

レーザーと光共振器

コンパクトERLミニワークショップ

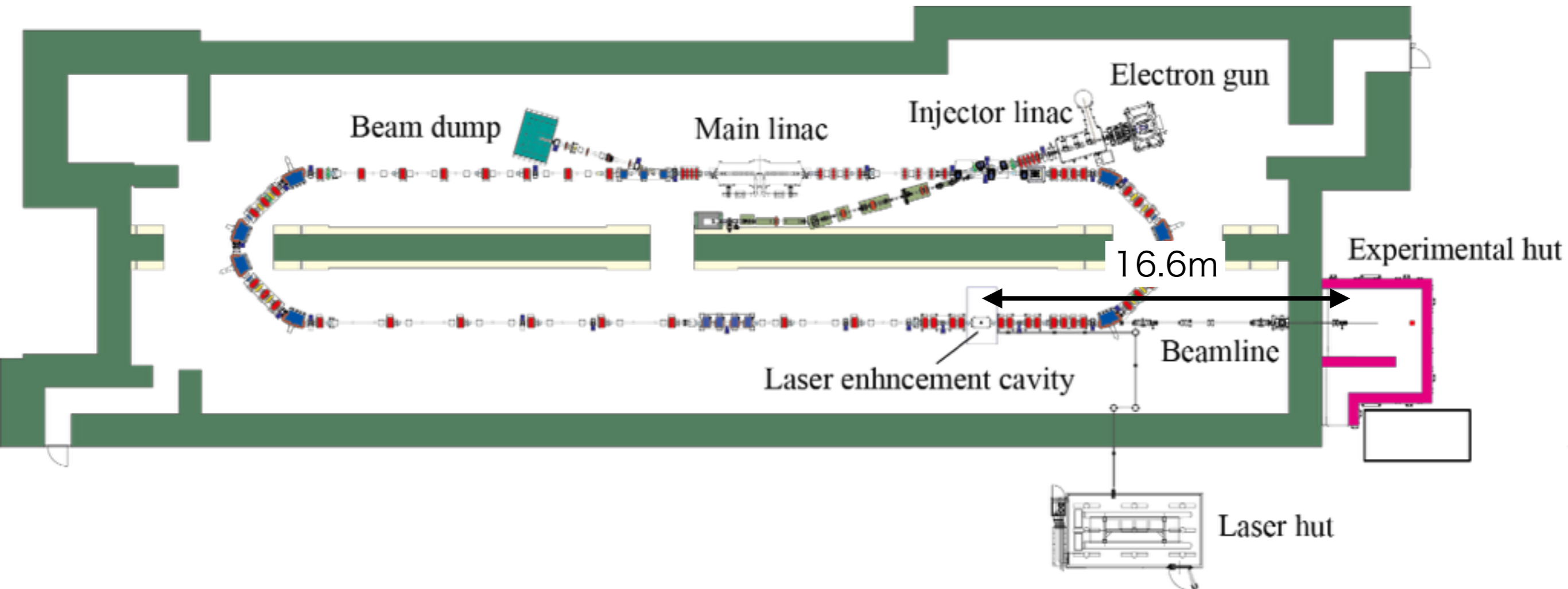
2015.07.30

赤木 智哉

概要

- ・ **目的は小型加速器による小型のX線源開発**
- ・ レーザーコンプトン散乱の利用
 - ・ 特徴
 - ・ 準単色
 - ・ エネルギー可変
 - ・ 微小光源
 - ・ 偏光切り替えが容易
- ・ 課題
 - ・ レーザー強度の向上（最優先）
 - ・ フィードバック制御の安定化

レイアウト

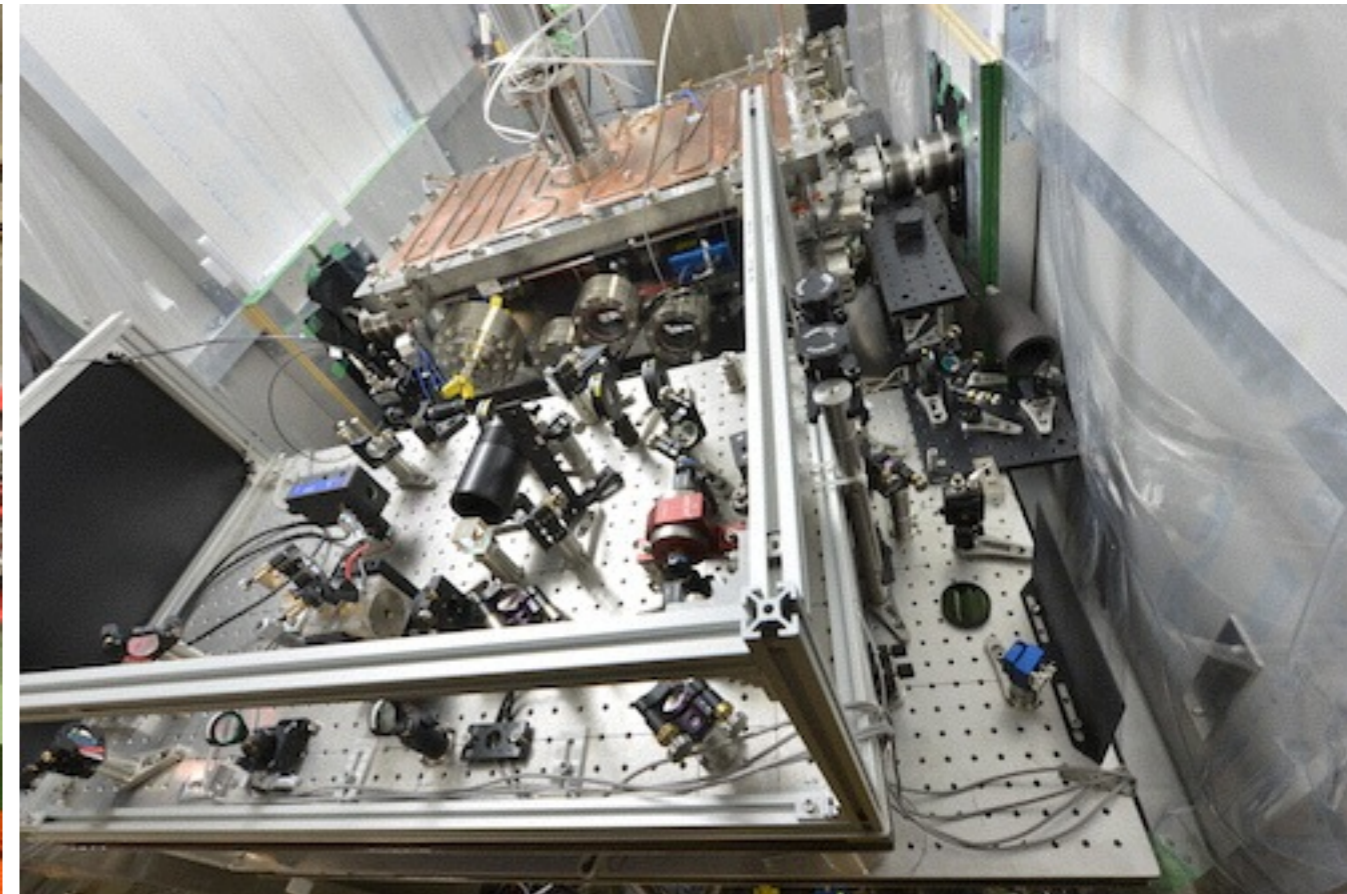
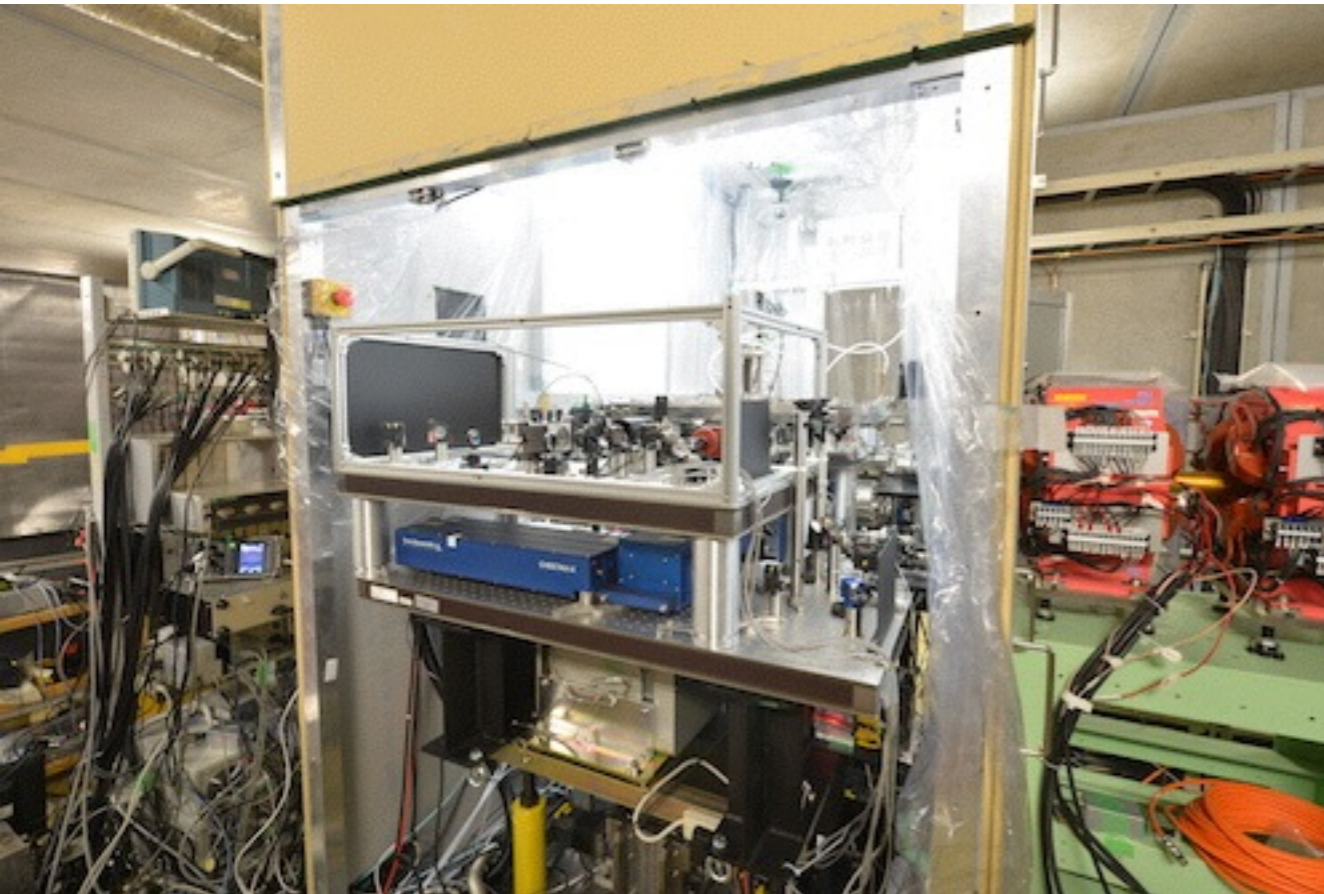


2種類のレーザー

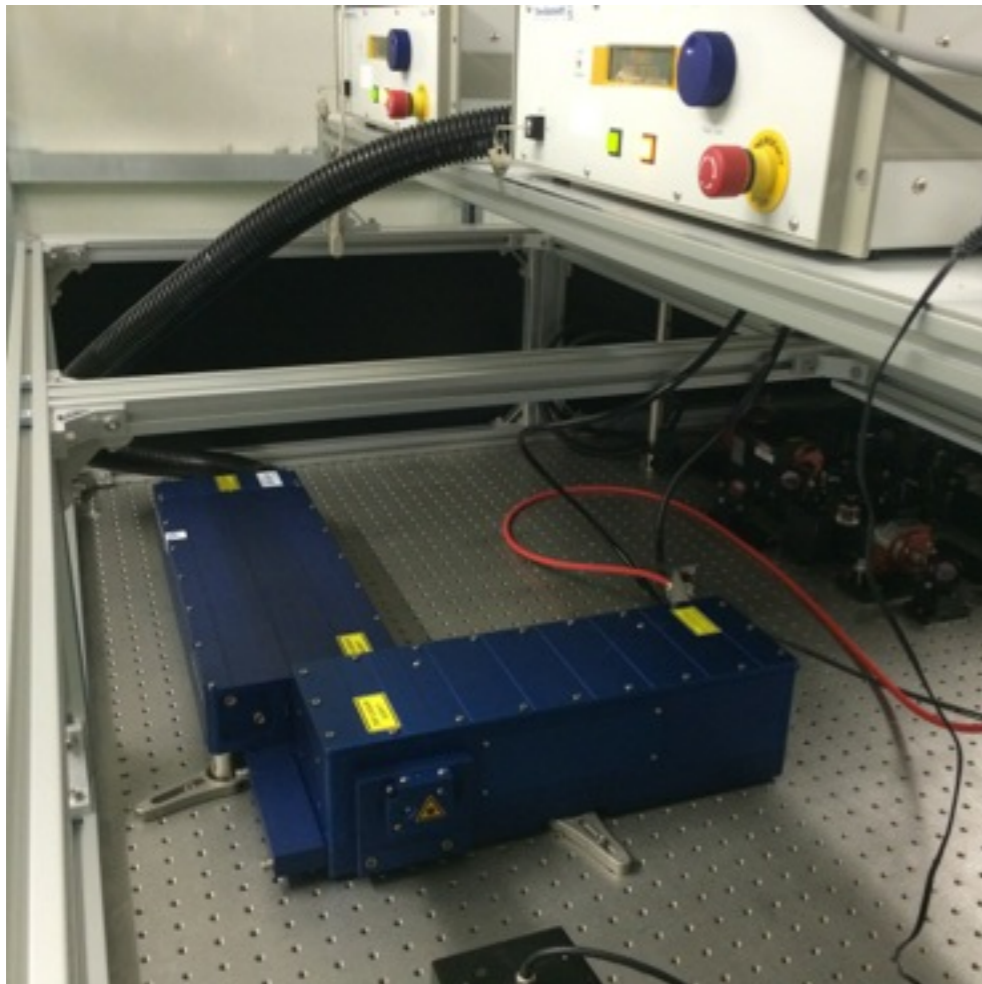
- Time-Bandwidth Productsの45Wモードロックレーザー (Argos)
LCS実験で主に使用したレーザー
- 関西原研で開発した100W級モードロックファイバーレーザー
不安定ながら、こちらのレーザーでも信号を確認した

LCS衝突点のレーザー室

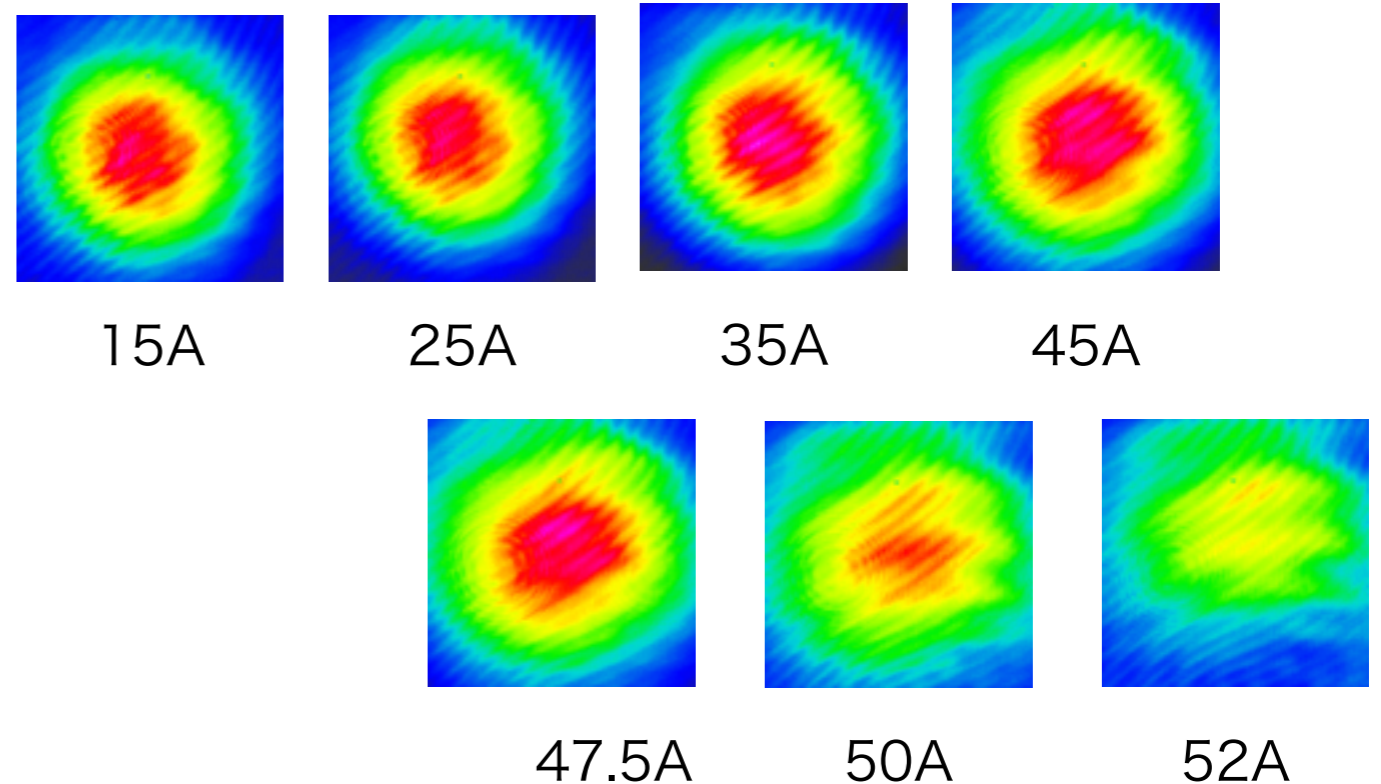
- 光共振器の共鳴フィードバックは音等の外乱に敏感なのでレーザー室による防音は有効
- 真空チャンバーの北側に100W用光学系、南側に45W用光学系を構築
- 45Wレーザーは、光共振器、光学系といっしょにムーバー架台で動くため
相対位置が変わらず、共振器への入射効率に影響を与えない



TBP 45Wレーザー



波長：1064 nm
繰り返し周波数：162.5 MHz
パルス長 (FWHM)：13.3 ps
最大平均出力：45 W



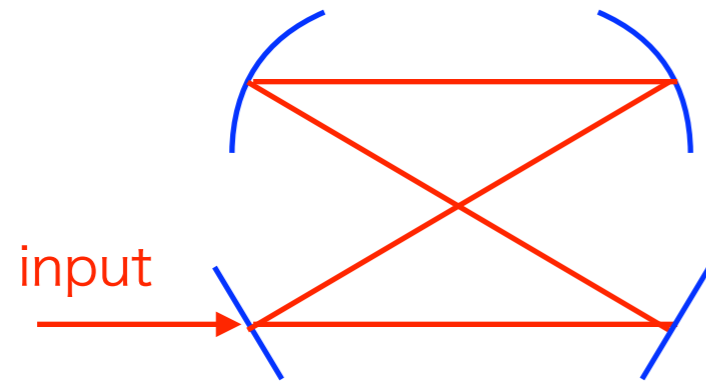
アンプのLDカレントを上げると
プロファイルが悪化し、共振器への
入射効率が悪くなる。

LCS実験では45Aでを使用した。
このとき共振器への入射強度は24W

共振器

cERL-LCS実験用共振器

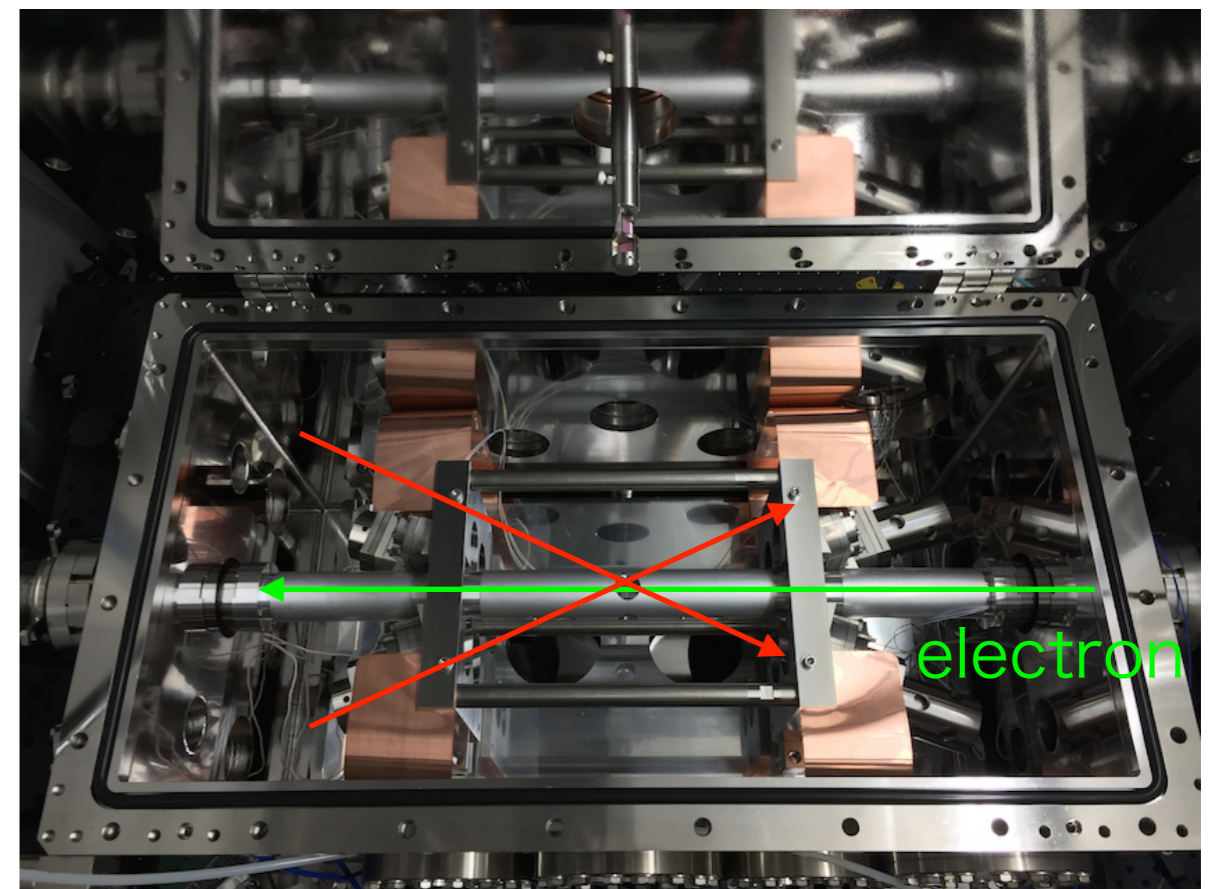
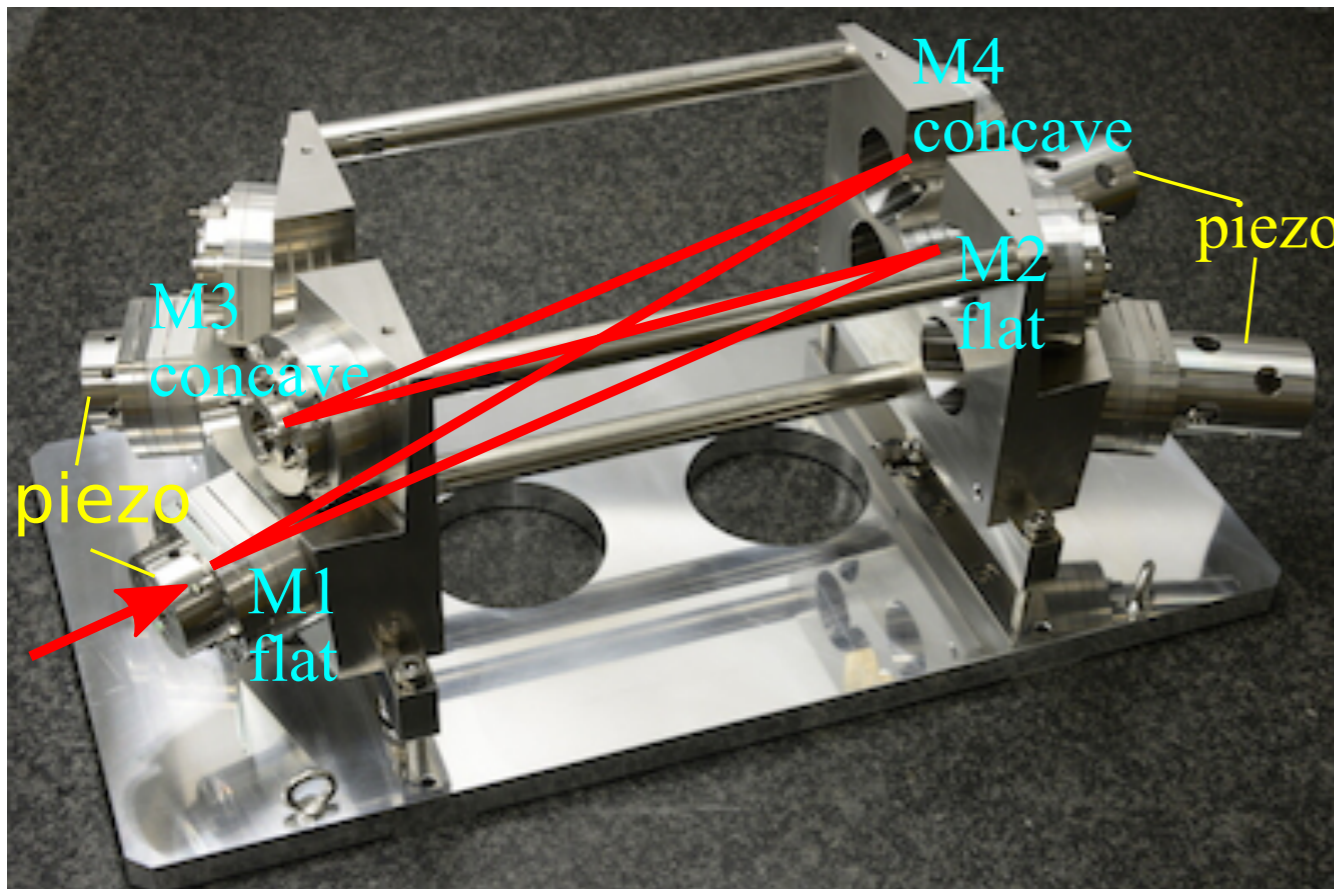
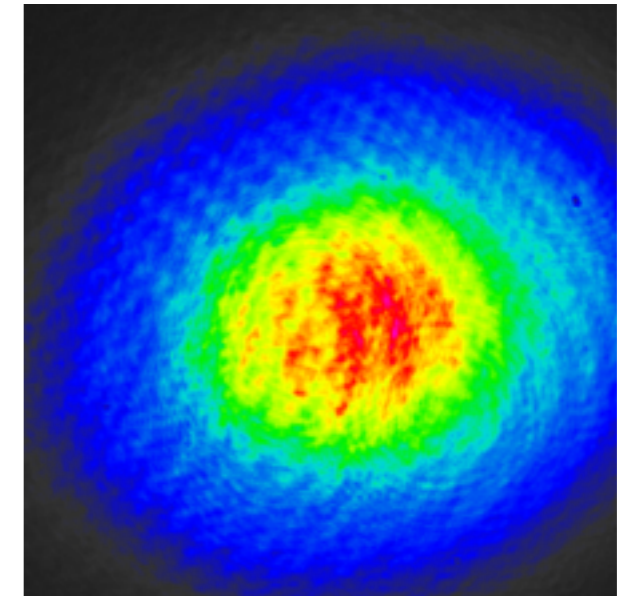
2組の平面4枚鏡共振器が一体になっている



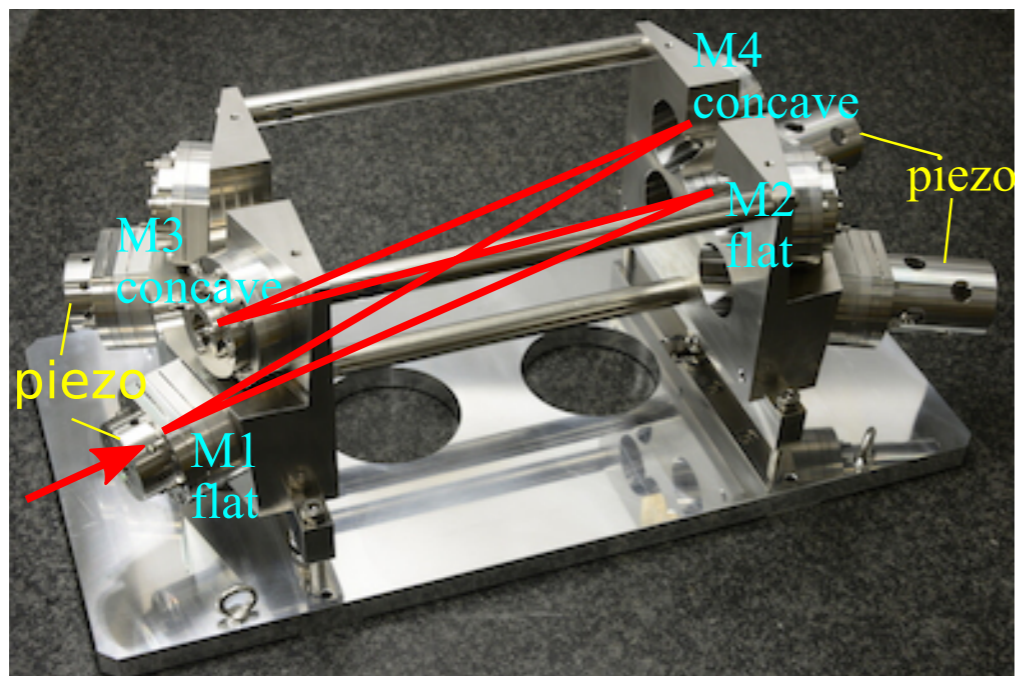
平面4枚鏡共振器の場合、非点収差の効果で楕円型のプロファイルとなるが、今はまだその影響はほとんどない。

現状IPにおけるRMSサイズ：水平垂直ともに30 μ m程度

透過光のプロファイル



光共振器のパラメータ



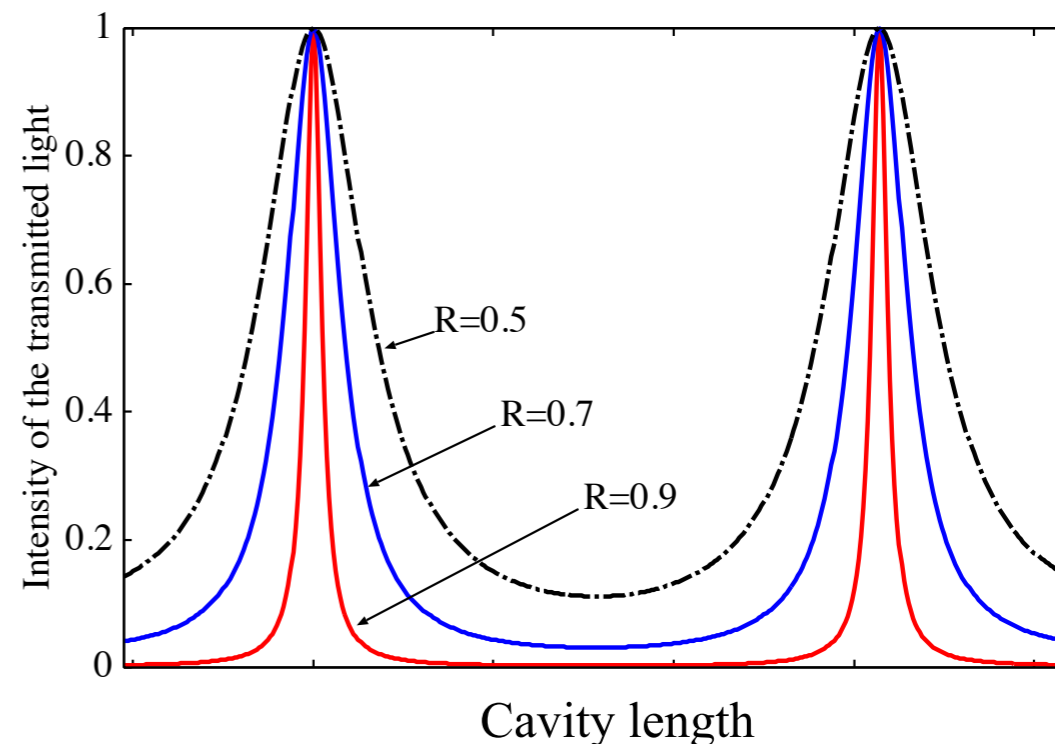
共振器の設計パラメータ

Repetition rate	162.5 MHz
Finesse	5600
Collision angle	18 degree
Spot size at IP (σ_x/σ_y)	20/30 μm
Specification of mirrors	
Substrate material	Fused silica
Diameter	25.4 mm
Reflectivity	
M1	99.9%
M2	99.99%
M3 and M4	99.999%

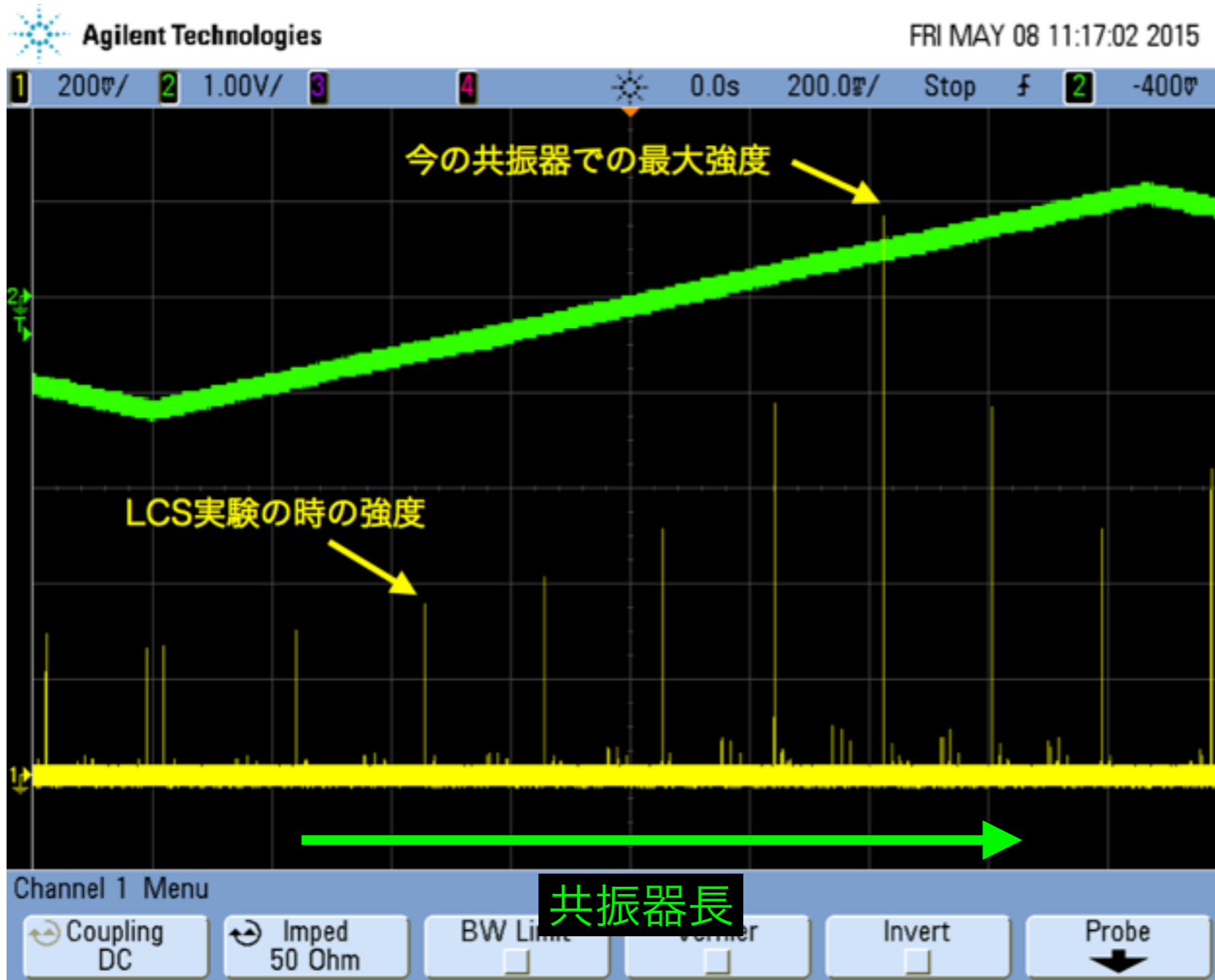
共振器のフィネスとは鏡の反射率で決まる量で
フィネスが高くなると増大率
(入射強度と蓄積強度の割合)が高くなる。

ただし、フィネスが高くなると共鳴ピークが鋭くなり
共鳴維持が難しくなる。

フィネス5600で共鳴幅 (FWHM) 190 pm



共振器の設定



LCS実験時の10kWは
最大強度の1/3程度

レーザーの繰り返し周波数と
共振器長をわざとずらして
実効的にフィネスを下げ安定性を
重視する設定にしていた。

フィードバック系を改善し
次の運転時には最大ピークでの
共鳴維持を目指す。

偏光依存性

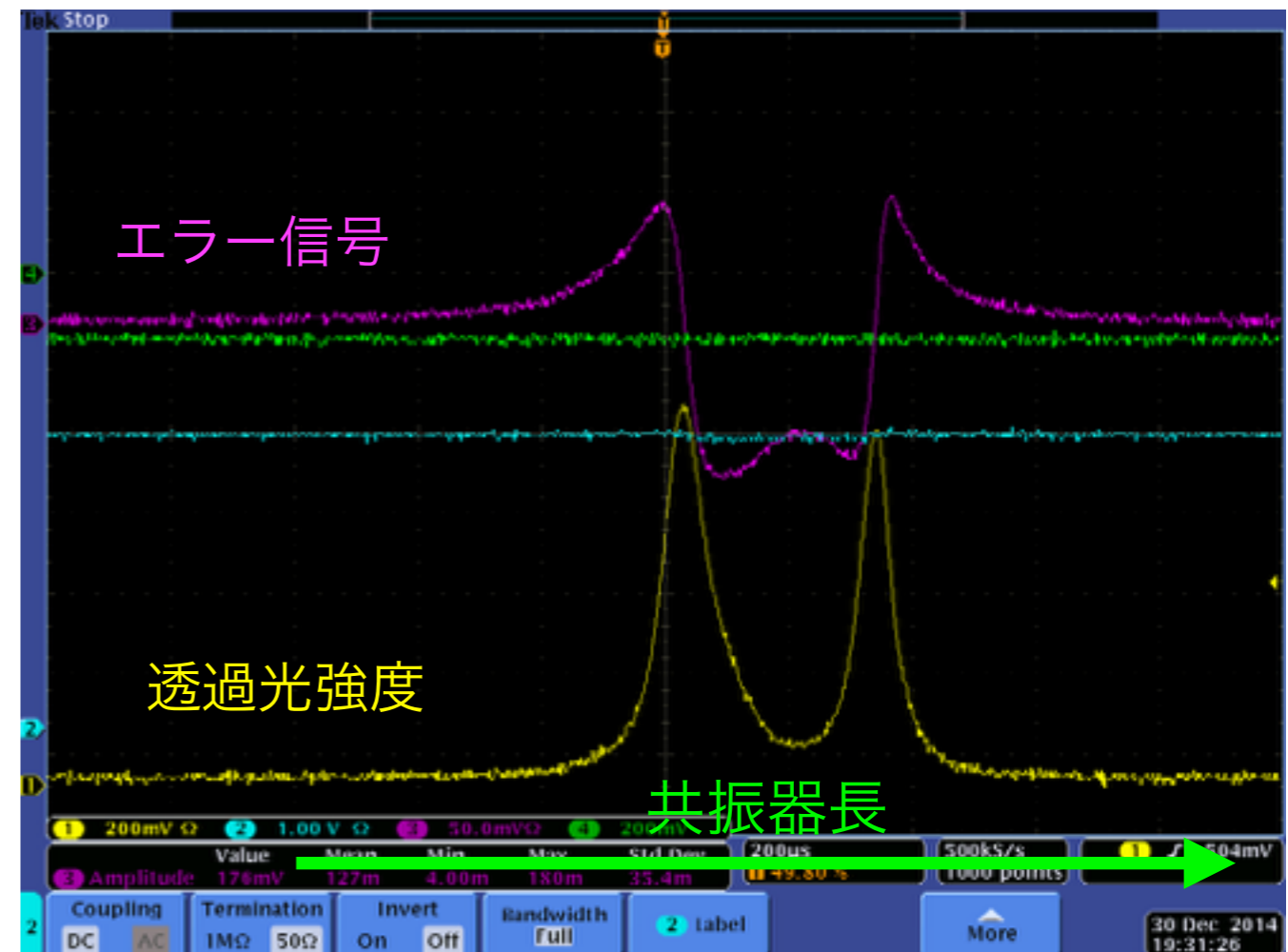
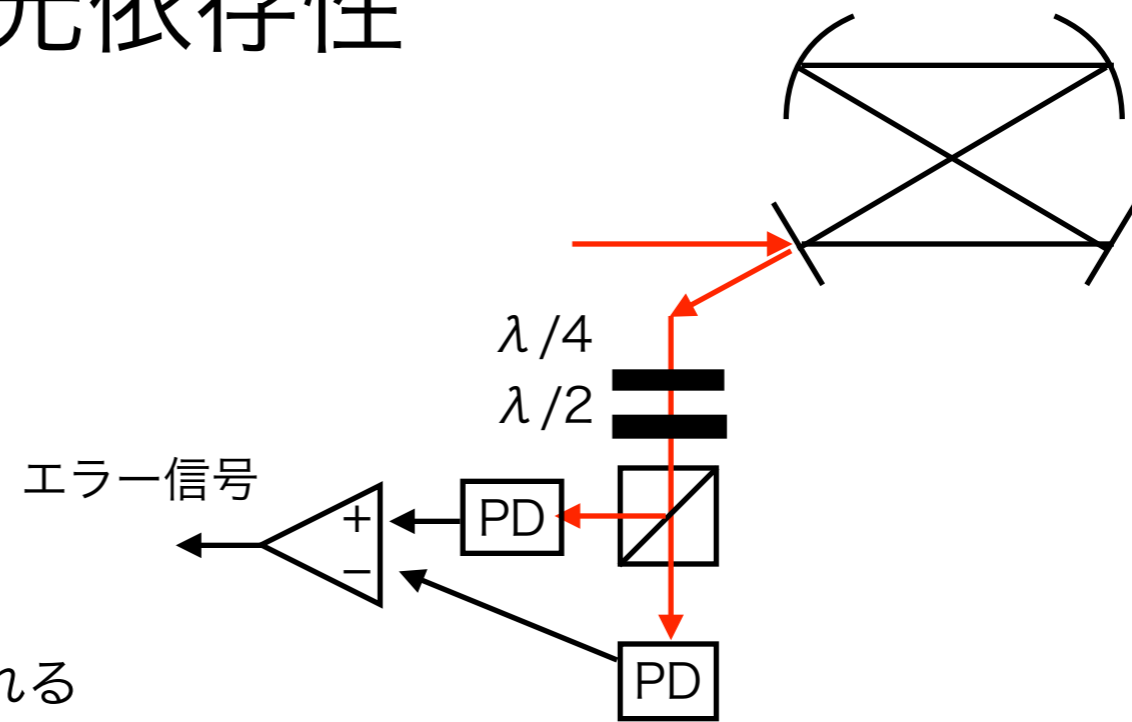
この共振器（平面4枚鏡共振器）では直線偏光しか共鳴できない。

- ・ Hansch-Couillaud法で共鳴フィードバック
共鳴する直線偏光成分と単に鏡で反射される直交方向を干渉させて位相を検出する
- ・ 我々の場合は共振器の中に直線偏光依存のものを入れる必要がない

共振器中に蓄積させる縦偏光と横偏光を簡単に切り替えられる

→X線の偏光を切り替えられる

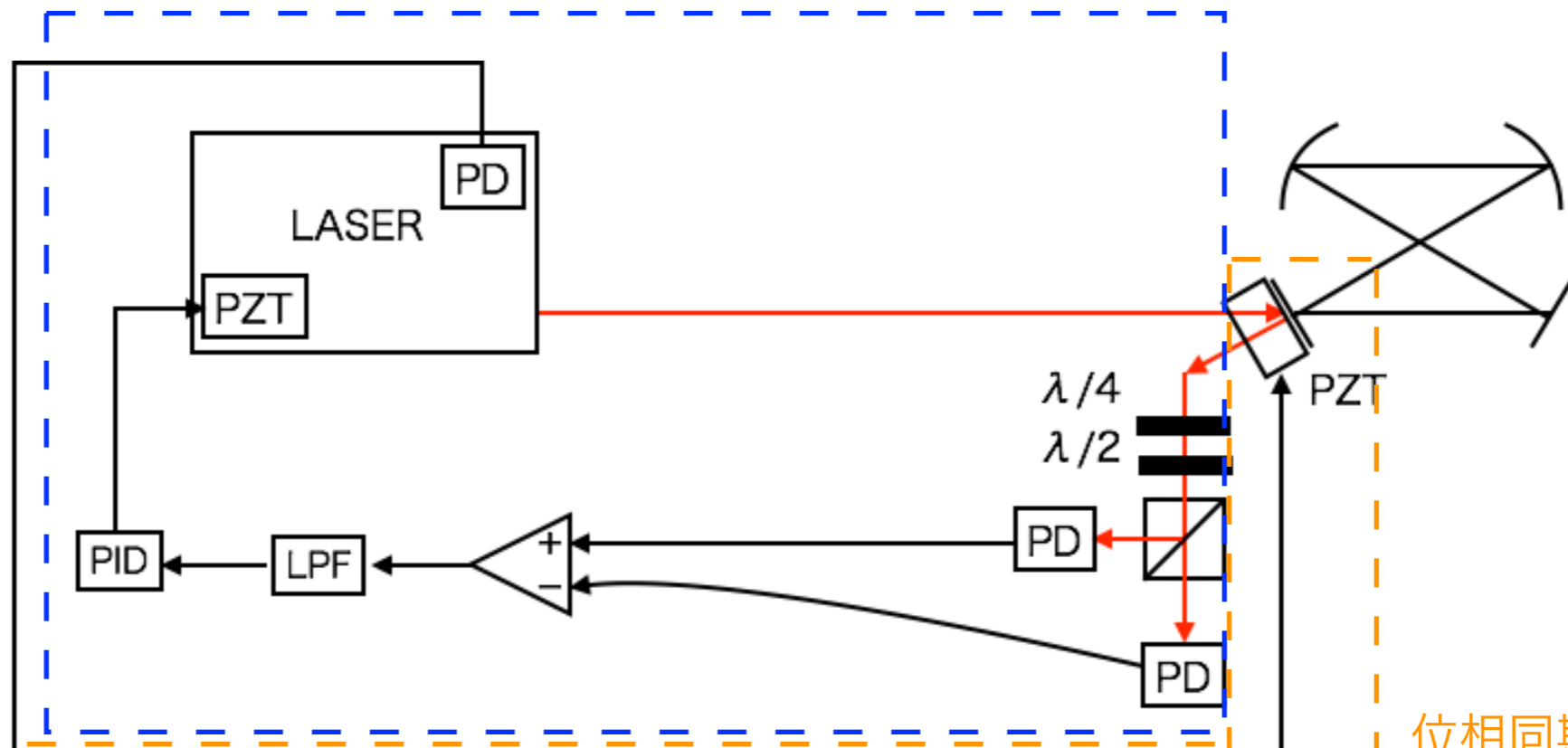
→偏光イメージングへの利用の可能性



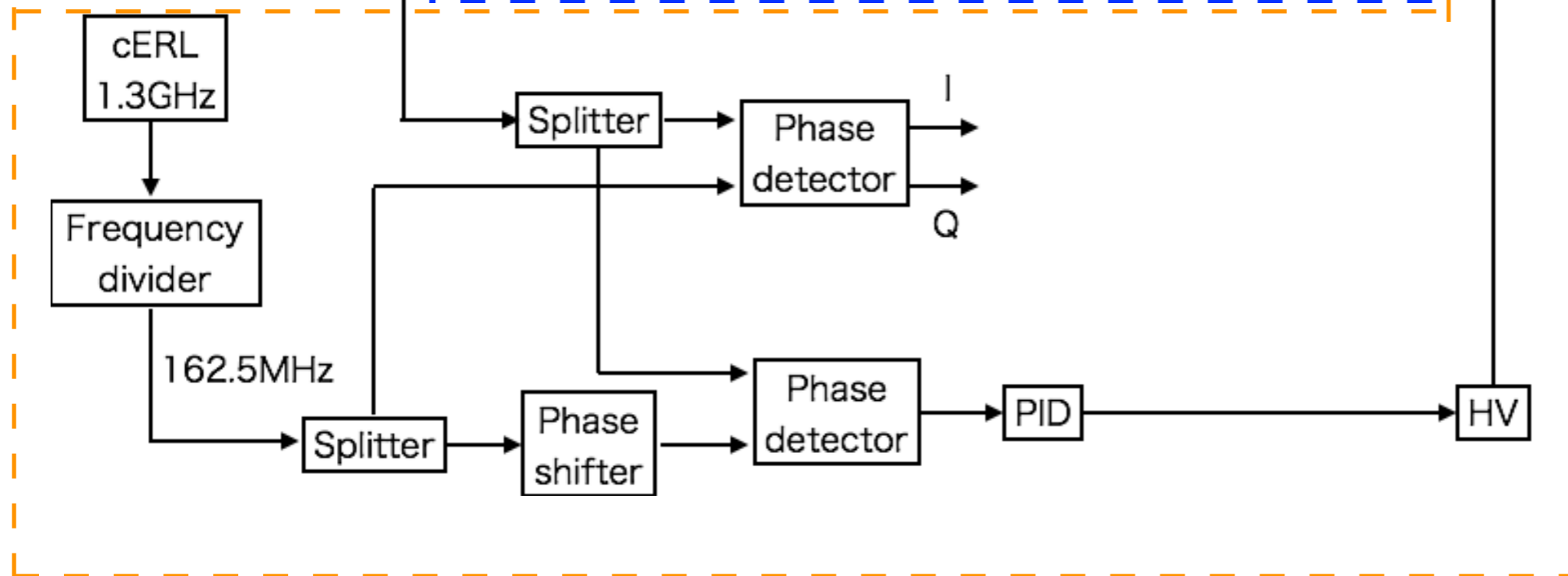
フィードバック制御

フィードバック制御

共鳴フィードバック
(速い制御)
レーザー発振器の
ピエゾで制御

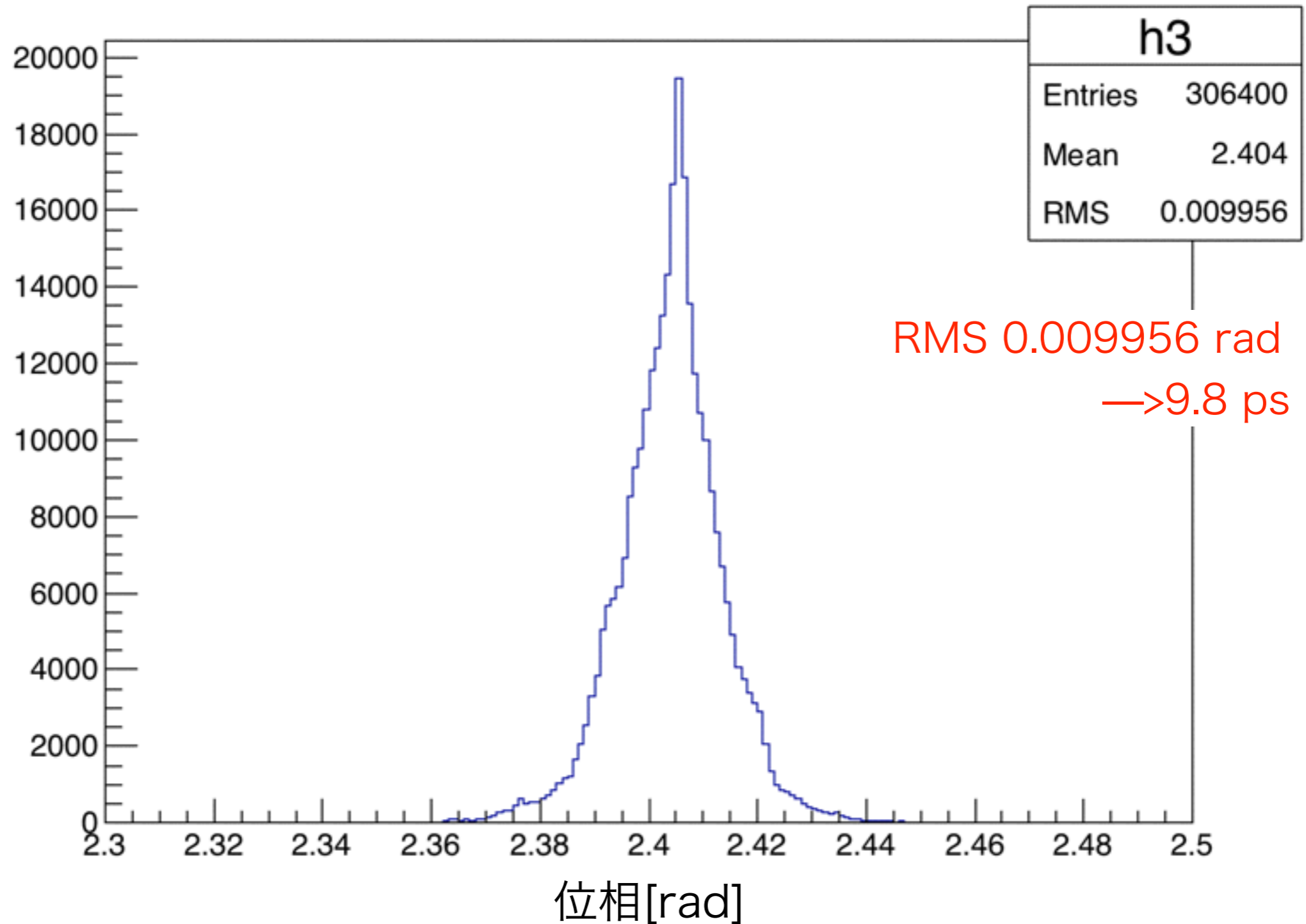


位相同期 (遅い制御)
共振器のピエゾで制御



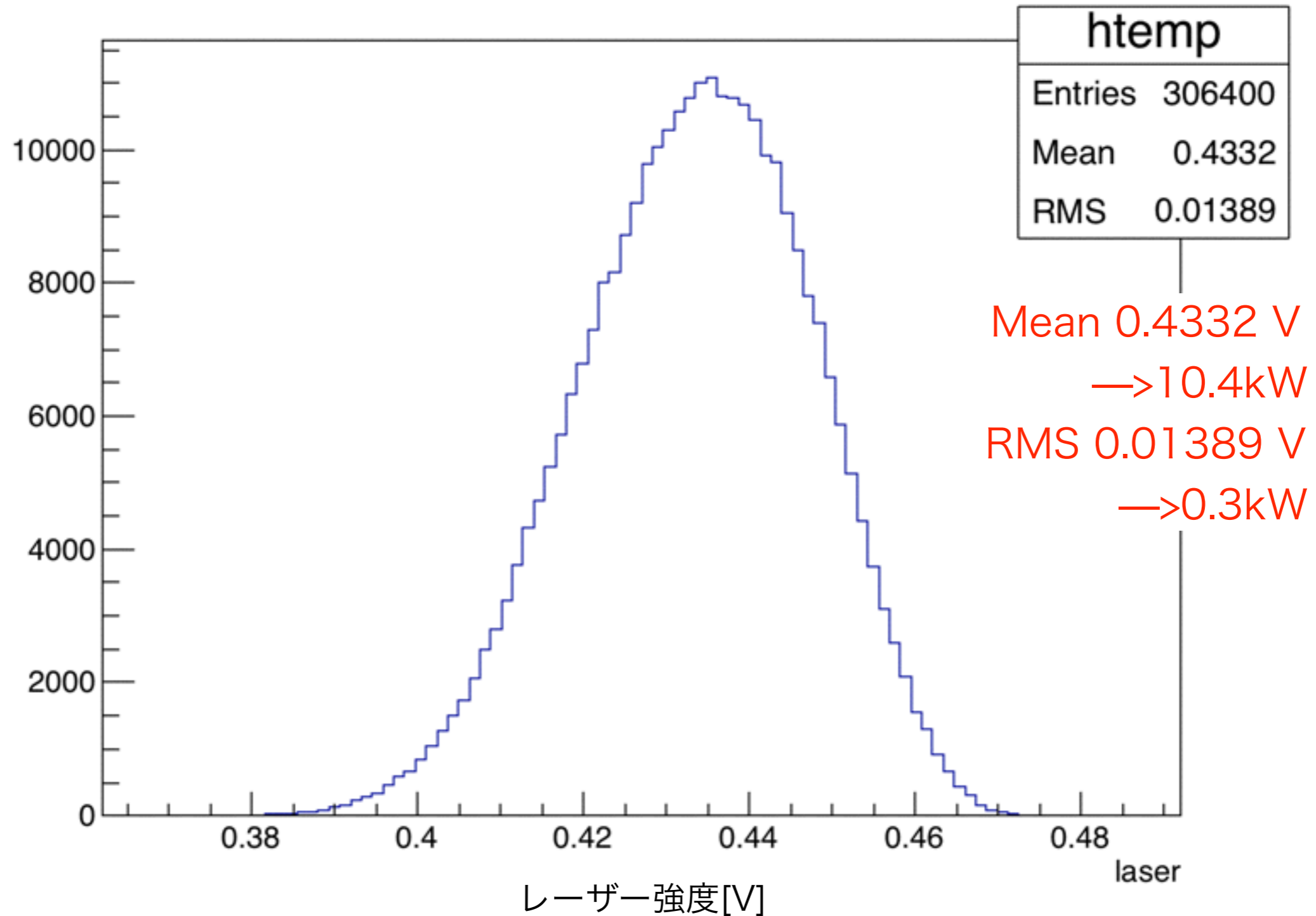
位相ロックの安定性

3月に位相同期して10分間取得したデータ

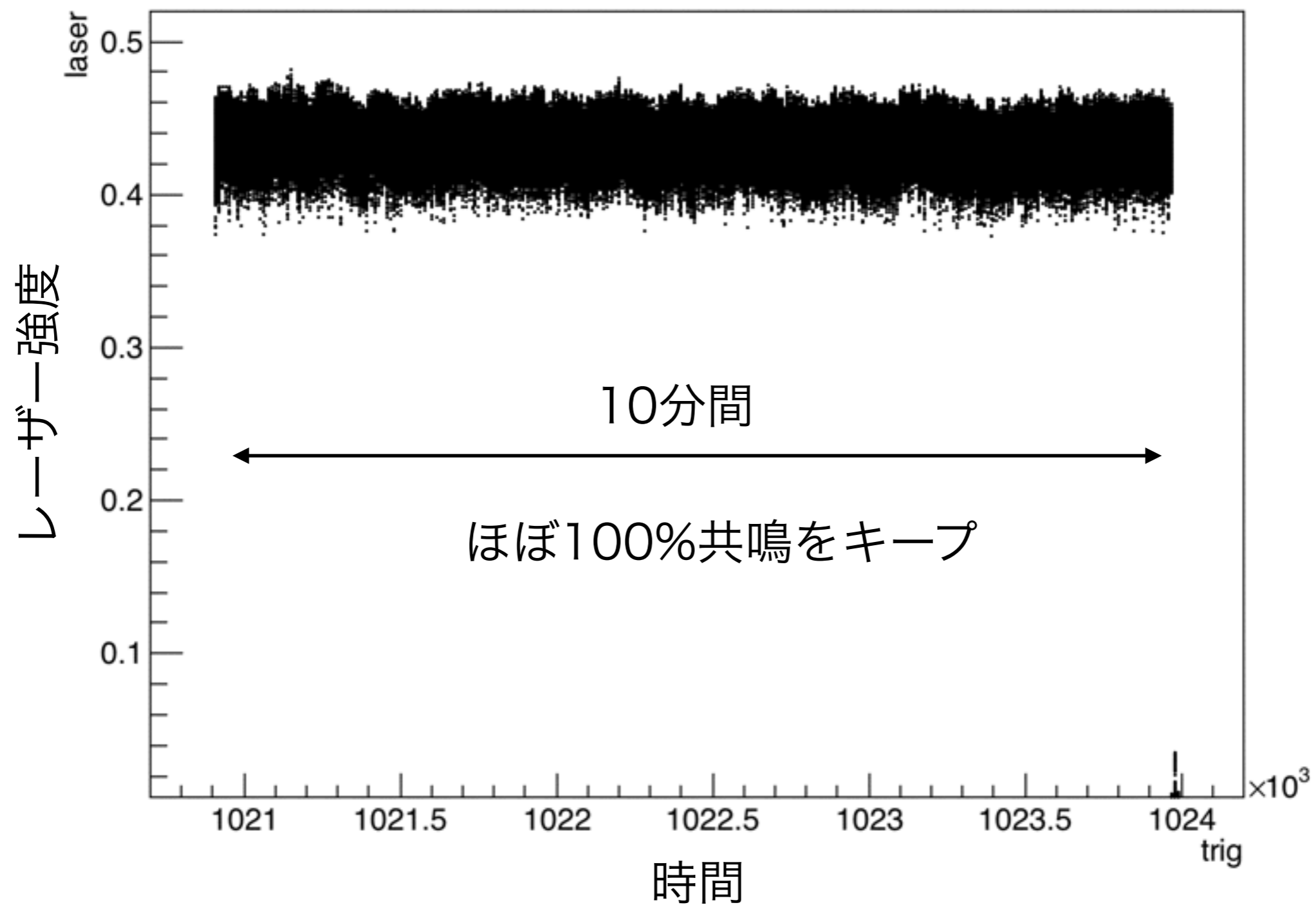


レーザー強度

レーザー強度は透過光強度を測定して
共振器の透過率から算出している



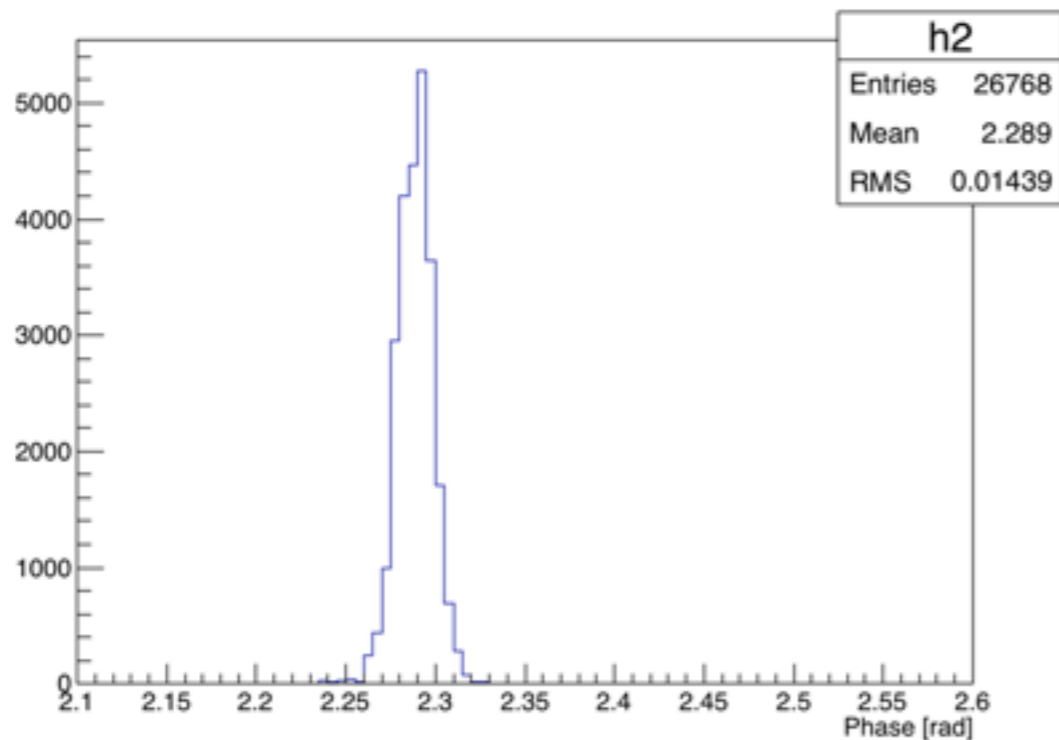
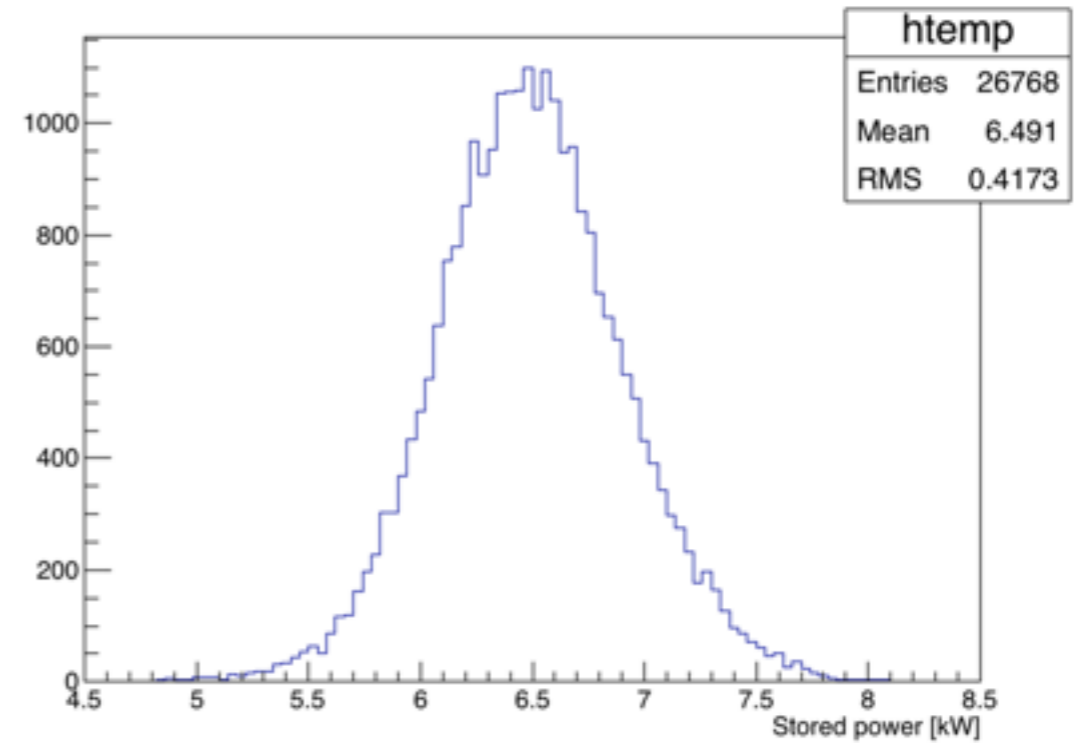
レーザー蓄積の安定性



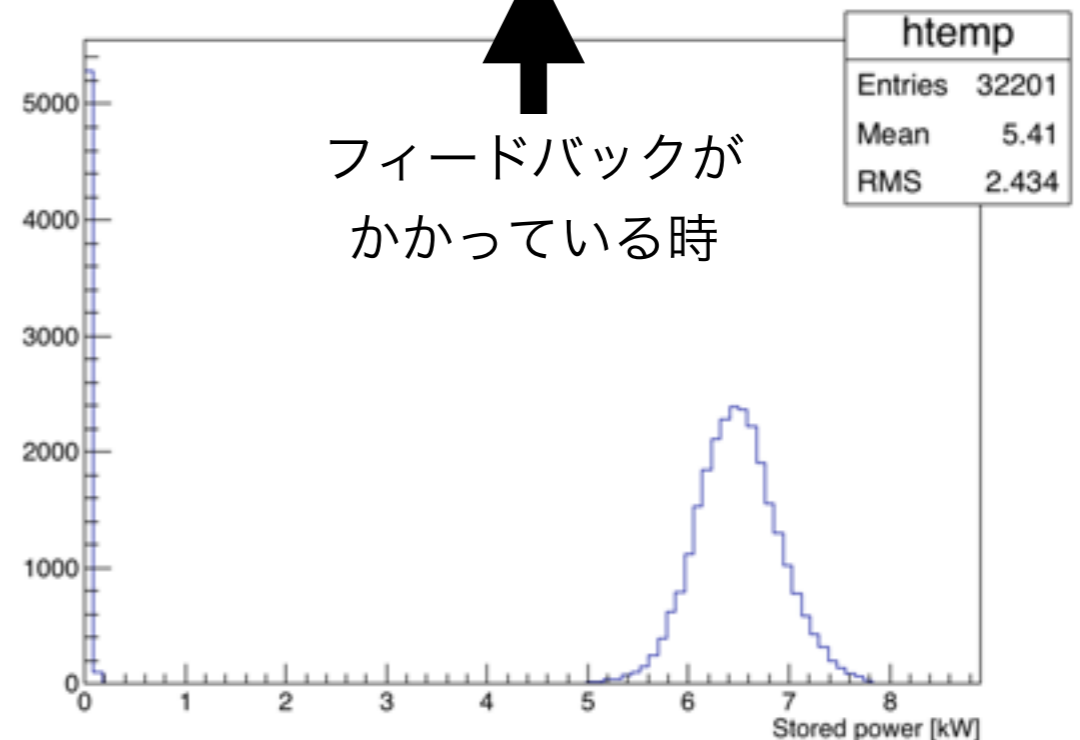
6/25のレーザーの状態

フィードバックが非常に不安
頻繁にフィードバックが落ちる
レーザー強度低下
10→6kW

フィードバックの調整不足が原因
フィードバック調整をリモートでできないのは問題



位相



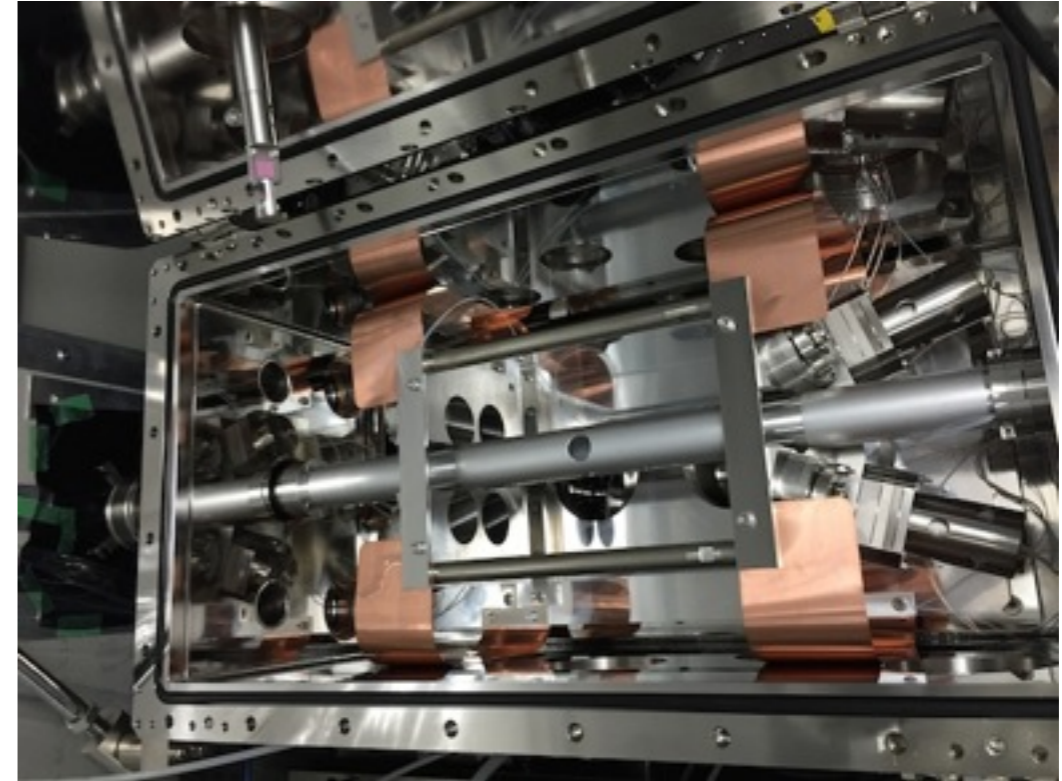
フィードバックが
かかっている時

レーザー強度

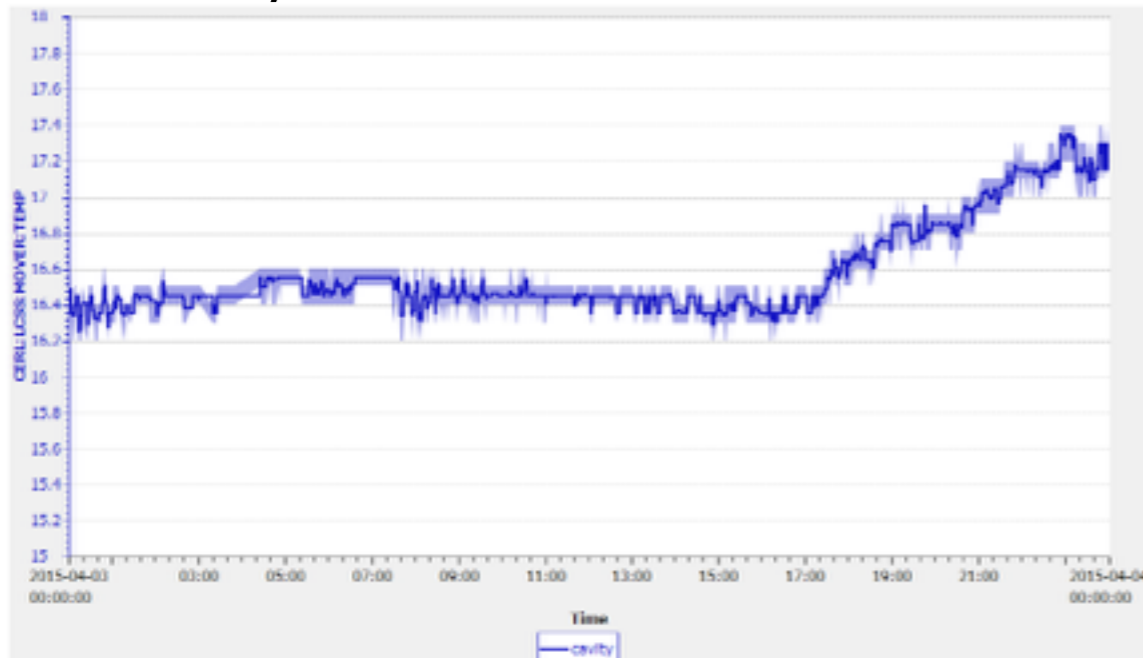
4月から6月の間の変更点

共振器の温度安定化

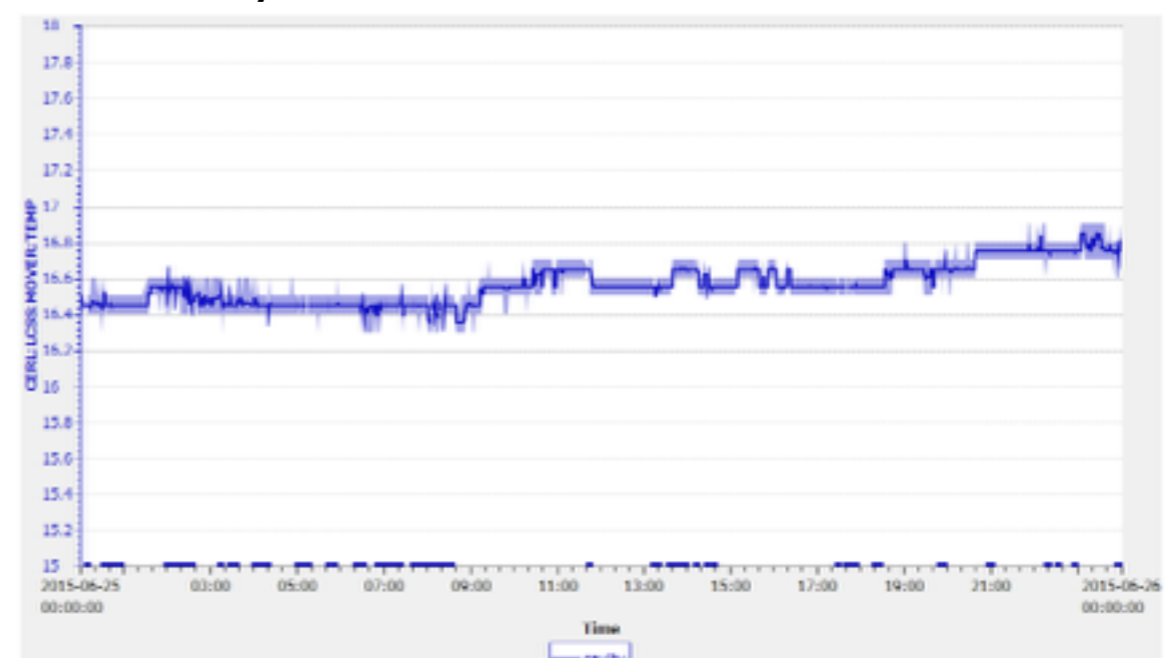
- ・実験中に共振器温度が上昇し、周長がずれていく
- ・ピエゾで調整できる範囲を超えると位相同期ができなくなる
- ・サーマルアンカーを追加
- ・一応、温度上昇を抑えたように見える
蓄積強度が低かったという影響もあると考えられる。



4/3 共振器の温度変化



6/26 共振器の温度変化



まとめ

- ・ これまでの進捗状況
 - ・ 加速器と位相同期してレーザー蓄積に成功
 - ・ 平均強度10kW
- ・ 課題
 - ・ 蓄積強度の向上（最優先）
 - ・ フィードバックのパラメータ調整がリモートでできるようにする
- ・ 見込み
 - ・ 今の共振器でもフィードバック制御が充分ならば3倍程度の向上
 - ・ 入射効率の向上で2倍くらい（共振器鏡のスペック的にはいくはず）
 - ・ TBP45Wレーザーの調整が上手くいけば1.5倍
 - ・ これらとは別に、鏡の反射率を上げれば10倍くらい増大率になる、がフィードバック制御が課題