

基礎ゼミ

2021年6月25日(金)11時-12時

廣瀬千晶

今後の予定(変更の可能性)

- ①KAGRAの概要
- **①~②マイケルソン干渉計/power、周波数応答**
- **③~④ファブリペロー共振器/透過光、反射光、FSR、フィネス**
- ファブリペローマイケルソン干渉計/複合反射率
- PRC、SRCの役割
- 雑音
- **⑤~⑥変調復調/PDH法、シュナップアシンメトリー、フェーザーダイアグラム、ショットノイズ**
- **⑦~⑧ブロック線図/伝達関数**

目次

- 課題
- 位相と長さの関係
- ショットノイズ

参考文献

- 山本さんの修論：p.22-26、38-40
- 安東さんの修論：p.20-22、35
- 「重力波をとらえる」：p.210-212
- 川村静児著「重力波物理の最前線」：p.53-54

課題

• 周波数応答($H(\omega)$)をプロットしてみる。

①横軸周波数、縦軸 $|H(\omega)|$ 絶対値、

②横軸周波数、縦軸 $\angle H(\omega)$ 位相

Ω …IRレーザーの角周波数



$$\lambda[m] = c[m/s] * f[Hz]$$
$$\lambda=1064[\text{nm}]$$

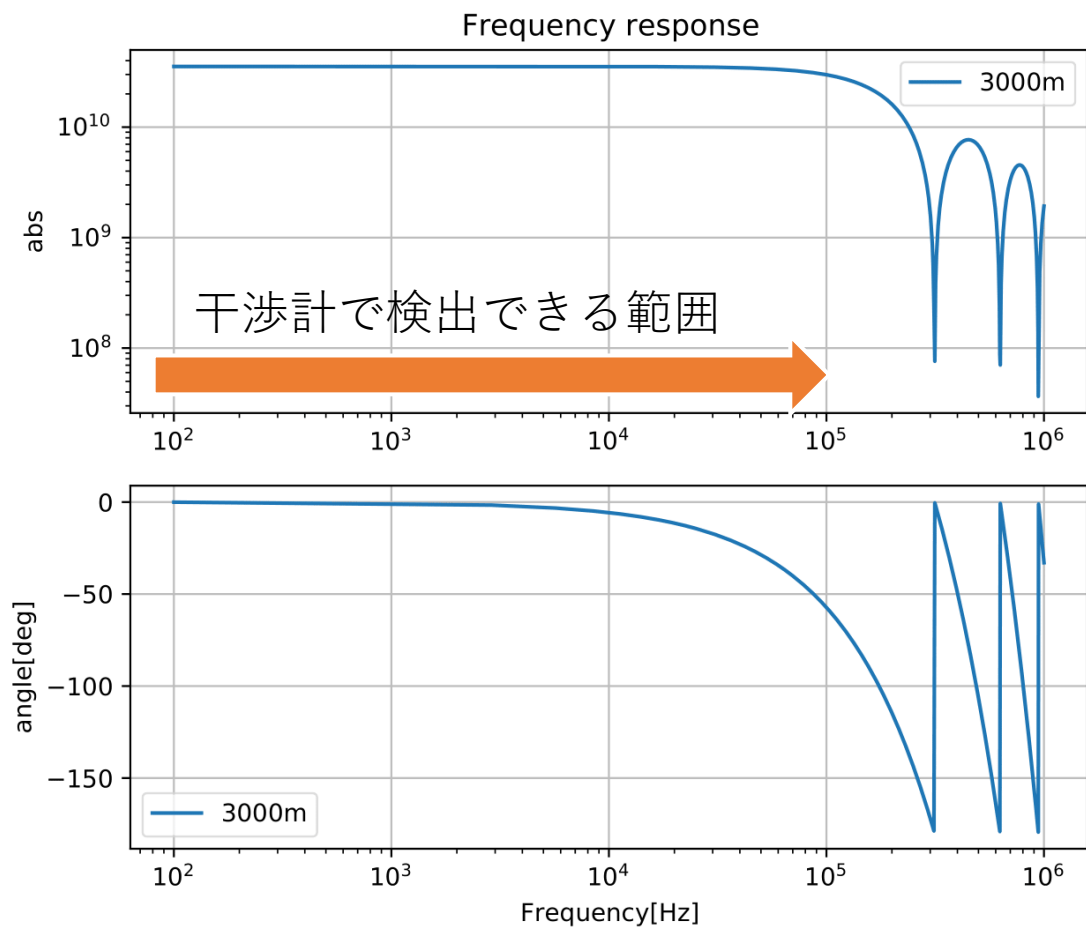
l …3000[m](KAGRAのアームの長さ)

• (次回) ショットノイズから、S/N比を求める。

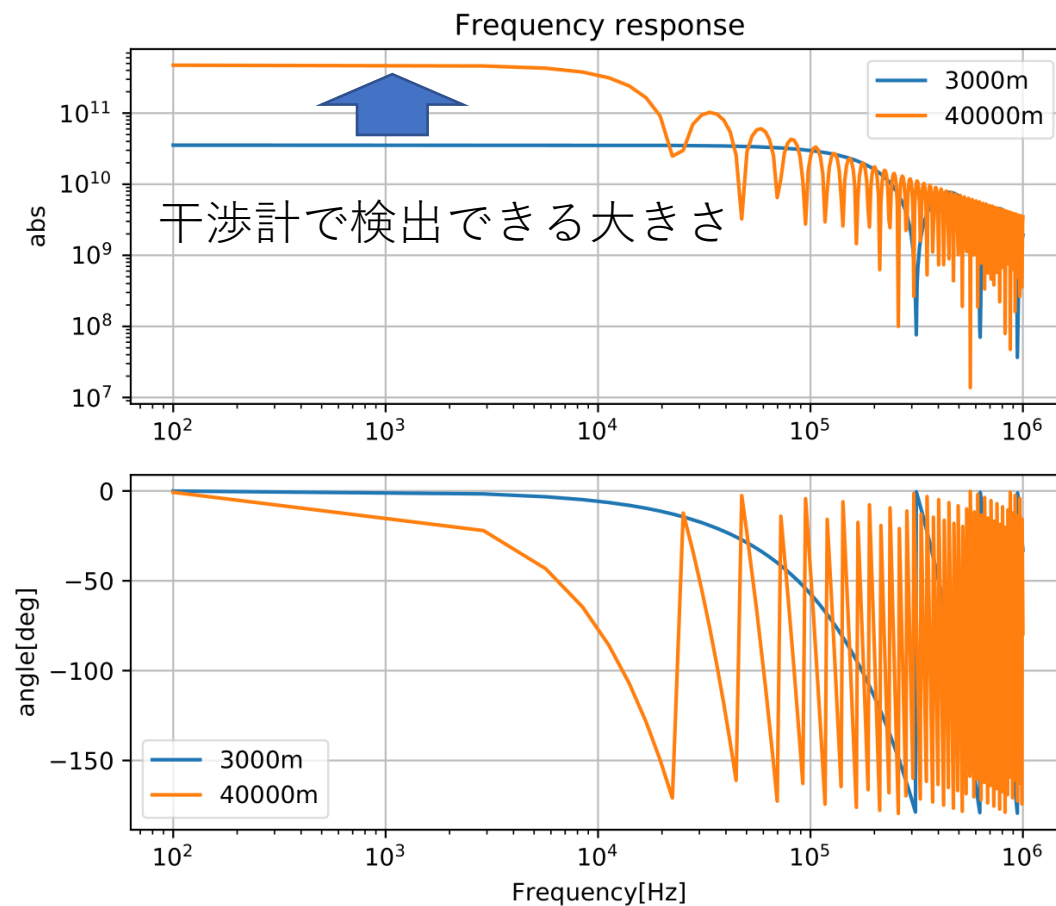
Bright-fringeとMid-fringeとDark-fringeでどう変化するか…

周波数応答をプロットすると

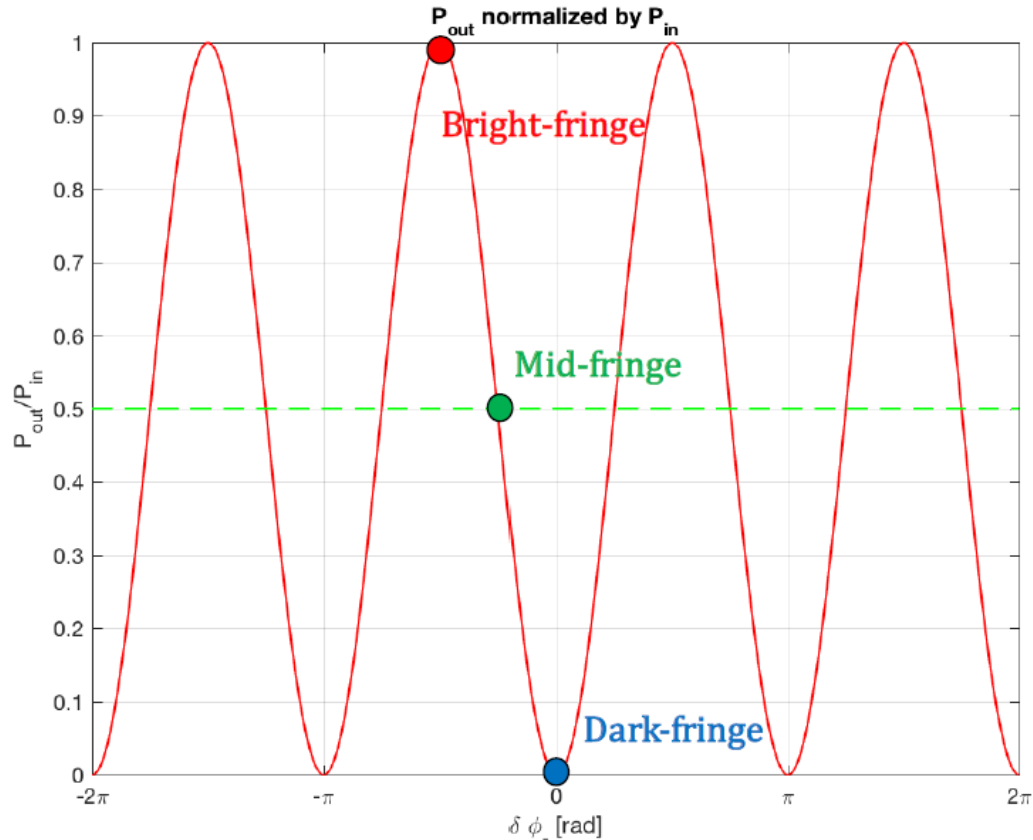
3000mの時



3000m、40000mの時



マイケルソン干渉計 / Power



$$P_{out} = \frac{1}{2} P_{in} (1 - \cos 2\delta\phi_-)$$

Bright-fringe、Dark-fringe :

長さ変化が起きた時に、変化の方向が分からない。

Mid-fringe :

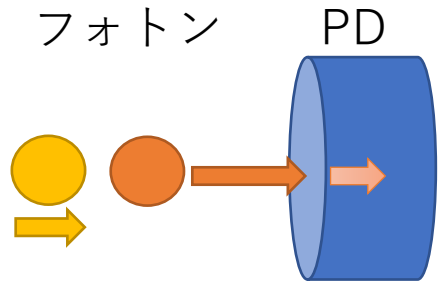
線形部分なので、長さ変化が起きた時に、変化の方向が分かる。

→しかし、ショットノイズの関係で、(KAGRAは) Dark-fringeになる場所にPDを置いている

(b) P_{out}/P_{in}

散射雑音(ショットノイズ)

光を検出する際の光子数の揺らぎによる雑音。 $(noise) = \delta P = \sqrt{2 \frac{2\pi\hbar c P_{in}}{\lambda} \frac{P_{in}}{2}} = \sqrt{\frac{2\pi\hbar c P_{in}}{\lambda}}$



光子がPDに
当たることにより
電流が流れる。
光子が少ない
と不安定に電流が
流れる。

信号は、 $P_{out} = \frac{1}{2} P_{in} (1 - \cos 2\delta\phi_-)$, $(\delta\phi_- = \frac{2\pi}{\lambda} \delta x)$

$$(signal) = \delta P_{out} = \frac{2\pi}{\lambda} P_{in} \sin\left(2 \frac{2\pi}{\lambda} \delta x\right) \cdot \delta x$$

→ミッドフリンジの時、 $\sin\left(2 \frac{2\pi}{\lambda} \delta x\right) = 1$

ダークフリンジの時、 $\sin\left(2 \frac{2\pi}{\lambda} \delta x\right) = \frac{1}{2}$

S/N比を求めると... $\frac{signal}{noise} = 1$

$$\text{ミッドフリンジは、} \delta x_{mid} = \sqrt{\frac{\hbar c}{2\pi P_{in}}}$$

$$\text{ダークフリンジは、} \delta x_{dark} = \sqrt{\frac{\hbar c}{4\pi P_{in}}}$$



$\sqrt{2}$ 倍違う

今後の予定(変更の可能性)

- ①KAGRAの概要
- ①~②マイケルソン干渉計/power、周波数応答
- ③~④ファブリペロー共振器/透過光、反射光、FSR、フィネス
- ファブリペローマイケルソン干渉計/複合反射率
- PRC、SRCの役割
- 雑音
- ⑤~⑥変調復調/PDH法、シュナップアシンメトリー、フェーザーダイアグラム、ショットノイズ
- ⑦~⑧ブロック線図/伝達関数

次回

- 内容

ファブリペロー共振器の透過光の電場、反射光の電場、共振状態、FSR、フィネス、周波数応答

- 範囲

山本さんの修論：p.26-32

安東さんの修論：p.25-34