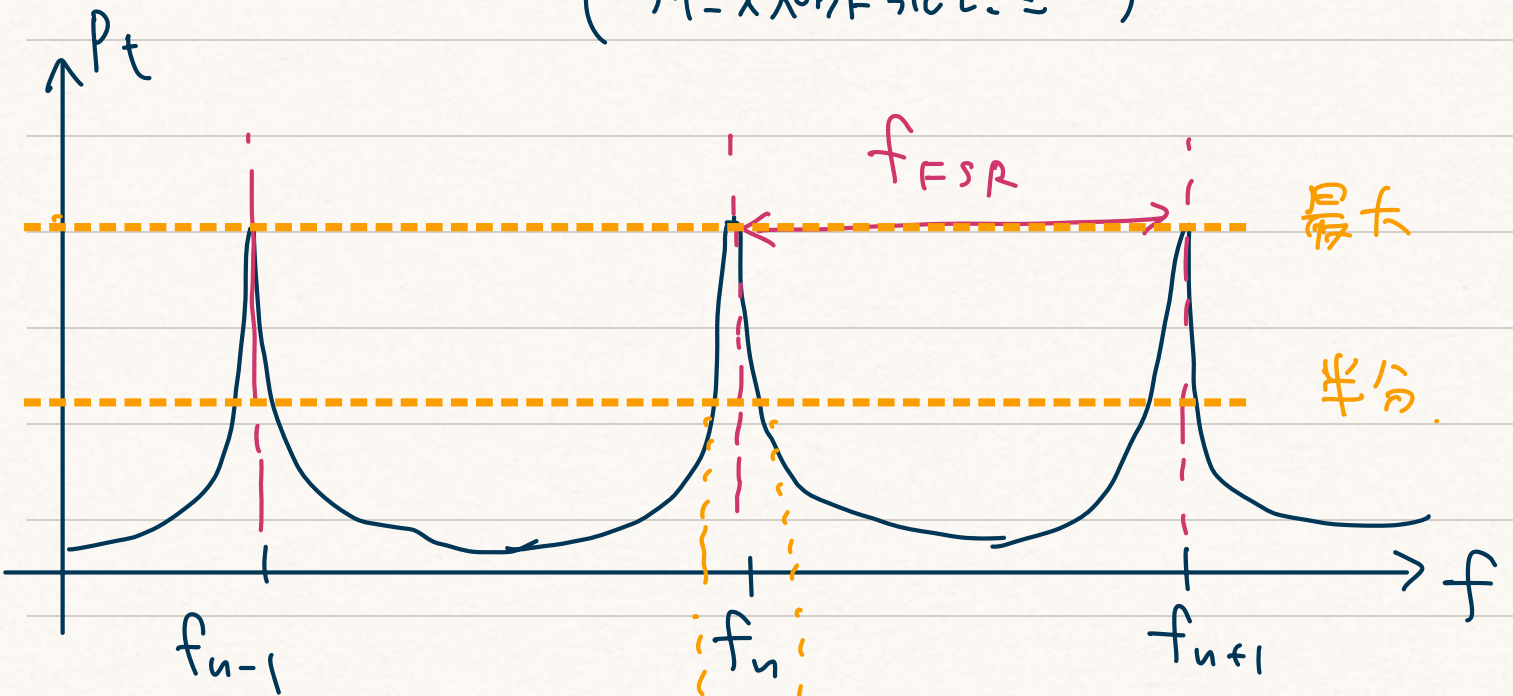
$$f_n = n \cdot \frac{c}{2L}$$

$$\Delta f = f_{n+1} - f_n$$

$$= (n+1) \cdot \frac{c}{2L} - n \cdot \frac{c}{2L}$$

$$= \frac{c}{2L} = f_{FSR}$$

(71-21071 310 L = 3)



f_{FWHM}

Finesse : 71722

21071 or 21072

半値全幅 (Full width half maximum)

FWHM と呼ぶ = 幅



P_t

$$= \frac{(t_I t_E)^2}{1 + (r_I r_E)^2 - r_I r_E \left(e^{2i\beta L} + e^{-2i\beta L} \right)} \cdot P_{in}$$

//
} $\cos(2\beta L)$

$$= \frac{(t_I t_E)^2}{1 + (r_I r_E)^2 - 2r_I r_E \cos(2\beta L)} \cdot P_{in}$$

~
↓ Taylor 展開

$$1 + (r_I r_E)^2 - 2r_I r_E \left(1 - \frac{1}{2!} (2\beta L)^2 \right)$$

//
2

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \dots$$

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \dots$$



$$\frac{1}{2} P_c \left(\frac{D}{f_{FWHM}} \right) = P_c \left(\text{角半値}; f_{FWHM} \right)$$

$$2 \left(1 + (r_I r_E)^2 \right) = 1 + (r_I r_E)^2 - 2 r_I r_E \cos(2 \frac{fL}{c})$$

f_{FWHM}
Taylor展開

(導出は図略)

$$f_{FWHM} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1 - r_I r_E}{\sqrt{r_I r_E}} \cdot \frac{c}{L}$$

ファイネスの定義

$$F \equiv \frac{f_{FSR}}{f_{FWHM}}$$

$$f_{FSR} = \frac{c}{2L}$$

$$= \frac{c/2L}{\frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1 - r_E r_I}{\sqrt{r_I r_E}} \cdot \frac{c}{L}}$$

$$= \frac{\pi \sqrt{r_I r_E}}{1 - r_I r_E}$$

ファイネス : π のある程度を表す無次元量
共振器の反射率だけによって決まる。

平均的値

✓
 $\frac{1}{k}$ の Cavity 内の滞在時間 τ

Fabry-Perot 共振器の周波数応答



$$\tau = \frac{2L}{c} F$$

光の往復回数. N_{FP}

$$N_{FP} = \frac{c\tau}{L} = \frac{2}{\pi} F$$

$$\sim \frac{2}{3.14} F = \frac{1}{1.57} F$$

o KAGRA の Finesse ~ 1550 (理論値)

実測値 $X_{arm} \sim 1400$

$Y_{arm} \sim 1300$

o LIGO の Finesse は ~ 400 (理論値)

宿題

具体的な Finesse を計算してみよ

$$\textcircled{1} \quad r_I = r_E = 0.9$$

$$\textcircled{2} \quad r_I = r_E = 0.99$$

$\textcircled{3}$ 実際の KA GRA の場合.

<https://gwwiki.icrr.u-tokyo.ac.jp/JGWwiki/LCGT/subgroup/ifo/MIF/OptParam>

ITM の transmission \textcircled{a} IR = 0.004

$$\rightarrow r^2 + t^2 = 1$$

$$r_I = 0.99992$$

ITM の transmission \textcircled{a} IR = 5 ppm ~ 10 ppm

$$t_E = \cancel{5e-6} \sim \underline{\underline{1e-5}}$$

\Downarrow

$$r_E = \sqrt{1 - (t_E)^2}$$