

レーザーパルス蓄積共振器と フィードバック技術開発

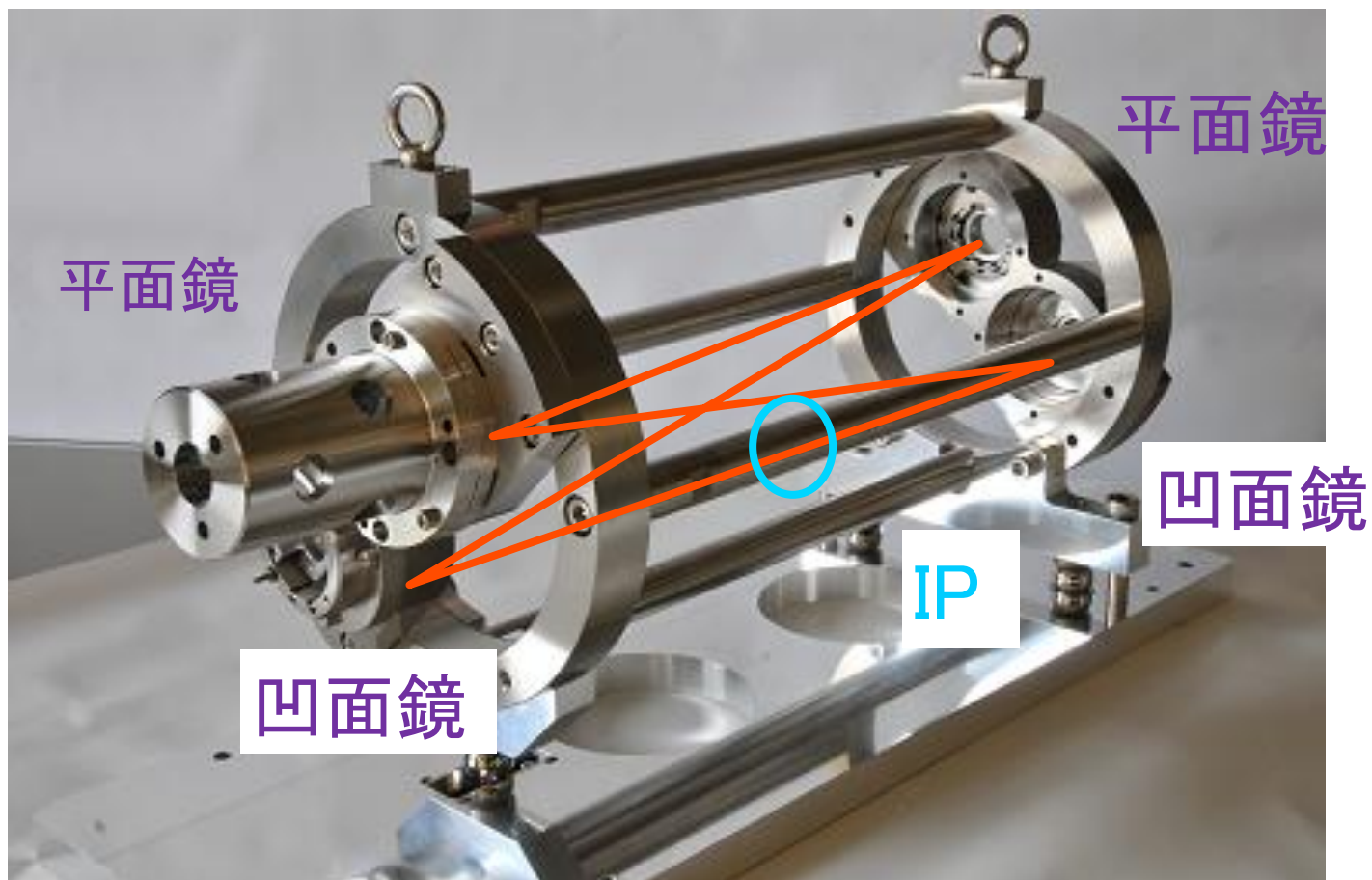
高橋 徹
広島大学

2014年9月30日
第8回全体会合

報告概要

- 偏向切り替えの実証
- 高フィネス化への取り組み
 - 共振器内のレーザープロファイル
 - 低損失ミラーの取り扱い
 - 高フィネス共振器の構築

広島大—KEKによる3次元4鏡共振器

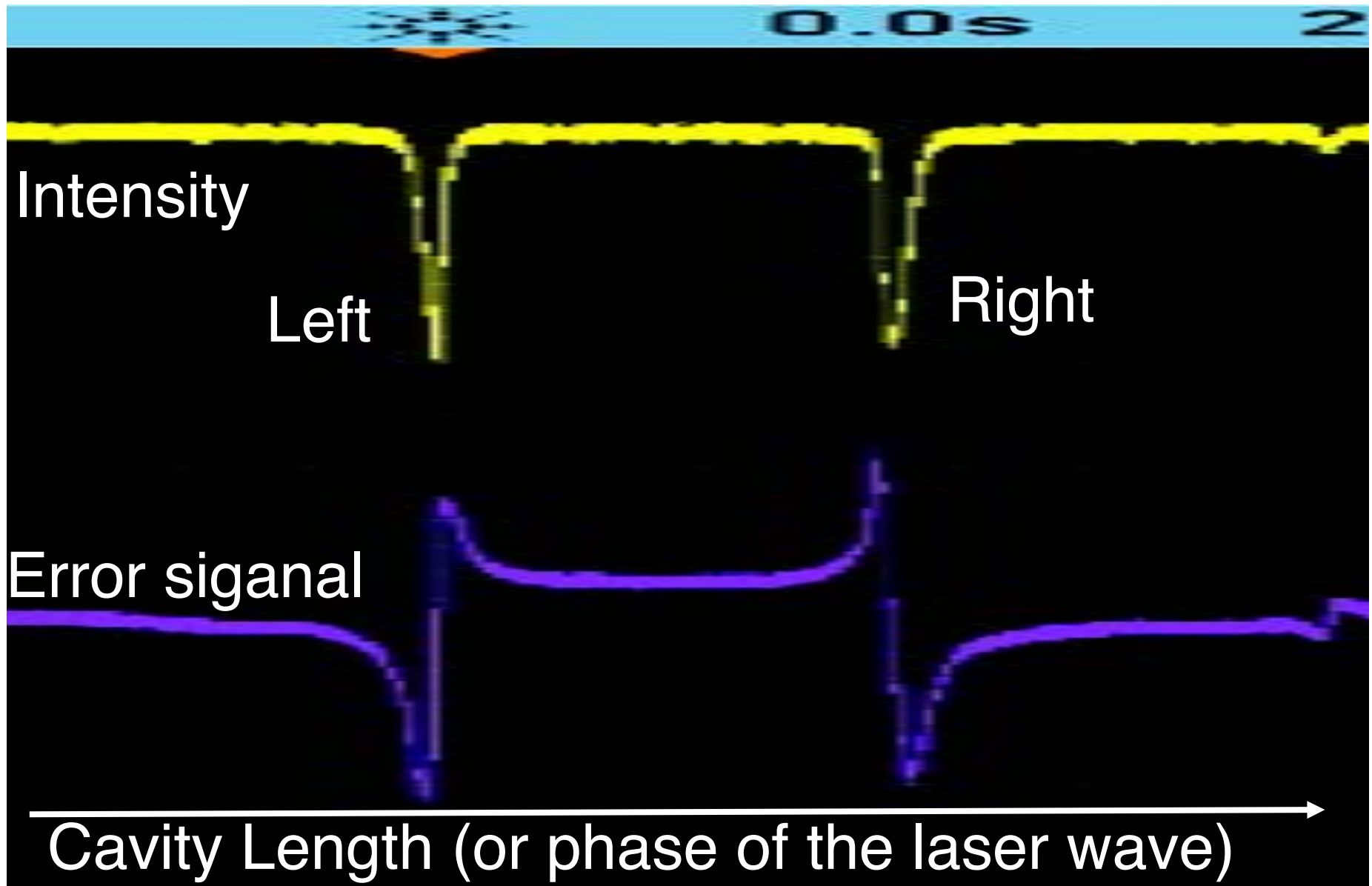


これまでの共振器パラメーター
Finesse:4040(実測値)
増大率:1230 (実測値)
Laser size(σ) @ IP:13um

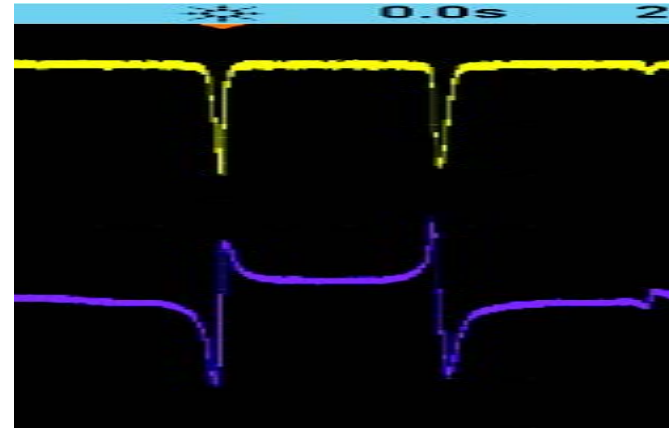
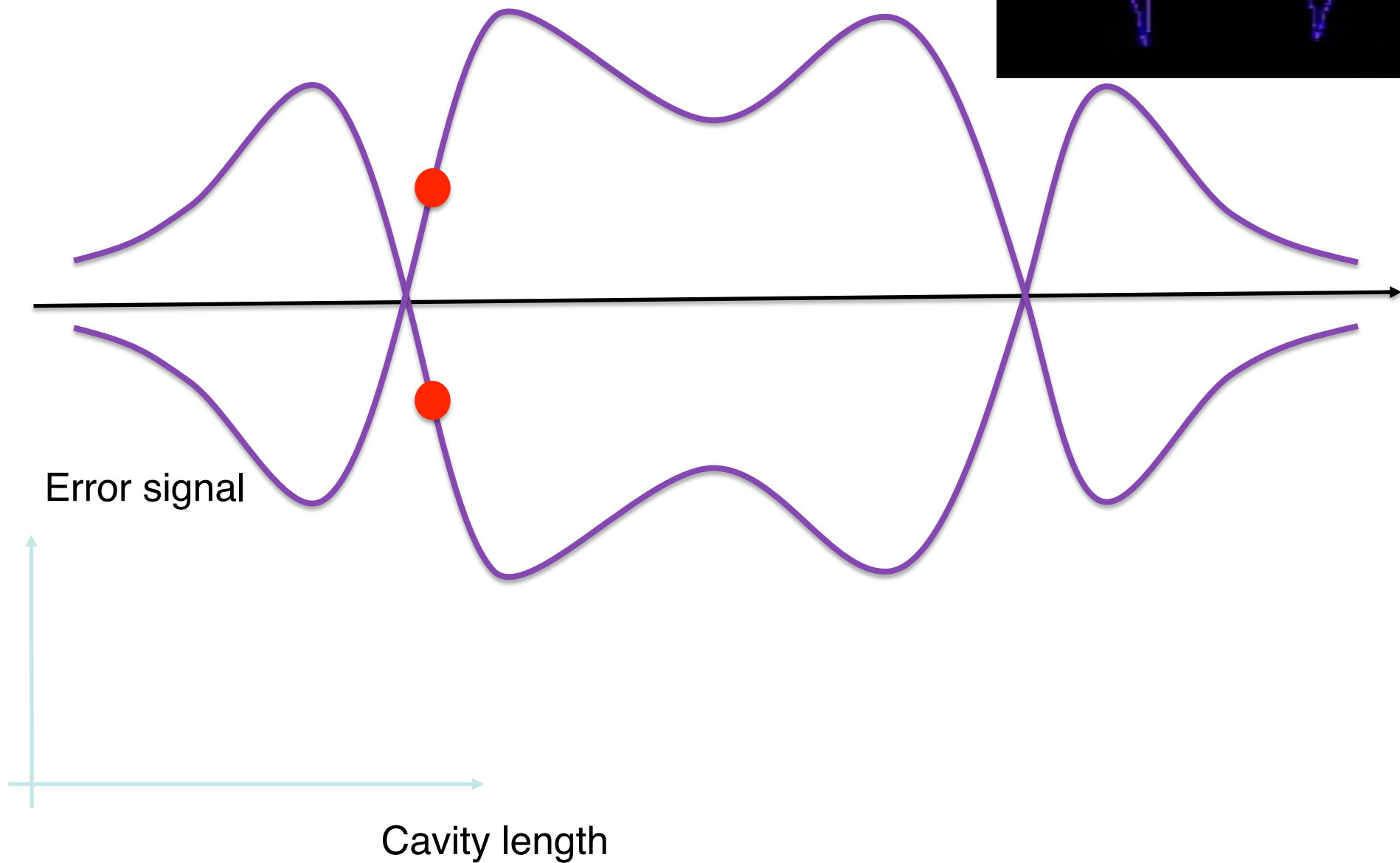
特徴

- ・ 円偏光のみ蓄積
- ・ 右円偏光と左円偏光で異なった共鳴条件(共振器長)

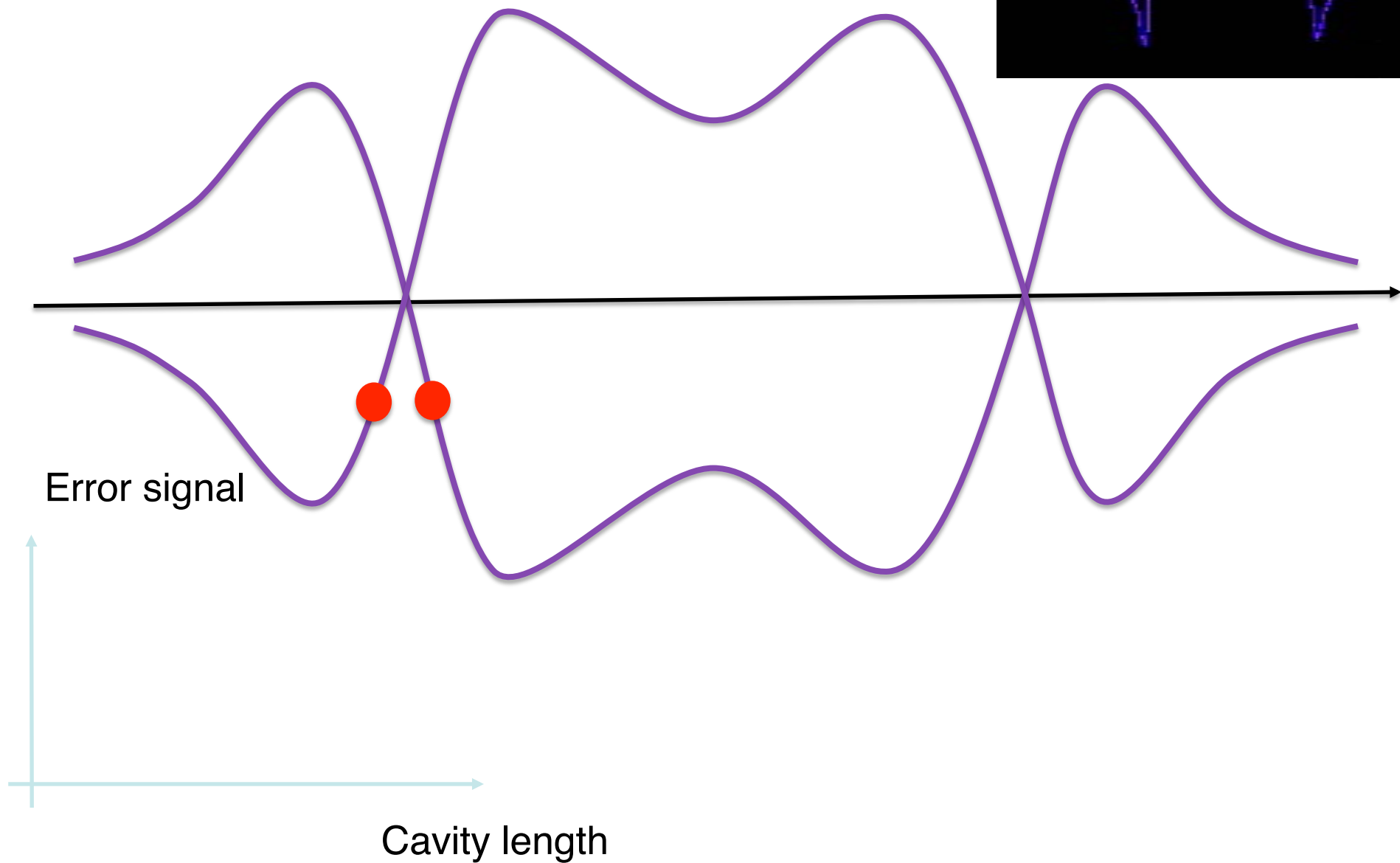
Polarization Switching



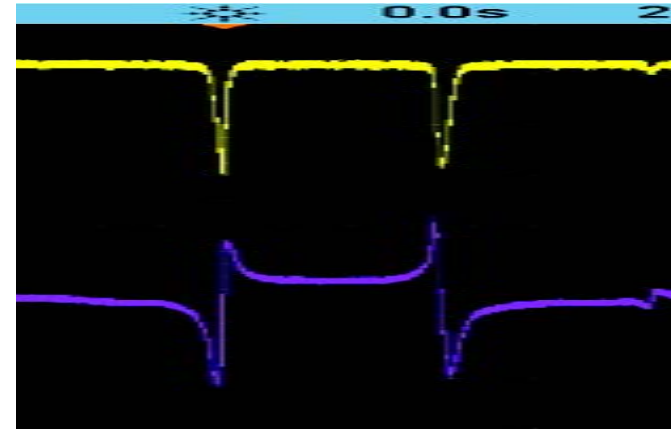
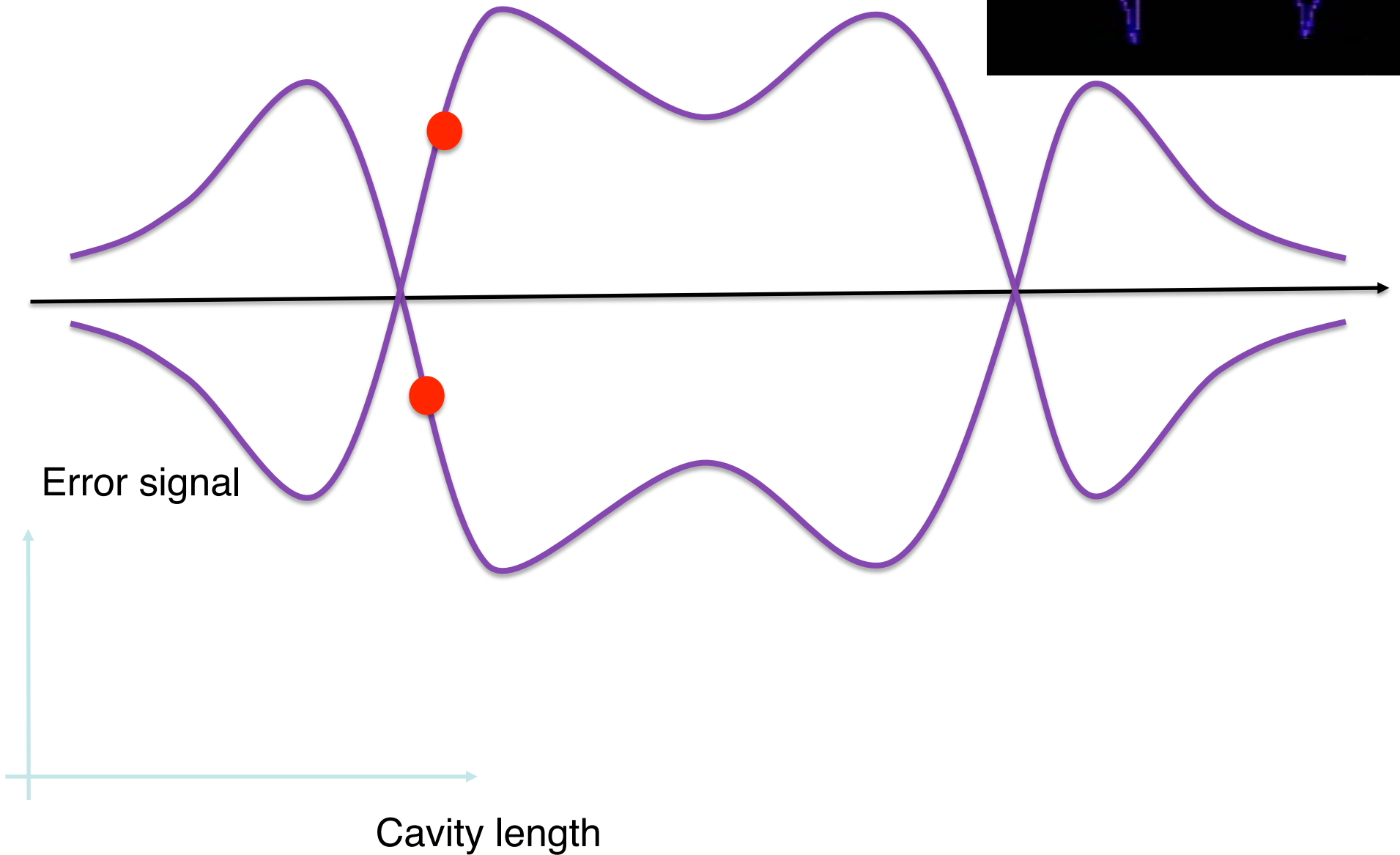
Switching Scheme



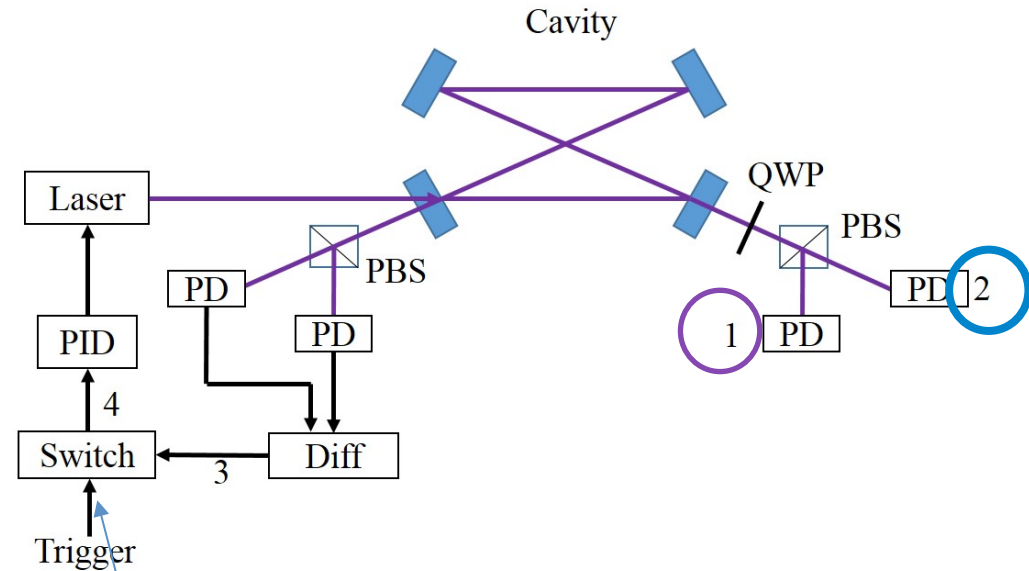
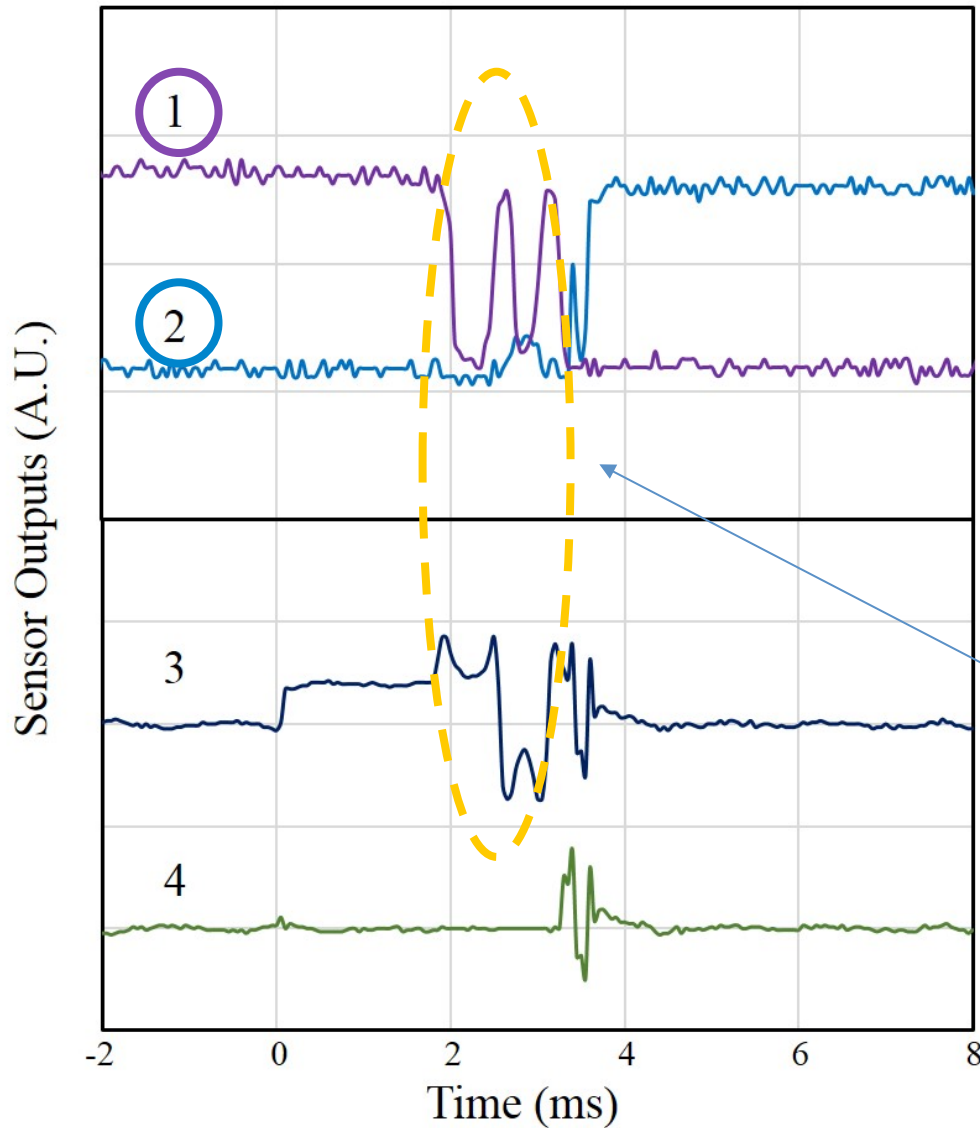
Switching Scheme



Switching Scheme



Single switching



This is due to mechanical relay used in the switching module and Can be improved

Actual time for a single switching ~ 1 ms

偏向切り替え状況

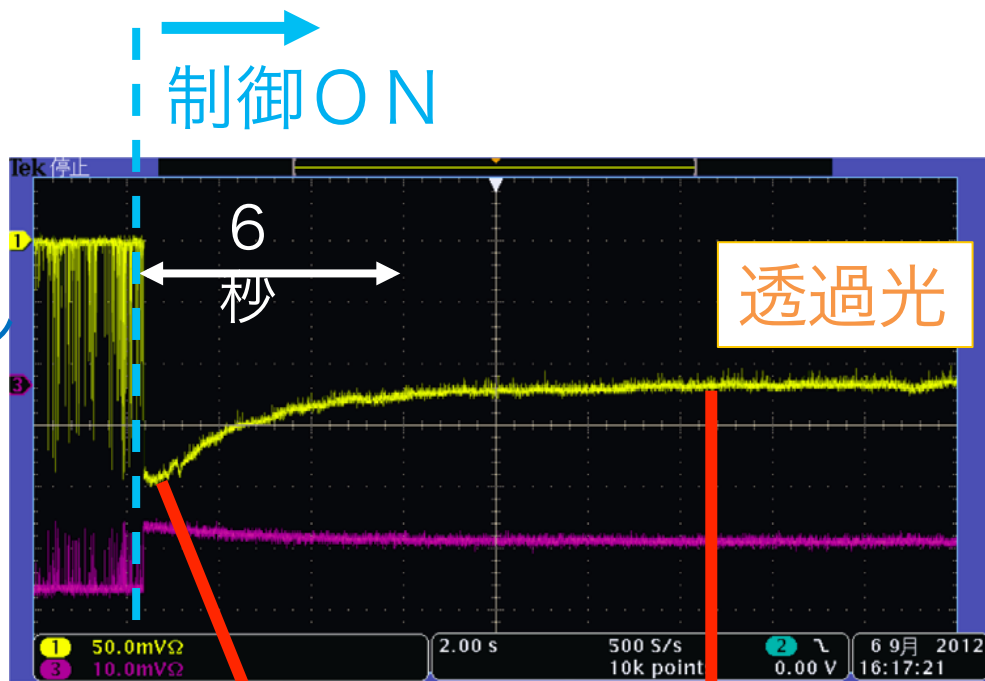
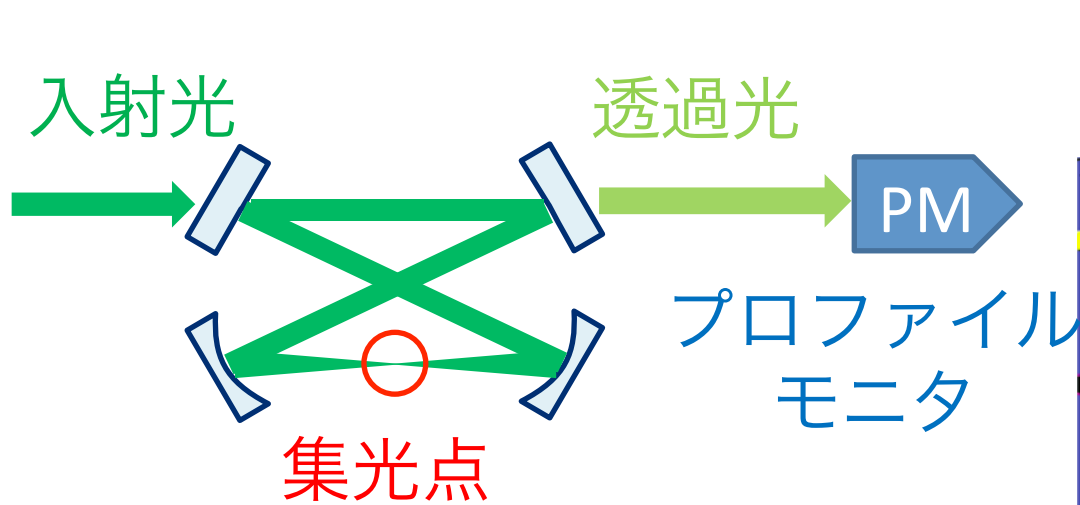
- 連続切り替えのデモンストレーションOK
 - 現在の切り替え速度は機械リレーが律速
 - 原理的にはkHz程度で可能

高フィネス, 高強度化

- 共振器内のレーザー伝搬
- 高反射率鏡の散乱測定とクリーニング
- 鏡駆動装置の周波数特性測定
- 高反射率鏡による共振器の構築

共振器開発の課題

上杉 (広島大)

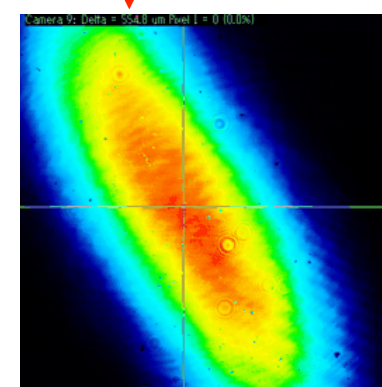
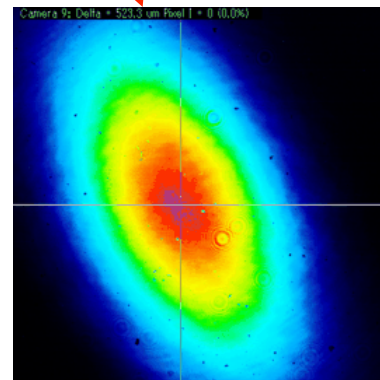


蓄積強度が低下する

熱で鏡が変形していると推定
鏡上での熱損失を低減する必要

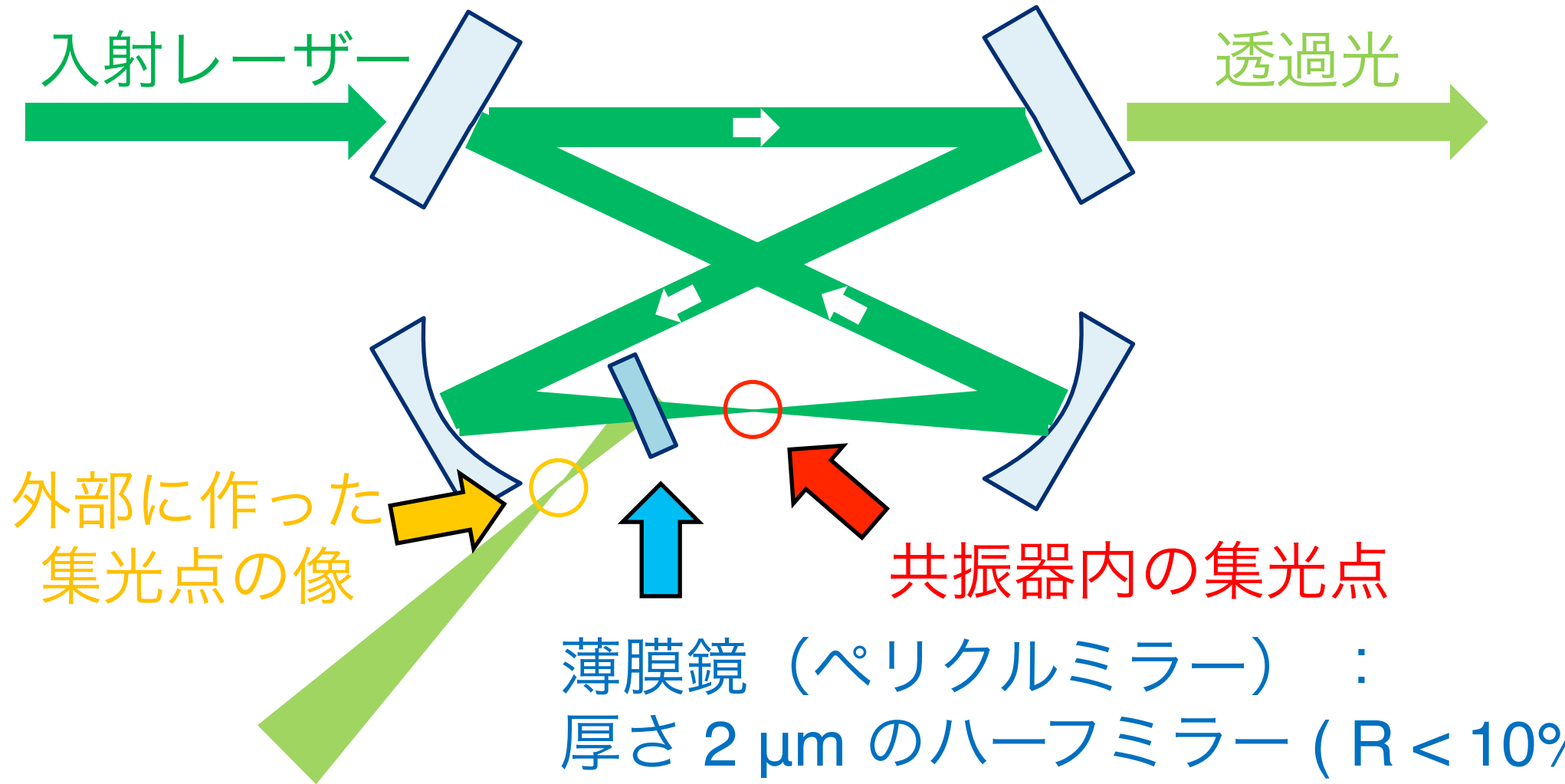
透過光の形状が楕円

レーザーの伝播計算によると
集光点でも楕円と推測される



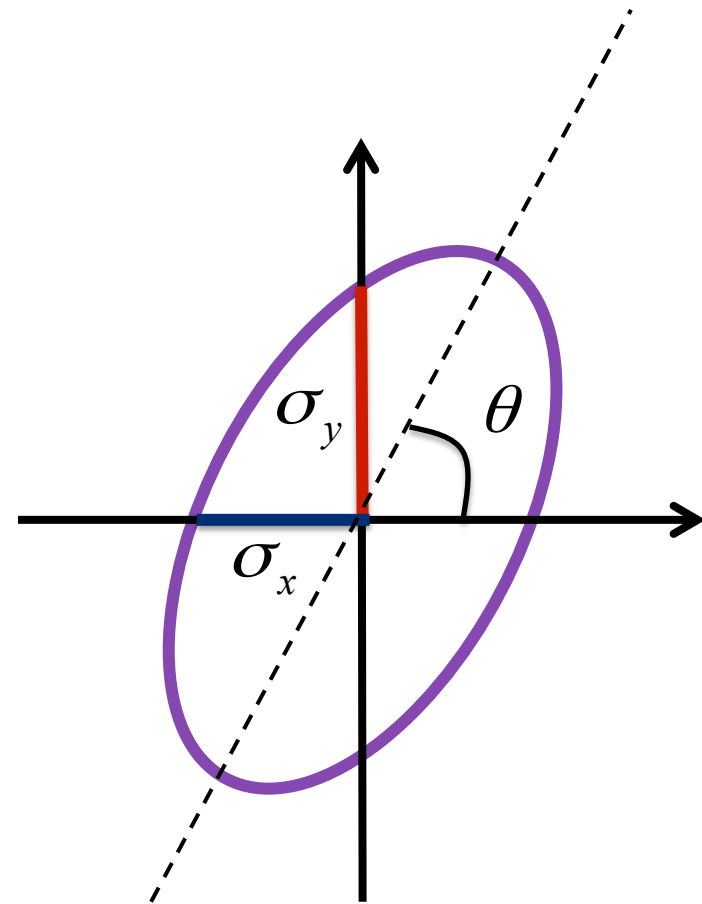
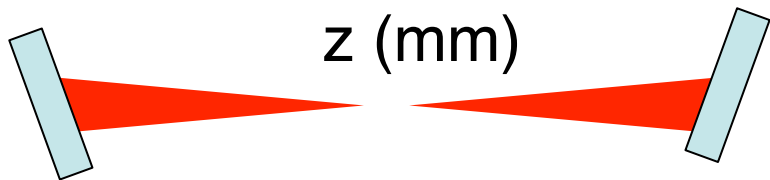
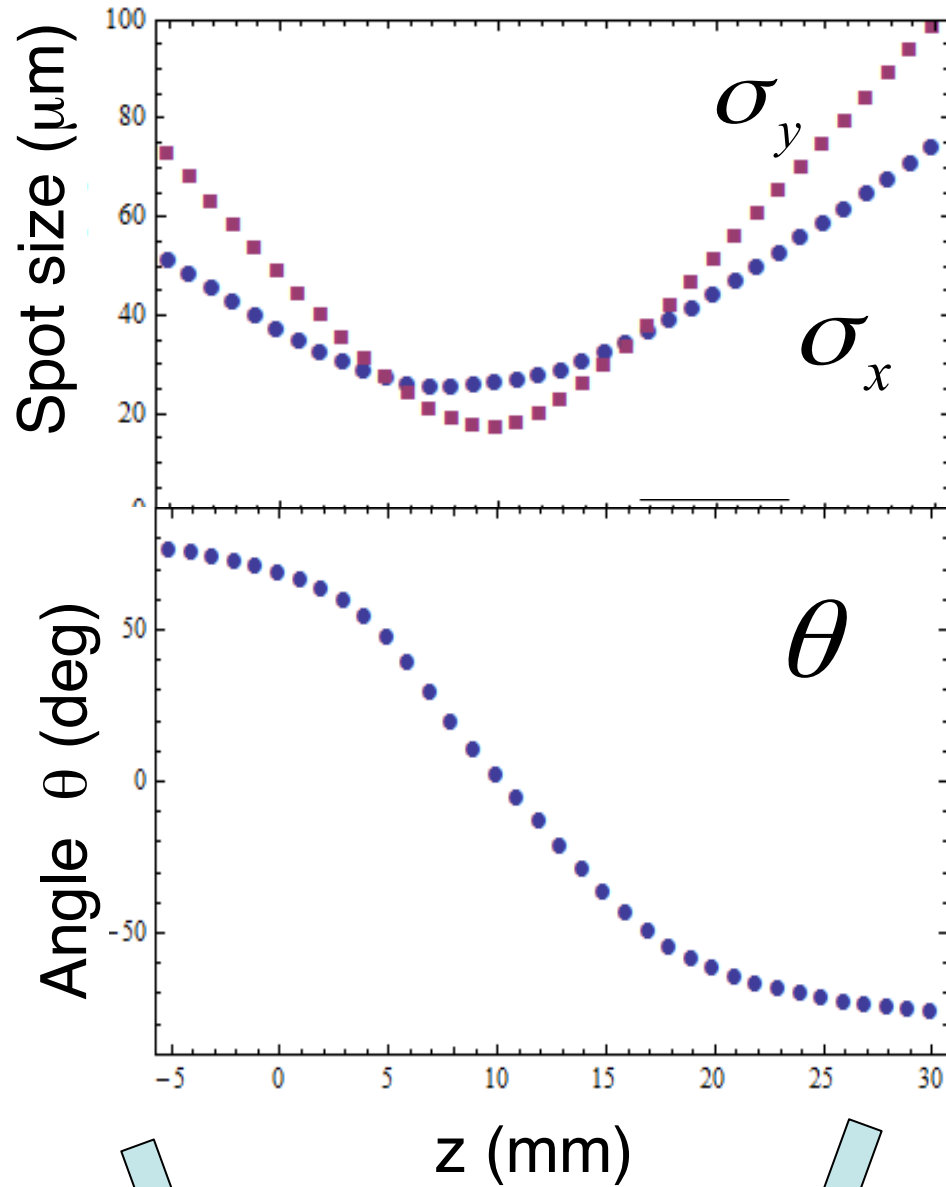
集光点のレーザー形状の測定

上杉 (広島大)



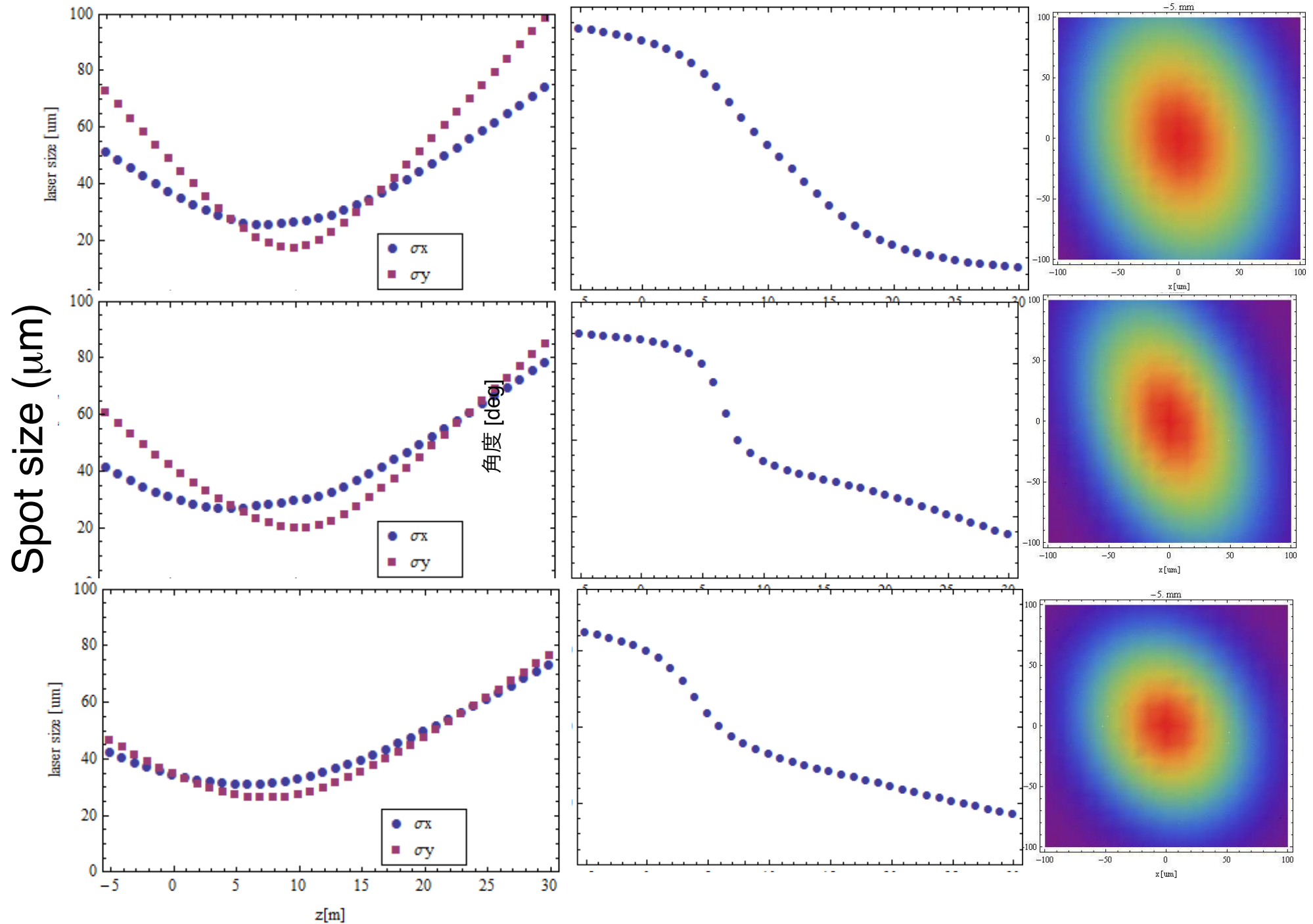
厚さ $2 \mu\text{m}$ の薄膜鏡で集光点の像を共振器外部へ作る
共振器の共鳴を壊さずに、集光点を直接測定

Laser profiles near the focal point



Laser Profile is rotating around the focal point

Laser profiles near the focal point



低損失ミラーの取り扱い

鏡のクリーニング

- 国立天文台で鏡のクリーニング方法を学んだ
- 広島で実践・身につける

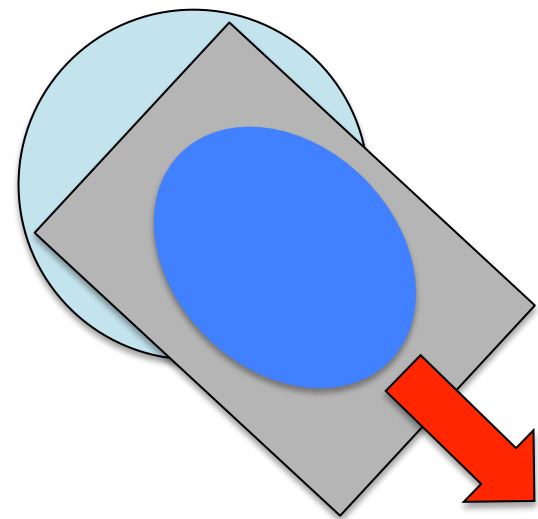
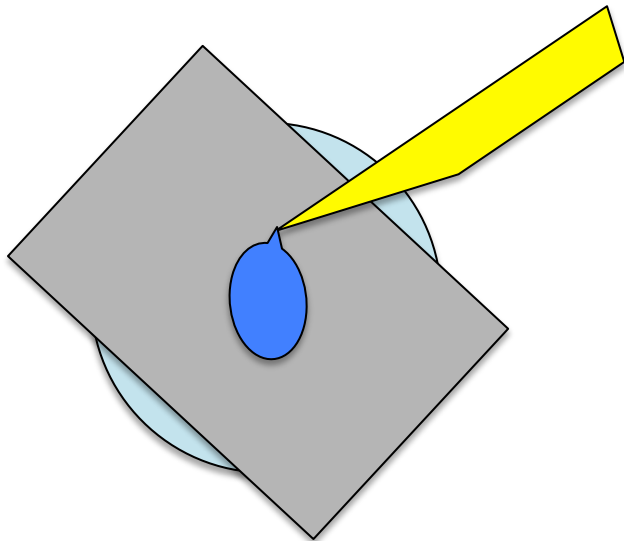
損失率の測定

- まずはクリーニングの効果（汚染の相対値）を客観的に評価できるセットアップを作る

Cleaning the Mirror

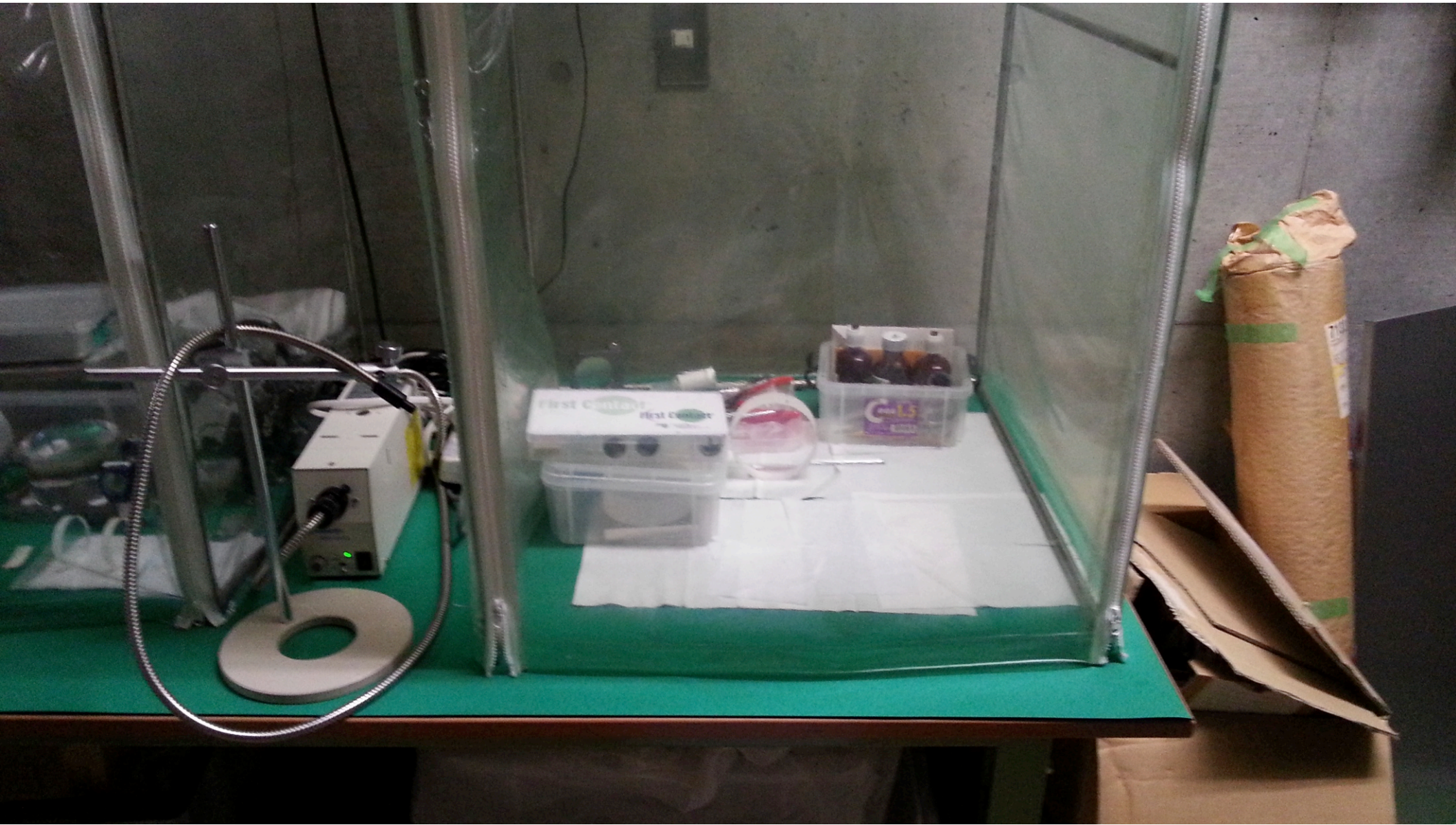
ドラッグ・ワイピング：
特別なテクニック必要なし（主
観）

Put a paper on the mirror Slide the paper outward
Drip a few drops of 2-plopanol Repeat ~ 100 times



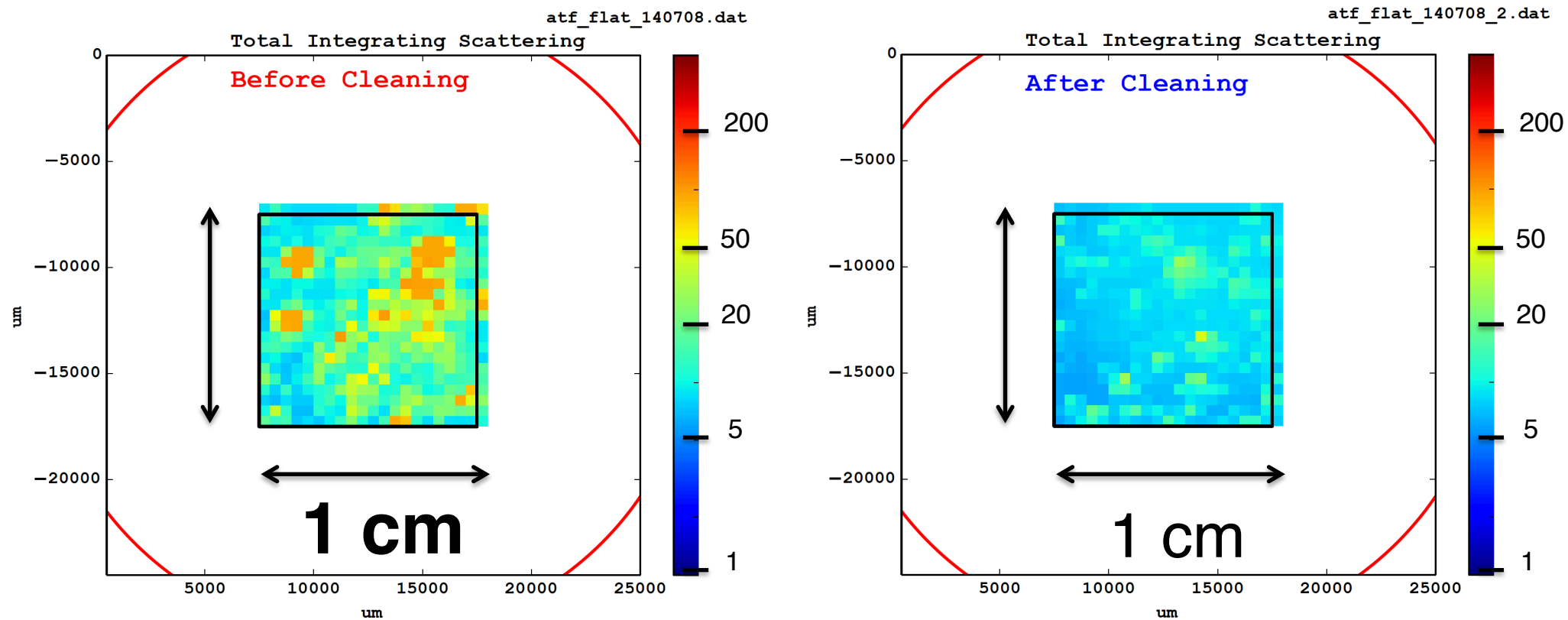
Cleaning the mirror @ NAOJ

Cleaning the mirror in a lean bench



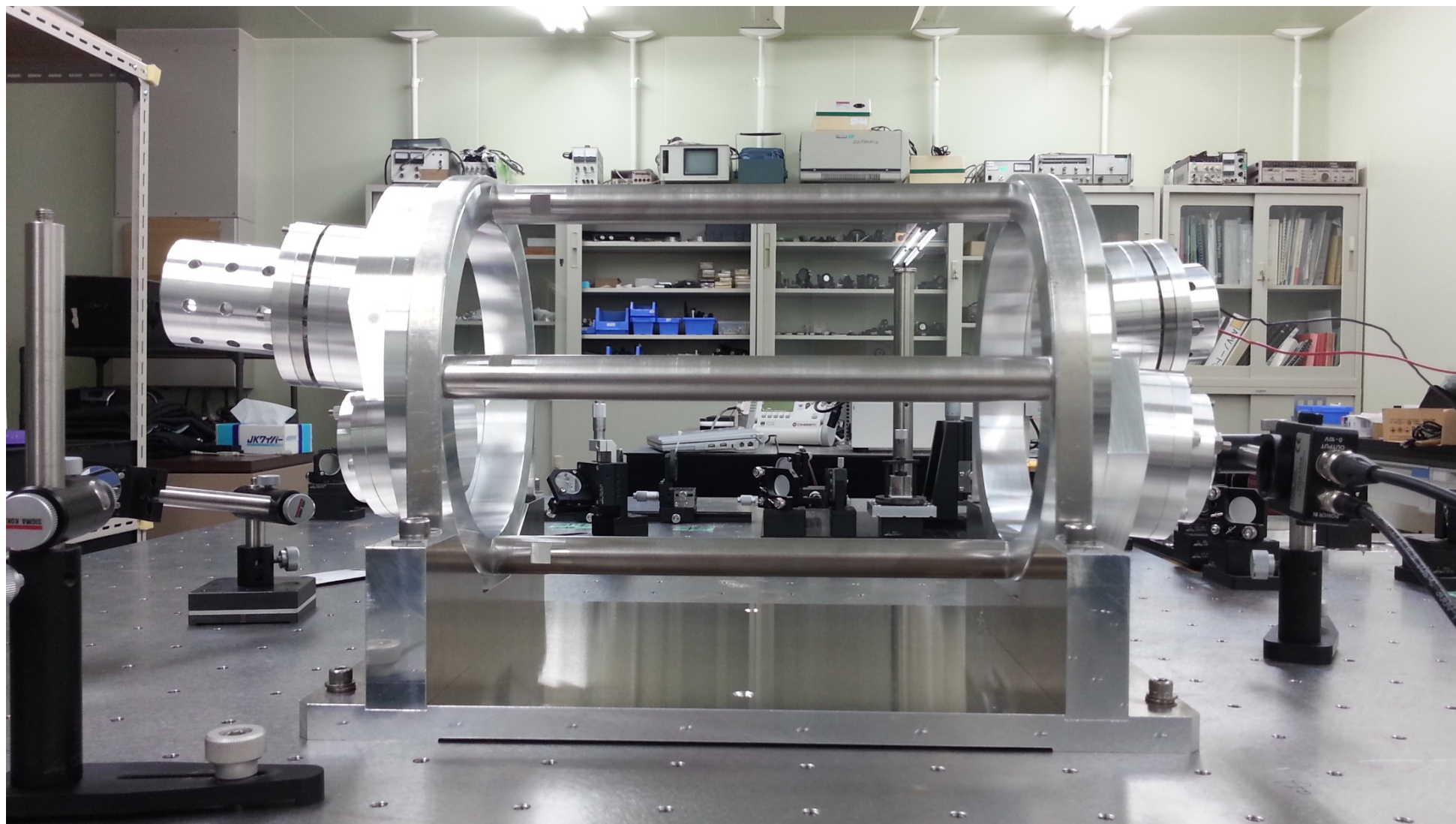
クリーニングの効果

国立天文台での散乱測定の結果



Before 24.9 ppm ➔ **After 9.3 ppm**
(Specification < 10 ppm)

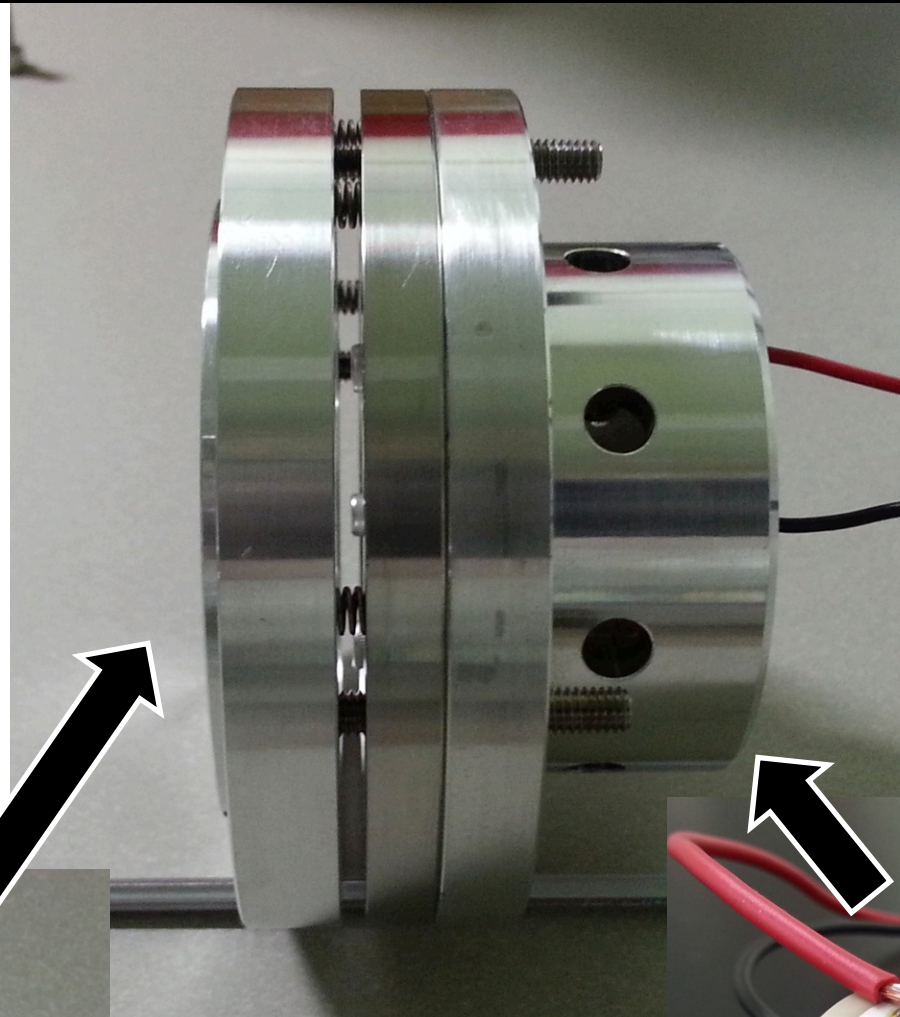
三次元4枚鏡共振器



ATF真空仕様/大気仕様と同じ

共振器PZTとホルダーユニット

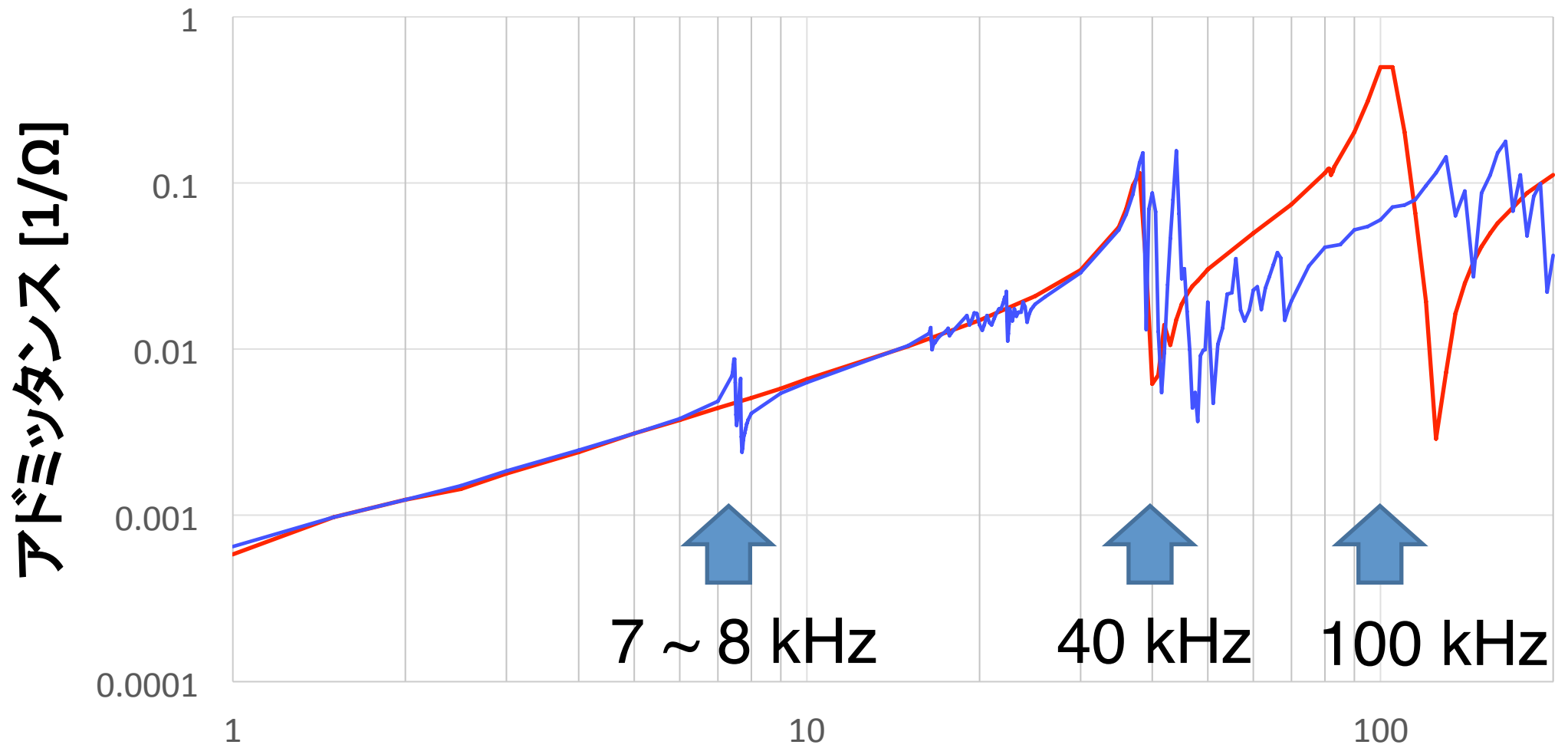
鏡が取り付けられる方向



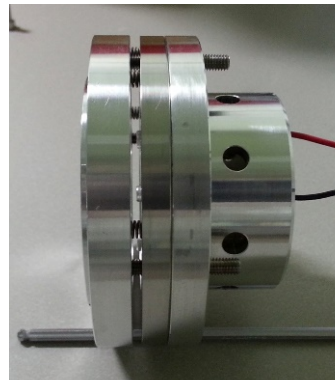
圧電素子は
この中



アドミタンス測定結果



無負荷時



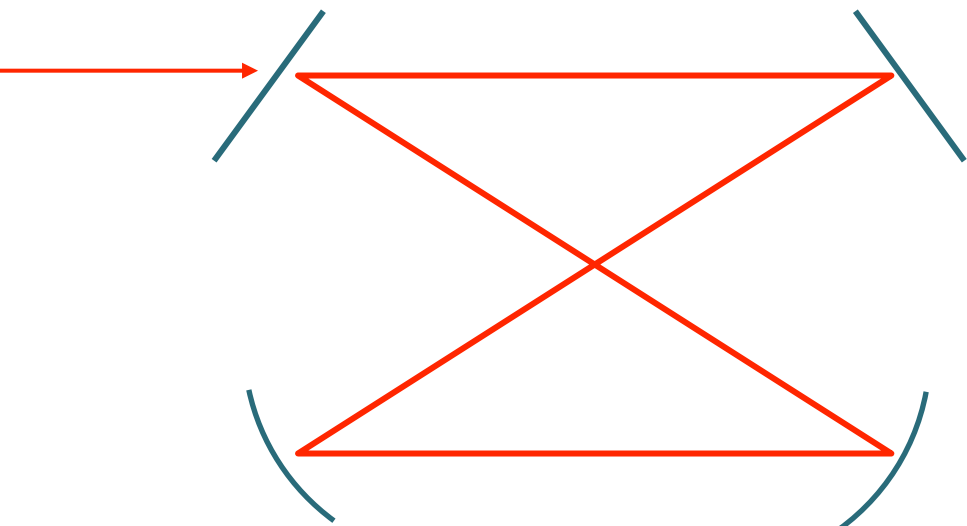
ホルダー
組み込み時

周波数 [kHz]

高Finesse共振器の開発

$R = 99.9\%$
 $\Rightarrow R = 99.99\%$

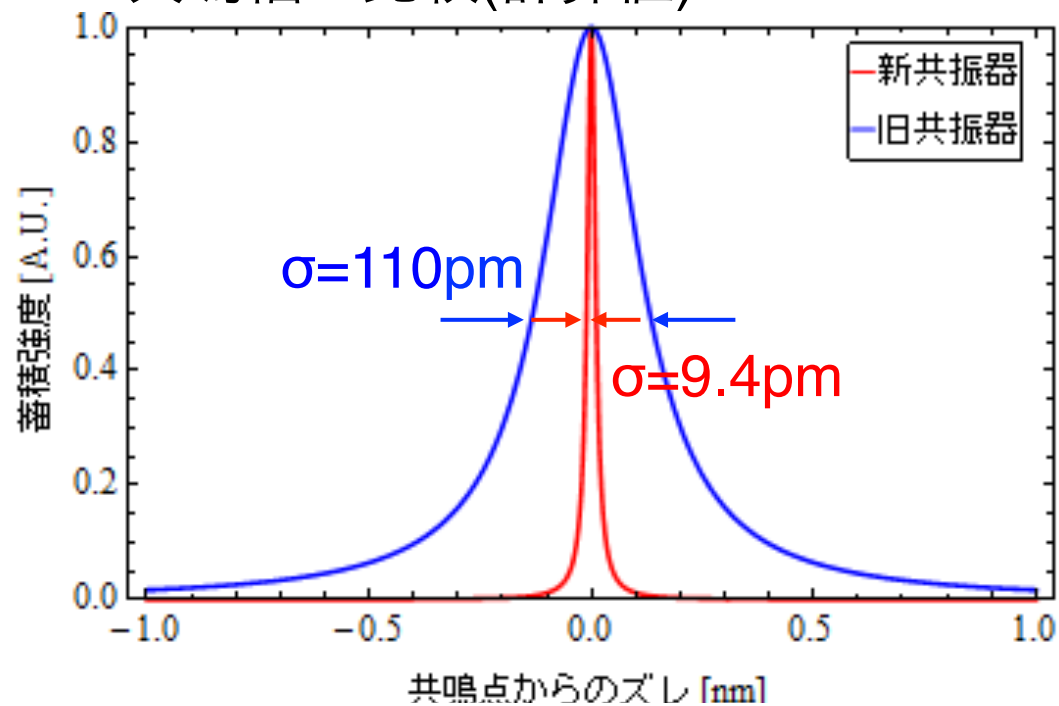
$R = 99.99\%$
 $\Rightarrow R = 99.999\%$



$R = 99.99\%$
 $\Rightarrow R = 99.999\%$

$R = 99.99\%$
 $\Rightarrow R = 99.999\%$

共鳴幅の比較(計算値)



- Finesse

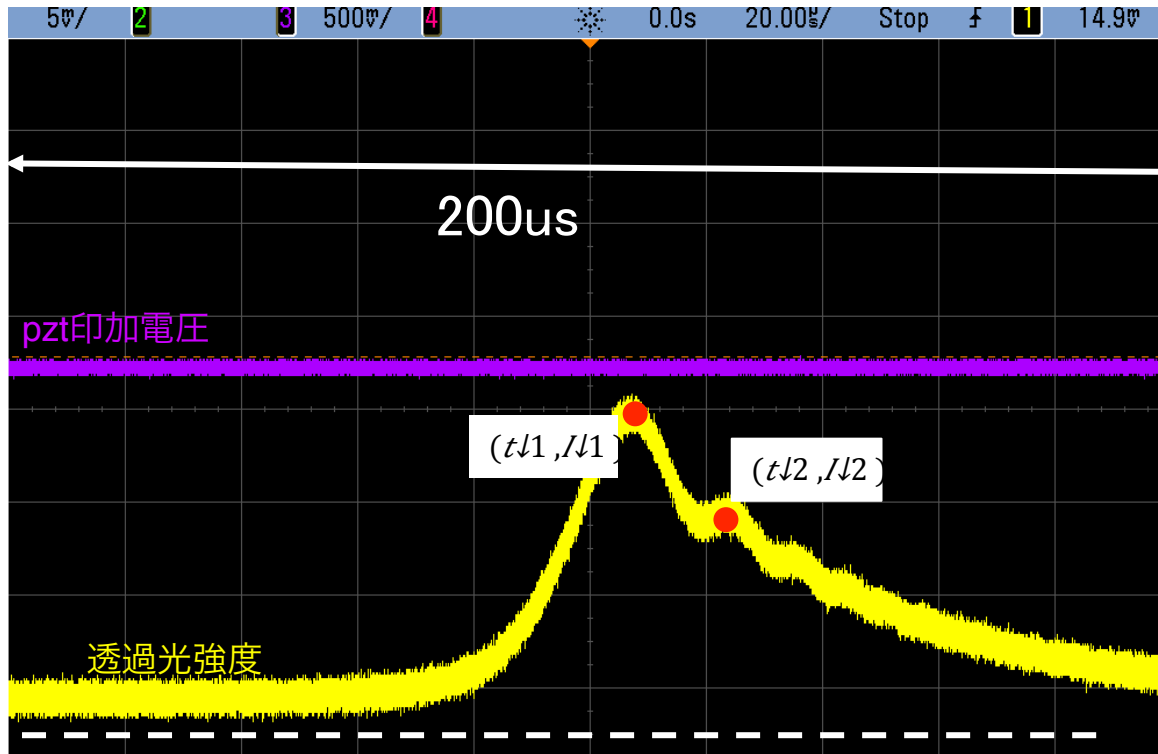
4040 \Rightarrow 48000(計算値)

- 増大率

1230 \Rightarrow 16600(計算値)

達成制御精度(14pm) \approx 共鳴幅
 \Rightarrow 共鳴維持ができる可能性あり

高Finesse共振器の評価



Finesse \propto 共振器内の光の寿命

$$\tau = -t1 - t2 / (\ln(I1) - \ln(I2))$$

$$= 40 \pm 1 \text{ us}$$

Finesse = 45,000

増大率 = 15,000

鏡のカタログスペックからの計算値:

Finesse = 48,000

増大率 = 16,600

4枚の散乱率+吸収率=30ppm
旧共振器では, 600ppm

現状と予定

- 偏向切り替え
 - フィードバックシステムの性能としてとりまとめ
 - フィードバック方法としてとりまとめ→公表（投稿済み）
- プロファイル測定
 - 共振器内のプロファイルの詳細データ
 - →共振器内の電磁波伝搬の評価
 - →とりまとめ公表（これから）
- 高フィネス・高蓄積化
 - 広島におけるテストベンチ→周波数測定
 - 光反射率ミラーの評価とクリーニング
 - デジタルフィードバックシステムの立案
 - 高フィネス共振器の構成進行中

広島環境

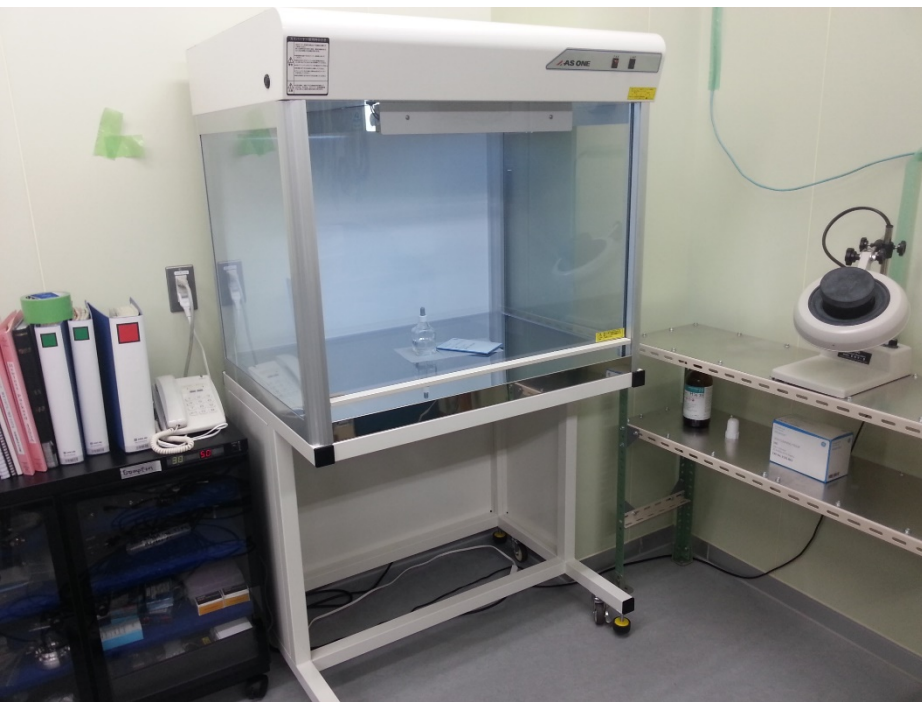
広島はクリーンルーム（class
~10,000）
で扱っている



備品の汚染を防ぐ
工夫を徹底中

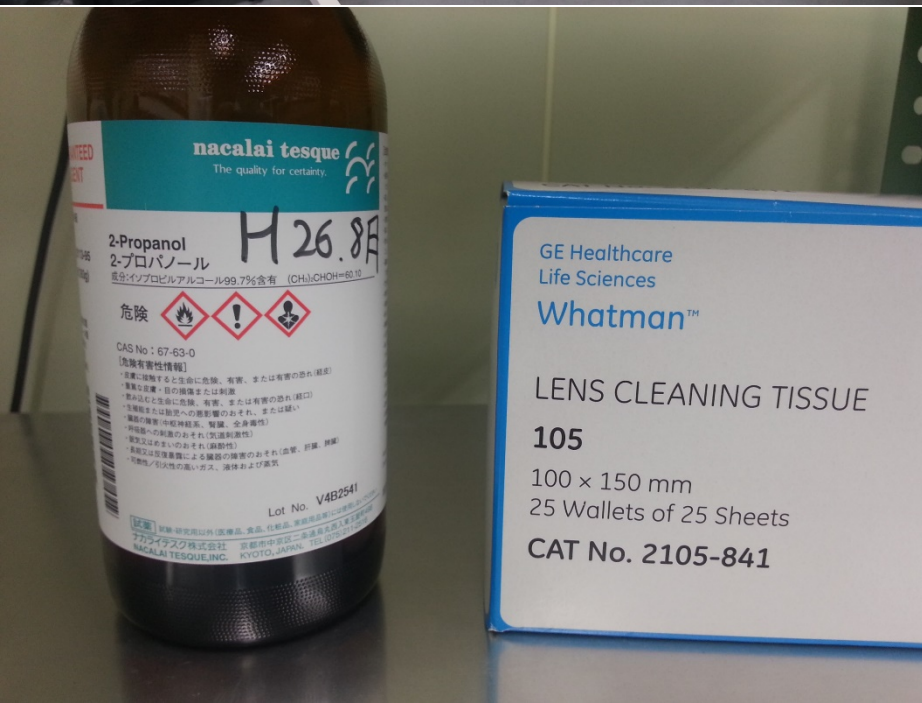
- ホコリ
- 呼気
- 手油

鏡クリーニングのセットアップ



- クリーンベンチ
- イソプロパノール
- レンズペーパー
- etc

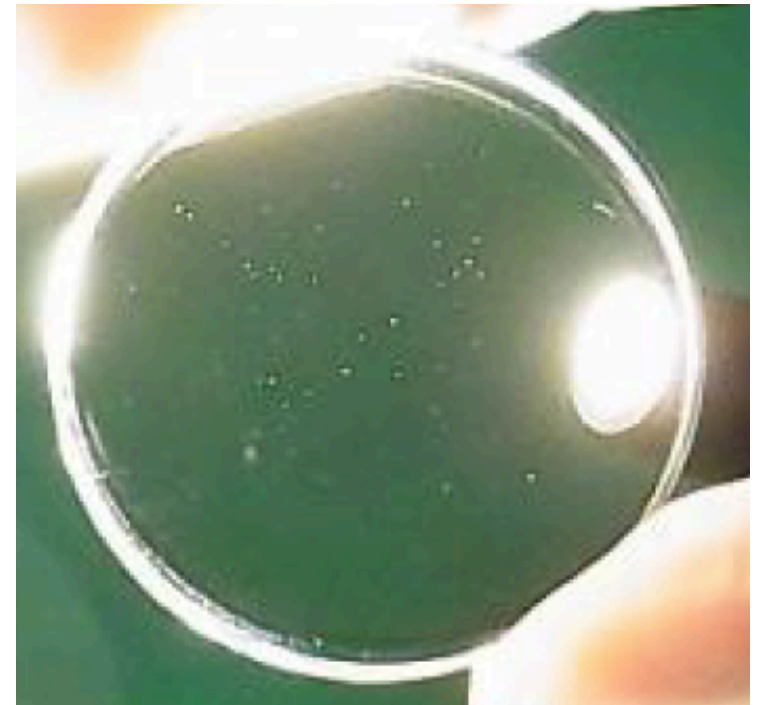
広島で実践



クリーニングの効果を確認する手段

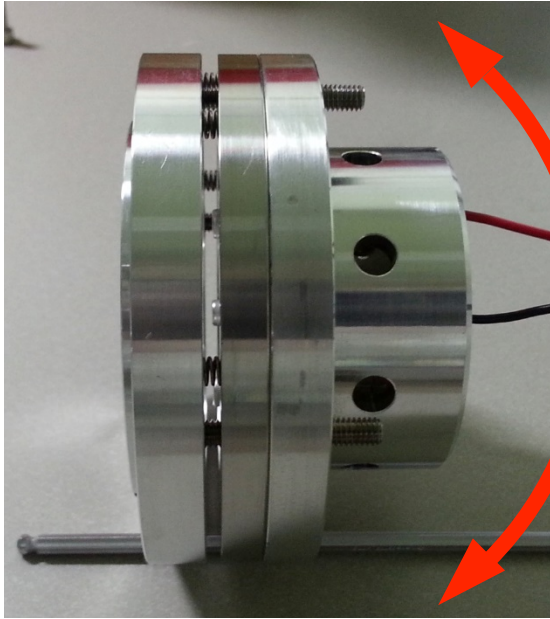
KEKの方式を採用する予定

- ハロゲンランプで鏡を照らす
- 鏡の様子をCCDカメラで撮影
- 散乱の具合を解析



Picture by D.TATSUMI (NAOJ)

2種類のホルダーユニット

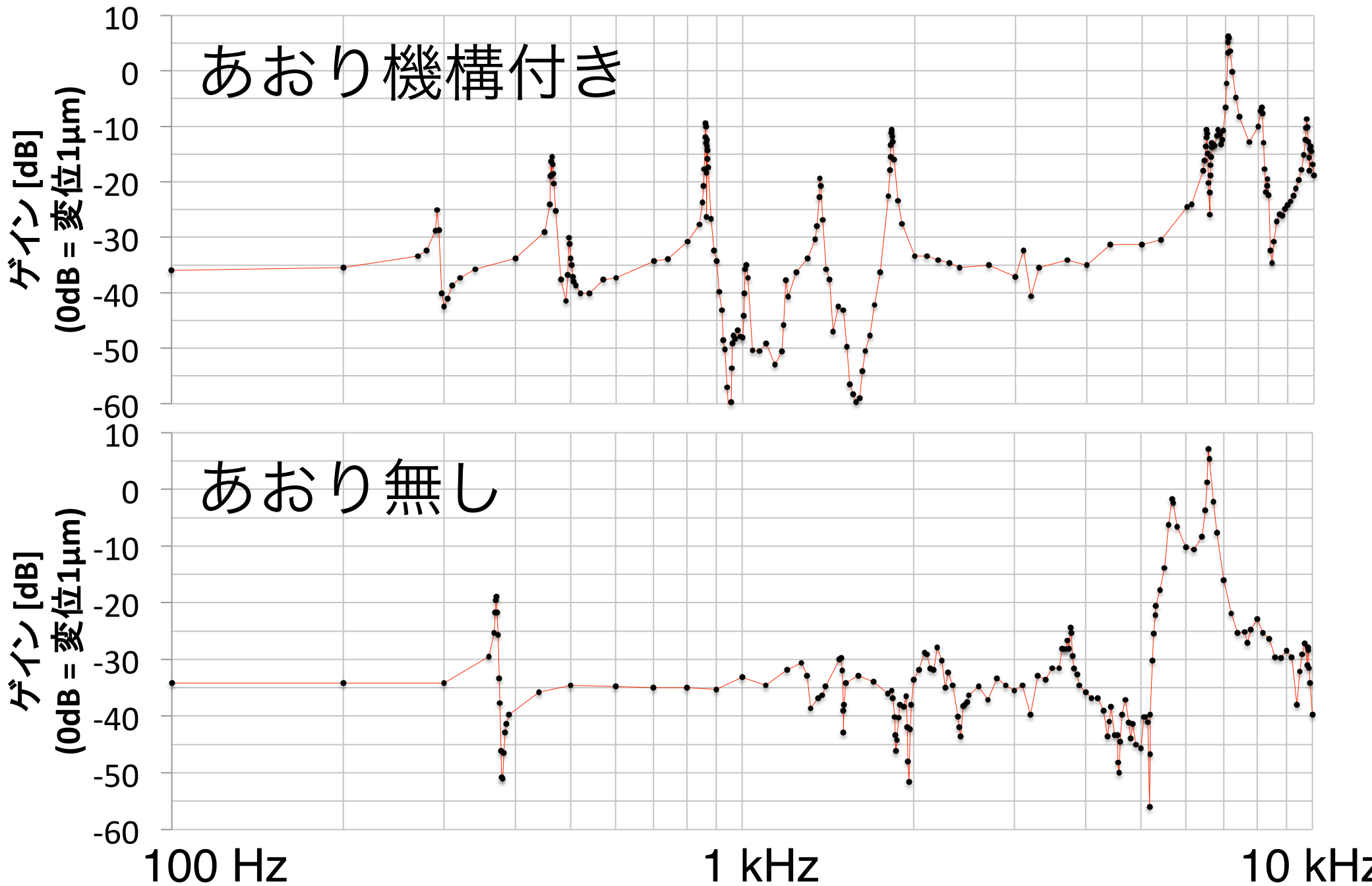


あおり機構付きユニット

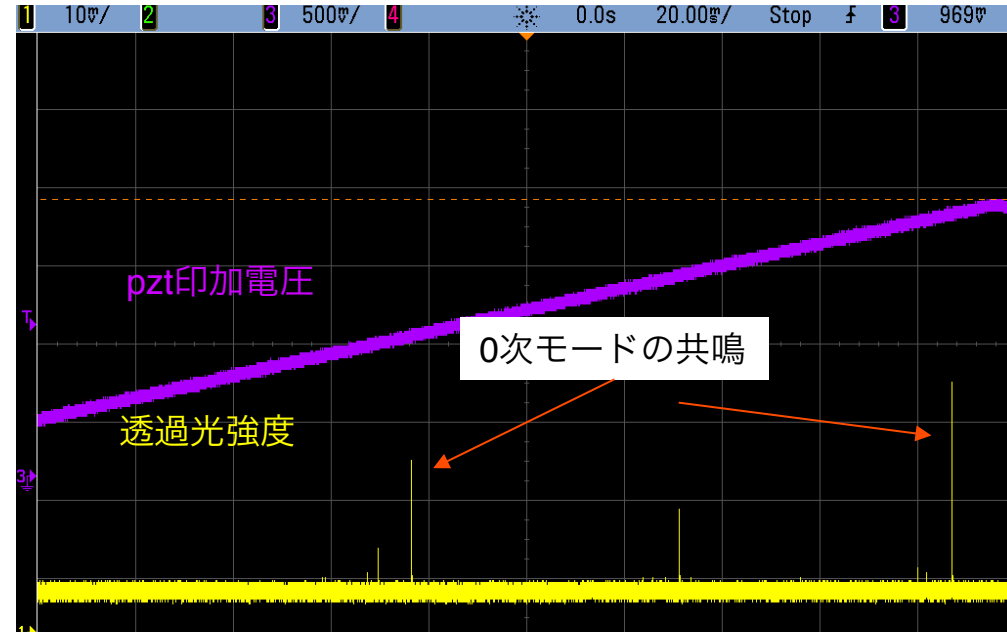
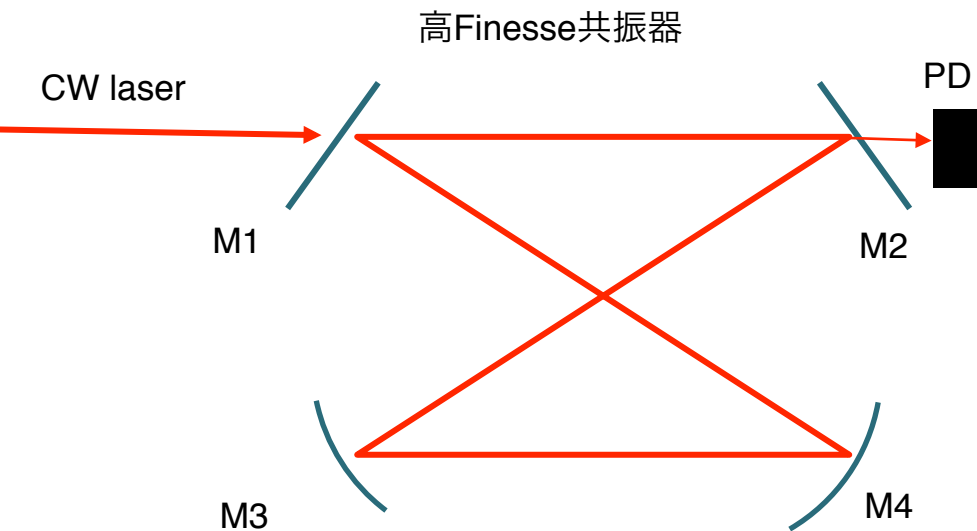


あおり無し

測定結果



高Finesse共振器開発の現状



鏡	メーカー	反射率(カタログ値) [%]	透過率(実測) [%]
M1(平面鏡)	REO	99.99	0.007±0.0007
M2(平面鏡)	LMA	99.999	0.001±0.0003
M3(凹面鏡)	LMA	99.999	0.001±0.0003
M4(凹面鏡)	LMA	99.999	0.001±0.0003