

国立天文台出張報告

～Optical leverで用いる
セットアップの評価～

安東研究室M1

桑原祐也 小森健太郎

目的

- KAGRAのcavityをロックする前段階として、mirrorの揺らぎをある程度抑える必要がある。

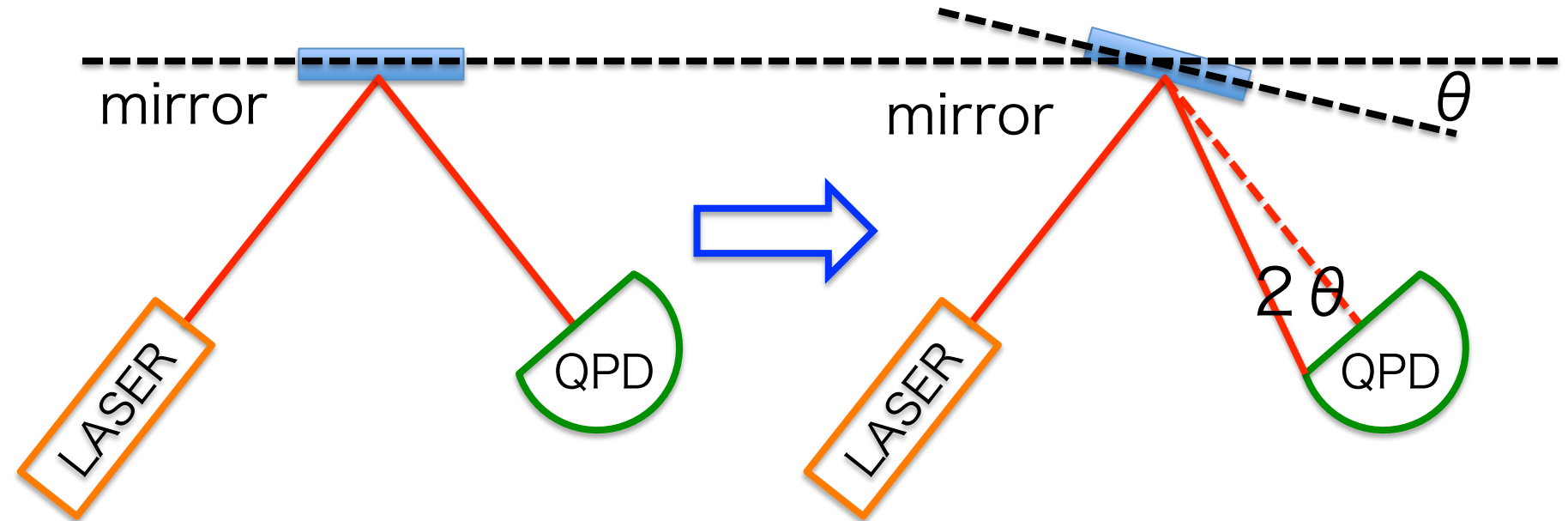


- Optical lever(光てこ、以下oplev)を用いて揺らぎをモニター、feedbackをかける。

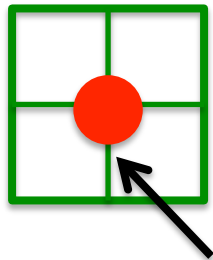


- KAGRAで実際に用いるoplevのセットアップを組み、どのくらいの感度が出るかを見たい。

Optical lever



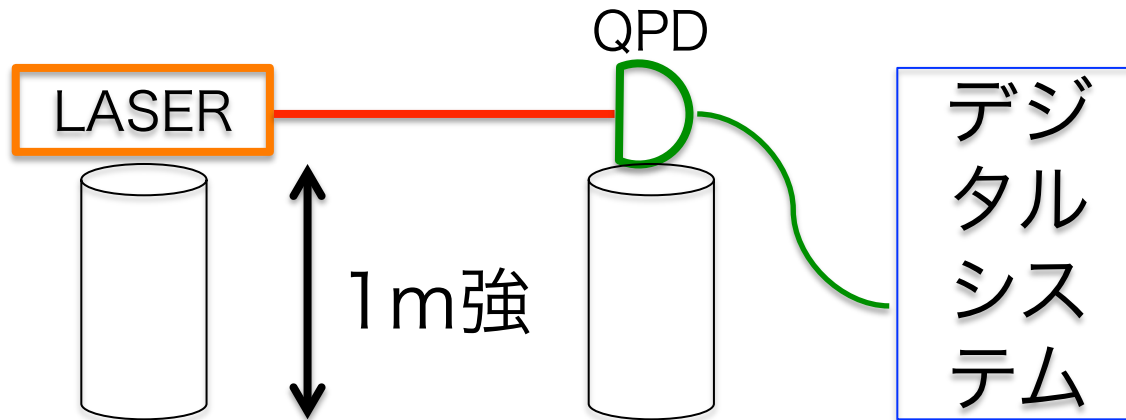
QPD



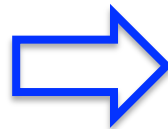
ビームスポット

Mirrorの角度変動を、QPD(4つのPDからの出力が取得できる)上のビームスポットの変動として測定。

実験



1m強の柱の上にコリメーターやQPDをセット、直接光を入射。



出力のスペクトルをKAGRAで用いるデジタルシステムで取得。

本番に極めて近いセットアップを用いて、oplevの感度がどのくらい出るかを調査。

全体

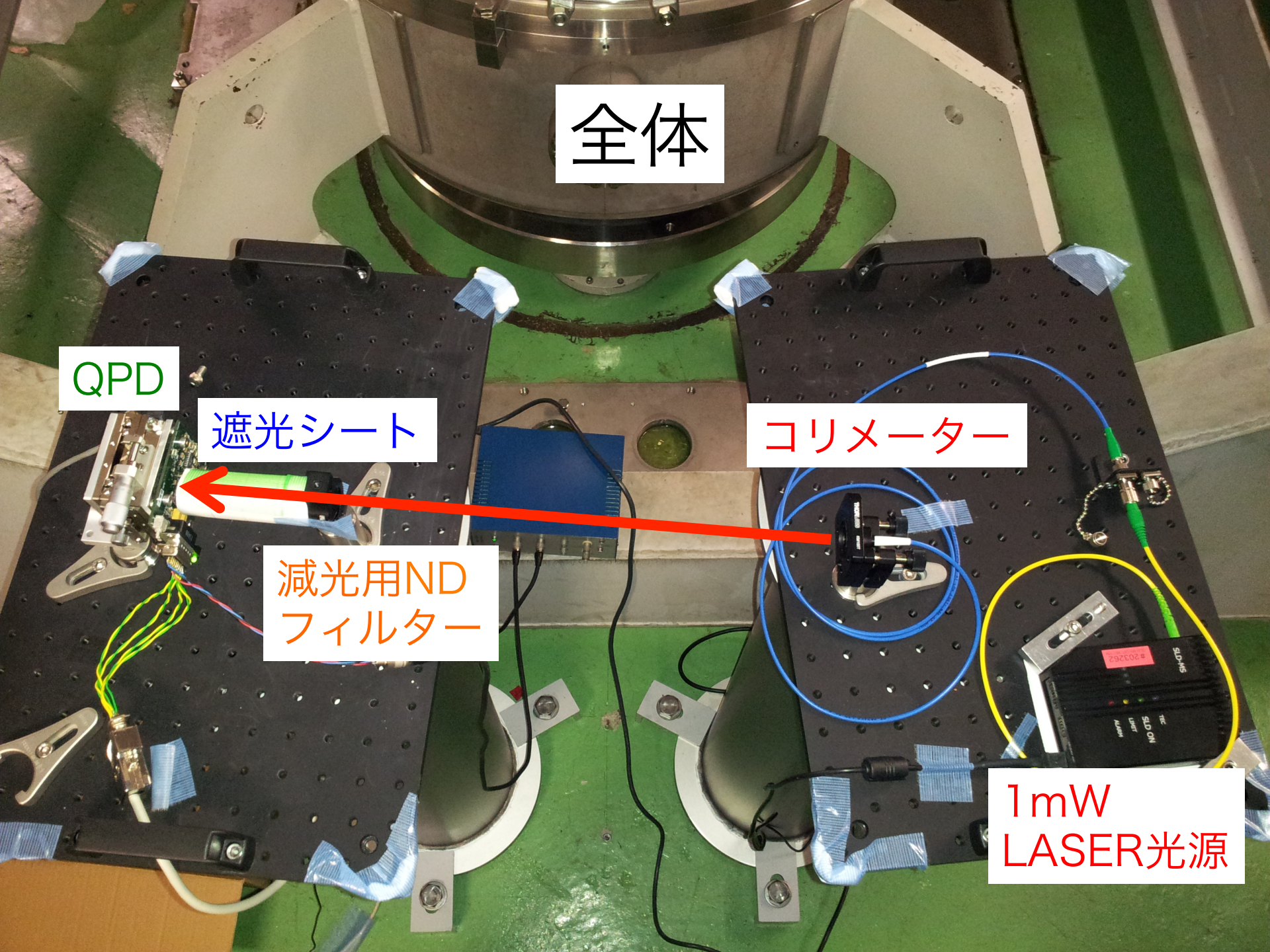
QPD

遮光シート

コリメーター

減光用ND
フィルター

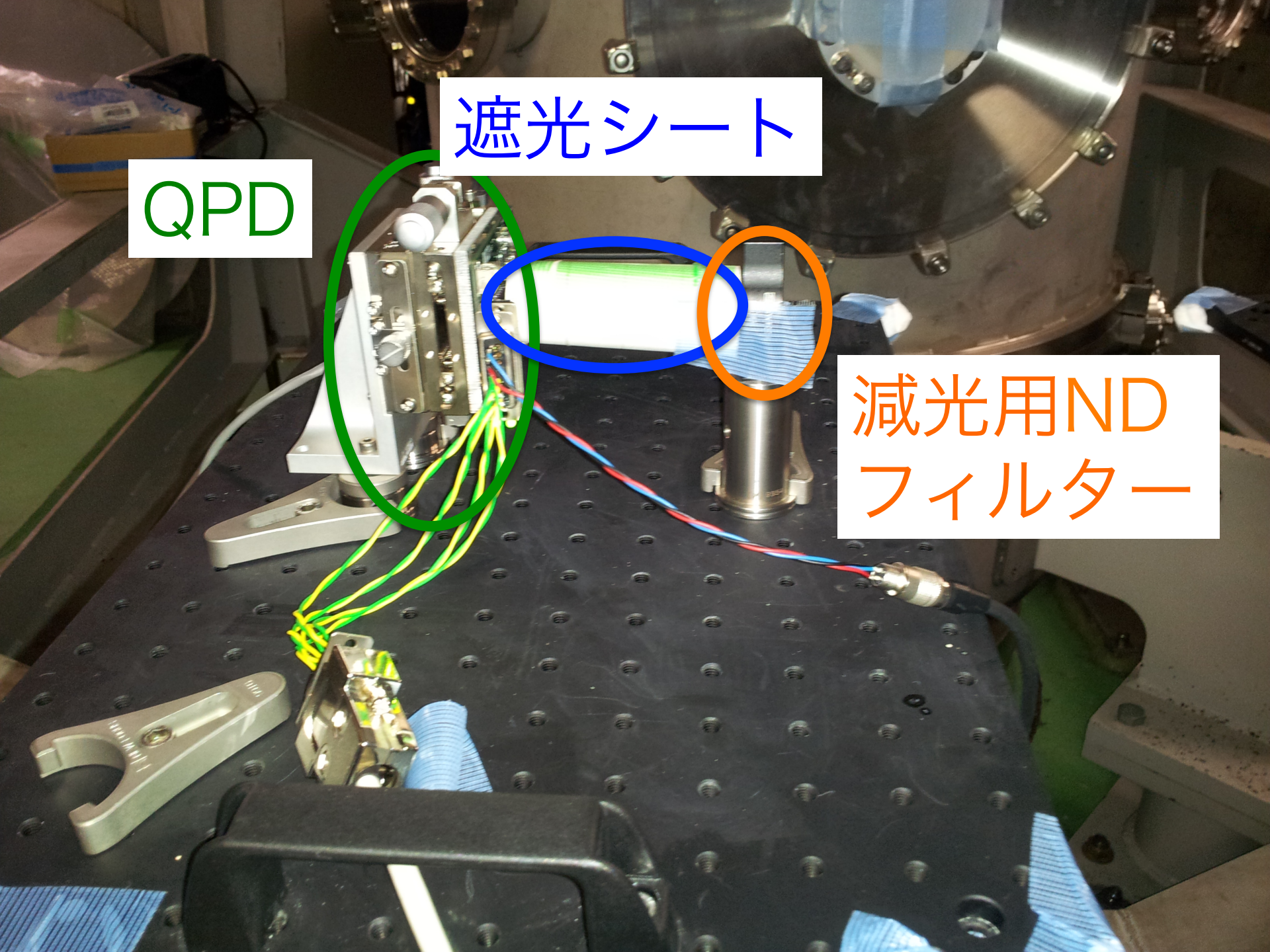
1mW
LASER光源



遮光シート

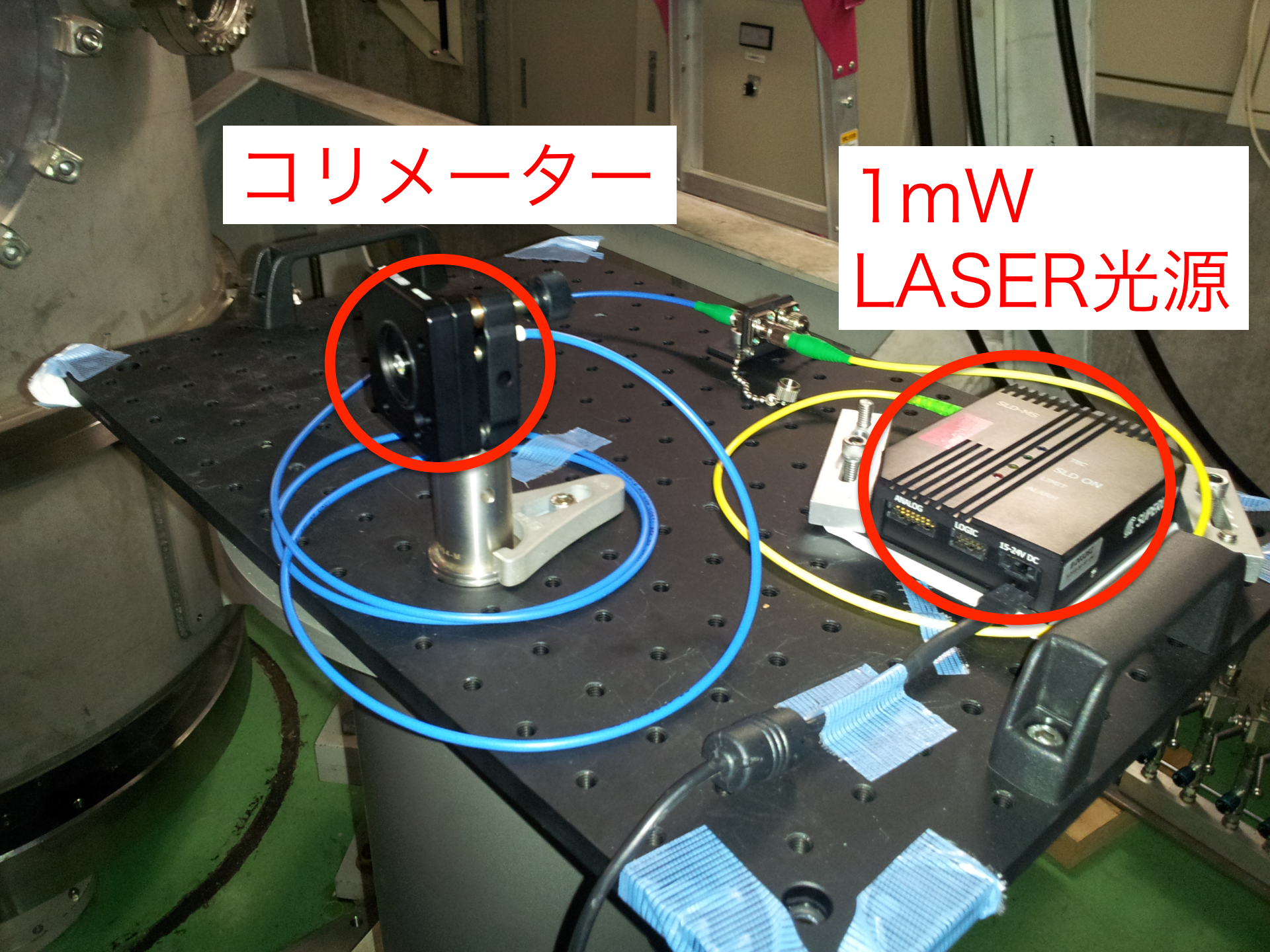
QPD

減光用ND
フィルター

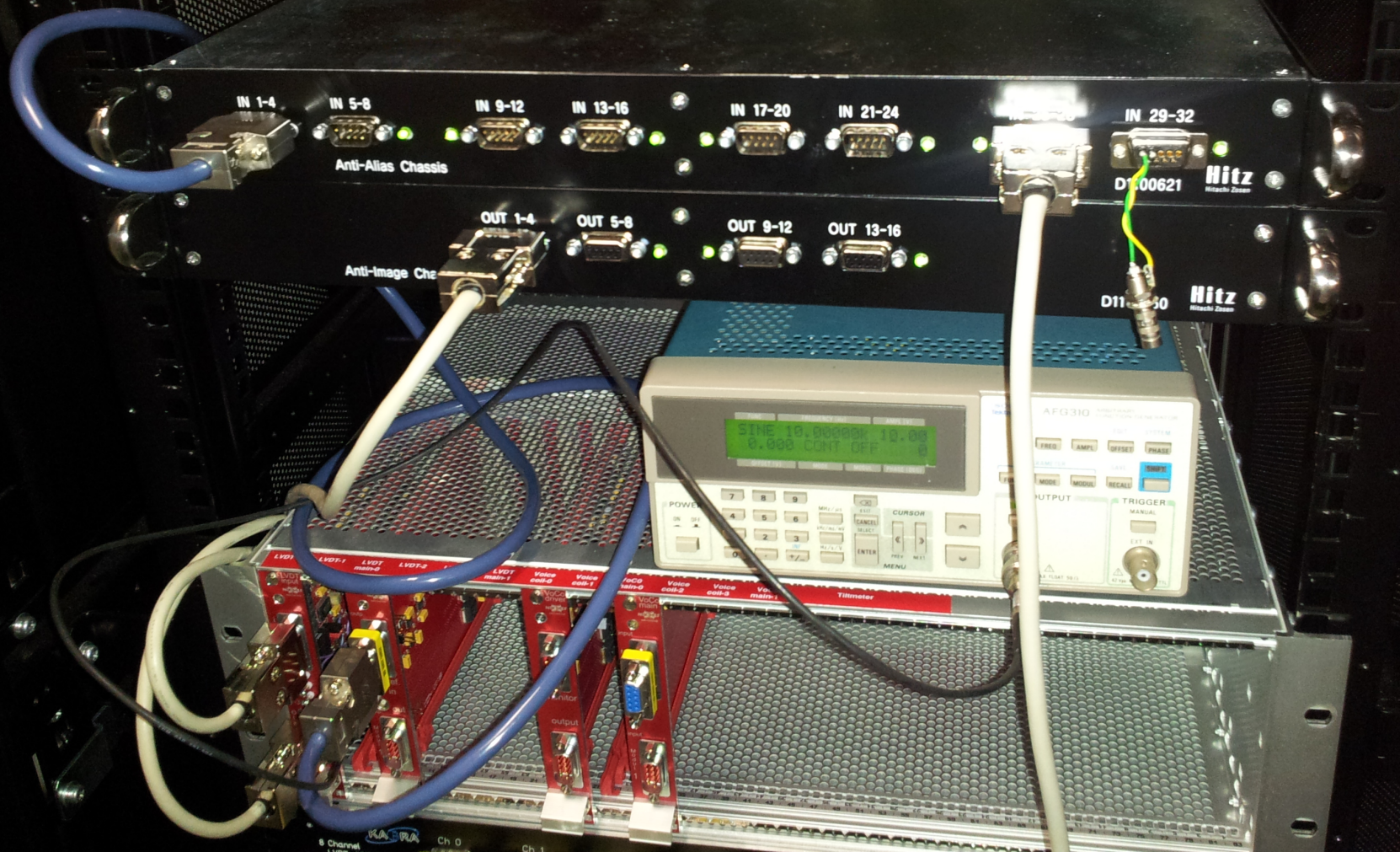


コリメーター

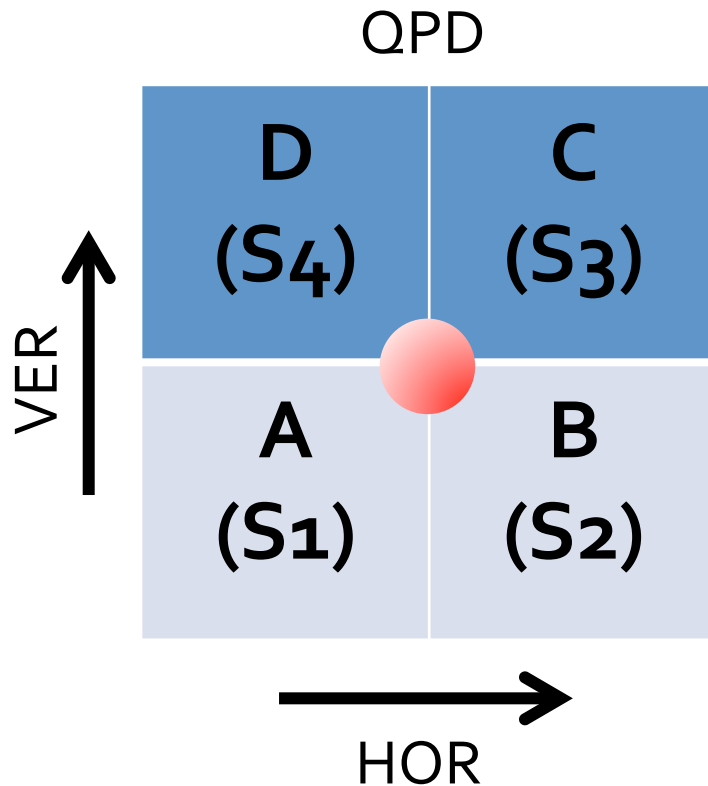
1mW
LASER光源



デジタルシステム 入力ポート



QPDのキャリブレーション



- 上段のA, B, C, DはQPD上に記載されている名前。下段のS₁~S₄はデジタルシステムに入力されたときに対応する名前。

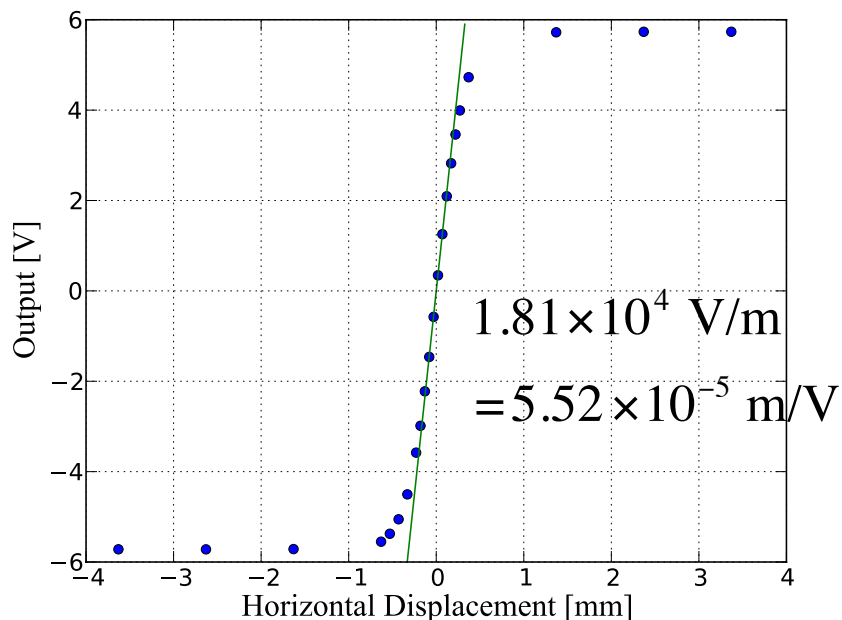
$$\text{HOR} = \text{B} + \text{C} - (\text{A} + \text{D})$$

$$\text{VER} = \text{C} + \text{D} - (\text{A} + \text{B})$$

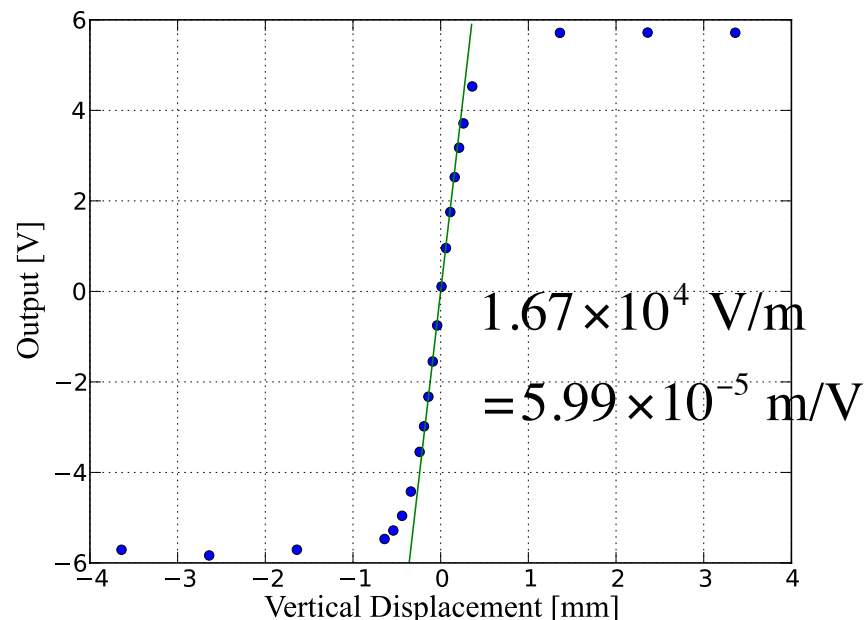
によって水平方向(HOR)と鉛直方向(VER)へのビームスポットの移動量が分かる。

ビームスポット移動量 vs 電圧

水平方向

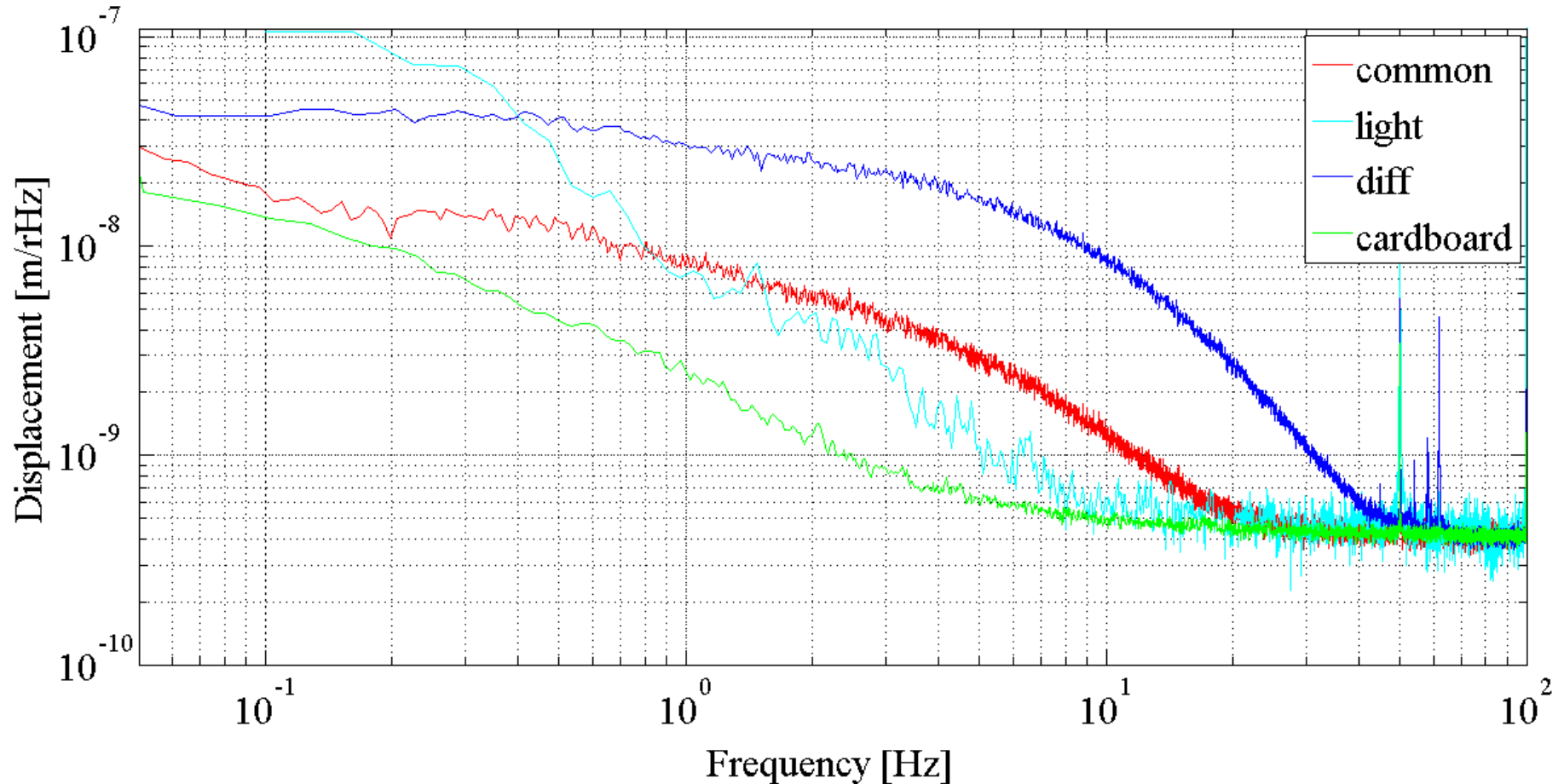


鉛直方向



- 注意 今回はコリメーターとQPDの距離が 30 cm の場合で測定した。距離が変わるとビーム径も変わるので、この値は変わりうるものである。

測定結果1



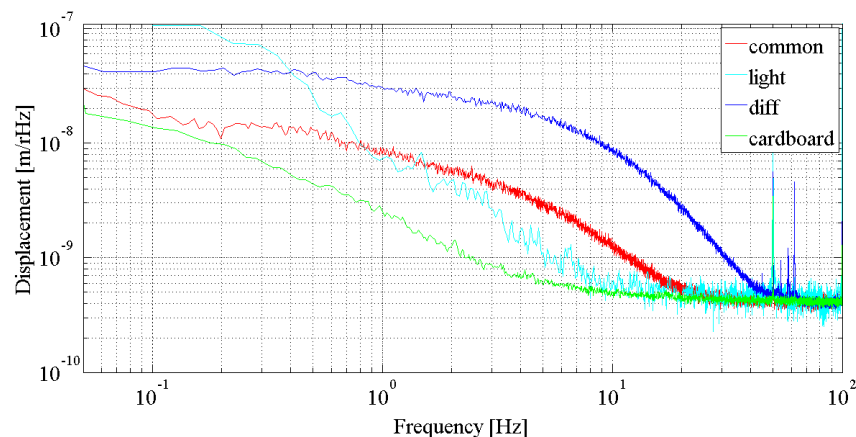
HORとVERでスペクトルはほぼ同じだったので、以下ではVERのみ示す。

測定結果1

diff → コリメーターと
QPDを異なる柱に乗せて測定

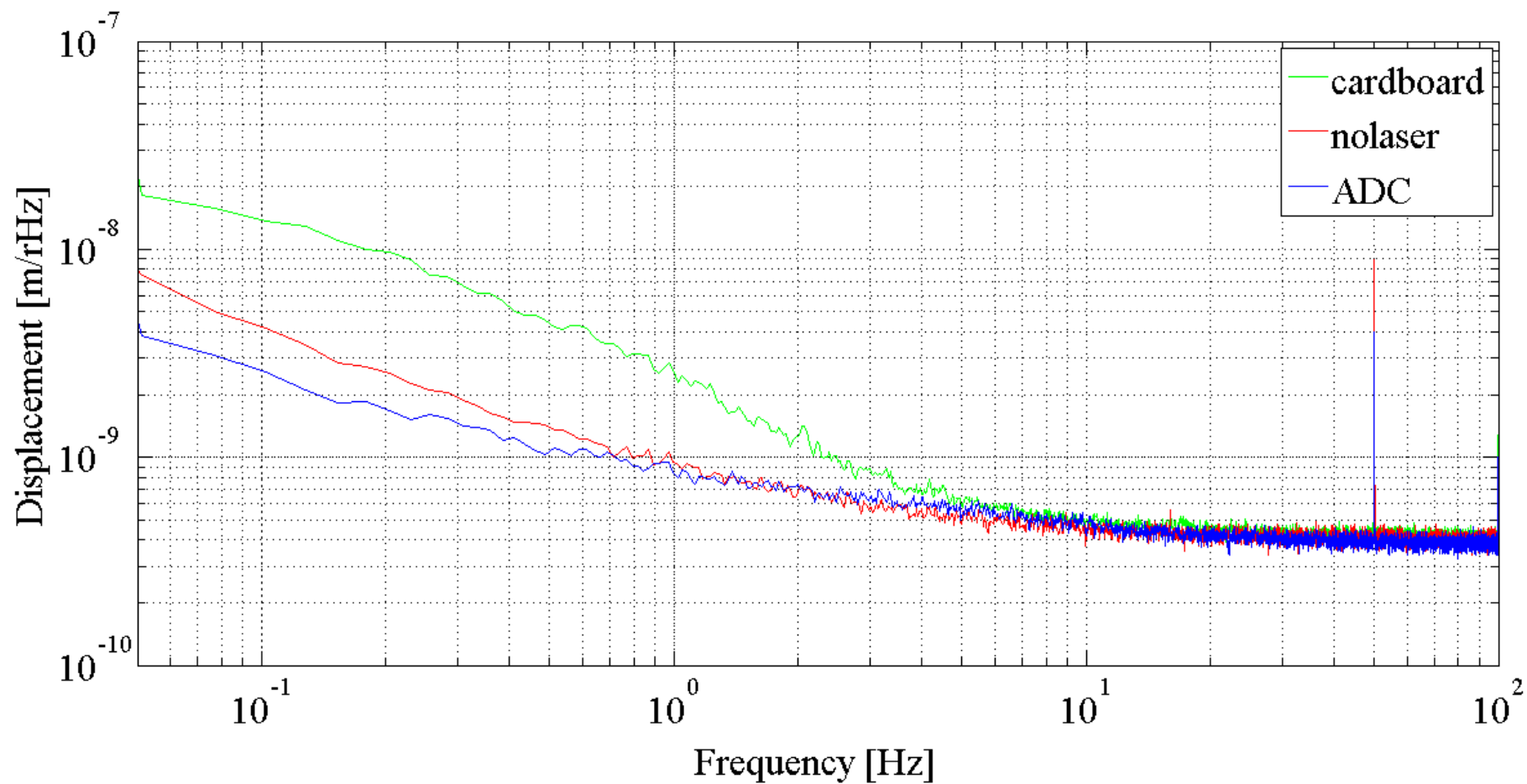
light → LASER光は入
射せず、遮光シートを
外して測定

common → コリメー
ターとQPDを同じ柱に
乗せて測定



cardboard → common
の状態で、コリメーター、
QPD等を段ボールで風よ
けして測定

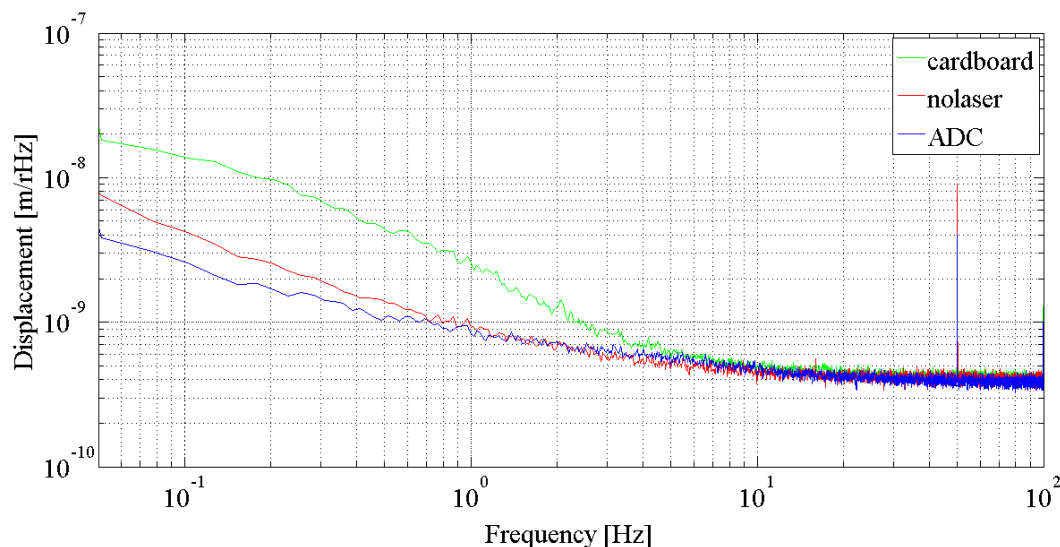
測定結果2



測定結果2

cardboard
→ 1と同じ

ちなみにrms
は $3.3\text{e-}8$ m



nolaser → コリメーターとQPDを同じ柱に乗せて測定

ADC → デジタルシステムの入力ポートに 0Ω をさして測定

考察

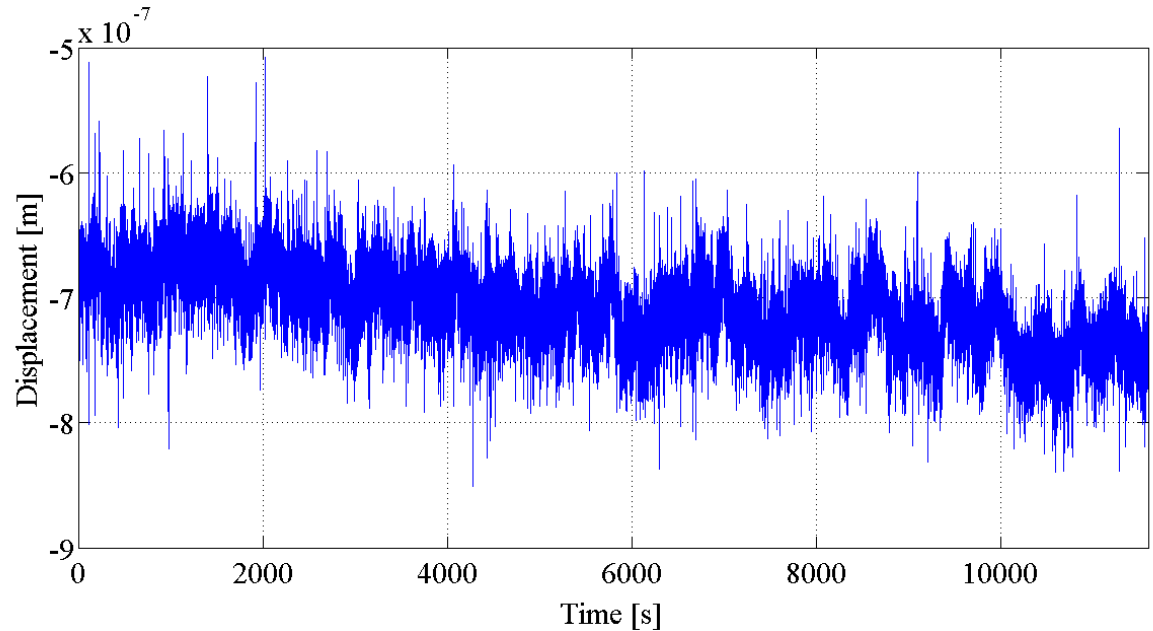
- 簡易な遮光シートでも、環境光の影響は抑えられる。
- 10Hz以下では空気揺らぎ由来の雑音が支配的で、特に風よけ時の改善が顕著。
- 数Hz以下では、ADCのdark noiseと比較してノイズレベルはファクター大きい。光源による雑音か。
- 本番では、oplevの光路となる場所に風よけ兼遮光が可能な筒状のものを配置する等の工夫をすれば良さそう。

スポットのドリフト

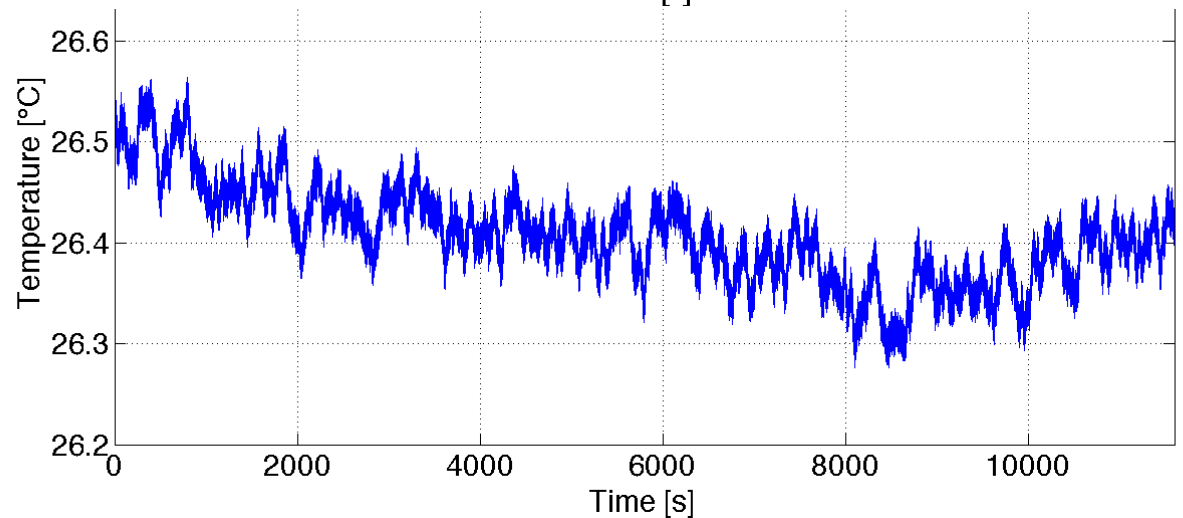
- 長いタイムスケールで見た時のレーザースポットのドリフトが問題になるのでは、という懸念があった。
- 12000秒間でのスポットのドリフトを温度と共にモニター

スポットのドリフト

QPD出力の
VER方向ドリフト



温度ドリフト



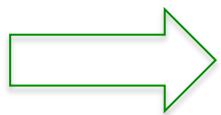
スポットのドリフト

コリメーターとQPDの距離を30cmとして
縦軸をQPD上での変位量、角度変動に直せば0.2urad/h

これは道村さんが計算した要求値

<http://gwdoc.icrr.u-tokyo.ac.jp/DocDB/0024/T1202403/001/OpLev20120427.pdf>

の0.4urad/hを満たしている。



O.K.

まとめ

- 本番に近いoplevのセットアップを構築、ノイズレベルを測定した。
- 簡易的な遮光、風よけが非常に効果的であった。
- 数Hz以上ではデジタルシステムのdark noiseでリミット、低周波の雑音源は特定できていないがdark noiseより数倍大。
- ビームスポットのドリフトは要求感度を満たしている。