低温レーザー干渉計CLIO(20)

我妻一博, 大橋正健, 内山　隆, 三代木伸二, 宮川治, 寺田聡一[A],
山元一広[B], 川村静児[G], 黒田和明, 中谷一郎, 斎藤陽紀, 森岡友子,
山本明[C], 春山富義[C], 鈴木敏一[C], 佐藤伸明[C], 都丸隆行[C],
新冨孝和[D], 早河秀章[E], 新谷昌人[F], 高森昭光[F], 新井宏二[G],
辰巳大輔[G], 安東正樹[H], 神田展行[I], 田越秀行[J], 高橋弘毅[K]

東大宇宙線研, 産総研[A], MaxPlank研[B], 高エ研[C],
日大[D], 極地研[E], 東大地震研[F], 国立天文台[G], 東大理[H],
大阪市大[I], 阪大理[J], 長岡技科大[K]

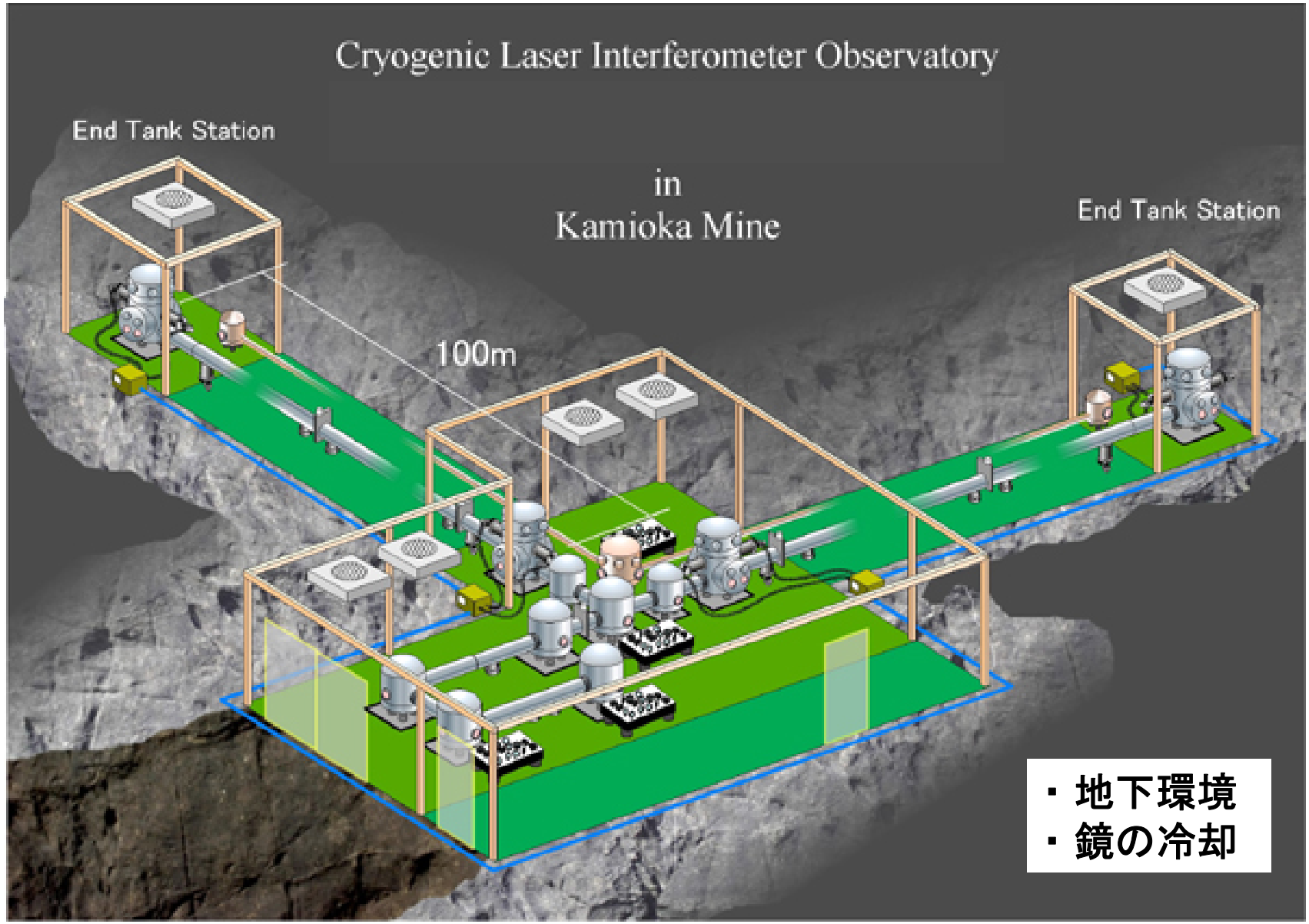
もくじ

RF強度雑音を測定し、CLIOの現在の感度と比較した

⇒ 現感度の 400Hz～4kHz を制限している

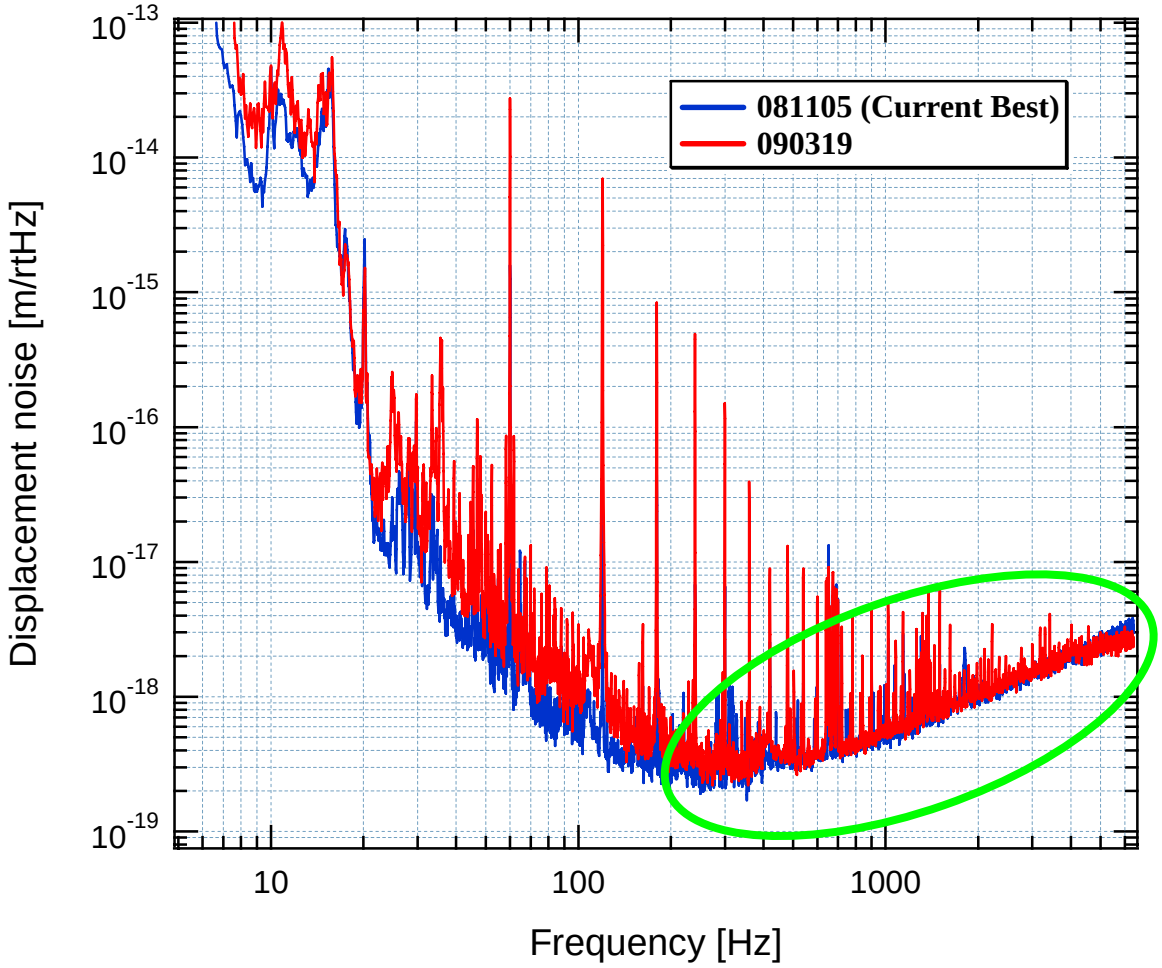
1. 背景
2. RF強度雑音
3. 測定方法
4. 測定結果
5. 感度との比較
6. 問題点と今後の課題
7. まとめ

背景


Cryogenic Laser Interferometer Observatory
in
Kamioka Mine
End Tank Station
End Tank Station
100m

・地下環境
・鏡の冷却

背景



・11月のベスト感度以降、Laser の不調にあえいだ

・Laser買い替えにより現在ベスト感度に近い感度まで回復

・ベスト感度時の約1.5倍の光量がPDに入っているが、Shot noise 領域が変化していない

RF強度雑音を疑った

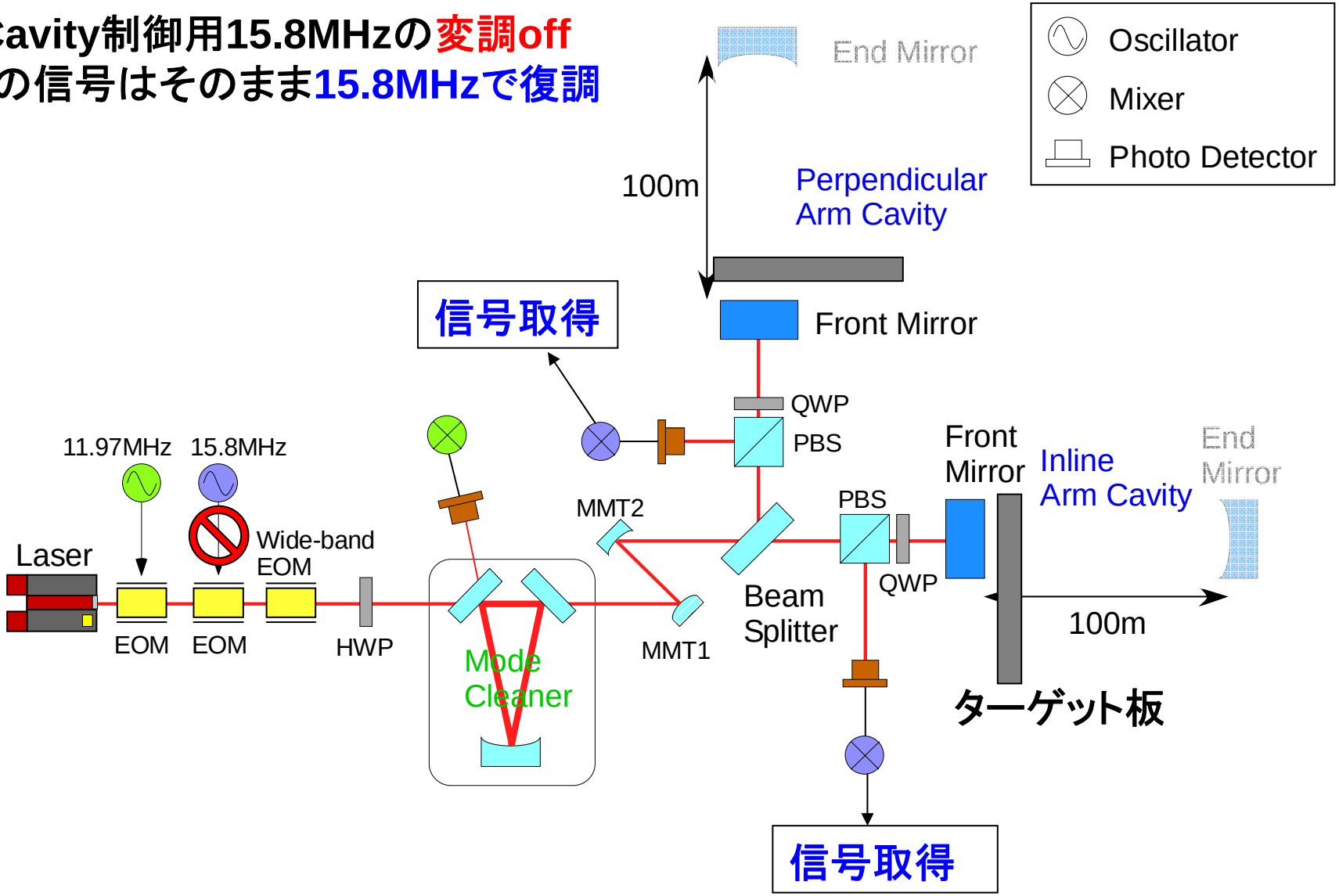
2. RF強度雑音

- 入射光学系が元々持っているRF(15.8MHz)での強度揺らぎ

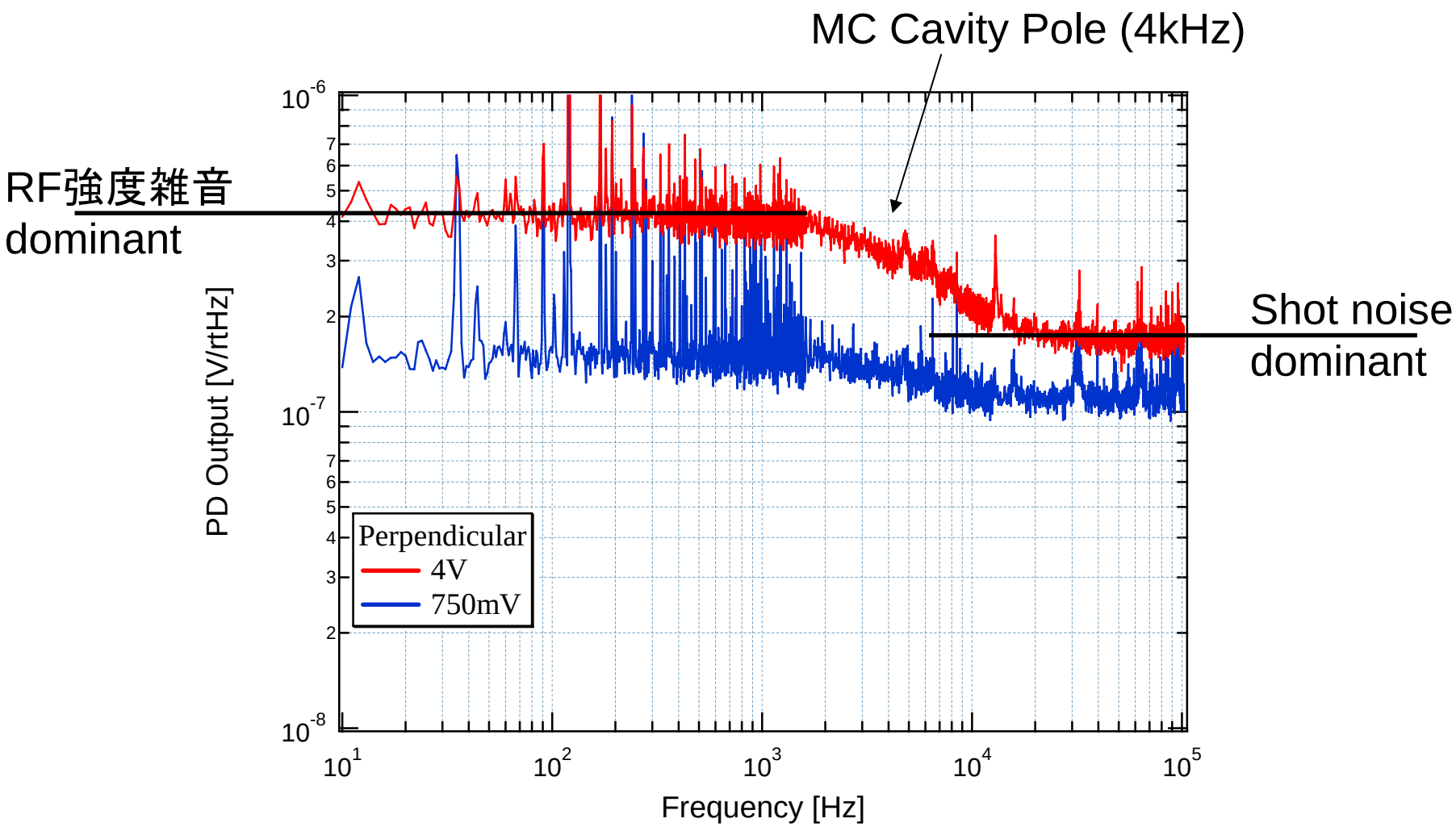
  （主にレーザー自身が持つ雑音）
- MC の FSR に対応する周波数なので、MCをそのまま透過する
- MC の Cavity pole (CLIOでは4kHz)以下で雑音となる

3. 測定方法

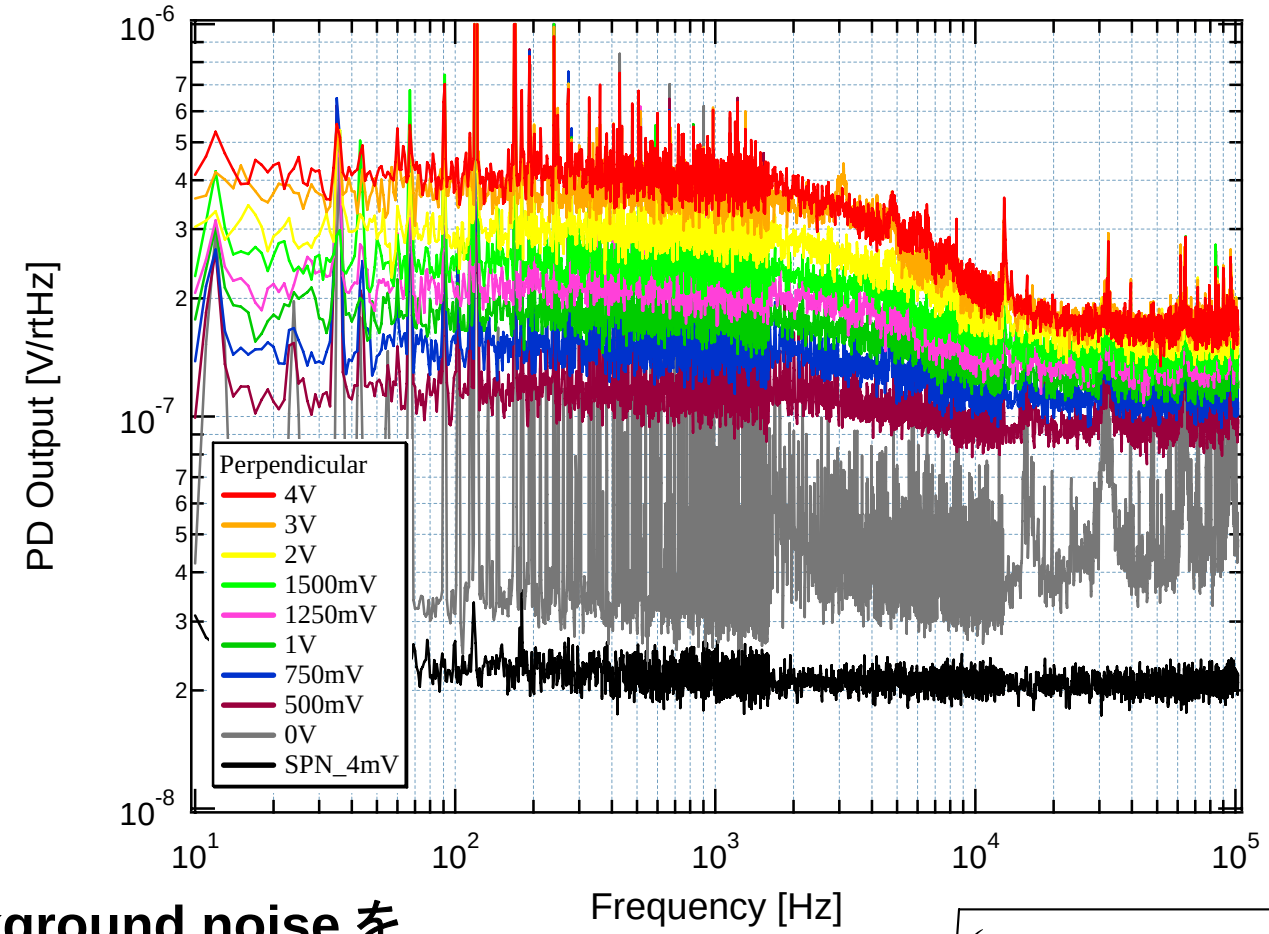
・腕Cavity制御用15.8MHzの変調off
・PDの信号はそのまま15.8MHzで復調



4. 測定結果


MC Cavity Pole (4kHz)
RF強度雑音
dominant
Shot noise
dominant
PD Output [V/rtHz]
Frequency [Hz]
Perpendicular
4V
750mV

4. 測定結果



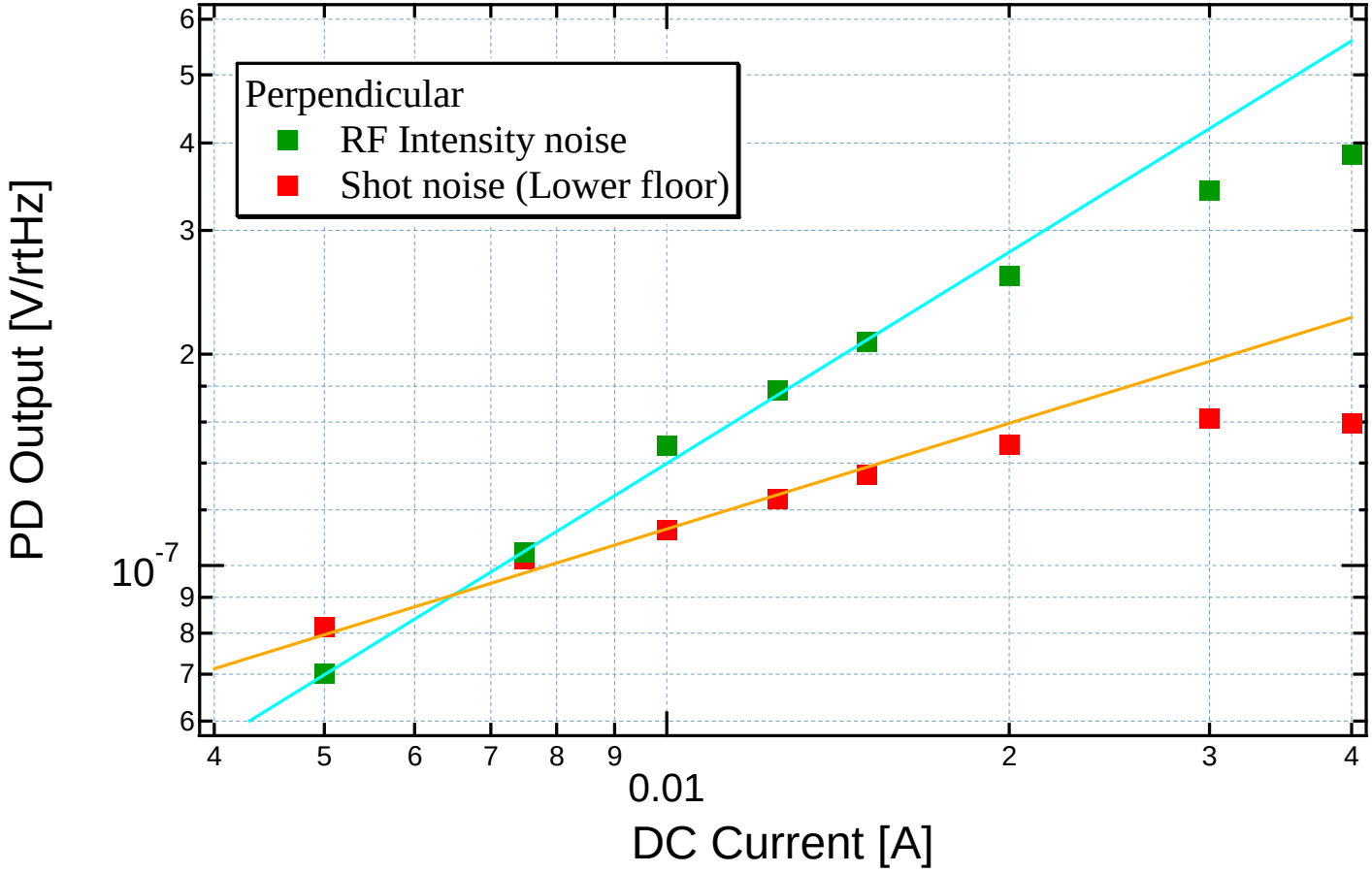
P_{MC} はMCのCavity Pole(4kHz)

⇒ **Background noise を差し引いた後、右式でフィッティング**
RFI **と** ***Shot*** **を求めた**

$$\sqrt{\left(\frac{RFI}{\sqrt{1+\left(f/P_{MC}\right)}}\right)^2 + Shot^2}$$

4. 測定結果

RF強度雑音とShot noise の比

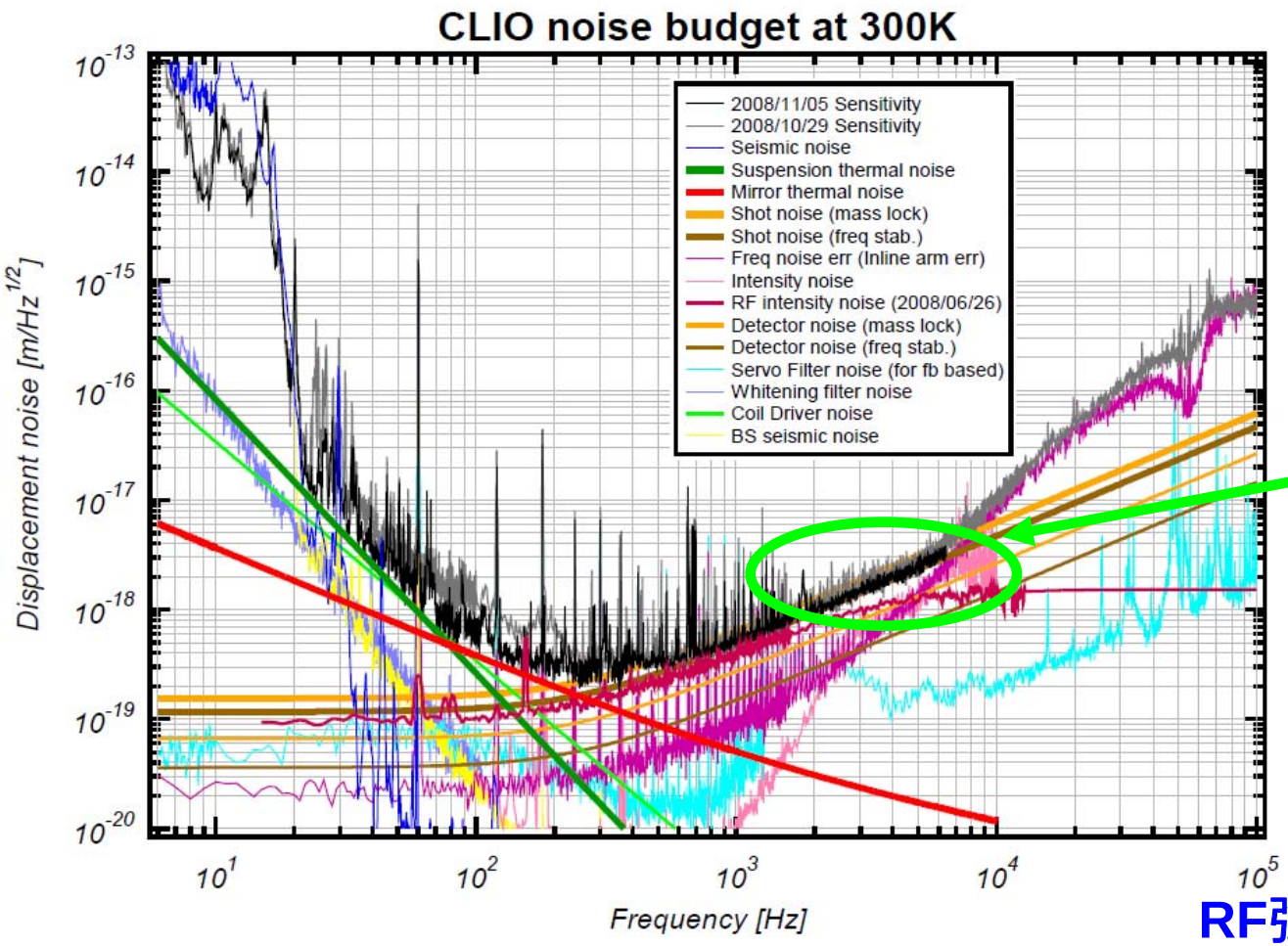


得られる情報
(1). 光量依存性
(2). PDの応答
(3). RF強度雑音と Shot noiseの比

現在使用している PD は20mA まで 線形応答を示す

6 ~ 7 mA の電流相当の光量がPDに入射するとき、
RF強度雑音とShot noiseが等しくなる

5. 感度との比較



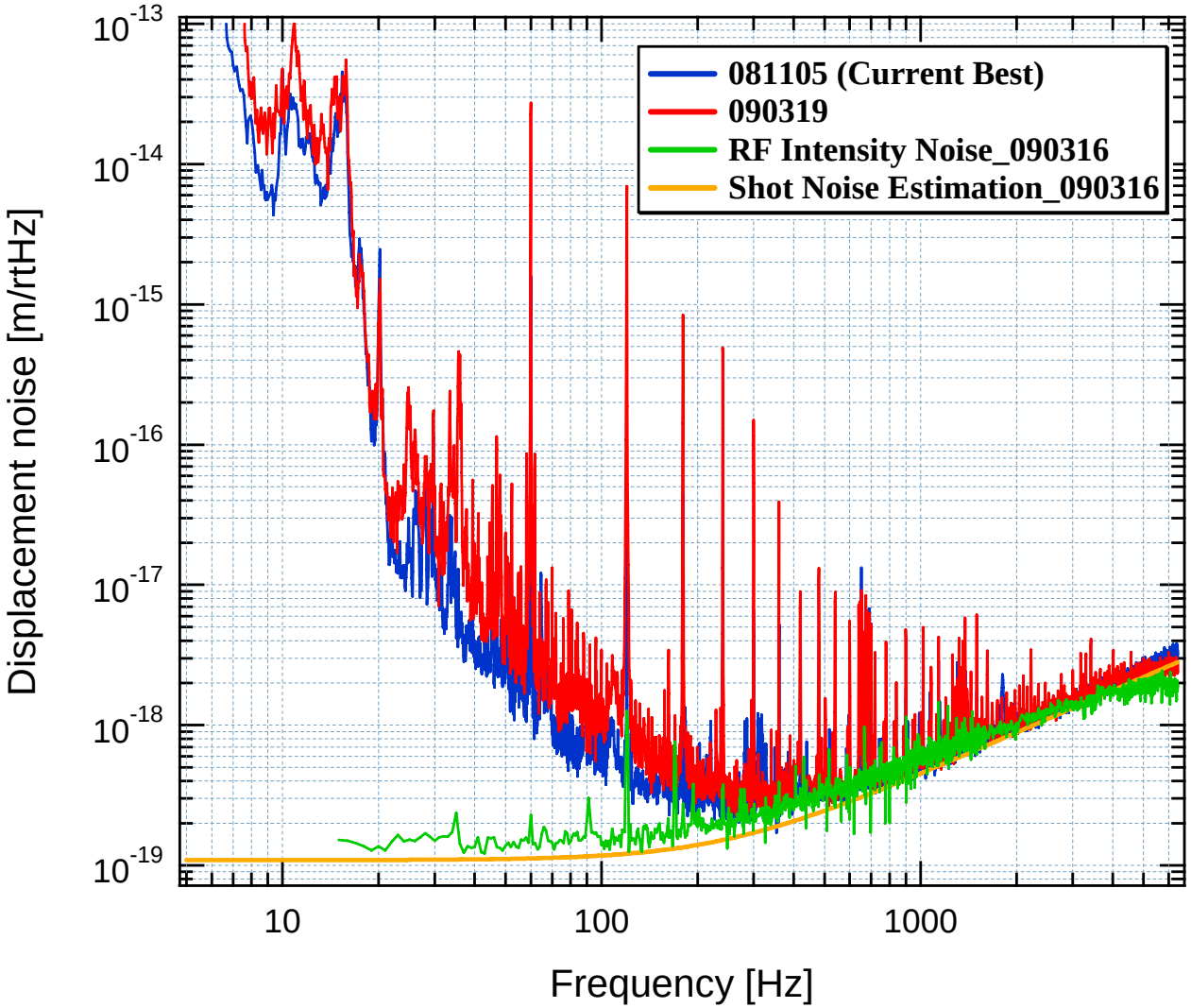
●感度への変換●
⇒ Shot noise を基準にする

ベスト感度時の数kHz帯域はShot noise で支配されている

5kHz での感度の値を読み取り
PDでのShot noise → 感度でのShot noise の変換係数を求める

RF強度雑音とShot noise の比は既知
⇒ RF強度雑音の感度への影響が見積もれる

5. 感度との比較



高周波で一致
⇒ 現在の感度の
400Hz ～ 4kHz
を制限している

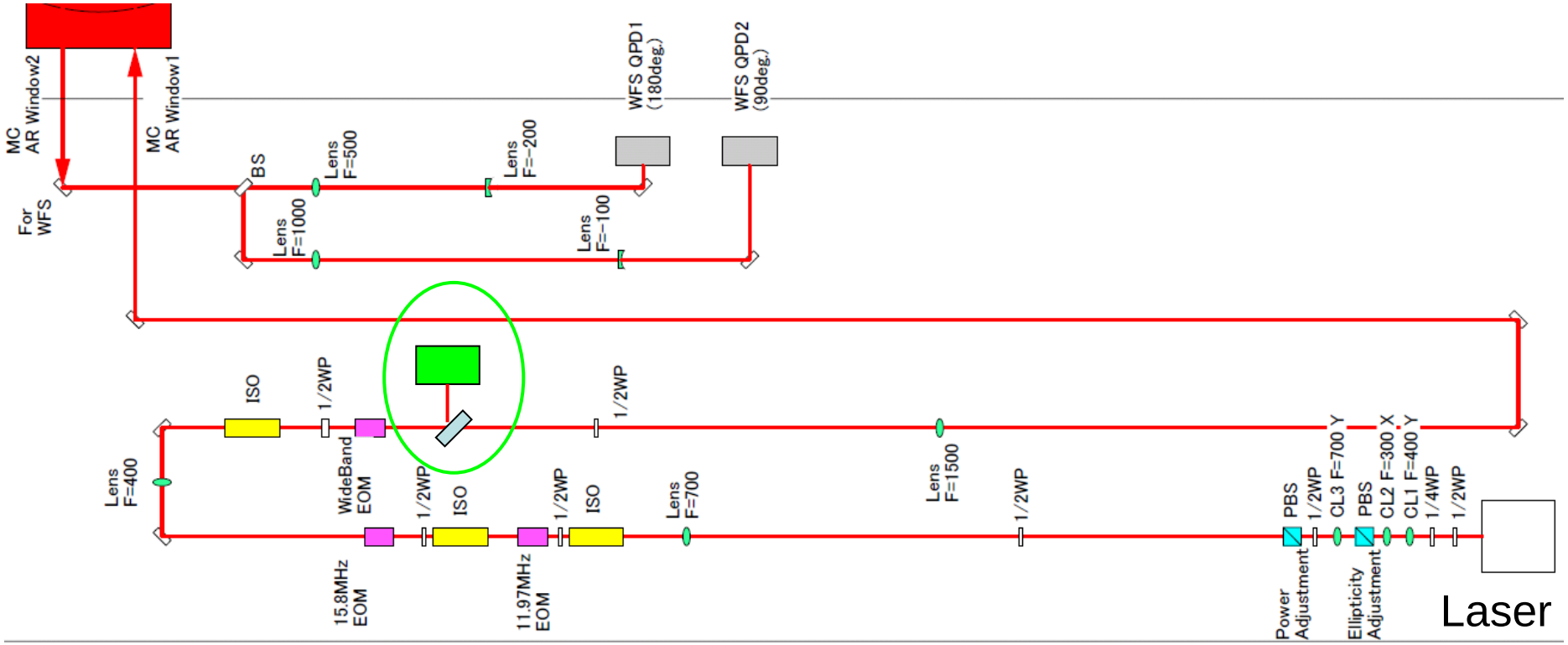
100Hz でベスト感度の
4分の1に迫っている
⇒ 鏡の冷却実験を
考えると、なるべく
小さい方が良い

解決策 ⇒ Pre MC の導入？ ...

6. 問題点と今後の課題

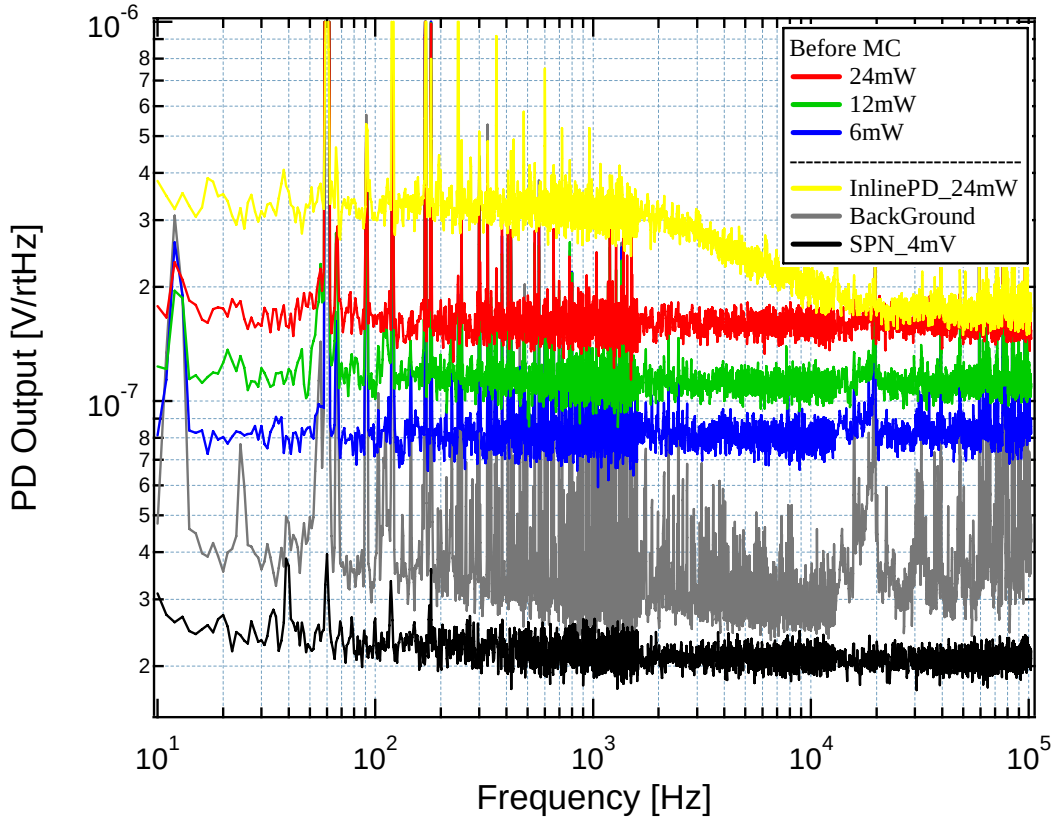
MC

MC の前でどの程度 RF強度雑音が存在するか測定した



PD: 腕用PDと同型 Perkin Elmer 15.8MHz
場所:制御用 Wideband EOM の後ろで測定

6. 問題点と今後の課題



・入射光量に対してShot noise的な応答を示す

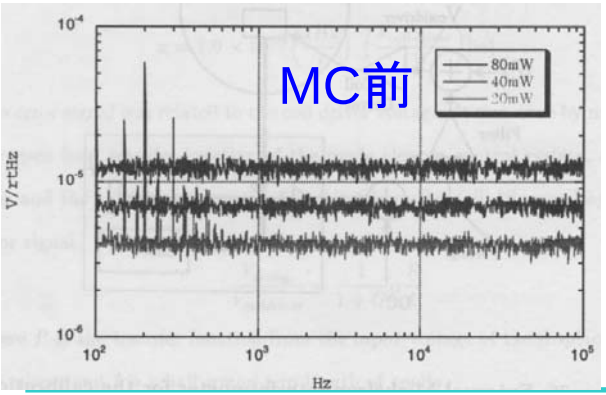
⇒ 測定されたものはShot noise

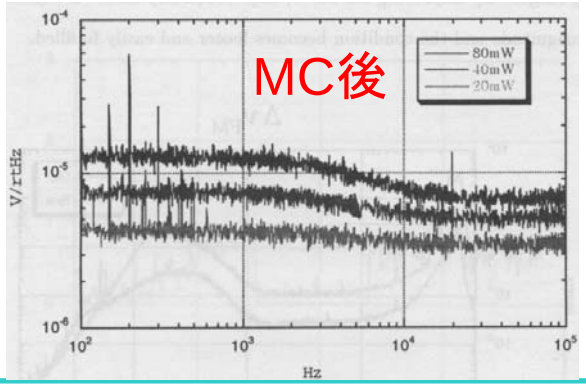
⇒ RF強度雑音は見えない

MC透過によってRF強度雑音が増加している ？？

⇒ 単純にpre MC を導入してもRF強度雑音の低減はできない

要調査





TAMAの場合
(measured by 寺田さん)

まとめ

結論

- RF強度雑音を測定した

  ⇒　現在、CLIOの感度の400Hz～4kHzを制限していることはほぼ間違いない

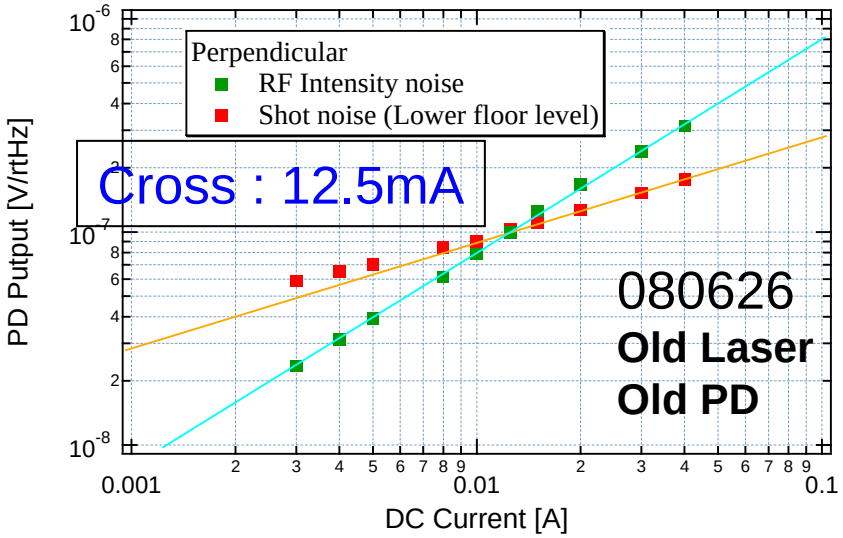
問題点・疑問点

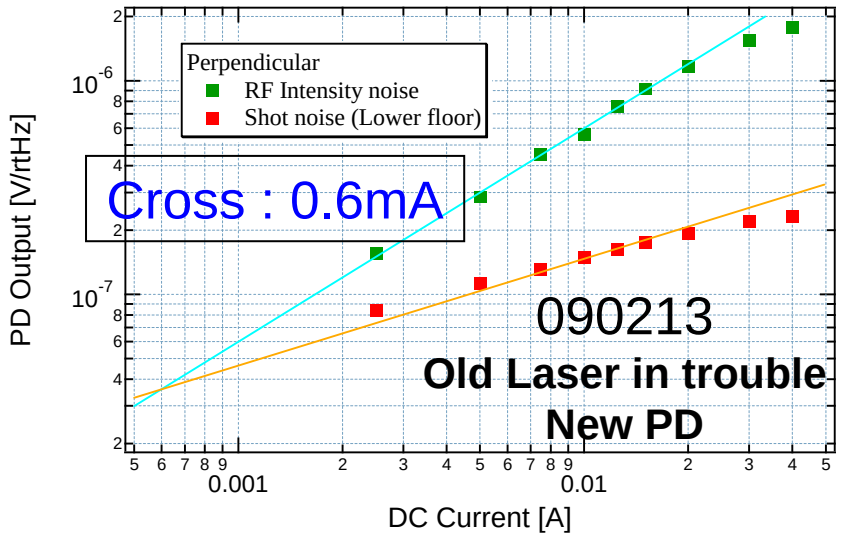
- MCの透過前後でRF強度雑音が増加するという測定結果が出た

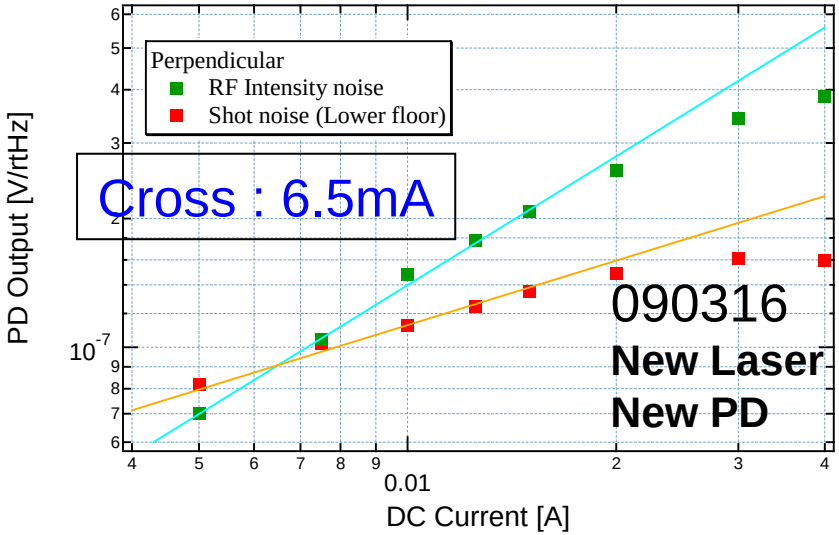
  ⇒ 原因究明は今後の課題

4. 測定結果

過去の測定との比較







Cross Currentが高いほうがノイズが低い

このCross Current
はRF強度雑音量の
指標として使える

RF強度雑音低減でやってみたこと

MC前(腕unlock)15MHz off

- 12MHzの変調を切る ⇒ 12MHz EOM は白
- MCロック状態で見る(WBEOMの後ろにてPBSで分けて、ND Filter 1.5を通して見た)約200mW相当の光の雑音
  ⇒ PBSで蹴られたジャンク光を見ている可能性を排除
  ⇒ Laser PZT に入力がある場合にRF強度雑音が生じる可能性も白
  ⇒ 少なくとも最後の半波長板の手前までは、偏光がRFで揺れる可能性も白

MC後(腕unlock)

- 復調周波数を変える ⇒ ±2kHzで変化無し、± 6kHzで激減
  ⇒ FSRから外れたため、RF信号が無くなった
  ⇒ FSR付近に信号がある
- MC Error に DC offset を加える(MCのLock Point をずらす)

腕Lock

- Inline Lock, Per PDで見たRF強度雑音の1kHz付近にbumpが生じた
  ⇒ 寺田さんD論P46, 47 に似た結果
  ⇒ 復調位相が正しくなくて現れた可能性
- High Power (In.PD出力:1.25V → 2V) 感度測定で1kHz付近が膨らんだ
  ⇒ 上と同じ理由？